DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

ODELSTIERNA

JÄRNETS METALLURGI

1913

57.426

OVERFØRT
fra
DET KONGELIGE BIBLIOTEK
til
UNIVERSITETSBIBLIOTEKET
til

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

669.1 gl
0

DANMARKS TEKNISKE BIBLIOTEK

300004782996

E. G:son ODELSTIERNA

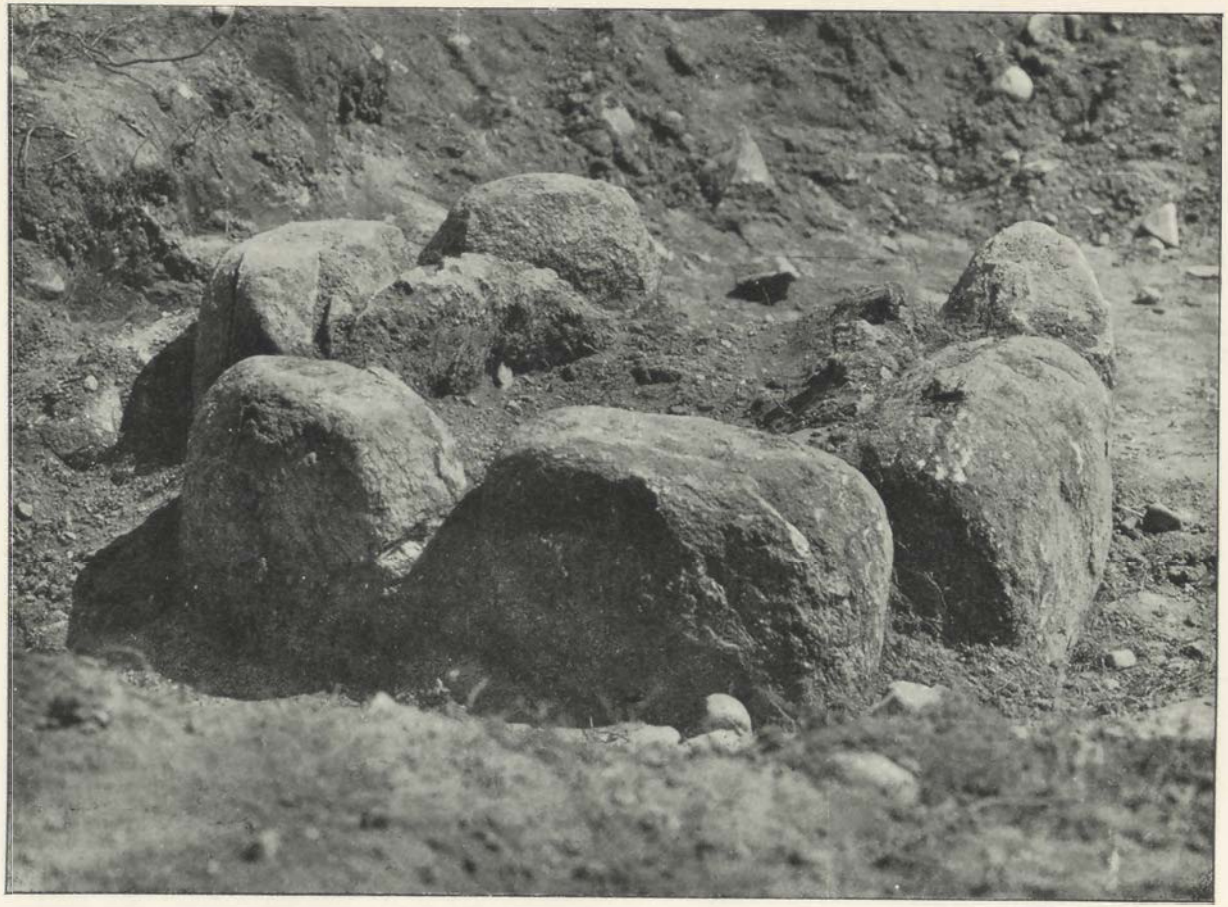
JÄRNETS METALLURGI

E. G:SON ODELSTIERNA

JÄRNETS METALLURGI

STOCKHOLM
ALBERT BONNIERS FÖRLAG

1913-14



Svensk förhistorisk järnugn.

JÄRNETS METALLURGI

AV

E. G:SON ODELSTIERNA
professor i metallurgi och hyttkonst vid Kungl. Tekn. Högskolan



DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

STOCKHOLM
ALBERT BONNIERS FÖRLAG
1913

Copyright. Albert Bonnier 1913.

DANMARKS
11. DEC. 1944
TEKNISKE BIBLIOTEK
3148

STOCKHOLM
ALB. BONNIERS BOKTRYCKERI 1913

Företal.

Då Järnets Metallurgi av professor J. G. Wiborgh för två år sedan befanns slutsåld och bergselevernas vid rikets tre bergskolor tid ej tillåter användande av så stort antal föreläsningstimmar som skulle åtgå för det vidlyftiga ämnets skriftliga antecknande, så var det nödvändigt utgiva av trycket antingen en ny upplaga av Wiborghs Metallurgi eller ett helt och hållet nytt arbete. Som emellertid just då hade fattats beslut att vid Bergshögskolan införa som fristående ämnen: Allmän Metallurgi, Skogsskötsellära och Järnets Manufakturering samt i samband därmed tilldelats professuren ett högst betydligt ökat antal föreläsningstimmar för det återstående huvudämnet »Järnets Metallurgi» (i egentlig mening), så hemställde undertecknad till förläggaren av Wiborghs Metallurgi om utgivandet av en helt och hållet ny lärobok som bättre skulle kunna fylla behovet än en omarbetning av den gamla skulle kunnat göra.*

Tack vare förläggarens tillmötesgående har nu denna lärobok efter 2 års arbete färdigtryckts och blir i bokhandeln tillgänglig. Författaren måste dock bifoga densamma några påminnelser. Boken gör långt ifrån anspråk på att vara en *fullständig* lärobok i Järnets Metallurgi. För utgivandet av en sådan skulle erfordras många flera års arbete. Den är endast ett enkelt schema för föreläsningarna, vilket schema av de respektive lärarna bör under föreläsningarna utfyllas. Dessutom vill författaren påpeka, att jag *sökt* opartiskt referera framstående järnmäns ofta nog kanske rätt mycket divergerande åsikter, utan att därvid sticka under stol med min egen åsikt i de fall där jag kunnat anse mig kompetent att döma. Ingen är fullkomlig och minst i detta ämne, där nya rön göras dag från dag i ändlös följd och i överväldigande massa! Mina ärade kolleger vid de andra bergskolorna ha och komma nog att begagna sin rätt att självständigt kritisera mina åsikter och att komplettera det felande. Däri göra de rätt, och jag

* Några av mina *egna* uppsatser i Wiborghs Metallurgi, där tryckta med petitstil, finnas dock medtagna även i denna.

skall nog vid behov göra detsamma och behovet kommer, ty Järnets Metallurgi är ingen *död* vetenskap utan den mest levande och raskast tillväxande av alla.

Min bok är skriven för svenska *bergselever* och därför i varje avdelning försedd med ekonomiska uppgifter om materialåtgång, kolåtgång, produktprocent, avbränna m. m. från svenska järnverk, men den är ej försedd med kostnadssiffror i kronor eller med redogörelser för avlöningskostnader och dylikt och detta på den grund, att trenne av våra bruks disponenter* beviljat bergskolebesök vid sina verk endast under bestämd tillsägelse, att vid dessa besök inga ekonomiska sifferuppgifter få av resp. verks ingenjörer till bergseleverna lämnas, och jag har därför funnit riktigast, att ej ur de rikliga sifferuppgifter i denna väg, som av de andra järnverken beredvilligt ställts till mitt förfogande, avtrycka maximi- och minimivärden, ty de böra förstås ej komma obehöriga till del och stöd. Mina elever få dock del av dem under tystnadsförpliktelse.

Anhållande om mina bergsmannavänners fortfarande hjälp till mina åliggandes riktiga fullgörande sänder jag dem min kamratliga hälsning.

Stockholm i mars 1913.

E. G:son Odelstierna.

* Dessa tre bruksdisponenter äro med bland de 6 som i industrimännens inlaga nyligen beklagat, att Tekn. Högskolans lärare ej lämna sina elever nog ekonomiska upplysningar.

INNEHÅLL.

I. **Järnets historia** 1
De utomeuropeiska folkens äldsta järntillverkning 3
De europeiska folkens äldsta järnhantering 8
Sveriges järnhanterings historia 19

II. **Järnet och dess legeringar** 31
A. Rent järn 31
B. Legerat järn 34
1:o. De tekniska järnlegeringarnas indelning s. 35. — 2:o. Kol och järn s. 37. — 3:o. Kisel och järn s. 59. — 4:o. Fosfor och järn s. 65. — 5:o. Svavel och järn s. 74. — 6:o. Mangan och järn s. 77. — 7:o. Nickel och järn s. 91. — 8:o. Krom och järn s. 102. — 9:o. Wolfram och järn s. 104. — 10:o. Molybden och järn s. 108. — 11:o. Vanadin och järn s. 109. — 12:o. Titan och järn s 113. — 13:o. Aluminium och järn s. 118. — 14:o. Koppar och järn s. 121. — 15:o. Arsenik samt antimon och järn s. 127. — 16:o. Zink, bly samt tenn och järn s. 129. — 17:o. Andra såsom järnlegeringsämnen sällan använda eller obetydligt försökta metaller s. 132. — 18:o. Gaser och järn s. 133. — 19:o. Syre och järn s. 143. — 20:o. Väte och järn s. 148. — 21:o. Kväve och järn s. 150. — 22:o. Koloxid och järn s. 153. — 23:o. De sammansatta specialstålen s. 153. — 24:o. Legeringsämnenas pris s 165.

III. **Järnmalmerna och beskickningsmedlen samt deras förbehandling** 167
A. Järnmalmernas indelning 174
1:o. Järnmalmer av typen Fe_3O_4 s. 174. — 2:o Järnmalmer av typen Fe_2O_3 s. 175. — 3:o. Järnmalmer av typen FeO_2CO s. 181. — 4:o. Ferrihydratmalmer s. 182. — 5:o. Såsom malm använda avfallsprodukter s. 186.
B. Manganmalmerna 187
C. Övriga beskickningsmedel 187
D. Malmernas och beskickningsmedlens förberedande vid hyttan 194
1:o. Slagning och sovring s. 194. — 2:o. Bränning och rostning s. 198.

IV. **Järnets utbringande ur malmen** 241
1:o. Äldre s. k. direkta metoder 242
2:o. Masugnsmetoden 248
A. Masugnen och dess uppförande 252
α. Träkolsmasugnen s. 252. — *β*. Koksmasugnen s. 272. — *γ*. Varmapparater och blästerledningar s. 284.
B. Masugnsprocessens kemiska förlopp 303
C. Masugnsprocessens tekniska utförande 320
a. Pipprofilens beräknande s. 321. — *b*. De olika tackjärnssorterna s. 332. — *c*. Masugnsslaggerna och beskickningens beräknande s. 343. — *d*. Pipans förvärmande och påblåsningen s. 371. — *e*. Godsmängdens avpassande och fördelning samt arbetet på kransen och i kolhuset s. 376. — *f*. Avpassandet av blästerns värme och användningen av torkad blåster s. 381. — *g*. Drivningens avpassande s. 386. — *h*. Olika bränslens inflytande s. 388. — *i*. Vid koksmasugnarna avvikande förhållanden s. 389. — *k*. Tecken på nödsatt och hårdsatt gång s. 390. — *l*. Oordningar i hyttgången s. 392. — *m*. Dämning av masugn s. 410. — *n*. Nedblåsning av hytta s. 413. — *o*. Biprodukternas tillvaratagande s. 415.

V. **Tackjärnets raffinerande och färskande** 419
1:o. Torrfärskningsmetoderna 420
α. Glödstålsmetoden 421
β. Aduceringsmetoden 423
2:o. Smältfärskningsmetoderna 437
α. Välljärnsmetoderna 438
A. De äldre nu övergivna välljärnsmetoderna 443
B. Lancashiremetoden 448
C. Vallonmetoden 469
D. Puddlingsmetoden 475
β. Götjärnsmetoderna 477
A. Uchatiimetoden 496
B. Bessemermetoden 500
a. Ugnar och apparater s. 500. — *b*. Processens utförande s. 508. — *c*. Processens kemiska förlopp s. 517.
C. Thomas-Gilchrists-metoden 533
a. Ugnar och apparater s. 533. — *b*. Processens utförande s. 536. — *c*. Processens kemiska förlopp s. 541.
D. Lillbessemermetoden 547
E. Martinmetoderna 549
a. Ugnar och apparater s. 549. — *b*. Processens utförande s. 576. — *c*. Processens kemiska förlopp s. 600.

VI. **Stålframställning utan färskning** 606
1:o. Cementeringsprocesserna 606
A. Brännstålsmetoden 607
a. Ugnarna s. 607. — *b*. Processens utförande s. 607.
B. Ytcementering 609
a. Ugnarna s. 609. — *b*. Materialen s. 609. — *c*. cementeringens utförande s. 610.
C. Cementeringens kemiska förlopp 610
2:o. Gjutstålsmetoden 612
a. Ugnar och deglar s. 614. — *b*. Processens utförande s. 616. — *c*. Processens kemiska förlopp s. 617.

VII. **Ferroelektriska och nya direkta metoder** 621
1:o. De elektriska metoderna 621
A. Elektrotermiska metoder 622
a. Ugnarna s. 622. — *b*. De termoelektriska processerna s. 657
B. Elektrolytiska metoder 661
2:o. Järnsvampmetoderna 665

VIII. **Gjuteriskötseln** 669
1:o. Tackjärnsgjutning 669
a. Ugnarna s. 671. — *b*. Gjutjärnet och gjutchargens tillblandande s. 681.
2:o. Stålgjutning 685

IX. **Det smidbara järnets vällning** 690
α. Ugnarna s. 691. — *β*. Vällningens ändamål och rätta utförande s. 703.

I. Järnets historia.

Det epokgörande verket Die Geschichte des Eisens von D:r Ludwig Beck väckte redan med sin första del bland järnmännen i alla land till liv en ivrig åtrå att så fullständigt som möjligt utreda och lära känna historien om denna jordens ädlaste metalls första och fortgående användning av de olika människoraserna och folken, och många äro de, som under de sista 10 åren med liv och lust arbetat vid Becks sida på detta ämne och i detsamma åstadkommit intressanta och ofta goda specialutredningar, om ock ingen ens tillnärmelsevis kan komma i jämförelse med läromästaren och hans verk. Becks arbete är och kommer att förbliva ett standardverk, om ock till sin äldsta del ej oemotsagt, och i det förf. hänvisar alla intresserade till detsamma, måste jag beklaga, att min boks tryckningskostnad hindrar utförligare referat av verket än det ytterligt avkortade och ofullständiga, som lämnas här nedan.

Beck indelar järnets historia i fyra avdelningar, varav

den första anses räcka från den tid, järnet först började användas av människan och till tiden för de stora folkvandringarna, och då detsamma alltid framställdes i smidbar form och i ugnar, som gingo antingen med naturligt drag eller ock med bälgar och pustar, drivna med handkraft.

Den andra perioden räcker från folkvandringarnas tid och till mitten av 1400-talet, och härunder framställdes ävenledes endast smidbart järn direkt, men ugnarnas blåsmaskiner började drivas med maskinkraft, och järnet kom i allmänt bruk och blev så gott som den enda för vapen och industriella ändamål använda metallen.

Den tredje avdelningen räcker från mitten av 1400-talet till slutet av 1700-talet och utmärker sig för att under dess början genom ugnarnas förstorande och införandet av kraftigare blåsverk järnet erhölls såsom tackjärn, d. v. s. i smält form, varefter man lärde sig att under denna historiska period genom tackjärnets nedfärskande till mjukare stål och järn åstadkomma såväl allt större kvantitet som ock allt ädlare och bättre vara.

Den fjärde och intill våra dagar sig sträckande avdelningen åter börjar med uppfinnandet att framställa järn med koks och stenkol såsom bränsle och med ångkraftens införande samt omfattar även införandet av de tre smältstålmetoderna, degel-, bessemer- och martinprocesserna eller, som Beck kallar det, masstålberedningen.

Och ehuru Beck ej nämner något därom, hava vi sedan några år kommit in uti och leva nu mitt uppe i en *femte* avdelning, då järn och stål framställas och raffineras medelst hjälp av elektrisk kraft.

När järnet *först* trädde i människans tjänst torde aldrig komma att med säkerhet utrönas, och fullt visst är ej, att man på de grunder, som Beck anför, kan våga antaga, att det var den tredje, d. v. s. närmast guld och silver använda metallen, eller att, om kopparen lika tidigt började användas, full säkerhet vunnits i, att det gamla antagandet, att uppfinningen av bronsen skulle vara äldre än den av järnet är falskt, ej heller att konsten att tillverka brons är bevisad vara av yngre datum, än den att framställa järn.

Som många vetenskapsmän framkastat det förmodandet, att människorna skulle lärt sig använda järn genom fynd av meteorstenar, tager Beck denna möjlighet under närmare skärskådande samt kommer, sedan han påvisat, att hittills funna nu kända meteorer tillsammans ej äga mera än 182200 kg. vikt, och således motsvara endast en bråkdel av nuvarande dagsbehovet, och att meteorjärnet, som är kolfritt och därför odugligt till skärande verktyg men håller 6—10 % nickel och även för nutida verktyg är mycket svårarbetat, till den slutsatsen att om ock i enskilda fall en eller annan individ gjort bekantskapen med metallen i denna form, så kan det dock omöjligt tänkas, att folken eller mänskligheten i stort sett har att tacka meteorstenarna för upptäckten av järnets nyttiga egenskaper. Tvärtom anser han, att meteorernas egenskap av att hålla järn upptäcktes långt efter sedan man lärt sig av malmer utreducera dylikt, varefter de förra fingo namn av himmelens järn. I egyptiskan är ock ordet baaenepe = järn från himmelen, yngre än ordet ba, varmed koppar och järn först betecknades.

Meteorjärnets användbarhet till smidning torde dock ej varit alldeles okänd även för de gamla, ja, en del författare anse, att dessa fått idén till damaskenerstålet just därifrån. Från en javansk furste Sverakarta har så Österrikes kejsare till skänks erhållit 5 dolkar förfärdigade av ett ur ett meteorblock uthugget stycke. Av detta meteorblock ha sedan länge dessa furstars av Solo dolkar utsmitts.

Alla de gamla folken tillskrevo någon viss gud järnets upptäckande, såsom egypterna Osiris, romarna Vulkanus, germanerna Odin, grekerna Kadmos o. s. v., vilket ävenledes talar för kunskapens uråldriga beskaffenhet, och tager man i betraktande att föga svårighet möter att med ytterst enkla anordningar av de hos de gamla folken rikligt förekommande lättreducerade järnmalmerna åstadkomma smidigt järn,

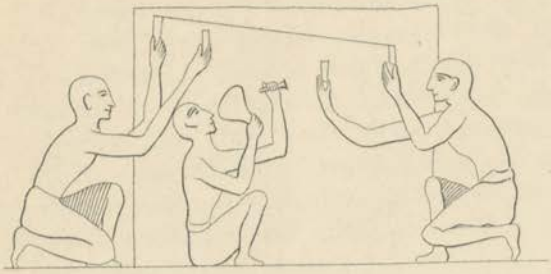


Fig. 1

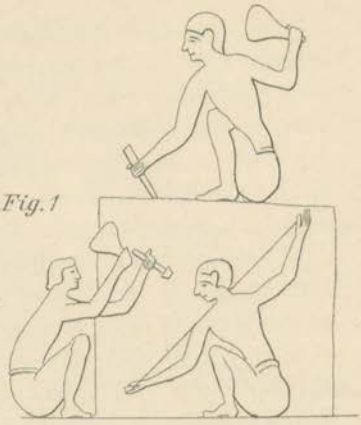


Fig. 2

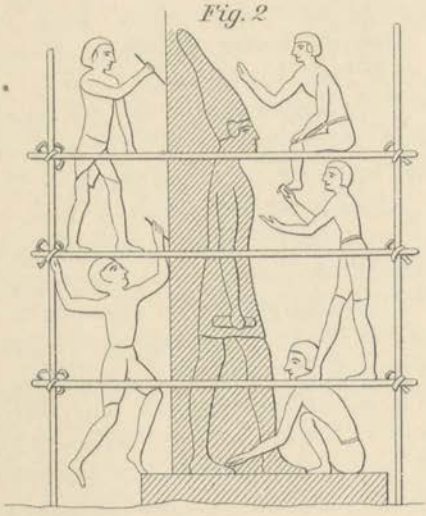
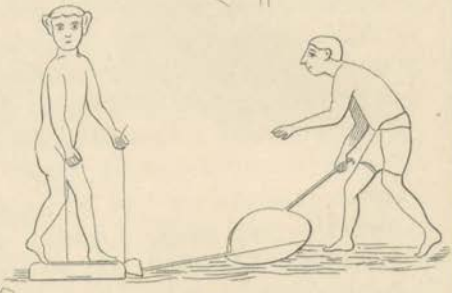


Fig. 3





Världens äldsta
hittills bevarade järnstycke



Fig. 4

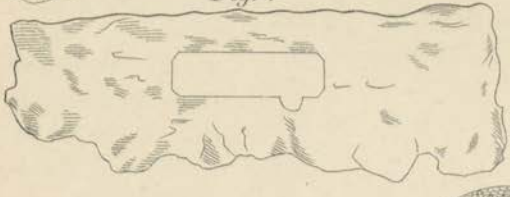
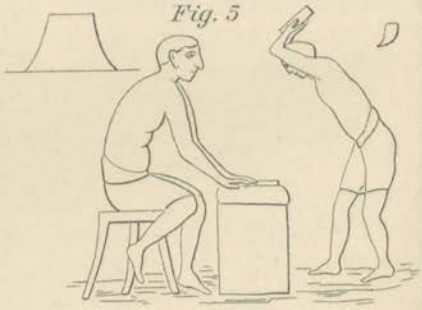


Fig. 5



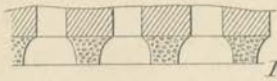
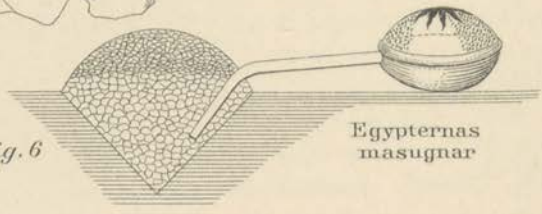


Fig. 6



Egypternas
masugnar

Grav av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

men att förekomsterna av gedigen koppar ej voro så synnerligt allmänna och att endast en del kopparmalmer äro lättreducibla, förefaller det, såsom Beck påpekar, naturligt, att järnet redan tidigt och *före* kopparen skulle kommit i allmänt bruk.

Mångfaldiga exempel från de gamlas gravar, skrifter och hieroglyfteckningar anföras sedan av Beck för att bevisa järnframställningens ålder, och vilja vi här nedan åberopa några av desamma, av honom tagna från olika folk och länder.

De utomeuropeiska folkens äldsta järntillverkning.

Egypterna, jordens äldsta kulturfolk, förstodo redan tidigt att ur porfyrer, basalt, granit och syenit uthugga väldiga block för sina monumentala byggnader och utmejslade ur samma hårda bergarter finbearbetade jättelika bildstoder, se fig. 1, 2 och 3 pl. I, vilket de svårligen kunnat göra utan mejslar av stål.. Också avbildade de i sina, till vår tid bevarade väggmålningar, alltid dessa mejslar och släggor i blå färg, visande därmed, att de voro av järn, medan de samtidigt målade alla de husgerådssaker och kärl, dem man kan tänka voro av koppar eller brons med rött, och anser Beck därför antagligt att egypterna redan under tredje dynastien eller tidigare än 3000 år före Kristus* voro väl förtrogna med järnets utvinnande ur dess malmer. Han anser detta bevisat även genom det fynd av en järnslägga, se fig. 4, pl. I, som engelsmannen Hill gjorde vid restaurerandet av Chufus pyramid och vilken slägga låg i pyramiden under ett förut orört stenblock, och säger han, att då denna pyramid byggdes före år 3000 f. K., torde detta stycke järn, som förvaras i British museum, vara det äldsta, som bevarats till vår tid, c:a 5000 år gammalt som det i så fall vore. Beck anför även att ordet ba visserligen användes både för koppar och järn, men att egypterna skilde, då det gällde järnet, mellan »batehaset» = järnet från norden och »ba-men» = järnet från södern, och att de hava väggmålningar utvisande huru det senare blåstes, se fig. 6, pl. I. Målningen, som visar, att bälgarna trampades av en man med negrernas utstående öron, visar för resten samma ugnstyp, som negrerna i Kordofan ännu använda, ett gott bevis på denna människoras' låga intelligens.

O. v. Lippmann (Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909, sid. 87—102) anser ävenledes att egypterna kände och använde järnet redan i 4:de årtusendet f. K., och att dess användning 1500 år f. K. var allmän bland dem samtidigt med bronsens.

De ovannämnda väggmålningarna och de otaliga ugnslämningarna i Kordofan hava kommit flere forskare, däribland v. Luschan (Zeit-

* Snefru, den siste konungen av tredje dynastin, regerade mellan 3124—3100 f. K.

schrift für Ethnologi 1909, sid. 22—59) att antaga att negrerna rent av varit egypternas läromästare i järnframställningens konst och att de uppfunnit bälgarna — världens första blåsmaskiner, vilken uppfinning sedan genom egypterna spritts vidare till Asien och Europa.

I Kordofans järndistrikt befinner sig ungefär 2 m. under markens yta rika lager av järnleror eller om myrmalmer påminnande järnoxidhydratklumpar, vilka uppgrävas ur gropar, som aldrig göras djupare än högst 3 m., då i stället en ny upptages bredvid den andra, ehuru malmen fortsätter på djupet. Det uppgrävda sorteras först noga, och endast det rikaste tillvaratages och renvaskas, varefter i sanden göres en konisk grop 0,3 m. djup och upptill lika vid, vilken fylles med träkol och sönderbokad malm och sedan täckes med en ytterligare ditlagd kolhög, varefter den eldsättes och blåsningen börjar. Bälgarna äro gjorda av eldfast lera och täckas upptill av ett fastbundet skinn, som i mitten har ett hål, som antingen täckes med flata handen eller med fotsulan, då skinnet nedtryckes, varvid blästern genom det i c:a 45° vinkel böjda lerröret nedpressas i gropen. I denna första smältning erhålles dels slagg, dels halvreducerade järnmalmstycken. Såväl den järnrika slaggen som de senare omsmältas därefter ånyo i den förut rengjorda och med kol på nytt fyllda gropen, och erhålles då underst i denna en svampig klump av verkligt gott och rent smidesjärn av c:a 6 kg. vikt.

Semiternas folkstam *assyrerna* i Babylonien använde, påstår Beck vidare, redan i de äldsta tiderna, då de först uppträdde såsom ett särskilt folk, järn till vapen och mångahanda verktyg och husgeråd samt kallade detsamma, efter vad deras kilskrifter visa, partsil, och äro de troligen det första folk, som använde lansryttare, vilka dessutom redo på med järn väl bepansrade hästar. Men tillverkade järnet gjorde de dock ej, utan emottogo det i tributer från underkuvade folk, såsom från moscherna, tibarenerna och kabylerna. Så omtalar t. ex. en kilinskrift från år 800 f. K. att konung Ful, då han erövrade Damaskus, vid fredsslutet av dess konung erhöll bland annat 5000 talenter järn. Place, under Napoleon III fransk resident i Mosul, fann under utgrävningar i Ninevehs ruiner i Khorsabad ett helt magasin fullt av ännu endast med ett papperstunt rostlager täckta smältstycken och smiden, varav en del av de förra återfinnes i avbildning i fig. 1, pl. II. Såsom av avbildningen synes, voro dåtidens smältstycken försedda med hål för att kunna uppträdas på rep och hängas knippvis över kamelryggen, och vad speciellt dessa av Place funna styckena angår, visade de sig vid provsmidning bestå av ett utmärkt gott järn, ej sämre än det bästa nutida träkolsjärn. Damaskus vid Antilibanons fot fanns såsom stad redan på egyptiske konungens Thutmosis III tid, 1590 f. K., och voro dess smeder, dess stål och dess järn så berömda, att de förstnämnda att börja med, då staden av främmande konungar erövrades, vanligen som segerpris av dessa

medfördes, medan senare kejsar Diokletianus under Roms storhetstid där anlade stora vapenfabriker för sina arméer. Dess elastiska stålklingor, som bestodo av hopvällda stål- och järnfibrer och som efter polering och etsning visa den bekanta damaskenerteckningen, blevo under korstågens tider kända även i västra Europa och högt berömda. Damaskus' invånare voro ävenledes ett semitiskt folk, nämligen *fenicier*, och Thutmosis omtalar huru han vid deras besegrande tog massor av järn i form av stridsvagnar, rustningar, hjälmar, stridsyxor och konstföremål.

Det tredje semitiska folket *israeliterna*, som erövrade ett land (Kanaan), »vars stenar äro järn, och där du malm ur bergen hugger», tyckes ej hava varit synnerligt fallet för den heta och besvärliga järnframställningen, ty dels jämföres i 5:e Mosebok deras liv i Egypten med det i en järnugn, d. v. s. en ugn för att framställa järn, dels anför Beck såsom säkert, att judarna hämtade sitt stål från norra Armenien eller köpte det av sina stamförvanter fenicierna, vilka senare voro deras läromästare i handel och förslagenhet. Att de redan före sitt avtåg från Egypten och kanske tidigare kände till järnet och dess bruk framgår av omtalandet i första Mose bok av smeden Thubalkain, i vars namn Thubal betyder järnslagg.

Araberna, det fjärde semitiska folket, och kanske själva urstammen för dem alla, kände troligen redan för 5000 år sedan järnets bruk, ty redan 3000 år f. K. kämpade de med Egyptens konung Snefru om Sinais bergverk, i vilka järnmalm bröts åtminstone vid tiden för Egyptens tredje dynasti, och från Usal, numera Sanaa i lyckliga Arabien, köpte Tyrus' invånare sitt finaste stål, medan *lyderna*, den femte semitiska folkstammen, under konung Allyates' tid levererade dylikt till grekerna.

Arierna. Hos denna, nu världen behärskande folkstam, till vilken även vi germaner höra, är järnframställningens konst enligt Beck också urgammal, om ock bevisen därför äro mindre tydliga än hos den semitiska och hos egypterna.

De ariska folkens äldsta stam, *inderna*, vilka liksom vi härstamma från Himalayas högfjäll, sjunga om järnet och dess bruk redan i sina heliga sånger Rigveda, vilka diktades för mer än 3400 år sedan, och omtala de där dess bruk till vapen och yxor m. m., men att järnets bruk hos dem och även hos alla de ariska folken går tillbaka ofantligt mycket längre i tiden eller till den avlägsna forntid, då de olika stammarna ännu bodde tillsammans, anses bevisat av den jämförande språkforskningen, som funnit, att roten för ordet järn i alla de ariska folkens språk är densamma. Här nedan anföras efter Beck de olika uttalen:

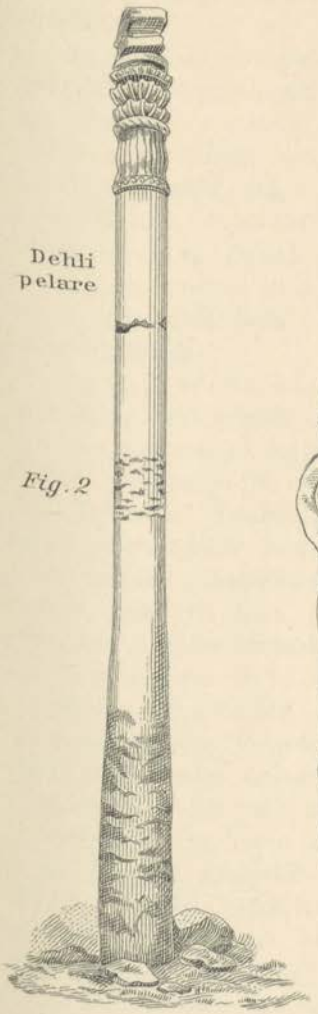
Roten: ais (= lysande, glänsande).
Sanskrit: ayas.
Zend: ayanh.
Medelhögtyska: yseren, îsen.
Gammalsaxiska: îsern, îsen.
Gammalnederländska: îsern, îsen.

Gammalnordiska: iarn, jarn.
Svenska: järn.
Danska: jern.
Walesiska: hayärn, hairan.
Cymriska: haiarn.
Gaëliska: iarrun.
Gammalspanska: iarran.
Anglosaxiska: isern, iren.
Gammalfrisiska: isern, iser, isrn, irsen, irser.
Engelska: iron.
Gammaltyska: îsarn, îsan, hisin, aisin.
Nynederländska: iszen, iszer.
Holländska: iser.
Nyfrisiska: irsen.
Nyspanska: hierro.
Portugisiska: ferro.
Latin: ferrum.
Italienska: ferro.
Franska: fer.
Bretonska: huarn, hoarn.
Cornwallska: hoarn.
Armeniska: honarn.

F. Kunze säger emellertid (se »Geschichtliches vom deutschen Erzbergbau»), att det keltiska Isarno skall vara stamordet till det tyska Eisen, och att de latinska folkens hierro, ferro, ferrum, ferro och fer alla hava en semitisk stam.

Indra, åskguden i indernas äldsta gudalära, slungade en hammare av järn, vår åskgud Tor, enligt Beck, ävenledes en sådan, och på många ställen i indernas heliga böcker skrives om en mängd olika av järn förfärdigade gudavapen. Indiskt stål och indiska svärd kommo genom handeln till de väster ut boende folken, och de indiska handelsvarorna, som sändes till det gamla Rom, bestodo av järn och stål, kryddor, siden, vällukter, elfenben, sandelträ, smärgel, ädelstenar och pärlor, varemot inderna i utbyte erhöllo koppar och brons, bly, tenn, silver- och guldsaker samt penningar. Som Indien är rikt på järnmalm, men mycket fattigt på koppar, var det naturligt, att ingen så kallad bronsålder där föregick järnets användande i allmänna livet. Och att de gamla inderna voro fullkomliga mästare i att behandla järn och stål torde ej minst tydligt framgå av den massiva järnpelaren i Delhi, som består av stål, och vilken återgives i fig. 2, pl. II. Denna pelare, som räcker $6^1/_2$ m. över marken och som är mera än $7^1/_2$ m. lång samt 0,4 m. i medeldiameter, väger över 6000 kg. (Se S. u. E. 1909, sid. 802). På senare tider har man dock trott sig finna, att den förfärdigades först 1052 e. K. på befallning av Anang Pal Tumar-dynastiens grundläggare ehuru till minnet av Raja Dhawa's segrar under 300-talet e. K. Ett märkeligt prov utgör den i alla händelser på indernas smideskonst redan i avlägsna tider. (Fotografi av densamma se S. u. E. 1909, sid. 802.)

Beck framhåller vidare, att *perserna* ävenledes hava i sina gamla heliga skrifter Zend-avesta och i dessas första bok Vendidad, som omtalar järnets fabricerande i smältugnar och verkstäder, ett tydligt bevis för sin järnhanterings höga ålder, och ännu fortlever denna deras gamla industri i östiraniska höglandet samt tillerkännas de



Dehli pelare

Fig. 2

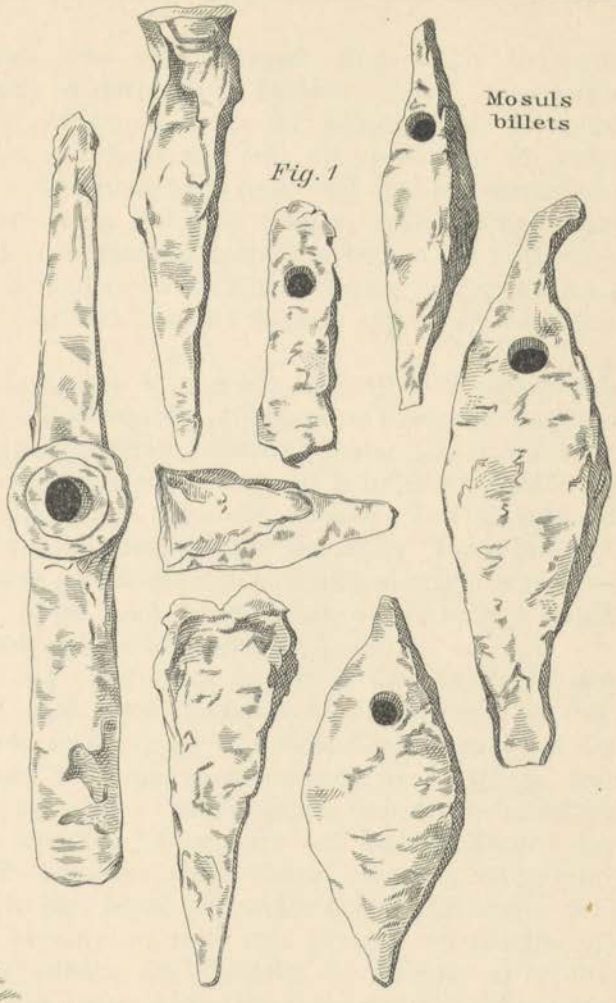
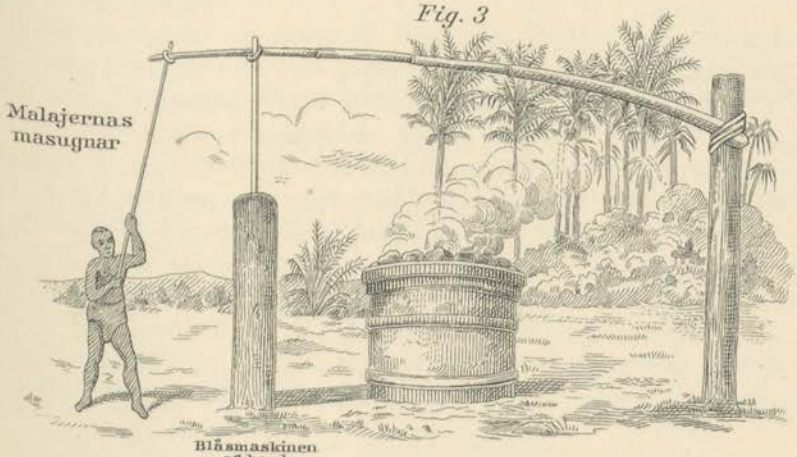


Fig. 1

Mosuls billets

Fig. 3



Malajernas masugnar

Blåsmaskinen af bambu

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

persiska vapensmederna högsta rangen bland alla Asiens järntillverkare.

Då arierna uttågade från sin hembygd, gingo några av deras stammar väster ut, och av dessa följde baktrier, parther, meder och armenier floden Oxus' dåvarande lopp till Kaspiska havets södra strand och bosatte sig där samt medförde dit kunskapen om sättet att tillverka järn, och i Kurdistan samt Armenien uppblomstrade forntidens förnämsta järnhantering, som i de gamlas skrifter nämnes som kalybernas och Tubals och varifrån egypterna erhöllo sitt tehaset — järnet från norden. Kalybernas stål fick hos romare och greker högt beröm och god betalning och handeln därmed var en av forntidens allra viktigaste.

De *turaniska* folken, som utvandrade från Altais bergdalar och som delas i en mängd olika stammar: tunguser, kalmucker, burjäter, usbeker, turkmener, tartarer, kirgiser, baskirer, jakuter, turkar, osmaner, finnar och magyarer etc., hava ett gemensamt familjedrag i sin stora skicklighet att konstfullt kunna bearbeta metaller, och voro bland deras gamla gudar de metallurgiska de allra förnämsta. Deras poetiska sagor omtala mångfaldiga gånger järnframställningen och järnets egenskaper, och det kan, anser Beck, ej betvivlas, att de redan i Altais dalar utövade en blomstrande järnhantering.

Kineserna lärde sig enligt sina gamla skrifter av sin kejsare Fo Hi att tillverka järn, och säkert tyckes vara, att de redan för 4000 år sedan kände järnets bruk, ty i boken Schu-King, vars första del författades under kejsar Yu, som besteg tronen år 2357 f. K., omnämnes järn »tit» och stål »low». Kinas äldsta järnverk befunno sig i provinsen Ho, vars ofantliga järnmalms- och kollager ännu i dag brytas. I ett gammalt kinesiskt verk, Pi-tan, beskrives ståltillverkningen sålunda: »smitt järn böjes och vrides och osmitt kastas däremellan, varefter det överstrykes med lera, glödgas och därefter uthamras», vilket tyckes antyda, att kineserna förstodo sig på att tillverka damaskenerstål, och säkert är, att de redan mycket tidigt lärde sig tillverka gjutjärn.

Japan tyckes omkring år 1240 f. K. hava blivit befolkat av utvandrade kineser, och dess järnhantering är ävenledes gammal. Om deras ståltillverkning skrev Swedenborg i sitt verk De Ferro, att de utsmida sitt ojämna stålartade järn i stänger, som de nedgräva på sumpiga ställen, efter några år åter uppgräva det, omsmida det orostade på nytt till stänger, som igen nedgrävas, då efter tillsammans 8 till 10 år endast stål återstår, vilket utsmides och säljes.

Hos *malajerna* på Sumatra och Borneo synes ävenledes järnhanteringen vara urgammal att döma av deras av lera och bamburör utförda ugnar och deras träblåsmaskiner, se fig. 3, pl. II.

Om Amerikas före Columbi ankomst civiliserade folks järnhantering skriver Chr. Hostmann, att ehuru den av många förnekats,

finnas dock de mest otvetydiga bevis för, att *mexikanare* och *peruaner* m. fl. kunde tillverka järn, alldenstund t. ex. Acosta omtalar, att i Peru stämpelformade järnstycken utgjorde gångbart mynt, och Columbi son anför, att vid hans faders första ankomst till Guadeloupe använde där boende indianer kokkärl av järn samt järnyxor. Sahagun säger i sin reseberättelse från Mexiko 1529, att de mexikanska smederna voro så skickliga, att de kunde bearbeta järnet som vax, och detta visar väl, att smideskonsten hos även det folket var gammal och äldre än några årtionden blott. *Chilener* och peruaner nyttjade lansspetsar av järn vid spanjorernas ankomst och att dessa folk samt mexikanarna även förstodo att tillverka stål bevisas tydligt av deras skulpturverk, som äro förfärdigade av så hårda stenarter, basalt, porfyr m. m., att intet annat material kunnat begagnas för de verktyg, som använts till deras uthuggning. Likaså skulle deras ofantliga stenbyggnader och jättelånga bergvägar och tunnlar varit outförbara utan stålredskap, t. ex. den 250 geografiska mil långa, till stor del i Cordillernas fjällväggar uthuggna 7,5 m. breda med regelbundet tillhuggna trapp- och porfyrstenar belagda Inkasvägen i Peru. Överallt ser man där spåren av stålmejslarna, varmed man högg, och vilka spår omöjligt kunna vara åstadkomna av sten- eller bronsverktyg. Som för övrigt dessa folkslag hade särskilda, från de inkomna spanjorernas ord för järn fullkomligt skiljaktiga uttryck, mexikanarna tliltic seputztli (mörk smidbar sten), chilenerna panilgue och peruanerna quillay, så visa även deras språk, att de kände till järnet och dess bruk, fast metallen var sällsynt och dyrbar. Och att inga järnsaker i dessa länders varma och fuktiga klimat kunna finnas bibehållna från dessa folks forntid säger sig självt, då t. ex. vid Panamakanalens byggande de franska ingenjörerna, trots all sin omsorg om dem, sågo sina maskiner förrosta på några få år.

De europeiska folkens äldsta järntillverkning.

(Enligt Beck.)

Grekernas hela nationella läggning var riktad så åt det ideella, att de saknade utpräglad håg för de grövre tekniska arbetena, varför Beck ej finner det underligt, att deras bidrag till mänsklighetens utveckling genom förbättrande av järnframställningsmetoderna varit = 0. Deras gamla hjältesånger omtala såsom de första järnsmederna daktylerna och kykloperna, varmed alldeles säkert menas feniciska folk, och som man av Homers sånger finner, kände grekerna på hans tid ej till sättet att ur malm utvinna järn utan endast att bearbeta redan av andra framställt sådant, men häri besutto de otvivelaktigt en viss färdighet och förstodo väl att skilja mellan mjukt järn och stål, samt var järnet så allmänt använt till mindervärdiga åkerbruks-

m. fl. redskap, att det dels jämfört med den lysande kopparen och bronsen föga lovprisades av skalderna, dels ej vid stormäns begravningar, som alltid försiggingo under pomp och ståt, befanns värdigt att få medfölja i graven, varför järnfynden i heroernas gravar i Mykene också varit ytterst få. Vid berget Ida i Mindre Asien bodde daktylerna och på Cypern andra fenicier, från vilka grekerna ännu långt fram i historiska tiden fyllde sitt järnbehov. Dock gör från de övriga grekerna en av deras stammar, nämligen lakedemonierna undantag, ty detta sträva och praktiska folk bedrev sedan urminnes tid en om ock liten järntillverkning och fabricerade även stål, ehuru detta städse förblev av sämre beskaffenhet än det asiatiska. Under grekernas storhetstid köpte de övriga grekerna skytiska slavar, som voro kunniga i järntillverkningen, och vilka de tvungo att arbeta i sina bergverk under den förfärligaste misshandel något folks slavar varit underkastade, vilket även enledes visar huru i grund föraktad järntillverkningen var hos detta lättsinniga folk.

Romarna och italienarna. Angående dessa påstår Beck att omsorgsfullt utförda gravundersökningar på senare tider visat, det Italiens urinvånare (ligurer och umbrer, tillhörande den germanska folkstammen) voro bekanta med järnets bruk redan innan etruskerna erövrade herraväldet över dem, och att då man vet, att redan under den egyptiske konungen Menephta etruskerna härskade i Italien, måste således järnhanteringen där vara över 3200 år gammal. Etruskerna åter drevo även de en mycket betydande järntillverkning grundad huvudsakligen på ön Elbas ofantliga skatter av rikaste, renaste järnmalm, i vilken verklig gruvbrytning tidigare än i något annat europeiskt lands järnmalmsfyndigheter blivit driven. Vid gruvorna på Elba, där man måste spara på de små skogstillgångarna, nedsmältes malmen i rännhärdar endast till svampartade järnklumpar, vilka därefter överskeppades till skogrikare trakter, delvis till italienska kusten, men huvudsakligast till Korsika, vilken ö elbaborna för detta ändamål genom krig annekterade, och här välldes samt utsmiddes från särskilda härdar järnet till täta stycken, i båda ändar utdragna till smala stänger, se fig. 1, pl. III, så formade för att handsmederna sedan skulle lättare kunna hantera dem.

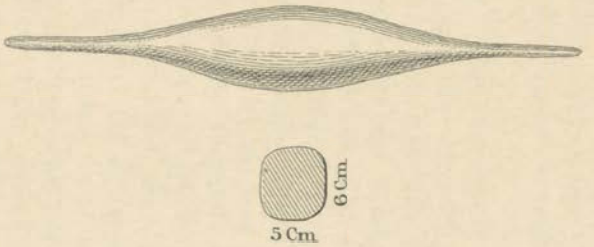
De gamla romarna buro till tecken av sin tapperhet alltid, så fort de nådde mannaåldern, på sin högra hands finger en järnring, och detta konung så väl som slav, och likaså var brudens vigselring av järn, vilket visar, att detta kraftiga folk höll sagda metall i ära. Redan i början av sin historia använde de järnvapen, vilket framgår av att det hårdaste villkoret, den segrande Porsenna pålade dem år 507 f. K., var att de endast till åkerbruksredskap fingo använda järn. Att börja med drevo de dock ingen egen järntillverkning, ty i Roms närhet finnas inga järnmalmlager, men när de sedan segrande utbredde sitt herravälde över den då kända världen, bemödade de sig om att

överallt, där större tillgångar till rika och goda järnmalmer upptäcktes, införa järnhanteringen eller tvinga de infödda att utvidga sina verkstäder i största möjliga grad, på det att de romerska härarna alltid skulle vara väl försedda med de yppersta skydds- och anfallsvapen. Beck fränkänner dock romarna förmågan att förbättra de underkuvade ländernas bergshantering, utan framhåller han i stället, huru som densamma mångenstädes i grund förstördes genom segrarnas sätt att åt enskilda lycksökare och bolag förpakta avkastningarna.

Huru romarnas smidesstäd sågo ut framgår av fig. 2 och 3, pl. III, och voro dessa städ avsedda att med den spetsiga ändan stadigt nedrivas i smedjans golv. Beck har likaledes försökt efter rester av vid Dreimühlenborn utgrävda gamla romerska järnsmältugnar upprita dessas ursprungliga utseende, vilket finnes återgivet i fig. 4, 5 o. 6, pl. III. Dessa ugnar anses hava varit av 0,5 m. diameter och 1 m. höjd samt hade tvenne formhål, varigenom luft från bälgar inpressades. Den tredje öppningen åter, som under blåsningen var i det närmaste tillmurad, tjänstgjorde för smältans uppbrytande och slaggens avtappande. De drevos på så sätt, att de först fylldes enbart med träkol, varpå ugnen nedtill genom formhålen eldsattes, och sedan uppsattes den i nötters storlek sönderslagna malmen lagervis med träkol, allt efter som kolen brunno undan, medan man tid efter annan avtappade den smälta slaggen. Då smältan blivit av tillräcklig storlek, hölls den att börja med upplyftad framför formorna för att bättre välla hop och bliva fri från den mesta slaggen, varefter den, sedan blästern frånslagits, upplyftes och uttogs.

Beck påvisar, huru med de stora folkvandringarna, då hunnerna bröto in över germanerna och dessa i sin ordning över romarväldet, vid dettas tillintetgörande civilisationen återföll i barbari, och huru romarnas blomstrande järnhantering då nästan i grund förgjordes, så att för århundraden framåt järn endast i smärre kvantiteter och på ofullkomligare sätt fabricerades, men samtidigt påpekar Beck, att hos de segrande folken kunskapen om järnet och dess framställning måste hava varit uråldrig och förefunnits långt innan de trädde i beröring med romarna, samt angriper han på det skarpaste herrar arkeologer och isynnerhet de skandinaviska, vilka han rent ut beskyller för svikligt förfarande i deras kamp för sina teorier om uppdelandet av de germanska folkens första historia i de tre perioderna, sten-, brons- och järnålder, lika väl som han alldeles fränkänner de gamla skandinaverna sådan industriell mästarskicklighet, att de skulle kunnat fullkomligare och skönare än etruskerna och sydeuropeerna gjuta och bearbeta bronsen. Han säger, att järnfynd från svenska stenåldersgravar äro i tillräcklig myckenhet kända för att löjliggöra herrar arkeologers i förtvivlan tillgripna förklaring, att dessa järnsaker i senare tid råkat ramla ned i gravarna, och han utkastar den förmodan, att om den senare stenålderns samt de s. k. bronsåldersgravarna mera

Fig. 1



Forn-tyska städ

Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

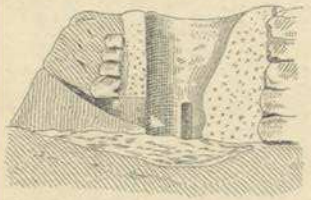


Fig. 5

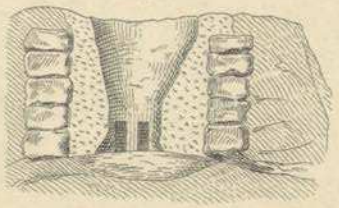
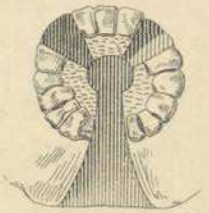


Fig. 6



Steyermarkska och tyska ugnar

Pl. III

Graf. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

noga och opartiskt undersökts, samt man ej av princip blundat för rostlämningar, järnets större ålder än bronsen skulle vara med full klarhet bevisad. Han hånar våra lärdes »schematismus», sådan den kommer till synes i Stockholms och Köpenhamns museer, och anför många, som han tycker, tungt vägande bevis för dess oriktighet och hopkonstruerande på en falsk grund, samt är i sina anfall på de svenska forskarna så skarp, att det måste anses önskligt, att hädanefter inga nyfunna forntidsgravar måtte få undersökas, utan att opartiska bergskemister eller andra sakkunniga finnas närvarande, som kunna eftersöka, om rost efter järnsaker någonstädes i gravarna eller deras jordgolv förefinnes.

Beck påstår vidare, att man i Schweiz funnit gamla bergverk och järnsmältningsugnar, där stenredskap kvarglömts, när verken plötsligt av sina ägare måst övergivas till följd av fientliga folks infall, och anser han dessa stenverktygs förekomst i smedjorna vara ett tydligt bevis för att järnåldern där följt omedelbart på stenåldern. Om den svenska yngre stenålderns och den äldre bronsålderns gravars saknande av järnföremål säger han, att det ju är helt naturligt, att i det råa svenska klimatet lika väl som i det danska järnföremål nedlagda 1500—3000 f. K. på de tusental år, som sedan dess förflutit, skola hava totalt förrostat och måste man häri giva honom fullkomligt rätt samt är det dessutom klart, att varhelst vatten kan hava kommit åt att drypa ned på rostet får det senare sökas ej blott på golvet i graven utan även nere i mullen, samt kan det nog tänkas, att det av salpetersyrehaltigt regnvatten eller kolsyrehaltigt »källvatten» rent av upplösts och bortförts. Hava dylika rostsamlingar eftersökts eller eftersökas de numera fullt metodiskt?

Spanien beboddes i äldsta tider dels av de till den finsk-tartariska folkstammen hörande ibererna, som ännu fortleva tämligen oblandade i baskerna, dels ock av kelter och keltiberer, och vet man, att de sistnämnda, som voro ett kraftigt och tappert folk, som romarna hade mycket svårt att besegra, själva tillverkade ej blott järn utan även ett utmärkt stål, vilket Diodorus omtalar, att de fabricerade på följande sätt: »De nedgräva utsmidda järnplattor i jorden och låta dem ligga så länge, till dess de svagare delarna bortrostat och endast de allra fastaste delarna återstå, varefter de av dessa smida sina utmärkta svärd och andra vapen. Ett på detta sätt tillverkat svärd sönderskär allt, som i dess väg kommer, och varken sköld, hjälm eller benpansar förmår motstå dess hugg, så gott är detta järn.» Detta sätt att utvinna stålet ur det ojämna råjärnet påminner mycket om de gamla japanernas.

Frankrike, som beboddes av galliska folkstammar, ägde, anser Beck, redan då fenicierna nedsatte sig vid Rhône och anlade sitt nybygge Massilia, en urgammal och betydande järnindustri, och de franska arkeologerna tvista numera om huruvida indelningen i sten-

ålder, bronsålder och järnålder, vad bronsåldern angår, håller streck, eller om även i Frankrike järnet kom i bruk vid stenålderns slut. Där, likaväl som i norden, blev emellertid den i tekniskt hänseende underlägsna bronsen för sin färgprakts skull högt värderad och från utlandet inköpt, men de i krig använda vapnen voro dock mestadels av järn, och de romerska historieskrivarna omtala flerstädes de ofantliga galliska slagsvärden, som t. o. m. förskräckte Cæsars soldater. Dessa svärd voro dock gjorda av så mjukt järn, att de vanligen efter 3 à 4 hugg måste med fot och hand åter klämmas raka, så att i stålframställningens konst voro gallerna tydligen mycket underlägsna sina sydvästliga grannar. Ugnarna, de förra använde, voro dels endast i marken gjorda och med lera infodrade gropar, dels låga schaktugnar, se fig. 1 och 2, pl. V, vilka senare dock antyda goda framsteg i reduceringskonsten.

Germanerna, som med sina järnvapen slogo Roms världsvälde i spillror, uppträda först sent i världshistorien, i det de där för första gången omnämnas på 300-talet av manilioten Pytheas, som vid sitt besök i bärnstenslandet fann dem som ett åkerbrukande, bofast folk. De sägas hava i gråaste forntid från sin första hemort i övre Oxusgebitet inträngt i Europa, drivande kelterna åt sydväst och finnarna åt nordost, åt sig själva erövrande odlingsvärda länder, men så långt tillbaka låg denna vandring, att minnet av den forna hembygden alldeles förlorats för folket. Deras gudalära talar på mångfaldiga ställen både om järn och stål och så gammal som Tor var ock hans hammare Mjölner, och en mängd andra bevis finnas också för att germanerna ansågo järnet som den först till vapen använda metallen. Otvivelaktigt anser Beck det vara att germanerna själva beredde sig det mesta av det stål och järn, de behövde, om ock konstrikt arbetade vapen utgjorde en stående importartikel. Och ännu återfinnas i Nordtyskland och Holland på flera ställen rester av förhistoriska järnverk, vilkas ålder Beck tror räcker upp till stenålderns dagar.

Sydgermanerna, tyskarna använde, säger Beck, heller aldrig bronsen annat än till prydnader och lyxsaker, däribland, för att använda ett nutida uttryck, i paradvapen. Stål- eller järnspjutet var deras huvudvapen, och endast de förmögnare bestodo sig att börja med slagsvärd av samma metall, pilarna hade järnspetsar, och hjälmar och sköldar voro järnbeslagna, men även till fredliga saker användes mycket järn såsom till byggnadsjärn, plogar, handkvarnar, spadar och hackor, yxor och knivar, och smederna höllos högt i ära.

A. Müller har på senare år utfört ganska omfattande undersökningar över södra Österrikes äldsta järntillverkning samt företagit talrika utgrävningar på gamla boplatser i *Steyermark*, *Kärnten* och *Krain*. Han säger bland annat i »Zur Geschichte des Eisens in Innerösterreich», att Krains första bebyggare, pålbyggarfolket, redan hade åtminstone kännedom om järnet, alldenstund man vid utgräv-

ningar i de nu igenväxta f. d. sjöar, där de byggde sina på pålar vilande bostäder, funnit sjunkna farkoster, vilkas plankverk hophållits av järnspikar. Likaså hava utgrävningarna visat, att det pålbyggarfolket fördrivande Hallstattfolket och de detta sen fördrivande kelterna (galler) förstodo använda och tillverka järn, och de äldsta järnugnslämningarna visa tillbaka ända till tiden närmast före kelternas inträngande, d. v. s. till den s. k. Hallstattiden. Bland de äldsta fyndplatserna räknar Müller även de s. k. Gradischen, större och mindre samlingar av ugnar skyddade mot fiendeanfall genom uppkastade vallar. Av sådana »hyttestäder» känner man i Krain över 300 och har Müller undersökt 30 av dessa, samt i dem funnit stora mängder av halvbearbetat järn samt svärd, spjut- och pilspetsar, yxor, mejslar, spikar och så vidare, allt av järn samt dessutom mängder av bronssaker visande att dessa vallomgivna hytteanläggningar gå tillbaka till 1000 år f. K. Vid Hernowitz har man funnit det lager, som innehåller dessa ugnar täckt av ett annat innehållande keltiska gravar, och kelterna invandrade först 400 år f. K. De i »borgbyggarlagret» funna från Egypten, Syditalien, Grekland och orienten stammande rikligt förekommande prydnaderna av brons, pärlor m. m. visa, att detta smedfolk drev en betydande exporthandel med sitt järn och voro dessa smeder mycket rika att döma av deras gravars innehåll. Kelterna fortsatte visserligen med denna järnhantering men blott i liten skala och för eget behov till dess de i sin tur undanträngdes av romarna, dessa av slaverna och dessa av germanerna, vilka trenne senare folk med större iver bedrevo sagda tillverkning. Hallstattfolkets och borgbyggarfolkets ugnar voro vindugnar utan bläster snarlika de belgiska nedan beskrivna (se vidare S. u. E. 1909 sid. 338 o. f.) järnhanteringens i Steyermark och Tyrolen ålder säger Müller i »Die Eisen- und Stahlgewinnung in Innerösterreich» vara omtvistad och likaså lärer det tvistas om huruvida det är slaver eller germaner, som grundlagt den, men anser han troligt det förra och att Italien redan 800 f. K. importerade järn från dessa länder. Under romartiden utvecklades deras järnhantering raskt, men upphörde nästan helt och hållet under de stora folkvandringarna. När så klostertiden kom, togo munkarna hand om den och bragte den i hög blomstring, och påstår Müller, att de redan 1205 hade blästerugnar med trampbälgar och 1439 drevo bälgarna med vattenkraft.

F. Freise har likaledes skrivit rätt mycket om *Mellaneuropas* första järntillverkning, så bland annat (se S. u. E. 1907 sid. 439) att romarna, då de erövrade Dacien och Moesien där funno järntillverkningen redan i bruk och detsamma skulle förhållandet ha varit, då de kommo till Illyrien, men även i dessa tre länder utvecklade segrarna kvantitativt taget raskt hanteringen. (Dacien nu = Sydostungarn och rumänska Vallakiet, Moesien nu = Nordserbien och Nordbulgarien.) Vidare säger Freise (se S. u. E. 1907 sid. 1615) att

Europas ursprungliga befolkning redan tidigt lärt sig använda alla de järnmalmer, vi ännu i dag begagna, och att de gott förstodo sig på att först kola veden, innan malmen uppsattes. Denna kolning skedde antingen i själva smältugnen, men lika vanligt i dess närhet på särskild plats, vilket tydligt synes vid en mängd uråldriga hyttplatser, om man så får kalla dem, i det att marken i deras närhet ofta till stora arealer är upptill full av kolbitar och indränkt med beck och tjära. Ja enligt Teophrast förstodo sig de grekiska bergsmännen redan 300 år f. K. på att använda stenkol i sin järnhantering och detsamma gjorde de gamla britterna enligt Dionysius Aphrus. Träkolen bereddes enligt vad lämningarna på de gamla hyttplatserna utvisa i Mellaneuropa av gran, tall, bok och ek, hos de italienska etruskerna av ek och kastanje, hos egypterna av akacia och hos inderna av akacia, teak och shorea. Freise anser, att de första järnframställningsugnarna alltid byggdes på höjdsluttningar eller på höga havsstränder såsom dragugnar lika dem man funnit i Belgien och Frankrike samt Tyskland, se pl. IV fig. 1. Själva härden utgjordes av en med lera utfodrad grop intagen i sluttningen. Ovanför denna hade man ett av stenar format lågt schakt *C*. I schaktets botten inmynnade vid *a* en luftkanal *K*, som vidgade sig utåt mot det håll, varifrån vinden vanligen blåste. Denna kanal inledde luften. Romarna införde emellertid även i Västeuropa blästerugnar. En sådan blästerugn, ehuru från Hüttenberg i Kärnten, visas i fig. 2, pl. IV. Den lägre gropen *A* tjänstgjorde troligen som rostugn medan *B* var själva hyttan. Den senare 1 m. djup och 1,2 m. vid. *C* är slaggvarpet. Fig. 3, pl. IV visar en gammal gallisk järnsmältugn från Epernay.

Britterna lära längre än några andra av de europeiska folkstammarna stått kvar i stenåldern, men då Cæsar erövrade landet, hade de dock en framstående järnhantering med många över landet spridda, de franska liknande ugnar och voro rustade både med vanliga järnvapen och med järnbeslagna stridsvagnar, vilkas hjul voro liebesatta. Även hos dem började järn allmänt användas vid stenålderns slut, säger Beck, ehuru det senare, då tenn började exporteras, delvis utträngdes av den i byteshandeln för den sistnämnda metallen bekomna bronsen. Detta var åtminstone fallet i Syd-England, medan i norden bronsen gjorde sig vida mindre gällande.

Detta bekräftas på sätt och vis av Wilkens, som i sitt arbete: »The History of Iron, Steel, Tinplate and other Trades of Wales» bland annat säger att: — De kymriska invånarna i Britannien drogo sig undan för saxer och danskar till Wales berg och smidde där järn. Att britternas järnhantering är mycket gammal veta vi av Julius Cæsar, som omtalar, att britterna använde järnstänger av bestämd vikt som mynt 56 år f. K. 4 år f. K. skriver Strabo, att järn var en av britternas exportartiklar. Mera vet man ej om deras förromerska järnindustri. I Forest of Dean i dåvarande Syd-Wales (kelter)

Fig. 1

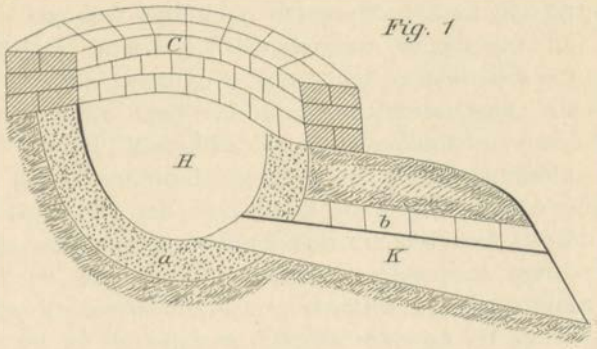


Fig. 2

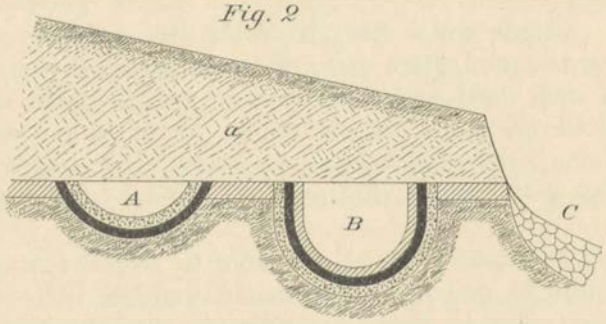
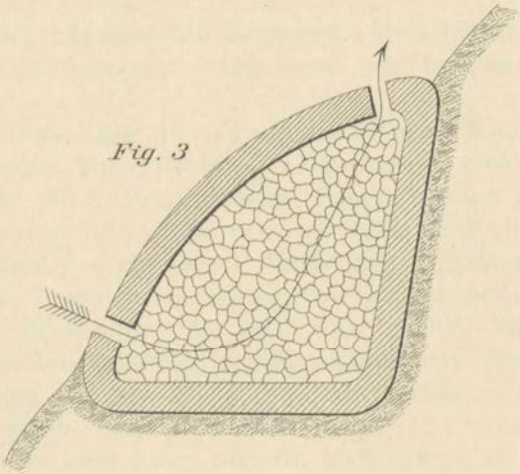


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

fanns dock troligen urgammal järnhantering före romarnas tid, vilken under dessa utvecklades i hög grad för att skaffa romarnas engelska garnisoner vapen. Så många lupphärdar drevos då för detta ändamål, att en mängd träkolsmasugnar sedan — 1200 år efter romarnas avtåg ur England — kunde i årtionden drivas bara med den järnrika slagg, som dessa härdar lämnat. Förhistoriska slagghögar har man ock funnit vid Bwllfa i Cwmdare, samt en förhistorisk ugn vid Fawr. Efter romarnas avtåg fortlevde nog järnhanteringen, fast den föga omnämnes. I Hywel Ddas (925) lag omtalas dock hovsmedens officersrang och en annan gammal lag omtalar, att bergsmännen stå under lagens särskilda skydd och överallt få söka och bryta malm.

De häftiga angrepp, som Beck och ett stort antal andra utländska forskare gjort på de skandinaviska arkeologernas system att indela den mänskliga kulturens historia i stenåldern, bronsåldern och järnåldern, har av en av de senares främste män på ett synnerligen kraftigt sätt tillbakavisats, och ett flertal av dem, som nyligen ivrigt kämpade för järnets högre eller åtminstone lika höga ålder som bronsen, tyckes nu hava återvänt till de gamla trossatserna och finna försvararens bevisföring alltför överväldigande för att ens tillåta ett maskerande av reträtten. De känna sig helt enkelt slagna.

Och medgivas måste, att vi järnmän måste komma med betydande mycket flera oemotsägbara observationer från ännu flera gamla fyndställen jorden runt, innan vi kunna ha hopp om att få fastslaget järnets 3 à 4 tusenåriga tjänstetid hos mänskligheten och för civilisationen. Om vi häri lyckas, får framtiden utvisa. Nog komma vi att bjuda till.

Förnämsta kämpen på motsidan är riksantikvarien O. Montelius, och det var i sitt föredrag i Gent 1907, som han så uttömmande bemötte och tillbakavisade järnmännens anfall på arkeologerna (se Les débuts de l'âge du fer par O. Montelius).

I det förf. hänvisar till föredraget i dess helhet får jag här nedan söka göra ett kortfattat, men, som jag hoppas, opartiskt utdrag därav.

Järnet fanns här ju redan i jordetidens början, men först sent har människan lärt använda denna metall, som sedan kommit att spela så stor roll i civilisationens historia. Emot påståendet åter, att Egyptens pyramider skulle vara uppförda med hjälp av järnverktyg, och att kunskapen om järnet skulle vara urgammal där och i orienten, har M. i 20 års tid opponerat sig, och detta på följande skäl: Visserligen förekommer det ord, som s e n a r e kom att betyda järn, redan i mycket gamla hieroglyfinskriptioner, men det är ej bevisat, att det redan då betydde järn, utan det har nog helt enkelt betytt metall, det ämne, man använde till vapen m. m. och först var denna metall koppar eller brons, senare blev den järn. De gamla målningarna från äldsta och mellersta konungadömena i Egypten visa näm-

ligen röda eller gula vapen. Lepsius, som trodde på järnets användande redan på denna tid, förvånar sig över att ej från densamma ha funnit blåmålade vapen. Förklaringen finner M. enkel: järnet var ej känt under de äldre konungatiderna. Visserligen skulle järnfynd i några sällsynta fall gjorts i gravar från de äldre konungatiderna, men så noggranna observationer ha ej vid finnandet gjorts, att man kan avgöra om järnföremålen äro från samma tid som gravarna eller kommit dit senare. Frågan gäller ju för övrigt ej tiden, då människan kom i besittning av järn, utan när hon först lärde sig använda det. Därför har ej heller Flinders-Petrie's fynd i Abydos någon som helst betydelse för frågan, då hans fynd utgjordes av en oformlig, oxiderad ej metallisk järnmassa, som låg omgiven av bronsverktyg. Fyndet visar snarare, att man ej förstod använda järnet utan i stället nyttjade brons till vapen och verktyg. Många anse ock, att järnet först under 19:de dynastien började användas av egypterna, och detta är även Montelii mening, som säger, att järnet först i senare hälften av andra årtusendet började finna användning där. I skattelistorna från 18:de dynastien finnes det ej nämnt, men väl i en text från den 19:de, och då först visas det även i väggmålningarna, medan man bevisligen från Ramses III:s tid (omkring 1200 år f. K.) funnit en järnyxa. Man har funnit guld- och silverprydda bronsvapen och redskap av koppar och brons i gravarna från 18:de dynastien, men aldrig spår av järn. Bronsens bruk var då allmänt i dessa trakter, och Flinders-Petrie, som gjort utgrävningar i ruinstäderna Kahun och Gourob från tiderna närmast före 1200 f. K. och där undersökt tusentals bostäder, har i dem funnit massor av verktyg och husgerådssaker av sten, koppar, brons, trä, ja, papyrus, men icke spår av järn eller järnrost. Järnet kom således i bruk i Egypten först 1200 år f. K.

I Kaldéen och Assyrien omtala kilinskrifterna järnet först under en mycket sen tid, ty först i början av sista årtusendet f. K. nämnes i dem järnet. De assyriska konungarna från nionde seklet f. K. nämna i listorna över de rov, de gjort i norra Syriens städer, bland metallerna guld, silver, koppar och järn, men mängden av järnet är ej mycket större än den av koppar och silver, varav ingen annan slutsats kan dragas än att järnet då ännu ej kommit just i allmännare bruk än kopparn. Och de utgrävningar, som på senare tider gjorts i Eufratländerna, ha med all tydlighet visat, att järnets användande där ej är äldre än i Nildalen.

Ett annat bevis för järnets sena användande i dessa orientens länder finner Montelius i resultaten av de grävningar, som gjorts i de höga kullar bildande lämningarna efter sagda länders forntida städer och byggnadspalatser. I dessa kullars olika lager finner man järn och lämningar av dylikt endast i de översta lagren och tidigast i det lager, som svarar emot c:a år 1000 f. K., i lagren därinunder däremot endast brons- och kopparsaker samt ännu djupare stenverktygen. Brons-

tidens lämningar åter visa, att brons allmänt användes till vapen och verktyg i dessa trakter under slutet av andra årtusendet f. K. Och att bronsen i allmänt bruk sent här undanträngdes av järnet framgår även av att i kilskrift konung Tiglat Pileser I (omkr. 1120—1100) samt konung Asurnasirapal II (885—860) båda omtala, att de med yxor och verktyg av brons anlagt vägar för sina trupper.

I *Armeniens* och *Kaukasiens* på järnmalm så rika länder har man på senare tider upptäckt många gravar såväl från den sena bronsåldern som från övergångstiden mellan denna och järnåldern. Några av dessa kunna dateras mycket noga, och deras fynd visa, att järnet i Kaukasusländerna första gången uppträdde mellan XII och XI seklen f. K.

Greklands förklassiska tid börjar nu ävenledes bliva väl känd och ger betydande hänvisningar om järnets ålder, såväl för själva Grekland som för de kringliggande länderna, det senare alldenstund Grekland redan då stod i livlig förbindelse med desamma. Under allra största delen av mykenska tiden var järnet fullkomligt okänt i Grekland, och först under slutet av densamma finner man sällsynt denna metall — i form av smycken. Och att den använts som smycken torde bäst bevisa dess dåtida sällsynthet. Och så är det först i XII seklet f. K., som järnåldern börjat i Grekland. I *Italien* uppträder den nästan vid samma tid, ty i mellersta Italien har man på boplatser och i gravar upptäckt några järnsaker från XII seklet f. K., men brons i form av knivar, yxor, svärd och lansspetsar finner man ännu så långt fram i tiden som i IX seklet f. K. Till nordliga Italien kom järnet senare. Där visar det sig först i XI seklet f. K., men under X seklet f. K. kommer det där i allmännare bruk, ehuru bronsverktygen ännu äro talrika. Omkring år 1000 f. K. visar sig järnet första gången norr om Alperna och först såsom dyrbarhet t. ex. s. s. infällning i ett bronssvärds handtag. Järnsvärden bliva dock allmänna före slutet av IX seklet f. K. i *Österrike* och *södra* delen av *Tyskland* och *Frankrike* (Hallstatt-tiden).

I *norra Frankrike* och *Belgien* uppträder det omkring år 800 f. K.

Relativt tidigt kom järnet till *norra Tyskland* och *Skandinavien*. Ett järnfynd har man t. ex. gjort å Bornholm i en grav från år 1100 f. K. Några andra tyska och skandinaviska fornsaker från 4:de perioden*. (XI och X seklen) och 5:te perioden (IX och VIII seklen) äro helt eller delvis av järn. Så är en bronsrakkniv från Danmark belagd med guld och järn, visande hur dyrbart det senare ansågs. Andra prydnader s. s. armband, nålar o. d. har man ock från dessa perioder, och ännu i slutet av 5:te perioden äro nästan alla vapen av brons. Först i 6:te perioden är järnet så allmänt i bruk, att järnåldern då kan anses hava här börjat.

Förr trodde man, att järnet kom mycket sent hit till norden.

* Periodindelningen se nedan.

1869 satte man järnålderns början till III seklet efter Kristus. 1885 hade man funnit, att det fanns här redan i V seklet före K., och de sista svenska fynden ha flyttat tillbaka tiden till 700 år före K.

Riksantikvarien avslutar sitt föredrag med att söka svar på den mycket viktiga frågan: Var gjordes först uppfinningen att framställa järnet ur dess malmer? Man har föreslagit negrerna, fenicierna och filistéerna, men tyckes han mera luta åt att giva hävd åt grekers och judars samstämmande uppgifter, att hedern av denna uppfinning tillkommer ett på svarta havets sydöstra kust bosatt folk kalyberna eller Tubalfolket. Stöd härför torde man ock kunna söka i de gamla betydande järnverkslämningarna kring Ararat och trakterna närmast väster och söder därom samt nere omkring Vansjön. Riksantikvarien åberopar härvid de gamla grekiska skrifterna om kalyberna, 1:sta Mosebok 4 kap., 22 vers: Födde Silla dessutom ock Tubalkain, som var en mästare i allehanda koppars och järns verk.

Skall man nu emellertid tillmäta denna vers någon betydelse för järnets historia, så bör dock påpekas, att den gamle författaren av 1:sta Mosebok tydligen ansåg järnsmideskonsten uråldrig eftersom han nämner avkomlingen i 7:de led efter Adam som skicklig smed och anser, att Tubalkain var i samma släktled som Metusalem, som han sedan visar levde 1430 år före Abraham. När man så anslår tiden för Abrahams födelse till c:a 2000 år f. K., levde mästersmeden Tubalkain eller den med honom menade folkstammen enligt Mosebokens författares åsikt c:a 3500 f. K., men i alla händelser enligt samma åsikt långt bort i gråaste forntid. Såsom ett bevis för att kalyber eller tubaler först uppfunnit järnframställningen eller för att de ej fått den lärdomen öster ifrån t. ex. från Kina kan näppeligen dessa gamla anteckningar gälla, endast att de förutnämnda folken varit grekers och judars första järnleverantörer.

De i det närmast ovanför omtalade perioderna hänföra sig till den indelning *av bronsåldern*, som arkeologerna uppställt och anföres densamma till förtydligande häri nedan.

1:a	perioden	anses	motsvara	18:e—16:e	århundradet f. K.
2:a	»	»	»	15:e och 14:e	» »
3:e	»	»	»	13:e » 12:e	» »
4:e	»	»	»	11:e » 10:e	» »
5:e	»	»	»	9:e » 8:e	» »
6:e	»	»	»	7:e » förra hälften av det 6:e årh. f. K.	

Järnåldern åter indelas i den äldre och den yngre.

Den äldre järnåldern från mitten av 6:e årh. f. K. till omkr. 400 år efter K.
» yngre » » omkr. 400 år e. K. till senare hälften av 11:e årh.

Lämnande frågan om järnhanteringens verkliga ålder till framtida slutgiltig utredning måste vi jämväl, som ovan antytts, nog instämma med riksantikvarien Montelius i att de äldsta järnfynd, som

hittills gjorts och dem anhängarna av järnhanteringens högre ålder anföra som bevis, äro så få och dess fyndställen så föga vetenskapligt undersökta, att de föga bevisa gent emot de hundra tusentals noga till beskaffenhet, läge och fyndplats undersökta bronsfynd, där samtidigt järn ej påvisats, och måste vi väl därför erkänna, att ännu är ej bevisat, att järnframställningens konst går längre tillbaka hos mänskligheten än c:a 3100 år.

Sveriges järnhanterings historia.

Angående denna hava mycket få och endast beklagligt ofullständiga utredningar företagits och föga känna vi i den dag, som i dag är, till om densamma, undantagandes för de sista 150 åren. Och även för denna sista period hava vi ingenting samlat, endast lösa oordnade lokalberättelser och notiser, dock därav mycket av högt värde, som nog skulle löna den ordnares iver, som hade medel och tid att ägna sig åt detta historiska arbete. Gäller det åter att utforska våra äldsta järntiders historia, så räcker det ej med *en* eller *ett par* forskares studier, utan vi måste då i mycket stort flertal hjälpas åt att forska, naturligtvis i alla möjliga gamla handskrifter, men ock ute i alla de trakter, där i vårt land järn tidtals blivit berett. Vi måste likasom våra sydgermanska bröder gripa till spettet och spaden och gräva oss ned i slaggvarpen och i deras omgivningar, analysera slagglagren och malm samt järnresterna, undersöka och uppmäta samt avfotografera alla gamla lämningar av forna ugnar, söka om möjligt fixera deras byggnadstid och reflektera oss till, huru de sköttes, om de drevos med tillhjälp av vinden, med drag, med handbälgar eller vattenbälgar o. s. v., med ved eller kolat bränsle, om de gåvo endast mjukaste smidesjärn eller därtill stål och kanske tackjärn o. s. v. Kunde vi bliva tillräckligt många ivriga bergsmän om detta arbete, skulle vi nog på ett gott om ock ej fullgott sätt klara ut vårt gamla »Järnbäralands» ärofulla svenska järnets historia. I vår tid, då s. k. turistleder upptagas genom alla landets trakter, och då vår ungdom gör strövtåg överallt genom bygder och obygder, kan man väl våga hoppas, att våra bergslagers ungdom, om den göres uppmärksam därpå, skall finna intresse i att hjälpa till med utredningen genom att efterforska gamla lämningar efter härdar och hyttor kring malmfyndiga sjöar, myrar och berg. Få vi blott platserna för vår gamla järnhantering fixerade, så är väl ock att hoppas, att våra yngre och äldre hyttingenjörer gärna skola offra någon ledig dag på fyndplatsernas undersökande och våra bergskemister på de olika fyndens analyserande.

Var hava vi anledning söka dylika gamla hyttplatser? Jo, *de allra äldsta* i back- och strandsluttningar vid myrar och sjöar, som hålla

myr- och sjömalm. *De något yngre handblästerugnarna* ävenledes i närheten av myrar och sjöar, men de kunna förekomma även å slät mark. *De ännu yngre trampbälgsugnarna* av olika typer ha förekommit även vid de äldsta bergmalmsfyndigheterna och i närheten av malmerna i sjön, myren eller berget utan att behöva befinna sig vid strömdrag, i å eller bäck, medan *de yngsta osmund-* och *vargugnarna* samt *de äldsta masugnarna*, vilkas bälgar drevos med vattenkraft måste sökas vid strömdragen, vilka dock ej behöva hava varit mer än meterhöga. I vilka landskap har vår *äldsta* järnhantering drivits? Jo, med säkerhet i Skåne, Småland, Väster- och Östergötland, Södermanland, Närike, Västmanland, Dalarne och Hälsingland. Troligen även i några trakter av Halland, Dalsland, västra Värmland och kanske även i en del andra landskap.

I arbetet »Sveriges medeltid» anför H. Hildebrand en del dels egna, dels av andra gjorda iakttagelser och rön om lämningarna från vår äldsta järnhantering, och tyckes han antaga bland annat, att med det gamla »järnbäralandet», som han nämner såsom till finnandes långt före medeltidens början (före 1000-talet e. K.) menades landet kring nedre Dalälven, där Dalarne, Gästrikland och Uppland mötas. Själv har han där i gravrösen från såväl den tidigare som den senare järnåldern funnit stora järnslaggstycken och anför han, att i Österfernebo och Hedesunda socknar vanligen å varje gård finnes en »slaggåker»* görande skäl för namnet. Av andra i gravarna där gjorda fynd har här framgått, att dessa Gästriklands smeder exporterade en

* Utgivaren begav sig efter skrivandet av detta upp till de av Hildebrand omnämnda socknarna, och tack vare tillmötesgående av kyrkoherdarna Nilsson och Sillén samt handlanden L. Wistrand återfunnos en del gamla järnframställningsplatser i Hedesunda och Öster Fernebo socknar. Herr Wistrand visste, att i den sistnämnda vid Gryts by, ovanför därvarande stora myr, funnos åkrar med slaggstycken blandade med jorden och påminte sig hava sett grytliknande gropar vid dessa åkrar. Åkrarna besöktes och voro fulla av gamla vittrade slaggstycken, samt hittades sex grytor, varav 4 blivit fyllda med från åkrarna utbrutna stenar. Två, som lågo i en mellan landsvägen och myren befintlig björkbacke, voro emellertid tomma, ehuru den ena var delvis sammanfallen på ena sidan. Den andra, som var fullkomligt oskadad, se pl. VI, var alldeles rund, 1 meter i diameter upptill och ungefär 0,75 m. i botten. Djupet c:a 1 meter. Botten var täckt av med multnat ris och löv bildad mylla. Väggarna utgjordes av kantiga gråstensstycken, synnerligen väl lagda, och ett av dessa nere vid botten var lagt på två andra stenar, så att ett draghål bildades. Eljest voro väggarna väl tätade med flis och jord. Luften fick sila ned mellan glest lagda rullstenar utanför grytan och in genom draghålet. Denna grop syntes ej ha varit använd, medan åter de andras brända stenar vittnade om att smältningar gjorts. Några kolsamlingar syntes ej utanför groparna, utan hade dessa nog beskickats med ved och myrmalm. Herr Wistrand visade hurusom endast mörk, låg, tvinande starr växer ute i myren, där groparna efter malmupptagningen ännu kunna skönjas. Denna tvinande växtlighet är som bekant tecknet till att malm finnes att söka under myrens yta. Dessa små »grytor» äro otvivelaktigt att hänföra till de allra äldsta myrugnarna, medan en annan typ, som vi tyvärr ej lyckades återfinna, torde vara yngre. Denna, som herr Wistrand 20 år förut funnit och undersökt, var nämligen byggd i fyrkantig fason i alldeles slät, ehuru något lutande hagmark och lär i bakre sidan varit 0,6 m., i främre 0,4 m. Bredden var 0,9 m. och längden 1,3 m. Väggstenarna voro brända och botten full av slagg.

I Hedesunda finnas ännu flera dylika slaggsamlingar. Sorgligt nog togs emellertid under år 1910 all sten från de då kända ugnarna till vägbygge ned åt Dalälven, och gro-

del av sitt järn till Gottland eller Ryssland. Han anför ävenledes, huru Olaus Magni omtalar dalkarlar och hälsingar s. s. synnerligen skickliga smeder. Såsom beskrivning, huru myrmalmen användes, anför Hildebrand ur Hollenii akademiska avhandling De Dalecarlia sid. 31: »Man finner malm i myrer eller andra vätskeaktiga orter nästan såsom salt eller grus, men av röd eller svart färg, vilken malm först småningom måste torka med en trefaldig stockeld och därpå låta svalas. Sedan har man den i en grop nere i jorden, kringmurad med lera och sten, den folket (i Älvdalen) på sitt språk kalla blästerkäringen — vari vid botten bälgarna äro inlagda, som gå med hjul och vatten. Här inlägges ett lass späntved och stockar, så eld på. När veden brunnit ned till kol, bär man på malmen med en skyffel så småningom och efter hand till fyra gånger, därav man då kan få ett lispund järn, och sådana tillverkningar ske till fem eller sex om dygnet. Sedan måste samma järn, liksom annat tackjärn, omvällas hemma i smedjehärden, då man också gör stål därav.» Denna beskrivning gäller dock för huru här i Sverige långt fram i tiden tillverkades järn av myrmalm, ty bälgar drivna med vatten infördes hos oss först under senare medeltiden. Ursprungligast tillverkades nog hos oss som i norra Tyskland och Belgien myrjärnet i låga dragugnar liknande den skånska vid Klippan.* När järnmalm började brytas ur bergen i vårt land vet man ännu ej och torde heller aldrig få veta det, men säkerligen var det långt före den tid, som de äldsta därom talande handskrifterna äro ifrån, ty även de första av dessa beskriva bergsbruket vid de olika bergen s. s. redan ganska betydande, och så svår konst lärde sig ej många på en gång. Från Hildebrands ovannämnda verk kan blott följande fakta anföras:

1303 överlät Tyrgils Knutson sina delar i *Norbergs* järn- och stålberg till den minderåriga konung Birger.

parna fylldes, och åker bildades av slaggvarpen. Färjkarlen A. Jonson, som hade hand om arbetet, visade emellertid platsen och gav en tydlig beskrivning på ugnarnas utseende. Även dessa ugnar höjde sig ej över marken, utan voro som de två vid Gryt anlagda i en backsluttning, som befinner sig i kanten av myren upp emot väggen från prästgården ned till färjstället. Jonson beskrev dem s. s. väl stensatta med stora stenar, upptill i vidd 5 alnar (c:a 3 m.), nedtill smalare, c:a 2 alnar (1 $^{2}/_{10}$ m.); från kanten vidtog nere i varje grop alltid »ett tjockt slagglager». Djupet av detta var han ej säker på. Under slagglagret alltid ett tillstampat lerlager, »så hårdbränt, att det var som sten, och mycket svårt att spetta sönder». Några draghål nere vid botten hade han ej observerat, men höll ej otroligt, att sådana kunnat finnas. Storleken på dessa ugnar anger, att de äro något yngre än de vid Gryt, men av markens beskaffenhet både där och vid Gryt kan man med säkerhet döma, att bälgar aldrig varit vid dessa gropar använda. De äro därför antagligen av mycket äldre datum än den s. k. Rasmundstenen, å vilken bland smedens verktyg bälgen intager en viktig plats. I Hedesunda socken finnas även vid Kovsta by stora uppodlade gamla slaggvarp och vid Flösta by likaså, varjämte även vid dessa byar förr funnos en mängd s. k. slaggropar. Minnet av den forntida järntillverkningen tyckes emellertid dött ut, ty mina vägvisare sade, att de hört, att ugnsgroparna skulle varit kämpagravar, men de hade nog tyckt underligt, att inga rostade vapen utan bara slagg hittats i dem utom ett träns till hästbetsel och ett svärd, som hittats vid Kovsta, medan Jonson vid färjstället hittat lerkruksbitar, som dock bortkastats. Nu mycket intresserade lovade alla, att härnäst harven eller plogen råkar på stensättningar nere i åkrarna, skall Bergskolan genast få bud.

* Pl. VII visar fotografi av en vid Klippan i Skåne av O. Montelius funnen uråldrig järnugn.

I början av 1300-talet ägde Birger Person delar i *Närikes järnberg* (Lerbäcks bergslag). Hans måg Ulf Gudmarson gift med heliga Birgitta 1316 ärvde dem.

1340 erhöll Lerbäcks bergslag Västra berget samma privilegier som Östra berget förut hade. Var detta senare låg vet man ej, och Hildebrand tror ej, att det låg i Östergötland, ty i Lerbäcksbrevet står oestra bergona ther samostans, men som öster om Lerbäcks bergslag ej finnes andra gamla malmgruvor än de i (Godegård) Hellesta och Vånga, och i dessa socknar går en gammal sägen om att Vånga stålgruva vid Glan är Sveriges äldsta järngruva, och som man vet, att från Vånga togs allt smide, som åtgick till Linköpings domkyrka, samt att Vånga aldrig haft myrmalmssmide, ävensom att många hyttor nämnas där under Gustav Vasas tid, så är det troligt, att med Östra berget i alla fall menades Glansgruvan.

1354 nämnes Lindesbergsgruvorna i Norbergs privilegier.

1366 nämnes järngruvor i Tuna och samma år erhölls järnmalm i Bärke och Gränge (Norrbärke och Grängesberg).

1366 nämnes Skinsäckebergs gruvor (Skinskatteberg).

1377 funnos två järngruvor i Hellestada (Hellestad), Östergötland.

1384 omtalas Vikagruvorna (Vikmanshyttegruvorna?) i Hedemora socken.

1413 utfärdades privilegier för östra Värmlands gruvor.

1413 omtalas Lars ringmakares berg i Noraskog såsom så ansenligt, att det gav 2 ½ gånger mera järn i skatt än Lindesbergs och Lerbäcks tillsammans.

1420 begärde Betsbergsmännen (Bispberg) nya privilegier. Gruvorna äro således äldre.

1447 erhöll Vadstena kloster redan från 22 bergsmän vid Näveberget järn (Nävekvarn).

1486 fanns redan bergsfogde anställd vid Garpberget (Garpenberg).

1525 först har man säker underrättelse om Godegårds gruvor (Östergötland.)

1530 eller något före började brytningen i Dannemora.

Före 1525 pågick järnmalmsbrytning i Gladhammars socken i Småland. Samtidigt som bergmalmen började brytas ur dessa fyndigheter anlades vid eller i närheten av dem hyttor, och som till varje hytta behövdes ett par bälgar, så nämnas skilda bergsmän i skattelängderna s. s. ägare av »ett par» tillsammans, eller en såsom ägare till »ett par», »två par» o. s. v. I Kopparberget utgjorde 16 fjärdeparter ett par, säger Sven Rinman, och räknades där ursprungligen med 16 delar i var hytta, men 1288 var en fjärdepart = ¼ av ett par efter vad av skattelängderna framgår. I privilegiebreven tillförsäkras bergsmännen skog för malmens utbrännande och smältning. Så få 1340 bergsmännen i Lerbäck ¼ kvadratmil allmänningsskog härtill. 1413 fingo Åtvidabergs bergsmän privilegier både med *strömmar*, vägar, skogar och alla andra stycken som bergsmännen hava på Kopparberget i Dalarne. 1458

säges att bergsmännen skola nyttja alla »allmännelige» skogar och *strömmar*, som de innehaft i Konung Kristoffers tid (1440-talet). Och 1478 klagar en bergsman, att en annan byggt för hans hytta med en tvärdam. Samtliga uttrycken visa, att under hela 1400-talet funnos bälgar som drevos med vattenkraft.

Såsom troligen det äldsta till vår tid (ehuru blott i avskrift) bevarade privilegiebrevet anföres här nedan konung Magni av den 1 nov. 1340 för Lerbäcks bergslag:

»Wij Mans medh Gudz nad Kunungr i Swerie Norie ok Skane helsom alla them thetta breff høra ellir se ærwerdeligha medh Gudh. Æphter thet for os waro Bærsmanna a westro bærgeno som ligger i Nærijkæ ok kærdo ath the eij lagh haffdo tha badhe the os ødmykeliga ath nytha matthæ then sama reth ok lagh som Bærsmenn haffwa oppa østro bærgena tær samostaz; Ty weliom wi gierna therra bøn høra ok fulfyllia i tessum ærendom; forst staggum wi ok loffwom allom them, som til fornemphdæ bærsmen komma i sa mattho at ty nær them blyffwa wilia at ty alloledis feloghe wari bodhe til lijf ok goz a huria [ɔ: hueria] handha misgerningha the tilforenna gyorth haffua uthan at ty æru mordhara tywa eller forradara, tha sa ath the ægha retthom malzagandhe for sijn bruth lika gøra epter ty lag utwisa om han epter kommær. Item unna wi [ena halfua milo oppa længdene ok] ana halffwa milo a breddena i almenninx skogh thær fornempdæ bærgit ligger uti. Item brytha bærs [men] mothe bondum eller andhrom mannum, eller bondir eller andre men mothe bærsmannom brytha annarstast en oppa bærgena, tha bøthe then som bryter epter ty som lagh æru thær som gyærningh gijord wardher. Ær thet ok sa ath nokor kommer oppa bærgit ok bryter mothe Bærsmannom eller bærsmen mothe dem bøthe tha then som bryter epter ty bærs lagh ut giffua [ɔ: utvisa] ok the bøter skyptar i thre lytij, som i nestha artijklen hær epter sthar scrifwath. Ær thet ok sa ath Bærsmen bryta sina i mellan mothe bærs reth, bøte tha then som brythir epter bærs lagum; aff hulka both wi, eller den som Kununger ær i landena, haffua skulum halffdelin ok halffdelin skal haffwa bærgit, uthan ath thet drap eller saramal ær, tha skal then bot tær fore giffs skypthas i tre lytij som fore sakt. Item stagghum wi ath enghin bærsman [säl] sith jærn them som æthandhe waror eller for annat kram ey dyrare osmundin en for en pænningh ok saa tunghan ath IIII ok tywgu wæga eth pundh, ok then tyngdh wiliom wi ath hallas skal i allom bærs retthom. Item wiliom wi ok staggum ath førnæmpde bærsmen en foghotha ok Radgiffuara XII haffuom medh honom, holka foghotha ok the XII Radgiffwara idkeligha waktha skulu medh honum bærsmanna sakær, døma ok the thingh som a bærgena lagligha a bærgena gøra skulu. Hulken aff Bærs mannomen, som nogro bygning opbygger i annars mans skogh giffwi æghandenom tuhundrat jærn til arligit affgeld. Item hwar som nya hyttho [bygger]

giffwi forstha arit 750 [ɔ VII c] jærn til tijand ok sijdan hwarth ar, thet ar thær han thær bygger ok bærs arwodhe [idkar] giffwi 1500 [ɔ XV c] jærn os ok wore epterkommandom til tijand. Item hwar ossmunz smedher, forslagare ok blasare skolæ os ok wara epterkommandom giffwa hwart ar XX osmundha. Item hwar blasare ok legoman skal os giffwa X osmunda hwart ar. Item hwar bryggerska som ey idkar bærsarwodhe skal os giffua XXIIII osmunda thet skal alt utgiffuas hwart ar for Pingzdagha epter wars foghotha budh som tha ær radanda a wara wægna. Item for hwarth mandrap tær ey bryz ezørit bøthe XL marker the bøther skulu bøthas som fore ær sakth. Item [for] hwar kwijnstyngh [ɔ knijwstyngh] ok bogha skuth bøthe XV marker; the skulu skypthas i thesso mattho. IIII marker takom wi, IIII marker byskopen ok IIII marker bærgit, aff the thre marker aterstha thagum wi ena, andro bærgit, ok tridia malsæiandhen. Gørs thet som fore ær sakt om helgan dag, tha økes saken om tre marker, ena thakom wij, andro biscopen och [tridia] matsæiandhen. Samuledes økes saken om nokor [gør] thet som sakt ær, i warfredenom, warfreden star fra Pascha ok til Pinzdaghen, ok samulez ær om en [ɔ and] tima som byrias om Olsmesso ok lykthas om Michelsmesso. Item tha Bærsmen githa ey længre bærgit idkath for medeløso skul, ta bør rættæ æganden jordena haffua ighen. Item so mykith skulu bærsmennem giffwa til affgeld for herra skogha ok bondha som them bør giffwa aff almenningiæ skogom. Datum in curia nostra Walby Anno Domini MCCCXL feria tercia proxima ante Martini Episcopi et Confessoris.»

Av brevet framgår dels att var och en, som uppförde en hytta å annans mark (skog) hade att i arrende för platsen betala 200 osmund järn. Bergsmännen hade så även att i skatt (tionde) betala för varje hytta första året 750 osmund och därefter per år 1500 osmund, medan deras arbetares skatt utgick med: för osmundsmederna, förslagarna och blåsarna 20 osmund och för andra blåsare och legokarlar 10 osmund. Tackjärn tillverkades ej, utan man blåste smidigt järn direkt av malmen. Förnämsta arbetarna vid en hytta voro tydligen 1:o osmundsmederna, som ur den erhållna järnsmältan (senare efter omvällning i annan härd) uthöggo och hopsmidde osmundstyckena, vart vägande $^1/_{24}$ lispund. Därnäst kom förslagarna, d. v. s. de som sönderslogo, tillmätte och uppsatte malmen och kolen å ugnen — uppsättarna som vi kalla dem. Så hade man två sorters blåsare. Den dubbel skatt betalande motsvarade tydligen våra hyttdrängar, skötte formor och tättor och avtappade slaggen. De andra med legohjonen jämställda trampade troligen bälgarna. Legodrängarna hade väl att framföra kol och malm, skaffa undan slagg och hjälpa till med diverse annat mindre maktpåliggande arbete.

Under medeltiden skildes det på *luppjärn och osmundjärn* säkerligen till följd av två olika beredningssätt, varav det förstnämnda

bereddes i mera härdliknande ugnar, det senare i låga schaktugnar, osmundugnar.

Beck tillerkänner svenskarna samt norrmän och finnar äran av att hava uppfunnit bonde- eller på svenska Åssmund- även Åssmunts-ugnarna, vilka i våra länder redan mycket tidigt kommo i bruk och sedan drevos i längre bort från de tätare bebyggda orterna liggande trakter såsom i Lima, Särna och Orsas skogsbygder ännu in på 1800-talet, ja i Norrbotten ännu 1828. De malmer, vi förbrukade till vår första järnframställning, bestodo uteslutande av sjö- och myrmalmer, och ordet Åssmund i de gamla urkunderna skall ock på nutida språk betyda myrjärn, och vilket namn från Sverige överfördes och spreds med skrivsättet Osmund även uti Tyskland.

Sjö- och myrmalmer finnas i åtskilliga delar av Sverige, men synnerligast rika på dylika äro Småland och Dalarne samt vissa trakter av Östergötland, och förekomma de mest, där de kringliggande bergshöjderna äro rika på insprängd svavelkis, emedan de uppkomma vid dennas förvittrande, i det att först järnvitriol uppstår, som med regnvattnet sjunker ned igenom jordlagren och sedan i myrarna och sjöarna sönderdelas, då järnoxidhydrat utfaller. Synnerligast rika på myrmalm skola enligt Beck sådana mossar vara, som i dylika trakter hava blott ett tillflöde(?) och äga en svag lutning åt en sida, äro beväxta med starr, gräs och buskar samt genomdragas av mindre grusåsar. För att finna malmen begagnade de gamla bergsmännen sig av smala järnstänger 10 mm. i diam. och 1 m. långa, nedtill 8-kantigt spetsade och upptill försedda med en ögla såsom handtag, vilka spett de nedstötte i gräskanterna och i flacka upphöjningar på mossens yta, kringvredo dem och sedan eftersågo, om de efter uppdragandet voro beklädda med något brunrött malmpulver. På malmen ligger vanligen blott ett tunt lager torv och rötter, vilket borthackades, varpå malmen löskorpades och uppgrävdes. Var densamma mörk, ansågs den vara svårsmält och ge kallbräckt järn, var den åter gul eller röd i färgen och låg i densamma runda jämna knölar och skollor, ansågs den vara av gott slag. Malmen återväxer tämligen fort, så att samma plats efter 34 år åter är full därav.

Sjömalmerna förekomma mest i grunda sjöar och indelades efter utseendet i skraggmalm = grövre stycken, pulvermalm = fin sand, hagelmalm = runda grövre och finare korn samt penningmalm = skivformiga malmstycken. Deras färg är alltid roströd eller brun och för deras uppsökande gick bergsmännen på hösten, så fort isen bar, ut på sjön och stötte genom isen ned en lång stång, då de genom ljudet och motståndet i botten bedömde, om malm fanns eller ej. Med i isen nedsatta kvistar utmärkte var och en så sina »utmål», som då ansågos vara hans egendom, varefter han i isen upphögg hål och genom dessa med en lång raka sammanskrapade malmen i högar på botten, varefter den uppöstes med perforerade skopor samt därefter i handsåll

med finmaskad botten sköljdes något så när ren från lera; 400 à 800 kg. per dag kunde på så sätt vinnas.

Sjö- och myrmalmerna rostades på så sätt, att på en torr plats lades 2 st. stockar av 0,3 m. diam. och 6 m. längd på 4,8 m. avstånd från varandra, och på dessa lades så korsvis två lager lika långa och grova stockar. På detta virkesunderlag lades sedan ett 0,5 m. tjockt malmlager, dock med ett hål mitt på rosten ned till stockarna för eldens centrerings skull. Under stockrostet inlades så kluven kortare ved, som antändes, och då den bildat ett lager glödande kol, slog man på stockändarna med klubbor, så att en del av den torkade malmen rasade ned på de glödande kolen, rörde efter en stund om i dessa, så att malmen sjönk ned i dem och fortsatte så undan för undan med att nedskaka malm och röra om, tills all malm var rostad och stockarna delvis uppbrända.

De gamla Åssmundugnarna voro troligen mycket låga och av vida mindre dimensioner, än vad Svedenborg i sitt verk De Ferro beskriver dem, men då vi sakna noggrannare uppgifter om dem, få vi nöja oss med hans redogörelse för, huru de före hans tid voro inrättade, och avtrycker här Becks översättning av sagda beskrivning:

Man byggde ugnen, se fig. 3, 4 och 5, pl. V, på en torr plats och helst vid en kulle, vilken man urgrävde, så att jordväggen bildade ena sidan, medan de tre andra ytterst uppfördes av grova timmerstockar, varigenom ugnen utvändigt fick fyrkantig form. Väggarna gjordes nedtill 1,2 och upptill 2,5 m. långa, och inom timmerkistan fylldes botten först med sten 0,45 m. högt, varpå på detta lager själva bottenstenen horisontalt inpassades mitt i kistan. Denna sten var 0,45 m. tjock och 0,9 m. i fyrkant. Sedan därpå kring denna häll faststampats ett sandlager, uppfördes i cirkelrund form den inre ugnsmuren 0,3 m. tjock och på så sätt, att allt efter den steg i höjden och schaktet fick sin bägarliknande form, uppfördes även mot jordvallen och timmerväggarna en yttermur, och mellan båda instampades sandfyllning för ugnens tätande. Schaktet var i botten 0,55 m. samt upptill 1,5 m. i diameter och hade 100 mm. högt över botten en formöppning samt nere vid bottenstenen ett slaggtappningshål. Den förstnämnda lades horisontalt så som i nutida masugnar. Den inre muren uppdrogs något högre än timmerkistan, och lades överst ett lager av platta stenar såsom arbetsgolv. När så ugnen skulle sättas i gång, inpackade man på bottenstenen av en blandning bestående av lera och rostad järnmalm en lösbotten, som var av mindre vidd än stället, så att runt om bildades en ränna, vari slaggen nedflöt till tapphålet. Bränslet, som bestod av tall- och granved, nedlades därpå i ugnen, så att i mitten bildades ett kvandelschakt, varigenom bränslemassan kunde antändas, och så mycket ved påfylldes, att vedmassan låg 0,9 m. högt över kransgolvet. Alla hål och mellanrum fylldes noga med spånor och grova kviststumpar, varefter ugnen eldsattes och elden

Fig. 1

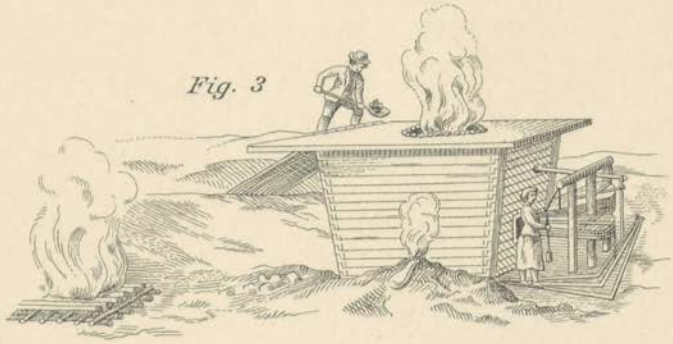


Fig. 2



Fransk ugn

Fig. 3



Svensk Osmundugn, "Wolfsugn"

Fig. 4

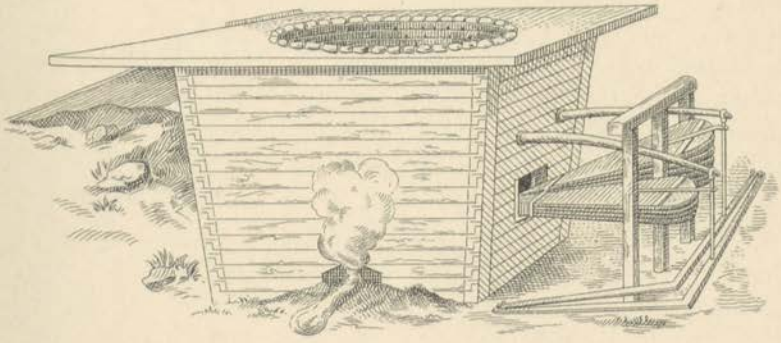
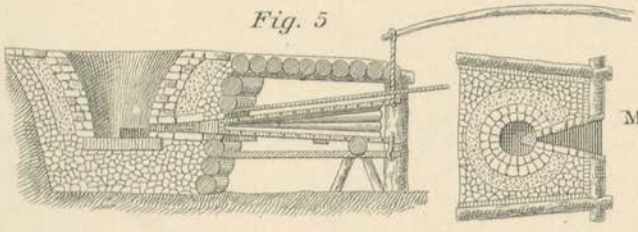


Fig. 5

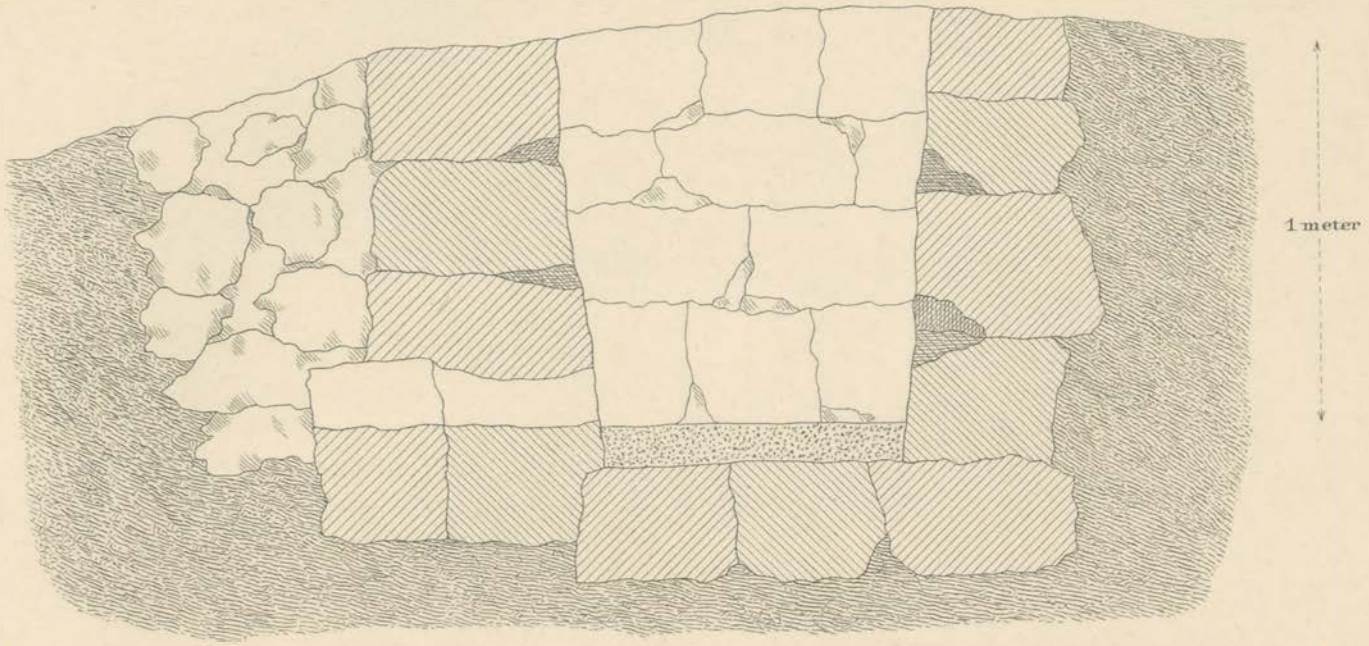


Myrmalm-ugn

Gray. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

Fig. 1



Forntida järnugn vid Gryts by, Östra Fernebo,
Gästrikland

Pl. VI

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

sköttes så, att så mycket kol som möjligt bildades och till sist bränder endast upptill funnos kvar, då kolen hopstöttes och bränderna hopmakades. Nu uppsatte man av den till ungefärligen grusgrovlek sönderstötta malmen en portion av 10 »pott», dock utan att spilla någon malm alldeles mitt i uppsättningsmålet, dit man sköt malmen först då den blivit rödvarm, varefter ytterligare runt om denna hög lades 8 »pott» ny malm och först sedan även denna blivit rödvarm, började man trampa pustarna eller i senare tid bälgarna, varmed blästern åstadkoms. Beskickningen började då sjunka i ugnens mitt, och allt efter som den sjönk, makades malm och kol från väggarna efter, och då ungefär hälften av kolen voro förtärda, gjordes den sista malmpåsättningen med 4 »pott». Så blåste man en stund något långsammare, tills även denna malm var förvärmd och skjuten till mitten, då skarpare bläster på nytt tillgreps. Slutligen skrapade man bort kolen över formmynningen, lösbröt där bildad nas och makade in den över järnsmältan, stötte även ledes loss vid väggarna fastnade kol och malm och inmakade även dem, samt fortsatte långsamt blåsningen, varefter man till sist med spett vände om järnklumpen i stället och stötte ned honom, varefter han upplyftes ur ugnen, fördes till en stor sten och på denna först hophamrades med träklubbor och därefter av två arbetare med yxor sönderhöggs i tvenne lika delar. Under tiden rengjorde en tredje arbetare ugnen och började i densamma en andra smältning, samt kunde på så vis 3 arbetare per dag åstadkomma 5 à 6 smältor vardera om 12,75 à 17 kg. vikt.

Var det framställda järnet gott och mjukt, så var smältan tunn och slät, var det rått och ojämnt, så var hon tjock och full av håligheter. Järnet var vanligen hårt och ojämnt, och braknade det någon gång i stycken under hammaren, gick det sällan att åter svetsa hop det. För att få ett gott och jämnt järn omsmälte man det därför vanligtvis i en liten smideshärd än en gång. Denna härd var cirka 0,3 m. lång, 0,25 meter bred och 25 cm. djup och försågs i senare tid med bläster från två bälgar. På de glödande kolen i densamma lade man en halv eller hel smälta, och så fort den började kasta vällgnistor, höll man den med en tång nere i blästerlågan, då den nedsmälte och samlade sig på härdens botten till en jämn och fin ny smälta. Under denna nedsmältning tillsatte man då och då litet vällsand och krossad hammarslagg.

När de gamla svenskarna gjorde stål av sina sjö- och myrmalmer, använde de samma ugn, men lät den först oavbrutet gå 4 à 5 dagar för järnframställning, så att den blev riktigt het, då, sedan den sista järnsmältan var uttagen, ugnen raskt rensades, hvarefter ett tunt lager torr sand ströddes på lersulan å botten för att sagda sula vid den nya smältningen skulle smälta sönder till slagg. Vedinsättningen och dess förkolande skedde sedan, som förut beskrivits, men då förkolningen var i det närmaste färdig, upplockades noga alla

brandstumpar ur kolen, varefter dessa hoptrycktes och i första sättningen blott 8 och i de två andra vardera 4 »pott» malm uppsattes. Sedan tog man en s. k. formsked eller en stång försedd i ändan med ett brett huvud, vilket instacks genom forman, så att blästerstrålen från tättan, då den slog mot densamma, skärmaktigt spred sig nere i stället. Man blåste med starkt blästertryck men fin tätta, så man en tid fick en hög, jämn temperatur men långsam drivning, varefter formskeden uttogs, och man åter blåste möjligast skarpt för att än mer stegra temperaturen. Man tryckte kol och malm upprepade gånger tillsammans, och när nu hälften av de förra voro förbrända, gjordes de båda sista malmpåsättningarna, medan alltibland en hand full vällsand nedkastades. Likaledes tillsåg man, att stålet ej fick samla sig för högt framför forman, emedan man då städse där i smältan fick mjukare partier. Så fort alla kol voro förbrända, upptog man den helt och hållet under slaggen liggande stålsmältan försiktigt med en tång, kastade vällsand på den och hamrade den runt om på alla sidor med en slägga, tills den ej mer utkastade några vällgnistor, då den sönderhöggs i mindre bitar, vilka, för att vidare förarbetas, än en gång upphettades i en smideshärd. Detta upphettande skedde så, att stålstycket i härden först upphettades till nära vitvärme, varefter det uttogs och fick avsvalna, varpå det åter upphettades och nu till full vitvärme, varefter blästern frånslogs och det fick kvarligga i de glödande kolen ännu 6 à 8 minuter. Upphettades stycket för starkt, så att det började smälta, så togs det ur elden, beströddes med vällsand och översmeds samt lades så åter i härden, eljest så uttogs det efter ovan angivna tid och sammansmeds under vällsands påströende. Ville man hava en stor stålstång, sammanvällde man de av stycken utsmidda kortare till en sådan. Vid denna stålberedning erhölls av 16 »pott» malm 7,65 kg. gott stål.

Ville man sedan efter stålsmältan åter göra järn i Åssmundugnen, måste man först åter ställa i ordning en lermalmsula å dess bottensten.

Ugnen kostade på senare tider, bälgar och övrigt inräknat, 92 kronor och voro driftkostnaderna per ton smältstycken 92 kronor 35 öre, då malmens värde ej inräknades, samt erhöll man för styckena vid försäljning 238 kr. per ton.

De gamla Åssmundsmältorna sönderhöggos vanligen i 24 à 29 mindre stycken, vilka vardera skulle väga jämnt ett skålpund (0,4885 kg., bergsvikt) och vilka tillsammans packades i kaggar om 20 lispunds = 400 skålpunds vikt, varefter både åssmundz och kaggarna gingo såsom mynt i allmänna handeln, då

24 åssmundz gällde = 1 »öre»,
192 » » = 1 mark och
1 kagge eller fat = $6^5/_8$ daler.



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Bröd. av. Emil Sachse.

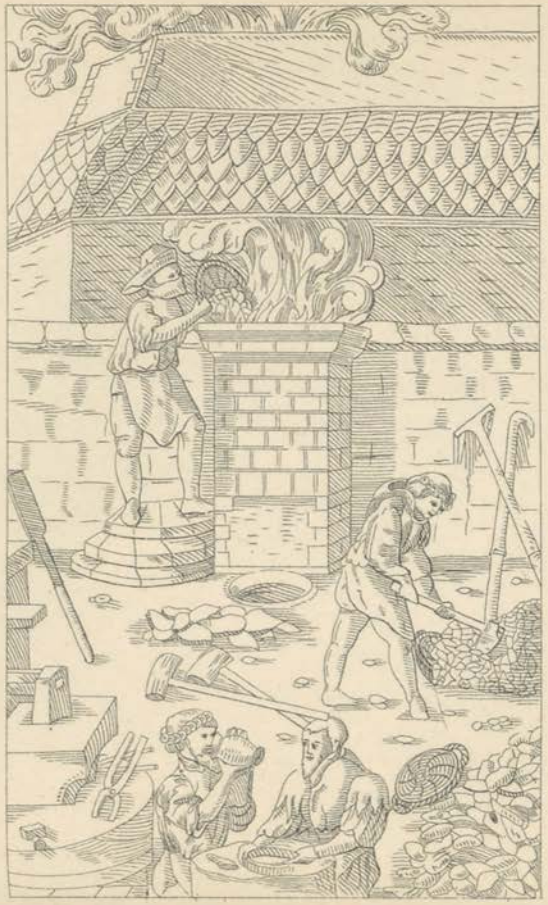
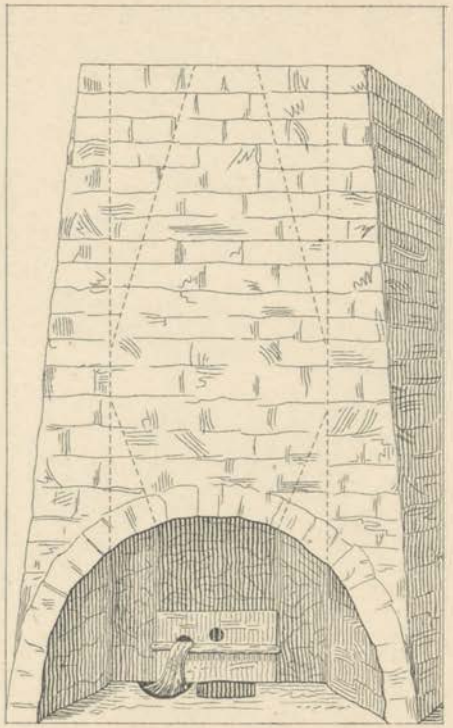


Fig. 1
Wolfsugn

Fig. 2



Gammal masugn.
(enl. Swedenborg)

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

1402 betalte drottning Margareta sin skuld om 2000 mark lödigt silver till domkapitlet i Rothschield med 200 läster, lika med 2400 fat åssmundz, motsvarande ett fatvärde av cirka 0,84 mark l. silver.

Redan i början av 1200-talet började svenskt järn i form av åssmundz att exporteras.

Konung Magnus II, som mycket vårdade sig om det svenska bergsbrukets förkovran och som gav bergslagerna åtskilliga privilegier, skaffade dem arbetare för sina gruvor genom lagen av år 1340, vilken lag stadgade straffrihet för förbrytare, som räddade sig till bergverken* och sedan arbetade i dem, dock mördare, tjuvar och förrädare undantagna, men bergsbruket i Sverige förföll likväl alltmera under 1300- och 1400-talen, genom att det giriga katolska prästerskapet slog under sig gruvor och ugnar, såsom t. ex. då ärkebiskopen 1470 tog $^1/_4$ av Dannemora, under förevändning, att Erik den helige sedan skulle välsigna de återstående $^3/_4$ så mycket kraftigare. Först med Gustav Vasa började för den svenska järnhanteringen en ny uppblomstring, men dessförinnan hade dock här kommit i bruk andra ugnar för järnets framställning, vilka av Beck beskrivas på följande sätt:

Styckugnarna. I konstruktion och drift mycket liknande de svenska åssmundugnarna voro de s. k. styckugnarna (Stücköfen), vilka för järnhanteringen äro av stort intresse, då de utgöra den naturliga övergångsformen till nutidens masugnar, d. v. s. utgöra leden mellan den direkta och den indirekta järnframställningsmetoden. De uppfunnos i Steiermark och gingo där under flera olika namn, såsom Stück-, Stuck-, och Wolfs- och Blauöfen, och voro de, efter vad några påstå, i gång där redan på 700-talet, i vilket fall de skulle vara de då i Steiermark inträngda slavernas uppfinning, vilket dock av Beck tyckes betvivlas, men anför han, att de med säkerhet drevos där på 1200-talet sedan tyskarna i medio av 900-talet återerövrat landet. Swedenborg, som 1714 besökte Steiermark, säger emellertid, att infödingarna då sade, att de i 800 år framställt sitt järn och stål på alldeles samma sätt, i vilket fall styckugnarna skulle vara från slutet av Steiermarks slaviska tid.

Malmen, vilken användes i dem, bestod av järnspat och upplades först i högar att under några års tid »få mogna», varefter den rostades i ugn och därefter uppsattes lagervis med träkol på smältugnen, se fig. 1, pl. VIII, som var 4,2 m. hög och 1,2 m. vid över formorna samt 0,6 m. vid i uppsättningsmålet. Smältningen varade 15 timmar och gav på senare tider en smälta av 20 centners vikt. De allra äldsta ugnarna skola dock hava varit blott 3 m. höga och hade nedtill endast ett hål, varigenom man både inpressade blästern och uttog de färdiga smältorna, och vilket hål var lika brett som ugnsschaktet = 1,2 m. samt 0,75 m. högt. Det igensattes under blåsningen med tegel på formöppningen när, som anbragtes på ungefär 0,3 m. höjd över botten.

* Järnmalm bröts då ur gruvor troligen sedan cirka 200 år tillbaka.

Ugnen fylldes med kol, som eldsattes, varpå en stund litet bläster påsläpptes, men då elden »tagit i», fick ugnen gå med drag, tills kolmassan blivit helt igenom glödande, då bläster åter påsläpptes, och malm började uppsättas, först i mindre och sedan i alltmera stegrade proportioner, tills full malmsats nåddes. Slaggen avtappades efter hand genom ett cirka 0,45 m. på sidan om forman upptaget hål, som att börja med uppbröts nedtill och sedan, allt efter som smältan växte, flyttades allt högre upp. Man fortsatte med malmuppsättningarna tills 39,5 ctr malm påsatts, d. v. s. lagom för en smälta, och lät härefter ugnen »blåsa ned», varpå bälgarna och tättan bortburos, en järnplåt lades framför »bröstet», teglen kring formöppningen bortbrötos, kolen utrakades och avsläcktes med vatten, varefter resten av bröstmuren nedrevs, då slagg och — sedan ugnarnas höjd ökats — även en del tackjärn utflöt, som avkyldes med vatten. Sedan utdrogs den lösbrutna smältan, som förr vid de små ugnarna dock ej vägde mer än 6 à 7 ctr. Smältorna sönderhöggos med yxor.

Även i Sverige erhöll man vid ugnarnas förstorande och kraftigare blästers införande att börja med både järnsmälta, tackjärn och slagg samtidigt, vilket tackjärn i en av Västerås' biskop i slutet av 1400-talet författad beskrivning benämnes skärsten, och vilket först återuppsattes på styckugnen igen, men sedan omsmältes det i en särskild härd. Och när man så fann, att man sparade kol genom att förstora ugnarna och först tillverka tackjärn och sedan färska detsamma, blev detta regel och styckugnarna förvandlades till masugnar. En dylik ugn stående på gränsen mellan styck- och masugn synes i fig. 2, pl. VIII, avbildad efter en teckning av Svedenborg.

Den historik, som berör järnhanteringens vidare utveckling, d. v. s. efter masugnarnas införande, torde vara lämpligast att i denna lärobok spara till redogörelserna för de olika framställningssätten.

Bergmästar H. Sundholm har försökt med anlitande av i bergs- och kommerskollegium förvarade handlingar räkna ut, huru mycket järnmalm, som brutits, och järn, som tillverkats i Sverige sedan år 1300 och därvid kommit till följande siffror:

		Ton per år.	Givande ton järn per år.
Under åren	1301—1400 bröts av malm	13600	3400
» »	1401—1520 » » »	20400	5100
» »	1521—1600 » » »	22600	7000
» »	1601—1636 » » »	27400	8500
» »	1637—1700 » » »	81600	37000
» »	1701—1800 » » »	157000	52000
» »	1801—1833 » » »	178762	59000
» »	1834—1908 » » »	1047000	523500

Och skulle således i Sverige tillverkats inalles sedan år 1300 allt intill 1908 års slut cirka 40062000 ton järn.

II. Järnet och dess legeringar.

A. Rent järn.

Kemiskt rent järn användes ej inom tekniken och är för övrigt ytterligt svårt att framställa i det att de sista spåren legeringsämnen äro nästan omöjliga att avskilja. Framställningen av möjligast rent järn tillgår emellertid så, att man över kemiskt ren järnoxid eller järnklorur inlagd i glödande platinarör framleder en torr och från andra gaser ren vätgasström. Det erhållna järnsvamppulvret får kallna i vätgasen, hoppressas i syrgasfri atmosfär och smältes, då den i mängd absorberade vätgasen, ehuru ej fullständigt, bortgår. Vid smältningen upptager dock järnet från smältdegeln och gaserna i densamma även litet andra legeringsämnen. Ett annat sätt är, att elektrolytiskt ur järnoxidulsalter (vanligen åstadkomna genom kemisk upplösning av rent tekniskt järn t. ex. svensk mjukaste lancashire) utfälla järnet. Det kommer då att hålla betydande mängder H samt spår av N, C, Mn, Si, P5S. Genom glödningar och omraffineringar kan detta järn småningom erhållas allt renare från legeringsämnen ehuru ingen gång kemiskt rent, och kan man därför med fog påstå, att fullständigt kemiskt rent järn ännu ej blivit framställt. Se vidare om ovannämnda elektrolytiska framställning längre fram.

Relativt rent järns egenskaper. Dess färg är grå, det kristalliserar i reguljära systemet ehuru vid olika temperaturer i något olika former, är mjukt, hårdhet c:a 3,5 efter uppglödgning och långsam avsvalning, då det även ledes är ytterst tänjbart. Är vid alla temperaturer mellan 0° och dess smältpunkt mycket smidbart samt vid höga temperaturer lättsvetsat.

Järnets allotropiska modifikationer. Osmond har påvisat, att om mjukare järn långsamt upphettas i med jämnhet stegrad hetta, så inträffar vid tvenne skilda temperaturer ett stillastående i järnstyckets temperaturstegring, och likaledes om ett överhettat järnstycke långsamt avkyles, så inträffa likaledes tvenne stillastående i sjunkandet av styckets temperatur. Dessa stillastående har man kallat hållpunkter

och funnit, att dessa hållpunkter beteckna övergången hos järnet från en allotropisk modifikation till en annan. Härav följer, att järnet har i fast tillstånd tre allotropiska modifikationer, vilka man givit beteckningarna α-, β- och γ-järn. Som hållpunkterna vid upphettning och avkylning infinna sig vid olika temperaturer har man även givit dem olika beteckningar eller tecknet Ac för upphettningspunkterna och tecknet Ar vid avkylningspunkterna.

Ac_2 har man funnit ligga vid 770° C., Ac_3 vid 917° C.
Ar_2 » » » » » 767° C., Ar_3 » 890° C.

Modifikationen α-järn har man vid temp. under 770° respektive 767°
» β- » mellan 770° upp till 917° eller resp. från 890° ned till 767°.
» γ- » vid temp. över 917° respektive 890°.

Skillnaden uttryckt i °C mellan Ac_2 och Ar_2 samt Ac_3 och Ar_3 kalar man hysterisis.

Alla tre modifikationerna kristallisera i det reguljära systemet, men enligt Hofman*: α-järnet i isometriska systemet i kuber, β-järnet likaledes, men γ-järnet i kombination mellan kub och oktaeder. Det förstnämnda är magnetiskt, mjukt och smidbart och kan ytterst obetydligt om ens något alls kolbinda sig. β-järnet är omagnetiskt, hårdare och sprödare och kan upptaga något litet mera kol, medan γ-järnet, ävenledes omagnetiskt, är segt, smidbart och kan upptaga mera kol (vid över 1000° 1,5 à 3 %).

Det till synes kemiskt rena järnet kallas ferrit.

Som alldeles kemiskt rent järn troligen ännu ej framställts, får man vid nedan uppräknade egenskaper hålla sig till resultat, som sista tidens undersökningar givit, reserverande sig för möjligen kommande nya sifferuppgifter.**

Specifik vikt = 7,88.

Specifika värmet varierar vid olika temperaturer och är enligt Oberhoffer (se S. u. E. 7, sid. 1766):

för	0	upp	till	250°	= 0,1221
»	»	»	»	300°	= 0,1257
»	»	»	»	350°	= 0,1286
»	»	»	»	400°	= 0,1305
»	»	»	»	450°	= 0,1340
»	»	»	»	500°	= 0,1366
»	»	»	»	550°	= 0,1395
»	»	»	»	600°	= 0,1417
»	»	»	»	650°	= 0,1463
»	»	»	»	700°	= 0,1594
»	»	»	»	750°	= 0,1675

* An outline of the metallurgy of Iron and Steel.
** Se flere uppgifter anförda i årgångarna 1904—1911 av S. u. E. samt »Hütte».

för 0 upp till 800° = 0,1698
» » » » 850° = 0,1699
» » » » 900° = 0,1698
» » » » 950° = 0,1688
» » » » 1000° = 0,1678
» » » » 1100° = 0,1664
» » » » 1200° = 0,1667
» » » » 1300° = 0,1662
» » » » 1400° = 0,1665
» » » » 1500° = 0,1667

Smältvärmet är obekant, anslås av Jüptner till 20, av Brisker till 31,6 och av Richards till mellan 69 och 70 v. e.

Omvandlingsvärmet är lika omdisputerat. Vid övergången mellan γ- och β-järn anslås det av Roberts-Austen till 2,6 v. e., av Oberhoffer till 7 v. e., vid β- till α-järn av den förre till 1 v. e., av den senare till 2 v. e. Således i alla händelser praktiskt taget obetydligt.

Utvidgningskoefficienten är för α-järnet 0,000011, för β-järnet 0,000017 och för γ-järnet 0,000015, vid 840° inträder vid upphettning en plötslig volymförminskning.

Värmeledningsförmågan är omtvistad. Den relativa anses vara lika med 11 om silvrets sättes = 100. Den absoluta ligger troligen mellan 0,124—0,156 (Bellinger och Holborn, Wien) om kopparns sättes = 0,918.

Elektriska ledningsförmågan skall enl. Benedix vara = $13{,}10 \cdot 10^4$ vid 16° och motståndet enligt samma författare för 1 cm.-kub = 7,6 mikroohm. Le Chatelier skattar den förra till $10{,}53 \cdot 10^4$ och det senare till 111 ohm i en tråd av 1 mm.^{2} genomskärningsarea och 1 kilometers längd.

Hållfasthetsegenskaperna äro föga undersökta, men naturligtvis bör sträckhållfastheten vara något mindre, kontraktionsprocenten och förlängningsprocenten åter något högre än vid mjukaste renaste svenska järn. (Se under järn och kol.)

Magnetiska egenskaperna har Gumlich sökt utröna vid ett s. k. kemiskt rent järn, utreducerat medelst vätgas, och funnit, att detta järn, som höll blott 0,001 Mn och lika små spår av Cu, S, P och C, var vida sämre som dynamomaterial än mjuk martin hållande i %: Mn = 0,4, C = 0,04, P = 0,04, S = 0,03 och Cu = 013.* Förklaringen till detta är naturligtvis att söka antingen i att det elektrolytiskt utfällda s. k. rena järnet i själva verket var förorenat av H eller ock glödgats så länge och starkt, att det blivit bränt och fått bränt järns grova struktur, eller ock har dynamojärnet varit starkt Si- eller

* Se S. u. E. 8, sid. 1430.

Al-haltigt. Ty troligt är, som vi skola se längre fram, att järn hållande endast Si och Al såsom legeringsämnen i detta avseende är bättre än *absolut* rent järn.

B. Legerat järn.

Fordom menade man med en legering endast av 2 eller flere metaller sammansmälta blandningar, numera åter kallar man inom järnets metallurgi för legering alla föreningar av järn, med vilket eller vilka kemiska ämnen det vara må, metaller eller metalloider eller ämnen av båda grupperna tillsammans. Finner man vid analys, att det upptagna ämnets vikt motsvarar någon viss kemisk förening mellan detsamma och järn kallar man det med motsvarande kemiska förenings namn, varom icke, säger man, att ämnet befinner sig i fast lösning i järnet, dock händer även att en del av ämnet är kemiskt förenad med järnet och en annan del löst i denna legering. Likaledes inträffar ofta, ja, oftast, att en järnprodukt består av en intim blandning av utkristalliserat rent järn och en eller flere järnlegeringar eller av en mekanisk blandning av dylika med ett överskott av ett legeringsämne, såsom i t. ex. grått tackjärn.

Legeringarnas egenskaper i jämförelse med renaste järn.

I regel äro järnlegeringarna mineralogiskt hårdare, ha större sträckhållfasthet, högre elasticitetgräns, visa mindre tänjbarhet, mindre kontraktion, mindre smidbarhet, mindre vällbarhet, mindre elektrisk ledningsförmåga, lägre smälttemperatur och större sprödhet vid slag och stötar. Legeringens eg. vikt och eg. värme åter rätta sig i regel till god del efter legeringsämnets beskaffenhet och mängd, medan smälttemperaturen oftast är lägre än det renaste järnets, undantag dock där en svårsmält metall såsom legeringsämne ingår i större %. Legeringens färg liknar i allmänhet det rena järnets i hög grad, dock finnas vid högprocentiga legeringar avsevärda undantag, t. ex. vid Ni, Mn och Si.

Med *utsegring* av legeringar menar man åter att under vissa omständigheter, som längre fram skola behandlas, av legeringsämnet i fråga rikare ansamlingar bilda sig i vissa partier av den stelnande järnmassan.

De viktigaste järnlegeringarna äro dels sådana man med flit åstadkommer för att meddela järnet en eller annan god egenskap eller för att neutralisera någon dålig, dels sådana, som utan framställarens särskilda åtgöranden bildas.

Legeringsämnena kunna indelas i fyra grupper: *a*) nyttiga, *b*) skadliga, *c*) föga användbara, men försökta, och *d*) oprövade.

a) *Nyttiga.*	*b*) *Skadliga.*	*c*) *Föga användbara, men försökta.*
Kol	Fosfor, Svavel, Koppar, Arsenik (i de flesta järnsorter till skada)	Kobolt
Kisel	Tenn	Uran
Mangan	Zink	Antimon
Nickel	Bly	Selen
Krom	Syre	Kadmium
Wolfram	Väte	Bor
Molybden	Kväve	Vismut
Vanadin	Koloxid	Torium
Titan	Kolsyra	Guld
Aluminium		Platina
Calcium		Silver
Magnesium		
Natrium		
Kalium		
Cerium		
Lantan		
Tantal		
Thallium		
Fosfor, Svavel, Koppar, Arsenik (i vissa järnsorter till nytta)		

1:o. De tekniska järnlegeringarnas indelning.

Innan vi övergå till studiet av de särskilda legeringsämnenas inverkan på järnets egenskaper måste vi påminna om att det i tekniken använda järnet indelas dels i tvenne huvudsorter, nämligen:

A. ***Tackjärn,*** som håller så mycket av vissa legeringsämnen, att det i varmt tillstånd är osmidbart och därför vid försök till smidning rasar sönder under hammaren.

B. ***Smidbart järn,*** som kan i värme smidas. (Vid vanlig temperatur åter äro även en del tackjärnssorter »hammarbara».)

A. Tackjärnet.

Detta, som i regel är lättsmältare än det andra, övergår vid upphettning tämligen plötsligt från fast till flytande tillstånd utan att mellan dem komma i en degig, smidbar konsistens. Det indelas i följande huvudsorter:

a. Koltackjärnssorter eller vanligt tackjärn.
b. Legeringstackjärnssorter.

I Sverige sortera vi så det förstnämnda

efter dess tilltänkta *användning* i:	efter dess *brottutseende* i:
Gjutjärn	Helgrått
Aduceringsjärn	Kantvitt
Bessemertackjärn	1/4-vitt
Martintackjärn	1/2-vitt
Lancashire- eller smidestackjärn	3/4-vitt
Vallontackjärn	Hagelsatt
Puddeltackjärn	Helvitt
Exporttackjärn	Kokjärn
Granulerat tackjärn	

Legeringstackjärnssorterna sorteras efter det i dem till huvudsaklig del ingående legeringsämnet eller t. ex.:

Manganjärn = Ferromangan (vid lägre manganhalt dock även kallat spegeljärn)
Kiseljärn = Ferrosilicium
Kiselmanganjärn = ferrosiliconmangan
Kromtackjärn = Ferrocrom
Wolframtackjärn = Ferrowolfram etc.

B. Det smidbara järnet.

Detta indelas ävenledes i tvenne huvudgrupper:

a. Stål, som i härdat eller ohärdat tillstånd kan med fördel användas till skärande verktyg.

b. Smidesjärn, även kallat mjukt järn, som varken i härdat eller ohärdat tillstånd kan erhållas med duglig skärande egg.

Dessa huvudsorter indelas sedan efter den metod, varmed stålet eller järnet åstadkommits i:

Stålsorter.		***Smidesjärnssorter.***	
Bränn- eller cementstål	vällstål-sorter	Franche-comtéjärn	välljärnssorter
Puddelstål		Vallonjärn	
Vällstål (berett i härd)		Lancashirejärn	
		Puddeljärn	
Bessemerstål	götstålsorter	Bessemerjärn	götjärnssorter
Martinstål		Martinjärn	
Degelstål		Elektrostål	
Elektrostål		Aduceringsgods	
		Järnsvamp	

Götstål och götjärn benämnas dock vanligen efter den s. k. »hårdhetsgraden», d. v. s. efter ingående kolhalten i

hårdhetsgrad 0,05 %
» 0,10 »
» 0,15 » o. s. v.

eller ock efter det eller de, stålets förnämsta egenskaper meddelande eller förstärkande legeringsämnena i: wolframstål, nickelstål, kromstål o. s. v. eller efter av legeringsämnena orsakade särskilda egenskaper, såsom snabbdriftstål, självhärdande stål o. s. v.

2:o. Kol och järn.

a. Kvantiteten kol, som järnet kan upptaga beror dels på dess temperatur, dels på andra i järnet i fråga ingående legeringsämnen. Till temperaturen står upptagningsförmågan i ett direkt, ehuru ej proportionerligt förhållande, så att ju högre temperaturen drives, ju mera kol upptager järnet intill en viss gräns. Medan rent järn säges* vid temperaturer under 750° ej kunna absorbera några avsevärda mängder av kol** upptager det vid stegrad hetta:

vid 900° . . . 2,95 % kol på 21 dagars tid (fin järntråd i träkol)***
» c:a 900 à 1000° ej mer än 1,2 % kol på 13 dagars eller längre tid (stångjärn i cementugn.)†

Ett försök†† i elektrisk ugn i beröring med kol: Järn, som var berett på så sätt, att nästan kemiskt rent järn (berett på Kohlbaums metod), nedsmältes först i sockerkol i degel, varefter det höll:

Kol	3,577 %
Kisel	0,005 »
Mangan	spår
Fosfor	»
Svavel	0,005 »

Av detta järn smältes mindre portioner (30 gr.) i koldegel och visade sig hålla:

efter smältning	vid	1350°	temp.	4,50 % C
»	»	1400°	»	4,95 » »
»	»	1500°	»	5,14 » »
»	»	1600°	»	5,40 » »
»	»	1650°	»	5,50 » »
»	»	1700°	»	5,25 » »
»	»	1730°	»	5,20 » »
»	»	1750°	»	5,01 » »
»	»	1800°	»	5,24 » »
»	»	1880°	»	6,18 » »

* Av Arnolds och Mac Williams.
** Vad mycket lång tid härvid har för inverkan torde ej vara fullt utrett. Förf. har en gång funnit en i en tackjärnsplatta ingjuten ända av ett stag uppkolad till hårt stål sedan den i 12 år suttit inmurad i nedre delen av en martinugns regeneratorkammare, där vanliga temperaturen aldrig översteg mörk brunvärme, d. v. s. c:a 500°.
*** Saniter.
† Mannesmann.
†† Hanemann i Charlottenburg. Se S. u. E. 1911, sid. 333.

O. Ruff har på samma sätt (S. u. E. 1911 sid. 1194) smält järn med kol och funnit att järnet upptager

vid	1220°	4,58 % C
»	1350°	4,81 » »
»	1522°	5,46 » »
»	1623°	5,78 » »
»	1823°	6,59 » »
»	2020°	6,95 » »
»	2122°	7,51 » »
»	2169°	8,21 » »
»	2220°	9,60 » »
»	2271°	8,97 » »
»	2320°	8,61 » »
»	2420°	8,09 » »
»	2475°	7,78 » »
»	2626°	7,45 » »

Vid Bergskolans elektriska försöksugn vid Hagfors gjordes 1909 ett liknande försök på följande sätt. Tackjärn tillverkat av enbart Tuolluvaremalm och således i det allra närmaste manganfritt (4,20 % C) inkastades på ett glödande träkolslager i den elektriska elektrodugnen och fick nedsmälta i ljusbågarna. Då det smält nedfördes elektrodkolen genom den överliggande vitglödande träkolsmassan mycket nära ned till järnets yta, varigenom över denna mellan kolstyckena bildade sig en massa ljusbågar, som allt mera upphettade järnbadet. Enligt analyser utförda av Uddeholms överkemist ingenjör Ljungvall höllo de uttagna proven

efter 1 timmes smältning . . .	5,79 %	summa kol	och	0,42 %	kisel
» 2 » » . . .	6,25 »	»	»	0,56 »	»
» 3 » » . . .	6,79 »	»	»	0,77 »	»

Kiseln orsakad av i ugnen befintlig kiselsyrehaltig ehuru starkt basisk slagg. Temperaturen kunde till följd av träkolslagret ej avläsas, men uppgick troligen till bortåt 2000°. Hade man kunnat hindra järnet upptaga kisel, hade kolhalten troligen blivit ännu högre.

Enligt Moissan löser järn vid 3000° 40 % C (S. u. E. 1906 sid. 397).

Vilka legeringsämnen, som öka, och vilka, som minska järnets kolupptagningsförmåga är ännu ej tillfredsställande utrett, men vet man, att

den minskas av kisel, fosfor, svavel och aluminium;
» ökas » mangan (upp till 7,20 %*) och krom (upptill 13,75 %**).

* I masugns och 80 %-igt manganjärn.
** I ett kromtackjärnsprov från Kortfors elektriska ugn.

b. Kolets förekomstsätt i järn. *Grafit:* I smält järn förekommer kolet alltid i jämn lösning. Har nu järnet genom överupphettning vare sig i elektrisk ugn eller i överhettat masugnsställe (t. ex. i bessemermasugnarna) förmåtts upptaga mera kol än det vid avkylning ned till stelningstemperaturen kan kvarhålla, avskiljes detta kol i form av större eller mindre *grafitfjäll — garskum* kallat — vilka fjäll uppflyta till tackjärnets yta. Genom rörelse i järnbadet befordras även ledes detta avskiljande, alldeles i likhet med gasavskiljandet ur kolsyrehaltigt vatten, vilket tydligt framträder t. ex. vid överkolat bessemertackjärns utrinnande ur masugnen, likasom de ofta betydliga grafitavsättningarna i bessemermasugnarnas ställen, varvid dock båda orsakerna bidraga: järnets under formnivån i stället skeende avkylning och rörelsen vid utslagen. Dessa garskumsgrafitfjäll hava ofta en ytstorlek av 1 cm^2 och ibland ännu mera. Vid stelningstemperaturen har järnet så kvar 4,3 % kol.

Om tackjärnet vid stelningstemperaturen tillräckligt hastigt avkyles blir det i brottet helvitt, och är kolhalten relativt låg, blir det även vid långsamt stelnande helvitt, såvida dess kiselhalt samtidigt ej är ovanligt hög. Men håller sig kolhalten i närheten av 4,3 % och mangan- och svavelhalten äro låga, så erhålles vid långsamt stelnande i sand helgrått järn, vars gråa färg är jämn hela brottet igenom och orsakas av under stelnandet avskilda grafitfjäll, mycket mindre än garskummets. Dessa fjäll, vars ytstorlek sällan uppgår till mera än några få mm^2, äro då lagrade mellan koljärnkristaller. Äro kol- och kiselhalterna samtidigt stora, utrinner tackjärnet tjockflutet, får vid stelnandet grafitfjäll även på ytan och kallas då grafittjockt. Men även i det närmaste kiselfritt tackjärn blir, om det utrunnit överkolat vid långsamt stelnande, helgrått med grafitfjäll på ytan enligt vad prof. Wüst visat.

Denna järnets grafit förhåller sig såsom den naturliga gent emot kemiska reagenser.

Temperkol: Om ett relativt kiselhaltigt, mangan- och svavelfritt svenskt tackjärn får stelna i ej synnerligen tjock kokill eller i kokill, som efter föregående tappning ännu är ganska varm, händer ofta, att den emot kokillen stelnande massan ej genomgående visar vitt brott, som eljes är vanligt, utan ett mer eller mindre »sotliknande» sådant. Detta »sot» består av mikroskopiskt finfördelad grafit, som avskilt sig vid långsamt avsvalnande av det vita järnet mellan 1130° ned till 900° temperatur. Samma sotiga brott kan man få i vilket relativt kolrikt och mangan- samt svavelfattigt tackjärn som helst blott det tillräckligt länge hålles upphettat i denna temperatur, men fortare vid kisel-, nickel- eller aluminiumhaltigt järn. Detta kol, som till reagenser förhåller sig alldeles lika som grafiten, ehuru det snabbare löses i de reagenser, som angripa grafit, är ock troligen sådan, ehuru avskild i alldeles fast järn, varföre den ej kunnat bilda synbara hexagonala tavlor, som grafiten i stelnande järn, vars järnkristaller kunnat maka

åt sig. Detta kol har, eftersom det ofta uppstår i aduceringsgods (på tyska kallat Temperguss), fått namn av temperkol.

F. Wüst och C. Geiger hava angående temperkolet fastställt följande satser: (se S. u. E. 1905 sid. 1135).

1:o) Temperkol bildas vid de lägre temperaturerna i ringa mängd blott glödningstiden tages i omvänt förhållande till temperaturen. Lång tid vid lägre, kortare vid högre.

2:o) Huvudmängden av temperkolet bildar sig plötsligt så fort en viss temperatur, vars storlek är beroende på andra ingående legeringsämnen, uppnåtts. Ju högre temperatur, som behöves (under smältningstemperaturen), ju större blir denna plötsligt avskilda mängd temperkol.

3:o) Har temperkol väl avskilts ökas dess mängd blott obetydligt genom längre tids glödgande vid *samma* temperatur (= järnviktstillstånd).

4:o) En rask eller långsam avkylning har härefter föga inverkan på temperkolsmängden, men väl på godsets hållfasthetsegenskaper.

5:o) Håller godset redan genom glödgning åstadkommet temperkol, kan dettas mängd genom förnyad glödgning stegras, och detta ju mera som denna nya glödgning närmar sig en viss temperatur.

Karborundum förekommer ävenledes, enligt Neumann, i långsamt stelnat tackjärn (S. u. E. 1909 sid. 906).

Kemiskt bundet kol. I allt tackjärn, i allt stål och i allt smidesjärn förekommer kol även såsom bundet vid järnet, men skiljer man härvid på en del olika förekomstsätt, som vi här nedan skola taga i betraktande, påminnande oss, att kemiskt rent järn fått i den metallografiska vetenskapen namnet *ferrit* och påpekande, att även nedannämnda beteckningar uppfunnits av herrar metallografer.

Martensit: Om kolhaltigt (även överkolat) smält järn bringas att häftigt stelna och även häftigt avkyles t. ex. genom nedgjutning i raskt framrinnande kallt vatten, befinner sig kolet i det kallnade järnet på samma sätt som i det smälta d. v. s. jämnt upplöst och säges då vara i fast lösning samt kallas denna fasta lösning för martensit. Får åter järnet lugnt stelna, så uppstår, vare sig grafit-bildning inträffar eller ej, visserligen ävenledes först alltid martensit, men får densamma sedan långsamt svalna, så omvandlas den i andra *kemiska* sammansättningar och ämnen, men äro dessas mängd och beskaffenhet i hög grad beroende dels av den upptagna kolkvantiteten, dels ock av avkylningsförhållandena.

Får avkylningen som sagt *gå långsamt* och jämnt utan andra ojämnheter än som betingas av övergången från flytande till fast tillstånd och från γ-järn till β-järn samt från detta till α-järn, så inträffar vid rena koljärn, d. v. s. med obetydligaste halt av andra legeringsämnen följande:

Om järnet i smält tillstånd håller över 2 % kol, så avskiljes till och under stelnandet så mycket av kolet som grafit, att efter stelnandet i fast lösning i järnkristallerna ej finnes kvar mera än c:a 2 % kol. Dock anser man ej kolet s. s. sådant löst i järnet, utan att järnets huvudmassa c:a 70 % av det hela (= ferrit) håller i sig löst järnkarbid Fe_3C (= 2 % C + 98 % Fe). Denna järnkarbid Fe_3C har fått namnet *Cementit* och håller, om man räknar med »internationella» atomvikterna, 6,68 % C. Ur den vid stelnandet befintliga martensiten avskiljes under den fortsatta långsamma avkylningen mer och mer cementitkristaller, kallade fricementit, så att då temperaturen kommit ned till 710° innehåller den förstnämnda 0,95 % kol och omvandlas då plötsligt i en utomordentligt fin blandning, den man givit namnet *Perlit*, och som består av ferrit och cementit. Avskiljandet börjar vid högre temperatur, ju högre kolhalten är.

Om åter stelnandet av det mer än 2 % kol hållande järnet påskyndas (gjutning i kall kokill), så avskiljes under detsamma ej någon grafit, utan järnet får ett vitt brott, och innehåller kolrikare martensit. Denna sönderfaller sedan under den fortsatta avkylningen ävenledes i *cementit* och *perlit*.

Om vi åter hava en järnkollegering med jämnt 0,95 % C, så håller sig den fasta lösningen oförändrad ned till 700°, då den plötsligt omvandlas i *perlit* och *uteslutande* detta.

Om järnkollegeringen håller under 0,95 % C, så börjar vid viss temperatur (högre ju lägre kolhalten är) ur den fasta lösningen avskilja sig ferrit till den mängd att vid 700° eller litet under den återstående fasta lösningen håller 0,95 % kol, då den plötsligt övergår i perlit. Mjukare kolhalter än med 0,95 % C innehålla således efter avsvalnandet *ferrit i perlit*.

Om man åter upphettar ända till smältning ovanstående koljärnlegeringar, så går omvandlingen alldeles motsatt väg.

Genom *påskyndad avkylning* (härdning) kunna dessa det fasta tillståndets omvandlingar mer eller mindre motverkas eller förhindras. Och om man möjligast häftigt avkyler smält järnkollegering (t. ex. genom nedgjutning i vatten, eller neddoppning i kallt vatten nystelnat, tunngjutet, vitt järn) bibehålles martensiten s. s. sådan. Om man nu åter upphettar detta martensitjärn (anlöper detsamma) erhåller man så småningom dock samma slutprodukter igen som de ovannämnda.

Om t. ex. stål av 0,95 % kolhalt blivit plötsligt härdat och sedan anlöpes, erhålles vid något över 700° ren perlit, men dessförinnan har man dock vid c:a 400° fått en mellanprodukt, den man givit namnet *Osmondit*. Övergångsgraderna mellan martensiten och osmonditen har man givit namnet *Troostit*. Den mellan osmonditen och perliten namnet *Sorbit*. Dessa övergångsgrader erhållas ej vid långsam avkylning *från* martensit *till* perlit. Av dessa är martensiten hårdast, därefter komma i ordning troostit, osmondit, sorbit och perlit.

Ledeburit kallas tvärkylda kristaller med 4,2 % C.

Austenit är detsamma som oomvandlad homogen, fast lösning av karbid i γ-järn.

Gången för omvandling vid återupphettning blir därför vid stål med högst 2 % C: Austenit, martensit, troostit, (osmondit), sorbit, perlit.

Alla dessa järnbeståndsdelar — med undantag av perliten — äro endast med mikroskop iakttagbara*.

Inom tekniken använder man emellertid ännu vanligtvis de gamla termerna och skiljer man, då det gäller det kemiskt bundna kolet, endast på två förekomstsätt och blandningar mellan dessa, i det man kallar för:

»Härdningskol» det kolets förekomstsätt, som uppstår, om starkt upphettat järn häftigt avkyles, och då man erhåller ett mineralogiskt sett hårdare stål (hållande martensit).

»Cementkol» åter det kolets förekomstsätt, som uppstår, om man låter ett starkt upphettat stål långsamt avsvalna, och då man erhåller ett mineralogiskt sett mjukare stål (hållande cementit). Vid ett skarphärdat stål anlöpning övergår så allt mera härdningskol till cementkol och stålet blir allt mjukare till dess det, då allt härdningskol försvunnit, blivit så mjukt, det kan bli.

Anlöpning: Vi hava nu flere gånger talat om anlöpning och vilja vi därför se till vari denna består. Om ett blankpolerat järnstycke, på ytan väl befriat från fett, så småningom upphettas, så antager ytan efter hand olika färg, vilka färger så att säga markera olika temperaturer hos järnstycket, och stegras hettan, så börjar järnet självlysa i mörkt rum med allt ljusare, skarpare glans, vars nyanser även ledes tillkännagiva olika temperaturer. Genom pyrometeravläsning har man så bestämt, vilka temperaturer, som motsvara dessa *anlöpnings-* och *glödgningsfärger*, samt enligt »Hütte» fått dem till:

Anlöpningsfärgerna:		*Glödningsfärgerna:*	
Ingen färgning upp till . .	200°	Brunröd glödande vid	550°
Ljusgul vid	220°	Mörkt röd » »	650°
Klargul »	230°	Körsbärsröd » »	750°
Mörkgul »	245°	Ljusröd » »	800°
Brungul »	255°	Gulröd » »	900°
Rödbrun »	265°	Gul » »	1000°
Purpurröd »	275°	Ljusgul » »	1100°
Violett »	285°	Matt vit » »	1200°
Blåklintsblå »	295°	Bländande » »	1500°
Ljusblå »	310°		
Havsgrön (gråaktig) vid . .	325°		
Ingen färg mer vid matt yta	över 330°		

* Se för övrigt »Hütte» 1910 sid. 84.

c. På kolets förekomstsätt inverkande omständigheter. Såsom redan antytts erhålles i tackjärn mindre grafit ju hastigare det bringas att stelna. Om därför smält tackjärn med c:a 4,3 % C, men föga kisel, mangan och svavel, utgjutes i öppen kokillform, blir dess undre närmast kokillen liggande massa helvit, tack vare kokillens värmeledande förmåga, medan åter dess övre lager, som till följd av luftens dåliga värmeledande förmåga stelnar långsammare, blir helgrått i brottet. Som regel härvid gäller: vid samma kemiska sammansättning får man tunnare vitt och tjockare grått lager ju högre tappningstemperaturen är.

Flere andra legeringsämnen inverka ävenledes på grafitavskiljandet så att t. ex. kisel och aluminium i regel öka gafitavskiljandet, titan, aluminium och koppar verka till grafitens avskiljande i helt små fjäll (fingryigt brott), medan åter mangan, krom och svavel samt en fosforhalt över 2,5 % starkt motverka grafitavskiljandet.

Mycket stora halter av kisel och aluminium åstadkomma emellertid »vitt» järn, men då på den grund, att de motverka kolupptagandet eller minska det smälta tackjärnets förmåga att kvarhålla det upptagna kolet, så att vid stelningsögonblicket detta ej har nog kol kvar för att grafit skall kunna avskiljas. Högprocentigt kiseljärn håller därför ytterst få grafitfjäll, och om man till ett kolrikt smält tackjärn sätter avsevärt med aluminium, så uppflyter genast på tackjärnets yta en mängd garskum. Aluminium verkar kraftigare än kisel till grafitavskiljande (12 gånger säger Borsig). På en gång närvarande avsevärda halter av kisel och aluminium synas dock härvidlag motverka varandra, varjämte aluminium gör gjutjärn trögflutet och är detta orsakerna till att aluminium föga användes som tillsatsmedel i tackjärnsgjuterier.

d. Kolhaltens inflytande på järnets tekniska egenskaper.

1:o. *De allotropiska förändringarna* hos kolbundet järn. Vi påminna oss då först, att vid i det närmaste rent järn utgöres detta vid temperaturer utöver 910° av γ-järn, mellan 910° — c:a 780° av β-järn och under 780° av α-järn. Ju högre kolhalten blir, ju djupare sjunker att börja med övergångspunkten mellan γ- och β-järnet, så att vid nära 0,45 % kolhalt är den nere vid närmare 780°. Övergångspunkten mellan β och α-järn håller sig åter hela skalan igenom konstant vid 780° d. v. s. för kolhalter mellan 0 och 0,45 %. Vid 0,45 % C sker emellertid en ändring i järnets natur så till vida, att om vid högre kolhalter stål och järn i γ-tillstånd avkylas, så bildas intet β-järn, utan γ-järnet övergår direkt till α-järn utan något mellantillstånd. Detta börjar vid 0,45 % kolhalt vid 780°. Allt efter som kolhalten från 0,45 % stiger, sjunker så alldeles likformigt med kolhaltens stegring övergångstemperaturen mellan γ- och α-järn, tills den vid 0,95 % kolhalt ligger vid 700°, varvid, som vi påminna oss, under denna temperatur vid 0,95 % C järnmassan utgöres uteslutande av perlit. Med sedan ökad kolhalt stiger igen övergångstemperaturen mellan γ- och α-järn,

och är vid 1 % C c:a 770°, vid 1,1 % C = c:a 850°, vid 1,2 % C = c:a 905°, o. s. v. Dock att observera, detta vid rent kolstål.

2:o. *Smältbarheten:* När kemiskt rent järn smälter, är ej fullt bekant, men troligen vid en temperatur några tiotal grader över 1500°. Mycket kolfattigt järn (säges det numera) smälter vid 1500°. Med stigande kolhalt sjunker sedan järnets smältningstemperatur tills den vid 4,2 % C kommit ned till 1130°, om järnet är helvitt, men 1160°, om det är helgrått. Varför järnet blir svårsmältare vid en viss kolhalt, om det håller grafit, är därför att det då består av kolfriare järn blandat med grafit. Denna grafit måste så först lösas i det mjukare högre smältpunkt havande järnet, och först då grafiten lösts i detta, smälter denna fasta lösning. Ökas kolhalten utöver 4,2 % höjes troligen smälttemperaturen igen, huru mycket vet man dock ej. Vid angivandet av dessa smälttemperaturer bör dock påminnas om att de avse i det närmaste rent koljärn, och att flere andra legeringsämnen ha stark inverkan på smältbarheten, dock därom mera längre fram. Vanligt verktygsstål anses dock smälta från 1350°—1400°.

3:o. *Smältvärmet* har man ännu otillförlitligare uppgifter om, då det gäller legeringarna än då det gäller rent järn. Föga lärer det väl emellertid skilja sig från det senares. De Rinmanska undersökningarna gåvo för helvitt, svenskt tackjärn (lancashire) 36 v. e., de tyska ingenjörkalendrarna (t. ex. Fehlands) angiva för grått järn 23, för vitt 33 v. e.

4:o. *Spec. värmet* antages för rent järn enligt »Hütte» för temperaturen mellan 0°—650° = 0,1432 v. e. och stiger så med kolhalten upp till 0,1583 v. e. för järnkarbid. På ett annat ställe i »Hütte» angives dock 0,1463 v. e. för rent järn mellan 0°—650°. Säkert är, att spec. värmet stiger både med temperaturen och kolhalten. Spec. värmet vid vanlig temperatur är av Regnault uppmätt:

för smidesjärn till	0,11379 v. e.	Obs.! Tekniskt järn, ej rent koljärn.
» hårt stål »	0,11848 » »	
» vitt tackjärn »	0,12983 » »	
vilka siffror kunna kompletteras med några från »Hütte»		
för härdat stål	0,1178 v. e.	
» anlöpt »	0,1188 » »	
» gjutjärn	0,1189 » »	
» aduceringsgods	0,1152 » »	

5:o. *Omvandlingsvärmet* hos järn-kollegeringarna är ej tillfredsställande undersökt.

6:o. *Utvidgning och krympning.* Om man smälter tackjärn vare sig vitt eller grått och i det smälta badet sedan inkastar ett osmält stycke av tackjärnet, så flyter det på badet. Detsamma in-

träffar vid ett stålstycke i smält stålbad, om badet ej innehåller alltför mycket gaser. Järn förhåller sig således härvidlag alldeles som vatten i flytande och fast form. Is flyter på vattnet. Med ett järns *krympning* menar man i tekniken vanligen, huru stor lineär sammandragning en gjuten pjäs undergår från gjutandet ned till vanlig temperatur. Denna sammandragning beror dels av materialets kemiska sammansättning, dels av den temperatur, detta har vid gjutningsögonblicket, men i praktiken räknas vanligen med följande värden:

Engelskt gjutjärn n:o 1	krymper . . .	$^1/_{135} = 0{,}0080$ %
» » » 2	» . . .	$^1/_{96} = 0{,}0104$ »
Svenskt helgrått tackjärn	» . . .	$^1/_{100} = 0{,}0100$ »
» halvvitt »	» . . .	$^1/_{77} = 0{,}0130$ »
» helvitt »	» . . .	$^1/_{52} = 0{,}0172$ »
Spegeljärn	» . . .	$^1/_{50} = 0{,}0200$ »
Degelstål, ej överhettat stål	» . . .	$^1/_{72} = 0{,}0140$ »
Grovt stålgjute, ej överhettat stål	» . . .	$^1/_{72} = 0{,}0140$ »
Smått » överhettat stål	» . . .	$^1/_{50} = 0{,}0200$ »

För att konstruktören skall slippa öka de på ritningen utsatta konstruktionsmåtten med dessa krympvärden, använder man i stället att låta modellsnickarna arbeta efter s. k. krympaln eller en måttstock, vars alla mått fått den mot krympningen svarande förstoringen.

När man talar om en järnsorts lineära utvidgning åter, menar man den utvidgning, den undergår i fast form. Denna växlar ävenledes med kemiska sammansättningen och med temperaturen. Volymsutvidgningen är ungefär 3 gånger den lineära, ytutvidgningen 2 gånger den lineära. Med utvidgningskoefficienten $= \alpha$ menar man lineära utvidgningen för 1°. Såsom goda utredningar kunna här anföras:

Charpy och Grenet hava dels undersökt utvidgningskoefficienterna för olika kolhårt stål samt därvid, såsom av nedanstående tabell I framgår, funnit, att utvidgningskoefficienten, som man förut visste, växer med stigande temperatur, men att skillnaden mellan de olika kolhalternas utvidgning vid samma temperatur är mycket obetydlig vid de temperaturer, då ej några reaktioner försiggå i stålet.

Tabell I.

Stålets analys					Medelvärde av utvidgningskoefficient vid temperaturer mellan				
C	Mn	Si	P	S	15°—200°	200°—500°	500°—600°	720°—950°	880°—950°
0,03	0,01	0,03	0,013	0,023	$11{,}8 \cdot 10^{-6}$	$14{,}3 \cdot 10^{-6}$	$17{,}0 \cdot 10^{-6}$	—	$24{,}5 \cdot 10^{-6}$
0,25	0,04	0,05	0,010	0,010	11,5 »	14,5 »	17,5 »	—	23,3 »
0,64	0,12	0,14	0,009	0,010	12,1 »	14,1 »	16,5 »	$23{,}3 \cdot 10^{-6}$	—
0,93	0,10	0,05	0,005	0,010	11,6 »	14,9 »	16,0 »	27,5 »	—
1,23	0,10	0,08	0,005	0,009	11,9 »	14,3 »	16,5 »	33,8 »	—
1,50	0,04	0,09	0,010	0,010	11,5 »	14,9 »	16,5 »	36,7 »	—
3,50	0,03	0,07	0,905	0,010	11,2 »	14,2 »	18,0 »	33,3 »	—

Vid Phys. techn. Reichsanstalt i Berlin hava även sådana provningar företagits, på samma gång som materialets ursprungliga hållfasthetsegenskaper undersökts, och även av dessa undersökningar framgår, att utvidgningskoefficienten visserligen växer med stigande temperatur, men ej med någon jämnhet eller efter någon viss lag, som kan i matematisk formel uttryckas. Dessa undersökningars siffror anföras i tabellen III här nedan, och är därvid av intresse iakttaga, hurusom de molekylära förändringarna i götstålet vid temperaturer upp mot 750° sänka utvidgningskoefficientens värde.

Charpy och Grenet hava vidare fortsatt sina undersökningar på stålets utvidgning även vid de kritiska temperaturerna, d. v. s. då perliten omvandlas i martensit och vid högre temperaturer, då överskjutande ferrit och cementit lösas i martensiten, samt hava de resultat, de kommit till, sammanfattats i nedanstående tabell II:

Tabell II.

Kolhalt i %	Första kritiska perioden				Andra kritiska perioden				
	Kontraktionen begynner vid grader C	Kontraktionen slutar vid grader C	Kontraktionens belopp	Robert Austens kritiska punkt a_1	Begynnelsetemperaturer grader C	Maximiutvidgningens temperaturer grader C	Slutemperatur grader C	Robert Austens kritiska punkt a_2	Robert Austens kritiska punkt a_3
0,03	700	700	ej mätbar	700	700	860	890	770	890
0,07	680	680		680	680	803	865	770	875
0,015	717	724	1,5	710	724	790	840	770	840
0,020	—	—	—	—	715	740	815	770	825
0,025	700	710	4,5	712	710	740	790	770	805
0,64	703	715	13,0	700	omärkbar vid denna kolhalt				
0,93	708	715	13,0	715	»	»	»	»	
1,23	710	713	10,0	715	»	»	»	»	
1,50	694	708	11,0	730	»	»	»	»	
3,50	695	700	9,0	710	»	»	»	»	

7:o. *Eg. vikten.* Denna sjunker med stigande kolhalt, men är i ännu högre grad beroende av om kolet förekommer som grafit eller ej. Även den bearbetning, järnet utsatts för, inverkar, så att järnets volymvikt ökas genom bearbetning isynnerhet i kallt tillstånd, men minskas genom härdning (undantag dock vid kokillhärdning av tackjärn). Följande siffror kunna anföras:

Smidd 1:ma lancashire . . . . . eg. v. = 7,85
Smitt verktygsstål . . . . . » » = 7,80
Helvitt svenskt tackjärn . . . . . » » = 7,65
Helgrått » » . . . . . » » = 7,35
Engelskt gjutjärn n:o 1 . . . . . » » = 7,00
» » n:o 2 . . . . . » » = 7,20
Vanligt tackjärnsgjutgods . . . . . » » = 7,25

Tabell III.

Järnsort	Analys					Sträckprov			Utvidgningskoefficient = $\alpha \cdot 10^6$ vid temperaturer mellan					
	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Brottgräns i kg. pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %	0°—250° α	0°—375° α	0°—500° α	0°—600° α	0°—750° α	0°—875° α
Välljärn	0,07	0,07	0,44	0,03	0,18	34,7	25,6	45,0	12,85	13,48	14,02	14,61	14,81	—
Götjärn	0,10	sp.	0,61	0,05	0,08	44,1	26,1	63,9	12,77	13,56	14,07	14,60	—	—
Götstål	0,51	0,31	0,60	0,05	0,10	69,1	17,8	40,8	12,48	13,17	13,79	14,37	14,29	—
Tackjärn . . .	3,22	1,68	0,71	0,08	0,46	14,1	—	—	11,18	11,98	12,58	13,93	—	—
Tackjärn . . .	3,19	1,67	0,64	0,10	0,32	19,5	—	—	11,30	12,21	12,80	—	—	—
Tackjärn . . .	3,60	1,18	0,46	0,06	0,31	24,0	—	—	11,34	12,12	12,88	13,35	14,22	14,93

Upprepade glödgningar orsaka järnets svällande och mindre spec. vikt.

8:o. *Smid- och vällbarhet.*

Med ett järns *smidbarhet* menar man huru lätt det är, att medelst hamring, valsning eller pressning uträcka eller formförändra i *varmt* tillstånd. En utmärkande egenskap för tackjärn är, att det röd- eller gulvarmt ej alls låter smida sig, men däremot har man en del tackjärnssorter, som till en viss grad låta hamra ut sig i kallt tillstånd. Smidbarheten i egentlig mening avtager med växande kolhalt. Detta står i närmaste sammanhang med järnets egenskap att vid tillräckligt hög hetta och tillräckligt långvarig upphettning erhålla en grovkristallinisk textur, s. k. bränt brott. Ju högre kolhalten är, vid ju lägre temperatur blir järnet grovkristalliniskt. Termen grovkristallinisk använd i teknisk betydelse — ej mikrografisk. När ett järn blir bränt, rasar det sönder under hammaren och pressen eller i valsverket, är då vad vi säga osmidbart. Ju högre ett järn kan upphettas utan att så rasa sönder, ju mjukare är det att bearbeta och således ju smidbarare är det. Men kolhalten inverkar även så till vida att ju högre den är, ju mera kraft fordrar nedsmidningen vid *samma* temperatur, så att en stålprovare genast vid första hammarslagen känner på två lika högt upphettade stålstycken, vilket som är det mjukare, d. v. s. kolfriare. På smidbarheten inverka även andra legeringsämnen och flere i ännu högre grad än kolet. Vid *vällbarheten* skiljer man sedan gammalt mellan vällning och hopvällning, vällbarhet och hopvällbarhet, eller vällning och hopsvetsning. T. ex. giver man en smed order om »att välla» ett järnstycke och därefter bearbeta det, menar man, att smeden skall upphetta det så högt, det tål, utan att det blir bränt och därefter smida hop det med kraftiga slag, så att i stycket befintlig slagg eller gaser (i blåsor) må utpressas, medan om man begär, att en smed skall välla hop, svetsa hop eller svetsa vid ett stycke vid ett annat, han blott behöver taga upp dessas temperatur, så att han får, vad man säger en pålitlig väll. Med en pålitlig väll menar man en så god hopsmidning eller så att säga hopknådning av de båda ytorna, att skarven blir lika eller nära lika stark som åtminstone det svagare stycket. Detta är i sin tur möjligt endast om järnmolekylerna i det ena styckets yta bringas att fullständigt häfta vid (addera till) ytmolekylerna i det andra, och detta är omöjligt, om ej de båda ytorna befrias från oxiderat järn. När styckena för hopvällningen upphettas, överdraga sig de upphettade ytorna med glödspån. Fe_3Q_4. Vid hög temperatur är denna smältbar, så att å mjukaste götjärn, som tål att upphettas ända till 1,200 och mera utan att bli bränt, behöver man blott till så hög värme upphetta styckena och att på lämpligt sätt smida hop dem. Oxiden pressas då ut ur skarven och addition uppstår. Vid välljärn får man än lättsmältare »slagg» och än lättare god väll, emedan dylikt i sig håller litet kisselsyrehaltig slagg. Ju kol-

hårdare stål man har, vid ju lägre temperatur blir det bränt, och därför får man vid växande kolhalter snart nöja sig med så låg upphettning, att järnoxidoxidulen vid densamma ej smälter. Då begagnar man sig av s. k. vällmedel, d. v. s. av att på ytorna, som skola förenas, strö ämnen, som med glödspånen bilda lättflytande, lättsmält slagg. Dylika finnas många, t. ex. sand, borax, flusspat, och starkt titanhaltig järnmalm m. fl. Hopvällbarheten såväl som smidbarheten betingas naturligtvis av att materialet i fråga vid den använda temperaturen är knådbart. Vid vällning av stål bör man åt svetsytorna först ge något kullrig form och så genom att börja smidningen å mitten av hopvällningsstället och härefter hamra ut åt sidorna pressa ut all slagg. Många andra legeringsämnen inverka ävenledes starkt på både vällbarhet och hopsvetsbarhet.

9:o. *Härdbarheten.* Med en järnsorts naturliga hårdhet menar man den hårdhet, den besitter efter ej för högt driven utglödgning och därpå följande långsam avsvalning. Med ett ståls härdningshårdhet åter den maximihårdhet det erhåller genom att efter stark upphettning mer eller mindre häftigt avkylas (i vätska eller luft). Med anlöpningshårdhet, den, som kvarstår efter härdning och därpå följande anlöpning till viss anlöpningstemperatur och med kallbearbetningshårdhet den ythårdhet, det erhåller genom att i kallt tillstånd »ythamras» eller »ytvalsas».

Då det gäller rena kolstål beror den förstnämnda, naturhårdheten, på kolhaltens storlek och växer med denna först mycket raskt upp till 0,90 % C, härefter långsammare. Härdningshårdheten, härdbarheten växer ävenledes raskt upp till 0,90 %, sedan långsammare upp till 2 %, varefter koljärnlegeringarnas naturhårdhet ungefär sammanfaller med härdningshårdheten, d. v. s. att hårdheten föga ökas genom härdning. För anlöpningshårdheten gäller ungefär samma regel. Ett kolrikare stål visar sig hårdare än ett kolfattigare om båda härdas och anlöpas vid samma temperaturer. Likaledes gäller för kallbearbetningen, att ett stål med mera kol blir hårdare i ytan än ett med mindre vid för båda lika kraftig och uthållig bearbetning.

Brinell påpekar att det således finnes trenne sätt att gå till väga för att erhålla ett lagom hårt verktyg:

1:o att välja ett lagom kolrikt stål, upphetta och härda detta.

2:o att taga ett kolrikare stål, upphetta detta till full härdningsvärme, så låta det långsamt avsvalna till en sådan temperatur, att lagom härdningskol omvandlats till karbidkol och så härda stycket eller

3:o att taga ett kolrikare stål, upphetta det till full härdningsvärme och strax härda det samt därefter lagom anlöpa detsamma, vilket senare sätt är det i praktiken allmänt använda.

Vid ljusgul anlöpning erhålles förstås det hårdaste och vid grå det mjukaste stålet, men skall man verkligen ernå den åtrådda hårdhetsgraden, måste stycket, så fort den bestämda anlöpningsfärgen visar

sig, avkylas i vatten, eljest överskrides gränsen, och det blir mjukare än avsett var.

Om stålet ej efter härdningen anlöpes, blir det sprödare och mindre hållfast, och därför är det bättre att använda ett kolrikare stål och efter härdningen anlöpa det än att taga ett kolfattigare utan anlöpning. Och likaså blir stålet svagare, om det, med den värme det har kvar efter utsmidningen, härdas, än om det först efter densamma får avsvalna något och så åter upphettas och härdas.

Härdningsvätskans temperatur har stort inflytande på härdningen och likaså dess värmeledningsförmåga, så att hårdheten växer med den senare och avtager ju varmare vätskan är. Skall därför betydande och djup hårdhet ernås, tages antingen mycket kallt och rikligt med vatten, eller ock blandas detsamma med koksalt eller svavelsyra, varförutom man även kan taga enbart svavelsyra eller än hellre kvicksilver, under det att man åter, om mindre hårdhet avses eller ett mycket kolrikt stål skall härdas, begagnar sig av mindre värmeledande vätskor såsom hästolja, tran, talg, etc. För att få bestämd härdningstemperatur upphettas ofta det föremål, som skall härdas, före härdningen uti ett bad av bestämd temperatur, t. ex. smältande bly och dylikt.

Det genom värmet utvidgade stålet kan vid den hastiga avsvalningen ej hinna att återtaga sin ursprungliga volym, och därför har härdat stål en mindre specifik vikt än ohärdat. Om t. ex. en stång härdas, får den mindre längd men större tjocklek och bredd, härdas en plåt blir den tjockare men får mindre längd och bredd, en ring mindre diameter men större tjocklek o. s. v., och om ett stål före härdningen visat en eg. vikt av 7,817, kan det efter densamma hava en av 7,793.*

Härdningens orsak: Den först av L. Rinman uppställda förklaringen om härdbarhetens orsak, att densamma skulle ligga däri, att järn smält och långsamt avkylt eller järn i väl utglödgat tillstånd skulle hålla kolet i en form, den Rinman gav namnet cementkol, under det att härdat eller ofullständigt anlöpt stål skulle hålla kol i form av härdningskol, vilken teori Rinman tyckte sig få bekräftad genom härdat och ohärdat ståls olika förhållande vid det Eggertzska kalorimetriska kolprovet — har under en lång följd av år godtagits av alla stålteknici. Förklaringen gick vidare ut på att efter skarp härdning vid hög temperatur har man i järnet allt kolet som härdningskol. När man sedan anlöper detta stål, övergår av härdningskolet allt större mängd till cementkol allt efter som anlöpningstemperaturen stiger, så att vid den temperatur, som markeras av den grå anlöpningsfärgen, i det närmaste allt kolet omvandlats i cementkol och stålet är nära nog naturhårt.

* Men beror eg. vikten efter härdningen naturligtvis både av stålets sammansättning och härdningstemperaturen.

När sedan metallograferna började sina studier uppställde de först en ny teori i saken, den s. k. karbonistiska, men som enligt Hanemann (Hütte) denna nu tyckes fått vika för en annan, behandla vi endast den senare. Denna den s. k. allotropistiska är av Osmond grundad på försöksserier av Maurers och säger i få ord.*

Härdningen beror av fyra faktorer: γ-järnet, β-järnet, deformerat α-järn och härdningskol. Dessa fyra faktorer medföra följande egenskaper: γ-järnet, ehuru i sig självt ej hårt, kan bli det genom omvandling i martensit eller genom mekanisk deformation. Är magnetiskt, men kan i blandning med α-järn få koercitivkraft. β-järn är mycket hårdare, mindre tätt än både kristalliserat och deformerat α-järn. Är omagnetiskt, men har koercitivkraft. Men härdningshårdheten kan ock tänkas orsakas av fast lösning av β- och α-järn. Deformerat α-järn är hårdare än kristalliserat sådant. Äro båda magnetiska, och det förra har koercitivkraft. Härdningskolet utgör orsaken till ökningen i det elektriska ledningsmotståndet. Anlöpningsperioderna kunna indelas på följande sätt: 1:sta perioden från vanlig temperatur — 150°. Härdningskol och elektriska motståndet avtaga raskt, hårdheten föga, remanenta magnetismen något, spänningarna upphöra, och tätheten tilltager. 2:dra perioden från 150°—300°. γ-järnet omvandlas i deformerat β- och α-järn, tätheten avtager till 250°, stiger sedan igen något. Hårdheten ökas visserligen något genom att γ-järn omvandlas till β-järn, men minskas genom att β-järn omvandlas till α-järn samtidigt. Den remanenta magnetismen stiger i austenithaltiga stålsorter, avtager i γ-järnfattiga. Elektriska motståndet övergår till det normala. 3:dje perioden från 300°—450°. β-järn omvandlas först i deformerat α-järn, detta så i kristalliserat α-järn. Hårdheten faller raskt. Tätheten tilltager. Remanenta magnetismen ökas något. 4:de perioden från 450° upp till Ac_3. Allt deformerat α-järn kristalliseras, och karbiden sammanflyter. Hårdheten blir naturhårdhet. Tätheten sjunker något. Remanenta magnetismen även.

10:o. *Brottytans utseende:* Oavsett vad mikroskopet visar, så kan man ock — såsom bekant — redan med blotta ögat, eller, om så behöves, med hjälp av en vanlig lupp, draga viktiga slutsatser av en brottytas utseende:

a. Hos det vita tackjärnet. Då den bundna kolhalten ej överstiger 3 % har tackjärnet ett *kornigt* brott, men i den mån kolhalten sedan ökas, blir det allt mera stråligt och benämnes först *flisigt* och sedan *speglande*, och tackjärnet kallas då *flisjärn* eller *spegeljärn*. Vanligen är det grovbladiga järnet även manganhaltigt, men undantag finnas, t. ex. där den kemiskt bundna kolhalten är mycket hög, eller där fosforhalten belöper sig till 2 % och mera.

b. Hos det grå tackjärnet. Till vad förut sagts om detta torde förtjäna påpekas, att *om de övriga legeringsämnena* i två tappningar

* Se Metallurgie 1909 sid. 51.

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

tackjärn ingå i lika mängder, så är *det* tackjärnet kolrikare, som visar de grövsta grafitfjällen under förutsättning även att tappningstemperatur och avkylning i båda fallen varit lika. Eljest är regeln: ju hetare järn och ju långsammare avkylning, ju grövre grafitfjäll och ju mörkare brott. Ju ljusare brottyta ett helgrått tackjärn visar, ju mindre grafit och ju mera bundet kol håller det i regel. Mera härom under rubriken: Kisel och järn. I utlandet, där man ej har så svavelrent järn som hos oss, håller sig, som vi skola se under: Svavel och järn, det grå blandat i det vita ända ned till helvitt brott och visar då alla möjliga övergångsnyanser alldeles som i vårt s. k. kanonjärn.

c. Hos stål. Numera, då vi ej längre tillverka härd- och garvstål, kan man säga, att allt väl behandlat stål visar ett finkornigt brott, finkornigare, ju högre kolhalten är; så visade ett i elektrisk ugn vid Hagfors berett rent kolstål med 3,10 % C (utsmitt) den vackraste pärlemoglänsande brottyta. På brottytans finkornighet har emellertid även utom upphettningen, som förut omtalats, behandlingssättet en stark inverkan, så att ju kraftigare man sköter nedsmidningen till mörkaste rödvärme, och ju jämnare man sedan blanksmider ned till handvärme, ju finare brott. De finaste brotten kallas »finkornigt», »sammets»-, »silkesfint» och »pärlemobrott», det sista det fingryigaste.

d. Hos götjärn och välljärn: Götjärnet visar i analogi med götstålet ett allt grovkornigare brott, ju kolfattigare det är. Välljärnet åter, som aldrig är fullkomligt slaggrent, får vid uträckning sina om varandra blandade slagg- och järnkorn uträckta i form av ytterst fina trådar. Om efter uträckningen och *kallnandet* en sådan järnstång avslås (med eller utan föregående ritsmejsling) med ett skarpt, kort hammarslag får man finkorniga brottytor. Om stången återigen avslås under hopböjning eller böjes fram och åter, tills den brister, så visa brottytorna ett tågigt brott, fintågigare, ju slaggrenare järnet är, och till ju längre grad uträckningen drivits. Finaste både »korn» och »tåg» ger vår svenska lancashire, grövre puddeljärnet. Puddelstålets brott är grövre än motsvarande fina kolstål. På brottet har emellertid, som vi skola se, fosforn stark inverkan.

Bränt stål visar alltid grovgryigt eller grovkristalliniskt brott, men finkornigheten kan, så som Brinell var den förste att visa, i många fall återställas genom tillräckligt långvarig upphettning vid c:a 900° temp. Se vidare därom under Stålgjutgods.

11:o. *Järnets hållfasthetsegenskaper.* W. Hoffstedt har häri utgivit en utmärkt lärobok: Handbok för maskinkonstruktörer, varav en del av under visade tabeller utgör utdrag, och författaren förutsätter här metallurgiens läsare hava god reda på de fysiska termer och de fysiska företeelser, som här komma i fråga.

Som bekant skiljer man i tekniken, vid tal om ett materialsstyrka, mellan de *påkänningar*, varav materialet kan åverkas, och talar därvid om de följande: Dragning, tryck, skuvning, böjning, avknäckning,

vridning eller två eller flere av dessa påkänningar tillsammans. Och man har funnit, att om ock i regel ett material, som visar sig fullt pålitligt för den ena påkänningen, ej sviker vid den andra, så är likväl ej säkert, att det ej, trots det är fullgott vid den ena, är mycket svagt vid en eller flere av de andra. Då det gäller att bedöma ett järnslags förträfflighet, så nöja vi oss i regel med att endast taga reda på, huru detsamma förhåller sig vid drag- respektive tryck-påkänning eller vid slagprov, och äro vi tämligen lugna för, att är det fullgott vid dessa båda slag av påkänningar, är det så ock vid alla andra. Endast för särskilda ändamål avsedda material prova vi även medelst böjning eller vridning. Likaledes lägga vi huvudvikten vid bedömandet av materialet vid de siffror, som angiva storleken av följande faktorer: Vid sträckningspåkänning: 1:o Brotthållfastheten uppmätt i kilogram per kvadratmillimeter, 2:o elasticitetsgränsen* i d:o, 3:o tänjbarheten uppmätt i % av provningslängden och kontraktionen uppmätt i % av den uppmätta ursprungliga genomskärningsytan. Vid slagprov fästa vi oss vid den siffra, som angiver vid vilken slagstyrka provstången avknäcktes, d. v. s. vid vilken hejarvikt och hejarfallhöjd brott uppstår.

Såsom goda exempel på huru ett fullgott svenskt material vid sträckhållfasthetsprövning bör visa sig anföres här nedan dels trenne provserier å Domnarfvets, Hofors och Gysingejärn- och stålsorter, dels siffror anförda av W. Hoffstedt.

Såsom av tabellerna IV—VI framgår stiga elasticitets- och proportionalitetsgränserna samt draghållfastheten med stigande kolhalt upp till omkring 1 % C., medan tänjbarhet och kontraktion avtaga. Likaledes finna vi av tabellerna VII—VIII att utglödgning verkar förmånligt på isynnerhet tänjbarhet och kontraktion, medan härdning höjer värdena för proportionalitetsgränsen, draghållfastheten och kontraktionen, men minskar tänjbarheten.

Segheten hos järn och stål, som vi järnmän kalla en kombination mellan förlängning och brottstyrka, är motsatsen till sprödhet. Vad vi härvid mena torde bäst framgå av nedan anförda exempel:

Martin % C		draghållfasthet kg		mm		H + 3T =
0,10	är seg, om den visar =	36	o. förlängning på	200	= 28 %	120
1,00	» » » » » =	102	» » »	»	= 6 %	120
0,10	ej så seg » » » =	36	men » blott		= 20 %	96
1,00	» » » » » » =	92	» » »		= 3 %	101

En skicklig stålprovare känner detta vid prov med handhammare och skulle om 4 sådana material avgiva just sådana domslut.

Ur Hoffstedts ovan anförda arbete torde såsom exempel på gott stålgjutgods böra anföras nedanstående tvenne fabrikat se tabell IX:

* Respektive proportionalitetsgränsen.

Tabell IV.

Domnarfvets material	Kolhalt %	Hållfasthet i kg pr mm²	Tänjbarhet pr 200 mm mätlängd i %	Kontraktion i % av sektionsarea	H + 3 . T
Sur bessemer	0,15	40,80	25,5	69,6	117
» »	0,20	40,95	23,5	67,6	112
» »	0,25	40,87	26,0	65,1	119
» »	0,30	43,38	26,0	64,7	121
» »	0,35	48,55	27,0	61,6	130
» »	0,40	52,44	24,5	55,9	126
» »	0,45	57,80	20,5	47,5	119
» »	0,50	57,32	22,0	51,2	123
» »	0,55	58,21	20,0	49,3	118
» »	0,60	62,05	22,0	42,4	128
» »	0,65	63,86	17,0	30,4	115
» »	0,70	75,36	14,0	28,0	117
» »	0,75	84,05	9,0	23,9	111
» »	0,80	92,88	9,5	20,3	121
» »	0,85	82,97	10,0	23,9	113
» »	0,90	106,93	7,0	8,0	128
» »	1,00	104,14	3,0	4,9	113
Bas. bessemer	0,15	39,03	30,1	62,4	129
» »	0,20	41,09	29,0	58,9	128
» »	0,25	43,10	28,6	54,7	129
» »	0,30	46,13	26,0	47,4	124
» »	0,35	48,90	23,5	44,2	119
» »	0,40	51,30	22,5	42,6	119
» »	0,45	54,90	19,5	39,3	113
» »	0,50	58,17	18,5	36,0	114
» »	0,55	64,50	16,5	28,7	114
Martin	0,10	36,50	28,0	73,3	121
»	0,15	39,45	28,0	76,4	123
»	0,20	39,26	25,5	68,5	116
»	0,25	40,80	27,3	61,3	123
»	0,30	41,50	29,0	49,7	129
»	0,35	48,65	24,0	54,4	121
»	0,40	51,63	24,5	48,7	125
»	0,45	57,16	22,0	35,8	123
»	0,50	56,88	20,5	39,8	118
»	0,55	58,62	18,5	36,3	114
»	0,60	63,95	16,0	39,6	112
»	0,65	68,52	17,0	36,9	120
»	0,70	70,23	15,5	48,4	117
»	0,75	78,84	13,5	28,5	119
»	0,80	79,73	15,0	26,8	125
»	0,85	91,97	10,0	26,9	122
»	0,90	92,28	8,0	20,1	116
»	0,95	101,46	6,0	8,1	120

Tabell V.

Hofors basiska martin						
Kolhalt i %	Elasticitetsgräns i kg. pr mm²	Hållfasthet i kg pr mm² *	Tänjbarhet i % på		Kontraktion i %	H + 3 . T
			100 mm mätlängd	200 mm mätlängd		
0,05	19,3	33,5	38,8	28,9	76,5	120
0,10	18,9	35,4	39,0	28,2	71,5	120
0,15	21,2	41,9	34,6	26,1	61,8	120
0,20	22,4	43,9	34,5	25,8	61,8	121
0,25	23,1	45,1	36,7	27,4	60,6	127
0,30	24,4	48,3	32,5	24,6	51,8	122
0,35	22,7	48,4	32,1	24,3	53,6	122
0,40	24,2	48,8	32,5	25,2	56,9	124
0,45	27,3	55,9	28,5	23,9	47,9	128
0,50	29,0	58,7	26,0	20,5	42,8	120
0,55	31,2	67,9	20,4	16,2	29,7	117
0,60	31,5	67,9	18,1	15,5	31,3	114
0,65	35,6	78,0	15,6	13,4	23,5	118
0,70	36,6	81,7	15,0	11,8	23,5	117
0,75	39,0	87,3	13,2	10,0	16,8	117
0,80	40,9	91,0	11,5	9,4	16,8	119
0,85	49,7	103,3	9,0	7,6	6,2	126
0,90	48,5	103,6	7,9	7,5	8,0	126
0,95	42,3	102,9	7,7	6,9	11,0	124
1,00	46,2	102,8	7,9	6,8	9,7	123
1,05	42,8	85,5	2,0	2,0	2,5	92
1,10	40,3	91,9	3,2	3,2	3,1	101
1,15	43,6	82,6	0,9	1,1	2,5	88
1,20	44,8	88,9	2,4	2,3	2,5	96
1,30	45,8	70,8	1,4	1,1	1,2	74

Hållfasthetssiffrorna för Gysinge elektrostål, sådana de visades vid utställningen i Gävle år 1901. Provstängernas diameter 20 mm

Tabell VI.

Kolhalt i %	Elasticitetsgräns i kg pr mm²	Hållfasthet i kg pr mm²	Tänjbarhet på 200 mm mätlängd i %	Kontraktion i %	H + 3 . T
0,60	43,2	79,0	14,9	30,8	124
0,70	46,1	87,3	10,0	23,9	117
0,80	39,6	81,4	13,3	27,5	121
0,90	48,0	95,6	10,2	18,5	126
1,00	61,3	105,8	7,2	11,4	127
1,20	52,6	100,0	8,3	16,1	125
1,40	56,9	105,9	6,7	7,9	126
1,60	53,6	97,4	2,5	3,7	105

* Provets diam. = 16 mm

Tabell VII.

Material			Elasticitetsgräns i kg pr mm²	Proportionalitetsgräns i kg pr mm²	Draghållfasthet i kg pr mm² H	Förlängning i % å 100 mm	Förlängning i % å 200 mm T	Kontraktion i %
Lancashire maximivärden			21,6	—	36,8	52,0	38,0	79,2
minimivärden			5,7	—	28,0	27,0	12,5	21,2
medelvärden			12,7	—	31,7	42,3	29,4	60,2
Lancashire maximivärden			—	15,8	31,4	—	34,6	—
minimivärden			—	11,8	29,4	—	28,4	—
medelvärden			—	13,8	30,5	—	32,0	—
Martin, sur, valsad och glödgad	Surahammar medelvärden							
	Kolhalt							
		0,10	—	26,0	36,0	35,0	27,8	—
		0,16	—	26,5	38,0	33,5	27,0	—
		0,21	—	28,0	41,5	30,5	23,0	—
		0,26	—	33,0	52,0	24,0	18,0	—
		0,40	—	33,0	53,0	28,0	20,5	—
		0,47	—	35,0	54,0	25,0	18,5	—
		0,60	—	—	66,0	19,0	15,0	—
		0,70	—	—	76,0	13,5	10,5	—
		0,77	—	—	83 0	9,0	7,5	—
		0,91	—	—	84,5	8,0	6,5	—
		0,98	—	—	79,0	5.5	4,5	—
		1,10	—	—	86,0	8,0	5,0	—
		1,20	—	—	78,0	13.0	11,0	—
Martin, sur, från Fagersta, olika behandlad I*	Glödgningstemp.						180 mm	
		0,84	—	31,1	87,8	—	8,7	14,7
	350°	»	—	31,8	93,4	—	9,5	14,1
	750°	»	—	33,1	86,3	—	12,7	20,6
	850°	»	—	39,7	87,6	—	14,1	26,8
	1000°	»	—	44,9	95,0	—	9,7	18,8
	1100°	»	—	40,1	98,0	—	9,2	18,2
	1200°	»	—	37,8	95,9	—	9,4	15,1
		0,39	—	22,2	60,1	—	21,3	48,0
	350°	»	—	27,6	62,0	—	22,6	46,8
	750°	»	—	25,6	58,6	—	23,3	51,2
	850°	»	—	27,8	59,3	—	25,0	49,8
	1000°	»	—	32,1	61,6	—	23,8	52,9
	1100°	»	—	23,4	64,8	—	21,2	48,6
	1200°	»	—	23,0	64,8	—	19,4	44,2

* Wahlbergs redogörelse för Brinells undersökningar: Se J. K. A. 1901. I efter valsning och avsvalning återuppglödgat och sedan långsamt avsvalnat.

Material	Glödgningstemp.	Kolhalt	Elasticitetsgräns i kg pr mm²	Proportionalitetsgräns i kg pr mm²	Draghållfasthet i kg pr mm² H	Förlängning i % å 100 mm	Förlängning i % å 180 mm T	Kontraktion i %
		0,20	—	20,2	46,0	—	25,5	55,4
	350°	»	—	24,9	45,0	—	28,6	60,3
	750°	»	—	24,2	44,4	—	30,2	60,6
	850°	»	—	21,5	44,5	—	29,1	57,2
	1000°	»	—	28,2	47,5	—	29,2	59,7
	1100°	»	—	20,6	47,2	—	30,6	61,7
	1200°	»	—	15,0	46,8	—	30,7	59,9
		0,09	—	14,8	32,7	—	26,1	73,3
	350°	»	—	17,7	32,2	—	36,0	75,0
	750°	»	—	16,7	32,9	—	34,3	73,8
	850°	»	—	14,6	33,9	—	33,8	73,6
	1000°	»	—	21,9	33,3	—	36,2	77,4
	1100°	»	—	24,0	34,4	—	38,2	75,7
	1200°	»	—	16,4	34,8	—	32,2	74,0
Samma material efter glödgning, härdning i vatten 20° och sedan anlöpning till 550°	750°	0,84	—	33,2	88,7	—	12,2	20,6
	850°	—	—	72,2	125,9	—	7,2	23,5
	1000°	—	—	64,3	113,2	—	6,4	22,0
	750°	0,39	—	23,6	58,9	—	22,0	49,6
	850°	—	—	53,9	99,6	—	10,3	57,5
	1000°	—	—	56,1	89,8	—	11,1	55,1
	750°	0,20	—	23,6	44,1	—	28,5	61,9
	850°	—	—	32,9	62,8	—	16,1	61,1
	1000°	—	—	30,5	63,2	—	15,7	65,8
	750°	0,09	—	17,7	32,5	—	34,9	76,6
	850°	—	—	21,7	35,8	—	30,9	75,0
	1000°	—	—	21,9	40,7	—	34,4	79,0
D:o, d:o men härdning i 80° varm olja och anlöpning till 550°	754°	0,84	—	35,4	86,3	—	12,3	19,6
	850°	—	—	61,1	123,4	—	7,9	28,1
	1000°	—	—	72,5	129,5	—	7,1	23,9
	750°	0,39	—	25,6	57,8	—	23,4	56,0
	850°	—	—	47,2	80,4	—	15,5	52,8
	1000°	—	—	45,0	85,2	—	11,6	50,5
	750°	0,20	—	21,3	44,0	—	29,0	60,5
	850°	—	—	24,9	54,1	—	24,2	61,1
	1000°	—	—	30,9	56,9	—	19,1	63,3
	750°	0,09	—	19,7	32,3	—	35,1	77,8
	850°	—	—	19,7	35,5	—	34,9	74,9
	1000°	—	—	29,7	37,6	—	33,3	80,1

Tabell VIII.

Material	Kolhalt i %	Proportionalitetsgräns i kg pr mm²	Draghållfasthet i kg pr mm²	Förlängning i % på 180 mm	Kontraktion i %
Martin från Fagersta:					
valsat	0,84	31,1	87,8	8,7	14,7
glödgat . . . . . medeltal	»	39,2	92,7	10,8	18,9
härdat i vatten . . . . . »	»	56,6	109,3	8,6	22,0
» » olja . . . . . »	»	56,3	113,1	9,1	23,5
valsat	0,39	22,2	60,1	21,3	48,0
glödgat . . . . . medeltal	»	26,6	61,8	32,6	48,9
härdat i vatten . . . . . »	»	44,5	82,8	14,5	54,1
» » olja . . . . . »	»	39,3	74,5	16,8	53,1
valsat	0,20	20,2	46,0	25,5	55,4
glödgat . . . . . medeltal	»	22,4	45,9	28,1	58,2
härdat i vatten . . . . . »	»	29,0	56,7	20,1	62,9
» » olja . . . . . »	»	25,7	51,7	24,1	61,7
valsat	0,09	14,8	32,7	26,1	73,3
glödgat . . . . . medeltal	»	18,5	33,6	35,1	74,9
härdat i vatten . . . . »	»	20,4	36,3	33,4	76,9
» » olja . . . . . »	»	23,0	35,1	34,4	77,6

Tabell XXVIII.

Material	Kolhalt i %	Proportionalitetsgräns i kg pr mm²	Draghållfasthet i kg pr mm²	Förlängning i % på 200 mm	Kontraktion i %	H + 3 T
Från Söderfors, glödgat . . .	0,25	19,4	44,6	20,9	39,8	107,3
oljehärdat . .	»	19,3	45,2	19,9	30,8	104,9
glödgat . . .	0,30	29,0	52,3	16,4	40,6	101,5
oljehärdat . .	»	27,0	54,5	18,7	27,0	110,6
glödgat . . .	0,60	28,1	78,3	9,9	20,9	108,0
» Surahammar, glödgat . .	0,25	25,0	44,5	18,4	—	99,7
oljehärdat . .	0,30	29,5	48,5	18,4	—	103,7
glödgat . . .	0,40	31,5	55,5	14,5	—	99,0
oljehärdat . .	0,50	33,8	61,2	11,5	—	95,7
glödgat . . .	0,60	38,5	67,5	10,2	—	98,1

Hejarprovning, som användes alldeles för litet vid smidbart järn och stål, utföres kanske lättast medelst de billiga maskinerna från Ch. Fremont, Rue de Clignoncourt 124, Paris, vari man provar bitar om 30 × 10 × 11 mm. För gjutjärn är detta provningssätt kombinerat med sträckprov allmänt i bruk och anföras här nedan dylika prov å Björneborgs utmärkta gjuttackjärn.

Gjutjärn efter omsmältning i kupolugn	Draghållfasthet	Hejarprov å 40 . 40 mm stänger 120 mm stödlängd 18 kg hejarvikt . fallhöjd i cm.
CAH N:o 1 medeltal för mycket mjukt .	23,6	47
» » 2 » » mjukt	25,5	52
» » 3 » » medelhårt . . .	26,1	53
» » 4 » » hårt	22,7	53

12:o. *Elektriska ledningsförmågan.* Denna sjunker med stigande kolhalt, men som flere av de andra legeringsämnena hava vida starkare inverkan på densamma än kolet och samma är förhållandet, då det gäller de magnetiska egenskaperna, uppskjuta vi med behandlingen av dessa elektriska såväl som magnetiska till längre fram, endast påpekande, att den permanenta magnetismen stärkes genom till viss gräns ökad kolhalt.

3:o. Kisel och järn.

a. Kvantiteten kisel, som järnet kan upptaga, är till synes obegränsad i det att i handeln utbjudes kiseljärn med en garanterad kiselhalt av 95 %. De lågprocentiga kiseltackjärnssorterna med upp till 17 % kisel tillverkas i masugn och hålla då en med kiselhaltens ökning sjunkande kolhalt, under det att de högprocentiga kiseljärnsorterna produceras i elektrisk ugn och hålla ytterst obetydligt med kol. Enligt Wüst och Petersen är sålunda den högsta kolhalt, som långsamt avkylt kiseljärn efter stelnandet kan innehålla:

Vid	1,18 % Si-halt	3,89 % C	med smälttemperatur	=	1135°
»	2,11 » » »	3,70 » »	» »	=	1185°
»	3,23 » » »	3,34 » »	» »	=	1175°
»	4,82 » » »	2,95 » »	» »	=	1195°
»	13,71 » » »	1,84 » »	» »	=	1215°
»	27,18 » » »	0,79 » »	» »	=	1235°

Jämställas dessa analyser med av Venator (i S. u. E. 8—sid. 48 och anförda, gjorda på i handeln förekommande kiseljärnsorter, ser man att rätt god bekräftelse å föregående erhålles.

82)

I masugnar beredda:

Si	C	P	S	Mn	Al	Cr	Cu	Ca	Mg
8,10	1,75	0,056	0,045	2,20	—	—	—	—	—
9,25	1,55	0,055	0,038	1,86	—	—	—	—	—
10,37	1,51	0,060	0,028	1,86	—	—	—	—	—
10,55	2,36	0,040	0,030	3,86	—	—	—	—	—
11,50	1,35	0,058	0,030	1,35	—	—	—	—	—
12,42	1,40	0,054	0,025	1,17	—	—	—	—	—
13,45	1,21	0,058	0,020	1,71	—	—	—	—	—
17,00	0,90	0,080	0,040	1,50	—	—	—	—	—

I elektriska ugnar beredda:

Si	C	P	S	Mn	Al	Cr	Cu	Ca	Mg
25,89	0,52	0,040	0,030	0,42	—	—	—	—	—
25,80	0,07	0,136	0,005	0,23	1,14	—	—	—	—
29,66	sp.	0,300	0,010	0,56	0,30	0,25	—	—	—
32,70	0,27	0,050	0,040	0,31	0,13	—	0,06	—	—
48,70	0,09	0,040	0,030	0,13	0,17	—	—	—	—
51,20	sp.	0,040	0,007	0,37	0,17	—	—	0,21	—
51,80	0,30	0,040	0,020	0,35	—	—	—	—	—
53,75	0,11	0,041	0,005	0,11	0,60	—	0,04	0,05	—
59,40	0,22	0,056	sp.	0,08	2,73	—	—	0,14	0,17
75,67	0,31	0,040	0,010	0,26	—	—	—	—	—
94,80	sp.	0,010	0,020	0,08	0,10	—	—	—	—

b. Kiselns förekomstsätt i järnet: Förr antog man, att kiseln kunde i kiseljärn förekomma alldeles som kolet på två sätt, nämligen dels såsom bunden, dels såsom mekaniskt innesluten grafitartad kisel. Nu mera säger man att den sistnämnda sorten ej förekommer, men väl tavlor i form av utkristalliserad karborundum. Guillet* säger, att kiseln kan förekomma på 4 olika sätt i järnet:

1:o i fast lösning
2:o i form av silicid med sammansättningen Fe_2Si
3:o » » » » » » Fe Si
4:o » » » » » » $Fe\,Si_2$

c. Kiselns inverkan på järnets tekniska egenskaper: I stort sett kan man med fog säga, att kiseln verkar åt samma håll som kolet, då det gäller järnets egenskaper, ehuru i vida svagare grad. Som emellertid de mera högprocentiga kiseljärnlegeringarna haft föga användning i tekniken annat än i form av tillsatsmedel till annat järn och stål, har man ej brytt sig om att på grundligare sätt utforska kiselns verkan ensamt för sig, och ehuru Guillet m. fl. gjort en del undersökningar, kan man knappast påstå, att någon fullständig ut-

* I. K. B. 1905 sid. 142.

redning föreligger. På senare tider har högprocentigt kiseljärn emellertid börjat användas till syrebeständiga tekniska kärl, och detta ger hopp om, att vi skola få mera intressanta fakta i frågan. Guillets slutsats, att endast stål med under 5 % Si äro användbara för tekniska ändamål, är nu jävad, medan man väl får tro på riktigheten av hans andra påstående, att kiselstålen ej bliva sprödare genom härdning.

Kiselns inflytande på tackjärnets egenskaper är att göra detsamma som förut sagts gråare i brottet upp till en viss kiselhalt, vilken sen gammalt anses ligga vid c:a 3 % Si. Om man i kupolugn flere gånger omsmälter ett gjutjärn, så avtager för varje omsmältning kiselhalten i detsamma, och samtidigt grafithalten, så att Gautier vid trenne omsmältningar fann*

efter	1:sta	smältningen	2,42	%	Si	— 3,39	%	C	därav 2,73	% grafit
»	2:dra	»	1,88	»	»	— 3,40	»	»	» 2,54	» »
»	3:dje	»	1,16	»	»	— 3,36	»	»	» 2,09	» »

Vid lägre kiselhalter sjunker smälttemperaturen med stigande kiselhalt, men högprocentigt kiseljärn är svårsmält. Spec. värmet ökas med stigande Si-halt. Vad järnets krympning angår, så sjunker det gråa tackjärnets krympningskoefficient med växande kiselhalt så länge grafithalten ökas, men sedan ökas den åter, och för stålgjutgods kan man säga såsom regel, att ju högre kiselhalt, ju starkare krympning. Egentliga vikten avtager med kiselhalten. Smidbarheten avtagerävenledes och detsamma är även förhållandet med vällbarheten samt i ännu högre grad med hopvällbarheten. Angående brottytans utseende hava vi redan ordat om tackjärnets; vad stålet angår, så får kiselhaltigt sådant avkylt i kokill ett stråligt kristalliniskt utseende, med synnerligt vacker blåaktig glans. Sträckhållfastheten ökas upp till 4 % Si i grafitfritt järn, och tänjbarheten sjunker.

Angående i övrigt kiselns verkan på järn har utförts en serie mycket intressanta försök, för hvilka Th. Baker år 1903 vid the Iron and Steel Institutes höstmöte redogjorde, och varom skäl torde vara här lämna en kortfattad redogörelse.

Försöksmaterialen utgjordes av Dannemora lancashirejärn och på aluminotermisk väg framställda högprocentiga kiseljärnlegeringar, vilkas analyser visade:

	Lancashire	Kiseljärnlegeringarna	
Kol	0,08 %	från 0,16 %	upp till 0,27 %
Kisel	0,026 »	» 49,38 »	» » 81,25 »
Mangan	0,165 »	» 0,29 »	» » 0,47 »
Aluminium	— »	» 1,80 »	» » 4,44 »
Kalcium	— »	» sp.	» » 1,21 »
Fosfor	0,013 »	» 0,02 »	» » 0,03 »
Svavel	sp.	—	—

* S. u. E. 1887 sid. 565

Av dessa järnsorter sammansmältes så olika kvantiteter, så att järnsorter med mycket litet kol men med upp till nära 11 % i varierande kiselhalter erhöllos, vilka götos till 44,5 mm fyrkantgöten, som därpå utvalsades till 22,2 mm rundstänger, vilket för kiselhalter till och med 7,47 % Si gick utmärkt och gåvo vackra stänger, under det vid högre kiselhalter stängerna brusto i stycken efter valsandet. Götena utmärkte sig för stark »pipebildning», vilken växte med kiselhalten och vilken borde hava förhindrats genom heta sjunkboxar å de små kokillerna. Smältpunkten visade sig vid högre kiselhalter låg, och järnet övergick mycket hastigt från smält till stelnat tillstånd.

Hållfasthetsproven utfördes å från de valsade stängerna utsvarvade provstavar, och framgår resultaten av tabell X här nedan, där det synes, att materialets hållfasthet växer upp till 4,026 % Si och sedan föga avtager för växande kiselhalt upp till 4,885 %, under det att tänjbarheten för de vid 950° glödgade proven ej synnerligen avtager, förr än kiselhalten överskrider 2 %. 1000° temperatur tyckes för alla legeringarna hava varit för hög glödningstemperatur, och som glödgningen vid 950° pågick hela 40 timmar, kan fråga vara, om ej därunder även inträdde oförmånlig kristallbildning i materialet, isynnerhet vid de kiselrikare sorterna. Av allt framgår emellertid, att kolfritt kiseljärn är ett material, som är värt mycken uppmärksamhet, ehuru det bör framställas svavelrenare än det här företedda är. För en del elektriska ändamål torde det kunna få stor användning.

Angående siffrorna i denna tabell är vidare att bemärka, att endast värden för de bästa proven av varje järnsort medtagits.

Hårdheten ökas något, ehuru så obetydligt, att 18 %-igt kiseljärn ännu kan mejslas, och sprödheten ökas ock ehuru långsamt med ökad kiselhalt.

Kiselns inverkan på svavlet i tackjärn och stål är rätt egendomlig, i det att en betydligare kiselhalt verkar svavelrenande. Så har man länge vetat, att ett vitt beslag, som uppstår på ytan vid vissa gjutjärnsorter, orsakas av att vid dessas stelnande en gas bestående av kiselsvavla avgives, vilken av luftens syre omvandlas i svavelsyrlighet och kiselsyra. Ibland kan detta gasavlämnande ske så häftigt, att kiselsyran bildar stora blad, så som t. ex. var fallet vid »kanontackjärnsblåsning» en gång vid Uttersbergs masugn, där kvadratcentimeters och större blad bildades. Kanontackjärnet skall som bekant vara svavelhaltigt, se längre fram.

Kiseln minskar elektriska ledningsförmågan men ökar hos järn och stål den ögonblickliga magnetiserbarheten, d. v. s. höjer permeabiliteten och sänker koercitivkraften. (Se under specialstål.)

Kiselhalter kunna i stål inkomma på tre olika sätt, nämligen antingen så:

1:o att tackjärnet eller smältchargen är från början för kiselrik och att då antingen till följd just därav (vid bessemer) eller ock till

Tabell X.

Provets nummer	Analysen å provet							Hållfasthetsprov å stång efter:								
								Utvalsandet			glödgning vid 1000°			glödgning vid 950°		
	C %	Si %	Mn %	Al %	S %	P %	Fe %	Hållfasthet per mm² i kg	Tänjbarhet på 50,8 mm mätlängd i %	Kontraktion i %	Hållfasthet per mm² i kg	Tänjbarhet på 50,8 mm mätlängd i %	Kontraktion i %	Hållfasthet per mm² i kg	Tänjbarhet på 50,8 mm mätlängd i %	Kontraktion i %
691	0,044	0,024	0,036	0,010	0,030	0,014	99,842	39,0	43,0	68,0	35,2	43,5	67,7	34,0	50,0	68,9
728	0,038	1,020	0,079	0,016	0,038	0,019	98,790	47,9	37,5	65 6	47,5	35,5	67,0	43,8	41,5	77,1
722	0,039	2 125	0,040	0,048	0,029	0,020	97,689	54,9	28,5	44,4	50,1	25,5	31,4	46 8	40,0	66,1
745	0,038	2 903	0 061	0,069	0,041	0,018	96,870	58,2	30,0	52,7	50,0	5,5	5,2	53,2	35,5	60,6
731	0,038	4,026	0,062	0,091	0,033	0,018	95,733	67,3	0,0	0,0	56,7	0,0	0,0	67,5	3,0	4,0
723	0,040	4,885	0,072	0,141	0,027	0,021	94,814	65,9	0,0	0,0	56,4	0,0	0,0	64,2	0 0	0,0
730	0,038	5,998	0,061	0 098	0,032	0,020	93,753	33 1	0,0	0,0	25,5	0,0	0,0	41,8	0,0	0,0
782	—	7,470	0,210	0,050	0,011	0,019	—	40,7	0,0	0,0	37,2	0,0	0,0	32,6	0,0	0,0
749	0,030	7,952	0,046	—	0 025	0,030	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
729	0,036	10,955	0,122	—	0,025	0,044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

följd av dålig skötsel (vid martin) hettan i badet hela chargen igenom är så hög, att en del kisel ej får tillfälle oxideras utan blir kvar i slutprodukten.

2:o att smältningen skötes olämpligt på så sätt, att vid degelstålsberedning och sur martin ugnsrummet tillföres för mycket värme, så att smältbadet blir överhettat, då det kolhaltiga järnet utreducerar kisel ur de av silikater eller fri kiselsyra (kvarts) bestående deglarna och ugnsväggarna, samt

3:o att hettan under smältningen hålles vid lagom höjd, men stålet strax före tappningen tätgöres med kisel.

Angående kiselns verkan på stål och götjärn äro meningarna mycket delade även vid stålverken, men därom äro dock de svenska stålverksingenjörerna eniga, att de två förstnämnda sätten att inskaffa kisel i stålet orsaka ett i alla avseenden underhaltigt material, dock att märka med en viss reservation för degelstålet, där man med viss sammansättning på degelmassan även utan överupphettning kan få in tillräcklig kiselhalt i stålet ur degelväggarna.

Likaså äro vi eniga om, att kisel är till skada i mjukt götjärn avsett för vanliga behov, och att *om dylikt måste* tätgöras, detta bör ske genom aluminiumtillsättning. För vissa elektriska ändamål åter är mjukt götjärn med kisel bra. Se längre fram.

Men då det gäller härdbart stål, säga en del ingenjörer, att även detsamma blir segast och bäst, om det ej håller någon kisel alls, medan andra med samma bestämdhet påstå, att *lagom* kiselhalt, införd i enlighet med mom. 3, utgör ett givet förbättringsmedel för sådant stål. De förra stå kvar på den gamla engelska ståndpunkten och betrakta kiseln såsom en mycket farlig fiende till svenskt järns och ståls »body», men hava hittills ej visat några sifferbevis för sin sats, medan från andra hållet framförts många dylika.

Så t. ex. har man visat svenskt degelstål, som med nedannämnda gränsvärden kunnat härdas i kallt vatten utan härdbrakor och givit utmärkta redskap med:

C	från	1,25 %	till	1,50 %
Si	»	0,165 »	»	1,003 »
Mn	»	0,10 »	»	0,30 »
P	»	0,009 »	»	0,01 »
S		sp.		sp.

Medan från ett Dannemoramartinverk anförts, att dess verktygsstål visat sig i alla avseenden förbättras genom en kiseltillsättning av 0,2 % Si, och att, om fosforhalten hölls under 0,02 %, kunde kiselhalten utan olägenhet få stiga till 0,3 à 0,4 % Si, och att först med fosforhalter av över 0,02 % kiseltillsättningarna medförde benägenhet för härdbrakor.

Rättast i sitt omdöme torde A. Brinell hava, som säger, att kisel i stål genom den lätthet, varmed den oxideras, *kan* medföra skada, d. v. s. minska vällbarheten, genom att den ökar glödspånens vidhäftande, varförutom den gör stålet något mera svårarbetat i såväl varmt som kallt tillstånd, men att den ej allenast under stålets tillverkning utan även i den färdiga produkten gör så stora tjänster, att den *rätt* använd gör mera nytta än skada.

Samma framstående fackman förklarar även, att av några försök, han anställt, synts framgå, att vid slagprov ohärdat kiselhaltigt stål skulle vara starkare än kiselfritt och vid sträckprov starkare och mera elastiskt, men något mindre tänjbart än det senare. Härdat åter skulle det kiselrika stålet vara mera känsligt för stötar — isynnerhet i stark köld.

Såsom tillsatsmedel för stål och gjutjärn användes nästan alltid kiseljärn, å vars sammansättning ovan givits exempel, men även karborundum har oaktat sitt högre pris försökts. Detta är som bekant sammansatt enligt formeln Si C och beredes i elektriska ugnar genom nedsmältande av beskickning bestående av koks, kvartssand och koksalt. Venator angiver dess vanliga analys till:

Si	62	till	69 %
C	35	»	29 %
Fe + Mn	0,2	»	3 %
Ca O	0,19 %		
Mg O	0,06 %		
O	0,60 %		

Samme författare angiver såsom karborundumens viktigaste egenskap att den är fri från såväl fosfor som svavel. Det kristalliniska är renast och bäst. Skall karborundum användas, måste stålet vara skarpt överhettat, eljest löser sig det förra ej. Tillsättes i skänken i små pappersstrutar.

Högprocentigt kiseljärn förordas såsom reduktionsmedel för andra ämnen (se S. u. E. 8 — sid. 356). Bisset skriver (Iron Age 1910 sid. 442) att specialstål med mycket kisel och liten kolhalt har hårt ståls hållfasthet och mjukt ståls seghet och tänjbarhet.

4:o. Fosfor och järn.

a. ***Kvantiteten fosfor, som järnet kan upptaga.*** I alla järnmalmer finnes fosfor ehuru i en del svenska endast i mycket obetydlig grad. I våra bergmalmer finnes den i form av apatit $3(3CaO \cdot P_2O_5) + CaFl_2$ i våra sjö- och myrmalmer åter mest som vivianit $3FeO \cdot P_2O_5 + 8H_2O$, men även våra kol och den kalksten, vi använda som beskickningsmedel, hålla fosfor. I vår vanliga masugnsprocess ingår i järnet vid

reduktionen hela den uppsatta fosformängden, såvida ej temperaturen är låg och slaggen samtidigt basisk, ty då kan rätt mycket fosfor stanna i den senare. Vid de gamla »direkta processerna», där ugnstemperaturen alltid var mycket låg och slaggen basisk och järnrik, stannade åter fosforn till allra största delen kvar i den senare.

Att våra malmer voro betydligt växlande i såväl järnhalt som fosforhalt var sedan länge bekant, men att även våra träkol voro av växlande godhet i detta avseende, fingo vi först på senare tider lära känna, tack vare de undersökningar R. Åkerman däröver anställt och till följd av vilka undersökningars resultat tillverkningen av finaste fosforrena svenska tackjärn kunnat i hög grad förstoras.

Vad de svenska järnmalmerna angå, så kan såsom exempel på deras variationer i järn- och fosforhalt anföras nedanstående exempel från järngruvorna i trenne län.*

Tabell XI.

Analyserna från gruvorna i:	Samtliga malmers				Enskilda gruvor visa			
	Medeltalen erhållna av analyser från antal gruvor	Medelhalt av Fe i %	Medelhalt av P i %	Tackjärn skulle för dessa medelhalter komma att från malmen upptaga:	Maximihalt Fe i %	Minimihalt Fe i %	Maximihalt P i %	Minimihalt P i %
Norrbottens län	11	63,45	0,384	0,575	71,30	47,70	1,62	0,04
Gävleborgs »	33	55,12	0,012	0,021	56,86	34,70	0,026	0,002
Uppsala »	55	48,87	0,008	0,016	65,94	36,14	0,033	0,001

Av denna tabell, som utom medeltalssiffrorna visar även från varje län en gruva med högsta och en annan med minsta halt av järn, och likaså en med högsta och en med minsta fosforhalterna, synes, att variationerna äro så ansenliga, att urvalet av malm måste göras omsorgsfullt, för att finaste exporttackjärn skall kunna framställas, även om man har tillgång till kol, som äro relativt fosforrena.

Av vilka kol man har anledning vänta minsta och av vilka högsta fosfortillskotten framgår åter av Åkermans undersökningar och den redogörelse om dessa som lämnats** och varur anföras följande viktiga punkter:

1:o. Den större eller mindre hastighet, varmed kolningen sker, inverkar ej på kolens fosforhalt.

2:o. Sammansättningen av trädslagens aska är ganska varierande först och främst mellan sådan från ved och bark, så ock mellan kärn-

* Analyserna tagna från: Sur l'état actuel de l'Industrie du Fer en Suède av R. Åkerman och Analyser å järnmalmer av A. Tamm.

** Se J. K. A., 88, sid. 261 o. f.

vedens och ytvedens och slutligen mellan olika trädslags såsom av tall, gran, björk o. s. v. En överensstämmelse finnes dock, och den består i att summa alkali + kalk + talk är nära nog konstant eller omkring 61 % av askans vikt för kärnved, ytved och bark, vare sig av tall, gran eller björk, medan egendomligt är, att kiselsyrehalten är större i ytveden, än både i kärnveden och i barken.

Tabell XII.

Ämne	Barrvedens kärnved	Barrvedens ytved	Barrvedens bark	Björkved
Askhalt av ved med 20 % H_2O	0,18 %	0,18 %	2,22 %	0,22 %
	Askans analys i %			
$K_2O + Na_2O$	13,78	19,33	7,43	18,59
CaO	39,76	35,26	48,75	30,75
MgO	9,34	6,73	5,06	10,33
MnO_2	4,74	3,93	3,18	3,51
Fe_2O_3	1,71	2,44	0,81	0,85
Al_2O_3	2,00	1,92	6,97	3,40
SiO_2	1,69	2,23	1,60	1,96
SO_3	3,41	3,88	1,83	3,90
P_2O_5	0,66	4,27	4,08	5,12
CO_2	21,85	19,00	18,80	21,30
Summa	98,94	98,99	98,51	99,71

3:o. Trädslagets inflytande på kolens ask- och fosforhalter samt fosforhalten i trädets olika delar visas i nedanstående tabell, där kolet beräknats bliva 20 viktprocent av ved med 20 % hygroskopiskt vatten.

Tabell XIII.

Träslag	Stamved			Kvistved			Bark		
	Aska i % av ved med 20 % hygr. vatten	Askans fosforhalt i %	Kolens fosforhalt i %	Aska i % av ved med 20 % hygr. vatten	Askans fosforhalt i %	Kolens fosforhalt i %	Aska i % av bark med 20 % hygr. vatten	Askans fosforhalt i %	Kolets fosforhalt i %
Tall	0,19	1,039	0,010	0,50	1,813	0,045	1,38	1,833	0,118
Gran	0,26	0,667	0,009	1,22	0,758	0,046	3,41	0,831	0,139
Björk	0,28	2,608	0,038	1,26	2,019	0,127	1,94	1,412	0,123
Al	0,44	2,144	0,047	1,25	1,828	0,114	5,00	0,467	0,114
Asp	0,46	1,926	0,042	1,82	1,287	0,117	3,55	0,850	0,160

Varmed visas att grankol och tallkol av stamved kunna i stort sett sägas lämna lika fosforfria träkol, att björkveden lämnar c:a 4 gr. fosforrikare kol än barrveden, att kol av trädslagens kvistved äro

mycket fosforhaltigare, än de av stamveden (barrträdens 4,5 gång) och att kolet av barken vid tall håller nära 12 och vid gran 15 gånger så mycket fosfor, som stamvedens kol.

4:o. Växtortens inflytande kan vara så stort, att t. ex. björk vuxen vid Söderfors höll i veden 0,37 % och i barken 2,48 % aska » » Ljusne » » » 0,20 » » » » 1,40 » » medan fosforhalterna i askan även voro större både för björk och gran från Söderfors än i askan av samma trädslag från Ljusne.

5:o. Årstidens inverkan tyckes vara obetydlig utom för granen, där kolen med samma askhalt hålla, egendomligt nog, vid pass dubbelt så mycket fosfor, när veden fällts under vintern, emot om den blivit fälld under sommaren.

6:o. Ålderns inverkan tyckes vara, att barken hos äldre träd är fosforfattigare än den hos yngre, och sålunda komma kol av gallringsved, som dessutom av ekonomiska skäl ej kan barkas, att vara betydligt fosforhaltigare än kol av grövre skog.

7:o. Fosforhalten är i tallens ytved 4 och i granens 5 gånger större än i kärnveden, varigenom sågverkskolen dels till följd därav, dels ock av att de beredas av flottad ved bliva mycket fosforfriare än skogskolen.

8:o. Flottningens verkan härvid är så stor, att ytvedskol från sågverken kunna vara fosforfriare än kärnvedskol.

9:o. Torrfurukol äro synnerligen fosforfria.

Man kan av dessa Åkermans undersökningar i avseende på tillverkningen av finaste exporttackjärn draga följande slutsatser: först naturligtvis, att då fosforhalten hos kolen alltid är avsevärd, man bör för sagda järn utvälja de fosforfriaste malmerna och noga tillse, att de extra slaggbildande medlen, som tillsättas (kalksten eller sand), ej hålla mera fosfor än spår.

Sedan måste man tillse att inga björkkol eller kol av gallringsved få uppsättas, utan att i hyttan användas uteslutande kol av torrfuru eller ock sågverkskol av i barkat skick flottat virke.

Såsom gott exempel på huru olika fosforhalterna hos kol, använda vid samma verk, kunna vara, kan även anföras en uppgift som benäget lämnats bergsskolan från Domnarvet, nämligen att kol, som där tillverkats av olika virke, hålla i medeltal: milkolen 0,01 % P, ribbkolen 0,008 % P och kol av flottad torrfuru 0,005 % P.

Hanemann säger i »Hütte», att i fast järn kan fosfor upptagas till 1,7 %, i flytande åter är den löslig i obegränsade mängder, men torde det senare dock kunna sättas i fråga.

För vissa tekniska behov framställer man numera fosforjärn dels i masugn, dels i elektriska ugnar, och anföras här nedan några analyser å sådana järnsorter (S. u. E. 1908 sid. 259 o. 919).

	P	C	Mn	Si	S
Fosforjärn framställt i masugn					
» » » »	15,71	0,27	5,90	0,84	0,16
» » » »	17,23	1,14	0,76	1,46	?
» » » »	17,85	0,31	2,80	0,50	0,33
» » » »	20,50	0,30	3,00	0,50	0,16
» » » »	25,56	1,20	0,64	1,80	?
» » » » el. ugn* .	17,50	0,27	5,75	5,40	?
» » » » » » * .	24,50	0,03	0,10	2,47	0,08
» » » » » » * .	17,50	0,27	5,75	0,42	?
Fosformangan » » »	25,00	2,00	65,00	1,00	—

Dessa legeringar användas dels vid tunnplåtsfabrikation, där i mjukaste martinjärn fosforn ger detta dels en viss styrka, dels gör det lättvällt och hindrar blecken att fästa hop vid knippvalsningen, dels användes det vid thomasbessemer för temperaturökning i badet och fosforsyreökning i slaggen.

b. Fosforns förekomstsätt i järnet anses vara antingen såsom Fe_3P (med 15,58 % P) eller som Fe_2P (med 21,68 % P) och rena fosforjärnlegeringar anses ej uppvisa några allotropiska modifikationer (Hütte).

c. Fosforns inverkan på järnets tekniska egenskaper.

Fosforn minskar järnets förmåga att vid stelnandet hålla kvar kolet såsom kemiskt bundet säger Wüst, som anger följande förhållanden mellan kol och fosfor i järn:

Fosfor	0,02	0,07	0,28	0,88	2,34	3,27	4,61	5,80	6,55	8,17	11,72	13,90	21,56
Kol	4,27	4,22	4,04	3,98	3,34	3,29	2,41	2,25	2,14	1,89	1,36	0,80	0,28

Vid tackjärn. Hanemann säger, att fosforhalter under 2,5 % P ej hava någon inverkan på grafitbildningen, medan högre halter skulle befordra densamma. Detta strider emellertid emot de rön, som gjorts i Sverige av Wiborgh och av N. Kjellberg, och varvid då fosforrikt tackjärn blåsts i masugn av manganrena malmer sorterna med högre fosforhalt än 4 % blevo helvita i brottet. N. Kjellberg, som utförde de fullständigaste försöken, blåste 4 st. olika fosforrika beskickningar, var och en med dels hårdsatt, dels nödsatt gång och med dels basisk, dels sur slaggsammansättning samt drog ur de erhållna resultaten följande viktiga slutsatser.

1:o. Då malmens fosforhalt icke överstiger omkring 1¼ % inverka varken små variationer i blästertemperaturen eller slaggens silikatgrad märkbart på fosforsyrans reduktion, utan ingår största delen av beskickningens fosfor i järnet eller:

i tackjärnet	90 à 95 %
» slaggen	10 à 5 %

2:o. Då malmens fosforhalt överstiger 1¼ % synes en tydligare fördelning av densamma på järn och slagg begynna, och fosforns för-

* Från G. G. Blackwell, Sons & C:o Ltd, Liverpool.

slaggning växer med malmens fosforhalt. Såväl ugnstemperaturen som slaggens surhetsgrad börjar väsentligt inverka på fosforsyrans reduktion och detta starkare ju högre malmens fosforhalt är. Vid fosforhalter intill 3,6 % ingår dock den större delen under alla omständigheter i järnet och den mindre i slaggen. Genom hög malmning och basisk beskickning kan sålunda vid en fosforhalt hos malmen av $2^1/_2$—$3^1/_2$ % 40 à 50 % av hela halten förslaggas. Medelst hög temperatur i ugnen och sur slagg kan å andra sidan indrivas 95 % av fosforn i tackjärnet.

3:o. Något förflyktigande av fosforn tyckes ej äga rum, åtminstone vid blästertemperaturer under 225°, om malmens fosforhalt ej överstiger 3,6 %.

4:o. Tackjärnets kolhalt minskas med växande fosforhalt, dock ej förrän fosforhalten kommit upp till c:a 3 %. De fosforrikaste tackjärnssorterna voro helvita i brottet med spegeljärnsytor.

5:o. Tackjärnets kiselhalt minskas även med växande fosforhalt, så att då den senare kommit upp till 4 % höll tackjärnet föga mera kisel än vanligt stål gör, och då kan kiselhalten bringas upp till ett par tiondels % endast genom sur slagg och starkt nödsatt gång.

Malmens järn %	Malmens fosfor %	Gången i masugnen	Slagg	Tackjärnets halt av		
				Kisel %	Kol %	Fosfor %
60	0,2	hårdsatt	basisk	0,14	4,16	0,46
			sur	0,68	3,65	0,69
		nödsatt	basisk	0,70	3,60	0,50
			sur	1,14	3,68	0,33
69	0,7	hårdsatt	basisk	0,05	4,12	0,98
			sur	0,27	3,36	0,96
		nödsatt	basisk	0,02	3,40	0,88
			sur	1,00	3,34	1,05
65	1,2	hårdsatt	basisk	0,02	3,30	1,90
			sur	0,40	3,56	1,78
		nödsatt	basisk	0,26	3,65	1,86
			sur	0,97	3,70	1,71
58	2,6	hårdsatt	basisk	0,02	2,49	3,51
			sur	0,02	2,40	3,45
		starkt nödsatt	basisk	0,14	2,72	3,95
			sur	1,20	2,56	4,50
51	3,6	hårdsatt	basisk	0,01	2,38	3,97
			sur	0,01	1,98	5,49
		starkt nödsatt	basisk	0,03	2,36	6,19
			sur	0,17	2,20	7,05

Fosfor ökar ett tackjärns tunnflutenhet, men ökar även dess sprödhet, ehuru tackjärnets sträckhållfasthet något växer med fosforhaltens ökande. Denna fosforns inverkan på tackjärnets egenskaper gör, att man vid gjuteriskötseln använder sig av de fosforrikare gjutjärnssorterna, när det gäller åstadkomma gods av tunnare väggtjocklek och ävenså vid gjutning av s. k. konstgjute, där det gäller att få fram finare teckningar och skarpa detaljer. Men till starkaste maskingjute åter tager man fosforfriare järnsorter, t. ex. s. k. svenskt kanonjärn. Som emellertid fosfor och bundet kol verka åt samma håll, då det gäller gjutjärnets egenskaper, samt dessutom förstärka varandras verkan, så är det en allmän regel, att ju mindre del av tackjärnets kol, som förekommer såsom bundet och ju större del som grafit, d. v. s. ju gråare järnet efter gjutningen utfaller, ju större fosforhalt tål det hålla utan att bliva för sprött. Och som ökning i kiselhalten åstadkommer ökning i grafithalten kan man således säga att kiseln motverkar fosforns dåliga inflytande, fastän var för sig verkar till ökad hårdhet och ökad sprödhet. En härmed sammanhängande faktor vid fosforns inverkan på gjutjärn är gjutets hastigare eller långsammare stelnande, ty hastigare stelnande motverkar grafitbildningen, och därför får man ej till s. k. kokillhärdat gjutgods taga mera fosforhaltigt tackjärn, så vida den kokillhärdade färdiggjutna pjäsen sedan skall komma att utsättas för ojämna spänningar, stötar o. d. Starkt gjutgods får ej hålla över 0,40 % P, byggnadsgjute och för svårare påkänningar ej utsatt gods upp till 1 % P. För övrigt rättas alla tackjärnssorter, som ej avses för gjutgodstillverkning utan skola nedfärskas till smidbart stål och järn, dels efter färskningsprocessen, dels ock efter den stål- och järnkvalitet, man vill framställa, och kan såsom ungefärliga värden anföras:

Tackjärn med fosforhalt mindre än 0,010 % till finaste vallonjärn samt finaste bränn- och degelstål.

Tackjärn med fosforhalt mellan 0,010—0,015 % till vallon och lancashire och tackjärn för degelstål.

» » » » 0,015—0,020 » 1:ma 1:ma exportjärn, bessemer- och martinverktygsstål.

» » » » 0,020—0,025 » 1:ma exportjärn, 1:ma lancashire, 1:ma medelmjuka bessemer och martin.

» » » » 0,025—0,035 » 2:da exportjärn, 1:ma lancashire, 1:ma aduceringstackjärn, järn för 1:ma mjuk bessemer och martin.

» » » » 0,035 % och över lättväldare lancashire, basisk martin och mera lättflutet aduceringsjärn.

» » » » 1,500 och 2,500 % för basisk bessemer.

Vid stål och smidesjärn. Så fort som osmundugnarna kommit till den utvecklingen, att i desamma reduktionen blev så fullständig, att stålartat järn erhölls med *järnfattig slagg*, så kommo våra förfäder underfund med att endast en del av detta stål blev segt och gott, medan en annan del visade sig sprött i kallt tillstånd, samtidigt som det mjuka smidesjärnet blev fullt användbart även av sådana malmer, som ej dugde till stål, och så uppkom under medeltiden bruket att skilja på järngruvor och stålgruvor, och i de gamla skrifterna talas om »Vestra bergets (Lerbäcks bergslags) stålgruva», »Vångabergs stålgruva vid Glan», »Lindesbergs stålgruva» o. s. v. När så masugnarna och färsksmidet infördes, framträdde detta faktum än tydligare, och man började tala om »kallbräckta malmer». Långt förut hade man talat om »rödbräckta malmer», och orsaken till rödbräckan — skörheten i rödvärme — hade man genast funnit den i malmen insprängda svavelkisen vara, vilken man snart nog lärde sig neutralisera genom rostning och kalkstensuppsättning. Orsaken till kallbräckan åter fann man ej så snart, nej, Sven Rinman skriver ännu i sitt bergverkslexikon år 1788 något tveksamt om huruvida herrar Meyer och Klaproth kunna ha rätt i att kallbräckan uppkommer av »fosforisk syra» eller Bergman, som skyller den på en ny metall Siderum. Rinman anför bland annat ock, att dalkarlar och smålänningar sen mer än 200 år förut vetat att sjö- och myrmalmer, som på masugn ge kallbräckt tackjärn, åter nedsmälta i mycket låga blästerugnar till mjuka färskor, ge segt och gott smidesjärn, och omtalar han, att t. o. m. den odugliga Grängesbergs sjustjärnemalmen smält på »lågugn» ger segt järn, »men», tillägger han, »som vårt rike är välsignat med tillräckliga goda malmer, och en liten del kallbräckt järn även kan hava sin nytta, så lönar föga mödan att tänka på dess förbättring». Det kallbräckta tackjärnet anbefaller han till gjutgods för kulor och granater, kaminer, ornamentsgjute och kokkärl, det sista emedan maten ej då blir svart. Hans kännetecken på kallbräckt smidesjärn gälla än i dag och anföras dels därför, dels ock såsom bevis på de gamla svenska bergsmännens iakttagelseförmåga.

Kallbräckt kallas det stångjärn, som, uti grövre eller finare form uträckt, har följande egenskaper: a) Kallt eller handvarmt brister snart såväl vid brytning som vid mer eller mindre starka slag av hammare, eller emot städ slaget och det med ett dumt ljud och tvärt brott. b) Visar uti brottet gnistrande och skimrande mångkantiga korn, som äro grovast uti det mest kallbräckta, med vit färg utan att skela uti blått eller gult. c) Uti alla grader av glödgningshetta ifrån vit varmvällningshetta till brunröd färg, kan det smidas, vridas och vikas, huru man behagar, utan att brakna eller brista ända tills inemot att det kan hållas uti handen. d) Under glödgningshetta är det mjukare emot hammare och andra verktyg än annat järn. Bliver ock vanligen mera jämnt och slätt, samt giver därvid ingen lukt av arsenik

eller annan mineral. e) Uppglödgat och avsläckt uti vatten tager det alldeles ingen härdning, men får därigenom grövre korn än om det långsamt avkyles. f) Kan ej förbättras genom mycken vällning, garvning eller smidning utan bliver därav mera skört och grovgnistrigt. g) Uti spec. tyngd något drygare än segt järn. h) Antager sent och svagt den magnetiska kraften. i) Angripes icke lätteligen av rost uti fria luften. k) Kännes hårt emot fil och ger grynig filspån men skadar ej filen. l) Tager lindrig sätshärdning och fin polityr, men duger ej till stål. m) Blir ej segt genom aducering. n) Uti försvagat skedvatten (salpetersyra) etsat eller betat blir det vitt och blankt med skyggande och skimrande korn, nästan lika som i brottet. o) Löses i alla syror häftigt men till mindre mängd än annat järn. p) Det kallbräckta järnet smälter med mindre hetta än det sega.

Som Rinman säger visar sig kallbräckan redan vid temperaturer något över »handvärmen», men därtill bör läggas, att skörheten växer med sjunkande temperatur, och att i stark kyla mjukt järn med endast 0,06 % fosfor visar tydlig kallbräcka. Det gnistrande, skimrande brottet är utmärkt beskrivet, men kan tilläggas, att vid de sedan Rinmans tid tillkomna nya beredningssätten kan detta ännu tydligare studeras, isynnerhet vid basisk bessemer och vid med mycket basiskt material arbetande basisk martin. Man finner vid dem, att medan vid det fosforhaltiga götjärnet det kolfriaste järnet visar det grovgnistrigaste brottet, så visar vid de fosforrika sorterna relativt kolrika järn detta och kan vid dem ofta nog erhållas »kristallytor» av ända till 1 cm^2 area. Allt efter som götjärnet så i dessa processer mer och mer befrias från fosforöverskottet, minskas kristallytorna ned till det vanliga mjuka götjärnets, och deras färg övergår från vit till »stålblå». Att kallbräckt järn och stål är i värme mjukare att smida, pressa och valsa än eldvekt gäller såväl för göt- som vällmetall av alla hårdhetsgrader och mera lättvällt är det även samt även mera hopsvetsbart. Fosforrik lancashire är därför omtyckt till allt smide, där hårt stål skall vidsvetsas. Rinmans yttrande om spec. vikten gäller hans tids järn och stål, vällmetallen, och är rätt, emedan det kallbräckta järnets slagg såsom fosforrikare är lättfluten och därför lättare låter sig inpressas vid smidningen än det andras. Härav beror ock, att det tager fin polityr. Götjärn och götstål äro känsligare för fosfor än välljärn och vällstål av samma kolhalter, och det beror på att de senare äro genomdragna med fina slaggtrådar som hindra bildandet av större korn i massan. Ju kolhårdare smidbart järn är, ju starkare verkar till kristallisation och kallbräcka samma fosforhalt, såsom förut antytts. På härdbarheten inverka de vanligen förekommande fosforhalterna föga. Mycket kolfattigt fosforrikt järn »flyter» som man säger vid kallpressning, och denna egenskap använder man sig av t. ex. vid fabrikation av kallpressade muttrar.

5:o. Svavel och järn.

a. Kvantiteten svavel, som kan av järn upptagas beror till stor del på de andra i järnet förekommande legeringsämnena. Enligt Hütte har det lyckats Ziegler att åstadkomma alla mellangrader mellan rent järn och svavelkis (FeS_2 med 53 1/3 % S) genom att upplösa mjuk järntråd i smält svavel, och som svavelkisen i sin ordning troligen är löslig i svavel, torde man kunna säga att svavel och järn kunna förena sig i vilka proportioner som helst. I praktiken emellertid arbeta vi ej med *åstadkommande* av högre svavelbildningsgrad än svaveljärnets (FeS med 36,36 % S) och inom järnhanteringen endast med som högst några tiondels %.

Kiselfritt tackjärn åter (s. k. tvättat) upptager vid en kolhalt av 3,5 % kol endast knappa 4 % svavel, medan tackjärn med 3,18 % kol och 0,28 % kisel upptager 3,23 % svavel, varefter, om sedan kiselhalten stegras, vid en sammansättning av Fe_2Si = 20 %-igt kiseljärn detsamma ej upptager något svavel alls.

b. Svavlets förekomstsätt i järnet. I mjukaste manganfritt smidesjärn förekommer svavlet såsom Fe S och enligt Stead, Le Chatelier och Fischer (S. u. E. 1908 sid. 1431) låta svaveljärn och rent järn i smält tillstånd blanda sig i vilka förhållanden som helst. När blandningen så får stelna, så utkristalliseras ur densamma först det rena järnet.

Stead säger vidare, att det i det kallnade järnet som knutar inmängda svaveljärnet i närheten av 1000° smälter och därvid i sig löser en del omgivande järn, varigenom relativt stora mängder flytande legering uppstår, som upphäver sammanhanget mellan järnkristallerna och åstadkommer rödbräcka. Enligt Treitsche och Tammann åter (Hütte sid. 59 och 99) blandar sig ej järn och svaveljärn i flytande form fullständigt utan liknar blandningen mera en emulsion ur vilken vid stelnandet blandningskristaller av Fe och Fe S avsätta sig. Nu skulle enligt dessa herrar Steads förklaring gälla endast för järn med mera än 2 % S, under det att vid svavelrenare järn rödbräckan skulle orsakas av blandningskristallernas sprödhet vid rödvärme (de skulle vid 770° sönderfalla i Fe och Fe S).

c. Svavlets inverkan på järnets tekniska egenskaper:

På tackjärnets egenskaper: De flesta järnmalmer hålla svavel ehuru i mycket olika mängd, så att för att tala om de svenska, så uppvisar Järnkontorets »Analyser å Svenska järnmalmer» halter varierande mellan spår och 1,95 % S. Såsom regel kan man dock säga, att de svenska malmer, som hålla 0,1 % svavel och därutöver utgöra undantagen i bergslagerna — Dannemora bergslag undantagen. I förutnämnda analyssamling, innehållande c:a 2200 analyser, uppvisa endast 13 st. svavel av 1 % och mera. Men om också endast några

hundradels procent svavel är regel vid våra malmer, så medför återigen endast ett par à 3 hundradels % svavel i järnet i regel åt detta så stora olägenheter, att vi nödgas till det yttersta bemöda oss om att hindra malmens svavel ingå i tackjärnet. Som varje svensk bergsman vet, göra vi detta sedan gammalt på två sätt, nämligen dels genom att rosta malmerna före uppsättandet å masugnen, dels genom att tillsammans med malmen uppsätta kalksten, om så behöves, för att få det på masugnen uppsatta svavlet att som svavelkalcium ingå i slaggen. Håller beskickningen mangan, ingår i slaggen även svavelmangan.

På senare tider har härtill kommit även den magnetiska anrikningen, som avskiljer en del av de i malmerna förekommande svavelföreningarna. Svavlet förekommer i våra svenska malmer mest som svavelkis, men ibland även som kopparkis, blyglans, zinkblände, magnetkis, molybdenglans och gips. Även i kalkstenen — limmen — förekommer ofta nog något sulfider eller sulfater, men bör man naturligtvis välja möjligast svavel- och kiselsyrefria kalksten, som står till buds, emedan vid våra relativt sura slagger eljes kan hända, att även en del av detta svavel kan i tackjärnet ingå. Våra träkol hålla endast spår av svavel och göra oss i detta hänseende inga bekymmer, medan åter de hyttor, som arbeta med koks, i denna hava så mycket svavel, att för dettas skull slaggen i masugnen måste hållas så starkt basisk, att det ofta ej lönar sig att för svavelrening rosta malmerna som samtidigt användas.

Slaggens surhetsgrad har stark inverkan på dess svavelrenande förmåga, så ock beskaffenheten av de i slaggen ingående baserna. Såsom bevis på surhetsgradens inverkan kan anföras dels ett degelblåsningsförsök vid Bergshögskolan, varvid visade sig att

tackjärn blåst med 15 delar kvarts på 100 delar malm höll 0,09 % S
» » » 5 » lim » » » » » 0,04 » »
» » » 20 » » » » » » » 0,01 » »

dels ett försök av Ledebur, som omsmälte ett 2,33 % S hållande tackjärn i koldegel:

med kalkbisilikat, då han erhöll tackjärn med 0,557 % S o. slagg med 0,681 % S
» » singulosilikat, » » » » » 0,079 » » » » 1,445 »
» talkbisilikat, » » » » » 0,891 » » » » 0,290 »
» » singulosilikat, » » » » » 0,260 » » » » 1,069 »

Av Ledeburs försök framgår, att talk ej har lika stor svavelrenande verkan som kalk, ett sedan länge i Sverige känt faktum. Mangan åter renar från svavel kraftigare än kalk.

Den i masugnsstället rådande temperaturen har ävenledes stor inverkan på svavelrenandet, så att ju hetare detta och slaggen är, ju fullständigare svavelrening med samma slagg.

Svavlets inverkan på tackjärnets brottutseende och övriga egenskaper är att svavlet dels motverkar grafitbildningen och härigenom

bidrager till vitare brott, dels ock åstadkommer omblandning av grått och vitt järn i tackjärnsbrottet, så att det gråa och det vita järnet ej som i svenskt lancashiretackjärn ligga skarpt skilda åt. Till följd av båda dessa förhållanden ökar svavlet i viss mån tackjärnets hårdhet och hållfasthet. Tackjärnet blir av svavel trögflutnare och får vid högre halt av svavel blåsigt och kornigt brott. Blåsorna, som oftast äro stora och ofta anlöpta, bilda sig strax under överytan; det korniga gryet åter är en följd av att hög svavelhalt minskar tackjärnets kolupptagningsförmåga och som vi förut sett får man kornigare brott ju lägre tackjärnets kolhalt är. Vid utrinnandet kastar svavelhaltigt tackjärn fräsande röda gnistor högt från ytan, säger S. Rinman.

På smidesjärns och ståls egenskaper. Vid dessa järnsorter medföra redan små svavelhalter rödbräcka d. v. s., att då materialet uträckes får det i kanterna brakor. Är svavelhalten stor och mangan ej finnes närvarande, så uppträda dessa brakor redan i början av smidningen av det till hög temperatur upphettade järnstycket och bildas sedan hela vägen ned till mörk rödvärme. Allt efter som åter svavelhalten är lägre börja de visa sig senare under uträckningen d. v. s. först vid lägre temperaturer, och är svavelhalten endast 0,015 % brukar mjukt smidesjärn kunna smidas vid alla temperaturer allt ifrån vällvärmen c:a 1200° ned till mörkaste rödvärme 500°, utan att brakor uppstå. Vid hålslagning med körnare och en del andra smidesprov, vilka alla komma att beskrivas under ståltillverkning, kan man dock även framvisa en viss rödbräcka hos järn med 0,015 ned till 0,010 % S, förutsatt att det är tämligen manganfritt. Såsom av det nu sagda framgår kan man likväl oftast få brakfria stänger även av rätt rödbräckt järn, blott man gör utsmidningen vid tillräckligt hög temperatur, men som hårt stål ej tål hög temperatur utan att brännas, är det ömtåligare för en hög svavelhalt än det mjuka järnet, såvida båda äro manganfria. Och även om mangan finnes närvarande, ser man ej gärna, att i svenskt 1:ma material vare sig smidesjärn eller stål svavelhalten går upp över 0,015 %. Manganen motverkar såväl rödbräcka, som svavlet åstadkommer, som rödskörhet, vars orsak är syre.

Huru mycket mangan, som i en viss götjärns- eller stålsort behöver tillsättas för att en bestämd mängd svavel skall neutraliseras, är ännu ej till fullo utrett och torde även vara mycket svårt att bestämma, ty såsom vi längre fram skola se, medför syreupptagande hos götmetall alldeles samma verkan, som svavel gör; och som götmetall i regel håller mer eller mindre syre, samt vi ej hava något sätt, varpå vi analytiskt kunna bestämma, huru mycket av den i stålet befintliga manganen, som är bundet vid syre, och huru mycket, som är bundet vid svavel, så kunna vi ej, även om vi experimentellt fastställt, att så och så mycket mangan åtgått för det eller det stålets frigörande från rödbräcka, säga, huru mycket av den manganen neutraliserat

svavlet, huru mycket syret och huru mycket som måst tillsättas i överskott.

Vid martinverken hava vi dock funnit, att vid ett syreskört bad samma mangantillsättning motverkar uppkommandet av ny rödskörhet längre tid under smältningen, än om den göres i ett svavelhaltigt och således rödbräckt ståls bad, då rödbräckan nästan genast efter en mangantillsättning återkommer i smidesproven.

Av Thompson äro emellertid offentliggjorda några rödskörhetsprov å olika svavelhaltig basisk bessemer, varav synes framgå, som om vid detta material en manganhalt av mellan 3 à 4 gånger stålets svavelhalt skulle motsvara både svavel och syrebehovet, ty i tabellen XIV betyda:

rödskörhetsgrad a = ej rödskört
» b = obetydligt rödskört
» c = något mera rödskört
» d = mycket rödskört

och finner man medelvärdena för $\frac{Mn}{S}$ = för värdena med a 3,9
» » » » » » » » » b 2,8
» » » » » » » » » c 2,2
» » » » » » » » » d 2,1

Som emellertid svensk martin och bessemer i regel äro vida svavelfriare men troligen ej syrefriare än Thompsons metall, är det troligt, att de för att bliva rödbräcke- och rödskörfria behöva något större förhållande mellan mangan och svavel t. ex. 5 à 6.

Tabell XIV.

Analys				Rödskörhetsgrad	Analys				Rödskörhetsgrad
S %	Mn %	C %	P %		S %	Mn %	C %	P %	
0,036	0,134	0,11	0,025	a	0,060	0,163	0,08	0,035	c
0,100	0,350	0,09	0,035	a	0,074	0,140	0,07	0,070	c
0,144	0,875	0,08	0,070	a	0,087	0,180	0,06	0,030	c
0,151	0,390	0,07	0,025	a	0,095	0,155	0,09	0,040	c
0,167	0,530	0,10	0,040	a	0,103	0,210	0,07	0,200	c
0,056	0,192	0,05	0,075	b	0,120	0,380	0,08	0,025	c
0,070	0,200	0,06	0,045	b	0,062	0,198	0,07	0,045	d
0,080	0,225	0,07	0,035	b	0,071	0,045	0,09	0,030	d
0,110	0,350	0,15	0,055	b	0,072	0,188	0,06	0,075	d
0,131	0,450	0,11	0,040	b	0,085	0,155	0,07	0,025	d
0,193	0,360	0,07	0,040	b	0,100	0,220	0,06	0,035	d

6. Mangan och järn.

a. Kvantiteten mangan, som kan av järn upptagas är obegränsad i det man kan framställa alla legeringar från manganfritt järn till järnfri mangan. Scheele och Bergman lyckades 1774 ur brunsten framställa en metall, den de kallade magnesium, och som man redan långt förut funnit, att det bästa stålet erhölls, om järnmalmerna höllo brunsten (vare sig »vit», »brun», »gul» eller »blå») så fick Sven Rinman genast klart för sig, att det egentligen var den nyupptäckta metallen magnesium, som genom att legera sig med järnet så fördelaktigt ökade verktygsstålets goda egenskaper. Att den ej var bra att ha i det mjuka för smide avsedda järnet belyser han med ett exempel från Krapperud i Dalsland. I sitt bergverkslexikon utgivet 1788 skriver han utförligt härom. Att manganmalmerna voro ytterligt svårreducibla omtalar han även.

Tillverkningen av manganhaltigt tackjärn för väll- och brännstålstillverkningarna är således mycket gammal, och under degelstålsprocessens första tider i Europa baserades den på brännstål och gjorde således häri ej någon ändring. I början på 1840-talet kom man så underfund med att av manganfritt brännstål berett degelstål även blev gott, om man blott i deglarna tillsatte brunsten.* När så bessemermetoden genomfördes, funno svenskarna 1858, att även för det stålet behövdes mangan och blåste tackjärnet med manganhaltiga malmer. Men utomlands funnos trakter, där det visserligen fanns relativt fosforfria och så till vida för bessemer passande malmer, men ej manganhaltiga sådana, och då började de, som hade manganrika malmer, tillverka av dem manganrikt tackjärn och sälja det för högt pris till behövande bessemerverk. Redan år 1863 använde Göransson för sin bessemertillverkning ett spegeljärn från Müsen hållande Mangan = 11,4 %, Kol = 4,53 %, Kisel = 0,82 %, Fosfor = 0,037 och Svavel = 0,01 %. Några få år efteråt började man i England i Siemensugn tillverka 20 à 21 %-igt manganjärn, och så småningom lyckades man även i masugn komma upp till dessa och ännu högre manganhalter, så att 1873 hade Terrenoire kommit upp till 72 % Mn, 1878 blåste samma verk 80 %-igt manganjärn och 1881 85 %-igt. Detta höll då enligt analys utförd vid Lotorps martinverk Mn = 85,10 %, Fe = 6,05 %, C = 6,43 %, Si = 2,20 %, P = 0,153 %, S = 0,027 %. Nu mera tillverkas manganjärn även i elektriska ugnar samt på aluminotermisk väg (se om alla tre tillverkningssätten under rubrikerna Masugnshantering, Elektrisk järnframställning och Andra direkta metoder), men så mycket bör redan här nämnas, att manganframställningen är förenad med flere olägenheter dels till följd av manganens svåreducer-

* C. V. Heljestrand skriver dock i J. K. A. 1846 sid. 300, att han såg användas i Sheffieldska degelstålsverk såväl brunsten som mangan i metallform.

lighet, dess egenskap att vid den höga reduktionstemperaturen delvis bortgå i gasform och dess begär att s. s. oxidul kvarstanna i slaggen. Såsom exempel på dessa egenskaper kan anföras att (se S. u. E. 1909 sid. 1120) det betraktas såsom ett synnerligen gott resultat, när av beskickningens hela manganhalt:

76,9 % erhållas i form av ferromangan
6,7 % gå förlorade i slaggen och
16,4 % bortgå med gaserna.

Förutom »rena» spegel- och manganjärnssorter tillverkas även s. k. kiselmanganjärn (silicospiegel, silicomangan).

b. Manganens förekomstsätt i järn. Enligt Hanemann (»Hütte») bildar mangan med kol en karbid Mn_3C (hållande 6,72 % C). Denna karbid bildar vid stelnandet med järnkarbid blandningskristaller, vilka sedan förhålla sig fullkomligt som järn-kollegeringarna, men järnets förmåga att hålla kol bundet tills det stelnat, som för rent järn är 4,2 % C, höjes med stigande manganhalt upp till 7,0 % vid 80 %-igt manganjärn, i det att manganen motverkar såväl gasskumsbildningen i den smälta som grafitavskiljandet i den stelnade metallegeringen. Perlitbildning upphör vid 7 % Mn.

c. Manganens inverkan på järnets tekniska egenskaper:

På tackjärnets egenskaper: H. S. Coe (se J. K. A. B. 1911 sid. 214) har genom försök att uppmäta krympnings- och utvidgningsförhållandena vid olika manganrika tackjärnssorter tyckt sig finna att vid helvita förekomma allt efter manganhaltens storlek olika fullt utpräglade blandningskristaller (blandningskarbider). I manganfritt tackjärn är så karbiden sammansatt = Fe_3C. Vid tackjärn med 5 % Mn = $8Fe_3C + Mn_3C$, vid 15,3 % Mn = $2Fe_3C + Mn_3C$, vid 19 % Mn = $3Fe_3C + 2Mn_3C$. Vid alla dessa fyra manganhalter och med kolhalter av resp. 3,15, 3,19, 3,41 och 3,38 % förekom vid stelnandet ingen utvidgning av metallen. Alla andra sammansättningar visade större eller mindre utvidgning under stelnandet upp till en manganhalt av 38,55 %. Med rikare manganjärn gjordes ej försök. Det helvita järnets hårdhet stiger hastigt upp till 6,3 % Mn, faller sedan plötsligt till 12 % Mn för att sedan åter tilltaga upp till 23 %, varefter den tyckes bliva konstant. Försöket utfördes med tvättat, amerikanskt tackjärn och med götjärn hopsmält manganjärn, vilka hopblandades i olika proportioner. På samma sätt gjordes försök med olika manganrika gråa tackjärnssorter åstadkomna genom sammansmältning av hematittackjärn, kiselmangan och stål. Kiselhalterna höllos något så när konstanta mellan 2,35—2,96 %, summa kolhalt ävensa mellan 3,12 upp till 4,25 %, under det att manganhalten för varje prov stegrades från 1,0 upp till 30,3 %. Manganens verkan till minskning i grafithalten uppträdde vid dessa prov tydligt först vid över 6 % Mn, och ännu vid 8,35 mangan kunde brottytan rubriceras såsom grå,

ehuru den blivit betydligt ljusare. Att emellertid som J. K. A. gör å sid. 27 döma, att den äldre åsikten, att 3 à 4 % mangan kan överföra ett helgrått järn till helvitt, är härav bevisad oriktig, är tämligen tanklöst och rubbar ej alls denna gamla svenska praktiska erfarenhet. Nej, Coes försök visa blott att ett så manganrikt tackjärn som med 8 % Mn kan (obs.! gjutet i sand och ej i kokill) erhållas grått, om man samtidigt ger det så mycket kisel som 2,38 %. Säkert är, att vanligt svenskt träkolsjärn blir helvitt med 3 à 4 % Mn utgjutet från masugnen på vanligt sätt och det trots det håller mera kol än det omnämnda.

De åstadkomna legeringarna höllo i %

Grafit	Bundet kol	Mangan	Kisel
3,39	0,31	1,00	2,46
3,16	0,47	1,61	2,35
3,25	0,35	2,23	2,35
3,33	0,27	2,65	2,39
3,12	0,58	3,45	2,48
2,94	0,86	4,19	2,44
2,69	0,43	5,15	2,40
2,65	0,75	5,83	2,34
2,60	0,64	6,62	2,40
2,15	1,70	8,35	2,38
2,10	1,73	9,89	2,45
1,98	1,97	10,30	2,41
1,85	2,15	11,15	2,48
1,14	3,11	17,57	2,54
0,00	3,89	30,30	2,96

Alla visade under stelnandet en betydlig utvidgning och större än de kiselfattiga helvitas, dock är att märka att:
det helvita kiselfattiga med C = 3,95 %, Mn = 30,50 %, Si = 0,173 % och
» kiselrika » C = 3,89 %, Mn = 30,30 %, Si = 2,96 % båda hade precis samma lineära utvidgning under stelnandet = 0,097 %. Detta, som J. K. A. ej reflekterar över, visar, att det är grafiten direkt och kiseln endast genom sin förmåga att avskilja grafit, som åstadkommer den starkare vidgningen vid de kiselhaltiga tackjärnssorternas stelnande. Att den totala krympningen befanns växa med stegrad manganhalt från 0,90 % vid 1,0 % Mn till 1,96 % vid 30,30 % Mn beror naturligtvis ock på grafithaltens avtagande och stämmer ju rätt bra med de manganfria svenska gråa och helvita tackjärnssorternas motsvarande siffror $^1/_{100}$ och $^1/_{52}$ = resp. 1 % och 1,92 %. Att det helgråa svenska järnet visar 1 % i st. f. 0,90 % är därför, att det håller mindre kisel och således mindre grafit än Coes. Hårdheten steg vid Coes gråa järn upp till 2 % Mn, sjönk så något ned till 4 % Mn, varefter den hastigt och ganska jämnt steg upp till 18 % Mn.

Mindre mängder mangan sänker tackjärnets smältpunkt. Tackjärnets tunnflutenhet ökas med stigande manganhalt, sträckhållfastheten ävenså intill en viss gräns, liggande vid lägre manganhalt allt efter som tackjärnets kolhalt är hög. Alldeles för få verkligt praktiska försök äro dock härå gjorda, men borde anställas å såväl kokillhärdade som sandgjutna grövre pjäser. Manganen sänker tackjärnets seghet, och de manganrikaste tackjärnssorterna = de högprocentliga ferromangansorterna äro så spröda, att de med lätthet låta finriva sig i agatmortel. Allt efter som manganhalten ökas ändras tackjärnets brottutseende. Vitt, manganfritt tackjärn visar kornigt brott; med ökad manganhalt övergår det så först till flisigt, sedan till att visa allt större speglande ytor upp emot manganhalter omkring 13 % Mn, men att observera är, att ytornas storlek blir större i ju tjockare massa och ju långsammare legeringen får stelna, så man kan ej efter spegelytornas storlek bedöma ungefärliga manganhalten, vilket förr troddes. Sedan avtager »speglingen» och övergår allt mera i kornig igen, och legeringarna få en allt mera gulaktig glans. De högprocentiga manganjärnen kristallisera till sist nålformigt med i drushålen vackert utbildade och vackert anlöpta kristaller.

Angående manganens förmåga att öka järnets kolupptagning torde böra tilläggas nedanstående av Ledebur anförda värden.

Om manganjärnlegeringarna äro tämligen fria från kisel och fosfor hålla de med:

| | | |

Tabell XV.

Handelsbeteckning	C %	Si %	Mn %	S %	P %
10 %-igt kiselmanganjärn	1,30	10,68	19,38	0,025	0,120
» » »	1,10	10,51	24,48	0,020	0,120
11 » »	1,00	11,49	23,41	0,019	0,130
12 » »	1,10	12,70	23,36	0,025	0,120
13 » »	1,20	13,18	19,19	0,022	0,140
14 » »	1,10	14,65	20,51	0,018	0,140
30 » spegeljärn	5,60	0,65	30,83	—	0,120
32 » »	5,50	0,60	32,30	—	0,130
35 » »	5,90	0,72	35,71	—	0,130
37 » »	5,85	1,00	37,40	—	0,140
40 » »	5,90	1,10	40,66	—	0,140
45 » »	6,20	1,01	45,30	—	0,150
50 » manganjärn	6,00	1,05	50,91	—	0,230
55 » »	6,80	0,65	55,20	—	0,250
60 » »	6,60	0,81	60,34	—	0,280
65 » »	6,60	0,73	65,82	—	0,230
70 » »	6,70	0,96	70,15	—	0,230
75 » »	6,90	0,87	75,68	—	0,250
80 » »	7,20	0,72	80,61	Fe	0,270
85 » »	7,00	1,40	85,37	6,00	0,250

Även av dessa analysers fosforhalter framgår, att vi böra spara på manganjärns- lika väl som på kiseljärnstillsättning vid vårt finaste fosforrena ståls tillverkning.

Angående i övrigt vilka manganhalter, som utomlands anses passande att inbringa i olika tackjärnssorter, hänvisas till nedanstående tabell XVI, innehållande analyser å såsom utmärkta i omnämnda Düsseldorfutställning exponerade sorter, varibland särskild vikt bör fästas vid »Hartguss»-tackjärnet med ett av de för kokillhärdat gjutgods bäst omtyckta märkena (»Buderus»).

Slutligen torde böra påpekas, att vid gjutgods, som skall bliva utsatt för stark slitning, tages tackjärn med 1 à 2 % manganhalt, vilket järn vid gjutningen kokillhärdas.

På de smidbara järnsorternas egenskaper: Vad här nedan säges gäller endast s. k. kolstål d. v. s. stål endast innehållande järn, kol, mangan och kisel samt små föroreningar av svavel och fosfor. Vad åter de s. k. specialstålen angår, som utom dessa ämnen innehålla ett eller flere viktigt inverkande legeringsämnen, se längre fram under specialstål.

I välljärn önskar man ingen nämnvärd manganhalt, såvida ej detsamma är avsett att antingen obehandlat eller ock först sedan det omvandlats till brännstål nedsmältas till degelstål, i vilket fall man gärna ser, att det håller några tiondels procent mangan, och när det så gör, så visar å stångjärnet utförda smidesprov och sträckprov, att även så

Tabell XVI.

Tackjärnssort	C	Si	Mn	S	P
N. R. H.* bessemertackjärn, grovkornigt	3,90	4,43	0,95	0,022	0,079
» » »	3,80	3,34	0,98	0,020	0,077
» » »	3,60	2,54	0,93	0,020	0,080
» » finkornigt	3,50	1,87	0,86	0,028	0,075
» » ljusgrått	3,00	1,12	0,85	0,036	0,079
» exporttackjärn N:o 1	3,80	3,06	1,15	0,019	0,046
» » » 2	3,70	2,32	1,20	0,025	0,047
» » » 3	3,60	1,70	1,05	0,034	0,042
» martintackjärn, ståljärn	4,30	1,01	6,38	0,024	0,079
» » »	4,10	0,50	4,21	0,036	0,082
» thomastackjärn	—	0,49	3,35	0,032	2,110
» »	—	0,32	2,21	0,038	2,050
A. H.*** basiska tackjärn, 1:ma	—	1,32	2,00	0,010	2,050
» » » »	—	1,03	1,89	0,020	2,090
» » » 2:da	—	0,80	1,32	0,050	2,060
» » » »	—	0,82	1,49	0,040	2,050
» » » »	—	0,65	1,55	0,040	2,080
» » » »	—	0,52	1,58	0,050	2,070
» » » »	—	0,45	1,42	0,060	2,080
N. R. H.* puddeltackjärn N:o 0	3,60	1,05	4,19	0,050	0,250
» » » I	3,50	0,47	3,45	0,050	0,270
» » » II	3,20	0,42	2,10	0,080	0,400
N. R. H.* puddeltackjärn N:o III	2,40	0,31	1,65	0,100	0,590
» » » IV	2,40	0,25	1,02	0,120	0,650
» gjutjärn, »grovkornigt»	3,80	3,10	0,73	0,021	0,730
» » »	3,70	2,30	0,79	0,020	0,450
» » »	3,70	1,99	0,84	0,022	0,380
» » N:o III kokillgiut.	3,60	1,90	0,73	0,025	0,490
» » »finkorniga»	3,30	0,93	0,63	0,032	0,530
» » »Luxemburg» grovk.	3,60	2,24	0,79	0,028	1,530
» » »Eglington N:o 1»	3,70	1,93	1,88	0,012	0,860
B** gjutjärn N:o 1	2,61	6,55	1,19	0,016	0,680
» » » 2	2,99	5,28	0,39	—	0,550
» » » 3	3,55	3,77	0,43	0,029	0,580
» » » 4	4,01	3,24	0,68	0,008	0,580
» » » 5	4,33	2,46	0,60	0,003	0,510
» » » 6	3,92	1,91	0,48	0,032	0,530
» Hartguss gjutjärn N:o 1	4,19	0,65	2,68	0,040	0,500
» » » » 2	4,05	0,58	2,14	0,047	0,500
» » » » 3	3,58	0,40	1,78	0,042	0,530
» » » » 4	3,67	0,48	1,52	0,046	0,500
» » » » 5	3,68	0,49	1,42	0,040	0,530
» » » » 6	3,54	0,26	1,13	0,063	0,550

* Niederrheinische Hüttes järnsorter.

** Buderus järnsorter.

*** Aachener Hüttes järnsorter.

små mängder mangan öka järnets hårdhet, ge det finare gry, mindre tågighet, mindre seghet, något större hållfasthet och något mindre tänjbarhet än vår vanliga mjuka, rena, prima lancashire. Till det mesta götjärn och götstål, vi tillverka vare sig i martin-, bessemer- eller elektrisk ugn, tillsätta vi återigen mangan oftast för att upphäva, så som vi förut sagt, svavlets och syrets dåliga inverkan, d. v. s. rödbräcka och rödskörhet. Men även för att förekomma härdsprickor vid hårt stål är en manganhalt av minst 0,25 % nödvändig. I mjukaste götmetall åter, hos vilken vi önska en utomordentlig seghet vid vanlig temperatur, vilja vi ej hava någon mangan. Över lägre manganhalters verkan på mjuk götmetall har under detta år — 1911 — offentliggjorts en serie undersökningar av stort intresse, vilka förtjäna att här refereras. De äro utförda av G. Lang (se Metallurgie 1911 sid. 15 och 49)* på olika manganhaltiga mjuka götjärn, åstadkomna på så sätt att ferromangan beredd på aluminotermisk väg upplösts i smält, mjuk götmetall framställd i elektrisk ugn. Lang har sedan på de erhållna proven utfört såväl hållfasthetsprov som elektromagnetiska mätningar, men för de senare redogöres längre fram. Som av tabell XVII synes, variera halterna av C, S, Si och Cu mycket litet i de olika provstängerna, medan åter fosforhalten betänkligt ökas med stigande manganhalt och därför ock nog inverkar på resultaten.

Av metallen götos små göten (100 × 100 mm.) försedda med mycket stora sjunkhuvuden till förekommande av pipes. Götena utvalsades till 30 mm. rundjärn och av dessa stänger togos hållfasthetsprovstängerna, som provades dels obehandlade, dels glödgade, dels härdade. Proven visade se tabell XVIII.

Tabell XVII.

	Mn	C	Si	S	P	Cu	Al	Fe
Ferromangan	95,17	0,20	0,89	—	0,265	—	1,94	1,36
Prov 1	0,285	0,109	0,319	0,046	0,063	0,131		
» 2	0,440	0,125	0,286	0,050	0,067	0,164		
» 3	0,670	0,126	0,303	0,046	0,067	0,167		
» 4	0,785	0,099	0,311	0,052	0,040	0,123		
» 5	1,020	0,098	0,316	0,049	0,041	0,140		
» 6	1,270	0,100	0,313	0,045	0,099	0,146		
» 7	1,315	0,101	0,303	0,047	0,102	0,141		
» 8	1,765	0,102	0,309	0,056	0,103	0,152		
» 9	1,835	0,099	0,324	0,059	0,108	0,126		
» 10	2,230	0,090	0,301	0,058	0,102	0,129		
» 11	2,470	0,092	0,294	0,051	0,110	0,125		

* Se även J. K. A. B. 1911 sid. 243 eller S. u E. 1911 sid. 181.

Tabell XVIII

Provets nr:	Sträckgräns i kg per mm²			Brottgräns i kg per mm²			Tänjbarhet i %			Kontraktion i %			Slagprov mkg per cm²			Brinells hårdhetstal		
	obehandlat	glödgat	härdat	obehandlat	glödgat	härdat	obehandlat	glödgat	härdat	obehandlat	glödgat	härdat	obehandlat	glödgat	härdat	obehandlat	glödgat	härdat
1	32,40	30,40	30,20	44,00	40,00	55,40	27,85	31,50	19,60	53,50	70,00	61,00	23,2	30,8	23,6	119	113	147
2	33,50	30,65	33,00	45,70	40,50	58,00	29,20	30,50	19,18	62,50	68,80	62,00	29,4	30,6	27,0	115	116	165
3	35,00	31,20	34,20	46,60	41,80	59,20	29,40	30,25	16,00	63,90	70,00	62,20	28,1	31,0	29,4	115	115	154
4	34,65	31,70	34,90	45,40	42,00	59,40	27,85	30,25	14,10	65,90	70,10	56,10	33,4	32,1	30,0	118	118	157
5	36,30	32,00	38,15	47,90	43,00	68,10	28,65	30,75	15,52	64,20	71,80	53,00	31,8	37,2	27,2	123	123	179
6	38,20	32,80	44,30	50,20	45,70	75,80	27,90	30,20	15,24	68,10	72,60	48,20	26,4	43,3	18,4	132	132	230
7	38,00	33,55	46,50	50,10	46,30	78,20	28,00	29,80	16,30	67,70	70,30	47,80	34,0	44,0	18,1	133	135	237
8	40,75	34,00	60,25	58,00	52,00	109,00	25,90	27,40	9,00	54,70	72,30	44,60	25,1	41,6	14,8	156	159	274
9	41,10	34,60	62,70	59,75	55,20	110,50	26,00	26,20	6,70	46,75	66,70	41,70	23,6	37,5	14,5	162	165	289
10	42,90	35,10	64,00	65,20	64,70	115,70	21,20	18,75	4,91	43,40	60,60	26,60	9,5	24,3	12,3	198	198	326
11	44,60	36,75	64,90	72,40	76,10	117,10	18,80	15,35	3,10	39,40	53,10	18,90	2,7	13,9	11,7	211	218	144?

Kvalitetstalen H + 3T (= Brottgränsen + 3 gånger förlängningsprocenten) bliva:

Tabell XIX.

Provets n:r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
obehandlat	128	133	135	129	133	134	134	136	138	129	129
glödgat	135	182	133	133	135	136	136	134	134	121	122
härdat	114	116	107	102	115	121	127	136	131	130	126
medeltal	126	127	125	121	128	130	132	135	134	127	126

Det framgår av dessa siffror, att sträckhållfasthet och elasticitet ökas med stigande manganhalt under det att tänjbarhets och kontraktionssiffrorna falla, och skarpast framträda — såsom var att vänta — dessa förhållanden vid de härdade proven, under det att ändringsskillnaderna vid de högre manganhalterna äro proportionsvis större än vid de lägre. Slagproven visa ej fullt lika god överensstämmelse. Av de obehandlade proven äro de med 0,79 och 1,32 % Mn starkast, av de glödgade de med 1,27 och 1,32 % Mn, således rätt överensstämmande — men av de härdade åter de med 0,67 och 0,79 % Mn. Hårdheten har vid alla proven ökats med manganhalten — upp till 100 %:s ökning. Kvalitetsvärdena visa dels att tänjbarheten uppmätts på mindre provlängd än 200 mm., dels att en utglödgning efter valsningen i allmänhet inverkat till ökad seghet, under det att härdningen haft ofördelaktigt inflytande, i det den gjort materialen med lägre manganhalter sprödare än förut. Vid 1,77 % Mn har härdningens verkan i detta avseende varit ingen. Genom härdning har erhållits betydlig ökning i sträckgräns och hårdhet, motsvarande eller proportionsvis större minskning i tänjbarhet och kontraktion och försämring eller ingen förbättring vid slagprov. Utglödningen åter har för slagproven visat sig verka synnerligen förmånligt.

Av dessa prov] skulle kunna synas som om rätt stora manganhalter ej skulle verka försämrande utan snarare tvärtom förbättrande på mjukt götjärn, men man får härvid komma ihåg, att det material, Lang använde för proven, ej alls kan jämföras med mjuk svensk 1:ma martin och bessemer.

Vårt fina, mjuka götjärn har ej mer än tiondelen så mycket kisel, högst tredjedelen så mycket svavel, tredjedelen så mycket fosfor och endast spår av koppar, och däri ligger nog förklaringen till ovan anförda erfarenhet, som vi hava angående manganens inverkan på mjukt götjärns seghet. Denna vår gamla erfarenhet stämmer för övrigt fullkomligt överens med nyligen av Fay gjorda observationer, att svavelmangan i järn under vissa omständigheter verkar synnerligen skadligt och att ofta litet rödbräcka är att föredraga.

Nej, de flesta av Sveriges ståltillverkare hysa en bestämd misstro

emot mycket manganhaltigt stål i allmänhet, och tämligen utan undantag påstå vi att mjukt götjärn blir i kallt tillstånd segare och bättre, ju mindre mangan det håller. Vårt rör- och sömmaterial är över hela världen känt såsom det allra yppersta, och det allra finaste av detsamma tillverkas i sur eller basisk martinugn utan någon som helst mangantillsättning och visar sig avgjort bättre, trots någon större fosforhalt än ett annat fosforfriare, som med samma kolhalt har omkring 0,1 % manganhalt. Det är därför alltid med stor ledsnad våra stålverksingenjörer tillsätta manganjärn till mjukaste martin- och bessemerjärn, därtill då nödda av svavel eller syre, som materialet upptagit i något för stor mängd för att i alla temperaturer kunna bearbetas. Basisk martin tyckes dock tåla vid någon större mangantillsättning utan att vid de lägsta kolhalterna förlora i tänjbarhet, men bevisande hållfasthetsprovningar äro häröver ej publicerade; men även vid detta material, såväl som vid det andra, är bästa regeln: spara i möjligaste grad vid mangantillsättningen.

Gäller det åter högre kolhalter, hårdare götjärn och stål, äro meningarna mera delade, utom om att man bör i stål, som skall härdas, till förekommande av härdsprickor hava minst 0,25 % Mn. Mera sällan hör man rekommenderas för verktygsstål av c:a 0,90 % C en manganhalt av 0,50 % Mn, och det utländska påståendet, att i hårt kolstål manganhalten utan skada kan få gå upp till 1,5 à 2 %, har här få försvarare. Visserligen är det sant, att stålets hållfasthet, hårdhet och elasticitetsgräns växer med ej alltför stor ökning i manganhalten, men som tänjbarheten samtidigt raskt avtager, torde segheten hos det manganrikare stålet bliva mindre än hos det lika kolhårda manganfria. Tillräckligt utslagsgivande undersökningar häröver äro tyvärr dock ej ännu å svenskt material utförda.

Av tvenne stålslag, som J. A. Brinell provat, och varav det ena höll relativt låg, det andra abnormt hög manganhalt eller:

	N:o 4297	N:o 3958
C	0,44 %	0,49 %
Si	0,275 »	0,238 »
Mn	0,46 »	1,25 »
S	0,018 »	0,01 »
P	0,029 »	0,027 »

visade sig det manganfriare, oaktat högre fosfor och kiselhalter, vid hejarprov betydligt starkare än det andra, om det provades ohärdat, men svagare som härdat; men, säger Brinell, »då emellertid i regel material, som kommer att vara utsatt för stötpåkänningar, icke härdas, synas proven tyda på, att det ej är lämpligt låta alltför hög manganhalt ingå i stål för dylika fall.»

Brinell har vidare funnit, att manganen ökar järnets hårdhet motsvarande $^1/_5$ av samma ökning i kolhalts inverkan och att högsta hårdhetstalet uppnås vid 1 % manganhalt.

Tabell XX.

Provets N:r	Analys					Sträckhållfasthetsprov								Hejarprov i meterkilogram		Hårdhetsprov med Brinells kulprov	
	Kol i %	Mangan i %	Kisel i %	Svavel i %	Fosfor %	Elasticitetsgräns i kg pr mm²		Brottbelastning = H i kg pr mm²		Tänjbarhet = T i % på 200 mm mätlängd		Kvalitetstal H + 3T					
						ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat
1	0,082	0,432	0,163	0,012	0,015	27,8	26,3	37,6	44,4	22,0	17,0	104	95	38	39	87	105
2	0,273	1,296	0,320	0,009	0,011	28,2	58,8	42,5	64,0	24,5	9,0	116	91	39	22	89	196
3	0,104	1,728	0,457	0,008	0,032	28,6	44,4	49,7	65,5	17,5	3,5	102	76	36	16	107	234
4	0,237	2,150	0,781	0,010	0,032	40,7	106,9	55,7	106,9	15,5	1,0	102	110	28	13	107	248
5	0,058	4,200	0,304	0,025	0,020	30,8	33,1	43,7	54,3	21,5	10,0	108	84	34	26	97	126
6	0,276	5,600	1,100	sp.	0,015	71,9	67,5	71,9	67,5	0,2	1,0	72	71	3	2	418	418
7	0,034	6,139	1,328	0,005	0,011	84,3	79,0	118,3	79,0	0,2	0,5	119	81	3	0	444	444
8	0,172	10,512	1,362	sp.	0,010	48,9	33,9	96,4	79,1	4,0	2,5	108	87	4	3	293	300
9	0,156	12,920	0,292	0,010	0,016	30,0	30,0	65,5	76,8	3,5	6,0	76	95	12	8	248	269
10	0,224	14,400	0,911	sp.	0,024	23,3	48,9	79,1	67,7	10,0	5,3	109	84	27	18	212	235
11	0,114	20,880	0,421	0,004	0,010	35,4	39,5	91,9	88,9	20,5	15,0	153	134	25	26	192	179
12	0,396	33,480	0,505	0,005	0,018	34,2	33,9	61,4	63,3	45,0	47,0	196	204	28	33	134	114
13**	0,873	0,461	1,351	0,024	0,020	59,5	—	114,9	—	6,0	—	133	—	3	0	217	532
14**	0,840	1,031	0,573	0,015	0,024	68,5	—	118,3	—	5,0	—	133	—	3	0	302	477
15**	0,930	1,972	1,028	0,011*	0,018	79,1	—	105,4	—	1,0	—	108	—	3	0	269	495
16	0,934	3,084	1,446	0,010	0,015	82,8	—	100,9	—	0,5	—	102	—	3	0	364	302
17	0,762	5,112	1,111	0,011	0,013	60,2	42,7	86,6	54,3	2,0	1,0	93	57	0	4	418	248
18	0,700	7,200	0,745	0,021	0,010	41,4	41,4	56,5	60,2	6,0	6,2	75	79	10	10	196	179
19	0,922	10,080	0,721	0,016	0,013	48,2	52,7	97,8	84,3	29,0	16,5	185	134	30	32	183	159
20	0,960	12,096	0,876	0,013	0,11	61,8	41,4	89,6	79,1	15,0	12,0	135	115	23	32	202	196

* I tabellen står 1,011, vilket torde vara tryckfel.

** Vid härdning kroknade dessa stavar och kunde ej provas i sträckprovmaskinen.

*Manganstål**: Ovan omtalade egenskap, som manganen medför, nämligen att vid större halter göra järn och stål skört, gäller dock ej för vilka mangan- och kolhalter som helst efter vad R. A. Hadfield 1888 visade. Denne framstående ståltillverkare, som önskade framställa ett på en gång hårt och tänjbart stål, företog sig att söka framställa detta genom att i vanligt stål öka manganhalten utan att samtidigt öka kolhalten och gjorde då den förvånande observationen, att med manganhalter av 10 à 12 % och med endast c:a 1 % kolhalt erhåller man ett stål, som vid härdning i vatten blir mjukt och vid utglödgning hårt och som i stället för att vara sprött är utomordentligt segt. Så visade t. ex. ett stål med 13,75 % Mn och 0,85 % C efter härdning i vatten en sträckhållfasthet = 102,3 kg pr mm.^{2} med en tänjbarhet av 50,7 %, varjämte det efter härdningen kunde i kallt tillstånd dubbelböjas. 1903 offentliggjorde så L. Guillet mera uttömmande och bättre planlagda undersökningar å såväl kolfattigt som kolrikt manganstål med varierande manganhalter (se nedanstående tabell XX), och vilka undersökningar för det mjuka materialet visa för en manganhalt av 20 % Mn en hållfasthet nära tredubblad i det ohärdade och dubbel i det härdade emot den i vanligt stål av samma kolhalter, medan tänjbarheten kan sägas vara lika för båda slagen stål, varföre segheten hos manganstålet är ungefär dubbelt så stor som hos »kolstålet». Vid 33 % Mn-halt är hållfastheten i det ohärdade 63 % och i det härdade 45 % större, medan tänjbarheten tillvuxit med resp. 105 och 177 % från det manganfattiga stålets motsvarande siffror. Det 13 %-iga manganjärnet uppvisar härtill relativt ofördelaktiga siffror. I hejarproven visade sig manganstålen i regel underhaltiga, i Brinells hårdhetsprov åter visade de 4- à 5-dubbelt högre siffror än det vanliga kolstålets.

Hadfields och Guillets offentliggöranden och ännu mera de utställningar av manganstålprov, den förre visade vid diverse expositioner, klargjorde för var och en, som hade intresse för nya stålsorter, att manganstålet borde komma att få en stor betydelse för alla ändamål, där dess ofantliga slitstyrka, seghet och hårdhet kunde få göra sig fullt gällande, och på flere ställen började man söka framställa det nya materialet. Härvid framträdde emellertid så stora svårigheter i själva fabrikationen, att de flesta därav avskräcktes från vidare försök. För att anföra ett par exempel, så förstördes, när man sökte framställa manganstålet i deglar, dessa genast av den på den sura degelmassan starkt frätande manganen och likaledes sönderfrättes ugnsfodren i martin- och bessemerugnarna med sur infodring, och som manganen är synnerligen lättoxiderad uppstod, vare sig man använde surt eller basiskt infodrade ugnar, stora manganförluster i slaggen, dock mest i det förra ugnsslaget förstås. De

* Se S. u. E. 1888 sid. 300, 1891 sid. 993, 1904 sid. 281, 1909 sid. 723, 1909 sid. 1458, 1910 sid. 328 och 1911 sid. 156.

** Se Bulletin de la société d'encouragement 1903 sid. 421.

energiska amerikanarna gåvo sig emellertid ej, utan gjorde oförtrutet försök att nyttiggöra det nya uppslaget, och dem samt firman Schneider & C:o i Frankrike tillkommer givetvis hedern att hava gjort Hadfields halvt tekniska, halvt vetenskapliga uppfinning fullt tekniskt möjlig. Mest koncentrerat torde J. F. Springer hava beskrivit det nya stålets egenskaper, då han i följande satser omtalat detsamma: »Manganstålet innehåller i allmänhet minst 7 % Mn (se längre ned) och är såväl i gjutet som i bearbetat tillstånd synnerligen segt. Dess egendomligaste egenskaper äro emellertid, att det genom upphettning till mörkbrun värme och därpå följande neddoppning i kallt vatten (härdning) blir mjukare, och att det återigen genom långsamt avkylande efter upphettning till ljusröd värme blir utomordentligt hårt. Lika egendomligt är, att dess tänjbarhet växer med stigande hållfasthet — tvärtemot förhållandet vid de andra stålsorterna. Sammalunda är förhållandet vid tråddragning. När man drager tråd av andra stålsorter måste man allt ibland under dragningen uppglödga tråden för att minska den uppkomna hårdheten och sprödheten, här återigen måste man hastigt i kallt vatten avkyla tråden för att få den segare och mjukare.» Schneider & C:o visade i en utredning (i Revue de Metallurgie 1909 sid. 551), att manganstålet egentligen består av ren eller nära ren austenit, och att man däri har förklaringen till dess utomordentliga förmåga att emotstå slitning. Därför är det ock, som det på senare tider vunnit så avsevärt stor användning i spårkorsningar, växlar, stentuggare och stenkrossningsmaskiner i allmänhet, gruvtrallhjul o. s. v. eller med i få ord sagt till alla sådana maskindelar, som utsättas för stor slitning. Schneider & C:o säga vidare, att manganstålet låter smida och valsa sig — dock skola vi se längre fram, att detta är sant inom vissa gränser. Vidare säga de, att det är praktiskt taget omagnetiskt, och detta har förskaffat det användning i form av pansar till krigsskepps styrtorn m. m. Elasticitetsgränsen är förhållandevis låg gent emot brottgränsen, ett eljes obehagligt faktum, men delar det denna egenskap med det förträffliga nickelstålet. Kontraktionsprocenten är låg, men detta därföre att töjningen ej samlar sig på ett kort stycke, utan sträcker sig över hela provstången. Just detta är utmärkande för vår prima svenska götmetall. Efter den engelska hållfasthetsformeln för 1:ma kvalitet, däri kontraktionen får spela vida viktigare roll än tänjbarheten, låg vår götmetall alltid under. Vår lancashire visade så t. ex. alltid sämre kontraktion och bättre förlängning än engelskt puddeljärn och kasserades därför ofta av de engelska försäkringsbolagen. Sammalunda kunde aldrig svensk bessemer och martin fylla fordringarna i den av C. P. Sandberg uppställda och på engelsk bessemer baserade formeln för räls, blott för den mindre kontraktionens skull. Här i Sverige ha vi järnmän länge vetat, att ju fosforhaltigare och ju kallskörare material, ju större kontraktion visar det i sträckprovet, men utomlands ha först tyskarna kommit

underfund med detsamma, när de fingo sin basiska metall, och sedan finnarna och därpå i 6:te eller 7:de ordningen våra järnvägsmän, om dessa i allmänhet veta det än!

Tillverkningen av manganstålet sker numera så, att manganjärn smältes vare sig i kupolugn eller i med magnesitdeg insmorda grafitdeglar och så tömmes i stålskänken samtidigt med det från martin- eller bessemerugn utrinnande stålet.

Manganstål användes både i gjutet, valsat och smitt tillstånd alldeles som vanligt stål, men till följd av dess stora hårdhet kan det ej bearbetas med vanliga verktyg. Gjutet avputsas eller färdigfasoneras det i allmänhet på så sätt, att det avslipas med smärgelskiva. Värsta bekymret har varit, huru man skulle kunna åstadkomma borrhål i detsamma, då inga borr bita på det. Mycket kraftiga stansar kunna dock, såsom i Amerika visats, göra detta, men bäst torde vara F. Stilles sätt att borra hål medelst elektricitet och rundkolsstång. Dess valsning och utsmidning bjuda ock mycket stora svårigheter, dels till följd av dess kolossala hårdhet, dels även till följd av dess känslighet för övervärmning. Högre än till 1000° får man ej uppvärma det, ty redan vid 1025° visar det bränt brott och brister i kanterna vid smidning eller valsning och vid 700° börjar det bliva alldeleles obearbetningsbart till följd av sin hårdhet. Valsverk för manganstål måste därför tilltagas mycket grövre och starkare än för allra hårdaste annat stål. Detta hör dock till ämnet bergsmekanik. Visserligen räknas manganstålen från 5 % Mn upp till 35 % och ibland ännu högre, men de lågprocentiga kvaliteterna mellan 5—9 % Mn tyckas vara föga användbara och de över 15 % Mn bli dels för kolhaltiga, om vanligt ferromangan användes vid deras fabricerande, eller för dyra, om man därvid begagnar sig av på aluminotermisk väg framställd ren mangan. De bästa sammansättningarna angivas av Potter till:

Mangan	mellan	10	och 13	%
Kol	»	0,95	» 1,15	»
Kisel	»	0,20	» 0,40	»
Fosfor	under	0,10	%	
Svavel	»	0,06	»	

7. Nickel och järn.

a. Kvantiteten nickel, som järn kan upptaga: I smält tillstånd låta järn och nickel blanda sig i alla förhållanden och vid stelnandet utsegrar varken nickel eller järnet för sig utan är även den stelnade massan fullkomligt blandad.

b. Nickelns förekomstsätt i järnet: Guertler & Tammann (se Zeitschrift anorganisch: Chemie 1905 sid. 205) hava visat, att nickeljärnlegeringarnas s. k. smältkurva visar en tydlig kemisk förening vid 66

% Ni motsvarande Ni_2Fe, men för övrigt tyckas de bestå av rena blandningar typiska legeringar i gammal mening.

c. Nickelns inverkan på järnets tekniska egenskaper: Nickeln tillsättes till tackjärn och stål antingen i form av nickeloxid, i form av s. k. ren nickel, såsom ferronickel eller ferronickelkrom, i de två sista fallen beredd på elektrisk väg. Venator har i S. u. E. 1908 sid. 155 lämnat några analyser å i handeln tillgängliga för stål lämpliga nickelsorter, vilka här anföras:

		Nickel från Compagnie de Nickel		Nickel fr. Basse & Selve	Nickel fr. Orford C:o	Nickel fr. Mond C:o	Ferro-nickel fr. Weil & Reinhardt	Ferro-nickelkrom fr. Weil & Reinhardt
Cr	%							51,5
Ni	»	99,30	97,30	97,87	99,08	99,78	50	18
Co	»	—	1,20	1,45		0,015		
Fe	»	0,39	0,49	0,45	0,46	0,16	48,5	29,5
Cu	»	0,07	0,08	0,10	0,09	—	0,08	
C	»	0,09	0,14	sp.	0,05	0,06	0,61	0,50
S	»	0,01	0,02	0,05	0,024	—	0,04	
Si	»	0,14	0,54	0,19	0,054	0,02	0,10	
Al	»			—	—	—	0,01	
As	»	—	—	—	0,036	—	0,01	0,15
Sb + Sn	»	—	—	—	0,036	—	—	
Mn	»	—	—	—	—	—	0,23	
P	»	—	—	—	—	—	0,04	

Nickelns inverkan på gjutjärnets egenskaper skulle enl. J. B. Webb (se J. K. A. B. 1907 sid. 479) vara mycket obetydlig och icke medföra bestämd förbättring, men dels fick han ej goda blandningar — genom att sätta nickeltermit i botten på handskänkarna — dels gjorde han tillsatser endast till grått tackjärn, så hans experiment äro ej utslagsgivande. Däremot har L. Guillet utfört väl genomtänkta försök med såväl helvitt som grått tackjärn (se Revue de Métallurgie 1908 sid. 306), för vilka en kort redogörelse här lämnas:

Provets N:o	Beräknad Ni %	Kemiska analyser visade Ni %	s:akol %	Grafit %	Mn %	Si %	S %	P %	
1	0,00	0,00	3,20	0,05	sp.	0,20	0,013	sp.	
2	1,00	0,98	2,30	0,18	0,02	0,20	0,010	»	
3	2,00	2,00	2,87	1,22	0,02	0,20	0,010	»	
4	6,00	6,19	2,38	0,99	0,10	0,13	0,015	»	Utgångsmaterial
5	12,00?	10,73	2,84	1,47	0,05	0,20	0,008	»	helvitt tackjärn.
6	20,00	20,79	2,88	1,94	0,08	0,15	0,006	»	
7	40,00?	30,01	2,11	1,88	0,03	0,11	0,006	»	
8	50,00	48,27	1,89	1,54	0,10	0,20	0,012	»	
9	0,00	0,00	2,76	1,70	0,16	2,38	0,098	1,40	
10	2,00	2,73	2,50	2,33	0,24	2,31	0,110	1,47	Utgångsmaterial
11	6,00	5,60	2,42	2,11	0,18	2,27	0,140	1,30	grått tackjärn.
12	12,00	12,00	2,34	2,04	0,17	1,98	0,089	1,36	

Proven visade, att nickeln ej har inverkan på tackjärnets mangan-, kisel-, svavel- och fosforhalter, men att den starkt inverkar till att kolet avskiljes såsom grafit. Av tabellen ser man att, där utgångsmaterialet var helvitt tackjärn, avskildes av hela kolhalten:

som Grafit %	1,57	7,82	42,51	41,59	51,75	67,36	89,10	82,01
vid Ni i %	0,00	0,98	2,00	6,19	10,73	20,79	30,01	48,27

Återigen, kvar såsom kemiskt bundet kol hade de respektive legeringarna kunnat hålla:

Vid Ni i %	0,00	0,98	2,00	6,19	10,73	20,79	30,01	48,27
C (k. b.) i %	3,15	2,12	1,65	1,39	1,37	0,94	0,23	0,35

På smidesjärns och ståls egenskaper: Här är nickelns inverkan mera utpräglad och i många fall av utomordentlig betydelse, varför ock nickelstålet med varje år som gått, sen det först infördes i marknaden, fått en allt större och större användning dels såsom nickelkolstål, dels såsom specialstål (se längre fram) med även andra metaller ingående i järnnickellegeringen.

Nickelkolstålet blir vid framställningen utmärkt jämnt till sin sammansättning och är lätt att göra alldeles tätt och fritt till och med från mikroskopiska porer, varigenom det, om det slipas och poleras, får en utomordentligt fin yta, vilken — isynnerhet vid de nickelrikare

Tabell XXI.

Analys			Utvidgningskoefficient $= \alpha \times 10^{-6}$				
			För temperaturer mellan				
Nickel %	Kol %	Mangan %	15° och 100° α	100° och 200° α	200° och 400° α	400° och 600° α	600° och 900° α
25	1,01	0,79	12,5	18,5	19,75	21,0	35,0
26,9	0,35	0,30	11,0	18,0	18,7	22,0	23,0
28,9	0,35	0,36	10,0	21,5	19,0	20,0	22,7
29,4	0,99	0,89	11,0	12,5	19,0	20,5	31,7
30,1	0,35	0,34	9,5	14,0	19,5	19,0	21,3
32,8	0,29	0,66	8,0	14,0	18,0	21,5	22,3
34,5	0,97	0,84	3,0	3,5	13,0	18,75	26,7
34,7	0,36	0,36	2,0	2,5	11,75	19,5	20,7
35,8	0,31	0,69	2,5	2,5	12,5	18,75	19,3
36,1	0,39	0,39	1,5	1,5	11,75	17,0	20,3
37,4	0,30	0,69	2,5	1,5	8,5	19,75	18,3
0,0	0,03	0,01	11,8	?	14,3	17,0	?
0,0	0,93	0,10	11,6	11,6	14,9	16,0	?

sorterna — ej lätt rostar. Det låter till och med vid så hög halt som med 25 % Ni draga sig till den finaste tråd samt är vid lägre nickelhalter ej svårt att i vanlig temperatur bearbeta.

Dess utvidgningskoefficient är mycket växlande såväl vid olika temperaturer, som för olika kol- och nickelhalter, så att den växlar från så låg, som $^1/_{10}$ av platinans ända upp till mässings. Ett nickelstål med glasets utvidgningskoefficient är så t. ex. mycket använt till vetenskapliga instrument.

Såsom exempel på dessa växlingar anföres i tabell XXI några siffror av Charpy och Grenet för högprocentiga nickelstål.

De två nedersta raderna i denna tabell visa för jämförelses skull utvidgningskoefficienterna för mjukaste svensk lancashire och för hårt martinstål. I S. u. E. 1910 sid. 542 angives att ett nickeljärn med 64 % järn och 36 % nickel, om det försättes med en ringa mängd krom, skall rent av erhålla en utvidgningskoefficient = 0.

Huru nickelstålens hållfasthetsegenskaper ändras, dels med stigande kolhalt, dels med stigande nickelhalt, ha, sedan Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses anställde sina i Wiborghs metallurgi sid. 303 anförda försök, flere varit sysselsatta med att utröna, och anföras här nedan efter F. Sandelin (se J. K. A. 1911) trenne sådana undersökningsserier utförda av Hadfield, Dumas och Guillet.

Tabell XXII.

Analyser å de använda nickelstålen.

Prov nr:r	Sammansättning i %					
	C	Ni	Mn	Si	S	P
			Hadfields undersökningar.			
1	0,19	0,27	0,79	0,31	0,10	0,09
2	0,14	0,51	0,75	0,20	—	—
3	0,13	0,95	0,72	0,23	—	—
4	0,14	1,92	0,72	0,21	0,08	0,07
5	0,19	3,82	0,65	0,20	—	—
6	0,18	5,81	0,65	0,31	—	—
7	0,17	7,65	0,68	0,28	0,11	0,08
8	0,16	9,51	0,86	0,20	—	—
9	0,18	11,39	0,93	0,22	—	—
10	0,23	15,48	0,93	0,24	0,11	0,05
11	0,19	19,64	0,93	0,27	—	—
12	0,16	24,51	1,00	0,30	—	—
13	0,14	29,07	0,86	0,38	—	—
14	0,16	49,65	1,08	0,31	0,08	0,06

Analyser å de använda nickelstålen.

Prov nr	Sammansättning i %					
	C	Ni	Mn	Si	S	P
			Dumas undersökningar.			
1	0,158	6,00	0,409	0,105	0,024	0,015
2	0,126	8,28	0,256	0,117	0,027	0,024
3	0,107	9,92	0,256	0,093	0,016	0,018
4	0,194	11,28	0,307	0,117	0,020	0,016
5	0,137	13,60	0,128	0,082	0,018	0,026
6	0,162	15,92	0,128	0,117	0,017	0,026
7	0,158	20,52	0,435	0,210	0,045	0,024
8	0,095	22,64	0,230	0,093	0,048	0,018
9	0,185	24,40	0,435	0,140	0,078	0,063
10	0,098	24,72	0,153	0,117	0,066	0,067
11	0,079	25,84	0,230	0,093	0,069	0,075
12	0,251	27,72	0,364	0,140	0,038	0,016
13	0,110	28,82	0,650	0,163	0,051	0,073
14	0,093	30,44	0,315	0,292	0,015	0,016
15	0,195	35,60	0,190	0,175	ej bestämt	0,016
16	0,272	43,92	0,595	0,350	0,060	0,028
			Guillets undersökningar.			
1	0,07	2,23	0,025	0,070	0,006	spår
2	0,125	5,23	0,015	0,046	0,004	—
3	0,125	7,13	0,120	0,050	0,005	—
4	0,132	10,10	spår	0,100	0,005	—
5	0,125	12,07	—	0,090	0,002	—
6	0,110	15,17	—	0,020	0,004	—
7	0,176	20,40	—	0,025	0,004	—
8	0,160	25,85	—	0,036	0,007	—
9	0,120	30,00	—	0,031	spår	—
10	0,206	1,97	0,025	0,030	spår	spår
11	0,198	4,90	0,025	0,043	0,003	—
12	0,225	7,59	0,050	0,081	spår	—
13	0,215	9,79	0,025	0,015	—	—
14	0,223	12,27	0,025	0,014	0,002	—
15	0,225	15,04	spår	0,052	0,002	—
16	0,220	20,01	0,020	spår	0,003	—
17	0,230	25,06	0,020	0,082	0,003	—
18	0,194	27,87	0,025	0,026	0,002	—
19	0,800	2,20	0,107	0,100	0,005	spår
20	0,776	4,90	0,092	0,085	0,004	—
21	0,815	7,09	0,125	0,100	0,003	—
22	1,05	9,79	0,097	spår	0,004	—
23	0,760	12,27	0,092	0,086	0,004	—
24	0,796	15,04	0,060	0,091	0,007	—
25	0,800	20,01	0,020	0,089	0,003	—
26	0,790	25,06	0,070	spår	0,002	—
27	0,810	29,96	0,030	0,139	0,004	—

Tabell XXIII.

Experimentator	Prov nr	Kolhalt %	Nickelhalt %	Sträckgräns i kg pr mm²			Brottgräns i kg pr mm²			Tänjbarhet i %			Kontraktion i %		
				Obehandlat	Glödgat	Härdat	Obehandlat	Glödgat	Härdat	Obehandlat	Glödgat	Härdat	Obehandlat	Glödgat	Härdat
Hadfield	1	0,19	0,27	29,9	31,5		48,8	44,1		35	37		56	52	
	2	0,14	0,51	31,5	33,1		47,3	42,5		36	41		62	63	
	3	0,13	0,95	39,4	31,5		52,0	42,5		31	41		53	63	
	4	0,14	1,92	40,9	34,7		53,6	48,8		33	36		55	53	
	5	0,19	3,82	44,1	39,4		58,3	52,0		30	35		54	55	
	6	0,18	5,81	44,1	42,2		64,6	58,3		27	33		40	51	
	7	0,17	7,65	48,8	47,3		77,2	70,8		26	26		42	41	
	8	0,16	9,51	66,2	50,4		134,0	88,2		9	2		18	2	
	9	0,18	11,39	102,3	70,9		148,0	140,0		12	12		24	26	
	10	0,23	15,48	86,6	—		148,0	107,0		3	1		2	1	
	11	0,19	19,64	74,0	70,9		143,5	137,0		7	5		6	4	
	12	0,16	24,51	50,4	39,4		121,5	122,5		13	14		14	8	
	13	0,14	29,07	39,4	25,4		59,8	58,3		33	48		44	51	
	14	0,16	49,65	?	23,6		?	56,7		?	49		?	53	
Dumas	1	0,16	6,00	40,9	39,5		58,3	52,0		23,4	30,5		55,6	65,0	
	2	0,13	8,28	58,8	46,7		63,4	60,1		19,3	26,5		55,6	65,0	
	3	0,11	9,92	67,4	53,8		75,1	82,0		20,4	16,0		53,7	48,0	
	4	0,19	11,28	87,7	59,0		104,4	114,0		10,0	11,0		13,9	41,0	
	5	0,14	13,60	88,6	57,3		114,5	120,7		5,0	12,0		6,0	39,0	
	6	0,16	15,92	107,0	77,3		123,0	120,8		6,7	10,5		16,4	42,0	
	7	0,16	20,52	92,8		?	122,0		140,8	14,0		8,0	53,0		24,0
	8	0,10	22,64	84,0		?	114,6		126,0	15,0		15,5	57,0		11,0
	9	0,19	24,40	66,5		61,0	108,2		123,5	22,3		18,4	51,0		45,0
	10	0,10	24,72	40,7		36,6	122,0		118,0	13,5		10,0	22,0		13,0
	11	0,08	25,84	40,0		35,3	114,0		112,0	16,5		12,5	45,0		23,0
	12	0,25	27,72	32,1		21,3	57,8		53,4	34,0		40,0	55,0		57,0
	13	0,11	28,82	33,8		18,4	51,7		47,0	34,0		32,0	64,0		65,0
	14	0,09	30,44	22,2		21,2	51,2		49,6	30,0		36,0	71,0		69,0
	15	0,20	35,60	48,1		36,4	66,0		58,1	28,6		31,7	55,0		48,5
	16	0,27	43,92	49,3		32,8	69,5		60,8	23,5		33,0	48,0		54,0

Man kan emellertid knappast säga, att ens alla tre dessa serier provningar giva tillsammans något tillfredsställande svar om nickelstålets tekniska egenskaper, ty dels äro de mycket ofullständiga, dels strida de i vissa delar emot varandra, visande att experimentatorerna saknat övning i att rätt behandla detta nya material, dels, vilket är den viktigaste anmärkningen, hava de föga lagt sig vinn om att lägga huvudvikten vid de just i praktiken mest använda nickelstålsorterna. De i praktiken mycket använda sammansättningarna med 3, $3^1/_4$, $3^1/_2$, $3^3/_4$, 4 och $4^1/_4$ % nickel, med 0,35, 0,40 och 0,45 % kol samt med 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,65 % mangan hava av herrar Hadfield och

Tabell XXIV.

Experimentator	Prov n:r	Kolhalt %	Nickelhalt %	Sträckgräns kg pr mm²		Brottgräns kg pr mm²		Tänjbarhet %		Kontraktion %		Slagarbete m kg pr cm²		Hårdhetstal vid 2000 kgs belastning	
				Obehandlat	Härdat	Obehandlat	Härdat	Obehandlat	Härdat	Obehandlat	Härdat	Obehandlat	Härdat	Obehandlat	Härdat
Guillet	1	0,07	2,23	29,5	39,7	35,9	50,0	23,0	20,0	73,0	73,3	35,5	28	122	125
	2	0,13	5,23	30,4	32,3	41,0	60,6	25,0	6,0	74,0	52,2	32	15	135	170
	3	0,13	7,13	33,3	96,9	45,0	99,4	21,0	5,0	69,0	47,4	24	10	144	235
	4	0,13	10,10	52,6	97,9	65,1	109,4	8,0	5,0	53,8	47,4	3	8	183	296
	5	0,13	12,07	61,6	77,5	96,0	107,4	3,5	3,0	28,7	20,1	1	6	228	296
	6	0,11	15,17	86,3	87,0	97,9	106,9	0,5	5,5	0,0	46,5	0	4	242	250
	7	0,18	20,40	82,7	89,0	119,7	114,0	15,0	5,5	2,4	31,2	1	1	318	278
	8	0,16	25,85	47,2	—	97,0	—	5,0	—	3,5	—	5	0	165	250
	9	0,12	30,00	29,5	20,8	45,0	42,2	29,5	21,0	63,9	17,8	12,5	5	113	113
	10	0,21	1,97	39,5	45,5	41,8	73,6	21,0	10,3	59,2	56,6	21	12	146	370
	11	0,20	4,90	36,0	153,2	49,8	153,2	20,0	2,0	60,1	?	17,5	9	155	385
	12	0,23	7,59	40,9	137,1	57,2	137,1	20,0	2,5	56,6	?	17	9	152	385
	13	0,22	9,79	83,2	157,8	106,0	157,8	3,5	2,5	49,6	?	3	10	330	401
	14	0,22	12,27	87,4	144,0	124,0	144,0	4,0	2,5	40,0	?	6	10	370	436
	15	0,23	15,04	71,0	135,1	114,0	135,1	5,5	0,7	32,3	1,2	7	9	343	455
	16	0,22	20,01	88,5	112,8	127,2	112,8	4,5	1,2	5,0	2,5	8	8	306	370
	17	0,23	25,06	28,6	28,9	54,6	55,6	29,0	18,0	27,4	27,4	35	23	122	106
	18	0,19	27,87	33,4	34,9	56,0	56,1	32,0	31,5	71,3	71,3	38	32	111	111
	19*	0,80	2,20	45,5		89,0		15,7		24,1		3	2	234	567
	20	0,78	4,90	58,3		101,2		10,0		24,1		3	2	250	401
	21	0,82	7,09	83,5		83,5		0,0		0,0		3	2	519	497
	22	1,05	9,79	166,0		106,0		3,0		0,0		2	5	450	418
	23	0,76	12,27	83,0		83,0		0,5		0,0		5	5	278	401
	24	0,80	15,04	33,8	33,8	45,5	45,5	4,0	4,0	5,0	5,0	7	8	148	134
	25	0,80	20,01	36,7	26,8	56,7	62,2	9,5	14,3	18,4	19,1	10	18	141	119
	26	0,79	25,06	38,1	32,7	75,2	74,0	22,0	11,4	31,7	45,2	40	35	156	138
	27	0,81	29,96	48,1	36,2	79,7	73,5	32,5	25,0	50,0	24,8	40	30	174	153

Dumas negligerats, och även Guillet, som dock utsträckt sina undersökningar till även något högre kolhalter än de allra mjukaste, har dock ej alls behandlat just dessa sammansättningar. Vetenskapligt intressanta i metallografiskt avseende äro alla tre serierna och hör därför det utförliga behandlandet av dem till det läroämnet, medan här bör framhållas, att, som Sandelin säger, de lågprocentiga nickelstålen med låg kolhalt innehålla perlit. Ökas nickelhalten upp till och över 10 % Ni, övergår bildningen till martensit (samma strukturbildning som i härdat kolstål), och vid 13 % Ni består legeringen ute-

* Proven 19—23 sprungo sönder vid härdningen.

slutande av martensit. Vid 25 % Ni börjar γ-järn uppträda i martensiten, och vid 29 % Ni är martensiten försvunnen, och legeringen utgöres helt och hållet av γ-järn med nickeln i fast lösning. Strukturen är då polyedrisk. Detta nu sagda gäller huvudsakligen de obehandlade stålen. Om man sedan sammanför till en tabell dessa tre forskares siffror för obehandlade nickelstål av omkring 0,15 % kolhalt och jämför dem med 1:ma svensk basisk martins motsvarande sträckhållfasthetsvärden, kan man draga vissa slutsatser, bland vilka några här nedan anföras:

Tabell XXV.

Samlingstabell över Hadfields, Dumas' och Guillets provningar å kolfattiga nickelstål.

Textur	Nickelhalt i %	Sträckgräns i kg pr mm²	Brottgräns i kg pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %	Anmärkning
Perlit	0,00	21	42	39	72	svensk bas. martin av kolhalt 0,15 %
	0,27	29,9	48,8	35	56	Hadfield
	0,51	31,5	47,3	36	62	»
	0,95	39,4	52,0	31	53	»
	1,92	40,9	53,6	33	55	»
	1,97	39,5	41,8	21	59	Guillet
	2,23	29,5	35,9	23	73	»
	3,82	44,1	58,3	30	54	Hadfield
	4,90	36,0	49,8	20	60	Guillet
	5,23	30,4	41,0	25	74	»
	5,81	44,1	64,6	27	40	Hadfield
	6,00	40,9	58,3	23	56	Dumas
	7,13	33,3	45,0	21	69	Guillet
	7,59	40,9	57,2	20	57	»
	7,65	48,8	77,2	26	42	Hadfield
	8,28	58,8	63,4	19	56	Dumas
	9,51	66,2	134,0	9	18	Hadfield
	9,79	83,2	106,0	4	50	Guillet
	9,92	67,0	75,0	20	54	Dumas
Perlit o. martinsit	10,10	53,0	65,0	8	53	Guillet
	11,28	87,7	104,0	10	14	»
	11,39	102,0	148,0	12	24	Hadfield
	12,07	62,0	96,0	4	29	Guillet
	12,27	87,4	124,0	3	40	»
Martensit	13,60	89,0	114,0	5	6	Dumas
	15,04	71,0	114,0	6	32	Guillet
	15,17	86,3	97,9	1	0	»
	15,48	86,6	148,0	3	2	Hadfield
	15,92	107,0	123,0	7	16	Dumas
	19,64	74,0	143,5	7	6	Hadfield
	20,01	88,5	127,2	5	5	Guillet
	20,40	82,7	119,7	15	2	»

Samlingstabell över Hadfields, Dumas' och Guillets provningar å kolfattiga nickelstål. (Forts.)

Textur	Nickelhalt i %	Sträckgräns i kg pr mm²	Brottgräns i kg pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %	Anmärkning
Martensit	20,52	92,8	122,0	14	53	Dumas
	22,64	84,0	114,6	15	57	»
	24,40	66,5	108,2	22	51	»
	24,51	50,4	121,5	13	14	Hadfield
	24,72	40,7	122,0	14	22	Dumas
γ-järn och martensit	25,06	28,6	54,6	29	27	Guillet
	25,84	40,0	114,0	17	45	Dumas
	25,85	47,0	97,0	4	5	Guillet
	27,72	32,1	57,8	34	55	Dumas
	27,87	33,4	56,0	32	71	Guillet
γ-järn	29,07	39,4	59,8	33	44	Hadfield
	30,00	29,5	45,0	30	64	Guillet
	35,60	48,1	66,0	29	55	Dumas
	43,92	49,3	69,5	24	48	»

Såsom vi se av samlingstabellen kan man om de perlitiska stålen säga, att sträckgräns- och brottgränssiffrorna växa med nickelhalten och att de vid omkring 9 % Ni ungefär tredubblats emot i mjuk martin. Samtidigt ändras tänjbarhet och kontraktion, den förra avtager ned till ungefär hälften (ojämnheterna kunna här *delvis* tillskrivas olika mätlängder), den senare återigen förhåller sig så, att den genast vid redan blott $^1/_4$ % nickel får ett lågt värde för att sedan vackla upp och ned i regel med lägre värden än mjuk svensk basisk martins. Dessa låga värden bero på nickelstålets egenskap att vid sträckning förlängas hela stången utefter vilket åter beror på en annan dess egenskap att av kallbearbetning härdas, d. v. s. var helst i stången en förlängning inträffar = kallbearbetning, hårdnar den, och då sträckes annan mjukare del, även om denna har något grövre sektion (se vidare Sandelins föredrag). Emellertid giva de i samlingstabellen anförda siffrorna för nickelstålen omkring 3 %:s nickelhalt dåligt begrepp om detta ståls oerhörda seghet (Hadfields prov med 3,82 % Ni undantaget). De perlit-martensitiska stålen visa, likasom de rent martensitiska, i regel mycket hög sträckgräns, som dock vid dem med c:a 23 % Ni börjar märkbart avtaga. Alla dessa stål visa synnerligen hög brottgräns, låg tänjbarhet och mycket vacklande kontraktionssiffror. Stålen med 27 upp till 44 % Ni visa alla mycket vackra hållfasthetssiffror, och de skulle säkerligen finna stor användning i praktiken, ej rostande som de äro, om ej deras höga pris lade hinder i vägen. Studerar man Guillets tabell för sig, visa nickelstålen med hög kolhalt föga tilltalande hållfasthetsegenskaper undantagandes de med 2,20 och 4,90 % Ni, som visa god seghet. Man ser ock av samma tabell, att

en halt av c:a 3 à 3½ % Ni bör giva ett lågkolat stål med stor styrka vid slagprov, om ock tabellens siffror häri ej fullgott antyda nickelpansarplåtarnas stora seghet. Vad hårdheten angår, angiva de Guilletska siffrorna, att denna vid lågkolade stål stiger upp till 20 % Ni-halt och vid högkolade upp till åtminstone 7 % Ni. Av glödgningsproven gentemot de obehandlade proven visa Hadfields i regel försämring av både sträckgräns och brottgräns med ofta ingen eller föga förbättring av tänjbarhet och kontraktion. Dumas åter visserligen även försämring av de förra, men över huvud någon förbättring av tänjbarheten och höjning av kontraktionsprocenten. Dumas och Guillets härdningsprov visa (i medeltal) vid de lågkolade stålen höjning i sträck- och brottgräns upp till c:a 20 % nickelhalt med samtidig sänkning i tänjbarhet, vid högre nickelhalter åter har Dumas fått sänkta sträck- och brottgränser, medan vid Guillets prov föga ändringar inträffat. Dumas har vid stål med över 27 % Ni fått ökad tänjbarhet, Guillet minskad — tydligen till följd av olika behandlingssätt. För glödgat stål har Dumas fått något olika siffror för glödgning vid 400° temperatur än vid dessa vid 900° glödgade prov. En ej fullständig utredning angående olika glödgningstemperaturers inverkan hava vi av Longmuir (se Sandelins föredrag).

Waddell har funnit (se S. u. E. 1909 sid. 419) att ett för nitar avsett nickelstål med kol = 0,12—0,18 %, mangan = 0,55—0,65, fosfor = 0,03 %, svavel = 0,04 %, kisel = 0,04 % och nickel = 3,5 % visade 40 % större styrka vid slagprov och E. Preuss har (i S. u. E. 1909 sid. 423) lämnat analyser och hållfasthetssiffror å utmärkta nitstål, se tab. XXVI.

Tabell XXVI.

Stål tillverkat hos:	Ni %	Cr %	C %	Mn %	P %	S %	Skuvgräns i kg pr mm²	Proportionalitetsgräns i kg pr mm²	Sträckgräns i kg pr mm²	Brottgräns i kg pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %
Fr. Krupp, Essen . .	4,0	1,0	0,10	0,35	?	?	82	34	47	56	20	78,5
Bergische Stahlindustri, Remscheid . . .	3,2	0	0,15	0,80	0,01	0,03	75	30	36	51	24	64,0
Röschlingsche E. u. S.-Werke, Völklingen*	3,4	0	0,26	0,29	0,01	0,01	100	29	?	78,5	16,5	44,3
?	3,2	0	0,15	0,60	?	?	83	30,5	38	52	29	62,8

I Förenta Staterna tyckes nickelstål komma till allt större användning även som material för brobyggnader och har en staden New-Yorks brobyggnadskommission såsom lämpligaste materialet fastslagit ett nickelstål med: nickelhalt minst = 3,25 %, fosforhalt ej över = 0,06 %, svavelhalt högst 0,05 % samt med i oglödgat material draghållfasthet minst = 70,3 kg. pr mm², sträckgräns minst = 38,7 kg. pr

* Elektrostål.

mm^2, minsta tänjbarhetsprocent på 203 mm. mätlängd $= \frac{1125}{\text{brottbelastn.}}$, kontraktionen bör observeras, men ingen särskild procent fordras, böjning 180° kring en dorn dubbelt tjockare än försöksstången. Utglödgad provstång skall visa: draghållfasthet minst = 59,8 kg. pr mm^2, sträckgräns minst = 33,7 kg. pr mm^2, tänjbarhetsprocent på 203 mm. mätlängd minst $= \frac{1125}{\text{brottbelastn.}}$ Kontraktionen som ovan.

A. Jacobson anför dels såsom egna, dels såsom Waddells erfarenheter (S. u. E. 1909 sid. 744), att ett ståls nickelhalt bör rättas även efter de andra i detsamma ingående beståndsdelarna, isynnerhet efter kolhalten, som höjer hållfasthet och elasticitetsgräns, men minskar tänjbarheten, under det att nickeln gör järnet segare. Genom att använda olika förhållanden $\frac{C}{Ni}$ kan man så få fram en mängd stållegeringar med avsevärt olika förhållanden mellan hållfasthet, elasticitetsgräns och tänjbarhet, en sort passande för det ändamålet, en annan för ett annat o. s. v. Såsom exempel anför Jacobson tvenne nickelstål från Creuzot, båda med 3 % Ni, men med olika kolhalter, varav det ena visade: sträckgräns = 42 kg., brottgräns = 60 kg. och tänjbarhet = 13 %, det andra åter: sträckgräns 35 kg., brottgräns 50 kg. och tänjbarhet = 16 %. Även manganen måste man taga hänsyn till, alldenstund den höjer hållfastheten, men minskar segheten. Waddell emellertid säger, att densamma bör hålla sig mellan 0,6 och 0,8 %, samt att fosforn bör vara under 0,03 % och svavel- samt kiselhalterna under 0,04 %, men tillägger han, detta gäller i basisk ugn framställt nickelstål och torde på sur väg framställt sådant fordra i någon mån andra halter. Han ordinerar för brobyggnadsmateriel följande:

	För länkjärn, länkbultar o. lagerrullar.	För stång- o. profiljärn samt plåtar.	För nitar och skruvar.
Nickel %	4,25	3,50	3,50
Kol %	0,45	0,38	0,15
Fosfor % högst	0,03	0,03	0,03
Svavel % »	0,04	0,04	0,04
Kisel % »	0,04	0,04	0,04
Mangan % »	0,80	0,70	0,60
Brotthållfasthet (ej glödgat prov) kg. pr mm^2	81—91	74—84	49—56
Elasticitetsgräns » » » » » »	46	42	32
Tänjbarhet (mätlängd = 200 mm., diam. = 12 mm.) %	12	15	25

Vid fabrikationen av nickelstål och vid dess senare behandling får man emellertid iakttaga, att kisel-, mangan- och kolhalter ställas så,

att den stora benägenhet nickeln ger till grafit- och temperkolavskiljande bekämpas och likaså att värmebehandlingen rättas härefter, d. v. s. ej drives för högt eller för långvarigt.

8. Krom och järn.

a. Kvantiteten krom, som järn kan upptaga, är obegränsad, i det ren krom och rent järn under smältning blanda sig i vilka förhållanden som helst och vid stelnandet bibehålla fullständig blandning. Man har på senare tider tyckt sig genom kvantitativ analys finna att alla järnmalmer innehålla krom, åtminstone i påvisbara spår, och detta bekräftar ett antagande, vi här i Sverige under senare år gjort, att våra masugnsslaggers av emaljgraden vackra blåa färg orsakas av krom. Vid kromjärnsverket å Hisingen hava vi t. o. m. fått starkt mörkblått färgade glasslagger. Som krom fått en mycket stor användning inom ståltillverkningen, så söker man nu hålla statistisk reda på krommalmsbrytningen och angives den i 18:de bandet av Mineral Industry år 1908 hava uppgått till:

Bosnien . . .	164 ton	(dock för 1907)	
Canada . . .	6554 »		
Grekland . . .	11730 »	(1907)	
Indien	4821 »		
Nya Kaledonien	46890 »		
Nya Sydwales .	30 »	(1907)	
Ryssland . . .	9278 »		
Förenta Staterna	284 »		Summa 79751 ton.

Härtill bör läggas något litet malm från Norge. Enligt G. E. Gjuke skola flere krommalmsfyndigheter finnas i Härjedalens skogsbygder, troligen utgörande fortsättning på det vid norska gränsen i närheten av Rörås slutande malmstrecket, och torde dessa svenska fyndigheter få värde när inlandsbanan kommit till stånd. En stor del av krommalmen användes dock som infodringsmaterial i ugnar (se Allmän. met.) eller i kemisk fabrikation. Ferrokrom bereddes först i deglar, och räknar man dess användning inom ståltillverkningen från år 1865, då Baur började framställa kromverktygsstål. Emellertid tog kromståltillverkningen ej starkare fart förr än något före 1880-talet. I början av 1880-talet byggde vi här i Sverigv vårt första kromtackjärnsverk å Hisingen, vilket verk först 1909 nedlades. I detsamma tillverkades ett utmärkt rent och rikprocentigt kromjärn i Wittenströmska masutugnar (flamugnar) å grafitmassade bottnar. Detta verk nedlades till följd av att man numera kan tillverka kromjärnet billigare i elektriska ugnar. Även i masugnar har kromjärn framställts, men med mycket hög bränsleåtgång (3 ton pr ton metall) och med relativt låg kromhalt

(30 à 50 %, någon enda gång 60 %) samt för hög kolhalt, så att numera torde endast elektrisk framställning användas för kolhaltigt kromjärn och i liten skala aluminotermisk för kolfritt sådant. Kromen har stort föreningsbegär till kol. I Sverige hava vi en gång erhållit 60 %-igt kromjärn med 13,75 % C, men som man önskar så kolfri legering som möjligt, söker man så mycket sig göra låter redan i första smältningen hålla ned kolhalten och gör i ugnen omsmältningar av för kolrik metall med krommalm.

Steinhardt (The Mining Journal 1906 sid. 128) och Venator (S. u. E. 1908 sid. 152) offentliggöra följande analyser å krommalmer.

	Cr_2O_3	FeO	Al_2O_3	MgO	SiO_2	CaO	H_2O	MnO	P_2O_5	Fe_2O_3
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Från Turkiet . . .	51,70	14,20	14,10	14,30	3,50	1,70	0,30	—	—	—
» NyaKaledonien	55,70	13,20	16,20	9,80	0,20	0,25	1,05	0,20	0,05	—
» Kalifornien . .	52,68	11,77	11,40	16,23	3,40	—	0,94	0,15	—	3,52

Venator har dessutom samlat en del analysresultat av olika kromjärnssorter (S. u. E. 1908 sid. 152), vilka anföras här nedan.

	Cr	Fe	C	Si	Mn	S	P	
Kromjärn från masugn	45,40	44,90	8,6	0,6	0,4	0,05	0,05	
» » »	60,00	30,00	9,1	0,5	0,3	0,05	0,05	
» » »	41,39	—	7,12	0,21	1,84	—	0,052	
» » »	27,21	—	5,83	0,28	1,68	0,028	0,044	
» » »	13,50	—	5,34	0,14	2,30	0,021	0,04	
» » elektr. ugn	72,70	21,40	5,30	0,60	—	—	—	amerikanskt
» » » »	65,30	17,25	6,10	0,85	0,42	0,055	0,034	franskt
» » » »	66,80	24,45	7,05	0,72	0,35	0,020	0,020	tyskt
El. » raffinerat	62,45	36,70	0,56	0,15	—	0,009	0,031	»
» » »	67,50	32,10	0,60	0,12	0,02	0,010	0,010	»
» » »	66,12	32,87	0,53	0,25	0,00	0,010	0,010	franskt

*b. **Kromens förekomstsätt i järnet:*** Treitsche och Tammann betrakta de rena kromjärnlegeringarna såsom en kromjärnförening Fe_xCr_y, löst i vare sig Fe eller Cr, men ha ej kunnat reda ut föreningens antagliga formel. I kolkromjärnlegeringarna antager man dubbelkarbider av växlande sammansättningar, så L. Guillet (se Mineral Resources of the U. S. A. 1908 sid. 753) i 57—59 %-igt ferrokrom $Fe_3C\ 3Cr_3C_2$, i kromstål åter $2Fe_3C\ Cr_5C_2$, $3Fe_3C\ 2Cr_3C_2$ och $2Fe_3C\ 3Cr_3C_2$, men troligen kunna flere förekomma, dels att döma av ovannämnda mycket kolstarka svenska kromjärnssort, dels tro sig Arnold och Read i kromfattigare legeringar funnit även sammansättningarna: $20Fe_3C\ Cr_3C_2$, $12Fe_3C\ Cr_3C_2$, $4Fe_3C\ 3Cr_3C_2\ Cr_4C$, $Fe_3C\ Cr_3C_2\ Cr_4C$ och $2Fe_3C\ 3Cr_4C$.

*c. **Kromens inverkan på järnets tekniska egenskaper:***

På tackjärnets: Krom i tackjärn ökar dettas förmåga att kolbinda sig, såsom vi förut sett, men ökar på samma gång i högst

betydande grad tackjärnets förmåga att före och vid stelnandet kvarhålla kolet såsom kemiskt bundet, d. v. s. den motverkar grafitbildningen. Kromen stegrar tackjärnets hårdhet och hållfasthet, gör dess färg mera silvervit vid höga kromhalter, men minskar avsevärt dess seghet, så fort kromhalten överstiger 1 %. Högprocentiga kromjärnssorter rosta ej ens i fuktighetsmättad ljum atmosfär och äro föga angripbara av syror.

På stålets egenskaper. Guillet indelar de »rena kromstålen» i perlitiska med upp till 7 % Cr, martensitiska mellan 7—20 % Cr och de dubbelkarbidiska med över 20 % Cr. De förstnämnda besitta i obehandlat tillstånd relativt stor hållfasthet, hårdhet och sprödhet. Den andra gruppen mycket stor draghållfasthet, men ringa slaghållfasthet, tänjbarhet och kontraktionsförmåga. Den sistnämnda ringa hållfasthet, medelstor tänjbarhet och visa hög kontraktion. Rena kromstål tillverkas i regel med kromhalter växlande mellan 0,75 och 1,25 %, sällan med mera krom, emedan densamma, om ej nickel samtidigt finnes närvarande, meddelar stålet benägenhet att spricka vid härdningen. Välbehandlade kromstål visa finare gry än kolstålen. Tillverkningen av kromstål sker vanligen så att till ett färdigfärskat stålbad sättes rikprocentigt kromtackjärn, men några få stålverk sätta in krommalm med tackjärnet i martinugnar och låta tackjärnets kol utreducera kromen, ett sätt varmed det dock är svårt få exakt kromhalt. Kromstålen få efter lämplig härdning, ibland dubbelhärdning, en synnerligen skarp och god egg med bibehållen kolstålsseghet. De äro till följd av sin i vällmedel svårlösliga glödspån svåra att välla vid. Se vidare under specialstål.

9. Wolfram och järn.

a. Wolfram och kvantiteten därav, som järn kan upptaga tyckes vara obegränsad, ehuru sammansmältandet och blandandet ej går så synnerligen lätt för sig till följd av wolframens stora spec. vikt. Vid höga wolframhalter kommer härtill wolframens synnerligen höga smältningstemperatur (3080° enl. Mineral Resources of the U. S. A.), som gör 90 %-igt wolframjärn osmältbart i vanliga ugnar.

Som allra största delen av den wolframmalm, som brytes, användes för tillverkning av stål och i förhållande härtill mycket litet för kemiska preparat och till elektrotekniska lampor, så faller och stiger såväl wolframmalmens pris som brytningskvantiteten med järntillverkningen och så kom det sig att år 1908 brytningen var ovanligt låg. 1907 åter kunde anses såsom ett normalt år ehuru med den mot för 1906 för specialståltillverkningens tilltagande naturliga ökningen. Enligt Mineral Resources of the U. S. A. 1908 var världsbrytningen av

wolframmalm uträknad i ton efter en normalhalt av 60 % wolframsyra år 1905—3610 t., 1906—3919 t. och för år 1907—5498 ton, därav i:

Sydafrika . . .	191 ton	Österrike . . .	45 ton
Filippinerna . .	81 »	England	327 »
Siam	9 »	Frankrike . . .	61 »
Nya Sydwales . .	409 »	Tyskland . . .	61 »
Norra Australien .	161 »	Italien	16 »
Queensland . . .	638 »	Portugal	637 »
Tasmanien . . .	42 »	Spanien	273 »
Västra Australien .	1 »	Nya Seeland . .	139 »
Ostindien . . .	5 »	Förenta Staterna .	1488 »
Bolivia	454 »	Argentina . . .	460 »

Venator har i S. u. E. 1908 sid. 256 lämnat analyser på några wolframmalmer:

	WO_3	SnO_2	MnO	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	CuO	CO_2	P	S
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Spansk	64,13	0,68	6,42	10,88	7,71	5,32	1,21	3,16	0,38	—	—	—
Australisk	64,23	0,57	1,31	16,71	3,21	2,31	1,21	7,16	1,21	2,05	—	—
Böhmisk	71,76	—	16,30	7,60	1,69	—	2,28	—	—	—	—	—
Amerikansk	63,20	—	1,10	20,36	15,00	—	—	—	—	—	sp.	0,50

Framställningen av metallen sker vanligen på så sätt att malmen efter anrikning (oftast numera i magnetiska separatorer) males till fint pulver, som blandas med pulver av vattenfri soda, varefter massan smältes och smältan urlakas med vatten. Lösningen, som innehåller natriumwolframat, surgöres med saltsyra. Den därvid fallande wolframsyran blandas väl med finmalet träkolspulver och reduceras i deglar till wolframpulver av vanligen 98—99 % wolframhalt. På senare år har man dock börjat framställa ferrowolfram i elektriska ugnar, vilket är enklare, i det den anrikade och finmalda malmen endast blandas med lämpliga beskickningsmedel och kol och smältes. Venator omtalar följande analyser på wolframmetall och ferrowolfram:

	W	Si	C	Al	Fe	Mg	Mn	S	P	O	Andra ämn.
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Eng. wolframpulv.	97,02	0,72	0,32	0,47	0,61	0,32	0,16	—	—	0,33	—
» »	98,63	0,32	0,12	0,21	0,59	0,13	—	—	—	—	—
Tysk ferrowolfram	51,74	0,85	2,87	0,94	43,20	—	0,47	0,10	0,051	—	—
» »	85,79	0,06	0,60	—	13,50	—	—	0,03	0,003	—	—
» »	76,90	1,90	3,30	—	17,95	—	—	—	0,013	—	—
» »	73,05	0,48	1,90	—	22,55	—	0,34	0,05	0,020	—	1,43
Fransk »	64,70	0,33	1,56	0,09	33,00	—	0,43	0,01	0,007	—	—
» raff. »	87,40	0,13	0,38	—	12,00	—	—	0,07	0,009	—	—
Tysk » »*	85,00	0,45	0,30	—	13,40	0,25	0,45	0,01	—	—	—

* S. u. E. 1909.

b. Wolframs förekomstsätt i järn och inverkan på dettas egenskaper: Angående wolframs inverkan på tackjärns egenskaper är föga av intresse offentliggjort, men att den höjer dettas hårdhet och hållfasthet samt minskar dess seghet tyckes vara obestridligt. På mängden av upptaget kol har den föga inverkan. Vid ståltillverkningen åter har wolframtillsättningen länge spelat en stor roll och redan 1788 skriver Sven Rinman om den då kort förut upptäckta metallen: »Den skär glas som härdat stål, samt förmodas därför vara lämplig för hårda verktyg och i så måtto kunna bidraga till järn- och stålmanufakturens förbättring.» Den började också ganska tidigt användas såsom stålförbättringsmedel isynnerhet i Sheffield, men riktigt stor användning fick den egentligen först i och med Mushets år 1861 gjorda upptäckt, att man genom att öka stålens wolframhalt upp till 8 % och över erhölle s. k. självhärdande stål.

Harkort har enl. »Hütte» trott sig kunna konstatera en förening Fe_3W och enl. Guillet kunna de rena wolframstålen indelas i:

1:o Stål med perlit,
2:o » » » och dubbelkarbider med omkring 10 % W,
3:o » » dubbelkarbider.

I den förstnämnda gruppen, vars stål vid glödgning och härdning förhålla sig snarlikt vanliga kolstål ehuru med större egenskapsskillnader mellan ohärdade och härdade, stiger sträckhållfastheten och hårdheten starkt med wolframhalten, medan däremot slaghållfasthet, tänjbarhet och kontraktion lika starkt avtaga. I de dubbelkarbidiska stålen inverkar en höjning av wolframhalten föga, men däremot en dylik av kolhalten väsentligt till höjning av sträckhållfasthet och hårdhet, medan slaghållfasthet, tänjbarhet och seghet äro små. Redan vid en halt av wolfram av 2 % skall en viss självhärdning kunna märkas, men mest använda såsom självhärdande rena wolframstål torde de med halter mellan 5 och 15 % W vara och isynnerhet de mellan 5 och 9 %. Såsom exempel på goda wolframstål kunna nedannämnda anföras:

	W %	C %	Si %	Mn %
Mushets	9,72	1,71	1,01	1,80
Poldihüttes	9,00	1,78	0,95	1,85
Bismarckhüttes	9,50	2,04	1,08	1,78
Allevards	5,52	0,59	?	0,32
Assoillys	2,72	0,76	?	0,44
Sheffields	8,81	0,42	0,76	2,57
Commentrys	3,00	1,00	?	?
Böhlers	7,75	1,96	0,34	1,98

Självhärdande wolframstål är sprött, varför det använt såsom svarvstål måste givas egg av 90° vinkel eller understödas med stång av vanligt segt lågprocentigt kolstål.

Den redan många gånger i denna bok omnämnda R. A. Hadfield har 1903 även offentliggjort en serie försök med olika sammansatta wolframstål, vilken redogörelse på utmärktaste sätt kritiskt refererats av Ledebur i S. u. E., 1903, s. 1309, och här nedan i korthet sammanfattas:

Hadfield utförde tyvärr sina prov medelst tillsatser av en kolrik wolframjärnlegering, varigenom vid stigande wolframhalt oundvikligen ock erhölls stigande kolhalt i stålet, görande provserien vida mindre utslagsgivande, än om han begagnat sig av på aluminotermisk väg framställd wolfram renad genom omsmältning med wolframsyra.

Den använda legeringens sammansättning var:

	Fe	W	C	Si	S	P	Mn	Cr
	%	%	%	%	%	%	%	%
Wolframtackjärn	5,35	79,50	2,87	0,75	0,05	0,02	1,30	0,16

Sträckprovsförsöken framgå av nedanstående tabell.

Tabell XXVII.

Provnummer	Analys						Sträckprov					
							Elasticitetsgräns i kg pr mm²		Hållfasthet i kg pr mm²		Tänjbarhet i %	
	W	C	Si	S	P	Mn	Oglödgat prov	Glödgat prov	Oglödgat prov	Glödgat prov	Oglödgat prov	Glödgat prov
	%	%	%	%	%	%						
1	0,10	0,13	0,03	0,12	0,06	0,22	31,40	21,98	39,25	34,54	35	43
2	0,20	0,15	0,04	ej best.	ej best.	0,22	34,54	25,92	42,39	34,54	40	46
3	0,40	0,15	0,07	0,10	0,08	0,29	37,68	28,26	48,67	39,25	33	39
4	0,35	0,13	0,04	ej best.	ej best.	0,18	31,40	25,12	42,39	36,11	37	45
5	0,81	0,21	0,05	»	»	0,18	45,53	28,26	50,24	41,22	35	37
6	1,20	0,22	0,05	»	»	0,18	39,25	26,69	50,24	42,39	25	37
7	1,49	0,21	0,07	0,12	0,07	0,25	31,40	30,63	53,38	44,60	26	37
8	3,40	0,28	0,06	0,10	0,06	0,28	48,67	36,11	64,37	53,38	29	34
9	7,47	0,38	0,11	ej best.	ej best.	0,20	58,09	37,68	98,91	62,80	14	25
10	8,33	0,46	0,08	»	0,06	0,28	70,65	39,25	100,48	65,94	2	23
11	10,56	0,63	0,10	»	ej best.	0,25	86,35	43,96	125,60	75,36	5	10
12	15,65	0,76	0,19	»	»	0,28	ej best.	42,39	ej best.	89,49	ej best.	3
13	16,18	0,78	0,15	0,15	0,04	0,27	»	42,39	»	67,51	»	1

Samtliga provs smidbarhet var något mindre än vanligt gott koljärns och kolståls av motsvarande kolhalter, helt naturligt för övrigt, då i dessa prov svavelhalten var mycket för stor i förhållande till manganhalten. Betraktas tabellens siffror gruppvis, ordnade i något så när lika kolhalter i varje grupp, framträder fullt tydligt, att wolfram höjer elasticitetsgränsen, ökar hållfastheten och minskar tänjbarheten, ehuru intetdera på långt när i samma grad, som en lika stor ökning i kolhalten åstadkommer. Och ej ens, såsom Ledebur ock påpekar, i samma grad, som motsvarande halter av kisel, aluminium och krom göra.

Wolframs huvudsakliga verkan ligger således i hårdhetens ökande. Wolframstålen äro synnerligen utmärkta till magneter med stadigblivande magnetism.

Se härom vidare under specialstål.

10. Molybden och järn.

Om molybden såsom tillsatsmedel för järn skrevs under de första åren av 1900-talet mycket förhoppningsfullt, och det fanns knappast någon tillverkare av verktygsstål, som ej då gjorde försök i denna väg, och ännu ser man allt ibland offentliggöranden om nya eller fortsatta experiment att framställa för ena eller andra ändamålet lämpliga molybdenstål. Så säges ännu i sista årgången av Mineral resources of the U. S. A.: »Molybden har blivit använt i fabrikationen av verktygsstål, och flere stålverk i Förenta Staterna sägas tillverka molybdenstål», men samtidigt omtalas, att molybdenmalmsbrytningen där i landet upphört och antydes, att man där gjort samma erfarenheter, som man gjort här i Sverige, vid ett av våra degelstålverk, varom nedan anföres.

Den förste, som framställde metallen, var år 1753 assessor Qwist i svenska bergskollegium av molybdenglans från Bispbergs gruvor, medan Scheele något förut framställt molybdensyra av glans, tillvaratagen ur Riddarhyttemalmer. I en av dessa malmer finnes den ännu rätt rikligt, och användes denna malm bland annat vid hyttan i Köping. Venator säger, att försöken med molybden såsom stålförbättringsmedel började 1898.

1906 säger Vigouroux i Comptes rendus, att han genom sammansmältande av ren molybden och rent järn funnit, att dessa upp till 75,5 % Mo blanda sig fullkomligt i vilka proportioner som helst, men över denna molybdenhalt bli smältorna ej homogena. Under den hålla de vid olika halter följande tydliga kemiska föreningar i grundmassa av rent järn: Fe_2Mo, Fe_3Mo, FeMo och $FeMo_2$.

Venator lämnar i S. u. E. 1908 sid. 258 en del analyser på i handeln förekommande molybden och ferromolybdenlegeringar under omtalande av svårigheterna vid att få nog svavel- och kolrena produkter. Analyserna visa i %:

	Mo	C	Fe	Si	Al	S	P	Cr
Vanlig ferromolybden . . .	52,30	1,87	46	0,17	sp.	0,03	0,03	—
Raffinerad ferromolybden . .	52,00	0,34	47	0,09	—	0,01	0,009	—
Högprocentig » . .	84,80	2,27	13,00	0,11	—	0,02	0,007	—
Kolhaltig » . .	87,5	6,30	6,40	—	—	—	—	—
Kolren » . .	75,80	under 2	—	—	—	0,50	—	—
Ferromolybden från Weil & Reinhardt	80	0,30	15,40	0,12	—	0,05	0,010	0,73
Ferromolybden från Weil & Reinhardt	75,53	3,08	20,40	0,12	—	0,05	0,010	0,73

Lautsch & Tammann hava visat, att molybdenstålen kunna indelas i likhet med wolframstålen, men vid de förra inträffar övergången mellan perlitiska och dubbelkarbidiska stål redan vid 3 % Mo i st. f. vid 10 % W. Såsom redan i Wiborghs Metallurgi anfördes hade våra svenska verk också funnit, att endast tredjedelen så mycket molybden erfordrades för att få stål av samma egenskaper som med wolfram. De senare erfarenheterna vid ett av våra degelstålsverk ha emellertid varit, att molybdenstålet ställer sig omöjligt, dels därför att de svavelrena molybdenlegeringarnas pris är så högt, att molybdenstålet blir dyrare än wolframstålet, trots den mindre metallåtgången, dels är molybdenstålet svårare att bearbeta, känsligare i behandlingen, och spricker lätt såväl under denna som sedan det färdighärdats. Om försöken att använda metallen såsom tillsatsmedel i de mera sammansatta specialstålen se under dessa.

11. Vanadin och järn.

a. Vanadin och kvantiteten därav som järn kan upptaga: Enligt Cleve upptäcktes metallen första gången av del Rio i rothbleierz från Mexiko och fick av honom namnet erythronium, men förväxlades sedan med krom, till dess professor Sefström 1830 återupptäckte den i smidesjärn från Taberg i Småland. Denna upptäckt tillkom på så sätt att bergmästar Carl Rinman i början av 1820-talet påvisat och Sefström 1825 fann riktigt, att kallbräckt stångjärn doppat i saltsyra bekläddes på ytan med ett svart pulver. När Sefström 1830 försökte detta prov på det i stället i kallt tillstånd synnerligen sega Tabergsstångjärnet, fick han ett annat pulverformigt beslag, vilket han för dess olika utseendes skull analyserade och fann innehålla en ny metall, som han gav namnet vanadin. Vanadin är sedan funnen utom i Tabergsmalmen även i de andra smålandsmalmerna vid Inglamåla och Långhult, i Ulvömalmen och av Grabe nyligen i alla av honom analyserade svenska titanhaltiga järnmalmer. I samtliga förekommer den dock i endast ringa mängd, mest kanske i Ulvömalmen, där den i anrikad malm lär komma upp till nära 1 % V. Likaså förefinnes vanadin i våra sjö- och myrmalmer, i Skånes leror m. m. Sedan man på senare år funnit vilken god och stor inverkan vanadinen har på järn och stål, efterspanas vanadinmalmerna ivrigt överallt, och nu känner man till flere rika sådana malmer, varå av en del analyser här nedan anföras efter Venator (S. u. E. 1908 sid. 258) och J. J. Bravo (S. u. E. 1908 sid. 566) följande två:

	V_2O_5	PbO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	MnO	As_2O_5	P_2O_5	CuO	S	MoO_2
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Spansk malm	12,20	51,27	15,30	10,14	3,15	2,29	1,40	1,10	0,50	—	—
Peruansk »	V										
från Lasco	16,08	—	10,88	3,50	3,85	—	—	—	—	60,61	0,50

Som vanadinen är mycket svårsmält, c:a 1750° (se Sandelins föredrag J. K. A. 1911), användes den helst i form av ferrovanadin vid tillverkning av vanadinstål och angiver Venator några analyser å sådana legeringar från franska verk:

Fe	%	51,00	45,84	64,22
C	»	1,07	1,04	1,42
V	»	47,50	52,80	34,10
Si	»	0,09	0,09	0,12
Mn	»	0,07	—	—
Cu	»	0,01	—	—
S	»	0,009	0,025	0,03
P	»	—	0,020	0,009

H. V. Hadfield säger (S. u. E. 1911 sid. 866), att vanadinen åtminstone i gjutjärn förekommer i form av någon kemisk förening och flere andra forskare säga, att i stål med låga vanadinhalter vanadinen förefinnes i fast lösning och som karbid. Pütz påstår sig hava funnit en sådan karbid med 3,45 % C, således motsvarande ungefär V_6C.

b. Vanadinens inverkan på järnets tekniska egenskaper:

På tackjärnets: Vanadinen tyckes hava en viss ehuru obetydlig inverkan till minskning av grafitavskiljandet, åtminstone efter Hadfields försök att döma (S. u. E. 1911 sid. 866). Vad dess inverkan på tackjärnets hållfasthetsegenskaper angår, så hava enl. Moldenke även mycket små vanadintillsatser en utomordentligt välgörande inverkan (se S. u. E. 1908 sid. 918 och 595). Från Moldenkes i ganska omfattande skala med vanligt i praktiken använda gjutjärnsblandningar utförda försök torde vara skäl anföra följande:

Material	Mangan- och vanadintillsats	Brottmodul i kg pr mm²		
		mininum	maximum	medelvärde
Maskingjutgods	0,0 %	22,81	30,62	27,20
»	0,05 » i stycken	25,91	32,45	28,41
»	0,10 » » »	22,95	39,13	29,95
»	0,15 » » »	35,21	40,37	37,80
»	0,50 » Mn o. 0,0 % V	26,26	28,40	27,01
»	0,05 » V i pulver	26,09	28,98	27,21
»	0,5 » Mn o. 0,05 % V i pulver	28,88	30,43	29,37
»	0,10 » V » »	30,81	34,29	32,56
»	0,5 » Mn o. 0,10 % V » »	33,57	36,33	34,86
»	0,15 » V » »	30,92	33,71	32,39
Vagnshjulgods	0,009 » V » »	14,33	23,49	19,70
»	0,05 » V » »	40,56	42,11	41,71
»	0,5 » Mn o. 0,05 % V » »	38,18	42,52	40,82
»	0,10 » V » »	36,30	40,02	37,59
»	0,5 » Mn o. 0,10 % V » »	40,82	44,00	41,74
»	0,15 » V » »	35,34	47,58	41,65
»	0,5 » Mn o. 0,15 % V » »	51,38	55,28	53,90

Under det att man bör akta sig använda kolrik ferrovanadin vid ståltillverkningen, anbefaller Moldenke just sådan vid tackjärnsgjutgodsfabrikationen. Han använde en dylik med 14,67 % V, 6,36 % C och 0,18 % Si. Av proven anser han framgå, att redan en tillsats av endast 0,05 % V fullkomligt desoxiderar förbränt gjutjärn, och att man med något högre halter får gjutjärnets hållfasthetssiffror betydligt höjda. Den styckeformiga vanadinen tyckes hava löst sig mindre väl och därför verkat svagare, och kraftigaste verkan framträder såsom var att vänta av vanadintillsättningarna i det kokillhärdade godset (vagnshjulen). Varför vanadinen emellertid ej fått någon vidsträcktare användning inom tackjärnsgjuteriskötseln är väl att tillräkna dess alltför höga pris, vilket för mycket höjer tillverkningskostnaden trots de små tillsatserna.

På stålets: Här är vanadinens verkan lika stor och större än t. o. m. vid det kokillhärdade gjutet, och som stålets grundpris är så mycket högre än gjutjärnets, spelar vanadinens inköpspris vid ståltillverkningen mindre roll än vid tackjärnsgjutgodsfabrikationen, och därför har vanadinen vid den förra redan fått stor betydelse, en betydelse, som med varje år som går tyckes stiga. Visserligen äro omdömena ännu ej enhetliga, och vi känna svenska tillverkare av 1:sta klassens verktygsstål, som förklara sig hava funnit, att de utan vanadintillsättning få lika gott om ej bättre stål än med dylik och i alla händelser så pass mycket billigare, att vanadintillsättning ej lönar sig. Skälet till detta olika omdöme skola vi söka, sedan vi genomgått en del siffror visande vad nytta vanadinen i somliga fall kan medföra.*

Den, som på utförligaste sätt undersökt stigande vanadinhalters inverkan på vanliga mjuka och hårda stålsorters hållfasthetsegenskaper, torde vara Guillet, och är vid hans serier endast att beklaga, att han ej även använt de i praktiken mest förekommande lägre vanadintillsättningarna. Hans serier återfinnas i tabellen här nedan, men har för jämförelse i hans tabell insatts siffror även för vanligt kolstål.

Såsom av detta synes fick Guillet fram ökning i sträckgräns- och brottgränssiffrorna för det mjuka stålet upp till 1 % V både vid härdade och ohärdade prov; i det hårda åter upp till 1,5 % V vid ohärdade och till 0,80 % V i de härdade. Tänjbarheten faller till ungefär samma gränser och stiger sedan åter. Vid jämförelserna med vanligt kolstål är det egentligen hårdhetssiffrorna, som äro de anmärkningsvärdaste, och isynnerhet vid de ohärdade proven, visande vanadinstålens överlägsenhet.

Guillet fann, att även vanadinstålen låta indela sig i perlitiska och dubbelkarbidiska; vid de mjuka stålen med gränsskillnaden vid c:a

* Om vanadinens verkan på stål se vidare S. u. E. 1911 sid 903, Metallurgie 1908 sid. 30, d:o 1908 sid. 167. B. Monthly Bulletin o. t. A. J. o. Mining Engineers 1907 sid. 727 och Sandelins föredrag J. K. A. 1911.

Tabell XXVIII.

Provets n:o	Sammansättning i %						Sträckgräns i kg pr mm²		Brottgräns i kg pr mm²		Tänjbarhet i %		Kontraktion i %		Slagarbete i mkg pr cm²		Brinells hårdhetstal	
	V	C	Mn	Si	S	P	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat	ohärdat	härdat
	—	0,11	0,29	0,32	0,046	0,063	30,40	30,20	40,00	55,40	32	20	70,0	61,0	31	24	113	147
1	0,29	0,11	0,13	0,11	0,031	0,031	30,2	49,2	43,8	54,6	24	23	62,5	66,5	30	10	140	156
2	0,60	0,13	0,37	0,19	0,021	0,058	41,1	41,4	52,9	68,5	20	20	69,3	63,0	20	13	159	163
3	0,75	0,14	0,45	0,30	0,027	0,038	43,4	49,2	57,7	73,1	16	18	58,2	61,2	19	11	217	217
4	1,04	0,11	0,38	0,26	0,021	0,037	45,4	61,8	61,1	95,6	15	12	70,8	60,0	20	12	217	207
5	1,54	0,13	0,38	0,25	0,015	0,048	44,8	52,1	56,4	61,7	19	14	72,5	67,1	30	18	159	156
6	2,12	0,20	sp.	0,22	0,005	0,015	39,4	42,3	50,4	55,4	15	12	67,8	60,0	25	25	159	156
7	2,98	0,19	0,86	0,29	0,025	0,082	26,8	29,5	47,1	45,6	26	21	73,8	61,0	22	0	99	?
8	5,37	0,38	0,20	0,61	0,023	0,067	25,5	26,3	46 5	44,3	17	27	61,0	58,4	6	3	143	121
9	7,40	0,13	sp.	0,41	0,015	0,112	24,8	25,9	43,8	42,5	30	30	62,7	65,8	2	3	109	99
10	10,28	0,12	sp.	0,54	0,016	0,160	25,3	26,2	46,5	46,9	31	22	53,1	55,8	4	2	118	124
	—	0,87	0,46	1,35	0,024	0,020	38,5	68,9	82,1	128,0	10	8	20,0	8	3	1	217	532
1	0,25	0,82	0,45	0,33	0,037	0,031	43,8	103,0	88,5	115,3	8	6	20,3	12,0	3	0	286	600
2	0,60	0,73	0,56	0,41	0,028	0,062	47,4	105,1	92,3	118,2	8	9	22,4	20,0	4	0	302	512
3	0,80	0,89	0,33	0,30	0,031	0,038	56,2	112,2	96,2	130,1	4	3	19,3	10,3	4	0	332	555
4	1,15	0,67	0,50	0,25	0,019	0,038	58,3	101,3	87,5	121,3	8	5	26,2	6,5	3	0	286	532
5	1,58	0,62	0,34	0,29	0,021	0,053	64,1	101,1	94,9	112,2	9	13	31,3	13	3	3	262	321
6	2,89	0,95	0,22	0,42	0,025	0,016	48,1	75,6	91,4	105,3	9	12	33,9	18,5	2	0	286	652
7	3,07	0,67	0,70	0,36	0,022	0,058	58,2	67,7	85,2	99,7	16	3	28,5	6,5	3	0	262	321
8	4,99	1,08	0,45	0,46	0,013	0,020	55,3	58,7	98,9	95,3	14	11	25,3	41,2	5	0	255	578
9	7,85	0,74	0,31	0,75	0,046	0,122	28,9	35,8	51,7	45.8	20	28	34,3	41,2	3	2	143	105
10	10,25	0,86	0,56	0,99	0,048	0,049	31,6	42,3	62,5	58,2	12	18	37,5	33,2	0	0	179	187

0,7 % V och vid de hårda med gränsen vid c:a 3 % V. Att få högprocentiga vanadinstål av jämn sammansättning bjuder emellertid nära nog oövervinnliga svårigheter enligt vad flerfaldiga försök visat, och anser Guillet detta bero på vanadinkarbidens låga sp. vikt, som orsakar, att den vill uppflyta till götenas överända. Som det dock ej kan komma i fråga att med vanadinens höga pris fabricera högprocentiga vanadinstål, har saken mindre intresse. Vid de s. k. rena vanadinstålen nöjer man sig med 0,05—0,20 % V-tillsatser, och vid dem slipper man i allmänhet ifrån denna ojämnhet. Sandelin anför (se föredraget J. K. A. 1911) siffror för två vanadinstål och ett kolstål av ungefär, undantagandes vanadinhalten, likartad sammansättning, de två nedan först nämnda utglödgade vid 800°, det sista vid 900°.

	C	V	Mn	Si	S	P	Sträck-gräns kg. mm²	Brott-gräns kg. mm²	Tänj-barhet %	Kon-traktion %
Kolstålet	0,22	—	0,24	0,08	0,020	0,015	36,3	44,5	37,5	64,5
Vanadinstål	0,20	0,27	0,48	0,09	0,020	0,015	44,3	56,9	29,5	59,4
»	0,11	0,29	0,13	0,11	0,031	0,031	30,2	43,8	24,0	62,5

Det ena vanadinstålet visade således förbättrade, det andra försämrade hållfasthetsegenskaper. Sandelin anför ock ett yttrande från Carnegie-verken om vanadinstålen, vilket yttrande torde kunna förklara nyss nämnda tydliga olikhet nämligen:

Vanadinstålen ha förmågan att genom värmebehandling i högre grad undergå förbättring i sina mekaniska egenskaper än något annat stål, men denna dess egenskap gör en exakt upphettning och avkylning till en nödvändighet. För att ernå fullt tillfredsställande resultat måste man därför exakt kunna bestämma temperaturen genom användande av en noggrann pyrometer och tillse, att upphettningen handhaves så, att det behandlade stycket alltigenom har en likformig temperatur. —

Offentliggjorda finnas emellertid även om rena vanadinstål med låga vanadinhalter mycket bättre hållfasthetssiffror än vid ovanstående vanadinstål med 0,27 % V, om man nu fullt kan lita på dem. Vid de mera komplicerade stålen tyckes emellertid vanadinen mindre omdisputerat spela en t. o. m. större roll (se under specialstål).

12. Titan och järn.

a. ***Titan och kvantiteten därav, som järn kan upptaga:*** Många av våra svenska järnmalmer hålla avsevärda mängder titansyra, och isynnerhet utmärka sig härför Smålands och Norrlands, så att t. ex. Långhults håller 8,50 % TiO_2, Alnö 12,14 % TiO_2, Ulvö 10,06 % TiO_2, Ruotivare 14,25 % TiO_2 och Sörlia i oanrikat prov 12 % och i anrikat

24,02 % TiO_2, således den sista 14,4 % titan. En del norska järnmalmer hålla ännu mera, enl. Vogt till omkring 40 % TiO_2 uppe i Ekersund-Sogndalsfältet, och mycket titanrika äro enl. Haanel även en mängd av de kanadensiska malmerna. Likaså är förhållandet med många australiska.* N. G. Sefström säger redan i 1829 års Jernkontorets Annaler, att titan förekommer mycket ofta i de svenska malmerna, och han beskriver där en mängd smältningar gjorda i degel vid Falu bergskola, varvid han lyckades få in avsevärda titanmängder i järnet, och omtalar ett stål, tillverkat i koldegel av rutil och järnmalm hållande Ti = 4,78 %, Fe = 93,04 % och C = 2,17 %, som var smidbart, »men så hårt, att det gjorde intryck i stålstädet vid smidningen». Sedan finner man i 1846 års J. K. A. beskrivning över Anocoffs försök att framställa olika degelstål, däribland med titan, men även med platina, silver, guld, mangan, krom, aluminium, kalcium, magnesium och kisel; dock analyserades ej de erhållna stålsorterna.

Så fort som Berzelius påvisat titanens förekomst i ett par såsom synnerligen koldryga kända svenska järnmalmer, började Sefström prova flere sådana på titan, och då han i de koldrygaste fann titansyra, så fingo redan 1830-talets svenska bergsmän klart för sig, att titanen är en föga önskvärd ledsagare vid järnmalmer. Man fann, att den ger svart pösande slagg, beklädd med en kopparröd hinna, vitt tackjärn, ofta kok i stället och dryg kolåtgång.

Fruktan för titanen gick till sist så långt att man ansåg malm med t. o. m. blott ett par tiondels procent TiO_2 såsom farlig att taga med i beskickningen, men denna fruktan har på senare tider visat sig mycket överdriven. Visserligen hava de titanhaltigaste beskickningar, som vi måst arbeta med, alltid varit oerhört koldryga, såsom Bollsta Ulföbeskickning och Smålandshyttornas av Tabergsmalm. Men något och ej minsta orsaken till dessa beskickningars koldryghet får säkerligen dock skyllas dels på desammas ringa järnhalt (Ulfömalmen håller enligt Tamm 34,2 % och Taberg enligt Fernqvist 31,45 % Fe i generalprov), dels ock på sagda malmers stora täthet och finkornighet, som, alldenstund de omtalade hyttorna saknade goda rostugnar, gjorde malmbitarna i masugnen alldeles ogenomträngliga för gaserna, varför en stor del av reduktionen skedde med kol direkt.

Som, såsom förut, sagts många av våra rikaste järnmalmsfält — isynnerhet de norrländska — innehålla malmer med ganska mycket titan, är det av stor vikt få utrönt, huru titanmalmerna efter lämplig rostning förhålla sig i masugn, men häröver lär ej ännu tillförlitliga försök vara utförda. Vi hava dock i Bergshögskolans övningsmasugn vid provblåsningar under flere somrar funnit, att en beskickning bestående av enbart träkol och väl rostad Tuollavaremalm går oklanderligt, givande ett utmärkt vackert alldeles tätt tackjärn. Sagda malm

* Enl. Berzelius är engelske prästen W. Greger titanens uppfinnare (1781). Berzelius lyckades 1825 utreducera metallen i pulverform.

håller visserligen i % räknat obetydligt med titansyra, men som den samtidigt är synnerligen järnrik, så erhölls en i brottet av titan mörkbrun och på ytan med tjock titanhinna beklädd slagg, även den tät och utan svårighet flytande fram ur masugnsstället. Så mycket torde av dessa försök framgå, att en halt av mindre än 1 % TiO_2 ej i en beskickning medför någon olägenhet, om blott malmen rätt rostats.

I Buffalomasugnen i Amerika lyckades Rossi en längre tid blåsa med titanhaltig beskickning och rekommenderade såsom väl flytande slaggsammansättningar:

SiO_2	TiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	FeO
%	%	%	%	%	%
16,00	34,38	22,10	11,23	9,70	4,30 och
20,59	26,81	20,60	10,17	10,24	6,90

men i betraktande av dessa slaggers järnoxidulhalt torde de befinnas allt annat än tilltalande i svenska hyttemäns ögon.

Om Rossis masugnsförsök emellertid ej gjort någon vidare nytta i utredningen, huru titansyrehaltiga malmer böra förhyttas, så väckte likväl hans påpekanden 1905 om, att genom en så obetydlig tillsats som 0,5 till 1 % av ett 10-%-igt titanjärn till gjutjärn, dettas brottbelastning ökades med 20 à 40 %* så stort intresse, att även andra järnmän började experimentera med titantillsättningar och det till såväl stål som gjutjärn.

*b. **Titanens förekomstsätt i järn:*** Isynnerhet i svenska masugnar har man, när man blåst starkt titanhaltiga beskickningar, erhållit ofta nog i drushål i slaggen men även efter nedblåsningen å ställets väggar och i dess springor och otätheter samt i masugnskloten samlingar av vackert kopparröda kristaller, som vid analys visat sig vara sammansatta Ti_5CN_4. H. Braune har härav slutit sig till, att man borde av titanhaltiga beskickningar erhålla kvävefriare tackjärn än av de titanfria. Så är väl dock näppeligen händelsen, ty för att så skulle vara skulle titanen i masugn kunna reduceras och ingå i tackjärnet och då antingen hindra detta upptaga kväve eller ock då tackjärnet redan kvävebundits verka renande. Ty att den titansyrehaltiga slaggen skulle kunna hindra titanfritt tackjärn upptaga kväve är ej gärna tänkbart med det övermått av kväve gaserna nere i masugnsstället hålla. Titanen reduceras efter vad man trott sig finna emellertid ej vid den relativt låga temperatur, som är rådande i våra träkolshyttors formnivå. Men däremot tyckes den, av de omtalade kristallerna att döma, av de cyansaltångor som bildas i träkolsmasugnsställena och i närvaro av vitglödande kol förmås att ingå i ovannämnda förening. Denna förening kan naturligtvis ej verka kväve- men väl syre- och väterenande, om nu kan tänkas, att tackjärnet vid normal gång håller sådana gaser. Vid hårdsatt gång, då tackjärnet verkligen håller O och

* The Iron Age 1907 sid. 1393.

H, uppstår nog ej titankvävecyanföreningen. Hanemann säger, att titan ej ingår någon förening med järn, dock torde den saken ej vara utredd ännu. Titan ingår emellertid med kväve även en annan kemisk förening TiN med 22,58 % N och brinner i het kvävgas (bästa temp. = 1220—1280°) och kan således otvivelaktigt verka kväverenande på smält järn och stål om utreducerad titan tillsättes desamma, och häri söka de flesta skälet till titanens kvalitéförbättrande inverkan.

Reduceras titansyra med aluminium, kan man i den utreducerade titanen enl. Kaiser påvisa en kemisk förening $TiAl_3$. Kaiser har (se S. u. E. 1909 sid. 1664) analyserat i handeln förekommande titan och funnit den sammansatt:

Ti	Fe	Al	Si	C
%	%	%	%	%
92,45	3,35	0,35	2,78	0,78
77,96	3,28	16,40	1,63	0,41
78,72	3,79	14,21	1,80	0,80

Dessa sorter skulle vara åstadkomna medelst Kühnes metod, men enligt A. Stähler håller på så sätt framställd titan utom de i analyserna visade orenligheterna även betänkligt med svavel. Bäst och billigast framställes titanen i form av ferrotitan i elektrisk ugn.

c. Titanens inverkan på järnets tekniska egenskaper:

På tackjärnets egenskaper är dess verkan mest framträdande vid sträckhållfastheten, som enl. Moldenke* ökas från 20—35 % med tillsättning av blott 1/4 % Ti. Vid kokillhärdat gods skall ytan bliva slitstarkare men härdningens verkan gå något mindre djupt in i godset. Ferrotitanlegeringarna skola emellertid vara ganska svårsmälta, så att det tillrådes, att de tillsättas i småbitar och i ljust rödvarmt tillstånd i gjutskänken, samt att man låter densamma stå under omröring en stund innan gjutningen företages. Hårdheten lär ökas med 25 % efter Brinells hårdhetsskala.

På stål: Venator omtalar (S. u. E. 1908 sid. 1860) att vid ett experiment för att utröna titanens inverkan på degelståls egenskaper visade i övrigt lika sammansatta stål vid växlande titanhalter:

Ti %	Sträckgräns kg. pr mm²	Brottgräns kg. pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %
0,00	?	61,60	1,8	1,9
0,25	38,2	87,6	8,3	14,3
0,75	42,1	88,9	8,5	15,3
1,13	53,3	100,3	4,5	5,7
1,38	41,8	83,5	9,7	19,1

Emellertid tyckas dock vid denna jämförelse siffrorna för det anförda kolstålet praktiskt taget ovanligt usla. Följande år — 1909 ut-

* Se S. u. E. 1908 sid. 699 och 1908 sid. 1287.

förde L. Treuheit försök med titantillsättningar till järn och stål och kom till det resultatet, att titanen ej alls förbättrade deras egenskaper, men visade sedan v. Maltitz, att dessa försök utförts med alldeles för rikprocentig och därföre i vanlig stålbadsvärme osmältbar titanlegering. Senare gjordes vid Osnabrücker Stahlwerk verkligt praktiska stora prov vid de basiska martinugnarna på så sätt, att varje charge vid tappningen delades på två skänkar, varvid till det stål, som rann ned i ena skänken, sattes titan under tappningen. Stålmängden var i varje charge 10—13 ton. Hållfasthetsprov och analyser visade

Charge N:o	Titan-tillsats i %	Analysen å stålet visade: i %				Sträckproven visade: å smidda stänger			å valsade stänger		
		C	Mn	Si	P	Sträckhållfasthet kg. pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %	Sträckhållfasthet i kg. pr mm²	Tänjbarhet i %	Kontraktion i %
8173	0,00	0,39	1,00	0,22	0,044	58,89	18,7	43,00	59,66	14,5	23,6
	0,092	0,37	1,00	0,23	0,049	59,66	18,0	45,34	63,51	14,0	26,4
8177	0,00	0,52	1,36	0,23	0,078	77,35	12,8	31,94	85,94	9,1	14,4
	0,14	0,54	1,33	0,32	0,070	77,21	13,7	33,43	91,99	8,5	9,8
8201	0,00	0,48	1,17	0,21	0,075	71,30	15,3	36,00	75,44	9,5	13,5
	0,038	0,48	1,17	0,21	0,075	69,23	15,2	38,38	77,99	8,7	13,5

Hållfasthetsproven angåvo således ingen förbättring, men helt andra resultat visade sig vid slagprov med inskärning.

Där visade i slagarbete stålet från:

Charge N:o	Titantillsatt %	mkg.
8173	0,00	42
»	0,092	161
8177	0,00	12
»	0,14	90
8201	0,00	16
»	0,038	88

således en betydande överlägsenhet hos titanstålet. Böjningsproven visade ävenledes om ock ej fullt så vacker överlägsenhet, varjämte såväl de avslagna som de avböjda proven visade ett tätare fintågigare brott än hos motsvarande kolstål. G. B. Waterhouse har dessutom gjort undersökningar på segringsförhållandena vid bessemerstål utan och med titantillsats och påstår, att såväl svavel- som fosfor- och kolföreningarna visa mindre segring vid användning av titan, ehuru med vid kolets segring föga förbättring.* E. v. Maltitz har ävenledes funnit att titan motverkar utsegringar i stål och att en tillsats av endast 0,1 % Ti är tillräcklig att praktiskt taget alldeles förhindra dem.

Vad nu i det hela titanens verkan på stål angår, tyckes enighet hava vunnits uti att titanen, varav ej något kvarstannar i stålet såvida

* S. u. E. 1910 sid. 1806 och 1596.

ej ovanligt mycket titan tillsats, verkar gasrenande och härigenom ger stålet ett tågigare, segare gry. Genom att den befriar stålet från de upptagna gaserna, blir detsamma tätt och härigenom mycket slitstarkare, och skulle häri förklaringen ligga till bland annat att järnvägsskenor tillverkade av s. k. titanstål äro så mycket biståndigare än de vanliga av samma sammansättning. E. v. Maltitz anför angående sådana järnvägsskenor, tillverkade i Amerika, att de i slagprov visat sig vida överlägsna de vanliga, i sträckhållfasthetsprov visa betydligt höjd elasticitetsgräns, vackrare hållfasthet och ingen minskning i tänjbarhet och kontraktion, men visa mindre hårdhet i Brinellska provet. Etsproven visa inga utsegringar, de mikroskopiska proven inga slagginneslutningar. Och titanskenorna skola stå ut med minst dubbelt så lång trafik som de vanliga.

Som man tyckes anse ferrotitanlegeringar med 10 à 15 % Ti såsom de lämpligaste att använda i rälstillverkningen, borde flere av våra titanhaltiga järnmalmer vara ett utmärkt råmaterial för elektrisk tillverkning av ferrotitan.

13. Aluminium och järn.

a. Aluminium och kvantiteten därav, som järn kan upptaga: C. Wittenström fann i början av 1880-talet, att aluminium är ett utmärkt tätgöringsmedel för stål, samt sökte och erhöll i de flesta länder patent på att för detta ändamål använda metallen. Patent erhölls dock ej i Tyskland, där patentverkets granskare lyckats leta reda på ett gammalt engelskt patent från 1853 å samma uppfinning, och när detta blev känt, förlorade Wittenström även hos oss möjligheten att hålla sin patenträttighet uppe, en stor orättvisa, när man betänker, att det gamla engelska patentet varit i 30 år totalt förgätet. Som Wittenström offentliggjorde, att den önskade effekten kunde ernås med så små tillsatser som 0,05 % Al eller något högre, drog sig ingen stålverksingenjör — trots aluminiummetallens dåvarande höga pris — för att försöka använda den, och då bekräftelse vanns, att man på detta sätt erhöll blåsfri götmetall, blev bruket allmänt och efterfrågan av aluminiummetallen steg raskt. Wittenström kallade det nya stålet »Mitis» och hade 1885 en mycket vacker utställning av detsamma och av det tillverkat stålgjutgods vid utställningen i Antwerpen. Belysande för huru raskt stålverken införde användandet av aluminiumtillsättning är ock den i Mineral Resources of the U. S. A. 1900 offentliggjorda tablån över världens aluminiumtillverkning, ty ökningen under 80-talet kommer huvudsakligen på stålverkens lott, om ock sedan en mängd andra användningssätt för aluminium började spela in.

Tillverkningen belöpte sig till:

1885	13 ton	1894	1240 ton	1902	7800 ton
1886	16 »	1895	1427 »	1903	8200 »
1887	26 »	1896	1790 »	1904	9300 »
1888	39 »	1897	3394 »	1905	11500 »
1889	71 »	1898	4034 »	1906	14500 »
1890	175 »	1899	6048 »	1907	19800 »
1891	333 »	1900	7300* »	1908	18600 »
1892	487 »	1901	7500 »	1909	24200 »
1893	716 »				

Aluminium förefinnes i alla järnmalmer, men som aluminium endast vid mycket hög temperatur låter reducera sig, och så hög temperatur ej förekommer i de vanliga masugnarna, ingår den ej i tackjärnet i dessa. Däremot är det troligt, att den vid de »elektriska masugnarna» kan bliva utreducerad med järnet och ingå i detta, isynnerhet om mycket lerjordsrika slagger komma i några av dem till användning. Man har funnit, att järn kan legera sig med aluminium upp till 35 % Al.

*b. **Aluminiums förekomstsätt i järn*** anser man vara i form av blandningskristaller, och har man trott sig med säkerhet kunna sluta till en förening $FeAl_3$ samt kanske ock till FeAl och Fe_2Al_3.

*c. **Aluminiums inverkan på järnets tekniska egenskaper:*** Större aluminiumtillsatser sänka rätt betydligt alla järnsorters smältningstemperatur, men de obetydliga aluminiumtillsatser, vi vid järnverken använda, ha härvidlag ock endast allra obetydligaste verkan.

Vid tackjärn sänker aluminium dess förmåga både att i smält tillstånd kolbinda sig och att sedan vid stelnandet kvarhålla kolet såsom kemiskt bundet. Aluminium bidrager således till att göra tackjärnet grått. Men detta senare gäller endast kiselfattigt tackjärn. Vid kiselhaltigare sådant åter tyckes det, som skulle en aluminiumtillsats minska grafitavskiljandet, och förklarar man detta på så sätt, att man antager, att om både kisel och aluminium finnes närvarande, så bildas aluminiumsilicid, då de båda elementen upphäva varandras verkan i järnet. Man antager också att aluminiumsiliciden äro löslig i järnet. Är åter kiselhalten ringa, så är, såsom Borsig och Hoog i skilda experiment funnit, aluminiumens grafitavskiljande verkan rätt stor. Borsig fann nämligen att ett helvitt tackjärn efter omsmältning höll i %:

	Al	Gr	S:aC	Si	Mn
Smält utan Al	0,00	0,05	3,04	0,25	sp.
» med 0,5 % Al	0,05	0,08	3,03	0,23	»
» » 1,0 » »	0,11	0,85	3,02	0,25	»
» » 2,0 » »	0,16	1,58	3,21	0,28	»

* Siffrorna för 1900—1909 från Metallurgische Gesellschafts redogörelse.

medan Hoog vid omsmältande av svenskt tackjärn med respektive 1, 2, 4 och 8 samt 12 % Al tyckte sig finna, att tillsatser över 1 % verkade grafitminskande, och att ingen grafit alls erhölls vid 12 %:s aluminiumtillsättning. Hoog tyckte sig även egendomligt nog få gråare järn vid hastig än vid långsam avkylning samt fann, att järn med 18 % Al ännu upptager så mycket kol som 3,15 %, om det smältes i koldegel, medan åter 18 %-igt kiseljärn ej upptager mera än 1,5 %. Aluminium minskar således mycket obetydligt järnets kolupptagningsförmåga. Otvivelaktigt är det kiselns och aluminiumens på varandra bindande verkan samt att aluminium gör gjutjärn trögflutet, som gör, att metallen ej fått väntad användning inom tackjärnsgjuterierna.

På stål och smidesjärn verkar aluminium i vissa avseenden välgörande, i andra tvärtom. Den verkar så något höjande på sträckhållfastheten men mera minskande på tänjbarheten, verkar till något vackrare yta på smidd metall men försämrande på svetsbarheten, när det gäller två styckens hopvällande. Varför emellertid aluminium allmänt användes är, såsom redan inledningsvis sades, därföre, att den kraftigt bidrager till att göra stålet tätt. Enkelt är härvid att förklara en del av denna dess verkan, svårare åter en annan del. Att aluminium med sitt stora föreningsbegär till syre skall reducera alla i stålet upptagna mängder av CO och CO_2 till C och själv övergå till i slaggen eller till götytan uppflytande Al_2O_3 ligger i öppen dag. Även ledes kan man tänka, att i stålet löst järnoxidul skall kunna genom den reduceras, men vanligt stål håller även andra gaser än CO och CO_2 i synnerhet väte och kväve. En del vilja se förklaringen till, varföre dessa två gaser ej i aluminiumstål bilda gasblåsor, ligga däri, att aluminium vid stålets tappande i kokillerna så att säga ögonblickligen jämnt fördelar sig i detsamma, dels till följd av stålstrålens ompiskande verkan, dels till följd av metallens i järn stora diffusionshastighet. Så ögonblickligt fördelad och med befintligt syre förbränd skulle den lika ögonblickligt höja stålets temperatur och därvid göra det så kvickflutet samt frigöra upptagna väte- och kvävemolekyler, att dessa genast avgå. För stålmän är denna förklaring dock alldeles ohållbar, ty vore den sann, skulle vi vid tätgörande med aluminium av mycket gasrikt kallt stål ej få något kvar i kokillerna, då gasmängden, det upptagit, till största delen utgöres av H och N och mindre del av CO och CO_2. Nej även på sådant stål verkar aluminiumtillsättning likasom kisel mycket för lugnande, för att denna förklaring skulle kunna godtagas. Se övriga förklaringar under: Gaser och järn.

Utomlands tillsätter man i allmänhet mycket mera aluminium för götmetallens tätgörande än man gör hos oss. Så säger Venator (S. u. E. 1908 sid. 150) att man där för martin använder från 50 till 150 gram, för sur bessemer 80 till 200 gram och för basisk bessemer ännu mera, allt per ton stål räknat. I Sverige använda vi vid segaste mjuk martin ingen aluminium alls, vid annan mjuk sådan vanligen 20 till 100 gr.

och vid bessemer upptager blåsarens tabell vid ett av våra verk t. ex. minimum 45 gr., maximum 150 gram, allt vid sval gång och sist nämnda siffra gällande blott för det mjukaste och svalaste stålet. Utomlands göres aluminiumtillsättningen ofta — om ej oftast — i skänken, hos oss oftast i kokillerna och vanligen i form av 3 gram vägande trådbitar. De som hos oss gjort bästa utredningen om rätta mängden aluminium, som man bör tillsätta »oroligt», det vill säga för gashaltigt, stål äro herrar C. G. af Geijerstam och J. W. Ljungvall vid Uddeholmsverken. Genom en mängd borrförsök i med och utan aluminium tappade göten hava dessa herrar ock varit de första, som påvisat, att mindre aluminiumtillsättningar kunna motverka segringar i stålet. En given olägenhet med större aluminiumtillsättningar och isynnerhet med sådana vid varmare stål är, att aluminium befordrar pipebildning. Angående aluminiums verkan i magnetiskt och elektriskt avseende se under specialstål.

Neuhausens aluminium, som är den vanligast vid våra stålverk använda, håller:

Al	98,50—99,20	%
Fe	0,05—0,25	»
C (bundet)	0,42—0,20	»
Grafit	0,72—0,00	»
Si	0,10—0,55	»
Cu	0,06—sp.	»
Pb	sp.—sp.	»
N	0,07—0,14	»

Engelsk ferrosilicoaluminium köpt från England håller: Si = 45,65 %, Fe = 44,15 %, Al = 9,45 %, C = 0,55 %, S = 0,010 %, P = 0,027 % och kan ej rekommenderas till användning, då det är både billigare och bättre att till stålet sätta svenskt kiseljärn och Neuhausens aluminium.

14. Koppar och järn.

a. Koppar och kvantiteten därav, som järn kan upptaga: Koppar är en mycket ofta förekommande inblandning i järnmalmerna ej minst i Sverige. Så t. ex. visar sig i »Analyser av svenska järnmalmer» att av 656 järnmalmer, som undersökts på koppar, 571 verkligen hållit sådan under det endast 85 varit fria därifrån. Emellertid hålla svenska järnmalmerna i regel, då de är kopparhaltiga, vanligen endast spår därav, så att av de 571 endast ett tjugutal hålla 0,1 % och över samt endast en analys visar över 0,50 %.

I utlandet åter förekommer järnmalm så rik på koppar, att man finner fördelaktigt att först på våta vägen utdraga denna och därefter förhytta malmen på tackjärn, och anses detta löna sig så fort koppar-

halten går upp till 2 %. Förr har allmänt ansetts, att kopparen är en mycket svår förorening i järnmalmerna, ja den har i Sverige därvidlag betraktats som den allra farligaste, betänkligare än fosfor och ojämförligt mycket farligare än svavel, men får nog denna våra föregångares »kopparskräck» tillskrivas den omständigheten, att kopparen i våra malmer alltid förekommer såsom kis, och att svavlet vid såväl kopparkis som grå och brokig kopparmalm även i våra nuvarande utmärkta rostugnar är ytterst svårt att rosta bort och ej alls gick att få bort i de gamla ugnarna. Som man dessutom redan tidigt lärde sig skilja kopparsulfiderna från svavelkisen fick kopparen bära skulden till, att malmer, innehållande små spår av dem, alltid gåvo rödbräckt järn. Och så fick man klart för sig att t. o. m. blott ett par tusendels % Cu åstadkom rödbräcka. Att emellertid litet koppar i götmetall ej var så farlig att få med, lärde vi oss redan i slutet av 1870 och början av 1880-talen vid Bofors och Kallinge, isynnerhet vid det sistnämnda martinverket, där vi omsmälte flottans med kopparknappar och kopparband försedda gamla tackjärnsprojektiler, och bekräftelse av dessa våra erfarenheter erhölls sedan 1899* då prof. W. Lipin offentliggjorde sina försök med koppartillsatser i martincharger i Putiloffska järnverket. Efter Lipin har senare en mängd andra forskare sökt utröna kopparens verkan på järn och stål och kommit till från varandra delvis avvikande resultat, dock de flesta överensstämmande i att mindre kopparhalter ej äro farliga.

Huru mycket koppar järn kan i sig lösa beror till stor del på övriga i järnet ingående legeringsämnen och isynnerhet tyckes kol motverka kopparupptagandet, men är kolhalten låg (0,14 % och mindre) kan järn i sig lösa koppar i alla förhållanden, vilket W. Müller visat (se S. u. E. 1906 sid. 1445) genom att sammansmälta koppar och järn till olika kopparjärnlegeringar ända upp till en kopparhalt av 93 %.

b. Kopparens förekomstsätt i järnet är enligt Pfeiffer, att koppar och järn i smält tillstånd låta blanda sig till ett slags emulsion, vilken, om den får stå i lugn och smält tillstånd tillräckligt länge, särskiljes, i det att de båda metallerna lagra sig efter spec. vikterna. W. Müllers mikroskopiska observationer bekräfta på sätt och vis detta, då han funnit, att visserligen koppar och kolhaltigt järn låta blanda sig i alla förhållanden, men han ock sedan i det kallnade stålet genom mikroskopet sett, att kopparen dels såsom sådan, dels i form av svavelkoppar, åtminstone till största delen utsöndrar sig och bildar såsom skinn omkring ferritkristallerna, skyddande dessa mot förrostning.

c. Kopparens inverkan på järnets tekniska egenskaper:

Tackjärn förmår, säger Lipin, i sig lösa 4,90 % järn under det att W. Müller anslår maximihalten till 4,75 %, en så obetydlig skillnad, att den troligen beror på, att Lipin använde svenskt tackjärn (från Högfors) och Müller tyskt. Däremot skilja sig deras siffror be-

* Se S. u. E. 1899 sid. 54 o. 1900 sid. 536.

tydligt vid frågan om, huru mycket kolbundet järn ren koppar kan i sig lösa, om tackjärn och koppar sammansmältas, ty där fann Lipin 4,82 % och Müller 1,5 %. Pourcel påstår, att man genom samtidig aluminiumtillsättning kan öka tackjärnets förmåga att i sig lösa och kvarhålla koppar.

Lipin gjorde vid sina försök med tackjärn-kopparsammansmältningarna för övrigt följande observationer:

1:o. Tackjärnets lättflutenhet ökas med kopparhalten.

2:o. Högforstackjärnets mörkgrå, finkorniga brott övergår med växande kopparhalt till ett allt ljusare och grövre, isynnerhet om gjutningen sker i sandform.

3:o. Gjutes kopparhaltigt tackjärn i kokill, så synes ej kopparen bidraga till härdningskolets ökande, ty endast vid så hög halt som 4,9 % Cu fick tackjärnet en smal vit rand, medan åter samma Högforsjärn vid tillsats av 1,5 % Mn eller 2 % Cr blev, gjutet i kokill, helvitt ända igenom.

4:o. Tackjärnet visade sig efter kallnandet alldeles tätt i brottet.

5:o. Högforstackjärnet hade i och för sig 30 kgs brotthållfasthet och ökades denna något genom koppartillsättningarna, men gick först vid 4,9 % Cu-halt upp till 35 kg.

På stål och smidesjärns egenskaper har kopparen givet ganska stor inverkan, åtminstone om den ingår i större mängd, men forskarna äro här av vida större meningsskiljaktighet, än då det gäller tackjärnet. Så har Pfeiffer kommit till nästan motsatta resultat mot vad Stead och Breuil slutit sig till, och skulle man endast hava dessa herrars undersökningar att gå till, vore föga visst att i detta avseende andraga om kopparen. Emellertid hava vi tre andra verkligt goda och praktiska utredningar att hålla oss till, nämligen herrar Lipins, Müllers och Dillners.

Lipin gjorde sina genom att i basisk martinugn sammansmälta Högfors tackjärn (svavelrent) med mjukaste fosforfritt järn. Tre charger gjordes, varav den första tappades med 0,10 %, den andra med 0,50 % och den tredje med 1 % kolhalt, varefter av de så fabricerade stålsorterna konstanta kvantiteter omsmältes i degel med varierande kopparhalter och utan kisel- eller mangantillsättningar. De så erhållna götena utsmedos därefter vid 900—930° temperatur under ånghammare, varefter de utsmidda stängerna provades å rödbräcka och i sträckprovsmaskin.

Härvid visade det stål, som före omsmältningarna var sammansatt:

C = 0,10 %
Si = 0,09 »
Mn = 0,14 »
P = 0,023 »
S = 0,034 »

följande värden:

Tabell XXIX.

Koppar i %	Kol i %	Sträckhållfasthet = H kg pr mm²	Tänjbarhet = T i %	H + 3T	Koppar i %	Kol i %	Sträckhållfasthet = H kg pr mm²	Tänjbarhet = T i %	H + 3T
0,00	0,10	40,9	28,5	126	1,16	0,15	53,1	24,0	125
0,29	0,12	47,3	27,0	128	1,18	0,07	45,2	23,5	116
0,45	0,12	46,0	27,5	129	1,69	0,10	45,9	22,0	112
0,48	0,12	48,9	25,5	125	2,32	0,11	—	—	—
0,49	0,10	46,6	27,0	128	3,20	0,13	73,4	14,0	115
0,61	0,14	49,5	26,0	128	3,51	0,09	68,4	13,0	107
0,86	0,12	49,0	23,6	120	4,72	0,11	—	—	—

Av dessa siffror framgår, att sträckhållfastheten tilltager och tänjbarheten avtager med stigande kopparhalt, dock båda obetydligt upp till 1,69 % Cu, medan åter segheten föga förändras, förr än vid högre halt av koppar än 1,16 %.

Lipin fann, att dessa järnprov betydligt förbättrades, om de starkt men ej för plötsligt uppglödgades, och att, om de oljehärdades, sträckhållfastheten avsevärt ökades, under det tänjbarhetsvärdet föga försämrades. Vattenhärdning verkade mera energiskt, utan att dock därpå följande utglödgning medförde bättre siffror än oljehärdningens. Däremot minskades hopvällningsförmågan, så att vid 2 % Cu-halt kunde ej tvenne stycken vidare hopvällas.

Det stål, som före omsmältningen höll:

C = 0,50 %
Si = 0,09 »
Mn = 0,20 »
P = 0,035 »
S = 0,033 »

gav i nedanstående tabell sammanfattade sträckprovvärden:

Tabell XXX.

Koppar i %	Kol i %	Sträckhållfasthet = H i kg pr mm²	Tänjbarhet = T i %	H + 3T	Koppar i %	Kol i %	Sträckhållfasthet = H i kg pr mm²	Tänjbarhet = T i %	H + 3T
0,00	0,42	47,5	18,0	102	1,09	0,41	44,3	20,0	104
0,25	0,44	51,4	23,5	122	2,06	0,46	45,3	19,5	104
0,47	0,44	43,5	20,0	104	3,09	0,43	49,1	19,5	108
0,87	0,46	54,1	20,5	116	4,12	0,41	45,6	15,0	91

Såväl detta mjuka stål som järnet höll efter svenska förhållanden alldeles för höga svavelhalter, men gick dock bra att valsa ut med kopparhalter ända upp till 2 %. Med större halt åter måste det behandlas med stor försiktighet, men efter valsningen visade sig en utglödgning medföra god effekt. De i tabellen anförda siffrorna äro alla för vid 1000° glödgade och så avsvalnade provstänger, men kvalitetskolumnen visar alldeles tydligt, om man tager det kopparfria provets siffra 102 i betraktande, att materialet blivit något bränt, ty eljest skulle det talet varit c:a 120. Egentligen tyckes endast den 0,25 % Cu hållande stången varit rätt behandlad, men i alla händelser framgår av tabellen i sin helhet, att stålet med 3,09 % Cu ej var mindre segt än det kopparfria.

I rödvärme visade sig stålet sämre tåla böjning, ju mera koppar det innehöll, och även vid böjning i kallt tillstånd visade ökade kopparhalter en mindre fördelaktig verkan, men vid upp till 1 % Cu fick man av stålen utmärkta verktyg, såsom hyveljärn och mejslar, samt fann man, att vid härdning koppar utsegrade på stålens yta.

Det hårda kopparhaltiga stålet höll före smältningarna i medelvärden av analyserna:

C = 0,99 %
Si = 0,23 »
Mn = 0,17 »
P = 0,025 »
S = 0,008 »

samt gav i sträckningsprovvärden nedanstående siffror, då proven behandlats på följande sätt:

Proven märkta *a* voro utglödgade i aska,
» » *b* » » till c:a 925° och sakta avkylda,
» » *c* » härdade i olja och därpå utglödgade,

men är vid tabellen att märka, att här ej anföras andra av Lipins prov än dem, som siffrorna angiva vara rätt behandlade.

Tabell XXXI.

Beteckning	Cu i %	C i %	Sträckhållfasthet H i kg pr mm²	Tänjbarhet T i %	H + 3T	Beteckning	Cu i %	C i %	Sträckhållfasthet H i kg pr mm²	Tänjbarhet T i %	H + 3T
a	0,00	0,98	76,3	13,0	115	c	1,13	0,97	84,3	12,1	121
b	0,25	1,01	79,5	16,0	128	c	1,60	0,99	109,8	8,0	134
c	0,53	0,98	84,1	11,0	117	a	1,97	1,08	88,7	8,6	115
c	0,89	0,97	84,8	12,3	122	a	3,02	0,99	93,9	9,0	121

Samtliga dessa stål visa, trots sin mycket olika behandling, för så hårt stål mycket vackra seghetstal (H + 3 T) och framgår av de lika behandlade proven *a*, att kopparen även i hårt stål höjer hållfastheten och något men ej mycket sänker tänjbarheten, ävensom att ännu vid 3 % Cu stålet i kallt tillstånd kan anses gott. Vid försök att härda dessa provstänger i vatten erhöllo alla härdningssprickor, vilket stämmer med våra erfarenheter här i Sverige, att så hårda stål, som dessa, böra hålla minst 0,25 % Mn till förhindrande av detta fel.

W. Müller, som använde Goldschmitts termitförfarande vid legeringarnas framställande, drog av sina experiment, då det gäller koppar i smidbart järn, följande slutsatser (S. u. E. 1896 sid. 1447):

1:o. Järn med 0,14 % C och 0,09 % S visar ännu vid en kopparhalt av 7,77 % inget avskiljande av koppar, under det massan hålles smält.

2:o. Det koppar- och svavelhaltiga järnets ferritkorn gripa in i varandra med krokiga gränslinjer, och torde härav detta järns större kallstyrka kunna förklaras.

3:o. Svavelkoppar och koppar förhindrar perlitbildningen och i stället visa sig cementitkristaller, vilket utgör förklaringen till detta järns större hårdhet.

4:o. Kopparen och svavelkopparen avskilja sig till största delen som lager kring ferritkornen.

5:o. Vid halter mellan 22,2 och 61,7 % Cu är nästan all kopparen så avskild.

6:o. I koppar med 7 % järn framträder ännu vid en halt av blott 0,024 % S tydligt kopparsulfur under mikroskopet.

7:o. Cementering av järnet går i allmänhet hastigare ju större kopparhalten är.

8:o. Müller fann liksom Breuil kopparhaltigt stål motståndskraftigare mot rost och syror.

G. Dillner (se red. f. K. T. Högskolans Materialprovningsanstalt 1906) framställde vid Avesta martinugnar genom ståls omsmältning med koppar i degel 8 st. olika stålprover med växlande koppar- och och kolhalter och av följande sammansättningar:

Tabell XXXII.

%	Mjukt järn				Hårt stål			
	N:o 4	N:o 2	N:o 1	N:o 3	N:o 149	N:o 149,1	N:o 149,2	N:o 149,3
C	0,08	0,09	0,08	0,07	1,09	1,04	1,02	1,04
Si	0,015	0,015	0,015	0,015	0,025	0,025	0,025	0,022
Mn	0,37	0,36	0,39	0,30	0,18	0,18	0,19	0,18
P	0,022	0,022	0,022	0,022	0,040	0,037	0,034	0,040
S	0,020	0,021	0,021	0,020	0,027	0,018	0,026	0,022
Cu	0,040	0,140	0,470	0,620	0,024	0,140	0,520	0,640

Följande resultat böra från försöken antecknas:

1:o. Av de mjuka järnsorterna visade vid smidesprov *1*, *2* och *4* ingen som helst rödbräcka och *3* endast ytterst obetydlig sådan, varav torde framgå att kopparhalter upp till 0,6 % i mjuk götmetall i detta hänseende ej verka skadligt. De hårda stålen visade sig alla fria från rödbräcka.

2:o. Av alla 8 sorterna utglödgades provstänger till 850°, och härdades andra dylika vid 800°, varefter alla underkastades sträckningsprov, vilka bekräftade, att kopparhalter upp till 0,62 % ej inverka på mjukt järns sträckningsvärden, men något öka elasticitet, hållfasthet och sprödheten hos härdat hårt stål.

3:o. Brinellska hårdhetsproven visade, att de högre kopparhalterna något ökade hårdheten.

4:o. Kopparhaltiga stål, såväl mjuka som hårda, få minskat rostningsbegär.

5:o. Kopparhalter upp till 0,62 % hava ingen inverkan på de magnetiska egenskaperna, men öka elektriska motståndet.

G. A. Forsberg anser emellertid även mindre kopparhalter medföra rödbräcka vid välljärn.

Av allt det ovanstående framgår, att ingen anledning finnes att draga sig för att använda de något kopparhaltiga svenska järnmalmerna åtminstone för götmetallframställning, såvida de ej samtidigt hålla svavel i andra föreningar än kopparsulfid. Äro de åter mycket svavelhaltiga och hålla koppar, så får man nog dubbelrosta dem, vilket medför extra kostnad och därför sänker deras värde. Härom se under rostning.

15. *Arsenik samt antimon och järn.*

a. Arseniken och mängden därav, som järn kan upptaga: För många av de svenska malmerna* finner man i deras analyser antecknat spår av arsenik, och även i de såsom världens finaste kända och erkända Dannemoramalmerna förekommer densamma varken sällsynt eller i obetydliga kvantiteter, vilket senare kan synas av att man funnit i:

Sjögruvans	malm max.	0,06	% As
Storrymningens	» »	0,037	» »
Södra Silvbergs	» »	0,07	» »
Konstängs	» »	0,025	» » och i
Fischergruvans	» »	0,045	» »

medan flera andra goda svenska malmer även hålla arsenik t. ex.

Sannamalm, som erhållits med 0,34 % As.

* I Jernkontorets analyssamling innehålla av 2116 järnmalmer ej mindre än 75 st. arsenik.

För oss, som rosta våra malmer i de utmärkta Westmanska rostugnarna, är en mindre arsenikhalt ej så farlig, ty endast en obetydligare del av densamma kommer in i järnet om ock troligtvis något mera, än vad man hittills till följd av felaktiga analysmetoder lyckats konstatera, medan åter i utlandet, såsom Ledebur säger, största delen av malmernas arsenikhalt går i tackjärnet. Och likaledes tyckes hos oss en avsevärd del av tackjärnets arsenikhalt sedan bortgå, då detsamma i lancashire- eller vallonhärd färskas ned till smidesjärn, ty i det senare hava vi ej sett någon menlig inverkan därav och ej kunnat konstatera i detsamma så höga arsenikhalter, som om tackjärnet i martinugn nedfärskas till stål och götjärn, varom mera här nedan.

I utlandets malmer är arseniken mycket allmännare förekommande och ofta till större mängd än hos oss, och detta i förening med att malmerna där mycket sällan bli underkastade rostning före förhyttandet gör, att fruktan för arseniken där är större än hos oss. Huru mycket arsenik järn kan upptaga är ej nöjaktigt utrett, men även kolbundet järn kan därav upptaga stora mängder, så att man funnit t. ex. uti i Algier av araberna fabricerade bomber ända till 30 % As.

b. Arsenikens förekomstsätt i järn har ansetts vara vare sig som Fe_3As eller Mn_3As_2.

c. Arsenikens inverkan på järnets tekniska egenskaper:

På tackjärnet hava de i praktiken förekommande arsenikhalterna ingen som helst verkan.

På stål och smidesjärn: Vid välljärnet medför enligt G. A. Forsberg även mindre arsenikmängder avgjort rödbräcka, och Eggertz anser bevisat, att järnet dessutom blir svårvällt vid arsenikhalter över 0,02 %, så att vällskarvarna då bli svaga. Som ovan sagts håller Dannemora lancashire- och vallonjärn små mängder av As, men som de utgöra råmaterielet för världens finaste degelstål så framgår redan därav, att mindre arsenikhalter ej skada att hava med i stål.

I ännu högre grad än Dannemoras välljärn håller dess martinmetall arsenik, ty vi hava i densamma funnit ända upp till 0,064 % As, vilken arsenikhalt ej heller här i något avseende tyckes menligt inverka på stål av högre kolhalter, ty sådant har visat sig, trots denna arsenikhalt, vara av allra utmärktaste beskaffenhet, och är så väl inom Sverige som utomlands erkänt såsom fullt jämförligt med bästa engelska degelstål. Och även de mjukaste hårdhetsgraderna av sagda martin anses såsom prima vara, men dock har det visat sig, att skickliga svenska stålprovare enigt förklara detta järn, om det beretts i sur ugn, vara något »styvare och kortare» än motsvarande 1:ma mjuk martin från i andra bergslager i gång varande ugnar, trots dessas något fosforhaltigare vara. Vi förmoda därför, att i götjärn t. ex. 0,036 % As + 0,020 % P har något större verkan till kallskörhet än enbart 0,035 % P, som 1:ma mjuk martin eljest kan hålla utan skada

för sin seghet. Något svårvälldare hava vi emellertid ej funnit den förra martinen än den senare.

1888 lämnade först Stead och därpå Harbord och Tucker redogörelser för av dem gjorda undersökningar å arsenikhaltigt järn och stål, vilka sedan av Stead 1895 kompletterades, varförutom man även äger uttalanden i samma ämne av Marchal och Billings m. fl., och ehuru forskarna, i vad som omtalats, ej alldeles stämma överens med varandra, torde såsom något så när säkra resultat förtjäna framdragas, att i vad hållfasthetsegenskaperna angår, skall i mjukt järn en arsenikhalt av upp till 0,15 % hava mycket ringa inverkan, medan, om densamma stiger över 0,2 %, materialets hårdhet ökas och tänjbarheten sjunker. Hållfastheten skall till 0,48 % As ökas från 36—50,7 kg. och tänjbarheten sjunka från 29 % vid 0 % As till 11 % vid 0,92 % As. Harbord och Tucker funno järn med 1 % As ännu smidbart, och Stead kunde smida ett med till och med 4 % As, medan emot dem stå Karsten, som fann rödbräcka börja inträda vid 0,23 %, och Billings, som fann helt små arsenikmängder medföra sådan. Vid 4 % arsenikhalt skall tänjbarheten bliva = 0 och järnet omöjligt att välla, men när ovällbarheten först uppträder är omtvistat, i det en säger vid 0,17 %, en annan först vid 2,75 % As.

Mera än 0,1 % As lär emellertid sällan förekomma ens i utländskt järn och stål, så någon praktisk betydelse har större delen av ovanstående siffror ej.

d. Antimon förekommer ytterst sällan i svenska järnmalmer och aldrig i den mängd, att det har den ringaste praktiska betydelse. Utomlands åter lär den enl. Hütte vara allmännare, och är det genom undersökningar där bevisat, att den, tillsatt i större mängd än 3 %, minskar tackjärnets förmåga att i sig upptaga kol, och att den ökar grafitavskiljandet. Dessutom skall den medföra rödbräcka åt smidesjärn och stål. I dessa skall den ingå antingen såsom Fe_3Sb_2 eller $FeSb_2$.

16. Zink, bly samt tenn och järn.

a. Dessa metaller och mängderna av desamma, som järn kan upptaga:* Zinkblende och blyglans förekomma i många svenska malmer, och som deras svavel (som vi skola se under rostning) hör till det mest svårbortdrivna, så ser man mycket ogärna dessa inblandningar. I utlandet är det egentligen de bruna hematiterna, som äro kända för att hålla zink och bly och det ofta i vida större mängder, än i de på dessa metaller rikaste svenska malmerna. Där förefinnes zinken dessutom ofta som galmeja. Tenn återigen förekommer ej i järnmalm.

* I Jernkontorets analyssamling finnas upptagna 6 st. malmer hållande bly och 22 st. hållande zink, 9 st. kobolt, 5 st. cer., 1 krom och 1 molybden.

Huru mycket av dessa metaller, som järn kan i sig lösa, torde till en del bero på andra i detsamma förekommande legeringsämnen. Isaac och Tamman säga (S. u. E. 1907 sid. 1401) att järn ej alls kan i sig lösa *bly*, och från våra masugnar veta vi, att om blyglans förekommer i malmerna, så utrinner ur masugnsstället vid utslagen först blyet och sedan ett fullkomligt blyfritt tackjärn. Vad mjuk götmetall åter angår, så hava vi här i Sverige alltid haft fruktan för att få med blyhaltigt skro i martinchargerna, och tvenne med bly gjorda experiment vid Avesta lillbessemerverk och Kallinge martinverk tycktes visa, att dels mjukt götstål kan upptaga bly, dels detta då gör stålet både kall- och rödbräckt. Vid Avesta tillsattes bly vid stålets tappande i skänken, vid Kallinge insattes blyet strax före utslaget i själva ugnen. Vid båda verken visade sig, att stålet vid tappandet i kokillerna ej kastade några som helst gnistor, att götena blevo fullkomligt blåsfria men med pipe, och att stålet blev nästan omöjligt att valsa ut för rödbräckas skull, samt att det kallnat var mycket skört. Om mycket bly förekommer i malmerna, anordnas masugnsställena med blysamlingskanaler under bottenskiften, ty blyet tränger sig ned genom alla fogar, ja t. o. m. genom själva bottenteglen, ytterligt lättflutet som det i så hög värme är.

Zink kan ej av tackjärnet i masugnen upptagas, utan så fort zinken, tämligen högt upp i masugnsstället, reduceras, så bortgår den i ångform och orsakar i masugnens övre delar, där den till största delen med kolsyra förbrännes, samt i gasledningarna ansamlingar av zinkblandad zinkoxid, vilken antingen bildar stenhårda påfästningar, s. k. »ugnsbrott», eller ock stoftsamlingar: »flugstaub».

I mjukt järn kan zink enl. v. Vegesacks undersökningar ingå endast till 0,7 %, därvid bildande föreningarna $FeZn_3$ och $FeZn_7$, och hava vi vid de svenska martinverken funnit, att zinkhaltigt skro ger rödbräckt götmetall, ehuru mindre tydligt vid basisk än vid sur martin.

Tenn inkommer i järnet vid förarbetande av förtent skro och har man vid de svenska martinverken funnit, att redan mycket små mängder av detsamma meddelar götmetallen både kall- och rödbräcka, ehuru dess verkan härtill är vida starkare vid sur än vid basisk martin. Utomlands, där man i regel ställer vida mindre fordringar på götmetallens kvalitet än här, är man ock ej så rädd för denna inblandning utan anser, att ett par tiondedels % tenn äro omärkbara. Där anser man att rödbräcka inträffar först vid 0,7 % Sn.

På Ledeburs tillskyndan utfördes vid Bismarckhütte år 1900 en serie ganska omfattande försök för att utröna olika tennhalters verkan på stål och götjärn* från vilka försök anföres i nedanstående tabell några av resultaten, varvid är att märka, att proven 1—5 utgöras av mjuk martin av sammansättning: C = 0,09 %, P = 0,02 %, Mn = 0,37

* S. u. E. 1901 sid. 330.

%, S = 0,05 % och Cu = 0,16 %, som tappades på i kokillerna lagda olika viktsmängder tenn, varigenom endast tennmängden i de olika proven kom att variera, medan proven 6—9 utgöras av stångjärnsändar och förtent bleck i grafitdeglar smält stål, varigenom de olika proven kommo att variera i såväl kol- som tennhalt, medan deras övriga legeringsämnen utgjorde: P = 0,05 %, Mn = 0,35 %, Si = 0,33 %, S = 0,05 % och Cu = 0,18 %.

Tabell XXXIII.

N:o	Sn %	C %	Smidbarhet i ljus rödvärme	Valsbarhet vid vällvärme	Sträckprov: Hållfasthet i kg pr mm² å stänger med 15 o. 10 mm diameter	Sträckprov: Tänjbarhet i % vid 100 mm mätlängd	Huru järnet lät hopvälla sig	Stansprov i rödvärme	Böjningsprov: i kyla	Böjningsprov: i värme
1	0,00	0,09	bra	bra	v 34,2	33,4	bra	bra	bra	bra
					s 32,9	31,3				
2	0,10	0,09	»	allt svårare kantsprickor	v 39,0	30,8	»	»	»	»
					s 41,2	24,7				
3	0,19	0,09	»		v 35,2	34,2	»	»	»	»
					s 38,7	18,0				
4	0,25	0,09	»		v 36,3	29,2	»	»	»	»
					s 39,6	26,8				
5	0,63	0,09	»		v 40,6	27,2	ej bra	—	—	brast
					s 46,7	19,6				
6	0,23	0,63	»		s 72,3	15,5	—	—	—	—
7	0,50	0,55	»		s 72,3	16,5	—	—	—	—
8	0,68	0,69	»		s 73,9	3,5	—	—	—	—
9	1,52	0,36	rödbräckt		brast vid inspänningsstället vid 48,6		—	—	—	—

Förändringarna i hållfasthetsegenskaper äro ej synnerligt stora vid vare sig det mjuka eller hårda materialet förrän vid 0,60 % Sn-halt, då isynnerhet tänjbarheten lider nedsättning. I tabellen är *v* resultaten för de valsade provstängerna av 15 mm. diameter och *s* resultaten för de smidda, vilka voro av 10 mm. diameter. Tabellen äger isynnerhet teoretiskt värde, medan dess betydelse för praktiken är mindre, alldenstund högre tennhalter än 0,1 % ej i martingods förekomma.

Man säger (Isaac och Tamman m. fl.) att järn kan i sig lösa upp emot 20 % tenn, samt att det senare kan i järnet förekomma antingen såsom Fe_3Sn eller $FeSn_2$, samt att det skall minska järnets kolupptagningsförmåga men även, då det gäller vanligt tackjärn, minska grafitavskiljandet (Wüst). Däremot skall det något öka tackjärnets tunnflutenhet.

17. Andra såsom järnlegeringsämnen sällan använda eller obetydligt försökta metaller.

Vismut har förekommit i ett par svenska malmer (Engruvornas och Romegruvornas) och lär förekomma även i en del utländska. Då sådana malmer förhyttas, inträngер vismutmetallen i ställmassans porer, där den ofta utkristalliserar i ända till hönsäggs storlek (Finnshyttan och Korsnäs) eller ock medföljer den samtidigt förekommande bly ned genom ställbotten till bottenkanalerna. Metallen legerar sig ej vare sig med tackjärn eller smidbart järn.

Kadmium, ej funnen i svenska järnmalmer, är rätt vanlig i en del utländska, t. ex. i de oberschlesiska och förhåller sig i masugn som zinken. Tillsatt till götmetall löser den sig ej i järnet (Zeitschrif. anorg. Chemie 1907 sid. 58—62).

Uran skall (enl. Mineral resources of the U. S. A. 1908 sid. 748) användas såsom tillsatsmedel för projektiler vid ett »större tyskt kanonverk».(?)

Kalcium och ***magnesium*** förekomma i alla järnmalmer men reduceras ej i de vanliga masugnarna, men torde av desamma en del kunna inkomma i elektriskt berett järn, när vi få god gång i våra elektriska masugnar, ty båda metallerna äro i hög värme med kol reducerbara, och man tillverkar (se J. K. A. B. 1909 sid. 451) i elektriska ugnar legeringar av kiselkalcium — aluminium, samt som bekant även magnesium. Kiselkalcium tillverkas även och dessa kalciumlegeringar säljas såsom tätgöringsmedel för stål. Värdet dock tvivelaktigt.

Cer och ***lantan*** lämna med järn pyroforiska legeringar efter vad Auer upptäckt. Om man hårt stryker på dessa legeringar med en stålspets, uppkommer ett regn av skarpt lysande mycket heta gnistor. Två sådana i bergshögskolans samlingar förvarade prov hålla 20 % cer resp. lantan. I en del svenska järnmalmer har man funnit cer, så en gång i Kittelgruvemalmen från Östra Ormberg 1,50 % Ce_2O_3.

Zirkon skall (enl. Metallurgie 1911 sid. 283) såsom ren metall, zirkonkarbid, zirkonsilicid eller ferrozirkon kunna användas såsom desoxideringsmedel för stål, och skall den, om den tillsättes i minst 1 %, hava en fördelaktig inverkan på götmetallens såväl seghet som styrka. Man torde dock böra avvakta vidare större försök, n. b. om metallen kan erhållas nog billig.

Tantal skall öka ståls sträckhållfasthet utan att sänka tänjbarheten (Ir. Coal Trade Rev. 1909 sid. 933), det senare dock förnekat av Guillet (Comtes Rendus 1907 sid. 327). Så dyr som metallen ställer sig torde den ej få någon användning inom järnindustrien. Metallen i och för sig är emellertid utomordentligt seg och hård (S. u. E. 1905 sid. 1382).

Av de ädla metallerna legerar sig ***silver*** ej med järn men väl ***guld***

och *platina*, men ingendera kan t. f. av kostnaden få någon användning inom järnindustrien, och äro de därför för densamma av intet praktiskt intresse.

Natrium och *kalium* äro föreslagna som tätgöringsmedel för stål, men deras värde härvid är tvivelaktigt. Ferronatrium utbjudes från England.

18. Gaser och järn.

a. Vilka och huru mycket gaser järn kan upptaga: Smält järn upptager i regel alltid gaser, vilka gaser sedan strax före och vid dess stelnande delvis avgivas, därvid givande upphov till mer eller mindre kokande i den ännu ej stelnande metallmassan samt gnisterbildning och sedan till blåsor och ihåligheter i den stelnande. Men även efter sedan järnet blivit alldeles stelnat och t. o. m. kallt, fortfar detsamma att avgiva gaser, ty trycket i blåsorna tilltager under någon tid. Men även kallt järn kan i sig upptaga vissa gaser såsom väte vid betning och elektrolytisk utfällning och kväve vid sätshärdning. De gaser, som smält järn och stål vanligast i sig löser, äro väte, kväve, kolsyra och koloxid samt syrgas, den senare i form av FeO (kanske även MnO). F. C. G. Müller var den första, som (1879) analyserade de i götmetall inneslutna gaserna, men sedan ha flere forskare gjort detsamma och förfogar man numera över ett ganska rikhaltigt analysmaterial i denna väg då det gäller götmetallens gaser, medan man åter har föga reda på dem i tackjärn förekommande, d. v. s. på i vilken proportion de olika gaserna i detta i förhållande till varandra ingå.

Nödsatt *tackjärn* blir oftast alldeles tätt i brottet samt kastar vid utrinnandet mycket få ehuru mycket stora gnistor, och när det stelnar i måtten, ser man ej några brinnande gaser över dess yta, såvida det ej är på en gång mycket svavel- och kiselrikt, ty då uppkommer gasformig kiselsvavla, som avgår och brinner med blå låga, lämnande kiseln såsom SiO_2 kvar på tackjärnets yta, och ibland även små blåsor kvar i densamma. Blir åter gången i hyttan något hårdsattare, så börjar tackjärnet avgiva gaser, och blir densamma mycket hårdsatt, så att glotter och kok uppkomma, brinna över det stelnande tackjärnets yta en massa blåa koloxidlågor, och det då helvita järnet blir alldeles fullt av större och mindre blåsor hela brottet igenom. Om återigen ett helvitt men ej alltför hårdsatt tackjärn är svavelhaltigt, så visar det efter stelnandet underst ett tätt brott men upptill i ytan vertikalt ställda avlånga blåsor påminnande om larvkakan i ett getingbo, och kallas det då getingjärn. De avgående tackjärnsgaserna utgöras väl då delvis av svavelväte. Tackjärn blåst med titanhaltig malm får, om det är hårdsatt, ganska egendomlig blåsbildning, efter vad som visat sig vid blåsning med enbar Tuolluvaremalm vid bergs-

högskolans övningsmasugn. Strax under den nyss stelnade ytan avskilja sig gaser, som lyfta och genombryta detta ungefär 1 mm. tjocka skal och bilda en enda över hela tackan liggande platt blåsa, men under denna är tackjärnet av ett tätt och vackert helvitt brott. Ungefär liknande förhåller sig ibland spegeljärn och manganjärn, men då bildar sig under blåsan vackert bladiga på kant ställda kristallfjäll.

Götmetall upptager olika mycket gaser dels allt efter den metod, varmed den framställes, dels ock efter den temperatur, som råder i ugnen samt sammansättningen av den slagg, som badet innehåller. Man har funnit, att ibland så mycket gaser kan vara i stålet lösta, att desamma, frigjorda, utgöra många gånger stålets volym. Förr under martinmetodens första tider hände det rätt ofta i dåvarande små dåliga och när de voro urbrända mycket kallgående ugnar, att stålet var så gasrikt, att man omöjligt kunde erhålla fulla göten, utan att man fick i kokillerna götstumpar på blott 1 dm. längd och resten »krage», oftast »stövelskaft» kallad. Vid ett verk, där man 1880 omändrat en gammal regenerativ vällugn till martinugn, gjorde vi så en gång en uppmätning och funno, att t. o. m. så litet stål, som om det varit tätt ej skulle stått högre än 1 tum, pöste upp och helt fyllde den $3^1/_2$ fot höga kokillen, för att sen som vanligt sjunka tillbaka så fort gaserna avgått, lämnande på kokillväggarna och botten bara ett tunt skal kvar. Detta representerade 35 gånger så mycket gaser, som stål, vid den tappningstemperaturen. Detta verk måste (det första i Sverige) införa »stigande kokiller» för att få fyllda göten. Är gången i ugnen varm och god och badet hela tiden hålles väl uppe i temperatur, får man vid tappningen det lugnaste stålet och de tätaste götena. Se vidare härom längre ned.

Müller fann i blåsorna i stål och järn mest vätgas och kvävgas men ingen eller endast några få % koloxid samt ej alls någon kolsyra. Senare forskare hava återigen funnit avsevärt med både kolsyra och koloxid och till och med metan såsom J. E. Stead fann i en, av en pipe orsakad stor blåsa i en tjock utvalsad plåt. Denna blåsa innehöll:

$N = 5{,}83$ %, $CO_2 = 23{,}00$ %, $CO = 50{,}50$ %, $H = 17{,}17$ %, $CH_4 = 3{,}50$ %.

Huru proportionerna ställa sig mellan de i ett stålbad upptagna gaserna, vet man ej, ty efter vad man funnit, avgå gaserna mer och mindre lätt ur stålet vid dess omrörande och sedan vid dess avsvalnande. Tager man med en rödvarm stor skopa ut ett gasrikt stålprov ur en martinugn, ser man, huru gaser avgivas redan vid nedhällandet i kokillen. Där står stålet så ett ögonblick kanske helt lugnt, brusar så plötsligt upp, sjunker så igen, men avgiver ytterligare en stund gaser, och i det kallnade götet har man stora gasblåsor innehållande en gasblandning, säkerligen koloxidrikare än den först avgångna gasblandningen var.

Nedanstående av prof. P. Goerens (se S. u. E. 1910 sid. 1514) i

kallnade stålprov genom dessas uppglödgande till c:a 900° funna gasblandningar representera därför ej alldeles säkert gaserna i det smälta badet före och efter ferromangantillsättningarna utan blott, vad blandning stålet ända till stelnandet kunnat kvarhålla utan ferromangan och med ferromangan tillsatt. Men dessa undersökningar äro i alla fall synnerligen upplysande och anföras därför. Goerens tog prov å stålbadet före och efter ferromangantillsättningen från 7 thomascharger, 3 martincharger (basiska), en elektrostålcharge, 2 smältdegelinnehåll och från ett kallt elektrostålstycke dessutom. I underståend tabell XXXIV finnas medel-, minimi- och maximisiffrorna från dessa prov anförda.

Vid jämförelse mellan Thomas och Martin *före* ferromangantillsättningen finner man av deras medelsiffror:

	Thomas	Martin
Gas i cm^3 per cm^3 stål	1,38	1,70
Därav CO_2	0,20	0,07
» CO	0,76	1,37
» H	0,29	0,15
» N	0,13	0,14

att thomasjärnet håller avsevärt mycket mindre gaser, vilket tydligen beror på, att detsamma av blästern, som våldsamt rör om i badet, så att säga skakas gasfriare. Att det bör hålla mera kolsyra och mindre koloxid är även att skylla på blästern, vars syre vid passerandet bör förbränna koloxid mera än slaggsyret i martinbadet, som verkar endast från ytan, kan göra. Det håller mera väte orsakat av blästerns fuktighet. Vid martinen måste detta från ugnsgaserna nedtränga genom slagglagret. Kvävehalterna åter äro märkvärdigt lika, en likhet, som torde kunna skyllas på, att i martinugnen nedsmälts redan från början kvävehaltigare materialier, under det thomasbadets järn, ursprungligen kvävefriare, under blåsningen från blästern mättat sig med kväve. Båda skulle då vid tappandet varit kvävemättade och vid stelnandet i sina porer avskilt samma kvävemängd, som sedan vid den företagna glödgningen frigjorts. Intressant hade varit, om även efter glödgningen den kemiskt bundna återstoden av kvävet i de två stålsorterna bestämts. Ser man åter på gaserna i proven efter ferromangantillsatsen:

	Thomas	Martin
Gas i cm^3 per cm^3 stål	3,41	1,80
Därav CO_2	0,22	0,06
» CO	2,54	1,48
» H	0,30	0,11
» N	0,35	0,15

så finner man, hurusom det överblåsta på oxider rika thomasjärnet, fått dessa reducerade med kol, så att koloxidhalten från 0,76 cm^3 förut,

Tabell XXXIV.

		Gasvol. på 1 vol. med	Stålet höll i %					Gaserna höllo i %				1 cm³ stål höll av gasen i fråga i cm³			
			P	Mn	C	S	Si	CO_2	CO	H	N	CO_2	CO	H	N
Thomas före Fe Mn t.s.	medel	1,38	0,084	0,28	0,051	0,063	0,013	13,5	56,3	20,9	9,3	0,20	0,76	0,29	0,13
	min.	0,59	0,068	0,23	0,036	0,051	0,008	6,5	42,1	11,3	1,8	0,06	0,37	0,09	0,02
	max	2,10	0,103	0,37	0,075	0,074	0,019	24,8	76,6	31,8	13,6	0,58	1,15	0,62	0,24
Thomas efter Fe Mn t.s.	medel	3,41	0,095	0,51	0,120	0,049	0,040	6,3	73,9	9,6	10,2	0,22	2,54	0,30	0,35
	min.	2,10	0,072	0,39	0,056	0,037	0,007	1,1	65,1	3,5	1,0	0,02	1,59	0,15	0,02
	max.	4,10	0,113	0,89	0,302	0,065	0,050	14,7	79,7	22,2	16,8	0,60	3,51	0,50	0,65
Martin före Fe Mn t.s.	medel	1,70	0,029	0,39	0,113	0,048	0,004	4,2	81,2	7,0	7,6	0,07	1,37	0,15	0,14
	min.	1,70	0,018	0,40	0,093	0,039	0,003	2,2	78,5	6,3	4,8	0,04	1,33	0,10	0,10
	max.	1,70	0,045	0,49	0,140	0,054	0,006	5,4	85,6	7,4	9,1	0,09	1,44	0,13	0,16
Martin efter Fe Mn t.s.	medel	1,80	0,033	0,47	0,142	0,037	0,120	3,5	81,9	6,1	8,5	0,06	1,48	0,11	0,15
	min.	1,70	0,023	0,60	0,114	0,033	0,003	2,6	79,8	4,7	5,7	0,05	1,36	0,09	0,12
	max.	1,90	0,045	0,93	0,175	0,041	0,350	4,5	83,2	8,1	10,1	0,08	1,57	0,15	0,16
Elektro-stål	före 2:dra slaggen	1,30	0,085	0,12	0,580	0,043	0,017	7,5	80,1	7,1	5,3	0,10	1,04	0,09	0,07
	efter 2:dra slaggen	1,30	0,069	0,12	0,076	0,031	0,023	6,4	84,8	4,7	4,1	0,08	1,10	0,06	0,06
Degelstål, medel		1,70	0,035	0,39	0,410	0,005	Si 0,40 Wo 0,15	1,0	70,4	12,9	25,7	0,02	1,19	0,23	0,26

stigit till 2,54 $\overline{cm}^3$, vilket gjort det färdiga thomasstålet vida gasrikare än den färdiga martinen. En i sanning god förklaring på den basiska martinens kända och nu också allmänt erkända överlägsenhet över thomasbessemern. Även martinens CO-halt har ökat. Goerens påpekar att av detta tydligt framgår, att desoxideringen av götmetallen får tillskrivas ferromanganens ej blott mangan utan ock dess karbidkol. Anmärkas bör att i medelsiffrorna för martinen ingå *ej* ett par analyser, som Goerens utfört å prov, som togos efter ferrosiliciumtillsättning, ty de skulle verka förryckande på resultaten. Att kvävehalten stigit så mycket, som från 0,13 till 0,35 $\overline{cm}^3$ i thomasjärnet, torde få tillskrivas den vid thomasmetoden brukliga stora mängden desoxidations- och uppkolningsmaterial. Vid basiska martinen dels användes ej så mycket sådant, dels får man vid densamma nog på den omröring, som man företager i badet efter ferromanganinsättningen, skylla avtagandet i stålets väte och obetydliga ökande av dess kvävehalt.

Elektrostålet är av alla sorterna det gasfriaste men håller dock 1,30 $\overline{cm}^3$ gas på 1 $\overline{cm}^3$ stål. Förmodligen är det här provade materialet endast i elektrisk ugn raffinerad bessemer eller martin och därför dock så pass gasrikt, och vad degelstålet angår, torde dettas analyssiffror ej få anses representera prima vara. Både dess fosforhalt och kolhalt antyda annat råmaterial än brännstål.

Såsom av de anförda maximi- och minimisiffrorna för thomasstålet framgår, så äro både gasmängderna och förhållandet mellan de olika gaserna mycket varierande vid olika charger, något som vi för övrigt länge vetat, och vilket beror av många faktorer såsom gången i masugnen med därav följande tackjärnssammansättning och gång i thomaskonvertern, luftens fuktighetshalt, chargestorlek m. m., vilket allt vi få tala närmare om under bessemer- och martinprocessernas beskrivande.

Vid alla sorters götmetall kunna de upptagna gaserna antingen avskilja sig på olika sätt eller också kvarstanna i järnet utan att avgå vare sig före eller under dess stelnande. Man kan så få:

1:o alldeles täta göten med jämnt sjunken överyta,
2:o i övrigt täta göten men med en pipe eller sugtratt i mitten och denna antingen gasfri eller med inneslutna gaser,
3:o blåsiga göten och av dessa tre huvudslag nämligen:
a: blåsorna placerade i götets yta,
b: » » i ringform inuti götet,
c: » fördelade överallt i götets hela massa.

C. A. Caspersson var den förste, som 1882 sökte giva förklaring på huru dessa olika göttyper uppkomma och därvid visade, att de till stor del äro beroende av chargegången och stålets tappningstemperatur: något som vi återkomma till under bessemer- och martinmetoderna. 1901 åter lämnade J. A. Brinell i J. K. A. en fullständig förklaring

över orsakerna till, att man genom tillsatser av aluminium och kisel samt mangan kan åstadkomma ett blåsfritt stål, och anföra vi denna hans förklaring i sammandrag.

Om uppkomsten av pipe och gasblåsor i allmänhet:

Dessa felaktigheter i göt härleda sig av vitt skilda orsaker. Vad pipen beträffar, så uppstår den i varmt stål på grund av detsammas krympning vid stelnandet. Då nämligen stålet gjutes i kokillen, stelna de partier, som beröra kokillväggarna, mycket hastigt, och den formförändring, götets ytterdimensioner sedermera undergå, är högst obetydlig. Under stelningens fortskridande sker emellertid en ständig krympning av stålmassan, och då, som nämnt, ytterdimensionen i det närmaste redan är fixerad, blir följden att vad som fattas ersättes med det ännu flytande stålet i götets mitt. Om nu götets överyta stelnat, så att någon pågjutning ej kan äga rum, blir följden, att ett tomrum i götets inre måste uppstå och bestämmes detta tomrums plats förnämligast av tyngdkraften. I allmänhet förefinnes därför pipen — på svenska kallad sugtratt — uti götets övre del såsom fig. 2 pl. IX antyder, ty de tomrum, som tendera att bildas i götets nedre, inre delar, fyllas av uppifrån kommande ännu flytande stål. Sättet, varpå ett stålgöt avkyles, inverkar emellertid på pipens läge, så att om en kokill anordnas i likhet med fig. 3 pl. IX, d. v. s. med en eldfast tegelsten (*a*) i en av kokillväggarna, så håller sig stålet på grund av försenad avkylning längre flytande framför detta tegel än ovanför, varför den därstädes uppkomna håligheten hindras att fylla sig med uppifrån kommande flytande stål, och får man i detta fall två sugtrattar.

Ett liknande förhållande äger rum i göt av den form, som fig. 4 pl. IX antyder, och detta enär den insnörda delen hastigt stelnar, så att ersättningsmaterial uppifrån ej kan erhållas för det undre partiet.

Härefter omnämnas de sätt, man har att motverka uppkomsten av pipe:

1:o. Genom godsets sammantryckning under stelnandet, vilket enligt Krupps patent sker på det viset, att kokillen hermetiskt tillslutes efter att flytande kolsyra inbragts över stålet, under det att efter Whitworths patent hydrauliskt tryck appliceras på götets överyta.

2:o. Genom centrifugering under stelnandet, då enligt Sebenii patent flere kokiller få svänga runt kring en gemensam axel, och enligt Stridsbergs ett och ett göte får rotera kring sin egen huvudaxel och,

3:o. genom att götets översta del hålles fullkomligt smält, till dess att dess huvudmassa alldeles stelnat, vilket kan ske efter de Lavals och Casperssons sätt medelst uppvärmda sjunkboxars placerande uppe på kokillerna och ståls itappande ända upp i dessa boxar, genom en elektrisk ljusbåges placerande över götets

Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

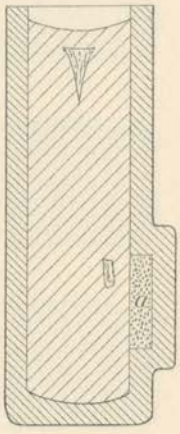
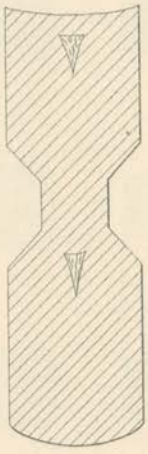
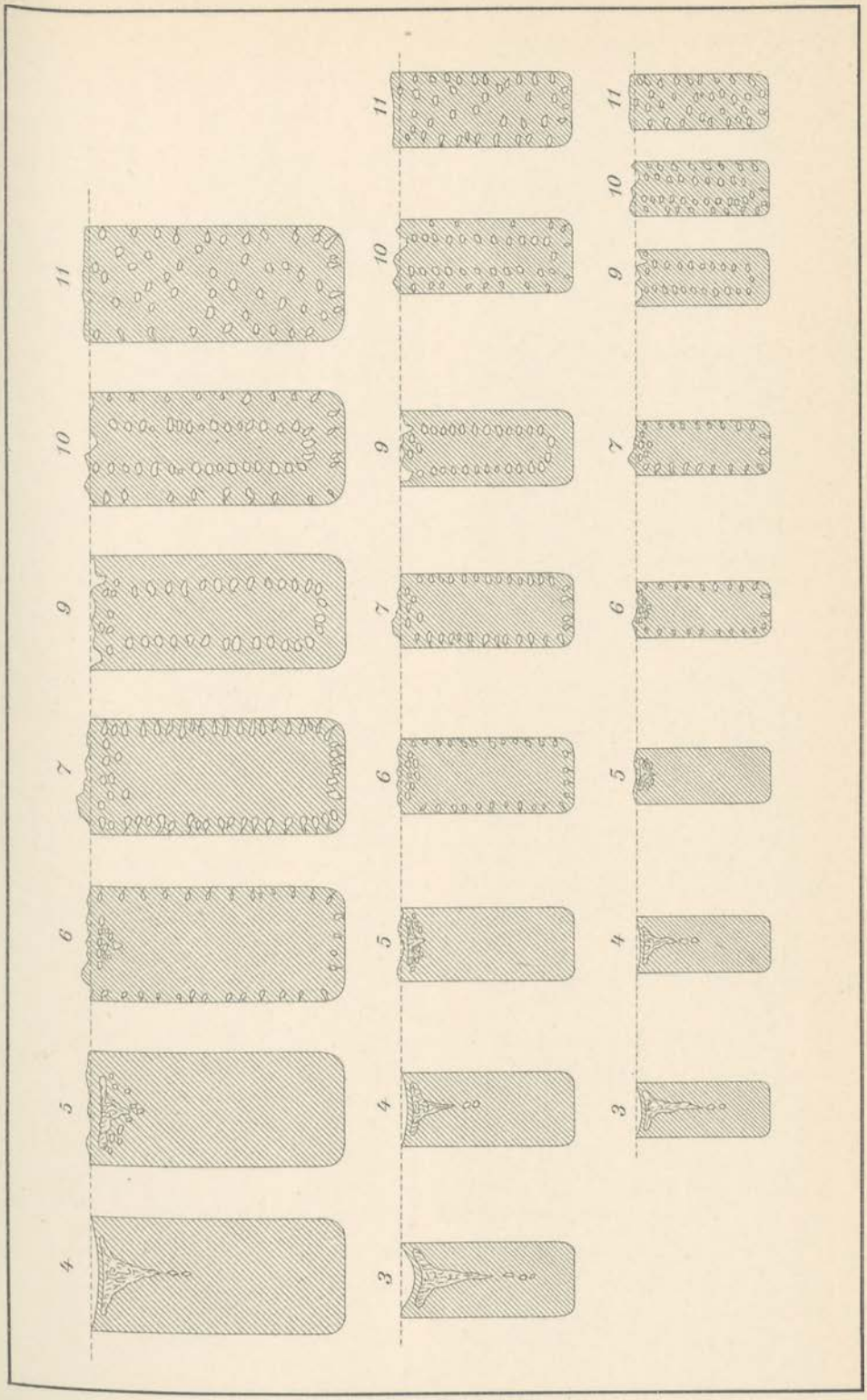


Fig. 4



Graf. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

överyta eller slutligen genom termits avbrännande uppå densamma.

Vad blåsbildningen beträffar säger Brinell:

»All götmetall absorberar under färskningen gaser i större eller mindre mängd, vilka till stor del ingå i verklig legering med järnet på samma sätt, som dess övriga beledsagare. De gaser, järnbadet sålunda upptager, utgöras huvudsakligast av väte, kväve och koloxid, och betingas mängden av sålunda upptagen gas i främsta rummet av den vid färskningen rådande temperaturen, i det att lösligheten för gaser i hög grad stegras med denna, varjämte dock även den kemiska sammansättningen har inflytande. Så t. ex. öka bland annat kisel och mangan avsevärt gasupptagningsförmågan. Gaser upptagas emellertid även, sedan färskningen avslutats, så att t. ex. under själva tappningen stålet sönderdelar luftens fuktighet och absorberar dess väte, och dessutom torde nog ofta koloxid bildas i det redan tappade götet på grund av kolets oxidation av eventuellt för handen varande oxider, men av denna koloxid absorberas antagligen endast i undantagsfall en del av stålet.

Järnets legeringar med gaser äro emellertid långt ifrån stabila, vilket gör att, då den under stelnandet inträdande temperatursänkningen fortgått tillräckligt långt, en del av de absorberade gaserna börja frigöra sig. Av dessa frigjorda gaser bortgår en del — och bliva sålunda oskadliga — under det en annan del kvarstannar i götet och bildar gasblåsor.

Gasavsöndringen framkallas således genom avkylningen, ty vid lägre temperatur har stålet mindre förmåga att hålla gaser absorberade, varför den kraft, med vilken gaserna sträva att frigöra sig, ökas i samma mån, som avsvalningen fortskrider.»

Kisel och mangan öka således stålets förmåga att hålla gaser absorberade, varför *ju högre halterna av dessa ämnen äro, desto mera kan stålet avkylas, innan gasutvecklingen börjar.* Ju högre kisel- och manganhalterna äro i stålet, desto hastigare stelnar stålets övre yta till följd av utebliven gasutveckling, och gasavsöndringen i stålet upphör nästan helt och hållet, så snart götets övre yta bringats till fullständig stelning, emedan sedan intet stål kan undantryckas för att lämna rum för gasblåsor. Endast så mycket gas kan sedan frigöras, som motsvarar volymen av stålmassans krympning.

För att lättare kategorisera blåsbildningsförhållandena uppritade Brinell en serie normaltyper å göten, vilka typer i längdsektion återfinnas å pl. X och i tvärsektion å pl. XI. Vad avbildningarna av längdsektionerna angå, så äro sådana av tre olika götstorlekar 14″, 10″ och 5″ medtagna å planschen och placerade under varandra på sådant sätt, att de i samma vertikallinje stående städse motsvara göt med samma kisel- och manganhalt, genom vilket framställningssätt även *götstorlekens inflytande på blåsbildningen* lätt kan studeras. I samma mån götstorleken ökas, försenas tydligen stelnandet

av götenas överyta, varigenom gasutvecklingen eventuellt hinner börja innan detta ägt rum.

De olika göttyperna (se planscherna):

Göttyp n:o 4. Yttre kännetecken: övre ytan konkav. Det stål, som bildar denna göttyp, utvecklar ej några gaser, varken före eller under stelnandet, utan tvärtom är ej otroligt, att i pipen stundom bildas vakuum.

Göttyp n:o 5. Yttre kännetecken: övre ytan plan, möjligen något konvex. Pipen är mindre djup än i n:o 4 och i närheten av densamma finnas blåsor. Det stål, som bildar denna typ, saknar ej helt och hållet benägenhet att vid stelnandet avgiva gaser, varför isynnerhet i götets övre ända, där trycket av överliggande stål är mindre, utvecklas så mycket gaser, att de fylla pipen och bilda några blåsor.

Göttyp n:o 7. Yttre kännetecken: övre ändan delvis konvex, delvis plan, men alltid försedd med knölformiga uppflytningar av stål. Ytblåsor förefinnas. Denna göttyp uppkommer hos stål, som avlämnar sina gaser under stelnandet, och då stålet ännu befinner sig i degformigt tillstånd. Så snart gjutningen avslutats, står götets övre yta för några ögonblick nästan alldeles stilla och högst obetydlig gasutveckling förmärkes, varför ytan till större delen eller i sin helhet överdrages med ett tunt stelnat lager. Detta varar dock endast några ögonblick, ty snart nog har avkylningen vid kokillens sidoväggar fortskridit så långt, att en våldsam gasutveckling i dessa stålpartier uppstår och åstadkommer ett sådant tryck i götets inre, att det i mitten av götet ännu flytande stålet pressas upp och genombryter den tunna stelnade skorpan samt lägger sig såsom ett oregelbundet lager å densamma. Denna gasutveckling och uppressning av stål kan dock ej länge fortgå, emedan det tryck, som av gaserna utvecklas, ej är mäktigt hindra götets övre ända från att stelna, varigenom avloppet tilltäppes och vidare gasutveckling omöjliggöres, varpå det stål, som sedan stelnar, blir blåsfritt.

Göttyp n:o 9. Yttre kännetecken: götets övre yta sjunken och ojämn med efter kokillväggen uppstående kanter, ytblåsor saknas, men en ring av blåsor finnes mellan den täta ytan och den likaledes täta kärnan. Det stål, som lämnar denna typ, avgiver sina gaser efter en viss grad av avkylning, men medan det ännu är flytande. Så snart gjutningen är avslutad och delvis redan förr, börjar det stål, som är i beröring med kokillväggarna, att avgiva sina gaser. De bildade blåsorna sträva att utvidgas, och då denna utvidgning lättast kan ske i riktning mot götets mitt, emedan stålet där är varmare, mera kvickflytande och lättare att undanträngа, så förflytta sig blåsorna från kokillväggen mot götets mitt och deras förra plats intages av flytande stål. På detta sätt bildas jämte kokillväggarna ett lager av tätt blåsfritt stål. Allt efter som avkylningen fortskrider, skulle blåsorna förflytta sig allt längre och längre mot mitten och mot götets övre ända,

men stelningen av denna sistnämnda del lägger hinder i vägen därför, genom att detta stelnande hindrar vidare gasutveckling, på samma gång som det uppstående trycket hindrar blåsorna att vidare förflytta sig inåt.

Göttyp n:o 11. Yttre kännetecken: götets övre ända är täckt av oregelbundna stållager, som uppressats av gaserna, talrika såväl ytsom innerblåsor, av vilka de senare förekomma i hela sektionen, och har det stål, som lämnar denna göttyp, så stor benägenhet att avgiva sina gaser, att under hela tiden för gjutningen i kokillerna och till dess stålet är stelnat ett våldsamt kok försiggår. Ehuru detta stål är jämförelsevis det kallaste, hålles den övre ytan till följd av den livliga gasutvecklingen längre fri från stelning än hos något annat stål. Förut är påvisat att i ett stål, som har benägenhet för att avgiva gaser, sådant avgivande pågår, ända tills överytan stelnat, och då nu i detta stål en livlig gasutveckling försiggår, ända tills hela götet stelnat, och götets övre ända till följd av gasutvecklingens våldsamhet och den ständiga tillförseln av varmt stål från götets inre hindras att stelna, bliver ock följden, att göt, tillhörande denna typ, hava blåsor i hela sin genomskärningsyta.

Brinell anser, att den de Lavalska sjunkboxen kan bliva till skada i stället för tvärtom, då den användes vid tappningen av stål, som under vanliga förhållanden skulle lämna göttyperna $5^1/_2$ eller 9, ty genom att sjunkboxen håller götets överyta längre varm, befordras gasutvecklingen hos dessa slag av stål.

En del vetenskapsmän hava påstått, att kisel skall öka ett ståls förmåga att i smält tillstånd i sig lösa gaser, och att en smältcharge i en sur ugn, som hela tiden hålles överhet, skall vid tappningen hålla mera gaser, än en, som hela tiden hålles kall, emedan i förra fallet relativt mycket Si och Mn kvarhålles under hela chargen. Detta överensstämmer ej med författarens erfarenhet från svensk stålsmältningspraktik, utan förhållandet är tvärtom det följande:

Om man till följd av igensotade regeneratorer har kall gång i ugnen hela tiden, så bortoxideras genast i smältningens början kisel och mangan fullständigt, och sedan kommer badet i en ytterst fördärvlig jäsning, varvid stål och slagg stå såsom fradga i ugnen. Ytterst långsamt går badet ned i kolhalt, avfrätningen å ugnen blir oskäligt stor, och vid tappandet visar sig stålet oerhört gasrikt, isynnerhet vid tappning i form av stigande göten i upptill på ett litet hål när slutna kokiller. Ur dessa små hål uppstiga då ett par meter höga, väsande lågor.

Håller man åter en charge överhet hela tiden, ända till dess badet är nära färdignedkolat (nedkolningen går även då ytterst långsamt), men en halv timme före tappningen drager ned ugnstemperaturen, så att badet blir kallt och kisel och mangan fullständigt oxideras, samt så tappar stålet i samma kokiller, visar sig över dessas gasavloppshål

endast helt små, matta lågor. I senare fallet får man ytblåsiga göten, i förra åter göten, som äro fulla av stora ofta anlupna blåsor ända igenom.

Dessa iakttagelser hade vi fordom ofta anledning iakttaga, innan vi fingo en övad smältarstam och lärt oss använda aluminium vid tappningarna, och med den erfarenheten skulle man vara benägen uppställa följande satser:

1:o. Mangan och kisel, om de kvarhållas hela tiden i chargen, hindra eller minska gasupptagandet.

2:o. En manganfattig beskickning upptager i basisk ugn mera gaser än en manganrik, emedan kiseln i en sådan ugn genast bortgår ur stålet, men om manganhalten är nog stor, stannar manganen hela chargen kvar i stålet och minskar gasabsorptionen.

3:o. Ju närmare stelningstemperaturen chargen hålles under kolets bortfärskande, ju mera gaser kvarhåller stålet i badet.

Likaså torde det minst sagt ligga betydlig överdrift i en del forskares påståenden, att om ett smält stål tappas vid fuktig luft ned i en kokill, stålstrålen skulle på vägen hinna sönderdela så mycket vattenånga och absorbera så mycket väte, att detta skulle kunna försämra det kallnade stålets kvalitet och öka dess blåsors antal och storlek. Författaren har dock aldrig funnit det svårare att ens dimmiga höstnätter göra prima blåsfritt stål i Gullöfors' mitt i Trollhättefallen belägna martinverk, än under kalla klara vinterdagar i Skebo bruks, som ligger långt bort från brukets lilla bäck.

H. M. Howe anser, att gasblåsorna i götmetallen huvudsakligen orsakas av, att götmetallens kol under avkylandet och stelnandet börjar angripa i metallen lösta oxider, och att det är därför, som blåsbildningen är starkast i sådant stål, som ännu strax före tappningen stått i beröring med en starkt järnhaltig slagg. Om man återigen lagar så, att stålbadets slagg mot slutet av processen är i sur ugn mycket kiselsyrerik och järnfattig och i basisk ugn ytterst basisk och järnfattig, så sjunker stålets oxidhalt och därmed faran för för stark gasutveckling samt för mycket blåsor. Han påpekar ävenledes, att utsegringarna i stålgötena huvudsakligen sammanfalla med placeringen av blåsorna, och att dessas väggar ofta visa betydligt högre svavel- och fosforhalter än stålets grundmassa.

Alla ej anlöpta gasblåsor men ej de gasfyllda piperna välla samman och försvinna under stålets utvalsning eller utsmidning, såvida tillräckligt hög uträckningstemperatur användes (över 1000°). Detta har man funnit genom mikroskopisk undersökning. Antagligt är därför, att stålet under högt tryck och vid hög temperatur åter i sig löser de avskilda gaserna, men vi hava ock funnit genom här i Sverige utförda experiment, att få så uträckta, till synes felfria stänger ligga längre tid i vällvärme, öppna sig blåsorna åter, och otvivelaktigt äro stänger uträckta av mycket blåsrika göten, trots att blåsorna blivit

under räckningen hopvällda, skörare än av tätare göten av i övrigt lika kemisk sammansättning gjorda stänger.

Utom de av Brinell nämnda förfaringssätten för åstadkommande av pipe- och blåsfria göten nämligen:

1:o sammantryckning under stelnandet,
2:o centrifugering under stelnandet och
3:o överytans hållande i smält tillstånd genom sjunkbox, elektrisk ljusbåge eller termitpåläggning

användas även eller har använts:

4:o återförande av stålskänken och ny pågjutning av varmt stål,
5:o pågjutning av smält slagg (ej att rekommendera),
6:o placerande av en »blåsrörlåga» på överytan,
7:o stålets gjutning genom Casperssons silbox och
8:o påläggning av träplattor eller kolstybb på överytan (ej att rekommendera) samt
9:o gjutning i s. k. stigande kokiller eller stigande göt.

Även andra järnsorter än tackjärn och götmetall upptaga och avgiva gaser, så t. ex., som bekant, det elektriskt beredda *kiseljärnet.* Till följd av de många förgiftningsfall som inträffat genom de gaser, sådant avgivit, tillsattes här i Sverige en kommission, vars kemist docent A. Grabe (i T. T. K. & B. 1910 sid. 7) lämnat en intressant berättelse över de giftiga gaser, arsenikväte och fosforväte, som elektriskt berett kiseljärn kan avgiva. Dessa två giftiga gaser finnas dels färdigbildade inneslutna i kiseljärnet och frigöras, om detsamma genom stötar eller rivning pulveriseras, men kunna ock nybildas av kiseljärnets arsenider och fosfider, om detta utsättes för vatten eller fuktig luft. Så befanns att olika sorter kiseljärn vid finrivning lämnade, per ton järn räknat, av fosforväte från 14 upp till 211 liter. Nedlagt i vatten och i valnötstora stycken avgav 50 %-igt kiseljärn en »vidrigt luktande» gasblandning, som av Grabe analyserades till:

Kolsyra = 0,4 %, syre = 1,0 %, kolväten = 17,2 %, koloxid = 0,4 %, vätgas = 36,4 %, metan = 0,4 % och kvävgas = 44,2 %.

Sedan vi nu betraktat järns gasupptagande från allmän synpunkt övergå vi till enskilda gaser och järn och behandla då först.

19. Syre och järn.

Rent järn har så stort föreningsbegär till syre att, som bekant, rödvarmt sådant tänder sig och förbrinner i ren syrgas och likaledes i vanlig luft, om det i finfördelat och upphettat tillstånd utsättes för densamma, vilket vi vid järnverken hava gott tillfälle att iakttaga t. ex. då gulvarm billets avskäres medelst cirkelsåg. Järnet förbrinner då till Fe_3O_4. Hammarslaggen och valssinnern, som avfalla vid järnets räckning, är ävenledes till Fe_3O_4 oxiderat järn om ock ej oxidationen

skett under så tydligt eldfenomen, och att järnet vid mycket lägre temperatur än uträckningsvärmen börjar oxideras även i torraste luft, veta vi, från »anlöpningen», som börjar redan vid c:a 220° och vars färger endast bero på den uppståndna oxidhinnans tjocklek. I fuktig luft oxideras järn redan vid vanlig temperatur, ja t. o. m. vid köld, och finnes en gasformig syra närvarande, går oxideringen så mycket snabbare samt kallas då fenomenet rostning, och slutprodukten blir ferrihydrat eller ferrisalt. Om järn utsättes mycket länge för glödgning under lufttillträde såsom t. ex. sker med i ugnsväggar på oförståndigt sätt inmurade stagjärn, kan glödspånslagret i yttre ytan övergå till järnoxid med järnglansbrott, innan järnstångens kärna hunnit oxideras, och då innehåller glödspånslagret snart sagt alla blandningsövergångar mellan FeO och Fe_2O_3. Såsom kemien lär, har järnet fyra olika sammansatta syreföreningar, varav den ena, järnsyran, ej kan förekomma annat än i förening med starka baser och ej finnes i naturen. De övriga åter förekomma i massor färdigbildade på vår jord och kallas, som vi veta, om de förekomma i det skick, att det går och lönar sig att bereda järn av dem, för järnmalmer, men behandlandet av de senare lämna vi till särskilt kapitel och nöja oss här med att undersöka endast metalliskt järns oxidering. Om järn i hetta utsättes för syrets inverkan, bildas på dess yta först naturligtvis den lägsta syreföreningen FeO, oxidulen, men som denna har ett starkt föreningsbegär till syre, så övergår den omedelbart genom upptagande av mera syre till den nästa oxidationsgraden Fe_3O_4 magnetiten. Denna är nu i sin ordning, då det metalliska järnets syrebegär synes vara i värme starkare än oxidulens, i stånd att oxidera ett nytt järnlager själv samtidigt tagande syre från luften i det avgivnas ställe, och så transporteras syret allt längre in och glödspånslagret blir allt tjockare.* Detta inträffar, om det ej finnes någon syra närvarande, till vilken järnoxidulen har större föreningsbegär än till syret. Finnes åter en mycket kiselsyrerik slagg närvarande, och om samtidigt hettan är mycket hög, kan trots befintligheten av skarpt oxiderade gaser järnets och även dess legeringsämnens oxidering alldeles avstanna, så som ibland inträffar i surt infordrade martinugnar, i det att ingen järnoxidul då i slaggen övergår till syretransporterande järnoxidoxidul.

Ur den kiselsyrerika rena järnoxidulslaggen tyckes smält järn, som Howe säger, ej upptaga och i sig lösa järnoxidul men väl ur slagg som — hållande mindre kiselsyra — även håller järnoxidoxidul. I starkt basiska martin- och thomasslagger förekommer åter järnet alltid såsom järnoxidoxidul, om ej hettan i ugnen är onormalt hög, och därför håller också vanligen den basiska götmetallen mera järnoxidul löst i sig, än den välskötta sura, och behöver då större mängder desoxidationsmedel, resp. uppkolningsmedel. Ledebur tyckte sig

* Ledebur har funnit återstoden av en till glödspån helt förvandlad järnstång utgöras av 68,38 % Fe och 28,90 % O motsvarande c:a 12 Fe_2O_3 + 1 FeO.

finna, att mjuk götmetall kunde upptaga, som högst 1,5 % FeO motsvarande 0,33 % O. Huru den så under smältningen upptagna järnoxidulen förekommer i det smälta järnet är ej utrett, en del forskare antaga det är i emulsionform; i det stelnade och avkylda järnet åter synes under mikroskopet järnoxidulen såsom i järnmassan jämnt fördelade korn. Syret, förekommande i denna form i järnet, meddelar detsamma rödskörhet, d. v. s. samma egenskap som rödbräckan, eller att vid bearbetning i röd- till gulvärme järnet vill brakna sönder. Finnes svavel samtidigt närvarande, så förstärka båda ämnena varandras verkan. Det har påstått, att den upptagna järnoxidulhalten måste uppgå till minst 0,5 % för att märkbar rödskörhet skall inträda, men gäller detta säkerligen endast för utländska förhållanden, ty våra stålprovare använda skarpare provningssätt och hava strängare fordringar på fullkomlig rödskörsfrihet än deras utländska kamrater. Om neutraliseringen av denna syrets skadliga verkan se under: Färskning och raffinering.

Järnets rostning och skyddsmedel däremot: Under en följd av år har en mängd forskare dels sökt utreda orsakerna till järnets rostande, dels sysselsatt sig med att undersöka, huruvida olika kemiskt sammansatta järnsorter rosta olika fort, men man kan knappast säga, att dessa två frågor ännu äro nöjaktigt utredda och fullgiltigt besvarade. En del påstå, att rent vatten ej kan rosta järnet, även om ren syrgas inledes, d. v. s. att järn ej rostar i beröring med $xH_2O + yO$ och likaledes, att järn ej kan rosta i kolsyrefri och i övrigt ren fuktig luft. Dessa hylla, ehuru med någon omskrivning, den av Calvert 1870 uppställda rostningsteorien, vilken förklarade, att rostning i vanlig atmosfär tillgår på så sätt, att atmosfärens kolsyra predisponerar järnet till att ur fuktig luft upptaga och förena sig med syre, då FeO_2CO bildas. Som emellertid FeO har större föreningsbegär till syre och vatten än till CO_2, så bildar den strax $Fe(OH)_3$ efter formeln: $2FeO + O + 3H_2O = Fe_2O_3 . 3H_2O$ eller $2\{Fe(OH)_3\}$. Den då frigjorda, in statu nascenti befintliga kolsyran, verkar nu ändå häftigare på nytt järn och så undan för undan, så att om blott nytt syre och ny fuktighet tillföres, så kan en mycket liten mängd kolsyra verka till förrostande av stor om ock ej obegränsad mängd järn, ty en del CO_2 stannar i det bildade rostets porer. Moody (S. u. E. 1907 sid. 1271), A. G. Fraser (The Journal of the West of Scotland I. & S. Inst. 1909 n:o 3) och J. N. Friend (S. u. E. 1909 sid. 1578) hålla fortfarande fast vid Calverts teori men sätta i stället för kolsyra uttrycket i gas eller vätska löslig syra, ja Friend, som samtidigt godkänner den nedan nämnda elektrolytteorien, säger, att även utspädda baser samt en del salter kunna i detta hänseende ersätta syrorna, vilket ock är med de praktiska erfarenheterna överensstämmande. Elektrolytteoriens våldsammaste anhängare åter förklara, att för järns förrostning behöves ej annat alls än rent syrebemängt vatten. Dessa herrar säga så, Spenn-

rath (Chem. Zentralblatt 1903 sid. 1293), Cushman (S. u. E. 1907 sid. 1583), E. Heyn & G. Schutz (S. u. E. 1908 sid. 1564) och W. H. Walker, stödande sig på Kohlrauch & Heydweilers påstående, att rent vatten är elektriskt ledande, och på Whitneys ionteori (Se Journal of the Am. Chem. Soc. 1903 sid. 25 och 394). Enligt dem skulle förklaringen till rostningen vara den följande: När ett järnstycke nedsänkes i vatten så — även om detta är kemiskt rent och fullkomligt gasfritt — utsänder det i det ledande vattnet ferroioner som övergå till först ferriioner sen ferrihydrat = rost, om fritt syre finnes närvarande:

1:o $Fe + 2H_2O = (Fe) . (OH)_2 + 2H$,
2:o $2\{(Fe) . (OH)_2\} + 4H + 3O = Fe_2O_3 . 3H_2O. + H_2O.$

Enligt de elektrolytiska begreppen böra nu alla lösliga syror befordra, alla lösliga baser motverka rostets uppkommande, men så är i själva verket ej förhållandet, ty det har visat sig, att basiska lösningar i större utspädning, i st. f. att hindra, befordra rostandet.

Vad angår olika järnsorters olika rostningsbegär, så anser A. G. Fraser och E. Heyn & Bauer sig med experiment hava bevisat, att det är föga olikhet rådande mellan välljärn, götjärn och tackjärn. Murray & Howe åter säga, att får tackjärnsgjutgodset hava sin »gjuthud» kvar, rostar det mindre än det smidbara järnet, borttages den, rostar det åter hastigare än det senare. Murray & Law samt Heyn & Bauer och Sherman hava med försök visat, att järn i beröring med ädlare metaller (n. b. i elektriska spänningskedjan ädlare) rostar hastigare, i beröring med oädlare åter långsammare, än om det ej är satt i beröring med annan metall. I götmetall förekommande utsegringar påskynda i regel kringliggande partiers rostande. Fosfor, kisel och nickel — jämnt fördelade i järnmassan — motverka rostning, svavel och mangan påskynda den.

The American Rolling Mill C:o har nyligen i handeln utsläppt ett ovanligt rent martinjärn, som det påstår skall ha c:a 50 gånger större motståndsförmåga mot rostning än vanlig götmetall och c:a 30 gånger än puddeljärn. Det skall enligt analys hålla (se S. u. E. 1910 sid. 426):

S = 0,025 %, P = 0,005 %, C = 0,016 %, Mn = 0,020 %, Si = 0,005 % o. O = 0,030 %.

Under senare år äro även mångfaldiga skyddsmedel mot rostning anförda i de tekniska tidskrifterna. Det bästa anses vara kromsyra och kromsyrat kali, men även hava varmt förordats pålimning medelst kokad linolja av oljepapper — dock först sen järnstycket genom svag uppvärmning gjorts fuktfritt och ävenledes påmålning av en linoljefärg erhållen genom oljans blandande med pulverformig Fe_3O_4, beredd genom att man blåst ned luft i med amoniak mättad lut från betning av järn (med HCl).

A. S. Cushman (S. u. E. 1909 sid. 757) påpekar om de övriga i praktiken använda rostskyddmedlen, att förzinkning, galvanisering, är

ett utmärkt medel, endast om zinken kommer i fullständigt ledande kontakt med järnet. Men gör den det, så förmår den skydda även av zink ej betäckta mindre fläckar. Tenn skyddar endast det ställe av föremålets yta, som det täcker, och det endast om luft eller fukt ej kan tränga in emellan. Från en obetäckt rostande fläck utbreder sig därför gravrosten även under tennhinnan avlyftande denna. Bästa anstrykningsmedlet anser han vara alkoholhaltig chellaklösning försatt med kromsyra. Denna skyddar t. o. m. järn under vatten, men är ej så bra på plåttak. E. Camerman har i S. u. E. 1909 sid. 1706 även-ledes behandlat ämnet på mycket utförligt vis. Han påpekar bland annat, att skyddsfärgen ej får påstrykas i för tunt lager, att terpentin och andra lättflyktiga oljor ej få användas, utan endast långsamt torkande »beckande» oljor. Det intorkade skiktet måste vara elastiskt, eljest spricker det vid temperaturväxlingar (linolja utmärkt ehuru även den till sist blir för hård). För att strykningen skall få nog hårdhet mot nötning, måste färgstoffer blandas i oljan och inblandas väl och i allra finaste pulverform. Lagret skall vara motståndskraftigt mot kemisk inverkan, och således duga ej zinkvitt, svavelzink och lithopon. Bäst är färg av kokad linolja med vare sig blyvitt, järnmönja, blymönja eller grafit.

Oxidskydd: I Ryssland har man sedan många årtionden tillbaka tillverkat en smidd plåtsort, belagd med en tunn glödspånhinna eller rättare anlöpningshinna av magnetit (Fe_3O_4) med synnerligen jämn och blå glans och av sådan seghet, att man t. o. m. kunnat försiktigt falsa plåten, utan att hinnan spruckit från, ja ej ens under mikroskop visat rämnor. Denna oxidhinna har ock visat sig såsom ett ypperligt skyddsmedel emot rostning, och den ryska blåplåten har vunnit ett välberättigat beröm över hela världen. Den tillverkades förr uteslutande på det sättet, att plåtämnena utsmedos under hammare och å städ med för våra förhållanden osedvanligt stora slagytor, vilka ytor voro noga polerade, och vid utsmidningen användes så mycket »strö-stybb» (kolstybb), att detta hindrade glödspånslagret att bliva för tjockt. Ja, den ryska blåplåten lärde så oss i det övriga Europa, att vi borde oxidera även vår plåt, men arbetslönerna hos oss lade hinder i vägen för användandet därvid av ryssarnas förfaringssätt, och så uttänktes den s. k. inoxidationsmetoden. Enligt denna borde man i en ugn utsätta järnstycket, eller plåten i fråga, först för en oxiderande låga eller varm skarpt oxiderande gasblandning och sedan, när tillräckligt tjock ythinna av järnoxid bildat sig, medelst inledande av reducerande gaser draga ned järnoxiden till järnoxidoxidul. Sättet har praktiserats i 25 år med mycket växlande framgång, vanligast har oxidhinnan blivit för tjock och vid temperaturväxlingar, som järnpjäserna sedan utsatts för, spruckit, ja t. o. m. flagnat av, och så hava dessa rostat. Här i Sverige hava en del bruk redan länge förfarit på ett förståndigare sätt, och sedan G. Weigelin (i S. u. E. 1908 sid. 957) offentligen påpekat

felen i det s. k. inoxidationsförfaringssättet, kunna vi här, utan att gå någons rätt för nära, omtala, huru denna oxidationsprocess rätteligen bör skötas för ernående av bästa resultatet, dock i alla händelser ej så gott att det lämnar t. ex. »prima rysk blåplåt».

Plåtarnas eller järnpjäsernas ytor — även stål- och tackjärnsgjutet — skola vara väl rengjorda från glödspån, betningsrester, och andra föroreningar, innan de införas i oxideringsugnen. I denna skall antingen genom värmeelement, eldkanaler under botten, i väggar och valv eller elektrisk uppvärmning samt genom användandet av tjocka av t. ex. Höganäs asktegel eller annat mycket dåligt värmeledande material uppförda yttermurar en jämn värme hållas. Denna bör hållas mellan 600 à 700° och ugnen därunder hållas fylld med rätt kolsyrehaltig generatorgas, eller också kan lägre temperatur och mera oxiderande gasblandning användas t. ex. renfiltrerade skorstensgaser, eller vid 300 à 350° värme t. o. m. ren luft. Oxideringen går dock i sistnämnda fallet långsamt.

20. Väte och järn.

Rent järn har vid vissa temperaturer även stort föreningsbegär till väte och isynnerhet till väte in statu nascenti. Så upptager järn betydliga vätgasmängder redan vid vanlig temperatur, då det betas i svavel- eller klorvätesyra, eller då det ur sina saltlösningar på elektrolytisk väg utfälles. I sistnämnda fallet får man in maximum vätehalt i järnet eller enligt Wedding & Fischer (S. u. E. 1903, sid. 1268) 250 gånger så mycket vätgas, som järnets egen volym, under det enligt samma forskare vanligt i handeln använt järn aldrig håller över 0,5 vätgasvolym på 1 vol. järn.* Det vid betning upptagna vätet är emellertid mycket lösligt bundet vid järnet, så att det t. o. m. är möjligt göra betad tråd så gott som vätefri genom några timmars upphettning vid 120° temperatur (H. A. Baker & W. R. Lang, se Journal of the Soc. of Chem. Ind. 1906), men snabbast och fullständigast skola gaserna, såväl vätet som andra, och huru de än inkommit i järnet, utdrivas vid 710° temperatur (G. Belloc och J. Grünwald, S. u. E. 1909 sid. 543). Sedan börjar järnet åter upptaga väte, och det ur vilken vätgashaltig atmosfär som helst, men naturligtvis bäst ur ren vätgas, om det upphettas däri, och allra mest sen det kommit i smältning. Ju högre gastrycket är, ju mera vätgas upptages.

A. Sieverts har i S. u. E. 1910 sid 1532 redogjort för en del försök i denna väg företagna med elektrolytiskt framställt järn, upphettat till olika temperaturer i ren vätgas. Detta järn smälte vid 1505°. Järnet upptog gas i milligram per 100 gram järn och vid 760 mm tryck:

* Hanemann angiver i Hütte, utan att angiva om det gäller smält eller kallt järn. 5 % för tackjärn och 60 % för götjärn allt av järnets volym.

vid	929°	1031°	1250°	1350°	1450°	1550°	1650°
H	0,592	0,521	0,776	0,940	1,079	2,501	2,794

Vid 1550° temperatur men växlande tryck åter:

tryck i mm.	922	735	568
H	2,703	2,501	2,120

Vätets verkan på järnets och stålets egenskaper består i, att det gör desamma sprödare, vilket isynnerhet framträder vid böjning och allra skarpast, när vätehalten inkommet i metallen genom betning företagen på det vanliga sättet utan användande av elektrisk ström. Enligt Bakers och Langs ovannämnda försök sänktes i två provade ståltrådar sträckhållfastheten genom betningen visserligen från 46,19 o. 48,58 till resp. 43,17 o. 45,14 kg pr mm^2, men i det tredje syntes ingen förändring av densamma och alla tre proven visade före och efter betningen lika tänjbarhetsprocenttal. Däremot minskades i alla kontraktionen med 30 à 40 % av det ursprungliga värdet. Böjningsproven visade också 30 à 40 % försämring, men ej i samstämmighet med kontraktionsvärdena, ty den tråd, som fått kontraktionstalet minskat med 40 %, var blott 30 % försämrad i böjningsavseende. Genom återuppglödgning återvunno alla tre proven nästan fullkomligt sina ursprungliga sträck- och böjningshållfasthetsvärden.

Betningens verkan orsakas av, att när det glödspånbeklädda järnet neddoppas i den utspädda syralösningen inträngер syran genom glödspånhinnans porer och angriper järnet. Då utvecklas där vätgas och kolväten, en del av vätgasen absorberas av järnet, resten tillsammans med kolvätet spränger lös glödspånhinnan, vars flagor sjunka till betningskärlets botten, medan gaserna uppstiga till vätskans yta. Järnet blir glödspånfritt men minskas i vikt mer, än vad glödspånen vägde, ty en del metalliskt järn upplöses i syran. C. J. Reed har därför tagit patent på en elektrolytisk metod, varigenom vinnes, att endast glödspånen upplöses. Han nedhänger järnföremålet s. s. katod (obs. ej anod, som andra försökt) i ett 60° varmt svavelsyrebad av 1,25 sp. vikt (28,8° B.) och låter under 2 à 3 minuter en ström av 0,075 Amp. pr cm^2 genomgå föremålet och lösningen, samt vinner därigenom betydligt minskad järnförlust, minskad åtgång av syra och arbetstid, samt erhåller ett vätefritt järn, som ej för vätets skull behöver efteråt uppglödgas. Som betning tillhör ämnet järnets manufakturering, få vi här hänvisa till detta (och S. u. E. 1908 sid. 937 och 1909 sid. 537). I fråga om götmetall, så anses bevisat, att mangan befordrar men kol motverkar väteupptagandet.

21. Kväve och järn.

Då det gäller legeringsämnenas inverkan på järnets egenskaper, torde det vara få ämnen om vars verkan så olika åsikter framförts om, som just om kvävets, och ännu i dag äro åsikterna härom synnerligen delade ja nära nog diametralt motsatta, och i den sedan år 1906 pågående striden hava en massa uppsatser sett dagen, varibland s. s. de mest belysande för de olika åsikterna kunna nämnas dem, som återfinnas i J. K. A. 1888 sid. 429; S. u. E. 1906 sid. 1358, 1431, 1496; J. K. A. 1906 sid. 656, 763; J. K. A. 1907 sid. 1, 191; J. K. A. B. 1907 sid. 433; T. T. 1907 sid. 103 samt S. u. E. 1909 sid. 729. I korthet refererat hade man (efter i mitten af 1800-talet pågående strider om kvävets inverkan) i slutet på 1860 talet enats om, att betrakta kvävet, i de små mängder det förekommer i järn och stål, såsom alldeles ofarligt ja t. o. m. såsom nyttigt t. ex. då det vid sätthärdning medelst användandet av kvävehaltigt kol inskaffas i stålet. Sätthärdning med kvävehaltigt kol är mycket gammal och många recept finnas på sådana sätthärdningsmassor, som t. ex, Réaumurs (i hans 12:te Memoire) bestående av duvoträck, salmiak, koksalt och urin, eller S. Rinmans (Järnets Historia, år 1782) av 4 delar björkkolspulver, 3 delar skorstenssot, 1 del kolad läderspink, 2 delar kolad duvoträck och $^1/_8$ salpeter, vilket pulver skulle fuktas med en lösning av vatten, urin, salpeter, koksalt och salmiak. Rinman anställde en mängd jämförande försök med glödgningar i kvävefria björkkol och i kvävehaltiga kolsorter, alla visande de senares snabbare verkan och deras verkan till hårdare härdningsyta, men han påpekar även, att sätthärdning ej duger för eggverktyg, emedan de bliva spröda därav. Därom skrev han redan 1772 i »Kunskap om den grövre järn- och stålförädlingen» och således kunna anhängarna av kvävets skadlighet peka på en minst 140-årig erfarenhet härom. Nåja, ingen förnekar, att stora kvävehalter göra stål och järn spröda! Frågan är blott: huruvida mycket små mängder, bibragta stålet på ej konstlad väg, äro farliga?

H. Tholander torde hava varit den förste, som sökte åstadkomma en verkligt praktisk utredning just häri, föranledd därtill av en observation han år 1882 gjorde, att Avesta bessemerplåt visade sig mycket skörare vid böjning i kallt tillstånd än Hammarby malmmartin, när ur båda plåtsorterna utklippts remsor, och dessa remsor böjdes emot »graderna». Sedan vid Bolinders m. fl. verkstäder visat sig, att denna underlägsenhet resp. överlägsenhet ej blott gällde Avesta och Hammarbyfabrikaten utan all bessemer och martin, som vid dessa verkstäder provades, beslöts byggandet av martinugnar vid Avesta, och då dessa voro färdiga, gjordes därstädes en serie försök, som tydligt utvisade, att orsaken till olikheten måste sökas annorstädes än hos råmaterialet tackjärnet och dess förmodade olika kemi-

ska sammansättning, ty tackjärn från samma utslag gav kallskörare stål från bessemerkonvertern än från martinugnen. Under tiden hade vi ock vid flera av de andra martinverken funnit, att malmmartin gav segare götjärn än skromartin, och att mycket rostigt skro gav något skörare järn än ej rostat. När så i medio av 1880-talet en tämligen tillförlitlig kväveanalysmetod erhållits, så beslöt Tholander se efter, om ej den observerade skörheten kunde skyllas på kvävets konto. Han fann då av, utav Th. Norelius utförda, bestämningar, att

Avesta vanliga bessemerjärn höll av kväve	0,012	till	0,022 %
Hammarby malmmartin » » »	0,005	»	0,006 »
Finspångs skromartin » » »	0,005	»	0,008 »
Avesta skromartin » » »	0,008	»	0,013 »
Vikmanshytte degelstål » » »	0,006	»	0,008 »
Sätthärdat götjärn i ytan » » » . . upp till	0,310 % N.		

Av detta drog Tholander den slutsatsen, att orsaken till större kallskörhet i vissa fall kan tillskrivas kvävet.

1903 började H. Braune söka påvisa, att kväve i järn och stål hade en långt farligare inverkan, än vad man dittills antagit, och 1906 kom han med en längre utredning, i vilken han påstod, att ehuru välljärn ännu vid så stora kvävehalter som 0,030—0,035 % är »ett ganska tillförlitligt material», så skulle t. o. m. mindre halter göra götmetallen betänkligt spröd och t. ex. kunna orsaka s. k. rälsbrott. Vid hans undersökningar hade av tackjärnssorterna de gråa visat sig i allmänhet tämligen kvävefria och i utländskt kokstackjärn hållit sig vid 0,007 à 0,009 %, medan det gråa svenska träkolstackjärnet visat betydliga differenser med som lägst 0,002 %, högst 0,020 %. Tvärtom visade sig förhållandet vara vid de vita sorterna. Där varierade kokstackjärnets kvävehalt mellan 0,021 och 0,040 %, det svenskas vanligen mellan 0,003 och 0,020 %, men hade även i ett par sorter gått upp till 0,030 och 0,035 %. I utländskt puddeljärn fann han 0,025—0,030 % N, i svensk lancashire 0,006—0,015 %, i sur martin och bessemer från utlandet 0,015—0,018 %, i svenska dylika 0,006—0,012 %, medan den basiska götmetallen visade sig hålla: från utlandet 0,025—0,035 % men den svenska 0,009—0,015 % N. I Uchatii-stålet fanns 0,006 %, i det utländska degelstålet 0,015—0,020 %. Genom sina försök och beräkningar kom Braune till det resultat, att kväve i järn och stål hade dubbelt kraftigare och skadligare verkan än samma mängd fosfor.

J. Petrén och A. Grabe, som funno praktiken ej bekräfta Braunes teorier, utförde sedan en mängd analyser å olika järnsorter och redogjorde för dessa sina undersökningar i J. K. A. 1907. De funno i gjutjärn 0,0020 % N, i gråa tackjärn från 0,0010 upp till 0,0045 %, i vita tackjärn från 0,0020 upp till 0,0045 %, således obetydligheter

mot de av Braune i regel funna kvantiteterna. I av cementstål beredt degelstål 0,0030—0,0100 %, i elektrostål 0,0070 %, i Uchatii-stål 0,0025—0,0035 %, i sur martin 0,0045—0,0055 %, i basisk martin 0,0035—0,0045 %, i sur bessemer 0,0045—0,0125 %, i manganstål 0,0060 %, i kromstål 0,0025—0,0060 %, i nickelstål 0,0025—0,0045 %, i vallonjärn 0,0020 %, och i lancashirejärn 0,0015—0,0050 %. De provade tackjärn av alla sättningsgrader från kokjärn upp till mycket nödsatt utan att finna spår till bekräftelse på riktigheten av Braunes teori om hyttgångens inverkan på tackjärnets kvävehalt. Deras prov å olika stålsorter bekräftade Tholanders å martin och bessemer, och de påvisade, att högsta kvävehalterna höllo de av cementstål framställda degelstålen.

En del forskare i utlandet instämde i Braunes åsikter, däribland Stromeyer, som i ett föredrag inför the Inst. of Naval Arch: i London (Iron Age 1910 sid. 858 och S. u. E. 1910 sid. 1805) sade sig vara övertygad om kvävets stora skadlighet för bland annat ångpanneplät, och anförde analyser från:

11 dåliga och spröda ångpannepläter med kvävehalter	0,0029—0,0200 %
5 goda » sega » » »	0,0023—0,0050 »

alla med betydande fosforhalter, de goda dock i regel med de högsta. Han går ännu längre än Braune och säger, att kvävet har 5 gånger värre verkan än fosfor.

Vore det nu emellertid så farligt med kvävets inverkan på järn och stål, som Braune och hans anhängare påstå, så borde väl det degelstål som tillverkats av Dannemora vallonjärn, sedan detta i brännstålsugn cementerats och där så starkt kvävebundits, vara synnerligen dåligt, ty detta degelstål håller i regel mera kväve än surt och basiskt martinstål, och dock är det just detta stål, berett i Sheffield och vid Österby, som är världens finaste verktygsstål! Man kan invända, att det har så låg fosforhalt, ja visserligen, men mycken basisk martin har lika låg eller lägre, och är dock på långt när ej så god. Enligt författarens mening hava de herrar, som trott sig bevisa kvävets stora fördärvlighet, vid sina undersökningar begått ett grundfel, i det de ej samtidigt med bestämmandet av det kem. bundna kvävet undersökt stålets halt även av andra gaser. Tholanders resultat kunna lätt förklaras. I Avesta lillbessemerugn hade man den tiden alltid kalla blåsningar, dylika ge gasrikt, blåsigt stål. Det var så ock! Vid malmmartin har man tjockt gasskyddande slagglager, vid skromartin tunnare, därifrån gasskillnaden och kvalitéskillnaden mellan dem. Martin är i regel gasfriare än bessemer, således starkare. Degelstålet är gasfriast av alla! Och Stromeyers plåtar, kanske de voro av basisk bessemer, då är saken lätt förklarad, ty vid samma material måste man överblåsa längre ju lägre fosforhalt man vill hava, ju längre överblåsning ju gasrikare produkt. Nå, de fosforfriaste plåtarna voro

sämst, voro de ej ock av det gasrikaste stålet och blåsigaste götena? Man har trott sig i götmetall finna kväveföreningarna Fe_4N, Fe_4N_2 och Fe_5N_2.

22. Koloxid och järn.

E. Gontal har (S. u. E. 1909 sid. 1079 och 1910 sid. 547) lämnat redogörelser för sina undersökningar över koloxidmängderna i olika stålsorter. Han fann dem utgöra:

i mjukt stål av	0,160 %	kolhalt	0,0063	vikt %
» halvhårt »	» 0,295 »	»	0,0120	» »
» hårdare »	» 0,596 »	»	0,0137	» »
» hårt »	» 1,334 »	»	0,0142	» »
» nickelstål	» 0,340 »	»	0,0060	» »
» kromstål	» 0,360 »	»	0,0115	» »

således i alla händelser rätt obetydliga mängder. Man har ej klart för sig, i vilket tillstånd koloxiden förekommer i järnet, och tror ej, att den — om man undantager blåsbildningen — har någon inverkan på järnets egenskaper.

23. De sammansatta specialstålen.

I olika användningsformer.

Man hade i allmänhet nöjt sig med att, när man ville åstadkomma järn och stål med särskilda i ena eller andra riktningen mycket utpräglade egenskaper, försöka åstadkomma dessa genom att tillsätta *en* viss metall och hade på så sätt i början av 1880-talet kommit åstad rätt många goda specialsorter, däribland här i Sverige pansarbrytande projektiler och granater (först vid Ankarsrum) genom att till vårt i och för sig goda kanontackjärn sätta en viss mängd krom (0,5 — 1 %). Utomlands började stålprojektilfabrikanter strax efter oss även tillverka kromstålprojektiler. Så tog Schneider i Creuzot patent på nickelstålpansar med 3 à 5 % Ni, vilka visade sig utomordentligt sega, men som de ock voro tämligen lätta att skjuta igenom med kromstålsprojektilerna, så kom man nästan omedelbart — i »striden mellan pansar och kanon» — att vid båda slagen material kombinera de båda metallerna och fick så det första utmärkta »kvartärstålet»: nickel-kromstålet — hårt och segt på en gång. Detta uppmuntrade till försök med flera metallkombineringar, och när så vid Pariserutställningen år 1900 de två ingenjörerna maskiningenjören Taylor och kemisten Whyte i Bethlehemverkets utställning förevisat det av dem uppfunna första snabbdriftstålet, och man snart kom underfund med, att dess

utomordentliga hårdhet (även vid högre temperaturer) var att tillskriva en kombination wolfram-krom eller krom-molybden, så började överallt i specialstålverken experimenteras med kombineringar av olika metaller i stål, och i närvarande stund har man fått massor av olika sammansatta sådana kvartärstål, alla starkt utpuffade av uppfinnare och tillverkare, så att skulle här alla beskrivas till sina förmodade eller bevisade egenskaper, skulle lärobokens paginatal bliva omöjligt stort. Vi måste därför nöja oss med anförandet av ett fåtal sammansättningar och deras användning, hänvisande särskilt intresserade utom till F. Sandelins Jernkontorsföredrag 1911 även till i understående not* anförda särskilda uppsatser.

Stål för konstruktions- och maskindelar.

För stål avsett för kärl, vilka skola utsättas för stort inre tryck, såsom flaskor för till flytande form komprimerade gaser, har G. A. Bisset funnit bäst ett stål sammansatt C = 0,20 %, Si = 0,03 %, Mn = = 0,60 %, V = 0,19 % och Cr = 1,05 %. Detta stål skall äga en sträckgräns mellan 74—97 och en sträckhållfasthet mellan 76—101 kg pr mm² samt lämna flaskor som om de utsättas för alltför stort tryck ej explodera i småbitar utan endast rämna längs efter.

Flere andra krom-vanadinstål förordas av J. Kent-Smith såsom sammansatta i % av:

	C	Mn	Cr	V	Si
För maskindelar utsatta för tvära påkänningar . .	0,25	0,45	0,90	0,18	låg
» fjädrar	0,50	0,80—1,00	1,25	0,20	»
» »	0,45	0,85	1,00	0,19	0,17
» cementerade slitstarka maskindelar	0,12—0,15	0,25	0,30	0,15	låg

Av American Vanadium Co förordas:

	C	Mn	Cr	V	Si
För smala axlar, dragstänger, kolvstänger m. m. (glödgat)	0,25	0,45	1,00	0,17	—
» kugghjul, vevaxlar, vevtappar (glödg. och oljehärd.)					
» maskindelar utsatta för stark vridningspåkänning	0,20	0,40	0,50—0,80	0,14	—

* S. u. E.: 1905—560; 1906—1018, 1212; 1907—1089, 1367, 1111, 1891; 1908—383, 1237; 1909—423, 472, 957, 1456; 1910—543, 1730, 1856, 2207; 1911—85, 181, 981. J. K. A. B.: 1905—258, 271; 1907—293, 481; 1908—817; 1909—625, 889, 988, 1887; 1910—515; 1911—548.

	C	Mn	Cr	V	Si
För järnbanehjul och kanonrör (glödg. till 800°, långsamt avkylt)					
» lokomotiv-, automobil- och vagnsfjädrar (oljehärdat och blybadsanlöpt)	0,50	0,80—1,00	1,25	0,18	—
F. Sandelin anser att till fjädrar borde	0,21	0,34	—	0,28	1,96
kunna användas vandinkisel-stål med	0,65	0,46	—	0,32	1,28

Enl. sistnämnde författare skola i Amerika (?) till krigsmaterial och högtbelastade härdade maskindelar användas även nickelvanadinstål med sammansättningar C = 0,20 eller 0,40 %, Ni = 2,0—7,0 %, V = 0,20 %. Vid den nya Mississippibron i S:t Louis har man fabricerat alla viktigare för tryck utsatta delar av ett kvintärstål sammansatt C = 0,25 %, V = 0,19 %, Ni = 1,45 %, Cr = 1,20 %, Mn = 0,32 % och Si = 0,12 %, vilket material i provtävlan med en mängd andra sorter visat sig såsom för ändamålet allra lämpligast.

S. Guillet förordade 1909 för axlar och andra gående maskindelar nedanstående trenne specialstålsorter, sammansatta och visande i sträckprov:

	C	Ni	V	Mn	Cr	glödgade				härdade			
	%	%	%	%	%	E	H	T	S	E	H	T	S
N:o 1. . . .	0,20	7,00	0,20	0,30	—	45	65	20	—	120	140	10	—
N:o 2. . . .	0,45	2,25	0,07	0,28	0,60	50	70	20	6	130	150	6	11
N:o 3. . . .	0,17	5,47	—	0,55	0,18	36	61	22	12	122	130	5	11

E och H = Elasticitetsgräns och sträckhållfasthet i kg pr mm², T = tänjbarhet i % på 200 mm och S = slagarbete i m kg.

Samme forskare påpekar, att när det gäller konstruktionsstålen, är det endast de perlitiska som användas, och har man förmodat, att dessa för att vara praktiskt goda borde vara så sammansatta att i de:

$$\text{ternära } \frac{C}{1,65} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{8} = 1, \text{ och i de}$$

$$\text{kvartära } \frac{C}{1,65} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{8} + \frac{Mn}{5} = 1,$$

men har man, som Sandelin påpekar, funnit dessa formler föga motsvara de verkligen använda stålens sammansättning. Enligt Sandelin skulle för krigsmaterial, då vanadin ej tillsättes, användas stål med:

	C	Ni	Cr	E	H	T
	%	%	%	kg pr mm²	kg pr mm²	%
för pansarplåt	0,25—0,40	2,0—2,5	0,2 —0,8	52—60	70 – 80	13—18
» projektiler	0,56—0,80	2,6—2,0	0,65—2,00	—	—	—
» kanoner .	0,57	3,2	0,3	50	70	20

Även ett annat nickel-konstruktionsstål har på allra sista åren börjat låta tala om sig, nämligen koppar-nickelstålet. C. F. Burgess och J. Aston hava senast 1910 lämnat tvenne redogörelser för sådant stål, åstadkommet genom sammansmältande av stål med den s. k. Monelmetallen, som i Canada beredes av koppar-nickel-malmer och håller 3 nickel på 1 koppar. Medelst tillsatser av denna metall i kvantiteter upp till 8 % fingo de allt starkare stål och varje sort till billigare pris, än i styrka motsvarande rena nickelstål. G. H. Clamer, som ävenledes förordar Monelmetallen vid fabrikationen, påpekar, att högprocentiga nickelkopparstål med t. ex. 9 % Cu och 20 à 22 % nickel äro synnerligen motståndskraftiga mot rostning och hava mycket låg utvidgningskoefficient, varför han förordar dem för användningen till takbeläggning. Sådan takplåt torde dock ställa sig synnerligen dyr och få föga användning.

Stål för magnetiska och elektriska ändamål.

En — från ren metallurgisk synpunkt sett — av de bästa avhandlingar, som om dessa stålslag utgivits, är den, som diplomingenjören G. Mars lämnat. Mars var, då uppsatsen författades, anställd vid Gebr. Böhlers stålverk i Kapfenberg, såsom bekant ett av världens mest berömda verktygsstålverk och med bland annat som specialitettillverkning stål för magneter och elektriska ändamål, vartill Böhlers i många år köpt råmaterialet från Dannemora bergslag. Här nedan lämnas av uppsatsen, under hänvisning till S. u. E. 1909 sid. 1673, ett kort utdrag, nämligen:

Magnetstål och permanent magnetism.

»Elektrotekniken ställer två olika fordringar på stålindustrien, som lämnar den konstruktionsmaterial till elektriska maskiner och apparater. I ena fallet begär den ett material, som vid magnetisering så lätt som möjligt upptar högsta magnetism och så fort och lätt som möjligt åter avger den efter upphörandet av magnetiseringen, i andra fallet ett material, som efter (alldeles likgiltigt om lätt eller med svårighet) uppnådd magnetisering bibehåller den erhållna magnetismen så mycket som möjligt oförändrad och framför allt permanent.

»Den första fordringen stöder sig på dynamomaskinernas egenart. Deras roterande ankare består nämligen som bekant av järn som vid varje varv, ankaret gör, en eller flera gånger ändrar sin magnetism. Varje sådan växling är enligt nuvarande åsikter om magnetismen förbunden med en lägeändring hos järnmolekylerna eller molekylarmagneterna, varvid en del av den magnetiserande kraften förbrukas. Detta avdrag i kraft förvandlas i värme; betyder alltså icke blott en kraftförlust, utan kan också i allmänhet genom värmestegring bliva

Fig. 1

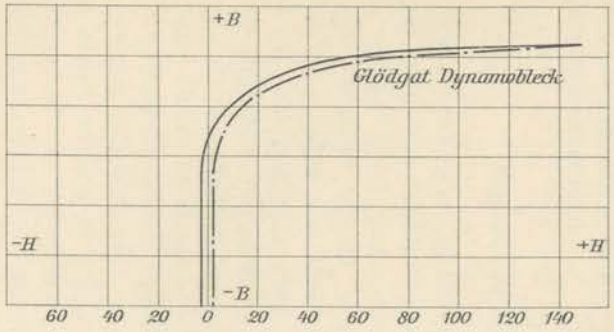


Fig. 2

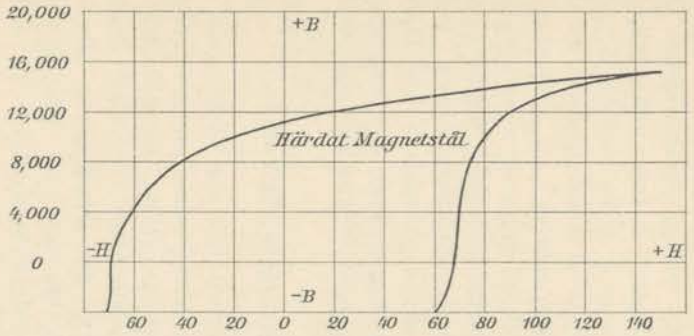


Fig. 3

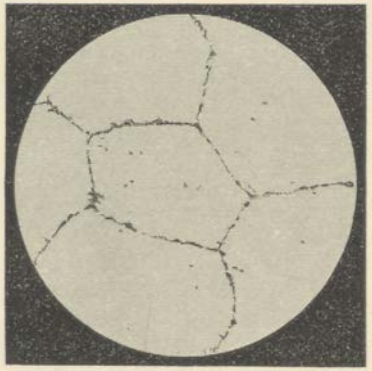
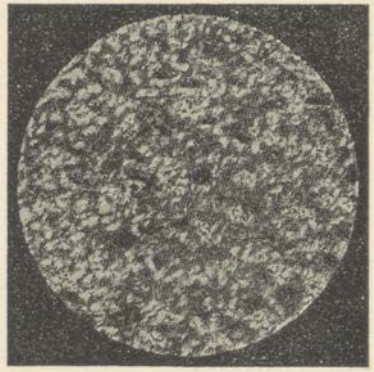


Fig. 4



Pl. XII

Grav. av Emil Sagnäs
CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

till skada för maskinen. Ju lättare denna järnmolekylernas lägeändring försiggår, d. v. s. ju friare järnmolekylerna kunna röra sig i materialet, desto mindre blir järnets förlust av magnetism. Under det att alltså elektrotekniskt talat det järn är ett gott ankarmaterial, som vid största permeabilitet har den minsta hysterisis, så är det metallografiskt talat den järnlegering, som har den högsta ferrithalten och det grövsta, på stålets porösa byggnad häntydande, brottet. Detta villkor uppfyller en legering med 2 till 3,5 % silicium och möjligast ringa (0,0—0,10 %) kolhalt. Induktionskurvan hos en legering med 3,5 % silicium är framställd å bild 1 pl. XII. Dess permeabilitet μ vid fältstyrkan H = 100 är 164, och är icke mycket mindre än ett gott mjukt järns, vilken vid samma fältstyrka är omkring 176.

»W_h för 1 kg. av samma material utgör 1,45 watt gentemot 2,50 watt hos ett siliciumfattigt, mjukt järn (vid en växelström av 50 perioder) eller dess koefficient η utgör blott högst 0,0015, under det den före införandet av siliciumstål i regel utgjorde 0,0025.* Siliciumstålet förbinder alltså hög permeabilitet och liten hysterisis. Materialets hårdhetsgrad (Brinells hårdhetstal = 225) mätt med kultryckprov, är visserligen högre än det rena järnets (hårdhetstal = 143) med lika kolhalt, men likväl är det knappt möjligt att genom vilken som helst värmebehandling framställa så grovkornigt järn som siliciumstålet. I gjutet tillstånd har detta stål ett brott med över 2 cm. långa glänsande kristaller, och ännu efter valsning eller utsmidning till tunna plåtar visar brottet sig påfallande grovkornigt. Det ser ut, som om det magnetiska omvandlingsarbetet går så mycket lättare, ju grövre stålets struktur är. För att undvika virvelströmmar i dynamomaskinernas ankare användes materialet i form av bleck, och så lämnas det av Gebr. Böhler, Bismarckhütte, Capito & Klein o. a.

»Den andra av elektrotekniken begärda specialegenskapen, som ger material till den permanenta magneten, är i allt så att säga dynamobleckmaterialets antipod och av det fordras just motsatta egenskaper, stor hysterisis, som i det önskade kvarblivandet av den permanenta magnetismen heter remanens (och det vid lika stor permeabilitet), glashårdhet, hög kolhalt, finaste brott och fastaste byggnad hos stålet. Under det att de å bild 1 för dynamobleck och å bild 2 för magnetstål pl. XII framställda induktionskurvorna åskådliggöra de *magnetiska* egenskapernas motsats hos de båda stålsorterna, visas å de båda ljusbilderna (bild 3 och 4 pl. XII) grundskillnaden mellan de båda stålsorterna i *metallografiskt* hänseende. De båda induktionskurvorna i förening med de båda ljusbilderna framställa väl de största i stålindustrien över huvud förekommande motsatserna hos det magnetiska förhållandet, vad beträffar korngrovlek. Också kornet hos snabbdriftstål är enligt G.

* Dessa tal äro tagna från ett arbete av Emil Kolben: »Der Einfluss des Siliziums auf die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Eisens». »Rundschau für Technik und Wirtschaft» 1909, 9 jan., sid. 1—10.

Hannack's* åsikt icke så fint som det härdade magnetstålets.** Ja även i hårdhet överträffar magnetstålet snabbdriftstålet, ty ett väl härdat snabbdriftstål kan som bekant ännu vid eggen filas. Magnetstålet däremot blir så hårt, att man med framgång kan använda det till glasborr.

»Under det att man nu genom användning av siliciumstål till dynamobleck synes hava kommit idealet för ett gott ankarmaterial mycket nära, dyker däremot frågan om ett bättre material till permanenta magneter alltjämt åter upp, emedan fordran på styrka hos den remanenta magnetismen uppåt synbarligen inte har några gränser. Av en permanent magnet av bestämd form, som nu bär 15 gånger sin vikt av järn, kan man lätt begära det dubbla, emedan man just inte inser, varför denna belastning inte skulle vara möjlig. Vi skola visserligen se, att också här gränser finnas för det uppnåeliga, likväl är skillnaden mellan koersitivkraft och remanens hos en magnet av vanligt kolstål och en av specialmagnetstål i alla händelser mycket större, än skillnaden i hårdhetsgrad mellan de båda stålen. Då den första wolframlegerade specialstålmagneten bragtes i marknaden, var det ännu en annan sak, som här verkade medbestämmande på magnetismen. Stålets kemiska sammansättning måste icke blott genom hårdhetens höjning inverka på magnetismen. — Kanhända låter magnetismen fördubbla sig genom användande av andra element än wolfram? Är det närvaron av den till stålet satta kroppen i sig själv, som höjer magnetismen eller blott dess återverkan på de därvarande järnmolekylerna? Spelar härvid den kemiska beskaffenheten som sådan en roll, eller blott den genom denna kemiska beskaffenhet hitförda, eller genom härdning hitförbara molekylplaceringen i magnetstålet? Genom vad låter den permanenta stålmagnetens kapacitet förklara sig? — Den bristfälliga kunskapen i dessa frågor har också betonats i det ovannämnda arbetet av Hannack, då han säger: »Huvudsakligen är det materialets kemiska sammansättnings förhållande till magnetens styrka, som ännu är höljt i rätt stort dunkel.»

»De nämnda frågorna äro av betydelse för elektrotekniken, emedan med varje förbättring av magneterna alla apparater och maskiner, till vilkas väsentliga beståndsdelar sådana magneter höra, skulle förenklas, och för magnetfabrikanten, emedan han efter deras besvarande kunde stödja sig på den funna principen och ställa bestämda fordringar angående sitt stål på hyttkarlarna, i stället för att, som nu mestadels sker, överlämna allt åt metallurgens enstaka provsmältningar. Det

* »Stahl und Eisen» 1908 sid. 1237.

** Åtminstone icke det härdade snabbdriftstålets. Som bekant är det härdade snabbdriftstålets korn betydligt grövre än det glödgade. Grunden till snabbdriftstålets ringa upptagande av magnetism är också icke så mycket att söka i dess fina korn, redan av den grund att magnetismen sannolikt som elektriciteten är en kraft, som fortplantar sig genom etervågor, och etern enligt teorien skall i lika grad genomtränga alla kroppar. En annan förklaring för snabbdriftstålets dåliga magnetiska förhållande ges nedan.

lönar därför mödan att studera ifrågavarande förhållanden, som isynnerhet för den skull äro så invecklade, emedan det ännu fattas oss en teori* om den permanenta magnetismen. Men då det utan att antaga en fast utgångspunkt icke går att tänka på en förklaring av de permanenta magneternas olika styrka, så förde följande undersökningar, som närmast blott hade besvarandet av den uppställda frågan till mål, också nödtvunget till uppställande av en teori. De skola omtalas i slutet.

»Först några ord över den bestående kunskapen om magnetismen. Faraday fastställde, att alla element och kroppar undantagslöst reagera mot en tillräckligt stark magnetiserande kraft, alltså besitta den sedan länge bekanta magnetismen. Men blott järn visar denna förmåga i så hög grad, att det kan finna användning på grund därav. Också är ej allt järn magnetiskt. Det finns här lika stora skillnader med avseende på magnetismens styrka som mellan järn och en annan magnetisk kropp t. ex. syre.

»År 1889 beskrev Hobkinson de märkvärdiga egenskaperna hos ett stål med 25 % nickel, som vid vanlig temperatur var omagnetiskt, men vid något under 0° C. blev magnetiskt, och vid — 50° C. var starkt magnetiskt. Det har visat sig, att alla stållegeringar uppvisa sådana magnetiska vändpunkter, och då dessa punkters läge med avseende på temperaturen också är olika, så har Osmond därefter givit en magnetisk indelning av stålen.** Pierre och Sklodowska Curie's undersökningar visade, att också vanligt järn och stål vid hög temperatur icke är magnetiskt. Omslagspunkten ligger här i närheten av den temperatur, omkring 740° C., till vilken stålet måste bringas för att antaga hårdhet vid avkylning och är sannolikt identisk med den. Upphettar man ett stycke vanligt järn eller stål, under det att det hänger vid en magnet, så faller det av magnetens pol, så snart den magnetiska vändpunkten är uppnådd.***

»Det magnetiska järnet under 740° C. heter α-järn. Det omagnetiska järnet över 740° C. kallas efter kolhalt och temperatur β- eller γ-järn.

»Detta är i allmänhet den nuvarande metallurgiska kunskapen om magnetismen. Några som helst arbeten över grunden till vissa järnlegeringars omagnetiska karaktär tycks ej finnas. Till och med på γ-järnets natur synes man ej vara säker, ty då dess huvudkaraktär,

* Varmed jag förstår läran om det av Hannack redan antydda sambandet mellan, den kemiska sammansättningen och magnetens styrka. Om magnetismen själv är här icke frågan.

** »Journal of the Iron and Steel Institute» 1903, II, sid. 107.

*** Detta förhållande möjliggör användandet av en magnet som medel att undvika överhettning vid härdning av mindre verktyg. Styckena falla helt enkelt av magneten i den under befintliga härdningsvätskan, om de ha uppnått härdningstemperatur. En sådan apparat, vars användande medför anmärkningsvärda fördelar, är i själva verket konstruerad av Mudford. (»Engineering» 1908, 22 Mai, sid. 693. Jämf. »Stahl und Eisen», 1908, sid. 915.)

dess omagnetiska förhållande, säkrast skulle framträda, i järnkollegeringarna, anträffar man det aldrig rent. Högkolade stål, behandlade enligt föreskrift för att erhålla austenit d. v. s. γ-järn, äro alltid magnetiska, och i mangan och nickelstålen kan man förklara det omagnetiska förhållandet på annat vis än genom analogi med de rena järnkollegeringarnas över 740° C. upphettade γ-järn.»

Mars utförde dubbelprovningar på en mängd olika stålsorter och anför resultaten av 22 st. på rena kolstål med stigande kolhalter. 16 st. på rena wolframstål, 18 st. på rena kromstål, 12 st. på kromwolframstål och 29 st. på stål av andra slag och sammansättningar, varav vi endast anföra de provningar, som visade bästa resultaten. Alla stålsorterna utsmedos till telefonmagneter, som härdades var och en vid den för sin stålsort rätta härdningstemperaturen, varpå de magnetiserades alla lika starkt, och uppmättes sedan deras magnetstyrka i en efter Koepsels princip hos Siemens & Halske konstruerad magnetometer, först omedelbart efter magnetiseringen och sedan en andra gång 8 dagar efter denna. Se tab. XXXV.

Av alla de provade kolstålen visade sig det med 0,97 % C bäst. Remanensen växer just till denna punkt och avtager sedan åter. Mars förklarar fru Curies påstående: att vid kolstålen remanensmaximum nås vid 1,20 % kolhalt, beroende på felobservation.

Såsom bästa magnetstålen visade sig wolframstålen och av dem såsom allra bäst de med ungefärlig sammansättning av 0,60 % C och 5 % W, vilken sammansättning de flesta magnetstålverk ock gå med. Med mer eller mindre kol och med mer eller mindre wolfram erhölls mindre remanens och större förluster. Vid kromstålen stiger remanensen först och når sitt maximum vid 1,05 % C och 1,62 % Cr, faller så åt båda håll igen Magneterna få lätt härdsprickor. Starkaste remanensen av alla visade kromwolframstålen och av dessa var en sammansättning C = 1,22 %, Cr = 1,23 % och W = 0,96 % bäst, samt gav ganska låg förlust-%. Mars tyckes livligt förorda vidare försök med dem. Molybdenmagneterna bli tämligen goda men ställa sig för dyra.

Provet n:o 6 är från ett dynamostål från basisk martinugn, sådant material, som nu alldeles utränger den svenska lancashiren från dess användning till dynamobleck, häri hjälpt av den nyare lika mjuka och för ändamålet förträffliga basiska »aluminiummartinen».

Mars uppställde för de magnetiska stålen en delvis ny teori, vilken i få satser kan beskrivas sålunda:

1:o. Som elektrotekniken visat, att man erhåller kraftigare elektromagneter ju mindre främmande ämnen råmaterialet, järnet innehåller, och de allra kraftigaste just av rent järn, så är det tydligt, att det är järnmolekylernas antal i enheten magnetmetall, som bestämmer elektromagnetens styrka vid en viss ström.

2:o. Då den elektriska strömmen påsläppes den mjuka magnet-

Tabell XXXV.

N:o	Analys i %							Härdningstemperatur °	Härdningsvätska	Brinells hårhetstal	Magnetometerenheter			Brottutseende
	C	Si	Mn	W	Cr	Mo	Ni				Strax efter magnetiseringen	8 dagar efter magnetiseringen	Mättningsförlust i %	
1	0,97	0,20	0,15	—	—	—	—	810	vatten	674	70,5	69	2,2	mycket finkornigt
2	0,57	0,18	0,26	5,47	—	—	—	930	»	782	90,5	90,5	0,0	glasliknande
3	0,78	0,19	0,20	—	1,30	—	—	750	»	780	93,5	92,5	1,0	glattglänsande
4	1,22	—	—	0,96	1,23	—	—	760	»	600	97	95,5	1,5	glänsande finkornigt
5	0,50	—	—	1,00	1,10	1,10	—	800	»	600	87	85,5	1,7	finkornigt
6	0,10	3,70	—	—	—	—	—	830	»	226	6	6	0,0	grova korn
7	0,95	—	12,00	—	—	—	—	860	»	228	antimagnetiskt			tågiga brott
8	0,40	—	0,40	—	—	—	25,00	900	»	131	»	»		
9	0,40	—	0,40	—	—	—	36,00	850	»	145	»	»		

kärnan ordna sig ögonblickligt alla järnmolekylmagneterna i bestämt läge och funnes nu något medel att kvarhålla dem i detta tvungna läge, sedan strömmen upphört, så skulle man av mjukt järn få de möjligast starka permanenta magneter. Något sådant medel hava vi emellertid ännu ej uppfunnit, och därför intaga järnmolekylmagneterna

i det absolut rena järnet, så fort elektriska strömmen upphör, åter sina naturliga ställningar och stycket upphör att vara magnetiskt.

3:o. Dessa järnmolekylernas omvändningar kunna befordras eller motverkas dels genom utrymmesökning eller utrymmesminskning dels genom så att säga smörjnings- eller bromsningsmedel. I det mjuka, grovkorniga, mineralogiskt taget luckra, rena järnet hava järnmolekylerna bästa svängningsrummet, och tillsätter man i detta smörjningsmedlet kisel (eller aluminium) så försiggår svängningarna in och ut ur magnetlägena så mycket lättare. Detta järn är således utmärkt för elektromagneter.

4:o. Ju hårdare, tätare, finkornigare man gör stålet genom intensiv kallbearbetning eller genom tillsatsmedel, ju svårare få järnmolekylerna att vända sig, ju starkare elektrisk ström behöver man för att vända dem, ju mera kraft åtgår och förloras för vändningen, men då den försiggått och strömmen frånkopplas, ju svårare och långsammare går det ock för järnmolekylerna att med hjälp av etersvängningarna återkomma i sina ursprungliga lägen, och ju mera permanent magnetiskt visar sig järnstycket.

5:o. De bromsningsmedel, som man upptäckt kunna användas och vilka alla utgöras av mineralogiskt ytterst hårda molekyler äro först och främst järnkarbiden — hårdast i härdat stål, men hårdare än denna de enkla karbiderna av krom, wolfram och molybden och hårdast de kombinerade karbiderna krom-, wolfram- och krommolybdenkarbiderna, som t. ex. visa sin hårdhet bäst i snabbdriftstålen.

6:o. De bästa och hårdaste snabbdriftstålen äro emellertid ej de bästa för permanenta magneter, ty de äro för luckert byggda, vilket mikroskopet även visar, ty under detta ser man att de äro vida grovkornigare, än de ovan anförda bästa magnetstålen. Järnmolekylerna ha i dem bättre svängningsrum än i de senare.

7:o. Som åter den magnetiska kraftens styrka i de permanenta magneterna beror på antalet fria rena järnmolekyler, och karbiderna i och för sig ej äro magnetiska, så bör starkare magneter erhållas, ju flere fria järnmolekyler stålet håller — med ändock tillräcklig täthet och tillräckligt av hårda bromsande karbidmolekyler, och visar Mars genom enkel uträkning efter kemiska sammansättningen, att detta alldeles håller streck vid de av honom anförda stålen. Så håller av stålen, som t. ex. anföras i ovanstående tabell, n:o 4 wolframkromstålet mesta ferriten och därnäst följa i ordning n:o 3, n:o 2, n:o 5 och minsta ferriten håller n:o 1, kolstålet, av dessa 5 magnetstål.

De fullkomligt antimagnetiska mangan- och nickelstålen hava fått stor användning för omagnetiska delar till magnetiska instrument och för sjökrigsändamål m. m., men eljes är regeln såsom praktiken överallt visat och bland andra även Burgess och Aston efter en serie försök* uttala, att för götmetall avsedd för elektriska och magnetiska

* J. K. A. B. 1909 sid. 988.

ändamål är: så litet mangan, som metallens uträckning tillåter bäst använda. G. Hannack varnar även ledes för manganen i stål för permanenta magneter* och säger, att ett dylikt med mera än 0,2—0,3 % Mn nog lätt låter magnetisera sig men ock hastigt förlorar sin magnetism. Han säger vidare, att kiseln kan få gå upp till 0,2 à 0,3 %, att svavlet och fosforn, i de små mängder det brukar ingå, ej verkar vare sig från eller till, att kopparn verkar givet skadligt, likaså nickeln och även titanen. Denna titanens egenskap har F. Kohlhaus vetat tillgodogöra, i det han uppfunnit och 1910 tagit patent på ett omagnetiserbart stål av följande sammansättning: Mn = 9,8—10,3 %, C = 0,9—1,0 %, Ti = 0,2—1,4 %, Si max = 0,8 %, S max = 0,03 % och P max = 0,015 %. Förtjänsten med detsamma skall vara, att det lättare låter bearbeta sig och visar vackrare hållfasthetssiffror än det omagnetiska manganstålet utan titan. Om patenträtten går att försvara å denna s. k. »uppfinning» torde kunna dragas i tvivelsmål.

Det i Mars tabell upptagna dynamobleckstålet 0,10 % C och 3,70 % Si torde vara ett av de bättre för denna användning. C. F. Burges och J. Aston hava om kiseldynamostålen lämnat en utmärkt utredning avtryckt i S. u. E. 1910 sid. 1378 för vars rent fysikaliska del det tillhör ämnet Elektroteknik att redogöra, varför här endast den metallurgiska refereras. De åstadkommo sin försöksserie genom att dels elektrolytiskt rena svensk lancashire och elektrolysjärnets sammansmältning med rent kiseljärn dels genom inköp av en del andra goda stålsorter: mjuk basisk martin med blott 0,03 % C, martinstål, bessemerstål, degelstål avsett för elektriska behov, verktygsstål m. m. Den elektrolytiskt lösta och åter utfällda lancashiren visade sig, *obehandlad* från dynamoblecksynpunkt betraktad synnerligen dålig, vilket ju till följd av sådant järns höga vätehalt var att vänta. Omsmält åter överträffades det i förträfflighet endast av de två kiselstålen med resp. 3,33 och 4,66 % Si i det att, om man sätter det rena järnet i avseende på hysterisis = 1 blir talen för de två andra 1,02 och 0,51 förenad med 4 och 5-faldigt elektriskt motstånd, vilket för isynnerhet transformatorändamål är av den allra största betydelse. E. Kolben fann emellertid, att det elektriska motståndet är högst vid 4 % Si och att sådant kiseljärn kan vid de elektriska anläggningarna ersätta nysilver och konstantan, och rekommenderar han för transformatoranläggningar mjukaste basisk martin med jämnt 3,5 % Si. Sådana bleck skola »fullkomligt» sakna olägenheten av utmattning. Emellertid har nyligen Gumlich** varnat för fasthållandet vid en bestämd kiselhalt, i det han säger, att fabrikanter av dynamoplåt böra rätta kiselhalten efter elektroteknikernas fordringar på ringare energiförlust eller högre permeabilitet, ty dessa båda egenskaper följas ej åt med

* J. K. A. B. 1908 sid. 817.
** S. u. E. 1911 sid. 981.

stigande kiselhalt och vid olika strömstyrka. Aluminium skall kunna i detta hänseende ersätta Si i förhållandet 2,25 Al = 2,50 Si.*

Vad slutligen den elektriska ledningsförmågan angår, så gäller regeln: ju renare järn ju större ledningsförmåga, men får man härvid ihågkomma, att även gaser, bundna eller i form av blåsor, höra till orenligheter. Endast då det gäller kopparn som förorening kan undantag göras.

Snabbdriftstålen.

Sedan gammalt har man haft sig bekant, att härdat verktygsstål förlorar sin hårdhet, om det uppvärmes, och detta i allt högre grad ju högre uppvärmningen drives, så att om den drives till gråanlöpning, är stålet sedan ej hårdare, än det var ohärdat efter utsmidning med följande långsam avkylning. Man har ock vetat, att härvidlag en längre tids uppvärmning vid lägre temperatur kan göra stålet lika mjukt som en kortare vid högre, och Ledebur visade, att härdade eggverktyg kunde förlora sin hårdhet t. o. m. vid temperaturer under 100°, om uppvärmningen pågick mycket lång tid. Men att det kunde åstadkommas stål, som tålde mycket högre upphettning än till gråanlöpning utan att förlora sin hårdhet, anade man ej förrän, som förut sagts, Taylor och White påvisade detta. Som man med de gamla stålsorterna ej fick arbeta fortare, än att verktyget ej upphettades, men nu kunde med den nya sorten få sätta den fart på maskinen, att verktygets egg t. o. m. blev rödvarm och bettet i alla fall ej mistes, så fick den nya stålsorten genast namnet snabbdriftstål. Det som åstadkom detta nya märkvärdiga fenomen var, att man till kolstål satte krom och wolfram eller krom och molybden i vissa förhållanden.

Dessa förhållanden böra enl. H. Hanemann hålla sig inom gränserna W = 10—30 %, Cr = 1,5—4 %, Mo = 1—5 %, vartill på sista tiden kommit ofta även en halt av V = 0,25—1,00 %.

Snabbdriftstålen benämnas även naturhårda och utmärka sig för en synnerligt stor mineralogisk hårdhet, och Taylor beskriver den behandling, som av dem förfärdigade redskap böra undergå på följande sätt (S. u. E. 1907 sid. 1089). Först skall verktyget långsamt upphettas till mörkröd värme, därpå stegras hettan raskt nära upp till smältning, varefter verktyget avkyles långsamt. Sedan uppvärmes det igen och då till c:a 650° och avkyles därpå i en sakta luftström. De stålsammansättningar, som Taylor själv först rekommenderade som de bästa voro sammansatta: den ena sorten W = 8,00 %, Cr = 3,80 %, C = 1,85 %, Mn = 0,30 % och Si = 0,15 %, samt detta andra W = 8,50 %, Cr = 2,00 %, C = 1,85 %, Mn = 0,15 % och Si = 0,15 %, men senare övergick han till att använda vanadin samt ökade sam-

* Enligt Barret & Brown även 2 Sn och 4 As, vilka ämnen väl dock aldrig komma i fråga att användas.

tidigt wolfram- och kromhalterna och minskade kolhalten samt rekommenderade då en sammansättning av V = 0,32 %, W = 17,81 %, Cr = 5,95 %, C = 0,682 %, Mn = 0,07 % och Si = 0,049 %.

Carter rekommenderar såsom ett utmärkt snabbdriftstål (S. u. E. 1910 sid. 543) ett med sammansättning Cr = 2,75 %, W = 18 % och V = 0,9 %. Det bör smidas vid gulvärme, därefter avkylas och sedan långsamt upphettas till rödvärme, varpå hettan snabbt stegras till vitvärme, då verktyget avhärdas i olja eller luftström.

F. Robin har genom experiment funnit, att de bästa snabbdriftstålen så väl bibehålla sin hårdhet vid uppvärmning, att de ännu vid 600° temperatur kunna skära allt utglödgat material, och att de ännu vid 850—900° besitta dubbelt större hårdhet än vanliga kolstål, och förmodar han och flere att denna deras egenskap får tillskrivas dubbelkarbidbildningar av krom och wolfram.

24. *Legeringsämnenas pris.*

För att giva läsarna av denna bok något begrepp om, huru mycket vanligt ståls tillverkningskostnad höjes, vid fabrikationen av förutnämnda specialstål, anföres här nedan 1911 års tyska noteringar för en del metaller och metallnoteringar omräknade i svenska kronor och gällande 1/4 1911.

		Kronor
Spegeljärn med 10—12 % Mn	per ton	57,60
Ferrosilicium från masugn 10 %-igt (± 3,15 kr. per %)	» »	89,00
» elektriskt 50 %-igt (± 4,50 kr. per 1 %)	» »	225,00
» » 75 » (± 4,95 » » » »)	» »	350,00
Ferromangansilicium elektriskt 50—55 % Mn, 23—25 % Si	» »	325,00
» » 68—75 » » 20—25 » »	» »	342,00
» » 50—55 » » 30—35 » »	» »	346,00
Ferromangan från masugn 80 % Mn (± 1,80 kr. per %)	» »	133,00
Ferrocrom elektriskt (0,3—0,75 % C, 60 % Cr, ± 28,25 kr. per %)	» »	1710,00
» » (1,0—2,0 » » 60 » » ± 22,50 » » »)	» »	1080,00
» » (4,0—6,0 » » 60 » » ± 13,50 » » »)	» »	360,00
Ferrotitan med 10—15 % Ti	» »	1350,00
Ferrowolfram med 85 % W, 0,5—1 % C per i legeringen befintlig kg. wolfram		5,85
Ferromolybden med 70—80 % Mo per i legeringen befintlig kg. molybden		12,60
Ferrovanadin » 25 % V, C = O » » » » » vanadin		9,23
Ferrobor » 20 % B, C = O	per ton	12500,00
Karborundum	» »	477,00
Nickel med 98—99 % Ni	» »	3096,00
Aluminium med 98—99 % Al	» »	1224,00
Krom med 98—99 % Cr, C = O	» »	5085,00

		Kronor
Mangan med 97 % Mn, C = O	per ton	4050,00
Wolfram med 96—98 % W, pulverformig	» »	5490,00
Titan metallisk	» »	11250,00
Krommangan, 30 % Cr, C = O	» »	5040,00
Krommolybden, 50 % Mo, C = O	» »	11250,00
Manganbor, 30 % B, C = O	» »	13050,00
Mangantitan, 30—35 % Ti, C = O	» »	9900,00

III. Järnmalmerna och beskickningsmedlen samt deras förbehandling.

Från hyttemannasynpunkt — den enda som för övrigt kan komma i fråga vid malmernas skärskådande i järnets metallurgi — vore det naturligtvis synnerligen intressant att få kännedom om, huru stort jordens tillgängliga järnmalmsförråd är, men denna kännedom hör nog till de mycket avlägsna framtidsmöjligheterna och få vi nu låta oss nöja med den utredning, som lämnats av exekutivkommittén för den 11:te internationella geologkongressen i Stockholm 1910, vilken utredning betitlad: The iron ore resources of the world är ett storartat arbete, om vilket Stahl und Eisens kritiker säger, att det representerar ett utomordentligt mödosamt och erkännansvärt förarbete i strävandena att inventera vår jords järnmalmsförråd. Utredningen har dels klarlagt att endast 13,3 % av kontinenternas sammanlagda area är på något så när tillfredsställande sätt undersökt i vad järnmalmsförekomsterna gäller, men att denna åttondel av den fasta marken dock innehåller så mycket järnmalm, att forna föreställningar om tillgångarna måste betecknas såsom överdrivet pessimistiska.

I utredningen indelas fyndigheterna i aktuella och potentiella, varvid med de aktuella menas sådana, som nu bearbetas eller anses efter nutidens förhållanden bearbetningsvärda, de potentiella åter äro de, som kunna förmodas bliva i framtiden bearbetningsvärda genom kommande utveckling i gruvkonst och metallurgi. Vad som är en av bland andra prof. Beyschlag framhållen svaghet hos utredningen, nämligen att en del länders experter räknat för pessimistiskt en del andras för optimistiskt inverkar ju oförmånligt vid tillgångsjämförelser mellan de olika länderna, men ger åter utredningen mera värde, när man ser till summa befintlig malm och är vida att föredraga, än om alla experterna skulle endräkteligen överskattat resp. underskattat sina fosterlands tillgångar.

Tabell XXXVI visar, huru långt man kommit med den geologiska utredningen:

Tabell XXXVI.

Världsdel	Summa landarea i km²	Väl undersökta länders area i km²	Delvis undersökta länders area i km²	Mycket ofullständigt undersökta länders area i km²	Länder om vilkas järntillgångar man ej känner någonting alls km²
Europa	9724321	9063725	260333	166520	233743
Amerika	38323629	7851470	10689348	17605631	2177180
Australien	8948120	——	1296661	6667500	983959
Asien	44179400	452922	218200	31807388	11700890
Afrika	29758100	——	1057400	11373000	17327700
Summa	130933570	17368117	13521942	67620039	32423472
I %	100	13,26	10,33	51,64	24,77

I tabell XXXVII, där sifferenheten motsvarar en million ton, visas de enskilda ländernas och världsdelarnas samt jordens antagliga järnmalmstillgångar.

Tabell XXXVII.

	Aktuella tillgångar i millioner ton		Potentiella tillgångar i millioner ton	
	malm	järn	malm	järn
Frankrike	3300	1140	——	——
Luxemburg	270	90	——	——
Spanien	711	349	betydande*	betydande
Portugal	——	——	75	39
Italien	6	——	——	——
Schweiz	1,6	0,8	2	0,8
Österrike	250,9	90,4	323,2	97
Ungarn	33,1	13,1	78,9	34,1
Bosnien och Herzegovina	——	——	21,9	11,3
Serbien	——	——	——	——
Bulgarien	——	——	1,4	0,7
Grekland	100	45	——	——
Turkiet	——	——	——	——
Europeiska Ryssland	864,6	387,2	betydande + 1056,3	betydande + 424,7
Finland	——	——	45	16
Sverige	1158	740	178	105
Norge	367	124	1545	525
Britannien	1300	455	37700	10830
Holland	——	——	——	——
Belgien	62	25	——	——
Tyskland	3607,7	1270	betydande	betydande
Europa	12031,9	4732,8	betydande + 41028,7	betydande + 12084,6

* Betydande = betydande ej uppskattade.

	Aktuella tillgångar i millioner ton		Potentiella tillgångar i millioner ton	
	malm	järn	malm	järn
Kanada	betydande*	betydande	antagligen enorma	antagligen enorma
Newfoundland	3635	1961	enorma	enorma
Förenta staterna	4257,8	2304,6	75105,3	37222,4
Mexico	55	30	troligen betydande	troligen betydande
Centralamerika	——	——	finnas	finnas
Västindien	1903	856,8	1007	454
Brasilien	——	——	betydande + 5710	betydande + 3055
Övriga sydamerika	4,2	2	betydande	betydande
Amerika	9855	5154,4	enorma + 81822,3	enorma + 40731,4
Västaustralien	——	——	26	15
Sydaustralien	——	——	21,6	12,3
Queensland	——	——	13,7	7
Nya Sydwales	48,9	26,8	5,1	1,7
Victoria	——	——	obetydliga	obetydliga
Tasmania	23	15	2	1
Nya Zeeland	64	32	betydande + 0,2	betydande + 0,1
Australien	135,9	73,8	betydande + 68,6	betydande + 37,1
Asiatiska Ryssland	——	——	betydande + 27	betydande + 14,8
Persien	——	——	30	18
Brittiska Indien	100	65	400	250
Kina	100	60	enorma (?)	enorma (?)
Japan	55,6	28	obetydliga + 4	obetydliga + 1,2
Korea	4	2	troligen obetydliga	troligen obetydliga
Filippinerna	0,8	0,5	obetydliga	obetydliga
Brittiska öarna	——	——	betydliga	betydliga
Nedre Indien	——	——	betydliga	betydliga
Asien	260,4	155,5	enorma + 461	enorma + 284
Algier och Tunis	125	75	——	——
Egypten	——	——	måttliga	måttliga
Angloegypten o. Sudan	——	——	tusentals	tusentals
Brittiska kolonierna	——	——	betydande	betydande
Kongo	——	——	betydande	betydande
Tyska kolonierna	——	——	stora	stora
Sydafrikas förenta stater	——	——	tusentals	tusentals
Afrika	125	75	enorma	enorma
Världens	22408	10192	enorma + 123377	enorma + 53136

* Betydande = betydande ej uppskattade.

På siffrorna i denna tabell hava nu isynnerhet herrar geologer grundat den satsen, att »mänskligheten för många sekler framåt kan vara lugn få behovet av järn fyllt utan allt för stora svårigheter och det med anlitande av endast de s. k. aktuella tillgångarna» och skola vi därför söka se till huru det i själva verket kan förhålla sig med den saken.

Om man undersöker siffrorna för världens tackjärnsproduktion i nedanstående tabell XXXVIII, vari årsmedeltalen för senaste femårsperioder äro anförda, så finner man, att tackjärnsproduktionen växer i närvarande tid ungefär i en geometrisk progression, där i formeln $a \cdot b^{n-1} = x$, a kan sättas lika med 12364039, b lika med 1,238 och $n = 8$.

Såsom synes så har ökningen i tackjärnsproduktionen sedan perioden 1889—1893 gått med större fart än ovannämnda serie angiver, så räkna vi med densamma, få vi lägre värden för framtiden, än vi skulle få, om vi antoge, att produktionsökningen komme att försiggå i samma tempo som under de 4 sista lustra varit fallet. Men ovannämnda serie ger i alla fall »enorma» framtidsvärden för att tala med geologerna.

Enligt den skulle medelårsproduktionen av järn ställa sig

5-årsperioden 1909—1913 . . .	66400000	ton
» 2009—2013 . . .	4437700000	»
» 2109—2113 . . .	296593000000	»

Summa aktuella + potentiella nu verkligen uppskattade tillgångar = 63328000000 skulle ej i så fall räcka till mer än c:a 15 års behov är 2000! Nå de flesta trösta sig med, att det är omöjligt att järnbehovet kan fortgå att stiga i samma skala under de närmaste hundra och tvåhundra åren som under de nu senast gångna 40, och det är ju möjligt, ja, troligt, ty aluminiummetallen och dess legeringar komma väl allt mera att hjälpa järnet föra civilisationen framåt, men vi kunna ju göra ett annat antagande.

Det säges nu, att mänskligheten fördubblas på 100 år och få fredsvännerna makten samt läkarekonsten blir något bättre, så lär väl ökningen ske raskare. Antag dock det förra, så finnes det på jorden av människor (utgångssiffra 1898 års i Meyers konversationslexicon)

år 1911	1656000000	människor*
» 2011	3312000000	»
» 2111	6624000000	»

säg vidare att människorna över huvud taget då äro lika civiliserade som tyskarna nu och behöva var och en i medeltal lika många kilo

* Folkmängdstätheten i de beboeliga länderna då i alla fall mindre än Englands och Belgiens nu.

Tabell XXXVIII.

Världens kol- och metallproduktion, årsmedeltal för 5-årsperioder.

Årsperioder	1869—1873*	1874—1878	1879—1883	1884—1888	1889—1893	1894—1898	1899—1903	1904—1908
Stenkol	240000000	266023000	350311000	441277000	496040000	591813000	791606300	981259700
Tackjärn . . .	12364039	14125415	19224940	21594084	26419718	31335084	43006202	53817294
Bly	290000	323000	404000	554000	628000	687000	867040	993860
Koppar	90000	103000	142000	216000	267000	383000	531360	700460
Zink	147804	176000	246000	304000	361000	427000	518400	689320
Tenn	30340	33100	41400	50200	60200	73320	86220	98880
Nickel	430	520	830	1230	3444	4847	7360	14740
Aluminium . .	——	1,5	2	26	361	2377	8600	13140
Kvicksilver . .	4029	4238	3973	4161	3800	3820	3600	3460
Silver	2340	2251	2896	3519	4826	5771	5557	5899
Guld	182	179	142	166	236	432	494	——
Platina	2	2	3,5	2,7	5	6	7	——

Verkliga tackjärnsproduktionen och efter ovannämnda serie uträknade.

1869—1873	1874—1878	1879—1883	1884—1888	1889—1893	1894—1898	1899—1903	1904—1908	1909—1913
12364039	14125415	19224940	21594084	26419718	31335084	43006202	53817294	?
12364039	15255000	18822000	23223000	28653000	35352000	43617000	53817294	66400000

* Siffrorna uttrycka meterton. Värdena = medelvärden från U. S. Geological Surveys och Metallurgische Gesellschafts publikationer.

Tabell XXXIX.

Geologiska lager i vilka järnmalm förekommer.

Grupp	Formation	Lager	Järnmalm förekommer *	Huvudsakliga bergarter
I. *Prekambriska*	Arkeiska		»	Äldsta lagrade bergarterna såsom gneis, kvartsit, marmor, dolomit, porfyr, leptit, hälleflinta, antracit m. m.
	Algonkiska	Glimmerskiffer	»	Glimmer-, klorit- och talkskiffrar, hornblende, talk, antracit m. m.
		Phyllit	»	Phyllit, kvartsit, kalk, lerskiffer och sandsten, antracit
II. *Paläozoiska*	Kambriska	Underkambriska	»	Sandstenar, gråvackor, antracit
		Mellan »	»	Alun- och lerskiffrar, antracit
		Över »	»	Alunskiffer, sandsten, antracit
	Siluriska	Undersiluriska	»	Skiffrar, sediment, kalklager, antracit
		Över »	»	Sedimentära kalker och korallkalk, antracit
	Devoniska		»	Kalk- och skifferlager, sandstenar och märgel, antracit
	Stenkols	Undre, kulm (kolkalks)	»	Kalk- och kiselskifferlager, kolm, stenkol
		» sandstens	»	Sandsten, stenkol
		Övre	»	Sandsten, skifferlera, stenkol
	Dyas	Rödliggande	»	Röda sandstenar, stenkol
		Zechsten	»	Dolomitkalk, sandsten, saltlager
III. *Mesozoiska*	Trias	Keuper, grå	»	Brokig sandsten, gips, märgel, salt
		» »	»	Musselkalk, kalklager, salt
		» brokig	»	Brokig märgel och sandsten
		Rätiska	»	Märgel, lera, sandsten, dolomit, Skånes stenkol
	Jura	Lias, undre	»	Lera, kalk, sandsten, stenkol
		» mellan	»	Lera, kalk, märgel

		» övre	»	Skiffer, märgel
		Dogger, personat	»	Sandsten, leror
		» mellan		Kalk, lera, sand
		» kelloway		Leror, sandstenar
		Malm, oxford		Korallkalk, dolomit, märgel, sand
		» kimmeridge		Kalk, dolomit, märgel
		» portland		Kalk, märgel
	Wealden	Purbeck		Kalk, gips, salt
		Wealden		Lera, sandsten, brunkol, stenkol
	Krita	Krita, undre, hils	»	Lera, märgel, kritkalk, sten- och brunkol (föga)
		» » gault	»	Lera, märgel, sandsten, sten- och brunkol (föga)
		» övre cenoman	»	Sand, sandsten, krita
		» » turon	»	Gråkrita, kalk
		» » senon	»	Vitkrita, tuffkalk, märgel
IV. *Känozoiska*	Tertiär	Eocän, soissoniska	»	Snäcklager, sand, lera, kalk, märgel, brunkol
		» londoner	»	Kalklager
		» pariser		Grovkalk, tuffkalk, skiffer
		» bartoniska		Plastisk lera, kalk, sandsten, brunkol
		Oligocän, liguriska	»	Märgel, gips, kalk, sandsten, brunkol
		» tongriska		Lera, skifferkalk, sandsten, brunkol
		» aquitaniska	»?	Märgel, sand, kalk, beckkol
		Miocän, mainzer		Kalk, brunkol
		» helvetiska		Salt, kalk
		» tortoniska		Märgel, kalk
		Pliocän, pontiska		Sand, gips, lera
		» piacentiska		Sand, märgel
		» astiska	»	Sand, rullstenslager, märgel, kalk
	Diluvium		»	Äldre lösa jordlager, åsar, torv, kol, salt
	Alluvium		»	Yngre lösa jordlager, torv

* Järnmalmernas plats i de olika formationerna tagna ur U. S. A. Geological Surveys publ.: »The iron ore resources of the World», Meyers: »Eisenerze» m. fl.

järn, som var och en av de senare nu. Tackjärnsåtgången per huvud i Tyskland är nu 135,72 kg $\left(\frac{\text{produktion} + \text{import} - \text{export}}{\text{invånareantal}} = 135{,}72 \text{ kg}\right)$.

Järnbehovet per år skulle då bliva:

år 2011	. . . . .	449504600 ton
» 2111	. . . . .	899009200 »

och järnåtgången under nu kommande 100 år c:a 25795000000 ton medtagande alla de aktuella tillgångarna och c:a $^1/_3$ av de uppskattade potentiella. Man har de »enorma» kvar förstås och väl är det, ty åtgången kommer nog att hålla sig närmare de första än de senare gränsvärdena!

A. Järnmalmernas indelning och förekomst.

På det att boken läsande elever må slippa här anlita läroboken i geologi påminnes först om ordningen av de geologiska berg- och jordskikten samt om i dem ingående olika bergarter, vari infogats en kolumn angivande att järnmalm förekommer, men måste utgivaren tyvärr erkänna sig ej hava lyckats taga reda på något arbete, vari fullständigt redogöres för de olika malmernas förekomst i bergartserien. Kolumnen är dock så ordnad, att eleverna själva kunna inpricka det felande efter anvisningar från sina lärare i geologi.* Se tab. XXXIX.

1. Järnmalmer av typen Fe_3O_4.

a. Fasta magnetiter och svartmalmer. Dessa förekomma** egentligen i de arkaiska och algonkiska formationerna men sällsynt och i obetydliga lager även i under- och mellankambrium. Kemiskt rena äro de sammansatta av 72,44 % Fe och 27,56 % O hava svart till stålgrå färg, svart streck samt dragas alla av magneten och äro t. o. m. stundom polarmagnetiska. De kristallisera i reguliära systemet och förekomma vanligen i lager eller lagerformade stockbildningar men även vittrade och anrikade i form av järnsand. De äro Sveriges och Norges viktigaste järnmalmer men förefinnas i större kvantiteter även i Kanada, Ryssland, Förenta Staterna, Kuba, Frankrike och Italien å Sardinien, i mindre kvantiteter i Spanien, Portugal, Ungarn, Serbien, Bulgarien, Grekland, Finland, New Foundland, Mexico, Centralamerika, alla Sydamerikanska stater, Västaustralien, Nya sydwales, Sibirien,

* En av mig tillfrågad framstående geolog förmodade att ingen verklig utredning i denna fråga ännu gjorts.

** Järnmalmernas plats i de olika formationerna tagna ur U. S. A. Geological Surveys publ., »The iron oro resources of the World», Meyers: Eisenerse, m. fl.

Persien, Brittiska Indien, Korea, Algier, Egypten, brittiska och tyska afrikanska besittningarna, Kongostaten och Sydafrikas förenta stater. Som järnsand åter i Japan, på Noramerikas västkust och Java.

I allmänhet äro de fosforrena, isynnerhet de svenska (undantag utgöra de lappländska), ibland starkt titanhaltiga, däribland flera norska och av de svenska t. ex. Routivare, Taberg, Sörlia, Inglamåla och Långhult, likaså utmärker sig Javas järnsand för mycket stor halt av titansyra. Till följd av sin stora mineralogiska täthet äro de synnerligen svårreducibla isynnerhet de starkt titanhaltiga och de med järnoxidulsilikater. Ofta äro de orenade av svavelföreningar, vanligen sulfider, sällan gips. I nedanstående tabell XL visas sammansättningarna av några typiska magnetiter, vilkas järnhalt varierar som synes mellan 45—67 %.

b. Lösa jordformiga magnetiter förekomma i triasformationen i Pensylvanien. De hava låg järnhalt (c:a 43 %) och hög svavelhalt samt äro av föga betydelse.

2. Järnmalmer av typen Fe_2O_3.

a. Blodstenar, järnglanser, äldre hematiter, martiter (omvandlad svartmalm) förekomma likasom magnetiterna i de äldsta berglagren upp till överkambrium, och äro ofta, isynnerhet i Sverige, Norge och Kanada blandade med magnetit, och hos oss i sådan grad, att vi hava — snart sagt — alla övergångar mellan ren magnetit till ren blodsten. Kemiskt rena skulle dessa malmer hålla 70,04 % Fe och 29,96 % O. Våra blodstenar, som tillhöra de äldsta av alla, äro stålblå med rött streck. Flera utländska hava en mera rödblå stålglans. Ofta äro de starkt fjälliga, kristalliserade i rombiska systemet, och förekomma i lager och gångar i Sverige, Norge, Kanada, Italien å Elba, Serbien, Förenta Staterna, Kuba, Brasilien och övriga sydamerikanska stater, Sibirien, Kina, Persien, Korea, Brittiska Indien, Västaustralien, Algier, Kongo, Egypten, brittiska och tyska afrikanska besittningarna. De äro ofta tämligen fosforhaltiga, svavelrena, ofta mycket kvartsiga, men alla vida mera lättreducerade än svartmalmerna. De fosforrenare blodstenarna äro våra högst värderade malmer. Deras järnhalt varierar mellan 45—62 %.

Såsom exempel på rena och magnetitblandade blodstenar lämnas en del analyser i tab. XLI.

b. Röda hårda hematiter, röda mullformiga hematiter, njurformiga eller trådiga (Glaskopf) ***och oolitiska röda hematiter*** äro alla av yngre datum, hava röd färg, körsbärsrött streck, förekomma i alla formationer från och med övre algonkiska upp i stenkolsformationens undre lager. De äro utlandets renaste, rikaste och bästa järnmalmer och ibland så gott som alldeles bergartfria, då även de, likasom de

Tabell XL.

Malmens namn	Fe_2O_3 %	Fe_3O_4 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	Cu, CO, TiO_2 %	Fe %	P %
Bispberg, 1:ma . . .	2,02	93,73	—	0,05	0,39	0,42	0,52	3,42	0,005	Cu sp	69,29	0,002
Brunna, 1:ma	—	82,83	2,27	0,27	2,96	0,90	2,62	7,10	0,018	» 0,002	61,75	0,014
Burängsberg	—	62,68	9,81	3,53	3,46	4,20	0,36	7,30	0,066	—	53,02	0,004
Dannemora, N. . . .	—	65,86	1,43	0,89	4,34	7,12	1,08	15,32	0,171	—	48,80	0,001
» S. . . .	—	71,65	0,71	2,28	5,66	5,20	1,49	9,30	0,027	—	52,44	0,002
» M. . . .	—	72,25	1,50	2,05	4,14	5,50	2,60	8,90	0,038	—	53,49	0,003
Finmossen	—	79,64	—	0,29	3,78	3,30	4,31	8,55	—	—	57,66	0,010
Haggruvan	—	64,36	0,64	0,31	5,51	12,90	sp	7,90	0,100	Cu 0,003	47,10	0,0045
Kantorp 4	0,12	91,84	—	0,25	0,88	0,40	2,30	4,10	0,025	—	66,60	0,030
Norbergs-Malmkärra	1,37	83,81	—	0,31	3,60	2,10	1,10	7,90	0,052	Cu sp	61,65	0,009
Kallmora	—	85,80	1,00	0,14	3,70	2,07	2,20	6,85	0,028	» »	62,90	0,008
Kolningsberg	—	58,87	6,89	6,67	5,19	3,60	2,21	5,10	0,052	» 0,015	47,60	0,003
Nordmarken	—	68,58	—	0,50	5,75	6,41	—	16,00	0,006	—	49,66	0,007
Ramhäll-Hammarin .	—	77,02	0,09	1,20	2,22	8,40	1,22	3,76	0,044	—	55,84	0,008
Persbergs Storgruva	2,30	76,70	—	0,21	1,85	5,17	2,38	10,45	0,020	Cu sp TiO_2 14,25	57,18	0,003
Routivare	—	48,47	19,54	0,45	3,89	0,65	6,40	4,08	—	—	50,27	0,007
Rällingsberg	—	79,27	0,80	0,39	2,26	4,26	3,60	10,24	0,021	—	58,03	0,003
Rösberg, 1:ma . . .	—	74,67	—	sp	7,35	1,24	1,59	15,05	0,030	Cu 0,008	54,07	0,005
Sikberg	1,22	69,73	—	0,12	3,51	9,30	1,11	7,62	0,060	—	51,32	0,009
Ställberg	—	64,22	6,17	7,43	3,08	2,64	2,17	8,00	0,044	» 0,012	51,30	0,009
Smålands Taberg . .	—	43,45	—	0,40	18,30	1,65	5,55	21,25	0,013	» 0,02 TiO_2 6,30	31,45	0,056
Timansberg A. . . .	1,35	86,38	—	0,10	1,92	1,44	1,36	7,10	0,014	—	63,60	0,007

Vigelsbo	—	74,49	0,84	0,37	4,18	4,80	2,30	12,50	0,055	—		54,59	0,007
Vickersgruvan	—	57,34	—	3,66	9,20	2,34	2,16	10,83	0,240	—		41,50	0,022
Ånggruvan	—	75,84	—	0,57	5,48	3,25	1,45	11,40	0,030	Cu	0,012	54,90	0,013
Tuolluvare Ararat	1,99	92,46	—	0,06	0,03	1,28	sp	1,80	0,082	TiO_2	0,90	68,21	0,003
Långvik	—	50,40	2,61	9,42	4,20	9,08	2,76	6,90	0,135	—		38,53	0,008
Idkeberg	0,64	90,73	—	0,36	1,08	2,70	0,13	2,60	0,002	Cu	0,003	66,20	0,740
Fredmundsberg	—	80,17	0,71	0,07	1,61	3,74	0,70	10,84	—	—		58,39	0,998
Gubbo	—	72,99	0,44	2,93	4,95	4,99	0,29	9,80	0,037	—		52,83	0,007
Grängesberg, Södra	—	85,34	0,45	0,19	1,06	4,58	0,74	3,26	0,023	—		62,12	1,280
Gällivare, Koskull	—	92,55	0,53	0,19	0,40	0,45	1,06	2,21	0,130	TiO_2	0,25	67,43	0,009
Kiruna, Vaktmäst.	0,09	85,74	—	0,15	1,08	6,14	0,62	1,77	0,043	»	0,19	62,15	1,928
Luossavare, Gylfe	19,32	74,50	—	0,60	0,35	0,56	0,43	3,11	0,033	»	0,63	67,47	0,044
Tuolluvare, Siam	3,85	88,97	—	0,18	1,89	0,74	0,34	1,60	0,062	»	1,14	67,09	0,007
Taberg, Värmlands	—	74,48	—	0,42	4,96	4,90	—	15,30	—	—		53,93	0,006
Bergsäng	0,36	69,60	—	0,27	13,01	1,60	1,73	10,74	0,038	—		50,65	0,008
Klacka Lerberg, slig	8,89	74,82	—	0,30	2,05	0,50	1,85	10,20	0,016	—		60,40	0,011
Skötgruvan, slig	—	69,25	1,17	0,44	2,47	11,80	2,29	2,56	0,045	—		51,05	0,020
Herräng, slig	1,34	88,74	—	0,65	1,01	2,30	0,79	5,70	0,170	—		65,20	0,003
Harz	—	62,60	—	0,14	0,28	0,48	0,13	32,66	0,130	—		45,34	0,130
Lake Champlain	—	66,76	—	0,12	—	0,65	1,70	30,05	0,010	—		48,35	0,040
Blagodatsch, Ural	—	83,00	—	1,68	1,22	3,41	2,40	7,10	0,080	—		60,00	0,040
Quebec, Kanada	—	51,58	21,00	0,40	1,16	0,57	—	2,75	0,078	TiO_2	15,75	53,68	—
Goroblagodatsch, Ryssland	76,87	—	11,81	0,47	0,12	1,85	4,16	4,88	sp	Cu	0,022	63,00	0,049
Nishne Tagil, Ryssland	—	69,83	—	1,47	4,61	3,52	9,19	5,67	sp	TiO_2	3,46	50,57	0,150
Sztirminósza, Ung.	—	87,06	—	0,06	2,05	0,43	3,65	6,42	—	CuO	0,06	63,00	0,170
Järnsand, Japan	—	—	—	sp-13,89	—	—	—	0,44—26,0	sp—2,57	Cu sp	—0,60	45—69	0,370 sp-1,33

Tabell XLI.

Malmens namn	Fe_2O_3 %	Fe_3O_4 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	Cu, Co TiO_2 %	Fe %	P %
Dalkarlsberg	51,04	28,95	—	sp	4,45	2,61	0,60	12,29	sp	—	56,72	0,060
Grängesberg, Norra fältet	73,50	14,81	—	0,04	0,82	5,09	0,63	1,62	sp	—	62,18	1,540
» Marnäs	58,11	27,26	—	0,04	0,31	0,50	1,80	11,20	0,005	—	60,42	0,076
Gräsberg-Herkules	74,80	—	—	0,19	2,18	3,50	sp	21,20	0,016	—	52,40	0,030
Högborn	36,04	31,70	—	0,12	7,09	5,60	1,22	15,04	0,050	—	48,20	0,018
Ingelshytte	40,50	29,00	—	0,16	2,03	3,40	0,50	24,80	0,030	—	49,80	0,023
Lomberg	78,20	—	—	0,33	0,43	0,84	2,20	18,30	0,040	—	54,70	0,080
Långban	79,18	9,60	—	0,80	0,76	1,09	0,35	7,44	0,009	—	62,38	0,012
» anrikad	44,71	34,65	—	0,79	1,16	3,12	0,63	1,23	0,026	—	50,01	0,014
Långvik, 1:ma	60,09	—	—	12,20	6,05	11,33	1,21	8,75	sp	—	42,06	0,009
Norberg, V. Måns	56,79	18,24	—	0,13	0,21	0,24	1,10	23,30	0,028	Cu 0,01	52,96	0,018
» Örling	36,84	33 38	—	0,37	1,44	2,90	0,94	23,50	0,008	—	49,40	0,021
» Långgruvan	17,61	45,33	—	0,23	6,52	5,54	0,98	23,70	0,011	Cu sp	45,30	0,006
» Riddargärd	65,43	5,30	—	0,28	0,65	1,86	0,41	26,04	0,009	» »	50,00	0,022
» Bondgruvan	44,19	23,78	—	0,19	0,65	4,10	1,15	25,84	0,018	» »	48,15	0,021
Pershytte Vretgruvan	43,78	34,70	—	0,18	0,50	0,60	1,50	18,56	sp	—	55,20	0,010
Riddarhytte Bastnäs	40,43	25,55	—	0,13	0,72	0,70	2,40	28,50	0,019	Cu 0,010	47,80	0,011
Stribergs Åsboberg 1	81,16	5,02	—	0,09	1,37	2,40	3,26	5,85	0,016	—	60,44	0,032
» Komministergruvan	60,60	12,42	—	0,22	0,18	1,80	0,29	24,55	0,014	—	51,44	0,002
» Mossaberg	60,90	10,05	—	0,23	0,63	1,20	0,47	26,60	0,019	—	49,90	0,018
Stripa	59,09	47,56	—	0,31	2,21	3,10	0,43	21,70	0,002	—	52,00	0,008
Strossa	26,16	37,41	—	0,37	1,62	1,30	2,20	30,60	0,034	Cu 0,015	45,40	0,007
Klackberg, lös	78 97	3,48	—	7,72	0,83	0,90	1,00	1,90	0,016	» 0,006	57,80	0,005
Ingelshyttan	60,21	17,86	—	0,27	0,97	1,83	0,82	19,01	0,025	—	55,24	0,023
Marquette, U. S. A.	87,61	—	—	0,24	0,29	0,32	2,36	4,51	0,013	—	63,44	0,059
Nova Scotia, Kanada	76,10	—	—	—	0,32	2,00	7,26	12,00	0,013	—	53,27	0,840
Quebec »	87,36	—	—	—	0,60	0,10	0,10	11,58	0,008	TiO_2 8,10	61,15	0,021
Ontario »	—	—	—	—	0,55	0,10	1,04	22,25	0,195	—	59,10	0,046

Tabell XLII.

	FeO_3 %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	Glödgningsförlust Cu, TiO_2 %	H_2O %	Fe %	P %
Gogebic, Colby, Bessemer, U. S. A.	82,66	0,30	0,19	0,43	0,92	2,45	0,005	Gf 1,71	10,02	57,86	0,035
» Ashland »	77,56	0,28	0,25	0,32	2,87	6,09	0,010	» 2,05	11,00	54,29	0,040
» Norrie »	80,81	0,67	1,07	0,29	1,69	3,56	0,005	» 2,32	10,81	56,57	0,036
Marquette, Cliffs »	87,49	0,30	1,00	1,26	2,17	4,43	0,021	» 0,62	1,06	61,24	0,097
» Negaunee »	75,46	0,41	0,54	0,88	2,55	6,55	0,059	» 1,75	11,38	52,82	0,055
Menominee, Chaping »	79,10	0,50	2,68	1,25	1,09	5,84	0,004	» 2,38	6,63	55,37	0,057
» Pewabic »	84,79	0,15	1,12	0,53	0,91	4,38	0,001	» 0,95	7,80	59,35	0,011
Mesaki, Fayal »	82,66	0,79	0,14	0,36	0,68	2,68	0,004	» 3,35	9,31	57,86	0,034
» Adams »	81,03	0,84	0,07	0,13	0,98	3,15	0,059	» 4,13	9,61	56,72	0,031
Vermillon, Pioneer »	84,44	0,16	0,02	0,07	2,39	5,30	sp	» 1,26	6,34	59,11	0,038
Les Indis, Frankrike	85,71	—	0,25	1,10	—	4,10	»	» 11,05	—	60,00	sp
Krivojrog, Alexandrowskij, Ryssland	93,20	0,05	0,11	0,26	0,72	4,67	»	—	1,45	65,24	0,039
	87,57	0,03	0,24	0,39	2,90	8,10	»	—	1,60	61,30	0,068
» Pushmerki »	95,43	0,02	—	0,47	0,81	3,37	»	—	1,70	66,80	0,029
	87,03	0,03	0,08	0,38	0,73	10,87	»	—	1,27	60,92	0,013
Constantine, Algier	88,89	—	0,30	0,60	—	2,60	—	Gf 1,60 TiO_2 0,20	—	62,22	sp
Mokta »	95,06	2,50	0,50	—	1,71	3,80	0,020	Gf 2,23 Cu 0,07	—	66,54	0,040
Nassau, Tyskland	55,20	0,13	6,82	8,10	7,58	17,80	sp	Gf 9,92 sp	—	38,64	0,190
Harz »	44,83	0,23	0,35	29,95	0,06	0,87	»	Gf 23,68	—	31,38	0,090
Erzgebirge, Österrike	55,82	7,02	sp	0,62	2,58	28,10	—	—	—	39,07	?
Quebec, Kanada	—	sp	0,18	0,51	3,69	3,27	sp	TiO_2 0,00	—	92,74	0,040

Tabell XLIII.

	Fe_2O_3 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	Cu, Ba %	CO_2 %	H_2O %	Fe %	P %
La Farrière, Frankrike	—	—	0,32 Mn	4,50	—	4,80	10,10	—	—	26,60	—	40,25	0,670
Carolifeld, Ungarn	7,60	41,99	2,32	5,60	0,85	2,50	9,92	0,12	Cu 0,070	34,04		34,47	—
Béla »	33,90	20,10	2,41	2,60	0,45	1,17	18,53	0,12	sp	20,99	—	39,36	—
Kotterback »	66,61	6,05	—	8,49	0,74	4,16	7,37	—	CuO 0,20	—	—	—	0,010
Willibaldi »	1,94	45,72	3,44	4,71	3,25	0,81	2,96	sp	CuO 0,18	37,80	—	36,91	sp
Monastyrskij, Ryssland	—	55,24	1,57	0,91	2,14	0,51	2,35	—	—	32,35	—	—	—
Sinowjewo »	—	51,66	2,55	1,20	3,00	0,80	—	0,300	—	38,30	—	—	0,29
Osnabrück, Tyskland	—	—	1,88	3,60	12,40	1,20	5,00	1,000	—	27,30	—	31,80	0,02
Struthütten, Siegen, Tyskland	—	49,96	7,15	0,51	0,70	?	0,22	0,030	Cu 0,03	—	—	38,86	sp
Wingershart » »	—	44,62	8,36	0,50	0,50	2,10	8,00	?	Cu 0,10	—	—	34,70	sp
Kamsdorf, Thyringen »	—	49,04	6,56	3,61	4,51	1,32	1,68	?	Cu 0,02 Ba 2,66	—	—	33,70	0,010
Erzberg, Österrike	—	50,05	2,77	2,92	3,06	2,09	8,20	0,400	—	—	—	38,93	0,017

renaste av de föregående hålla i det närmaste 70 % järn. De förekomma renast i Italien (Elba), Förenta Staterna (dessas huvudmalm), och Kanada, men även i Sydryssland, Bulgarien, England (Cumberland), Frankrike, Tyskland, Belgien (oolitiska), Spanien, Portugal, Österrike, Mexiko, New Foundland, Sydamerika, hela Australien, Kina, m. fl. såsom tätare än de bruna hematiterna (vilka senare redan i masugnens översta del avgiva sitt hydratvatten och därigenom bli ytterst porösa) äro de svårreduciblare än dessa. De hålla vatten men ej som hydratvatten utan som fuktighet. Till följd av sin vanligen låga fosforhalt äro de utlandets för sur bessemer mest använda malmsort. Järnhalten varierar mellan 40—65 %. Några typiska sammansättningar angivas i tabell XLII.

3. *Järnmalmer av typen* FeO_2CO.

a. Rena karbonatmalmer, spater. Dessa förekomma ävenledes i de äldre berglagren från och med de understa algonkiska upp till grå keupern i Trias. Kemiskt rena skulle de hålla: järn = 48,28 %, kolsyra = 37,93 % och oxidulsyre = 13,79 %, men järnhalten håller sig vanligen mellan 25—40 %. I regel äro de ganska fosforrena, rika på kalk och mangan men rätt ofta ock på svavel, vilket dock ej har så mycket att betyda alldenstund de i masugnen giva en kalk- och manganrik, kraftigt svavelrenande slagg. Spaterna hava nybrutna och ännu ej ytoxiderade, om de äro alldeles rena, vit färg, som dock i fuktig luft snart övergår till gul (ferri-hydratbildning), eljes mer eller mindre gul eller grå. De kristallisera i romboedriska systemet och äro ofta vackert kristalliserade men förekomma ock finkorniga eller derba. Finnas även som druv- eller njurformiga bildningar (de egentliga sphärosideriterna) och uppträda i gångar eller lager i Österrike (Steyermarks stålmalmer), Tyskland, Ungarn, Frankrike, Spanien, Britannien, Bosnien, Herzegowina, Grekland, Förenta Staterna, Kanada, New Foundland, Ryssland, Sibirien, Nya Sydwales. Exempel å deras sammansättning anföras i tab. XLIII.

b. Lerhaltiga sphärosideriter och blackbands bestå ävenledes till huvudsaklig del av ferrokarbonat, men äro mer eller mindre impregnerade, de förra med lera, de senare med kol och oftast även med lera. De hava tätt frikornig textur och förekomma mångenstädes i mycket mäktiga lager isynnerhet i England. I allmänhet äro de även rätt förorenade av fosfor, svavel, koppar, bly och zink, men äro likasom spaterna och av samma skäl synnerligen lättreducerade, i det att de bliva synnerligen porösa vid kolsyrans utdrivande, vartill vid de kolhaltiga tillkommer, att det inmängda kolstoftet kraftigt bidrager vid reduktionen. De giva ofta ett utmärkt gjuttackjärn. De lerhaltiga förekomma i stenkolsformationens lager, i alla triasformationens lager,

Tabell

	Fe_2O_3 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %
Yorkshire, England, lermalm	—	36,98	0,95	2,29	2,89
Staffordshire » »	—	46,47	1,44	0,94	0,76
Derbyshire » »	—	42,69	1,49	2,85	3,32
Cleveland » »	—	37,10	0,93	3,73	6,63
Westfalen, Tyskland »	—	36,90	0,54	3,52	8,03
Staffordshire, England, blackbands .	—	46,54	2,60	1,39	2,44
Westfalen, Tyskland »	—	38,96	?	?	?
Hörde » »	—	28,56	0,73	1,27	2,87

i jura åtminstone t. o. m. upp i övre lias, i wealdenlagrena och i kritformationen upp till senonlagret. Blackbands förekomma mest i stenkolsformationens lager, men även i översta trias och i undre kritan samt äro hos oss funna i ringa mängd mellan de skånska stenkolslagren. Orostade hålla de användbara bland lermalmerna 25—40 % järn, blackbands 20—40 %. Utom i England uppträda de även i Tyskland, Förenta Staterna, Kanada, New Foundland, brittiska Indien, Sydaustralien och Victoria. Vanliga sammansättningen framgår av tab. LVI.

4. *Ferrihydratmalmer.*

Denna mäktiga malmgrupp innehåller till huvudsaklig del malmer, som endast äro omsättningsprodukter av de tre föregående gruppernas eller av andra järnföreningar såsom svavelkis m. m. Och som i många fall omsättningen ej försiggått fullständigt, kunna de ännu innehålla avsevärda mängder av modermalmen likaväl som av dess bergarter och föroreningar. Tre utpräglade typer kunna dock anföras nämligen:

Limoniter sammansatta . . . . . $2Fe_2O_3, 3H_2O$
Minetter » . . . . . $Fe_2O_3, 2H_2O$
Sjö- och myrmalmer sammansatta . . $Fe_2O_3, 3H_2O + Fe_2O_3, 2H_2O$.

Av första gruppen finnes det emellertid massor av olika sammansättningar, där hydratet är impregnerat antingen med oxid (i regel mera mogna) eller med karbonat (ej fullständigt omvandlade). Minetterna innehålla även ledes ofta oomvandlat ferrokarbonat t. ex. de bruna. Vanliga indelningen av hydratmalmerna är:

a. Kristalliniska, trådiga (brun Glaskopf),
b. Vanliga, täta, hårda,
c. Mullformiga,

XLIV.

Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	C %	Cu, Pb, Zn %	CO_2 %	H_2O %	Fe %	P %
7,36	19,13	0,100	—	—	25,41	2,07	28,76	0,210
4,80	10,17	0,040	—	—	30,44	2,52	36,14	0,330
1,14	10,22	0,422	—	—	28,63	2,89	33,20	0,480
6,95	10,22	0,100	—	—	22,02	11,00	28,86	0,500
6,93	13,56	0,290	—	—	?	?	28,70	0,400
1,23	1,93	0,180	10,46	—	30,77	1,47	36,20	0,290
?	5,26	?	25,76	—	—	—	30,30	0,300
1,64	4,98	1,060	—	—	58,56	—	21,21	0,580

d. Bön- och oolitiska malmer,
e. Minetter, liasmalmer,
f. Sjö- och myrmalmer.

a. De kristalliniska, trådiga äro de renaste och rikaste, hava mörkbrun till svartbrun färg ofta njurliknande form, äro tämligen sällsynta och uppträda endast i äldre formationer, övre algonkiska kambriska, siluriska och devoniska. De flesta innehålla även vattenfri järnoxid.

b. Den vanliga bruna hematiten, fast limonit förekommer ävenledes i de äldre formationerna från och med algonkiska upp till trias, och kan såsom t. ex. de spanska av spater uppkomna bruna hematiterna vara synnerligen rena och rika.

c. De mullformiga och de lösare bruna hematiterna uppträda mest i jura-, övre krit- och tertiärlager, äro oftast mycket förorenade av fosfor, kiser, blyglans och zinkföreningar.

Dessa trenne grupper förekomma bland annat i England, Tyskland, Spanien, Österrike, Ungarn, Ryssland, Holland, Belgien, Serbien, Italien, Bosnien, Portugal, Schweiz, Förenta Staterna, Kanada, Kuba, Australien, Sibirien, Kina, Sudan och Afrika.

d. Bönmalmerna och de oolitiska bruna hematiterna äro påträffade i övre trias, undre jura, kritformationen och tertiärformationen och i först- och sistnämnda i mycket mäktiga lager. De bilda i lera, sand eller kvarts inbäddade rundade stycken och korn samt äro i de flesta fall starkt förorenade av fosfor. Innehålla ofta fosforitknölar. Lagren vid Höganäs i Skåne utmärka sig dock för en synnerligen stor fosfor- och svavelrenhet. Som de oftast kunna »skopas» upp och om de äro fattiga, genom vaskning lätt befrias från lera och dylikt, så äro de rätt omtyckta. Ett av Tysklands största verk Ilsede vid Peine är så t. ex. baserat just på dessa malmer. De förekomma i Holland, Tyskland, England, Frankrike, Schweiz, Ryssland, Förenta Staterna och Australien.

Tabell

	Fe_2O_3 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %
Prestne, Frankrike, oolit	47,10	12,48	0,30	1,20	11,10
Leon, Spanien, brun hem.	70,45	3,91	0,29	0,37	0,55
Béla, Ungarn	63,14	—	3,06	0,60	0,50
Jacobi, Ungarn	69,70	0,59	4,92	0,50	0,75
Gottliebfeld, Ungarn	41,86	1,06	1,90	0,55	0,60
Priklonskij, Ryssland, brun hem.	66,90	—	3,93	0,49	0,79
Koshins » »	78,70	—	0,10	0,44	1,25
Jadwiga, Polen	—	—	0,68	0,13	1,85
Plesnjuwka, Polen	—	—	10,64	sp	0,86
Staffordshire, England, brun hem.	—	—	0,36	—	10,50
Osnabrück, Tyskland »	—	—	0,69	—	14,61
Ilsede, Tyskland, bog ore	—	—	1,29	—	7,00
	—	—	0,06	1,70	4,30
Harz » » brun hem.	—	—	0,06	0,20	3,20
	—	—	0,50	0,70	1,00
Ryd, Sverige, glödg. sjömalm	—	—	0,30	—	1,80
	—	—	4,24	—	—
Särna » rå »	—	—	3,80	—	—
Av 30 st. svenska sjömalmer minimi	—	—	0,78	—	—
» » » » » maximi	—	—	19,02	0,53	0,09
» » » » » medelt.	—	—	0,45	0,02	0,27
Åminne, Sverige, sjömalm	—	—	33,48	0,73	3,10
	66,50	—	5,35	0,19	1,37
			0,40	0,80	0,90

e. ***Minetterna*** höra egentligen till de oolitiska malmerna, men fingo på 1860-talet detta särnamn. De äro finkorniga, av gröngrå, röd, brun eller nära svart färg och förekomma i kolossala massor i ett distrikt omfattande 105,900 har, varav i Frankrike 61000 har, Tyskland 43000 har, Luxemburg 3600 har och Belgien 300 har. Tyskarna påstå, att malmerna ligga i understa doggerlagret, fransmännen i översta lias. De äro fattiga malmer med i naturligt tillstånd endast 28—39 % Fe, men som de äro ytterst lättreducerade och synnerligen billiga i brytning, användas de i största möjliga mängd av de hyttor, som ligga så till, att fraktkostnaden per ton järn ej ställer sig för hög. De äro rika på fosfor och ägna sig därför väl till tackjärn för thomasmetoden.

f. ***Sjö- och myrmalmerna*** äro nutida bildningar och uppkomma genom svavelkisens i kringliggande berg förvittring. De förefinnas i

XLV.

Al_2O_3 %	SiO_2 %	Cu m.m. %	S %	CO_2 %	Fuktighet %	Hydrat vatten %	Fe %	P %
3,24	6,69	—	0,10	?	?	—	40,65	0,780
6,03	6,67	As 0,116 CuPbZn 0,010	—	—	—	—	53,35	0,750
			0,082	—	0,03	9,37		
0,06	21,60	0,20	0,060	—	10,84	—	44,19	0,030
2,72	10,00	sp	0,120	10,95		—	49,24	0,005
2,97	43,14	CuO 0,08	0,020	—	7,68	—	30,12	0,080
3,67	10,83	—	—	—	—	—	46,83	0,25
15,03	3,86	—	0,010	—	—	—	59,47	0,14
6,46	33,06	—	0,070	—	16,54	—	30,60	0,013
1,28	4,59	—	sp	—	11,56	—	49,50	0,350
2,94	2,20	—	—	—	?	—	41,01	0,47
—	sp	—	—	—	4,75	—	36,98	0,32
5,42	16,80	—	0,090	—	—	—	36,98	0,07
6,90	18,80	—	—	—	11,90	—	40,40	0,900
8,20	22,90	—	—	—	12,80	—	37,00	0,700
4,10	11,80	—	—	—	5,20	—	54,30	0,100
10,20	18,10	—	—	—	9,40	—	42,20	0,200
2,80	10,60	—	—	—	—	—	55,52	0,170
1,40	42,20	—	—	—	—	—	49,59	1,110
1,60	30,00	—	—	—	—	—	44,38	0,690
0,43	4,82	—	sp—0,17	—	—	12,06	43,62	0,050
1,23	5,49	—	0,03	—	—	7,58	30,26	0,020
7,89	41,26	—	—	—	—	17,81	52,98	0,520
3,58	12,64	—	—	—	—	13,53	43,80	0,210
4,20	6,60	—	—	—	—	21,00	46,55	0,300

flertalet av de svenska landskapen och voro de malmer, varav våra hedniska förfäder beredde det första svenska järnet. Nu hava vi blott en enda sjömalmsmasugn i gång, den vid Åminne i Småland, men i Finland drivas ännu flera dylika. Myrmalmen förekommer dels i om gyttja påminnande konsistens, dels i form av mindre eller större hårdnade stycken, sjömalmen åter som grus-, hagel- eller penningliknande utfällningar på sjöarnas bottnar, varifrån de uppskopas.

Båda slagen malm hålla vanligen avsevärt med fosfor, men ibland även vanadin.

Tackjärnet, som blåses av dem, blir ett ganska gott fingrynigt gjuttackjärn, som särdeles väl lämpar sig för tillverkning av finare maskindelar, till skörde- och slåttermaskiner m. m. Fordom hade vi en ganska stor sjömalmsupptagning, och en dylik pågår ännu i stor skala i Finland, som har sin järntillverkning till huvudsakligaste del

baserad just på sina sjö- och myrmalmer, vilka enligt Sundell visserligen i sällsynta fall kunna gå ned i järnhalt till 10 à 12 % men dock i regel hålla mellan 30 à 40 %. Mindre tackjärnsutbyte än 30 % av malm skall därför vid de finska masugnarna vara ytterst sällsynt, och ännu rikare malmer får man t. ex. ur några sjöar i Kerimäki tillhörande Oravi bruk, ty de giva ända till 52,3 % tackjärn. De finska sjömalmerna hålla mycket mangan, och nästan aldrig går denna halt under $^1/_2$ %, medan man i Salami bruks sjöar funnit malm med ända till 30 % Mn. Den vanliga halten är 2 à 3 % Mn. Sjömalmerna äro nästan alldeles svavelfria, och fosforhalten varierar i de finska från 0,009 % upp till 1 % men håller sig vanligen omkring 0,4 %. De svenska sjömalmerna hålla mera lera, de finska åter mera kvartssand.

Myrmalmerna benämnas i Tyskland Rasenerze, samt köpas av tyska hyttor i rätt avsevärda kvantiteter från Holland, men förekomma sådana malmer även i vitt utbredda lager genom hela Nordtyskland, varförutom man funnit ansenliga lager av dem även i Kanada och Förenta staterna. Dessa malmer hålla emellertid vanligen mycket litet mangan, men även, liksom de svenska och finska sjömalmerna, betydligt med fosfor.

Exempel på dessa malmers sammansättning lämnas i tab. XLV.

5. Såsom malm använda avfallsprodukter.

Sådana äro *härdslagger* från lancashire- och vallonhärdar, vilka såsom fosforhaltiga förr ratats vid de svenska masugnarna, men numera äro mycket lämpliga att insätta i beskickningarna för basisk martin och basisk bessemer. De användas även vid blåsning av tackjärn för lancashire, som ej skall säljas som ståljärn. Slaggerna från de basiska martinugnarna kunna med fördel användas i beskickningar för fosforhaltigt tackjärn. *Bessemerugnsslaggerna* äro oftast ganska manganrika, och de från sur bessemer uppsättas därför vid en del bessemermasugnar med i beskickningen. Thomasslaggen åter säljes hellre som fosfat och uppsättes endast, där beskickningarnas för thomastackjärn anrikande på fosfor så erfordrar. *Puddelslaggerna* hava även ledes använts för thomasbeskickningar, men som puddelmetoden är i utdöende, äro de numera av mindre intresse. *Vällugnsslaggerna*, sådana de vanligen erhållas, d. v. s. från surt infodrade vällugnar, bestå av järnoxidoxidulsilikater och äro därför synnerligen svårreducibla samt föga omtyckta vid våra träkolshyttor, men användas med fördel vid en del utländska koksmasugnar. *Utkok* från bessemerugnar är synnerligen järnrikt men också något svavelhaltigt, där konvertrarna bruka förvärmas med koks. Rikaste och för förhyttning bästa avfallsprodukterna äro *hammarslagg*, *valssinner* och

glödspån, vilka dock med malmsliger dela den olägenheten att vilja medfölja in i gasledningarna. *Kisbränder* (purple ore) är ett oftast något svavelhaltigt pulver till huvudsaklig del bestående av Fe_2O_3, vilket som avfallsprodukt erhålles vid kopparverk och svavelsyrefabriker av de där nyttiggjorda kiserna. För att få detta fina pulver i användbar form briketteras det samt kan sedan för svavelhaltens nedbringande underkastas omrostning före uppsättandet på masugnen. Någon stor roll spela ej avfallsprodukterna inom den svenska hytteindustrien utan exporteras de i regel från oss till utlandet och bliva där rätt bra betalade. Analyser se nedan i tab. XLVI.

B. Manganmalmerna.

I Sverige använda vi för att anrika våra beskickningars manganhalt oftast endast mera manganhaltiga järnmalmer och blott vid några få masugnar hausmannit från Långban, vilken är vårt lands bästa manganmalm. Manganitfyndigheter hava vi, som bekant, några få, men dels för obetydliga, dels för kvartshaltiga i förhållande till sin kalkhalt, och detsamma kan man säga om knebeliten i Marnäs och några andra manganfyndigheter. Långbans hausmannit säljes dels som styckemalm, dels anrikad i sligform. Då det gäller ett så svårreducibelt ämne som manganoxidulen, vilken dessutom i smältvärme har så stort föreningsbegär till kiselsyran, är det naturligtvis av stor vikt att få så kvartsfri manganmalm som möjligt. I ju högre oxidationsgrad manganen förekommer i malmen, ju koldrygare blir beskickningen och därför, samt för att manganoxidulen låter reducera sig endast med kol direkt och vid högsta ställtemperatur i masugnen, så äro alla manganrika beskickningar koldryga och de med mangansuperoxid, pyrolusit, de värsta. Ur Jernkontorets analyssamling, vartill i övrigt hänvisas, anföres här nedan i tab. XLVII, några svenska manganmalmers sammansättning, ävensom några utländska.

C. Övriga beskickningsmedel.

I allmänhet äro de svenska järnmalmerna för rika på summa lerjord och kiselsyra — isynnerhet på den senare, för att blåsta enbart lämna önskad slaggsammansättning i masugnen, men undantag finnas såsom alldeles engående, som bland annat flere beskickningar i Värmlands bergslag varit, eller genomgående för kalkiga, som Dannemoras malmer. Är den malmblandning, man vill uppsätta, för »sur», så hjälpes det med kalkstenstillskott eller insättning av en blandsten, är den åter för basisk, sätter man upp kvarts eller skaffar en kvartsig malm — torrsten till blandningen. Hända kan dock även — om malmbland-

Tabell XLVI.

	Fe_2O_3 %	Fe_3O_4 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_2 %	SiO_2 %	S %	H_2O %		Fe %	P %
Lancashireslagg, Munkfors	—	28,00	68,46	2,48	—	—	—	6,96	—	—	—	69,18	0,040
» Söderfors	9,97	—	69,85	5,62	—	—	—	11,68	0,049	—	—	61,31	0,022
	13,80	—	70,20	4,48	—	—	—	9,21	—	—	—	64,26	0,059
» Hammarby	9,30	—	72,31	5,30	0,38	0,47	1,28	10,81	—	—	—	62,75	0,061
» Jäder	8,89	—	70,96	4,21	0,46	0,28	1,07	14,10	—	—	—	61,40	0,044
Puddelslagg, Hörde	?	—	?	6,57	—	—	—	10,50	—	—	—	53,87	3,10
» Saar	?	—	?	1,37	—	—	—	8,44	—	—	—	59,56	4,89
» Gleiwitz	—	62,03	—	6,28	0,14	0,61	0,22	19,29	—	—	—	44,92	2,20
» Serain	19,17	—	49,14	4,85	0,52	2,50	5,10	14,00	0,300	—	—	51,64	1,82
Bessemerslagg, Hagfors	—	—	13,50	39,10	0,14	0,73	4,10	42,50	—	—	—	10,50	—
» Långshyttan	—	—	35,82	12,29	0,21	2,35	0,72	48,48	—	—	—	27,86	—
» Sandviken	—	—	18,48	22,23	sp	0,36	1,58	55,76	—	—	—	14,37	—
» Nykroppa	—	—	30,60	21,39	0,20	0,38	2,14	44,52	—	—	—	23,80	—
» Bångbro	—	—	31,19	25,43	0,11	0,32	2,24	40,50	—	—	—	24,26	—
» Västanfors	—	—	9,45	48,92	0,46	1,00	2,94	37,63	—	—	—	7,34	—
Thomasslagg,* Bochum	—	—	13,91	7,94	4,78	45,85	—	8,14	0,250	—	—	10,82	7,99
» Gutehoffnungs hütte	—	—	15,18	6,34	4,03	47,97	—	6,89	0,400	—	—	11,81	9,26
» Neukirchen	—	—	12,55	5,50	2,48	51,73	—	8,25	0,400	—	—	9,76	8,66
» Hoesch	—	—	20,71	3,65	3,85	48,97	—	6,57	0,370	—	—	16,11	7,17
» Ruhrort	—	—	17,95	6,59	3,75	47,46	—	7,02	0,360	—	—	13,96	6,78
» Union	—	—	16,75	4,90	4,21	47,97	—	6,93	0,350	—	—	13,03	7,35
» Peine	—	—	17,58	3,79	4,32	48,25	—	5,12	0,360	—	—	13,67	8,55
» enl. Wüst	—	—	24,80	4,19	2,89	43,31	0,92	5,17	0,410	—	—	19,29	7,67
Martinslagg, bas., vanlig tysk	—	—	23,47	18,90	12,32	27,79	2,36	15,00	—	—	—	18,25	0,58
» » svensk, skro	—	—	11,96	11,08	14,92	31,42	2,31	28,22	0,140	—	—	9,39	2,03

» » *Julienhütte*	—	—	*12,69*	*7,60*	*6,90*	*43,89*	*4,26*	*20,85*	*0,007*	—	—	*9,87*	*1,39*
» » *Donez, Ryssland*	—	—	*10,76*	*15,05*	*8,27*	*37,52*	*6,27*	*20,80*	*0,330*	—	—	*8,37*	*0,31*
» » *Hûsten*	—	—	*18,05*	*11,07*	*9,05*	*40,87*	*3,09*	*13,10*	*0,610*	—	—	*14,04*	*1,62*
» » svensk, malm	—	—	*19,39*	*6,21*	*10,12*	*42,42*	*2,20*	*19,16*	*0,006*	—	—	*15,08*	*0,07*
Purple ore, Hälsingborgs kopparverk, före brikettering	90,14	—	—	—	—	—	—	—	0,294	—	—	63,10	—
» » D:o, efter brikettering	88,43	—	—	—	—	—	—	—	0,026	—	—	61,90	—
» » engelsk Cambria	97,00	—	—	—	—	—	—	2,03	0,440	(10,90)	—	67,90	0,006
» » amerikansk »	94,93	—	—	—	—	—	—	1,77	0,890	4,30	—	66,45	0,004
» » westfalisk	94,00	—	—	sp	sp	0,10	—	1,66	0,670	—	Cu 0,02 Pb 0,14 Zn 0,03 Sb 0,02	65,80	0,010
» » oberschlesisk	90,89	—	—	0,05	0,12	0,46	1,82	4,67	0,550	—	Cu 0,04 Pb 0,45 Zn 0,24 As 0,05 Sb 0,06	63,62	0,010
Hammarslagg, svensk, Jäder	—	97,30	—	—	—	—	0,22	2,30	—	—	—	68,11	0,012
» tysk, Gleiwitz	—	—	—	—	—	—	—	12,37	—	—	—	60,01	3,040
Vällugnsslagg, Söderfors	10,60	—	50,30	0,70	—	2,10	—	37,30	—	—	—	46,54	0,239
» Ankarsrum	12,14	—	49,76	0,37	0,62	0,39	1,87	34,72	0,005	—	—	47,20	0,148
» tysk, Gleiwitz	—	—	—	—	—	—	—	32,61	—	—	—	50,23	?
» » Neunkirchen	—	—	—	0,40	0,30	0,80	1,30	33,30	—	—	—	48,20	?
» engelsk, Staffordshire	17,45	—	58,02	0,17	—	—	sp	22,42	0,180	—	—	59,56	0,960
» » Llandore	7,90	—	38,80	0,87	—	5,04	23,72	21,90	0,300	—	—	35,70	0,801
Valssinner, amerikansk	—	—	—	0,72	—	0,40	1,80	23,00	—	—	—	53,76	0,060
Zinkrester, amerikanska	36,21	—	—	15,69	1,92	16,70	4,07	18,56	—	—	ZnO – 4,70	23,35	0,037

* Thomasslaggernas järn uträknat som oxidul, men förekommer säkerligen delvis såsom oxid.

Tabell

	Fe_2O_3 %	Fe_3O_4 %	FeO %	MnO, Mn_3O_4 o. MnO_2 %	MgO %
Penninggruvan	—	56,07	7,27	11,30	3,21
Spexerud, manganit	3,33	—	—	71,82	0,72
Jönvik	17,77	52,49	—	13,02	3,82
Skinnaräng	—	55,09	2,11	14,18	2,74
Gräsberg, Hilläng	—	33,63	15,13	15,45	2,69
Marnäs, knebelit	—	46,53	13,12	15,86	8,76
Böhlet, manganit	18,68	—	—	60,31	sp
Nordmark, hausmannit	1,00	—	—	56,13	3,67
Långbans, »	—	1,86	0,56	50,53	7,47
» anrikad hausmannit	—	—	—	—	—
Chilensk pyrolusit	—	—	—	—	—
Amerikansk »	—	—	—	—	0,32

ningen är mycket talkrik, att man måste tillsätta både kalk och kiselsyra för att få lämplig slagg. Om vad som menas med i varje fall lämplig slagg se under masugnsskötseln.

Med blandsten menar man en järnmalm, som håller mera baser, än att den kan giva slagg av den önskade surhetsgraden;

Med torrsten en som håller mera syror, än att den kan giva slagg av den önskade surhetsgraden;

Med engående malmer åter sådana, i vilka förhållandet mellan baser och syror är just sådant, att man utan extra medel erhåller den önskade surhetsgraden på slaggen, och

Med kvickstenar menas malmer, som i masugnen lämna en svart skärande slagg (malmer med järnoxidulsilikater eller större mängd titansyra).

a. ***Kalksten.*** Såsom ovan sades utgöres vid flertalet av de svenska masugnarna »beskickningsmedlet» av kalksten och bör man så vitt den ej ställer sig för dyr välja en sådan, som fyller nedannämnda villkor:

1:o. Möjligast fri från kiselsyra och lerjord;
2:o. » » » svavel;
3:o. » » » fosfor (undantag vid blåsning av tackjärn till basisk bessemer);
4:o. Med sådant förhållande mellan kalk och talk att lämpligaste slagg även i det avseendet ernås; och
5:o. Möjligast lättbränd.

XLVII.

CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	S %	Cu m.m. %	Glödgningsförlust %	Mn %	Fe %	P %
7,80	2,27	7,68	?	—	5,20	8,47	45,69	0,003
1,46	1,62	18,46	?	Cu 0,44	2,07	50,00	2,33	?
4,00	2,01	4,20	0,28	Cu 0,025	2,20	10,08	50,45	0,280
7,43	2,06	13,80	?	—	3,70	10,97	41,53	0,013
8,48	2,14	12,61	0,117	Cu sp	7,80	11,97	36,12	0,007
3,60	0,73	9,55	0,462	Cu 0,165	2,10	12,31	42,34	0,015
5,36	1,41	8,15	0,029	—	6,10	41,99	13,05	0,012
20,50	0,87	2,60	0,019	—	15,37	40,71	0,70	0,056
11,22	0,65	12,03	0,100	BaO —1,78 PbO —1,01 As_2O_3 —1,08	11,91	36,06	1,70	—
—	—	—	—	—	—	55,94	—	—
—	—	9,76	—	—	3,47	45,13	0,66	0,021
0,80	3,13	3,33	—	BaO —0,52	—	51,83	3,58	0,158

Första villkoret betingas av, dels att ju mera kiselsyra och lerjord kalkstenen, limmen, innehåller, ju mera måste man av densamma uppsätta (se masugnsskötseln, slaggerna) och kalksten kostar ej blott penningar i och för sig, utan ökningen av slaggvikten, som inträffar med ökad limmängd, medför ock ökade kostnader i bränsle och arbetslöner.

Andra villkoret beror på, att en av slaggens viktigaste funktioner är att i masugnsstället rena tackjärnet från svavel, och håller limmen svavel själv, så minskar detta förstås dess renande förmåga och det såsom vi (under masugnsskötseln) framdeles skola se i avsevärd grad. Med svavelhaltig lim får man taga mera kalk, således ökade kostnader och kanske ändock såsom resultat olämpligt sammansatt tackjärn som produkt.

Tredje villkoret fylla de flesta svenska limsorterna. Som vår järnhantering till stor del är beroende av vårt järns fosforrenhet och all med beskickningen uppsatt fosfor i regel ingår i tackjärnet, behöver detta villkor ingen vidare förklaring.

Fjärde villkoret är baserat på dels att ett visst förhållande mellan talk : kalk (olika för slagger av olika surhetsgrad) ger lättsmältaste och således minst koldryga slaggen, dels ock på att förhållandet dem emellan i vissa fall har verkan på tackjärnets kvalitet. (Se masugnsskötseln, slaggerna.)

Femte villkoret slutligen har först på sista tiden framkommit, sedan vi sett, att de lättbrända sedimäntära kalkerna, med lika kemisk sammansättning som en del urkalker, giva mindre kolåtgång i masugnen, detta till följd av att de avgiva sin kolsyra högre upp i masugnen.

Exempel på några svenska limsorter lämnas i tab. XLVII. Analyserna äro samlade under bergskoleresorna 1903—1910.

b. Kvarts. Uppsättning av kvarts kommer hos oss endast i fråga i två fall, 1:o när man har en så kalkrik malmblandning, att den enbart ger för basisk slagg och man av vissa skäl ej vill utspäda den med sur malm. I Dannemora t. ex., vars järn i utlandet betalas med mycket högt pris, om det garanteras vara blåst av enbart Dannemoramalmer, vilka alla äro blandstenar, köper man ej från andra bergslager en kvartsig malm att blanda upp beskickningen med utan uppsätter i stället ren finkrossad fosforfri kvarts. 2:o händer, som ovan redan antytts, att man har genomgående så talkiga malmer, att man av den anledningen får för svårsmält slagg, då man kan hjälpa upp den medelst tillsättning av både kalk och kvarts. Denna kvarts man då uppsätter kan, om det gäller blåsning av lancashire (2:da), basisk martin eller basisk bessemer få vara något fosforhaltig och är då antingen bättre taga fältspathaltigt grus vars kalihalt kraftigt »friskar upp» slaggen eller ock röd eller grå finkrossad sandsten, ty ren kvarts är i masugnsslaggen mycket svårlöslig, isynnerhet om den uppsättes i grövre korn. Ett gott sätt är att, som göres vid åtminstone ett par av våra hytteverk, vid sådana beskickningar på masugnarna uppsätta fintuggad sur martinslagg i stället för kvarts.

c. Flusspat torde vara det kraftigaste medel man har att göra slagg kvickfluten och användes härför allmänt vid de basiska martinverken och i en del gjuterier, men med det låga pris, som flusspaten betingar, om den vagnslastvis tages utan mellanhänder direkt från Harz via Sassnitz, så kan fråga vara, om det ej vore skäl använda den som slaggförbättringsmedel även å våra såväl vanliga masugnar som elektriska masugnar. Det behöves helt säkert mycket obetydlig tillsats för att göra även den svårflutnaste masugnsslagg kvick, utan att den blir för skärande. Naturligtvis måste man dock vakta sig för för stora tillsatser, ty då skär nog slaggen för mycket.

d. Titanmalm hava vi nyligen funnit vara ett förträffligt medel att göra slagg kvickfluten i de elektriska stålugnarna. Tabergs malm är härtill alldeles utmärkt, och som Tuolluvare malm med 0,50 % TiO_2, då den blåses enbart, ger en mycket lättfluten ej pösande slagg, så är troligt, att titanhaltiga malmer kunna även i detta hänseende få en viss betydelse vid elektrisk tackjärnsframställning.

Tabell XLVIII.

Limsort	Fe_2O_3 %	Fe_3O_4 %	FeO %	MnO %	MgO %	CaO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	Cu m m. %	CO_2 %	S %	Fe %	P %
Skattungby, silurkalk	—	—	0,50	0,10	0,88	54,34	0,42	2,44	—	42,60	—	—	0,003
	—	—	0,10	0,03	0,50	54,77	0,30	0,49	—	43,60	0,005	—	0,005
Byvalla, urkalk, kasser	—	—	—	—	—	—	—	10,04	—	—	0,012	—	—
Torsåkers » »	—	—	—	—	—	—	—	4,65	—	—	0,016	—	0,009
Sala » insatt i stället	—	—	—	—	1,34	—	—	0,95	—	—	0,009	—	0,008
Lörge, silur, Gottland	0,73	—	—	0,05	0,32	53,00	0,57	2,26	—	42,80	0,021	—	—
Visby, » »	0,43	—	—	0,05	0,43	54,76	0,11	1,24	—	42,80	0,020	—	—
Hide, ortoseratit »	0,12	—	—	0,05	0,31	54,61	0,10	1,05	—	43,40	0,007	0,09	0,013
Braxenbol, urkalk	0,10	—	—	—	0,90	53,90	0,90	2,80	—	41,20	0,012	—	0,005
Öna, »	0,10	—	—	sp	2,12	48,26	0,70	6,60	—	40,26	—	—	—
Orsa, silur	0,12	—	—	0,14	0,38	54,34	0,80	1,38	—	43,11	0,035	—	0,003
Klackberg, urkalk	—	—	4,50	0,50	18,09	30,70	—	0,50	—	44,60	0,034	—	0,005
Nordmark, urkalk	—	—	0,19	—	1,08	52,34	0,40	3,38	—	42,17	—	—	—
» dolomitkalk	—	—	0,69	—	15,49	34,37	2,00	2,13	—	44,06	—	—	—
Åda, urkalk, Södertälje	—	—	0,45	0,07	2,30	52,10	0,06	2,50	Cu —0,002	42,20	0,007	—	0,009
Gistad »	—	0,40	—	—	0,90	54,20	0,30	1,00	—	42,91	0,001	—	0,006
Norrbäcksbro, urkalk	—	—	1,74	—	4,61	48,16	0,29	3,16	—	41,87	0,025	1,35	0,002
Lillbyå » Dannemora	—	0,40	—	0,42	0,77	52,00	0,50	3,15	—	41,68	0,002	—	0,005
Hammarby »	—	—	2,60	1,08	18,10	31,10	—	1,15	—	46,37	—	—	0,005
Gåsgruva »	—	—	—	—	2,00	54,70	1,80	1,50	H_2O —1,60	38,40	—	—	—
Kalkåsens »	—	4,92	—	0,10	2,74	45,15	2,00	6,46	—	38,12	0,050	—	0,001
Bredsjö »	—	0,39	—	—	0,43	50,50	1,28	6,32	—	40,17	0,002	—	0,002
Klackens »	—	6,56	—	0,74	18,00	29,70	0,38	1,05	Cu 0,005	44,10	0,014	5,10	0,004
Larsbo »	—	0,60	—	—	1,08	49,50	0,60	5,40	—	41,89	—	—	—
Långban, mangankalk	2,57	—	—	17,98	12,30	26,36	0,85	6,80	—	33,04	0,056	—	0,025

D. Malmernas och beskickningsmedlens förberedande vid hyttan.

1. Slagning och sovring.

Numera ankomma malm och lim vanligast per järnväg till våra bruk och endast till mindre del köres den dit med häst från gruvorna men, vare sig den ankommer med ena eller andra transportmedlet, bör vid bruket vara så anordnat att avlastningen från fordonet kan ske på billigaste sätt. Bäst torde vara att anordna körbanor över malmtorget, med banorna vilande på de under varande »malmbåsens» eller »fickornas» sidomurar. Mindre bra äro s. k. »bockbanor» utan undervarande skiljoväggar mellan malmavstjälpningsplatserna, ty vid dem måste man antingen lägga malmslagen längre från varandra eller ock riskera få oberäkneliga hopblandningspartier med på rostugnen då och då. Läggas malmerna med mellanrum, behövas längre och dyrbarare banor, medan, om de få ramla tillsammans, man har föga garanti för att malmslagarna efter order vid slagningen bry sig om att skilja isär de olika slagen. Ett sätt som rätt mycket användes är att hava bockbanornas bockar nedtill klädda på ömse sidor med grova stockar, dels för skydd, dels för att få bås, men stockarna slås snart sönder av malmen, så reparationskostnaden blir rätt avsevärd.

På bergskoleresorna hava vi hört yttras emot de murade malmbåsen att ock deras slaggstensmurar för fort slås sönder av de stora malmstenarna, och då har minnet av de utländska masugnsanläggningarnas av grov plåt gjorda malmfickor framkallat den tanken, om det ej kunde vara skäl kläda båsens murar med 6 à 7 vertikala bjälkar och gammal ångpanneplåt på dem. Det blir kanske en lika dyrbar anordning, som de onödigt långa bockbanorna, men sedan mindre långt för slagarna att skjuta malmen till rosthundsbanan.

Banorna läggas vanligen på 8 à 10 m höjd över malmtorgsplanet. Planet och båsen äro ej täckta med tak, utan förvaras malmerna hos oss under bar himmel med undantag endast för anrikad slig eller från gruvorna anlända, vid dem färdigbrända briketter, vilka helst förvaras under tak. Båsen tagas alltefter banans höjd 12—18 m långa vinkelrätt mot banan — och 7—10 m breda.

Ligga järnvägsspåren i malmtorgsplanet, kan man ordna som vid ett av våra verk, att malmen från bangårdens avlastningsspår med elevator föres fram över och avstjälpes i båsen, men medför detta betydligt ökad kostnad i likhet med vad fallet blir, om brikett- och sligvagnar ej kunna direkt ingå i »magasinet», utan slig och briketter måste avlastas utanför och sedan kärras in i detta. För att giva ett begrepp om kostnadsskillnaderna anföras här från ett och samma verk avlastningsackorden vid dessa olika anordningar:

	kronor
Arbetslön för 10 ton grov malm från järnvägsvagn direkt ned i malmbås	0,93
» » 10 » slig eller mull ofrusen	1,00
» » 10 » » » » kälad	1,20
» » 10 » ofrusen slig och briketter med inkärrning	1,70
» » 10 » grov malm med elevator	2,40

Sistnämnda arbetslön betalas även vid prämurlastning av lim med elevator.

Som elevatorsanordningar, kranar och spel etc. tillhöra ämnet bergsmekanik detaljbeskrivas de ej här.

Slagningen. Vid de gruvfält, där krafttillgången ej lägger hinder i vägen, borde malmerna alltid slås eller krossas i för rostningen av dem passande stycken så att ordentlig sovring av dem kunde ske, innan de avsändes, ty därigenom inbespares fraktkostnaden för en del ofyndigt berg som ofta medföljer större stycken, varjämte fattigare malm kan avskiljas och vid gruvfältet anrikas. Tendensen går ock allt mera i denna riktning och är det väl att hoppas att snart nog malmslagningen nere vid bruken skall bli onödig för annan malm än den, som skall rostas för andra gången. Vid de flesta av våra bruk lönar det sig ej att uppsätta krossverk för den råa malmen, emedan malmåtgången är för liten, men vid de flesta gruvfälten skulle det nog bära sig och svenska järnhanteringen skulle otvivelaktigt vinna betydligt därpå. Såsom skäl emot malmernas krossning redan vid gruvan kan ej anföras, att olika bruk önska olika grovt slagna malmer, ty så är ej förhållandet, utan råder häri mycket stor enighet, men väl önska hyttingenjörerna en del gruvors malm något avvikande grovslagna, men det går ju lika lätt att få dem på ena som på andra stället, blott gruvingenjörerna vilja rätta sig efter hyttingenjörernas önskningar vid varje särskild malmsort. Kunde man få malmerna färdigslagna till hyttorna, skulle man där kunna ordna mycket bekvämare och mera arbetsbesparande mellan malmbås och rostugn m. m. än nu är fallet, och man skulle kunna få sina beskickningar billigare vad råmalmspriset angår, ty det är billigare kassera ett för järnfattigt malmstycke vid gruvan, än sedan man kostat på det en dyrbar frakt ned till bruket.

Vid slagningen användes s. k. malmsläggor med skaft av ungefär 0,75 m längd och med en slagvikt varierande från 2 till 8 kg. Som en tyngre slägga naturligtvis ger hårdare slag än en lättare, försöktes vid ett av våra största hytteverk där man var van vid 3:kgs släggor 4:kgs men kasserades av arbetarna, som sade, att det kostade mindre kraft att någon enstaka gång slå 4 à 5 slag med en 3:kgs slägga än jämt och samt 1 à 2 slag med en 4:kgs. Vid ett annat verk åter i östra Sverige vilja arbetarna ej använda lättare släggor

än 6:kgs, och använda ibland vid svårslagna »malmskutor» t. o. m. knoster om 10 kg vikt.

Skola malmerna rostas endast en gång, slås de i knytnävsstora bitar, d. v. s. med en genomskärning av 6 à 8 cm, men behöva de dubbelrostas, tagas de vanligen »dubbelt större» eller i stycken av 12 à 13 cm genomskärning. Slaget placeras, allt efter som malmens textur är till, vid tät, ej skölig hårdslagen malm vanligen på styckets största plana sida, vid släppig malm oftast något snett i släppan och vid skölig på fast yta snett mot sköligheten. Malmerna kunna vara synnerligen olika lättslagna, så äro av de kvartsiga blodstenarna de i regel lättkrossade, som hava kvartsen liggande i särskilda lager (de randiga), medan de med kvartsen fint fördelad äro svårslagna. Mycket rika svartmalmer som Bispberg n:o 1 och Tuolluvare äro lättslagna, likaså en del kalkmalmer med kalken liggande i något så när samlade partier medan glimmer- och grönskarnsmalmerna oftast äro svårslagna och isynnerhet sådana med bergarten väl iblandad.

Stora svårslagna malmstycken göras först »möra» på så sätt, att de rullas undan ett stycke från båset, varefter man lägger bränder och dylikt kring dem och gör eld, då de spricka och sedan lättare kunna slås sönder. Vanligen hinner en man slå 16 à 20 ton malm per dag och sällan förekommer vid detta arbete nattskift.

I masugnsdistrikt utomlands, där man har mycket täppande beskickningar såsom i Oberschlesien, uppsätter man den svenska malmen okrossad d. v. s. i så stora stycken, som den erhålles från våra gruvfält.

Anrikning av järnmalmerna sker vare sig med hjälp av elektromagnetiska maskiner, sådana kombinerade med våtanrikning eller endast medelst våtanrikning beroende på, om malmen består av ren svartmalm, svartmalm och blodsten, eller ren blodsten. Som anrikningsverken alltid placeras vid eller i närheten av gruvfälten och skötas av deras ingenjörer, räknas anrikningen tillhöra ämnet gruvvetenskap och behandlas i Sverige utförligt av lärarna i detta ämne, varför de läsare av denna bok, som ej äro bergselever, hänvisas till prof. W. Peterssons föredrag vid Jernkontorsmötet 1910: »Den svenska järnmalmsanrikningens nuvarande ståndpunkt», infört i J. K. A. samma år och göres ur detta föredrag följande kortfattade utdrag:

Gången av anrikningen är vid första gruppens verk ungefär den följande. Först grovkrossas malmen i Gates bägarkross eller Blakes tuggare eller om godset före krossningen är mindre grovt, i valskrossar eller i Sturtevants rulltuggare. Det då till 25 à 50 mm krossade godset sovras härpå i s. k. malmskiljare av vare sig Wennströms förbättrade typ, Gröndals, Erikssons eller Landen & Josephsons typer, då ofyndigt gråberg frånskiljes. Det magnetiska godset grovmales så

i rör- eller kulkvarnar av Gröndals eller andras typer ned till 2—0,5 mm samt försepareras härpå antingen så, att i en första separator uttages ett möjligast magnethaltigt gods, utgörande en blandning av malmkorn och halvkorn, varpå i en andra separator med mindre stark magnetism de mindre magnetiska halvkornen avskiljas eller ock uttagas på den första separatorn endast de magnetitrikaste kornen varefter ur avfallet med en starkare magnetisk separator halvkornen uttagas. Sedan följer finmalning i rörkvarn och ny magnetisk separering, då man får slig och nytt avfall, och efter omseparering av den förra erhålles åter avfall samt slutprodukten finslig. Magnetiska separatorer finnas av flera slag såsom Gröndals, Frödings, Erikssons, Forsgrens, Landen & Josephsons, Ekman & Markmans och Lundberg & Holmbergs. Som sligen från den magnetiska anrikningen alltid kommer mycket vattenblandad, måste detta vatten till större delen avskiljas, innan sligen kan bortfraktas till järnverken eller briketteras, vare sig briketteringen skall ske vid dessa eller redan vid gruvan. Detta vattenavskiljande sker i så kallade skakskopor, i vilka slammet får nedrinna. Här packar sig sligen så hårt på skopans botten, att man, då vattnet avhällts, måste spetta lös den, och håller den då just lagom fuktighetshalt för briketteringen eller 6 á 7 % H_2O.

Gången av anrikningen vid tredje gruppens verk (blodstensanrikningen) är, att malmen först genom galler sorteras i gods grövre och finare än 60 mm. Det förra nedtuggas i Blakes tuggare eller krossas i Gates bägarkross till 50 mm, varpå alltsammans går till en Ferraris sikt, där det sorteras i fyra grovlekar, varav den sort, som består av bitar grövre än 12 mm, får passera i ordning: 1:o) en trängre ställd Gates kross, 2:o) grovvalskross, 3:o) finvalskross, vilken sistnämnda också tar hand om siktgodsklassen 7—12 mm, omsiktas och omvalsas tills de kommit ned till samma grovlek som siktklassen 7—5 mm, då de tillsammans med denna gå till först sättmaskiner, då man får grovslig, avfall och mellansort, vilken sistnämnda omkrossas och får passera upprepade siktar, sättmaskiner och finmalningsapparater, tills allt erhållits skilt i de tre sorterna: grovslig, finslig och avfall. Vattenmassorna, som hela tiden användas, bortföra dels avfallet, dels medfölja de sligen, som även här befrias från det mesta vattnet i skakhoar.

Vid den andra gruppens verk användes dessa två anrikningssätt i kombination.

Malmernas magnetiska anrikning medför utom höjning i järnhalten även avsevärd sänkning i svavel- och fosforhalt, våtanrikning åter höjer malmens järnhalt och sänker dess fosforhalt men sänker ej dess svavelhalt. Härom se exempel under: sligrostning.

De i Sveriges officiella statistik senast meddelade järnmalmssiffrorna äro:

För	1909	1910
Antal under brytning varande gruvor	267	
Brytning i ton, berg + malm	6008434	
Därav direkt användbar uttagen eller sovrad malm, ton	3519949	
Annan malm, ton	139114	
Erhållen för anrikning lämplig produkt, ton . . .	477351	
Erhållen anrikad malm, slig, ton	225983	
Därav briketterades, ton	142380	

2. Bränning och rostning.

Vi skilja inom metallurgien mellan bränning och rostning.

Med *bränning* (kalcinering) mena vi en upphettning av malmer och beskickningsmedel, så att vatten och kolsyra utdrivas eller så att materialen bliva mera lättkrossade. Så bränna vi hydratmalmerna (t. ex. bruna hematiter, sjö- och myrmalmer) så att såväl fuktigheten som hydratvattnet utdrives, bränna spatmalmer och kalksten för att utdriva fuktighet och kolsyra och bränna kvarts och kvartsit för att få dem mera lättkrossade.

Med *rostningen* som ävenledes i de flesta fall är förenad med en uppluckring av malmerna avse vi en mera vittgående ändring i den kemiska sammansättningen, nämligen en uppoxidering av järn-, svavel- och arsenikföreningarna.

a. Malmbränning.

Troligen funno redan den äldsta järnålderns smeder här i Sverige, att det ej blott var förmånligt torka utan även bränna malmen före nedösandet av densamma i smältgroparna och den svarta jorden kring smältgroparna i Öster Färnebo tyckas antyda just detta. Såsom vi i kap. Järnets historia sågo, anordnade Nordtysklands och Nordbelgiens hedniska järntillverkare rent av en rostugn bredvid smältugnen för bortbrännandet av de bruna hematiternas och raseneisenmalmernas fuktighet och hydratvatten, men våra gamla använde nog öppna rosthögar, eftersom sådana anordnades av sjömalmssmältarna i Dalarne ännu i början av 1700-talet. Genom sammanställande av beskrivningar av Urban Hierne 1687, Emanuel Swedenborg 1719 och Lars Schultze 1732 kunna vi gissa att sjö- och myrmalmerna behandlades före smältningen på följande sätt. Malmerna »uppöstes» först och lades därpå i hög för att mesta vattnet skulle rinna ur. Sedan kördes de fram till smältplatsen, där man först på själva marken lade upp korsvis 2 à 3 lager furustockar huggna i 3,2 meters längder.

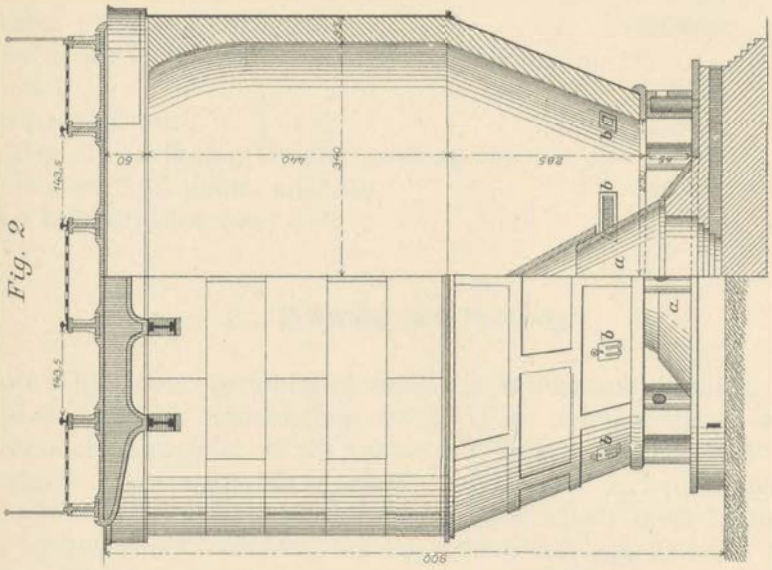


Fig. 2

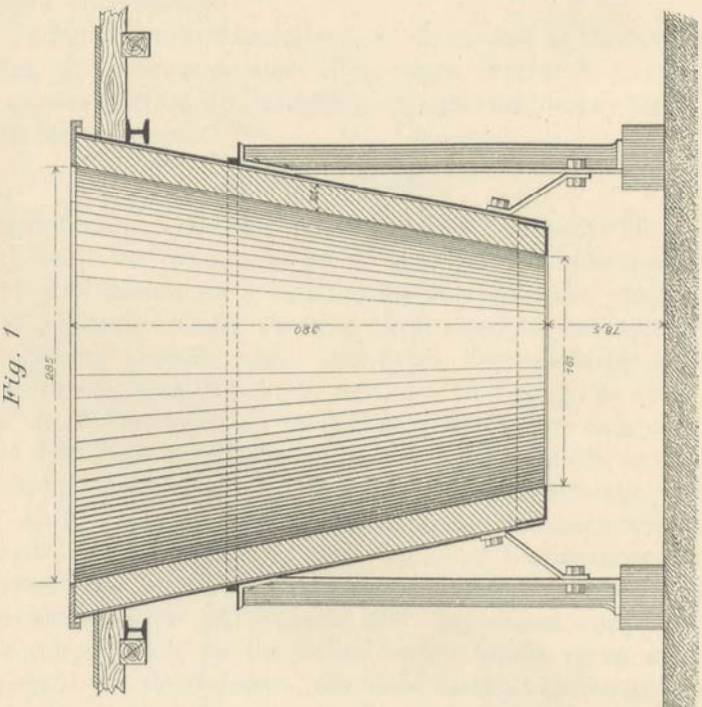


Fig. 1

Graveur Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET STOCKHOLM.

De understa stockarna lades något glesare än de övre. Vanligen lagade man härpå så, att det var frisk eld mellan de understa stockarna, innan malmen, »yrket» pålades. Detta påöstes i först ett lager om 0,15—0,20 m tjocklek, sedan detta blivit väl genomglödgat och dels självt nedramlat mellan kolen ned till marken, dels nedskakats, pålades ett nytt lager ved och nytt malmlager och så fortsattes tills man ansåg sig fått nog med färdigbränd malm, då högen fick svalna, varefter den täcktes med bräder för att ej vid inträffande regn blötas upp igen.

L. G. Sundell skriver i en uppsats: Blåsningsresultat vid sjömalmsmasugnar i Finland, att »den sommartiden upphåvade malmen dels upplägges på stränderna för att lufttorka, dels direkt föres till hyttans malmlider, där lufttorkningen fullbordas, varefter den endast underkastas en skarpare torkning, sällan bränning, i med ved eldade torkugnar, innan den uppsättes å masugnen. Den företagna torkningen torde likväl i inga händelser vara så effektiv att malmens hydratvatten till större delen avlägsnas».

Utomlands, där man vill bränna sina hydratmalmer vattenfria eller kalcinera sina spater, använder man vanligen låga vida schaktugnar, vilkas schakt bestå av en enkel nedåt något hopdragen plåtmantel infodrad med eldfast tegel. En sådan s. k. rostugn använd i Siegendistriktet för bränning av spatmalmer visas i fig. 1 pl. XIII. En annan något mera förbättrad typ synes i fig. 2 pl. XIII och är denna senare försedd med en ur botten uppgående dragkon *a*, varigenom ett luftdrag erhålles även i beskickningens mitt, varjämte konen gör att även kärnmalmen kan ur ugnen utrakas. Genom med luckor försedda lufttillsläppningsöppningar *b* kan det yttre draget något ökas eller modifieras. Denna ugnstyp användes i England och Amerika för bränning av såväl spater, blackbands och lermalmer som även dolomit.

I båda uppsättas malmerna och bränslet stenkolsstybb och d:o sork lagervis. Den förras avverkningsförmåga är c:a 20 ton spatmalm per dygn, den senares 100 ton, och bränsleåtgången är vid båda c:a 40 kg. stenkol per ton råmalm, undantagandes dock vid bränning av blackbands, som ofta hålla så mycket kol i sig själva, att inget bränsle alls behöves annat än vid igångsättningen.

b. Malmrostning.

a. Historik.

Antagligt är att våra förfäder, då de först började använda bergmalmer vid järnframställningen, läto dem undergå samma förbehandling, som de i århundraden gjort med myrmalmerna d. v. s. brände dem, men om de ock så ej gjorde, så kommo de väl snart därhän att försöka genom deras bränning få bättre järn, ty malmerna i våra äldsta gruvdistrikt Vånga och Lerbäck äro svavelhaltiga och gåvo dem

nog eljes rödbräckt järn, vid vilket de ej varit synnerligen vana, då sjö- och myrmalmerna i regel voro svavelfria. Som de sett, att det — fast av annan anledning — var förmånligt bränna de senare, tillgrepo de väl samma medel för de förra och så uppkom rostningsprocessen. Att denna att börja med utfördes alldeles på samma sätt som bränningen, d. v. s. på öppna roster, är så mycket säkrare, som ännu så sent som på 1780-talet Sven Rinman i Bergverkslexicon omtalar, att fattigare bergsmän fortfarande rostade sin järnmalm på vedlager lagda på marken och med malmen sönderslagen i knytnävsstora stycken, ehuru de lade stora malmstycken omkring för att hålla inne värmen utan att förlora draget. Brukspatroner och större bergsbruksidkare åter byggde antingen rostgropar eller rostmurar. Groparna bestodo av ingrävningar i en backsluttning »8, 10, à 12 alnar i fyrkant och minst 3 alnar djupa», infodrade med gråstensblock och med öppen framsida. Rostmurarna hade samma dimensioner, men byggdes ovan jord, helst av sprängd gråsten och med draghål, s. k. »dragpipor» runtom nedtill. I dessa ugnar nedlades underst några grova stockar tämligen långt isär och på dessa ett eller flera tätare vedlager allt efter den rostningsvärme, som malmsorten erfordrade. Den mest grovslagna och »hårdbrändaste» malmen lades underst, därpå finare eller lättbrändare och överst gruvsylta samt slutligen över alltsamman ett lager träkolstybb, vars tjocklek reglerades allt efter värmens gång. Vanligast åtgick ett lass ved för ett lass malm. Man dubbelrostade de svavelhaltigare malmerna och visste för resten gott reda på, vad effekt rostandet medförde. Rinman beskriver densammas ändamål vara »icke allenast att utdriva den svavelartade syra, som i en del malmer kan vara innesluten, utan ock att uti medelmåttig glödgningshetta borttaga den råhet eller s. k. stensyra, som gör, att alla sten- och malmarter, då de utan föregående långsam upphettning hastigt komma i smälthetta, förorsaka en jäsning, varvid den metalliska halten angripes och bliver snarare förslaggad än reducerad. I anseende härtill är högst nödigt att alla bergmalmer, som medföra inblandade stenarter, måste undergå en sådan rostning, fastän de ej innehålla minsta svavelsyra och fast de av naturen äro aldrig så mörbokade.» Man hade således reda på 3 av rostningens huvudändamål, nämligen svavelrenandet, uppoxideringen av de svarta bergarterna i rödvärme, och ökandet av lättkrossbarheten! Längre fram i beskrivningen säger Rinman vidare: Lättsmälta kvickstenar fordra en långsam glödgning och böra isynnerhet aktas för slaggbränning. Torrstensmalmer behöva minsta hettan för att giva god gång. Allt stämmande samman med nuvarande tiders erfarenhet.

Ifrån att använda stybben endast som täckningsmedel övergick man i början av 1800-talet till att lägga den lagervis med bland malmen, isynnerhet vid mera hårdrostade malmsorter och räknade man

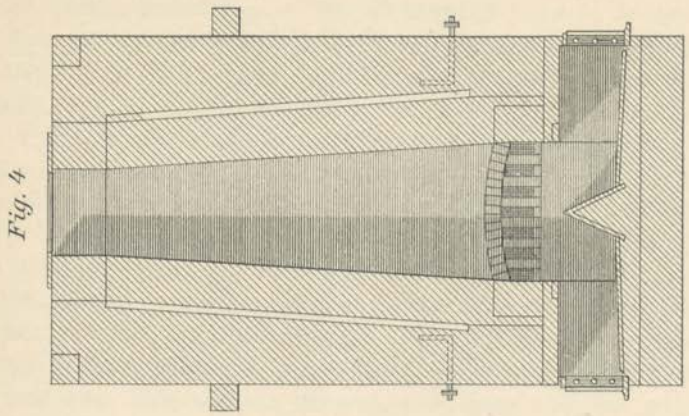


Fig. 4

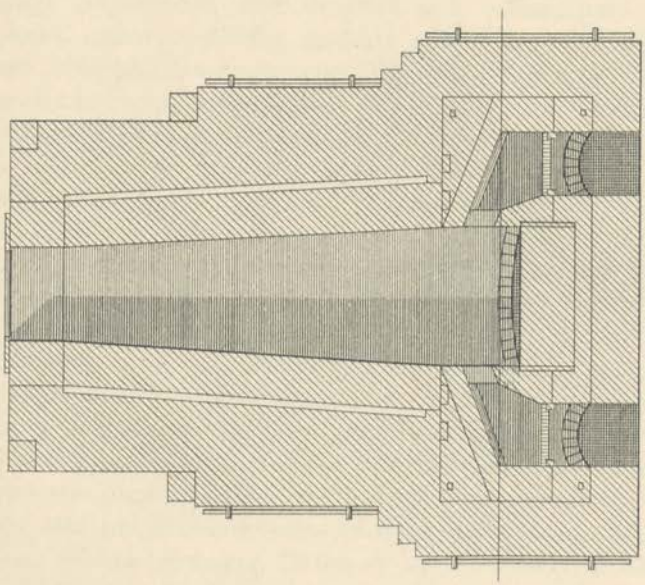


Fig. 3

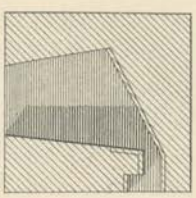


Fig. 1

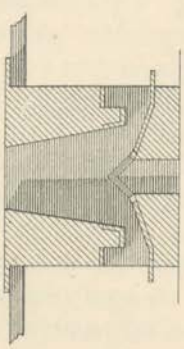


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

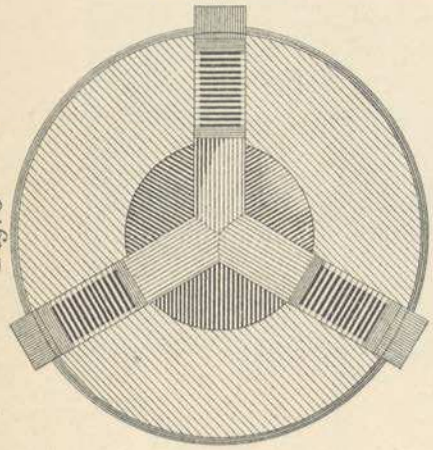


Fig. 3

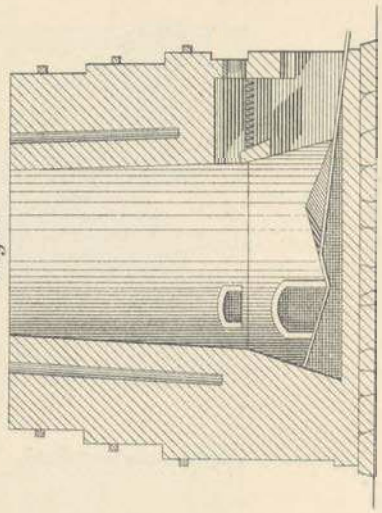


Fig. 4

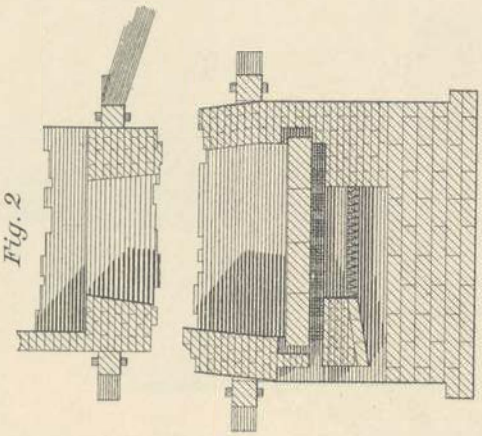


Fig. 2

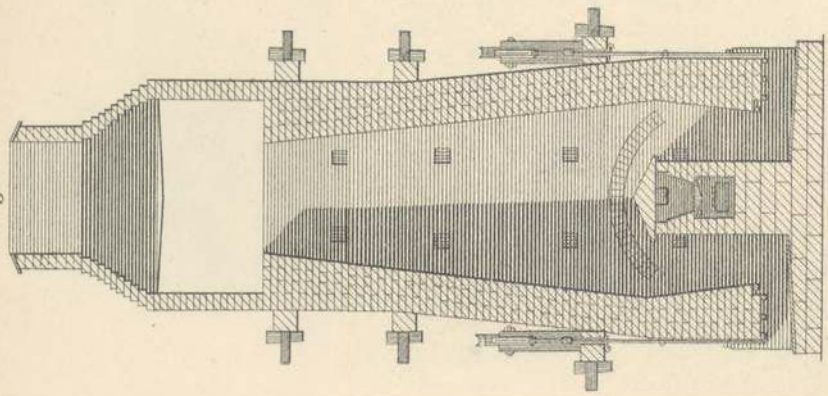


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

med en bränsleåtgång av 5 hl. ved, 1,5 hl. träkol och 4,5 hl. stybb per ton malm.

Malmens rostning i verkliga ugnar började här i landet i slutet av 1820-talet sedan Falu Bergskolas föreståndare, N. G. Sefström, 1825 efter noggranna studier av rostningsprocesserna i högar och gropar påvisat, att villkoret för ernående av mera tillfredsställande resultat vore att rostningen komme att ske i schaktugnar med särskild eldning och ej som förut på somliga ställen försökts i dylika ugnar med malm och bränsle uppsatta skiftesvis. Det sistnämnda rostningssättet hade redan länge varit tillämpat isynnerhet i England, innan det börjat försökas här i landet, vilket troligen skedde första gången något av de första åren av 1800-talet, då W. Rappe uppförde en sådan ugn vid Braås bruk i Småland. Enligt beskrivning var denna rostugn c:a 3,5 m. hög, av konisk form och försedd med ett rostgaller i botten och troligen ganska lik de Schedinska stybbrostugnarna, som år 1828 började införas, och som snart kommo i allmänt bruk här i landet, trots att Sefström, Starbäck och af Uhr samtidigt konstruerat rostugnar med särskilda eldstäder för vedeldning, i vilka malmerna naturligtvis vida jämnare och bättre kunde rostas än i de Schedinska. Varför bruksägarna hellre byggde de senare, får väl tillskrivas, dels att man var van att rosta malmen i blandning med bränslet, dels att stybbet, om det ej användes till rostningen, måste utköras å bruksbacken och förlorade allt värde, då det åter i rostugnen kunde, såsom Schedin visat, ersätta den dyra veden.

Av de Schedinska rostugnarna visas tvenne typer å pl. XIV, fig. 1 och 2, och å samma pl. i fig. 3 och 4 visas den Starbäckska vedrostugnen, å pl. XV, fig. 1 och 2, den Sefströmska, samt i fig. 3 och 4 den af Uhrska vedrostugnen och framgår dessa ugnars konstruktion tydligt av teckningarna.

Först då masugnsgasen började användas till rostugnarnas uppvärmande försvunno stybbrostugnarna så småningom.

N. Starbäck, som läst doktor Bunsens och hyttinspektor Pforts i Tyskland utredning om masugnsgasens värmevärde och deras förslag att använda densamma till:

1:o gjutjärnsmältning och råstålberedning,

2:o ångbildning för blåsmaskinkraft och

3:o producerande av värme för koks- och träkolsberedning,

insåg, att för oss här i Sverige, där vi redan på sina ställen använde den till blästeruppvärmning, skulle det vara synnerligen förmånligt att använda den för malmernas rostande. Han föreslog därför den 12 februari 1840, sedan han fått bruksägarnas vid Långshyttan tillstånd att vid deras bruk få på Jernkontorets bekostnad experimentera med gasrostning, herrar fullmäktige att anslå erforderliga medel — 788 riksdaler banko — till byggandet av en gasrostugn. Medlen erhöllos och den första gasrostugnen, pl. XVI, fig. 1 och 2, blev byggd samt kostade

blott 675 riksdaler, 39 skillingar och 6 runstycken banko. Som försöket lyckades så bra, att Långshytte bruksägare av Jernkontoret tillöste sig ugnen, fick Starbäck på hösten 1841 bygga åter på dettas bekostnad en ny bättre gasrostugn vid Siljansfors, som gick så utmärkt att han nu samma år fick bygga även åt Tanså bruk utan Jernkontorets hjälp. Sedan byggdes Starbäcks gasrostugn under de närmaste åren även vid Åg, Ulriksberg, Svartnäs, Nisshyttan och Hammarbacken m. fl. bruk. Då 1844 gasrostugnen vid Åg nedbrann, byggdes en ny efter konstruktion av A. W. Hoffstedt, med gaseldning både i schaktets mitt och vid murarna, men densamma gick dåligt, och samma blev förhållandet med en liknande vid Djupkärra. 1846 föreslog J. Åkerman en gasrostugnskonstruktion, som grundad på bättre beräkningar och reflektioner än den Starbäckska av J. G. Classon ytterligare förbättrades och först utfördes 1847 vid Ickholmens bruk. Denna sistnämnda konstruktion förbättrades ytterligare och utfördes följande år vid Tenninge bruk, samt gick då så utmärkt, att denna ugnstyp sedan blev allmänt antagen och användes vid några bruk ännu i dag under namn av Tenningerostugnen.

Den vid Tenninge byggda rostugnen, vars utseende framgår av pl. XVII, fig. 1 och 2, stod i förbindelse med gasledningsröret från masugnen genom röret *C*, vilket inmynnade i en ringtrumma *d*, varifrån gasen genom stigrören *f* uppkom i gasgluggarna *g*. *h* äro små hällar av tackjärn, varmed gastilloppet kan regleras. Det utmärkande för denna ugn är dessutom, dels att den ovanför gasgluggarna försetts med spettgluggar *k k* i flera höjder, dels att uttagsgluggarna för den färdigrostade malmen befinna sig långt ned under gasgluggarna, så att den genom de förra ingående och genom schaktet uppgående förbränningsluften tillvärmes av den färdigrostade malmen, innan den blandas med och antänder gasen, varigenom gasåtgången minskas och rostningseffekten höjes. För alla malmer, som ej vid stark värme sintrade och bildade rusor, eller för malmer, som ej behövde rostas med mycket hög slutvärme, var denna rostugn utmärkt och äger till och med då företräde framför den Westmanska ugnen, varförutom den är mindre kostsam att uppföra. Tenningeugnen likasom alla de gamla vedrostugnarna hade emellertid den olägenheten, att elden drog sig till murarna och gick upp utefter dem, emedan motståndet där var minst och malmen där låg luckrare, och följden var, att i schaktets mitt alltid stod en orörlig orostad malmkägla, varifrån dock allt ibland en orostad malmbit släppte och medföljde den rostade malmen ut. Samma olägenhet medföljer också — om ock i mindre grad — den Westmanska rostugnen, och det var för att avhjälpa detta, som H. Steffanson 1850 byggde några rostugnar av oval form men i övrigt nära överensstämmande med den Classonska typen. Meningen var att få högre och mera likformig temperatur genom hela malmmassan, men ugnarna

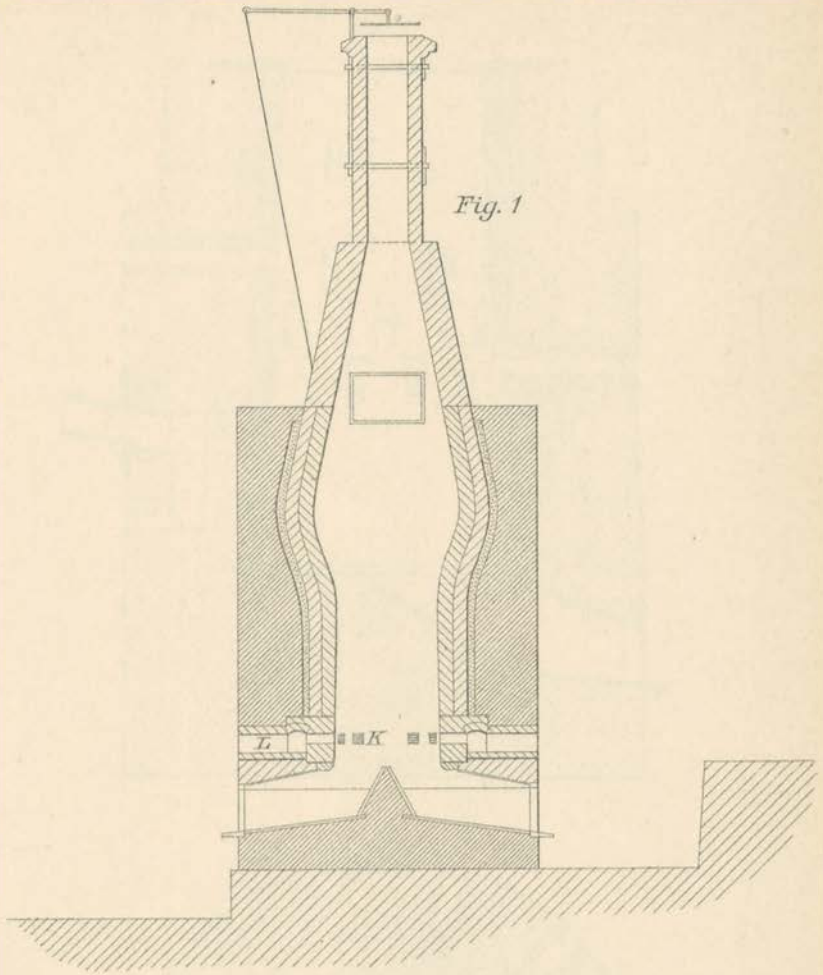


Fig. 1

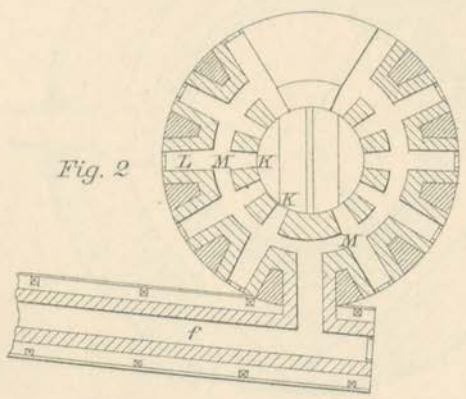


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

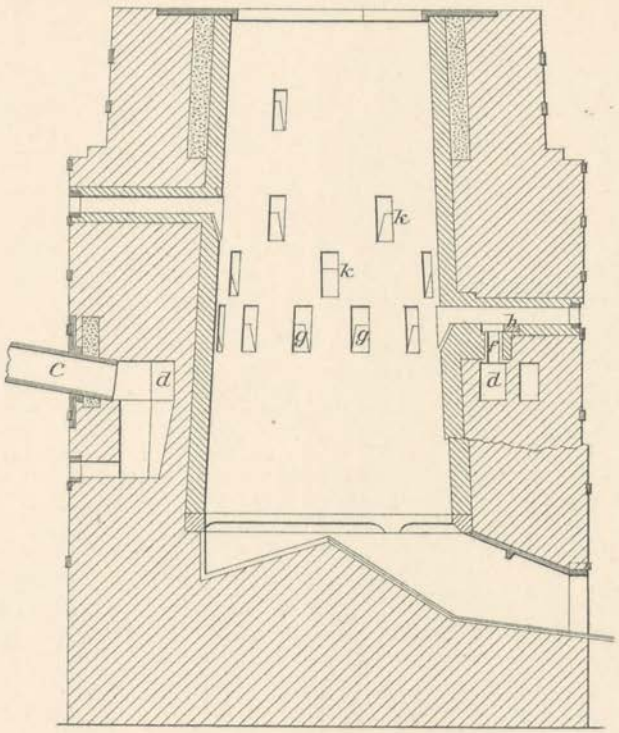
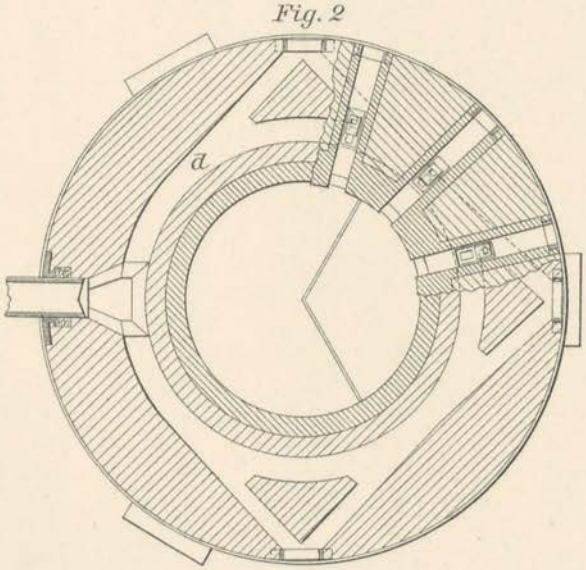
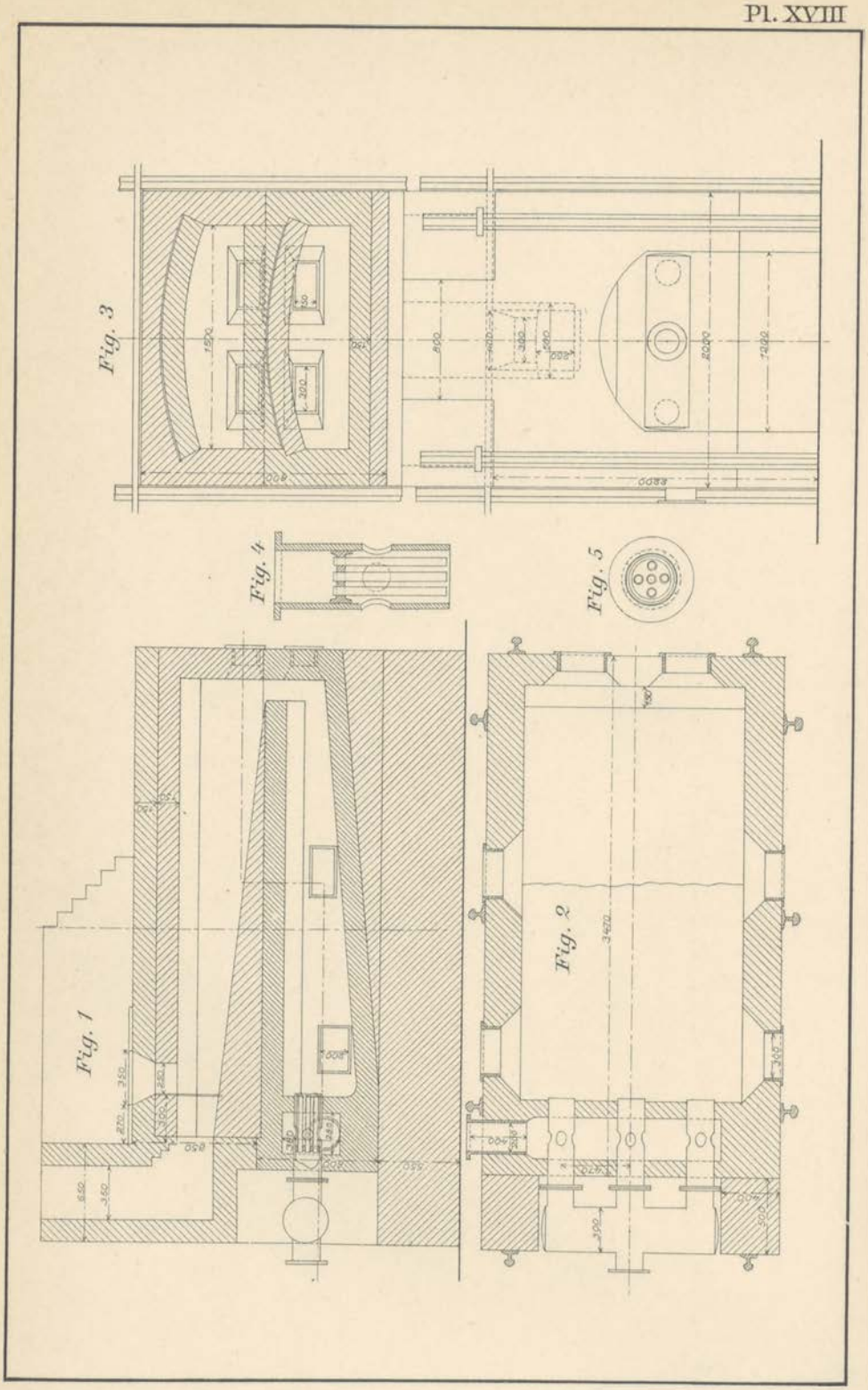


Fig. 2



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

visade sig mycket svårskötta, emedan malmen hårt fästade vid väggarna och blev hängande.

Hade man att göra med starkt svavelhaltiga blandstenar, vilka för att bliva något så när befriade från svavel erfordra en hetta så hög, att de komma i degigt tillstånd, så var Tenningeugnen mycket olämplig, ty till följd av det stora avståndet mellan gasgluggarna ned till uttagsgluggarna stelnade den degiga malmen och fäste i stora rusor fast vid murarna just där och sutto där nära nog oåtkomliga för lösspettning. I Dannemora bergslag var man därför föga nöjd med dem och detta gav detta distrikts Jernkontorsstipendiat E. Westman anledning reflektera över, huru en rostugn för kisig kalkmalm borde vara konstruerad. 1850 fick han närvara vid ny- och ombyggandet av försöksrostugnar vid Hyttön och vid Söderfors och under sedan följande 11 år dels deltog han i ombyggnadsarbeten av rostugnar i denna bergslag, dels fick han själv rita och bygga nya rostugnar och kom på det viset småningom till den nuvarande Westmanska rostugnstypen, vilken han vad själva ugnen angår i nära nog fulländat skick ehuru med blästerinledning i bördjärnen slutligen byggde vid Söderfors 1861 och vid Löfsjön 1862. 1867 byggde han vid Karlsdal för första gången sin rostugn med 4 rökrör och plåtskorsten, vilket sedan under många år var det vanligaste.

År 1892 byggde prof. J. Wiborgh vid Seglingsberg en flamrostugn för pulverformig malm och gruvsylta, vilken ugns konstruktion framgår av pl. XVIII a. Den byggdes sedan också vid Baggå bruk, där den ännu, då detta skrives, är i gång. Ugnen är försedd med ett övre något lutande rostplan varå malmen genom ett hål i valvet nedmatas. Därifrån makas den ned till det nedre planet och utför även detta samt uttages vid dettas slut genom sidogluggar. Gas och förbränningsluft inkomma genom 3:ne Gjerska brännare, och de glödande gaserna gå motsatt väg upp över planen till skorstenen. Ugnen lämnar väl rostad malm med ej synnerligt stor gasåtgång, men dels har den obetydlig avverkningsförmåga, dels ställa sig arbetslönerna väl höga i förhållande till ton rostad malm, så vi skulle varit föga betjänta med den, då vi snart efter dess konstruerande tvungos in på malmanrikning och rostning av massor av malmslig.

Vid Jernkontorsmötet 1893 föreslog disp. E. J. Ljungberg för rostning av pulverformiga malmer anskaffandet av amerikanska rostugnar av rullugnstyp, men försök därmed gjordes (se nedan) först längre fram, och däremellan kom oss till hjälp en utmärkt konstruktion, nämligen den av dr G. Gröndal.

Brikettering av järnmalm.

»I Pitkäranta, Finland, byggdes 1898 den första brikettugnen efter Gröndals system.

»Pitkäranta var egentligen ett kopparverk och de jämförelsevis stora tillgångar på järnmalm, som där finnas, blevo först omkring 1890 föremål för bearbetning. Då järnmalmen i allmänhet var rikligt insprängd med svavelmetaller såsom kopparkis och zinkblände, hoppades man att kunna tillvarataga dessa och om möjligt samtidigt utvinna duglig järnmalm. Genom handskrädning var detta tämligen resultatlöst; visserligen kunde någon duglig kopparmalm erhållas, varemot den utskrädda järnmalmen var mindervärdig såväl i hänseende till järnhalt som föroreningar.

»Det var således tydligt att en verklig anrikning måste företagas, såvida man ville erhålla produkter, som hade något värde.

»Det låg ju nära till hands att tänka på att anrika malmen på magnetisk väg, men på den tiden kände man icke till någon annan magnetisk anrikning än på torra vägen, och de försök, som gjordes med då kända apparater, visade ett fullkomligt negativt resultat. Frågan hade emellertid blivit väckt och intresset var stort att föra saken framåt till ett gott resultat. Åtskilliga försök gjordes att såväl pulverisera som magnetiskt anrika malmen på våta vägen och så småningom blevo de härför avsedda apparaterna så fullkomnade att ett rätt tillfredsställande resultat ernåddes. De för pulveriseringen konstruerade Gröndalska kulkvarnarna, de första sådana som arbetade på våta vägen, och de av Gröndal konstruerade magnetiska våtseparatorerna befunnos vara såväl driftsäkra som ändamålsenliga. Med en råmalm innehållande cirka 30 % Fe och 3 à 5 % S erhölls ett koncentrat hållande cirka 60—61 % Fe och 0,6 % S. Vid separeringen avskildes kopparkisen såsom varande grövre insprängd nästan fullständigt, varemot det finare insprängda blåndet var svårare att avlägsna.

»Det erhållna järnkoncentratet ansågs vara dugligt att i blandning med purple-ore nedsmältas i den koksmasugn, som av Pitkäranta byggdes i Ustslavianka i närheten av Petersburg och det visade sig också att det producerade tackjärnet var fullt användbart.

»Då emellertid frågan om koncentratets försmältning i en vid Pitkäranta under anläggning varande träkolsmasugn väcktes, ansågs det ej möjligt att utan vidare använda detsamma. Dels visade erfarenhet från annat håll att så fint pulveriserat material icke enbart kunde uppsättas i masugn, dels var svavelhalten för hög.

»Åtskilliga försök gjordes att samtidigt med en sintring av koncentratet förjaga den höga svavelhalten. Dessa försök utfördes i en ugn snarlik den som av ingenjör Petterson vid Dahlsbruk många år senare för samma ändamål användes och som nu funnit några efterföljare i Sverige. Det lyckades visserligen att erhålla rätt väl hopsintrade rusor, men produkten var mycket ojämn och svavelhalten i dessa rusor i det stora hela mycket för hög. Då för övrigt såväl kostnaden som produktionen lämnade mycket övrigt att önska, ansågs det vara omöjligt

att på denna väg komma till ett gynnsamt resultat. Emellertid hade vid dessa försök framgått att om koncentratet hoppressades till stycken innan det insattes i ugnen bättre resultat erhölls.

»Sådana hoppressade koncentratbriketter voro emellertid före bränningen mycket sköra och kunde blott med yttersta försiktighet hanteras. Genom försök konstaterades att briketter av storlek 135 mm × 135 mm × 65 mm kunde staplas på varandra i 3 varv således till en höjd av cirka 405 mm; vid försök att stapla flera varv på varandra sammantrycktes de undre varven.

»Meningen med dessa försök var att utröna huruvida det skulle vara möjligt att företaga bränning i en tegelugn av vanlig ringugns konstruktion.

»Då sådant av anförda skäl icke var möjligt, konstruerades en kanalugn för ändamålet och det visade sig att ett tillfredsställande resultat härvid kunde erhållas. Med ett koncentrat hållande c:a 61 % Fe och 0,6 % S erhölls rätt hållfasta briketter, varvid svavelhalten i de olika varven reducerades till

1:sta varvet	0,009 %
2:dra varvet	0,025 %
3:dje varvet (underst)	0,04 %

såvida tillräckligt lång bränningstid och tillräckligt hög temperatur användes. Eldningen skedde såväl med masugnsgas som med gas genererad av ved. Då masugnsgas användes kunde icke så hög temperatur ernås och kvarblev då betydligt mer svavel i briketterna, som dessutom blevo betydligt lösare och visade en ringare oxidationsgrad.

»Man kan väl säga att detta var den första lyckade brikettugnsanläggning och det visade sig ock att svenska metallurger med intresse togo del av resultaten. En del svenska bergsmän besökte Pitkäranta och det dröjde ej alltför länge, innan den första brikettugnen i Sverige av brukspatron L. Larsson byggdes vid Bredsjö bruk, som härför erhöll understöd av Jernkontoret.

»Ugnen vid Bredsjö eldades till en början med masugnsgas, men då man därvid icke kunde erhålla tillräckligt hög temperatur, övergick man till generatorsgas. En egendomlighet som av ingenjör Stridsberg påvisades i Bredsjö var att svavelhalten var högst på briketternas yta. Detta torde kunna tillskrivas den relativt låga temperaturen i denna ugn och sammanhänger troligtvis med en bildning av kontaktsvavelsyran. Vid en temperatur av 1400° i förbränningsrummet har ingen högre svavelhalt i briketternas yta kunnat konstateras.

»I rask följd hava sedan brikettugnar byggts på ett flertal ställen i Sverige. Under tiden har ugnskonstruktionen i många hänseenden förbättrats, så att såväl produktion som kolförbrukning blivit gynnsammare.

»Vid en av de senaste anläggningarna i Sydvaranger, Norge, är produktionen per 24 timmar i en 1,5 m bred ugn c:a 80 ton.

»Brikettugnsanläggningar finnas utförda utom i Sverige och Norge, i England, Spanien och Förenta staterna och anläggningar äro för närvarande under byggnad i andra länder.»

Försök med rullugnar: År 1904 gjorde E. S. Berglund ett försök i en Stora Kopparbergs Bergslag tillhörig roterande kopparkisrostugn att rosta starkt kishaltig slig från Garpenberg och nedbringade i medeltal svavelhalten i godset från 1,10 till 0,45 % med svavlet i produkten till största delen i form av svavelsyra. Försöket var således ej lyckat. År 1905 började F. G. Stridsberg på Jernkontorets bekostnad rostningsförsök vid Harnäs i av honom konstruerade rullugnar. Den första ugnen 7 m lång visade sig för kort, varför en annan av 19,5 m längd och 1 m i diameter byggdes. Om försöken i densamma avgav konstruktören år 1907 en redogörelse vid bergsmannamötet i Örebro (se Blad fr. B. W. i Ö. L. 1907 sid. 19). Ugnen eldades med masugnsgas inledd genom blåsrörsbrännare och försök gjordes med vaskmalmer och slig. Hastigheten var $2^3/_4$ varv i minuten, kraftåtgången 11 hkr och avverkningen 30 à 35 ton pr dygn. Dannemora kismalmers svavelhalt nedgick från t. ex. 0,22 % till 0,033 och 0,014 %, Tallbottengruvans från 0,6 à 0,7 % till 0,005 à 0,024 %, en efter fleras mening ej tillfredsställande avsvavling. Vid samma möte omtalade N. W. Hansell att i Amerika med rullugnar av 15 m längd och 2 m inre diameter kisbränder med 2 % svavel rostades ned till en halt av 0,01 %, och att dessa ugnar eldas med kolpulver. Sedan hava sådana ugnar omtalats: en anläggning från Giessen och en från Teschen (J. K. A. B. 1910 sid. 589), där de, eldade på samma sätt, användas för bränning och rostning samt hopsintring av kisbränder, limonit och spatavfall. Ugnarna vid det förra verket leverera:

vid	30	m	längd	60—	90	ton	malm	per	dygn	med 14 à 15 % kolåtgång
»	35	»	»	120—180	»	»	»	»	»	12 à 14 % »
»	50	»	»	200—250	»	»	»	»	»	10 % »

40 hkr åtgå för drivning av de två mindre ugnarna. Malmen säges bli utmärkt och vinsten på anläggningen god. Tyvärr finnes ej angivet avsvavlingen varken vid kisbränder eller malmer.

1905 offentliggjorde G. O. Petersson i J. K. A. B. en rapport över rostningsresultat ernådda vid en av honom konstruerad sligrostugn, och i vilken rapport visades, att denna ugn var utmärkt även för rostning av vällugns-, puddel- och martinslagger, vilkas silikater i densamma så uppslutas, att de sedan utan olägenhet kunna användas i stora proportioner å masugn. Rapporten väckte ej här i Sverige den uppmärksamhet den av oss förtjänade, och effekten inskränkte sig till att ugnen vid föreläsningarna i Bergshögskolan varmt förordades, tills

två energiska män G. Ekman och V. Jansson togo hand om den och började uppföra dylika ugnar i Sverige. Den första uppfördes vid Långbanshyttan och lämnas längre fram om densamma fullständigare uppgifter.

β. Ändamålen med järnmalmernas rostande.

1:o. Malmstyckenas upplackrande. De flesta kompakta ämnen med obetydligare värmeledningsförmåga erhålla vid tvär upphettning en mängd sprickor i ytan, vilka sprickor vid fortsatt upphettning komma att sträcka sig allt längre inåt i det för upphettningen utsatta stycket, och i hög grad gäller detta för bergarterna — och ej minst för malmerna. Bestå dessa så av något grövre blandningar av olika gråbergsarter och malmpartier bliva sprickorna så mycket flera, i det att de olika mineralens olika utvidgningskoefficienter bidraga till särskiljandet och sprängandet, vilket ofta kan bli så kraftigt, att malmstyckena vid upphettningen »mulla» sönder. Ligger i malmstycket mineralen i skilda lameller eller lager, spricka lagren ofta dessutom isär från varandra, såsom är fallet med de kvartsrandiga blodstenarna och efter upphettningen befinnas styckena, även om de helt bibehållit formen, i alla händelser, om upphettningen ej drivits alltför högt, vida mera lättkrossade, än de voro före densamma. För färdigkrossningen av malmerna ned till nötters och mindre grovlek, såsom vi här i Sverige önska få dem, medför således en upphettning i rostugnen av de i knytnävsstorlek slagna styckena en betydande kraftbesparing i krossverket och en minskad avslitning av detsammas käftar, valsar eller spindeldelar.

Men detta söndersprickande består, om upphettningen sker på rätta sättet, ej blott i, att det bildas ett fåtal stora sprickor, underlättande nedkrossningen, utan i bildandet även av en massa mikroskopiska sprickor och porer ända in i malmernas smådelar, så att även den finkrossade malmens småstycken äro vida mera porösa än småstycken av rå malm, och denna porositet åstadkommer i sin ordning, att sedan i reduktionsugnen reducerande gaser få jämförelsevis lätt att tränga ända in i malmbitarnas kärna, och den vid reduktionsprocessen bildade gasprodukten (kolsyra eller vattenånga) får lätt att diffundera ut lämnande plats för nya reduktionsmolekyler (koloxid eller vätgas). Rätt rostad malm är således i regel ej blott mer lättkrossad utan även mer lättreducerad än rå.

För ernående av största möjliga porositet bör upphettningen vara tvär. Detta kan praktiskt lätt visas: om man tager två lika stora malmstycken av samma slags malm och lägger in det ena i den kalla ändan av en lång frammakningsugn och under flera timmar så småningom makar fram det nära intill vällrummet, men lägger det andra stycket direkt där det förra fick stanna. Man låter båda styckena bli kärnvarma. Det förra håller gott »ihop», det senare spricker genast

sönder i mindre stycken; uttagas dessa och även det långsamt upphettade och får allt sakta avsvalna, så finner man det långsamt upphettade stycket nära nog lika »segslaget» som rå malm, det senares bitar åter kunna ofta rent av pulveriseras genom klämning mellan ett par brädbitar. Härav framgår, att rostugnar ej böra hava alltför höga schakt, och även att det kan vara förmånligt, att — i den rostugn man har — för olika malmer hålla olika höjd å malmpelaren. Regeln är: ju lägre malmpelare, ju tvärare upphettning och porösare produkt, men förstås — även sämre tillgodogörande av värmen, d. v. s. hetare skorstensgaser.

Men bildade sprickor — isynnerhet de finare, mellan och i småkornen — smälta åter igen, om hettan drives för högt, och då mister malmen på nytt i reducerbarhet. Således bör man av denna orsak om möjligt undvika att driva rostningen så långt, att malmen blir degig eller ytsmälter.

2:o. *Renande från svavel, koppar, zink och arsenik.** Som vi redan förut sett, är svavel en av järnets farligaste fiender, och vi önska erhålla våra järnsorter — med få undantag — om möjligt svavelfria. Som vi också redan förut antytt, söka vi här i Sverige åstadkomma detta dels genom att före malmens uppsättande på masugnen genom rostning i möjligaste grad befria den från sitt svavel, dels sedan i masugnen genom svavelrenande slagg. Och som åtminstone större mängder av även de andra ovan uppräknade ämnena likaledes verka försämrande på vårt järns tekniska egenskaper och även de med hjälp av en rätt rostningsbehandling kunna minskas, så har rostningen som järnkvalitetförbättrare sin allra största betydelse.

Svavlet i och för sig kan vara mer eller mindre svårt att rosta bort, dels beroende på i vilken förening det förekommer i malmen, dels på det sätt varpå svavelföreningen eller — föreningarna i densamma finnas inmängda.

Om man ej tager hänsyn till inblandningssättet, så är svavel i förekomst av molybdenglans lättast att rosta bort. I den glödande oxiderande atmosfären bildas nämligen av denna svavelsyrlighet, bortgående som gas och molybdensyra, som kvarstannar i malmen.

Lättast därnäst att nöjaktigt bortrosta är svavlet i magnetkisen. När magnetkisinpregnerade ej kalkhaltiga järnmalmer nedgå genom rostugnen oxideras kisen, lämnande dels som gas bortgående svavelsyrlighet, dels ferrosulfat, vilket senare i den stigande värmen och i den oxiderande atmosfären omvandlas i basiskt ferrisulfat, varpå detta senare i gulvärme avger svavelsyran. Är malmen kalkig, förenar sig den då brända kalken med svavelsyran till gips men kan ock något gips bildas t. o. m. av den först bortgående svavelsyrligheten, då den i kalkens närvaro delvis oxideras. Gipsen åter släpper först vid vit-

* Den bästa utredningen om rostningens verkan och rätta skötande, som någonsin blivit lämnad är av H. Tholander, se J. K. A. 1874 sid. 1.

värme sin svavelsyra, d. v. s. vid en temperatur, då malmerna råka i degigt tillstånd och därför är det mycket svårt att rosta kishaltiga blandstenar nöjaktigt svavelfria.

Håller malmen svavelkis avdestillerar först något högre upp i rostugnen så mycket av dess svavel, att den omvandlas till magnetkis. Det avdestillerande svavlet förbrinner och bortgår som svavelsyrlighet, medan den bildade magnetkisen sedan förhåller sig alldeles som ovan sagts om den naturliga.

Arsenikkisen förhåller sig ungefär som svavelkis. Om nämligen arsenikkisen upphettas i slutet kärl erhålles av FeSAs fri arsenik och enkelt svaveljärn FeS + As. Troligen är förloppet i rostugnen detsamma ungefär, d. v. s. att arseniken frigöres, varefter svaveljärnet sedan förhåller sig som magnetkisen. Arseniken oxideras och bortgår delvis som gasformig arseniksyrlighet, vilket kännes på lukten av skorstensgaserna (vitlökslukt). En del arsenik stannar dock kvar och ingår i masugnen utreducerad i järnet. Man har förklarat detta så, att av den i rostugnen avdestillerade arseniken en del genast skulle oxideras till arseniksyra, som skulle med järnoxid bilda ferriarsenat, vilket ej skulle sönderdelas av rostugnshettan. Som emellertid kemien lär* att arseniksyra reduceras till arseniksyrlighet av svavelsyrlighet, och rostugnsgaserna alltid hålla sådan, är det mera troligt att arseniksyrligheten, själv en syra, delvis genast förenas med den starka basen kalk eller kanske rent av med järnoxidul eller järnoxid och i båda fallen stannar i malmen. Omöjligt torde ej vara, att den arsenik, som går med malmen, delvis ock kan bestå i föreningen $2AsO \cdot O_2 \cdot SO_2$, vilken Cleve visar stundom bildas vid rostning av arsenik- och svavelhaltiga malmer. Antagligast förefaller dock kalkarseniten.

Kopparkis förekommer, som vi veta från mineralogien, i tre former: nämligen vanlig kopparkis, brokig kopparkis och grå kopparmalm, varav den förstnämnda är en tämligen vanlig förorening i våra järnmalmer, medan de två andra äro synnerligen sällsynta inspräng-ningar i dem och sällan göra oss något besvär. När vi rosta sådana malmer, oxideras kuprosulfuretet, bildande av svavlet dels bortgående svavelsyrlighet, dels kopparsulfat, som i mycket hög rostugnshetta kan sönderdelas. Men som vid denna hetta malmerna börja »lacka »d. v. s. ytsmälta, under det att kopparsulfatet i och för sig är lättlösligt i vatten, så behandlar man i stället sådana malmer på det sättet, att man först rostar dem i stora stycken (10 à 15 cm genomskärning) och i starkt oxiderande gasblandning vid rödvärme och därpå breder ut dem i tunna lager under bar himmel, där de få ligga 1 à 2 år utsatta för regn och snö, då det mesta av sulfatet löses och bortrinner, samt därpå slår dem i vanlig grovlek och omrostar dem vid oftast något högre hetta.

På samma sätt förhåller sig zinkbländet och behandlas därför

* Se Cleves oorganiska kemi.

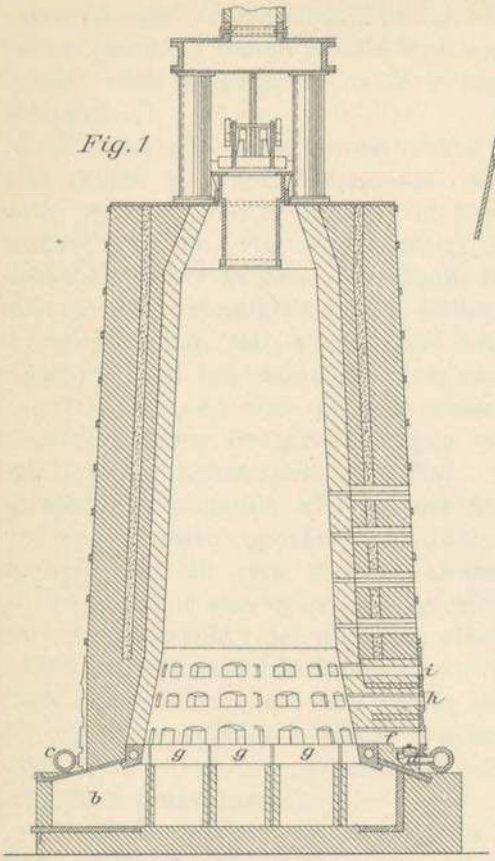
zinkbländehaltiga malmer i rostningen även alldeles liknande. Den zinkoxid som vid rostningen bildas och i malmen kvarstannar orsakar sedan, såsom vi under järnets legeringsämnen sett, olägenheter i masugnen, vilka olägenheter vi få vidare orda om i kapitlet »Masugnsskötseln».

Vismutglans är funnen endast i några få svenska malmer och inga studier över dess förhållande i våra rostugnar äro gjorda. Emellertid märkte man ej, varken vid Finnshyttan eller Korsnäs, när där blåstes med de vismutglanshaltiga Eng- och Romegruvemalmerna någon olägenhet av ökad svavelhalt, trots man efter blåsningarna fick rätt mycket vismutkristaller i ställmassan, så troligt är, att glansen i rostugnshettan lätt släpper sitt svavel och ej övergår till vismutsulfat utan till ren vismutoxid och svavelsyrlighet.

Blyglansen åter är, vad svavlet angår, våra malmers svåraste förorening. Den övergår nämligen vid rostningen dels till blyoxid och svavelsyrlighet, dels till sulfat. Visserligen kan man hindra det sistnämndas bildande likaväl som koppar- och zinksulfatens genom att med malmen uppsätta kolstybb, som hindrar svavelsyrlighetens uppoxidering till syra, men då hindras ock magnetitens omvandling till oxid, något som ej är önskligt efter vad vi nedan skola se. Och som blysulfatet är i det närmaste olösligt i vatten, kan man ej heller urlaka det, så som med koppar- och zinksulfaten. Förekommer blyglans i järnmalmen, får man därför hålla slaggen mera basisk och på det viset i masugnen borttaga svavlet, men erhåller man såsom ersättning då även bly ur masugnen, vilket bly till en del kan ersätta den högre limkostnaden.

3. Järnoxidulens och magnetitens uppoxiderande till blodsten: Så som Jernkontorets analyssamling nogsamt utvisar förekommer i en mängd av våra svartmalmer mera oxidul än som kan uträknas som magnetit och hade man något lätt användbart analyseringssätt att i järnmalmerna säkert bestämma, huru mycket av järnet, som verkligen förekommer som blodsten, som svartmalm och som annan ferroförening, så borde den analysmetoden alltid användas, ty den andra ferroföreningen än magnetiten är i våra malmer i regel ej karbonatet utan ett eller annat silikat. Och ferrosilikaten visa i masugnen två synnerligen obehagliga egenskaper, de äro lättsmälta i ordets verkliga betydelse och svårreducibla. Kiselsyran är visserligen i vanlig temperatur en svag syra, men ju högre temperaturen blir, ju starkare blir den och ju starkare kvarhåller den i kemisk förening järnoxidulen och ju svårare är då denna att reducera, ja så svår att reduktionen ej längre kan ske med koloxid utan först långt ned i masugnsstället direkt med kol. Finnes så i malmen mycket ferrosilikat, så hinner ej allt reduceras, utan man får, allt efter haltens storlek, grön, brun till svart slagg, oren gång, glotter eller kok. Järnoxiden i sin tur är en svag bas, och om man därför tillräckligt länge håller malmen i låg rost-

Fig. 1



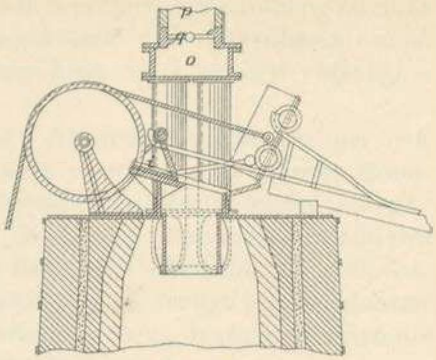
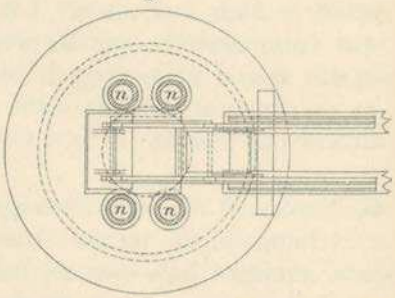


Fig. 4

Fig. 3



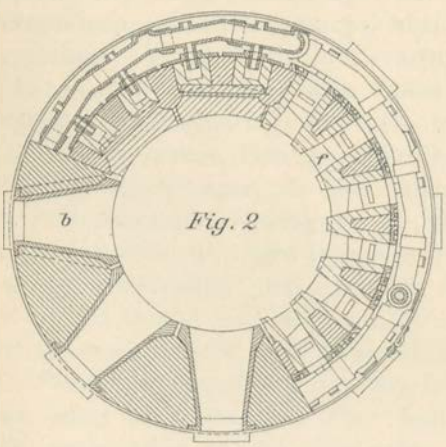


Fig. 2

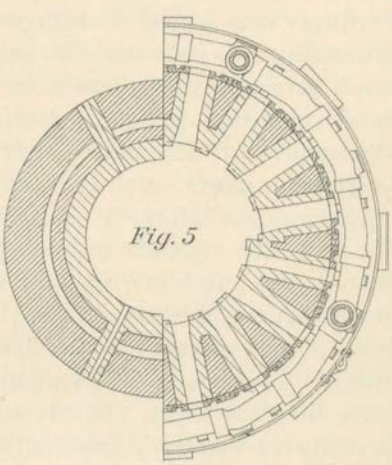


Fig. 5

Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

ugnshetta och starkt oxiderande gasblandning, så uppoxideras ferrosilikatens oxidul till järnoxid, som släpper kiselsyran, och malmen blir lättreducerlig.

Magnetiten kan även betraktas som ett salt, däri oxidulen tjänstgör som bas och oxiden som syra och redan häri ligger till en del förklaring till det välkända förhållandet, att den är i masugn mera svårreducibel än blodstenen, men dess svårreducerlighet beror även på andra omständigheter. För alla oxider gäller nämligen, att det ej behöves så hög temperatur och ej så starkt reduktionsämne att omvandla den högre oxiden till en lägre, än den lägre till metall, d. v. s. RO_2 låter lättare reducera sig till RO, än RO till R. Även järnets oxider förhålla sig så. Järnoxiden avlämnar sitt överskottssyre och går ned till järnoxiduloxid redan relativt högt upp i masugnen vid svagare värme och reduceras av kolsyrerikare gasblandning till denna senare, än vid de förhållanden magnetiten låter reducera sig till oxidul. När emellertid järnoxidens överskottssyre går, bildar det i malmstycket porer, i vilka reducerande koloxid kan tränga in och verka. Den naturliga magnetiten åter är vid samma höjd i masugnen, som där blodstenen omvandlats i samma kemiska förening, porfri och måste angripas och reduceras från ytan så att säga skiktvis inåt. Men då vi uppoxidera magnetitkornen till oxid svälla de också och bliva även därigenom luckrare. Därför bemöda vi oss om att i rostugnen uppoxidera svartmalmen till blodstenssammansättning fastän vi därigenom få mera syre att borttaga ur malmen. Vi få då minskad kolåtgång.

Då det gäller svensk blodsten och svensk svartmalm, båda i orostat skick, så är i regel svartmalmen den tätaste, och de fjälliga blodstenarna — järnglanserna — äro isynnerhet lösa och porösa samt bjuda reduktionsgaserna ett lätt inträngande.

Men utsättas uppoxiderade svartmalmer och naturliga blodstenar för för hög temperatur även om det sker i oxiderande atmosfär, så avgiva de överskottssyret och gå ned till oxiduloxid. Detta sker vid sintringsvärmen redan och som vid densamma porerna sintra hop och styckena åter bli av tät konsistens förloras åter vad i uppoxideringen vunnits eller fördelen som låg i de fjälliga blodstenarnas struktur, och man får högre kolåtgång i masugnen.

γ. Våra nu använda rostugnar och deras skötsel.

1:o. För styckemalmsrostning.

Den enda härför använda fullt tillfredsställande ugnen är:

Westmanska rostugnen (se pl. XIX).

Vid densammas byggande måste man välja eller medelst pålning, rustvirkesläggning, slaggnedältning eller annat medel skaffa fast grund,

vilket bäst framgår av att t. ex. en 8-uttags ugn väger med beskickning 350 ton eller mera, beroende på, om skorstenen är av plåt eller murad.

Själva övergrunden måste vara väl skyddad för fukt, emedan eljes teglet i densamma snart förstöres. Den muras cirkelrund och med en periferilängd motsvarande antalet uttagsgluggar, som ugnen skall förses med.

Westman fann det nämligen vara bäst att alltid taga uttagsgluggarna av en viss bredd och höjd, vare sig ugnen skulle hava 5, 6, 7, 8 eller 9 sådana, och sedan rätta alla övriga dimensioner efter antalet uttagsgluggar, varigenom man vann enhetlighet i byggnadssätt, så att tegelverken kunde ständigt vara försedda med de tegeldimensioner, som erfordras, utan att därför behöva hålla mera än högst 5 dimensioner av varje sort fasontegel. Översta tegelskiftet i botten bör vara av slitstarkaste vid uppvärmning ej sönderspricknde sort, och på detta uppmuras sedan tegelpelarna mellan uttagsgluggarna. De senares (b fig. 1 och 2) såväl botten som sidor klädas med tackjärnshällar för slitningens skull, som eljes blir stor vid malmens utdragande. Westman försökte använda murade valv över utdragsgluggarna, men som man den tiden ej hade så gott tegel, att dessa tunna valv blevo nog biståndiga, så övergick han till att täcka sagda gluggar med tackjärnshällar och lade över mellanpelarna och gluggarna grova bördjärn (g. g. fig. 1). Bördjärnen, som utsättas för stark upphettning — isynnerhet vid hårdrostade malmer — fingo lätt bränt gods, slogo sig då vinda och skeva och sletos i rödvärmen ganska fort av den hårdnande ofta kvartsrika malmen, samt gjorde därför Westman många bekymmer. För att få dem mera biståndiga försökte han dels kyla av dem genom i dem cirkulerande vatten, men då hände, att ett och annat av dem sprack sönder, så att vattnet rann in i ugnen och ställde till ojämn och ofullständig rostning, dels göt han dem som kanalrör med små öppningar inåt ugnen och inledde bläster uti dem, vilken bläster då höll dem avkylda och lämnade behövlig förbränningss- och malmoxidationssyre. Vanligen blev det då långa blästerledningar, och när hyttorna skulle bringas upp i bättre drivning, räckte så ej blåsmaskinen till, varför man snart avstängde blästern igen. Så småningom lärde vi oss emellertid välja lämpligare tackjärnssammansättning för bördjärn och annat för hetta utsatt gods, så nu stå de bättre vid lag, men som vi nu ock fått starkare och bättre eldfast tegel, så förekomma båda anordningssätten, d. v. s. vare sig täckhäll eller valv. Där man ej har svårt få kylvatten till rostugnen vore nog ett gott sätt att tillverka rostugnsbördjärnen som en del kylelement till masugnsställena d. v. s. med ingjutna krökta smidesjärnsrör. Vid Westmans rostugn, där man vill vid behov kunna taga malmen upp till så hög temperatur, att den blir degig, bör man ej hava större avstånd mellan utdragsgluggarnas överkant och gasgluggarnas botten-

plan än 90 à 100 mm och detta blir för tunna spettvalv även med nuvarande utmärkta tegelsorter. För att det färdigrostade malmbältets malm skall kunna lös- och utkrokas runt om, vidga sig utdragsgluggarna inåt, så att pelarna innerst utgöras endast av sidohällarnas något grövre kantgods (se fig. 2). Att som här och var försökts anbringa stödjärn mitt i inre gluggöppningen under bördjärnen är ej att rekommendera, emedan det försvårar utkrokningsarbetet.

Det närmast här nedan följande utgör sammandrag av dir. Westmans egen föreläsning över hans rostugn för 1875—1876 års bergselever, av utgivaren infört redan i Wiborghs föreläsningar:

»Ringtrumman, spettgluggarna och gasinloppen. Strax över uttagsgluggarna förses ugnsmuren med en avsats, varpå placeras ett ringformigt tackjärnsrör *(c)* i vilket masugnsgasen på två eller flera ställen inledes genom vertikala rör, och från denna, den så kallade ringtrumman, ledes åter gasen genom mindre rör *(d)* och murade vinkeltrummor *(e)* upp genom botten i gasgluggarna *(f)*, vilka senare äro belägna så högt, att deras botten är i jämnhöjd med bördjärnens övre yta. Den lilla öppning, varigenom gasen från ringtrumman inkommer i gasgluggen, kan minskas eller öppnas medelst en liten inlagd tackjärnshäll, genom att denna skjutes inåt eller utåt, och härigenom kan man reglera så, att nog gas inkommer i ugnen, och så att lika mycket gas inkommer genom var glugg. Antalet gasgluggar är alltid dubbelt så stort som antalet uttagsgluggar, och dessutom äro de alltid placerade så, att tvenne stycken ligga på var sin sida om uttagsöppningarna samt så, att alla befinna sig på samma avstånd från varandra, även dessa gasgluggar vidgas mot inre pipmuren (samt hava i horisontalplanet den form, som fig. 2 *f* angiver), och är ändamålet med denna form, att vid spettning genom dessa gluggar malmpelaren inuti ugnen skall vara så mycket som möjligt åtkomlig, och så att all den malm, som vill fästa vid murpelaren mellan tvenne gluggar, skall kunna lösstötas.

Ovanför denna rad gluggar är ugnen försedd med ytterligare tvenne rader gluggar, de så kallade spettgluggsraderna *(h* och *i)*, vilkas gluggar äro lika många som och sitta rätt över gasgluggarna. För att ej gluggarnas yttre kanter vid spettningen skola skadas, ävensom till murens förstärkande, vilken genom denna massa gluggar naturligtvis får minskad styrka, beklädes den utvändigt med tackjärnshällar.

Ovanför översta spettgluggsraden finnas ytterligare några enstaka gluggar kallade observationsgluggar, som under driften hållas täppta med lösa tegelstenar, och användas dessa gluggar vanligtvis aldrig för annat än observation av godsets temperatur i olika nivåer i pipan.

Skorstenen och luckan för malmens istjälpande i ugnen. Ugnen har en rätt betydlig höjd, och är malmen fin eller av sådan beskaffenhet, att den genom den starka hettan i ugnen faller sönder, så blir malmpelaren i ugnen mycket tät och hindrande för gasernas

uppgång genom schaktet, och för att få nog gas och luft in i och upp genom detsamma, måste man avsluta ugnen med en ganska hög skorsten. Då nu den öppning, varigenom den råa malmen skall nedstjälpas, bör vara belägen mitt i ugnens centrumlinje — såvida malmen skall bliva jämnt fördelad i ugnen, så byggdes de första ugnarna med tvåbenad murad skorsten, men då denna befanns alltför svårt belasta de smala pelarna mellan spett- och gasgluggarna, övergick jag (Westman) till den konstruktion som numera (1876) allmänt användes (se fig. 1, 3 och 4). Vid denna täckes ugnens övre del med tackjärnshällar, som mitt över ugnen bilda en stor fyrkantig öppning, i vilken nedsättes en gjutjärnsram, som täckes med en väl slutande gjutjärnslucka *(i)* och som när malmhunden uppkommer av denna undanskjutas innan malmen istjälpes, varefter luckan av sin egen tyngd sjunker tillbaka när malmhunden åter går nedåt. Omkring ramen befinna sig 4 hål å vilka äro nedsatta 4 skorstensrör *(n)* av gjutjärn uppgående till och utgörande stöd för en tackjärnslåda *(o)*, vilken är försedd med en med tunt tegel infodrad skorsten *(p)*.»

Westman placerade i öppningen mellan denna skorsten och lådan för dragets reglerande ett vridspjäll *(q)*, men som detta vid mycket svavelhaltiga eller starkt mullande malmer ofta ville »rosta fast», så utbyttes det på flera ställen mot ett vaniigt täckspjäll ovanför skorstenen.

Den framstående bruksbyggmästaren E. Janson utbytte — mest av sparsamhetsskäl — denna skorstensanordning mot den som visas i fig. 1 pl. XX, vilket emellertid var mindre lyckligt, ty med malminstjälpning från sidan kan ej ens med den av honom konstruerade i ugnens mitt placerade malmfördelningskonen hindras, att den grova malmen kommer längst bort och den fina går ned närmast under luckan, då resultatet blir ojämnt drag och ojämn rostning. Detta försökte han förgäves hjälpa med en i ugnen placerad tackjärnstratt. Sidoluckan höll dessutom aldrig tätt, varför draget i ugnen blev dåligt. Wiborgh byggde i stället för dessa skorstensanordningar två tegelinfodrade plåtskorstenar, en på var sida om Westmanska luckan, men ej heller denna anordning befanns så god, som Westmans, men däremot börjar den senare allt mera att utbytas emot ing. C. Jansons konstruktion, vars tegelskorsten nedtill slutar i tvenne halvelliptiska murade ben, ett på vardera sidan om Westmans luckram (pl. XX fig. 3).

»Ugnens höjd och schaktets form. Ju högre rostugnspipan göres, ju bättre blir brännmaterialet, gasen, tillgodogjord, men å andra sidan blir malmpelaren också mera täppande, så att svårighet uppstår att få tillräckligt drag uti ugnen. För en större rostugn med 8 uttagsgluggar tages piphöjden till 9 m* och för mindre ugnar något lägre. Inre diametern vid bördjärnen rättar sig även efter storleken d. v. s.

* Se måttabellen.

Fig. 1

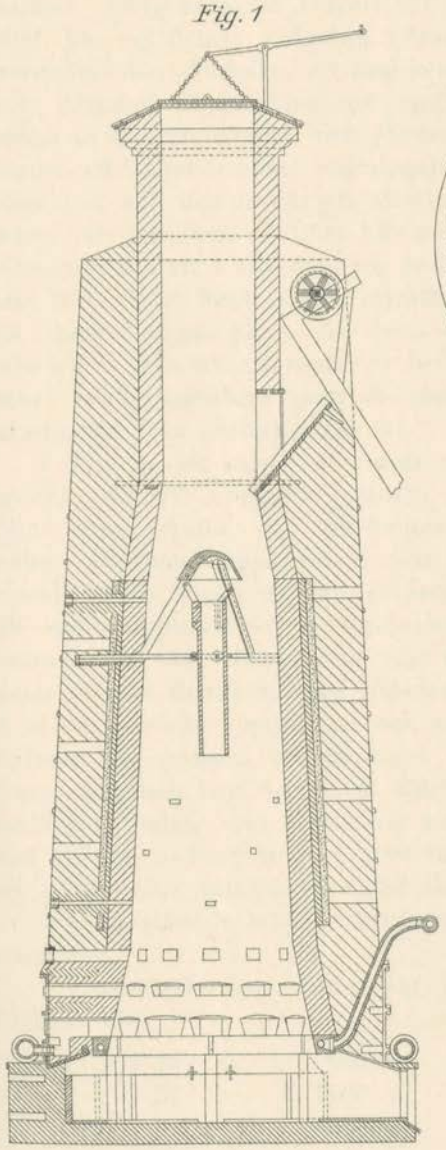


Fig. 2

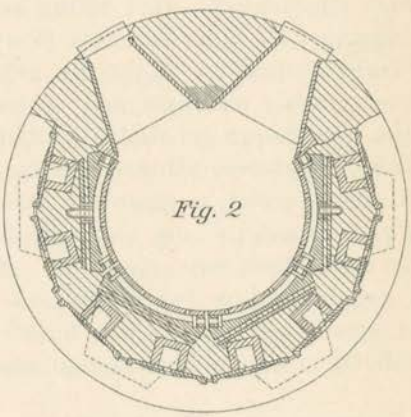
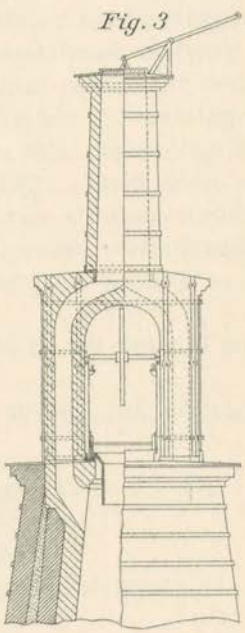


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

antalet uttagsgluggar och är 3,5 m. för en 8-uttagsugn.* Från bördjärnen sammandrager sig schaktet först skarpt till något över översta spettgluggsraden, sedan mindre skarpt till strax under täckhällen, där sammandragningen åter blir skarpare. Att schaktet så vidgar sig skarpare nedåt vid spett- och gasgluggsnivån är till stor fördel, emedan malmen därigenom får svårare att spänna sig fast, men utan olägenheter kan ej denna vidgning göras alltför tvär. Vidgningen medför ävenledes den fördelen, att malmen ej rasar så långt in i gluggarna, men däremot få gaserna, som sträva att uppgå vertikalt, svårare att tränga in i malmmassan, och följden av den skarpare vidgningen blir således ett något tunnare rostningsbälte. Likaledes uppstår en annan olägenhet, och den består uti, att pipmuren ovanför översta spettgluggsraden får ett »knä», vilket blir utsatt för skarp avnötning, och hela överpipan får ett i allo svagare underlag som gör, att den rent av kan falla ned, vilket flera gånger inträffat vid ugnar, som nedtill haft ovanligt starkt vidgad pipa. Av dessa orsaker är det, som lutningen bör vara av en viss av erfarenheten bestämd storlek och alltid tages lika, vilket spettgluggsantal man än giver ugnen, och är måttet på denna lutning 12° från lodlinjen räknat.

I följd av att ugnen är vidare nedtill, och att malmen uttages vid ugnens periferi, kommer malmen att vid nedgåendet huvudsakligen följa ugnens sidor, och på botten bildas en kägla av stillastående malm. Malmens upphettning blir uti ugnens övre del ungefär lika överallt, men längre ned är temperaturen högre utmed väggarna, och vid spettgluggsraderna är denna temperaturskillnad så tydlig, att, då malmen kan stå vitvarm och vilja sintra intill muren, är den en halv meter in från denna knappt rödvarm. Därför bör vid rostningen ugnen så skötas medelst spettningar och små men täta malmuttagningar, att malmen får passera ett tämligen smalt bälte utmed spett- och gasgluggarna; men kan det likväl aldrig undvikas, att understundom även medföljer malm, som aldrig har passerat igenom rostningsbältet, och som därför nedkommer rå eller illa rostad. En sovring av malmen bör därför efter uttagandet alltid ske.»

I nedanstående tabell angivas måtten för en del nyare Westmanska rostugnar.

Tegelåtgången ställer sig vid en Westmansk 8-uttagsugn på följande sätt:

Piptegel n:o 30 . . .	500 st.	Valvtegel 12 × 6 × 3 × $2^5/_8$	160 st.
» » 31 . . .	1180 »	Pelartegel	112 »
» » 32 . . .	1720 »	Westmans valvtegel n:o 1	48 »
» » 33 . . .	40 »	» » » 2	48 »
Murtegel 12 × 6 × 3 eldf.	180 »	» » » 3	48 »
» 9″ × $4^1/_2$″ × $2^1/_2$″ eldf.	80 »	» » » 4	16 »

* Se måttabellen.

Tabell XLIX.

Mått i m och m² å Westmanska rostugnar.

	Rostugnens nummer							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Antal utdragsgluggar							
	8	8	8	8	8	8	6	6
Inre diam. vid botten	3,34	3,30	—	3,78	—	3,25	—	2,67
» » » bördjärnens underkant	3,34	3,30	—	3,78	—	3,25	—	2,67
» » » glasgluggarnas »	3,20	3,11	—	3,40	3,50	3,00	2,50	2,48
» » » 1:sta spettgluggarnas underkant	3,00	2,93	2,67	—	—	2,93	2,30	2,32
» » » 2:dra spettgluggarnas underkant	2,84	2,72	—	2,68	—	2,85	2,10	2,12
» » » överpipans underkant	2,64	2,59	—	2,35	—	2,67	2,00	2,00
» » » toppkonens »	1,50	1,90	1,48	1,90	—	2,00	—	—
» » » kranshällarna	0,85	1,15	—	(1,22)	—	1,30	1,35	1,12
Höjd från botten till bördjärnens underkant	0,80	0,90	—	0,86	0,90	0,89	—	0,76
» i uttagsgluggarnas yttre öppning	0,54	0,58	0,60	—	0,60	0,60	—	0,60
Bredd i » » »	0,60	0,58	0,60	—	0,60	0,60	—	0,60
» » » inre »	1,15	1,12	—	—	1,00	1,10	—	—
Bottens höjd över golvplanet	0,32	0,30	—	—	—	1,30	—	0,32
Gasgluggarnas höjd	0,23	0,23	0,23	—	—	—	—	0,23
» inre bredd	0,46	0,46	—	—	—	—	—	—
» yttre »	0,30	0,30	0,30	—	—	—	—	—
1:sta radens spettgluggars höjd	0,15	0,15	0,15	—	—	—	—	0,15
» » » inre bredd	0,43	0,45	-	—	—	—	—	—
» » » yttre »	0,30	0,30	0,30	—	—	—	—	—
2:dra » » höjd	0,15	0,15	0,15	—	—	—	—	0,15
» » » inre bredd	0,40	0,40	—	—	—	—	—	—
» » » yttre »	0,30	0,30	0,30	—	—	—	—	—

Inre avstånd mellan uttagsgluggarna	*0,16*	*0,15*	—	—	—	—	—	—
» » » gasgluggarna	*0,16*	*0,15*	—	—	—	—	—	—
» » » spettgluggarna	*0,16*	*0,15*	—	—	—	—	—	—
Höjd från botten till gasgluggarnas under kant	1,10	1,14	—	1,10	1,15?	1,15	—	1,14
» » » » 1:sta spettgluggarnas underkant	1,62	1,63	—	—	—	—	—	1,62
» » » » 2:dra spettgluggarnas underkant	2,08	2,08	—	—	—	—	—	2,08
» » » » överpipans underkant	2,53	2,50	—	3,29	—	2,45	—	2,40
» » » » toppkonens »	9,48	8,49	—	8,73	—	7,93	—	—
» » » » kranshällarna	10,38	9,83	10,06	11,06	—	8,82	8,10	8,56
» » golvplanet till »	10,70	10,13	10,32	11,36	10,70	10,12	—	8,88
Skorstenskanalernas art	ben	ben	—	inga	—	ben	—	ben
» inre bredd	0,30	0,43	—	—	—	0,30	—	—
» » horisontallängd . .	1,50	0,65	—	—	—	1,50	—	—
» summa genomloppsarea	0,62	0,54	—	—	—	—	—	—
Skorstenspipans basdiameter	0,90	0,90	—	1,22	—	0,80	—	—
» basarea	0,62	0,62	—	—	—	—	—	—
» toppdiameter	0,66	0,75	—	1,22	—	0,50	—	—
» topparea	0,34	0,44	—	—	—	2,00	—	—
Rökrörens höjd	2,90	2,80	—	—	—	2,70	—	—
Skorstensmynningens höjd över kranshällen	7,90	11,70	—	(6,42)	6,60	7,80	—	—
Skorstenspipans höjd	5,00	8,90	—	—	—	5,10	—	—
Innermurens tjocklek	0,30	0,50	—	—	—	—	—	
Yttermurens »	0,60	0,42	—	—	—	—	—	1,12
Sandspringans »	0,04	0,08	—	—	—	—	—	
Gastrummans inre diameter	0,30	0,26	—	—	—	—	—	—

N:r 1 Ljusne norra masugns rostugn
» 2 Harnäs » »
» 3 Karmansbo » »
» 4 Långshyttans stora » E. Jansons typ med tegelskorsten och sidoinmatning.
» 5 Graversfors 2 st. » C. Jansons konstruktion.
» 6 Bångbro 3 st. » » »
» 7 Nykroppa »
» 8 Klenshyttans »

Westmans valvtegel n:o 5	16 st.	Westmans valvtegel n:o 8	16 st.
» » » 6	16 »	» » » 9	16 »
» » » 7	16 »	Vanligt murtegel högst	18000 »

Av detta tegel kan så gott som allt pipteglet, som är avsett för innermuren över spettgluggarna, ersättas med sandgjutet masugnsslaggtegel såsom t. ex. gjorts vid Granbergsdal, där man använt sådant tegel från 1 m ovanför översta spettgluggsraden ända upp till kranshällarna. Det är vida slitstarkare än det i det avseendet bästa eldfasta tegel. Flera bruk använda det därför såväl i rostugns- som masugnspipornas överdel. Allt det vanliga murteglet kan ävenledes fördelaktigt ersättas med sandgjutet fasonslaggtegel.

Gjutgodset i mm till en 6 uttagsugn: Utdragsluckorna 650 × 650 × 24; ramstyckena till dem 780 × 900 × 24; gasgluggslucka 210 × 336 × 12; spettgluggsluckorna 180 × 336 × 12; ramhäll till ett lucksätt (en gasglugg och 2 spettgluggar) 1450 × 600 × 24; bottenhäll i utdragsglugg (690 och 1224) × 1550 × 36, y : radie = 1950; sidohäll i d:o (555 och 810) × 1212 × 30; »bördjärnssegment» 300 × 255 × (1371 och 1508) radie = 1440; täckhäll 3720 × 1050 × 36 med lucköppning 615 × 675; malmtratt 30° avskärning, medelhöjd 1000, övre öppning i horisontalmått 750 × 650, nedre d:o 450 × 450, godstjocklek = 30; hundlucka 800 × 1080 × 30. Ringtrumman förses dels med sotningshål framför varje gasgluggsrör, dels med dylika i närheten av de 4 uppåtgående gastilledningsrören. Dess inre diameter har förr tagits endast = 225 men med slig i beskickningen är bäst öka densamma till 300, godstjockleken = 9, delningarna vanligen strax vänster om varje gasgluggsrör.

Smide: tregluggsramarna bindas vid varandra med ovala ringöglor Ø 20, rostugnspipan bandas med plattjärn 75 × 25 eller 100 × 18 på avstånd 700 à 750.

Igångsättning och skötsel. En nybyggd Westmans rostugn har så stora murmassor, att densamma bör mycket försiktigt tork- och påeldas, isynnerhet om den uppförts under vintermånaderna. Om murningen skett med tillvärmt tegel och varmt bruk samt ugnen om nätterna försetts med »koksgryta», kan den dock efter en kortare »slutstork» igångsättas ungefär som en endast reparerad.

När en förut använd rostugn på nytt skall pådragas sker det numera i allmänhet så, att först på botten inreses långved, som räcker upp till strax över översta spettgluggsraden. Veden reses runt om väggarna. Även användes vid ett par bruk härtill gamla plank och bräder samt torra stubbar. Vid en del bruk reses härav så mycket, att det i mitten blir kvar ej mera rum, än att en man bekvämt kan vända sig. I detta tomrum ifylles sedan väl rostad malm eller ock en svavelfri helst rik blodsten, ty som sedan under rostningen värmen ej kommer in till denna bottenkärna, och det ej kan hindras, att stenar från densamma vid dragningarna komma med, fås eljes ibland ökning

i svavelhalten. Skall exporttackjärn eller annan fosforfri tackjärnssort tidtals blåsas, måste kärnmalmen naturligtvis ock vara fosforren. Helst uppsättes av denna godartade malm så mycket, att när veden bortbrunnit, densamma fyller ugnen till övre spettgluggsraden. Vid några ställen reser man ej in på långt när så mycket ved utan fyller i stället alla gluggar med torr finkluven ved och går på och eldar i dem ända tills gasen kan påsläppas. Vid ett av våra bruk har man, för att slippa från att få med kärnmalm, murat upp en tegelkon av Bjuf F på rostugnsbotten, 2 m. i basdiameter och med sin spets slutande mitt för gasgluggarna. Konen är järnbandad, för att hålla hop. Vid åter ett annat bruk murade man så att säga mitt på ugnsbotten upp av ren blodsten i form av stycken och mull en kon och reste ved mellan den och väggen. På den rostade godartade malmen fylles sedan vanligen med godartad malm av vanlig grovlek, men oftast ej till full höjd utan till c:a $^1/_2$ à $^2/_3$. Vid några bruk, där man har malmer, som behöva dubbelrostas, uppsätter man (i st. f. lättrostad malm) av denna slagen i huvudstora stycken för att få bättre drag i ugnen redan från början. Vid ett bruk med en 6 gluggars ugn angavs vedåtgången vid fyllningen vara 11,3 m^3 (2 kub.-famnar), vid ett annat med 8 uttagsgluggar till 2 à 3 kub.-famnar per ugn, allt efter vedens surhetsgrad. När malmen lyser ljusröd framför nedre spettgluggsraden insläppes vanligen gasen och tager det olika lång tid från tändningen till gaspåsläppningen dels efter som veden är sur till, dels efter som man släpper på luft genom utdragsgluggarna. Så hava vi under bergskoleresorna hört angivas från 12 timmar upp till 2 dygns tid mellan tändningen och gaspåsläppningen. Ju långsammare man driver påeldningen, ju bättre är det förstås för murarna. Vid ett bruk fyller man ugnen med ved till över översta spettgluggarna, men tager ej någon malm utan sätter så eld och påsläpper gas redan efter 2 à 3 timmar, samt börjar därpå spela upp färdigrostad malm och fyller ugnen så småningom med denna.

När så malmen framför nedersta spettgluggsraden synes vit- eller gulvarm, så börja dragningarna. Westman förordade att härvid trenne arbetare skulle hjälpa varandra på så sätt, att en går före och rakar ut så mycket malm ur en utdragsglugg, som skall vid dragningen tagas och söker med kroken eller om så behöves med spett få ned ersättningsmalm uppifrån innanför bördjärnet. När en utdragsglugg så blivit klar, så kommer 2 spettare, vilka i var gasglugg på ömse sidor om uttagsgluggen med spetten nedstöta malm i det uppkomna tomrummet, därvid börjande i gluggarnas »yttre» nedre hörn och slutande i gluggarnas överkant. Skulle då malmen ej rasa efter ifrån och i spettgluggarna får man spetta även i dem. Detta dragningssätt användes ännu vid en del bruk, isynnerhet då man rostar hopsintrande och vid väggarna fästande malmer, som äro mycket svåra att få att »rasa efter», och då händer t. o. m. att man först drar ur alla botten-

luckor och sedan går runt med spettningen. Under det tre på detta sätt äro sysselsatta med dragning och spettning håller en fjärde man på och spelar upp råmalm på rostugnen. Från denna Westmans arbetsfördelning avviker man mångenstädes vid våra bruk. Har man svavelrena malmer, som blott behöva lätt brännas eller blott oxidrostas, så betjänas även 8-uttagsugnar med blott 3-mansskift, då förmannen — basen — och en man draga och spetta och en man spelar. Om den slagna malmen ligger på något avstånd från ugnen händer ock, att inre arbetet besörjes av en man och att två fylla hunden och spela. Vid två rostugnar i gång och med lättbrända malmer har man vid t. ex. ett bruk 4 man som tillsammans sköta båda rostugnarna medan malmslagarna få både slå och spela upp malmen. Sättet tycktes dock mindre gott, ty ingenjören klagade över, att isynnerhet om nätterna slagarna smögo sig till att ordna sitt arbete så, att de spelade upp malm för flera dragningar på en gång, och som de då ej hade klart för sig rätta hundtalet hände, att de fyllde på så mycket, att täckluckan ej gled tillbaka, båda orsakerna givande ojämnt rostad malm.

Vanligast är, att man drager varannan timme och drager mindre eller mera malm per gång, allt efter som malmen är mer eller mindre »hårdrostad». Men vid några rostugnar rättar man i stället även vid normal gång dragningstiden efter malmens svårrostlighet och drager jämnt varje gång lika mycket malm. Såsom exempel på huru ofta som drages kan anföras anteckningarna från 13 bruk under resorna 1908, 1909 och 1910: Vid 8 bruk gjordes dragningarna varannan timme, vid 3 bruk var tredje och vid 2 bruk varje timme.

Vid ett bruk, där man drager var tredje timme, tages 3 à 4 kärror per glugg och gång, där man drager varannan timme är 2 fulla kärror normala dragningen. Kärrorna rymma från 200 till 250 kg malm och böra vara försedda med 2 hjul så placerade, att de men ej arbetarens armar uppbära malmlasten. Sådana kärror börjar man allt mera övergå till. »Stoppfläns» vid golvet och »slagstång» på en meters höjd därovan hindra vid malmbåsen kärrorna gå med ned. Vanligen äro rostugnarna emellertid byggda, så att utdragsgluggarna sitta för nära golvet för att förståndigt konstruerade malmkärror skola kunna användas.

Vi hava förut påvisat rostningens ändamål, nu vilja vi se till, huru Westmanska rostugnen skall skötas, på det man må erhålla de önskade resultaten. Därvid är att ihågkomma, att vi dels med rostningsbältet i denna ugn mena den höjd och »djup» (det senare taget i horisontal riktning från muren inåt) där den avsedda rostningshettan råder, dels tala om »högt rostningsbälte», som erhålles, om man ställer så, att rostningshetta råder allt ifrån gasgluggarna upp förbi spettgluggsraderna utan att malmen sintrar, och »lågt men djupt rostnings-

bälte», när hettan räcker längre från muren inåt pipans centrum, och då man håller detta bälte vid eller upp emot sintringshetta.

För att man, när helst man vill, skall kunna erhålla det bälte och den rostningsgrad man åsyftar, är det emellertid ett oeftergivligt villkor att man ställt så, att erforderlig kvantitet masugnsgas kan erhållas från masugnen. Efter de uppmätningar dels bergskolan, dels brukens ingenjörer anställt, varierar gasbehovet vanligen mellan $^1/_5$ och $^1/_3$ av hela den i masugnen alstrade gasmängden. (Om rördimensioner se under Masugnsskötseln.) Vidare skall man å rostugnen hava en god skorsten och ett lättreglerbart spjäll, så att man med dessas hjälp kan få in just den mängd luft som erfordras.

Under dessa förutsättningar erhåller man:

1:o. Högt rostningsbälte genom skarpare drag, grovslagen malm, lägre malmpelare, mindre täta dragningar och mera luft i förhållande till gas.

2:o. Lågt rostningsbälte vid motsatta förhållanden.

Högt rostningsbälte söker man att hålla vid första rostningen av malmer, som skola dubbelrostas, vare sig orsaken till dubbelrostningen ligger i svarta silikater eller mycket och svårdekomponerbara svavelföreningar, likaledes vid svavelrena svartmalmer, som blott skola luckras och uppoxideras och vid alla svavelrena blodstenar, som endast behöva uppluckring.

Lågt rostningsbälte skaffar man vid andra rostningen av dubbelrostningsmalmer för svavlets största möjliga avlägsnande och för svavelrika blodstenar.

Kombinerat rostningsbälte, som erhålles vid starkt drag med mycket riklig på en gång gas- och luftpåsläppning, använder man för svartmalmer som visserligen äro kisrika, men ej i den grad att de behöva dubbelrostas.

Westmans regel för att gasmängden är lagom i förhållande till luftmängden var den, att om en gasgluggslucka öppnades skulle den ur bottenspringan uppstigande lågan slå rätt upp mot valvet och under detta dela sig så, att hälften gick in i ugnen och hälften slog ut ur gluggen. Numera vill man vanligen ha kraftigare oxidation, går då därför med något trängre gasspringor i gluggarna och starkare drag, så att lågan vid gluggarnas öppnande slår helt eller till största delen inåt ugnen. Sällan förekommer numera, att man har för mycket gas påsläppt i förhållande till den genom utdragsluckorna inkommande, uppströmmande luften, men har man det, synes malmen närmast väggen svart och inuti lyser det vitvarmt mellan malmstyckena. Har man åter för litet gas, fladdrar eller alldeles försvinner lågan över gasspringan vid gasgluggsluckans öppnande och malmen närmast väggen är varmast och bältet mycket »grunt».

Stora svårigheter vid rostningen inträffa ofta till följd av vissa malmernas egenskaper. Så kallade eldveka malmer sintra lätt även

vid lägre rostningshetta. Sintringen börjar då vid muren och då där blir täppt draga sig gaserna och lågan allt mera inåt och med dem även sammanbakandet, medan malmen vid muren fastnar, stelnar och hårdnar och det kan härvid gå så långt, att hela massan hänger som på ett valv, bildat tvärs igenom hela ugnen. Man får då kyla av, så att massan krymper och störtar ned och sedan gå med mycket luft i förhållande till gasen. Hit höra malmer med fältspat, titan och svarta bergarter. I rostugnen sönderfallande malmer verka naturligtvis täppande och pressa således ned bältet. Vid dem får man öka skorstensdraget, draga mindre ofta eller blanda dem med passande hårda malmer. Hit höra i allmänhet blandstenarna och mycket rika grovkristalliniska malmer. Hetgående kallas åter malmer, som få sintervärme med relativt obetydligt gaspådrag. Det är egentligen de svavelkisrika malmerna, som äro sådana. Behöva de redan i första rostningen skarpbrännas, är bäst blanda dem med eldhårda kalkfattiga svartmalmer.

Svavelhaltiga malmer äro mycket olika »hårdrostade». De värsta äro naturligtvis de kisrika blandstenarna, men även relativt kalkfria torrstenar kunna vara synnerligen svårrostade beroende på, huru svavelföreningen förekommer inmängd uti dem. Sitter kisen utkristalliserad och samlad i skölarna, så är malmen lättrostad, ty vid slagningen faller den sönder efter dessa, då kisen kommer å ytteryta och i rostugnen blir lätt förbränd av de oxiderande gaserna. Sitter kisen inuti malmen men endast i form av större kristaller, så »skär den sig väg ut» vid upphettningen, i det att t. ex svavelkisens halva svavelbelopp spränger sig ut i gasform, varpå det lättsmälta svaveljärnet rinner ut och breder ut sig över malmstyckets yta och där oxideras. Värst är en tät i rostugnen ej mullande malm med riklig mängd av små tätt insprängda kiskristaller. En dylik behöver långvarig oxidation med stark sluthetta, då i densamma, om den uppoxiderats till blodsten, järnoxiden hjälper till vid kisens förbrännande, så som H. Tholander visat.

För att rostugnskarlarna skola komma ihåg att byta rostbås, när ny malm börjar nedkomma till utdragsgluggarna, brukas på en del ställen, att när man slutar uppspela en malmsort, man mellan denna och den följande malmen uppspelar en hund med gammalt kasserat eldfast tegel. När då detta vid en dragning medkommer, vet folket, att de »äro i skarven» mellan de två rostugnsbeskickningarna.

Ofta där man har dåligt med utrymmet på masugnskransen eller där man ej ofta behöver ändra beskickning och där man har flera malmer av i rostningsavseende lika karaktär, blandar man malmerna redan i rostugnen på så sätt, att av de olika malmerna efter varandra uppspelas visst antal kärror i följd.

Såsom exempel på en del malmers olika förhållande i rostugnen

anföras här nedan några omdömen från olika bruk avgivna av brukens ingenjörer vid bergskolebesöken:

Bruk n:r 1. Nartorpsmalmen i Östergötland och Kantorpsmalmen från Södermanland sades ej erfordra mera än rödvärme i 1:sta spettgluggsraden d. v. s. egentligen endast uppoxidering, medan vid samma bruk Dalkarlsbergs- och Sköttgruvemalmerna sades behöva skarp hetta för att bli svavelfria. Av de förra rostades 40, av de senare 30 ton per 8-uttagsugn och dygn.

Bruk n:r 2. I en 6-gluggars ugn rostades av Stribergsblodsten 43 à 45 ton per dygn med utmärkt resultat.

Bruk n:r 3. I två 6-uttagsugnar hinner man likaledes vid rostning av svavelrenare malmer från Grängesbergs och Nora bergslager gott med 45 ton malm per ugn och dygn, men blott med 30 ton vid en tät något kishaltig Noramalm. En gång hade man vid detta bruk uppsatt för grovslagen något eldvek malm. Rostningsbältet flyttade sig då hastigt upp över översta spettgluggsraden, malmen sintrade där fast vid muren oåtkomlig för spettning, följden blev valvbildning. Man rakade då ut så mycket malm, att man fick ett gott tomrum under valvet, släppte så på bra med gas och tog upp hettan så högt, att massan veknade och nedstörtade.

Bruk n:r 4. Rostugnen hade 6 uttag. Vid detta bruk, där man använder huvudsakligen Norbergsmalmer, ansåg man Kallmora svartmalm som mycket svårrostad. Av densamma medhanns endast 25 ton per dygn, av Bondgruve blodsten åter drygt 40.

Bruk n:r 5 hade en 7-uttagsugn och malmer med flera sorters svavelföreningar. Man ansåg där normala tillverkningen vara 20 ton per dygn.

Bruk n:r 6. En kalk- och kisrik Dannemoramalm med före 1:sta rostningen 0,20 % S visade efter »kallrostningen» 0,165 %, efter 3 veckors utlakning 0,074 % och efter 7 veckors lakning 0,054 % S. Där göres 1:sta rostningen i 6-uttags och 2:dra i 8 uttags ugn. Lakningen får i svåra fall pågå 5 år. Den större ugnen medhinner 30 à 35 ton sinterbränd malm per dygn.

Bruk n:r 7. Här hade man som regel att svartmalmer som i generalprov visa 0,080 % S eller över skola rostas 2 gånger. 8-gluggars nybyggd rostugn.

Bruk n:r 8. Detta bruk tillverkar endast exportjärn, som måste hava låg svavelhalt. Detta har dels en ytterst kishaltig malm (enligt uppgift 2,5 % S) samt dessutom Stribergs- och Dalkarlsbergsmalmer och rostningen av dessa skötes på ett något ovanligare sätt. Rostugnen igångsättes naturligtvis med Stribergs blodsten och svag rödvärme. När man så fått ugnen väl »jämnvarm» uppsättes kismalmen, och då denna kommit ned till översta spettgluggsraden, tages genom gas- och dragökning högt och djupt d. v. s. kombinerat bälte. När man så anser sig fått nog med »kis» kallrostad eller »förbränd» blandas $^2/_3$

av densamma med 1/3 orostad Stribergs svartmalm och omrostas vid så hög sintervärme att »malmen lyser vitvarm i 1:sta spettgluggsraden och rödvarm i uppsättningsmålet». På detta sätt lärer denna malmblandning gå ned till 0,008 % S. När så kismalmen tagit slut, rostas Dalkarlsbergsmalmen vid skarp hetta, därpå en godartad svartmalm vid låg värme och med högt bälte, så Stribergs blodsten igen och så undan för undan. Ibland slår kismalmen valv över 2:dra spettgluggsraden och då avstänges all gas tills massan störtar ned.

Bruk n:r 9. Ugnen, en 8-uttags, rostar av svavelfri blodsten 50 à 55 ton per dygn, av Sköttgruve blandsten åter endast 35 à 40 ton. Gasåtgången uppmätt till 1/3 av hela.

Bruk n:r 10. 8-uttagsugn. Gällivare A-malm synnerligen svåroxiderbar mest till följd av att den mullar så starkt (50 % mull) i rostugnen. Av torrstenarna från Norberg »drar» man 38 à 40 ton per dygn, vilket dock anses vara väl mycket, av den svavelhaltiga Långgruveblandstenen åter endast 28 ton och med lågt och skarpt rostningsbälte.

Bruk n:r 11. Här säger man sig hava funnit, att vid malmer med ljusa godartade bergarter och ej mycket talk förhållandet är: Om bergartssammansättningen motsvarar 0,20—0,50 silikat, sönderfaller malmen redan i rostugnen i besvärande grad. Vid 0,5—1,0 silikat obetydligt sönderfallande i ugnen men malmen mullar sedan i båsen; om 1,0 silikat och över så kan malmen brännas hårt utan att sedan sönderfalla. Starkt talkig ej kalkig malm tål starkaste värme utan att sintra.

Bruk n:r 12 8-uttagsugn. En fjärdedel av all den bildade masugnsgasen åtgår vid sinterbränning av 30 ton malm per dygn.

Bruk n:r 13. Rostugnen 6-gluggars får stå full med malm medan masugnen är nedblåst. Varje gång den påeldas, brännes ved endast i gas- och spettgluggar tills gasen kan påsläppas. Ugnen står på detta sätt utmärkt vid lag och behöver först vid 6:te nedblåsningen tömmas för reparation.

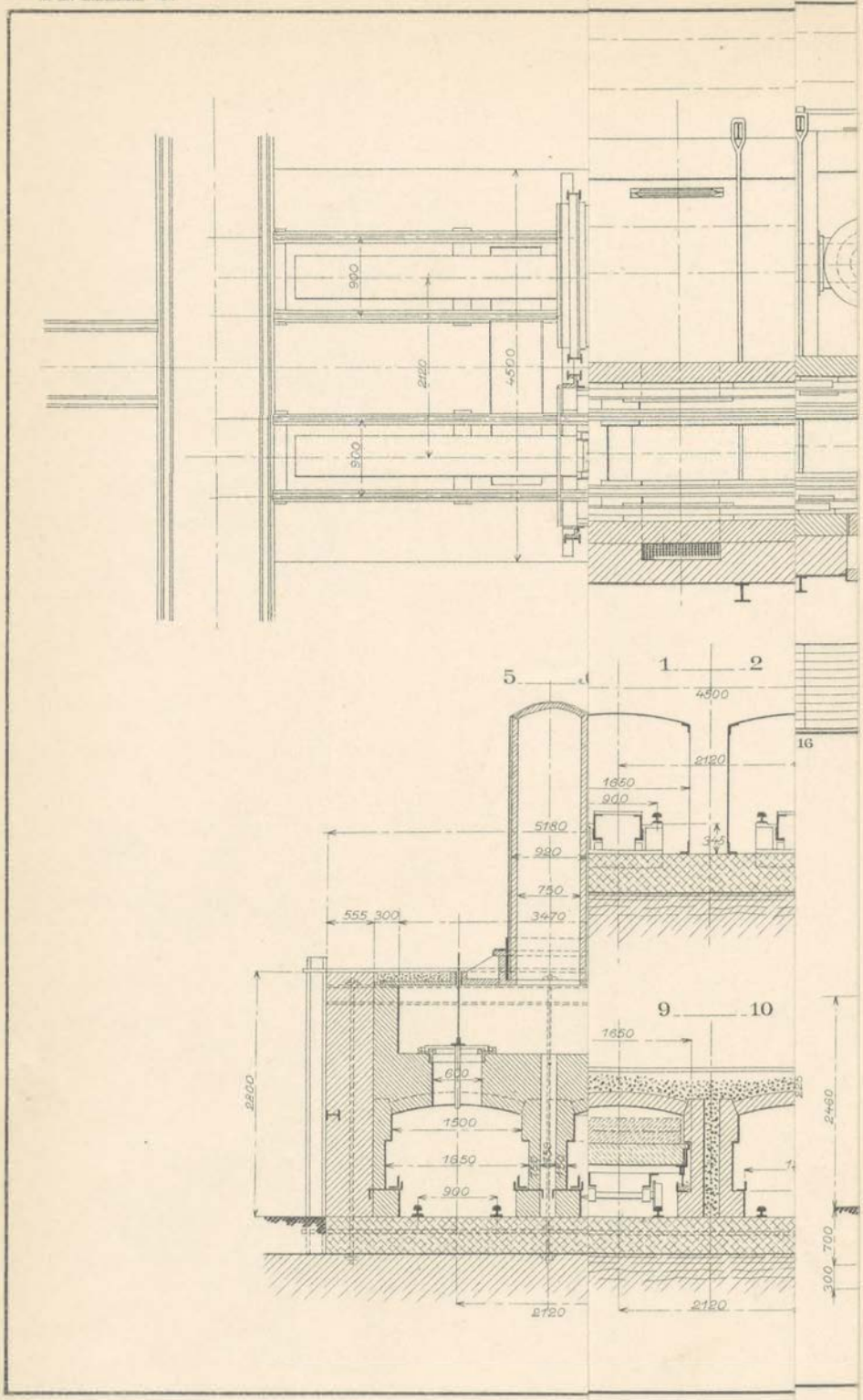
Bruk n:r 14. Endast svårrostade svavelrika blandstenar. 8-uttagsugnen hinner dock rosta — delvis dubbelrosta — på fullt tillfredsställande sätt 22 ton per dygn.

Från bruk n:r 15 kan ur bokföringen anföras den »avmullning» som malmerna lida mellan järnvägsvagnen och masugnskransen, d. v. s. den rena förlusten:

Mycket sura täta lättrostade blodstenar	3 %
55 %:iga sura svartmalmer, som sinterbrännas . .	3 %
manganhaltiga blandstenar	11 %

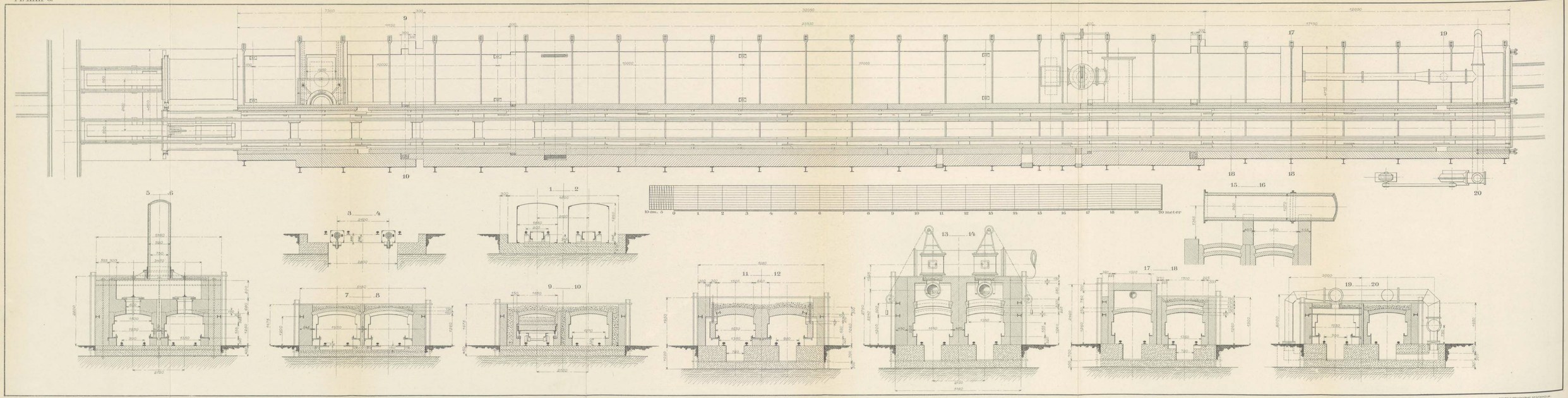
varvid är att märka, att i dessa 11 % ingår kolsyra 7,6 %.

Pl. XXII b.



Grav. av Emil Sachse

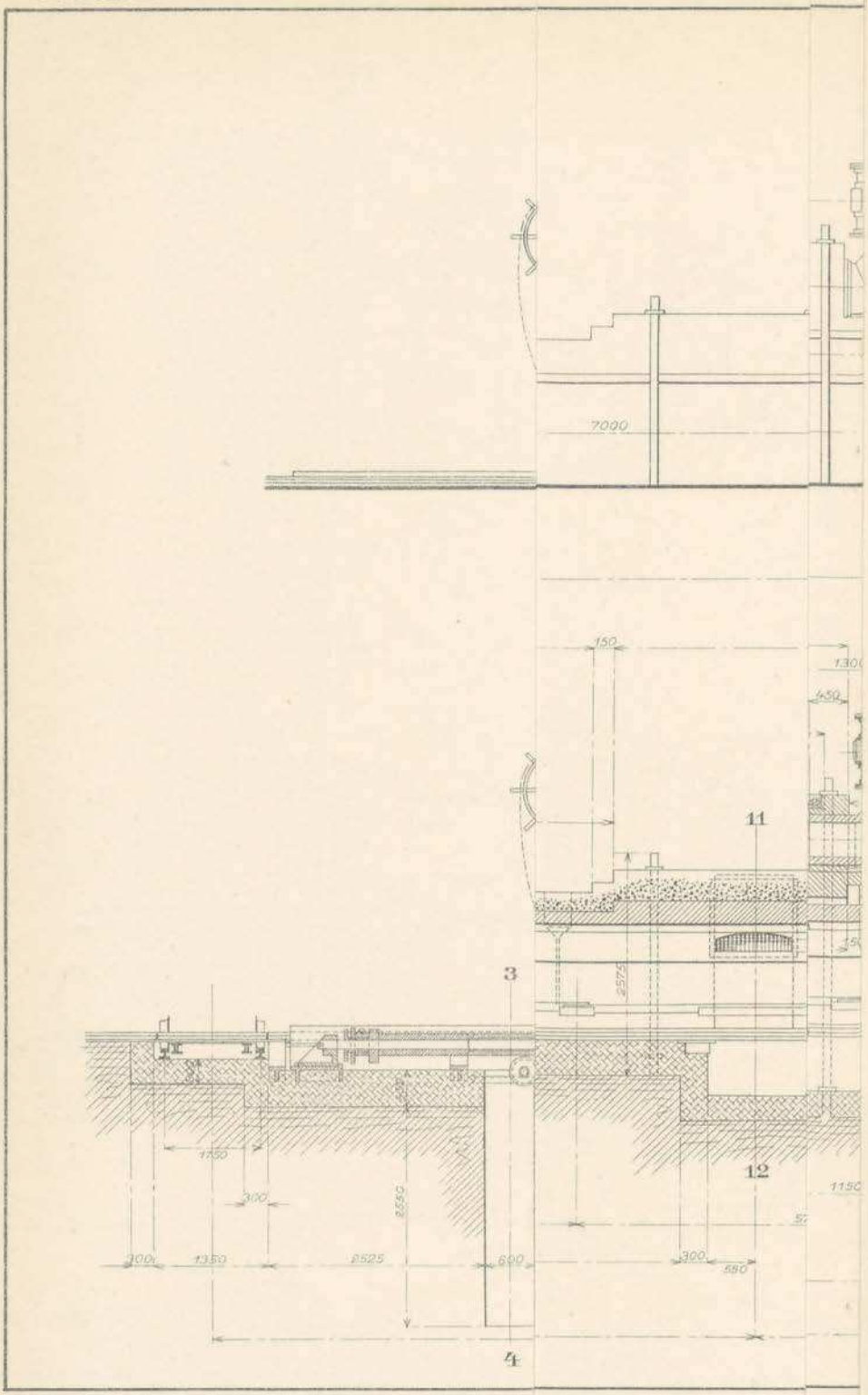
Pl. XXII b.



Ritn. av Emil Salfiin

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Pl. XXII a



Grav. av Emil Sachse

Från rostugnen föres malmen till malmbåsen vid masugnen, i vilka den nedstjälpes. Båsen, som äro av mycket varierande storlekar, böra helst hava 35 à 40° lutande botten, på det att mullen må följa med styckemalmen ut, så att ej tidtals — emot att ett bås börjar tömmas — mullprocenten må bli större. Nedtill förses båsen vid botten med fluster med stopplucka vid sådan höjd, att malmen endast behöver rakas ned i vagnen, som skall föra den till krossverket. Lämpliga mått på sådana bås äro de vid Graversfors använda: längd 4,2 m, bredd 2,5 m, höjd fram till 5,8 m och baktill 3 m.

2:o. *För malmpulverrostning.*

Malmpulvers och sligs användning på masugn har förr varit mycket inskränkt av flera orsaker, varibland de viktigaste varit:

1:o. Omöjligheten att rosta pulverformig malm i större mängd i Westmanska rostugnen, så att den blev nöjaktigt uppoxiderad och svavelfri, varigenom man hade att befara oren gång av osönderdelade ferrosilikater och mycket höjd kalk- och kolåtgång på masugnen.

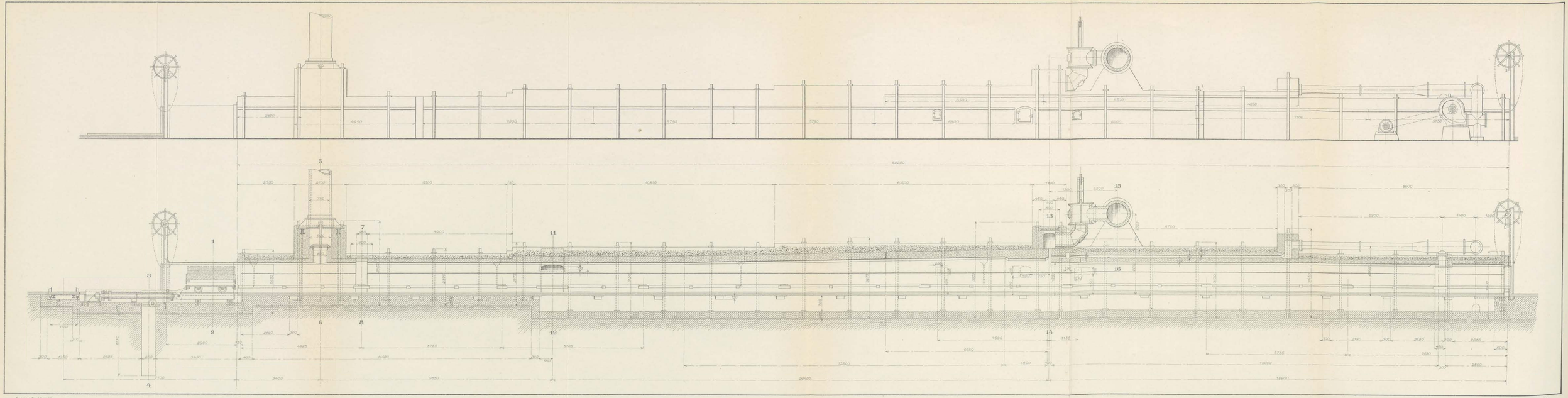
2:o. Skullningar och ojämn masugnsgång även för att våra masugnspipprofiler ej voro avpassade för blåsningar av dylik malm.

3:o. Mindre tillverkning, emedan våra blåsmaskiner ej voro kraftiga nog att vid mera täppande beskickning driva in tillräcklig blästerkvantitet.

4:o. Större förluster i form av »sot» i gasledningarna med därav följande mera arbete med rensning av dessa och varmapparaterna.

Som emellertid de stigande kolprisen tvang till beskickningarnas anrikande, och våra mellansvenska gruvor dels ej kunde lämna rikare malm utan att få för stora förluster i gråbergsprocent, och det var högeligen önskvärt, att den mängd fattig varpmalm, som vid dem under tidernas längd samlats, måtte kunna tillgodogöras, gjorde sig en allmän strävan gällande att utfinna någon metod, varmed man skulle kunna av anrikad malm bereda briketter, och vad Sverige gäller även rosta dessa eller ock först rosta malmpulvret och sedan bereda briketter. Även i utlandet, där man i regel har mycket mullrikare malmer än hos oss, men även led av malmnöd, arbetade man på samma sak, ehuru problemet där så till vida ställde sig enklare, att man där till följd av att koksen ger mera värme i masugnsställena, och därför i dessa även mycket kalkrik slagg är smältbar, ej behövde taga hänsyn till svavlet, och även för att man där rör sig mest med oxidmalmer och ej behöver tänka på uppoxidering av ferroföreningar.

De föreslagna och försökta metoderna för malmsligers och pulvermalmers förberedande för masugnsprocessen torde bäst kunna indelas i följande klasser:



Gravírav Emil Deinse

CENTRÁLNÍ ARCHIV ČESKÉHO STAVEBNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Från rostugnen föres malmen till malmbåsen vid masugnen, i vilka den nedstjälpes. Båsen, som äro av mycket varierande storlekar, böra helst hava 35 à 40° lutande botten, på det att mullen må följa med styckemalmen ut, så att ej tidtals — emot att ett bås börjar tömmas — mullprocenten må bli större. Nedtill förses båsen vid botten med fluster med stopplucka vid sådan höjd, att malmen endast behöver rakas ned i vagnen, som skall föra den till krossverket. Lämpliga mått på sådana bås äro de vid Graversfors använda: längd 4,2 m, bredd 2,5 m, höjd fram till 5,8 m och baktill 3 m.

2:o. *För malmpulverrostning.*

Malmpulvers och sligs användning på masugn har förr varit mycket inskränkt av flera orsaker, varibland de viktigaste varit:

1:o. Omöjligheten att rosta pulverformig malm i större mängd i Westmanska rostugnen, så att den blev nöjaktigt uppoxiderad och svavelfri, varigenom man hade att befara oren gång av osönderdelade ferrosilikater och mycket höjd kalk- och kolåtgång på masugnen.

2:o. Skullningar och ojämn masugnsgång även för att våra masugnspipprofiler ej voro avpassade för blåsningar av dylik malm.

3:o. Mindre tillverkning, emedan våra blåsmaskiner ej voro kraftiga nog att vid mera täppande beskickning driva in tillräcklig blästerkvantitet.

4:o. Större förluster i form av »sot» i gasledningarna med därav följande mera arbete med rensning av dessa och varmapparaterna.

Som emellertid de stigande kolprisen tvang till beskickningarnas anrikande, och våra mellansvenska gruvor dels ej kunde lämna rikare malm utan att få för stora förluster i gråbergsprocent, och det var högeligen önskvärt, att den mängd fattig varpmalm, som vid dem under tidernas längd samlats, måtte kunna tillgodogöras, gjorde sig en allmän strävan gällande att utfinna någon metod, varmed man skulle kunna av anrikad malm bereda briketter, och vad Sverige gäller även rosta dessa eller ock först rosta malmpulvret och sedan bereda briketter. Även i utlandet, där man i regel har mycket mullrikare malmer än hos oss, men även led av malmnöd, arbetade man på samma sak, ehuru problemet där så till vida ställde sig enklare, att man där till följd av att koksen ger mera värme i masugnsställena, och därför i dessa även mycket kalkrik slagg är smältbar, ej behövde taga hänsyn till svavlet, och även för att man där rör sig mest med oxidmalmer och ej behöver tänka på uppoxidering av ferroföreningar.

De föreslagna och försökta metoderna för malmsligers och pulvermalmers förberedande för masugnsprocessen torde bäst kunna indelas i följande klasser:

a) där brikettering, rostning och sammansintring förenas;
b) enbart rostning och sammansintring;
c) enbart brikettering;
d) enbart rostning.

a. Brikettering med rostning och sammansintring.

Gröndalska metoden. Denna går ut på att av fuktigt järnmalmspulver utan varje tillsättning av bindemedel slå briketter, uppstapla dessa briketter på vagnar och inskjuta vagnarna i en tunnelugn, i vilkens första del briketterna torkas och förvärmas av från förbränningsrummet bortgående skorstensgaser. I ugnens mitteldel befinner sig detta förbränningsrum, vari gas inkommer och förbrinner, och upphettas de dit ankommande briketterna till full rostningshetta då svavlet oxideras och till huvudsaklig del bortgår, varefter briketterna på vagnarna fortsätta mot ugnens andra ända, mötande den vid denna ugnsända inkommande oxidations- och gasförbränningsluften som då uppvärmes av de avsvalnande briketterna och vilkas oxidationsgrad härvid höjes.

Ändamålen som vinnas med Gröndalska anordningen äro:

1:o. sligen eller malmpulvret överföres i styckeform;
2:o. malmens oxidationsgrad höjes, om den ej redan förut består uteslutande av ren blodsten;
3:o. svavel och arsenik bortdrivas i möjligaste mån;
4:o. porositeten ökas, i briketterna genom vattnets utdrivande, i själva malmkornen genom värmets och oxidationens inverkan samt kolsyrans utdrivande;
5:o. riklig utdissociering av kol erhålles i de så behandlade briketterna i masugnens överdel.

Sligen eller malmpulvret bör hava en fuktighetshalt av 6 à 7 %. Purple ore och kisbränder åter 15 à 20 %. I en press* av Metallurgiska Aktiebolagets konstruktion slås sligen i 2 à 3 slag till briketter av 150×150×65 mm dimensioner, varpå dessa briketter med en tunn plåtspade flyttas till ugnsvagnarna, där de ställas diagonalt i glesa rader. Då vagnsplanet på så sätt fått ett lager briketter, ställes på detta ett nytt på samma sätt efter den andra diagonalriktningen, varpå vagnarna framflyttas till ugnen, där de inskjutas.

Vagnarna, se pl. XXI,** äro av järn med murade plan. Hjulaxlarna gå i rullager. Överredena äro på långsidorna försedda med tvenne fastskruvade sidoplåtar, vilka vid vagnarnas inskjutande i ugnen gå ned i sandrännor vid tunnelväggarna, på så sätt där åstadkommande tätning, medan i varje vagns fram- och bakstam finnes regel resp.

* För vars konstruktion det tillhör »Bergsmekaniken» att redogöra.
** Från J. K. A. 1908 pl. XXIV. A. Johanssons föredrag.

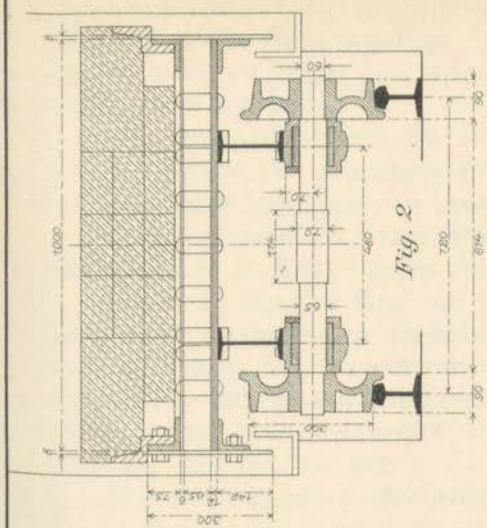


Fig. 2

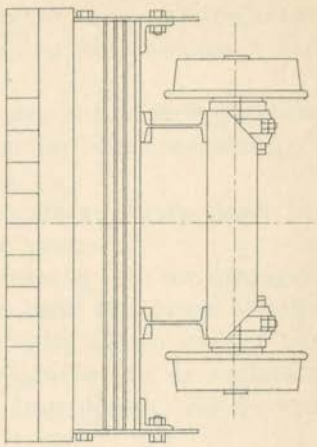


Fig. 3

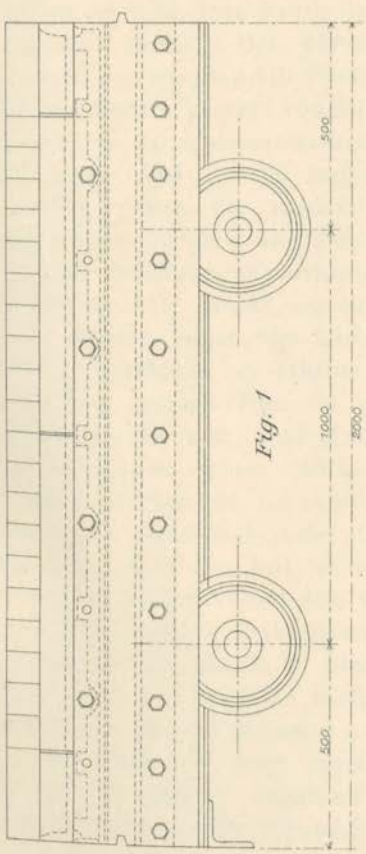


Fig. 1

Grav. av Emil Sedlak.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

skåra, som, då vagnarna tätt hopskjutas, fullborda tätningen mellan över- och underreden samt tunnelöver- och -underdel. På överredets järnstomme är fastskruvad en tackjärnsram, och i denna muras av eldfast tegel ett vagnsplan, vilka vagnsplan tillsammans i tunneln bilda själva ugnsbotten.

Om ugnen bygges vid gruvan, eldas den enbart med generatorgas, om den bygges vid masugnen, antingen enbart med masugnsgas eller ock med både masugns- och generatorgas.

Såsom exempel på nyare Gröndals ugnar av första slaget anföres här nedan se pl. XXII* ugnen vid Strossa gruvor:

Ugnen är 52,25 m lång och har en lutning från inmatningsändan av 1 : 100. Ugnen är en dubbelugn. De båda tunnlarna åtskiljas av en mellanvägg, vars tjocklek varierar på olika ställen mellan 150 och 450 mm, medan de dubbelmurade ytterväggarna vid de svalare ugnspartierna äro 450 mm nedtill och 525 mm upptill, vid de varmare åter resp. 675 och 750 mm.

Som båda tunnlarna äro alldeles lika, beskriva vi härefter endast en. I densammas övre ända (skorstensändan) inskjutes vagnen i en förstuga av plåt, rymmande en vagn (skärning 1—2), härpå ingår den i tunnelns murade del, där vid skärning 3—4 i tunnelns valv finnes en med regleringsspjäll försedd rököppning, mynnande ut i en över båda tunnlarna gående röklåda, ovan vilken skorstenen placerats. Vid skärning 9—10 expansionsspringor för väggarnas fria utvidning i längdriktningen. Vid 11—12 begynner under rälsvägen å tunnelbotten en kylkanal, vilken där medelst väggkanaler är satt i förbindelse med tunnelsugnsrum och skorstensdraget. Här kan man i vanliga fall säga, att briketternas torkning avslutats, varjämte de nu äro ganska förvärmda, och börjar nu rosthettan göra sig gällande. Som av ritningen synes, höjer sig härefter valvet, vilken höjning fortgår ända bort till närheten av sektion 13—14, där generatorgasen inströmmar genom en springa från en gastrumma, som medelst knärör genom regleringsventil står i förbindelse med generatorgasledningen. Den nedströmmande gasen träffas här av luft, som framströmmar ur springan mellan de nu vidtagande dubbelvalven, och den så uppkommande lågan förbrinner därpå i rostningsrummet dels med denna luft, dels med den luft, som framströmmar från ugnens andra ända mellan det undre valvet och vagnsplanen, vilken luft blivit uppvärmd av de färdigrostade briketterna. Övre valvet slutar vid sektion 17—18. Vid ugnens uttagsända är placerad en fläkt, som lämnar all behövlig luft, d. v. s. till springan mellan dubbelvalven, till rummet över vagnsplanen och till avkylningen av vagnsunderredena.

Det sista har man emellertid enl. A. Johansson funnit medföra att luft underifrån vagnarna vill sila upp genom diverse otätheter mellan vagnarna, då verkande utspädande och avkylande över dessa,

* Från J. K. A. 1908 pl. XXVI. A. Johanssons föredrag.

varför man numera begagnar sugfläktsluft i stället för pressluft under vagnarna. Den så utsugna av vagnsunderredena uppvärmda luften kan sedan tillsammans med överskottsvarmbläster användas för slighusets uppvärmande.

För att minska värmeutstrålningen från valven äro dessa täckta med ett sandlager.

Pl. XXIII* visar anordningen vid Sandviken för eldning med både masugns- och generatorgas.

Generatorgasen nedkommer här på samma sätt som vid Strossa men förbrinner endast med den luft som framkommer under det undre valvet. Den luft åter, som förvärmes mellan dubbelvalven, går genom en ytterledning fram till en springa framför masugnsgasspringan — från ugnens insättningsända räknat — förbrännande dess gas. Bergsingenjör Arvid Johansson beskriver denna dubbelgaseldning så, att den hastigare förbrinnande generatorgaslågan av den långflammigare mindre intensiva masugnsgaslågan nedpressas till och i briketstaplarna. Härigenom vinnes, att skarpaste hettan träffar dessa, medan valvet hålles svalare och därigenom skyddas mot för hastigt försmältande.

Angående rostningsförlopp och rostningseffekt kan sägas vara visat:

Är malmernas svavelhalt låg, så kan man med enbart masugnsgas åstadkomma fullkomligt tillfredställande rostning, vad såväl oxidationen av järnföreningarna och svavlet angår, som briketternas hållfasthet i masugnen. Med masugnsgas brända briketter hava dock hittills blivit för lösa att kunna transporteras långa vägar, och det isynnerhet om de därunder utsättas för omlastning, men d:r Gröndal håller, då detta skrives, just på med en konstruktion varigenom masugnsgasen skall giva så hög hetta, att briketterna bliva både fullt hållbara och tillfredsställande svavelfria, även om malmens svavelhalt är hög. Enligt Fred. Carlson har man vid Carlsvik, då därvarande ugnar gå med enbart masugnsgas, i förbränningsrummet endast 1000—1150°, medan generatorgasen ger upp till 1450°. Vid detta bruk, som använder svavelren Gällivareslig, blir rostningsresultatet i alla fall utmärkt med enbart masugnsgas. Generatorgasen tillgriper man endast för rostning av sådana briketter, som skola från verket bortsändas.

Arv. Johansson anför angående briketternas hållbarhet bland annat, att olika sliger visa mycket olika förhållanden såväl vid briketteringen som den därpå följande bränningen, och att som regel gäller, att ju mera finkrossad sligen är, dess lättare låter den forma sig till hållbara briketter. Uppgår blodstenshalten till 50 %, falla briketterna lätt sönder både vid uppstaplingen och isynnerhet i ugnen, sedan vattnet avdunstat och magnetitkornen ännu icke genom oxida-

* Från J. K. A. 1908, pl. XIII. A. Johanssons föredrag.

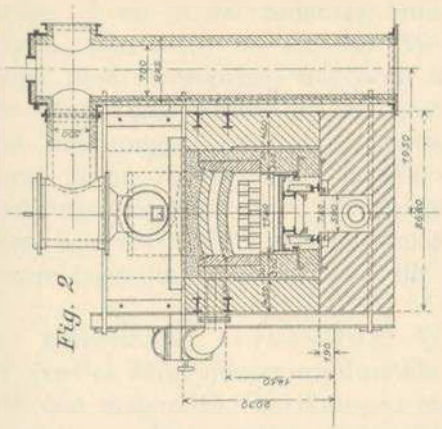
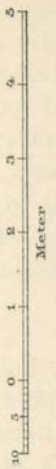


Fig. 2



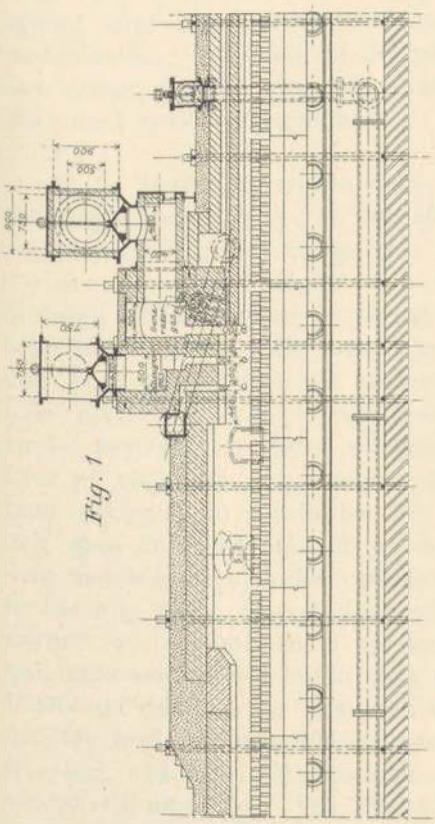


Fig. 1

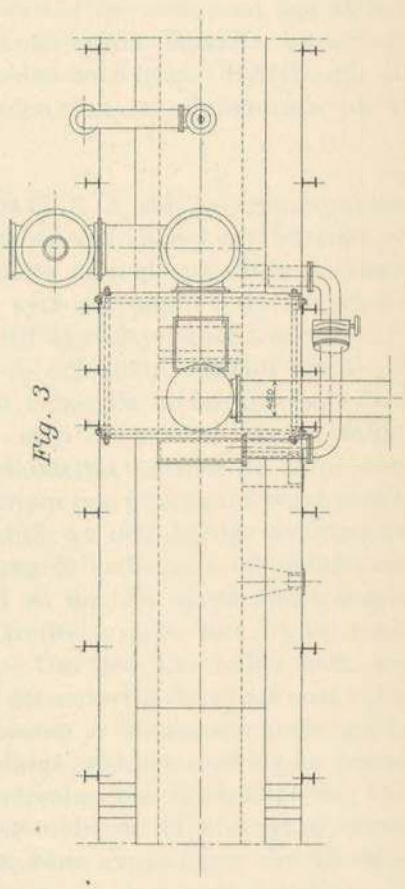


Fig. 3

Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

tion fått bindande förmåga. Ju rikare sligen är, desto högre temperatur tål och behöver den i regel för att man skall få fasta briketter, ehuru en del undantag finnas från denna regel t. ex. Gällivaresligen, som trots sin järnhalt, 69—70 %, vid Carlsvik ger som ovan sagts med masugnsgas nog fasta briketter. Detta anser han bero på att sagda slig beretts av en grovkristallinisk malm, vars kristaller vid krossningen splittrats i skarpa flisor och korn, som genom sin form få en mycket stark bindkraft. Är sligen 60—62 %:ig skall en rostningstemperatur av 1350° ge fasta briketter, vid 65—69 % järnhalt åter behöves 1400°. Temperaturskillnaden mellan ugnens övre och undre lager har A. J. uppmätt till 50°.

Briketternas avsvavling: Vi hava redan förut påpekat, att om ej svavlet förekommer uteslutande som magnetkis, så inträffar redan vid den magnetiska anrikningen en svavelrening, vilken sedan ökas i rostugnen. Över denna Gröndalska ugnens svavelrenande förmåga hava flere omfattande undersökningar gjorts, först av F. G. Stridsberg och sedan även av ingenjörerna vid de verk, som äga sådana ugnar, samt har häröver vid bergskoleresorna lämnats intressanta meddelanden, av vilka en del här nedan meddelas. Hänvisande till vad nedan skrives om oxidationsgraden, intages densamma på en gång med svavelreningen här:

F. G. Stridsberg visade redan 1904 (J. K. A. sid. 457) genom undersökningar av briketter vid Bredsjö, att svavelhalten i briketternas yta var högre än i deras kärna, och att detta berodde på, att järnoxiden i närvaro av svavelsyrlighet och fritt syre ger upphov till svavelsyrebildning. Hindras kan för övrigt ej, att svavelsyrlighet kvarstannar i briketternas porer hela ugnen igenom, och detta samfällt gjorde, att man kom på den idén att med vatten behandla de färdigbrända ännu heta briketterna. Så t. ex. försökte man att med en kraftig vattenstråle bespruta de nyss uttagna briketterna, medan de ännu stodo kvar på vagnarna, och ernådde härigenom nog ytterligare svavelrening, men vagnsplanen förstördes för snabbt av den häftiga avkylningen och man övergick då till att nedraka briketterna å ett metallband, som nedförde dem under vattenytan i en ho och därpå åter transporterade upp dem. Svavelhalten var härefter ungefär lika i ytan som i kärnan, såvida malmen ej var kalkig. Om den åter håller kalk, som kan med svavelsyran bilda gips, går det naturligtvis ej att med vatten borttvätta denna, men kan man då, såsom A. Johansson anför, genom att före briketteringen blanda den kalkiga malmen med lagom portion kvartsig, i alla fall åstadkomma svavelrening om tillräckligt hög rostningshetta användes. Vid 1350 à 1400° utdriver då kiselsyran svavelsyran och briketterna bli härigenom både svavelfriare och starkare. Vid flere verk har man funnit, att sligens kornstorlek spelar en viss

Tabell L.

Malmslig från	Före och efter rostningen				Oxidationsgrad	
	Järnhalt		Svavelhalt			
	före	efter	före	efter	före	efter
Herrängsgruvorna, svartmalm . .[1]	?	58,45	0,459	0,018	88,1	97,5
Smältarmossgruvan » eng.[1]	55,68	58,74	1,150	0,046	91,4	92,9
1:ma Kristjärn, kalkig svartmalm[1]	54,40	53,10	0,234	0,148	85,0	98,0
2:da » » » [1]	55,11	59,40	0,673	0,275	80,4	96,7
Gällivare, eng. » [2]	72,39	69,77	0,003	sp	87,5	97,7
» » » [3]	72,38	69,49	0,003	0,002	89,9	99,8
Herräng, kvartsig svartmalm 3:sil.[3]	65,20	63,01	0,170	0,003	89,0	99,5
» » » » [3]	60,12	58,45	0,320	0,008	89,1	99,8
Kärrgruvan, Flogb., svartmalm med magnetkis och kopparkis . . . .[4]	64,09	63,64	0,190	0,011	—	—
Gullblanka svartmalm, med magnet, svavel- och kopparkis[5]	—	—	1,241	0,076	—	—
» svartmalm, med magnet-, svavel- och kopparkis[6]	—	—	0,735	0,039	—	—
Sirsjöberg, Sikfors	63,39	62,1	0,012	0,012	91,1	97,4
» »	65,10	63,2	0,019	0,016	91,1	96,1
Haggruvan »	65,3	63,0	0,188	0,019	—	98,1
» »	67,0	65,6	0,947	0,039	—	99,1
Korsgruvan, Uttersberg . . . . .[7]	—	—	0,009	0,004	—	—
Persgruvan » . . . . .[7]	—	—	0,046	0,003	—	—
Ösjöberg, Bredsjö, generatorgas .	—	—	0,077	0,013[8]	—	—
Gustavsberg » » .	—	—	0,542	0,008	—	—
Ösjöberg + Rishöjd, Bredsjö, generatorgas .	—	—	0,098	0,007[9]	—	—
» + » Bredsjö, generatorgas .	—	—	0,068	0,020[10]	—	—
» + » Bredsjö, generatorgas .	—	—	0,068	0,003[11]	—	—
Vargbergets kis, råmalm	48,6	—	1,138	—	—	—
» briketter	63,2	—	0,736	0,042[8]	—	—
	63,2	—	0,736	0,024[9]	—	—

[1]) F. G. Stridsberg. [2]) U. Forsberg & F. Carlson. [3]) Gröndal, J. K. A. 1905. [4]) Medelprov av 4 månaders provtagningar. [5]) Grovmald slig. [6]) Finmald slig medeltal för 4 månader. [7]) Vanligen 1400° temp. [8]) Otvättade briketter. [9]) Tvättade briketter. [10]) Vagnens mitt. [11]) Översta raden.

roll även vid avsvavlingen, så att finkornigare briketter bliva med samma begynnelsesvavelhalt svavelrenare än de grovkornigare.

Att det kan hända, att det understa brikettlagret ej blir så svavelrent som det översta, då man behöver använda mycket hög rosthetta, är beroende på, att understa lagret ej så direkt utsättes för de brinnande gaserna. Vid en anläggning försökte man bättra detta genom att ställa teglen i nedersta skiftet längs med ugnen och endast dem

i det översta diagonalt, men härmed vanns föga, utan använder man numera flerstädes det av A. Johansson förordade sättet att utelämna en och annan rad i överskiftet vid inresningen.

Oxidationsgraden kan i Gröndals ugn vid rostningen av svartmalm drivas upp till en höjd, som aldrig kan ernås i en Westmans ugn.

Med en järnmalms oxidationsgrad menar man förhållandet mellan den i malmen vid järnet bundna syrekvantiteten och den syrekvantitet, som motsvarar malmens summa järn i blodstenssammansättning, således:

$$\text{oxidationsgraden} = \frac{\text{förefintligt vid Fe bundet O}}{\frac{48 \cdot \text{Fe}}{160}}.$$

I tabellen finnas anförda exempel, visande en upprostning ända till 99,8 % av blodstensoxidationsgraden. Vid Gröndals rostugn gäller härvid samma regel som vid Westmans, eller för att ernå, att svartmalm uppoxideras till blodsten, behöver man ej hålla mera än ljusröd till gulvärme, och att om temperaturen drives upp mot sintringshetta, så förloras åter en del av vad som vunnits i oxidationsgrad. Men i olikhet mot vid Westmans ugn, bjuder Gröndals det stora företrädet, att sedan briketterna sintrat, och då de lämna sintringsrummet, hava de en lång väg till att passera utsatta för ren, het, skarpt oxiderande luft. Därför kan man vid denna ugn bli i tillfälle iakttaga, hurusom svartmalmsbriketter uppoxideras till blodsten i ugnens första del, så avgiva en del syre — gå ned i oxidationsgrad — i rostningsdelen, och så åter gå upp till så gott som ren blodsten i ugnens avkylningsdel. För den slutliga svavelreningen i rostrummet är tydligen just av allra största betydelse detta från Fe_2O_3 inne i briketternas massa frigjorda syre. Samma kraftiga slutrening får man förstås också vid sinterrostning av svavelhaltiga blodstensbriketter.

Men ävenledes gäller vid Gröndals som vid Westmans ugn, att håller malmen lättsmält bergartsblandning och sinterbrännes, så glaseras malmkornens ytor och sen blir ej återoxideringen så fullständig och reduktionen i masugnen försvåras. Så sinterbränning är även här nödfallsutväg!

Briketternas porositet och egentliga vikt äro naturligtvis ganska växlande. Den förra beror till god del på sligens grovkornighet — grövre slig ger porösare briketter — men naturligtvis även på rostningstemperaturen, så att minsta porositeten förefinnes i de sinterbrända teglen. Egentliga vikten beror på sligens järnhalt och finkornighet, på den i rostningen ernådda oxidationsgraden och på den använda temperaturen, vilket allt ej erfordrar förklaring.

Av bergseleverna gjorda provvägningar hava vid ett verk där generatorgas användes och malmen håller 66 % järn ej fullt sinter-

brända briketter i medeltal haft en styckevikt av 4,75 kg och eg. v. = 3,25, vid ett annat ävenledes med generatorgaseldning och en järnprocent i malmen av 61 % »svagbrända» briketter haft en eg. v. = 2,91, nära sinterbrända åter 3,18 och med styckevikten växlande mellan 4,25 och 5,08 kg. Porositeten var härvid 28 och 26 %, medan vid ett tredje verk, där för svavlets skull briketterna brännas hårt, en malm med Fe = 62,8 hade brikettvikt = 4,44 kg, sp. v. = 4,13 och porositet = 31,4 % och en annan med 65,3 % Fe. b. v. = 4,53 kg, sp. v. = = 4,27 och porositet = 29,9.

Angående ugnars av denna typ igångsättande och skötsel, påeldas de vanligen på så sätt, att de först torkeldas genom att ved inlägges på botten utefter hela ugnen och antändes. Vid nymurad ugn tager torkeldningen minst 3 veckor. När ugnen så blivit väl förvärmd, inskjutas vagnar med ved på till gasintaget, och allt efter som deras ved förbrinner, inskjutas nya vagnar med ved under c:a 4 dygns tid och härpå vagnar med briketter, och då man ser, att värmen vid gasintaget så tillåter, påsläppes gasen, men ej till för stor kvantitet första tiden och ej med alltför starkt drag, ty då kan hettan stiga så raskt, att ugnsvalv och väggar fara illa därvid. När ugnen äntligen kommit upp i normal värme, är skötseln enkel nog, ty då har man blott att tillse, att gastillopp och blästerpåsläppning motsvara önskad rostningshetta och produktion. Härvid anger lågans längd och lyskraft om förhållandet mellan gas och luft är det rätta, vid för mycket luft blir den kort och skarp, vid för litet lång och »gul».

Skall malmen sinterrostas får man ej mata in så många vagnar per dygn, som om det endast gäller höja oxidationsgraden.

Av vid bergskoleresorna bekomna upplysningar kunna anföras nedanstående:

Bruk n:r 1. 169 briketter placeras å varje vagn, pressandet och placerandet av en vagnslast tager 14,1 min. Sligimatningen och brikettstaplingen skötas av 2 man. Ugnen är en enkelugn med 55 m längd. Briketterna utkomma ur ugnen svagt brunvarma och vägas genast samt väger en vagnslast briketter vanligen c:a 830 kg. Ugnen eldas uteslutande med generatorgas av stenkol från en Tholanders generator. Generatorn skötes av en man per skift om 12 tr, 85 kg stenkol per fyllnad och 8 à 9 fyllnader per skift. Ugnen skötes av 1 man per skift.

Åtgången av eldfast tegel: 3500 st. $12'' \times 6'' \times 3''$ Hyllinge A-tegel, 11250 st. d:o d:o G-tegel, 250 st. $12'' \times 6'' \times 3'' \times 2{,}5''$ d:o A helstensvalvtegel, 250 st. $12'' \times 6'' \times 3'' \times 2''$ d:o G. halvvalvsten, 3000 kg d:o A-lera, 9000 d:o G-lera, 3000 st. $12'' \times 6'' \times 3''$ silica.

Samtidigt inne i ugnen äro 27 st. vagnar och en vagn inskjutes vanligen varje $^3/_4$ timma, och var vagn stannar inne $20^1/_4$ tr, således rostas i regel 32 vagnar per dygn. Vid detta verk bliva briketterna avsevärt svavelrenare i ytan än i kärnan, således omvänt mot det

vanliga. Om briketter med 0,282 % S rostas 22,5 timmar, nedgår S-halten till 0,050 %, om 27 timmar användas blott 0,029 % S.

Bruk n:r 2. 156 briketter å varje vagn. En vagn lastas på 13 min. En enkelugn och en dubbelugn, båda 55 m långa. Vanliga rosttemperaturen 1400°. Två Tholanders generatorer lämna gasen, och bränslet utgöres av en blandning per sättning av 126 kg stenkol, 0,8 hl pinnar och 0,5 hl torv, eller en bränsleåtgång per ton briketter = 0,0605 ton stenkol + 0,04 m^3 pinnar + 0,02 m^3 torv. Gasen håller CO_2 = 2,1 %, CO = 28,0 %, H = 13,8 %, O = 0,8 % och N = 55,3 %. En vagn insättes var 40:de minut per tunnel.

Bruk n:r 3. 180 briketter per ugn. 3 st. ugnar 45,6 m och 1 ugn 55,2 m längd eldas med stenkolsgas sammansatt CO_2 = 5,1 %, CO = 25,1 %, C_2H_4 = 0,2 %, CH_4 = 2,1 %, H = 9,2 %, N = 58,2 %.

Bruk n:o 4. En dubbelugn. Generatorgas av stenkol från Berglöfs generator. Ugnsmaterialen utgöres av slagg och rödtegel samt silica. Använd temp. 1350—1430° till följd av mycket kisrik slig. 30 m skorsten med 1 m inre toppdiameter. Stenkolsåtgången varierar mellan 7 à 8 %. Produktionsvikten 26,9 ton per vecka och tunnel. Briketterna ställas i två lager per vagn och 180 st. vid mera lättrostad, 150 st. vid svårrostad slig, 14 vagnar rymmas per tunnel, 35,5 vagn rostas per dygn. När endast 1 tunnel går utgöres besättningen av 4 man per skift. En vagns färdigrostade briketter väga i medeltal 760 kg, mot 807 kg.

Bruk n:r 5. En enkelugn med Tholanders generator. Ugnens längd = 52,5 m. Skorstenens höjd 27,4 m med inre toppdiameter = 0,9 m. Ugnsmaterialet utgöres av slaggtegel samt Bjuv F och K. Använd rostningstemp. 1350—1400°. Stenkolsåtgången 6,3 % av brikettvikten. En vagnslast färdigbrända briketter väger c:a 750 kg. 48 vagnar brännas per dygn Fabrikationskostnaden per ton briketter utöver sligpriset 2,90 kr. per ton.* Arbetspersonalen = 5 man per skift och två skiftlag. Kraftåtgång 15 hkr.

Bruk n:r 6. En dubbelugn av 55 m längd. På varje vagn ställes 169 briketter. 32 vagnar rostas per dygn. En Tholanders generator av 2 m inre diam. 10 man per skift och två skiftlag. Brikettkostnad 4,75 kr. per ton, vari 1,91 kr. sligkostnad, men tillkommer licenskostnaden samt ränta och amortering 1 kr. per ton.

Bruk n:r 7. 2 enkla ungnar av 51,2 m längd. 169 briketter per vagn. Skorstenshöjden = 20 m. En Tholanders generator av 1,5 m inre diam., 2,5 eff. höjd. Kolåtgången 5,5—6,5 %. 3 skiftlag om 7 man vardera. Rostningstemperaturen vanligen 1400°. 0,20 % S i sligen. Brikettkostnad 3,78 kr. per ton, sligpris samt ränta och amortering ej medräknade. Anrikningskostnaden angavs till 3,75 kr. för sligen till 1 ton briketter.

Bruk n:r 8. En enkelugn 45 m lång. Masugnsgas och generatorgas. Tholanders generator av 1,5 m inre diam. och 2,6 m eff.

* Vid Sandviken enl. A. Johansson 2,89 kr. per ton.

inre höjd. 184 briketter inresas på varje vagn och 16 vagnar per skift. Ugnen rymmer 22 vagnar och rostar 28—32 vagnar per dygn. Rostningstemperaturen 1300—1400°. 24 à 30 ton briketter per dygn. Stenkolsåtgången 5,99 % per brikettvikt. Brikettkostnad 14,67 kr. per ton, vari ingår 1,1 ton slig à 10 kr. per ton. 4 man per skift.

Gröndal har själv i S. u. E. 1911 sid. 549 avgivit i nedanstående tabell LI antecknade siffror och de under tabellen upptagna briketteringskostnaderna och samtidigt påpekat, att den brikettkvantitet, som i hans ugnar tillverkas i vårt land, i järnhalt motsvarar $^1/_3$ av Sveriges hela tackjärnstillverkning:

Tabell LI.

Anrikningsverkets namn	Råmalm			Slig			Briketter			Årlig tillverkning
	Fe %	S %	P %	Fe %	S %	P %	Fe %	S %	P %	ton
Stråssa	46,8	0,03	0,015	69,2	0,015	0,005	67,1	0,005	0,003	60000
Luleå	47,0	0,02	0,800	71,8	0,003	0,005	69,8	0,001	0,005	45000
Guldsmedshyttan	50,7	3,00	0,003	70,1	0,500	0,002	68,2	0,010	0,002	30000
Herräng	40,2	0,21	0,003	67,3	0,170	0,002	65,5	0,003	0,002	30000
Flogberget	27,3	0,31	0,003	67,4	0,040	0,003	65,5	0,007	0,003	24000
Bredsjö	35,0	0,15	0,010	67,2	0,050	0,004	65,1	0,020	0,004	20000
Riddarhyttan	52,8	0,03	0,006	66,2	0,017	0,003	64,4	0,010	0,003	20000
Norberg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12000
Horndal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12000
Sandviken	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12000
Uttersberg	34,5	0,02	0,240	67,2	0,020	0,016	65,1	0,003	0,004	12000
Hellefors	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10000
Vigelsbo	35,2	0,45	0,026	67,1	0,089	0,002	65,2	0,010	0,003	10000
Hälsingborg	Kisbränder			60,6	0,170	—	60,6	0,023	—	50000

Således summa 347000 ton.

Briketteringskostnaden växlar något vid olika verk, men ställer sig i genomsnitt till 3 kr per ton och fördelar sig som följer:

Arbetslöner:	Sligframfraktning	0,28 kr.	
	Pressning och uppstapling	0,32 »	
	Ugnens skötsel	0,15 »	
	Gasgenerering	0,09 »	0,84 kr.
Stenkol 6 % à 20 kr. per ton		1,20 kr.	
Smörjmedel		0,30 »	1,23 »
Reparationer:	Å pressarna	0,14 kr.	
	» vagnarna	0,36 »	
	» ugnarna	0,14 »	0,64 »
Diverse		0,08 kr.	
Tillsyn och dylikt		0,18 »	0,26 »
		Summa	2,97 kr.

Skatter, ränta och amortering ej inräknade.

Grav. av Emil Sachse

Fig. 4

Fig.

W. Peterssons metod går ut på att först rosta järnmalmspulvret så, att det svavelrenas och fullständigt uppoxideras, därpå slå det i brikettform samt sedan giva dessa briketter tillräcklig styrka genom att ytreducera dem. I kombination med G. O. Peterssons rostugn och E. Sieurins reduktionsmetod, skulle metoden kanske kunna på vissa platser bliva ekonomiskt möjlig, alldenstund den skulle medföra en avsevärd vinst vid malmens nedkrossning, genom att denna ej skulle behöva drivas så långt vid malmer med ej för fint fördelad bergart.

Rudolf & Landins metod gick ut på att efter malmpulvrets rostande blanda det med slaggbildande medel, kol- eller torvpulver och ett bindeämne, av blandningen i maskin slå briketter, upphetta dessa briketter i rör eller retortrar c:a 4 timmar under tillvaratagande av tjära och andra kondenserbara gaser, och härefter i en Wellmanugn smälta dem till järn och stål av den sammansättning, man önskade. Metoden var dock ej ekonomiskt utförbar i praktiken.

b. Enbart rostning och sammansintring.

G. O. Peterssons rostugn och rostningsmetod (se pl. XXIV). Denna ugn som, då detta skrives, blivit utförd utom vid Dals bruk i Finland, där den första byggdes, även vid Långbanshyttan och Karmansbo hytta i Köping, lämnar, om den skötes med tillräckligt hög temperatur, malmpulvret i välrostade sammansintrade rusor, och intages här nedan G. Ekmans beskrivning över densamma från »Blad för Berghandteringens vänner» årg. 1909.

»Ugnen är utförd i fullständig överensstämmelse med de ritningar, som för en ugn av denna storlek utfördes av den sedan sorgligt omkomne uppfinnaren, överingenjören G. O. Petterson vid Dals Bruk i Finland.

»En liknande ugn, ehuru av mindre storlek, konstruerades och uppfördes av honom vid Dals Bruk år 1905, och finnes beskriven i Jernkontorets Annaler för samma år. Där förekommer också ritning, beskrivning och redogörelse för arbetssättet å den större ugnstyp, vilken nu är uppförd vid Långbanshyttan. Ur denna ingenjör Pettersons avhandling tillåter jag mig med hänvisning till pl. XXIV fig. 4 anföra följande.

»Då rostgodset utgör så att säga en del av ugnen eller med andra ord bildar väggar och botten i samtliga rostningsrum, framställes i fig. 4 det läge malmen intager, sedan ugnen blivit fylld. Den malm, som är betecknad med punkter, bliver under hela tiden kvarliggande i ugnen och bildar vad man kallar rostugnskäglor, då däremot malmen betecknad med + under rostningens gång nedkrokas så att den kan medfölja den malm, som betecknas med 0. Malmen betecknad 0 innehar det läge i ugnen, att den, så länge den är i pulverform och varm, av sig själv nedfaller från valv till valv, om man borttager rostgods från uttagsöppningen. Sedan hettan i rostrummen drivits så

Fig. 4

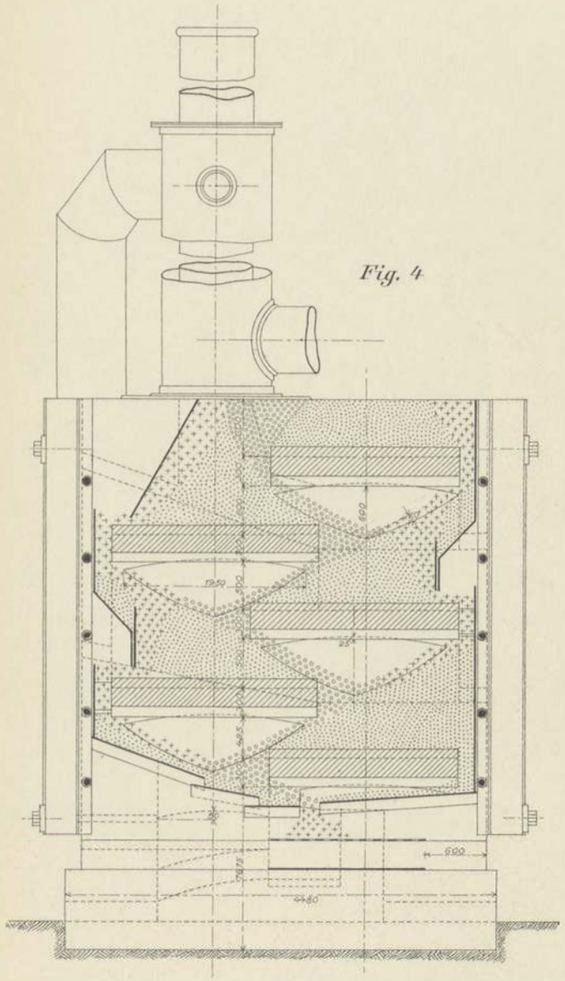
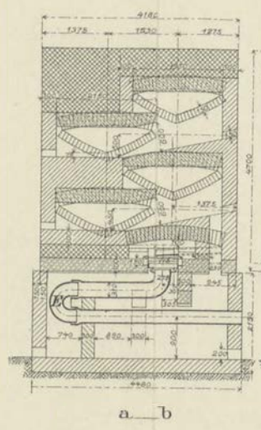
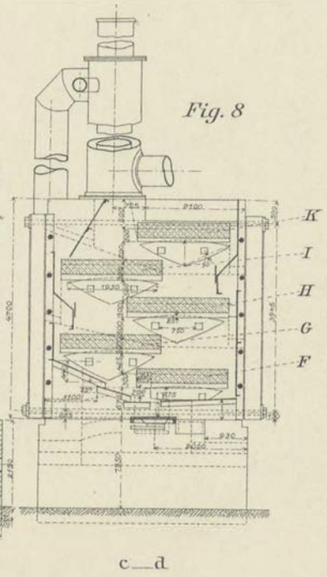


Fig. 9



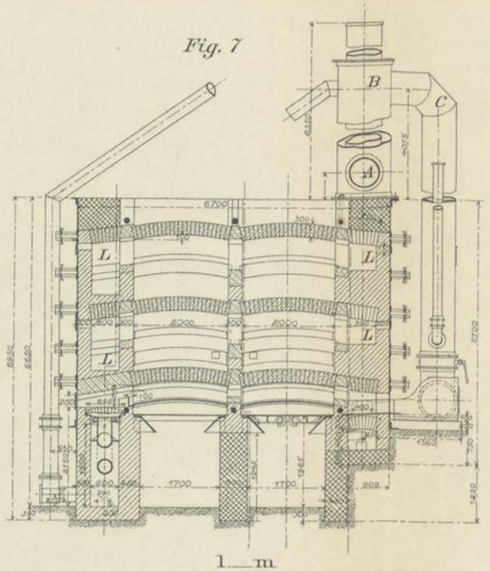
a—b

Fig. 8



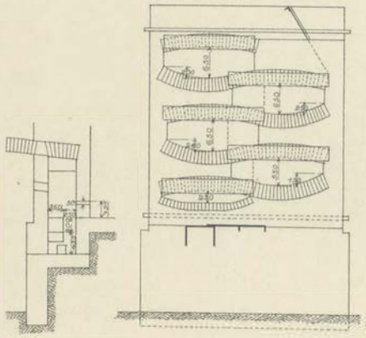
c—d

Fig. 7



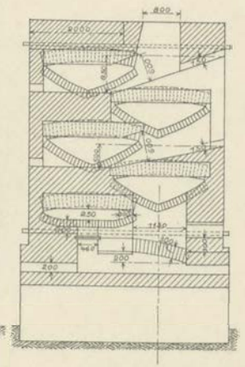
l—m

Fig. 6



g—h

Fig. 5



e—f

Fig. 1

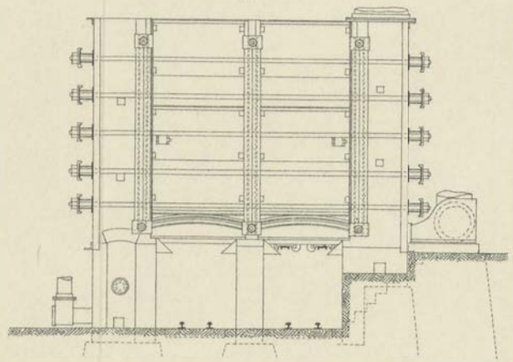


Fig. 2

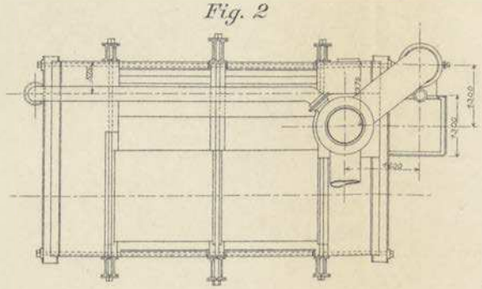
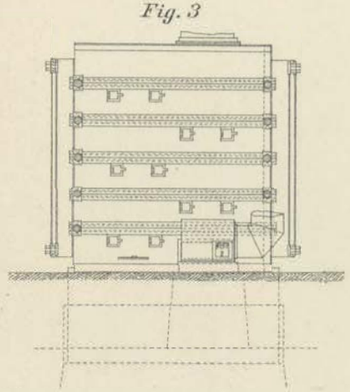


Fig. 3



Graf. av. Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

W. Peterssons metod går ut på att först rosta järnmalmspulvret så, att det svavelrenas och fullständigt uppoxideras, därpå slå det i brikettform samt sedan giva dessa briketter tillräcklig styrka genom att ytreducera dem. I kombination med G. O. Peterssons rostugn och E. Sieurins reduktionsmetod, skulle metoden kanske kunna på vissa platser bliva ekonomiskt möjlig, alldenstund den skulle medföra en avsevärd vinst vid malmens nedkrossning, genom att denna ej skulle behöva drivas så långt vid malmer med ej för fint fördelad bergart.

Rudolf & Landins metod gick ut på att efter malmpulvrets rostande blanda det med slaggbildande medel, kol- eller torvpulver och ett bindeämne, av blandningen i maskin slå briketter, upphetta dessa briketter i rör eller retortrar c:a 4 timmar under tillvaratagande av tjära och andra kondenserbara gaser, och härefter i en Wellmanugn smälta dem till järn och stål av den sammansättning, man önskade. Metoden var dock ej ekonomiskt utförbar i praktiken.

b. Enbart rostning och sammansintring.

G. O. Peterssons rostugn och rostningsmetod (se pl. XXIV). Denna ugn som, då detta skrives, blivit utförd utom vid Dals bruk i Finland, där den första byggdes, även vid Långbanshyttan och Karmansbo hytta i Köping, lämnar, om den skötes med tillräckligt hög temperatur, malmpulvret i välrostade sammansintrade rusor, och intages här nedan G. Ekmans beskrivning över densamma från »Blad för Berghandteringens vänner» årg. 1909.

»Ugnen är utförd i fullständig överensstämmelse med de ritningar, som för en ugn av denna storlek utfördes av den sedan sorgligt omkomne uppfinnaren, överingenjören G. O. Petterson vid Dals Bruk i Finland.

»En liknande ugn, ehuru av mindre storlek, konstruerades och uppfördes av honom vid Dals Bruk år 1905, och finnes beskriven i Jernkontorets Annaler för samma år. Där förekommer också ritning, beskrivning och redogörelse för arbetssättet å den större ugnstyp, vilken nu är uppförd vid Långbanshyttan. Ur denna ingenjör Pettersons avhandling tillåter jag mig med hänvisning till pl. XXIV fig. 4 anföra följande.

»Då rostgodset utgör så att säga en del av ugnen eller med andra ord bildar väggar och botten i samtliga rostningsrum, framställes i fig. 4 det läge malmen intager, sedan ugnen blivit fylld. Den malm, som är betecknad med punkter, bliver under hela tiden kvarliggande i ugnen och bildar vad man kallar rostugnskäglor, då däremot malmen betecknad med + under rostningens gång nedkrokas så att den kan medfölja den malm, som betecknas med 0. Malmen betecknad 0 innehar det läge i ugnen, att den, så länge den är i pulverform och varm, av sig själv nedfaller från valv till valv, om man borttager rostgods från uttagsöppningen. Sedan hettan i rostrummen drivits så

högt, att malmen sintrar till rusor, måste man givetvis genom krokning underlätta malmens nedfallande, men är detta en jämförelsevis lätt sak, emedan malmen valv från valv undermineras vid dragning av malm ur ugnen.

»Gasens, luftens och förbränningsprodukternas gång genom ugnen är följande (se pl. XXIV):

»Efter att hava inkommit genom röret A i förvärmaren B, avledes gasen därifrån medelst röret C till antändningsrummet D. Behövlig luft inkommer genom det uppvärmda röret E, passerar sedan under valvet F i beröring med den färdigbrända, heta malmen och inkommer i rummet D genom kanalsystemet L. I kanalen L finnes ett spjäll för reglering av lufttilloppet. Från rummet D ledas förbränningsprodukterna under valvet G till ugnens andra ände, där de i vändkanalen N föras snett uppåt under valvet H och sedan på samma sätt under valven I och K till skorstenen.

»Genom den vid Långbanshyttan vunna erfarenheten visar sig, att varmapparaten B för gas saklöst kan undvaras, enär den snarare gjorde skada än gagn, medan skorstensgaserna utgå mycket kalla.

»Ugnen vid Långbanshyttan är byggd för en kapacitet av 10 tons pr dygn, eller c:a 2800 tons pr år. Som bränsle användes endast masugnsgas. Tre man pr skift ombesörja allt arbete vid såväl en 6-uttags Westmans rostugn som Pettersons-ugnen. Innan den sistnämnda uppfördes, erfordrades för rostningen två man pr skrift, således en man mindre. Kostnaden för rostningen i Pettersons-ugnen har hittills inskränkt sig till mellan 75 öre och kr. 1,50 pr ton slig, beroende på huru mycket slig som rostats. Denna har varierat mellan 12 ton per dygn, eller omkring hälften av beskickningen, och 3 ton, eller föga mer än en tiondel därav, beroende på ägarnas malmdispositioner. I kalkylerna beräknas kostnaden till 1,25 kr. per ton slig, vilket visat sig tillräckligt. Bränsle och underhållskostnader hava hittills icke kommit i fråga, enär — beträffande det förstnämnda — annan användning för masugnsgasen ej finnes, och — beträffande det senare — ugnen från början byggts så solitt och konstruktionen så väl förhindrar uppkomsten av slitning på murar och valv att reparationer knappast synas behöva komma i fråga annat än i rätt avlägsen och nu ej skönjbar framtid. Ugnen drogs på vid midsommartiden 1908 och har sedan allt jämt varit i gång, undantagandes 4 veckor, som hyttan var dämd på grund av kolbrist, samt en vecka, som gick åt vid borttagandet av den förut nämnda varmapparaten för gas. Produkten utgöres av sintrade rusor och delvis sintrat pulver, och är praktiskt taget blodstensmalm. Vid uppsättning på masugnen gör detta pulver ingen olägenhet. Sotning förekommer ej mera med än utan bränd slig.

»Då det icke gäller att bortrosta svavel, är det därför icke nödvändigt att driva sintringen längre, än att man erhåller c:a 50 % pulver

mindre än 0,6 mm. De vid Långbanshyttan använda olika sligsorterna äro också alldeles svavelrena, utom i ett fall nämligen den, som är anrikad varp från Limgruvan, och är en kalkmalm hållande cirka 62 % Fe och 0,248 % S. En sådan slig bör brännas så hårt, att endast 20 % pulver erhålles. Produkten håller då 0,0025 % S.

»Vid Långbanshyttan torde omkring 15 % av masugnsgasen komma Petterssons-ugnen till godo, och är denna kvantitet nog för behovet av rusbränd slig. Det är dock utom allt tvivel, att vid hyttor med större drivning, som ej äro nödsakade att släppa en större kvantitet gas till Westmansugnen för rostning av fattiga malmer, vilka måste ingå i beskickningen, och där således rikligare tillgång på gas finnes, produktionen hos en liknande ugn kan betydligt ökas.

»Ugnen är i värmetekniskt hänseende synnerligen ekonomisk, ity att utstrålningen är liten, och skorstensgaserna äro kalla. Den bör därför lämpa sig även för eldning med generatorgas, och kan således fördelaktigt även uppställas vid anrikningsverk, där ej masugn finnes.

»Resultatet av användningen av ugnen är det, att malmningen verkligen kan ökas lika bra med rusbränd slig som med briketter. Den medför därför ock en mycket avsevärd minskning i tackjärnets tillverkningskostnad.

»Med 50 % rusbränd slig i beskickningen har vid Långbanshyttan malmningen ökats med 20 % på samma kolsättning, oaktat kolen nu äro betydligt sämre än förut.

»Jag tror med anledning av framgången vid Långbanshyttan med dessa för vårt land nya apparater, att såväl stampverken såsom finkrossningsmaskiner för järnmalmer och Pettersons nya ugn för rostning av sligen anvisa enklare och genare vägar för anrikning av magnetitmalmer och rostning av alla slags pulverformiga malmer än man hittills haft att följa.»

Ekman nämnde även att försök för jämförelse mellan Gröndals briketter och denna rusmalm gjorts vid Långbanshyttan, och att då visat sig, att kolåtgången blev oförändrad, vare sig ena eller andra sorten användes.

Ferniverkens agglomirförfarande förut i historiken kort omnämnt* hör även under denna grupp rostningsmetoder. Metoden som har visat sig utmärkt användbar, blott man ej driver hettan i rullugnarna högre (c:a 1000°) än att malmkornen endast sintra samman vid varandra utan att smälta (då de fastna vid rullugnens väggar), utföres på så sätt, att malmpulver- eller sligblandningen (om det gäller rosta och sammansintra flera sorter) ifrån en skaktratt får nedrinna i övre ändan av en lång rullugn. I dennas övre ända utgår, bredvid där malmen inkommer, en rökkanal till skorstenen. Vid denna rullugns nedre ända befinner sig en fast, murad vertikal kanal genom vilken de sammansintrade bollarna och malmkornen få nedfalla och inkomma

* Ritning se S. u. E. 1910 sid. 757.

i en annan mindre, även ledes i vridrörelse befintlig cylinder av grovplåt, där den mötes av kylluft. I rullugnens nedre ända inkommer från en fläkt en blästerledning. Denna blästerledning är på ett ställe försedd med ett grenrör, genom vilket från en ovanför placerad behållare kolpulver nedskakas. Kvantiteten kolpulver kan genom ändring av skakning = matningsmekanismens reglering fullkomligt rättas efter bebovet, så att väl rostning och sintring men ej smältning inträder i ugnen. Ugnens tändning sker medels en vedbrasa och så fort det riktigt tagit eld igångsättes kolpulverapparaten, då genast en »mäktig kolflamma tänder sig och brinner». Regleringen skötes efter pyrometeravläsning, vilket ej bjuder några svårigheter. Anläggningskostnaden för en 50 m lång ugn med kolpulverfabrik belöper sig till 200,000 mark. Dess årsproduktion är 60,000 ton. Kolförbrukningen 10 %. Kraftbehovet 140 hkr. Manskap 4 man per skift. Vid ett pris av 13 mk per ton stenkol och 2 pf per hästkrafttimma samt 4 mks arbetslön per man kostar 1 ton sintrad malm:

Räntor och amortering (15 %)	0,50 mk
Kraftåtgång	0,30 »
Kolförbrukning	1,30 »
Arbetslöner	0,16 »
Tillsyn, reparationer, smörjmedel m. m.	0,24 »
Summa	2,50 mk = 2,23 kr.

Metoden torde komma att få användning även för enbart pulverrostning utan sintring och med torvpulver- eller stenkolspulvereldning även här i Sverige.

*c. **Enbart brikettering.*** Som dessa förfaringssätt troligen komma att få föga eller ingen alls användning inom Sverige, nöja vi oss med att endast helt kort omnämna dem, hänvisande intresserade till G. Frankes fullständigare redogörelse i S. u. E. 1910 sid. 1061 eller hans lärobok: »Handbuch der Brikettbereitung». Bd. II, Verlag Ferd. Enke, Stuttgart, men börja vi uppräknandet dock med en av honom ej omtalad metod nämligen:

J. Wiborghs malmkoksmetod. Denna gick ut på att blanda rikt järnmalmspulver med pulver av feta stenkol och i retorten koksa massan under tillvaratagande av biprodukterna och med användande av de okondenserbara gaserna för retorternas uppvärmande. Tager man tillräckligt stor proportion kolpulver i förhållande till malmpulver, erhåller man en så fast koks, att den gott kan beskickas på masugnen, och är metoden otvivelaktigt användbar, där man till nog lågt pris kan anskaffa stenkol av nöjaktigt bakande beskaffenhet.

Franke indelar övriga metoderna uti:

1:o »Sot»-(gasledningsmull = Gichtstaub-)brikettering, varunder han räknar:

Schumachers, där man fuktar massan före sammanpressandet med $^1/_2$—1 % klormagnesium eller klorkalcium;

Dahls, där man tillblandar 6 à 8 % kalkhydrat, med stundom 1 % finmald masugnsslagg till;

Trainers, som briketterar med stenkolsbeck;

Scoriametoden, där 8 à 10 % släckt masugnsslagg tillsättes med eller utan 4 à $4^1/_2$ % kalkhydrat.

Franke förordar kraftigt Schumachers sätt, Venator senare* åter Dahls.

2:o Malmbriketteringsförfaranden:

Ilsede Hüttes, där lerhaltiga bruna hematiter blandas med valssinner, järnrikt mjöl av thomasslagg, purple ore etc. och utan andra bindemedel hårt pressas;

Georg-Marienhüttes där kalkhydrat, purple ore och gasledningsmull briketteras;

Königshüttes, där blandningar av sistnämnda mull blandas med Gällivareslig, kvartsmjöl och kalkhydrat;

Friedenshüttes: 3 % kalkhydratmjöl med purple ore och konverterutkok;

Dresslers sintringsförfarande vid Siegener-Rostspat. Sättet hemlighålles.

Ilsedes sätt skall vara billigast av dessa.

3:o Malmagglomering: Fernis ovannämnda.

4:o Gjutjärns- och stålspånavfallsbriketteringar:

Ronays förfarande med starkt hydrauliskt tryck. Trycket växer så småningom upp till 1200 à 2000 atm. eller mera.

Detta sista sätt är använt med fördel på flera ställen för vissa slag av fuktig malmmull (med c:a 12 % H_2O).

Såsom brikettbindemedel äro även försökta: melass med eller utan kiselgur och karnalit, glansbrunkol, stärkelse, sulfitlutkoncentrat, harts med soda (Edisons), trätjära och kalk, blålera m. fl.

Försök pågå, då detta skrives, med ett hartsrikt ämne, som efter en av E. Rinman uppfunnen metod beredes ur avfallsluten från trämassefabriker.

d. Enbart rostning. Så som vi under »Masugnsskötseln» skola se, finnes det flera anledningar att förmoda, att man genom lämpligare konstruktion på våra masugnar skall kunna komma därhän, att man utan olägenhet skall kunna använda malmpulver och slig utan att behöva kosta på dem brikettering, och slipper man då alldeles ifrån även att rosta svavelrena blodstenssliger, samt torde då även visa sig, att det ej heller lönar arbetet att rosta ferrosilikatfria och svavelrena svartmalmssliger. De svavelhaltiga mullmalmerna åter kommer man väl att rosta såväl vid träkolstackjärnsberedning som kanske även i

* S. u. E. 1910, sid. 1340.

regel vid de direkta järnframställningsmetoder, som nu hålla på eller komma att arbeta sig fram.

Goda rostugnar för dem har man i såväl den Peterssonska schaktugnen som Fernirullugnen, medan åter J. Scotts såväl som M. Frödings skorstensugnar hos oss knappast annat än för allra mjölfinaste slig kunna finna användning. Den förra — som användes i Förenta Staterna — består av ett mycket högt murat schakt, vari malmpulvret får nedfalla, medan gaslågor inströmma och upphetta det i flera nivåer utefter hela höjden. På flera nivåer finnas ock »hejdningsstänger» anbringade.

I Frödings ugn (se Bl. f. B. W. 1907) inmatas pulvret ock i toppen av den skorstensliknande ugnen och får i denna falla fritt ned till botten av schaktet, där tvenne blåsrörslågor inkomma och förbrinna i ett par små sidokamrar.

IV. Järnets utbringande ur malmen.

Om också en tid funnits, då ett par andra metaller — kopparn och tennet — betydde mycket för mänskligheten och civilisationen, och metallen järn då var ett okänt begrepp, så står dock fastslaget som en oemotsäglig sanning, dels att det mänskliga livet i alla tider skulle rört sig trögt och armt utan denna metall, dels att vi till god del hava järnets rikliga förekomst på vår jord att tacka, att vi intaga den bildningsgrad, vi kommit till, den verksamhetsförmåga, vi äga.

Utan ständigt förnyad tillgång till ökade kvantiteter av det, vore vår teknik lamslagen och med den även civilisationen, hänvisade som de vore till att med aluminium och kanske någon annan metall till hjälp fortsätta i snigelgång den väg, som hittills befarits i ständigt ökad iltågsfart.

Nu går vår teknik framåt utan att behöva tänka på frågan: huru få nog med järn, knappast en gång på frågan: huru skola vi kunna få nog billigt järn, men kanske komma snart nog de dagar, då teknikens män få tungsint grubbla över båda dessa frågor, avundande oss, som med trygga sinnen bröto och kanske för lättsinnigt bröto jordens bästa skatt ur bergens djup.

Och kanske kommer den dag, då Sveriges inbyggare skola se tillbaka på denna — järnets storhetstid — med motsatta känslor för oss, än dem vi känna för våra fäder, männen från Gustavers och Karlars tidevarv, och tycka, att vi sålde vår och deras förstfödslorätt Sveriges härliga malmrikedomar för en fattig usel grynvälling.

Än gäller Eddans ord:

»*Ett jag vet som aldrig dör: domen över dödan man.*»

Svensk, smid själv järnet från din malm!

Järnets betydelse för tekniken belyses gott av nedanstående tabeller LII och LIII upptagande tillverkningssiffrorna för de viktigaste

Tab

	1900	1901	1902	1903
Stenkol, medeltal ton . . .	779203500	771232500	804844200	87965550
Tackjärn ton[4])	41160101	41282001	44847068	4701909
Bly »	871300	867700	891100	89540
Koppar »	499200	534800	553300	59130
Zink »	478500	507400	545300	57160
Tenn »	80300	89200	91300	9650
Nickel »	7600	8900	8700	990
Aluminium, ton	7300	7500	7800	820
Kvicksilver »	3300	3100	4100	360
Silver »	5613	5464	5783	564
Guld, kg	393420	396530	454190	50092
Platina kg	?	?	?	?

[1]) U. S. Geological Survey, dock med iakttagande av att uppgifterna från de olika länder oavsett vad brytningsår de hava. [2]) Mexikos och Hollands uppgifter för 1907 ej ännu inkom omräknade i short tons efter uppgifter i S. u. E. [4]) Sveriges officiella Statistik. [6]) The Mine

metallerna och stenkol under åren 1900—1910 och för 1908 års produktion för de enskilda länderna, av vilken senare tabell framgår, att Storbritannien, Förenta Staterna, Tyskland, Frankrike, Österrike, Belgien och Italien tillverka mera järn, än som motsvarar vart och ett lands malmbrytning, Sverige, Spanien, Ryssland och Ungarn tvärtom. De två sistnämnda slösa dock ej så synnerligen mycket med sina tillgångar, utan är det egentligen Sverige och Spanien, som äro de två öppna fickorna, i vilka alla kunna gripa efter önskan och behag.

1. Äldre s. k. direkta metoder.

Om de gamlas sätt att tillverka smidbart järn direkt ur malm är i kapitlet om Järnets historia en kort redogörelse lämnad, och ansluter sig till deras härdsmidesmetoder ganska nära en del in i senare tider även nyttjade framställningssätt såsom t. ex.:

Katalansmidet,* vilket utövades i Spanska Pyreneerna. Malmen, som i detta smide användes, bestod av ytterst lättreducerade och tämligen järnrika bruna hematiter, vilka nedsmältes i en 2,4 × 3 m vid och 0,84 m djup härd, som till hälften ingrävts i en i smedjans ena hörn befintlig sandkulle. Malmen bokades först under en hammare, sållades därpå, fuktades, östes i en hög vid härden, varefter i den efter föregående smälta väl rengjorda härden nedlades underst kol och överblivna småfärskor och därpå ända upp emot forman små lövträds-

* Se Tidskrift för svenska Bergshanteringen 1844, sid. 150.

III.[1]

1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
814574600	915320000	1010701000	1105124000 [2]	1060579000 [3]	1084521101 [5]	—
46066853	54032212	59268254	60965387	48753764	61217064 [5]	—
964100	983900	973100	986000	1061200	1085600	1132900
647900	693900	712900	703000	744600	846700	877600
625400	658700	702000	738400	722100	783200	816600
98800	96600	98800	97700	107500	108600	111200
12000	12500	14300	14100	12800	17300	20100
9300	11500	14500	19800	18600	24200	34000
3800	3300	3700	3200	3300	3200	3400
5503	5625	5650	6113	6603	5899	6593
530600	575175	616443	625157	674020	699066	712570
?	7184	6814	4463	4334	5132	5477

[1] ...rangerats efter uppgifternas årtal. I U. S. G. S. tab. äro de alltid de sist inkomna sammanförda ...Hava här skattats. [3] Hollands, Sydafrikas och Australiens skattade. Rysslands, Japans och Spaniens ...Industry.

kol. Härpå nedsattes en läm emellan forman och blåsväggen och på sidan om denna åt forman till fullpackades kol till ett gott stycke över forman, och även på andra sidan lades litet kol, vilka senare tilltrampades och därpå täcktes med ett malmlager. Härpå kom åter ett kollager, så ett malmlager, så åter kol o. s. v., tills härden var full, då malmsidan täcktes med stybbe och småkol. På formsidan eldsattes sedan med ett glödande smältstycke, mera kol påöstes och bläster pådrogs, varefter, allt efter som kolen brunno undan, mera sådana iskyfflades. Under tiden, medan härden och malmen togo hetta och den senares reduktion började, välldes framför forman föregående smältas stycken och uträcktes under hammaren. Vid framsidan av härden lossades med ett spett malmlagren, mera malm och kol ditlades, allt efter som sjunkningen så tillät, varjämte efter behov gjordes slaggtappningar, och visade sig slaggen härvid för järnrik, uppsattes den åter. Malmen reducerades så småningom, och genom att, sedan uträckningen av smältstyckena fullbordats, den bildade järnsvampen bröts närmare forman, fick man den att bilda en smälta, som därefter utsmeds. Resultatet blev cirka 31 % järnutbyte och en kolåtgång nära lika med uppsatt malm (106 mot 100).

*Yates metod.** Vid denna användes ugnar, som innehöllo ett hopbollningsrum, ett förvärmningsrum och tvenne reduktionsavdelningar eller reduktionsplan, nedefter vilka malm-kolblandningen makades. Malmen blandades i pulverform med stenkolspulver och inlades på planen, där den upphettades, tills den var fullt reducerad, då

* Se J. K. A. 1868, sid. 266.

Tabe

De olika ländernas deltagande i metal

Landets namn	[1]) Järnmalm		[1]) Tackjärn		[8])Bly (Rå-)	[8]) Koppar (Rå-)	[8]) Zink (Rå-)	[8])Tenn (Rå
	ton	%	ton	%	ton	ton	ton	ton
Sverige[1])	4713160	4,1	567821	1,2	277	2808	274	—
Amerikas Förenta Stater	36561132	31,5	16190994	33,2	292200	447700	189941	—
Tyskland	24278151	20,9	11813511	24,2	164100	30000	216876	637
Storbritannien och Irland	15272237	13,1	9438477	19,4	29700	71400	54473	1674
Frankrike	10057145	8,7	3391150	6,9	30000	8000	—	—
Ryssland	6400000	5,5	2733000	5,6	100	16800	8839	—
Finland	30000	—	15000	—	—	—	—	—
Österrike	2632407	2,2 [2])	1466897	3,0	14600	1300	—	—
Ungarn	1936407	1,7 [2])	522974	1,1				
Belgien	188780	0,2	1206440	2,4	37400	—	165019	—
Kanada	[3]) 184570	0,2 [3])	572294	1,2	23200	14000	—	—
Spanien	9271592	8,0 [2])	375000	0,8	183300	—	—	—
Italien	556932	0,5 [2])	32500	0,1	26000	2800	—	—
Algier	943424	0,9	—	—	—	—	—	—
Kina	—	—	—	—	—	—	—	—
Indien	—	—	—	—	—	—	—	—
Japan	—	—	—	—	3000	41400	—	—
Nya Sydwales	—	—	—	—	119000	34500	1087	6700
» Zeeland	—	—	—	—				
Övriga Australien	—	—	—	—				
Sydafrikas Förenta Stater	—	—	—	—	—	—	—	—
Grekland	—	—	—	—	16000	—	—	—
Turkiet	—	—	—	—	11800	—	—	—
Mexiko	—	—	—	—	110000	—	—	—
Central- och Sydamerika	—	—	—	—	—	64000	—	—
Holland	—	—	—	—	—	—	17257	11700
Ostindien	—	—	—	—	—	—	55819	65960
Frankrike och Spanien	—	—	—	—	—	—	—	—
Österrike och Italien	—	—	—	—	—	—	12761	—
Tyskland, Österrike-Ungarn o. Schweiz	—	—	—	—	—	—	—	—
Förenta Staterna och Kanada	—	—	—	—	—	—	—	—
Spanien och Portugal	—	—	—	—	—	—	—	—
Norge	—	—	—	—	—	—	—	—
Övriga länder	[5]) 2839430	2,5 [5])	427706	0,9	500	9892	—	—
Summa	115865367	100 [6])	48753764	100	1061177	744600	722374	107476
Värde i kronor	—	— [9])	2860104600	—	260503000	811680000	265220000	259880000

[1]) Ur Sveriges off. Statistik. [2]) Mineral Industry 1910 angiver för Österrike-Ungarn blott 165000 Statistik anger 1000000, detta här minskat med Kanadas siffra. [6]) Mineral Industry uppskattar 1908 år met. ton. [8]) Von der Metallurgischen Gesellschaft 1910. [9]) Tackjärnspriset för 1908 efter Stahl und 69 Mk. [10]) Ur the Mineral Industry och ur Sveriges off. Statistik. [11]) Värde enl. Sveriges off. Statistik Geological Survey 18,2 dollars per troy ounces. [14]) Enl. U. S. A. Geological Survey's redogörelse av egna

III.

ch kolproduktionen år 1908.

[6]) Alumi-nium	[8]) Nickel	[8]) Rent silver	[8]) Kvick-silver	Guld	Platina	[10]) Fossila kol	
ton	ton	ton	ton	kg	kg	ton	%
—	—	0,63	—	20	—	305206	0,03
6000	—	[14]) 3669,80	671	[15]) 142262	24	369895861	35,39
—	2600	407,20	—	—	—	215071345	20,58
2000	2800	623,20	—	—	—	261506379	25,01
6000	1400	55,00	—	—	—	37622556	3,60
—	—	4,20	49	—	4302	22943794	2,20
—	—	—	—	2,51	—	—	—
—	—	46,90	630	—	—	40760870	3,90
—	—	225,80	—	—	—	23678150	2,26
—	—	20,00	—	14807	—	10904466	1,04
—	—	—	1065	—	—	3871480	0,37
600	—	21,30	680	—	—	421906	0,04
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	11970000	1,14
—	—	—	—	—	—	12865408	1,23
—	—	90,00	—	—	—	13942000	1,34
—	—	85,50	—	—	—	7992300	0,76
						1904276	0,18
						870000	0,09
—	—	—	—	—	—	4621988	0,44
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	1,50	—	—	—	—	—
—	—	980,00	200	—	—	—	—
—	—	200,00	—	—	[12]) 8	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
4000	—	—	—	—	—	—	—
—	6000	—	—	—	—	—	—
—	—	165,00	—	—	—	—	—
—	—	7,00	—	—	—	—	—
—	—	—	—	416928	—	4106000	0,40
18600	12800	6603,03	3300	674020	4334	[7]) 1045248779	100
29014000	37024000	422928000	14255017	[11]) 1649596548	[13]) 9410029	—	—

n, för Spanien 403500 ton, för Italien 112924 ton. [5]) Ur the Mineral produktion of Canada. [9]) Sveriges off. ckjärnstillverkning till 48640419 ton. [7]) U. S. Geological Survey säger 1169069000 short tons = 1060579397 sen tagna för U. S. A. = 16 dollars, England = 52 shilling, Sverige = 71 kr., Tyskland och övriga länder 08 1 kg = 2447,40 kr. [12]) Uppgiften för Kolumbia från år 1907. [13]) Platinans värde var 1908 enl. U. S. A. almer dock blott 1631 ton. [15]) U. S. A. Geological Survey däri guldvärdet även angives = 2472 kr. per kg

järnsvampkornen först nedmakades i förvärmningsrummet och sedan hopvälldes i hopbollningsrummet. Av 60 %-ig järnmalmsslig erhölls 50 % järn med en kolåtgång av 250 kg. stenkol per 100 kg. slig.

*Chenots process.** Denna, som redan 1867 försöktes i Amerika, vann där att börja med rätt stor utbredning och försöktes även i Frankrike. Uppfinnaren bedrev i sistnämnda landet processen på det sättet, att han först medelst elektromagneter anrikade sina malmer — hematiterna — sedan han gjort dem »magnetiska» genom att rosta dem tillsammans med kolpulver. Det anrikade malmpulvret uppsattes, blandat med reduktionskol, i en reduktionsugns mufflar eller retorter, vilka medelst stenkolsgas utvändigt upphettades, och då reduktionen fullbordats, nedskaffades den bildade järnsvampen i slutna avkylningsrum, från vilka den kallnad uttogs, sammanpackades och därpå omsmältes. Amerikanarna använde i stället schaktugnar med flyttbara ställen, som drevos med bläster, men för mycket järn gick då i slaggen.

*Ellershausens metod*** tillgick sålunda, att i en mängd på en ringformad vändskiva placerade kokiller göts under skivans långsamma kringvridande dels en tunn men bred järnstråle, dels en honom mötande tunn och bred malmpulverstrång. I varje kokill göts blott ett 10 mm tjockt lager åt gången, då nästa kokill kom fram under rännorna och så undan för undan, tills alla kokiller fyllts av tunna glödande lager. De så bildade smältorna sattes sedan in i dragflamugnar, där de fingo slutfärska utan att smälta, varpå de i en vanlig puddelugn hopbollades under tillsättning av tackjärn. I något modifierad form användas sådana malmtackjärnssmältor som råmaterial i Fagersta martinugnar.

Brolings-Langs process. Broling visade redan i början av 1800-talet att man i degel av en blandning, bestående av kolstybb och rik järnmalm, kunde framställa stål, men han kunde den tiden ej få deglar, som stodo ut med den erforderliga höga temperaturen. 1876 upptogs hans idé emellertid av Lang, som i bättre deglar i regenerativa smältugnar tämligen ekonomiskt lyckades bereda stål.

Kazetls' metod. Nästan samtidigt med Lang tog Kazetls patent på att smälta rikaste järnmalm i martinugn och reducera denna malm till kolfritt järn genom att i badet inblåsa koloxid, men metoden var naturligtvis praktiskt outförbar både för ugnsmaterialens skull och för att ugnslågan lika raskt oxiderade, som koloxiden reducerade badet.

*Siemens metod**** åter gick ut på att i en regenerativ ugn med roterande tunnformat ugnsrum inkasta malm- och kolstycken och av dem få »puddelbollar», vilka uppfinnaren, då de visade sig innehålla

* Se J. K. A. 1860, sid. 93, och 1870, sid. 10.

** Se J. K. A. 1870, sid. 4.

*** Se J. K. A. 1873, sid. 198, 367 och 413; 1874, sid. 288 och 408; 1876, sid. 24; och 1877, sid. 212.

outpressbar slagg, sökte smälta till stål i martinugn, men processen blev i alla händelser mycket för dyr.

*Blairs metod.** I denna krossades malmen till en sådan grovlek, att den kunde passera genom ett såll med två tums maskor, och blandades väl med träkol, som passerat såll med $^1/_2$-tums maskor och uppsattes blandningen sedan å en schaktugn, som upptill hade en upphettad och nederst en avkyld del. Den övre schaktdelen upphettades genom att i dess väggkanaler inleddes brinnande generatorgas, varjämte man, om detta ej förslog, även kunde upphetta blandningen genom en igenom påsättningstratten nedledd blåsrörslåga. Reduktionen av mycket lättreducerad hematit tog 52 timmar, och som den bildade järnsvampen måste omsmältas i martinugn, blev processen mycket oekonomisk.

*Husgafvels metod.*** Denna, som torde vara den bäst uttänkta av alla de tills helt nyligen försökta metoder, som utan hjälp av på elektrisk väg framställt värme arbetat med direkt framställande av järn, var egentligen en mycket god förbättring av den gamla finska harksmidesmetoden. Ugnen liknade till sin form fullkomligt en masugn, men dess schakt bestod endast av en dubbel plåtmantel, mellan vars väggar blästern förvärmdes. Schaktet var endast i själva rasten eller överstället infodrat med ett tunt lager chamottetegel, varunder ett ställe sammansatt av tackjärnshällar vidtog. I den allra understa delen av detta tackjärnsställe inkom blästern genom fyra formor och under dessa samlade sig harkjärnet i form av en slaggrik smälta, vilken i det på hjul och en järnväg rörliga understället fraktades till martinugnarna, där smältorna hopsmältes med tackjärn. Produkten blev god men processen var för dyr.

Rudolphs och Landins metod gick ut på att blanda den finpulveriserade järnmalmen med finfördelat kol och något bindemedel, som tillät att man kunde av densamma pressa briketter, som vid upphettning till 400 à 500° temperatur sintrade till en homogen glasartad massa. Dessa briketter nedsmältes sedan i martinugn, men metoden var behäftad med åtskilliga praktiska svårigheter, som gjorde den omöjlig.

Wiborghs reduktionsugn. I denna, som var sammansatt av 4 avdelningar, nämligen ett förvärmningsrum, ett reduktionsrum, ett avkylningsrum och en rekuperator, upphettades i det förstnämnda rikt järnmalmspulver för sig, varefter det, inrakat i reduktionsrummet, omblandades med kolpulver, samt, då reduktionen där fullbordats, nedskaffades i form av järnsvamp i avkylningsrummet, varest de ytterst porösa järnkornen fingo kallna i generatorsgas, som genomströmmade detta. Denna generatorsgas fick sedan ytterligare upphettas vid gången genom rekuperatorsrören, så inströmma i reduktionsrummet och där-

* Se J. K. A. 1876, sid. 87, och 1877, sid. 430.

** Se J. K. A. 1887, sid. 85.

ifrån, inkommen i förvärmningsrummet, träffades den av blästern och förbrann, varefter förbränningsprodukterna, sedan de avgivit en del av sitt värme till järnmalmen, fingo genom rekuperatorn avgå till skorstenen.

2. Masugnsmetoden.

Historik. Konsten att framställa tackjärn och att av detta tillverka gjutna järnföremål, ja smidbart järn, är inom Europa tämligen ny, medan den i Kina och i det av Kina delvis koloniserade Japan har mycket gamla för att ej säga urgamla anor att döma av forskningsresultatet av v. Richthofen, Pauthier, Bazin och E. Biot.* Så skulle kineserna redan för årtusenden tillbaka förstått att i blästerugnar framställa tackjärn såväl i deglar som utan sådana, medan en japansk encyklopedi redan år 1609 beskriver huru man av tackjärnet erhöll smidbart järn och stål. Av en gammal kinesisk skrift vet man t. ex. även att en general Lan under åren 58—76 e. K. i provinsen Yun-nan över en 1000 kin. fot bred avgrund byggde en bro av smidesjärnskättingar och gjutjärnspelare.

I Europa skedde övergången från luppjärns- till tackjärnsblåsning först så småningom, och kanske raskast i Sverige tack vare våra kraftiga bergsmannakonungar Gustav Wasa och Karl IX, men redan före den förstnämndes regeringstillträde var otvivelaktigt tackjärn en i våra bergslager både ofta tillverkad, välkänd och använd vara, och då konung Gustav i Norbergs privilegiebrev 1528 talar om masmästare, använde han tydligen ett sen gammalt nyttjat ord, som ej tarvade förklaring.

Att tackjärn började erhållas i och med detsamma man började bygga styck- eller osmundhyttorna 4,5 à 5 meter höga och sedan man långt förut lärt sig använda färdigkolade träkol och ej ved i desamma, kan anses vara tämligen påtagligt. Denna höjd på hyttorna var dock ej användbar förrän man börjat driva blåsbälgarna med vattenkraft, men detta skedde, som vi nu veta, ganska tidigt. Konung Magni privilegiebrev för Lerbäck tillförsäkrar 1340 ej bergsmännen någon rätt till vattenfallen i trakten, men så gör åter konung Eriks privilegiebrev 1413 åt Åtvidabergs kopparbergsmän och finnas från 1400-talets början exempel på, att bönderna strängeligen förbjödos bygga kvarnar »ovanför i bergsmännens hyttströmmar» d. v. s. minska fallhöjden för dem. Att kraften härvid användes för bälgarnas drivande och ej för vattenhammare är säkert, ty ännu 1732 omtalar geschworner Schulze,** att dalkarlarna visserligen drevo bälgar med vattenkraft vid en del osmundugnar, men, vare sig de hade bälgarna för tramp- eller vattenhjul, de alltid smedo ut de erhållna blott 1 à 2 lispund vägande osmundjärn-

* S. u. E. 1907, sid. 1658.

** Se J. K. A. 1845 sid. 1 o. f.

smältorna endast med vanlig handslägga, sen de först med yxa huggit sönder dem i mindre bitar.

Vi kunna därför taga för givet, att våra gamla bergsmän redan i slutet av 1300-talet eller början av 1400-talet fingo ibland, då de hade ugnen ställd för stålblåsning, så kolrikt järn, att det kom ut i flytande form, vilket de naturligtvis räknade som en olycka, och antagligt är väl, att de liksom sina samtida tyska kamrater — som Beck förmäler — då trodde ugnen »förgjord» och sände efter närmsta präst eller munk att läsa trolltyget ur honom, vilket gick fint, ty, medan prästen läste och bälgarna stodo stilla, svalnade ugnen! Snart lärde de sig emellertid att sätta upp det »förgjorda» järnet på hyttan igen — kanske sen munken stänkt vigvatten på det — och när de så gjorde — utan att minska på den vanliga malmningen — fingo de det färskat av den alltid ytterst järnrika slaggen. De funno då ock snart, att produktionen växte, om en del järn kom fram som tackjärn, att mindre malm åtgick per lispund järn, och slutligen funno de även, att det där smältjärnet blev mjukt och smidbart även om det omsmältes i järnslagg för sig och i mycket lägre blästerugn — början till senare tiders alla färskningsmetoder. Helt naturligt övergick man då till att i regel driva på blandad process, varvid erhölls samtidigt en del järn i form av en i härden kvarliggande smälta och en del som tackjärn. Så beskriver såsom vi förut i kap. Järnets historia sagt i slutet av 1400-talet ett Västerås biskopsbrev, hurusom ur stiftets hyttor erhölls för varje blåsning dels järnsmälta, dels »skärsten», dels slagg, av vilka »skärstenen» = tackjärnet rann ut och sedan i härd omsmältes även det till osmundjärn.

Förståndiga bergsmän funno till sist, att både kol, malm och arbete sparades om man ställde så, att den stora ugnen fick lämna allt sitt järn i smält form och så uppkom då masugnsprocessen. Tydligt är, att densamma kan hava haft flere av varandra oberoende uppfinnare, men hittills tyckes vara visat att de första verkligen som masugnar drivna schaktugnarna i Europa byggdes i Rheingebietet eller i Siegen. Man vet att sådana drevos i början av 1400-talet i det förra och att flere funnos i Siegenbergslagen redan 1443. De kallades då Blau- eller Blasöfen. I Frankrike och Italien byggdes de första masugnarna i början av 1500-talet, på Harz 1546, i Österrike, S:t Veitsch, säkert 1567 oeh i England ungefär vid samma tid.

Beck påstår, att svenskarna ej hade några masugnar förr än Gustav Wasa lät bygga sådana genom införskrivna tyska byggmästare, men detta är nog endast så till vida sant, att Gustav I nog införskrev en eller ett par tyska hyttmän för masugnsbyggnadernas skull, och att han på allt sätt sökte genomdriva tackjärnsblåsning och tysksmide i st. f. osmundtillverkningen, men fördelarna med det förra förfaringssättet kan han nog ha varit i tillfälle att studera inom Sveriges gränser förut. Under unionstiden slogo biskopar och abboter under sig

den ena bergsmansdelen efter den andra och voro nog så måna om, att domkapitlen och klostren skulle draga största möjliga reveny så väl av kyrkans egna hyttor som i form av tionde från de frie bergsmännens. Och vad var då naturligare än att de höga prelaterna för den skull ålade de till de utländska högskolorna och klostren dragande djeknarna och munkarna att se till, vad nytt och gott även i bergs- såväl som i trädgårdsväg var att eftertaga från utlandet. Kölns berömda biskopliga högskola besöktes av många svenske andlige. Dels låg den ju i Rheingebietet, dels kunde man till den taga vägen från Lübeck såväl över Harz som Siegen och sammanställer man allt detta, förefaller det ej otroligt, att R. Åkerman har rätt i sitt påstående, att vi i medio av 1400-talet började få masugnar. Han stöder sig härvid på ett i C. G. Styffes »Unionstiden» sid. 226 omnämnt gåvobrev utfärdat 1461 av väpnaren Karl Knutson till Riseberga kloster, vari denne skänker »af sitt fäderne Amoqvarns hyttbro en attandhæ deel i skogh och i Masungh». Vid Skyllbergs bruk i Lerbäcks bergslag, Närike, förmodar man att denna Amoqvarns hytta är densamma, som den för långliga tider sedan nedlagda ännu i ruin synliga Svarthyttan, vilken faktiskt förr tillhört Riseberga kloster.

Ehuru man med full visshet ej vet, när den första masugnen d. v. s. en hytta avsedd uteslutande för tackjärns framställning byggdes i Sverige, är dock visst, att ända till Gustav Wasas tid järntillverkningen i landet huvudsakligast gått ut på osmundsmide direkt av malm och att dessa osmundstycken om 1 skålpunds vikt skeppades till Tyskland och huvudsakligast till Danzig, där de omsmedos till stångjärn, av vilket sedan svenskarna mot dryg betalning återköpte sitt behov. På samma gång kung Gastav helt enkelt förbjöd utskeppandet av järn i osmundform för att tvinga de svenske bergsmännen att själva förädla sin råvara till stångjärn, införskrev han för att möjliggöra övergången en mängd smeder från Danzig, vilka med tacksamhet åtlydde kallelsen, emedan de genom det svenska utförselförbudet blivit utan arbete. Men ett än kraftigare steg till den svenska järnhanteringens förbättrande tog han, då han år 1540 bestämde, att bergsmännen hädanefter skulle betala sin kronotionde i tackjärn i stället för i osmund, ty härigenom tvingade han dem att bygga masugnar, men lät han, för att ej åstadkomma en plötslig stor minskning i bergsbruket, tillse, att inga andra tvungos till masugns- och tyskhärdsbyggnader, än de som kunde bära kostnaderna, medan de andra fingo ännu en tid framåt fortsätta med sitt osmundsmide. Tyskar införskrevos ock för masugnsanläggningarna och för inlärandet av det med detsamma förbundna färsksmidet, i Sverige sedan »tysksmide» benämnt.

Den äldsta avbildning av en masugn, som Beck haft kännedom om, synes av pl. XXV fig. 1,* framställande genomskärningen av en

* Ur Philosophical Transactions of the Royal Society, 1677—1678.

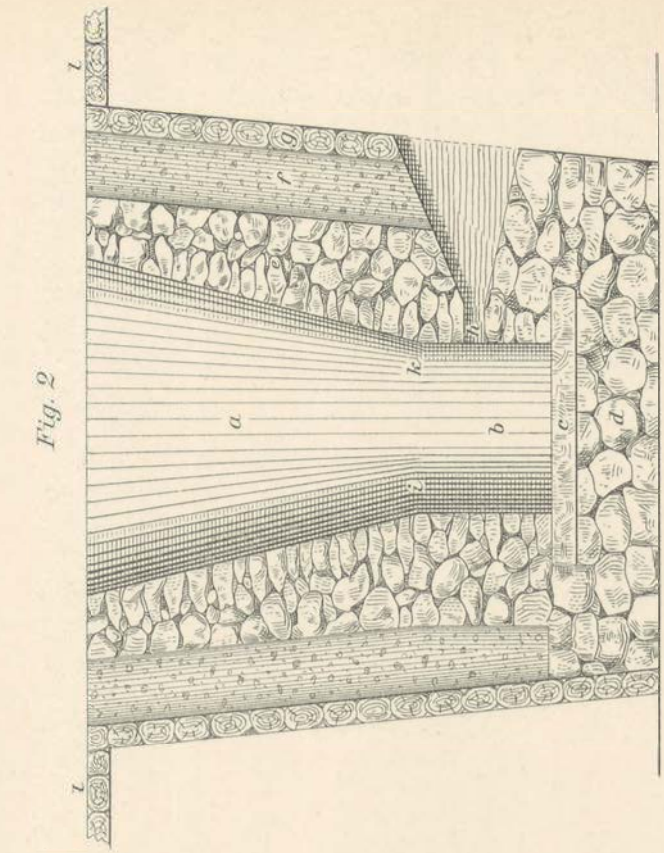


Fig. 2

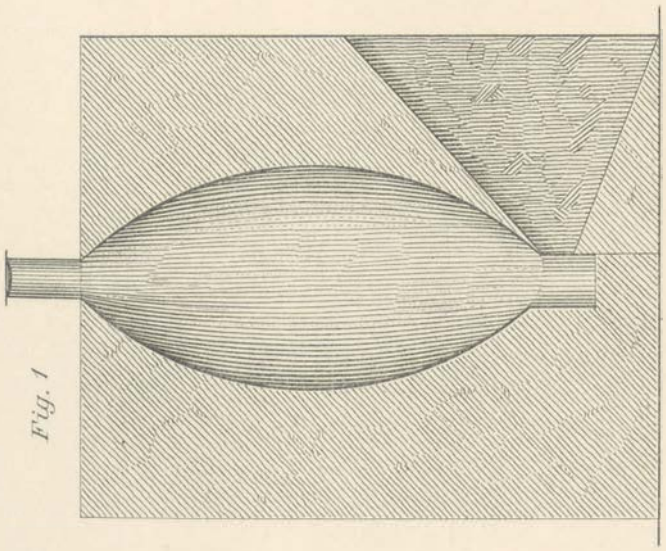


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

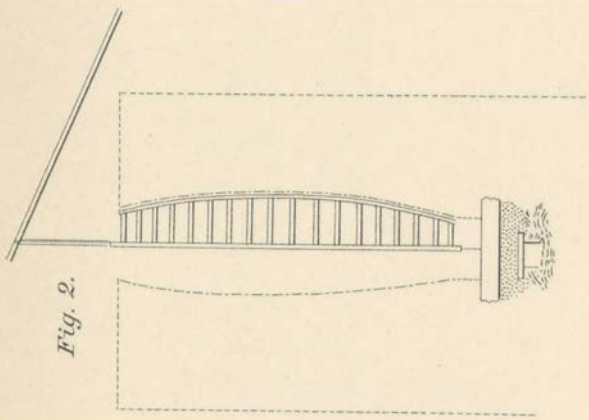
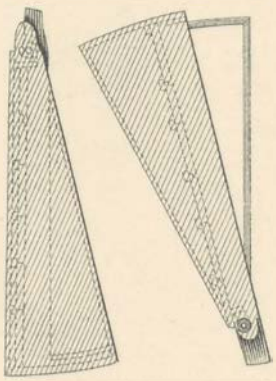


Fig. 2.



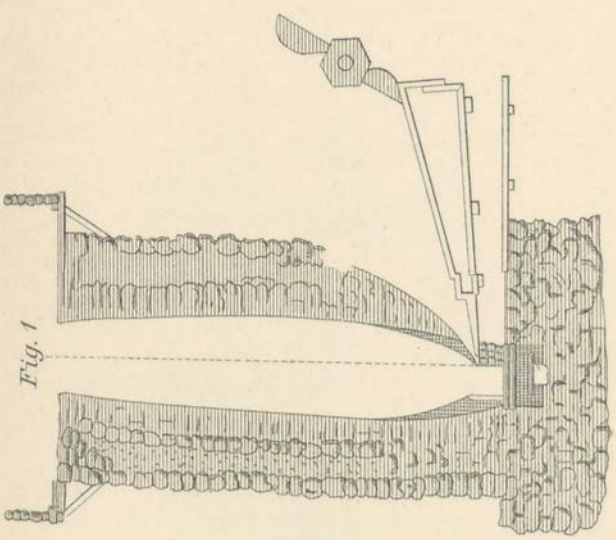
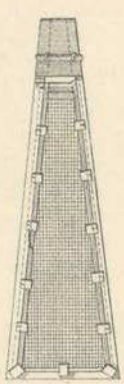


Fig. 1





Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

dylik ugn belägen i Forrest of Dean, vilken ugns trånga med skorsten försedda uppsättningsmål och äggformiga gestalt visa en betydande försämring av de gamla smältugnarnas form.

En något äldre ritning å svensk »masugn» finnes dock i en handskriven berättelse* om Nora och Linde bergslager från år 1673, vilken ritning avbildats å pl. XXV fig. 2, och till vilken fogats följande förteckning å de på ritningen upptagna ungsdelarnas namn.

a pipan, *b* ställrummet, *c* ställhällen, *d* grundmuren, *e* pipmuren av gråsten, *f* fyllningen av sand och mo mellan pipmuren och timbringen *g* timbringen av trävirke, *h* formhålet, *i*—*k* ställbandet eller svalget, *l* en bro ifrån marken.

Och i denna berättelse framhålles förtjänsterna hos de cirkelrunda schakten framför de fyrkantigas.

Ritningarnas skala visar, att dessa masugnars höjd var knappt 3 m och således för sin tid ganska små, ty i andra delar av Sverige såsom i Dannemora, Finsponga län och kring Taberg i Småland hade de av Gustav Vasa och senare av de Geer inkallade vallonerna då redan byggt 3,6 à 4,2 m. höga dylika pipor — troligtvis av uppåt något sammandragen form. De äldsta svenska masugnarna, liknande den ovannämnda, fortlevde dock länge under namn av blästror i flera bergslager.

61 år senare visar Swedenborg i sin Le Ferro, i en ritning, som avbildas å pl. XXVI att de svenska masugnarna utvecklats ofantligt, och då voro i konstruktion långt före alla utländska. Planschen visar dels en färdigmurad masugnspipa av 5,4 m höjd, dels den stege, efter vilken den uppmurades, och ävenså konstruktionen av blåsverket — träbälgen. I beskrivningen säger Swedenborg, att ungefär 50 à 100 år förut svenskarna liksom då tyskarna haft fyrkantiga ungsschakt, »vilket dock är ofördelaktigt, emedan processen förlöper bättre och naturligare i pipor med cirkelrund genomskärning».

20 à 30 år senare byggde C. Rinman sina masugnar, efter vad han själv skriver, ** 14 à 15 alnar (8,4—9 m) höga, vilket ävenledes åter visar en betydande utveckling. Hans masugnspipor hade för övrigt cirka 1,5 m diam. i uppsättningsmålet, från 1,5—2,25 m diam. i buken och 0,45 m diam. i ställbotten, medan formans höjd över botten var vid torrstenar 0,38 m, vid kvickstenar något lägre och vid rödbräckta malmer 0,36 m, utom vid masugnar, som byggdes för kanongjutningar, där forman lades 0,6 m över ställbotten. I alla masugnar, gående för smidesjärn, hölls malmningen hög och gången så härdsatt, att blåsigt helvitt tackjärn erhölls, men vid styckebruken blåstes åter ständigt med krav, »vilket,» säger Rinman, »på långt när ej är så lönande».

* Om Jern Ugnar och Masugns Byggningar Anno 1673. Avskrift av berättelsen och kopia av ritningen båda utförda år 1776 efter det i Bergs Collegium då befintliga originalet finnes i redaktörens förvar.

** Om Grunderna till Masmästare Konsten af C. Rinman. Handskrift förvarad hos red.

Den tidens masugnars utseende synes av pl. XXVII som avbildar Forsaströms år 1796 byggda hytta.

1848 byggdes Hellefors (i Södermanland) nya masugn på modernaste sätt för den tiden med följande mått: piphöjd 10,35 m, kransdiameter 1,5 m, bukdiameter 2,3 m. och bottendiameter 0,67 m, vilket visar att framstegen, vad pipformen angår, på dessa femtio år från slutet av 1700-talet ej varit synnerligen stora, men man hade därunder dock övergått från en till tvenne formor och vid masugnarna, såsom redan förut framhållits, fått varmapparater och rostugnar.

1860 byggdes vid Långshyttan den största masugn, som hittills blivit byggd i Sverige, och hade den måtten: höjd 15,6 m, kransdiam. 1,78 m, bukdiam. 2,70 m och ställdiam. 0,9 m, visande en avsevärd utveckling på 10 års tid.

År 1871 diskuterades i Jernkontoret av dess direktörer frågan om lämpligaste dimensioner för träkolshyttor, och ansågo då två av sagde fackmän, att den redan uppnådda höjden av 15,6 m kunde förmodas utgöra gränsen, varöver föga vinst i kolbesparing stod att vinna, medan åter de två andra livligt förordade ytterligare ökning i höjd och volym.

Den ene av de ovannämnda motståndarna mot högre masugnspipor, E. Westman, förevisade sedan vid Jernkontorsmötet 1880 ritning på Österby nya masugn och anförde därvid, att man byggt denna endast 15,6 m. hög, emedan man funnit, att de under tiden mellan 1870 och 1880 med 16,8 m höjd byggda piporna »ej medfört kolbesparing utan endast något större produktion med därav härrörande minskning i arbetskostnad per centnertackjärn», men hava vi sedan dess kommit upp i en maximihöjd av över 18 m såsom vi längre fram skola finna.

A. Masugnen och dess uppförande.

(Hochofen, blast furnace, haut fourneau, domennaja petschj, alto forno, alto horno.)*

a. Träkolsmasugnen.

a. Grundläggningen.

Redan de gamle svenske bergsmännen lärde sig att välja stadig och god grund vid sina hyttebyggnader, ty redan den tiden voro masugnarna i förhållandet mellan byggnadens vikt och grundarea bland de allra svåraste anläggningar man hade att utföra. Och man kan säga, att så är ännu i dag förhållandet, ty få nutida byggnader belasta sin grundyta per m^2 så kolossalt, som en med beskickning fylld modern masugnspipa. En svensk sådan, t. ex. Karmansbo utövar

* Ur »Illustrierte Technische Wörterbücher, Band XI, Verlag R. Oldenbourg, Berlin, 1911». Rekommenderas.

Fig. 1

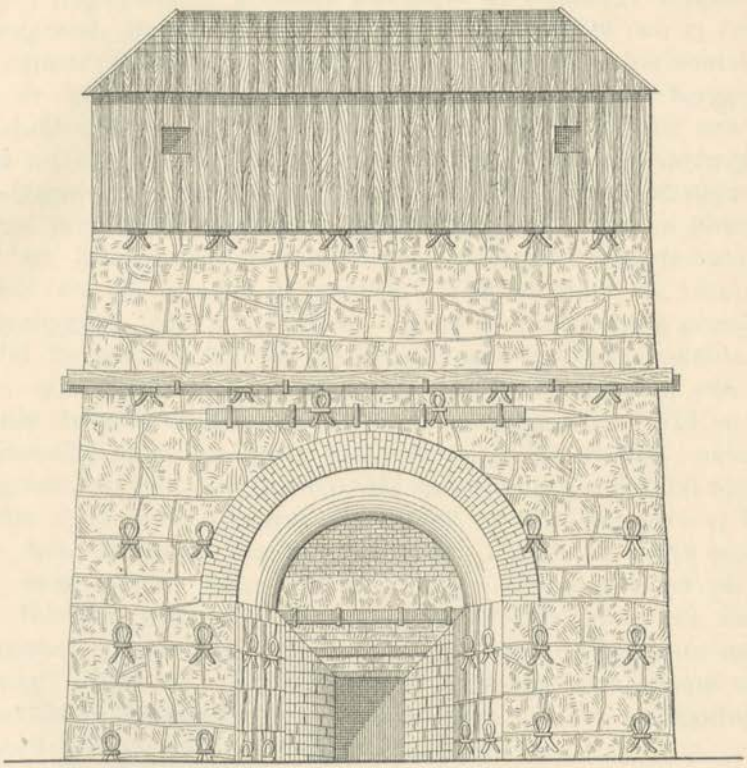
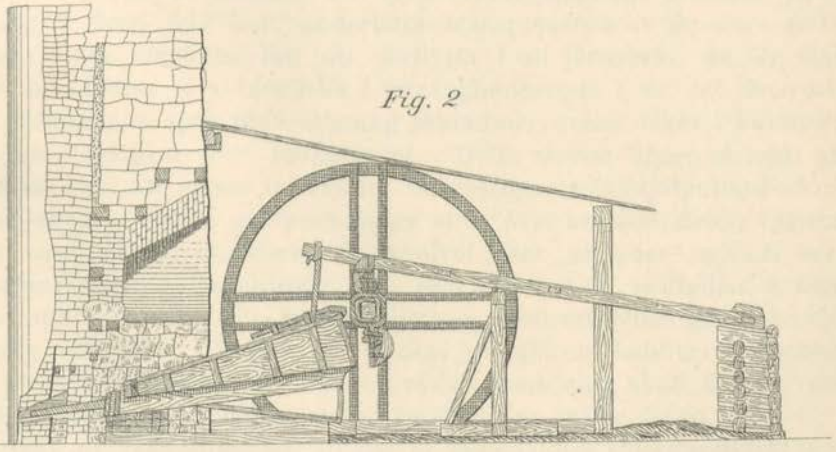


Fig. 2



Lärer. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

så ett tryck på sin undergrund av över 25 ton per m^2. När man så tager byggnadens i förhållande till grundytans diameter relativt stora höjd i betraktande (höjd : diam = 4 : 1), så inses lätt att den minsta svaghet i någon del av grunden kan bliva av ödesdiger verkan. Bäst är berggrund, men även den bör vara ej sprickfylld och ej donlägig med släppor och skölar. Pinnmo vilande direkt på horisontal berggrund är utmärkt, ligger åter mellan densamma och berggrunden vattensjukt skikt t. ex. blålera, så är den föga tillförlitlig och ligger den på lutande häll är bäst gå ned till denna och i den spränga hylla för anläggningen. Så måste i början av 1880-talet ett masugnsbygge avbrytas tills hyllsprängning skett och grunden dessutom förankrats, därför att hela pinnmoskiktet började glida utför den undervarande ned mot en sjö lutande berghällen. Vid ett annat av våra senare masugnsbyggen, där man trodde sig ha mycket pålitlig grund (fast, stenfylld havsstrand), började de färdigbyggda hyttebyggnaderna sakta sjunka, tryckande den kringliggande marken i höjden, och måste man där belasta denna för att rädda anläggningen. Vid en tredje masugnsanläggning anordnade entreprenören på så sätt masugnens undergrund, att han i kärrkanten, där anläggningen skulle bli, sprängde en hylla i ett sakta stupande berg, men som hyllans area ej förslog pålade han dessutom utanför henne och byggde så själva pipan på hyllan men hyttan dels på det sprängda planet, dels på pålvirket. Under tidernas lopp har det sistnämnda avsevärt glidit och med det hyttbyggnaden, som i sin tur sneddragit masugnspipan som nu lutar betänkligt. Bäst är som sagt att för hyttbyggnaden genom sprängning avjämna berggrund och på detta plan uppföra anläggningen så som skett vid Karmansbo m. fl. masugnsbyggen.

Lutande terräng i övrigt anses åter ingalunda skadlig utan föredrages tvärtom av många för järnverksanläggning, emedan dylik terräng i flera fall kan underlätta transporterna av de stora godsmassor, man dagligen har att förflytta i ett järnverk. Så får man höra framhållas s. s. idealiska i terränghänseende t. ex. ett järnverk, där järnbanans spår utan stigning inkommer under taket i kolhusen och på bockarna över malmtorget. Detta senare ligger så högt att malmen utan att hissas inkommer till rostugnarnas istjälpningsluckor. Dessa ugnars rostbås' golvplan ligger strax över krossen, denna i jämnhöjd med masugnskransen, hyttegolvet åter så pass mycket över bessemerugnarnas mynningar, att tackjärnet kan nedhällas i dem utan uppkranande, och bessemergötena utan att lyftas gå in i valsverkets vällugnar. Endast det färdiga stångjärnet behöver uppspelas till järnvägens nivå. För att en sådan anordning skall kunna vara möjlig, erfordras emellertid en nivåskillnad av minst 50 m.

Skäl att hågkomma är, att det är mångfaldigt större godsvikt som föres ned igenom ett sådant verk, än stålstängerna väga. Utför gå

träkol, stenkol, ved, malm, lim, eldfasta och andra byggnadsmaterialer, kylvatten, tackjärn, göten, slagger m. m.

Om undergrunden ej är berg inlägges sådan vanligen av granit, gneis eller fast och god sandsten. På denna muras så av samma material, ofta i tillhuggna block övergrunden, då man nederst i densamma anbringar vattentrummor för bortledande av dels grundvatten, dels formvatten och annat verkvatten från spetthoar etc. Denna övergrund bör utföras av större block och läggas väl i förband, varvid varje nytt skift något indrages, men bör det överstas kant skjuta minst 1 meter utanför pipans bascirkel. Skall ytterpipan vila på pelare räknas då den pelarringens bascirklar omskrivande cirkellinjen som masugnens bascirkel.

Övergrunden får ej gå så högt upp, att den blir utsatt för betydligare uppvärmning vare sig i hela överytan eller lokalt, ty de naturliga stenarterna och isynnerhet graniten spricker och skärvar redan vid ganska obetydliga värmepåkänningar. Ett alldeles utmärkt material till övergrund likasom till pipans yttermurar och även övre delen av innerpipmuren är sandgjutet fasonslaggtegel av något talkhaltig masugnsbisilikatslagg. Sådant är synnerligen segt och starkt.

b. Pipmurarna.

Redan i »hedenhös» fann man att järnframställningsprocessen fordrade ugnar med väl tätande och värmeskyddande väggar. Därför grävde man ned de första (grytorna) i torra backsluttningar och lade senare blästrorna delvis in i eller tätt invid en backe, så som förut beskrivits, och vid de fristående osmundugnarna omgav man den egentliga pipmuren av sten med en rymlig timrad kista samt nedstampade sand mellan pipmur och kista. Detta blev det s. k. mulltimret och sandfyllningen. Att börja med fick mulltimret, så som av osmundsugnsritningen synes, gå ända ned till hyttgolvet, men som den rinnande slaggen då ofta satte eld därpå, så övergick man för eldfarans skull till att nederst ha gråstensmurverk i fyrkantbyggnad lika vitt åt alla sidor och ovanpå detta lades så timmerkistan. På 1760-talet började dock brukspatronerna uppbygga masugnar med gråstensmurar ända upp till kransen, d. v. s. utan mulltimmer. Dessa ugnar fingo då namnet stenmasugnar. I gråstensmurverket anordnades valvöppningar ända in till pipmuren till underlättande av slaggens och tackjärnets urtappande och för blästertättornas införande. Dessa valvöppningar fingo namnet bröst. Att börja med hade man vid masugnarna blott två sådana bröst, bildande 90° vinkel med varandra och mellan pipmuren och yttermurarna nedgick då en mäktig sandfyllning å bröstsidorna till valven, å de två andra ända ned till grunden. Ännu på 1820-talet byggdes masugnarna med upp emot 6 meters tjocklek från pipmuren ut till yttermurarnas gränslinjer. Användandet av endast

en blästeröppning (forma) till masugnspipan höll man i med ännu på 1820-talet, men 1823 undrar Sefström, om man ej lika gärna kunde använda flera formor eller rent av inskaffa blästern genom ett runt omgående »galler». Man började något senare bygga masugnar med en ryggforma och två sidoformor och fick då 4-brösts-ugnar. Ännu 1850 byggde Sveriges då skickligaste masugnsbyggare ålderman Jonas Olsson sådana masugnar, ehuru övermasmästar G. Svedelius genom att mura igen ryggformorna flerstädes visade, att man fick jämnare masugnsgång med endast två, diametralt motsatta formor. Ett par masugnar med ryggforma och två sidoformor funnos dock kvar ännu år 1904. C. Rinman anser 1789 att en väl uppförd masugn bör hava innerst en cirkelrund pipmur, direkt utanför denna en bakmur, så en sandfyllning, sedan en ringmur, så åter en sandfyllning eller en fyllmurfyllning av små gråstenar med lerbruk emellan och här utanföre slutligen den i kvadrat lagda av tillhuggna gråstensblock uppförda »kallmuren» med 17 alnars sidor (10,2 m).

Under 1800-talets lopp började man emellertid komma till insikt om att så grova murverk ej voro nödvändiga för bibehållandet av låg värmeutstrålning, varjämte man kom underfund med att förskjutningar i murmassorna genom förankringar och bandningar säkrare förekommos om murverket dels togs tunnare, dels helt och hållet togs av cirkelrund genomskärning. Den fyrkantiga yttermuren fick därför bortfalla. Som masugnarna äro de dyrbaraste ugnar järnverken bygga och ett begånget fel i deras byggnad dels är mycket svårt avhjälpt, dels kan inverka ytterst olyckligt såväl på masugnsgången som på tackjärnskvaliteten och ekonomien, går man alltid försiktigt till väga vid konstruktionsändringarna med dem, och så försiktigt har man förfarit vid minskandet av murtjockleken att t. ex. Bångbro masugnar, som byggdes i början av 1870-talet, erhöllo av följande murar bestående väggar: Innerst pipmuren 1,0 fot tjock, så 0,5 fots sandfyllning, därpå en 1,5 fots slaggtegelmur, sedan 1,0 fots sandfyllning och härutanför två stycken slaggtegelmurar, vardera av 1,75 fots tjocklek. Hela väggtjockleken således: 7,5 fot = 2,25 m (Se J. K. A. 1875 pl. II). 1881 konstruerade E. Westman Österby masugn med följande murdimensioner vid bukens underkant: Pipmur 1,0 fot, bakmur 2,0 fot, sandfyllning 0,5 fot och yttermur 1,5 fot, således 5 fots = 1,5 m väggtjocklek. 1885 byggdes vid Degerfors ny masugn med endast 3 st. murar à 1 fots tjocklek. Längst drefs emellertid här i Sverige murarnas avtunning vid Dormsjö bruk, där man 1886 påblåste en masugnspipa med enkelmur, den första i Sverige. Nedifrån upp till bukens överkant hade man 18-tums mur, från bukens överkant upp till kranshällarna åter blott 12-tums. År 1892 upplyste H. Tholander om, att denna tunnmurade masugn gått vid alldeles samma beskickning med lika låg kolåtgång, som den senare byggda, 5 fot högre Fors masugn, som fått 5 à 6 fots murtjocklek.

Förklaringen till detta torde emellertid få sökas uti att Dormsjö nya pipa byggdes upp inuti en gammal masugns kvarstående yttermur.

Då det gäller träkolsmasugnarnas byggande här i Sverige torde man kunna säga, att flertalet brukskarlar ännu hålla fast vid, vad man skulle kunna kalla, medeltjocka murar eller vid tre-stens eller åtminstone två-stens murtjocklek, och så stor kostnadsökning medför dubbel eller tredubbel pipmur ej utöver enkelmur, att det verkar avskräckande, då man genom den tjockare muren kan minska värmeutstrålningen. Vid koksmasugnar åter har man vid tre-stens murpipor att befara i vissa nivåer alltför hög värme, så för sådana torde tunnare murar vara att förorda.

Vi bygga således vanligtvis med yttermur (mellanmur) och pipmur eller innermur och med en eller två »sandspringor» på 25 mm vidd emellan. Springorna äro dock numera sällan fyllda med sand utan mera med bruk eller skärv. På de sista åren har Höganäs fört i marknaden ett s. k. asktegel, som förtjänar all uppmärksamhet av herrar masugnsbyggare. Det är ett halveldfast, lätt, ytterst poröst men dock synnerligen starkt tegel, som till följd av sin porositet är ovanligt litet värmeledande. Otvivelaktigt är, att en masugnspipa uppmurad med endast innermur och med detta tegel i yttermur samt utan sandspringa skall visa sig lika litet värmeutstrålande, som de äldre tremurspiporna med två sandspringor.

Lämpligt är att uppmura innermuren nedifrån och upp till ungefär bukens överkant, d. v. s. överkanten av innerpipans vidaste del, med eldfastaste skånskt chamottegel, t. ex. »Stabbarp». Från bukens överkant upp till uppsättningsmålet bygges den av ett slitstarkt, således mindre eldfast chamottegel eller ock av tegel av sandgjuten masugnsslagg. Det sistnämnda är isynnerhet bra att använda i koloxiddissociationsnivåen, men kan man där inmura även något så när eldfast skånsk klinkert. Utdissocieringen av kol ur koloxid sker nämligen i sagda nivå ej blott i själva beskickningen utan även i murverkets porer, varvid tegelmaterialet spränges sönder och flisar av. Man bör därför här hava så tätt och porfritt tegel som möjligt. Mellanmuren kan hela vägen upp igenom uppföras av skånsk K-kvalitet eller av sandgjutet slaggtegel, vilket senare dock i de nedersta partierna torde vara väl starkt värmeledande. Yttersta muren tages mångenstädes av rödtegel för utseendets skull, men kan lika gott tagas av sandgjutet slaggtegel som har en vackert jämn grå färg. Dock, som sagt, yttermur av Höganäs asktegel är bäst och föga dyrbarare, nej billigare, eftersom mellanmuren då utan ökning i värmeutstrålningen kan inbesparas.

Ännu på 1890-talet togos de tre murarna olika tjocka: innermuren 12 tum, mellanmuren nedtill 24, upptill 12 tum, och yttermuren hela vägen 24 tum tjock. Karmansbo masugn, byggd 1903, erhöll endast dubbel pipmur av inalles 30 tums tjocklek, Högfors erhåll likaså blott

Fig. 1

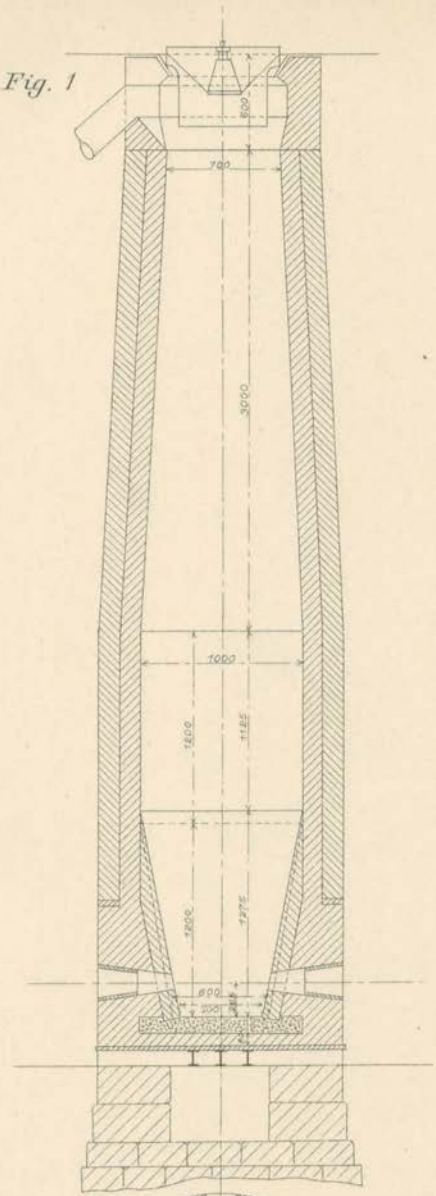
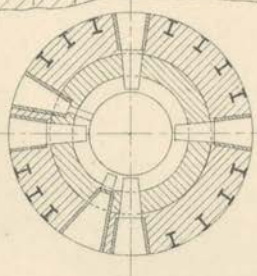


Fig. 2



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

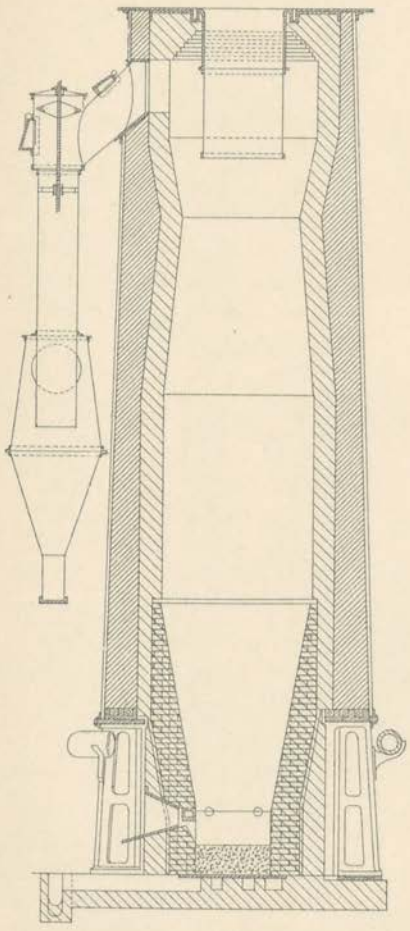


Fig. 2

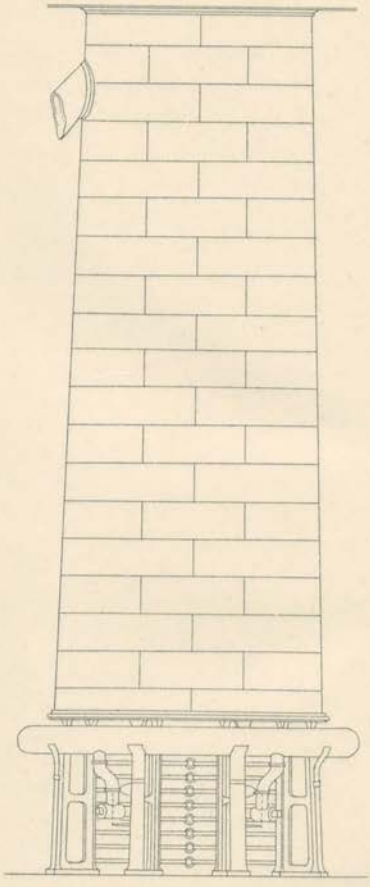


Fig. 3

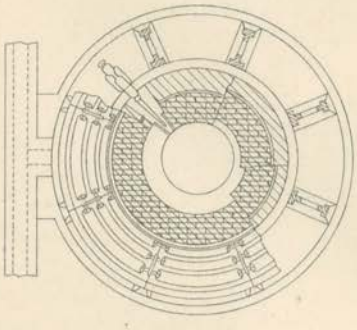
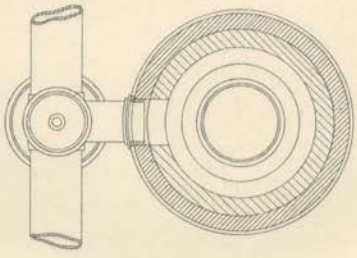


Fig. 4



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

inner- och yttermur, vardera av 12 tums tjocklek, medan Karlsvik byggdes tremurad, varje mur 12 tum tjock.

Pipmurarna kunna antingen gå ned ända till grunden såsom vid Karmansbo eller Graversfors (se pl. XXVIII) eller ock uppbäras av bördjärn och pelare (se pl. XXIX) i senare fallet kallas hyttan masugn med fritt ställe.

Bördjärnen gjutas av tackjärn i form av genombrutna ringsegment, 0,6 m i radiell riktning, 0,3 m höga och av cirka 60 mm godsstyrka. Pelarna kunna tagas runda, men vanligen föredragas sådana av genombruten dubbel T-järnsfason (se pl. XXIX). Antalet rättas vanligen efter formornas antal, dimensionerna ävenså, men såsom vanliga mått kunna anföras: i radiell riktning upptill 750—950 mm, nedtill 900—1200 mm, basbredd 350 mm, godsstyrka 50 mm. Pelarna placeras i bottenskor eller gjuten grundskoning, så att de ej kunna förskjuta sig.

c. Ställets delar.

Masugnsstället kallas nedersta delen av masugnspipan, där slagg och tackjärn samlas och där blästerluften inblåses. Ofta räknar man denna del från botten ända upp till buken, men ibland särskiljer man vid den tre delar: understället, från botten upp till formornas mittlinje, överstället från denna till det s. k. ställbandet, där då en annan vidgning vidtager, och rasten från ställbandet till korsbandet vid bukcylinderns underkant eller — om cylindrisk del saknas — till största bukvidden. Härom mera vid beskrivandet av pipprofilen.

Ställbotten anordnas vanligast så, att den underst är försedd med ett system luftkanaler till skydd mot fukt från grunden (se pl. XXIX), vilken fuktighet, om den kan uppträngа i de heta eldfasta lagren, verkar ytterst fördärvande, görande dem »möra», som hyttarbetarna kalla det. Vattenångan, överhettad i de glödande teglen eller kvartsmassan, verkar upplösande på bindemedlet mellan dessas chamott- och kvartskorn, och detta kan ofta orsaka, att det smälta tackjärnet »skär ned sig» i botten, ja rent av »skär ut». Luftningskanalerna kunna antingen anordnas i själva bottenmuren, såsom gallerverk av rännor i detta, vilken anordning förr var den vanliga. Man täckte då oftast den förut omtalade vattenkanalen i övergrunden med en tackjärnshäll. Vattenkanalen togs vanligen 0,45 m bred och 0,6 m hög. Hällen på densamma hade en godstjocklek av 25 mm. På denna häll och på den i jämnt plan med denna varande ytan av övergrunden lades så ett plan av eldfast sten 1 à 2 fot (0,3 à 0,6 m) tjockt, varpå man på detta anordnade det tegelskift, som innehåller luftningskanalerna. Använde man till detta senare 12″ × 6″ × 3″-tegel, blevo kanalernas höjd 6 tum med en bredd av 1 fot, användes åter 9″ × 4 1/2″ × 2 1/4″-tegel blevo de respektive 4 1/2″ och 9″. Luftnings-

kanalerna korsades vanligen mitt på av en genomgående tvärränna, som drogs ut utanför pipmurarnas yttercirkel och i ändarna försågs med ett lägre och ett högre skorstensrör av gjutjärn för åstadkommande av luftdrag. Omedelbart på detta kanalsystem nedlades så den s. k. grundtackan, en grov tackjärnshäll, 75 till 120 mm tjock (se pl. XXIX). Detta sätt att anordna ställbottens understa del har fortfarande många anhängare och bjuder ovedersägligen den fördelen, att om tackjärnet skär ned sig, så kan vid detta system ej själva överdelen av stället komma i olag, vilket kan hända och även hänt vid en annan modernare anordning, som består uti, att man i stället för de murade luftkanalerna anordnar på det första tegelskiftet först en 50 mm tjock gjutjärnshäll (denna kan dock utelämnas) och så ett ruste av dubbla T-balkar 300 mm höga och på dem lägger grundtackan.

Ovanpå grundtackan lägges minst ett, vanligen två tegelskift »på platt» och på dessa komma sedan ställets yttermur och därinom vare sig det rammade eller murade innerstället. Ställets yttermur (kallad ytterstället) som förr togs i stora block av mörtjenbergssten är numera nedtill vid en del masugnar dubbel, mera sällan tredubbel, och uppföres av eldfastaste chamottegel eller av silicasten. Dess yttre sida göres nästan alltid lodrät ända upp till bördjärnen, som uppbära pipmurarna, dess inre åter följer vid murade innerställen vanligen ställprofilens lutning ända från botten upp till en meter över formorna, vid rammade ställen åter har den samma lutning från formorna upp, men under formorna är den lodrät. I denna yttermur anbringas hål för järnutslag, slaggtappning och blästerintag, se härom längre ned.

Innerstället kan som sagt uppföras vare sig genom inramming av eldfast kvartsmassa eller muras av silicategel.

Rammat ställe: För detta gäller det att välja lämpligaste kvarts eller hellre kvartsit. Densamma bör vara av möjligast likartad och jämn sammansättning, får vid tvär upphettning till vällvärme ej falla sönder i små korn och ej bli mycket mör, får vid vitvärme ej partivis sintra och än mindre smälta, får således ej innehålla några som helst lättsmälta föroreningar såsom fältspat, glimmer, kalk, granat eller dylikt. Bäst är om den vid slagning får mussligt brott och ej är kristallklar. Färgen är det ej så noga med. En utmärkt hyttkvarts från Gusselhyttan är t. ex. mörkgrå och en från norra Sverige rosenröd, men vanligen är god kvartsits färg vit med i släppytorna gul eller rödaktig »anlöpning». För att få den mera lättkrossad användes vid flera hyttor att bränna den i rostugnen, och har man ej tillgång till god kvarts utan måste använda sådan, som håller mikroskopiska vätskeinneslutningar, är bränningen nödvändig även för att de inrammade kvartskornen sedan ej i ställväggen skola dekrepitera och åstadkomma massans uppmörande. Kvartsen krossas

i valskrossar, kollergångar eller stampverk till från mjöls upp till ärters, nötters eller valnötters grovlek. Ju bättre kvartsen är, ju grövre bitar kan få följa med; ju mera sönderspringande den visar sig i tvärvärme, ju finare måste den hållas, men en ytterst viktig sak är att så mycket fint och finaste pulver finnes med, att mellanrummen mellan de grova kornen vid ramningen bli fullkomligt fyllda, ty såväl tackjärn som slagg bryta eljes ut korn för korn ur massan, genom skillnaden i deras och massans egentliga vikt och skära då snart bort det inrammade understället.

Inramningen av massastället sker på så sätt, att man i en av plank gjord lave med rakor och skyfflar ytterst noga sammanblandar kvarts och eldfast lera i noga avmätta mängder. En del masmästare röra dock ut leran med vatten till en välling och fukta med denna den i laven utbredda kvartsen, men som det vill skarp blick till att då få lagom lerhalt, är det vida bättre mäta upp av torr kvarts och torr finmald lera de kvantiteter, som skola för varje gång ingå i massasammansättningen, och först sedan man i laven utbrett kvartsen i ett jämnt lager på denna utbreda leran samt så fukta med lagom med vatten. Som massan kommer att bliva eldfastare i ju större proportion kvartsen ingår, tager man till den varmaste delen av stället massa med mindre lera. Under blåsningen är temperaturen i stället alltid störst i nivån vid och strax över formorna och bör man därför ha eldhärdigaste massan där. Under formorna och isynnerhet i botten, där hettan ej är så stor, men där tackjärnet vill tryckas in i massans porer och bryta lös kornen, kan man ha litet lerstarkare och därigenom tätare massa. Emellertid iakttages vanligen ej detta, utan börjar man oftast i botten med den lerfattigaste massan och ökar lerhalten undan för undan ju högre upp man kommer med ramningen.

Vid en del hyttor användes engelsk »piplera» eller holländsk »klimplera», båda vita eller ljusgrå till färgen, men fullkomligt lika bra i eldfasthetsavseende är vår goda skånska F-lera, som bör användas obränd. Dess mörka färg (av kol) gör, att man så väl ser, när massan är fullgott omblandad, vilket man åter ej kan se vid de andra.

Mycket noga är det att taga lagom med vatten vid fuktningen. Är massan för torr, när den inrammas, packar den sig ej utan håller sig »lös som sand», är den åter för fuktig, så »jäser» den upp på ett ställe, medan man rammar på ett annat, och blir ej heller då hård, vilket är ett oeftergivligt villkor, om stället skall bli biståndigt. Ett gott sätt att bedöma, om massans fuktighetshalt är den rätta, är att taga en hand full av den färdigblandade massan, hårt krama hop den, därpå rulla bollen fram och åter i öppna handen samt sist kasta upp den ett par decimeter högt och låta den åter falla på handen. Är massan lagom fuktig, håller den att rulla fram och åter,

men går vid nedfallandet sönder i två à tre delar. Faller den sönder vid rullandet är den för torr, håller den hop vid nedfallandet är den för våt.

Lerhalten i massan bör rättas efter kvartsens eldhärdighetsgrad och grovlek. Vanligen tages den till $^1/_{12}$ i botten och $^1/_8$ upptill, men vid ett par hyttor börjar man med $^1/_{24}$ och slutar med $^1/_{12}$.

Rammarna, varmed massan skall i masugnsstället inrammas, äro smala runda järnstänger av 1,8 à 2 m längd, nedtill antingen försedda med en rund knapp av 25 à 30 mm diameter eller ock, vilket är bättre, med en cirka 100 mm hög fyrkantig del av 25 mm sida. De senare rammarna bli något mödosammare att arbeta med, men ge bättre slag och hårdare massa på kortare tid. Innan man börjar ramma, stryker man vanligen ställmuren invändigt och å botten med tjock välling av eldfast lera. Härefter inöses ett 100 à 150 mm tjockt lager av massan. Detsamma utbredes noga och tilltrampas och härefter börjar ramningen. Vid denna, som utföres av ett arbetarlag på 4 à 5 man, börjar man ramma utefter muren, varvid man slår slag vid slag, alla under arbetet flyttande sig runt om åt samma håll, varigenom vinnes, att ingen del av massan blir tillpackad mindre än den andra, vilket åter skulle bli följden om arbetarna skulle ramma segmentvis, ty den ena slår hårdare, den andra lösare. När man i cirkelgåendet kommer längre in, vända sig arbetarna förstås helt om med ryggarna mot muren i stället. När man känner, att det först inösta massalagret är tillräckligt hårt, skrapas ytan med en gles stålträdsborste eller sliten gammal kvast, så den blir litet upprepad, och så inöses ett nytt massalager som tillstampas på samma sätt som det första, och så undan för undan till dess bottenlagret fått något litet mer än den tjocklek, det i det färdiga stället bör hava.

När man nått till denna nivå, avskrapar masmästaren med en murslev det översta ej fullt hårdnade av massan, tills han kommer i lagom nivå med botten i utslagshålet för tackjärnet. Medelst linjal och vattenpass ser han noga efter, att han får en fullkomligt plan och fullkomligt vågrät yta på massan. När han åstadkommit detta, nedhissas till honom det första modellhalveparet. »Modellerna» bestå av tjocka planklaggar gjorda, stympade halvkoner försedda med »bottnar» upptill och nedtill (se fig. 1 och 2 pl. XXX). Sammanställda fylla de ej cirkeln fullt, utan uppstår mellan dem en springa av cirka 100 mm bredd. Till tätande av denna har man två träkilar, vilka ställas i modellernas sidolutning mellan dessa och fästas medelst järnsprintar i järnkrokar fästa inuti modellerna. Modellernas yttersidor hava just den vidd och den sidolutning, som ställets innervägg skall komma att få. För att erhålla rätt centrering, så placeras uppe på uppsättningsmålet å pipmurarna ett brädkors, i vars mitt är borrat ett hål, genom vilket ett lodsnöre med lod nedhissas till modellparets överyta. Masmästaren flyttar så på modellen, tills han

Fig. 1

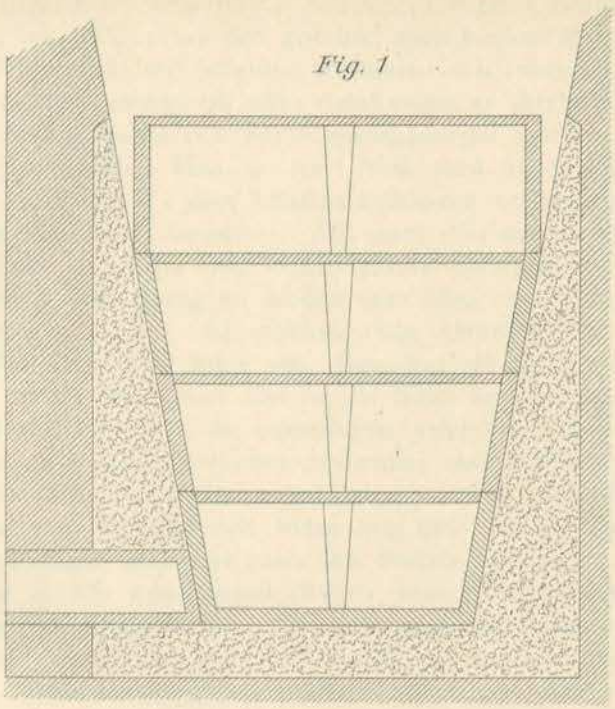


Fig. 2

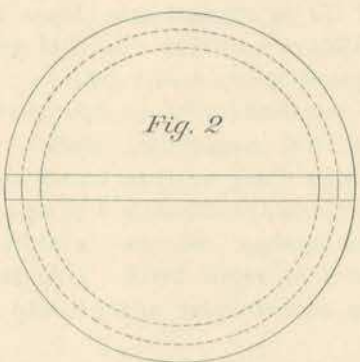


Fig. 3

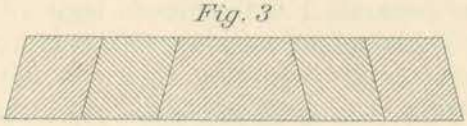
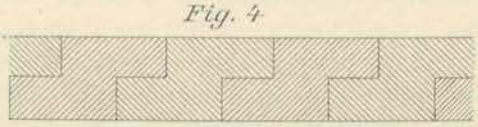


Fig. 4



Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

får den i »centrum», varefter han med 4 stycken träribbor kilar fast den mot ytterställets innermur. När detta är gjort, inpassas i utslagsöppningen en träkloss av den grovlek, man önskar få tapphålet, och härefter börjar på nytt inösning av massa och ramningen. Då man kommit upp med denna till nära överkanten av första modellen borttagas de 4 väggkilarna och nästa modellhalvpar nedhissas och fästas som det föregående. Man är nu i nivå med slagg och blästeröppningarna, varför även i dem infästas träklossar av passande dimensioner, varpå ramningen fortsättes. Allt efter som denna växer i höjden nedhissas och inpassas nya — allt vidare modeller, och till sist har man rammat fullt kring en modell som nära nog fyller ända ut till ytterställmuren — eller vid mycket »hög ramning» ut till pipinnermuren. Ramningen avslutas då. Den har då pågått dag och natt med täta skiftbyten. Man har nu att hissa upp modellerna. Dessa äro emellertid till följd av ramningen ytterst hårt fastspända, men sedan kilarna mellan halvorna lösbrutits och borttagits, kan man genom knackningar med hammare och försiktigt brytande med korta spett lossa par för par och hissa upp dem. Innan emellertid alla modeller upptagits utspetsar man den översta kanten av massastället, så att där ej blir kvar någon »hylla», som kan verka hindrande på beskickningens nedglidande, eller ock använder man ett vid Uddeholmsverken uppfunnet sätt, som består uti, att man just genom avskrapning bildar överst på massan en hylla av 3″-bredd och på denna ställer »på ända» 12″-tegel, som huggits ut till kilform, och vilka tegel fastmuras med eldfast lerbruk. Härtill användas utan olägenhet Bjuf F eller motsvarande kvalitet annat chamottetegel. När slutligen alla modeller uttagits, överstryka en del masmästare — sedan allt »rask» på ställbotten utsopats — hela ställväggen från massans topp och ned till botten samt även denna med en tjock välling av åkerlera, vilken såsom lättsmält bidrager till massytans hastiga glaserande vid påblåsningen, varigenom hindras att den nedåtglidande beskickningen då repar av den för mycket. Efter detta insättes formor och timpel, sedan de i dessas »hål» insatta träklossarna uttagits, men härom se nedan.

Murat ställe (se pl. XXXI). På senare år har man allt mera övergått till att av tegel uppmura i st. f. inramma innerstället, emedan detta dels går fortare, dels sedan kostar mindre i påeldningsved och påeldningstid. Där man haft dålig hyttkvarts att ramma med, vinner man även i längre blåsningskampanjer med murat ställe, men där man haft utmärkt kvarts till ställmassan, är det i regel tvärtom. En del hyttingenjörer använda chamottetegel (Stettiner eller Ivö), en del kvartstegel (Höganäs, Svea, Silica eller Stella), men tyckes det som kvartsteglet allt mera skulle vinna terräng på det andras och kvartsmassans bekostnad. En vid flera av våra hyttor gjord erfarenhet, att det är svårt få en murad botten fullt pålitlig emot utskärning har

emellertid gjort, att man där rammar botten på vanligt sätt och endast murar väggen, varvid den senare dock uppföres ända från det på grundtackan vilande tegellagret, och massabotten inrammas först sen tegelstället är färdigmurat. Massalagret får härvid ej tagas för tunt utan 400 mm tjockt eller tjockare och drages i utslagshålet ut i 200 mm tjocklek ända till ytterställmurkanten.

Vid en av våra största masugnar har man även använt sig av den anordningen att omedelbart på grundtackan rammades ett 300 mm tjockt massalager, varpå man på detta inmurade ett likaledes 300 mm tjockt lager kilformiga stora fasontegel.

Gör man botten helt igenom murad, så bör den ha minst 2 tegels tjocklek och lagas då, att övre lagrets stenar komma mitt på det undres fogar, så att det ingenstädes blir, vad man kallar »genomgående fog», ty eljest får tackjärnet för lätt att skära ned sig. Vanligaste sättet är att mura botten i »upp- och nedvänd valvform» med kiltegel, vilka dock sällan köpas i den formen utan tillhuggas till denna av vanligt 12″ × 6″ × 3″-tegel. Vill man köpa fasontegel, så är bättre med stora stenar än med små, ty ju mindre yt-% fogar, som finnas å botten, ju färre angreppspunkter får det skärande tackjärnet. Förutsättas måste dock, att man väljer en tegelsort, som ej har benägenhet varken att krympa, spricka eller skärva, ty har den någotdera av dessa fel, är bäst att taga mindre tegel och få flera fogar — taga det mindre onda framför det större. Man kan få köpa fasontegel av antingen 4-kantig eller rund fason. Är det stora stenar man vill mura med är bäst sända ritning på masugnsstället till tegelverket och låta detta bestämma teglets såväl dimensioner som form. Två vanliga anordningar är 1:o med ett tegel — stympad kon — i mitten och konsegment i ringar, ring för ring utanför denna, eller ock 2:o med ett tegel — stympad pyramid — i mitten och utomkring detta 4-kantiga pyramidaliska tegel, 4-kantrad utanför 4-kantrad, så att varje ny rad med det förut insatta bildar en allt bredare stympad kvadratisk pyramid. Även till väggarnas uppmurning kan man få köpa stort fasontegel avpassat efter ställets profil och ytterställets innersida, så att nedersta tegelvarvet är tjockast och teglet sedan varv för varv avsmalnar uppåt. Det är dock endast chamottverken, som leverera tegel i block, kvartstegelverken åter hava mycket svårt att åstadkomma mycket tjocka dimensioner, emedan kvartsmassan vill vid bränningen svälla, så att teglets ytor bli buktiga. Beställer man fasontegel, så bör man fordra garanti för, att det skall levereras med de raka ytorna fullkomligt plana, ty får man buktigt blocktegel, så tager det ofta så lång tid att hugga det plant, att det skulle tagit vida mindre tid ramma in hela stället, vartill kommer, att en huggen yta alltid angripes — frätes svårare av järn och slagg än en med »naturytan» kvar. Alldeles fördärvliga äro tuktade kanter i bottens överyta.

Tegeln i ställväggen läggas antingen hela vägen upp med över-

Fig. 1

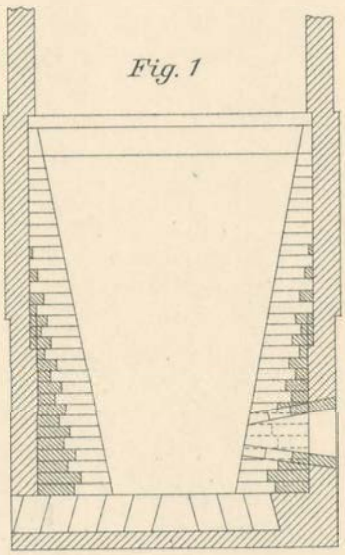
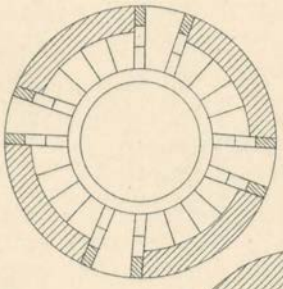


Fig. 2



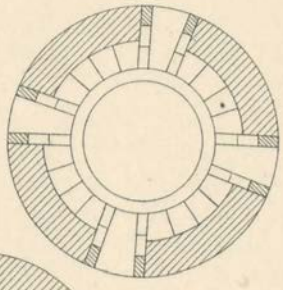


Fig. 3

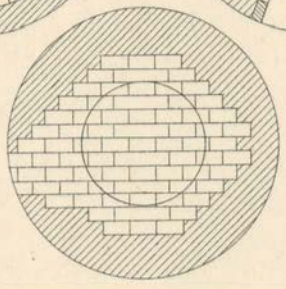


Fig. 4

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

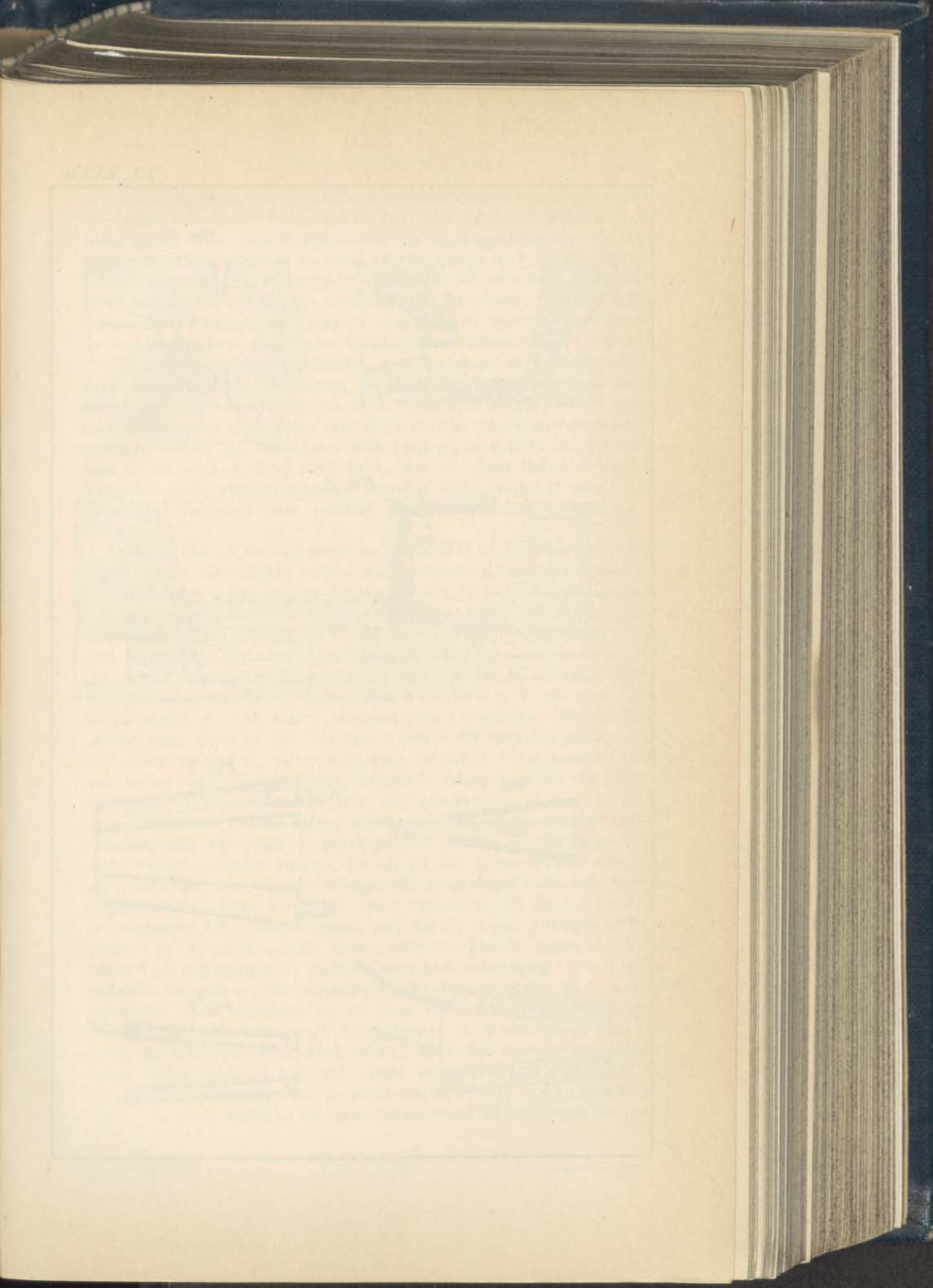


Fig. 1

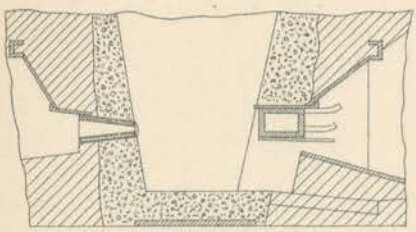


Fig. 2

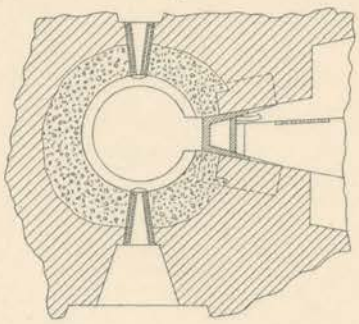


Fig. 3

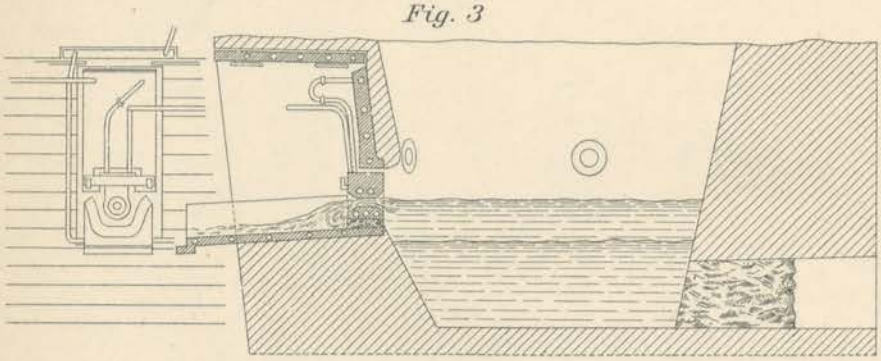


Fig. 4

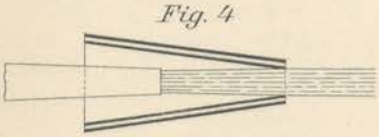


Fig. 5

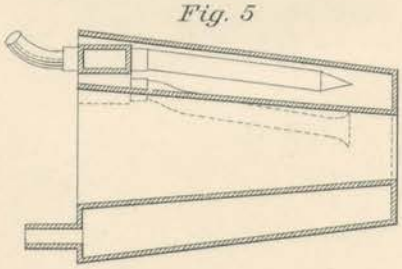


Fig. 6

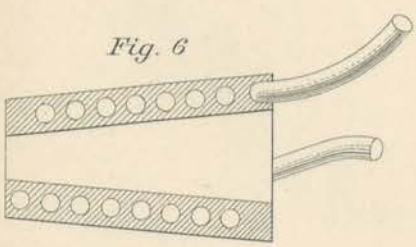


Fig. 7



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

och underytor horisontala, eller ock, som vid några masugnar brukas, med över- och underytor vinkelräta mot inre ställväggens lutning, då innerväggen från ungefär formnivån och upp är jämntjock och rätta lutningen erhålles genom att man utanför denna mur uppfört en tilltuktad bakmur. Ett oeftergivligt villkor för att ett murat ställe skall bliva gott är, att det tillagas med möjligast fina fogar, ty det är alltid i fogarna skärningen av tackjärn och slagg är störst och nötningen av beskickning och gaser samt frätningen av saltångor verka skarpast.

Antingen beställes tegelstället med fasontegel så formade, att de utan huggning bilda öppningar för järngata, slaggtimpel, resp. slaggforma och för blästerformorna, men försiktigast är att beställa hålen något »rymliga», ty de bliva dels ej så exakta, att de efter teglens inmurning »styra på lodlinjen», dels behöver man fästa de järndelar, som skola sitta i dem, med bruk, om de skola fastna ordentligt. Timpeln, resp. slaggformbocken inmuras alltid samtidigt som stället uppmuras, formorna åter insättas först sedan allt är iordning i övrigt.

Utslagshålet för tackjärnet (se pl. XXXII fig. 3) anbringas naturligtvis alltid vid ställets botten och benämnes tillsammans med den ytterställmuren genomgående öppningen, om de hava 4-kantig genomskärning, »järngatan». Det tages vid olika hyttor av ganska olika dimensioner från endast 75 à 100 mm i diameter och således runt (vid masugnar, där man efter utslagen sätter igen med lerstopp) till rätt stora rektangulära dimensioner t. ex.: h = 150, b = 200; h = 300, b = 225; h = 400, b = 100; h = 300, b = 150 o. s. v. allt mm. Numera, sedan de allt sämre träkolen göra hyttgången allt ojämnare, ställer man även så till, att man ovanför det egentliga utslagshålet har »mur på förlor», så att man utan att skada övrigt murverk kan vid behov taga upp tillfälligt utslagshål högre upp än vid botten. Öppningen i ytterställmuren och, där pipmurarna gå ända ned till golvet, även den i dessa klädes upptill och vid sidorna med gjutjärnsskoning, som dels tages av grovt gods — 50 mm — dels förses med bred »krage» utanför muren, på det att den ej må spricka eller slå sig, utsatt som den blir vid utslagen för synnerligen tvära och starka upphettningar. Från järngatan ledes tackjärnet till de s. k. måtten (= kokillerna eller sandformarna, vari det får stelna) antingen (äldsta sättet) i en av sand uppöst ränna, eller — vilket är nyare och vida bättre i en svängränna av gjutjärn, som kan helt enkelt vid och strax nedanför järngatans yttre mynning få vila å en golvdubb, då dess yttre svängbara ända uppbäres av ett stag fästat ett stycke upp på pipmuren, eller ock, vilket dock är dyrbarare, invid ställmuren röra sig kring en hög och stark pivot, ställd i en murad fördjupning, vilken hålles täckt med en häll till skydd mot sand och skräp. Själva rännan har en godstjocklek av invid stället 50 mm, ute i »nosen» 25 mm, dess övre bredd = 350 mm, bottenbredd 30 mm, djup 300 mm

medan längden avpassas efter avståndet till måtten. Den strykes mellan varje utslag med tjock lervälling och ibland även med lerbruk. Inne vid järngatans mynning, där rännan har dubbelt större överbredd och 250 mm bottenbredd, måste den alltid vara bruksmetad, emedan det nedstörtande tackjärnet eljes far illa med den.

Slaggtappningsanordningen var förr alltid i form av »damm och timpel» men börjar nu allt mera att användas s. k. slaggforma. Vid den förra anordningen (se pl. XXXII fig. 1 och 2) lutar den murade dammens innersida utåt cirka 40° mot vertikallinjen och från sin innerkant har den sedan utåt en lutning nedåt av c:a 10° mot horisontalplanet. På denna lutande yta klädes den med en 50 mm tjock tackjärnshäll, som får skjuta så långt ut utanför yttre murkanten (c:a 300 mm), att man bekvämt får slaggstenskokillerna inunder, utan att slaggen kan komma åt att rinna ned bakom dem. När hyttan står under blåsning, har man på hällen ett lager sand, vari »styrrännor» upptagas till det ena måttet efter det andra, allt efter som de fyllas. Förr hade man järngatan endast såsom en sidonedskärning i slaggdammen, men detta är numera bortlagt, och har man nu så gott som alltid »slaggbröstet» åt ett håll och »utslagsbröstet» åt ett annat, men är för lokalitets- och transportförhållandens skull oftast olämpligt att ha dem fullkomligt diamentralt motsatta, vilket dock även det mångenstädes förekommer. Timpeln består av en 100—200 mm högt ovanför dammkanten placerad gjuten pjäs. Förr togs den endast såsom en nedåt och utåt öppen bock av tackjärn, och så har man den ännu på sina ställen, men som numera, sedan man börjat gå med hetare bläster, bara av luften kyld bock ej vill stå vid lag, så har man på de flesta ställen anordnat den med vattenkylning, antingen i form av ett parallellepipediskt kärl eller en kring inlagda slingrör gjuten parallellepipedisk tackjärnsklump. Timpeln tjänstgör dels såsom skydd och stöd för ovanför sittande mur, dels kan det ibland vara bra att kunna, genom att vid tillfället uttaga densamma, få ett större hål, varigenom händelsevis bildade rusor kunna utkrokas ur stället.

Slaggforma i stället för timpel och damm (se pl. XXXII fig. 3) är sedan länge allmänt använd vid koksmasugnarna i utlandet. Det var ingenjör Fritz W. Lürmann, som konstruerade den första verkligt praktiska slaggforman. Varför man övergick till densamma var, att när man i koksmasugnarna började använda starkare blästertryck ville blästern »bryta fram» under timpeln slungande undan sanddämning och slagg, varigenom bläster- och värmeförlust uppstod och slaggtappningsarbetet för folket nästan omöjliggjordes. Genom att slaggformans tapphål ej har större vidd än omkring 50 mm undvikes detta och slaggen rinner genom detsamma lugnt och jämnt tills slaggnivån i stället sjunkit ned till hålet, då man genom att några ögonblick hålla ett kallt spett i hålet, får litet slagg att stelna i detsamma

och så kan »stoppa» tills ny slaggtappning behöves. Vid mycket svårsmälta t. ex. starkt talkiga slagger och vid mycket trögflutna såsom trisilikatslagger är dock slaggforman ej användbar, utan bäst lämpar den sig vid något överhettade kalkrika slagger. Vid kok i masugnen rinner ej heller den då pösande slaggen ut, utan får man då genom formans uttagande bereda större tapphål. Av denna anledning samt av samma som ovan angivits vid timpeln lagar man även här så, att man vid behov kan få en rätt stor öppning in i pipan. Man har därför slaggforman sittande antingen i en formbock ibland av grovt tackjärns- eller stålgjutgods med vattenkylningsanordning, ibland av vattenkyld fosforbrons, eller ock i en mycket stor och vid ytterforma av endera materialet. Forman själv utgöres oftast av en dubbelväggad ihålig stympad kon. Hålet i densamma är vidare utåt och inåt pipan med trängsta stället på ungefär $^1/_3$ av längden inifrån pipan räknat. Mellan de dubbla väggarna cirkulerar på vanligt sätt kylvatten. Rätt vanliga dimensioner på densamma äro längd 180, yttre änddiametrar 200 och 140, inre d:o 100 och 80, allt mm, medan godstjockleken varierar mellan 25 och 15 mm beroende på om den är av järn eller brons. Vid användande av bronsforma får aldrig tackjärnet i stället stiga upp till formans underkant, ty då skäres den genast sönder. Vid en del hyttor föredrager man halvrund framför helrund form å slaggforman, då den är öppen nedåt dammhällen, så att slaggen rinner fram å denna genom hålet som denna och forman tillsammans bilda. Även här vid slaggbröstet är hålet i ytterställmuren klätt med kragförsedda järnhällar.

Även vid våra fristående masugnsställen bibehåller man benämningarna bröst, en gammal hytteterm, som brukades vid de mycket tjockmurade masugnarna för de stora urtagningar i yttermurarna, som behövdes för arbetet vid järngatan, slaggdammen och vindforman och som kallades resp. utslagsbröstet, slaggbröstet och formbröstet.

Blästerformorna (se pl. XXXII fig. 4—7), som placeras högre upp i stället än timpeln (om höjdförhållandena se under masugnsprofilen), hava stympad konisk form, äro dubbelväggade och äro koniska även invändigt, så att den inre formmynningen har mindre area än den yttre. Inre sidan gör således en vinkel mot centrumlinjen, vilken vinkel har tagits rätt olika vid olika masugnar och som förr vid s. k. öppna formor ansågs spela en viss roll. Vid slutna formor åter har den ingen annan betydelse, än att det är bekvämare spetta formorna rena från slagg och järn, om den är större än om den är mindre. Vanliga lutningen är 8 à 10°, vanligaste centrumlängd 350—450 mm, godstjockleken i sidorna 15 à 20 mm, med 25 à 30 mm vattenrum och godstjockleken i ändarna 25 à 30 mm, om forman är av stålgjutgods eller smidd, är den av fosforbrons är den vanligen av tunnare gods. (Om inre formmynningens storlek se under masugnsprofilen.)

Vi övergå nu till beskrivandet av masugnens översta delar, vilka dock vanligen äro iordningsställda innan stället fullbordas, om de ock såsom vid slutna uppsättningsmål ej påläggas på pipkrönet förr än stället är fullt iordningrammat eller färdigmurat, på det de ej under arbetet med detta skola verka hindrande.

d. Uppsättningsmål, gasuttag och gasledningar.

Då skotten MacIntosh påvisat, att hans landsman James Beaumont Neilsons idé patenterad 1828 att förvärma blästern verkade bränslebesparande även vid masugnar, byggdes snart varmapparater vid hyttorna i alla länder, men att börja med eldades de med ved eller stenkol. I Sverige föreslog emellertid A. Åkerman redan 1832 att använda kranslågan för detta ändamål (se J. K. A. 1833 sid. 92) och detta kom också till utförande både i Sverige och utomlands, trots att det verkade mycket hinderligt för arbetet å kransen att ha varmapparaten placerad mitt över uppsättningsmålet. Emellertid konstruerade snart Faber du Faur, framstående tysk hytteman, vid Kungl. Württembergska järnverket Wasseralfingen den utmärkta varmapparat, som ännu i något förändrad form användes vid våra svenska masugnar och använde genast vid första apparaten av detta slag eldning med masugnsgas. Ledebur skriver, att han gjorde denna uppfinning 1837, men redan i 1834 års Jernkontorets Annaler sid. 540 finnes den beskriven och å pl. 34 avbildad. Han uttog då gasen genom ett brett fyrkantigt hål strax under kranshällarna och ledde den genom ett plåtrör till den tätt vid dessas kant placerade apparaten. De svenska brukspatronerna följde genast exemplet och snart även bergsmännen. Direktör N. Starbäck vid Jernkontoret kom så 1840 med förslag att även använda masugnsgasen för järnmalmernas rostande, och fick man då i piporna anbringa ett gasuttag till, som Starbäck att börja med placerade på 5 fots djup, men sedan nedflyttade ännu en fot. För att få tillräckligt tryck på gasen och därigenom nog med gas började man emellertid snart dels att taga två gasuttag i pipmuren för gasrostugnens del, dels flytta ned dem, så att 1847 sattes de vid Ickholmens masugn 10 fot djupt under kranshällarna och 1848 förordar den framstående hyttemannen professor J. Åkerman rent av gasuttagens nedflyttande till halva piphöjden (se J. K. A. 1848 sid. 26—27), vilket han ansåg masugnsgången ej kunde lida av, men då hans råd flerstädes följdes, kunde man iakttaga, att kolåtgången steg, och att gasens funktion i masugnspipan var av stor vikt. Man nödgades då åter börja på att vid nybyggnader lägga rostugnarna på en högre nivå för att få hava gasuttagen i masugnspipan högre upp, tills Stafsjö styckebruk i början på 1850-talet i sina båda masugnar inrättade gassamlande cylindrar gjutna av tackjärn och 7 fot djupa, då man bakom dessa kunde taga gasuttagen på 6 fots djup (se J. K. A.

Fig. 3

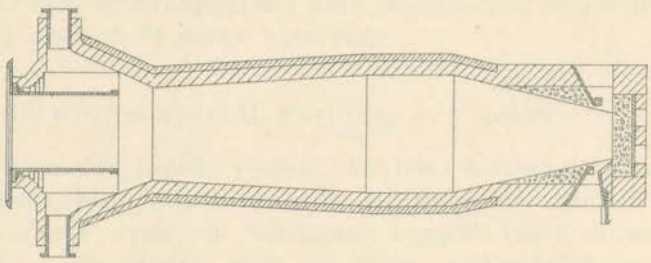


Fig. 2

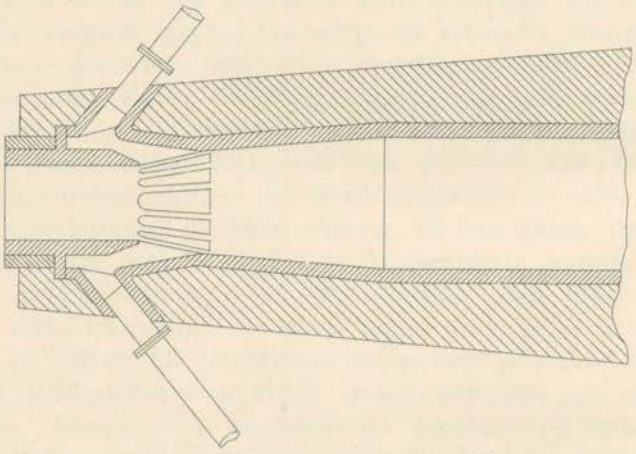
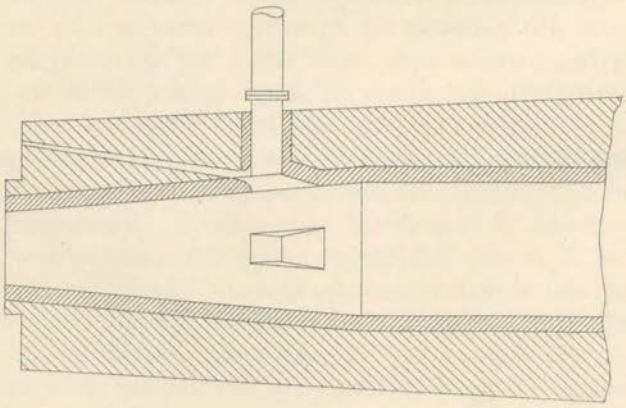


Fig. 1



Graf. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

1855 sid. 127). Men ej nog med att Stafsjö nu fick nog med gas både till rostugnar och varmapparater, utan erhöll det sådan mer än tillräckligt även för en 12-hästars ångpanna. Exemplet följdes genast på flera håll, och man försökte ömsom med cylindrar av plåt och ömsom med gjutna. Stafsjö hade dock troligen erhållit idén utifrån, ty redan 1840 eller 1841 hade fransmännen Thomas och Laurens byggt ett sådant uppsättningsmål och 1842 Pfort ett i Tyskland (se Beck, Geschichte des Eisens, band 4, sid. 516). 1855 hittade Darby på att i uppsättningsmålets mitt nedhänga ett plåtrör ett par meter djupt ned och genom detta uttaga gasen, vilket sätt snart fann stor användning i Amerika, men i England hade redan 1850 Parry konstruerat det första slutna uppsättningsmålet med tratt och kon, som sedan givit upphov till samtliga många andra konstruktioner av slutna sådana, vilka alla tillåta att gasen uttages först strax under kranshällarna, sedan den i masugnen gjort all den nytta den kan. Vår så framstående hytte- och bessemerman R. Åkerman förordade ock efter hemkomsten från en större utländsk studieresa 1868 slutna uppsättningsmåls införande vid de svenska hyttorna, angivande principerna för deras konstruktion, på det de måtte bliva för våra ömtåliga förhållanden fullt användbara, men fick han vänta på denna fullkomligare konstruktion ända till 1884, då R. Charleville praktiskt löste frågan. Då Åkerman skrev sin berättelse, fanns i Amerika ännu intet enda slutet uppsättningsmål och i Tyskland och Frankrike tillslöt man dem blott intermittent med enkla lock, som nedhissades mellan uppsättningarna. 1870 lämnade Jernkontorets stipendiat G. O. Tundal förslag till ett uppsättningsmål med centralt gasrör och galleri (se J. K. A. 1871, pl. XII). Det förra blev ej använt, men väl anordningen med galleri, som redan 1872 fanns i bruk vid Ulfshyttan, där man dessutom insatt en sugfläkt i gasledningen. Galleriet befann sig på 5 fots djup under kranshällarna.

Det äldsta gasuttagningssättet med endast ett par hål i pipmuren (se pl. XXXIII fig. 1) är numera bortlagt, anordningen med *galleri* och en uti pipmuren anbringad ringtrumma har man även ledes så gott som frångått (Leffler nämner i sina »uppgifter om svenska masugnar», J. K. A. 1911, endast en enda pipa med galleri), därför att denna anordning var en svag konstruktion, som tarvade oupphörliga reparationer (se pl. XXXIII fig. 2).

Den gassamlande cylindern åter har både varit det mest använda gasuttagningssättet och har kunnat hålla sig kvar allmänt använd ända till våra dagar, så att i Lefflers ovannämnda redogörelse finnas upptagna 52 stycken masugnar med sådan. Man har som förut sagts använt sådana förfärdigade vare sig av gjutjärn eller grovplåt, men ock sådana med övre delen av gjutjärn och den nedre av grovplåt (se pl. XXIX fig. 1). Dels är det mycket svårt att gjuta så långa cylindrar som här behövas utan att godstjockleken måste tagas så

grov, att den färdiggjutna pjäsen blir för tung och för svårhanterlig, dels råder det i de moderna masugnarna vid nödsatt gång och skarp drillning ofta så pass hög temperatur redan vid 3 m under kranshällarna, att tunt tackjärnsgjute där vill spricka och slå sig skevt, medförande om cylindern nedtill blir oval att såväl gas- som malmgången blir ojämn i överpipan. Detta har gjort, att man numera, sedan grovplåtsarbetet blivit billigare än förr, tager cylindrarna uteslutande av plåt och är det bäst att taga denna av 12 mm:s tjocklek samt förse den utvändigt i nedre ändan med förstärkning av ett pånitat 50 mm tjockt plattjärn (se pl. XXXIII fig. 3) eller ännu hellre ett 50 à 75 mm:s vinkeljärn. På sina ställen har man sparat på järnarbete, i det att man fastmurat den med en fläns försedda cylindern ett stycke ner under uppsättningsmålet och sedan fortsatt den murade innerpipan med samma diameter som plåtcylinderns ända upp. Detta sätt är dock ej att rekommendera, ty cylindern bör vid behov, s. s. t. ex. vid nedblåsningarna, kunna utan svårighet hissas upp ur pipan. Därför är det ej heller bra att ens upptill mura fast den, som man gjort vid några masugnar, med flänsen vilande på krönet och med kranshällarna lagda på detta och flänsen (se pl. XXIX), utan bör cylindern hänga fri och ledig från pipan i den på denna plansch utritade sandtätningsrännan. Bästa anordningen är emellertid den, som tillämpats bland annat vid Graversfors hyttor och som visas å pl. XXXIV. Man har där 200 mm under plåtcylinderns övre ända nitat fast ett U-järn. Detta i sin tur vilar i en sandränna i en ringhäll, vilken dock ej ligger direkt på innermuren utan uppbäres ett stycke ovanför denna av en grovplåtsmantel, som i sin ordning står med ett fastnitat vinkeljärn på den tre meter under uppsättningsmålet slutande yttersta pipmuren. De på kransrummets golvhällar vilande kranshällarna äro försedda med en nedåtgående fläns, som håller cylinderns överända i rätt centrumläge.

De svenska slutna uppsättningsmålen. Såsom R. Åkerman redan i ovannämnda reseberättelse påpekade fordra våra tunga malmer och lätta kol en vida mera noggrann fördelning och bestämd blandning över hela uppsättningsmålet, än vad de utländska uppsättningsapparaterna kunna åstadkomma, ty i den mån vår beskickning nedsjunker i pipan, vill malmen rasa åt pipans mitt, vilket åter förorsakar, att beskickningen där blir tätare och svårare passeras av gaserna, som i alla händelser helst vilja uppstiga utefter murarna. Detta förhållande ökas dessutom i samma mån som pipan är vidare i buken än i uppsättningsmålet, och för att kunna få malmen att något så när jämnt fördela sig vid masugnspipans mittersta, vidaste del, får man därför vid uppsättningen i en upptill öppen pipa ej breda ut ett jämnt malmlager över de uppsatta och avjämnade kolen, utan lägga lagret tunt i mitten och tjockt utefter pipmuren, vilket senare kallas att pålägga *mursättning*. Vid en öppen pipa är det mycket lätt att

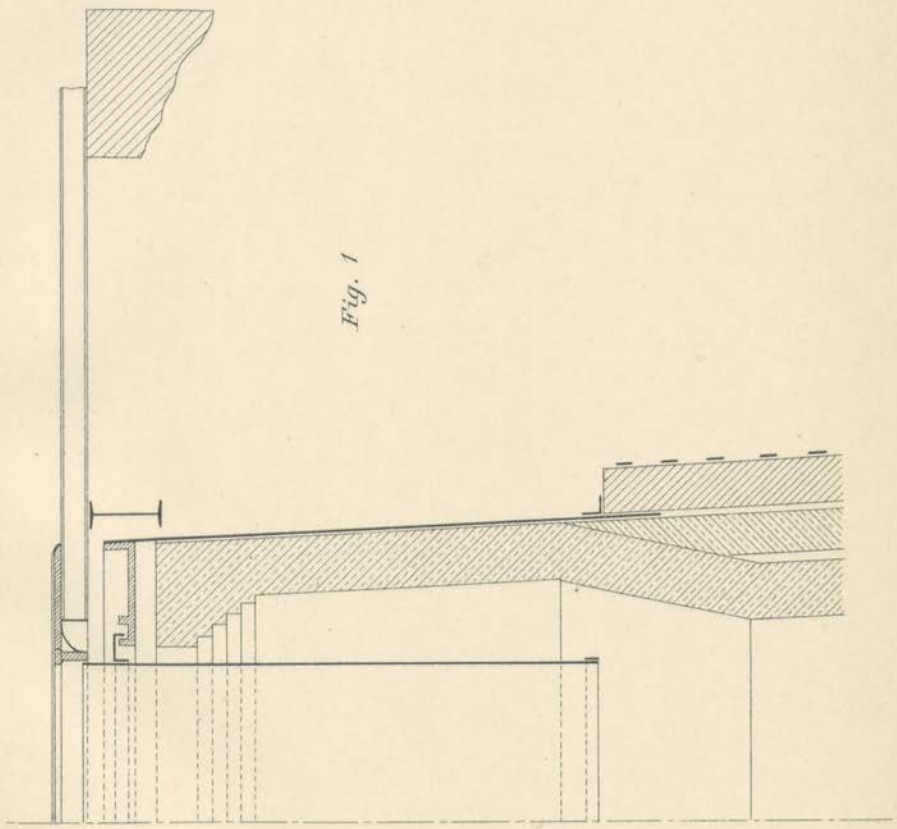


Fig. 1

Grav. av Emil Saonas

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

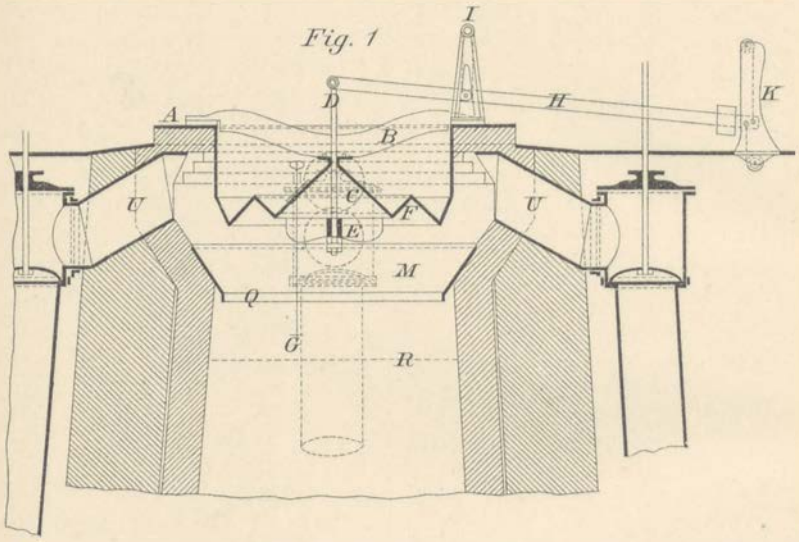
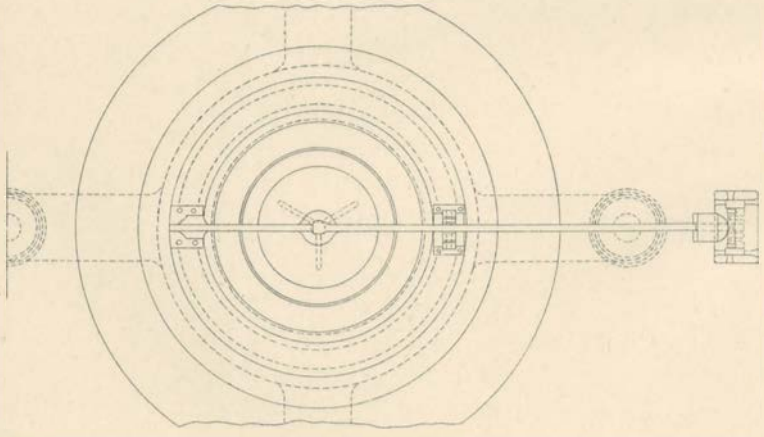


Fig. 2



Grav. av Emil Sagnse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

efter behov öka eller minska mursättningen, och av ett slutet uppsättningsmål, som skulle passa för våra förhållanden, måste vi fordra att även det skulle tillåta sådan nödvändig olika fördelning av malm och kol.

Många förslag och försök hava avgivits och utförts i Sverige för vinnande av ett dylikt uppsättningsmål, men det är endast tvenne, som hittills blivit av praktikens män godkända, nämligen de av R. Charleville och av H. Tholander. Den förstnämnde byggde sitt första uppsättningsmål vid Björneborg 1884 och den senare sitt vid Avesta 1890.*

Charlevilles uppställningsapparat (se pl. XXXV) består av först en ring *A*, som nedtill är konisk och upptill har en fläns, varmed den vilar på masugnskransen. På denna ring ligger en järnbalk *B*, som uppbär en kon *C*, och mitt igenom denna bjälke och dess kon går en spindel *D*, som medelst tre armar *E* är förenad med en dubbelkonisk ring *F*. *G* är en stång eller s. k. flöte, som tjänar till att utvisa, när sättningen sjunkit så djupt, att tiden är inne för påfyllande av en ny. Spindeln *D* och ringen *F* uppbäras av en hävstång *H*, som medelst lagren *I* och vindspelet *K* kan röras, så att ringen *F* därigenom höjes eller sänkes. Masugnspipan är under själva uppsättningsmålet försedd med en konisk ring *M* och strax ovanom denna finnas de fyra gasuttagen *U*. Uppsättningsmålet hålles slutet genom att ringen *F* av hävstången *H* upptryckes mot konen *C* och tratten *A*.

Uti rummen mellan *A* och *F* samt *F* och *C* sättes gods, malm och lim, vilket vid sänkningen av ringen *F* nedfaller i masugnspipan, vilken därvid bör vara fylld till *Q*. Godset uti rummet *AF* träffar då sidan av trattringen *M* och följer denna, tills det når kolen vid *Q*, där det lägger sig i en ring och bildar *mursättning*. Godset i rummet *FC* åter kastas in mot pipans centrum och bildar *mittsättning*.

Uppsättningsmålet slutes genast åter och gods sättes på nytt i mellanrummet *AF*, varjämte kolen istjälpas, varefter, sedan godset i pipan sjunkit så långt, att flötet *G* utvisar »hålmål», apparaten öppnas igen, då senast uppsatta gods och kol nedrasa i pipan. Godset i *AF* följer även nu sidan av trattringen *M*, men som det ej träffar kolet förr än längre ned i masugnspipan, t. ex. vid *R*, så kastas det till följd av sin fart längre in mot pipans mitt, fallande i en ring nedanför *Q* mellan de förut uppkomna godsringarna, bildande den s. k. *ringsättningen*. Charleville rekommenderar för pipor av samma form som Björneborgs att sätta 50 % såsom mursättning, 20 % såsom mittsättning och 30 % såsom ringsättning av samma gods.

Dimensionerna på uppsättningsmål av denna typ rättas naturligtvis efter uppsättningens hektolitertal och pipans profil, men anföres här s. s. ett exempel dimensionerna å ett sådant vid en av våra större masugnar med 15 hl:s uppsättningar: diametern i cylindern = 2380,

* Båda finnas noga beskrivna i J. K. A. 1891, varur detta utdrag gjorts.

cylinderns höjd 390, diam. i trattöppningen 1900, trattens höjd 480 och godstjocklek 30, dubbelkoniska ringens yttre bas diam. 2000, inre d:o 950, densammas topp diam. 1450, densammas höjd 280 och godstjocklek 25, mittkonens basdiameter 1020 och 950, densammas höjd 500, godstjocklek 30, konens fästflänsdiam. 300, bärbalkens höjd 210, godstjocklek 50, dess nedböjning under kranshällarna 220, kranshällringens bredd 300, godstjocklek 30, dubbelkoniska ringens bärarms höjd 180 och godstjocklek 36, allt mm. Trattringen nere i pipan har 500 mm:s höjd och 30 mm:s godstjocklek.

Tholanders uppsättningsmål (se pl. XXXVI) åter består av en ytterst i pipmurens krön inmurad järntratt *a*, på vilken vilar en cylindrisk eller konisk mantel *b*, vilken är fastnitad vid en annan tratt *c*, som slutligen uppbär en sluten kon eller cylinder *d*, vilken blott har en liten öppning vid sin mitt för flottörens obehindrade genomgång. Denna kon är medelst trenne vid dess spets fästade kättingar *e* hopkopplad med den tratt *c* och därmed förenade mantel *b*, varpå den vilar, så att, om konen *d* tillräckligt högt lyftes, den även medtager tratten *c* och manteln *b*. I den yttre tratten *a* anbringas den malm, som skall bliva mursättning, och i den inre *c* kolen och den malm, som skall bilda kolsättning. När sättning skall göras, upplyftes först den innersta konen *d* blott så mycket, att kol och malm nedrasa ur den inre tratten *c*, men när detta försiggått lyftes den än vidare, så att även den på den yttre tratten *a* vilande manteln *b* så mycket höjes, att mursättningen kan nedrasa. För mursättningens hållande intill muren är i pipan anbragt en stötcylinder *f*. För kolsättningsgodsets uppdelande i mitt- och ringsättning har man blott att, när apparaten skall ånyo beskickas, anbringa det för mittsättning avsedda godset på botten av den inre tratten *c* runt omkring konen *d* och där ovanpå fylla samt utjämna kolen, och slutligen över dem utbreda det gods, som man vill skall utgöra ringsättning. Lyftningen av de rörliga delarna sker bekvämligast med en balans *g* och en luftcylinder *h*, som arbetar med masugnens blästertryck.

Även detta uppsättningsmåls dimensioner rättas naturligtvis efter pipans profil och uppsättningens hektolitertal, men anföres s. s. exempel även här ett sådant, som användes vid en av våra största hyttor med 15 hl:s kolsättning. Den gjutna kranshällstratten har övre vidd 2380, undre 1870 och ett djup 500, godstjocklek nedtill 45, upptill 35, den därmed hopgjutna kranshällsringens godstjocklek lika, dess bredd 560, cylinderns höjd 420, godstjocklek 29. Inre trattens övre vidd 2100, undre 700, djup 1060, godstjocklek 8. Konens höjd 1000, godstjocklek 5, undre diam. 750, sänkstångrörets diam. 70, yttre pipcylinderns diam. 1900, höjd 700, godstjocklek 10, väggavstånd 250. Stötcylindern hänger på 500 mm:s djup under kranshällarna och har en höjd av 870 samt diam. 1580, dess godstjocklek 9, alla mått i mm. För hävanordningarna tillhör ämnet bergsmekanik att redogöra.

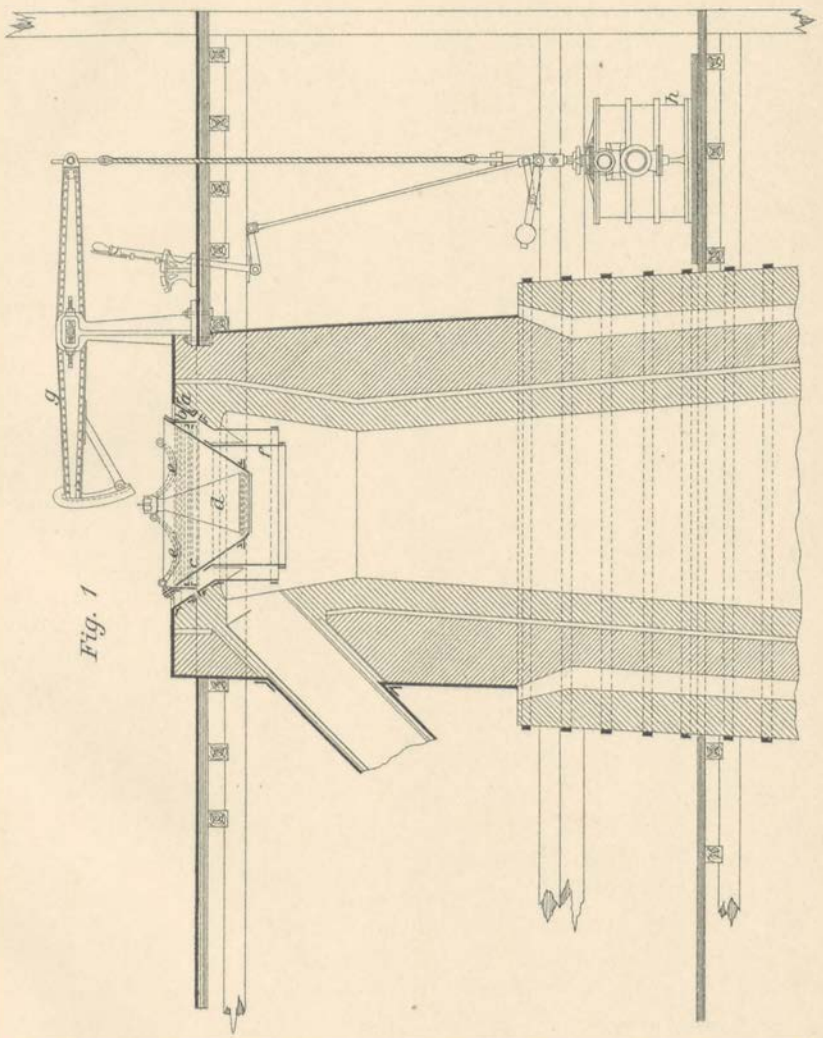


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

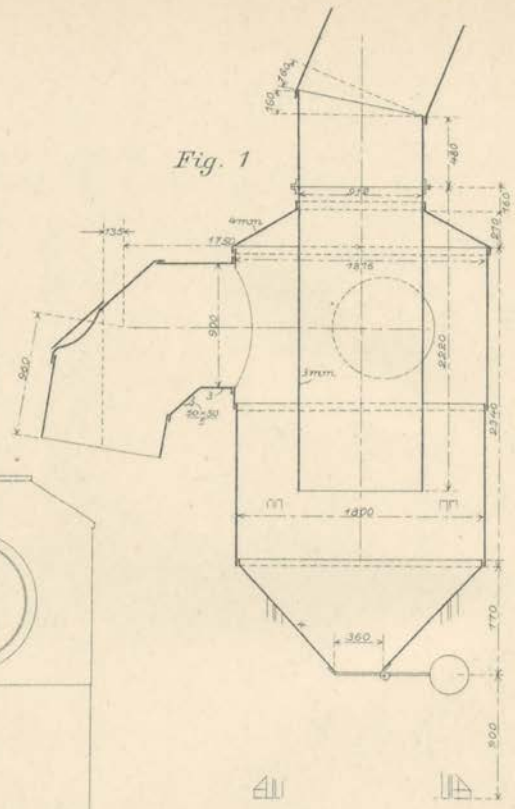


Fig. 2

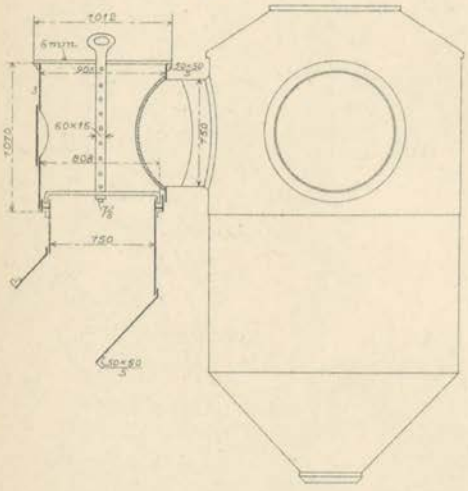


Fig. 3

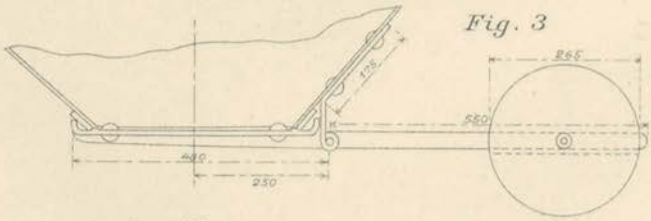
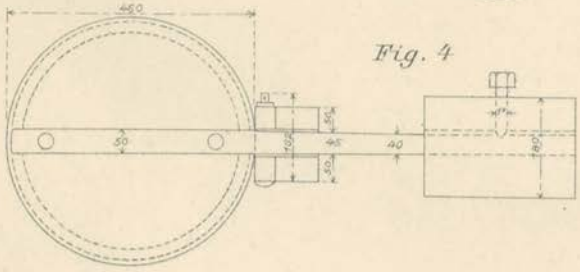


Fig. 4



Graav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 2

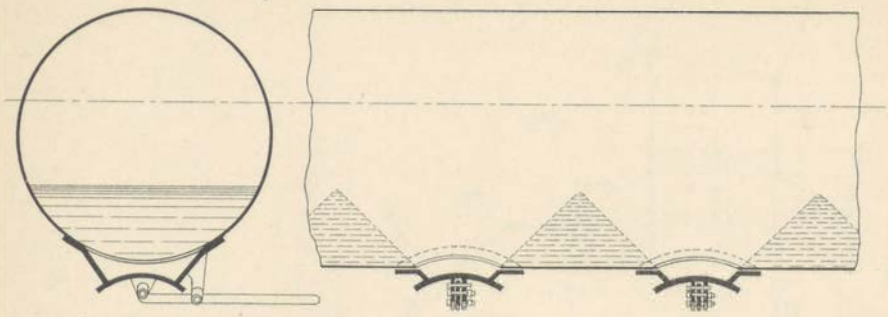


Fig. 1

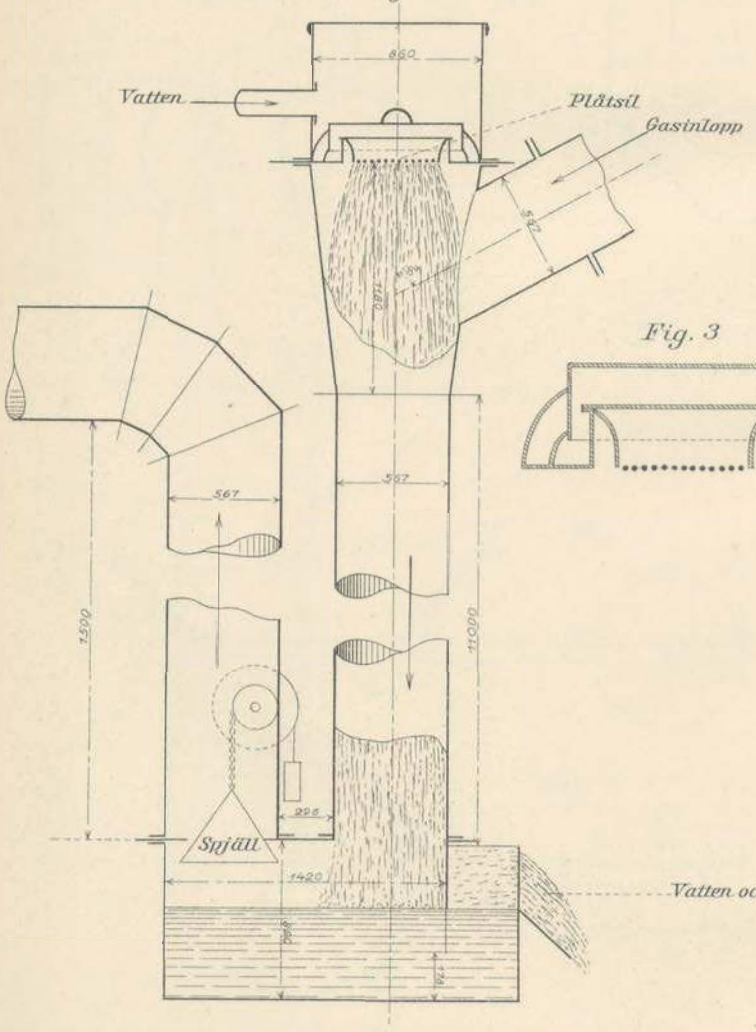
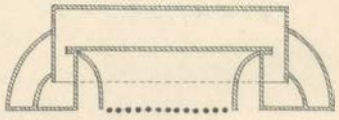


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Gasuttagens antal varierar vid de svenska hyttorna mellan 2—4. I allmänhet kan man säga, att det för gången i masugnen är bäst att hava sistnämnda antal. Deras diametrar variera ganska avsevärt, såsom av längre fram anförd tabell synes (mellan 300—900 mm). Vid några få hyttor hava de oval form med liggande oval, vilket i ett avseende nog har skäl för sig. Se härom och om rätta vidden mera under masugnsprofilen. De äldre sätten för deras uttagande visas å planscherna XXIX fig 1 och XXXIII fig. 3, numera åter låter man dem alltid få skarp lutning både inåt och utåt, såsom pl. XXXV fig. 1 visar men anbringar dessutom strax utanför högsta punkten en sotlucka.

Gasledningarna (se pl. XXIX fig. 1 och pl. XXXVII fig. 2 ävensom pl. XXXVIII), om vars rätta dimensioner se under pipprofilen, böra strax utanför masugnsmuren förses med *sotsäck* av tillräckligt stora dimensioner. Vanligen tagas sotsäckarna i Sverige alldeles för låga och trånga, så att sotet ej hinner i tillräcklig mängd avsättas i dem, utan i besvärande mängd inkommer i gasledningarna. Ett exempel härå kan anföras från ett av våra större bruk. Sotsäckarna vid detta bruk hade (se pl. XXXVIII) ursprungligen de mått som synas å planschen, och måste man då sota rören till rostugnen varje vecka, men sedan sotsäckar av dubbelt så stor höjd och diameter insatts, behövde sot uttagas endast var sjätte månad, trots man gick med samma på slig rika beskickning. Plåten i dem tages 4 à 5 mm tjock och utgående röret bör gå ut högst uppe i sotsäcken och högt över nedgående rörets mynning. Mellan sotsäcken och pipmuren har man på sina ställen igenslagningsventil (pl. XXXIX) för gasens avstängande vid sotning.

Ännu kraftigare än sotsäck till gasens renande från mull verkar den t. ex. vid Bångbro använda vattensugapparaten, på tyska kallad Wassertrommelgebläse (se pl, XXXVII fig. 1), vilken är så inrättad, att ett vattenrör inmynnar överst i en rörhuv, i vars botten befinner sig ett vattenlås. Vattnet går under detta lås och kommer då på en plåtskiva perforerad med helt fina hål, som göra, att vattnet sedan neddryper som tämligen fina droppar genom det vertikala sugröret, i vilket masugnsgasen inströmmar strax under silskivan. Regnet verkar sugande på gasen Nedtill inmynnar »sugröret» i en plåtho, där vattnet kan rinna över läpp, medan gasen bortgår genom en regleringsventil till förbrukningsorten. Vare sig man har vanliga sotsäckar eller dessa vattenrenare, bör man laga så, att alla gasuttagen äro förenade med ett kommunicerande rör, så att samma sugning råder i alla gasuttagningsöppningarna, och detta rör, likasom ledningarna till rostugn, varmapparat och gasmaskiner förses med tillräckligt antal självslutande explosions- och sotluckor. Om olika sugning råder i gasuttagen, verkar det likaväl som en osymmetrisk placering av dem till ojämn gasgång i pipan. Vid Ulfshyttan och Röfors, där man insatt *fläktar* i gasledningen, vinner man med dessa huvudsakligen att ingen onödig

del av gasen bortgår som kranslåga, men ock en viss sotrening, men gömma vi behandlandet av fläktens sotrenande verkan tills vi genomgått även koksmasugnens konstruktion, här endast tilläggande, att man vid en del svenska hyttor infört gasledningar med många tätt sittande mindre sotsäckar (se pl. XL) och vid ett par utländska en annan snarlik anordning (se pl. XXXVII, fig. 2).

Tättor och tättställningar se under varmapparater.

β. Koksmasugnen.

Enligt J. M. Swank (se Geschichte des Eisens v. L. Beck, band 3, sid. 162) var det en engelsman, Dud Dudley, som var den förste som år 1619 vid Hasco-Bridge i Wales lyckades driva masugnar med koks, ehuru ekonomiska motigheter m. m. gjorde, att han efter några år måste upphöra, varefter först 1735 koksmasugnsdrift i regelmässig gång genomfördes av Abraham Darby i Coalbrookdale i Shropshire. Sedan byggdes den första koksmasugnen i Tyskland 1767, i Frankrike 1782 och i Österrike 1795. I Sverige gjordes de första försöken att sätta upp koks på masugnar 1857 vid Ankarsrum och Finspong. Vid det förra bruket uppsatte man 2 kappar koks på 3 tunnor träkol, men uppgav strax försöket, då man fick rödbräckt järn. Vid Finspong åter räknade man ut, att då en tunna koks vägde 11 lisp., 15 skålp. St. v. och en tunna träkol 3 lisp., 18 skålp. d:o, så kunde man i stället för sin vanliga 9-tunnesättning med 51,7 lisp. gods taga en bestående av 3 tunnor kol och en tunna koks med 37 lisp. gods. Först blåste man med 20 lisp. myrmalm,

6 » Järna bergmalm
6 » Dålmyra »
5 » Lim,

men till följd av myrmalmens höga manganhalt, fick man då helvitt järn (med Mn = 6,08 %, Al = 0,97 %, Ca = 1,37 %, Mg = 0,43 %, Si = 4,77 %, C = 1,04 %, P = 0,89 % och S = 0,01 %, analysen gjord vid Falu Bergskola anföres för sitt egendomliga resultats skull. Se J. K. A. 1858 sid. 282). När man åter ersatte myrmalmen med Nartorps bergmalm, fick man utmärkt hyttgång och d:o gjutjärn, d. v. s. efter önskan. 1861 beslöto Herrar Fullmäktige i Jernkontoret att vid Stens bruk försöka med koks i masugn för att utröna dess smältningsförmåga, kokstackjärnets tillverkningspris och användbarhet för härdfärskning och puddling. Direktör A. Grill fick order att utföra försöket. Vid hans ankomst till Sten var masugnen i god gång med sättning av 8,10 centner malm och 1,65 centner lim på 6 tunnor kol, vilka vägde 372 skålp. Först blåstes tackjärn med lika vikter träkol och koks och sedan med enbart koks, under iakttagande av limökning, men som högsta blästertemperaturen var 270°, blevo båda

Fig. 1

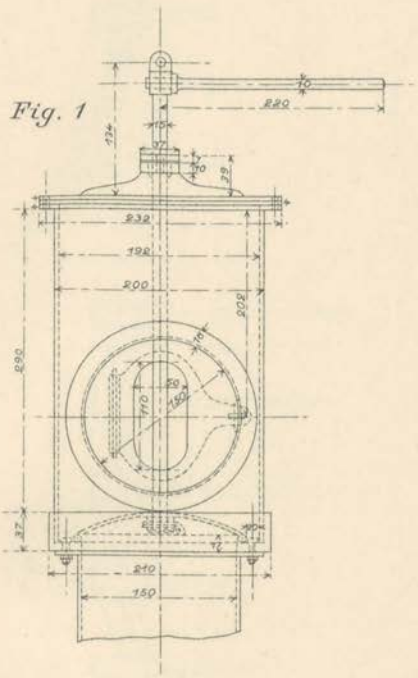


Fig. 3

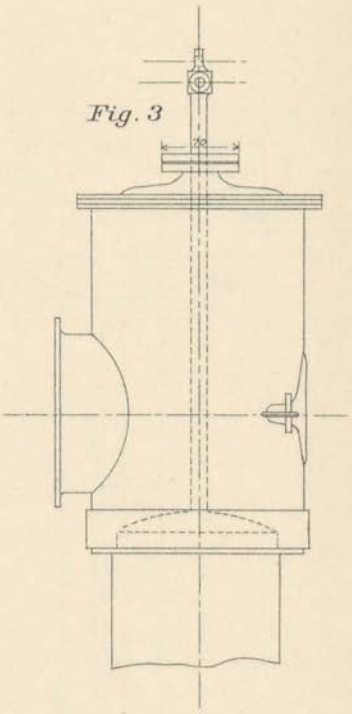


Fig. 2

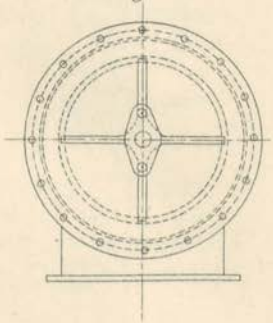
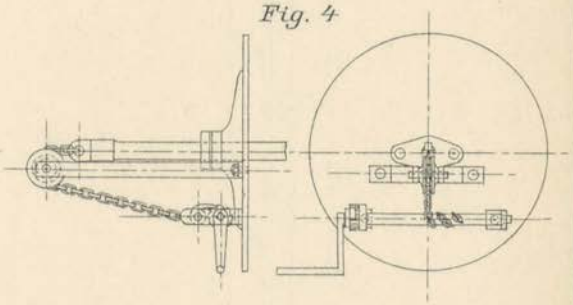


Fig. 4



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

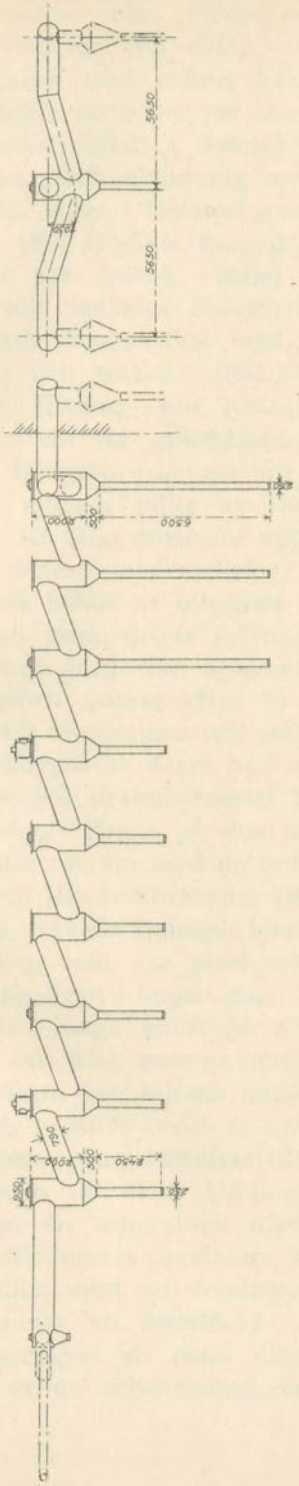


Fig. 1

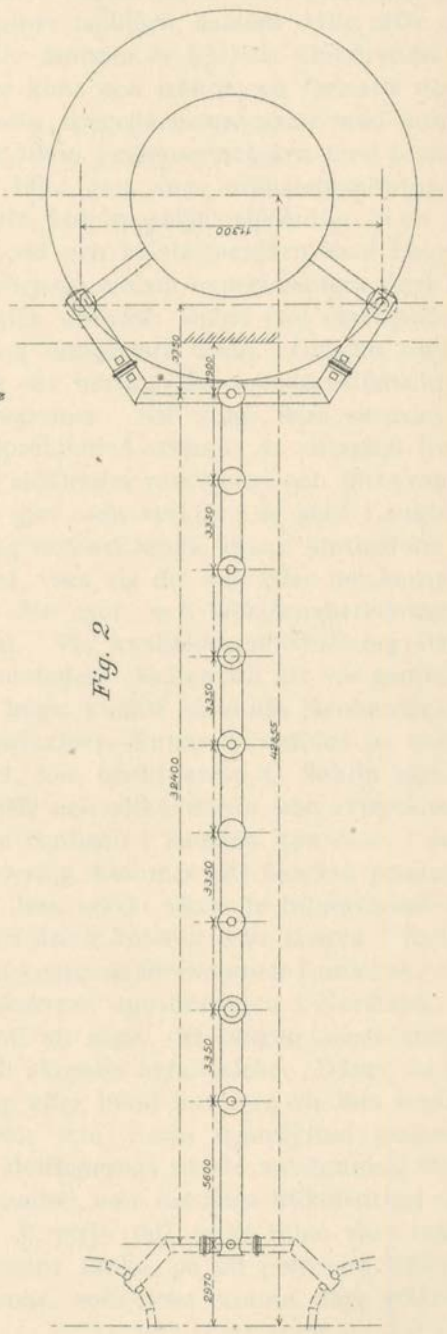


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

gångerna tackjärnet mycket för svavelhaltigt för att kunna användas till lancashire eller puddel, och som koksen kostade 2 riksdaler per tunna, vägande 165 skålp., och träkolen 50 öre per tunna, så blev bränslepriset med enbart koks 1 riksdaler 21 öre, men med enbart träkol blott 83 1/2 öre per centner tackjärn, således dålig affär att då blåsa kokstackjärn i Sverige! Samma år började Skisshyttan blåsa spegeljärn med blandning av koks och träkol och fortsatte därmed, och 1872 gingo i Dalarne trenne spegeljärnsmasugnar med koks och träkol. 1874 försökte Borgvik blåsa bessemertackjärn med blandning av koks och träkol. Stålet blev gott, men bränsleblandningen för dyr. 1902 nedlades Skisshytte koksspegeljärnsblåsning, men redan förut hade Domnarfvet tagit vid och blåste tackjärn med blandning av koks och träkol. 1904 började Avesta experimentera med kokstackjärnsblåsning samt lyckades därmed, sedan ena masugnen 1905 ombyggts till för koksblåsning lämpligare fason. Ungefär samtidigt började Bångbro ombygga sin ena masugn för koksjärnsblåsning och har nu nyligen följts av Degerfors. Att ännu flera svenska bruk komma att följa dessa nu uppräknades exempel är antagligt trots de senaste tidernas nya metoder (elektriska masugnen och järnsvampen), ty landets behov av billigaste gjut- och verkjärn är statt i snabb tillväxt, och ännu dröjer det nog mycket länge, innan åtminstone elektriska masugnen kan leverera vare sig det ena eller det andra, och järnsvampen passar givet ej för gjut- och tackjärnsberedning utan endast till smidesjärn och stål. Vår kvalitéjärnstillverkning åter har allt att hoppas av dessa nya metoder. Skälen till att vår gamla, över sin produkts (träkolsjärnets) höga kvalité så stolta järnhantering nu måste något »jämka på sina principer» kunna ej anföras på tydligare och bättre sätt än med de ord, som brukspatron C. Sahlin uttalade i ämnet vid järnkontorsmötet 1909 och vilka därför här avtryckas.

»Att träkolstillgången icke rimligen i längden kan ökas i samma proportion, som vår järnhantering kommer att öka sin produktion, synes mig ligga i öppen dag. Den starkt växande trämasseindustrien har redan länge hållit på att driva kolaren från skogen i mellersta Sverige, där frisk gran numera knappast förekommer i milorna. Under senare åren har samma konkurrens uppstått även i Norrland. Och därom är ju intet annat än gott att säga. Kolningen måste enligt utvecklingens gång hänvisas till skogens avfallsvirke. Därav följer att möjligheten till ökad kolning efter hand kommer att lida inskränkning, om än tidpunkten därför kan varda framflyttad genom nya kommunikationers öppnande, flottledernas ökade användning för kolvedsforsling samt den företagsamhet, som det höga träkolspriset sannolikt kommer att framlocka. I varje fall torde tiden vara inne för järnhanteringen att mera allmänt tänka på att reservera träkolstillgången åt de tillverkningsgrenar, som icke kunna vara träkol för-

utan, därmed givande vår kvalitetstillverkning möjlighet till önskad utveckling.»

»*Koks.* Ingen lär längre bestrida att för en stor del av vår tackjärnstillverkning träkol utan olägenhet kan utbytas mot koks. Redan för ett tiotal år sedan började Domnarfvet att vid blåsning av thomastackjärn ersätta halva träkolsmängden med koks. Verket har sedan delvis övergått till användning av enbart detta masugnsbränsle, och har i detta hänseende följts av Avesta. Även Bångbro har med införande av thomastillverkningen övergått till tackjärnsblåsning med träkol och koks i blandning. Där utgöres för närvarande kolsättningen i vikt av $^1/_3$ träkol och $^2/_3$ koks. Kolåtgången har vid lämplig beskickning och med god koks varit låg. Och dock användes därstädes icke regenerativa varmapparater. Man kan sålunda icke säga att erfarenhet om ett gott resultat saknas. Från avnämare av järnet hava klagomål icke avhörts. Den svenska marknaden har för övrigt även på annat sätt så småningom blivit van att använda med koks tillverkat järn, dels på grund av import av dylikt järn, dels på grund av tillsättning av utländskt skrot i basisk martinugn, vilket vid flera verk i ganska många år praktiserats utan någon som helst olägenhet. Att det framför allt är ekonomiskt riktigt att i de fall, där så ske kan, utbyta träkol mot koks, framgår med tillräcklig tydlighet därav, att för närvarande träkol kosta framme vid verken ända till 42 à 45 kr. per ton, under det att god masugnskoks kan erhållas för 24 à 26 kr. per samma vikt vid samma verk. Det är helt naturligt mest tillrådligt att vid övergången taga steget fullt ut och alltså utbyta sina masugnar mot en kokshytta med kraftigt blästermaskineri och Cowperapparater. Enligt vad det meddelas, ärnar man vid Domnarfvet inom kort utföra en dylik anläggning. Emellertid kan man med relativt ringa ändringskostnad i en vanlig större masugn övergå till blåsning av halvkoks-järn, om man förfogar över ett gott blåsverk. De olägenheter, som följa med en sådan övergångsmetod, äro ingalunda av någon svårare beskaffenhet. Kylning av stället är dock nödvändig, om ej dess varaktighet skall bli alltför kort. Jag erinrar därom, att Sverige ej är det första land, där man i regelbunden drift uppsatt träkol och koks i blandning på masugnarna. I Österrike-Ungarn äger man därom en utvecklad erfarenhet. Frågan om blåsning av kokstackjärn i Sverige har för övrigt varit föremål för ingående behandling av prof. E. G:son Odelstierna i en avhandling publicerad i Tekn. Tidskrift 1906.»

»Vilken gynnsam inverkan det skulle medföra på den nu hårt ansträngda träkolsmarknaden, om utom thomastackjärnet även det för vanliga inländska behov tillverkade martintackjärnet för basisk process blåstes med koks, är icke svårt att inse. Enligt av d:r J. A. Brinell insamlade uppgifter förbrukades i fjol 35044 ton masugnskoks i Sverige. Jag räknar utan tvivel icke för högt, om jag antager att

ytterligare 65000 ton kan användas i stället för träkol. Men 100000 ton koks motsvarar omkring 300000 läster träkol. Den ökning i vår järnproduktion, som, enligt vad jag förut meddelat, är att förvänta på grund av ökad konsumtion inom landet, kan helt enkelt icke komma till stånd, om därför erforderligt tackjärn skall blåsas med träkol. Dess bättre äger man visshet att det största verket vid sin nu pågående utvidgning ärnar basera produktionsökningen på koks. Likaså inberättas från ett annat stort verk att övergång till koks där förestår. Länge kan det icke dröja, innan i svenska masugnar 200000 ton koks årligen förbrukas. Tiden är därför utan tvivel även inne att här i landet anlägga koksningsverk för speciell beredning av en för svenska behov lämpad masugnskoks. Det förtjänar meddelas, att anläggningsplaner för två eller tre dylika verk under senare åren varit utarbetade, vartdera baserat på 100000 tons årlig tillverkning, fastän de dåliga tiderna vållat uppskov i denna som all annan företagsamhet.»

Men det världsrykte svenska träkolsjärnet över hela jorden förskaffat sig såsom varande det yppersta som tillverkats och tillverkas, såsom det som har en kvalité, som ingen utländsk tillverkare ens drömmer om, att hans eget skall nå, det ryktet får ej förstöras av det svenska koksjärnet. Så kommer dock att ske, om det senare av mindre samvetsömma personer får exporteras under påstående, att det är träkolsjärn. Ännu har väl detta ej skett, men då detta tryckes talas det om, att med engelskt kapital ett koksjärnverk skall byggas i närheten av Mälaren, och att därifrån skall exporteras under namn av svenskt — järn blåst av Norbergsmalm med engelsk koks, och då är tiden inne att i lag stipulera olika stämpling av den svenska träkolsprodukten och den svenska koksprodukten. Ingen missunnar sedan den senare huru stor exportmarknad som helst — men under ärlig flagg!

a. Koksmasugnens grund.

Vad som vid träkolsmasugnen sades om behövligheten av en fast grund, gäller i ännu högre grad vid kokshyttorna, ty dels byggas de mycket större, dels väger 1 m^3:s pipinnehåll vid dem mycket mera än vid träkolshyttorna, ty alldenstund 1 m^3 koks väger cirka 450 kg, då 1 m^3 träkol väger cirka 155 kg och skillnaden i reduktionsvärde ej är synnerligen stor, så får man i samma pipvolym rum med vida flera lika stora malmsättningar vid koks än vid träkol. Även vid kokshyttor är därför berggrund bäst, men har man ej sådan, pålas vanligen tätt över tillräckligt vid area och på pålningen anbringas ett betonglager av från 3 till 8 meters tjocklek. Även vid berggrund jämnar man vanligen av med ett dylikt 1 m tjockt lager, vid pinnmo med ett 2 meters lager. På betonglagret muras ställets undergrund

och bottenkransen för de masugnspipan uppbärande pelarna av naturlig sten i väl hophuggna stora block, dock ges det i utlandet även exempel på att såväl pelarna som ställbotten vila direkt på betongen — men i senare fallet muras ställbotten 3 à 4 m tjock. Betongkakan tages allt efter masugnens storlek och grundens beskaffenhet 14—18 m i vidd, grunden av naturlig sten i botten lika vid, som den förra, men får sedan trappa av uppåt, så att den upptill är endast $^1/_2$ à 1 m vidare än pippelarnas yttercirkel.

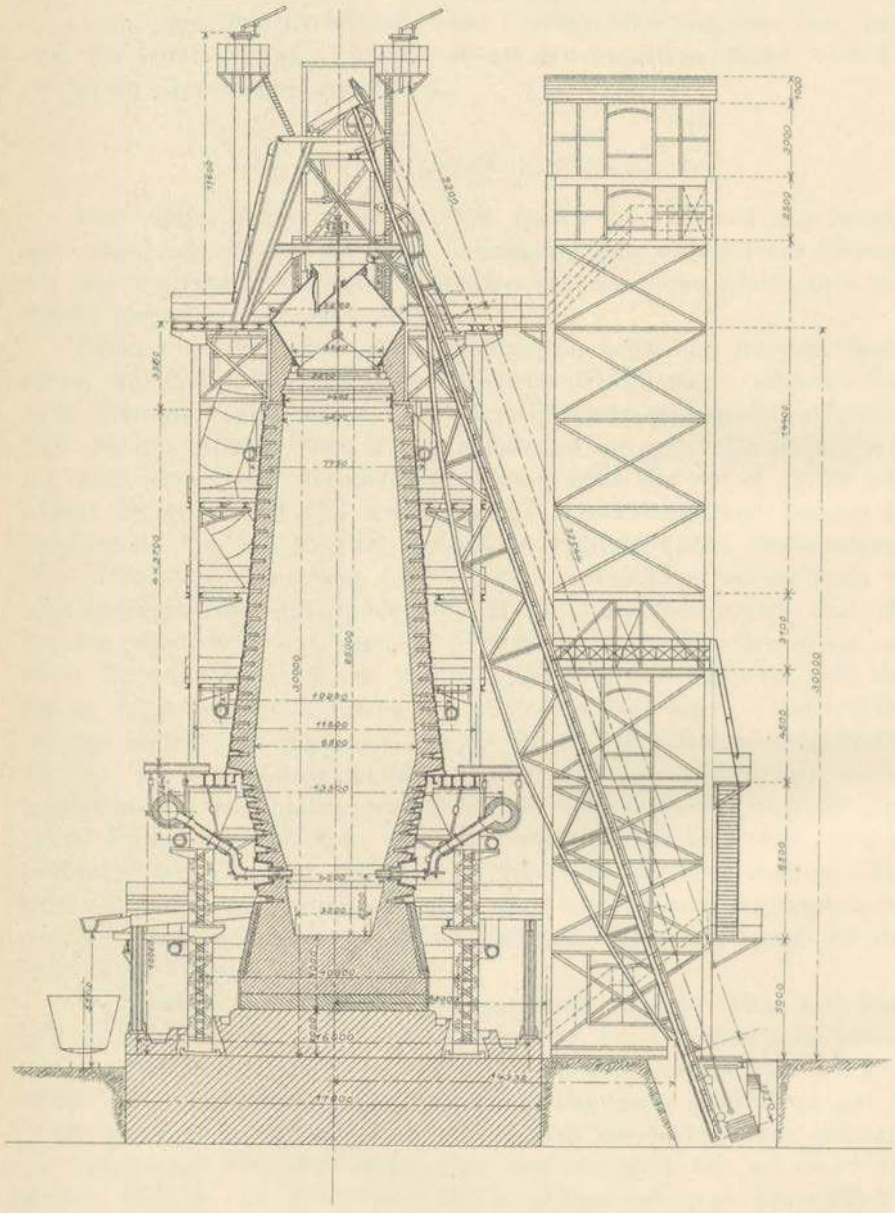
b. Koksmasugnens pipmurar.

Förr togos även dessa mycket tjocka men ha sedan avtunnats allt mera, så att det nu gives masugnar, som endast i sin nedersta del äro tegelfodrade, medan överdelen utgöres av en plåtmantel med ytterst obetydlig murverksinfodring.

Dessa masugnar, som efter uppfinnaren benämnas Burgers, finnas bland annat uppförda vid Gelsenkirchen och på några ställen i Förenta Staterna, samt utgöra väl den djärvaste masugnskonstruktion, som hittills utförts. Som typen emellertid nu under 12 års tid visat sig användbar, bör den här omnämnas, även om det ej skulle vara någon utsikt för att dylika masugnar i vårt kalla klimat komma till uppförande. (Se S. u E. 1900 sid. 678 och 1910 sid. 1783.) Ställe och rast äro utförda av kokstegel, men från buken vidtager en sig ända till uppsättningsmålet sträckande mantel av gjutjärnssegment, fast förbundna med varandra medelst skruvar. Inåt pipan äro dessa segment försedda med flänsar, mellan vilka inmuras blott 50 à 60 mm tjocka tegel, så att flänsarna äro obetäckta inåt pipan. Under blåsningen hålles hela manteln avkyld medelst på utsidan nedrinnande vatten. Konstruktionen påstås medföra två givna fördelar: 1:o att ugnsschaktet hela blåsningen igenom bibehåller formen och på inget ställe frätes av saltångor eller utdissocierat kol eller ens nötes av beskickningen, 2:o att ugnsgången blir den jämnaste möjliga. Om bränsleåtgången i förhållande till den tegelmurade masugnens äro dock ej fullt utslagsgivande siffror lämnade, ehuru det påstås att den ej skall vara högre.

De vanliga koksmasugnarnas pipmurar dragas aldrig ned ända ned till ställbotten, utan uppbäras alltid av bördjärn och pelare. Såväl gjutna som nitade pelare förekomma och vanligen av lika stort antal som blästerformorna. Likaledes har man gjutjärnspelare av såväl rund som dubbel T-järnsfason och av båda slagen antingen en enkel rad betydligt höga eller ock en övre och en undre rad pelare, åtskilda av bördjärn. Enkla gjutna pelare av ända till 7 à 8,5 m längd äro ingalunda ovanliga. Vid en nybyggd masugn vid Ekaterinoslaw i Ryssland ha de två våningarnas gjutna T-järnspelare en sammanlagd höjd av 9 m, bördjärnens tjocklek inräknad. Mas-

Fig. 1



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

ugnen vid Gary i Amerika har runda gjutna pelare 28 eng. fot höga med 4 fots diam. på fotplattan, 3 fots å topplattan 2 fot 8 tum nedre och 1 fot och 11 tum övre pelardiameter. De nitade pelarna äro ofta sammansatta av tvenne stycken U-balkar och tvenne stycken dubbelt-T-balkar av 300 à 360 mm steghöjd, beroende på pelarnas antal och pipans med beskickning vikt.

Bördjärnen äro av många växlande fasoner, alltid med höga uppåt riktade flänsar. Godstjocklek 65—100 mm. Ringbredd 600—1500 mm. Flänshöjd 400—600 mm. Pipmurarna givas i Europa sällan mera än 800 mm tjocklek, i Förenta Staterna åter 1400 à 1500 mm, varjämte förefinnes även den olikheten, att medan man i Europa lagt bort att hava själva pipan järnmantlad utan endast bandar murarna med grova järnband 150×18 eller 200×20 mm för vartannat eller varttredje tegelskift, så använder man i Amerika alltjämnt med c:a 20 mm grov järnplåt mantlade pipmurar lämnande en springa på c:a 60 mm mellan yttermuren och manteln, vilken springa löst fylles med granulerad masugnsslagg. Genom att man dessutom upptill i plåtmanteln lämnar ett mellanrum mellan murkrönet och uppsättningsmålet kunna murarna fritt växa i höjden och något svälla utan att därvid spränga manteln, vilket skett i Europa några gånger. Varför amerikanarna bygga så tjocka pipmurar och ha manteln kvar torde mindre vara av hänsyn till värmeutstrålningen utan mera för att öka pipornas tyngd, ty dessa tunga tjockmurade pipor tillåta dem att helt stöda uppfordringsbanans för gods överända mot uppsättningsmålet, medan man åter i Europa måste ha särskilt ruste eller murar omkring masugnen att uppbära kransgolvet och den snett tryckande tunga uppfordringsbanan. (Se pl. XLI.)

Samma tegelsorter användas i koksmasugnarnas pipmurar, som dem vi taga till träkolshyttorna, med undantag av att man i Förenta Staterna allt mera börjat följa Kennedys råd att i pipans överdel använda i innermuren ett glacerat, om vårt skånska klinkerttegel mycket påminnande synnerligen tätt tegel, detta för att hindra dissociationskolet från att inträngа i och spränga teglets porer. I Europa murar man helst med fasontegel noga anslutande sig till pipprofilens lutningar och av stort format, i Förenta Staterna åter använder man ungefär vanliga dimensioner och bryr sig ej om att »hugga insida i lutning» utan »trappar av». Insidan blir härigenom ojämn, men teglets »naturliga» starka yta bibehålles, vilket är en vinst. Även i Europa har man börjat ta efter detta murningssätt. I överpipan, som vidgar sig nedåt, kan man ej ha något att invända mot det, och nere i rasten och stället lär ej trappningen mer än det första dygnet orsaka någon sjunkningsojämnhet, ty vid bessemer- och gjutjärnshyttor fyllas trapporna raskt med grafitbeklädnad. Huru det skulle ställa sig i våra lancachire- och martinhyttors ställen torde vara en fråga. Ofta tager man samma eldfasta kvalitet hela murtjockleken igenom, emedan

man vill fortsätta och blåsa, även sedan innermuren frätts bort, vilket partivis kan ske fort nog i masugnar med ojämn gång, skullningar och zinkrök.

c. Koksmasugnens ställe och dess delar.

Ställets botten. Förr var man även utomlands synnerligen noga med att anbringa luftkanaler under ställbotten, men tyckes man nu allt mera frångå detta och murar hela botten massiv ända från tegellagret på betongen eller graniten och ända upp. Kanalverket åstadkoms med vare sig ett lager grova balkar eller genom murning. Vid hyttor, där man har blyhaltiga malmer, måste man dock bibehålla det senare systemet, så att det ned genom bottenskiften filtrerande blyet får någon utväg. I Oberschlesien är dylik anordning rätt vanlig.

Till följd av den höga temperatur kokstackjärnet har, då det samlar sig på ställbotten (orsakad av hög blästervärme och koksens egenskap att i sig själv giva högre temperatur än träkolen), så verkar det dels starkt »frätande» på bottenmaterialet, dels blir det så kvickflutet, att det genast flyter ned genom även de finaste sprickor, som uppstå och därför lida koksmasugnarna i vida högre grad av att tackjärnet skär ned sig och gör »självutslag». Detta har man försökt förekomma på en mängd olika sätt, varav det äldsta torde vara, att masugnsbotten togs ett par meter hög, så att den liknade en kort och tjock pelare, vilken pelare omkläddes med en vidare mantel av tunn järnplåt, mellan vilken och murpelaren fylldes med sand som ständigt hölls vattenfylld. Detta verkade kylande på grundpelaren, så att, om tackjärnet skar ned sig i någon springa i den, så stelnade det och täppte själv emot vidare utskärning. Och som denna kylmantel anordnades under hyttans arbetsgolv, så gjorde det ingenting, att när tackjärnet någon gång lyckades skära ut ända till den våta sanden, det uppstod explosion. Tunnplåtsmanteln flög i stycken men var lätt ersatt. Numera har man fått pålitligare mera välgjorda tegel till bottenskiften, vilka tegel lämna ytterst obetydliga fogar mellan sig och varken svälla eller krympa vid upphettningen och hindras nedskärandet i sprickor nu tämligen väl genom att man har flera varv (minst tre) stora fasontegel av olika dimensioner, så att ovanvarande tegellager fullständigt täcker det underliggandes brukfogar. Eller ock använder man vanligt 12×6×3-tums dinategel, men anordnar då så, att de tre översta skiften stå på ända täckande varandras fogar, under dem kommer ett skift på platt, så ett skift på högkant igen, men ställt vinkelrätt mot de tres riktning, så ett på platt, så ett på högkant, parallellt med de översta, och nederst ett på platt igen. Vid en del masugnar har man ända till 9-fots tjock sådan anordning. En tredje anordning med 18×9×9-tums chamotte-tegel är i lager

Fig. 1

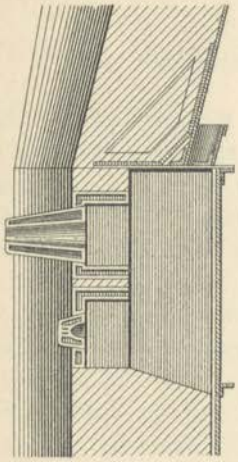


Fig. 3

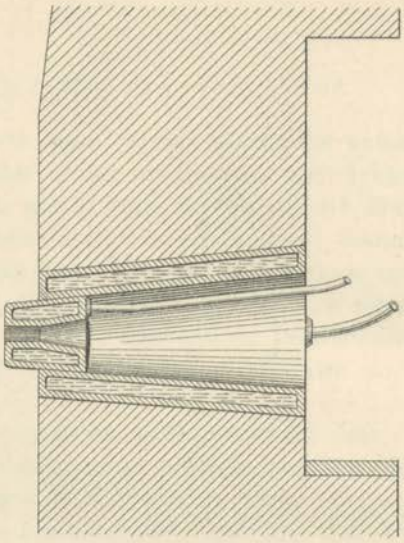
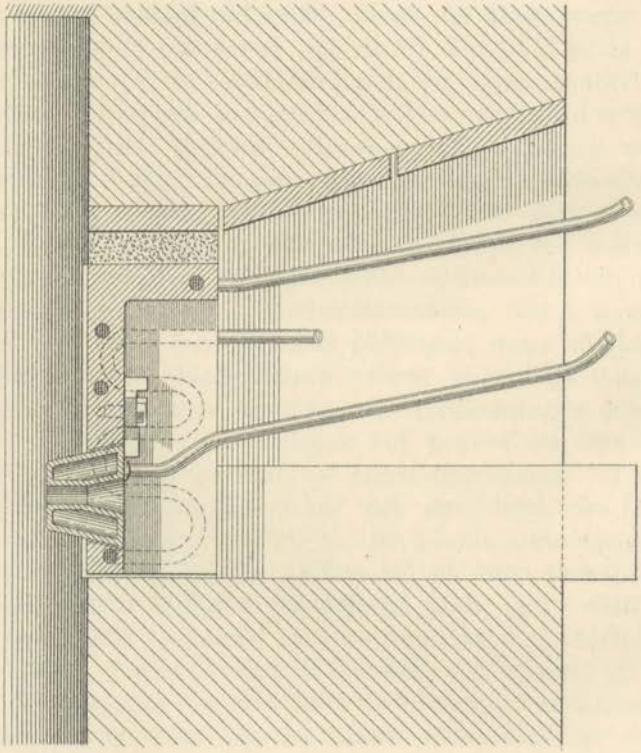


Fig. 2



Grav. av Emil Sasnas

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

under ifrån räknat: 2 st. 18-tums lager, så 3 st. 9-tums och så 3 st. 18-tums överst. Rätt allmänt börjar man numera pansra ställbotten och understället (under formorna) med grova gjutna martinplåtar, som hållas avkylda genom rikligt påsprutat kallt vatten. Förut hade man grova hällar av tackjärn, ofta med ingjutna vattenrör och mångenstädes har man så än, men tackjärnspansaret spricker lätt vid ojämn upphettning, vilket martinpansaret ej gör. Dessutom, om det smälta tackjärnet i grövre stråle kommer ut på tackjärnsplåten, skär det igenom trots vattenkylningen, men det mjuka martinstålet har vida högre smälttemperatur och står emot. Tackjärnspansarets tjocklek 100—200 mm. Stålpansarets 50—100 mm, om det är gjutet. Eljest 20—30 mm, om det är gjort av valsad plåt.

Utslagshålet anordnas jämte ställbotten i bekväm arbetshöjd, även där man tappar i sandmått i marken bredvid ugnen, och naturligtvis i skänkhöjd, där järnet skall avföras till tackjärnsblandare eller bessemerkonverter. Utslagshålets form är ibland kvadratisk, ibland rektangel på högkant, ibland rund eller halvoval. C:a 200 mm bredd vanlig.

Slaggforma användes alltid vid koksmasugnarna (se pl. XLII), ty gastrycket inuti stället är vid dem alltid för högt att tillåta den gamla anordningen med timpel och damm. Slaggformans längd varierar allt efter infästningssättet från 150—300 mm och dess öppning tages (allt efter slaggens beskaffenhet) i minsta öppningen 20—60 mm i diameter. Den förfärdigas nästan alltid av brons och alltid dubbelväggad samt ordnas med vattenkylning. Den kan insättas i en större bronsforma av invändigt samma änddiameter, som slaggformans yttre medeldiameter, ty slaggforman bör sticka in något innanför stödforman i pipan. Är slaggformans öppningsdiameter 60 mm, så är stödformans diameter i inre öppningen 120 mm, men dess yttre i samma ända helst 400 mm, samt giver man den 500 mm längd och i utåtvända öppningen diametrarna 500 och 430 samt förser även densamma med vattenkylning. Den åter i sin ordning inpassas i en av stål eller tackjärn gjuten slaggbröst-hålk. Mera sällan infäster man slaggforman i en av tackjärn gjuten stor forma, vari vatten cirkulerar genom ett ingjutet spiralrör (pl. XXXII fig. 6) eller direkt i en s. k. formbock (pl. XLII fig. 3). De på planch XLII fig. 1 o. 3 visade anordningarna användas även.

Blästerformorna gjutas vare sig av stål eller brons. Som dels ställdiametern är mycket stor vid koksmasugnarnas ställe, dels hettan i detsamma är mycket högre än i träkolsmasugnarnas, kan man låta dessa formor skjuta in ganska långt i stället, utan att deras kylande verkan blir för stor. Härigenom flyttas foci in längre från muren, varigenom denna något skyddas mot för tvär avsmältning, och hettan blir dessutom då jämnare fördelad i ställets formsektion. Man använder därför vid koksmasugnarna mycket långa blästerformor eller

av från 300—1000 mm längd, ja här och var till och med något längre. De inskjutas innanför ställväggen med halva till $^3/_4$ av hela sin längd, och sättas, även de, i större stödformor och dessa ibland i sin tur i koniska formbrösthålkar. Vid masugnar, där man har att blåsa mycket »kränglande beskickningar», insätter man (ovanför den vanligen använda formraden) en andra — ja ibland t. o. m. en tredje rad s. k. nödformor, vilka vanligen hålles igenmurade, men som vid »försättningar» kunna upptagas och användas. Blästerformornas inre diam. växlar efter tillverkningsmängd och drivning mellan 80 och 210 mm diam. Inre sidolutning 1 : 12 är vanlig.

Överstället och rasten. Som hettan i ett koksmasugnsställe är betydande mycket högre än i träkolsmasugnarnas, kan man dels vid det förra ej använda rammad massa, dels ej ha tjockt murverk, utan måste man ha så väl blott tunn mur, som dessutom hålla densamma skarpt avkyld. Förr använde man alltid de å pl. XLIII fig. 2 utritade kyllådorna för detta ändamål, men tyckes på senare tider Axel Sahlins avkylningsanordning vinna allt mera förtroende. Vid den förra anordningen göras lådorna numera av brons med vattenkylning, få utvändigt en höjd av 100 mm vid ställmurens yttersida, längst in blott 80 mm:s höjd och radiella gavlar, så att det är lätt att draga ut den låda, som möjligtvis blir läck. Deras längd avpassas naturligtvis efter ställväggens ytterdiameter på den höjd de skola sitta. Oftast har man 6 à 7 rader dylika lådor nedifrån och upp och mellan dem plattjärnsringar, som hålla murverket bundet. Sahlins anordning åter består av en från formorna nästan hela vägen upp igenom jämntjock ställmur av 12-tums tjocklek. Denna är utvändigt klädd med ett plåtpansar 20 mm tjockt, på vilket nitats en $2\,^1/_2{}^\circ$ lutande ränna av Z-järn, i vilken i tre nivåer vatten får inströmma. Vattnet rinner ned genom rännan till en över formorna placerad horisontal samlingsränna, från vilken det får avrinna. Plåten hålles på detta sätt kall och verkar därigenom tillräckligt kylande på ställmuren. Vid en del andra anordningar har man även ledes plåtmantel, men med 4 à 5 horisontala rännor, vari vatten hålles eller ock plåtmantel, som på mångfaldiga ställen överstrilas med vatten från runt om i olika nivåer placerade strilrör medan nederst även där en horisontal ränna får samla och bortföra överloppsvattnet. Det är dock då svårt förekomma ett obehagligt stänkande, utan är Sahlins anordning att föredraga.

I Europa har man på några ställen t. ex. vid Witkowitz masugnar försedda med kyllådor hela pipmuren utefter ända upp till ett par meters höjd under uppsättningsmålet.

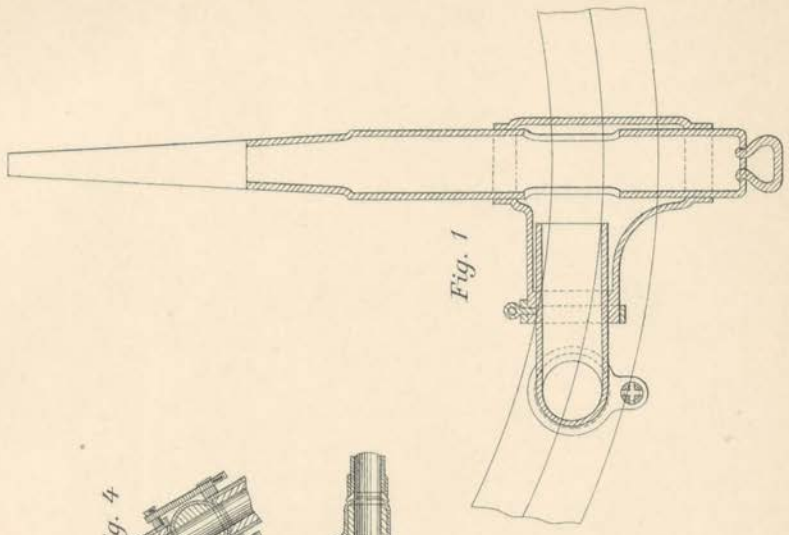


Fig. 1

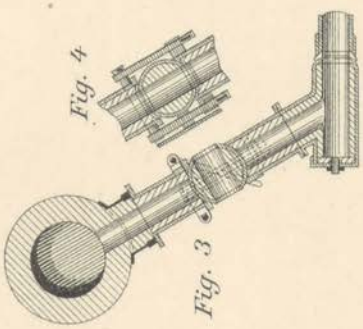


Fig. 4

Fig. 3

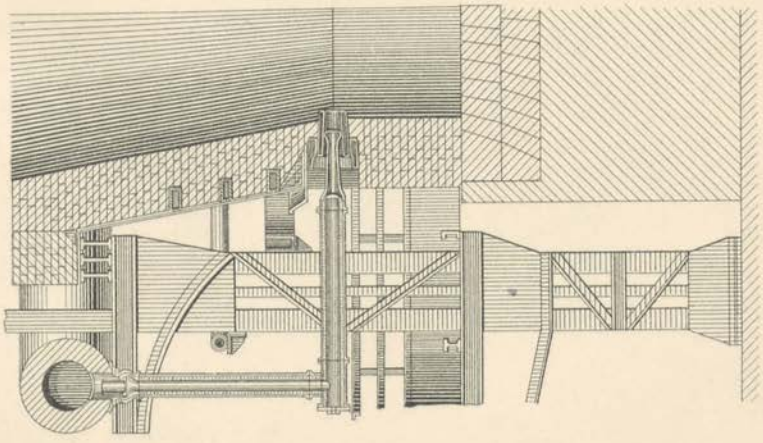


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

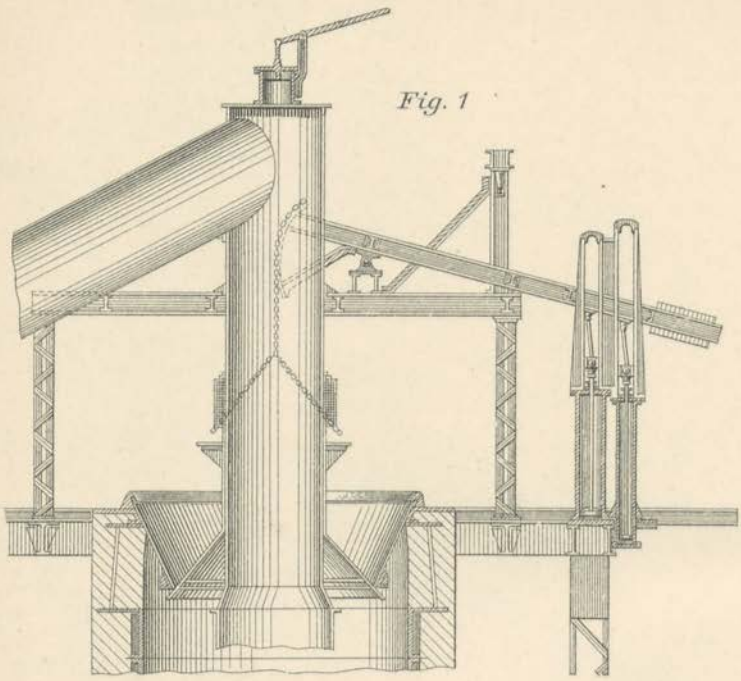
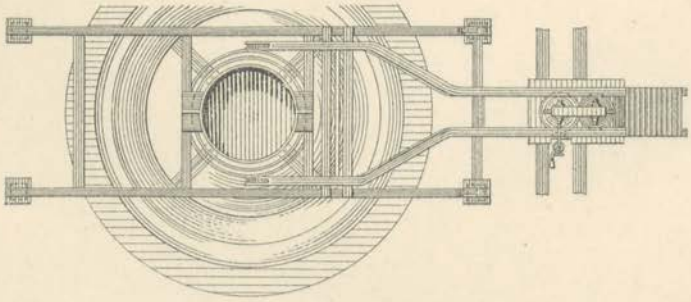


Fig. 2



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

Fig. 1

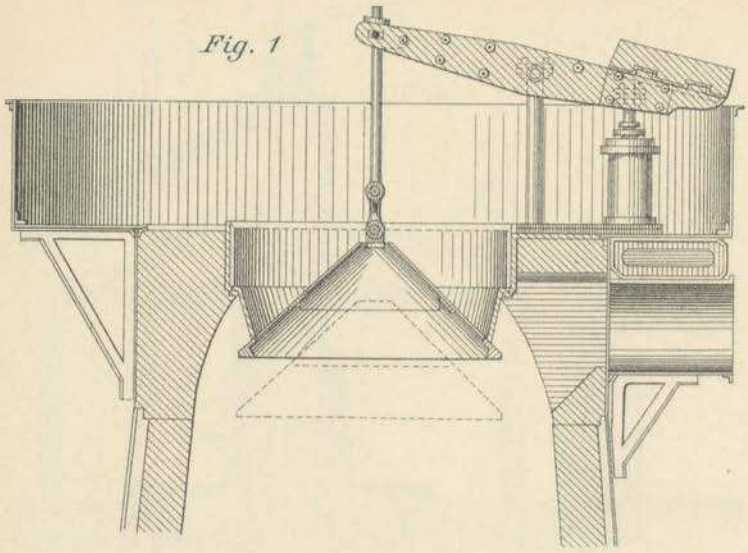
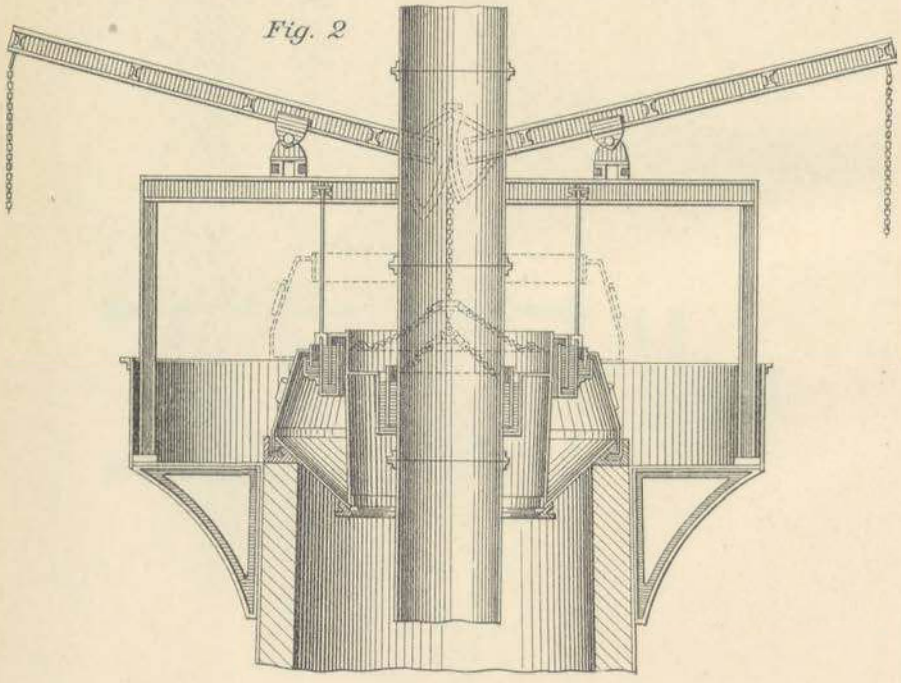


Fig. 2



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

d. Koksgasugnarnas uppsättningsmål, gasuttag och gasledningar.

Vid koksgasugnar användas alltid slutna uppsättningsmål, varav det enklaste och på samma gång det äldsta är Parrys kon och tratt (se pl. XLIV fig. 1). Detsamma består av en plåtcylinder, som nedåt fortsätter i en trattformig ring samt av en denna ring slutande kon, vilken medelst hävstång kan sänkas. Parrys apparat uppsätter dock ej alls beskickningen så väl fördelad, som våra svenska uppsättningsmål göra, utan endast i en konisk ring nere i pipan, vilken ring kommer allt längre inåt, ju längre beskickningen nedsjunkit i pipan före uppsättningen. Von Hoffs uppsättningsapparat med centralt gasavledningsrör (se pl. XLV fig. 1 o. 2) består utom av det centrala röret även av en konisk ring, som medelst vattentätning kan röras upp och ned utefter gasröret och nedtill sluter emot en trattformig ring. Vid båda apparaterna kan omöjligt undvikas att den grovstyckiga koksen rasar dels mot muren, dels mot centrum av pipan, medan malmen stannar i ringform mellan dem, varigenom starkare gasströmning uppstår i de malmfattiga kokspartierna än i malmringen, tvärtom emot vad det borde vara. För att minska det stora tomrum varmed man måste gå vid dessa båda uppsättuingsmål konstruerade Langen sitt (å pl. XLIV fig. 2 visade) uppsättningsmål, bestående av en kring det centrala gasröret uppåt rörlig kon eller cylinder, då tratten kastar beskickningen inåt pipan. Som ej heller detta är förmånligt sökte man förminska den nya olägenheten genom att neri pipan upphänga ytterligare en fördelningsring, föga förbättrande saken, (se Patent Buderus i plancher av Pavlov och S. u E. 1905 sid. 201).*

Vid den ytterst forcerade drivning vartill man allt mera vid koksmasugnarna övergått blev det även i Europa nödvändigt tillgripa fullt mekanisk massuppsättning (för vars anordningar det tillhör ämnet bergsmekanik redogöra), men härtill kom masugnsgasens begynnande användning till gaskraftmaskiner, som gjorde det önskligt, att dels ingen gas skulle vid uppsättningarna förloras, dels att gastrycket i ledningarna måtte bliva möjligast jämnt. De enkelslutande uppsättningsmål, vi hittills beskrivit, fylla ingalunda dessa fordringar och så började man allt mera fundera på dubbelslutande apparater, samt har till dato konstruerat flerfaldiga sådana mer eller mindre invecklade. Ett av de enklaste (se S. u. E. 1905 sid. 827) består av en över den vanliga Parryska tratten placerad konisk plåthuv, i vars översta ända infogats en annan tratt och kon, i vilken tratt den mekaniska uppfordringen stjälper sitt innehåll. En tillfogad gassamlande cylinder hängande under den undre tratten upphäver ej anordningens

* Se vidare S. u. E. 1907 sid.. 511, 1908 sid. 695.

egenskap av dålig malmfördelare. Den s. k. Tümmler-Neumarkska förbättringen av Langens klocka (se S. u. E. 1908 sid. 663) som skall hava den förtjänsten att bättre fördela malm och koks, består av så många plåtcylindrar och trattar, att den svårligen kan kallas nog praktiskt enkel, och torde den få föga användning. Fritz W. Lürmanns slutna uppsättningsmål (S. u. E. 1910 sid. 299), bestående även det av dubbel tratt-och-kon-apparat, har gemensamt med de flesta förenämnda felet att sätta upp ringformigt och i blott en ring, men har bättre ordnad vattentätning och synnerligen gott avpassat gasuttag, varjämte hela dess tyngd uppbäres av kransrustverket, så att masugnspipan vid uppvärmningarna fritt kan höja och vid nedblåsningarna fritt sänka sig (pl. XLVI).* Kennedys i Amerika mycket omtyckta automatiskt arbetande samt MacKees dubbelslutande uppsättningsmål, se M. Pavloffs Hochöfen und Winderhitzer, utmärka sig ej för bättre fördelning av godset än de andra, men för bättre mekaniska anordningar, för vilka det ävenledes tillhör bergsmekaniken att redogöra, och i samma arbete finnes detaljbeskrivna dels ett dubbelt Parryskt uppsättningsmål från Alexandrowsk, avsett för automatiskt sig öppnande beskickningsvagnar, dels ett annat ryskt uppsättningsmål använt vid träkolshyttorna i Ural och — konstruerat av Ponossow — utgörande endast en omändring av Charlevilles, d. v. s. så till vida, att den dubbelkoniska ringen fått nedåt tandade kanter, varjämte uppsättningsmålet vid sättning slutes medelst ett lock i sandtätning.

Gasledningarna tagas så vida, att den c:a 150° varma gasen vid nysotade rör ej har större hastighet än 3 m i sek. (vi borde ej heller i våra träkolsmasugnars gasledningar ha större gashastighet).

Gasreningsapparaterna bestå 1:o av en sotsäck placerad så nära gasuttagen, som möjligt, och av sådan vidd, att gasens hastighet i densamma nedbringas till 0,3 högst 0,6 m i sek. Så stor hastighet som den sistnämnda får gasen dock ej hava annat än vid icke mullande beskickningar och endast om den ej skall användas i gasmaskiner. Otvivelaktigt böra vi välja den förstnämnda gashastigheten och därav betingad sotsäckvidd vid alla masugnar, som skola förhytta slig eller briketter. Säckens diameter: höjd = 1 : 2 à 1 : 3. I Tyskland tagas sotsäckar av 4,5—8 m diam och 10—20 m höjd och vanligen två till varje masugn, en till höger och en till vänster från utslagshålet sett, och från dessa sotsäckar avgå gaserna genom rör med päronformad genomskärning och självtömmande sotfickor. Skall gasen användas ej blott i varmapparater utan även i gasmaskiner tager man ofta ledningarna av betydande längd bort till gasreningshuset, detta dels för att så mycket sot som möjligt skall hinna avsätta sig på vägen, dels för att åtgången av kylvatten skall bli den minsta möjliga. På de ställen i Sverige, där man ej behöver spara på det senare, torde dock vara bäst att efter sotsäckarna anordna wassertrommelgebläse

* Se vidare S. u. E. 1907 sid. 488 och 1910 sid. 1863 och 1961.

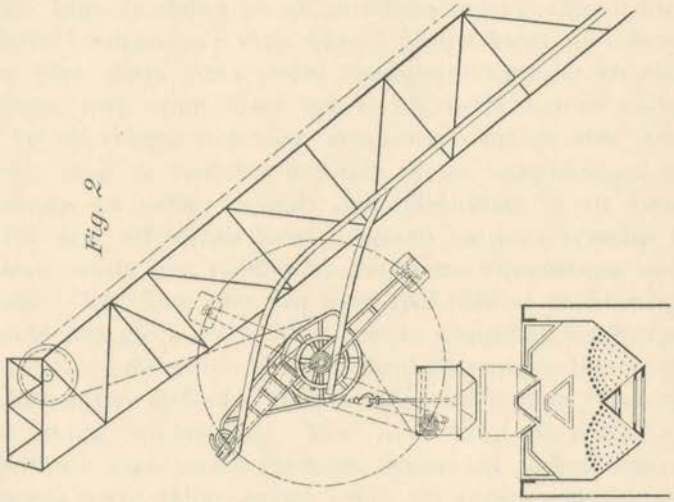


Fig. 2

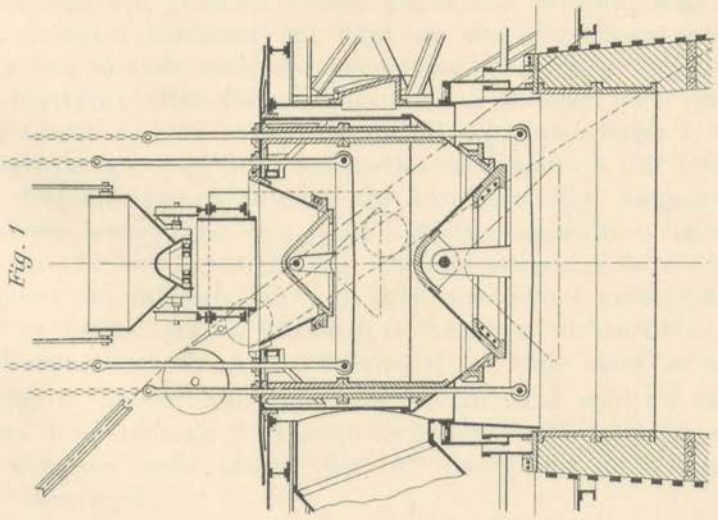


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

och taga korta ledningar, ty det blir billigare. Emellertid måste man även anordna tillräckligt många självslutande explosionsluckor såväl närmast uppsättningsmålet som å sotsäckarna och de fortsatta gasledningarna.

När man började tänka på att använda masugnsgasen för kraftalstring ej blott i ångpannor utan även i gasmaskiner, trodde man sig först kunna göra detta utan andra reningsanordningar än sotsäckar och sotfickerör, men man fann snart, att detta var en ekonomisk omöjlighet, ty visserligen fick man maskinerna att gå med den stoftmängda gasen, men de försletos fort och måste oupphörligen stannas för bortrensande av aska, kolstoft och tjärämnen, så att man snart fick klart för sig, att skulle masugnsgasen kunna användas för det nya ändamålet, måste den tvättas fri från dessa föroreningar och dessutom avkylas. Och först det, att man lyckades så fullständigt med gasens renande har gjort det möjligt, att de samtidigt förbättrade maskinerna i innevarande stund lämna järnhanteringen inemot ett par millioner hästkrafter alstrade av gas, för vilken man förut ej hade motsvarande nyttig användning. Men man fann då också, att gasreningen medförde även andra fördelar, såsom att gasledningarna och varmapparaterna mera sällan måste sotas, att varmapparaternas effekt blev i betydande mån höjd, att deras eldfasta murverk och restegelstaplar ej frättes på långt när så mycket av gasernas alkalihalt (nu borttvättad) som förut, således mindre reparationskostnad, och att man erhöll samma blästervärme med mindre och därför billigare varmapparater. Där man måste hava något längre ledningar mellan reningsplatsen och gasmaskinhuset, kunde man dessutom taga smalare, således billigare ledningar till följd av den avkylda gasens mindre volym. Den torkade gasen gav intensivare hetta och, genom att vattenångan borttagits efter förbränningen, även mindre vikt värmebortförande skorstensgaser. Förklaringen till det senare ligger i, att masugnsgasen bortgår från höga kokshyttor med blott c:a 150° temperatur medan förbränningsprodukterna vid varmapparater, ångpannor och gasmaskiner bortgå med vida högre. Koksmasugnsgasen håller enligt Grosse c:a 10,5 vol.-% vattenånga, och enligt samme författare bör man rena gasen så, att den del, som skall användas i varmapparaterna, per m^3 ej håller mer än mellan 0,1—0,6 gram stoftpartiklar, medan den del, som avses för gasmaskinerna, ej får hålla mera än 0,3 gr.

Enligt C. Grosse* kan man över huvud räkna med att till en ton tackjärns framställande i masugn erfordras 1085 kg koks samt att denna kvantitet koks alstrar 4927 m^3 masugnsgas av 0° temperatur och 760 mm tryck.

För masugnsgasens tvättning och avkylning har man försökt flere olika anordningar däribland exempelvis en trogen avbildning av

* S. u. E. 1910 sid. 1399.

Lundins generatorgaskondensor,* men numera tyckes man nöja sig vid för-reningen med endast bortre halvan av hans apparat, nämligen det mångdubbla vattenbegjutna stånggallret »skrubbern». Härvid (se S. u. E. 1910 sid. 1402) placerar man ett 4-kantigt plåttorn över en murad bassäng, vid vars botten ett skopverk nedgår och bortför det slam, som eljes skulle fylla densamma. I tornet lägger man så upp på vinkeljärnsflänsar lager av noga kantfasade hyvlade trästänger, iakttagande, att de undre lagrens stänger få större avstånd sinsemellan än varje ovanför följande nytt lager, och att stängernas riktning i varje lager är vinkelrät mot det föregåendes, samt att vattendropparna från ett lager drypa på det andras stänger genom mellanrummet. Överst, under taket i tornet inkommer nämligen kylvatten genom strilrör och nedfaller sedan som ett regn på och ned genom gallerlagren, medan den från sotsäckarna kommande varma gasen inkommer nedi tornet och renad och avkyld bortgår upptill. Av det »sot» gasen medför borttages 50 à 60 % i denna anordning. Grosse förordar sådan storlek på kylaren, att dess volym skall motsvara — allt efter gastemperaturen — 0,6—1 % av gasmängden, som skall renas per timme, och beräknar han vattenåtgången för 1000 kub.-met. gas till c:a 3 kub.-met.

En annan för-renare, som enl. Borrman skall vara vida effektivare, än den av Grosse beskrivna, är konstruerad av Kubierschsky (S. u. E. 1910 sid. 1476) och skall efter B:s uppgifter vara så effektiv, att den rent av lämnar färdigrenad gas med en stofthalt av endast 0,02 gr per m^3, men som uppsatsen ej ger antydan om, var denna apparat blivit byggd och prövad, är bäst avvakta vidare upplysningar om densamma.

Från för-renaren går gasen till slutreningsapparaten, och finnes det även en mängd olika konstruktioner av sådana, men som alla sådana som funnit någon större användning utgöras av roterande maskiner, tillhör det ämnet bergsmekanik att redogöra för dem.**

γ. *Varmapparater och blästerledningar.*

Skotten I. Nielson i Glasgow uppgives vara den förste, som använt varm bläster och skulle han gjort försöket därmed år 1830, men troligt är, att han utförde det första försöket något förr att döma av J. K. A. 1831 sid. 185 och 277. Hans första försök utfördes i en grovsmedshärd, och då han såg, att han genom den förvärmda blästern sparade kol i härden, associerade han sig med dels en masugnsägare Wilson dels en stålfabrikant MacIntosh och byggde varmapparater både vid masugnar, färskningsugnar och Wilkinsonska vällugnar. Och som

* Se under generatorer.

** Beskrivningar återfinnas i S. u. E. 1910 sid. 1405, 1437, 447, S. u. E. 1909 sid. 1833, 1791, S. u. E. 1906 sid. 910, S. u. E. 1908 sid. 1879.

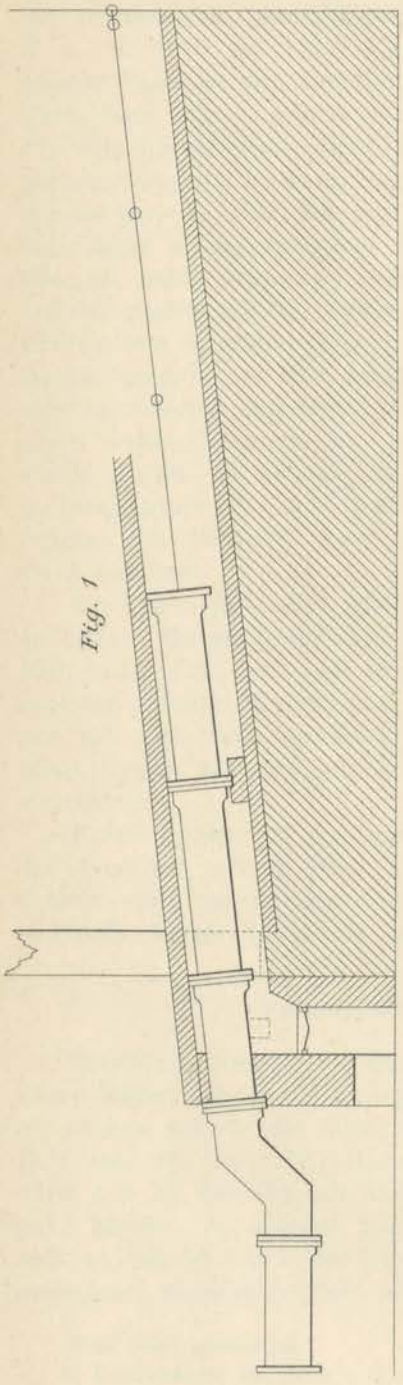


Fig. 1

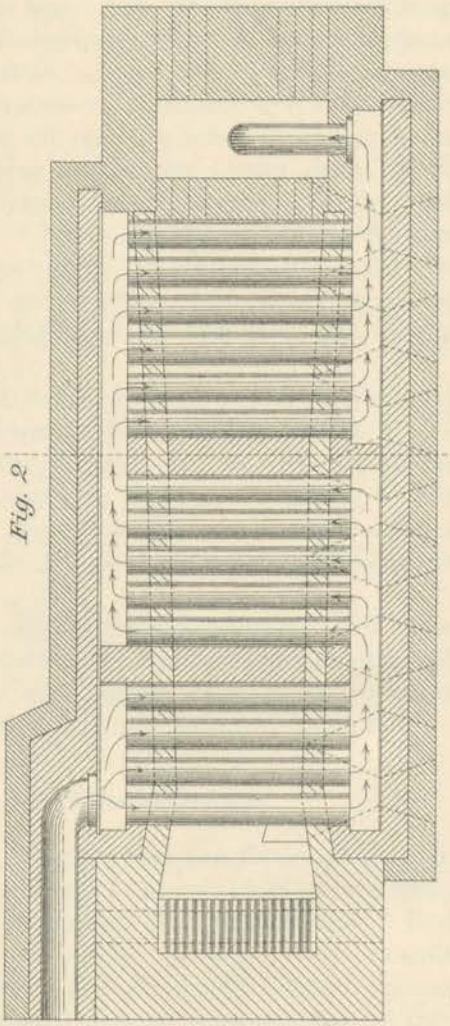


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

detta omnämnes i en rapport från en kommission av franska bruksägare och bergsmän till svenska regeringen redan 24 april 1831, så måste första försöken vara utförda tidigare än 1830, ty på ett år kan ej så många varmapparater byggts och försök gjorts. 24 april 1831 hade MacIntosh redan utgivit en berättelse om vad man vid masugnarna sparade genom att värma upp blästern till 250° Fahr., men hans uppgifter betvivlades av fransmännen, ty han hade skrivit att $^3/_8$ av hela kolåtgången inbesparades, samtidigt som tackjärnsproduktionen ökades med $^1/_3$ och detta funno de onaturligt. Jernkontorets Annalers redaktör N. J. Sefström, som samma år refererar skrivelserna, påpekade i en not, att i alla fall svenskarna genast borde försöka varmbläster, och rådet följdes beredvilligt nog, ty Jernkontoret — alltid ivrigt att befordra svenska järnhandteringens väl — anslog genast penningemedel och för desamma byggde direktör C. D. af Uhr 1832 den första masugnsvarmapparaten hos överste Ankarswärd på Brefvens bruk. Denna apparat (se pl. XLVII fig. 1), som eldades med ved, åstadkom, att kolåtgången i masugnen sjönk från 13,21 till 10,92 tunnor per skeppund tackjärn och gav en kolbesparing — när kolvärdet hos eldningsveden medräknades till kolsättningens värde — av 1,82 tr pr sk⊠, på samma gång, som man fick 1,89 sk⊠ mera tackjärn per dygn och ett vida varmare järn och bättre masugnsgång. Många bruksägare besökte Brefven under provblåsningen (1833) och en av besökarna, Ankarsrums ägare, protokollssekter B. de Maré, anhöll hos herrar fullmäktige i J. K., att de ville bekosta ett försök även hos honom, men med en av Ekman och bergsnotarien P. J. Holmgren konstruerad apparat (se pl. XLVII fig. 2). Denna gav ännu bättre resultat, så att kolåtgången — när eldningsveden tages med i beräkningen — sjönk från 15,67 tr till 9,80 tr per sk⊠, d. v. s. en besparing = 37,46 %. Tackjärnet blev hetare, limåtgången mindre, produktionen större och nu tvekade ingen bruksägare om nyttan av varmbläster, utan skyndade man sig allmänt att uppföra varmapparater.

Direktör A. Åkerman hade redan 1832 i sin berättelse till fullmäktige inlämnat förslag jämte ritning på varmapparat att värmas med kranslågans värme, men innan försök med den hann göras, kom 1834 underrättelse om Favre du Faurs nyss vid Wasseralfingen uppförda apparat eldad med masugnsgas. Emellertid gjordes vid Högfors i W. och Billingsfors försök med vedeldade apparater 1835. 1836 föreslog direktör Schedin en apparat med rör med 12 invändiga flänsar och utförde denna apparat med gaseldning 1838 vid Ramshyttan, därmed givande uppslag till nutidens bästa rörvarmapparat, den av H. Tholander.

Nu mera indela vi varmapparaterna i *a* rörvarmapparater, *b* regenerativa varmapparater och *c* rekuperativa varmapparater.

a. Rörvarmapparaterna.

Den första av dessa uppfanns som sagt av skotten I. Nielson troligen något före år 1830 och bestod efter allt att döma i att en del av det från blåsmaskinen till forman ledande blästerröret omkläddes med murverk, i vilket en eldstad anbringades. Rörets läge och riktning voro härvid av mindre betydelse, utan uppmurades värmekanalen kring detsamma lika bra om det låg horisontalt, lutande, eller stod vertikalt. När man emellertid snart sökte genom förlängning av den del av blästerledningen, som värmdes, få högre hetta på blästern, vann man detta genom trenne olika anordningar av rörslingor, i det man antingen placerade slingorna liggande över varandra, stående på underlag eller upphängda i förbränningsrummet och så uppkommo de tre klasseringar av rörvarmapparater, dem vi än i dag tala om eller rörvarmapparater med stående rör, med hängande rör och med liggande rör.

Rörapparater med stående rör.

Den första apparaten av detta slag byggdes i början av 1830-talet vid järnverket Calder i närheten av Glasgow och erhöll i litteraturen verkets namn (se J. K. A. 1834 sid. 524 pl. 31 fig. 6, 7, 8 och 9). Den bestod, såsom å pl. XLVIII fig. 1 visas, av ett med skorsten försett ugnsrum, vari nedtill befann sig ett genomgående stångrost. På detta underhölls en lång stenkolseld. I murverket på ömse sidor om detta rost voro horisontala rör inmurade och inleddes blästern i det ena av dessa rör vid apparatens ena gavel samt bortleddes genom det andra, utgående vid apparatens motstående gavel. För att komma från det ena till det andra av dessa horisontala rör måste blästern passera upp och ned genom i muffar å dem nedsatta och fastkittade »byxrör» (9 stycken), vilka rör omspolades av lågan och förbränningsprodukterna från stenkolselden. För ernående av bättre effekt gjordes vid denna apparat den förändringen att i stället för byxrören insattes höga upptill något mot varandra böjda rör (av pistolform), vilka voro slutna i övre ändan men utefter nästan hela sin längd tudelade med en skiljevägg. Bäddrören voro ävenledes avdelade i fack och härigenom åstadkoms att blästern måste passera upp och ned i varje särskildt rör, hela apparaten längs efter i st. f. förut i tvärgående riktning. Bättre utnyttjande av förbränningsgasernas värme erhölls härigenom, och rören stodo även bättre vid lag, men de voro synnerligen svårgjutna och apparaterna med stående rör fingo vika för dem med liggande, ända tills dess vår landsman *John Gjers* på 1870-talet fick sin apparat med stående rör fullkomnad genom den s. k. Gjerska brännaren. Gjers apparat, som framställes å pl. XLVIII fig. 2 och 3, består likasom Calderapparaten av tvenne inmurade bäddrör (dock av platt fyrkantig genomskärning) och av på dem ställda byxrör, men

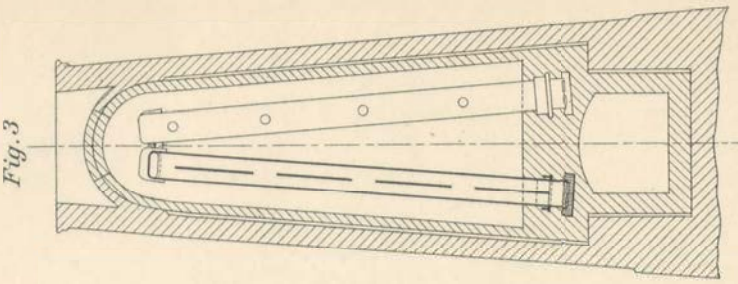


Fig. 3

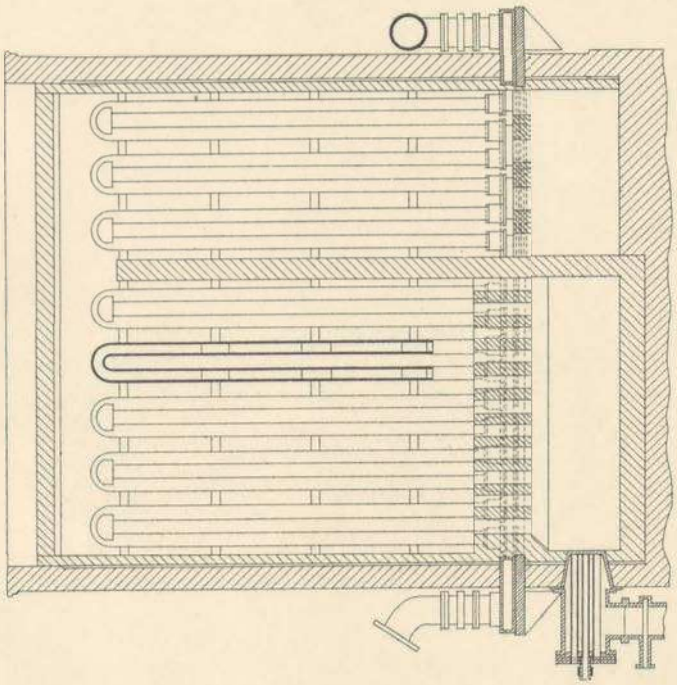


Fig. 2

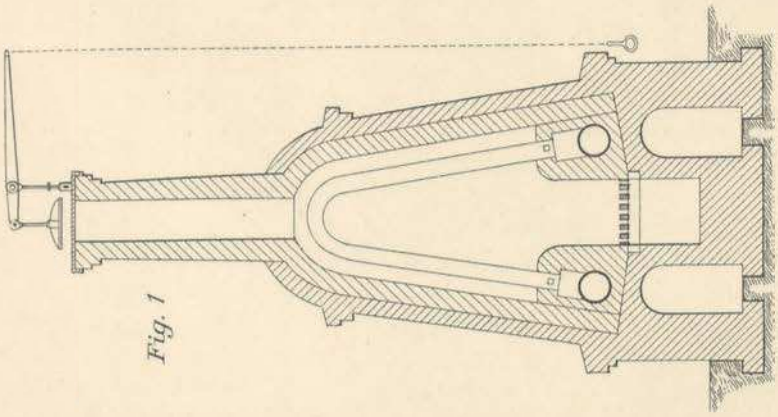


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 2

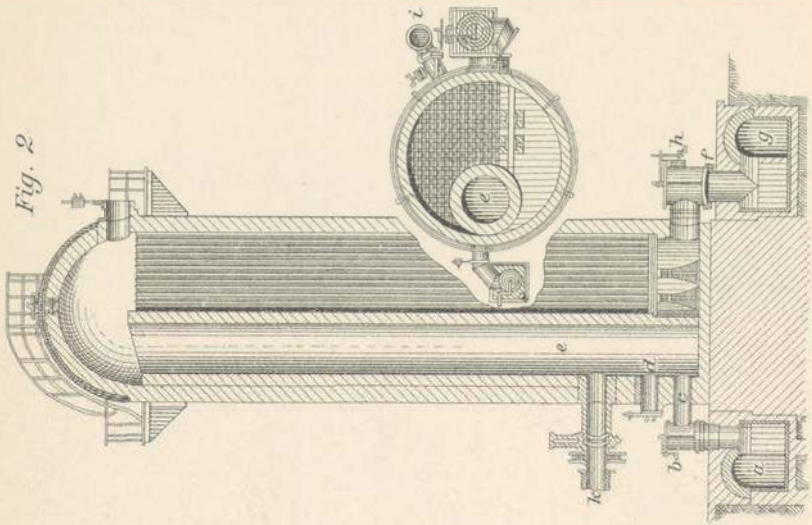
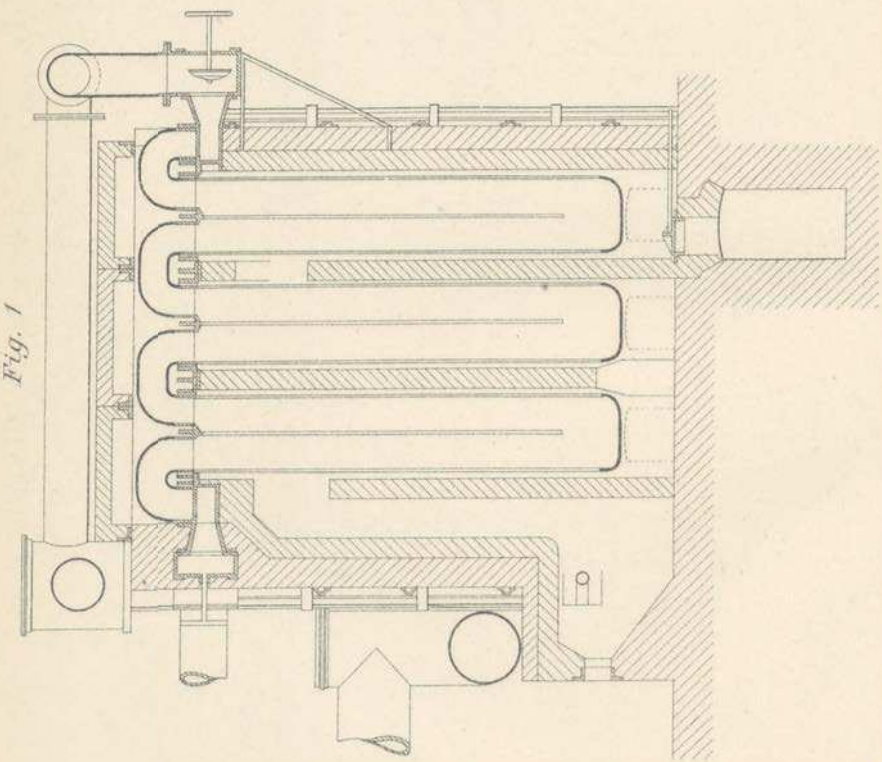


Fig. 1



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

de senare äro ställda längs med — ej tvärs över apparaten, och blästern inkommer på en gång i båda bäddrörens första fackdelar, går så i två strömmar samtidigt upp och ned genom båda raderna rör, varefter de båda blästerströmmarna utanför apparatens andra ända återförenas i det till masugnen bortgående varmblästerröret. I denna senare ända av apparaten inkommer nedtill (under ett valv med taköppningar) gas och luft genom en Gjers brännare, vilken består av en inåt apparaten något hopdragen plåtcylinder, i vars yttre slutplåt finnas fastsatta en del både utåt och inåt öppna rör, varigenom den yttre luften inkommer blandande sig med den genom plåtcylindern inkommande masugnsgasen. Luft och gas bilda då under valvet en blåsrörslåga, som till följd av den utmärkta blandningen hastigt förbrinner, varefter de heta förbränningsgaserna genom valvhålen uppstiga och kringspola en del av byxrören samt sedan gå över en murad skiljovägg ned genom apparatens andra rum och där placerade byxrör, så genom nya valvöppningar ned genom ett »sotrum» och bort till skorstenen. Byxrören äro upptill försedda med pågjutna klackar och stöda där emot varandra. Flere av dessa apparater ha blivit byggda vid de svenska hyttorna och några hållas ännu i gång.

Apparater med hängande rör konstruerades ävenledes på 1870-talet, emedan man trodde, att gjutna rör, som stående visade benägenhet sjunka tillsammans, skulle bättre bibehålla sin form i hängande ställning. Detta visade sig emellertid vara ett felaktigt resonemang, rören stodo på detta sätt ännu sämre vid lag, i det de svällde och sprucko ännu mycket mera (se pl. XLIX fig. 1).

Apparater med liggande rör. De första apparaterna av detta slag voro av Brefvens och Ankarsrums förut visade typer, men redan samtidigt med dem byggdes vid Wasseralfingen av Favre du Faure* (se J. K. A. 1834 pl. 34) en varmapparat, som, under tidernas lopp förbättrad allt mera, till slut givit upphov till våra dagars bästa rörvarmapparat — den Tholanderska. Faure uppmurade sin apparat i trenne rum, varav det mittersta var rymligare än sidorummen. De skildes åt av murade väggar, i vilka långa raka genom mittelrummet gående rör vilade. De raka rören voro två och två förenade med krokrör instuckna i de rakas ändmuffar, och befunno sig krokrören i sidorummen, som fylldes med torr sand. Rören lågo 4 och 4 i 4 rader över varandra, således summa 16 rör i apparaten. Masugnsgasen och förbränningsluften inkommo nedtill i apparaten under nedersta rörraden och förbränningsgaserna bortgingo genom en å apparatens valv uppmurad skorsten. Efter den gamla ritningen att döma inledde Faure kallblästern i nedersta rörradens ena sidorör, varifrån den så passerade uppåt genom den sidans rör, så ned genom nästa vertikala rörrad, därpå upp genom tredje rörraden, så ned igen genom den fjärde och

* Om denna och övriga äldsta varmapparater se J. K. A. 1834 sid. 496.

ut genom denna sidorads bottenrör. Snart fann man dock, att effekten blev bättre, om man lät kallblästern inkomma i översta horisontalraden och varmblästern utgå från den nedersta, och att pressionsförlusten blev mindre, om 4 och 4 eller 3 och 3 rör samtidigt passerades. Och likaså fann man att värme-upptagandet förbättrades genom att raderna lades sicksack, på samma gång man gav rören oval genomskärning. Genom den ovala fasonen erhöllos ock bärigare rör med mindre sotsamlande överyta. En förbättring till gjordes genom att anbringa ett förbindelserör med ventil mellan varm- och kallblästerledningen, ty därigenom fick man en lättare temperaturreglering på blästern. Låter man nämligen denna ventil ständigt stå »på glänt», så kan man vid behov genom att sluta den hastigt få varmare och genom att öppna den ännu hastigare få svalare bläster än förut, under det att, om regleringen skall ske med mer eller mindre gaspådrag, temperaturändringen går mycket långsammare. En så förbättrad apparat visas å pl. L. Denna apparat är, som synes, försedd med tvenne Gjerska brännare, matade med gas och varmbläster samt har även krokrören upphettade. Vid Forsbacka och ett par andra bruk byggdes sedan av H. Tholander en apparat med liggande flänsrör, men så konstruerade, att mellan de vid ett ytterrör fastgjutna flänsarna var insatt ett rör utan flänsar och öppet i båda ändar. Tholander lät så lågan både spela omkring det yttre röret och gå in i och genom det inre, så att blästerstrålarna, som framtvingades mellan de spiralvridna flänsarna och rörens sidor, på så sätt fingo uppvärmning både ut- och inifrån. Några sådana apparater äro ännu i bruk.* Den mängd olika rörvarmapparater, vi haft, tyckas emellertid allt mera undanträngas av H. Tholanders sista konstruktion, vilken vi därför skola litet mera utförligt behandla.

H. Tholanders nya varmapparat: Densamma är till rätt huvudsakliga delar utkonstruerad av Filip Bergendal och Tord Magnusson och även å senare apparater har den förre gjort viktiga förbättringar. Apparaten i sitt nuvarande skick består av ett c:a 5,5 m högt och c:a 1850 × 1300 mm vitt ugnsrum, på vars båda gavlar placerats lika höga »krokrörsrum» av c:a 1850 × 700 mm genomskärning. I dessa rum befinna sig 10, 12 eller flere rader rör med vanligen 4 rör i varje rad. De raka rördelarna, vilka intaga mellanrummet (se pl. LI), hava 6 st. inre flänsar, mellan vilka flänsar man insatt ett i båda ändar slutet rör, som tvingar blästern att gå fram mellan flänsarna och ytterröret. Krokrören åter äro ej flänsförsedda. Masugnsgasen inkommer under apparatens mittelrum i en 1300 mm bred, 700 mm hög kanal, i vars valv befinna sig 20 st. hål mynnande upp i centrala rummet. I detta valv sitta inmurade 4-kantiga gjutjärnslådor = blästerlådor med ett ovalt formhål för varje gashål, så att de inträng-

* Se i övrigt om en del andra nyare rörvarmapparater i J. K. A. 1880.

Fig. 1

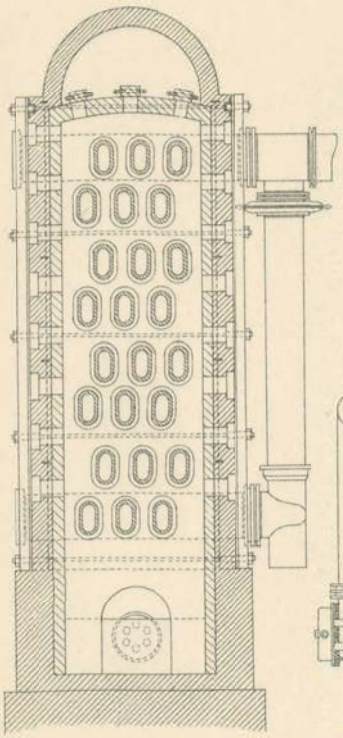


Fig. 2

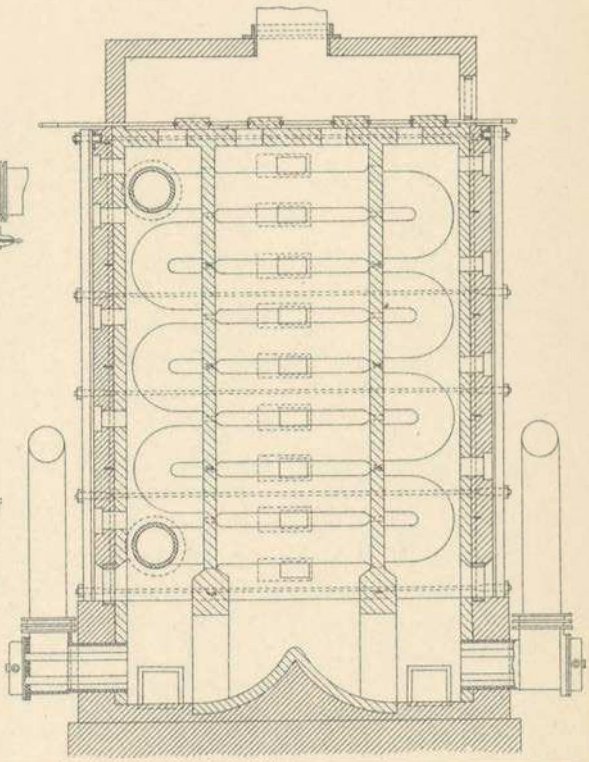
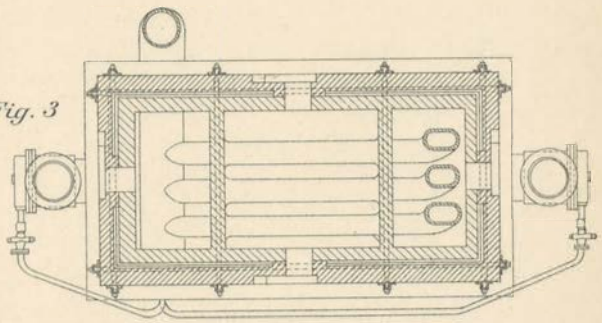


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

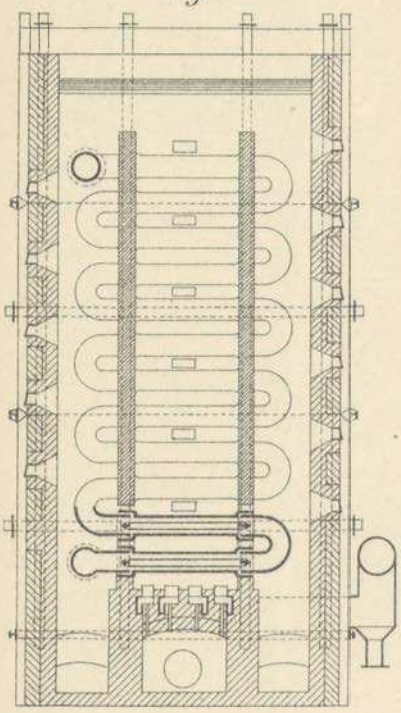


Fig. 2

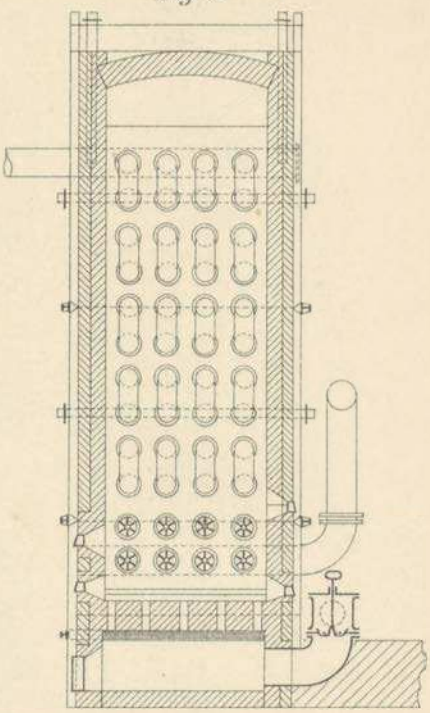
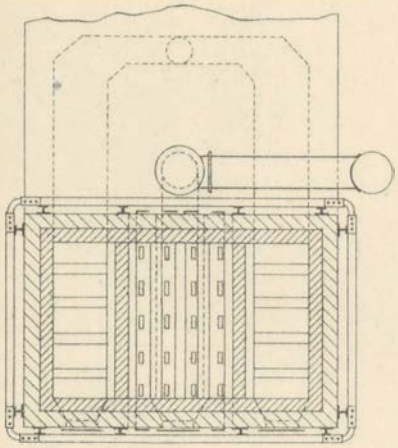


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

ande luftstrålarna vinkelrätt träffa gasstrålarna och blanda sig med dem givande en rätt god förbränning. Den uppstående lågan omspolar så de raka rördelarna och förbränningsprodukterna vända sedan under apparatens valv ned genom krokrörsrummen samt bortgå genom apparatens botten och en skorstenskanal till skorstenen. F. Bergendal har påpekat, att denna senare bör tagas tämligen hög, på det att man må få skarpt drag, så att apparaten kan skötas med nöjaktigt avpassade gas- och förbränningsluftkvantiteter. Uppe under valvet, där gaserna vända ned genom krokrörsrummen uppstår en skarp omvirvling av gaspartiklarna, och som neri apparaten blandningen ej blivit fullständig, sker här en ny häftig förbränning, som orsakat för skarp upphettning av de översta krokrören, men denna olägenhet har avhjälpts av F. Bergendal på så sätt, att han försett dessa rör med yttre piggar mellan vilka eldfast massa smetas. Apparaten uppmuras vanligen med 6-tums inner- och gavelväggar, 12-tums långväggar (2 skift 6-tum på lång) och 9-tums toppvalv. Valvet mellan gasrummet och förbränningsrummet tages 12 tum, skorstenskanalen under apparaten 670 × 650 mm i tvärgenomskärning, och på sidorna förses apparaten med en mängd sotluckor till underlättande av rörens rengörande. De raka rörens inre diameter är 225 mm, yttre 270 mm, och centrumröret, som oftast är draget och förses med smidda ändkonproppar, har en yttre diam. av 112 mm. Raka rörens muffar ha 125 mm längd, 300 mm inre och 360 mm yttre diam. Flänsarna äro innerst 12, utåt 18 mm tjocka.

Beräknandet av en rörvarmapparat av M. B. T.-typ: För en nybegynnare med god teoretisk utbildning ter sig en varmapparats — vare sig rör- eller regenerativapparats — beräknande synnerligt enkel. Man vet ju, huru mycket tackjärn man vill fabricera per minut. Att fabricera den tackjärnsmängden erfordrar ju den och den kolmängden; denna kolmängds förbränning till koloxid fordrar så och så mycket syre motsvarande det och det kvantumet blästerluft. Denna lufts uppvärmning till den önskade blästertemperaturen tager så och så många värmeenheter, en tackjärnsyta av x m^2 storlek med den och den yttre temperaturen genomsläpper så och så många värmeenheter per minut, således erfordras just jämnt så och så stor inre röryta för att önskad blästertemperatur skall ernås. »Man kanske behöver taga med en konstant här och där i beräkningen förstås,» som en elev yttrade till mig. Ja nog är det så alltid, ledsamt bara, att dessa s. k. konstanter äro bedrövligt okonstanta! Vi hava åtskilliga variabla kvantiteter i den där serien! Så t. ex. veta vi huru mycket tackjärn som kommer att fordras av vår masugn? Ja, på en höft förstås; när den skall »blåsa bessemer» går den t. ex. med drivning = 1, vid lancashire med 1,25 à 1,5, vid martin med 1,5—1,8. Vid bessemer med den kolåtgången varie-

* Magnusson-Bergendal-Tholanders typ.

rande efter malmernas större eller mindre koldryghet och kolens varierande godhet, vid lancashire efter den d:o d:o, vid martin efter den tredje d:o d:o; vid bessemertackjärn av det här brukets slag behöva vi den och den blästertemperaturen, vid lancashiretackjärn helvitt den och den, $^3/_4$-vitt den och den, martin basisk den och den, mastin sur den och den o. s. v. Nåja, vi få väl räkna för alla fallen och taga apparaten för det mesta värmen fordrande! Så ha vi då fått maximum blästerkvantitet som skall värmas och maximum värmeenheter, som härtill erfordras. Så taga vi reda på gjutjärnets värmeledningsförmåga och finna i handböckerna, att den högst betänkligt varierar med gjutjärnets grafithalt! Nå vi kunna ju antaga minsta siffran för att vara fullt säkra. Så hava vi värmeutstrålningskoefficienten. Ja den varierar mer än betänkligt beroende på huru noga de gjutna rören renskrapats från gjutsand in- och utvändigt. Så lägga vi in rören i apparaten. Redan första eldningsdygnet få de en tunn oxidhinna. Den växer litet med var dag som går och samtidigt sjunker med var dag som går rörens värmeutstrålningsförmåga. Men än mer, nyinlagda rör äro sotfria, på rören i en apparat i gång avsätter sig s. k. sot mer och mer för varje dag tills vi nästa gång sota den, sen växer sotlagret igen, mer på rörens översida, mindre på undersidan, men något även där. Ju längre rören få sitta inne, ju mera luckrar järnet i dem upp sig, sväller och blir mindre god värmeledare. Bränt gjutjärn leder dåligt. Omöjligt förekomma, att ej ett eller annat rör spricker, en och annan muffog läcker, strax skall mera bläster värmas upp, mer värme således genomledas, var är teoretiska gränsen? Så hava vi teoretiska beräknandet av behövlig gasmängd och därav betingad förbränningsluft samt gasens och luftens tilloppöppningars storlek. Vid blåsning av bessemertackjärn har gasen ungefärligen det och det värmevärdet per m^3, vid lancashire det, vid martin det, allt om hyttan går bra och kolen äro goda, men få vi kok eller för sura kol eller någon gång sätta upp mycket Gröndals briketter, strax minskas brännvärdet högst betydligt, mer gas skall intvingas men ej mer luft. Så få vi kravgång — mer luft för fullständig förbränning per m^3 då erforderlig gas o. s. v.

Skola vi räkna med sämsta förhållande hela serien igenom? Nej, då få vi en högst otymplig apparat, vars storlek skulle förbluffa eftervärlden; med bästa förhållanden — ja då skratta de praktiska männen ut oss — det bleve en mycket, mycket billig apparat! Bäst hålla medelväg, d. v. s. hålla oss till praktikens erfarenhetssiffror och besluta att med gaspådraget och skorstensdraget göra de regleringar, som beskickningsändringar och kolens kvalitetförändringar allt ibland betinga.

I J. K. A. för år 1901 sid. 277 o. f. hava vi då en god utredning av E. Hubendick, vilken utredning säger oss, huru mycket gas som

vid några svenska hyttor användes för varmapparaterna och rostugnarna. Hubendicks siffror anföras här i tab. LIV.

Tabell LIV.

Vid	Gasförlust i uppsättningsmålet %	Gasåtgång i rostugnen %	Varmapparatens konstruktion	Varmapparatens Gasåtgång i %	Överloppsgas för gasmaskiner i %
Köpings hytta	3	19	H. Tholanders	45	33
Boxholms »	2	19	Wasseralfingens	37	42
Hagfors * »	2	49	Gjers	31	18
Långshytte »	2	19	C. Tholanders	49	30
Björneborgs »	2	21	Cowpers	26	51

Hubendick anmärker, att siffran för varmapparaten vid Långshyttan antagligen är för högt upptagen, beroende på observationsfel, varför han i följande beräkning — över varmapparaternas gasbehov per ton tackjärn — ej medtager Långshytteuppgifterna.

Vid Östanfors gjorda uppmätningar åter hava visat en åtgång i Tholanders nya varmapparat av endast 20 % vid 300° blästervärme och 25 % vid 400°, vid Spännarhyttan med samma apparet 40 % och vid en del andra hyttor — vid av bergselever på senare tider gjorda mätningar från 32 upp till 38 %.*

Hubendick erhöll vidare vid sina undersökningar de i tab. LV angivna värdena å apparaternas verkningsgrad visande för de två goda rörvarmapparaterna c:a 20 % mot 37 % för den regenerativa.

Tabell LV.

Hyttans namn	Apparatens konstruktion	I apparaten använd gas i % av den i masugnen alstrade	Blästerns temperatur	Per hl kol av gasen i varmapparaten alstrade värmeenheter	Per hl kol inalles av blästern upptagna värmeenheter	Per hl kol och per 100° blästervärme i apparaten förbrukade värmeenheter	Per hl kol och per 100° blästervärme av blästern upptagna värmeenheter	Apparatens verkningsgrad
Köpings . . .	Tholanders	45	495	30384	5830	6179	1178	0,19
Boxholms . .	Wasseralfingens	37	280	27192	3088	9712	1103	0,11
Hagfors . . .	Gjers	31	370	22676	4857	6129	1310	0,21
Björneborgs .	Cowpers	26	550	18680	6950	3396	1264	0,37

* Denna skillnad i observationer mot vid Hubendicks undersökning torde kunna tillskrivas — åtminstone delvis — vid H:s provning mindre väl sotad apparat.

Den huvudsakliga orsaken till denna relativt dåliga effekt hos rörvarmapparaterna är att skorstensgaserna från dem avgå alldeles för heta, vid många apparater rent av med ljusglödtemperatur. Man har därför vid ett av våra hytteverk varit betänkt på att använda dubbla apparater på så sätt ordnade, att från den apparat i vilken gas och förbränningsluft bilda låga leda förbränningsgaserna (i st. f. till skorstenen) in i den andra apparaten och först från denna till skorstenen. Blästern skulle så få inkomma först i denna senare apparat och från den ingå i den förras rör att där slutvärmas. Otvivelaktigt kunde man härigenom spara gas, men förlorade nog i pression. Rören i förvärmningsapparaten komme att stå mycket länge vid lag och de i slutvärmaren ströke ej fortare med för det, så att, där nyttig användning för all gas finnes, skulle kanske dylik dubbelapparat betala sig. Förslaget gjordes vid ett hytteverk, där man ämnade anlägga martinverk och skulle elda martinugnen delvis med masugnsgas, men som det senare verkets anläggande uppskjutits har försöket ännu ej kommit till utförande.

Ett vanligt fel vid rörvarmapparaterna är, att de hava onödigt stor värmeutstrålning; enkelmurade som de ofta nog äro. De böra uppmuras antingen dubbelmurade eller än hellre med ytterväggar av Höganäs asktegel, vars obetydliga värmeledningsförmåga vore ett gott skydd.

I tabell LVI finnas upptagna en del beräkningar, som gjorts på grund av mått å varmapparater och driftsiffror från masugnar samlade av bergselever från bergshögskolan och Falu bergskola.

Vid denna tabell är vid beräknandet av m^2 upphettningsyta ej inre rörflänsars yta medräknad, men vid äldre Tholanderska apparater, i vilka värmegaserna gå fram dels utanför, dels även centralt genom dubbelrören är i beräkningen medtagen såväl yttre rörets yttre som inre rörets inre yta. Från samma uppvärmningsyta är avdrag gjort för de delar av rören, som ligga inmurade i stödmurar, vilket visserligen ej är fullt korrekt, då även där en del värme inledes, men som meningen med tabellen endast är att få några medelsiffror, så kan felet frånses.

Jämför man tabellens medelsiffror för de tre varmapparatslagen, så ser man i kolumn *a* tydligt, huru mycket större röryta man giver de nyare apparaterna — Tholanders och Gjers — emot vad man gav de gamla av Wasseralfingen vanliga typ. En area av 90–100 m^2 är den vanligaste numera. Kolumnen *b* visar, att man går i regel med högre blästertemperatur vid masugnar, som hava Tholanders apparat, än vid de andra, och av våra observationer under bergskolans sommarresor ha vi trott oss finna, att denna skilnad kunde vara ännu betydligare, ty Gjers- och Wasseralfingenapparaterna äro oftast ansträngda nära det högsta möjliga,* medan de Tholanderska utan allt-

* I det de skarpast upphettade rören i dem ej tåla högre hetta än den de vanligen utsättas för.

för stor svårighet kunna giva 100 à 150 grader eller mera blästervärme, än den i tabellen uppskrivna. Hyttorna med första slaget apparater gå, som i kolumnerna *d*, *g* och *h* synes, med högre medeldrivning, producera mera tackjärn och smälta mesta godset, allt i medeltal. Gjers apparater äro de andra underlägsna i per minut av m^2 röryta avgiven värmemängd och har mot per minut förbrända kol och 100° blästertemperatur avsevärt större röryta, vilka värden visa dess mindre effektivitet.

Se vi åter endast till hyttorna med Tholanders apparater, så finna vi, att vid medeltalen 108 m^3 dygnsdrivning motsvaras av 101 m^2 röryta. Sorterar man dessa hyttor i å ena sidan dem, som vid undersökningen blåste martintackjärn, och å andra dem, som gingo för smides- och exportjärn, får man vid de förra 95,7 m^3 och 95,0 m^2, samt vid de senare 121 m^3 och 116 m^2. Man kan således säga, att i allmänhet tyckes man önska vid dessa tackjärnsslags blåsande 1 m^2 effektiv yttre röryta för varje i dygnet förbrukad m^3 träkol. Vid bessemerhyttor åter är nog bäst taga apparaten större. I kolumnen *f* kan man se, vilka apparater av ett och samma slag som ansträngas mera eller mindre. De som vid våra besök voro minst ansträngda voro av Tholanderapparaterna Klenshyttans och Västerås, mest åter Östanfors, Ställdalens och Horndals. Huru mycket man kan ansträng sin varmapparat utan att rörreparationskostnaden blir för hög beror naturligtvis till god del på det till rören använda gjutjärnets beskaffenhet och visades oss i denna väg mycket vackra siffror vid bland annat Nyhammar och Östanfors. Vid utgivandet av Wiborghs metallurgi gjordes på grund av siffrorna i kolumn *f* och respektive bruks tackjärnskvalitet även ett annat påpekande, som här utelämnas, emedan ett ej nämnt bruk då beklagade, att 5 st. andra omnämndes för god lancashiretackjärnskvalité. Anmärkningen var visserligen obefogad, då ingen kunde läsa vare sig direkt eller mellan raderna något utdömande av det klandrande brukets lancashiretackjärn, men tvingar dock till inskränkningar i den utredning eljes här kunde lämnas.

Per m^2 röryta smälta:

Lancashire- och exportjärnshyttorna	349	kg	gods och	171	kg tackjärn
Martinhyttorna	383	»	» »	192	» »

de förra med 370°, de senare med 417° medeltemperatur. Detta fortfarande rörande endast Tholandervarmapparaterna och de med dem utrustade hyttorna, varvid bör anmärkas, att en hytta, där man ej gjorde ändring vid övergång från martin- till lancashiretackjärn, räknats till båda grupperna.

Något som bör hågkommas vid konstruktion av varmapparater är, att förbränningsprodukterna hellre vilja strömma upp utefter de varma tegelväggarna än mellan de relativt kalla rören, varför uppströmmandet efter de förra bör försvåras, och så långt möjligt är bör

Tabel

Medelvärme pr 100° och 1000 hl driv = 826 v. e.

Hyttans namn	Apparatslag	m² upphettningsyta	Blästerns temp.	Blästerns tryck mm
		a	b	c
Sikfors	Tholanders nya	97	450	57
Högfors i W.	» »	88	350	51
Köpings, 2 st.*	» »	113	400	85
Avesta	» »	106	350	90
Horndal	» »	88	450	72
Västerås	» »	141	300	90
Ljusne N.	» »	106	350	105
» S.	» »	106	400	90
Fors	» »	106	500	100
Långshyttan	» »	88	400	100
Graversfors	» »	66	300	50
Ställdalen	» »	61	400	84
Ulfshyttan	» »	106	450	50
Forsbacka	» gamla	160	450	90
Graversfors nya	» nya	92	290	84
Nykroppa 2 st. (dubbelrör)	» gamla	141	400	140
Klenshyttan	» nya	97	300	45
Harnäs	» »	99	450	95
Östanfors	» »	97	450	85
Spännarhyttan	» »	67	300	60
	Medeltal	101	387	81
Billsjö	Gjers	52	200	54
Axmar	»	97	325	84
Bredsjö	»	92	350	90
Bångbro	»	85	400	90
Carlsdal	»	64	450	65
Ankarsrum	»	115	300	110
Lienshyttan	»	198	480	90
Granbergsdal	»	92	400	75
Hagfors	»	82	400	85
	Medeltal	97	367	82
Jädraås	Wasseralfingens	40	250	78
Västanfors	»	45	300	45
Engelsberg	»	58	300	60
Hammarby	»	64	350	72
Boxholm	»	90	350	100
Högfors Ö.	»	86	400	80
	Medeltal	64	325	73

* Blott en räknas här, emedan den andra står i reserv.

LVI

Per dygn drivna hl kol	Per minut upptagen blästervärme i v. e.	Per minut och m² röryta upptagen blästervärme i v. e.	Per minut, hl kol o 100° blästervärme befintlig upphettningsyta i m²	Per dygn smälta ton gods	Per dygn framställda ton tackjärn
d	e	i	f	g	h
1040	3900	40	30	36,4	16,7
959	2782	32	38	34,7	16,8
1257	4152	36	32	41,3	21,8
1575	4593	43	28	54,0	24,0
1070	3413	39	26	42,2	17,5
1035	2588	18	65	41,4	21,0
1110	3238	31	39	45,5	23,0
1035	3450	32	37	38,9	18,0
960	3600	34	35	33,2	15,0
1260	4200	48	25	35,6	17,9
781	1953	30	41	27,0	12,4
900	3000	49	24	33,0	15,0
810	3038	29	42	26,4	14,0
1275	4781	30	40	33,0	17,0
1080	2586	28	43	41,8	21,7
1072	3548	25	48	35,0	18,0
840	2081	21	56	27,6	16,0
1202	4467	45	27	29,3	18,0
1200	4460	46	26	46,0	26,0
1106	2726	41	29	32,7	18,4
1078	3428	35	36	36,8	18,4
812	1353	26	46	30,9	12,5
1092	2952	30	39	35,4	16,0
1080	3150	34	36	31,0	15,7
960	3200	38	32	41,1	19,0
720	2700	42	28	24,7	12,6
1350	3375	29	41	49,0	23,0
1230	4877	25	48	39,0	22,2
652	2154	23	51	23,0	12,0
972	3211	39	30	28,6	19,0
985	2997	32	39	34,7	16,9
930	1938	48	25	33,5	14,7
660	1650	37	33	24,8	12,4
857	2143	37	32	26,7	13,6
585	1223	19	45	25,0	10,0
975	2844	32	39	43,1	22,0
977	3228	38	31	36,7	22,0
831	2171	35	34	31,6	15,8

man söka ställa så, att förbränningsgaserna få sjunka nedåt och blästern får stiga uppåt i apparaten, emedan ojämna strömningar då undvikas.

Förutom detta är det ävenledes av stor vikt, att blästern och förbränningsprodukterna få tillräckligt länge inverka på varandra, och räknar Ledebur därvid med 15 m medelhastighet i rören, under det att Tholander tyckes för sina apparater utgå från en medelhastighet av 13 m, men hava vi även flere apparater med både större och mindre blästerhastighet. I röret till och likaså i röret från apparaten är bäst att ej låta hastigheten överskrida 10 m i sekunden, såvida ej blåsmaskinen är starkare, än vad som nödvändigt behöves, och för undvikande av för stor pressionsförlust bör man undvika alla tvära krökar i blästerledningen såväl utanför som inuti apparaten.

Bästa sammansättningen på gjutjärn för varmapparatrör är enligt Ledebur:

P	= 0,5	%
C + Gr	= 3,0—3,5	»
Si	= 0,7—1,0	»
Mn	= 0,5	»

Som det är synnerligen viktigt, att alla fogar i en varmapparat hålla tätt, torde här förtjäna anföras ett sätt för kittning av desamma, vilket användes vid några bruk. Först indriver man i fogarna med trubbigt järn ett grovt asbetssnöre och därpå kitt berett av 2 liter järnfilspån, 1 liter eldfast lera, 100 ccm stött salmiak och 50 ccm svavelblomma. Såsom exempel på vilka förluster, som kunna uppstå genom dåligt tätade rörfogar kan anföras att vi vid en större masugns blästerledningar en gång funno 18 % blästerförlust i varmapparaten och 6 % mellan densamma och tättorna, och som inget av apparatens rör befanns sprucket voro här fogarna uteslutande orsak till förlusten av de 18 %-en.

Materialåtgången till en 48 rörs Tholanders apparat är ungefär: gjutgods 273 d. t., smide 6,6 d. t., räler 83 d. t., plåtarbete 19 d. t., rödtegel 5000 st. 12″ × 6″ × 3″ och eldfast tegel av samma dimension 7000 st. Kostnaden för en dylik apparat plär hålla sig mellan 10000 —12000 kronor.

Blästerledningen från apparaten till tättorna bör naturligtvis dels hava möjligast få »krökar», på det att ej onödig pressionsförlust må uppstå, dels bör den vara väl isolerad. Det senare kan ske antingen genom dess omklädande med Höganäs asktegel fasonerat efter röromkretsen och fastvirat utvändigt med gammal järntråd eller »hylsat» med vraktakplåt, eller ock kan man, såsom göres vid en del bruk, röra hop en tjock »smet» av åkerlera och masugnssot och därmed stryka röret tjockt och i flere lager på varandra (nytt lager så fort undre lagret torkat) samt sen »hylsa» med vrakplåt.

b. Regenerativa varmapparater.

William Siemens idé att uppvärma antändningsluft och generatorgas före förbränningen, genom att leda dem genom av de bortgående förbränningsprodukterna förut upphettade tegelstaplar, sysselsatte redan på 1850-talet många järnmäns tankar, men först 1860 löste en engelsman Cowper frågan genom att, i stället för att som Siemens ordna ett förbränningsrum mellan två växelbara regeneratorspar, förse varje regenerator med sitt eget förbränningsrum och låta gaslågan brinna i och upphetta den ena under det den andra apparaten upphettar blästern till masugnen, sedan växla om förbränning och blästervärmning mellan dem, sedan den förra blivit nog upphettad. Ytterligt stora svårigheter hade Cowper att kämpa med de första åren vid sina i Ormesbury Iron Works i Middlesborough uppförda apparater, och ännu år 1867, då R. Åkerman besökte verket, voro svårigheterna ej övervunna. Åkerman säger härom:* »Ännu vid tiden för mitt besök hade man dock icke lyckats med dessa apparater, emedan man ej kunnat tillfyllest befria masugnsgasen från den medföljande mullen, som snart tilltäppte mellanrummen mellan teglen och därigenom gjorde apparaterna otjänstbara. Man var visserligen allt fortfarande sysselsatt med experimenter för att rena gasen från medföljande mull, men under tiden måste till apparaternas upphettning användas särskilt bränsle. Då emellertid det icke lider något tvivel, att *ju med en lundinsk kondensator* man skall kunna från mull befria åtminstone så mycket masugnsgas, som må behövas till upphettande av de mindre varmapparater, som vår jämförelsevis ringa masugnsbläster erfordrar, så bör ifrågavarande, dylika apparater vidlådande, olägenhet här i landet lätteligen kunna övervinnas.» Jag har tillåtit mig understryka några ord i detta yttrande för att fastslå, att Åkerman 1868 gav anvisning på den lösning av gasreningsproblemet, som nu 40 år senare följts med bästa framgång, till nytta för ej minst varmapparaternas biståndighet och arbetsförmåga. Utom att, som Åkerman anmärker, sotet igensatte kanalerna mellan teglen, så fastnade gång på gång genom detsammas avlagrande växelventilerna, vilka voro konstruerade som vanliga skjutspjäll, och detta gav allt som oftast upphov till explosioner, då rör sprängdes och tegelstaplarna inuti apparaterna ramlade samman, så att man fick »ställa kallt» och reparera. Sota apparaterna under gången kunde man ej heller, utan för varje gång detta med en av dem behövdes måste densamma kallställas och urplockas, teglen renskrapas och ånyo inresas samt apparaten varmeldas innan gas igen kunde påsläppas. Först år 1870 kunde dessa svårigheter anses hava övervunnits dels genom Cowpers egna ansträngningar, men än mera genom en annan engelsman, Thomas Whitwells, ägare av ett större masugnsverk i Stockton on Tees i Cleveland, och dennes apparater spredos så småningom på 1870-talet i

* Se J. K. A. 1868 sid. 184.

Englands och Skottlands järndistrikt, ehuru, som P. M. Carlberg 1875* skriver: »i svår tävlan med den Gjerska apparaten, vilken även mycket effektiv var ofantligt mycket billigare i uppförande.» Till de stora masugnarna i detta distrikt åtgick per masugn av Gjers apparater 5 st., av Whitwells' 6 st., men dels var en av de senare vida dyrare än en av de förra, dels gåvo de Whitwellska — trots sitt större antal — ej jämn blästervärme utan vida svalare strax före omkastningarna än strax efter desamma. Cowper använde i sina apparater, som redan antytts, de Siemenska tegelstaplarna, vilka bjödo de värmeavgivande gaserna och den värmemottagande luften stor upphettningsyta, vilket gav god effektivité; Whitwells åter hade i sina apparater en mängd murade kanaler, visserligen lätta att uppifrån sota, men med relativt till de förras obetydligt ytinnehåll, varför fler apparater av hans system behövdes per masugn än av den förres. Till följd av sotningssvårigheterna gick det emellertid långsamt med spridandet av Cowpers apparater, tills man lärde sig blåsa ur dem sotet medelst skarp bläster eller överhettad ånga, men sen togo de allt mera övertaget över Whitwellsapparaterna, så att i närvarande stund äro apparaterna av Cowpers system de nästan uteslutande använda.

Whitwells' apparat: En apparat av denna typ finnes jämte därtill hörande ventiler avbildad å pl LII. Genom kanalen *a*, ventilen *b* och öppningen *c* inkommer masugnsgasen. Strax ovanför vid *d* inkommer förbränningsluften. Lågan förbrinner i rummet *e*, förbränningsprodukterna passera sedan upp och ned genom de mångdelade smala kanalerna bort till en samlingskanal vid apparatens andra sida, där nedgående genom ventilen *f* till skorstenskanalen *g*. När så apparaten blivit tillräckligt uppvärmd, slutas ventilerna till gas- och skorstenskanalerna; kallblästerventilen vid *h* och varmblästerventilen vid *k* öppnas, då blästern går motsatt väg mot vad förbränningsgaserna förut gått, vadan Whitwells' apparat således är konstruerad fullkomligt efter motströmningsprincipen.

Cowpers apparat: Denna apparat, se pl. XLIX fig. 2 och 3, skiljer sig från Whitwells' egentligen endast därigenom, att gaserna gå endast en gång upp och en gång ned. Gången vid densamma är: masugnsgasen inkommer genom kanalen *a*, växelventilen *b* och röret *c* i ett runt eller ovalt förbränningsrör. I detta inkommer vid *d* antändningsluften. Lågan förbrinner fullständigt i röret, varefter förbränningsprodukterna vända under apparatens kupolvalv samt gå sedan ned genom i apparaten i övrigt rest tegelstapel, samlas under denna i något större kanaler och avgå genom ventilen *f* till skorstenskanalen *g*. När så apparaten är tillräckligt förvärmd stängas ventilerna *f* och *b*, kallblästerröret *i* och varmblästerröret *k* öppnas, då blästern går motsatta vägen och värmes.

En mängd olika konstruktioner baserade på antingen kombina-

* Se J. K. Ä. 1875 sid. 282.

Fig. 1

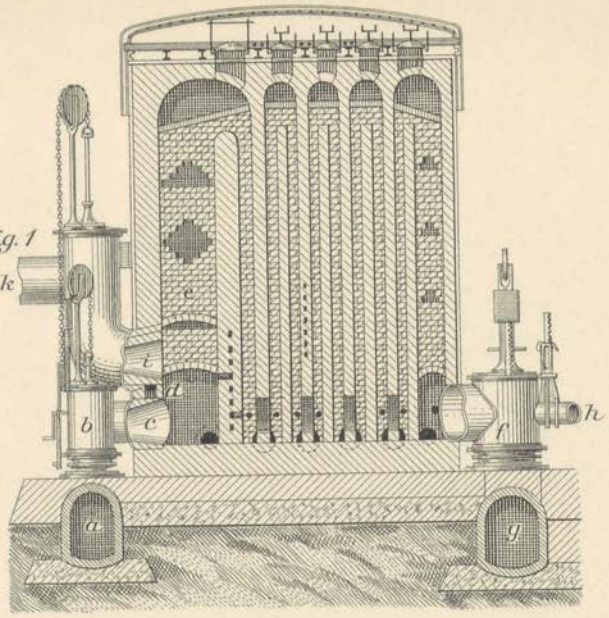


Fig. 2

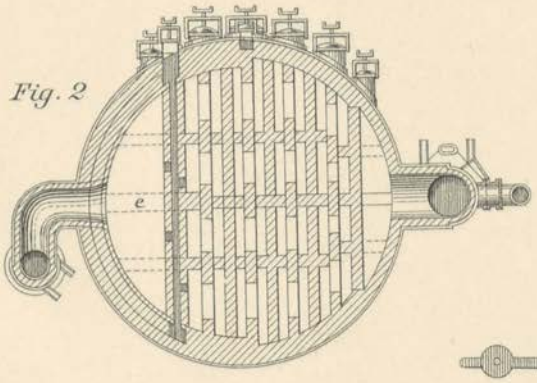


Fig. 3

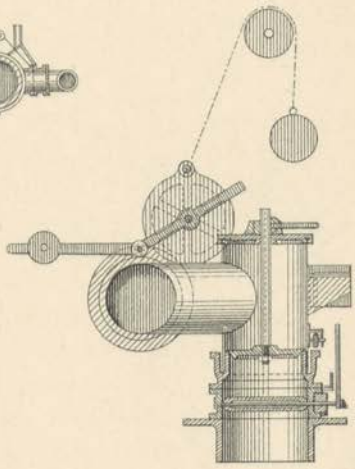
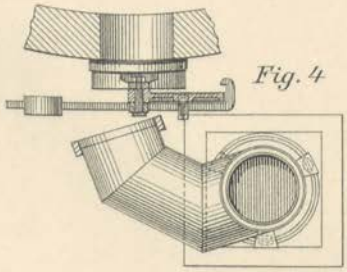
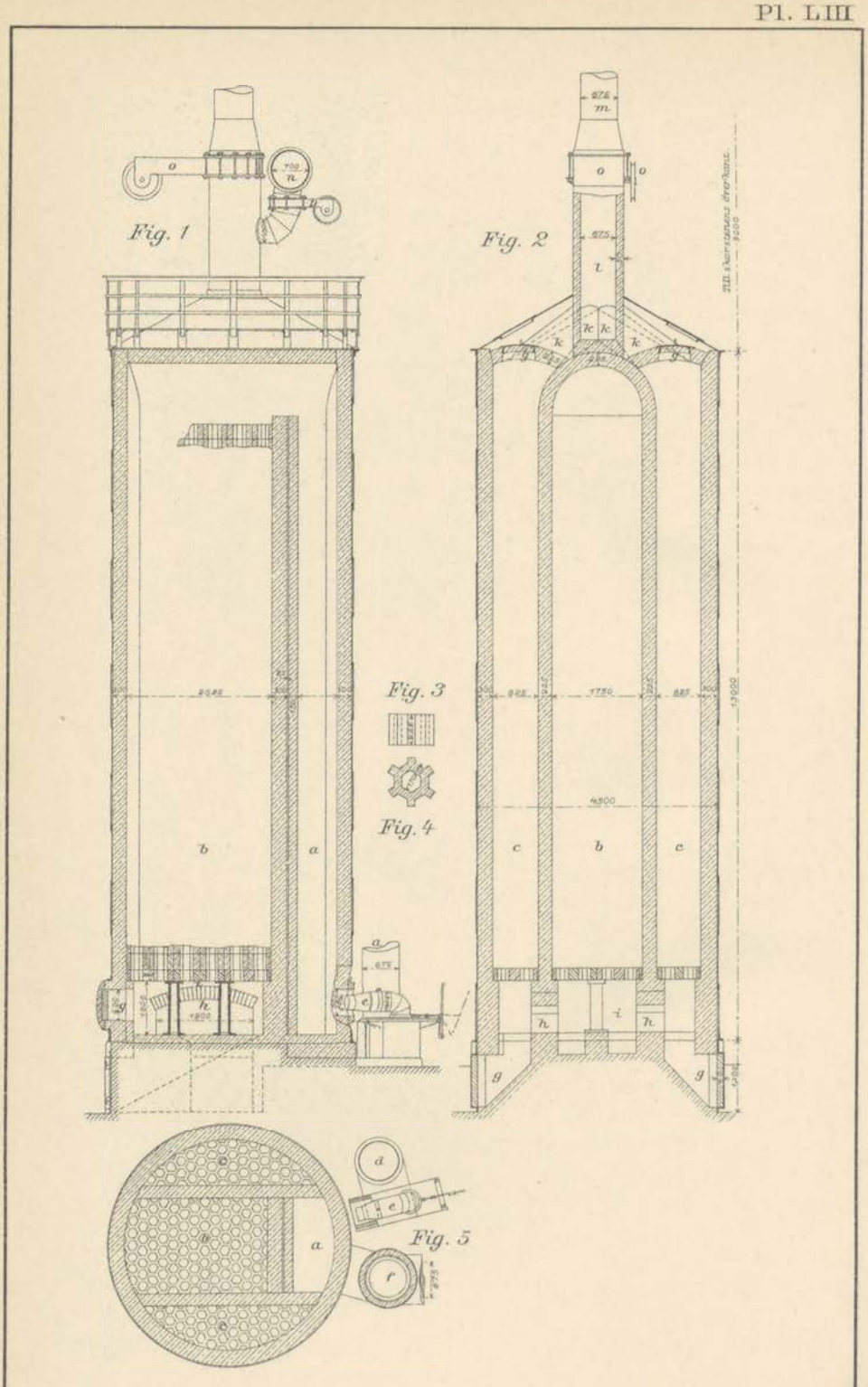


Fig. 4



Gravv. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.



Graf. av. Emil Saohas
CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

tioner mellan dessa båda system eller på endera ensamt äro under de gångna 40 åren uttänkta och patenterade, men endast få hava något större värde för oss. De för våra förhållanden lämpligaste torde emellertid vara:

Gordon, Strobel & Laureaus apparat, som bland annat användes vid Avesta. Schaktet i denna apparat delas av 3 vertikala väggar i 4 stycken rum, se pl. LIII. Den ursprungliga apparaten av denna typ var en Whitwellsapparat, d. v. s. tre av de 4 rummen voro genomdragna av lodräta murade kanaler, medan det fjärde var förbränningsrum. När man sedan hittade på att fabricera fasontegel bildande sexkantiga kanaler, så utbyttes de murade kanalerna i de 3 rummen mot sådana tegel i enlighet med planschen fig. 4, 5 och 6. Masugnsgasen nedkommer genom röret *d*, ingår sedan genom brännaren *e* (kring vilken förbränningsluften insuges) i schaktet *a*, där den förbrinner. Förbränningsprodukterna vända så under det för schakten *a* och *b* gemensamma tunnvalvet, gå ned genom tegelstapeln i *b*, samlas i rummet *i*, där de åter dela på sig, genomgående öppningarna *h*, varefter de uppströmma genom sidoschakten *c*:s tegelstaplar. Genom valvkanaler *k*, *k*, inkomma de så i skorstenens murade underdel *l* och uppgå genom spjället *o* och bort genom plåtskorstenen *m*. När apparaten blivit tillräckligt förvärmd ryckes med hävstången brännaren *e* tillbaka, då dess underplatta tillsluter gaspådraget. Öppningen i apparatväggen tillslutes med särskild lucka, skorstensventilen *o* igenstänges, kallblästerventilen *p* öppnas, varmblästerventilen under *f* likaså och blästern från *n* går nu motsatt väg, mot vad gaserna gjorde, ned och bort genom röret *f*. *g g* äro sotluckor. Denna apparat torde vara en av de allra lämpligaste för våra förhållanden.

Massicks & Crookers apparat, förr mycket använd både i England och Förenta Staterna, var en Whitwellsapparat av mera effektiv konstruktion än de vanliga. En svaghet i de andra nu beskrivna apparaterna är att eldningsschaktet är lagt vid ena sidan, varigenom dels förlusterna genom utstrålning bli onödigt stora, dels ock den sneda uppvärmningen i apparaten åstadkommer slitningar och glidningar i murmassorna, vilket i längd verkar förstörande. Denna apparat åter har ett centralt, nedtill genom 4 stagväggar delat vitt förbränningsrör. Där själva förbränningen sker, är detta rör försett med ett inre »hylsrör» som tillåtes en viss glidning i höjd vid upphettningen. När förbränningsprodukterna uppkommit genom centralröret vända de under ett kupolvalv ned genom två koncentriska rader cirkelordnade kanaler. Nedkomna till apparatens botten vända de sedan åter uppåt genom tre koncentriska rader något smalare kanaler och därpå, upptill, bort genom den ovanför apparaten befintliga skorstenen. Svagheten i denna apparat låg i att sotningen av inre ringkanalerna samt centrumröret var besvärlig.

Dessa svagheter skola nu vara övervunna vid en år 1907 för

första gången uppförd apparat av *F. C. Roberts* (se S. u. E. 1907 sid. 1140). I denna apparat (av Cowpers system) har man bibehållit det centrala förbränningsröret, med sitt inre glidrör. Ovanför detta vända gaserna under ett korsvalv ned genom 4 kvadratiska schakt fyllda med platta fasonfalstegel ställda på långkant. Nedkomna under dessa schakt ingå de genom öppningar till 4 stycken triangulära schakt, vilka jämte de föregående utfylla apparatens inre. De gå så upp genom dessas tegelstaplar samt bort genom den ovanpå apparaten placerade skorstenen. Blästern går förstås även här motsatta vägen. För sotningen är här bättre sörjt, varjämte en annan fördel skall ligga i, att de använda teglen skola utmärkt staga alla väggar.*

Beräknandet av en regenerativ varmapparat: Att på teoretisk väg beräkna de för dessa apparater behövliga dimensioner och gasbehov m. m. torde möta ännu större svårigheter än vid rörvarmapparaterna och i trots av våra tyska kamraters energiska försök att klarlägga teorierna härvidlag äro vi dock, den dag som i dag är, lika mycket i saknad av ett tillförlitligt teoretiskt beräkningssätt, som någonsin förut. En mängd sinnrikt uttänkta oftast ytterst omständliga sätt äro på sista tiderna föreslagna och skarpt debatterade, men de flesta av förslagsgivarna ha avslutat sin polemik med att lova framdeles komma med bevis för riktigheten och fullkomligheten av just sitt sätt, så Osann**, så Castek***, så Gugler†, medan motståndarna påvisa, att de uppställda räknesätten lända till antingen mycket mindre eller mycket större eller flere apparater, än vad som i praktiken befunnits vara tillräckligt och lagom.†† Så t. ex. visar C. Aldendorff††† att Osanns sätt omöjliggöres genom ett hela teorien genomgående grundfel, under det att Bulle*† visar varthän samtliga hittills uttänkta beräkningssätt skulle leda vid beräknandet av t. ex. Cowperapparaterna vid Burbacher Hütte, apparater som visat sig just utomordentligt lagoma och lämpliga.

Dessa apparater hava 5100 m² upphettningsyta.

De olika beräkningssätten giva:

Ledeburs	2620—3280	m²
Hurks	4420—4760	»
Hanemanns i »Hütte»	6470	»
»Värmeabsorptionsmetoden» . .	4820	»
Weddings	4500	»
Osanns	?	
» »förbättrade»	?	
Guglers	4620	»

* En tredje apparat med centralt förbränningsrör, Nelsons, se S. u. E. 1909 sid. 1458.
** S. u. E. 1910 sid. 2001. *** S. u. E. 1911 sid. 2154. † S. u. E. 1911 sid. 107.
†† Se vidare S. u. E. 1909 sid. 1060, 1106, 1147, 1690; S. u. E. 1910 sid. 1275, 2001, 2055; S. u. E. 1911 sid. 62, 101, 1451.
††† S. u. E. 1910 sid. 1275. *† S. u. E. 1911 sid. 1451.

Närmast det rätta kommer i detta fall det halvteoretiska förfarandet med beräkning grundad på värmeabsorptionen. I denna beräkning söker man svar på frågan om vikten på den stenmassa, som behöves för absorption av sådan värmemängd att under upphettningsperioderna skillnaden mellan avgående varmblästers temperatur i början och i slutet ej blir för stor. Formeln blir då

$$G \cdot \sigma(t_2 - t_1) = W_b + W_s, \text{ där}$$

G = i arbetet deltagande tegelvikten,

σ = teglets sp. värme = 0,24,

$t_2 - t_1$ = temperaturskillnaden = 30° till 60°, vanligen 50°,

W_b = antal värmeheter behövliga för uppvärmande av den blästerkvantitet, som under en period genomströmmar apparaten;

W_s = den värmekvantitet, som under en period förloras genom utstrålning och ledning = c:a 25 % av W_b.

Då nu vanligen varje ton tegelruste motsvarar 10 m² upphettningsyta, erhålles därav även dennas storlek.*

Vid mindre masugnar, som våra, är nog emellertid bäst räkna med $W_s = W_b \cdot 0{,}35$.

Av vikt är att välja rätta vidden på kanalerna i tegelrustet och även att välja rätta tjockleken av teglen, och har man härvid enligt Gugler praktiskt experimenterat sig till att för sotningens skull kanalvidden bör hålla sig mellan 150—200 mm och tegeltjockleken 60—80 mm., varvid man sett, att mot

kanalvidderna	150	175	200	mm svara
stentjocklekarna	61	72	82	» och
upphetningsyta för 1 m³ ruste . . .	13,5	11,5	10	m².

Vid koksmasugnar ger man en apparats plåtmantel diam. = 4—7,5 m, vanligen 6—7 m, höjd 18—40 m, upphettningsyta 900—8500 m². Som gasbränningsperioden tager när dubbelt så lång tid som blästervärmningsperioden bör man hava minst 3 apparater till en masugnsanläggning, och har man mycket svag gas, som vi få vid förhyttandet av Gröndals briketter, så är bäst bygga 4 stycken apparater och låta 3 stå på tillvärmning, medan 1 värmer blästern. Man håller då en av dem under bläster i 60 min., medan upphettningsperioden för var och en blir 180 min. Plåtmantelns nedersta del (ventildelen) tages av 10—12 mm plåt, mellandelen 8—10 mm, kupolen 8 mm, bottenplattan 12—15 mm. Lufttät nitning! Murverket 500 mm tjockt lämnar mellan sig och manteln en 50 mm »svällspringa». En dylik av 1 % av höjden lämnas ock mellan valv och mur. Skorstensmynningens höjd över kupolen = $H = \left(\frac{5 \cdot Q}{2{,}9F}\right)^2$, där

* Fehlands ingenjörkalender förordar 120—150 m² upphettningsyta per ton koks som i dygnet förbrukas i masugnen och 0,19 ton tegel för 1 m² yta.

Q = kg förbränningsprodukter i sekunden

F = mynningsarean.

Mynningens diameter tages helst $^1/_4$ av H.

»Stabbarp»-tegel tages i förbränningsschaktet, kupolen och övre halvan av rustet, sen Bjuv eller Höganäs. Gasledningen 500—600 mm i diam.

Varmblästerledningen ges en inre diameter av 600—1000 mm beroende på blästerbehovet. Plåtgrovleken 8—10 mm. Isolering bäst av innerst möjligast glatt fasontegel och mellan det och plåten ett skift Höganäs asktegel. Skivkompensatorer anbringas på var 10:e m.

Tättor och tättställningar. Genom den s. k. tättställningen ledes blästern från varmblästerröret ned eller upp till forman och inkommer i denna genom den s. k. tättan. Pl. XLIII fig. 1 visar den gamla svenska tättställningen (horisontalprojektion) med tätta. Vi brukade nämligen förr här i Sverige framleda blästern i ett i hyttgolvet nedgrävt rör, vilket därigenom blev nödtorvteligt isolerat. Där detta rör framkom till masugnen grenades det med en gren till vardera formbröstet, om två formor användes. Mitt för vardera forman krökte detta grenrör upp ur marken och i den vertikala delen inpassades ena benet av en 90-graders rörkrok. Densamma kunde då höjas och sänkas efter behag. På krokrörets horisontala ben träddes så, som fig. visar, ett mellanstycke, i vilket den inslipade tättan kunde skjutas fram och tillbaka. Samtliga dessa rör äro av gjutjärn och därav är ock tättans »bakre» del, medan dess in i forman stickande inre ända göres av tunn järnplåt. Med denna anordning kan man fullkomligt inrikta tättan i vilken riktning och ställning som helst. Man skiljer mellan öppna och slutna formor. Med det förra menar man att tättan sticker in ett stycke i forman utan att fylla densammas öppning, med slutna åter där den fyller formöppningen. Vid de öppna formorna måste man se till, att tättan inskjutes just jämnt så mycket i forman, att varken blåster återutkastas eller kall luft insuges med blästerstrålen. Vid kok och oren gång i masugnen är det emellertid svårt att med öppna formor få in behövlig blästerkvantitet i masugnsstället och därför övergår man allt mer till s. k. slutna formor.

Tättställningar för dylika visas dels på pl. XLIII, fig. 2, 3 och 4, dels visas en i Sverige godbefunnen tätta å pl. LIV fig. 1 samt en engelsk tättställning å samma pl. fig. 2, vilka, kombinerade, lämna en utmärkt konstruktion. Den gamla konstruktionsregeln om 6° sidolutning i tättrören tyckes man numera, åtminstone vid slutna formor, ej hålla på.

Där man går med het bläster anordnar man numera alltid blästerledningen i form av ett runt om pipan på pippelarna uppburet rör, varifrån grenrör nedgå till var och en tätta. Tättställning och grenrör böra, så som å fig. 2 pl. LIV visas, sluta till varandra med sfäriska

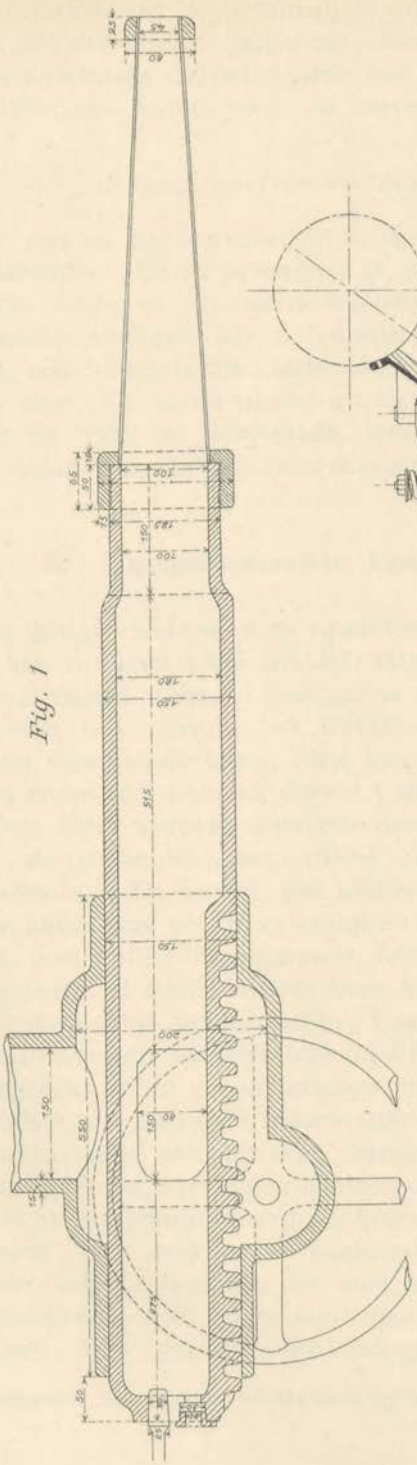


Fig. 1

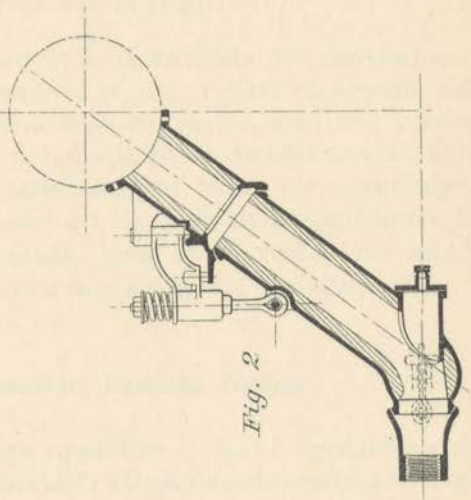


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

glidytor till underlättande av inriktning och däntagning, varjämte varje tättrör bör förses med regleringsspjäll. På det att ej onödigt med värme må förloras mellan blästerhuvudledning och forma är bäst att göra även tättröret dubbelväggade med ett à två lager asbestpapp emellan. Arbetarna kunna även då mera ogenerat hantera de olika tättdelarna.*

c. Rekuperativa varmapparater.

Sådana äro av flera orsaker ännu ej använda för uppvärmandet av masugnsbläster. En av orsakerna är, att vi först på senaste tider börjat kunna fabricera krympfria tegelrör, varför, med den pression masugnsblästern vanligen har, det skulle blivit oerhört stor läckning i apparaten, och troligtvis blir, trots nutidens bättre rör, läckningen i alla fall för stor. Ett annat hinder att använda dylika apparater har legat i, att de varit så svårsotade, men detta verkar nu mindre hindrande, sedan man lärt sig rena masugnsgasen så fullständigt.

B. Masugnsprocessens kemiska förlopp.

Vid en igångvarande masugn uppsättas i pipans uppsättningsmål malm och kol, vanligen också särskilda slaggbildande medel och någon gång även järnskrot. Nere i masugnens s. k. ställe inblåses genom blästerformorna luft. Denna luft förbränner större delen av de ned till formorna kommande kolen, först huvudsakligen till kolsyra men även en del endast till koloxid, därvid i stället alstrande en hög temperatur. Den först alstrade kolsyran omsättes emellertid snabbt till koloxid av de glödande kolen, vilken omsättning orsakar en temperaturnedsättning. De partier, där blästerstrålarna åstadkomma kolsyrealstring, kallas foci och hava enligt en del forskare nästan sfärisk form. Den med luften inkommande fuktigheten omsättes i foci till väte och koloxid. I stället alstras även koloxid vid direkt reduktion med kol av järnoxidul, manganoxidul, kiselsyra och fosforsyra.

Gasblandningen utanföre foci, först bestående av kväve, väte och koloxid, uppstiger sedan genom masugnspipan avgivande värme åt det mötande godset och verkande reducerande på mötande oxider — järnoxidul, järnoxidoxidul och järnoxid, manganoxidul, manganoxidoxidul och mangansuperoxid, varvid den blandas med av koloxid uppkommen kolsyra, med av beskickningen avgiven kolsyra, som dels varit innesluten i kolens porer, dels avskilts ur karbonater men ibland även delvis erhålles från kolande bränder, och med kolväten och väte samt litet kväve, avdestillerade från kolen samt med vattenånga = beskickningens fuktighet. Den genom uppsättningsmålet och gasledningarna

* Om apparater för mätande av blästerns tryck och pression, se Allmänna Metallurgien.

bortgående gasblandningen är således olika sammansatt mot den i stället befintliga.

Beskickningen åter sjunker ned igenom pipan, varvid den allt mera uppvärmes, ehuru dess uppvärmning, av skäl, vi nedan skola se, försiggår något ojämnt. Den avgiver härvid först sin hygroskopiska vattenhalt, sedan sitt möjligtvis kemiskt bundna vatten (av stor inverkan vid egentliga hydratmalmer) därpå — eller delvis samtidigt med hydratvattnet — sin kolsyra och så allt mera av de mera lättreducerade metallföreningarnas syre och sist även de svårreduciblare ämnenas syre. Mycket lättreducerade metalloxider såsom t. ex. mangansuperoxiden avgiver tidigare sitt överskottssyre än spaterna avgiva sin kolsyra. I masugnsstället kol-, kisel-, fosfor- och svavelbindas slutligen de utreducerade metallerna järn och mangan (samt kalcium till CaS). Beskickningens vikt-% av fast, således ej syre- eller vätebundet kol ömsom ökas (genom kolutdissociering, oxiders reduktion med CO, kolsyre- och hydratvattenutdrivning o. s. v.), dels minskas neri pipan sakta genom »direkt» reduktion och kolsyras omsättning till koloxid, dels slutligen snabbt genom direkt förbränning i blästerstrålarna.

Till detta kommer så slaggbildningen, då malmernas bergarter, de särskilt tillsatta slaggämnena, bränslets aska och avskärvad eller avsmält murmassa sammansmälta till slagg.

Detta är i stort sett masugnsprocessen. Sedd i detalj är den emellertid mera invecklad och ingalunda förlöpande fullt jämnt och lugnt eller under (pipan ned igenom) på varandra följande skarpt skilda reaktioner. Förr tänkte man sig processen och även pipvolymen indelad i olika zoner: 1:o förvärmnings-, 2:o kalcinerings-, 3:o reduktions-, 4:o kolbindnings- och 5:o smältningszonerna, men ehuru man ännu i tal och skrift får se dessa termer, har man dock att komma ihåg, att såsom skilda zoner ha de ej något berättigande, utan gripa dessa processens delar djupt in i varandra. Så räcker godsets förvärmning ända från uppsättningsmålet ned till foci, varefter avkylning vidtager ned till ställbotten; färdigkalcineringen av grövre malm- och limstycken räcker långt ned under den nivå, där reduktionen börjat, och denna senare i sin tur vid grövre stycken långt ned under där fina malmpartiklar färdigreducerats och kolbundits; reduktionen av kisel och mangan t. o. m. ned i slagglagret under formorna, medan smältningen av t. ex. lättsmälta ferrocilikater begynner högt uppe i pipan.

På senare tider hava högst förtjänstfulla försök gjorts att nöjaktigt teoretiskt förklara alla i masugnsprocessen uppträdande fenomen och till vilka förklaringar vi nedtill skola återkomma, men innan vi framdraga dem, måste vi hågkomma, att masugnsprocessen i sin helhet ingalunda förlöper lika strikte och lugnt, som ett laboratorieförsök med järnmalmsreduktion.

Ett laboratorieförsök kan aldrig genomföras under samma betingelser som dem, varunder processen i en järnhanteringens jätteugn genomarbetas, eller vice versa, ty vid den senare gripa alltför många ytterligt störande och förryckande förhållanden in.

Låt oss se till masugnen: vi sätta upp malm och kol och lim på masugnen. Träkolen eller koksen delas i välkolade, dels i nära okolade stycken, stybb, sork, småkol, grova kol och halv- eller helmeterlånga bränder. De senare färdigkolas först långt ned i pipan. Malmen och limmen dels i kornstorlek — slig — dels i alla andra grovlekar upp till hönsäggs eller något mera. Och huru sätta vi dem i uppsättningsmålet, noga blandade och i jämna lager? Nej, sorken i mitten o. s. v., kolen för sig i ett lager, malmen t. ex. vid det utmärkta charlevilleska uppsättningsmålet i en yttre ring = mursättningen, en inre = ringsättningen, och en hög i centrum = mittsättningen. Först småningom hopskakas dessa skilda malmhopar genom beskickningens rörelse, men dessförinnan ha de verkat starkt täppande, så att gaserna fått huvudsakligen söka sig upp i mellanrummen. Längre ned i pipan glida malmerna åt centrum till och dels till följd av detta, dels till följd av pipans fason uppstår luckrare partier närmast muren, orsakande ny ojämn fördelning av gaserna med åtföljande ojämn uppvärmning, ojämn reduktion o. s. v. Så uppsätta vi, av orsaker vi senare skola taga i betraktande, mera kalk här, mindre där, de svårreduciblare malmerna här, de lättreduciblare där, sligen i mitten, styckemalm utåt o. s. v. Den lättreducerade sligen åker rätt ned, styckemalmen kastas än hit, än dit. Beskickningen sjunker ojämnt till följd av pipmurens ojämnheter, hänger här, sjunker lugnt där, rasar plötsligt på ett tredje ställe orsakande oupphörlig variation i temperatur, gastryck, gashastighet och gassammansättning t. o. m. i olika partier av samma nivå. Vi sätta upp lättreducerad slig, färdigreducerad högt upp i pipan, blandad kanske med täta svartmalmer, med svarta bergarter vars bitar knappt äro ytreducerade ens vid formnivån utan ofta åstadkomma svart slagg och glotter. Allt ibland händer, att en eller ett par av formorna söla, strax starkare gasström på andra sidan. Åt där mindre gashastighet inträffar kastas, från där gashastigheten är större, slig och kolstoft ökande täppningen, tills nytt ras åter placerar om dem. Vid de gasundersökningar Rinman och Fernquist företogo på 1860-talet och vid dem, vi sedan utförde på 1870-talet vid masugnar, där järnrör indrevos olika långt in och på olika nivåer i pipan, visade också stuffproven ytterst och oupphörligt vacklande sammansättning å gasen, i t. ex. en och samma nivå vid muren och i centrum och på samma ställe ena 5 minuterna olika emot de nästa. Ej ens under mer än timslång tid tagna »generalprov» från samma ställe visade samma sammansättning ena timmen, som den andra. Först dygnslång tid tagna damejeanneprov visade något så när konstanthet från en och samma nivå och punkt. Fina malmkorn

slutreduceras och kolbindas högt upp i pipan, svårreducibla grova malmbitar i ytan, först långt där under och i kärnan, först långt ned och sen ytan redan börjat kolbindas! De finaste malmkornen hava i varje nivå ungefär de uppåtstigande gasernas därvarande temperatur, de grova malmbitarna en mycket lägre. Lägsta temperatur och mest avvikande från gasernas ha de kolsyra ännu avgivande limbitarna, emedan kolsyrans förgasande binder mycket värme. Den ena malmbiten, t. ex. torrstens blodsten och briketterad slig, genomtränges lätt av de reducerande gaserna, den andra — kanske en lackande kvicksten är för gaserna så gott som ogenomtränglig. Kolstyckenas yta ha gasernas, således ej malmkornens temperatur, kolstyckenas kärna vida lägre temperatur, än både malmstyckenas kärna och gaserna.

Vid de små laboratorieförsök som gjorts till utredande av masugnsprocessen har man arbetat med jämnvarma malm- och kolkorn, malm och kol, som föga avvikit från varandra i korngrovlek, med visserligen vid olika försök växlande gastryck och gastemperaturer men ej med *oupphörligt* och *plötsligt* växlande sådana. Att tillämpa förhållandena vid laboratorieförsöken med dem i masugnen är som att tillämpa dem som gälla för slammet i en vattenklaringsdamm med slammets i Niagaras vårflodsmassor.

Något bättre tillämpliga bliva försökens resultat och de kemiska jämviktslagarnas regler vid elektriska masugnar, om dessa arbeta med jämngrov malmslig och jämngrov lim samt med lugnare gasströmningar.

Redan då Bunsen och Pfort 1839 i Veckernhagen gjort sina undersökningar på sammansättningen av masugnsgaserna i olika pipnivåer* kommo de underfund med att reduktionen i masugnen ingalunda var en så enkel process, som man dittills ansett och när Bunsen och Playfair senare sökte med hjälp av sådana undersökningar utreda förhållandena i engelska stenkolsmasugnar, så kommo de till en så absurd slutsats, som att i dessa för den tiden ovanligt höga masugnar all reduktion och smältning försiggick från blott 10 à 12 fots höjd över formorna, ett resultat, som J. Åkerman** med rätta betecknade som praktiskt omöjligt. Bunsen, Pfort och Playfair utredde emellertid cyanens roll i processen, i det de visade att i såväl träkols- som koksmasugnar strax över formorna bildas betydande mängder cyankalium, och att detta i gasform något högre upp genom malmens syre omsättes till kväve, koloxid och kolsyrat kali, vilket senare såsom icke flyktigt till stor del åter nedsjunker mot formnivån, blir reducerat till kalium, som åter med kol och blästerns kväve bildar cyankalium o. s. v. Genom att uttaga gasprov strax över formnivån i Alfretons masugn funno de, att den cyankaliumhalt dess gaser där höllo (1,34 %

* J. K. A. 1841 sid. 328.
** J. K. A. 1847 sid. 373.

cyan) motsvarade 2397 engelska skålpund dagligen eller 72 kg per ton uppsatta stenkol.

P. Tunner utförde sedan 1859 liknande gasundersökningar vid spatmasugnar i Steyermark men kombinerade dem med undersökningar om, vid vilken temperatur och nivå järnmalmen började reduceras, samt när järn började utreduceras, samt fann att Fe_2O_3 började övergå till Fe_3O_4 vid 650° och FeO till Fe vid 840°, d. v. s. då gaserna visade dessa temperaturer medan malmstyckena naturligtvis voro kallare. Kolbindningen tycktes börja vid 1110°, och bevisade Tunner medelst ett nedsänkt järnrör, som ej alls kolbands på inre ytan, att kolbindningen skedde uteslutande genom järnets direkta beröring med glödande kol.*

Åren 1862—1864 utförde likaledes L. Rinman med B. Fernquist som analytiker undersökningar vid masugnarna vid de tre bruken Hammarby, Forssjö och Hasselfors, vilka undersökningar, då de utfördes synnerligen noga, äro av ett visst intresse (se tab. LVII). Då man vet att i luft mot 100 kg N svarar 30,1 kg O och att detta syre med kol ger 52,7 kg koloxid, så ser man av Hasselforssiffrorna, att reduktionen i därvarande låga masugn med rätt stor livlighet pågick ännu vid 5 fots höjd över botten. Direkta försök med nedsänkta och strax efter uppdragna medelstora malm- och kalkstensbitar visade, att vid Hammarby ännu vid 24 fots djup under kranshällarna och 1000° temperatur järnmalmbitarna endast lättat 0,07 % således voro så gott som alldeles oreducerade, medan kalkstensbitarna först vid 800° temperatur visade kolsyreförlust. Ser man åter på gasanalyserna och deras kols och syres förhållande till kvävet, så finner man att de mera mullformiga malm- och kalkpartiklarna rätt högt upp i piporna börjat reduceras och kalcineras, vilket talar *för* användandet av sligbeskickningar.

De stora överskott, som gasproven vid timpeln (2-fotsproven) uppvisa av kol och syre i förhållande till kväve, och vilka överskott även de utländska vetenskapsmännen i sina masugnar funno, och som syntes dem halvt oförklarliga, halvt skylldes på stybb och dylikt varmed timpeln täpptes, måste komma dels från fortsatt direkt reduktion av järn, kisel och mangan neri stället, dels uppstår nog koloxidöverskottet av att tackjärnet — nedkommet i det svalare understället — avgiver gaser, huvudsakligast koloxid, som det ovan formorna mättat sig med. Allra störst var detta koloxidavgivande i understället i Hasselfors. Även A. Tamm fann vid sina undersökningar sådana överskott av CO. Som inga uppmätningar gjordes av de gasmängder, som avleddes till rostugn och varmapparat, kan man ej fullt beräkna huru mycket kol, som använts för direkt reduktion och ej heller vilken roll dissociationsfenomenen i masugnarnas överdel spelat.**

* Se vidare J. K. A. 1861 sid. 182.

** En del andra undersökningar av L. Rinman återfinnas i J. K. A. 1880 sid. 157 o. 162.

Tabell

L. Rinmans och B. Fernquists masugnsgasundersökningar åren 1862—1864 vid:

	Hammarby													Fors					
	Temperatur	Pression	Torra gasens analys *i vol. %* och i vikt %					Gasen höll på 100 kg N:						Temperatur	Pression	Torra gasens analys *i vol. %* och i vikt %				
			CO_2	CO	H	CH_4	N	CO_2	CO	H	CH_4	syrsatt C	O			CO_2	CO	H	CH_4	N
44																				
43			*20,7*	*22,5*	*0,5*	*0,8*	*55,5*													
42			13,2	22,7	7,5	1,5	55,1	37,2	40,5	1,0	1,6	27,5	50,2	560						
41														680		*17,2*	*26,1*	*0,5*	*0,2*	*55,*
40		$\frac{7}{8}$												780	$\frac{1}{3}$—$\frac{1}{6}$	10,8	25,7	7,7	0,5	55,5
39																				
38		$3\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$												830						
37																*14,5*	*23,2*	*0,5*	—	*61,*
36		$4\frac{1}{2}$—3	14,7	23,8	5,5	1,5	54,5	42,4	43,7	0,7	1,6	30,4	55.7		$\frac{2}{3}$—$\frac{1}{3}$	9,1	23,1	6,6	—	61,3
35			*22,5*	*23.2*	*0,4*	*0,9*	*53,0*													
34		$3\frac{1}{2}$																		
33	400		*21,0*	*21,9*	*0,3*	*0,7*	*56,1*													
32	500	4—$3\frac{1}{4}$	14,0	22,4	4,9	1,2	57,5	37,5	39,1	0,6	1,2	27,0	49,6			*15,7*	*26,3*	*0,3*	*0,6*	*57,1*
31	680		12,4	23.1	8,9	1,9	53,7	36,4	42,8	1,2	2,0	28,5	51,0		$\frac{5}{6}$—$\frac{2}{3}$	10,1	26,7	4,8	1,0	57,4
30			*20,1*	*23,7*	*0,6*	*0,2*	*55,4*													
29			*13,0*	*29,9*	*0,4*	*0,6*	*56,1*							Gasuttag		*13,8*	*26,9*	*0,3*	—	*58,*
28		$5\frac{1}{4}$—$3\frac{1}{4}$	8,1	29,5	6,1	1,1	55,2	23,1	53,3	0,8	1,2	28,9	47,5			8,8	27,3	4,6	—	59,3
27	Gasuttaget															*10,1*	*31,2*	*0,2*	—	*58,*
26	815		11,9	22,7	4,5	2,3	58,6	32,0	38,6	0,5	2,2	25,2	45,4		$1\frac{1}{6}$—$\frac{5}{6}$	6,5	31,6	2,8	—	59,1
25			*18,7*	*22,5*	*0,3*	*0,1*	*58,4*													
24	850															*10,1*	*28,9*	*0,3*	—	*60,*
23														885	$1\frac{1}{3}$	6,3	28,7	5,0	—	60,0
22																				
21																				
20	1000															*4,6*	*34,5*	*0,1*	—	*60,*
19															$1\frac{1}{4}$—1	2,9	34,9	1,0	—	61,3
18																				
17																				
16														955						
15																*3,5*	*33,8*	*0,1*	—	*62,*
14															$1\frac{1}{3}$	2,2	33,7	2,0	—	62,0
13																				
12																				
11														1050		*5,1*	*32,0*	*0,2*	—	*62,*
10															2—$1\frac{1}{12}$	3,2	32,0	2,4	—	62,4
9																				
8														1250						
7																				
6																				
5																				
4																				
3			*0,8*	*37,5*	*0,1*	—	*61,6*									*2,3*	*36,8*	*0,1*	—	*60,*
2		$4\frac{1}{2}$	0,5	37,6	1,7	0,0	60,2	1,3	60,8	0,2	0,0	26,5	35,6		$3\frac{5}{12}$—$2\frac{1}{2}$	1,4	36,7	1,6	—	60,3
1																				

LVII.

Hammarby masugn 42′ hög, Forssjö masugn 44′ hög och Hasselfors masugn 35′ hög.

j ö						Hasselfors											
Gasen höll på 100 kg N:						Temperatur	Pression	Torra gasens analys *i vol.* % och i vikt %					Gasen höll på 100 kg N:					
CO_2	CO	H	CH_4	syrsatt C	O			CO_2	CO	H	CH_4	N	CO_2	CO	H	CH_4	syrsatt C	O
30,8	46,4	1,0	0,5	28,3	48,9													
23,4	37,6	0,8	—	22,5	38,5													
								18,1	*24,0*	*0,2*	*0,3*	*57,4*						
								11,7	24,5	4,7	0,5	58,6	31,4	41,7	0,6	0,5	26,2	46,9
27,7	46,3	0,6	0,1	27,5	46,5													
								22,2	*22,3*	*0,5*	*0,6*	*54,4*						
23,4	45,7	0,6	—	26,0	43,1	715		14,5	23,0	5,7	1,0	55,8	40,9	41,1	0,9	1,0	28,8	53,2
17,3	53,3	0,3	—	27,5	43,1													
								12,8	*27,9*	*0,2*	*0,2*	*58,9*						
16,5	47,6	0,6	—	24,9	39,7	Gasuttag		8,3	28,4	3,0	0,4	59,9	21,8	47,3	3,6	3,8	25,4	43,7
7,5	56,8	0,1	—	26,3	38,9													
								5,6	*31,8*	*0,3*	—	*62,3*						
5,6	54,0	0,2	—	24,5	35,1		$2\frac{1}{2}$	3,5	31,8	2,6	—	62,1	8,9	51,0	0,3	—	24,3	35,6
8,1	51,1	0,3	—	32,1	35,1	950												
								6,5	*31,0*	*0,1*	—	*62,4*						
							$3\frac{1}{2}$	4,1	31,4	1,6	—	62,9	10,3	49,7	0,2	—	24,1	35,9
								2,2	*76,5*	*0,2*	—	*21,1*						
3,6	60,6	0,2	—	29,5	40,7		$3\frac{1}{2}$	1,4	75,9	1,9	—	20,8	10,6	363,4	0,7	—	158,6	215,4

1872 kom L. Gruner med sina »Studier rörande masugnar»,* vilka undersökningar väckte ett berättigat uppseende inom bergsmannakretsarna världen runt. Hans försök, vilka till sina praktiska detaljer utfördes vid Pouzins masugnar, Montélimart, och till sina teoretiska i bergskolan i Paris, gåvo honom anledning till en del slutsatser, varibland de viktigaste ansetts vara: 1:o att fördelarna med höga masugnar är att reduktionen i dem sker på fullständigare sätt medelst koloxid utan någon betydlig medverkan av fast kol, d. v. s. att man närmar sig den *ideella* gången, som han ansåg borde bestå i att det fasta kolet (det som åtgår till järnets kolbindande frändraget) uteslutande förbrännes av blästerns syre, 2:o att en viss medeldrivning avpassad efter ugnens höjd och rymlighet motsvarar minsta kolåtgången, 3:o att, till följd av koloxidens dissociation i masugnarnas övre delar, det tjänar till intet att öka piphöjden och piprymden över en viss gräns, 4:o för långsam drivning och för stor rymlighet äro ofördelaktiga och 5:o kolbesparingen genom starkare upphettad bläster minskas relativt till temperaturstegringen, så att utöver 800° föga kolbesparing står att vinna.

1874 fann Gruner att kokstackjärnet i några franska masugnar neri stället ägde en värmemängd av 270—292 v. e., medan engelskt gjuteritackjärns smältvärme visade sig vara 242—246 v. e., och överensstämde dessa siffror rätt noga med L. Rinmans från 1865 som fann vid 7 svenska masugnar

att grått tackjärn	vid utrinnandet innehar	290—310	v. e.
» helvitt »	» » »	272—290	»
» kallblåst kanontackjärn	» » »	269—284	»

Efter S:t Claire Devill, som först påvisade, att vissa ämnen i värme inverkade på koloxid efter formeln $2CO = CO_2 + C$, studerade en mängd (mest franska) vetenskapsmän detta fenomen och i slutet av 1800-talet började man inse denna dissociations inverkan på masugnsprocessen, ehuru man först genom van Vlotens påvisande, att kolavskiljandet, om det tog för stora dimensioner, kunde leda till svåra skullningar (beskickningens fastnande), blev fullt uppmärksamgjord på sakens vikt. I nyare tider kom så Boudouard med sin teori, att som å ena sidan vissa ämnen som katalysatorer kunna bringa åstad koloxidens omvandlande till kolsyra och fritt kol, men å andra kolsyra kan med fritt kol bilda koloxid, måste det existera vissa jämviktslägen vid olika temperaturer mellan kol, kolsyra och koloxid och bestämde han experimentellt dessa jämviktslägen för flera temperaturer mellan 500°—1000°. Han fann vidare, att vid 445° kolavskiljandet var fullständigast, medan det upphörde vid något över 1000°. 1903 gjorde Schenck och Zimmerman en serie undersökningar på olika

* Revue Universelle des Mines 1872 och Blad för B. W. 1875.

metaller och deras oxiders förhållande som katalysatorer,* och kommo de till den överraskande slutsatsen, att ej metalloxider utan metallerna själva verka som sådana, vilket dock går stick i stäv mot våra erfarenheter från masugnarna. 1905 kommo Schenck och Heller genom laboratorieundersökningar till en del hypoteser för masugnsprocessen.** Den viktigaste av dessa skulle otvivelaktigt vara, att utdissocieringen av kol skulle orsakas av att i nivåer där förut järn utreducerats detta skulle återoxideras med syre från koloxid, men som järn visat sig ej kunna reducera koloxid måste processen härvidlag tänkas uppstå så att järnet först katalytiskt ombildar 2CO till $C + CO_2$ och att kolsyran då oxiderar järn bildande ny CO, som annat järn på nytt avskiljer C ur o. s. v. och då giva upphov till det övermått av kolavskiljande varav skullningarna uppstå. Likaså ansågo de sig hava utrett, att som jämviktstemperaturerna vid träkolsmasugnarna till följd av det porösare lösare träkolet ligga lägre än vid koksmasugnarna, är i de förra reoxidationsfaran och faran för skullningarna mindre. Schencks arbeten äro, då detta skrives, ännu ej avslutade eller slutresultaten åtminstone ej offentliggjorda.

Såsom av detta synes söker man numera tillämpa den fysikaliska kemiens jämviktslagar och isynnerhet lagen för jämvikten vid de s. k. omvändbara reaktionerna på masugnsprocessen*** påvisande, att vid visst tryck och viss hög temperatur i en blandning av järn, järnoxidul, koloxid och kolsyra råder jämvikt, men att om t. ex. temperaturen något sänkes uppstår reduktion, tills ett nytt jämviktsförhållande inträder, och höjes den börjar oxidation tills ånyo ett annat jämviktstillstånd uppkommer. Den omvändbara reaktionen härvidlag skrives

$$FeO + CO \rightleftarrows Fe + CO_2.$$

Denna omvändbarhet och ett jämviktstillstånd visade Baur och Glaessner genom att längre tid vid samma temperatur upphetta i ena röret järnoxidul + koloxid, i andra järn och kolsyra, då i båda fallen erhölls samma förhållande $CO : CO_2$ i gasblandningen. Mängderna av de fasta ämnena ha härvid ingen inverkan, avgörande är åter förhållandet mellan gaserna i blandningen samt som sagt temperatur och tryck.

Värmetillförsel befordrar alla reaktioner som binda värme, avkylning åter alla som alstra värme. Ökat tryck befordrar reaktioner som förlöpa under volymförminskning, minskat tvärtom. Trycket har således ingen inverkan vid reduktion av FeO med CO eller vid oxidation av Fe med CO_2, ty gasvolymen ändras i intetdera fallet.

Men som varje bestämd temperatur motsvaras vid jämvikt av

* Se S. u. E. 1905 sid. 758.
** Se S. u. E. 1905 sid. 1224.
*** Se t. ex. Zeitschrift fur angew. Chemie, 1904 sid. 1077.

ett bestämt förhållande $CO : CO_2$, så betyder det, att hålles temperaturen konstant, så medför ökning av koloxiden reduktion av metalloxid men ökning av kolsyran oxidation av metallen. Baur och Glaessner funno så följande jämviktslägen:

Vid 550°	temp.	64	CO	36	CO_2	$\frac{CO}{CO_2} = 1{,}78$
» 680	»	59	»	41	»	» $= 1{,}44$
» 750	»	61	»	39	»	» $= 1{,}56$
» 850	»	68	»	32	»	» $= 2{,}12$
» 900	»	71,5	»	28,5	»	» $= 2{,}51$

Vi veta, att det ej går att få en masugnsgas koloxidfattig, men vi hava dock exempel på $\frac{CO}{CO_2} = 1{,}04$ och beror detta på, att vi uppsätta syrerikare järnförbindning än oxidulen, ja, i de allra flesta fall uppsätta vi ej blott Fe_3O_4 utan även Fe_2O_3 och mången gång enbart Fe_2O_3, och de medföra mycket olika jämviktslägen, så att t. ex. Fe_3O_4 gav:

Vid 450°	temp.	46	CO	54	CO_2	$\frac{CO}{CO_2} = 0{,}85$
» 490	»	47	»	53	»	» $= 0{,}89$
» 550	»	44	»	56	»	» $= 0{,}79$
» 650	»	37	»	63	»	» $= 0{,}59$
» 750	»	30,5	»	69,5	»	» $= 0{,}44$
» 850	»	26	»	74	»	» $= 0{,}35$
» 900	»	24	»	76	»	» $= 0{,}32$
» 950	»	23	»	77	»	» $= 0{,}30$

Jämföra vi dessa båda serier, finna vi, att de bekräfta vad vi från praktiken sedan långliga tider tillbaka vetat, att vid samma temperatur en gasblandning får hålla mera kolsyra i förhållande till koloxid och dock verka reducerande på Fe_3O_4 än om det gäller reducera FeO. Och ännu mera gäller detta för Fe_2O_3:s reduktion till Fe_3O_4, medan manganens motsvarande syreföreningar såsom svårare att reducera ha större jämviktsförhållanden än järnföreningarna, vilket medför större kolåtgång och kolsyrefattigare masugnsgas vid blåsning av manganrikare beskickningar mot vid manganfattiga.

För utdissocieringen av kol ur koloxidgas funno ovannämnda forskare jämviktslägena:

Temp.	450°	500°	550°	600°	650°	700°	750°	800°	850°	900°	950°	1000°	1050°
CO	2	5	11	23	39	68	76	90	94	96,5	98,5	93,3	99,6
CO_2	98	95	89	77	61	42	24	10	6	3,5	1,5	0,7	0,4

som skulle visa att utdissociering av kol ej kan försiggå vid temperaturer över 1100°, medan den skall ske lättast vid 300 à 400° — även en gammal erfarenhet. Emot Schenck & Zimmermans ovan an-

förda åsikt, att ej järnets oxider utan endast metallen själv kan verka som katalysator, tala emellertid alla erfarenheter från masugnarna, ty de gå ut på att kolavskiljandet börjar högt upp i masugnspipan vid så låga temperaturer att vid dem intet FeO ännu kan vara reducerat till Fe.

En ideellt arbetande masugn skulle nu vara en sådan, i vilken från reaktionernas begynnande och ned till kolbindningszonen i stället det ingenstädes utdissocierades kol men hela vägen rådde uteslutande reduktion av järnsyreföreningar, d. v. s. där med stigande temperatur gasernas kolsyrehalt avtog lagom, så att koloxid utöver jämviktslägets halt ständigt funnes, men att å andra sidan upptill i pipan, där temperaturen är så låg att ingen reduktion kan förekomma, gasblandningen ej hölle mera koloxid än vad nödvändigt är.

Att sköta en masugn så är av förut uppgivna flerfaldiga skäl praktiskt omöjligt. Och så som man i praktiken måste sköta den — ej endast med hänsyn bara till minsta möjliga kolåtgång utan till bästa ekonomiska utbyte i helhet — så veta vi mer än väl, att det utdissocierade kolet, som avskiljes ända in i de finaste porer i malmstyckena, i stället för att vara till skada är oss till ovärderlig hjälp både vid reduktionen och vid det utreducerade järnets kolbindande. Det gäller blott att laga, att ej mera avskiljes, än som kan nyttiggöras.

Den direkta reduktionens inverkan: Som 1 kg järns utreducerande ur FeO erfordrar 1352 v. e. och å andra sidan 1 kg kols förbrännande till CO ger 2433 v. e. och 1 kg koloxids förbränning till CO_2 ger 2429 v. e.,* så kan man lätt räkna ut, huru värmebalansen ställer sig 1:o vid direkt reduktion med kol, 2:o vid indirekt reduktion med koloxid. För att utreducera 1 kg järn ur FeO behöver jag nämligen $\frac{3}{14}$ kg kol, detta ger då vid sin oxidation till CO $\frac{3 \cdot 2433}{14} = 521$ v. e. Således förlorar jag vid denna procedur $1352 - 521 = 831$ *v. e.*

För att åter utreducera 1 kg järn ur FeO med CO behöver jag $\frac{1}{2}$ kg koloxid, som vid sin förbränning till CO_2 ger $\frac{2429}{2} = 1215$ v. e. Således en förlust av $1352 - 1215 = 137$ *v. e.*

Som den senare förlusten endast är sjättedelen av den förra har man därav slutit sig till att all reduktion direkt med kol är till betydande skada i masugnsprocessen.

Så är i praktiken emellertid förhållandet endast då den direkta reduktionen överskrider ett visst mått d. v. s. då förhållandet $\frac{\text{direkt reduktion}}{\text{indirekt reduktion}}$ blir för stort, så att gången i masugnen blir vad man kallar »för hårdsatt», givande järngrön, brun eller svart slagg. Vid god masugnsgång åter är ett visst mått av direkt reduktion till

* Hüttes siffror sid. 308.

nytta, emedan densamma, försiggående till största delen nere i rasten där då anrikar gasernas koloxidhalt, vilket anrikande i sin tur kommer att strax ovan göra dessa kraftigare reducerande, än då de hålla mera kväve. Inträffar så, att denna direkta reduktion till god del sker med i överpipan utdissocierat kol, så är vinsten dubbel genom att de bortgående gaserna då hålla mera kolsyra än eljes. Att döma efter A. Tamms gasprovsanalyser i J. K. A. 1882 tyckes emellertid i våra träkolsmasugnar den direkta reduktionen ske till övervägande grad med träkol och orsaka minskad kolsyrehalt i bortgående gaserna. Dessa Tamms undersökningar giva ett gott svar på frågan om den direkta reduktionens betydelse, om man jämför medelresultaten från de hyttor som visade sig gå med den minsta och den högsta sådan samt ur Tamms tabeller uträknar några där ej direkt inskrivna värden. Se tab. LVIII. Jag har ur tabellerna tagit de sex hyttor som visat minsta *a* (medeltal 10) och sex som visat mesta *b* (medeltal 16) direkta reduktionen. Det har således i de senare *b* åtgått i banko mera kol för direkt reduktion än i de förra *a*, varför *b*-hyttorna ock, om den gamla teorien hölle streck, borde vid lika oxidationsgrad på malmerna visa mycket sämre smältningsresultat. Vad malmernas medeloxidationsgrad angår svarar mot 16 % reduktionskol vid *b*-hyttorna 93,9 och mot 10 % r. k. vid *a*-hyttorna 93,6 oxidationsgrad, således praktiskt taget densamma. Per tunna kol ha visserligen vid *b*-hyttorna smälts endast 1,30 ctr mot 1,43 vid *a*-hyttorna, men detta motväges fullt av att de förra utbringat 67 skålp. tackjärn mot de senares 64 skålp. per tunna kol. Förhållandet $CO_2 : CO$ är alldeles omvänt mot reduktionskolsåtgången eller 0,63 vid *b* mot 0,90 vid *a*, d. v. s. vid *a* i banko större mot vid *b*, och detta vore för *b* ett stort fel om det medfört sämre tackjärnsutbyte per tunna kol, men nu är det tvärtom vid *b* större tackjärnsutbyte, och då är det i stället vinst att få kraftigare gas till rostugn och varmapparat. Träkolsåtgången i vikt-% av tackjärn är visserligen större vid *b* än vid *a*, men den obetydliga skillnaden därvidlag orsakades av litet sämre kol vid ett par av de förra hyttorna. Ännu tydligare framträder den direkta reduktionens ofarlighet för att ej säga önskvärdhet, när man ser till medelugnshöjd och medeldrivning, ty den minsta medelhöjden med största drivningen och största direkta reduktionen har lämnat största tackjärnsutbytet per tunna kol och bästa masugnsgasen.

Invändningar kunna ju alltid göras t. ex.:

1:o. Det där var då det, men därför är det ej sagt, det gäller nu, sen vi gjort så stora ändringar i pipprofil, drivning, blästervärme m. m. och fått så mycket sämre kol;

2:o. Om det där också gäller för träkolshyttor, är det ej sagt, att det gäller för kokshyttor;

Tabell LVIII*

Hyttans namn	Till direkt reduktion åtgånget kol i % av summa kol	Malmens oxidations-grad	Per tunna kol			$\frac{CO_2}{CO}$ i de fortgående gaserna	Träkols-åtgång i % av tackjärn i vikt %	Masugnens höjd i fot	Relativ drivning
			Gods ctr	Tackjärn ctr	Slagg ctr				
Klenshyttan . . .	19	97,5	1,40	0,75	0,32	0,70	91,4	32,3	1,80
Bångbro I	17	95,6	1,55	0,76	0,46	0,98	83,2	55	0,89
Vikmanshyttan . .	16	93,5	1,19	0,61	0,31	0,56	100,9	31,5	1,78
Västanfors	15	97,5	1,18	0,64	0,11	0,58	110,6	42	1,25
Gammelkroppa .	15	90,6	1,25	0,61	0,37	0,47	104,8	44	1,13
Hagfors	15	88,5	1,24	0,62	0,39	0,48	97,8	56	1,23
Medeltal *b*	16	93,9	1,30	0,67	0,33	0,63	98,1	43,5	1,35
Guldsmedshyttan	9	96,8	1,61	0,72	0,43	1,24	87,5	52	1,09
Dalkarlshyttan . .	10	96,3	1,61	0,68	0,48	1,07	78,5	45,5	1,35
Björnhyttan . . .	10	95,8	1,57	0,77	0,33	1,34	77,2	43	1,01
Hofors	10	91,7	1,29	0,52	0,47	0,63	112,5	52,3	0,96
Domnarfvet . . .	10	91,0	1,20	0,54	0,42	0,64	105,0	55	1,14
Finnshyttan . . .	11	90,2	1,30	0,58	0,43	0,47	119,0	45	1,20
Medeltal *a*	10	93,6	1,43	0,64	0,43	0,90	96,6	48,8	1,13

3:o. Det var alldeles för få hyttor av vardera gruppen för att kunna ge utslagsgivande svar på frågan. O. s. v.

Invändningarnas befogenhet kan sättas i tvivelsmål, men naturligtvis vore det lyckligt om återigen så stort anslag, som då, för en ny dylik utredning ställdes till förfogande och hyttägarna vore lika villiga, nu som då, att låta undersöka förhållandena i sin masugnsgång och vore lika villiga låta offentliggöra resultaten vare sig siffrorna vore dåliga eller goda!

För att visa det sätt varpå dessa beräkningar gjorts anför Tamm** beräkningen för Dalkarlshyttans C-beskickning: »För 100 skålp. tillverkat tackjärn ha i masugnen inkommit 73,7 skålp. kol, varav 4 skålp. ingått i tackjärnet och 69,7 i gasen. Av detta kol härröra 4,8 skålp. från kolsyran i beskickningen. Det kol i gaserna, som härrört från beskickningens kolsyra, förhåller sig således till gasernas hela kolhalt som 4,8 till 69,7; men nu förhålla sig volymerna av kolsyra och koloxid, som de i dem ingående kolmängderna, varför likaledes den från beskickningen härrörande kolsyrans volym måste förhålla sig till kolsyrans och koloxidens volymer i gasen som 4,8 : 69,7. Av de i 100 vol. gas förekommande 38,7 vol. kolsyra och koloxid skulle därför $38{,}7 \times 4{,}8 : 69{,}7$ eller 2,7 vol. kolsyra härröra från beskickningens kolsyra, och ingen del därav omvandlats till koloxid, då således 13

* Siffrorna delvis ur J. K. A. 1882, Tab. I.

** J. K. A. 1880 sid. 175.

vol. kolsyra och 23 vol. koloxid återstå, varav viktsförhållandet $\frac{CO}{CO}$ i detta fall blir = 0,89.»

Om man åter med några metallurger antager att beskickningens kolsyra utdrives först så långt ned i masugnspipan, att den därstädes av de glödande kolen omvandlas till koloxid, så sker uträkningen på samma sätt, blott med den skillnaden, att man då minskar gasernas koloxidhalt i st. f. kolsyrehalten.

»Slutligen har på nedanstående sätt även beräknats, huru mycket av det till 100 skålp. tackjärn förbrukade rena kolet som i formornas närhet blivit förbränt till koloxid, och huru mycket som därav åtgått till direkt reduktion av malm samt sådan kolsyra, som utjagats ur den uppsatta kalkstenen. För Dalkarlshyttans C-beskickning visade den förut utförda beräkningen att per 100 skålp. tackjärn i gaserna ingått sammanlagt 69,7 skålp. kol, vilka i gaserna motsvaras av 131 skålp. syre, varav 56,9 skålp. syre kommit från uppsatta kol, malm och lim. Från blästern härröra således 74,1 skålp. syre, vilka med 55,6 skålp. kol bilda koloxid. För 100 skålp. tillverkat tackjärn var de uppsatta träkolens halt av rent kol 66,6 skålp. och om därifrån avräknas dels 4 skålp., som ingått i tackjärnet, dels även 55,6 skålp. som blivit i formornas närhet med bläster* förbrända till koloxid, så återstå 7 skålp. kol för direkt reduktion.»

Naturligtvis måste, för att en dylik beräkning skall giva riktigt resultat, som Tamm också påpekar, ordentliga generalprov vara tagna och analyserade av såväl kol, malm, lim och tackjärn samt gas, vartill bör läggas, att har hyttan öppet uppsättningsmål så måste man utröna vilken gaskvantitet, som lämnar den genom detta, och vilken genom gasrören, samt taga prov å båda gaserna. I kolet, som åtgått för direkt reduktion, ingå då ock de kvantiteter som behövts för utreducerandet även av Si, Mn, P (och S vid sulfater).

F. Wüst har** uppställt ett med Tamms gott överensstämmande beräkningssätt för det vid den direkta reduktionen av järn i masugn åtgångna kolet. Så säger han att denna kolmängd kan beräknas efter formeln:

$$X = A - (B + C + D + E + F), \text{ där:}$$

A = den medelst bränslet tillförda kolmängden,
B = » vid formorna av blästern oxiderade kolmängden,
C = » av blästerfuktighetens syre oxiderade kolmängden,
D = » i tackjärnet ingående kolmängden,
E = » i form av kolväten med gaserna bortgående kolmängden och
F = » för reduktion av Si, Mn och P åtgående kolmängden.

Denna kvantitet X säger han kan ha uppkommit dels genom

* Blästernas fuktighetshalt bör tagas i räkning vid denna förbränning.
** S. u. E. 1911 sid. 953.

direkt reduktion av järnoxider, dels ock genom kolsyras reduktion med kol, men han söker bevisa, att det senare också är i verkan lika med direkt reduktion. Kvantiteterna *A*, *D* och *E* erhållas direkt ur analyserna av koks, tackjärn och gaser, medan *B* och *C* måste beräknas efter tagen kännedom om kvantiteten av den förbrukade blästern och dess vattenhalt, och kan den förstnämnda, d. v. s. blästerkvantiteten, beräknas genom jämförelse mellan summa kol som tillförts masugnen (däri ingående även karbonatens) samt gasens kol- och kvävehalter. Av blästerkvantiteten fås sedan blästerns fuktighetshalt (= yttre luftens fuktighet för tillfället). *F* är lätt att beräkna, när man vet att de tre ämnena Mn, Si och P låta utreducera sig endast direkt med kol, och man känner tackjärnets analys.

Efter genomräknande av 4 olika masugnars väl utforskade förhållanden kommer så Wüst till, att vid dessa skulle åtgått i % av hela den åtgångna kolmängden för direkt reduktion:

vid	1	2	3	4
	10 %-igt spegeljärn	Martin-tackjärn	Bessemer-tackjärn	Thomas-tackjärn
	6,5 %	10,3 %	11,0 %	13,4 %

Mathesius har dels påvisat,* huru många felkällor som kunna inverka till förryckande av resultatet vid dylik beräkning, dels bestritt det riktiga i att betrakta kolsyrans reduktion med kol likvärdig till sin verkan med den direkta reduktionen. Den senare invändningen kan nog ej fasthållas, men väl den förra, och givetvis äro svårigheterna vid dessa beräkningar både många och stora.

Värmebalansen vid en masugn och masugnens *nyttiga effekt* äro lika svåra att säkert beräkna, ty även där spela en massa svårbestämbara faktorer in. Med en ugns värmebalans menar man förhållandet mellan de olika ändamål för vilka det i ugnen alstrade + det ugnen tillförda värmet blivit använt; med dess nyttiga effekt åter förhållandet mellan den värmekvantitet som vid ugnen i fråga använts för själva processen och summan av allt i ugnen alstrat och densamma tillfört värme.

Vid värmebalansen förekomma så följande faktorer:

Inkomster:

a. med blästern tillfört värme,
b. genom koloxidation alstrat värme.

Utgifter:

c. värmeåtgång vid reduktion av järnets oxider,
d. » » » » manganens oxider,
e. » » » » kiselsyra,

* S. u. E. 1911 sid. 1380.

f. värmeåtgång vid reduktion av fosforsyra,
g. » » » » blästerns (och någon liten del av beskickningens) fuktighetshalt,
h. värmeåtgång för kolsyrans utdrivande ur malm och lim,
i. » » fuktighetens » » » » »
k. » » bränslets flyktiga beståndsdelars avdestillering,
l. » » tackjärnets smältande och överhettande,
m. » » slaggens » » »
n. värmeförlusten med bortgående gaserna och sotet,
o. » genom ledning och strålning,
p. » » kylvatten.

Härtill skulle komma som inkomster t. ex. det värme som frigöres vid slaggämnenas kemiska förening, järnets kolbindning, manganens d:o, järnets förening med kisel och fosfor och om vilka kvantiteter vi ha föga säker kännedom. Frånsett då dem skulle balansformeln te sig:

$$a + b - (c + d + e + f + g + h + i + k + l + m + n + o + p) = 0.$$

Vid beräknandet av masugnens nyttiga effekt uppsätter man i täljaren alltid det värme som åtgått vid utreducerandet av de i tackjärnet ingående ämnena + det värme som behövts att bringa tackjärnet i smält form, det senare = summan av tackjärnsämnenas upphettning från beskickningens begynnelsetemperatur till tackjärnets smältpunkt + det sistnämndas smältvärme. Men går tackjärnet smält till »mischer» eller bessemerkonverter, bör härtill läggas även överhettningskvantiteten, likaväl som det är fullt berättigat att, om slaggen nyttigt användes (granuleras till cement eller gjutes till tegel), dess smältvärme medtages och att gasens eldningseffekt åtminstone i gasmaskinerna inräknas och egentligen även dess effekt i varmapparat och rostugn. När man vanligen talar om en masugns nyttiga effekt, tänker man sig densamma dock blott enligt formeln:

$$\frac{c + d + e + (f) + l}{a + b},$$

då *f* ingår endast vid Thomastackjärn. (Bokstäverna med samma betydelse som förut.)

W. G. Gillhausen har* undersökt värmebalansen vid blåsandet av samma fyra beskickningar som Wüst (se ovan) senare beräknat åtgången av »direkt» reduktionskol för och därvid kommit till nedan anförda siffror, vilkas osäkerhet han dock själv påpekar: Man kan ock ej få bättre bevis på osäkerheten hos dylika beräkningar än av dessa med yttersta noggrannhet gjorda, ty vid undersökningen III räcka inkomsterna ej till utgifterna på 6,20 % när och dock finnes där inget över för förlust genom strålning och ledning och i IV endast 0,58 %.

* S. u. E. 1910 sid. 1956.

Värmeinkomster:	Spegeljärn I	Hämatitjärn II	Hämatitjärn III	Thomasjärn IV
med blästern	19,87 %	21,63 %	18,49 %	21,66 %
genom kolförbränning	80,07 »	78,10 »	81,32 »	78,21 »
med beskickningen	0,06 »	0,27 »	0,19 »	0,13 »
	100,00 »	100,00 »	100,00 »	100,00 »
Värmeutgifter:				
till reduktion av FeO	3,47 %	3,75 %	0,12 %	11,36 %
» » » MnO	5,81 »	0,17 »	1,35 »	0,85 »
» » » SiO_2	2,16 »	5,25 »	3,75 »	1,29 »
» » » H_2O	2,38 »	3,07 »	1,63 »	2,34 »
» » » Fe_2O_3	34,03 »	45,71 »	52,62 »	33,14 »
» » » P_2O_5	0,13 »	0,11 »	0,16 »	2,94 »
» » » CuO	0,01 »	—	—	0,04 »
» utdrivande av CO_2	8,13 »	4,11 »	6,75 »	8,46 »
» » » H_2O (hydratv.)	0,03 »	0,13 »	0,23 »	0,10 »
» » » H_2O (hygr.)	4,05 »	5,15 »	7,37 »	6,86 »
» tackjärnet	6,46 »	8,02 »	8,71 »	7,36 »
» slaggen	9,05 »	6,02 »	10,51 »	10,55 »
förluster med gasen	13,09 »	7,18 »	6,53 »	8,60 »
» » sotet	0,09 »	0,09 »	0,03 »	0,06 »
» andra (strålning m. m.)	11,11 »	*11,24 »	**6,44 »	***6,05 »
	100,00 »	100,00 »	106,20 »	100,00 »

övrigt för strålning och ledning.

Men i alla fall äro detta slags undersökningar belysande för ungefärliga värmeåtgången till olika ändamål, blott man hade ett säkrare bestämningssätt för förlusterna genom strålning och ledning än att beräkna dem blott som rest. På 1870-talet utfördes av L. Rinman uppmätningar av det genom masugnsmurar utstrålande värmet och fann han, dels murverkets värmeledningskoefficient = 0,24, dels att vid 6 fots tjocka murar 1200—1400 v. e. utstrålade i timmen per fot masugnshöjd. Emellertid gåvo både hans och E. Westmans undersökningar i denna väg tydligt vid hand, att utstrålningen växer högst betydligt om masugnspipan utsättes för stark blåst, isynnerhet vintertid.

Kunde dylika undersökningar och beräkningar utföras vid olika masugnar och för olika beskickningar vid samma hytta och utföras tillfyllestgörande noggrant, så kunde de ju giva respektive hyttingenjör en vink om, var han hade att med bästa hopp om framgång söka göra värmebesparingar utan äventyrande av förluster i annan väg. Att tänka sig med hjälp av desamma komma till en så förbättrad hyttskötsel, som N. M. Langdon† fantiserar om eller blott 535 kg

* Därav till kylvattnet 6,16 %.

** Endast till kylvattnet.

*** Därav till kylvattnet 5,47 %.

† Bulletin of the American Institute of Mining Engineers 1909 sid. 919.

koksåtgång i vanlig och 392 kg:s i framtidens idealmasugn (ej elektrisk) hör dock till de fagra drömmarna!

Likasom Hubendick utfört beräkningar över den för gasmaskiner tillgängliga gasmängden vid träkolshyttor, så har även Maschinenbaugesellschaft i Nürnberg gjort sådana vid koksmasugnar, och ehuru redogörelsen härför närmast tillhör ämnet bergsmekanik, kan här nämnas att det uppställt följande schema för t. ex. en koksmasugn med 250 tons dygnstillverkning.

Av koksens värmeenergi åtgår c:a:

5 % till destillationer,
24 » » reduktioner (obs. fattig beskickning),
5 » » värmeförluster vid masugnen,
14 » » slaggen (obs. fattig beskickning),
4 » » tackjärnet.

52 % således till masugnen, under det 48 % bortgår med masugnsgasen. Av dessa behöves:
14 » till ersättande av värmeförluster i ledningar och varmapparater (blästervärmen = 14 % går ur räkningen såsom cirkulerande),
9 » gå till gasmaskiner (2500 hkr) för drivande av masugnens spel och blåsmaskiner, vadan
25 » motsvarande 7500 hkr bli till förfogande för drivande av gasmaskiner för andra ändamål.

C. Masugnsprocessens tekniska utförande.

Definitioner.

1:o. Pipprofilen: Därmed menas alltid masugnspipans inre måttförhållanden, av vilka de viktigaste äro: av diametrarna: *a* i ställets botten, *b* vid formnivån, *c* vid bukens underkant, *d* vid densammas överkant, *e* vid gastagets underkant, *f* vid gassamlande cylinderns underkant, *g* gassamlande cylinderns diameter och *h* uppsättningsmålets diameter och vilken sistnämnda vid öppet uppsättningsmål är lika med *g*, av höjdmåtten: *i* måttet från ställets botten till kranshållarna, vanligen benämnt pipans höjd, *k* från ställbotten till slaggtappningen (dammkanten eller slaggforman), *l* från ställbotten till formornas mittlinje, *m* från ställbotten till bukens underkant, *n* från denna till bukens överkant, *o* från denna till gastagets underkant, *p* från denna till gassamlande cylinderns underkant, *q* från kranshållarna till gassamlande cylinderns underkant vid öppet uppsättningsmål, resp. från det slutna uppsättningsmålets underkant till gassamlande cylinderns underkant, *r* gasrörens mittlinjes djup under kranshållarna.

2:o Sättningsgraden: Därmed förstås egentligen huruvida masugnen för tillfället ger tackjärn av önskad tappningstemperatur och

kemisk sammansättning eller ej. Lagom satt gång ger lagom satt tackjärn, vad sort tackjärn jag än blåser, d. v. s. då jag erhåller önskad tackjärnskvalitet med användande av en viss blästertemperatur, en viss dygnsproduktion (= drivning) och en viss godskvantitet (malm + beskickningsmedel) uppsatt på den kolmängd jag uppsätter, så går masugnen med lagom satt gång. Erhåller jag åter ett tackjärn hållande mera kol, kisel eller mangan än det önskade, så säges masugnen gå med nödsatt gång = gå i krävjolag = ha kravgång, vilket betyder, att den uppsatta kolmängden kräver mera gods för att ge lagom satt järn och tackjärnet kallas nödsatt eller kravjärn, medan om jag erhåller ett tackjärn med mindre halter av kol, kisel eller mangan än det önskade, så kallas gången hårdsatt eller för satt och tackjärnet likaså.

3:o. Försatt kallas däremot en hytta, vid vilken man för tillfället omöjligt kan göra utslag av tackjärn — ibland även ej av slagg, emedan järnet och slaggen blivit så svårsmälta eller ställets temperatur så låg, att de förra stelna redan innan de lämna detsamma.

4:o. Drivning: Med en hyttas drivning förstår man den kolkvantitet, som per dygn i hyttan förbrukas och anger man densamma antingen i form av absolut drivning = antalet per dygn uppsatta hektoliter kol (även antalet sättningar av så och så många hl kol) eller ock relativ drivning = antatet per dygn drivna sättningar dividerat med det antal sättningar, som åtgingo för ugnens fyllande.

5:o. Skullning kallas en företeelse i masugnsprocessen bestående i att beskickningen av en eller annan anledning (se längre fram) fastnar i pipan och blir hängande kortare eller längre tid, varefter den plötsligt faller.

a. Pipprofilens beräknande.

Man har sedan långa tider tillbaka ansett, att pipans storlek och form äro av mycket stor betydelse för ernående både av den tackjärnskvalitet och den dygnsproduktion, vilka man önskar bekomma och denna åsikt hyses ännu i dag, ehuru man nog under tidernas lopp funnit, att det varit och är förmånligt jämka på begreppen om de lämpligaste detaljmåtten. I det stora hela kan man säga, att tendensen går åt förstorandet av produktionen genom lämpligt förstorande av vissa pipprofilens mått i förening med ökande i blästerns kvantitet och blästerns temperatur, och att denna förändring under senare år tagit fart kan man dels se, om man jämför medelsiffrorna för de uppgifter vi insamlade till Wiborghs metallurgi år 1904* med dem J. A. Leffler insamlade fyra år senare,** dels är det allmänt känt att fort-

* Järnets metallurgi, föreläsningar av professor J. G. Wiborgh, sid. 486.

** J. K. A. 1911, uppgifter om svenska masugnar för år 1908 av J. A. Leffler.

Tabell LIX.

Hyttans N:r i J. K. A.	Pipans höjd i mm	Nyttig volym under gastaget m^3	Total nyttig volym m^3	Tillverkning i ton tackjärn per dygn	Medeldygns-tillverkning per m^3 nyttig pipvolym	Tackjärns % av gods	Kolåtgång per ton tackjärn hl
1	18180	76,76	90,20	19,59	0,217	49,86	51,1
2	18000	81,40	83,79	22,60	0,270	44,80	62,2
3	17800	95,10	97,58	20,30	0,208	50,92	52,6
4	17800	78,78	81,69	22,09	0,283	49,59	62,8
5	17430	72,16	86,05	20,95	0,246	50,85	49,4
Medeltal . . .	17842	80,83	87,73	21,11	0,245	49,20	55,6
6	16800	58,88	74,53	22,00	0,295	53,40	54,6
7	16800	66,48	69,02	18,81	0,273	49,80	51,8
11	16500	75,17	77,53	21,96	0,283	51,28	49,9
22	16075	64,05	76,09	22,00	0,289	56,48	56,0
25	16030	48,05	56,76	14,02	0,244	54,15	53,5
28	16000	49,39	59,80	14,24	0,238	51,70	56,4
Medeltal . . .	16367	60,34	68,96	18,84	0,270	52,80	53,7
29	15960	58,30	73,77	13,55	0,184	45,64	74,4
40	15600	75,27	77,66	20,20	0,260	49,03	52,6
43	15450	49,60	65,40	21,00	0,321	58,29	47,9
47	15440	52,67	64,23	11,20	0,193	46,06	59,0

48	*15440*	*48,17*	*58,18*	*15,90*	*0,283*	*50,00*	*52,0*
49	*15432*	*47,58*	*57,57*	*11,84*	*0,206*	*39,89*	*68,8*
56	*15320*	*58,34*	*64,49*	*14,76*	*0,244*	*49,37*	*68,0*
62	*15000*	*46,59*	*55,11*	*14,90*	*0,270*	*49,02*	*51,0*
Medeltal . . .	15455	54,57	64,55	15,42	0,245	48,41	59,2
71	14850	41,18	49,56	10,56	0,213	43,50	62,6
73	14845	45,63	56,38	13,02	0,231	50,08	52,3
74	14805	54,80	69,56	21,10	0,304	54,70	56,2
75	14800	37,53	47,39	14,00	0,296	52,00	54,0
77	14630	49,15	61,29	15,33	0,250	46,70	50,0
80	14550	45,64	55,76	11,56	0,207	52,47	69,9
84	14200	41,98	51,50	14,90	0,290	51,58	52,0
85	14150	50,10	60,30	15,40	0,257	52,00	54,0
86	14000	39,50	46,67	15,50	0,318	46,42	58,0
Medeltal . . .	14537	45,06	55,38	14,60	0,263	49,94	56,6
89	13700	42,80	50,18	14,15	0,282	50,02	60,8
90	13700	34,26	45,36	11,86	0,261	43,74	65,0
91	13658	39,82	50,69	14,70	0,290	49,60	61,5
93	13500	39,41	47,03	10,00	0,213	44,00	48,0 ?
94	13500	36,02	44,69	9,71	0,217	40,70	57,8
95	13430	34,82	44,26	11,67	0,264	55,70	60,1
96	13410	39,90	48,21	12,60	0,261	40,00	51,5
98	13000	31,98	39,00	10,00	0,256	50,50	59,0
Medeltal . . .	13487	37,34	46,18	11,84	0,256	46,78 (47,18)	58,0 (59,4)

farande, med eller utan vidare ombyggande av hyttorna, förstoringar vidtagas t. ex. i volym och ställdiameter m. m.

α. Träkolsmasugnarna. Ser man endast till träkolshyttorna, så fanns 1904 endast en pipa med 1800 mm ställbottendiameter, 1908 redan 6 med samma eller något större mått, medan 1904 endast en hytta hade 17,8 m piphöjd, 1908 åter 2 st. samma mått, 1 pipa 18,0 och 1—18,18 m. 1904 funnos 11 pipor med över 90 m^3 rymd enl. uppsättning, 1908 åter 17 stycken.

Pipans höjd och volym: Att dessa äro i regel utslagsgivande för masugnens produktionsförmåga visades redan i tillägget om masugnarna i Wiborghs metallurgi och bekräftas till fullo av siffrorna i Lefflers tabeller. Om man nämligen ur dessa sammanför alla masugnar, som blåsa likartat tackjärn och ordnar dem i grupper efter storlek samt uträknar medelsiffrorna för varje grupp, får man ett något så när tillförlitligt svar på höjds och volyms inverkan. Till exempel anföres i tabell LIX utdrag för lancashiremasugnarna ur Lefflers tabeller, vilka masugnar jag valt av den anledningen, att av de tackjärnssorter, vi tillverka i Sverige, är lancashirejärnets i regel den jämnaste, medan åter variationerna i de olika brukens martintackjärns sammansättningar äro mycket stora. Såsom av tabellen synes äro hyttorna ordnade efter piphöjden i 5 olika storlekar utgående från 17, 16, 15, 14 och 13 meters eller över höjd, innehållande uppgifter för respektive 5, 6, 8, 9 och 8 st. masugnar.

Tabellen visar:

I grupp	I för piphöjd	17,84	m o. nyttig vol.	87,73	m^3	21,11	tons tackjärn pr dygn							
»	» II	»	»	16,37	»	»	»	»	68,96	»	18,84	»	»	»	»
»	» III	»	»	15,46	»	»	»	»	64,55	»	15,42	»	»	»	»
»	» IV	»	»	14,54	»	»	»	»	55,38	»	14,60	»	»	»	»
»	» V	»	»	13,49	»	»	»	»	46,18	»	11,84	»	»	»	»

Med stigande höjd stiger, som synes, tackjärnsproduktionen avsevärt, ehuru den första meterns höjdökning naturligtvis verkar kraftigast. I ton tackjärn per m höjd visa grupperna: I — 1,183, II — 1,151, III — 1,000, IV — 1,000, V — 0,879. Ordnar man åter dessa hyttor efter total nyttig volym och räknar hyttorna med 39,0 upp till 49,56 m^3 rymd till grupp V, dem med 50,18—59,80 m^3 till grupp IV, dem med 60,3—69,56 m^3 till grupp III, dem med 73,77—77,66 m^3 till grupp II och dem med 81,09—97,53 m^3 till grupp I, så finner man att:

grupp	I med	medelvolym	87,73	m^3	ger	21,11	ton tackjärn	d. v. s. pr	m^3	0,241	ton
»	II	»	»	75,92	»	»	19,51	»	»	»	»	»	0,157	»
»	III	»	»	64,90	»	»	16,80	»	»	»	»	»	0,260	»
»	IV	»	»	55,19	»	»	13,92	»	»	»	»	»	0,253	»
»	V	»	»	45,80	»	»	11,77	»	»	»	»	»	0,257	»

Även härav framträder det tydligt att produktionen växer med pipvolymen, men medan produktionen per meter piphöjd visar, som ovan syntes, nästan oavbruten stigning med den tilltagande höjden och vackraste siffran för största höjden, så visa sig de sista siffrorna här för tackjärnsproduktion per m^3 något vacklande och ha sämsta talet för de rymligaste piporna. Detta torde kunna tagas som en vink om, att vi ännu ej nått gränsen för pipornas lämpligaste höjdmått, men böra vara försiktiga vid ökandet av deras vidd.

I tabellen visa de högsta hyttorna d. v. s. grupp I större kolåtgång än grupp II eller 55,6 hl mot 53,7. Detta är en avsevärd skillnad, men dels ha grupp I:s hyttor haft endast 49,2 % tackjärnsprocent av gods mot 52,8 vid grupp II, dels synes i Lefflers tabell V att vid tre av grupp I:s hyttor avstybbningen inräknats i kolåtgången, medan så ej gjorts vid någon hytta tillhörande grupp II.

När det gäller att konstruera en ny masugn avsedd för blåsning av lancashiretackjärn, synes, av ovanstående att döma, som det skulle vara lämpligt att räkna med en produktion av 0,26 ton per kub.-m nyttig pipvolym eller, som är detsamma, 3,85 m^3 nyttig pipvolym per ton dygnsproduktion tackjärn.

En viss antydning om, huru mycket martintackjärn man lämpligen kan erhålla från en träkolshytta, som visat sig kunna giva en viss kvantitet lancashiretackjärn, kan man även få ur Lefflers tabeller. Tager man med samtliga hyttor, som blåsa båda sorterna tackjärn (fall *a*), får man två ungefär lika medeltal, medan trenne, som ge mera martin- än lancashiretackjärn (fall *b*), i medeltal producera 19,6 ton martintackjärn mot 17,6 ton lancashiretackjärn per dygn. Betydligt mera avgjord är skillnaden mellan bessemer- och martintackjärnsblåsningarna, ty för dem får man från 9 hyttor medeltalen 17,56 ton bessemer mot 19,66 ton martintackjärn, vilket beror på att bessemertackjärn i regel blåses — relativt till martinjärnets — med så mycket nödsattare gång och långsammare drivning. Skulle man nu döma efter dessa jämförelsetal, skulle behövliga piprymden för 1 ton tackjärn per dygn således vara:

	fall *b*		fall *a*	
vid lancashire	3,85 m^3	eller	3,85 m^3	
» martin	3,45 »	»	3,85	»
» bessemer	3,86 »	»	4,30	»

De sju största martinhyttorna i Lefflers tabeller visa också en medelsiffra av 0,291 ton tackjärn tillverkat per m^3 nyttig volym motsvarande 3,44 m^3 per ton, och de 7 största träkolsbessemerhyttorna resp. 0,257 och 3,89, men *en* hytta för sur martin producerar 0,338, *en* för basisk martin 0,383 och *en* för bessemer 0,353 ton tackjärn per m^3 n. volym, motsvarande respektive 2,96, 2,61 och 2,83 m^3 per ton tackjärn, varför man torde kunna säga att då sagda martinhyttor

äro kända för att gå synnerligen bra, surt martintackjärn ej fordrar mera än 3 m^3 ugnsrymd, basiskt martintackjärn ej fordrar mera än 2,65 m^3 ugnsrymd. Bessemerhyttan går också bra men har ett något sällsyntare sammansatt tackjärn, och därför torde vara bäst vid bessemertackjärn räkna med 3,35 m^3 ugnsrymd allt per ton i dygnet blåst tackjärn.*

I tabell LX har uppställts värdesiffror för de nuvarande 25 största svenska träkolshyttorna, varav siffrorna för två av desamma tagits ur Lefflers tabeller, medan siffrorna för de andra 23 samlats under bergskoleresorna 1909, 1910 och 1911. Nederst i denna tabell äro insatta medelvärden för dessa hyttor och under den raden medelvärdena för de 25 största träkolshyttorna anförda i Wiborghs metallurgi och vilkas siffror samlades under bergskoleresor 1902, 1903 och 1904, dock Domnarvshyttorna uteslutna, ty de ha nu omändrats till kokshyttor. En jämförelse mellan de båda medelvärdsraderna ger en antydan om, i vilken riktning våra hyttingenjörer arbetat, och huru långt de kommit på 7 års tid. Medelsiffrorna visa för:

Piphöjden en höjning av en kvart meter, således en alldeles given tendens till högre masugnar, och hava vi nu 6 st. av 17 m och högre mot endast 2 stycken förut.

Slaggtappningsnivån tyckes man anse bör hållas vid det gamla, ty där är ändringen = $\pm$ 0, och de skäl som tala för detta äro: dels att man genom ställdiameterns förstorande i alla fall kan göra större utslag, dels ock att slaggmängden betydligt avtagit genom att, som nedan visas, beskickningarna anrikats.

Formhöjden visar en obetydlig ökning, alldeles för obetydlig, när man tänker på, vilka olägenheter det vid oren gång medför, att ha formorna så nära slaggbadets vanliga yta. Våra ingenjörer äro i detta fall alldeles för konservativa, såsom påpekades redan i tillägget i Wiborghs metallurgi, och i Rysslands nya träkolsmasugnar likaväl som i de amerikanska har man formorna vida högre upp utan någon olägenhet av för kallt järn. Pavloff visar nyare ryska träkolshyttor med en formhöjd av 1067—1400 mm, medan Falkman från Amerika anför** att i träkolshyttorna där formorna ligga 5 à 6 fot över ställbotten. Att flytta upp formorna till åtminstone 1 m över ställbotten bör därför ej medföra någon fara, men vunnes det därmed, att slaggen ej behövde stå och »slå» i formmynningen, vilket verkar avkylande på både slagg och järn.

Korsbandsnivån flyttas så smått nedåt. Medeländringen är 0,12 m, men som av tabellen framgår har en av våra högsta hyttor blott

* Det kanske kunde tyckas, som författaren borde föreslå nedsättning även för behövlig m^3 ugnsrymd vid lancashiretackjärnsblåsning, men som lancashiremetoden är den för ändringar i tackjärnets sammansättning känsligaste av alla, tvekar jag om huruvida detta är tillrådligt. Nog för det sekunda lancashire kan tåla raskare drivet tackjärn, men om det 1:ma gör så med torde vara tvivel underkastat.

** J. K. A. B. 1907 sid. 179.

e n	Per sättning uppsatt			Tackjärnsprocent av gods	Per dygn erhållit tackjärn	Kolåtgång per ton erhållit tackjärn	Per m³ kol smält			
relativt	malmblandning	lim	gods (malm + lim)				tackjärn	gods	tackjärn + gods	
	kg	kg	kg	%	ton	m³	kg	kg	kg	
1,04	508	72	580	52	23,22	4,87	206	395	601	Avstybbning inräknad
1,83	469	50	519	51,5	29,53	5,84	171	333	504	
0,95	490	70	560	53	20,78	5,05	198	374	572	
1,18	464	28	492	53	21,90	5,94	169	318	487	» » »
1,09	482	68	550	51	20,48	5,08	197	386	583	» » »
1,31	540	75	615	49	26,52	5,13	195	398	593	
1,20	620	65	685	53,4	21,95	5,47	183	342	525	
1,18	502	78	580	49,8	18,44	5,29	189	380	569	
0,82	400	30	430	54	14,02	6,21	161	298	459*	
1,01	350	35	385	46	11,51	8,34	120	261	381*	
1,20	500	6	506	57	22,50	5,20	192	337	529	
1,05	415	9	424	54	15,57	6,55	153	283	436**	
1,18	557	90	647	51	21,78	4,15	241	473	714	
1,38	470	95	565	47	23,90	5,65	177	377	554	
1,59	600	0	600	55	28,38	5,14	194	353	547	
1,34	520	25	545	66,6	27,22	4,13	242	363	605	
1,34	520	25	545	65	26,57	4,23	236	363	599	
1,40	410	90	500	51	20,40	6,29	159	313	508**	
1,58	530	30	560	58	29,23	4,92	203	350	553	
1,54	487	41	528	59,3	25,05	4,71	209	352	561	
1,26	450	45	495	58	23,54	5,23	191	330	521	
1,11	455	48	503	45,6	13,53	6,95	144	316	460	
2,10	420	15	435	71	38,92	5,01	200	282	482	
1,75	500	30	530	70	38,96	4,18	239	341	580	
1,21	525	10	535	55	18,83	5,10	196	357	553	
1,30	487	45	532	55	23,17	5,28	190	356	546	
1,24	472	62	534	46	17,69	6,11	164	357	521	
0,06	+15	−17	−2	+9	5,48	−0,83	+26	−1	+25	

äro kända för att gå synnerligen bra, surt martintackjärn ej fordrar mera än 3 m^3 ugnsrymd, basiskt martintackjärn ej fordrar mera än 2,65 m^3 ugnsrymd. Bessemerhyttan går också bra men har ett något sällsyntare sammansatt tackjärn, och därför torde vara bäst vid bessemertackjärn räkna med 3,35 m^3 ugnsrymd allt per ton i dygnet blåst tackjärn.*

I tabell LX har uppställts värdesiffror för de nuvarande 25 största svenska träkolshyttorna, varav siffrorna för två av desamma tagits ur Lefflers tabeller, medan siffrorna för de andra 23 samlats under bergskoleresorna 1909, 1910 och 1911. Nederst i denna tabell äro insatta medelvärden för dessa hyttor och under den raden medelvärdena för de 25 största träkolshyttorna anförda i Wiborghs metallurgi och vilkas siffror samlades under bergskoleresor 1902, 1903 och 1904, dock Domnarvshyttorna uteslutna, ty de ha nu omändrats till kokshyttor. En jämförelse mellan de båda medelvärdsraderna ger en antydan om, i vilken riktning våra hyttingenjörer arbetat, och huru långt de kommit på 7 års tid. Medelsiffrorna visa för:

Piphöjden en höjning av en kvart meter, således en alldeles given tendens till högre masugnar, och hava vi nu 6 st. av 17 m och högre mot endast 2 stycken förut.

Slaggtappningsnivån tyckes man anse bör hållas vid det gamla, ty där är ändringen = $\pm$ 0, och de skäl som tala för detta äro: dels att man genom ställdiameterns förstorande i alla fall kan göra större utslag, dels ock att slaggmängden betydligt avtagit genom att, som nedan visas, beskickningarna anrikats.

Formhöjden visar en obetydlig ökning, alldeles för obetydlig, när man tänker på, vilka olägenheter det vid oren gång medför, att ha formorna så nära slaggbadets vanliga yta. Våra ingenjörer äro i detta fall alldeles för konservativa, såsom påpekades redan i tillägget i Wiborghs metallurgi, och i Rysslands nya träkolsmasugnar likaväl som i de amerikanska har man formorna vida högre upp utan någon olägenhet av för kallt järn. Pavloff visar nyare ryska träkolshyttor med en formhöjd av 1067—1400 mm, medan Falkman från Amerika anför** att i träkolshyttorna där formorna ligga 5 à 6 fot över ställbotten. Att flytta upp formorna till åtminstone 1 m över ställbotten bör därför ej medföra någon fara, men vunnes det därmed, att slaggen ej behövde stå och »slå» i formmynningen, vilket verkar avkylande på både slagg och järn.

Korsbandsnivån flyttas så smått nedåt. Medeländringen är 0,12 m, men som av tabellen framgår har en av våra högsta hyttor blott

* Det kanske kunde tyckas, som författaren borde föreslå nedsättning även för behövlig m^3 ugnsrymd vid lancashiretackjärnsblåsning, men som lancashiremetoden är den för ändringar i tackjärnets sammansättning känsligaste av alla, tvekar jag om huruvida detta är tillrådligt. Nog för det sekunda lancashire kan tåla raskare drivet tackjärn, men om det 1:ma gör så med torde vara tvivel underkastat.

** J. K. A. B. 1907 sid. 179.

Tillhör sidan 326.

Tabell LX.

N:o	Masugnens namn	Höjd					Diameter			Piprymd			Djup från kranshällarna till:		Formornas		Tättornas mynningsdiameter	Blästerns		Kolsättningarnas storlek	Drivningen			Per sättning uppsatt			Tackjärnsprocent av gods	Per dygn erhållit tackjärn	Kolåtgång per ton erhållit tackjärn	Per m³ kol smält			Anmärkning
		från ställbotten till kranshällarna	från botten till dammkant eller slaggformans mittlinje	från botten till formornas mittlinje	från botten till korsbandet	å bukcylindern	vid ställbotten	i buken	i uppsättningsmålet	i sättningar	i uppsatta kol	enligt mättuppgifterna	cylinderns underkant samt uppsättningsmålets art	gasuttagens mittlinje	antal	inre mynningsdiameter		temperatur	pression		i sättningar	i m³ träkol	relativt	malmblandning	lim	gods (malm+lim)				tackjärn	gods	tackjärn+gods	
		m	m	m	m	m	m	m	m	st	m³	m³	m	m		mm	mm	C°	mm	hl	st	m³		kg	kg	kg	%	ton	m³	kg	kg	kg	
1		18,18	0,43	0,65	4,65	4,30	1,34	3,00	1,93	74	107	90	Ö 3,20	0,70	4	90	60	290	68	14,7	77	113	1,04	508	72	580	52	23,22	4,87	206	395	601	Avstybbning inräknad
2		18,00	0,45	0,67	5,00	3,00	1,40	3,00	2,10	63	94,5	85	T	1,00	4	90	65	450	80	15	115	172,5	1,83	469	50	519	51,5	29,53	5,84	171	333	504	
3		18,00	0,32	0,65	3,12	8,88	1,80	3,00	2,40	74	111	109	T	0,98	4	80	80	350	105	15	70	105	0,95	490	70	560	53	20,78	5,05	198	374	572	
4		17,85	0,38	0,67	3,78	3,38	1,48	2,96	2,08	71	107	83	T	0,90	6	70	58	350	80	15,5	84	130	1,18	464	28	492	53	21,90	5,94	169	318	487	» » »
5		17,43	0,43	0,65	4,20	3,80	1,50	3,00	1,93	67	97	87	Ö 3,20	0,70	4	90	60	300	68	14,3	73	104	1,09	482	68	550	51	20,48	5,08	197	386	583	» » »
6		17,00	0,40	0,70	3,00	5,75	1,60	3,00	2,15	67	104	83	T 1,00	0,80	6	89	65	250	80	15,5	88	136	1,31	540	75	615	49	26,52	5,13	195	398	593	
7		16,80	0,38	0,60	4,16	2,20	1,49	2,97	2,23	50	100	76	Ö 3,56	2,00	4	70	60	300	85	20	60	120	1,20	620	65	685	53,4	21,95	5,47	183	342	525	
8		16,80	0,41	0,63	3,88	5,89	1,26	2,67	1,92	55	82,5	70	C	0,66	4	70	48	280	75	15	65	97,5	1,18	502	78	580	49,8	18,44	5,29	189	380	569	
9		16,63	0,34	0,59	3,98	6,82	1,37	2,88	2,38	72	107	90	C	0,83	4	74	47	525	100	14,8	59	87	0,82	400	30	430	54	14,02	6,21	161	298	459*	
10		16,63	0,34	0,59	4,16	4,00	1,37	2,97	2,38	64	95	80	C	0,83	4	74	47	525	100	14,8	65	96	1,01	350	35	385	46	11,51	8,34	120	261	381*	
11		16,63	0,38	0,70	3,40	4,10	1,64	3,00	1,96	65	98	81	C	2,23	4	75	60	400	60	15	78	117	1,20	500	6	506	57	22,50	5,20	192	337	529	
12		16,63	0,38	0,59	4,15	2,38	1,48	2,97	1,87	65	98	81	C	2,23	4	53	60	400	54	15	68	102	1,05	415	9	424	54	15,57	6,55	153	283	436**	
13		16,60	0,34	0,59	4,15	3,57	1,34	2,97	2,08	56	84	85	C	0,83	4	71	56	350	90	15	66	99	1,18	557	90	647	51	21,78	4,15	241	473	714	
14		16,50	0,43	0,65	3,80	2,00	1,50	3,00	2,00	65	98	83	Ö 3,00	1,90	6	75	60	450	70	15	90	135	1,38	470	95	565	47	23,90	5,65	177	377	554	
15		16,32	0,52	0,63	4,60	4,60	1,64	2,94	1,93	54	92	82	Ö 2,82	1,60	4	75	75	350	90	17	86	146	1,59	600	0	600	55	28,38	5,14	194	353	547	
16		16,20	0,38	0,60	3,60	3,00	1,50	3,00	2,10	56	84	77	T 1,40	1,00	6	75	50	450	90	15	75	112,5	1,34	520	25	545	66,6	27,22	4,13	242	363	605	
17		16,20	0,38	0,60	3,60	3,00	1,50	3,00	2,10	56	84	77	T 1,40	1,00	6	75	50	430	85	15	75	112,5	1,34	520	25	545	65	26,57	4,23	236	363	599	
18		16,03	0,40	0,60	4,75	3,49	1,50	3,00	1,90	57	91	82	T 1,20	0,90	4	71	51	350	85	16	80	128	1,40	410	90	500	51	20,40	6,29	159	313	508**	
19		16,03	0,40	0,60	4,75	3,49	1,50	3,05	1,90	57	91	82	T 1,20	0,90	4	59	51	350	85	16	90	144	1,58	530	30	560	58	29,23	4,92	203	350	553	
20		16,00	0,30	0,60	3,00	4,50	1,50	2,70	1,80	52	73	63,5	Ö 3,00	1,07	4	85	72	400	75	15	80	120	1,54	487	41	528	59,3	25,05	4,71	209	352	561	
21		16,00	0,45	0,60	4,25	3,00	1,35	3,00	1,85	65	98	77	Ö 2,75	1,80	4	80	45	350	80	15	82	123	1,26	450	45	495	58	23,54	5,23	191	330	521	
22		15,96	0,40	0,79	4,62	0,90	1,33	2,98	2,37	53	85	75	Ö 2,94	2,56	4	120	70	240	65	16	59	94	1,11	455	48	503	45,6	13,53	6,95	144	316	460	
23		15,84	0,45	0,70	3,60	1,00	1,70	3,00	2,10	60	93?	70	T	0,95	6	85	50	300	110	15,5?	126	195	2,10	420	15	435	71	38,92	5,01	200	282	482	
24		15,84	0,45	0,70	3,60	1,00	1,70	3,00	2,10	60	93?	70	T	0,95	6	75	50	300	140	15,5?	105	163	1,75	500	30	530	70	38,96	4,18	239	341	580	
25		15,74	0,32	0,60	4,65	2,07	1,40	2,90	1,84	53	80	73	Ö 2,38	1,86	4	75	60	450	54	15	64	96	1,21	525	10	535	55	18,83	5,10	196	357	553	
	Medeltal år 1910...	16,64	0,39	0,64	4,02	3,60	1,49	2,96	2,06	61	93	81		1,24	4,56	78	58	368	83	15,4	79,2	122	1,30	487	45	532	55	23,17	5,28	190	356	546	
	» år 1903...	16,39	0,39	0,63	4,14	3,02	1,40	2,91	1,96	58	87	78		1,35	4,30	68	57	350	85	15	72	108	1,24	472	62	534	46	17,69	6,11	164	357	521	
	Skillnad	+0,25	±0	+0,01	−0,12	+0,58	+0,09	+0,05	+0,10	+3	+6	+3		−0,11	+0,26	+10	+1	+18	−2	+0,4	+7,2	+14	+0,06	+15	−17	−2	+9	5,48	−0,83	+26	−1	+25	

* Gjutjärn. ** Bessemer.

3 m korsbandshöjd i st. f. medelmåttet 4,02. Man vinner på så sätt i ugnsvolym och kanske något även i säkerhet mot att ej fullt färdigreducerad malm kan fästa an vid den sig hopdragande ställmuren. Vi ha häri gått lika långt eller något längre vid våra största sex hyttor med medelmått $\frac{\text{korsbandshöjd}}{\text{piphöjd}} = \frac{3,96}{17,74} = \frac{1}{4,5}$ än man gjort utomlands, ty Falkman anför från de amerikanska $\frac{1}{4,0}$ och en av Rysslands finaste träkolsmasugnar Nadeshdinskij har $\frac{4,3}{20,8} = \frac{1}{4,6}$. Vår n:o 3 med $\frac{3,12}{18} = \frac{1}{5,77}$ har dock gått längst i korsbandets sänkande.

Bukcylinderns höjd har ökats avsevärt eller i medeltal med 0,58 m, vilket ävenledes länt till volymförstoring, som i sin ordning tillåter ökad dygnsproduktion utan ökning i relativ drivning. De amerikanska hyttorna sakna cylindrisk buk. Vid de ryska har man sådan, och även där börjar man öka dess höjd, fast man vid de av Pavloff anförda hyttorna ej kommit högre än till c:a 3 m höjd vid de sist byggda. Medelhöjden vid de 25 svenska är 3,02 vid de sex högsta $3,96 = \frac{1}{4,5}\ h$ och vid n:o 3 = 8,88 m, och har man från den sistnämnda skrivit mig till att denna hytta, som att börja med, då stället var trängre, hyste benägenhet för skullningar, nu går bra, sen ställdiametern förstorats. Är det nu så att, som i allmänhet antages, utdissocieringen av kol sker kraftigast omkring 450°:s nivåen, bör det ock medföra minskad fara för skullningar, om pipans diameterökning där sker tämligen raskt, så som just vid denna hytta. Dock kan man ej yttra sig med någon bestämdhet härom förrän vi få flera exempel att hålla oss till.

Ställbottens diameter visar ökning, ehuru endast med 0,09 m. Emellertid skulle ökningen, om flera hyttor i tabellen medtagits, visat sig större, ty man har allt allmännare börjat rycka upp till 1,5 m ställvidd, dock visande räddhåga att gå vidare. Som av tabell LX synes har dock en hytta vågat sig på 1,8 m:s utan att dock begagna sig av forcerad drivning, vilket eljes ofta påstås vara erforderligt vid ökad ställdiameter. Ökning i ställvidden kan åtminstone medföra ökad drivning och ökad produktion med minskade produktionskostnader. Se under formornas antal.

Bukdiametern visar ävenledes någon ökning ehuru relativt mindre än ställdiametern, och här tyckes man komma att stanna vid 3 m:s vidd.

Uppsättningsmålets diameter är också ökad, vilket får tillskrivas allmännare införande av slutna uppsättningsmål.

Piprymden visar:

	i sättningar	i m³ kol	i rymdmått enl. ritning m³
ökning	$\frac{3}{58}$	$\frac{6}{87}$	$\frac{3}{78}$
eller i %-ökning .	5,2	6,9	3,9

Våra nyare masugnar hava 85—100 m³ total volym, de nyare, ryska åter 145—155 m³:s.

Gasuttagen flyttas något högre för vinnande av större effektiv volym.

Formornas antal ökas. Dividerar man ställets inre omkretsmått med antal formor, erhåller man vid medeltalet för 1910 ett formavstånd = 1,2 m. Vid de sex största hyttorna = 1,27 och vid de två största med 6 formor med 0,9 m avstånd från centrum till centrum och torde det sistnämnda måttet c:a 1 m vara att föredraga.

Formdiametrarna visa en betydande ökning eller med $\frac{10}{68}$ medan tättdiametern egendomligt nog ej uppvisar någon avsevärd sådan. Det sistnämnda beror dock helt säkert på fel i 1903 års uppgifter, ty man har allt allmännare övergått till att genom ökning av form- och tättdiametrarna utan ökning av blästertrycket få ökad produktion.

Blästerns temperatur visar given ökning, och har man på senare tider börjat bli mindre rädd än förut för något höjd blästervärme även vid lancashirejärnsblåsning, så att Boxholms i Wiborghs metallurgi anförda exempel vunnit efterföljd. Denna temperaturökning — möjliggjord genom allmännare införande av »Tholanderska» varmapparaten — har i sin mån bidragit till den — trots kolens försämring på senare år — minskade kolåtgången per ton tackjärn.

Drivningen visar ökning i såväl antal sättningar och kub.-m kol som relativt till ugnsvolym nog till största delen (då det gäller medeltalet för de 25 hyttorna) att tillskriva allmännare införande av slutna formor, som vid ojämn eller oren gång ej medgiva blästerförlust genom »återutblåsning». Vi äro dock ännu ej komna till någon synnerligt hög relativ drivning mer än vid ett par hyttor n:o 2 och 24 med resp. 1,83 och 1,75, båda tillverkande goda järnsorter, martin, lancashire och export. Naturligtvis bör drivningen rättas efter malmernas lättreducerlighet, men som användning av slig och briketter på sista åren så mycket ökats, hade man kunnat vänta en betydligt mycket mera ökad medeldrivning än från 1,24—1,30. Vid flera av de hyttor, bergskolekurserna senare år besökt, har man härvid skyllt på såsom hinder ett för stort bortrykande av slig in i gasledningarna om drivningen ökas, men orsaken härtill ligger ofta i för kort avstånd mellan cylinderns underkant och gasfångsmuren, vid öppna och Tholanders

uppsättningsmål och vid Charlevilles i att öppningarna till gasrören ej alls äro skyddade för dammet just vid »släppen».

Godsuppsättningsmängden per sättning är minskad och per m^3 kol ävenså och sammanställer man detta med att limmängden minskats med mer än $^1/_4$ och blästervärmen avsevärt höjts, så framträder kolförsämringen tydligt.

Tackjärnsprocentens per uppsatt gods ökning och produktionsökningen per dygn respektive 9 % på förut 46 och 5,84 ton på 17,69 ton samt minskningen i kolåtgång från 6,11 till 5,28 m^3 per ton tackjärn utgöra de mest glädjande bevisen på framstegen i den svenska träkolsmasugnsdriften och länder densammas utövare till den största heder. Visserligen skulle dessa siffror kanske ej blivit fullt så vackra, om alla masugnar medtagits i tabellen, men ett visst begrepp om det helas framsteg giva de dock. En god del av denna framgång är köpt genom malmanrikning, som i och för sig kostar penningar, så den ekonomiska vinsten är väl ej fullt proportionell, men är dock i alla händelser avsevärd, fast fortsatt framgång på denna väg hotas genom tilltagande kolbrist och kolförsämring.

Svenska träkoljärnets framtid hänger till god del på möjligheterna:

1:o. Minskad arbetskostnad genom ökad dygnsproduktion per pipa och genom förbättrade mekaniska anordningar,
2:o. Minskad kolkostnad genom anrikade och dock billiga samt mera lättreducerade malmer och lättsmält ringa slagg,
3:o. Masugnsgasens fulla utnyttjande och
4:o. Förlängda blåsningskampanjer.

β. Koksmasugnarna. Erfarenhet i byggandet av koksmasugnar saknas fullständigt inom hyttpraktiken i Sverige, ehuru svenskar såsom P. T. Berg och A. Sahlin i utlandet utmärkt sig såsom koksmasugnskonstruktörer. De med koks drivna masugnar vi hava äro ej annat än något ändrade träkolshyttor, och skola vi söka reda ut den lämpligaste profilen för en verkligt god svensk koksmasugn, så få vi därför vända oss till utlandet med vårt studium. Därvid är det ju naturligt, att vi ha att söka vårt ideal i det land, som har förhållanden närmast överensstämmande med våra egna, och är det lätt att bevisa, att därvidlag detta land är Amerikas Förenta stater.

1:o. De använda en utmärkt koks. Ja, med de dyra fraktkostnader, vi hava från stenkolsländerna, bör det givetvis för oss vara mest ekonomiskt antingen köpa bästa koks eller skaffa oss bästa koks givande stenkol, ty att frakta hem onödigt med aska är ingen idé och att frakta lös, dålig koks ger enorma omlastningsförluster.

2:o. Amerikanarna använda rika mullformiga beskickningar. Ja, rika sådana böra även vi bemöda oss om att smälta, ty att med så dyrt kokspris, som det vi — relativt mot utlandet — komma att få

Tabell LXI.

Masugnens namn:	Höjd i meter								Diameter i meter					Pipans volym i m^3	Beskickningens järnhalt i %	Dygnsproduktion i ton
	från ställbotten till kransen h	från ställbotten till gasuttagens mittlinje	från ställbotten till formornas mittlinje	från ställbotten till cylindriska ställets överkant	från ställbotten till rastens överkant	bukcylinderns höjd	från ställbotten till gasrastens underkant a	uppsättningstrattens djup	i ställbotten	i buken	i gasrasten	vid uppsättningstrattens underkant	vid uppsättningstrattens överkant			
Lackawanna 7 . . .	27,90	25,00	2,74	3,20	6,86	—	—	2,00	4,57	6,71	4,88	3,10	5,00	630	53	500
Gary	27,28	24,69	2,59	3,20	7,16	2,44	21,79	1,25	4,57	6,55	4,88	2,75	3,50	600	53	475
Pennsylvania	26,52	23,47	2,59	3,05	6,28	1,53	21,94	1,50	4,17	5,89	4,17	?	?	453	53	400
Ensley 4	26,27	23,22	2,28	2,95	6,76	—	—	1,50	4,42	6,63	4,50	3,00	3,50	542	41	360
Madelaine	25,91	23,17	2,14	2,98	6,53	2,44	—	1,10	4,12	6,25	4,27	3,05	4,00	510	53	400
Thomas 1	24,92	22,23	1,83	2,14	5,19	1,90	21,26	1,50	3,53	5,34	4,12	2,15	3,00	376	53	300
Sharpsville F	24,38	21,19	1,97	2,46	6,37	1,83	19,50	2,00	3,81	6,10	3,96	2,25	3,50	400	52	350
Vanderbilt 2	24,38	21,64	1,89	2,44	5,64	1,07	20,64	1,75	3,66	5,49	3,96	3,00	3,75	386	41	250
Mayville B	23,47	20,90	1,98	2,23	5,40	—	16,02	1,25	3,36	5,18	3,66	2,25	3,25	286	48	250
Warwick 1	21,34	18,95	2,14	2,59	5,64	—	18,19	1,20	3,20	4,72	3,20	1,60	2,96	216	57	200
Eisenerz, Österr. .	30,40	27,10	2,40	—	8,20	—	—	?	3,70	6,40	5,00	?	?	645	53	450
Kramatorsk, Ryssl.	27,64	25,00	2,35	2,50	6,80	3,40	—	1,50	3,90	6,10	4,50	3,00	4,25	544	58	300
Medeltal	25,87	23,05	2,24	2,71	6,40	0 — 2,09	$\frac{a}{h} = \frac{25}{31}$	1,50	3,92	5,94	4,26	2,62	3,67	466	51	353
Samtliga mått i förhållande till höjden		0,891	0,087	0,105	0,247	0,081	0,770	0,059	0,151	0,230	0,165	0,101	0,142	—	—	—

dragas med, är det oekonomiskt fabricera onödigt med slagg. Men skola vi härvid få användning även för sådana malmer, som komma mindre rika ur gruvan, så få vi anrika dem och få dem då i sligform, en form närmande sig det amerikanska malmstoftet, om ock mycket angenämare att behandla.

3:o. Höga arbetskostnader — i Amerika orsakade trots hög arbetsintensitet av högre avlöningar — i Sverige trots lägre avlöningar av lägre arbetsintensitet!

Se vi då till vilken form i allmänhet gives de amerikanska kokshyttorna, så finna vi, att de byggas smärtare i förhållande till höjden, än de europeiska. I tabell LXI finnas anförda en del värden från goda amerikanska koksmasugnar samt för två nya europeiska, byggda enligt amerikanskt mönster.

Ur tabellen erhålles en medelsiffra för m^3 ugnsrymd per ton tackjärnsdygnsproduktion = 1,32* vid 51 % järnhalt i beskickningen. Tager man endast med de amerikanska med 53 % järnhalt, erhålles värdet 1,24, vilket senare tyckes borde kunna räcka vid en energiskt driven svensk kokshytta med något rikare beskickning och om sligen upprostas till oxid.

I förhållande till höjden ställa sig vid:

	tabell LXI:s 12 koksugnar	tabell LX:s 6 största träkolshyttor
måttet från ställbotten till gasuttagens mittlinje . .	0,891	0,952
» » » » formornas » . .	0,087	0,038
» » » » rastens överkant	0,247	0,223
» på bukcylinderns höjd	0,081	0,273
» » ställdiametern	0,151	0,086
» » bukdiametern	0,230	0,169
» » diametern vid gasrastens underkant . . .	0,165	0,118
dygnsproduktionen i ton per kub.-m pipvolym . . .	0,757	0,264

En modern svensk pipprofil borde kunna tillverka 3 gånger så mycket koks- som träkolstackjärn om formareor, blästertryck och dito temperatur samt murverk sedan rättas efter de nya förhållandena, men eljes framgår av jämförelsen, att våra träkolsmasugnar i förhållande till sin höjd äro vida smärtare än de amerikanska kokshyttorna. Vi hålla lägre rast och högre buk och åtminstone det förra torde även vid koksblåsning vara att förorda. Däremot kan det vara frågan om huruvida ej de i koksmasugnar så allmänna skullningarna skulle bliva svårare vid högre än vid lägre bukcylinder all den stund skullningarna i dessa hyttor bruka bilda sig nu just strax ovan korsbandet.

Per ton i dygnet förbränd koks räknar man vanligen 6 cm^2 formarea och tagas formorna allt efter ställvidd och blästertryck med

* I Tyskland räknar man med 1,1—3 m^3 rymd per ton tackjärn allt efter som beskickningen är rik och koksen god till.

80—300 mm inre öppningsvidd, men antalet av formor anses passande om det tages efter formeln

$$\frac{\text{ställomkretsen i formnivån i meter}}{1{,}5} + 1 = a.$$

Blästertrycket tages mellan 0,2—1 kg pr cm^2 allt efter mindre eller mera täppande beskickningar. Blåsmaskinens verkningsgrad antages vanligen = 0,7 och blästermängden uträknas efter formeln $Q = \eta \cdot \frac{4{,}15 \cdot A \cdot p}{1440}$, där Q = per minut behövlig luftmängd av vanlig temperatur och tryck, A = vikten av kg koks per dygn, p = koksens kolhalt och $\eta = 0{,}80$.

Hanemann räknar åter med ett ungefärligt värde gällande likasom ovanstående för såväl träkols- som koksmasugnar eller

Luftmängden per minut = (1,25 à 1,40) $4C$, där C = per minut förbränt kol.

b. De olika tackjärnssorterna.

Då vi nu gå att behandla framställningsvillkoren för olika tackjärnssorter, så tillåter varken arbetets omfång eller den vid bergskolorna för ämnet anslagna tiden att behandla detta från andra än rent svenska synpunkter, d. v. s. söka utreda förhållandena vid blåsandet av de tackjärnsslag, som hos oss tillverkas eller kunna tänkas inom de närmaste åren bli tillverkade här i landet. Vi lämna därför alldeles å sido t. ex. blåsandet av kokstackjärn för sur bessemer och för puddling.

De tackjärnssorter vi blåsa äro:

α. Träkolstackjärn för

1:o lancashire,
2:o vallon,
3:o sur martin,
4:o basisk martin,
5:o sur bessemer,
6:o s. k. kanontackjärn och vanligt gjutjärn samt
7:o exporttackjärn.

β. Kokstackjärn:

1:o för basisk bessemer,
2:o » 2:a basisk martin,
3:o » gjuteribehov.

α. Träkolstackjärnssorterna.

1:o. Lancashiretackjärnet. Numera blåses detta tackjärn vanligast med så hårdsatt gång, att de kallnade tackorna visa ett helvitt eller som högst kantgrått brott. Den förr använda sättningsgraden var halv

vitt till $^3/_4$-grått och gav ett utomordentligt rent och segt lancashirejärn, men som färskningsarbetet i härden tager längre tid och fordrar mera kol och arbete ju nödsattare tackjärnet är, och försäljningspriset nu är för lågt att ge valuta för dessa större utgifter, så har man gått över till hårdsattare järn.

Tackjärnet bör vara så gott som alldeles svavelfritt, i det man helst ser, att det därav håller endast spår och ytterst ogärna ser att svavelhalten går upp till 0,01 %. Är det svavelrent, så synes detta i dess brottyta, som, om den är helvit, är något flisig eller finstrålig, och om brottet innehåller grafit har det gråa och det vita järnet skarpt skilda åt med fullkomligt linjerak avgränsning. Av gammalt har man ansett, att medelrika, engående något talkiga svartmalmer giva lämpligaste tackjärnet till den allra segaste lancashiren, och förstår man då med engående en beskickning, som utan vare sig kalk- eller kvartstillsats ger glasig slagg, något litet surare än bisilikat (2—2,5 sil.). Som emellertid lancashirejärnet färdigfärskat och i härden väl genomarbetat ej är så synnerligen känsligt för några hundradels % fosforhalt, så tager man i regel gärna med rika blodstenar i beskickningen, då man till följd av att dessa vanligen äro kvartsiga ock får taga med en eller flera mer basiska svartmalmer (blandstenar) eller ock får sätta upp något lim. Att ha med mycket stor % av kvartsiga blodstenar medför åter gärna dels fattig beskickning, dels höjd kiselhalt i tackjärnet och undvikes därför. Så anser t. ex. A. Alsterberg, att blodstenar ej böra få ingå mer än till högst 40 %. Rika, således på kvarts fattigare blodstenar äro bättre, och med konst åstadkomna blodstenar såsom Gröndals briketter böra, om blåsningen och arbetet i masugnen skötes så, att i alla fall nog med slagg av rätt sammansättning finnes i masugnsstället mellan utslagen och i pipan nog med kol för kolbindningen, ge gott tackjärn. De ledsamheter man haft vid för rika brikettbeskickningar ha nog uppstått genom kol- och slaggbristens inverkan på tackjärnssammansättningen. Måste man gå med mycket kvartsiga blodstenar, måste man för ernående av tillräcklig kiselrenhet gå med mera basisk slagg än den ovannämnda. Om rätta blästertemperaturen för lancashiretackjärn har mycket tvistats, men tyckes man, så som förut sagts, nu alltmera övergå till bergsingenjör W. Sandals vid Boxholm åsikt att 300—350° temperatur ej skadar, om blott drivning och limpåsättning samt malmning rättas därefter. Ja, i Lefflers tabeller (J. K. A. 1911) finnes ett exempel på lancashire blåst med 500° temp. Som smedens arbete är till stor del beroende på den mängd legeringsämnen, han har att färska bort ur järnet, och smidesjärnet blir segare och jämnare ju mera det genomarbetats, så är det självklart, att man ej vid ökad blästervärme får spara så mycket på kolåtgången i masugnen genom att öka malmpåsättningen så mycket att tackjärnet kommer att hålla för litet kol. Manganhalten hålles i regel låg, dels för att minska arbetet för smeden, dels till minskning

i avbrännan i härden, i vars färskslagg manganoxidulen är av föga — för att ej säga negativ — nytta. Endast vid svavelhaltigt tackjärn eller vid beredande av stålämnesjärn är en betydligare manganhalt önskvärd.* Av båda de sistnämnda orsakerna se dannemoraverken gärna sitt lancashire- och vallontackjärns ovanligt höga manganhalt.

H. Tholander, som givit en utmärkt beskrivning på huru bästa lancashiretackjärn bör vara sammansatt, och huru det skall färskas,** säger om det förra bland annat:

»Såsom gott lancashiretackjärn har av ålder ansetts det, som är fritt från oarter och har så kallat halverat brott, det vill säga med grått och vitt i samma brott, med en skarp gräns mellan båda, alldeles såsom dragen efter linjal, och där den övre gråa delen är glittrande småkristallinisk djupgrå och den undre vita delen är glänsande vit, bladigt kristallinisk. I härden böra dock tackjärn av olika sättningsgrader så blandas, att medelgraden motsvarar $^3/_4$ vitt. Kemiska sammansättningen bör vara S ej över 0,005 %, allra högst 0,010 %, Si i det helvita järnet 0,10—0,20 %, i halvvitt 0,25—0,30 % och i grått 0,30—0,40 %, samt i blandningen 0,20—0,30 %, Mn 0,20—0,30 % (för ståljärn 0,8—1,2 %), P för söm- och trådjärn 0,05—0,06 % och för annat upp till 0,1 %,*** C helst 4,25 % och ej under 4,0 %, varför ett tackjärn, som blåses med hårdsatt hyttgång, får för låg kolhalt, vilken, om den nedgår till 3,5 % eller under, måste anses göra järnet odugligt för lancashiremetoden.»

Lancashiretackjärnet gjutes alltid i form av platta »tackor», vilken form bäst lämpar sig för arbetet i denna färskningsmetod. Äro dessa tackor ej helvita eller helgrå, så ligger det vita järnet alltid under och det grå över i brottet.

2:o. *Vallontackjärnet*, som tillverkas endast vid de bruk, som äro delägare i Dannemora gruvor, och vilket är avsett uteslutande som råämne till allra finaste degelstål, blåses alltid med hårdsatt gång, ja, ofta med t. o. m. så hårdsatt, att en del av malmens järn stannar oreducerad i slaggen, givande denna en mörkt gräsgrön färg och något blåsig struktur. Slaggsammansättningen, man håller vid blåsningen av detta tackjärn, är 1,5-silikat eller än mera basisk, ja, en vallonjärnsmasugn har på senare tider t. o. m. gått med den för en svensk masugn ovanliga silikatgraden 1,0. Den vanliga håller sig dock mellan 1,2—1,5. Som Dannemora malmer dels äro mycket kalkrika, dels även hålla rätt mycket mangan, giva de, om de ej blandas med kvarts eller kvartsiga malmer från andra gruvor, ofta än mera basisk slagg. Någon limpåsättning behöver därför aldrig ifrågakomma och som utlänningarna betala mera för tackjärn som garanteras vara blåst av uteslutande dannemoramalmer, så är kvartspåsättning ej ovanlig i

* Vid stålämnesjärn gärna 0,8 % och går i Dannemora ibland upp till 1,2 % Mn.

** Se J. K. A. 1902 sid. 445 o. f.

*** För bättre vanlig manufaktur dock ej över 0,08 % P.

denna bergslags hyttor. I regel blåses med låg blästervärme 50—100°. Om det på så sätt blåsta tackjärnet skulle gjutas i kokill, skulle det till följd av den hårdsatta gången och den avsevärda manganhalten visa sig helvitt i brottet och grovbladigt, men som det ej som lancashiretackjärnet gjutes i platt form och i kokill utan i långa i hyttans sandgolv uppformade rännor, erhålles det i form av c:a 4 m långa halvrunda balkar kallade »gösar» (250 — 150) × 140 mm, och avslår man dessa, så finner man i regel järnet innehålla runda gråa korn inblandade i den helvita grundmassan, varav järnet fått namnet hagelsatt. Mesta haglena befinna sig i brottytans mitt som sist stelnar vid gjutning i sand. Att det gråa ligger i sådana av vitt järn åtskilda korn beror på järnets i förhållande till lancashiretackjärnet något högre svavelhalt.

Analysen på ett gott vallontackjärn är: C = 3,80—3,95 %, Si = 0,10—0,16 %, S = 0,020—0,025 %, Mn = 0,50—0,75 %, P = 0,012—0,015 %. Man får dock även vallontackjärn med C = 3,65—4,10 %, Si = 0,04—0,86 %, S = 0,014—0,030 %, P = 0,016 %, Mn upp till 1,5 % och Cu = 0,04—0,025 % samt As = 0,020—0,080 %.

3:o och 4:o. Martintackjärnssorterna. För sura metoden blåser man gärna tackjärnet med olika hårdsatt gång och olika slaggsammansättning allt efter som det skall användas till hårt eller mjukt ståls framställande, i skrocharger eller malmcharger, och malmerna väljer man helt och hållet efter den finare eller mindre noggranna stålkvalitet man ville åstadkomma. Ämnar man av tackjärnet framställa verktygsstål i martinugnen, så väljer man för detsamma ut sina fosforfriaste malmer och de fosforfriaste träkol, man kan till rimligt pris komma över. För allra mjukaste sega martin tager man gärna talkhaltig beskickning. Tackjärnet till hårt stål tages hårdsattare, d. v. s. med mindre kisel och kolhalter än till mjukt stål och detta därför, att en martincharges badtemperatur i regel blir högre vid större halter av Si, Mn och C, och om således såväl kisel- som manganhalterna äro för stora, kan stålets tappningstemperatur bli för hög. I hårt stål vill man åter gärna ha minst en kvart % Mn och därför användes vid en del bruk kiselfattigt men manganrikt tackjärn härtill. Vid charger för mjukt stål önskar man högre badvärme, ty detta stål måste tappas vid högre temperatur. Basiskt stål vill bli kallare än surt, och vill man därför till det gärna ha kisel- och manganrikare tackjärn, eller ock tager man större portion tackjärn i chargen än vid sura metoden. Detta är regeln vid våra martinverk, men undantag förekomma. Vad silikatgraden å slaggen angår, så varieras med den rätt mycket vid en del verk, och håller man där ej synnerligt mycket på någon viss sådan utan ställer blott så, att man får tillräckligt svavelfritt järn med billigaste beskickning. Vanligast torde silikatgrader mellan 2,0—1,5 vara, men betydligt både surare och mera basiska martintackjärnsslagger ha vi sett på bergskoleresorna. Vad blästertemperaturen angår, så

synes av Lefflers tabeller (J. K. A. 1911) att densamma varierar från 190—700°, men användes nog mest 400—500°. Varför man i dessa avseenden är mindre bunden vid blåsning av martintackjärn än vid blåsning av bessemer- och lancashiretackjärnssorterna är beroende på möjligheten vid martinugnen att genom större eller mindre gaspådragning reglera chargetemperaturen.

Såsom exempel på goda martintackjärnsanalyser kunna från ett bruk känt för sin 1:ma mjuka sura martin anföras:

vitt tackjärn C = 4—4,5 %, Si = 0,16—0,30 %, Mn = 0,40—0,70 %,
P = 0,029—0,034 %, S = 0,005—0,015 %,
grått » C = 3,80—4,10 %, Si = 0,65—0,82 %, Mn = 0,95—1,12 %,
P = 0,031—0 033 %, S = sp.—0,010 %.

Tackjärn använt till 1:ma verktygsstål är vid ett annat verk med sur martinugn sammansatt:

C = 3,5—4 %, Si = 0,60—1,00 %, Mn = 1—1,5 %, S = 0,010—0,015 %,
P = 0,015—0,020 %, Cu c:a 0,04 %.

Tackjärn använt till finaste verktygsstål vid basiskt martinverk:

halvvitt C = 4,0—4,25 %, Si = 0,30—0,60 %, Mn = 0,50—0,80 %,
P = 0,022—0,025 %, S = 0,003—0,010 %,
grått C = 3,5—4,0 %, Si = 1,00—1,50 %, Mn = 0,80—1,00 %,
P = 0,045—0,050 %, S = 0,007—0,010 %.

Tackjärn använt vid ett annat basiskt verk till renaste hård och d:o mjukaste vara:

1:ma	helgrått	C = 3,5 %	Si = 1,37 %	Mn = 0,20 %	P = 0,029 %	S = 0,005 %
»	kantvitt	» = 4,2 »	» = 0,48 »	» = 0,17 »	» = 0,027 »	» = 0,006 »
2:da	helgrått	» = 3,6 »	» = 1,46 »	» = 0,29 »	» = 0,055 »	» = 0,023 »
»	helvitt	» = 4,1 »	» = 0,55 »	» = 0,26 »	» = 0,050 »	» = 0,024 »

Ett av våra förnämsta stålgjutgodsverk använder ett tackjärn blåst med slagg av 1,55 silikatgrad och förhållandet $\frac{MgO}{CaO} = 2,3$, således mycket svårsmält slagg. Detta järn blåses med 300° blästertemperatur. Tackjärnets sammansättning varierar mellan:

Si = 0,70—0.90 %, Mn = 0,90—1,10 %, P = 0,022—0,028 % o. S = 0,002—0,011 %

5:o. Bessemertackjärn för sura metoden. Som vi här i Sverige alltid taga tackjärnet direkt från masugnen till bessemerugnen utan att vare sig först tappa det i mixers eller ock låta det kallna och sen smälta om det i kupolugn, så måste vi sköta bessemerhyttorna så, att de dels gå med möjligast jämn gång, dels ge ett varmt och på kisel och mangan rikt tackjärn. Såsom förut har visats erhålles det senare genom nödsatt gång och kan då blåsas med mera nödsatt gång och

svagare drivning eller med mindre nödsatt gång men skarpare drivning och hetare bläster. Vad tackjärnets sammansättning angår, så hålles det vid t. ex. ett av våra verk, som tillverkar huvudsakligen mjukt bessemerstål: Si = 1,04—1,57 %, Mn = 4,28—3,03 %, S = spår och P = 0,025—0,035 % medan kolhalten håller sig omkring 4 %. Slaggen hålles där vid 2,1 silikat eller något mera basisk. Ett annat verk, som går med 1,3—1,5 silikat och mycket mer manganfattiga malmer, har ett bessemertackjärn vanligen sammansatt C = 4,10 %, Si = 0,9—1 %, Mn = 2,5—2,7 %, men måste ibland använda även tackjärn med t. ex. C = 4,32 %, 0,49 % Si och 1,87 % Mn eller med C = 3,82 %, 1,19 % Si och 3,86 % Mn men laborerar då med diverse tillsättningar i bessemerkonvertern, varom mera längre fram. Såsom av Lefflers tabeller framgår, blåses vårt sura bessemertackjärn med 350—450°, vanligast 400° blästertemperatur och en medeldrivning av 1,38. Tackjärnets sättningsgrad bör rättas efter den kolhalt man önskar framställa, men vanligen får man med nutidens dåliga och ojämna träkol nöja sig med att göra tvärtom, d. v. s. blåsa stål med den kolhalt, som det ur bessemerhyttan kommande tackjärnet för tillfället lämpar sig till!

6:o. Kanontackjärn och vanligt gjutjärn äro tvenne mycket olika tackjärnsslag. Det förra, som numera aldrig användes till det ändamål, som namnet angiver, men varav vi ända till in på 1880-talet tillverkade våra för den tiden utomordentligt starka och goda tackjärnskanoner, är det starkaste gjutjärn, som ännu tillverkas utan andra legeringsämnen än C, Si, Mn, P och S. Det skall visa i ohärdad form d. v. s. gjutet i sand en fullkomligt jämngrå brottyta med det gråa i form av runda korn inbäddade i den vita grundmassan. Denna jämna fördelning erhålles därigenom, att tackjärnet håller en lagom svavelhalt, vida större än i vårt vanliga träkolstackjärn. Numera säges bästa kanonjärnet erhållas med en svavelhalt varierande mellan 0,08—0,15 % S, men förr höll man något mindre halt som synes av nedanstående analyser:

		Si %	Gr %	bC %	P %	S %
Finspångs kanonjärn 1860 n:o	2	0,96	2,09	1,03	0,040	0,035
»	3	1,00	1 44	1,12	0,032	0,040
»	4	0,81	2,00	1,25	0,034	0,040
»	5	0,72	1,50	1,85	0,039	0,040
»	6	0,61	0,90	2.50	0,036	0,050
Åkers » 1860 »	3	0,60	2,34	1.14	0,074	0,030
»	4	0,55	2,14	1,30	0,074	0,030
»	5	0,44	2,09	1,35	0,076	0,035
»	6	0,40	2,00	1,51	0,080	0,035
Nyare analyser visa å »	2	1,00	3,5—3,3	0 5—0,7	0,06—0,08	0,08—0,10

Det skall blåsas med kall bläster, trisilikatslagg eller surare och ytterst långsam drivning. Till följd av den kalla blästern och de ej vidare järnrika beskickningarna blir kolåtgången för nutida förhållanden onaturligt hög eller i banko mot den vanliga. Detta dyrbara men utmärkta tackjärn användes för valsar och andra starka maskindelar. Tackjärn, som står nära detta kanonjärn, har man blåst i några andra masugner men även genom blandningar åstadkommit ifrån kupolugn och kallas det vid export vanligen cylindertackjärn. Detsamma håller C = 0,60—0,80 %, Gr = 1,90—1,70 %, Si = 1,30—0,90 %, Mn c:a 0,50 %, P = 0,060—0,070 % och S = 0,10—0,25 %. Skall detsamma tillverkas i masugn måste även det blåsas med ytterst nödsatt beskickning, mycket sur slagg och alldeles kall eller sval bläster. Vid båda tackjärnsslagen måste man antingen använda ej starkt rostade och därför svavelhaltiga malmer eller ock uppväga och påsätta av ren svavelkis å kransen. Dessa tackjärnssorter gjutas i stångform i sand och med avsättningar och få stängerna antingen 120 × 120 mm tvärgenomskärning med avsättningar på var 640 mm eller 80 × 95 mm och 160 mm:s avsättningar. I bergshögskolans samlingar finnes av kanonjärn med tillhörande slagg stuffer av nedanstående sammansättningar:

Tabell LXII.

	Tackjärnets sättningsgrad				Motsvarande slagg vid		
	N:o 2	N:o 3	N:o 9		N:o 2	N:o 3	N:o 9
Mn	0,37 %	0,17 %	0,15 %	SiO_2	60,5 %	60,5 %	60,0 %
Gr	2,40 »	1,65 »	0,38 »	Al_2O_3	2,5 »	2,7 »	6,0 »
C	0,85 »	1,14 »	3,00 »	CaO	27,5 »	28,5 »	25,8 »
Si	0,90 »	0,83 »	0,48 »	MgO	3,5 »	3,0 »	2,0 »
S	0,15 »	0,10 »	0,15 »	MnO	2,5 »	2,5 »	2,5 »
P	0,037 »	0,043 »	0,058 »	FeO	1,0 »	2,0 »	3,4 »
				CaS m. m.	2,5 »	1,8 »	0,3 »

Av träkolsgjutjärnssorter ej direkt avsedda för dessa specialbehov men ändock utmärkande sig för en vida större styrka än det utländska koksgjutjärnet intager Björneborgs ett framstående rum och är detta järn enligt en av bruket utgiven samling analyser i medeltal sammansatt:

	Gr %	bC %	Si %	Mn %	P %	S %
CAH n:o 1	2,68	0,25	3,10	0,60	0,13	0,12
CAH » 2	2,75	0,45	2,52	0,53	0,22	0,10
CAH » 3	2,40	0,66	2,23	0,66	0,31	0,11
CAH » 4	2,75	0,50	1,68	?	?	0,007

Huru drivning, blästertemperatur och slaggens silikatgrad för detta järn hålles får ej här offentliggöras, utan måste lämnas till den muntliga undervisningen.

Ett par andra verk blåsa ävenledes träkolsgjutjärn och detta uteslutande för export, men deras »gjutjärn» användas troligen endast till blandning med engelskt för åstadkommande av större styrka i godset. De båda tackjärnsslagen hava sammansättning varierande: S = 0,007—0,012 %, P = 0,037—0,046 %, Si = 1,51—1,79 %, Mn = 1,0—1,33 % enligt de analyser som visats oss, och blåste man med 1,8—2,7 silikat samt mycket nödsatt gång, drivning c:a 1,5 och 450° blästervärme.

7:o. *Exporttackjärnssorterna.* De viktigaste av dessa avses till aducering, degelstålsberedning och till martin för pansar, kanoner, tuber och dylika finare kvaliteer.

Aduceringstackjärnet säljes antingen som helgrått eller helvitt. Vid båda sorterna fordrar man låg manganhalt och mycket låg svavelhalt, av orsaker, som under aduceringsmetoden skola närmare förklaras. Det vita blåses med svagare drivning och lägre blästervärme än det gråa. Malmerna böra vara manganfattiga, vid det vitas blåsande engående svartmalmer, vid det gråa åter kan man taga med något kvartsiga blodstenar, ty tackjärnets fosforhalt behöver ej vara synnerligen låg. Nedannämnda 4 aduceringsjärn, dem författaren själv varit med om att tillverka, nämnas som exempel.*

Järnets brottutseende	grått	grått	vitt	vitt
Tackornas dimensioner mm . .	55×47×1200	45×70×300	55×50×1200	50×65×300
Använd blästertemp., max. . .	300	360	200	180
Använd silikatgrad	2,3	1,75	2,7	1,54
Relativ drivning .	1,1	1 25	1,0	1,5
Bundet kol % . .	0,80	0,30	4,10	3,80
Grafit » . .	3,35	3,50	0,00	0 00
Summa kol » . .	4,15	3,80	4.10	3,80
Kisel » . .	0,80—1,00	1,10	0,10—0,20	0,20—0,30
Mn » . .	0,20—0,25	0,12	0,10—0,15	0,10—0,15
P » . .	0,035—0,045	0,055	0,060—0,080	0,028—0 030
S » . .	0 015—0,020	0,010	0,005—0,015	0,010

Ofta blåses vitt aduceringstackjärn med kallare bläster än ovan uppgivits och grått ävenledes och även med andra drivningar, vilket framgår bland annat av Lefflers tabeller, där

* Skottlands finaste aduceringstackjärn Lorns höll förr:
Grått bC = 1,55 %, Gr = 2,54 %, Si = 1,14 %, S = 0,05 %, P = 0,05 %, Mn = 0,06 %
Vitt » = 3,43 » » = 0,00 » » = 0,19 » » = 0,04 » » = 0,065» » = 0,04 »

masugn n:o 28 går med 250° blästervärme och 0,94 rel. drivn.
» » 42 » » 330° » » 1,12 » »
» » 59 » » 270° » » 1,33 » »
» » 72 » » 100° » » 1,13 » »
» » 73 » » 225° » » 1,12 » »

Tämligen allmänt anses, att det går bäst att blåsa ett förstklassigt aduceringstackjärn i låga masugnar, och har detta så till vida fog för sig, att man i dem har lättast hindra, att tackjärnet för mycket kolbindes. Ingendera tackjärnssorten får i brottet visa några som helst blåsor och vad det vita järnet angår går det relativt lättare åstadkomma på en gång kisel- och kolfattigt samt dock gasfritt i låga än i höga masugnar efter vad försök i 18 m höga masugnar givit vid handen.

Degelstålstackjärn exporteras i ej obetydliga kvantiteter, och förr, då detta så gott som uteslutande togs från Persbergs bergslag, så fordrades av detsamma i det närmaste kiselfrihet, i det att överpris betalades för kiselhalt av blott 0,1 %. Man fordrade då ock minsta svavelhalt (ej över 0,01 %) och låg fosforhalt men tämligen hög kolhalt, och Persbergs då engående malmer (bisilikatslaggbildare) rostades väl samt blåstes sedan med kall eller nära kall bläster och låg malmning. Den rena Persbergsbeskickningen gav ett så gott som manganfritt tackjärn, men på begäran om manganhalt skaffades denna genom tillsättning av Pajsberg- eller Långbanmalmer till beskickningen. Av detta tackjärn tillsammans med svenskt stångjärnsavhugg tillverkades så i England 1:ma degelstål. Nu är ingen mera av de gamla Persbergshyttorna i gång än Storbrohyttan. Sedan även engelsmännen lärt sig, att mindre kiselmängder ej äro fullt så farliga i stål, som de förr trodde, hålles nu mera på fosforrenhet än på kiselfrihet och lära därför dels, som naturligt är, Dannemoratackjärn hållande 1 % Si, 1,5—2,0 % Mn, under 0,020 % P och med ej över 0,015 % S samt 0,020—0,040 % Cu och 0,015 % As, dels ock Gällivaretackjärn med 3,75—4,25 % C, 0,03—0,35 % Si i helvitt och 0,55—1,15 % Si i helgrått, 0,04—0,08 % Mn, 0,013—0,025 % P samt 0,004—0,015 % S vara omtyckta degelståltackjärnssorter. Det förstnämnda blåses med 400—300° blästervärme, 1,5 silikatslagg och drivning 1,5—1,25, det senare med 350—300° blästervärme 1,5—1,6 silikat och drivning 2—1,6, de första talen gällande grått, de senare vitt järn.

1:ma martintackjärnet, som nog utgör vår största export av tackjärn, blåses dels 1:o kisel- och manganfattigt, dels 2:o kiselrikare och manganfattigt, dels både 3:o kisel- och manganrikt. Exempel därpå anföras här nedan·

avsett för:	1:o		2:o		3:o diverse	
	artillerimat.	pansarplåt	pansarplåt	rörmaterial		
Blästertemp.	350°	300°	450°	450°	280°	300°
Slaggens silikatgrad	1,75	1,60	1,70	2,00	1,84	1,85
Drivning . .	1,26	1,30	1,55	1,35	1,5	1,4
C %	4,18	?	?	4,00	3,80	3,90
Si %	0,10	0,10—0,25	0,7—1,2	0,8—1,0	1,18	1,82
Mn %	0,09	0,10—0,20	0,1—0,2	0,1—0,2	1,52	1,22
P %	0,017	0,01—0,02	0,01—0,02	0,01—0,015	0,023	0,013—0,020
S %	0,008	0,008—0,017	0,008—0,012	0,018—0,025	0,011	0,010
Cu %	0,001	—	—	—	—	—

De fosforfriare sorterna förutsätta dels fosforfria kol — helst torrrakekol eller kol av lång väg flottat virke, dels naturligtvis fosforfria malmer och beskickningsmedel, och där det stipuleras att svavelhalten skall vara låg, måste malmerna rostas med yttersta omsorg.

β. Kokstackjärnssorterna.

1:o. Tackjärn för basisk bessemer. Tyska tackjärnssyndikatet har nyligen uppställt följande normalanalyser för Thomastackjärn:

	Mn %	P %	S %
1:ma	$\geqq 2{,}0$	1,8	0,12
2:da	c:a 1,5	1,8	0,12
3:tia	$< 1{,}0$	1,8	0,12

men enl. Fehlands Ingenieur-Kalender bör dylikt helst vara sammansatt: Si = 0,2—0,5 %, Mn = 0,8—2,0 %, C = 3—3,5 %, S $<$ 0,08 % och P = 1,7—2,5 % och enligt Hütte C = 3,5 %, Si = 0,3—1,0 %, Mn = 1,0—1,5 %, P = 1,70—2,0 % samt lagar man, att i slaggen

$$\frac{\text{summa baser}}{\text{summa syror}} = 1 \text{ eller } 1{,}2.$$

Gångens i masugnen nödsatthet tager man så, att koksåtgången blir 90—125 % av tackjärnsvikten, det förra talet gällande rikaste (svensk), det senare fattigaste (minett-) beskickning. Blästertemperaturen hålles 600—850°. Man räknar i Oberschlesien* vid en nybyggd Thomashytta på 1 tons tackjärnstillverkning per dygn per 3 m³ piprymd, motsvarande per m³ piprymd 0,333 ton tackjärn. Detta är dock med dålig koks och ej så synnerligt rik beskickning. I Westfalen har man Thomashyttor** som på 400 m³ rymd lämna 300 ton tackjärn, d. v. s. per m³ 0,75 ton. Enligt Lefflers tabeller hava vi kokshyttor som ge 0,533 ton per m³ och otvivelaktigt kan man för en ny

* Se J. K. A. B. 1907 sid. 230.

** Se Ledeburs Eisenhüttenkunde.

svensk koksmasugn byggd på bästa sätt och med tillfredsställande blåsmaskiner och bästa regenerativa varmapparater våga räkna med 0,65 ton Thomastackjärnsproduktion per m^3 ugnsrymd. Som fosforn är det viktigaste legeringsämnet i Thomastackjärnet, och det har sina svårigheter att här i Sverige åstadkomma nog fosforrika beskickningar, men kiseln är till skada för bessemerkonvertrarnas infodring, så väljer man en varken för sur eller för basisk slagg. En surare slagg skulle underlätta fosforns utreducerande, men skulle åstadkomma för hög kiselhalt, en mycket basisk åter orsakar fosforförlust ehuru den inskaffar mera mangan i tackjärnet, vilken i thomaskonvertern är till nytta. En av våra Thomashyttor går därför med 1,4 silikat och ibland något litet surare och med $\frac{MgO}{CaO} = \frac{1}{6}$. Får man svavelhaltigare koks måste man naturligtvis göra slaggen ännu mera basisk, men då bör densamma — egentligen för sin höga kalkhalts skull — tillvaratagas och användas som mossgödningsmedel. Bästa svenska malmerna för Thomastackjärn äro de fosforrika blodstenarna, men som det är relativt ont om dem, får man — isynnerhet om nytt verk skulle anläggas för statens behov i Lappland — nöja sig med magnetiter av hög fosforhalt.

2:o. Kokstackjärn till 2:da basisk martin bör återigen blåsas med fosforfriare malmer, ju fosforfriare ju bättre, bara de äro rika och billiga, ty vid basisk martin gå chargerna fortare ju mindre fosfor man har att bortoxidera. Malmer av Luossavarekvalité skulle härtill vara ypperliga. För att få seg mjuk martin* bör tackjärnets svavelhalt vara låg och således tages slaggens silikatgrad efter den svavelrenhet man önskar, men varken vid denna eller någon annan kokstackjärnssort bryr man sig om att rosta malmerna såvida ej deras svavelhalt är ovanligt hög, ty slaggerna måste i alla fall för kokssvavlets skull tagas basiska. Ju mindre kisel och kol tackjärnet innehåller, ju fortare går martinchargen, ju mera tackjärn kan man taga med i den och ju mindre färskmalm åtgår. På hyttan bör man därföre malma hårt och gå med hög blästervärme.

3:o. Gjuttackjärn. Vi skola väl hoppas, att vi någon gång måtte få till stånd koksgjutjärnstillverkning även här i Sverige vare sig vid Göteborg, Oxelösund eller vid Malmberget, dit koks som återgångsgods kan erhållas billigt och avsättning kan beredas för kraft av den gas som hyttan ej själv behöver. Såväl i Tyskland som i England tillverkas utmärkta gjuteritackjärnssorter och anföras här kisel-, mangan-, svavel- och fosforhalterna för några sådana.

	Si %	Mn %	P %	S %
Enligt tyska tackjärnssyndikatets bestämmelser bör gjuteritackjärn n:o I hålla	$\geqq 2{,}5$	1,0	$\leqq 0{,}6$	$\leqq 0{,}04$
» » III .	1.8—2,5	0,8—1,25	0,6—0,9	$\leqq 0{,}05 - 0{,}06$

* Således manganfritt.

	Si %	Mn %	P %	S %
Buderus n:o I håller . . .	2—2,5	0,6—0,8	0,6	—
Niederrh. Hüttes n:o I håller	3,3	0,85	0,32	—
Engelskt »cold blast» n:o I håller	1,1	0,9	0,44	—
Gartsherrie n:o I håller . .	2,75	1,3	0,79	—
Amerikanskt n:o I » . .	2—2,5	0,4	0,73	—
Gartsherrie n:o III » . .	1,9	0,8	0,98	—
Coltness » . .	2,3—3,3	1,3—0,85	1,03—1,11	—
Amberger n:o III » . .	1,8	0,35	1,33	—
Amerikanskt n:o III » . .	2,3—2,6	0,25	1,49	—
Luxemburger n:o III » . .	1,8—2,5	0,3—0,4	1,6—1,9	—

Vad slaggsammansättningen vid gjutjärnsblåsningen angår, så hålles den vid $\frac{\text{summa baser}}{\text{summa syror}} = 0{,}9—1{,}0$ och koksförbrukningen räknar man till 110 % av tackjärnets vikt. Avsevärt med lerjord bör ingå i slaggsammansättningen, vilket mycket lätt kan åstadkommas hos oss genom uppsättning av vanlig åkerlera med i beskickningen. Hög blästervärme är naturligtvis nödvändig, såvida ej s. k. »kallblåst» gjutjärn skall åstadkommas.

c. Masugnsslaggerna och beskickningens beräknande.

1. Slaggerna. År 1886* lämnade professor R. Åkerman en utredning »om de för olika masugnsslaggers smältning nödiga värmebehoven», vilket utmärkta arbete gjort ofantligt mycket för den svenska hyttskötselns mera ekonomiska bedrivande, i det den mer än något annat väckte våra hyttemäns uppmärksamhet på vikten av en rätt slaggsammansättning. Avsikten med utredningen var, som Åkerman skriver, »att bringa reda i den ovisshet, som dittills rått om vid vilka förhållanden mellan baserna smältligheten vid de olika slaggsilikaten blir som störst och således även möjligheten till kolbesparing ökas, ävenså att taga reda på huru mycket värme en viss mängd slagg av olika slag erfordrar samt slutligen huru mycket det samtidigt med slaggen utreducerade järnet upptager av vissa ämnen, varigenom åter slaggens smältlighet kommer att inverka på beskaffenheten av det tackjärn, som jämte den ifrågavarande slaggen framställes.» Bestämningar gjordes dels vid på laboratorieväg åstadkomna rena silikat: kalk-talksilikat, kalk-lerjordssilikat, kalk-manganoxidulsilikat och några kalk-talk-lerjordssilikat, dels på i stort tillkomna slagger, däribland å 74 masugns-, 3 bessemerugns- och 1 vällugnsslagg, och bjuda resultaten från dessa mera sammansatta slagger för hyttemannen onekligen största intresset.

* Se J. K. A. 1886 sid. 1.

Silikatgrad. Innan vi gå att i detalj redogöra för Åkermans rön, böra vi dock klargöra begreppet silikatgrad. Man säger, att en slagg är av den eller den silikatgraden, och förstår man därmed förhållandet mellan $\frac{\text{summa syre i syrorna}}{\text{summa syre i baserna}}$ och kunna vi teckna det $\frac{-O}{+O}$. Allt efter som detta förhållande växlar, växlar även slaggernas utseende både vid utrinnandet ur ugnen och efter stelnandet, och tog man sig redan för länge sedan därav anledning indela slaggerna i fem huvudgrupper nämligen:

1:o självsläckande = subsilikater, $\frac{-O}{+O} = 0{,}5$, ytterst kvickflutna, mycket svårsmälta, tvärstelnande,

2:o stenartade = singulosilikater, $\frac{-O}{+O} = 1{,}0$, kvickflutna, svårsmälta, hastigt stelnande,

3:o kristalliniska = sesquisilikater $\frac{-O}{+O} = 1{,}5$, rätt snabbflutna, lättsmältare, långsammare stelnande,

4:o glasiga = bisilikater, $\frac{-O}{+O} = 2{,}0$, lugnt flytande, lättsmältast, långsamt stelnande,

5:o emaljartade = trisilikater, $\frac{-O}{+O} = 3{,}0$, trögt flytande, ej så lättsmälta, ytterst långsamt stelnande.

Övergångsgraderna mellan dessa betecknades genom namnkombinering: stenkristallinisk, glaskristallinisk, glasemalj; sammansättningar åter som stenemalj, kristallemalj, som man förr kunde få se vid degelproven i laboratorieliggarna, äro endast intyg om laborantens mindre kunnighet eller mindre goda omdömesförmåga.

Vad nu masugnsslaggerna angår, så förekomma endast de 4 senaste graderna och därav 2:dra graden sällsynt vid träkolshyttorna, då den första i dem är så gott som osmältbar och den andra ytterst svårsmält, och vid kokshyttorna åter endast de 4 första och därav den 4:de graden ytterst sällsynt av skäl att tackjärnets svavelhalt vill vid glas- och trisilikat bli oskäligt hög med den mängd svavel som koksen håller.

Lerjorden syra? Långa tvister ha pågått om, huruvida lerjorden i slaggerna skall räknas såsom bas, syra eller indifferent, men numera äro vi tämligen eniga om att räkna den till syrorna och otvivelaktigt är, att den i masugnen verkar på samma sätt som kiselsyran, både till slaggens och tackjärnets egenskaper — den må sedan i de stelnade slaggernas utkristalliserade mineral, så som Vogt påpekar, förekomma som bas. Det senare är en sak, som kan vara viktigast för mineralogen, för hyttkarlen åter är det viktigaste det förra, nämligen dess verkan på slaggens och järnets egenskaper.

Vare sig jag har mycket lerjord och litet kiselsyra, eller litet ler-

jord men mycket kiselsyra, så erhåller jag emaljslagg och i båda fallen grafitrikt, kiselrikt, helgrått järn. Så får man leremaljslagg och utmärkt gjutjärn med Smålands myrmalmer, en slagg, som vare sig lerjorden skulle räknas som bas eller indifferent skulle bli betecknad som sub- eller singulosilikat och då borde ge så gott som kiselfritt järn i de masugnarnas relativt kalla ställen. Ökades, då man blåste myrmalmsjärn vid Eds och Ankarsrums masugnar, genom en liten kalkpåsättning (Småland har ont om kalk och den var dyr) basisiteten, så fick man en vackert brunt glasig slagg fullt genomskinlig, alldeles som om man vid samma masugnar vid kanonjärnsblåsningen gjorde samma limökning, då man fick kiselsyreemaljslaggen omvandlad till vackert ametistfärgat glas. Och övergångarna voro de samma i båda fallen, först glasränder i emaljen, så klart glas med emaljränder och slutligen klart glas. Skillnaden låg endast i färgen, lättflutenheten åter var densamma vid emalj som emalj, vid glas som glas. Leremaljerna vit- eller gråbrandigt bruna, kiselsyreemaljerna vita, klarblå- eller svagt ljusgröna, lerglaset vackert brunt, kiselsyreglaset ametist- eller grönfärgat. Tackjärnsslaggen djupgrå vid båda emaljerna, ljusgrå till vita vid båda glasslagen. I bergshögskolans övningsmasugn hava vi under några år i olika beskickningar ersatt kiselsyra med ren lerjord erhållen från Kvarnsvedens pappersbruk och hava vid vart försök fått samma slagg- och tackjärnstyp samt ämna vi fullborda serien 1912 och 1913. Därvid har ock visat sig, att författarens i Wiborghs metallurgi uttalade förmodan att 3O i lerjorden svarar mot 2O i kiselsyran var riktig, och hade jag grundat denna min förmodan på analyserna av de i bergshögskolan förvarade lerjordsemalj- och glasslaggerna.

Masugnslaggernas smältvärme. När Åkerman utförde sina undersökningar räknades ingenstädes lerjorden som syra och är detta delvis orsaken till en del oregelbundenheter i de uppställda värmeserierna, medan en del andra få tillskrivas outredda kombinationer mellan både baser och syror. Med de 7 vanligaste faktorerna FeO, MnO, CaO, MgO, Al_2O_3, SiO_2 och TiO_2 kan det ju bildas en snart sagt hopplöst stor samling olika slagger med olika smältningsförhållanden, och man får vara Åkerman tacksam, att han klarat upp det allra huvudsakligaste. En litet större utredning skulle, som han säger, tagit ett à två år till, och för en fullständig behövdes nog ett forskarliv.

Återgå vi till de Åkermanska undersökningarna, så visade de rena och enklare sammansatta laboratorieslaggerna att:

Av kalk-talksilikaten äro av singulosilikaten ett av de lättsmältaste det med $\frac{MgO}{CaO} = \frac{1}{2}$ som behöver 483 v. e., av de av 1,5—2-silikatgrad lättsmältast det med ett förhållande $\frac{MgO}{CaO} = \frac{4}{9}$ (411 v. e. vid 1,5 sil. och 377 v. e. vid 2 sil.); ökas talkhalten så minskas smältlig-

heten med ungefär samma hastighet som den med stegrad talkhalt tilltager upp från det rena kalksilikatet, men talkens verkan är kraftigare till minskning vid bi- än vid sesquisilikatet, vid det förra 100 v. e. eller 20 % från rent kalk till förhållandet $\frac{4}{9}$, vid det senare blott 20 v. e. Vid 2,5-silikatet är förmånligaste förhållandet $\frac{MgO}{CaO} = \frac{2}{7}$ (263 v. e.) och besparingen 80—90 v. e., vid 3-silikatet — där rena kalksilikatet är i och för sig ganska lättsmält — upphör talkens förbättrande verkan ganska snart eller vid förhållandet $\frac{7}{100}$ (385 v. e.).

Av kalk-lerjordssilikaten (då lerjorden räknas som bas) är ett av de minst svårsmälta av subsilikaten det med $\frac{Al_2O_3}{CaO + R_1O} = \frac{38}{35}$ = 1,08 (384 v. e.),* av singulosilikaten det med förhållandet $\frac{9}{2}$ (347 v. e.), av sesquisilikaten det med $\frac{Al_2O_3}{CaO + R_1O} = \frac{12}{39}$ (357 v. e.), av bisilikaten det med samma förhållande $= \frac{1}{9}$ (351 v. e.), av trisilikaten resp. $\frac{1}{16}$ och 346 v. e., således alla i regel lättsmälta likasom de suraste kalktalksilikaten, även detta talande för lerjordens egenskap av syra.

Av kalk-mangansilikaten visade sig vid singulosilikaten lättsmältast det med förhållandet $\frac{MnO}{CaO + R_1O}$ = c:a $\frac{6}{1}$ (366 v. e.), vid sesquisilikaten det med förhållandet $\frac{5}{1}$ (345 v. e.), vid bisilikaten det med förhållandet c:a $\frac{4}{1}$ (351 v. e.), vid 2,5-silikaten det med $\frac{2}{5}$ (356 v. e.), vid trisilikaten det med $\frac{13}{10}$ (371 v. e.) således alla lättsmältare än kalktalk-silikaten visande manganoxidulens välgörande inverkan på slaggernas lättsmältlighet.

Vid masugnsslaggerna (74 st.) visade sig medelvärdet för värmebehovet = 388 v. e. med minimum 340 och maximum 463 v. e. Uppdelades de i tre grupper befanns:

grupp 1	av silikatgrader	0,7—1,5	(27 st.)	behöva i medeltal	396	v. e.
» 2	» »	1,5—2,5	(43 »)	» » »	382	»
» 3	» »	2,5—3,5	(4 »)	» » »	392	»

* R_1O = summa andra baser.

Uppdelas de i sex grupper åter fås:

för de av	silikatgrader	0,7—0,75	(3	st.)	ett	smältvärmebehov	av	427 v. e.
» » »	»	0,75—1,25	(12	»)	»	»	»	406 »
» » »	»	1,25—1,75	(30	»)	»	»	»	382 »
» » »	»	1,75—2,25	(21	»)	»	»	»	380 »
» » »	»	2,25—2,75	(6	»)	»	»	»	387 »
» » »	»	2,75—3,25	(2	»)	»	»	»	385 »

visande bisilikatens och de surare slaggernas lättsmältlighet. Att häg-komma är dock att lerjorden i allt detta räknats som bas, och granskar man värdena med hänsyn till lerjorden ser man tydligt, huru kraftigt denna verkar till värmebehovets sänkande vid de under detta antagande mest basiska slaggerna, vilket ävenledes styrker det berättigade i att vid beskickningsberäkningarna räkna den som syra.

Masugnsslaggernas sp. värme. L. Rinman fann för Bredsjö masugnsslagg detta = 0,31, C. Schinz fick för en tysk slagg samma värde, Gruner för en belgisk 0,325, medan Åkerman beräknade det för de mest värmebehövande slaggerna med smältvärme = 540 v. e. till 0,36, vid slagg med smältvärme = 463 v. e. till 0,33, vid andra till varierande mellan 0,29 och 0,32. Vid alla dessa värden är dock det latenta värmet inräknat. Rinman fann det latenta värmet vid en sur och talkrik slagg vara 120 v. e., vid en basisk och talkrik dannemoraslagg åter blott 91 v. e. och Gruner för en än talkrikare men något surare slagg än den från Dannemora till 50 v. e. Åkerman påvisar svårigheterna vid sådana bestämningar, men antager att latenta värmet är störst vid de tvärast stelnande (de mest basiska) slaggerna.*

Masugnsslaggernas smälttemperatur håller sig enligt senare pyrometerprov mellan 1200—1450°.

Masugnsslaggernas kristallbildningar. Häröver har professor J. H. L. Vogt lämnat synnerligen utförliga utredningar** av vilka här av utrymmesskäl tyvärr kan göras endast det mest kortfattade utdrag från hans uppsats i J. K. A. 1905.

De mineral, som uppträda i *masugnsslagger*, äro till antalet helt få, och utgöras de allt efter slaggernas kemiska sammansättning av: olivinmineral, åkermanit-melilith-gehlenit, augit, hexagonalt Cabisilikat, stundom wollastonit, mycket sällan enstatit, glimmer och kalkfältspat, det sura 'emaljmineralet' samt dessutom spinell, monosulfit, apatit m. fl.

De svenska slaggerna från *sur bessemer och martin* karaktäriseras särskilt av mineralen rhodonit eller mangan-pyroxen $(Mn, Fe, R)_2 Si_2 O_6$ och tephroit eller mangan-olivin $(Mn, Fe, R)_2 Si O_4$.

* Om de i slaggerna ingående olika mineralens spec. och latenta värmen se Vogts uppsats J. K. A. 1905.

** Om slaggers av sammansättningen beroende kristallisationsförhållanden J. K. A 1885 sid. 232, Die Silikatschmelzlösungen, Christiania 1903, d:o d:o 1904 och Teori för smält slagg och om slaggernas kaloriska konstanter J. K. A. 1905 sid. 1—106.

Färskslagger och flertalet flamugnsslagger hålla huvudsakligen fayalit eller järn-olivin (Fe, R)$_2$ Si O$_4$ och magnetit Fe$_3$ O$_4$, det sistnämnda stundom i ganska riklig mängd.

Det må på förhand påpekas, att slaggmineralen oftast äro på grund av utkristalliseringens hastighet mer eller mindre skelettartat utbildade och facetterade. En större kristall utgöres då av en hop sammanvuxna småkristaller, som äro i det närmaste parallella med varandra. Ofta kan man urskilja vissa växtriktningar, som underlätta mineralens bestämmande.

Olivin, som kristalliserar rombiskt, förekommer nästan alltid i tunna tavelformiga och rektangulära kristaller, pl. LV fig. 1 och 2.

I masugnsslagger äro olivinkristallerna sällan längre än 5—8 mm, men i skärstens-, bessemer- och martinslagger får man se vida större, som ofta uppnå en längd av 1 à 2, någon gång 3 cm.

Olivinmineralen bildas endast i tämligen basiska och på (Mg, Fe Mn) O-rika slagger; se analysen n:r 15.

Melilith-mineraler, d. v. s. åkermanit-melilith-gehlenit, kristallisera kvadratiskt (tetragonalt). Kristallerna, som speciellt hos åkermanit (fig. 3) äro tämligen tunna och tavelformade, äro korta och i allmänhet begränsade blott av bas- och prismaytor. Prisman är kvadratisk med 90° vinkel mellan sidorna.

Stundom uppträda också små prismaytor av andra ordningen, så att hörnen på kristallens basytor bliva något avstympade såsom i fig. 4 b.

En melilithkristalls projektion på tavelplanet (basen) är antingen fullt kvadratisk (fig. 4 a) eller också kvadratisk med avskurna hörn (fig. 4 b), om där även förekommer en prisma av andra ordningen.

I drushål sittande åkermanit- och melilithkristaller äro ofta rätt stora, så att understundom tavelkantens längd kan uppgå till 1 à 2 cm.

Melilithmineraler uppträda i basiska och kalkrika slagger; åkermanit i slagger sammansatta som n:r 9, melilith i mera basiska och lerjordsrika, n:r 11, och gehlenit i starkt basiska och samtidigt både kalk- och lerjordsrika slagger, n:r 12—13.

Augit, som kristalliserar monoklint, är i slagger alltid prismatisk, med längdriktningen efter c-axeln. Kristallerna äro ofta 1 cm, stundom till och med 2 à 3 cm långa. Kristallerna äro ofta utpräglat skelettformiga och facetterade, så att skärningslinjerna mellan de olika kristallytorna bliva föga framträdande. Ett exempel härpå synes i fig. 5.

Augit, som är ett bisilikatmineral, bildas i medelsura masugnsslagger, vilkas surhetsgrad ligger mellan c:a 1,6- och 2,5-silikat, och vilka hava ett medelförhållande mellan CaO- och MgO-halterna i enlighet med analysen n:r 3. Dylika slagger äro mycket vanliga vid svenska masugnar, varför också augiten är ett där ofta förekommande slaggmineral.

Hexagonalt kalkbisilikat, $CaSiO_3$ eller $(Ca, Mg, Fe)SiO_3$, där Ca endast till en helt liten del är ersatt med Mg och Fe, uppträder i korta sexsidiga prismor sådana som fig. 6. Detta mineral bildas blott i mycket kalkrika bisilikatslagger, se analyserna 1—8.

Wollastonit, enstatit och glimmer uppträda så ytterligt sällan i slagger, att vi, vad dem beträffar, kunna nöja oss med analyserna n:r 2 och 6.

Rhodoniten (eller manganpyroxen), som kristalliserar i det triklina systemet, är karaktäristisk för de MnO-rika eller både MnO- och FeO-rika slaggerna från sur bessemer- och martinprocess, när dessa slaggers surhetsgrad är minst c:a 1,6-silikat, d. v. s. deras halt av SiO_2 uppgår till minst c:a 43 %, se analysen n:r 7. I mera basiska slagger från samma processer bildas mangan- eller mangan-järn-olivin, tephroit; se sid. 6—7. En rhodonitkristall är ofta 1 till 2 cm lång och med starkt speglande ytor. Av fig. 7 synes dess knivspetslika form, liksom huru begränsningen utgöres av en stor yta (a), de smala sidoytorna (b′, n′, m) samt de likaledes smala ytorna (s, o) på den sneda toppen.

Spinell förekommer blott i basiska och samtidigt både Al_2O_3- och MgO-rika slagger, men aldrig i större, utan endast i mikroskopiskt små kristaller (oktaedrar). Vid svenska masugnar användes knappast någonsin så basisk lerjords- och talkrik beskickning, att spinellbildning äger rum.* Spinell angripes icke av vanliga syror (svavelsyra, saltsyra etc.) och ej heller av fluorvätesyra.

Magnetit uppträder i oktaedrar, som nästan alltid äro starkt skelettartat utbildade efter de tre mot varandra vinkelräta kristallaxlarna.

Korund, som består av ren lerjord Al_2O_3, bildas i slaggerna från Goldschmidts aluminotermiska processer.

Mineraliernas smältpunkter. Dessa äro funna till:

Pyroxen-mineral Oliviner	Olivin, $(Mg, Fe)_2SiO_4$, med ett par % FeO	+ 1400° C.
	Fayalit, Fe_2SiO_4	» 1065 »
	Diopsid, $CaMgSi_2O_6$ med c:a 1,5 % FeO	» 1240 »
	Hedenbergit, $CaFeSi_2O_6$	» 1100 »
	Enstatit, $(Mg, Fe)_2Si_2O_6$, med en ringa mängd FeO	» 1375 »
	Hypersthen, $(Fe, Mg)_2Si_2O_6$, med något MgO	» 1180 »
	Rhodonit, $(Mn, Ca)_2Si_2O_6$ med något CaO	» 1180 »
	Wollastonit, $(Ca, Mg)_2Si_2O_6$, med ringa mängd MgO	» 1250 »
	Hexagon. Ca-bisilikat, $(Ca, Mg, Fe)SiO_3$ med ringa mängder MgO och FeO	» 1250 »
Fältspatarter	K-fältspat, ortoklas, $KAlSi_3O_8$	» 1210 »
	Na-fältspat, albit, $NaAlSi_3O_8$	» 1155 »
	Ca-fältspat, anortit, $CaAl_2Si_2O_8$	» 1240 »
	Magnetit, Fe_3O_4	» 1250 »
	Kvarts, SiO_2	1700 (eller 1750) »

* Kanske i småländska myrmalmsslagger? *O—a.*

Al_2O_3	+ 1880° C	Silver*	+ 968° C
CaO	» 1900	Guld*	» 1063,5
MgO	» 2250	Koppar*	» 1064,9

Mineralbildningens beroende av smältmassans kemiska sammansättning. Allt efter hela slaggmassans kemiska sammansättning är det *först* utkristalliserande mineralet:

Olivin i de basiska och tämligen Mg- eller (Mg, Fe-, Mn-)rika slagger, som äro mera basiska än efter silikatgraden (surhetsgraden) 1,60—1,65, och som samtidigt hålla minst så mycket Mg, Fe, Mn som 0,45 (Mg, Fe, Mn) : 0,55 Ca.** Om Al_2O_3-halten är mycket låg, kunna olivinmineralen bildas i ännu Ca-rikare slagger.

Ett *melilith*-mineral (åkermanit-melilith-gehlenit) är det först kristalliserande i basiska och Ca-rika slagger, nämligen vid närvaro av en måttlig mängd Al_2O_3, och då surhetsgraden högst uppgår till 1,55—1,60, samtidigt med att Ca-halten är större än 0,55 Ca : 0,45 (Mg, Fe, Mn). Åkermanit bildas i de tämligen Al_2O_3-fattiga slagger, vilkas surhetsgrad ligger mellan c:a 1,30 och c:a 1,55 eller 1,60. Egentlig melilith utkristalliserar i något mer basiska och mer Al_2O_3-rika slagger och gehlenit i ännu mera basiska och samtidigt mycket Al_2O_3-rika slagger.

Övergå vi till slagger med högre surhetsgrad än c:a 1,60, är där det först bildade mineralet ett bisilikat (enligt den mineralogiska nomenklaturen metasilikat), som, beroende på förhållandet mellan Ca och Mg, antingen utgöres av det hexagonala Ca-bisilikatet (undantagsvis av det härmed polymorfa mineralet wollastonit) eller augit eller enstatit.

Det *hexagonala Ca-bisilikatet* (undantagsvis wollastonit) bildas blott i slagger med övervägande Ca och föga Mg eller (Mg, Fe, Mn), nämligen med minst 0,70—0,75 Ca : högst 0,30—0,25 (Mg, Fe, Mn), (eller med högst 8—9 % MgO, FeO, MnO).

Augit bildas inom den stora differensen av 0,70—0,75 Ca : 0,30—0,25 (Mg, Fe, Mn) och 0,3 Ca : 0,7 (Mg, Fe, Mn), således i bisilikatslagger med några få procent Al_2O_3, vid närvaro av mellan c:a 8—9 % och c:a 22 % MgO samt mellan c:a 32 och c:a 15 % CaO.

Enstatit (rombisk pyroxen) bildas först vid ännu högre MgO- och ännu lägre CaO-halt, alltså i bisilikatslagger med mer än c:a 22 % MgO och mindre än c:a 15 % CaO. Men dylika slagger användas blott rent undantagsvis, och i de tusentals kristalliserade masugnsslagger, som jag sett, har jag endast ett par gånger iakttagit enstatit.

De mycket SiO_2-rika eller mycket sura masugnsslaggerna äro, som bekant, emaljartade. En antydan till emalj, särskilt utpräglad i hastigt avkylda glasslagger, börjar redan visa sig vid surhetsgraden c:a 2,35—

* Enligt mycket noggranna undersökningar, utförda med Le Chateliers pyrometer av L. Holborn och A. Day. (Ann. d. Physik, 4, 1901).

** Det stökiometriska förhållandet 0,45 Mg : 0,55 Ca motsvarar t. ex. 23,08 viktsprocent MgO : 32,00 viktsprocent CaO.

Fig. 1

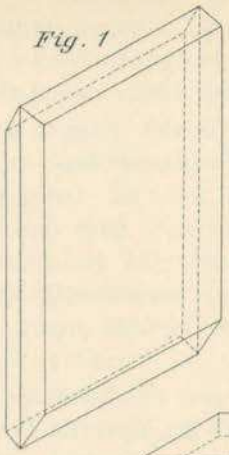
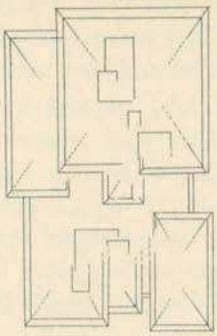


Fig. 2

a



b

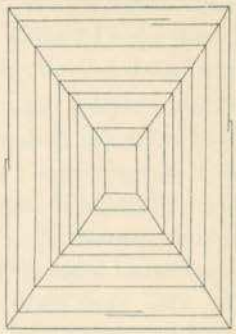


Fig. 3

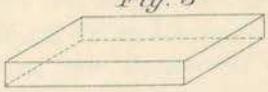
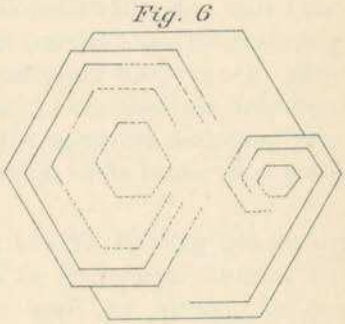


Fig. 6



a

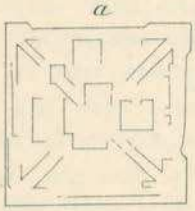


Fig. 4

b

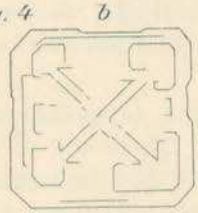


Fig. 5

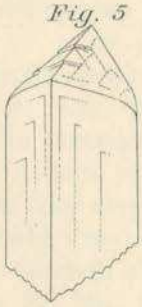


Fig. 7

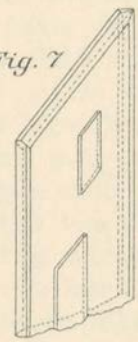


Fig. 8

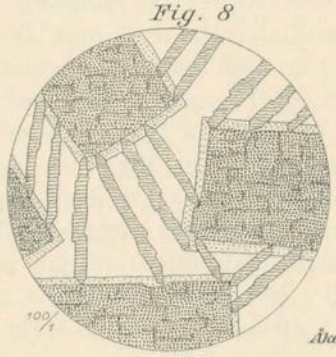


Fig. 9

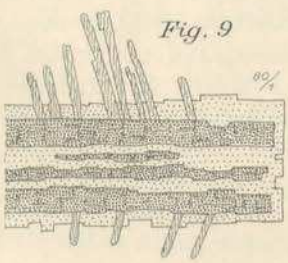
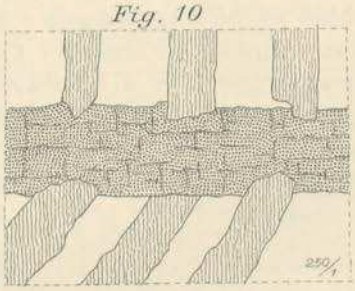


Fig. 10



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

2,40 hos slagger med ungefär lika stora mängder Ca och Mg. I slagger med surhetsgraden 2,50—2,75 är emaljen något mera framträdande, och trisilikatslaggerna (surhetsgraden 3,00) äro starkt emaljartade. Ännu SiO_2-rikare masugnsslagger användas nu för tiden endast i rena undantagsfall eller måhända icke alls, emedan de äro så ytterligt trögflutna.

I slagger, vilkas sammansättning just ligger på gränsen mellan tvenne 'individualisationsområden', kan man i drushål påträffa bägge mineralen. Så t. ex. har jag i drushål i slagger av surhetsgraden c:a 1,60 och med omkring 2 delar Ca på 1 del Mg, funnit kristaller både av augit och åkermanit. Och kristaller av olivin och melilith har jag funnit tillsammans i drushål i slagger av singulosilikatets surhetsgrad eller något däröver och med några procent Al_2O_3 samt 0,45 (Mg, Mn, Fe) : 0,55 Ca.

Kännedomen om slaggernas kristallisationsförhållanden kan komma till användning för bedömande av deras kemiska sammansättning. Någon kännedom om slaggernas sammansättning kan man ju alltid få ur kännedomen om malmernas och beskickningsmedlens sammansättning. Men ofta har man icke tillräckligt noggranna malmanalyser, och malmernas sammansättning kan för övrigt växla inom vissa gränser tid efter annan.*

Vid flera svenska masugnar, som jag besökt, har jag genom att gå ut på slaggvarpen och slå sönder några få slaggstenar kunnat förvissa mig om, att slaggsammansättningen varit en annan, än den vederbörande masugnsingenjör förmodat. På ett ställe uppgavs t. ex., att slaggen skulle vara bisilikat eller måhända en bråkdel mera basisk. I verkligheten var olivin det mineral, som först utkristalliserat, och det i t. o. m. ganska riklig mängd i slaggstenar från flera på varandra följande tappningar. Alltså var surhetsgraden något lägre än 1,60 silikat; hur mycket lägre var ju dock omöjligt att avgöra. Vid en annan masugn antog man på grund av några analyser på malmen och kalken, att slaggen skulle vara tämligen MgO-rik eller åtminstone hålla lika mycket MgO som CaO. Men i slaggen funnos alltid melilithmineral i mycket riklig mängd såsom det först utkristalliserade. Slaggen innehöll alltså vida mer CaO, än enligt förhållandet 0,55 Ca : 0,45 (Mg, Fe, Mn), och alldeles säkert så mycket som 0,6 Ca : 0,4 (Mg, Fe, Mn). En påtänkt ökning av kalktillsatsen var således alls icke nödvändig. Vid en tredje masugn fann jag i slaggstenar från en följd av tappningar såsom först utkristalliserat i somliga åkermanit, i andra augit och i andra åter hexagonalt Ca-bisilikat. D. v. s. slaggsammansättningen växlade på grund av mindre variationer i beskickningen, men höll sig omkring surhetsgraden 1,60 och förhållandet c:a 0,7—0,75 Ca : 0,3—0,25 (Mg, Fe, Mn). Några slagger voro litet mer basiska, varför där först utkristalliserade åkermanit. Andra voro litet surare och

* Oftast till följd av kolens växlande sandhalt. *O—a.*

höllo antingen något mer MgO, då utkristallisation av augit blev följden, eller mer CaO, då det hexagonala Ca-bisilikatet kristalliserade.

Vill man med hjälp av mineralbildningen skaffa sig en åtminstone närmelsevis riktig uppfattning av en slaggs sammansättning, bör man gjuta en eller flera slaggstenar utan att hava gamla slaggstycken med i formarna. För att göra avkylningen långsammare och därmed gynna kristallisationen, täcker man de färdiga slaggstenarna med några spadar sand. Efter avsvalningen slås de sönder och de i drushålen sittande kristallerna undersökas. Det är för övrigt ofta alldeles onödigt att kasta på sand för att förlänga kristallisationen.

De mineral, som komma i fråga vid svenska masugnsslagger, äro så ytterst få eller, praktiskt taget, blott olivin, åkermanit-melilith, augit och hexagonalt Ca-bisilikat, att man lätt, bl. a. med hjälp av de i det föregående meddelade beskrivningarna, kan lära sig att känna igen dem. Och hur emaljen ser ut, vet var och en, som har att göra med en masugn.

Vi hava hittills endast talat om det mineral, som kristalliserar *först*, och särskilt om det mineral, som förekommer i fria kristaller i drushål i slaggernas inre.

Vid mikroskopisk undersökning av slaggerna och särskilt av dem, vilkas sammansättning är tämligen långt avvikande ifrån sammansättningen hos tillhörande först utkristalliserade mineral, visar det sig, att utom det först kristalliserade även förekommer ett mineral n:r 2, vilkets kristallisation börjar först senare. Undantagsvis finna vi också både mineral n:r 2 och 3.

När i en 'blandad' silikatsmältmassa bestående av flera i varandra lösta komponenter, vid tillräckligt långt gången avkylning ett mineral börjar utkristallisera, förändras eller förskjutes moderlutens sammansättning allt efter som kristallisationen fortskrider. Tänka vi oss en smältmassa, som blott består av två komponenter, så kommer moderluten att hava nått den 'eutektiska' sammansättningen, när en viss del av mineralet n:r 1 utskilts. På detta stadium — eller, om utkristallisationen av n:r 2 fordrar någon grad av övermättning, sedan ännu litet mer av n:r 1 utskilts — börjar också mineralet n:r 2 att utkristallisera, varefter de bägge mineralen utkristallisera jämsides. Oftast sker detta så, att kristallerna av mineralet n:r 1 växa vidare och n:r 2 fäster sig i småkristaller på de förra. Att det första mineralets kristaller fortsatt att växa, sedan det andra börjat utskiljas, visar sig på så sätt, att kristallerna av n:r 2 äro till en del instuckna i dem av n:r 1.

Masugnsslagg från Bredsjö, april 1903; fig. 8.

Slaggens sammansättning är: surhetsgrad c:a 1,3; några procent Al_2O_3; något mer CaO än MgO. — Först har åkermanit utkristalliserat i riklig mängd och i kristaller om 3—5 mm längd och $^1/_2$—1 mm

Tabell LXIII. **Analyser av slagger.**

N:r	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	FeO	CaS	Summa	Surhetsgrad	Först utkristalliserade mineral	Härstamning och kemist
1	50,64	3,83	38,10	6,82	0,18	0,17	0,33*	100,07	1,73	Hexagonalt Ca-bisilikat	Forsbacka, 1871. O. Alströmer
2	55,92	2,35	32,46	4,43	3,04	1,16	—	99,36	2,28	Wollastonit	Högfors, 1874. I. G. Clason
3	53,17	5,27	20,75	17,70	2,47	0,43	—	99,79	1,76	Augit	Uddeholm, 1866. R. Klingberg
4	47,70	5,80	30,71	8,87	5,67	0,54	0,50	99,79	1,56	Augit och åkermanit	Bångbro, 1871. A. Tamm
5	55,55	—	25,93	18,52	—	—	—	100,00	2,00	Augit (diopsid) ($CaMgSi_2O_6$)	Smältförsök, Vogt
6	56,77	5,30	12,20	22,75	1,63	1,66	—	100,31	1,92	Enstatit	Svartnäs. C. Carlson
7	47,34	3,52	0,45	0,03	39,42	9,06	—	99,82	1,99	Rhodonit	Långhyttan, 1884. C. G. Särnström
8	47,72	3,37	37,52	8,73	1,75	0,50	—	99,59	1,55	Åkermanit och augit	Sandviken, 1870
9	46,89	—	40,57	12,54	—	—	—	100,00	1,50	Ren åkermanit ($(CaMg_4)\ SiO_{10}$	Smältförsök, Vogt
10	46,01	4,34	32,93	11,46	4,72	0,87	—	100,33	1,42	Åkermanit	Sandviken, 1885. Y. Ericson
11	36,70	11,80	33,40	10,10	6,60	0,60	3,2**	102,50	0,95	Melilith	Schisshyttan, 1886. H. Holmsen
12	32,22	27,81	17,35	5,57	2,67	—	—	99,97	0,71	Gehlenit	Holzhausen, Hessen. Bunsen
13	31,40	22,32	30,92	10,02	0,96	0,03	3,85	100,79	0,71	Gehlenit med 3 % spinell	Clarence, Middlesbro, 1879. P. Johnsson
14	48,95	7,75	21,55	18,18	0,91	0,77	—	98,11	1,50	Först litet olivin, senare augit	Hammarby, 1879. C. G. Särnström
15	47,16	5,83	21,71	22,18	2,14	0,77	—	99,87	1,36	Olivin	Nykroppa, 1879. C. G. Dahlerus

* + 0,53, Na_2O, 0,51 K_2O. ** Är MnS.

tjocklek. Därpå började olivin utskiljas i kristaller som fäste sig på de först utskilda åkermanitkristallerna. Dessa senare tillväxte under tiden medelst 'zonal'-avsättning av melilith-substans. Återstoden stelnade som glas (de mörka, punkterade områdena).

Masugnsslagg från Forsbacka, 1879*; fig. 9. Först utskildes åkermanit (mörkt punkterad); därpå började augit utsöndras i nålformiga kristaller (streckade), som fäste sig på de först utskilda åkermanitkristallerna, vilka samtidigt tillväxte vidare med 'zonal'-avsättning av melilith-substans.

Fig. 10 visar i stark förstoring (250 : 1) en mikroskopisk bild av en analog slagg från Degerfors, maj 1902. Där förekomma mycket stora åkermanitkristaller samt några helt små augitkristaller, litet instuckna i de förra.

Om sulfiders (svavelmetallers) löslighet i slagger. Redan för lång tid tillbaka har det genom kemisk analys bevisats, att slagger i sig upptaga en del svavel. Flertalet äldre forskare förutsatte utan vidare, att detta svavel ingick i slaggerna som sulfid, särskilt som monosulfid, RS. Att detta antagande var riktigt, påvisade jag i mitten av 1880-talet med hjälp av mikroskopiska undersökningar.

Den i masugnsslagger (med helt låg järnhalt) bildade sulfiden utgöres av RS (reguliärt kristalliserande), där R företrädesvis är = Mn och Ca, med underordnade mängder Fe och möjligen även Mg. — Vid hög manganhalt bildas MnS (manganblende) eller (Mn, Ca)S, som är intensivt grön och orsakar den karaktäristiska gröna färgen hos samtidigt mangan- och svavelrika masugnsslagger. I kalkrika slagger med lägre manganhalt uppstår ljusgrön (Ca, Mn)S och i kalkrika slagger utan mangan färglös CaS eller kanske (Ca, Mg)S med låg Mg-halt.**

Sulfidens fördelning mellan flytande järn och flytande slagg. Som bekant, stiger under för övrigt lika förhållanden mängden sulfid i masugnsslagg — eller minskas mängden sulfid i tackjärnet — med temperaturen, med slaggens basisitet samt med slaggens halt av Mn och Ca, särskilt med Mn-halten.

Enligt vad H. v. Jüptner*** nyligen utrett, kan man beträffande sulfidens fördelning vid masugns-, bessemer- och martinprocesserna m. fl. mellan det flytande järnet och den flytande slaggen använda Nernst's bekanta 'lag om fördelning vid heterogen jämvikt'. Denna innehåller, att om ett ämne monosulfid RS är lösligt i tvenne varandra berörande lösningsmedel, i föreliggande fall smält järn och smält slagg, måste koncentrationerna av detsamma vid konstant temperatur och tryck stå i ett bestämt förhållande till varandra. — I denna sin enkla

* Analys se J. K. A. 1905 sid. 43 analys n:o 44.

** I svavelrika trisilikatslagger svart svaveljärn FeS, vilket såsom lättsmältast återfinnes i slaggstyckenas kärngods, t. ex. kanonjärnsslaggerna. *O—a.*

*** »Stahl und Eisen» 1902, I.

form har lagen endast giltighet, om det lösta ämnet (här sulfiden) har samma molekylarvikt i bägge lösningsmedlen. — H. v. Jüptner har vidare kvantitativt bestämt delningskoefficienten,

$$\frac{\text{RS i slaggen}}{\text{RS i järnet}},$$

för såväl slagg som järn av växlande sammansättning. Delningslagens överföring på föreliggande område kompliceras dock därigenom, att den i de två lösningsmedlen lösta sulfidens sammansättning är något olika, nämligen i järn (Fe, Mn) S, men i masugnsslagger (Mn, Ca) S eller understundom (Ca, Mn, Fe, Mg) S.

Angående den maximala sulfidhalten i slagger från järnsmältningar och om delningskoefficientens storlek hänvisas till Jüptners arbete.

Av lagen om sulfidens fördelning följer, vilket Jüptner närmare utrett, att om beskickningen eller kolen hålla något svavel — och som bekant är detta alltid fallet — kan det slutligen erhållna järnet eller stålet aldrig bliva fullkomligt befriat från svavel, hur många smältprocesser man än underkastar detsamma. Vid varje särskild process — masugnssmältning, 'tackjärnsblandning' och (basisk) bessemer eller martin — kan man minska halten av svavel i järnet något, men aldrig avlägsna detsamma fullständigt. Ju mer slagg man använder vid var särskild smältning, desto mer sulfid får man, absolut taget, över i slaggen, dess mindre alltså i järnet.

Teknisk användning. Till en början kunna vi framhålla såsom allmängiltigt, att, där man vill hava en *lättsmält slagg*, bör man arbeta med en komplext sammansatt lösning, bestående av två eller flere komponenter, som ingå i ungefär lika delar, varav följer en stor smältpunktsnedsättning. Där man åter såsom vid de *eldfasta materialen* önskar uppnå en mycket hög smältpunkt, bör man, som bekant, arbeta med en sammansättning identisk med ett svårsmält minerals och *utan* tillsats av något främmande ämne, som alltid orsakar en smältpunktsnedsättning.»

För övriga delar av Vogts intressanta arbete torde det tillhöra ämnet mikrografi att redogöra.

Ehuru denna läroboks författare gärna medgiver, att en kunnig mineralog kan, som professor Vogt föreslår, sköta limpåsättningen vid masugnen efter bedömandet av i den erhållna slaggen utkristalliserade mineral, kan jag ej annat än i alla fall råda herrar hyttingenjörer att tillräckligt ofta taga och analysera generalprov av malmer och lim samt därefter göra sina beskickningsberäkningar och sedan genom tackjärns- och slagganalyser kontrollera resultaten, då man nog även-ledes kan komma underfund med, huru man bör förfara vid plötsligt påkommande slagg- och järnändringar. Såväl järnets som slaggens sammansättningar och egenskaper kunna regleras ej blott genom ändring i limpåsättningen utan även och ofta hellre genom proportions-

ändring av de ingående malmerna, och skall man utan för mycket famlande och experimenterande kunna göra det, så erfordras, att man noga känner sina materialers sammansättning och kan göra säkra beräkningar. Utmärkta anvisningar kan man förstås få av slaggkristallerna och för det ändamålet rekommenderar jag lika livligt som Vogt studiet.

Slaggernas struktur är ytterst beroende på dels den temperatur de ha vid utrinnandet ur masugnen, så att ju mera överhettade de äro, ju mera upphetta de det mått, vari de tappas och ju fullständigare blir kristallbildningen, dels på avkylningshastigheten, så att om man häftigt avkyler slaggerna bli de glasiga, och t. o. m. stenslagger och emaljslagger bli glas ända igenom uttappade i kallt vatten eller i mycket tunt lager på kall järnkokill.

Masugnsslaggernas färg växlar dels med gången i hyttan, dels med de ingående färgande ämnena. Vid mycket nödsatt hyttgång bli alla slagger — av vad silikatgrad som helst — vita i brottet, vid s. k. lagom satt hyttgång bli de vackert färgade, kiselsyreemaljerna blå av spår av kobolt eller krom, ibland gulgröna av mangan om beskickningen är mycket manganrik, kiselsyreglas blir ametistfärgat ljust av mangan, mörkt av titan, de kristalliniska och stenslaggerna gulgröna av mangan, eller grå av ingående svaveljärn. Vid hårdsatt gång bli först alla slagger gräsgröna av outreducerat järn, blir gången mera hårdsatt bli de gasfyllda blåsiga först bruna och till sist svarta av järn. Finnes titan i större mängd närvarande bli de av densamma — ingående som FeO_2TiO — svarta men täta redan vid föga hårdsatt gång. Mycket stor svavelhalt ger också svart färg av svaveljärn och det i alla silikatgraderna, och därför äro ej blott kanonjärnets trisilikatslagg svart i kärnan utan så ock kokstackjärnets singulo- och subsilikatslagger. Våra vanliga slagger bli, gjutna i kokill, glasiga i ytan, och hålla de mycket svavel, blir glaset vackert grönt, kärnan svart men tät. Lerjordsslagger bli som förut sagts i regel bruna.

Masugnsslaggernas eg. vikt växlar med sammansättningen, i det slaggen blir tyngre ju mera den närmar sig emalj och tyngre ju mera oreducerad mangan och järn den innehåller. Vad järnet angår, så är det dock så, att tyngden tilltager med ökad järnhalt, så länge slaggen ej blir gashaltig, sedan blir den lättare, glotter och kokslagg, men går det till försättning så har hänt ibland att slaggen åter blivit tät och egentligen utgjort blott hopsmält kvickflytande godsbeskickning (malmer och lim i ett) och då får man naturligtvis tyngsta möjliga slagg. Vanligen håller sig eg. vikten mellan 2 och 2,5. Granulerad glas- och emaljslagg med 20 à 30 % H_2O väger 720—1000 kg pr m^3, granulerad basisk slagg 550—850 kg. Lättast är s. k. flottsinner, som erhålles, om lagom satt slagg får utrinna över fuktig sand.

2. Beskickningens beräknande.

Som masugnsslaggens sammansättning har ett avgörande inflytande på tackjärnets egenskaper, utgår man alltid vid beräknandet av en beskickning för en viss tackjärnssort från de slaggbildande beståndsdelarnas i malmerna och tillsatsmedlens sammansättning samt söker, genom att på lämpligaste sätt proportionera sig till en bestämd slaggsammansättning, komma så nära som möjligt den slagg, man från föregående smältningar funnit giva bästa sådant tackjärn, och vilket man nu åter vill framställa. Vanligtvis är man dock vid våra hyttor bunden vid dels vissa malmer, dels viss bestämd tillgång av varje malm, och ofta nog har man ej en gång rättighet att använda annat än en viss sorts kalksten såsom tillsatsmedel, fastän denna kanske är ganska olämpligt sammansatt, för att man med dess hjälp skall kunna få fram bästa slaggsammansättning. Vid de få tillfällen åter, då man till sitt förfogande har fullt fria händer, möter det inga stora svårigheter att så sammansätta sin beskickning, att ej blott ett utmärkt lämpligt tackjärn erhålles, utan ock en ekonomisk hyttdrift uppstår.

Förutsättningen för all beskickningsberäkning är emellertid, att man känner sina malmers och beskickningsmedels kemiska sammansättning eller åtminstone deras ungefärliga silikatbildningsmöjligheter. Bäst är om man har fullständiga analyser av å dem tagna ordentliga generalprov (helst å malmerna så rostade, som de skola användas), men i brist därav kan man, så som förr allmänt skedde, även göra beskickningsberäkning på grund av å malmerna gjorda degelprov.

a. Beskickningsberäkning på grund av degelprov.

Bäst är, om degelproven då äro blåsta på malmernas generalprov med den lim man ämnar använda och man även provblåst denna lim med kvarts till slaggpärlor av olika silikatgrad, men eljes provblåser man med renaste kalk eller marmor och gör analys å sin lim eller bestämmer åtminstone huru mycket i syror olösligt den håller.

Detta sätt att beräkna sammansättningen av en beskickning är som sagt det minst säkra tillvägagångssättet, och skall man vid detsamma hava något hopp om att ernå riktigt resultat, eller ett som även i hyttan giver den önskade silikatgraden å slaggen, så måste man hava fullständiga degelprov å varje malm, som skall i beskickningen i fråga insättas, det vill säga att om det t. ex. gäller blåsande av ett lancashiretackjärn skall man ej blott veta, att den och den malmen med t. ex. 15 % lim givit glasig slagg, utan man skall ock veta de glasiga slaggernas gränser, det vill säga vid vilka limprocent

för denna malm den glasigt-kristalliniska och den glasigt-emaljartade slaggen framkomma.

Vid ett bruk där under årets lopp kanske alla fyra silikatgraderna komma att blåsas, men man ej har laboratorium för fullständig analysering, bör kemisten, när malmförrådet anlänt, taga generalprov å varje malm i detsamma samt med tillräckligt liten skillnad i tillsatserna blåsa degelprov, tills han fått fram alla slaggränserna. Vi antaga nu t. ex. att blåsningsproven för 4 malmer *a*, *b*, *c* och *d* i laboratoriejournalen uppvisa följande degelprov, sammanförda i tabell LXIV.

Tabell LXIV.

Slaggens art	Tillsatsens storlek och slag			
	vid malm *a*	vid malm *b*	vid malm *c*	vid malm *d*
Slaggen för basisk, provet gick ej	50 % lim	22 % lim	28 % lim	8 % lim
Slaggen stenartad	45 » »	20 » »	25 » »	5 » »
» stenartat kristallinisk	35 » »	18 » »	20 » »	enbart
» kristallinisk	30 » »	15 » »	15 » »	5 % kvarts
» »	—	—	12 » »	—
» glasigt kristallinisk	25 » »	12 » »	10 » »	8 » »
» glasig	20 » »	10 » »	5 » »	10 » »
» »	15 » »	5 » »	enbart	12 » »
» »	10 » »	enbart	5 % kvarts	15 » »
» »	5 » »	5 % kvarts	10 » »	20 » »
» glasemalj	enbart	8 » »	15 » »	25 » »
» emalj	5 % kvarts	10 » »	20 » »	30 » »
» »	10 » »	12 » »	—	—
» för sur, provet gick ej	15 » »	14 » »	22 » »	35 » »
Tackjärns % vid suraste glasslaggen	49,5	60,0	52,0	39,5

Med hjälp av denna uppställning är uträkningen sedan lätt gjord, ty man har blott att för varje malm taga medelvärdet för slaggen i fråga — endast något mera åt basiska hållet (för träkolens i masugnen sandhalts skull).

Exempel 1. Vi antaga, att vi hava begränsade tillgångar av alla dessa fyra malmer, så att vi måste taga av:

a 20 %
b 50 »
c 20 » och av blandstenen
d 10 »

Martintackjärn skall blåsas med kristallinisk slagg. Limbehovet blir då vid

$$\underset{a}{0{,}20} \times 30 + \underset{b}{0{,}50} \times 15 + \underset{c}{0{,}20} \times 15 - \underset{d}{0{,}10} \times 5 \frac{4CaO_2CO}{3SiO_2},$$

det vill säga efter blandstenens kvartsbehov uträknas dess limöverskott för sesquisilikatslagg.

En blandstens kvartsbehov skall vid de olika slaggraderna för omräknande till limöverskott multipliceras med

vid singulosilikat — stenslagg — $\frac{2CaO_2CO}{SiO_2} = \frac{2 \cdot 100}{60} = 3{,}33$

» sesquisilikat — kristallinisk slagg — $\frac{4CaO_2CO}{3SiO_2} = \frac{4 \cdot 100}{3 \cdot 60} = 2{,}22$

» bisilikat — glasslagg — $\frac{CaO_2CO}{SiO_2} = \frac{100}{60} = 1{,}67$ och

» trisilikat — emaljslagg — $\frac{2CaO_2CO}{3SiO_2} = \frac{2 \cdot 100}{3 \cdot 60} = 1{,}11$.

I ovanstående exempel få vi då limbehovet till

$$6 + 7{,}5 + 3 - 1{,}11 = \text{c:a } 15^1/_2\,\%,$$

vilket för träkolens sandhalts skull ökas till 16 %.

Exempel 2. Vi skola blåsa med samma malmblandning ett lancashiretackjärn med glasslagg. Vi få då limbehovet till:

$$0{,}20 \times 15 + 0{,}50 \times 5 + 0{,}20 \times 0 - 0{,}10 \times 12 \times 1{,}67 = 3 + 2{,}5 + 0 - 2 = 3{,}5\,\%$$

vilket ökas till 4 à 5 % lim.

Exempel 3. Om vi åter få befallning att med hjälp av blandstenen *d* åstadkomma en engående beskickning för lancashiretackjärn, och vi där få taga av *a*, *b* och *c* i förhållande som 1 : 3 : 1, så räkna vi ut beskickningen sålunda:

$$\tfrac{1}{5} \cdot (100 - x) \cdot 15 + \tfrac{3}{5}(100 - x) \cdot 5 + \tfrac{1}{5}(100 - x) \cdot 0 = x \cdot 12 \cdot 1{,}67\,,$$

då vi uttryckt i jämna procent och med liten ökning av blandstenen få, att beskickningen bör bestå av 15 % *a*, 46 % *b*, 15 % *c* och 24 % *d*.

Denna beskickning's tackjärnsprocent bör på grund av degelprovens tackjärnsreguli bliva:

$$0{,}15 \cdot 49{,}5 + 0{,}46 \cdot 60 + 0{,}15 \cdot 52 + 0{,}24 \cdot 39{,}5 = \text{c:a } 52\,\%.$$

β. ***Beskickningsberäkning på grund av analyser.***

Den förbättrade Wiborghska metoden användes allmännast här i Sverige, åtminstone vid träkolshyttorna, och som den ger mycket noggrannare resultat, än den i utlandet allmänt använda Platz' metod och är mycket snabbare än i utlandet använda lika noggranna metoder t. ex. Mrázecks metod, så hava vi allt skäl hålla fast vid densamma. Den grundar sig på silikatgradsförhållandena.

Man uträknar först på grund av den proportion, varuti malmerna skola i beskickningen ingå och med hjälp av de fullständiga analyser, vilka måste finnas att tillgå, malmbeskickningens medelanalys, se tab. LXV och tab. LXVII. Härefter uträknar man med hjälp av nedan anförda tabell LXVI för den avsedda slaggens silikatgrad kiselsyre-

behovet för beskickningens slaggbaser, subtraherar detta från den i malmblandningen förefintliga kiselsyran och summerar sedan de efter tabellen uträknade kalkkarbonatbehoven för den överskjutande kiselsyran och för lerjorden. Skulle, vilket undantagsvis händer, basernas kiselsyrebehov överstiga befintlig kiselsyra, så får man lätt ut lerjordens kiselsyrevärde genom att multiplicera dess procenttal med $\frac{60}{102}$, varefter denna produkt även ledes frändrages basernas kiselsyrebehov, då svar erhålles om beskickningen behöver kvarts- eller kalkstensuppsättning. I förra fallet får man tillsatsprocenten av kvarts direkt, i senare åter ur kiselsyrekolumnen i tabell LXVI — kalciumkarbonatbehovet.* Anmärkas bör, att siffrorna för lerjorden i tabellen uträknats under förutsättning att i slaggerna en molekyl Al_2O_3 svarar mot en molekyl SiO_2 och ej efter dessa ämnens syrehalter.**

Vid beräkningarna brukar man, om medelanalysens manganoxidulhalt går upp till 1 % eller över, räkna, att endast hälften av densamma går i slaggen, och ökar man tackjärnets vikt i stället med halva manganhalten.

Malmernas tackjärnsprocent erhåller man, om man ökar medelanalysens järnprocent med sagda manganbelopp och därtill för kol och kisel ökar summan med 4 % av densamma.

Tackjärnets fosforhalt erhålles sedan genom att dividera medelanalysens fosforhalt med den funna tackjärnsprocenten, multiplicera med 100 och till produkten addera 0,01 % P för kolens fosforhalts skull.

Exempel 1. En beskickning bestående av:

20 % Mossgruvemalm
30 » Haggruvemalm
40 » Bergsgruvemalm och
10 » Johannesbergsmalm skall avblåsas med bisilikatslagg.

Malmernas analyser äro upptecknade i tabell LXV.

Tabell LXV.

Malmernas namn	MnO	MgO	CaO	Al_2O_3	SiO_2	Fe	P
Malm från Mossgruvan	0,03	4,10	2,04	1,01	12,40	45,50	0,002
» » Haggruvan	1,02	0,50	6,01	—	6,20	51,02	0,010
» » Bergsgruvan	—	2,10	1,80	0,50	14,20	54,80	0,006
» » Johannesberg . . .	0,80	3,60	8,22	0,60	18,40	50,10	0,002

* Sedan kalciumkarbonatbehovet är funnet, tager man med hjälp av tabellen och analysen å limmen reda på, huru mycket åtgången blir av den kanske ofta rätt orena kalksten som stå till buds.

** Användes å hyttan endast sågverkskol och skall något mera kiselhaltig tackjärnssort blåsas måste man före avdraget för basernas kiselsyrebehov göres minska den befintliga kiselsyremängden med den tackjärnets kiselmängd motsvarande kvantiteten. Användes skogskol räcker deras sandhalt mer än väl att täcka tackjärnets kiselbehov.

Efter ovanstående uppgifter omräknas nu dessa malmanalyser, då medelanalysen erhålles, vilken synes i omstående tabell LXVII jämte basernas kiselsyrebehov.

Tabell LXVI.

För bildande av silikatgraden	Behöver 1 del av nedanstående ämnen av kiselsyra				Behöver 1 del av nedanstående ämnen av kalciumkarbonat		
	MnO	MgO	CaO	FeO	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3
0,5	0,21	0,37	0,27	0,21	6,66	5,00	3,91
0,6	0,26	0,44	0,32	0,25	5,52	4,17	3,24
0,7	0,30	0,52	0,38	0,29	4,73	3,57	2,79
0,8	0,34	0,60	0,43	0,34	4,14	3,12	2,44
0,9	0,39	0,67	0,49	0,38	3,68	2,78	2,17
1,0	0,43	0,74	0,54	0,42	3,33	2,50	1,95
1,1	0,47	0,82	0,60	0,46	3,00	2,27	1,77
1,2	0,51	0,90	0,65	0,50	2,76	2,08	1,60
1,3	0,56	0,97	0,71	0,54	2,57	1,92	1,51
1,4	0,60	1,04	0,76	0,58	2,36	1,78	1,40
1,5	0,64	1,12	0,81	0,62	2,22	1,67	1,30
1,6	0,68	1,20	0,86	0,67	2,07	1,56	1,22
1,7	0,73	1,27	0,92	0,71	1,95	1,47	1,15
1,8	0,77	1,34	0,97	0,76	1,84	1,39	1,08
1,9	0,81	1,42	1,03	0,80	1,74	1,32	1,02
2,0	0,85	1,50	1,08	0,83	1,67	1,25	0,98
2,1	0,90	1,57	1,14	0,87	1,58	1,20	0,93
2,2	0,94	1,64	1,20	0,92	1,51	1,14	0,89
2,3	0,98	1,72	1,25	0,96	1,44	1,09	0,85
2,4	1,03	1,80	1,30	1,00	1,38	1,04	0,81
2,5	1,07	1,87	1,36	1,04	1,32	1,00	0,78
2,6	1,11	1,94	1,42	1,08	1,27	0,96	0,75
2,7	1,15	2,02	1,47	1,12	1,23	0,93	0,72
2,8	1,20	2,10	1,52	1,16	1,18	0,89	0,69
2,9	1,24	2,17	1,57	1,20	1,14	0,86	0,67
3,0	1,28	2,24	1,62	1,24	1,11	0,83	0,65
3,1	1,33	2,32	1,67	1,30	1,07	0,81	0,63
3,2	1,37	2,40	1,72	1,34	1,03	0,78	0,61
3,3	1,41	2,47	1,77	1,38	1,00	0,76	0,59
3,4	1,45	2,54	1,83	1,42	0,97	0,74	0,57
3,5	1,50	2,62	1,88	1,47	0,94	0,72	0,55
3,6	1,54	2,70	1,94	1,52	0,92	0,69	0,54
3,7	1,58	2,77	2,00	1,56	0,90	0,67	0,53
3,8	1,63	2,84	2,06	1,60	0,87	0,66	0,51
3,9	1,67	2,92	2,11	1,64	0,85	0,64	0,50
4,0	1,70	3,00	2,16	1,67	0,83	0,62	0,49

Tabell LXVII.

	MnO	MgO	CaO	Al_2O_3	SiO_2	Fe	P
20 % Mossgruvan	0,006	0,82	0,41	0,20	2,48	9,10	0,0004
30 » Haggruvan	0,310	0,15	1,80	—	1,86	15,30	0,0030
40 » Bergsgruvan	—	0,84	0,72	0,20	5,68	21,92	0,0024
10 » Johannesberg	0,080	0,36	0,82	0,06	1,84	5,01	0,0002
Medelanalysen blir således . .	0,40	2,17	3,75	0,46	11,86	51,33	0,0060
Dessa baser behöva enl. silikattabellen av kiselsyra . .	0,84	3,26	4,05	—	—	—	—

Basernas kiselsyrebehov är således i summa 7,65, subtraheras detta från befintlig kiselsyra, återstår 4,21. Enligt silikattabellen erfordrar detta kiselsyreöverskott $1,67 \times 4,21 = 7,03$ kalciumkarbonat, medan åter enligt samma tabell lerjorden behöver $0,98 \times 0,46 = 0,45$ kalciumkarbonat. Malmblandningens limbehov blir således $7,03 + 0,45 = 7,48$ % ren lim.

Antag nu, att vi hava en lim sammansatt såsom Nyängs, vilken i generalprov håller:

MnO	sp %
MgO	1,69 »
CaO	49,92 »
Al_2O_3	0,63 »
SiO_2	6,65 »
CO_2	41,11 »

så erfordrar dess kiselsyra och lerjord tillhopa för bildande av bisilikatslagg:

$$6,65 \times 1,67 + 0,63 \times 0,98 = 11,73\ \%\ CaO_2CO,$$

varför härvidlag $11,73 + 6,65 + 0,63 = 19,01$ % utgör denna lims »förlorade del», och man således av densamma vid bisilikatbeskickning kan räkna på blott cirka 80 % nyttig effekt, varför limåtgången i själva verket kommer att bliva $\frac{7,48 \cdot 100}{80}$ = cirka 9,4 %, vilket för kolens sandhalts skull ökas till jämna 10 %.

Beskickningens sammansättning kommer således att bliva:

18 % malm från Mossgruvan
27 » » » Haggruvan
36 » » » Bergsgruvan
9 » » » Johannesberg och
10 » Nyängslim, räknat i jämna procent.

Denna beskickning's tackjärnsprocent av malm blir åter $51{,}33 + \frac{4 \cdot 51{,}33}{100} = 53{,}38$ %, och dess fosforhalt i tackjärnet blir $= \frac{0{,}006 \cdot 100}{53{,}38} + 0{,}01 = 0{,}021$ % P.

Exempel 2. Man har fått order att åstadkomma en engående lancashirebeskickning, vari ovananförda malmer skola ingå i samma proportion till varandra, men där kalken skall ersättas av en blandsten: Sjögruvemalm hållande:

MnO	MgO	CaO	Al_2O_3	SiO_2	Fe	P
6,28	4,47	3,10	0,74	1,60	52,50	0,002

100 kg av de andra malmerna behöva då efter vad vi förut sett 7,48 kg kalciumkarbonat.

Antaga vi nu att av Sjögruvemalmens manganhalt hälften går i tackjärnet få vi denna malms kiselsyrebehov sålunda: Dess tre baser erfordra för bisilikatslagg $2{,}64 + 6{,}71 + 3{,}32 = 12{,}67$ % SiO_2. Den håller kiselsyra $= 1{,}60$ % och lerjord 0,74 (motsvarande $\frac{60 \cdot 0{,}74}{102} = 0{,}44$ SiO_2), således summa 2,04 % SiO_2. Dess kiselsyrebehov blir då $12{,}67 - 2{,}04 = 10{,}63$ %, vilket enligt tabellen motsvarar ett kalköverskott av $10{,}63 \times 1{,}67 = 17{,}75$ %. Som de andra malmernas kalkbehov var 7,48 kg, behöva 100 kg av dem naturligtvis $= \frac{7{,}48 \cdot 100}{17{,}75} = 42{,}2$ % eller för kolens sands skull 45 % Sjögruvemalm.

Beskickningens sammansättning blir då i %:

14 % Mossgruvemalm
20 » Haggruvemalm
27 » Bergsgruvemalm
7 » Johannesbergsmalm och
32 » Sjögruvemalm.

*Mrázecks metod, det utvecklade stöchiometriska sättet.**

Vid denna metod uppställer man samtliga i beskickningen ingående malmers och slaggbildningsmedels analyser på det sätt, som tabell LXVIII angiver: I denna tabells kolumner 1—5 uppskrivas de slaggbildande ämnena i %,

kolumn 6 summan av desamma,
» 7 järnhalten,
» 8 fosforhalten,
» 9—12 basernas syre,**
» 13 summa bassyre,
» 14 kiselsyrans syre,

* Ur Eisenhüttenkunde av v. Ehrenwerth.
** Mrázeck räknar lerjorden såsom bas.

Tabell

Malmernas och limmens namn	I viktprocent													
	utgöra slaggbildarna						utgör järnhalten	utgör fosforhalten i tusendelar	utgör slaggbildarnas syre					
	MnO	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	Summa			i MnO	i MgO	i CaO	i Al_2O_3	i summa baser	i SiO_2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Örling	0,37	2,90	1,44	0,94	23,50	29,15	49,40	21	0,08	0,58	0,83	0,44	1,93	12,53
Gröndal	3,95	3,40	6,01	1,60	10,20	25,16	49,20	3	0,89	2,40	0,97	0,74	5,00	5,44
Granrot	7,65	1,92	4,30	1,56	1,50	16,93	50,26	2	1,72	1,72	0,55	0,73	4,72	0,80
Semla	3,85	4,00	6,60	0,50	13,32	28,27	49,70	7	0,87	2,64	1,14	0,23	4,88	7,10
Nyängslim . . .	—	54,60	0,42	1,00	1,65	57,67	—	2	—	0,17	15,60	0,46	16,23	0,88

kolumn 15—22 överskjutande syrehalt i baser eller syra antecknade i resp. β och α kolumner för singulo-, sesqui-, bi- och trisilikatgraderna,

» 23—30 de stöchiometriska ekvivalenterna i $^1/\beta$ och $^1/\alpha$ kolumner.

Härvid är att märka, att man får siffrorna i kolumnerna 15—22 genom att man iakttager, att vid:

Singulosilikat . $\begin{cases}\beta = (+\,O) - (-\,O) = \text{bassyret minskat med syrans syre}\\ \alpha = (-\,O) - (+\,O)\end{cases}$

Sesquisilikat . . $\begin{cases}\beta = (+\,O) - \frac{2}{3}(-\,O)\\ \alpha = (-\,O) - \frac{3}{2}(+\,O)\end{cases}$

Bisilikat . . . $\begin{cases}\beta = (+\,O) - \frac{1}{2}(-\,O)\\ \alpha = (-\,O) - 2(+\,O)\end{cases}$

Trisilikat . . . $\begin{cases}\beta = (+\,O) - \frac{1}{3}(-\,O)\\ \alpha = (-\,O) - 3(+\,O).\end{cases}$

Nu utmärka siffrorna i kolumnerna 23—30 huru många viktsdelar av malmen, resp. av de slaggbildande medlen, som äro behövliga för att bringa 1 viktsdel av vid ett visst silikat överskjutande syre in i beskickningen.

Om således 1 viktsdel malm håller β viktsdelar syre mer i baserna, än som fordras för bildning av ett föreskrivet silikat, så behöver man tydligen, för att bringa en viktsdel av detta överskottsbassyre i beskickningen, $^1/\beta$ viktsdelar av sagda malm och samma vid kiselsyra-syreöverskott.

LXVIII.

räknat finnes syreöverskott vid								Stöchiometrisk ekvivalent, motsvarande malm- resp. limbehov för inbringande av 1 viktsdel vid							
Singulosilikat		Sesquisilikat		Bisilikat		Trisilikat		Singulosilikat		Sesquisilikat		Bisilikat		Trisilikat	
								Överskjutande syre i							
B*	S**	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S
$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$	$\frac{100}{\beta}$	$\frac{100}{\alpha}$
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
—	10,60	—	9,63	—	8,67	—	6,74	—	9,43	—	10,38	—	11,53	—	14,88
—	0,44	1,37	—	2,28	—	3,19	—	—	227,27	73,00	—	43,86	—	31,35	—
3,92	—	4,19	—	4,32	—	4,45	—	25,51	—	23,87	—	23,10	—	22,45	—
—	2,22	0,15	—	1,33	—	2,51	—	—	45,04	666,67	—	75,19	—	39,84	—
15,35	—	15,64	—	15,79	—	15,94	—	6,51	—	6,39	—	6,33	—	6,27	—

Exempel. En viktsdel Örling håller för singulosilikatbildning i 1 viktsdel malm $\frac{10,60}{100} = 0,106$ kg överskotts kiselsyrasyre, och för att med den malmen få in i en singulosilikatslagg 1 viktsdel syrasyreöverskott behöves därför 9,43 viktsdelar malm.

Siffrorna i kolumnerna 23—30 ange således de olika viktsmängder av malmerna, som behövas, för att vid en viss silikatbildning inskaffa lika mängder (d. v. s. 1 viktsdel) syre i beskickningen, och siffrorna i samma kolumn angiva således ock, huru många viktsdelar av den ena malmen, som kunna i en beskickning ersätta någon av de andra i samma kolumn upptagna malmerna.

Varje basisk ekvivalent ger med så många sura ekvivalenter, som motsvarar silikatgraden, den önskade slaggen, så att man t. ex. för sesquisilikatgraden har att mot 1 basisk ekvivalent sätta $1^1/_2$ sur sådan o. s. v.

Exempel. Sesquisilikatslagg kan fås av:

$1\frac{1}{2} \times 10,38$ Örling $+ 1 \times 73,80$ Gröndal eller av
$1\frac{1}{2} \times 10,38$ Örling $+ 1 \times 6,39$ Nyängslim.

Som emellertid hos oss i Sverige mera ofta förekommer, att beräkna beskickningars av viss sammansättning limbehov, så torde vi hava bästa nyttan av kolumnerna 15—22.

* B = i baserna.
** S = i syran.

Exempel. Vad är limbehovet vid singulosilikat för en malmblandning bestående av

40 % Örling
20 » Gröndal
10 » Granrot
30 » Semla för singulosilikatslagg?

Jo, överskottet av syrasyre är $= 0{,}40 \times 10{,}60 + 0{,}20 \times 0{,}44 + + 0{,}30 \times 2{,}22 = 4{,}994$, medan bassyreöverskottet är $0{,}10 \times 3{,}92$, varför skillnaden 4,602 skall betäckas med limmens bassyreöverskott, varav vi få av $\frac{100 \cdot 4{,}602}{15{,}35}$ limbehovet $= 30$ kg, och att således beskickningen bör bestå av:

31 % Örling
15 » Gröndal
8 » Granrot
23 » Semla
23 » Nyängslim, i jämna procent uttryckt.

Enligt detta åskådningssätt skulle i varje sort beskickning de malmer kunna ersätta varandra som i kol. 23—30 hava siffror i samma vertikalrad, och således vid trisilikatslagg Gröndal, Granrot, Semla och Nyäng kunna ersätta varandra, och så skulle naturligtvis ock verkligen vara förhållandet, om det för tackjärnets egenskaper vore likgiltigt, vilka baser och vilka syror, som orsaka silikatgraden. Så är emellertid i c k e förhållandet, utan spelar det en för tackjärnets lämplighet, såsom redan påpekats, synnerligen viktig roll även, i vilka proportioner i förhållande till varandra baserna ingå i slaggen och även förhållandet mellan lerjorden och kiselsyran. Mrázecks omständliga beräkningssätt torde därför vara mindre väl passande för våra noggranna ändamål.

*Platz' metod** är då både enklare och tillförlitligare, ty han utgår från bestämda förhållanden mellan å ena sidan $SiO_2 + Al_2O_3$ och å den andra de enatomiga baserna $CaO + MgO + MnO + FeO + BaO + SrO$. Han resonerar som så, att när man nu vet, att dessa baser ingalunda, då det gäller slaggernas värmebehov, kunna ersätta varandra efter sin molekylarvikt räknat, så bortfaller nödvändigheten att räkna med silikatgraden såsom utgångsbetingelse, och tager han i stället såsom utgångspunkter kända goda slagger från masugnspraktiken; räknar å ena sidan i en dylik slagg ut summan av $Al_2O_3 + SiO_2$ och å den andra summan av alla de i slaggen ingående baserna, därvid till dessa förande även CaS, som dock först multipliceras med 0,75 (d. v. s. omräknas i CaO).

* Se S. u. E. 1892.

Exempel. Vi gå ut från en idealslagg:

	Sammansatt	Omräknad till
$SiO_2 + Al_2O_3$	48,5 %	49 %
S:a baser	47,5 »	51 »
CaS	4,0 »	—
Summa	100 %	100 %

och antaga, att vi med samma malmer som förut skola åstadkomma denna slagg med en beskickningsblandning av:

60 % Örling
20 » Gröndal
15 » Granrot
5 » Semla
x » Lim

Tabell LXIX.

Malm- och limsort	Slaggämnen i %							För bildande av ovanstående idealslagg	
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	Summa $Al_2O_3 + SiO_2$	Summa baser	behöves bastillskott i %	förefinnes basöverskott av %
Örling . .	23,50	0,94	2,90	1,44	0,37	24,44	4,71	20,73	—
Gröndal . .	10,20	1,60	3,40	6,01	3,95	11,80	13,36	—	1,08
Granrot . .	1,50	1,56	1,92	4,30	7,65	3,06	13,87	—	10,69
Semla . . .	13,32	0,50	4,00	6,60	3,85	13,82	14,45	—	0,07
Nyäng . . .	1,65	1,00	54,60	0,42	—	2,65	55,02	—	52,26

För att få värdena i de två sista kolumnerna äro siffrorna i kolumnen för summa syror multiplicerade med av ovanstående idealslagg framgående $\frac{51}{49}$, varefter från produkten drages befintlig summa baser.

Den nästa uträkningen blir så den i följande uppställning synliga:

60 delar Örling behöva $0,60 \cdot 20,73 = \ldots\ldots\ldots 12,44$ del. bas.
20 » Gröndal hålla överskott $0,20 \cdot 1,08 = 0,22$ del. bas.
15 » Granrot » » $0,15 \cdot 10,69 = 1,60$ » »
5 » Semla » » $0,05 \cdot 0,07 = 0,01$ » » $1,83$ »

varför malmblandningen således behöver . . . . . 10,61 del. bas.,

varav man finner limbehovet $x = \frac{10,61 \cdot 100}{52,26} = 20,3$ delar, då således beskickningssammansättningen i jämna procent blir:

50 % Örling
17 » Gröndal
12 » Granrot
4 » Semla
17 » Lim.

Platz' i och för sig enkla metod har man i Tyskland ytterligare förenklat genom att ur praktiken skaffa en mängd standartvärden. Först har man ändrat om begreppet p till från att vara basprocenten av slaggsammansättningen till $p = \frac{100 \cdot \text{Summa baser}}{\text{Summa syror}}$. Räknande svavelkalcium och svavelmangan som neutrala har man så utrett, att värdet på p vid goda slagger är det nedanstående:

I allmänhet	100
Vid puddel-tackjärnsslagg . . .	80—90
» thomas- » » . . .	100—120
» gjuteri- » » . . .	90—100
» bessemer- » » . . .	90—100
» grått minett-» » . . .	92
» vitt » » » . . .	82
» martin- » » . . .	100—120
» spegeljärns- » . . .	130
» ferromangan- » . . .	150
» ferrosilicium- » . . .	80

Vid limbehovets beräkning antager man så, att för 100 kg malm:

1:o $^1/_3$—$^1/_2$ av manganhalten förslaggas,
2:o 0,2—0,5 % av järnhalten vid blåsning av grått järn och 1 % vid vitt järn går i slaggen,
3:o svavlet såväl det som sulfid eller sulfat i malmerna förekommande, som koksens går i slaggen som CaS,
4:o kalken ej är rent kalciumkarbonat,
5:o en del av beskickningens kiselsyra går som kisel in i tackjärnet.

Så har man uträknat att:

om koks och beskickning hålla tillsammans på 100 kg . .	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	1,0	2,0	3,0	4,0	kg S
så behövs för detta svavels mättande pr 100 kg koks och beskickning	0,18	0,36	0,72	1,08	1,44	1,8	3,6	5,4	7,2	» CaO
eller av kalksten av den i Tyskland vanligen använda kvaliteten .	0,35	0,70	1,40	2,10	2,80	3,5	7,0	10,5	14,0	»

Likaledes har man uträknat, att om malmen håller en järnhalt av 20, 30, 40, 50 och 60 %, så tager tackjärnet för sin kiselbindning av malmens kiselsyra per 100 kg malm:

					20 %	30 %	40 %	50 %	60 %
vid	1 %	kiselhalt	i	tackjärnet	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2 kg
»	2 »	»	»	»	0,8	1,2	1,6	2,1	2,5 »
»	3 »	»	»	»	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8 »
»	4 »	»	»	»	1,7	2,5	3,4	4,2	5,1 »
»	5 »	»	»	»	2,1	3,2	4,3	5,3	6,4 »
»	10 »	»	»	»	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6 »
»	20 »	»	»	»	8,4	12,6	16,8	21,0	25,2 »

Ökningen i kalkstenstillsättningen betingad av kalkstenens föroreningar har man funnit i medeltal belöpa sig till:

vid en halt av $SiO_2 + Al_2O_3$ av 1 % 2 % 3 % 4 % 5 %
3 » 6 » 9 » 11 » 14 » ökning av

beräknade åtgången.

Vid omräkning av CaO till CaO_2CO skulle man räkna $\frac{CaO_2CO}{CaO} =$

$= \frac{100}{56} = 1{,}79$ men vanligen användes koeff. 2.

Beräkningen tillgår sedan så, att först uträknas malmblandningens medelanalys, härpå minskas dess järn- och manganhalt med vad som går i slaggen, resten av järn och mangan bilda tackjärn, sedan frändrages från malmblandningens kiselsyra den kvantitet som åtgår till tackjärnets kiselbindning. Återstående ($SiO_2 + Al_2O_3$) multipliceras så med kvantiteten *p* gällande för avsedda tackjärnssorten och från produkten subtraheras därpå summan av malmblandningens CaO och MgO ökade med den del av dess FeO och MnO, som anses ingå i slaggen. Resten blir den kvantitet CaO som för syrornas neutralisering måste tillsättas. Denna kvantitet omräknas till CaO_2CO och ökas med vad kalkstenens orenligheter betinga. På samma sätt beräknas kalkstensbehovet för koksaskan och ur ovanstående sifferuppgift även kalkstensbehovet för beskickningens svavel.

Man tager, som synes, ingen som helst hänsyn till de i slaggen ingående basernas förhållande till varandra och ej heller till förhållandet mellan kiselsyra och lerjord, men så är man ej heller fullt så noga med tackjärnskvaliteterna utomlands som hos oss.

För att få de bästa förhållandena mellan de olika i slaggen ingående ämnena få dock även vi vid det svenska beräkningssättet använda passning.

Såsom exempel på till vilken noggrannhet det svenska beskickningsberäkningssättet leder kan från ett av våra större järnverk anföras nedanstående jämförelser, mig benäget meddelade av en vid bruket

anställd ingenjör. Efter de på malmer och lim gjorda generalprovsanalyserna beräknades beskickningen och uträknades så slaggens antagligen blivande sammansättning. När beskickningarna sedan blåstes togs prov å den verkligen bekomna slaggen och analyserades proven. Härvid visade sig att:

	slaggen som beräknades till	visade sig hålla i prov 1	i prov 2	i medeltal
vid bessemerhyttan:	%	%	%	%
FeO	—	0,76	0,76	0,76
MnO	5,43	4,13	2,62	3,37
CaO	28,88	32,45	32,73	32,59
MgO	19,21	15,37	13,97	14,67
Al_2O_3	9,44	5,75	9,66	7,71
SiO_2	37,04	41,54	40,26	40,90
Silikatgrad	1,41	1,50	1,66	1,58
MgO : CaO	0,67	0,48	0,43	0,45

Av beskickningens manganhalt gick 57,5 % in i tackjärnet.

Vid martinhyttan:				
FeO	—	—	—	2,07
MnO	1,41	—	—	1,27
CaO	16,31	—	—	17,30
MgO	24,88	—	—	23,01
Al_2O_3	6,63	—	—	7,92
SiO_2	50,70	—	—	48,43
Silikatgrad	2,02	—	—	2,05
MgO : CaO	1,53	—	—	1,33

Av beskickningens manganhalt ingick i tackjärnet vid tillfället 65 %.

Orsaken till att bessemerberäkningen slog fel så mycket som den gjorde var, att i densamma ingick en gammal analys å en av malmerna från en tid några år förut, då sagda malm var för det första fattigare, för det andra vida talk- och lerjordsrikare än nu vid blåsningen, och anföres denna beräkning för att visa faran av att grunda beskickningsberäkningar på för gamla analyser. Även vid martinbeskickningen ingick samma malm, men till obetydlig mängd, och därför har man där bekommit den silikatgrad man beräknat.

Det är redan förut framhållet, att kolens sandhalt inverkar något förryckande på de resultat som erhållas, men än mera inverkar masugnsgången på kvantiteten i tackjärnet ingående mangan, i det att densamma som vid slaggprovets tagande var 0,65 % under dagarna före och efter varierat mellan 0,30 upp till 1,12 % visande att vårt vanliga antagande, att halva manganhalten går i slaggen vid ej hög manganhalt i beskickningen och ej nödsatt gång, har fog för sig. Detta

martin- såväl som bessemertackjärn blåstes nämligen med i regel något nödsatt gång.

De två provens å bessemerslaggen olika sammansättning giva dessutom anledning till ett annat påpekande, och det är vikten av att taga ett prov i rätta ögonblicket vare sig det gäller slagg eller tackjärn. Skall man taga ett gott prov, så bör man taga provet å tackjärnet mitt under utslaget, och provet å slaggen skall tagas av en slaggtappning mitt emellan tvenne utslag, ej mitt emellan första och sista slaggtappningen i en utslagsperiod. Vid ett exporttackjärnsbruk iakttog man ej detta vid tackjärnsproven, utan ingenjören tog vid varje utslag prov av det först framrinnande tackjärnet. Svavelhalten var garanterad. Proven visade rätt halt, men generalprov av hela sändningen, taget i England, visade för hög S-%. Bruket fick plikta. Det först utrinnande tackjärnet är det, som efter ett föregående utslag först bildas. Det har ett tjockt slagglager att passera droppe för droppe i stället. Det renas av det tjocka slagglagret bättre från svavel än det tackjärn som bildas strax före ett utslag, då helt tunt slagglager finnes. Av samma anledning håller det först utrinnande järnet mera kisel och mangan och något litet mindre kol. Kisel isynnerhet och mangan delvis reduceras nämligen ut av det bildade tackjärnets kol.

D. Pipans förvärmande och påblåsningen.

När masugnen skall sättas i gång, så inmuras slaggtimpeln eller insättes slaggforman, om det ej gjorts förut, och härpå insättas blästerformorna och inriktas noga i den ställning, man vill hava dem. Detta tillgår så, att det förut vid ställets iordningsrammande omnämnda träkorset ånyo placeras på kransöppningen och lodet nedhissas till närheten av ställbotten. Man insätter så de med eldfast bruk väl kringsmetade formorna i sina muröppningar och riktar dem vanligen så att, när man ser mot en utanför motsittande forma hållen lamplåga, lodtråden synes skära den formas öppningar, man riktar, mitt itu. En del masmästare rikta dock formorna några tum åt sidan om lodtråden för att få dem att blåsa, som man säger i »spiral» eller »virvel» för att ej blästerstrålarna skola »mota» varann utan gå längre in i kolmassan. Vanligen inriktar man även formorna så, att deras axellinjer ligga horisontellt, men finnes väl ännu en och annan masmästare, som låter dem luta 2 à 3° nedåt inåt. Härefter fastkilas formorna och bruksmetas det sen väl runt omkring dem.

På kransen lägges tvenne uppsättningsmålet täckande hällar (täckhällarna) i mitten försedda med ett hål omgivet av en sandränna, i vilken ränna ett skorstensrör placeras. Mellan hällarna och uppsättningsmålet smetas med bruk.

En ugn uppföres så utanför järngatan, genom vilken ett järnrör

inträdes med någon lutning emot ställets botten, vilken, om den är murad, lämpligen hålles beströdd med ett tunt lager sand till förhindrande av skärvning. Ugnen, som förses med stångrost, muras vanligen av slaggtegel och insätter man i eldstadsöppningen en lucka samt en dylik även i askrumsöppningen, det senare för dragets reglering. Sedan man väl tilltäppt formorna med lerpluggar och under timpeln tätat med sand, eldsätter man ugnen med litet kol eller grov sork, som första dygnet får ligga och glöda utan egentlig låga. Andra dygnet börjar man elda med gamla bräder eller »träskräp» av annat slag och kastar därav in blott helt litet i taget, så att en mycket obetydlig eld hålles vid liv ett par tre dygn, varefter man så småningom ökar brasan till allt livligare eld. När man känner, att så behöves, påsläppes kylvatten i timpel och formor men aldrig mera, än att det utrinnande vattnet svagt ångar. Med eldningen fortsättes så — allt efter ställmassans tjocklek och höjd, yttre luftens kyla, bränslets beskaffenhet o. s. v. — till dess att pipan är torr och invändigt nedtill i stället fullt brunvarm, vilket man kan sluta till av gammal erfarenhet av ytterväggens värme. Minsta eldningstiden vid rammat ställe hava vi på bruksresorna fått anteckna vara 9 dygn, vanligen eldas 14 dygn och på en del bruk ända till tre veckor. Helt och hållet nymurade masugnar böra påeldas ännu försiktigare, och gammal masugn med murat ställe kan påeldas något raskare. Sista tiden eldas med torr och god furuved och full fyr. Vanliga vedåtgången är 25 à 30 famnar ved och något »skräp» eller motsvarande stubbar och skogspinnar.

Då pipan är färdigeldad, bortrives eldningsugnen, askan i densamma inöses i stället för bottens höjande till förekommande av bildandet av kalljärn på densamma i början av blåsningen, varjämte askan hjälper till att »kvicka upp» den först ganska tröga slaggen. Att ösa med in en hop het sand, såsom göres vid en del masugnar, är däremot mindre tjänligt, såvida ej sanden är till större delen bestående av fältspat. När detta är gjort igenöses järngatan med sand, skorstenen och täckhällarna bortlyftas, och fyllningen begynner. Härvid tager man först en viss mängd kol utan någon malm eller lim (tomsättningarna kallad), vilka kol nedhissas med i lervatten blötta stora säckar, som, nedkomna i stället, vändas upp och ned och ur skakas samt åter raskt upphissas. Härför använder man trenne rep, ett i »vardera övre hörnet» av säcken och ett fäst nedtill i botten. Man hissar ned kolen för att de ej skola vid sitt fall slå sönder massan i ställets botten och väggar, och går på med att hissa ned dem tills man nått upp över ramningen. Vid murat ställe kan man skovla ned kolen, blott botten blivit täckt. Tomsättningarnas antal bestämmes dels efter pipans storlek dels efter beskickningens svårreducerlighet och slaggens svårsmältlighet samt kolens godhet ävensom kolsättningens hektolitertal, och hava vi fått antecknat vid en hytta endast 4, vid tre hyttor 12 men vanligast 8 à 9 stycken tomsättningar.

Vid några hyttor sätter man så upp på ett par följande kolsättningar 100 à 200 kilo under föregående blåsningskampanj bekommen lättsmält sesqui- eller bisilikatslagg krossad i valnötsgrovlek och härefter sättning efter sättning med så småningom ökade kvantiteter malm och lim, samt ofta även på en del av dessa sättningar slagg, fast i allt mera minskade portioner. Slaggen påsättes för att man redan från början skall få ett varmt slaggbad i stället åt tackjärnsdropparna att drypa ned igenom, ty även det minskar faran för att stället skall gro igen av för mycket kalljärn. Något sådant bildas dock nästan alltid det första blåsningsdygnet. Lim uppsättes att börja med i rikligare proportion än vad beskickningsberäkningen angivit, emedan slaggen eljes blir för sur och seg till följd av att, att börja med, alltid något massa och tegel avskärvar och nedkommer.

Så fort man kan, börjar man med mursättning i proportion till godskvantiteten.

Då man kommit så högt upp som till gassamlande cylinderns underkant (eller motsvarande vid Charlevilles slutna uppsättningsmål), pålägges och fastsättes det slutna uppsättningsmålet, om sådant användes, och pipan färdigfylles.

Sedan detta är gjort urspettas de torkade lerpluggarna ur formorna, varvid kolen i stället böra självtända sig. Göra de ej det tändas de, genom att man ränner in glödande spett genom formorna. Nya färska lerpluggar isättas och i dem göres med ett runt spett draghål, varigenom litet luft får inspela. Utslagshålet urrakas och igensättes ordentligt med spade och stoppkrok, sanden under timpeln bortrakas, kolen där frammakas mot dammkanten och ny fuktig sand påöses och tillstoppas varligt utan att instötas i stället. Det slutna uppsättningsmålet ställes »på glänt».

Härefter får hyttan stå för drag 12 à 14 timmar eller, om pipan är nymurad, ännu något längre, varunder tättorna insättas* och blåsmaskinen iordningställes. Då bläster sedan pådrages sker det att börja med till helt liten kvantitet, men genom att minsta tättorna användas får den dock några millimeters tryck, så att foci ej komma för nära muren, i vilket fall massan eller teglet över formorna skulle komma att skärva sönder av den tvära upphettningen.

Mera vatten pådrages i formor och timpel allt efter behov, men dock ej mera, än att det avflytande kännes varmt utan att ånga.

Beskickningen börjar nu att sjunka genom kolförbränningen i stället och så fort »hålmål» uppstår, så att ny sättning kan göras, utföres sådan undan för undan under iakttagande av vederbörlig godsökning. Den gas, som i blåsningens första timmar uppströmmar genom masugnen och utgår genom det öppna uppsättningsmålet eller genom det s. k. läckrör (ventilförsett), som man vid slutna uppsätt-

* Att börja med tagas tättrör med minsta mynningdiametern eller vid slutna formor de trängsta formholkarna.

ningsmål har anbragt mellan pipmuren och ventilen i ett av gasuttagen, är så kall och fuktig att den ej går att tända, och därför råder å kransen då ett starkt kolos, varför arbetarna där skola tillhållas att mellan sättningarna bege sig ut i friska luften. Ventilerna i gasuttagen hållas väl stängda och tätade. Varmapparaten har man börjat elda vanligen dagen före fyllningen eller åtminstone samma dag denna pågår, så att den ej behöver tvärvärmas utan är fullt brunvarm nedtill, när gasen kan påsläppas, vilket kan ske, då man ser, att den utan att slockna efter antändning brinner å kransen och lågan ej är för matt.

Slaggtappning. Då slaggen kommit upp så högt, att den står och slår i formorna göres slaggtappning. Denna tillgår så, att ett varmt torrt spett införes genom sanden under timpeln i stället, där sakta föres litet fram och åter åt sidorna och så varligt och utan hast utdrages, då slaggen medföljer och börjar rinna samt får rinna tills den slutar därmed. Har man slaggforma, så bortspettas den i denna sittande lerpluggen, så att slaggen rinner ut. Men som slaggen att börja med är kall, sur och seg, så händer, att man rent av får ta bort slaggforman för att få nog stort hål att få den ut igenom, och får man då även där efter tappningen täta med sand ifall blästern vill »slå fram». När gas kan påsläppas till varmapparaten, så göres det, emedan det är bra att fort nog kunna få upp blästertemperaturen.

Allt efter som blåsningen fortgår ökas blästerns tryck och temperatur samt uppsättningarnas godsmängd, tills man kommer upp till för hyttan normala förhållanden.

Dessförinnan har man dock fått börja slå ut järn.

Utslag. Då utslag skall göras, bortskottas först sanden ur järngatan med utslagsskyffeln* ända intill där den av värmen sintrat samman. Av den innersta glödheta sanden strör man litet på botten i järnrännan till säkerhet mot tackjärnsspritsning av där möjligen kvarvarande fukt. Sedan tar man ett skarpt långt spett, lägger tvärs över rännan inne vid ställmuren en rundjärnsstång i ett par så högt upp placerade krokar, att spettet bekvämt kan skjutas ut och in i järngatan så upptill och nedtill som längs sidorna. Man spettar så med kraftiga stötar upp hålet, börjande nedtill, spettande runt om, så att man ständigt tar hela gaveln i gatan med sig. Det lösspettade krokas ut undan för undan. När man på det tilltagande skenet märker, att man kommit nära in, så spettar man varligare, tills järn börjar drypa, då man med 2 à 3 starka, raska stötar öppnar hela hålet, så att tackjärnet kommer framstörtande. Då detsamma nedrunnit i måtten och en del slagg utrunnit, påöses över denna i rännan litet kall sand, för att minska hettan, varpå järngatan göres väl ren ända in med

* Vid ett par svenska träkolshyttor använder man ej järngata utan har vid ställets botten endast ett runt hål — igensatt med en lerplugg alldeles som vid kupolugnarna.

ningsmål har anbragt mellan pipmuren och ventilen i ett av gasuttagen, är så kall och fuktig att den ej går att tända, och därför råder å kransen då ett starkt kolos, varför arbetarna där skola tillhållas att mellan sättningarna bege sig ut i friska luften. Ventilerna i gasuttagen hållas väl stängda och tätade. Varmapparaten har man börjat elda vanligen dagen före fyllningen eller åtminstone samma dag denna pågår, så att den ej behöver tvärvärmas utan är fullt brunvarm nedtill, när gasen kan påsläppas, vilket kan ske, då man ser, att den utan att slockna efter antändning brinner å kransen och lågan ej är för matt.

Slaggtappning. Då slaggen kommit upp så högt, att den står och slår i formorna göres slaggtappning. Denna tillgår så, att ett varmt torrt spett införes genom sanden under timpeln i stället, där sakta föres litet fram och åter åt sidorna och så varligt och utan hast utdrages, då slaggen medföljer och börjar rinna samt får rinna tills den slutar därmed. Har man slaggforma, så bortspettas den i denna sittande lerpluggen, så att slaggen rinner ut. Men som slaggen att börja med är kall, sur och seg, så händer, att man rent av får ta bort slaggforman för att få nog stort hål att få den ut igenom, och får man då även där efter tappningen täta med sand ifall blästern vill »slå fram». När gas kan påsläppas till varmapparaten, så göres det, emedan det är bra att fort nog kunna få upp blästertemperaturen.

Allt efter som blåsningen fortgår ökas blästerns tryck och temperatur samt uppsättningarnas godsmängd, tills man kommer upp till för hyttan normala förhållanden.

Dessförinnan har man dock fått börja slå ut järn.

Utslag. Då utslag skall göras, bortskottas först sanden ur järngatan med utslagsskyffeln* ända intill där den av värmen sintrat samman. Av den innersta glödheta sanden strör man litet på botten i järnrännan till säkerhet mot tackjärnsspritsning av där möjligen kvarvarande fukt. Sedan tar man ett skarpt långt spett, lägger tvärs över rännan inne vid ställmuren en rundjärnsstång i ett par så högt upp placerade krokar, att spettet bekvämt kan skjutas ut och in i järngatan så upptill och nedtill som längs sidorna. Man spettar så med kraftiga stötar upp hålet, börjande nedtill, spettande runt om, så att man ständigt tar hela gaveln i gatan med sig. Det lösspettade krokas ut undan för undan. När man på det tilltagande skenet märker, att man kommit nära in, så spettar man varligare, tills järn börjar drypa, då man med 2 à 3 starka, raska stötar öppnar hela hålet, så att tackjärnet kommer framstörtande. Då detsamma nedrunnit i måtten och en del slagg utrunnit, påöses över denna i rännan litet kall sand, för att minska hettan, varpå järngatan göres väl ren ända in med

* Vid ett par svenska träkolshyttor använder man ej järngata utan har vid ställets botten endast ett runt hål — igensatt med en lerplugg alldeles som vid kupolugnarna.

Tillhör sidan 375.

Tabell LXX. **Exempel å ökningslistor.**

Hyttan går med beskickning för:

bessemer

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press mm	Utslag
1—9	tomma à 16 hl				—	—	—
10—11	55	10	40	105	—	—	—
12—13	70	10	20	100	—	—	—
14—15	75	10	20	105	—	—	—
16—18	105	15	10	130	—	—	—
19—21	130	20	10	160	—	—	—
22—24	150	20	—	170	—	—	—
25—27	170	20	—	190	—	—	—
28—30	185	25	—	215	—	—	—
31—33	200	25	—	225	—	—	—
34—36	215	25	—	240	—	—	—
37—38	225	25	—	250	—	—	—
39—40	235	25	—	260	—	—	—
41—42	245	25	—	270	—	—	—
43—44	255	25	—	280	—	—	—
45—46	265	25	—	290	—	—	—
47—48	275	25	—	300	—	—	—
49—50	280	25	—	305	—	—	—
51—52	285	30	—	315	—	—	—
53—56	290	30	—	320	—	—	—
	pipan fylld						
57—58	300	35	—	335	—	40	—
59—62	310	35	—	345	—	—	—
63—67	325	35	—	355	—	—	—
68—71	340	35	—	375	—	—	—
72—77	355	35	—	390	120°	—	—
78—90	370	35	—	405	—	—	grått
91—108	385	35	—	420	—	50	—
	första dygnet slut						
109—110	385	35	—	420	250°	60	—
111—120	400	30	—	430	—	—	—
121—126	415	25	—	440	—	—	—
127—136	430	20	—	450	—	—	—
137—142	450	20	—	470	—	—	—
143—156	465	20	—	485	350°	70	—
157—168	480	20	—	500	—	—	—
	andra dygnet slut						
169—195	480	20	—	500	—	—	—
196—206	495	15	—	510	—	—	—
207	510	15	—	525	450°	85	—
	pipan fullmalmad mursättning 38 %						

helvitt exportjärn

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press mm	Utslag
1—10	tomma à 15 hl				—	—	—
11—13	100	5	—	105	—	—	—
14—16	110	5	—	115	—	—	—
17—19	120	10	—	130	—	—	—
20—22	130	10	—	140	—	—	—
23—25	140	10	—	150	—	—	—
26—28	150	10	—	160	—	—	—
29—31	165	10	—	175	—	—	—
32—34	175	10	—	185	—	—	—
35—37	190	15	—	205	—	—	—
38—40	200	15	—	215	—	—	—
41—43	215	15	—	230	—	—	—
44—46	225	15	—	240	—	—	—
47—49	240	20	—	260	—	—	—
50—52	255	20	—	275	—	—	—
	pipan fylld						
53—55	270	20	—	290	—	30	—
56—58	285	20	—	305	—	—	—
59—63	295	20	—	315	—	—	—
64—67	305	20	—	325	—	—	—
68—71	315	20	—	335	—	—	—
72—75	320	25	—	345	100°	—	—
76—80	330	25	—	355	—	—	—
81—85	340	25	—	365	—	—	grått
	första dygnet slut						
86—90	350	25	—	375	—	—	—
91—95	360	25	—	385	150°	60	—
96—100	370	25	—	395	—	—	—
101—106	380	25	—	405	—	—	—
107—112	390	25	—	415	280°	60	—
113—118	395	30	—	425	—	—	—
119—124	405	30	—	435	—	—	—
125—131	415	30	—	445	—	—	—
132—138	425	30	—	455	300°	70	—
139—145	435	30	—	465	—	—	—
146—153	445	30	—	475	—	—	—
154—156	455	30	—	485	—	—	—
	andra dygnet slut						
157—180	470	35	—	505	—	—	—
181—200	490	35	—	525	—	—	—
201—218	510	35	—	545	—	—	—
	tredje dygnet slut						
219—250	530	35	—	565	—	—	—
251—287	545	40	—	585	—	—	—
	fjärde dygnet slut						
288	565	40	—	605	—	—	—
	fullmalmad mursättning 60 %						

lancashire

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press mm	Utslag
1—10	tomma à 15 hl				—	—	—
11—13	45	9	40	94	—	—	—
14—16	60	12	30	102	—	—	—
17—19	75	15	10	100	—	—	—
20—22	90	18	—	108	—	—	—
23—25	100	20	—	120	—	—	—
26—28	110	22	—	132	—	—	—
29—32	125	25	—	150	—	—	—
33—36	135	27	—	162	—	—	—
37—40	160	32	—	192	—	—	—
41—44	180	35	—	215	—	—	—
45—48	195	40	—	235	—	—	—
49—52	215	44	—	259	—	—	—
	pipan fylld						
53—59	230	45	—	275	—	45	—
60—66	240	48	—	288	100°	40	—
67—74	250	50	—	300	120°	60	—
75—88	270	54	—	324	250°	55	—
89—95	280	56	—	336	260°	55	3/4 vitt
96—103	290	58	—	—	—	—	—
	första dygnet slut						
104—119	310	62	—	372	250°	70	—
120—141	320	64	—	384	—	—	—
142—164	330	65	—	395	300°	80	—
	andra dygnet slut						
165—200	340	68	—	408	300°	80	—
201—228	350	70	—	420	—	—	—
	tredje dygnet slut						
229—299	360	72	—	432	350°	85	—
	fjärde dygnet slut						
300—370	370	74	—	444	—	—	—
	femte dygnet slut						
371—442	390	78	—	468	—	—	—
	sjätte dygnet slut						
443—523	400	80	—	480	—	—	—
	sjunde dygnet slut						
524	410	82	—	492	—	—	—
	pipan fullmalmad mursättning 58 %						

martin

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press mm	Utslag
1—10	tomma à 15 hl				—	—	—
11—12	44	6	50	100	—	—	—
13—14	53	7	40	100	—	—	—
15—16	61	9	10	80	—	—	—
17—18	70	10	—	80	—	—	—
19—20	79	11	—	90	—	—	—
o. s. v. med samma ökning i gods av 10 kg för varannan sättning till							
65—66	295	40	—	335	—	—	—
67—71	307	43	—	350	—	—	—
	pipan fylld						
72—75	316	44	—	360	—	25	—
76—79	320	45	—	365	—	—	—
80—83	325	45	—	370	—	—	—
84—87	329	46	—	375	100°	40	—
88—91	334	46	—	380	—	—	—
92—95	338	47	—	385	—	—	—
96—99	343	47	—	390	—	—	—
100—103	347	48	—	395	—	—	—
104—107	351	49	—	400	—	—	—
108—111	355	50	—	405	—	—	grått
112—115	360	50	—	410	—	—	—
116—119	364	51	—	415	—	—	—
120—123	369	51	—	420	—	—	—
124—127	373	52	—	425	—	—	grått
128—131	378	52	—	430	—	—	—
132—135	382	53	—	435	—	—	—
136—138	386	54	—	440	—	—	—
	första dygnet slut						
139—144	395	55	—	450	—	—	grått
145—154	400	55	—	455	—	—	—
155—164	403	55	—	460	—	—	grått
165—174	410	55	—	465	—	—	»
175—184	415	60	—	475	—	—	»
185—194	425	60	—	485	—	—	—
195—204	435	60	—	495	—	—	grått
205—209	445	60	—	505	—	—	»
	andra dygnet slut						
210—221	445	65	—	510	—	—	»
222—249	450	65	—	515	—	—	»
250	455	65	—	520	—	—	1/4 vitt
	fullmalmad mursättning 68 %						

1:ma martin-export

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press	Utslag
1—9	tomma à 15 hl				—	—	—
10	—	—	70	70	—	—	—
11—13	55	10	20	85	—	—	—
14—16	70	10	10	90	—	—	—
17—19	90	15	—	105	—	—	—
20—22	110	20	—	130	—	—	—
23—25	125	20	—	145	—	—	—
26—28	135	25	—	160	—	—	—
29—31	150	25	—	175	—	—	—
32—34	160	30	—	190	—	—	—
35—37	175	30	—	205	—	—	—
38—40	185	35	—	220	—	—	—
41—43	200	35	—	235	—	—	—
44—46	210	40	—	250	—	—	—
47—49	225	40	—	260	—	—	—
50—52	235	45	—	280	—	—	—
	pipan fylld						
53—64	250	50	—	300	40°	20	—
	första dygnet slut						
65—77	265	55	—	320	50°	20	—
78—92	285	55	—	340	—	—	grått
93—110	300	60	—	360	—	—	»
	andra dygnet slut						
111—122	315	60	—	375	130°	30	»
123—138	340	65	—	405	100°	48	1/4 vitt
139—153	360	70	—	430	—	—	»
154—157	370	70	—	440	—	—	»
	tredje dygnet slut						
158—171	380	70	—	450	200° / 300°	66 / 70	» / »
172—203	420	70	—	490	350°	70	1/2 vitt
	fjärde dygnet slut						
214—232	445	70	—	515	—	—	»
233	450	70	—	520	—	—	—
	pipan fullmalmad mursättning 65 %						

lancashire

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press	Utslag
1—8	tomma à 15 hl				—	—	—
9—12	—	—	40	40	—	—	—
13	45	15	—	60	—	—	—
14	50	15	—	65	—	—	—
15	55	15	—	70	—	—	—
o. s. v. med 5 kg ökning av malm pr sättning utan ändring i limmen t. o. m.							
39	180	15	—	195	—	—	—
	pipan fylld						
40	200	30	—	230	—	20	—
41	205	30	—	235	100°	30	—
o. s. v. med 5 kg ökning av malm per sättning utan ökning i limmen t. o. m.							
64	320	30	—	350	200°	35	1/4 vitt
	första dygnet slut						
65	320	50	—	370	—	—	»
66	330	50	—	380	—	—	»
o. s. v. med 10 kg ökning av malm utan ökning i limmen t. o. m.							
98	480	50	—	530	300°	40	1/2 vitt
	andra dygnet slut						
98—99	490	50	—	540	—	—	—
100	500	50	—	550	350°	45	1/1 vitt
	fullmalmad mursättning 65 %						

grått aduceringsjärn

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press	Utslag
1—8	tomma à 11,55 hl				—	—	—
9—12	—	10	45	55	—	—	—
13—16	25	10	30	65	—	—	—
17—22	65	15	—	80	—	—	—
23—27	75	15	—	90	—	—	—
28—32	85	20	—	105	—	—	—
33—37	100	25	—	125	—	—	—
38—42	110	25	—	135	—	—	—
43—47	120	30	—	150	—	—	—
48—50	130	30	—	160	—	—	—
51—53	140	35	—	175	—	—	—
	pipan fylld						
54—56	150	40	—	190	—	25	—
57—58	160	40	—	200	—	—	—
59—61	165	40	—	205	—	—	—
63—66	170	40	—	210	100°	40	—
67—69	180	40	—	220	—	—	—
70—71	200	40	—	240	—	—	—
72—75	215	40	—	255	—	—	—
76—78	225	40	—	265	—	—	—
79—82	240	40	—	280	—	—	grått
83—89	250	40	—	290	—	—	—
90—95	265	40	—	305	150°	45	grått
	första dygnet slut						
96—99	270	40	—	310	—	—	—
100—112	280	40	skro	320	—	—	grått
113—118	290	40	3	333	160°	50	—
119—130	290	45	3	338	—	—	grått
131—136	300	45	3	348	200°	45	»
	andra dygnet slut						
137—153	300	45	8	353	—	—	»
154—169	310	45	8	363	—	—	»
170—178	320	45	8	373	—	—	»
	tredje dygnet slut						
179—185	320	45	7	372	—	—	»
186—199	330	45	7	382	250°	50	»
200—225	340	45	7	392	—	—	—
	fjärde dygnet slut						
226—240	350	45	8	403	—	—	grått
241—270	360	45	8	413	—	—	»
	femte dygnet slut						
271—294	360	45	9	413	—	—	»
295	365	50	9	423	—	—	—
	pipan fullmalmad mursättning 40 %						

export degelstålstackjärn

Sättningarnas N:o	Malm kg	Lim kg	Slagg kg	Gods kg	bläster- temp.	bläster- press	Utslag
1—7	tomma à 15 hl				—	—	—
8—9	60	10	40	110	—	—	—
10—11	65	10	35	110	—	—	—
12—13	70	10	30	110	—	—	—
14—15	75	10	25	110	—	—	—
16—17	80	10	20	110	—	—	—
18—19	83	12	—	95	—	—	—
20—21	85	15	—	100	—	—	—
22—23	90	15	—	105	—	—	—
24—25	95	15	—	110	—	—	—
26—27	100	15	—	115	—	—	—
28—29	105	15	—	120	—	—	—
30—31	105	20	—	125	—	—	—
32—33	110	20	—	130	—	—	—
34—36	120	20	—	140	—	—	—
37—39	130	25	—	155	—	—	—
40—42	150	25	—	175	—	—	—
43—45	175	25	—	200	—	—	—
	pipan fylld						
46—55	197	33	—	230	—	30	—
56—65	225	40	—	265	—	—	—
66—75	255	45	—	300	—	—	—
76—85	300	55	—	355	200°	45	1/2 vitt
86—92	320	60	—	380	—	—	—
	första dygnet slut						
93—95	330	60	—	390	—	—	1/1 vitt
96—105	350	60	—	410	350°	60	—
106—115	375	65	—	440	—	—	1/1 vitt
116—125	410	75	—	485	—	—	—
126—138	420	75	—	495	400°	70	1/1 vitt
	andra dygnet slut						
139—142	430	80	—	510	—	—	»
143—147	435	80	—	515	450°	75	—
148	440	85	—	525	—	—	1/1 vitt
	pipan fullmalmad mursättning 42 %						

spett och krok och under sandinkastning, varefter den på nytt igensättes med lämplig ej för lättsmält sand, som hårt tillpackas med stoppkroken. Man går därpå till slaggtimpeln eller slaggforman, spettar öppningen där väl ren, krokar ut alla slaggrusor, drar fram kolen och öser på sand på nytt eller sätter i lerplugg, om slaggforma användes, samt drar därefter på blästern igen, om densamma varit frånslagen under utslaget. Att börja med händer att kalljärn samlat sig på ställets botten och får man då slå hål högt upp i järngatan och göra utslagen tätare, tills stället »skurit rent», vilket går bäst med halvvitt tackjärn.

I tabell LXX visas ökningslistor från 8 stycken väl skötta svenska masugnar, om vilka ökningslistor nog kunde vara en del att säga, vilket dock ej lämpar sig sätta i tryck utan gömmes till föreläsningarna.

Formornas skötsel. Så länge man endast har kol framför formorna, så hålla de sig alltid rena, såvida man ej råkat få dålig massa eller dåligt tegel i ställmuren, ty då händer, att de redan nu börja »snora», varmed menas att sega droppar av smält murgods kommer nedsegnande innanför dem. Dessa droppar kastas vanligen undan av blästern, men eljes måste man gripa till formspettet och stöta dän dem. Blåser man på med en ökningslista, som ger nödsatt gång med grafittjockt järn, händer, att även slaggen blir urkokad och seg, så att den snorar. Blåser man på med mera hårdsatt gång och vitt tackjärn, så händer åter ofta att formorna börja glottra, d. v. s. att så mycket oreducerat järn finnes kvar i densamma, att dess reduktion fortsätter i beröring med kolen neri stället, då slaggen kommer i stark pösning genom koloxidutvecklingen samt jäser upp till och över formorna och slår fast på dem, tilltäppande deras innermynningar. Dessa måste då hållas rena med upprepad spettning, tills gången bättrar sig.

Det övriga arbetet i rådstugan. Då det utslagna tackjärnet kallnat uppbrytas tackraderna och tackorna isärslås. Av en mitt-tacka avslås ett stycke, som på en hylla i rådstugan upplägges som utslagsprov. Järnet väges och utfraktas för uppläggning eller avsändning och vikten införes i journalen. Måtten sopas rena från sand och strykas med tunn lervälling och järnrännan iordningställes för nytt utslag. Gaspådraget till varmapparaten regleras, så att blästertemperaturen blir den rätta och likaså regleras blästerns tryck.

Rostugnen igångsättes så som förut beskrivits, och så fort gas i tillräcklig mängd förefinnes åt densamma, påsläppes dylik till den.

E. Godsmängdens avpassande och fördelning samt arbetet på kransen och i kolhuset.

a. Vid träkolshytta.

Kolhuset. Som träkol synnerligen lätt suga till sig vatten, böra de aldrig förvaras under bar himmel. Dämmas milorna på östgöta eller sörmlandssätt, låter man dem vara kvar i milan tills före kommer, så de kunna köras från milan direkt in i brukets kolhus, rives och släckes milan har man vid densamma av gärdsle och granris eller spånlämmar rest upp ett skjul, vari de få ligga tills de köras fram. Vid bruket skall finnas tillräckliga kolhus för det kolkvantum man kan på en gång hava att förvara, ty i s. k. bäddar ute på bruksbacken fara kolen synnerligen illa, ej blott genom att de vid regnväder bli fuktiga — ja ibland genomsura, utan inträffar därefter frost och kyla frysa de dessutom delvis sönder och bli lösare samt få ännu större förmåga att magasinera fuktighet. Kolhusen byggas ofta med lutande väggar för att minska kolens tryck mot dessa och böra alltid förses med långt utskjutande takfall så att vid blåst vatten ej yr in mellan springorna i väggarna. Det är nämligen bäst att hava glesa yttervägggar i kolhuset, så att luft kan komma åt att spela in och verka torkande, men än bättre att ha huset indelat i fack på så sätt, att på varje eller varannan stolprad spikas i horisontal ställning slanor, bakar eller bräder på båda sidor och helt glest, så att torkluft kan komma in även i kolmassan. Golvkanaler i likhet med dem som användas vid en del utländska stenkolsupplag vore nog även av god effekt. Längs efter kolhusets ena långsida bör kolkorgbanan löpa med växelspår in till de olika facken och bör man alltid anordna hängbana — helst linbana, då det ju till dels är slöseri med kraft att för varje uppspelning av kol till masugnskransen även behöva spela upp en korgarna uppbärande planvagn eller ett tungt underrede. Dock — dessa anordningar tillhöra ämnet bergsmekanik. Kolbanorna för de inkommande kolen förläggas högt upp, helst i två nivåer, så att de först inkommande kolen ej genom för högt fall slås sönder.

Kan man vid kolens ankomst till kolhuset sortera dem efter deras kvalitet i olika fack, så att man får torra kol, mindre fuktiga och sura skilda åt och likaledes få dem skilda i torrfuru-, mil-, sågverks-, barrveds- och lövvedskol, så är det så mycket bättre och underlättar för ingenjör och masmästare i betydande grad besväret med att hålla jämn masugnsgång och framställa rätta tackjärnskvalitén. Därvid erfordras dock att kolemottagaren är en pålitlig karl med god omdömesförmåga, men det är ej bortkastade penningar att betala en duktig sådan premier för god gång i masugnen!

Vikten av att kolens kvalitet noga observeras och vikten av kol-

fatningsarbetets noggranna skötsel belyses bäst av den gamla bruksregeln: hyttingenjörns första promenad var dag skall gälla kolhuset. Händer så nog, att han ibland måste gå dit flera gånger på dagen!

Då kolen skola fatas i de från kransen nedkomna tömda kolkorgarna, så dels befrias de i möjligaste mån från stybb samt sorteras i 2 à 3 grovlekar, varjämte bränder och för stora kol utplockas. Sorteringen sker i s. k. kolrissel (vilkas närmare beskrivande tillkommer ämnet bergsmekanik). Stybben — det finaste — är ett vanligen och isynnerhet vid skogskol sandrikt avfall, som ej är lämpligt uppsätta på masugnen utan i stället användes till andra ändamål såsom kalkbränning, glödgningsugnar, tillblandas stenkol i generatorer till förhindrande av slaggrusbildning, för pudrettberedning o. s. v. Den något grövre sorken åter medtages till kransen och bör där placeras ovanpå den övriga kolsättningen. Använder man bara en kolkorg, rymmande hela sättningen, så fatar man den olika allt efter som densamma tömmes i uppsättningsmålet genom *a* bottens öppnande eller *b* genom korgens omstjälpande. Ordningsföljden i fatningen blir i de två fallen:

a grova kol, småkol, sork, bränder och mycket stora kol,
b sork, småkol, grova kol, » » » » »

Varför i båda fallen bränder och mycket stora kol läggas överst är för att de, vare sig uppsättningsmålet är öppet eller ej, behöva placeras på visst sätt i detsamma och därför av uppsättaren avplockas korgen vid uppkomsten till kransen och nedkastas där de böra ligga. Som en masugnspipas kärngods — genom malmens vid nedsjunkandet rasande inåt — vill bli för tätt, så böra bränderna sättas i mitten, men detta iakttages vanligen ej. Mycket stora kol åter böra sönderslås. Kunde man redan i kolhuset utan alltför stor avstybbning krossa de grövre kolen, vore det vid våra sligrika beskickningar nog välgörande på så sätt, att sligen sen ginge mindre fort ned genom pipan och kunde uppsättas i större kvantitet, förutsatt förstås att masugnen har blåsmaskin som duger för den då mera täppande beskickningsmassan. De amerikanska träkolshyttornas kol äro små och mindre stybbefria än våra.

Att de fosforfriaste kolen sparas till det fosforrenaste tackjärnet faller av sig självt.

Uppsättningen. Den rostade malmen uppspelas på hyttkransen och fördelas där i olika slag var och en i sitt bås och böra dessa bås i likhet med malmbåsen i rostugnshuset hava lutande botten, så att uppsättaren, då han tager ut en viss malmkvantitet, får proportionsvis lika mycket mull som styckemalm varje gång. Båsens bottenmynning placeras så, att malmen kan rakas ned i malmskopan, vilken i sin tur hänger på lagom handhöjd över kransgolvet (0,75 m). Skopan hänger i en pyndarvåg, vilken löpande på trissor lätt kan röras fram och

åter på en noga horisontalt upphängd, över uppsättningsmålet vridbar plattjärnsstång (se pl. LVI).

I denna malmskopa tillväger så uppsättaren malmer och lim (resp. kvarts, slagg, löpjärn o. s. v.) efter den anvisning kransliggaren giver. Kransliggaren är en journal vari hyttingenjören inskrivit siffrorna från den beskickningsberäkning han utfört för den tackjärnssort som skall blåsas. Beräkningen angav malmsammansättningen och limpåsättningen, såsom vi sågo, i procent. Huru mycket i kilogram av var malm och av limmen som skall på varje sättning kol uppsättas sluter sig ingenjören till av föregående erfarenhet från hyttan i fråga eller från annan hytta, gående med snarlik beskickning och liknande kol, och gör behövliga ändringar sedan, om han av vissa tecken (nedan nämnda) finner så vara behövligt. Första fördelningen av godset i olika delar av uppsättningsmålet gör han likaledes efter erfarenhet, samt rättar även den om så behöves sedan efter tackjärnets och slaggens utseende.

Fördelningen av godset. Vid öppet uppsättningsmål skiljer man mellan »malm på kolsättning» och »malm i mursättning», vid de svenska slutna mellan mitt-, ring- och mursättning. Vid de förra nedskaffas, då hålmål inträffar (d. v. s. då rum för ny sättning finnes) först kolen och avjämnas med kransrakan. Härpå tages i skopan hela eller, om ej allt får rum, en del av den malm- och limkvantitet som man anser bör komma på kolen och fördelas den kvantiteten noga över hela kolytan och förfares vidare lika så med resten av denna s. k. malmkolsättningen. Härpå tillväges i en eller två portioner den s. k. mursättningen av malm och lim, vilken från skopan utbredes på kranshällarna och från dessa nedmakas med kransrakan på kolen närmast muren. Man måste raka långsamt ned denna del av beskickningen, så intet av densamma kastas längre in på kolen. Det är denna del, som kallas mursättningen, och tages densamma vid olika masugnar från 30 till 80 % av hela malm- och limmängden (härom vidare under: oordningar i hyttgången, skullningar). På vilka malmer och kvantiteten av den lim, som sättes på kolen och i mursättningen beror till en del sammansättningen hos det tackjärn, som erhålles och säger härom H. Tholander:*

»Man har i sin makt att även med oförändrad beskickning och kalktillsats samt viss given malmning per sättning, inom vissa om ock trånga gränser variera tackjärnets sammansättning endast genom valet av de malmer, som tagas till kol- och mursättning. Vid en viss given beskickning ingår den största myckenheten mangan i tackjärnet om manganmalmerna förläggas i kolsättningen, och å andra sidan fås den största kiselhalten om manganmalmerna tvärtom förläggas i mursättningen samt i deras ställe kvartsiga malmer inflyttas på kolen. Om så den manganförande kolsättningen göres mera basisk, i det även

* J. K. A 1891 sid. 171.

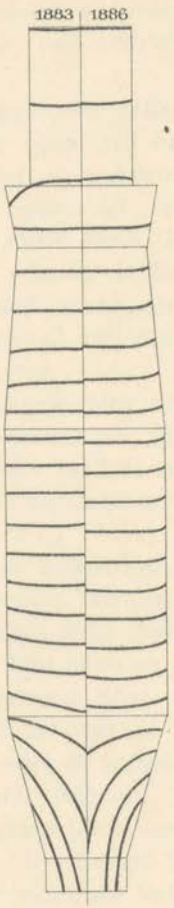


Fig. 1

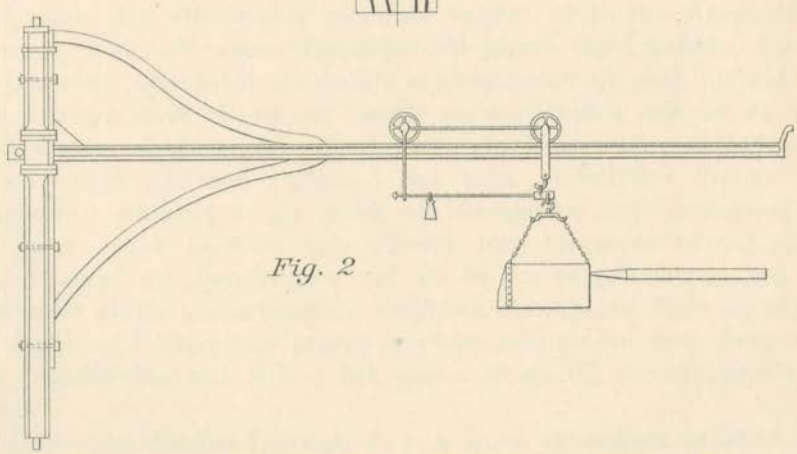


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

mera kalk inflyttas från muren på kolen, så utreduceras mera mangan. För ändamålsenligaste framställande av tackjärn med vissa givna kemiska kvalifikationer av någon viss beskickning är därför av vikt att noga välja malmer till mur- och kolsättning, ävensom att noggrant verkställa dessa sättningar.»

Till detta torde kunna läggas, att gäller det variation i tackjärnets kolprocent, så bör man, om man vill åstadkomma en hög kolhalt, sätta de lättreducibla malmerna på kolsättningen och de svårreducibla på muren samt tvärtom, ävensom att vid åstadkommandet av det svavelrenaste tackjärnet man alltid skall låta motsvarande lim åtfölja de svavelhaltigare malmerna. Såväl då det gäller limmen som manganen får man emellertid hågkomma, att kommer för mycket MnO eller CaO med i mursättningen, så blir frätningen å ställmuren såväl ovanför som under formorna stor.

Uppsättningssätten vid Charlevilles och Tholanders slutna uppsättningsmål äro förut beskrivna (se sid. 269 och 270) och skiljer man såsom där och även nyss sades mellan mitt-, ring- och mursättning, av vilka de båda förstnämnda tillsammans motsvara det öppna uppsättningsmålets kolsättning.

Godsmängden avpassas efter kolsättningens storlek, kolens beskaffenhet och det avsedda tackjärnets sättningsgrad. Ju flera hl kol sättningen håller, ju större kvantitet gods (malm + lim) uppsättes naturligtvis på var och en sådan. Storleken av godssättningen rättas endast till en viss grad efter masugnens höjd och volym, vilket med full tydlighet framgår av Lefflers tabeller (J. K. A. 1911 pl. V, VI, VII), där man ser att visserligen i regel de största kolsättningarna användas vid de rymligaste piporna och tvärtom, men att det är svårt utleta några bestämda regler för, i vilka förhållanden kolsättningarnas rymd skall stå till pipans volym. De förras hektolitertal växlar mellan 10—24, men det allmännast använda måttet är 15 hl. Åtminstone förr ansåg man, att mera täppande kol såsom sågverkskolen borde tagas i mindre sättningar än de grova skogskolen av skäl, att vid de senare malmen hade lättare att blanda sig med kolen och att då, vid beskickningens nedgående, blandningen hastigare blev fullständig. Som ett större gastryck i pipan i viss mån underlättar koloxidens inträngande i malmstyckenas porer och därigenom även reduktionen, ansåg man också tjockare och således mer täppande malmlager i pipans översta del behövligare vid de luckra skogskolen än vid de tätt fallande platta sågverkskolen, varjämte, om man skaffade sig något mera täppning i överpipan genom tjockare malmlager, man även vid öppna uppsättningsmål lättare fick gasen att gå till varmapparat och rostugn.

Kolens beskaffenhet i övrigt, d. v. s. huru väl kolade de äro, huru stor procent fuktighet de innehålla och huru fasta de äro, inverkar åter i hög grad på vad godsmängd man kan per sättning uppsätta.

Som vi i Sverige alltid m ä t a till kolen, så, även om de ena dagen äro lika torra och lika väl kolade som den andra, men man förut gått med kol av fastare ved (t. ex. björk och tall i blandning) och så övergår till kol av lösare ved (t. ex. gran och gråal i blandning),* så måste man naturligtvis minska på godsmängden, om man skall få tackjärn av samma sättningsgrad och sammansättning som förut och vice versa. Höjning av blästerns temperatur är härvid ej ensamt tillfyllestgörande medel, ty visserligen kan man därigenom åstadkomma ett tackjärn med ungefär samma brottutseende men ej med samma kemiska sammansättning, kisel- och manganhalterna höjas litet, kolhalten minskas något. Mindre inverkar en ej alltför stor variation i fuktighet, ty densamma bortgår i pipans övre delar, medan den lösare kolbeskaffenheten verkar ända ned. Kol med onormal vattenhalt åter verka, genom den stora mängd vatten, som skall avdunstas, nedflyttande och försenande på alla processerna i pipan, och måste då den högre vattenhalten motvägas med malmminskning, höjning i blästertemperatur eller bådadera. Dåligt kolade kol »bära» mindre än väl kolade. Med att kol »bära» så och så mycket gods mena vi (se Allmän Metallurgi) ej att de utan att krossas förmå utstå det och det trycket, utan att man kan per hl eller m^3 med god masugnsgång uppsätta på dem så och så många kilo gods. Nu lära visserligen senare tiders kolteknici, att om blott veden är torkad och kolningen inledd, så fortgår kolningen av sig självt med eget värme, åtminstone till god del. Våra erfarenheter från hyttorna tala emellertid ej precis samma språk. När man började vid Svartå uppsätta torkade pinnar på masugnen** — torkningen drevs skarpt med i lancashiresmedjans gnisterhus upphettad luft och pinnarna höllo vid uppsättningen endast 10 % hygroskopiskt vatten — så var masugnsgången god så länge man ej uppsatte mera pinnar, än att de bortgående masugnsgaserna voro fortfarande c:a 300° varma, men sökte man ersätta mer än $^1/_8$ av kolsättningen med pinnar gick det ej längre. Pinnarna vägde otorkade och med 32 % vatten 31,2 kg pr hl, borde kolade i mila givit 9,4 kg torrt kol, och som välkolade milkol nyrivna väga 12,3 kg pr hl, borde en hl pinnar på masugnen motsvarat $\frac{94}{123} = 0{,}76$ hl träkol. Då man ersatte 1 tunna kol med 1 tunna torkade pinnar, visade sig emellertid, att pinnarna motsvarade endast 0,54 tunna kol och som deras vattenhalt var 10 % och kolens 12 à 14, måste ej så litet värme åtgått till deras kolning! För övrigt hava vi vid flera för att ej säga alla åtminstone medelhöga och höga masugnar, där man haft tillfälle jämföra välkolade milkol med brandfyllda dylika, nogsamt sett, att mas-

* Kolens fasthet och eg. vikt beror ock till god del på, huru de kolats och släckts; hastigt kolade kol äro lösare, dämda kol lättare, emedan de äro fuktfriare, men kraftigare o. s. v. Se Allmän Metallurgi.

** Se J. K. A. 1879 sid. 684.

ugnens smältförmåga nedsättes av för mycket bränder. Där gaserna eljes bortgå med onödigt hög övervärme gör förstås någon mindre brandprocent ej så stor skada, vid masugnar där värmen väl kan uttagas är bäst slippa brandkol, i överensstämmelse med vad en gammal skicklig bergsingenjör vid ett av våra större hytteverk skrev till författaren: »Säg eleverna att får man befallning använda masugnen som tjärgrop åt dåliga kolningsugnar, är bäst uppsäga sin plats, ty eljes får man fult rykte för att gå med för hög kolåtgång och för att ej kunna blåsa jämnt tackjärn.» Vid en hel del bruk måste ingenjörerna nu för tiden blåsa med dåligt kolade kol och då gäller det att ställa rätt med godsprocenten. Grova bränder kolas färdiga först långt ned i pipan, verka där kylande på kringliggande gods och försenande på de närmast och över befintliga malmstyckenas reduktion, ja ibland så att slaggen utflyter grönrandig av ej slutreducerade malmpartier.

Om det kan vara ekonomiskt att använda masugnen som kontinuerlig kolningsugn med antingen chargering bestående av viss proportion välkolade kol och viss okolat trä, som vid Svartå eller endast okolat trä, som en gång föreslagits vid ett Jernkontorsmöte och i senare fallet med tillvaratagande av biprodukterna, är en räknefråga, ty i båda fallen kan man få lika jämnt tackjärn, men vid samma masugn, drivning o. s. v. blir även produktionen mindre. Fördelen med senaste förslaget skulle väl ligga i besparing i arbetskraft, då en del av kolugnsfolket kunde inbesparas samt i nyttiggörandet av den värme, som vid kolugnarna förloras genom utstrålning och vid de glödande kolens släckande. Givet är, att man högst betydligt nedflyttar alla de i masugnspipan eljes vanliga reaktionerna *om* man uppsätter okolad ved, ty kolningen av något så när grov veds kärna tar tid. Betydlig tillökning i piphöjd vore givetvis nödvändig med åtföljande större godsuppforslingskostnad, men all avstybbningsprocent skulle bortfalla och pinnar, stubbar (sönderhuggna i bitar) skulle gå lika bra att använda som ved.

F. Avpassandet av blästerns värme och användningen av torkad bläster.

Övermasmästar Kallstenius anför i 1841 års J. K. A. sid. 1 och f. effekten i kolbesparing som under i övrigt lika förhållanden erhölls vid trenne stycken masugnar genom övergången från kall till varm bläster. Besparingen utgjordes vid:

Svartnäs masugn	från	vid	kall	bläster	14,64	tunnor	per	skeppund.		
	till	»	186°	»	11,85	»	»	»	således	19 %
Valla »	från	»	kall	»	11,29	»	»	»		
	till	»	300°	»	8,22	»	»	»	»	27 %
Nyhytte »	från	»	kall	»	10,77	»	»	»		
	till	»	140°	»	8,87	»	»	»	»	18 %

samtidigt som produktionen ökades vid:

Svartnäs	från	17,82	skeppund	per	dygn	till	22,08	skeppund = 24 %
Valla	»	19,45	»	»	»	»	33,14	» = 71 %
Nyhyttan	»	18,47	»	»	»	»	20,88	» = 13 %

Och läser man de övriga övermasmästarnas och direktörernas berättelser från denna tid, finner man, att vid införandet av c:a 300° blästervärme vid masugnarna en ernådd bränslebesparing av omkring 30 % var ganska vanlig, likasom alla intyga, att man genom varmblästers införande vann betydligt i drivning och produktion vid dåtidens masugnar.

Söka vi teoretiskt beräkna storleken av den möjliga besparing man kunde genom blästerns uppvärmande till 300° vid Valla masugn ernå, finna vi, att som 1 skeppund bergslagsvikt är lika med 195,4 kg och då 11,29 tunnor à 1,65 hl = 18,63 hl, blir det en kolåtgång per ton tackjärn = 95,3 hl före och 8,22 tunnor à 1,65 hl = 13,56 hl, blir det en kolåtgång per ton tackjärn = 69,4 hl efter införandet av varmbläster.

Vid en hl-vikt av 14 kg och med 83 % rent C i de använda kolen

motsvara	95,3	hl . . .	1343	kg	träkol	hållande	1107	kg	C
»	69,4	» . . .	972	»	»	»	807	»	»
skillnad	25,9	hl . . .	362	kg	»	»	300	kg	C

Om man frånser den direkta reduktionen och blott frårdrager det C = 4,5 % som åtgått till tackjärnets kolbindning, så återstår att med blästerns syre i förra fallet förbränna 1107—45 = 1062 kg C. För denna kvantitet kols förbränning till CO åtgår $\frac{16 \cdot 1062 \cdot 100}{12 \cdot 23} = 6156$ kg luft, vilken luft med eg. värme 0,23 och temperatur = 300° till masugnen medför 424764 v. e. Då kol förbränt till CO alstrar 2473 v. e. per kg, skulle denna värmekvantitet motsvara en möjlig besparing av blott 172 kg C, men verkliga besparingen blev i stället 300 kg. Samma erfarenhet gjordes överallt vid ej blott de svenska hyttorna utan även vid de utländska, att verkliga besparingen blev vida större än den beräknade, ehuru skillnaden blev ännu större vid träkolshyttorna än vid kokshyttorna. Förklaringen härtill ligger emellertid till största delen i, att i den tidens små låga träkolsmasugnar vid kallbläster en onaturligt stor del av reduktionen skedde direkt med kol, vilken direkta reduktion avsevärt reducerades genom införandet av förvärmd bläster. Så som vi förut påpekat blir värmeförlusten vid järnmalms reduktion direkt med kol mycket stor, om ej den då uppkomna koloxiden blir i tillfälle högre upp i pipan verka reducerande på nytt, och det kunde den ej i den tidens kallgående låga pipor. Härtill kommer såsom R. Åkerman påpekat, att vid blästerns uppvärmande det värme som så tillföres ugnen ej orsakar ökning i vikten genom pipan uppgående och

från densamma bortgående gaser, vilket däremot är händelsen om jag försöker åstadkomma motsvarande värmeökning medelst inkastande av mera kall luft. Gasströmmen går i förra fallet mindre snabbt i pipan och beskickningen hinner bättre upptaga den mindre gaskvantitetens överskottsvärme. Man fann ock att genom införande av varmblåster de bortgående gasernas temperatur sjönk. Varmblästern ökar ställtemperaturen, vilket i sin ordning befordrar järnets slutreducering, ger således lättare järnfri slagg.

Numera arbeta vi alltid med mer eller mindre uppvärmd blåster och reglera blästerns temperatur efter förhandenvarande behov.

Höjning i blästertemperaturen utan någon annan ändring vare sig i drivning, malmning eller limprocent medför:

1:o ökning i tackjärnets kisel- och manganhalter genom att temperaturen blir högre i stället och högre temperatur befordrar dessa ämnens utreducerande ur slaggen,

2:o iblandd någon minskning i tackjärnets kolhalt, ty kiselns utreducerande sker uteslutande, manganens delvis på bekostnad av detta kol, men oftast motväges detta genom att den varmare blästern medför, att järnet färdigreduceras högre upp i pipan och får längre tid till kolbindning,

3:o tackjärnets svavelhalt minskas genom att varmare slagg verkar mera svavelrenande än kallare slagg av samma sammansättning,

4:o reduktionen blir fullständigare, järngrön slagg ljusnar eller blir vit, glotter och kok upphöra, om temperaturhöjning av betydenhet kan göras, och glottrande formor rensas från nasbildning,

5:o om gången förut varit krävjande förvärras kravet, slaggen blir färglös, formorna snora ännu mera och kravnas bildas på dem, samt kan kravet då övergå till försättning, som vid några hyttor skett. Då bör man i stället tillgripa kall blåster och stoppa in malmbitar genom formorna,

6:o det utrinnande tackjärnet och slaggen ha högre temperatur än förut och avgiver det förra mindre mängd gnistor.

Sänkning i blästertemperaturen medför förstås motsatta verkningar.

Om åter samtidigt som blästertemperaturen höjes ingen ändring göres i blästerns pression eller om ej större tättor eller formholkar insättas, så blir följden genom blästervolymens ökande av värmen, att mindre blåster inkommer genom formorna, och då blir drivningen mindre samt motverkas en del av det, som eljes skulle genom temperaturökningen vinnas.

Om man ökar blästertemperaturen för att spara kol, så uppsätter man samtidigt mera gods per sättning kol, och tager man då fullt ut vad man kan, så inträffar, att tackjärnets halt av kisel och mangan

ökas men samtidigt minskas dess kolhalt avsevärt och kvaliteten blir en annan än förut.

Användningen av torkad bläster i masugnar har visserligen även förut av andra föreslagits, men den förste, som verkligen i stort genomdrev detta, var James Gayley, vilken 1904 igångsatte en blästertorkningsanläggning vid en av Isabellaverkets masugnar vid Etna i Förenta Staterna. De som förut funderat på denna sak och räknat över den ekonomiska möjligheten hade alltid kommit till det resultat, att saken omöjligt kunde löna sig, Gayley åter ansåg sig kunna våga försöket vid detta verk, beläget i Pennsylvania, varest luftens fuktighetshalt om sommaren är stor och dessutom mycket växlande ej blott från vecka till vecka utan rent av dag och natt. Av Förenta Staternas Meteorologiska byrå fick han uppgift att temperatur och fuktighet i Pittsburgs atmosfär i medeltal var:

	Temperaturen	Gr. H_2O per m^3 luft	Således i masugnen i fråga inblåsta liter H_2O per timma
Jan.	2,78	5,01	330,5
Febr.	0,17	4,21	277,4
Mars	8,33	7,82	515,4
April	10,56	6,90	454,8
Maj	16,44	11,04	727,7
Juni	22,00	13,66	900,5
Juli	24,56	12,88	849,0
Aug.	23,11	11,87	782,3
Sept.	21,33	13,06	861,1
Okt.	13,56	9,20	606,4
Nov.	4,67	5,41	356,3
Dec.	2,56	5,18	341,1

Sedan han anställt talrika försök att på olika sätt torka luften, beslöt han sig för torkning genom avkylning medelst komprimerad ammoniak,* som i dubbelrör avkylde en klorkalciumlösning, vilken inledd i en kylkammares rörsystem i sin tur avkylde blästerluften, som då på detta rörsystem avsatte i form av frost och is sitt vatten. När så för mycket is avsatt sig på rören växlades luften in i en annan dylik kammare, och varm lösning inleddes i den förras rör, då isen där strax smälte och vattnet bortrann. Gayley höll redan 26 okt. 1907 föredrag om effekten av torkningen och omtalade därvid, dels att den torra luften medförde en synnerligen jämn hyttgång, vilket ingen betvivlade, dels en kolbesparing så avsevärd, att vinsten med anläggningen blev förvånansvärd, ja sedan av en mängd fackmän förklarades omöjligt kunna vara så stor.** Härvidlag gick den gamla historien

* Se S. u. E. 1904 sid. 1289, 1905 sid. 645.

** S. u. E. 1905 sid. 3, 55, 79, 153, 213, 266, 372, 410, 1030, se vidare om blästertorkning S. u. E. 1906 sid. 263, 393, 423, 784, 844, 1381, d:o 1907 sid. 346, d:o 1908 sid. 136 och 474, d:o 1909 sid. 283, 921, 1430, 1781, J. K. A. B. 1910 sid. 357 och 1011, d:o 1911 sid. 558, W. B. A. 1905 sid. 5.

från varmblästerns införande igen! Vinsten var verkligen större, än att den kunde enbart förklaras med den värmehalt som åtgick för vattenångans sönderdelande i stället, ökat med vad vätet sedan medtog ur masugnen. Flera Gayleyska anläggningar ha sedan blivit utförda i både Amerika och Europa och även här i Sverige har saken haft sina ivriga förespråkare, men som Gayleys apparater både äro mycket kostsamma i anläggning och drift, mycket kraft som de erfordra, och vi under våra långa vintrar med sin relativt kalla torra luft ej ha samma behov av lufttorkning som utlandet samt våra hyttanläggningar äro för små att kunna förränta och amortera kylanläggning, så tror författaren ej det vara värt för oss att alls tänka på saken, om ej billigare anordningar kunna utfinnas. Ett något billigare sätt är på senare tider (1911) utfört av herrar Daubiné och Roy.* Detta förfaringssätt kan betecknas som kemiskt och består i att luften pressas genom flera klorkalciumlager, vars klorkalcium först uttorkats genom upphettning i från varmapparater och ångpannor bortgående förbränningsgaser (varmapp. och ångp. eldas då med renad masugnsgas). Man har funnit, att om saltet håller mindre vatten än motsvarande $CaCl_2 + + 1H_2O$, torkar det dåligt, och håller det mera än motsvarande $CaCl_2 + 8H_2O$, börjar det delikviscera, och därför söker man före användandet uttorka det så nära som möjligt till förra gränsen samt torkar om det, när det upptagit så mycket fukt, att det närmar sig den senare. Men som vattenborttagandet blir ofullständigare ju varmare luften eller saltet är och saltet uppvärmer sig vid vattenabsorptionen, så måste man draga försorg om avkylning. De anläggningar som hittills blivit grundligare beskrivna bestå av två eller flera höga plåtcylindrar avdelade medelst hyllor i 10 eller flera våningar. Bottnarna i dessa våningar äro perforerade och strax över var och en ligger ett spiralrörsystem genomflutet av vatten. På varje botten lägges ett lager torkat klorkalcium, det finaste under, grövre över, och ned genom dessa lager drives luften.** När översta lagren upptagit så mycket vatten, de utan risk för sönderflytande kunna, kastas ventiler om och torkgaser drivas nedifrån upp genom apparaten. Härvid får man noga akta sig för att ej lagrens värme stiger för hastigt utan endast stegras med den fortskridande torkningen, ty t. ex. $CaCl_2 + 4H_2O$ sönderflyter vid 40° temp. Efter torkningen, som slutas med en temp. av 175—235°, påsläppes i kylrören åter vatten och apparaten får avsvalna. Det är därför lämpligast ha trenne torn, varav ett arbetar med lufttorkning, ett varmtorkas och ett står på avkylning. En dylik anläggning är i gång vid Differdingen. För en masugn med 150 tons dygnsproduktion kostar en sådan anläggning 108000 kronor samt i driftkostnad 38 à 77 öre per ton tackjärn allt efter årstid och luftfuktighet. Anläggningen blir svårsköttare och driftdyrare om masugns-

* S. u. E. 1911 sid. 286, 814 och 1934.

** Fig. se S. u. E. 1911 sid. 815.

gasen före användandet i varmapparat och under ångpannor ej tvättas, ty de då »sotiga» rökgaserna förorena klorkalciumsaltet. Omöjligt är väl ej att vi även här i Sverige kunde ha betalbar nytta av denna apparat, enkel som den är, och noggranna som vi måste vara med vårt exportjärns sammansättning och sättningsgrad.

G. Drivningens avpassande.

Utgallrar man ur Lefflers tabeller de få träkolsmasugnar för vilka ej fullständiga sifferuppgifter meddelats och sedan ordnar de övriga efter blåst tackjärnssort, så får man ett gott begrepp om, huru i Sverige de olika beskickningarna över huvud taget skötas. I nedanstående tabell LXXI har så ur dessa tabeller sammanförts en del drivningen berörande medelsiffror.

Tabell LXXI.

Tackjärnssort	Antal masugnar	Medelrymd i sättningar	Medeldrivning i sättningar	Sättningarnas medelrymd: hl	Beskickningarnas medeltackjärns %	Dygnstillverkning, medeltal: ton	Relativ drivning	Kolåtgång i hl pr ton tackjärn
Lancashire . .	45	52	63	14,2	50,4	15,5	1,21	57,7
Vallon	7	51	72	14,3	55,1	15,3	1,41	67,3
Martin	49	51	71	14,8	54,2	17,8	1,40	59,0
Bessemer . . .	12	56	77	15,6	55,3	17,4	1,37	69,0
Gjutgods	8	54	58	14,0	49,0	13,4	1,07	60,6
Aducerings . .	5	50	57	13,0	59,0	12,8	1,14	58,0
Export . . .	5	54	82	14,6	51,8	19,4	1,52	61,7

Innan vi granska dessa siffror vilja vi dock genomgå, vad vi veta att en ökad drivning medför, om ingen annan ändring göres:

1:o. Beskickningen går hastigare ned, reduktionen nedflyttas och således får järnet mindre tid till kolbindning, vill därför bliva kolfattigare, och därför tillåta mera lättreducerade beskickningar en hastigare drivning än de mera svårreducerade.

2:o. Mera kol förbrännes per tidsenhet nere i stället, följaktligen stiger temperaturen där (se Allmänna Metallurgien) och detta medför ökning i kisel- och mangan-, minskning i svavelhalt.

3:o. I pipan ökas gashastigheten och pressionen, det förra medförande något sämre utnyttjande av gasens reduktionsförmåga, men motväges detta till en del av den ökade pressionen, vilken gör, att gaserna ha lättare att inträngа i malmstyckenas porer.

4:o. Värmeutstrålningen genom pipans murar minskas relativt till den i henne alstrade värmemängden, små masugnar hava därför behov av att drivas relativt raskare än stora.

Som av tabellen synes uppvisar gjutjärnstillverkningen den minsta relativa drivningen. Som gjutjärnet skall hålla mycket kisel, synes detta strida mot det ovan sagda, men det svenska gjutjärnet skall ock hålla avsevärt med kol, och därför kan det blåsas med låg drivning, mycket varm bläster och relativt sur slagg, så som göres vid två bland de 8 ingående masugnarna, vilkas förhållanden starkt inverkat på medelsiffrorna.

Aduceringsjärnet blåses, som vi förut sagt, dels vitt, dels grått. Det tillverkas i små hyttor, men för att hålla ned det vitas mangan- och kiselhalt hålles drivningen låg och kolåtgången hålles även låg, på det att kolhalten i järnet ej må bli för hög.

Lancashiretackjärnet kommer därnäst i drivning. Det blåses med högre blästertemperatur än det förra. För att få hög kolhalt — givande god kvalitet — håller man även dess drivning tämligen låg, men som man samtidigt, till följd av de låga försäljningsprisen vill gå med vitt eller $^3/_4$-vitt järn i härden, malmar man skarpt och får så i medeltal den lägsta kolåtgången per ton tackjärn.

Bessemertackjärnet tillverkas med den härnäst lägsta drivningen. Hyttornas medelrymd är den största och detta utgör en ursäkt för oss, så till vida, som förut sagts att mindre hyttor ha gott av att gå med skarpare drivning. Men stock-konservatism visar det! Skarpare drivning borde här medföra sänkt kolhalt, mera kisel, mera mangan, mindre svavel — eller mindre limpåsättning, givet allt till vinst i bessemerblåsningen. Man skyller på boddyn, men bemantlar därmed sin rädsla att experimentera sig till god boddy med mer ekonomisk hyttgång. Som det nu är, är kolåtgången den fulaste Sverige har att skämmas för. Så ha vi martintackjärnet. Drivningen är som vi se rätt hög och skulle vara den högsta, om ur siffrorna för densamma utbrutits dem från masugnar tillverkande tackjärn för stålgjutgods och dem från ett par tre mycket små pipor, som äro allt annat än ägnade för ett ekonomiskt tillverkande av martintackjärn. Då man ej har överflöd på billigt skro, är det fullt rätt driva martintackjärnet med hastig gång, ty ju mindre färskmalm åtgår och ju billigare arbetslöner. Förvånansvärt är emellertid, att medelbeskickningens järnprocent är så pass låg. Där ha vi mycket ännu för ekonomikerna att uträtta. Dygnstillverkningen borde ock vara den högsta av alla sorternas, men där spela ock de omnämnda små och stålgjutehyttorna in, sänkande den eljes vanliga kvantiteten.

Vallontackjärnet blåses av de kis- och manganrika Dannemoramalmerna. Att hyttorna skötas av energiska, målmedvetna ingenjörer synes av den höga drivningen. Överbasisk slagg arbeta de med. Således liten kiselhalt, som vallon fordrar, hög manganhalt beroende både på slaggens basisité och hög drivning samt till följd av drivningen lägre kolhalt — bra i den hastiga färskningen i vallonhärden. Att kolåtgången blir den högsta vi ha att uppvisa ligger i de täta

svårreducibla Dannemoramalmernas natur och i nödvändigheten för svavlets skull reducera ut en mängd mangan.

Högsta drivningen visar exportjärnshyttorna, men om dessa kan man egentligen ej säga något alls, ty de tillverka snart sagt alla möjliga järnkvaliteter i en enda röra.

Blästerbehovets beräknande för olika drivningar och tackjärnssorter. Huru därvid tillgår belyses kanske bäst genom ett exempel. Vi se i ovanstående tabell LXXI att medelkolåtgången för bessemertackjärnsblåsning är 69 hl träkol per ton. Medeldygnstillverkningen vid våra små bessemerhyttor är 17,4 ton tackjärn. Således dygnskolåtgången $= 69 \cdot 17{,}4 = 1201$ hl. Denna träkolsmängd innehåller, av kemiskt rent kol, om kolen väga 14 kg per hl och hålla 83 % C $= 1201 \cdot 14 \cdot 0{,}83 = 13956$ kg C. Härifrån avgår tackjärnets kolhalt + halten av det kol, som behöves för kiselns utreducerande (manganens utreducerande lämnas ur räkningen). Säg att tackjärnet bör hålla 4 % C och 1,5 % Si, blir det $4 + 1{,}5 \cdot \frac{24}{28} = 53$ kg C per ton tackjärn. Antaga vi nu att ingen direkt reduktion förekommer i masugnen, så befinna vi oss, då det gäller blästern, på den s. k. säkra sidan. Det kemiskt rena kol, som skall med blästerns syre förbrännas till koloxid, blir då $13956 - 53 \cdot 17{,}4 = 13034$ kg erfordrande en luftmängd $= \frac{13034 \cdot 16 \cdot 100}{12 \cdot 23} =$ $= 75560$ kg $= \frac{75560}{1{,}1864} = 63690$ m³ luft av 15° temp. och 760 mm tryck. Härtill får man sedan lägga ett tillskott för läckage, det vi vanligen beräkna till 30 %, då slutsiffran skulle bli c:a 83000 m³ per dygn eller per ton bessemertackjärn 4770 m³ och per ton använda kol c:a 5000 m³ av blåsmaskinen levererad luft.*

Drivningen och ekonomien. Så långt tackjärnskvaliteten och kolåtgången tillåta, så gå med största möjliga drivning!

H. Olika bränslens inflytande.

Till en del är härom redan ordat förut, tilläggas behöves blott:

1:o. God koks och goda träkol ge tackjärnet ungefär samma fosfortillskott.

2:o. Träkolen hålla endast i det närmaste omärkligt spår av svavel, koksen åter håller avsevärd mängd därav. Således fordrar koksbeskickningen högre basisité på slaggen och högre ställvärme, men *ger* ock högre ställvärme än träkolen.

* Vid koksmasugnar räknas utomlands enligt Hütte med 5500 m³ av blåsmaskinen *insugen* luft.

3:o. Som koksen ger högre ställvärme, erhåller man med den under liknande förhållanden i övrigt ett kisel- och manganrikare järn.

4:o. Som dels järn har lättare kolbinda sig i beröring med det lösare träkolet än med koksen, dels koksen befordrar kiselreduktion på bekostnad av tackjärnets kol, håller i regel träkolsjärnet mera kol än koksjärnet.

5:o. Magra stenkol hava använts i Skottland och antracit i Förenta Staterna och användas ännu då detta skrives fastän i mindre utsträckning, de täppa mer än koks, fordra därför starkare blåsmaskiner samt medföra mindre produktion och användas därför ej, där koks kan för rimligt pris skaffas.

I. Vid koksmasugnarna avvikande förhållanden.

Koksmasugnars fyllande och påblåsande. I stället inreses och inlägges först torr ved till c:a 1 m över formorna,* varefter så mycket koks utan malm påfylles, som ungefärligen motsvarar 4 ton per 100 m^3 ugnsrymd, varjämte koksen blandas med så mycket kalksten, som behövs för förslaggandet av dess aska eller c:a 1,5 kg kalksten per kg aska. I regel uppsättes även masugnsslagg, då, om denna är mycket basisk, kalken kan minskas eller alldeles borttagas, och eljes uppsättes först mindre men sedan så mycket kalk och slagg, att de i vikt äro nära lika med koksen. Genom detta sätt erhåller man genast i blåsningens början god hetta i understället och ett varmt slaggbad, vari det första tackjärnet ej stelnar. Sedan börjar man med svaga malmpåsättningar — jämte förstås nog med kalksten — vanligen 5 à 6 sättningar med $^1/_3$ av full sats + masugnsslagg, sedan 5 à 6 med halv malmsats o. s. v., och allt efter som malmningen växer minskas den uppsatta slaggmängden i motsvarande grad. Koks och gods nedhissas i korgar och utbredas (allt efter som de nedkomma) av arbetare, som förut nedhissats till ställbotten genom uppsättningsmålet, vilket under hela fyllandet hålles öppet, d. v. s. genom att dess kon och tratt upphissats och förts åt sidan. Sedan fyllningen är färdig, insättas nere i stället möjligen felande stenar, kylvatten påsläppes i formorna och i övriga kylda delar, det slutna uppsättningsmålet nedhänges på sin plats och tätas, och slutligen eldsättes ugnen nere i stället.

Ett något avvikande förfaringssätt förordas av F. W. Lürmann:** Man uppbygger först en liten flamugn utanför utslagshålet eller ock förvärmer man lindrigt genom inställande på ställbotten av koksgrytor under flera dagar tills yttre murytan kännes handvarm. Därpå inmuras bläster- och slaggforma, utslagshålet fylles med lösa tegel och fyllandet börjar.

* Beskrivning av Ledebur.

** S. u. E. 1909 sid. 203.

Allt efter ugnens storlek och »ingenjörens modighet» nedskaffas först 16000—40000 kg koks med rikligt med kalk för askans skull (12—20 % CaO_2CO). Vanligen ock 10 % av koksens vikt god masugnsslagg. Härpå följa i sättningar 100 koks + 100 gods och stegras denna godssättning vid Tysklands fattigare beskickningar så småningom för var tredje sättning, så man kommer upp till 200 gods på 100 koks då man med sättningarna kommit upp till gasfångets underkant. Allt hissas ned och utbredes nedtill noga av arbetare placerade neri pipan. När man håller på i buken tar man tre koksfyllningar i taget och därpå tre godsfyllningar o. s. v. Då pipan är fylld pådrages 320—350° varm bläster, helst från apparater eldade med annan i gång varande masugns gas. Har man ej någon annan masugn i gång, är bäst börja med fyllningen med torra träkol till något över formorna. Man blåser att börja med med 5 cm pression och 40 mm tättöppningar. Var tredje timme höjes pressionen med 50 mm tills man efter 6 timmar är uppe i 20 cm tryck. Sen man blåst 3 à 4 timmar göres första utslaget. Fullmalmat bör man få 2:dra eller 3:dje dygnet och efter hand insättas större tättor samt stegras blästerns temp. och pression, så att dessa bliva normala samtidigt som fullmalmningen kommer ned till formorna.

Enligt Hütte tappas slaggen vanligen varannan, tackjärnet var sjätte timme. Utslagshålet igensättes med antingen en blandning av 10 delar kvartsand + 1 del åkerlera eller 1 del lera och 2 delar kokspulver.

Såväl koks som malm (orostad) vägas till. Kokssatsen nedsläppes först, malmsatsen sedan, där enkel kon och tratt användes. S. k. flöte måste finnas, så man kan veta när koksslåppet skall göras, och detta bör vid enkelt uppsättningsmål göras så, att beskickningen studsar mot pipväggen lagom längd in. Man har då endast s. k. ringsättning. Bättre är dock använda Charlevilles eller Tholanders uppsättningsmål och använda dem så som sker vid träkolshyttorna i Sverige.

K. Tecken på nödsatt och hårdsatt gång.

Vid nödsatt gång:

1:o. Kranslågan är het och avsätter sitt saltbeslag på uppsättningsmålets järndelar. Ur öppet uppsättningsmål uppkomma ur kolen en mängd små vita snart slocknande gnistor s. k. fräs- eller kravgnistor. Synas sådana gnistor uppkomma endast utefter muren, anger det att mursättningen är för liten.

2:o. Formskenet lyser bländande vitt. Tittar man in genom forman, lysa slagg- och järndroppar vita. Timpeln eller slaggforman beslås med vitt anflog, slaggen utrinner med grafitfjäll och har efter stelnandet vit eller ljus brottyta. Tackjärnet utrinner lugnt utan

att brinna och kastande blott en och annan stor vitlysande gnista högt upp, men avger ibland vit rök, stelnar med runda kanter och sjunker föga. Formorna gå rena eller snora.

Vid hårdsatt gång:

1:o. Kranslågan är matt och avsätter rött anflog på kransens järndelar. Röd rök uppstiger ur uppsättningsmålet. Uppkommer dylik rök endast vid muren, antyder det att mursättningen är för stor.

2:o. Formskenet lyser gult. Tittar man in genom forman synas slagg- och järndropparna mörka emot de glödande kolen. Timpeln eller slaggformans omgivning beslås med rött anflog, slaggen utrinner pösande och järngrön, glotterbrun till koksvart. Tackjärnet utrinner fräsande och avgiver därunder och i måtten en massa röd rök och massor av små fräsande röda gnistor, som ej kastas upp högt över tackjärnets yta. Det stelnar med skarpa kanter och sjunker mycket i måtten. Har man fått hyttan i kok smäller och slår slaggen framför formorna och tackjärnet utrinner grötformigt och stelnar under upp-pösning i kokillerna och då med höjd överyta och runda kanter. Formorna glottra och söla.

Skall man övergå från en mera nödsatt beskickning till en mera hårdsatt eller tvärtom kan man visserligen göra det genom att i förra fallet öka malmkvantiteten tills lagom sättningsgrad erhålles och i senare på samma sätt minska den, men man får då ej så fort, som sig borde, in hyttan i den nya gången utan får några utslag av mellangrad, innan sådant med rätt sättning äntligen kommer. Detta orsakas av, att vid nödsatt gång äro pipmurarna hela vägen ned igenom överupphettade ända ned till ställbotten och blir därför det första tackjärnet, som kommer ned av den nya beskickningen, ej så hårdsatt som det sedan blir blott murarna hunnit svalna. Omvänt är förhållandet vid övergång från beskickning för hårdsatt järn till nödsattare. Genom att man en längre eller kortare tid haft hårdsattare gång med mycket gods på kolen och med kanske även svalare bläster, så ha pipmurarna svalnat. När man så sätter upp den nya beskickningen, som skall ge t. ex. helgrått järn, dröjer det innan pipmurarna och stället komma upp så högt i temperatur, att man får denna sättningsgrad. Naturligtvis kan man då tvinga fram samma nödsatthet genom att ett par dygn taga hetare bläster, än man sedan ämnar gå med, men då fås mera kisel och mindre kol än i järnet senare under blåsningen. Man bör därför alltid göra sådana övergångar på så sätt, att:

1:o vid övergång från nödsattare järn till mindre nödsatt uppsätter man först mera malm, än beskickningen i fortsättningen skall hava och minskar blästertemperaturen några tiotal grader under den, man senare ämnar gå med,

2:o vid övergång från hårdsattare järn till mera nödsatt förfar man tvärtom,

3:o och går sedan över till avsedd beskickning och blästervärme så småningom.

Härigenom kan man så gott som tvärt få fram det önskade nya järnet utan de ledsamma övergångsutslagen.

Isynnerhet är viktigt förfara på detta sätt vid aduceringstackjärnsblåsning, d. v. s. vid övergångar mellan dess helvita och helgrå sorter.

L. Oordningar i hyttgången.

a. Ojämn hyttgång och försättningar: Härom hava vi redan ordat en del, återstår dock en del till att omnämna. Fordom ansåg man, att en masugn ej fick drivas i gång fortare, än att den först efter 8 dagar eller till och med 2 veckors tid kom upp i full malmning. Hårdsatt gång och kok i början av blåsningen ansåg man skulle komma att medföra ojämn och bedrövlig gång sedan under hela blåsningsperioden. Emellertid medförde denna långvariga påblåsning, att pipmurarna blevo snabbt överhettade redan i början, ja, blevo så att säga tvärhettade, vilket gick illa åt såväl ställmassa som tegelmur, avskärvande dem och görande, att de sprucko och blevo porösa. Och järnet man erhöll under påblåsningen och närmast efter fullmalmningen var helgrått och kiselrikt samt benämndes »påblåsningsjärn» samt kunde ej användas annat än i mycket liten ingående kvantitet i härdar och puddelugnar — helst starkt utspätt med helvitt eller kokjärn. Mer än en gång hände rent av, som t. ex. vid en hytta i Linde bergslag, att järnet blev så grafittjockt och slaggen så urkokad, att hyttan försattes och måste urrivas och fyllas på nytt, och oftast fann man, att när man kom upp i full malmning, fick man ej ändå det önskade halvvita järnet utan måste malma mer en tid, tills det kom, och så minska malmningen igen. Var masmästaren då ej vidare uppmärksam och förfaren, så hände, att han ömsom malmade väl mycket, så igen förskräckt »tog av» för mycket, och så fick han en hyttgång, som pendlade mellan »etterkrav» och »stormkok» och kunde gå på med det hela blåsningen igenom. Nu är det visserligen sant, att sådant pendlande även kunde inträffa och inträffade vid masugnar som någon »lättsinnig» hyttkarl sökte fullmalma på kortare tid än den vanliga. Då började det med ett kok, man miste då ock besinningen, tog av för mycket, fick krav, ökade för mycket o. s. v. Nå, försiktig, långsam påblåsning blev emellertid första budordet i hyttskötsellären, och åsamkade detta landet betydande förluster i onödigt uppbrända kol, i arbetslöner och i förkortade blåsningskampanjer etc. År 1874 blev bergsingenjör Herrman Hoffstedt chef för Bångbro nya järnverk, vars ena masugn gick för bessemertackjärn och den andra för puddel-

tackjärn, och inseende det oekonomiska i det gamla påblåsningssättet försökte han korta av påblåsningstiden, samt gick djärvt ned till $2^1/_2$ dygn mellan blästerpåsläppning och fullmalmning. Några timmars glotter och kok inträffade, men överfördes skickligt i jämn och god hyttgång, som sedan fortsatte hela blåsningarna igenom. Hans exempel följdes så småningom av allt flera hyttkarlar, om ock få vågade gå fullt så radikalt till väga, och nu utgöra de gamla, långsamma påblåsningarna sällsynta undantag och leva egentligen kvar blott vid vissa kvalitéjärnshyttor, där man är rädd för förändringar i sitt järns »body».

Glotter och kok kunna emellertid inträffa, som vi antytt, även av andra orsaker, lösare eller surare kol, i rostningen sämre uppoxiderad malm och fel i varmapparaten. Så fort man ser att ändring i gången tenderande till kok inträffar söker man strax höja blästertemperaturen. Är det ej under påblåsningen utan under full gång, så söker man få uppsatta några sättningar torra, fasta, välkolade kol och minskar så på godsmängden i av erfarenheten påbjuden grad. Vid kok, då slaggen står och slår framför formorna hindrande blästern komma in, får man från den kokande hyttan emellertid föga gas. Har man vid ett bruk mer än en hytta, bör man därför ha kopplingsrör mellan gasledningarna, så man kan till den krånglande hyttans varmapparat få gas från den välgående, eljes får man hjälpelda med bränder och torr ved i apparaten eller i nödfall avstänga gasledningen till rostugnen och hålla den varm med vedeldning, tills man hunnit få ned beskickningsändringen i stället och därmed fått god gång och nog med gas igen. Ser man att koket hotar bli för häftigt, får man rent av sätta upp tomsättningar — flera eller färre allt efter kolens beskaffenhet och så på de följande sättningarna kanske till och med gå med avsevärd malmminskning, tills pipan fått normal värme igen. Den pösande slaggen får man, om den ej vill självrinna, pumpa ut med krok, och är då bäst genom slaggformans eller timpelns uttagande skaffa stor öppning åt den att flyta igenom. Slaggtappningsarbetet är då synnerligen svårt för folket; yr och stänker, som slaggen gör, och är det då gott att, som i utlandet, flerstädes brukas ge hyttarbetarna, som hålla på härmed, skyddskläder av asbest med glasförsedd asbestskärm för ansiktet. Kan man blott hålla på tills tomsättningarna komma ned, så skär hyttan upp igen, även om den varit alldeles försatt av stelnat järn och slagg under formorna. Vid en hytta i Dalarne, där en uppsättare av illvilja mot masen åstadkom försättning genom att ett helt nattskift göra dubbla malmsättningar, grodde både ställe och timpelöppning igen, men man tog ut ena forman, lät den smälta malmen — ty slagg var det ej längre — rinna ut genom formöppningen där och blåste genom den andra forman med full maskin, tills tomsättningarna nedkommo, samt hade efter tre dygn stället uppskuret och hyttan skaplig gång igen.

Som vi redan sett, kan ett masugnsställe bli igensatt även av för nödsatt gång och då av grafittjockt järn, och ha vi då även sett att man bör söka bota det med kall bläster, mera malm på kolen och malminstoppning genom formorna. Detta fall är dock svårbotligare än det andra. Då är bra att ha komprimerad syrgas att tillgripa, som ävenledes gör utmärkt effekt vid lindrigare fall, till exempel vid av järn fullstelnat utslagshål. Syrgasstrålen, som riktas på det glödande järnet, förbränner då både det och grafiten, och järnoxidoxidulen, som bildas, är het och lättflytande.

Ett ställe kan gro igen även så småningom genom grafitansamling på ställväggarna, om gången hålles nödsatt och beskickningen är manganhaltig. Järnet mättar sig då ett stycke ovan formorna med så mycket kol som det i därvarande höga temperatur förmår lösa. Neri stället under formorna råder lägre temperatur, järnet svalnar där något och orkar då ej längre hålla så mycket kol bundet utan avskiljer en del som större och mindre grafitfjäll, vilka uppflyta genom slaggtäcket, fattas av den kringvirvlande gasströmmen och fastna mot ställväggarna, bildande på dem en allt tjockare fäll eller beklädnad. Denna, som kan bli fotstjock och mera, verkar hämmande för beskickningens jämna nedsjunkande och till mera mottryck för blästern, och är då bäst att — när man märker det — för några dygn ställa om för hårdsatt beskickning, då det nu sig ovanför formnivån bildande kolfattiga järnet kolbinder sig med grafiten och skär ställväggen ren. Därvid användes stor mursättning.

b. Skullningar, även hängningar kallade, kunna orsakas av åtminstone tre olika orsaker:

1:o. Den förr oftast förekommande som bestod i att malm på någon sida av pipan kom helt och hållet oreducerad eller ock endast föga reducerad ned till en nivå i pipan, där temperaturen var så hög, att den började mjukna och slagga. Som masugnsmuren här liksom för resten överallt vid jämn gång var något kallare än de uppströmmande gaserna, fastnade de närmast muren nedgående sega malmbitarna vid densamma. De bildade då ett — att börja med tunt lager, bakom vilket muren ytterligare avkyldes, i sin tur verkande kylande på malmpåfästningen, denna stelnade fast, vid den fäste ny smetig malm och så gick det vidare, så att efter en tid satt en ordentligt hopsintrad massablandning av malm- och limstycken samt inbakade kolbitar fast på detta ställe, vid muren bildande hylla, och på vilken lutande hylla alltmera malm fastnade. Kolstyckena, såsom lösare, revos sönder mot densamma och gledo till större delen med ned. När då således mera kol i stället förbrändes än som motsvarade nedkommande malm fick man kravgång, tills skullbildningen blev så stor, att den rent av uppbar beskickningen i allt längre tidsmoment. Under »skullen» uppstod tomrum i det beskickningen sjönk undan där nedanför, så kom ett litet ras förbi skullen och i uppsätt-

ningsmålet blev en plötslig sjunkning, ej så stor att börja med, men allt efter som skullen växte till inåt pipans mitt, blevo tomrummen under den större, rasen för var gång även. Vid rasen kom malm för tvärt och oreducerad ned i stället, då blev där en tid glotter eller kok, följt av nytt krav, när beskickningen på nytt hängde på skullen. Om anhopningen ej hade mycket stor bas, så hände, att klumpen blev så tung, att den bröt sig lös under ovanförvarande beskickning tryck, brytande med sig bitar av tegelmuren, sjönk ner till stället, på nytt kanske fastnade i dess förträngning, tills den av hettan mjuknade och segnade ned i detta, därvid tillställande ett våldsamt kok. Det ställe av muren där skullen setat var naturligtvis kallt, nu tillkom, att det till var skrovligt genom det urbrutna tegelskärvet, nya sega malmbitar fastnade genast och ny skulle bildade sig hastigare än förut och på än bredare bas och så fortgick det i upprepade perioder med för varje gång allt svårare yttringar. Ursprungliga orsaken var som sagt oförsiktigt malmhopande på någon sida av pipan. Uppsättaren hade slarvat, av slöhet eller lättja satt upp mera på ena sidan (vanligen närmast malmbåsen å kransen). Utgjordes beskickningen huvudsakligast av torrstenar blev det i alla fall inga skullningar av, bara grönrandig slagg eller glotter vid den forma, över vilken för mycket uppsatts, men innehöll beskickningen ofullständigt upprostade malmer med svarta bergarter eller malmer med lättsmälta silikat, granater o. s. v. och isynnerhet mycket fattig malmmull, så uppstod givet skulle. Kunde man av den nedkommande skullen sluta sig till på vilken sida bildningen förefanns, lyckades man ibland bota den med att taga bort malmen på den sidan, tills muren där hunnit få normal temperatur, eller ock ändrade man mursättningen samt slutade upp med att uppsätta mullig eller lättsegnande malm. Ibland hjälpte emellertid ingenting, utan man måste blåsa ned och fick då i den nedblåsta och eljes tömda pipan se var hyllan suttit eller ännu satt kvar. Då Hammarby masugn för upprepade skullningars skull 1886 måste nedblåsas, uppsattes som vanligt på sista sättningarna några ton grovslagen kalksten till gassamlande cylinderns skydd under nedblåsningen, och då denna kalksten nedkom till formorna avslogs blästern och pipan fick svalna. Sedan utrakades en vecka efteråt den brända kalken, men när man fått ut densamma fick man kroka ut även en stor massa kolstycken och gods, och när man äntligen fått ut alltsammans och kom in i pipan, på vars ställmur man tagit hål, satt i ställbandsnivån en mer än halva pipans horisontalarea fyllande skulle av flera tons vikt. Under densammas bas fanns en stor murspricka, varigenom sandfyllningen inrasat lämnande fritt tillträde för luften, som inkommit och förbränt kol därvid givande upphov till malmsmältningshetta närmast ovanför och så åstadkommande skullbildning. Se plansch LVII fig. 1.

Med den mycket omsorgsfullare uppsättning, som under de sista

30 åren under förra århundradet infördes, blevo emellertid skullningar av ovanför anförda orsak allt ovanligare, isynnerhet som man aktade sig för att använda fattig malmmull på hyttan, men man började i stället använda varmare bläster och raskare drivning och fick då göra bekantskap med en ny sorts skullningar, som väl voro åtföljda av malmras framför formorna, men ej visade några nedkommande stora hopsintrade skullar, varför vi alltmera började utbyta termen skullning mot hängning och sade, att »beskickningen hänger» eller »det hänger i pipan». Även utomlands — och förrän hos oss — hade man fått att kämpa emot dessa synnerligen svårartade hängningar och nästan samtidigt kommo en svensk och en tysk, båda mycket framstående hyttemän, med förklaringar över hängningarnas natur och med råd för deras hävande, råd vilka visat sig, där de följts, hjälpa, ehuru den enes råd vid en del masugnar, den andres vid andra, varav tydligt framgått, att vi vid dessa nya skullningsarter ha att räkna med åtminstone två skilda slag, det ena uppkommande vid något hårdsattare beskickningar, det andra vid mycket nödsatta. Förklaringarna avgåvos av H. Tholander och W. van Vloten och lyda som nedan anföres:

*H. Tholanders förklaring.** Tholander förklarar, att han funnit skullningarnas orsak ibland ligga i för liten mursättning, och att de kunnat avhjälpas genom dennas ökande. Han säger: Man börjar att finna ras av osmält malm framför formorna, och därav låter mången förleda sig att anse, att för mycket malm kommit att uppsättas ovanför dem, samt minskar så mursättningen, men olägenheten fortfar det oaktat — ja, den till och med ökas. Det blir mera täppt i pipans inre, gaserna draga sig alltmera till pipväggarna, kärnmassan av godset blir ej längre nog upphettad av genomströmmande gaser, att smältning kan på behörigt vis försiggå, utan malm och kalk endast hopsintra och bilda tillsammans med inneslutna kol en packad stack, som gör, att ugnsgaserna få än svårare att inträngа i pipans mitt och ännu mer än förut drivas mot muren, så att förbränning och omsättning företrädesvis komma att försiggå där. Alltmer växer således den inre stacken både på höjd men synnerligast på bredd. Efter ställets form antager den skapnaden av en upp- och nedvänd kon, vilken emellertid småningom sjunker, alldenstund dess mer eller mindre stympade spets, varpå den vilar, efter hand undanfrätes av blästerns och slaggens förenade inverkan i understället. När slutligen stackens övre ända, storändan, så sjunkit, att den fastnar mot de nedåt sig sammandragande ställväggarna, upphör sjunkningen av det ovanom liggande godset, och vid uppsättningsmålet står till en tid sättningen alldeles stilla.

Då emellertid nu gaserna ej längre kunna obehindrat uppgå utefter ställväggarna, utan i dess ställe tvingas in i pipans mitt, åstad-

* Se J. K. A. 1891 sid. 170 o. f.

komma de där förstörelse av den bildade stacken; kolen förbrännas samt slagg och järn ursmälta. Då vidare de vid kolens förbränning bildade gaserna icke mera med samma lätthet kunna komma uppåt och undan, stegras hettan i understället mer än eljes, och ett nödsattare tackjärn erhålles. Slutligen fortskrider stackens förstörelse därhän, att dess övre ända, som mer eller mindre högt upp i stället bildat ett valv mellan väggarna (se pl. LVII fig. 2), icke mera förmår uppbära den därpå tryckande godspelaren, utan med denna instörtar i det uppkomna tomrummet och således giver upphov åt en plötslig sjunkning i uppsättningsmålet, vilken kan variera från en obetydlighet till en 50 à 70 hl åt gången. Efter ett sådant ras packa sig malm och kol åter tätare i ugnens mitt, och gaserna drivas igen mot ställväggarna, så att felet i hyttgången snart åter upprepas. Efter fallandet uppstår ett hårdsatt tackjärn. En sådan mer eller mindre ojämn hyttgång kan envist hålla i sig, synnerligast om hyttan, såsom för framställning av smidestackjärn, måste hållas hårt malmad, och det kan se mörkt ut att bliva av med densamma, men så vitt icke felet härrör av otjänlig alltför trögsmält beskickning, så förändrar sig hyttgången till ett bättre, så snart man ökar mursättningen, vilket gärna kan ske med 10 % av samma smältgods åt gången, och varmed man bör fortsätta, tills malmras icke längre synas framför formorna.

Genom ökad malmning efter muren tvingas gaserna mer mot pipans mitt och verka där upphettande, så att pipans kärngods behörigen smälter, varigenom sintrande stackar och därav härrörande valv mellan ställväggarna icke längre kunna bildas. Och genom det med malmningen ökade trycket på godset utmed ställväggen sammanpressas också kolen närmast över och invid formorna, så att blästern icke förmår åstadkomma så stark rörelse bland kolen, utan endast silar sig in mellan dessa, som då ligga relativt stilla. Men när kolen ligga stilla och tätt packade, kan icke malm från ställets högre belägna delar osmält nedskakas för formorna, och malmens produkter tackjärn och slagg neddroppa då ordentligt och gången är klar och ren.

Tholander godkänner ej såsom skullningsorsak några lossnade rusbildningar.

Mursättningens storlek, säger han, skall rättas efter: pipans invändiga profilering, så att ju tvärare dess vidgning från kransen nedåt är, ju större mursättning; pipans höjd och diameter, så att ju större dessa äro ju större bör mursättningen tagas; pipans väggtjocklek, i det att mursättningen kan tagas större vid tjock- än vid tunnmurade masugnar; beskickningens olika lättsmältlighet eller minsta mursättningen vid de mest lättreducerade beskickningarna; beskickningens olika specifika vikt, d. v. s. större mursättning ju högre denna är; beskickningens grovlek, större mursättning vid grövre gods; dessutom skall mursättningen hållas större, ju finare och mera täppande kolen

äro och likaledes ju lösare de äro, ju starkare drivning man begagnar, ju starkare blästerpression man använder och ju mera hårdsatt gången är.

Tholanders förklaring, som otvivelaktigt är riktig, då skullningar börja uppträda sedan masugnsgången en tid varit hårdsatt, kan dock ej godkännas för de fall, då skullningarna visa sig först sedan man under en längre eller kortare tid gått med nödsatt gång i masugnspipan, utan är då helt säkert orsaken en annan, nämligen att söka i övermått av i masugnspipan utdissocierat kol.

*Van Vlotens förklaring** (se pl. LVII, fig. 3). Denna orsak till de allt oftare uppträdande skullningarna påvisades först av van Vloten, och godkännes hans förklaring utomlands numera av nästan alla hyttemän som den enda riktiga, då det gäller skullningar i koksmasugnar. Han säger nämligen, att skullningarna, som förr nästan aldrig förekommo annat än vid nedsmältande av mycket lättreducerade och mycket mullformiga malmer, blivit den svåraste och allmännaste olägenheten vid de tyska masugnarna, sedan man vid dem övergått till skarpare drivning och varmare bläster i allt större masugnar.

Beskickningens stannande i sjunkning säger även han bero därpå, att den någonstädes i pipan hänger upp sig och ej vid uppsättningsmålet sjunker efter, trots att det kanske uppstår ett tomrum nere i stället. Vid lättare fall gå ugnsgaserna ännu ledigt igenom beskickningens mellanrum, ugnen emottager sin normala blästerkvantitet, kranslågan är föga förändrad, blott något renare och tunnare än vanligt, och så fort man för ett ögonblick slår ifrån blästern, så faller beskickningen. Hängandet repeterar sig emellertid snart åter, och inom kort får man ej längre ned det genast vid blästerfrånslagningarna. Nu uppstår för gaserna ett svårare motstånd; ugnen mottager endast en mindre del av den vanliga blästerkvantiteten, under det resten — vid öppna formor — återutkastas; obetydligt med slagg utrinner, och lågan vill slå ut under timpeln eller genom slaggforman. Kranslågan är liten och genomskinlig samt av blå eller blåröd färg, och i gasledningarna avsätter sig obetydligt med mull. I Tyskland tillgriper man då att blåsa med kall bläster eller åtminstone kallare än förut, och slaggen börjar då strax rinna raskare och efter en tid kan man genom blästerns avstängande få ned skullningen. Tager man åter igen till med varmblästern, tilltaga svårigheterna alltmera, så att till sist ugnen knappast emottager någon bläster alls, utan är då pressionen nere i stället densamma som i blästerledningen, och slår man då hastigt ifrån blästern, slår det fram långa lågor ur formorna. Ingen kranslåga synes då, och man blir tvungen att tillgripa kraftigare åtgärder för att få ned hängandet. Dessa åtgärder bestå i att man tager ut timpeln eller ock en av formorna och så med hjälp av de

* Se S. u. E. 1892 sid. 114.

övriga formorna med kallbläster blåser stället tomt, så att kol och halvsmält malm, järn och slagg utkastas genom den upptagna öppningen. Detta hjälper på dubbelt sätt. Den kalla blästern äter loss de fastnade massorna, och under fastnandet får man ett stort tomrum, vari först enskilda partier och sedan snart resten av den hängande beskickningen nedstörtar. Fortsätter man sedan att blåsa med kallare bläster, så kunna väl ännu ett par små upphängningar förekomma, men snart bättrar sig gången och blir sedan fortfarande godartad, om man ej åter ökar blästervärmen för mycket eller gör gången för nödsatt.

Vid skullningarna kan man iakttaga, säger van Vloten:

1:o att upphängningen inträffar i allmänhet endast vid nödsatt gång och aldrig vid kok — ja, ej ens om detta blir så starkt att hyttan blir försatt, utan lika mycket gods, som man då krokar ut ur stället, lika mycket sjunker beskickningen vid uppsättningsmålet efter;

2:o att kall bläster hjälper;

3:o att som sagt kranslågan är ren och gasen nästan fri från mull;

4:o att hängandet börjar med att det dröjer längre mellan »hålmålen»;

5:o att hängningar uppkomma lättast vid användandet av lösare, stybbigare kol, mulligare malmer, hög blästervärme och smala, nedåt starkt sammandragna ugnsschakt; samt

6:o att om man ock vid särdeles svåra fall blåser stället tomt, så ligger dock alltid (se pl. LVII, fig. 3) över och framför de blåsande formorna ett lager kol och gods.

Han påpekar vidare orimligheten av att genom enbart sammanstelnande av halvsmält slagg, järn och kolstycken ett så jättestarkt valv skulle kunna bildas, att detsamma kunde uppbära i timtal den ofantliga godsmassan i en nutida jättemasugn med kanske 3 à 5 m ställvidd, utan måste, säger han, hängandet bero på, att massor av kol utdissocieras ur koloxid och avsätter sig dels i alla mellanrum mellan kol och malm, dels även i malm- och kolstyckenas porer, sprängande dessa, så att styckena svälla och allt till sist bildar en tät och kompakt massa, som spänner fast mellan murarna.

Vid normal ugnsgång avskiljes också alltid sådant molekylarfint kol i masugnens övre delar, men det förbrännes fullständigt med malmens syre, blott malmbitarna nedkomma i en högre temperatur, under det att nu åter genom den överheta blästern, den porösa beskickningen o. s. v. dissociationen ökas så betydligt, att en mängd mera kolstoft avskiljes än malmen förmår oxidera. Mellanrummen i beskickningen täppas, gaserna få allt svårare att tränga upp och bliva filtrerade genom ett det finaste kolfilter, så att de bliva mullfria och kranslågan blir klar och liten. Uppsättningarna börja gå allt långsammare, och dess bättre tid får kolet att avsätta sig överallt och

till slut kittar det samman hela beskickningen, som då blir hängande.

Det först uppståndna valvet hänger emellertid ej så starkt tillsammans, utan brister sönder redan vid den skakning, som blästerns frånslagning åstadkommer, men därigenom försvinner för ingen del det utdissocierade kolet, utan alla betingelser förefinnas att tillståndet förvärras. Tillgriper man emellertid nu kall bläster, så upphör strax all vidare utdissociering av kol på det ställe där godset hänger, genom att temperaturen på gaserna där sänkes, det för handen varande kolet blir på naturligt sätt förtärt, beskickningen luckrar upp sig och emottager alltmera bläster, och snart faller godset. Dessutom förbränner den kalla blästern ej kolen så snart, utan foci få större utbredning uppåt och når då det fastnade godset högre upp i stället. Därav förklaras ock (se pl. LVII, fig. 3), varför kol och gods huvudsakligen mitt över de blåsande formorna lossnar och faller ned.

Van Vloten anser att följande förhållanden befordra eller motverka uppkomsten av skullningar:

1:o ojämnheter i schaktet och isynnerhet i rasten befordra dessa, emedan massorna därigenom få utmärkta vederlag för valvbildningen;

2:o mulliga malmer och stybbiga kol öka kolavskiljandet och verka således befordrande;

3:o nödsatt hyttgång och het bläster befordra dem;

4:o långsam drivning befordrar dem likaledes;

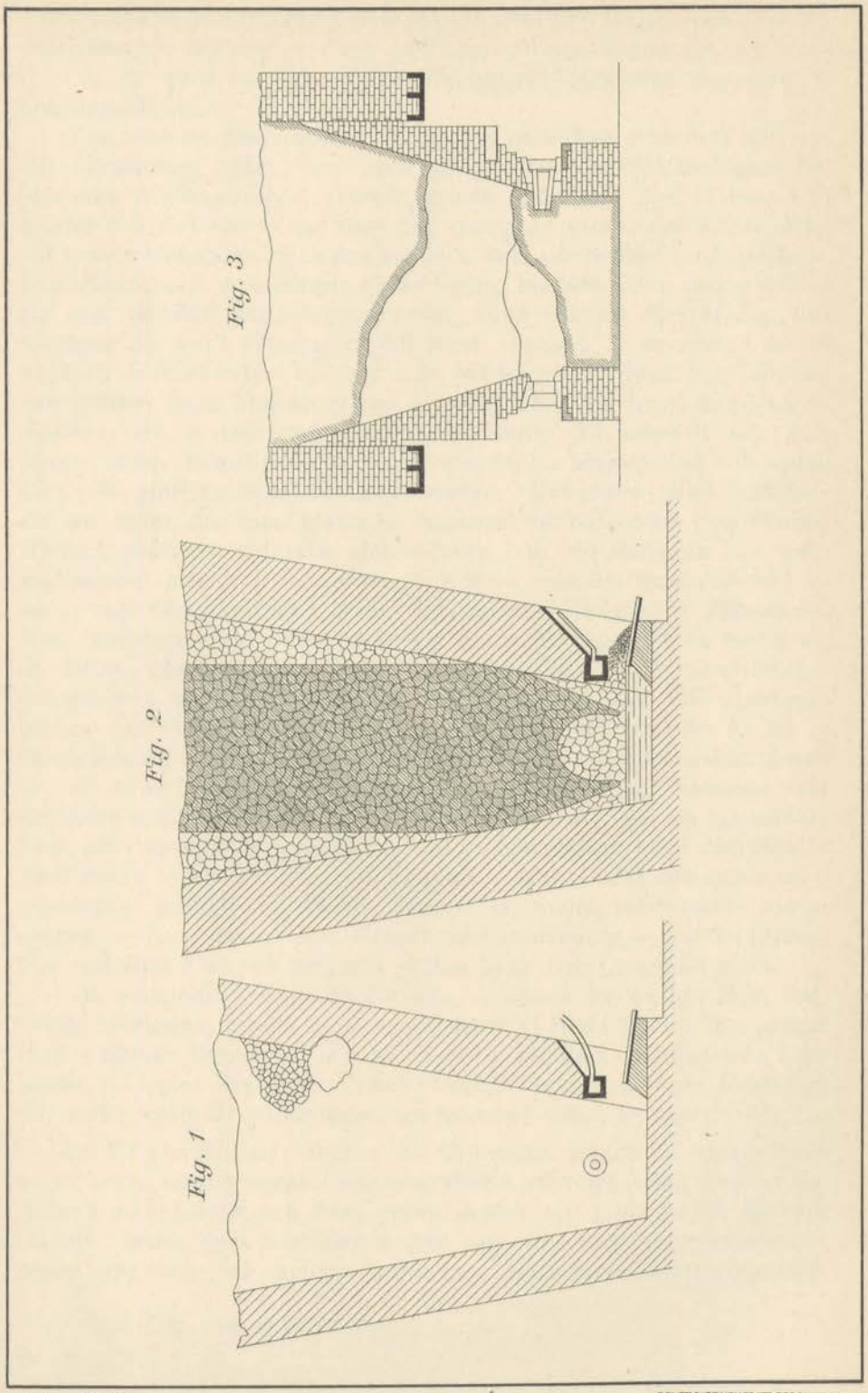
5:o mycket lättreducerade malmer verka befordrande;

6:o om pipan måste hållas dämd en tid, och man ej lyckats att fullkomligt täta alla sprickor och fogar, utan en svag gasström under tiden har tillfälle att sila upp mellan godset, så bliva skullningar givet en följd efter återgångsättandet;

7:o täta, svårreducibla, grovstyckiga malmer motverka i hög grad skullningsbildandet.

Osann* förklarar likaledes, att skullningarnas orsak är att söka i för starkt avskiljande av kol ur koloxiden, och att detta avskiljande i hög grad befordras dels av långsam drivning, dels ock av s. k. övereld i pipans övre del. Den senares verkan förklarar han åter så, att när genom reduktion bildad kolsyra omvandlas i koloxid, så sker samtidigt en förflyttning av alla i pipan försiggående reaktioner uppåt. Koloxidhalten växer alltmera och vid den kritiska temperaturen omkring 400° utdissocieras av de nu koloxidrikare gaserna än mera kol, vilket ytterligare stegrar »övereldens» intensitet. Dessa så avskilda sotmassor bilda då »valvets» murbruk, och har man mycket het bläster, så blir det allt omöjligare att få in nog med luft till fullständig förbränning, såvida man ej har amerikanskt starka blåsmaskiner, ty mottrycket växer oupphörligt. Han rekommenderar till skullning-

* Se S. u. E. 1901 sid. 1277.



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

arnas förekommande eller övervinnande dels kall bläster, dels svenska svårreducibla malmer i stora stycken, vällugnsslagger, ja, i nödfall t. o. m. att göra en och annan malmuppsättning utan motsvarande koksuppsättning.

Van Vlotens observationer ha senare bekräftats från flera håll och allt allmännare söker man bota hängningarna med i lindrigare fall blästerns avstängande, i svårare genom att blåsa med alldeles kall bläster och författaren har med god framgång prövat det senare sättet vid tvenne masugnar. Den ena av dessa, som var påblåst med gjutjärnsbeskickning och synnerligen nödsatt gång, började redan andra veckan att visa lindriga hängningssymptom, vilka alltmera försvårades, tills slutligen 12 à 13 sättningars fall blevo vanliga. Vi övergingo då till hårdsatt lancashirebeskickning och blåste några dygn med alldeles kall bläster, fingo lindrigt glotter i masugnen, men drogo då på varmbläster, vars temperatur småningom ökades till normalt och gick ugnen sedan jämnt och fint både med denna beskickning och sedan även för gjutjärn hela blåsningsperioden. Det andra fallet inträffade vid en hytta, där man blåste en engående lättreducerad beskickning. Hyttans blåsmaskinsturbin gick sönder och vid förfrågan hos verkstaden, som levererat densamma, fick man veta, att förfärdigandet av en ny och dess insättning skulle taga minst 6 veckors tid, alldenstund vissa ändringar vid tuben samtidigt borde företagas. Man beslöt sig då för att dämma hyttan för två månader, satte upp 8 tomsättningar och på dem andra sättningar med varlig malmökning. Men just som hyttan var färdigdämd kom man underfund med, att man kunde ta en rörledning från det stillastående bessemerverkets blåsmaskin, gjorde så och drog i gång efter två dygn igen. Fick då helt naturligt svår kravgång och genast började hyttan skulla, så att efter en månads tid hade man skullningar om 18 à 19 sättningars släpp, trots man försökt Tholanders — då givetvis ej tillämpliga — sätt. Under den gamle masmästarens kraftiga protester ökades så malmpåsättningen utöver normal — förut hade man försökt med minskning — blästervärmen togs ned från 350° till 100° och hyttan kom åter i normalt skick.

Att emellertid ännu skullningar, orsakade av de här först relaterade orsakerna, kunna förekomma, hava vi här i landet flera gånger varit i tillfälle konstatera och att så även stundom är händelsen i utlandet erkänner även van Vloten,* men känner han ingen förklaring till, varför man får skullningar, om malmen sättes i pipans mitt!

c. Explosioner: Redan då Wiborghs metallurgi utgavs hade några svåra masugnsexplosioner inträffat i utlandet, vilka medfört förluster i människoliv och även andra skador och anfördes då speciellt ett fall. Sedan dess har intet år gått utan nya sorgliga erfarenheter i denna väg och helt nyligen, strax före innan detta skrives, har åter

* Se S. u. E. 1908 sid. 1016—1017.

en sådan explosion inträffat, som på det högsta upprört hyttemännen runt om i världen, i det efter en hel kort tids ojämn hyttgång masugnen n:o 7 i Phönixverket vid Ruhrort exploderade, varvid en murring strax ovanför buken slogs ut, trots muren där var 750 mm tjock och varje tegelskift var bandat med 180 × 20 mm plattjärnsband, vilka vid explosionen sprängdes. Masugnens överdel nedstörtade, sönderslående i sitt fall flera arbetsgolv, dödande masmästaren och fyra arbetare samt sårande flera, av vilka, då detta skrives ytterligare två avlidit. Explosionen var ej åtföljd av någon vidare stark knall och följde på en helt obetydlig skullningssättning.* Masugnens alla gasledningar och uppsättningsmålet voro dock försedda med ett stort antal stora explosionsluckor, vilka i alla fall ej kunde rädda densamma. Huru stor mängd explosioner som än på de sista 20 åren inträffat, har man ej kunnat påvisa någon enda, som ej inträffat under hängningsperiod. så det är fullkomligt säkert, att hängningarna äro orsaken, men sättningssjunkningens egen storlek tyckes ha blott mindre inverkan, ty explosioner ha inträffat vid dylika om blott några få lika väl som vid sådana av flera sättningars volym. Även från svenska träkolshyttor ha vi att anföra fall, då efter skullningssättningar uppsättningsmål lyft sig mer eller mindre högt och åtminstone en explosion, som öppnade såväl utslagshål som slaggtimpelöppning så att järn och slagg utsprutade, varvid en arbetare blev ihjälbränd av slaggen och en illa skadad och bränd. Ju mera vi komma att övergå till kokshyttedrift och rika lättreducerade brikettbeskickningar, ju mera få vi vara beredda på förekommandet av dylika olyckor och gäller det därför med intresse följa allt, som kan giva oss goda anvisningar härutinnan.**

Ännu kan man ej säga, att vi äro på det klara med varför explosioner stundom men ej alltid vid hängningarnas nedgående inträffa, men att det sker efter dylika vet man som nyss sades, ävensom att explosionen kommer först några sekunder efter och ej vid eller ögonblickligt på skullningens nedgående. Flera skickliga hyttingenjörer ha uttänkt förklaringsgrunder, men ingen av dessa är, vad man säger, invändningsfri.

A. Naths förklaring anfördes redan i Wiborghs metallurgi och senare har till denna anslutit sig först van Vlotens och sedan även Osanns. Sagde första förklaring lyder, att när beskickningen störtar i en pipa med slutet uppsättningsmål verkar godsmassan så att säga som en pumpkanna, neri stället utpressas gas genom alla öppningar, gas inrusar i blästerledningarna under våldsamt övertryck, och i form av långa lågor ut genom slaggforma och timpelöppning. I överpipan åter uppstår ett tomrum, varuti dels gas från gasledningarna återrusar till masugnen, likaså från varmapparat, rostugn och ångpanneeldstäder,

* Se S. u. E. 1912 sid. 151.

** Om den svåra explosionen vid Elisaverket vid Pittsburg se S. u. E. 1907 sid. 606.

dels luft genom uppsättningsmålets otätheter inströmmar, och denna blandning ger då, förstärkt av det uppvirvlande utdissocierade kolet upphov till explosionen genast, om samtidigt någon tändande kolgnista uppkommer ur den nedfallna beskickningen, eljes när blandningen når fram till ovannämnda eldstäder. Till skydd föreslog Nath inkopplandet av en gasklocka av tillräcklig volym mellan masugnen och gasens förbrukningsställen.

W. van Vloten har emellertid senare bestritt denna teori och uppställt en ny gående ut på* att eftersom flera tecken tyda på att beskickningen i en masugn ej går ned likmässigt, t. ex. det att en pipa många dagar levererar mindre tackjärn än som borde motsvara antalet blåsta sättningar, andra mera, och vid ombyte från fosforfriare till fosforrikare eller från manganfattigare till manganrikare beskickningar och vice versa det ofta dröjer vida längre, än vad antalet drivna sättningar ange, innan full ändring i tackjärnets sammansättning erhålles, så bildas tydligen ofta ansättningar i pipan, vilka blott delvis och på vissa ställen i schaktet hämma beskickningens nedgående. Detta stämmer ju med våra gamla iakttagelser. Han säger vidare: Olika ugnar förhålla sig ock olika och ej blott vid beskickningsändringar utan även vid nedblåsningen och t. o. m. under gången och vid lika sammansatta beskickningar. I en del sjunker beskickningen mer på ena sidan än den andra. Det antyder en eller flera skullar utefter den sida, där nedsjunkandet dröjer. Vid en del kommer nedblåsningskalken långt förr ned till en eller ett par av formorna än till de andra, då har man ansatser ovanför de senare, och ett skevgående som börjar strax efter påblåsningen kan ofta fortfara åt samma sida under år eller hela kampanjen ut.

Ansatserna — skullarna kunna vara av olika art, en del (de vanligaste förr hos oss) äro täta och släppa föga eller inga gaser igenom sig, samt äro därför kallare än godset i övrigt i samma nivå, andra åter luckra och genomsläppande för gaserna och dessa äro istället alltid mycket varmare än kringliggande gods, genom att de länge nog emottagit värme av genomsilande heta gaser. Sedan beskickningen vid skullningar störtat, och man skådat ned uppifrån i tomrummet, har man mångenstädes sett dylika ansamlingar kvarsittande på pipmuren lysande med skarpt sken och tydligen betydligt överhettade. Dessa senare ansättningar bestå enligt van Vlotens mening av en blandning av järnmalmspulver och litet kolstoft, och när de någon gång just vid störtandet brytas ned och falla isär, blanda de sig i en tjock stoftvirvel med från beskickningen i övrigt uppvirvlande utdissocierat och annat pulverkol, varvid den glödande stoftmalmen så gott som ögonblickligen reduceras till lägre syrsättningsgrad givande upphov till en häftig koloxidutveckling och explosion. Osann har betvivlat riktigheten av denna slutsats, påpekande att reaktionen då

* Se S. u. E. 1908 sid. 1016.

en järnsyreförening bildar koloxid kräver värmetillskott är en endotermisk reaktion — ej giver värme, och att man ej känner något sådant reaktionsförlopp, som yttrar sig explosionsartat. W. van Vloten har härtill svarat, att han tror ej på fullständig reduktion av järnoxiden utan att denna blott reduceras till oxidoxidul, således enligt formeln:

$$3Fe_2O_3 + C = 2Fe_3O_4 + CO$$

och att denna reaktion behöver blott en liten del av det värme den ljusglödande ansatsmassan innehåller, så att en mängd värme blir över för den nybildade och de andra gasernas överupphettande. Han har i ett U-rörs skilda ben upphettat till ljus rödvärme i det ena kolstoft, i det andra pulveriserad järnoxid, så skakat tillsammans dem och då fått ett gastryck av över 4 atmosfärer och anser saken därmed bevisad. Någon invändning häremot har författaren ej sett, men klart är ju, att detta experiment ingenting alls bevisar, ty de ansatser av porös malm, van Vloten talar om, kunna i masugnspipan omöjligt bestå av ljusglödande järnoxid, när de äro så luckra att gasströmmen går upp igenom dem (vilket deras upphettning utvisar), ty redan i vida lägre temperatur reducerar den koloxidrika masugnsgasen järnoxid till och med till oxidul. De bestå i stället troligen av en blandning av järn-, järnoxidul- och järnoxidoxidulpulver, och då står Osanns invändning fast.

E. Kraynik har tagit och gjort analys på gaserna från en och samma masugn, såväl när den gått jämnt, ojämnt, hängt lindrigt eller hängt mycket svårt, och i sistnämnda fallet fick han en gång ett hål uppborrat genom pipmuren in just under hängningen och tog gasprov där. Alla hans analyser visa vid hängandet förekomsten av avsevärda mängder fritt syre i gasblandningen och mera ju svårare hängningen var. Han säger därför att vid beskickningens nedfallande bildar det uppvirvlande utdissocierade kolstoftet och den syre- och kolsyrerika gasen i tomrummet explosionsblandningen,* men invänder van Vloten häremot, att då borde ock explosionen komma omedelbart och ej först senare efter nedfallandet.

A. Osten anför** ett fall från en masugn vid Duisburg Beck, då man vid ett synnerligen svårt hängande beslöt sig för att, för att få ned hängningen, sätta in nödformor direkt under buknivån (ej bukcylinder och således rätt högt upp). Då man till detta ändamål slog hål i pipmuren, fann man, att pipan där var alldeles tom, så man tvärs emot såg pipmuren och att 30 cm ovanför befanns ett platt valv från ena sidan till den andra. Under detta valv fanns ända ned till de vanliga formorna intet gods alls. Nödformorna insattes, blåster pådrogs, trycket steg till 0,7 atm. över det yttre, då det vanliga var 0,3

* Se S. u. E. 1905 sid. 1437.

** S. u. E. 1909 sid. 214.

och efter 20 minuter störtade beskickningen ned, och en mängd gods utkastades kring det sig lyftande uppsättningsmålet. Detta var tydligen en skullning uppkommen så som van Vloten förr beskrivit. Vid nedstörtandet i det 120 m^3 med komprimerad luft fyllda tomrummet tände sig det kringvirvlande utdissocierade kolstoftet och åstadkom explosionen.

H. Skappel påminner* först om, att dels vid explosioner reaktionshastigheten tilltager med stigande temperatur och i geometrisk progression, om temperaturen växer i aritmetisk sådan, dels att reaktionen $2CO = CO_2 + C$ är förbunden med volymförminskning och därför reaktionshastigheten vid den stiger med trycket, ävenså att denna reaktion och dess hastighet förstoras genom närvaron av katalysatorer, här pulverformig järnoxid. Därför tänker han sig, att just genom nedstörtandet reaktionen $2CO = CO_2 + C$ påskyndas till explosionsartat förlopp, ökat genom den samtidigt uppstående reaktionen $Fe_2O_3 + C = 2FeO + CO$. Teorien är mycket svag, ty när en svår hängning i många timmar pågått, har man nog först långt upp mot uppsättningsmålet kvar malmpulver av oomvandlad järnoxid, och volymförökningen vid senare reaktionen motväges ju av volymförminskningen vid den förra. Endast om man kunde tänka sig dessa reaktioner skarpt åtskilda skulle kanske värmebildningen vid den förra ge sådant värmeöverskott över värmebindningen vid den senare, att svårare explosionstryck uppstode. Gå vi nämligen ut från 2 kilogram koloxid, ställa sig värmeförhållandena på följande sätt:

Vid reaktionen $2CO = C + CO_2$:

1 kg CO oxiderat till CO_2 ger	2400 v. e.
1 » CO reducerat till $\frac{12}{28}$ kg C tager $\frac{12 \cdot 2473}{28}$ = ...	1060 »
Således frigöres här	1340 »

Vid reaktionen $C + Fe_2O_3 = 2FeO + CO$:

motsvaras $\frac{12}{28}$ kg C av 4 kg Fe.

Som 4 kg Fe förbrända till Fe_2O_3 giva $4 \cdot 1796$ v. e. =	7184 v. e.	
» 4 » » » » FeO » $4 \cdot 1352$ » =	5408 »	
Således värmebehov här	1776 »	
Här ge $\frac{12}{28}$ kg C förbränt till CO	1060 »	
Således reaktionens värmebehov	716 »	716 »
Vadan i båda reaktionerna tillsammans frigöres		624 »

Skulle sista reaktionen återigen motsvara

$$Fe_3O_4 + C = 3FeO + CO$$

så minskas frigjorda värmet till . . . . . 612 »

* S. u. E. 1909 sid. 215.

Och skulle den tänkas

$$FeO + C = Fe + CO$$

så skulle för $\frac{12}{28}$ kg C uppstå en värmeförlust

$$= (2704 - 1060) - 1340 = 304 \text{ v. e.}$$

reaktionen således omöjlig utan betydande extra värmetillskott.

d. Skärningar och frätningar i pipans väggar och botten: Härvid kan man dels åtskilja olika nivåer i vilka dylika förekomma, dels olika sätt, på vilka frätningarna uppkommit, ävensom olika orsaker till desamma. Vid nedblåsning av en masugnspipa finner man lätt, att om några tegel av en eller annan anledning med murarhackan tuktats, så att de förlorat sin vid fabrikationen bekomna täta och jämna yta, så visa de sig mera slitna än bredvidvarande otuktade stenar. Likaså finner man, att alla brukfogar urgröpts mera än teglen och att urgröpningen går djupare in i väggen ju tjockare fogen är. Ävenså är urgröpningen vida betydligare i de vertikala än de horisontala fogarna. Av detta framgår dels att amerikanarnas sätt att hellre få små hyllbildningar än hugga sneda ytor i teglen i lutande vägg har fog för sig, dels ock att på grund av den nötning beskickning och gaser utöva, bör man mura med minsta möjliga fogar och isynnerhet laga att vertikalfogarna bli så att säga »hårfina». Synar man så en med nödsattare gång driven träkolshyttas eller en koksmasugns pipmurar vidare, så finner man, att större frätningar, än som kunna skyllas på nötning, förefinnas i åtminstone tre olika nivåer, samt kanske oregelmässigt här och var för övrigt. De sistnämnda antager man hava uppkommit genom lösbrutna skullningar, de tre andra åter av andra orsaker. Överst har man — ej särdeles långt under gasfånget, men i olika djup — allt efter som masugnsgaserna lämnat pipan med högre eller lägre temperatur en vanligen runtom gående frätning. Vid pipor, som varit utsatta för snedgång eller där kolen istjälpts vårdslöst t. ex. mest från ena sidan, så att grova kol kommit åt andra hållet, kan dock denna frätning vara ensidig och i sista fallet alltid där de grövsta kolen gått ned. Denna frätnings orsak är utdissocierat kol, som avsatt sig i teglets porer och utvidgat desamma samt luckrat teglet och sprängt bort ur det korn för korn. Utdissocierandet av kol ändras, som vi förut påpekat, med malmens i beskickningen beskaffenhet, i det att ju oxidrikare och porösare densamma är, i ju högre grad sker omvandlingen av koloxid i kol och kolsyra och verkar således härvid värst vid från svartmalm till oxid upprostad slig och mullande lösa Gröndalsbriketter, men ännu mera avgörande för frätningens djupgående är det använda teglets beskaffenhet. Ju lösare och porösare det är, ju sämre. Lösheten kan bero av för svag och för hastig bränning, av för litet stoftgods' inblandning i den grövre massan före formandet eller av att teglen vid lagringen eller transporten uppsupit

vatten, som sedan frusit. Ju mera järnoxid tegelmassan håller, ju sämre, ty ju mera kol utdissocieras även av denna järnoxid då å tegelkornens yta och i teglets porer, och då järnoxiden härvid omvandlas till Fe_3O_4 och FeO, så uppstår en molekylär krympning som verkar försvagande på adhesionen mellan kornen. I denna nivå skall man således använda möjligast por- och järnfria tegel, som med tillräcklig slitstyrka och eldhärdighet stå att uppbringa. Eldhärdigheten behöver ej vara så synnerligen stor, ty detta kolavskiljande förekommer endast mellan 300—1000° och obetydligt i temperaturer över 600°.*

Så ser man även vanligen en frätningsring längre ned. Denna får tillskrivas kemiska orsaker. Tager man efter nedblåsningen där ut ett av väggens tegel, finner man dess inåt pipan vända yta betäckt med glasyr. Bakom denna är godset i stenen mört och till färgen vanligen gulgrått, medan det parti av detsamma som suttit längst utåt är något så när oförändrat. T. Ludwig har gjort analys** på dessa skikt och funnit desamma vid en tegelsort per 1000 delar Al_2O_3 vara sammansatta:

	I den oförändrade delen	I den förändrade delen	Glasyren
Al_2O_3	1000	1000	1000
SiO_2	2453	3096	5597
FeO	153	167	1099
CaO	11	14	1591
MgO	16	9	899
K_2O	27	89	834
Na_2O	12	27	1135
Summa flussmedel	219	306	5558

Den mer än 30-faldiga ökningen i kalihalt och den mer än 94-faldiga ökningen i natronhalten mellan teglets ursprungliga sammansättning och glasyrens giva tydligt till känna, att härvidlag alkalier spelat en mycket stor roll. I glaset ha dessutom kiselsyran tillväxt med 124 %, järnoxiden med 618 %, kalken 144-dubblats och talken 56-dubblats, vilket i sin tur och ordning visar limmens och malmens inverkan. Jämför man den förändrade delen med den oförändrade finner man ämnesökningarna i % utgöra:

för	SiO_2	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
c:a	26	9	27	— 44	230	125

Göra vi så en jämförelse mellan tillväxterna i den förändrade delen och i glasyren, så få vi strax förloppet klart för oss. I denna

* Se Blad f. B. W. 1910 sid. 133.

** Se S. u. E. 1905 sid. 871.

hytta, där bränslet utgjordes av koks, bildas neri stället gaser av klornatrium, cyannatrium och cyankalium. Högre upp, där dessa gaser möta ännu ej färdigreducerat järn samt där även i murteglets porer finnes dylikt och temperaturen är lämplig, oxideras cyansalterna först till cyansyrade salter och om vattenånga där ännu utdrives ur beskickningen även av denna och kolsyra till karbonater. I den härstädes rådande hettan utdriver emellertid teglens kiselsyra de övriga negativa ämnena och alkalisilikater bildas, med till följd av nya tillströmmande gaser oupphörligt ökad alkalihalt och därmed följande lättsmälthet. Alkalihalten blir förstås störst i ytan och snart smälter denna, då vid densamma genast fastnar lim- och malmmullpartiklar, som förena sig med densamma bildande lättflutet glas, som avrinner och neri stället ingår i slaggen. Litet av detta lättflytande silikat tyckes även draga sig inåt i tegelmassan, efter dess halter av kiselsyra, järnoxidul och kalk även ökats. Att talkhalten minskats (den är i alla händelser obetydlig) kan bero på, att lim och malm voro i denna beskickning talkfriare än teglet är relativt till deras lerjordshalter. I träkolsmasugnarna ha vi inga klorsalter och mera kali- än natronsalter, såvida malmen ej håller natronfältspat, och som cyankalium vid laboratorieförsök visat sig hava mindre förmåga än både cyannatrium och klornatrium att angripa silikater, så är det ej att undra på, att denna sorts frätningar äro svårare i koks- än i träkolshyttor, fastän cyankaliebildningen i de senare är betydlig såväl från våra träkol som från den ofta i våra svenska malmer ingående kalifältspaten.

Så uppstå även nederst å masugnens väggar över och under formorna frätningar, av vilka de över formorna belägna antingen kunna uppkomma av användande av för lågt blästertryck, så att de för långt utflyttade foci rent av smält muren ett stycke upp, eller ock av att för mycket lim eller ock manganrik malm uppsatts i mursättningen, så att den utefter ställmuren neddrypande slaggen — såsom för basisk — bekommit för stark skärande verkan på chamott- eller kvartsfodret. Har man haft även någon längre period eller flera perioder rågång efter muren med då järnrik slagg, så har även den verkat skärande, och naturligtvis skära alla dessa basiska slagger mest där ställmuren är starkast upphettad d. v. s. över formorna. Men de skära samtidigt även mellan och under formorna, så ser man endast över själva formorna frätningar, ha formorna varit för långt utdragna eller ock murmassan för lättsmält.

Frätning i ställbotten och under slaggformnivån i form av nedåt i vidd tilltagande urgröpning i väggarna antyder för löst eller för grovt och poröst tegel eller rammassa. På dylika verkar genom skillnaden i eg. vikt tackjärnet rent av sönderbrytande, i det att detsamma inträngер i uti ytan befintliga porer, så att säga lösdragande korn för korn, då dessa korn genom tackjärnet uppflyta i slaggen. I möjligaste mån tätt tegel av 1600° eldhärdighet bör således där användas — eller,

om man här använder kvartsmassa, dylik med tillräckligt med kvartsstoft uti.

Lokala ojämna frätningar i understället uppkomma åter vanligtvis genom inträngande fuktighet.

e. Ugnsbrott och murverksförstöring av zink: Murverket i masugnspipan kan även förstöras genom att beskickningen håller zink i något betydligare mängd. Vi hava redan i kapitlet Järnets legeringar något ordat om zinkens förhållande i masugnen. Järnmalmerna kunna hålla zink antingen såsom zinkblende eller som galmeja, men våra svenska hålla den endast i förra formen och sällan i besvärande mängd. I rostugnen uppoxideras, som förut sagts, zinkblendet till zinkoxid och zinksulfat. Det senare kan urtvättas, om malmen något eller några år får ligga utsatt för regn och snö, eljes följer även det med i masugnen. Vid nedgåendet genom denna utreduceras zinken direkt av kol vid en temperatur av 1000° och högre och går genast i gasform, varefter den, medföljande den andra gasströmmen — uppkommen till en nivå i pipan, där temperaturen är cirka 500°, med kolsyra åter förbrinner till zinkoxid, vilken dels i pulverform bortgår in i gasledningarna, där avsättande sig som flygaska (Flugstaub), dels slår fast på järndelarna under uppsättningsmålet och i rörmynningarna, dels även fastnande på själva tegelmuren i pipan i varviga hårda grågröna stenmassor. Hårdast fastna dessa stenmassor vid teglet och värst, om detsamma är skrovligt eller poröst samt kan därifrån ej lösspettas utan att tegelskärv medföljer. På järndelarna fastna de mindre hårt och därför har man i Amerika funnit på att i masugnar, som äro mycket besvärade av zink, i stället för tegel i 500°-nivån och ovanför inmura tackjärnsringdelar. Dessa anhopningar verka sedan mycket hämmande på gasavloppet (mycket vida gasrörsmynningar måste vid sådana masugnar användas), men även verka de till skev gång i pipan, och likaså till bildandet av skullningar av det först omtalade slaget, i det att, där zinkoxid börjar avsätta sig, på muren strax fastnar mull- och kolflittror, och så växer skullen ut tät- och hårdgjord av nya zinkoxidångor, mull och kol, malm- och limbitar. Dessa skullar bli gastäta, tunga och hårda. Dylika skullar bildas dock endast, om av en eller annan anledning kalla murfläckar uppstå något längre ned i pipan. Vanligast är bildningen av kompakta zinkoxidlager med en halt av 80 à 90 % ZnO. Där man är mera besvärad av dylika, låter man, då man märker att de börja oroa hyttgången, beskickningen sjunka under avsättningsnivån. Lyfter så av och rengör det slutna uppsättningsmålet på undersidan, och spettar loss de andra ansatserna i gasrörsmynningarna och på murarna samt upptager brottstyckena med långa tänger. Iakttager man ej detta, så börja förr eller senare stycken av ansättningarna lossna av sig själva och följa med beskickningen ned i stora klumpar, »ugnsbrott». De hinna då förstås endast på ytan reduceras vid och

närmast under 1000°-nivån utan nedkomma till formorna, där, vid sitt reducerande och förgasande, verkande i högsta grad avkylande, hämmande även ovanför all reduktion, så att, om ej genast hetaste varmbläster påsläppes och godspåsättningarna minskas, ett svårt kok blir följden. Bitar av zinkoxid och zinkångor följa då med slaggen ut, avgivande gulaktig rök och d:o beslag, ja, även zinkdroppar utkomma, vilka brinna med blått sken, under det slaggen blir svartbrun. Vid utslaget ser man blåbrinnande cirkelformade ytor av zink på tackjärnet, men i detta finnes efter stelnandet ej spår av zink.

De inne i stället i gasform bragta zinkångorna gå visserligen till större delen upp genom pipan bildande nya flygask- och ugnsbrottsmassor, men en del inträngа ock i ställväggarnas porer och omvandlas där dels till zinkoxid, dels till zinkspinell, uppmörande och sönderspräng ande väggarna.

Som zinkspinellen bildas först vid temperaturer över 1000°, så är teglets av zink beroende frätning att söka vid och strax över formnivån, och kan ej uppstå annat än då ugnsbrottstycken få på ovannämnda sätt gå ned i stället.

M. Dämning av masugn.

Av flera anledningar kan det inträffa behov av att avstanna blåsningen i en masugn innan densamma behöver nedblåsas i och för reparation eller omställning. Bland sådana mera ofta förekommande anledningar märkas: inträffade skador i hyttans kraftstation eller å dess kraftledningar, uppfordringsbanor, blåsmaskiner, blästerledningar och varmapparat, inträffad kolbrist, d:o malmbrist (sällan numera), d:o vattenbrist, epidemiska sjukdomar bland hyttfolket och strejker.

Som en nedblåsning alltid medför omställning av hyttan, söker man då hjälpa sig fram med s. k. dämning, d. v. s. att masugnen får stå fylld med gods, tills förhållandena ändrats därhän, att man ser sig i stånd hålla den på nytt i gång en längre tid, och skola vi nu se till, huru en dämning anordnas.

Vid storstrejken år 1909 dämdes så gott som alla våra masugnar och fingo stå dämda i nära tre månaders tid, och som ingen i förväg tänkte, att strejken skulle kunna pågå mera än 4 à 6 veckor misslyckades dämningen på flera ställen mer eller mindre, vilket i sin tur gjorde, att vi fingo en den bästa och allmännaste erfarenhet om, huru en dämning för längre tid bör utföras. Intet ont som ej har något gott med sig!

Om man ser, att det som inträffat — t. ex. en blåsmaskinskada — bör vara avhjälpt på några timmar eller ett halvt dygn, så vidtagas inga andra åtgärder, än att sedan blästern frånslagits först göres slaggtappning, därpå utslag; slagg- och utslagshål rengöras väl och igensättas

sedan med yttersta omsorg. Tättorna utdragas ur formorna. I dessa instoppas hårda, degiga lerklumpar, som väl och lufttätt tilltryckas, sandhögar uppösas framför utslagshål och timpel, formvattnet minskas tills det nära nog kokar, gasspjällen igenslås och masugnens täckhällar påläggas och tillsmetas på ett litet undantag när, vilken öppning måste hållas öppen för de från de nysatta kolen avgående destillationsgasernas skull. Ved inlägges i varmapparat- och rostugnsluckor och i båda hålles frisk fyr. När skadan sedan blivit avhjälpt, avtagas täckhällarna, pluggarna uttagas ur formorna, tättorna inskjutas, bläster påsläppes, sandhögarna bortösas, och då gasströmmen kommit väl i gång påsläppes åter gas till rostugn och varmapparat.

Är det åter givet att stillaståendet skall bli långvarigare, måste vidlyftigare åtgärder vidtagas.

Blåser man ej förut grått järn utan t. ex. vitt, så minskar man så mycket på godsmängden, att man är säker på att före dämningen först få ett halvvitt, så ett $^1/_4$-vitt och sist ett eller ett par helgråa utslag. Detta för att få pipan väl genomvärmd innan dämningslistans gods nedkommer i stället. På de sista sättningarna för helgrått järn låter man så ett antal tomsättningar följa, en eller ett par blott, om det är fråga om endast ett par dygns dämning, eljes flera t. ex. vid 4 dygns 4 tomsättningar, vid 4 veckors 6 tomsättningar, vid 6 veckors 10, sällan flera, utan ändrar man i stället på godssättningen vid än längre stillastående. Vid 3 à 4 dygns dämning låter man på tomsättningarna följa sättningar med blott $^3/_4$ av den vanliga godsmängden, vid 2 veckors med halva, vid 4 veckors med tredjedelen, vid 6 veckors med fjärdedelen, vid dämning för 8 veckor eller mera är åter bäst följa den vanliga påblåsningsökningslistan, med tillägg av $^1/_4$ mera tomsättningar. Malmökningen tages vid endast 4 dygns dämning härefter så rask, att sist före dämningen uppsatt sättning håller vanlig godsmängd, d. v. s. fullmalmning på en ugnsfyllnad, vid två veckors dämning fullmalmning på två ugnsfyllnader och vid 6 veckors på 4.

Sedan första tomsättningen uppsatts fortsättes blåsningen på vanligt sätt med slaggtappningar och utslag å ordinarie tider endast med avpassande av de senare så, att sista utslaget kan göras, då första tomsättningen visar sig framför formorna. Detta är dock ej den kolsättning, man först uppsatte tom, ty malm och lim gå fortare ned genom pipan än kolen, och därför måste man i formorna observera, när det innanför dem slutar neddrypa järn- och slaggdroppar. Nu slås blästern ifrån.

Så göres slaggtappning och utslag, och vid det senare lagar man att hålet upptages alldeles ned till järngatans botten och dessutom i full storlek. När så mycket tackjärn utrunnit, som kan av sig självt rinna ut genom det upptagna hålet, »vispar» man med krokar ut mera ur den nu vanligen gropformiga ställbotten, och när man ej ens på detta sätt får ut mera, igensättes efter noggrann rengöring utslagshål

och järngata. Härpå utkrokas genom timpelöppningen eller slaggformholkens hål (om slaggforma användes borttages den) möjligen innanför varande slaggrusor och emot de där framdragna kolen packas väl med tät sand. Tättorna borttagas. Formorna rensas väl och igensättas därpå med sega pluggar av en massa sammanknådad av $^3/_4$ sand och $^1/_4$ eldfast obränd lera. Spjällen i gasledningarna igenslås. Om slutet uppsättningsmål användes, och dämningen göres för lång tid, är bäst upphissa och bortflytta det. Täckhällarna påläggas och smetas runt om, men skorstenshålet i mitten lämnas öppet ett dygn framåt. Om då ur detsamma endast avgår en sakta gasström av vattenånga och tjära luktande destillationsprodukter, är pipan tät, och man behöver blott ösa upp sandhögar framför utslags- och timpelhål, samt hälla ned sand mellan formorna och plåtskärmar, som man fastsatt framför formbrösten. Fortfar åter en lång skarp låga att uppstiga ur täckhällarnas skorstensöppning, så är pipan otät, och man får då söka ta reda på, var otätheten förefinnes. Har man tjockmurad pipa med sandfyllning men med fritt ställe, är det troligt, att sprickan befinner sig nere i ställ- eller rastmuren. Man för då runtom densamma utanför varje fog en oljelampa med lång låga, och där man ser, att lågan suges inåt, har man spricka, som det gäller väl täta med tunt bruk berett av pulverformig sand och litet lera. Man ritar ett kritstreck vid var upptäckt springa, ty det händer, att man måste upprepa proceduren. Vid tunnmurade masugnar — isynnerhet de utan sandfyllning, men även vid de grovmurade — får man så gå på med undersökningen, tills man på gasströmmen igenom täckhällarna ser, att pipan är tät. När så destillationsgaserna avgått, murar man igen hålet i täckhällarna. Exempel på under år 1909 lyckade dämningar se tabell LXXII.

Som vid 1909 års dämningar visade sig, att de flesta masugnarna hade otätheter just nere i stället och upp utefter rasten, torde vara skäl, där man har tillgång till gammal vrak-tunnplåt att låta folket uppsätta en mantel av sådan upp utefter ställe och rast och fylla emellan med sand, ty att täta med smet går långsamt och måste dag för dag förnyas under första tiden, om ej nya sprickor skola bildas.

Rostugnen är det bäst helt enkelt låta kallna och sen vid pådragningen igen varmelda genom vedinläggning i gluggraderna, tills gas kan påsläppas.

Från en mängd masugnar ha vi från 1909 fått redogörelse för huru dämningen för sprickbildningars skull misslyckades. Huru man fann, att alla tomsättningarna brunno undan, och huru man i dessa bekymmersamma tider måste draga på igen för att få nya tomsättningar att gå ned och företa nya dämningar, tills strejken ridits ut. Den reds ut, utan att en enda svensk masugn — det jag kunnat finna — behövde rivas ur för ny omställning och påblåsning, tack vare de svenska ingenjörernas och några trogna gamla hyttarbetares dödsförakt

och plikttrohet. Föga tack ha dessa män fått. Ingen tack alls, det jag vet, av vare sig bolagsstyrelser eller strejkande arbetare, och dock var det deras och ensamt deras förtjänst att hyttorna kunde efter strejken åter pådragas och gå, vilket betyder att de lockoutdekreterande bolagen och de strejkande arbetarna strax kunde åter förtjäna fulla dagsinkomster. Som en av svenska järnhanteringens representanter bringar jag härmed mina kamrater, så ingenjörer som dessa plikttrogna arbetare, mitt ärliga svenska tack.

Gäller det att dämma en kokshytta, bör man följa direktör H. Dresslers i Creutsthals exempel. Han dämde en dylik 1¼ år och erhöll ändock vid påblåsningen redan i första utslaget och sedan allt jämt den vanliga järnkvalitén. Han förfor på följande sätt. Först sattes på den sista sättningen med gods det vanliga antalet tomsättningar. Härpå fick beskickningen sjunka några meter, varpå pipgodset täcktes med gammal vrakplåt och på denna ett lerskikt som tätade fullkomligt. Före påblåsningen upptogos lerskiktet och plåtarna och varmblästern pådrogs, varefter blåsningen fortsattes som om ingenting hänt. Detta sätt att täta dämda hyttor torde vara skäl använda även vid träkolshyttor.

N. Nedblåsning av hytta.

Då masugnen gått så länge, att utgiften som är förenad med dess nedblåsning och dess omställning och påblåsning fullt uppväger dess fortsatta drivande med urbrända murar och ökad kolåtgång, så skall den omställas. De s. k. rekorden höra eljes till den vansinnigt drivna sporten. Författaren och hans elever kommo en gång till ett bruk, vars masugn var försedd med 6 formor. Man var där stolt över, att ha gått 9½ år, när förut ingen enda masugn gått mer än 9 år. Vi fingo höra, att till sist hade man gått med bara tre formor och »hade på de andra sidorna måst spruta på vatten, för att ej värmen skulle smälta ut hål i muren». Kolåtgången i masugnen var ej vacker, arbetsomkostnaderna höga, och detta påpekade vi, men då man avgav den förklaringen, att tackjärnsbrist var orsaken till, att man måst gå på med en oekonomisk hyttedrift, måste vi instämma i, att verksledningen gjort rätt i att slå rekord! Men eljes ej!

När således av hyttdriften framgår, att masugnen bör nedblåsas, så vidtagas de erforderliga och enkla anordningarna därför. Man låter malmslagarna slå så mycket kalksten i huvudstora stycken, som man vet behövas för att fylla ⅓ av pipans hela volym. När så den sista kolsättningen uppsatts, så börjar man sätta upp av dessa kalkstycken allt efter som sättningarna sjunka, och kan att börja med gärna uppsätta t. o. m. grövre stycken av kalken än huvudstora, samt slutar av med småstycken. Limmen, som man på detta sätt uppsätter, upptager

Tabell LXXII.

Masugnens rymd, sättningar	44		52		64		65		52	
Dämningstid, veckor	½		2		4		6		8	
Antal tomsättningar	4		6		6		10		8	
Ökningslista	Antal sättningar	Med gods kg	Antal sättningar	Med gods kg	Antal sättningar	Med gods kg	Antal sättningar	Med gods kg	Antal sättningar	Med gods kg
	5	330	3	230	9	150	5	135	4	260
	5	340	4	240	5	160	5	145	4	280
	5	350	5	260	5	170	5	155	4	300
	5	360	6	270	5	180	4	165	4	325
	5	370	7	280	2	190	4	190	4	345
	5	390	4	290	3	200	3	210	4	365
	5	400	4	300	3	210	6	220	7	390
	fullmalmat		2	310	3	220	2	230	6	415
			2	320	3	250	2	255	6	440
			2	330	3	290	2	280	6	465
			2	340	3	330	2	295	6	490
			2	350	3	350	3	320	6	525
			pipan full.		3	370	2	335	8	550
			Vid på-		3	390	4	345	8	575
			blåsningen		3	420	5	355	10	590
			påsattes		3	450	5	365	1	600
			sedan		fullmalmat		5	375	fullmalmat	
			full sätt-				5	385		
			ning med				5	395		
			440				5	405		
							10	415		
							10	425		
							10	435		
							10	445		
							10	455		
							10	465		
							10	475		
							10	485		
							fullmalmat			

vid sin kalcinering gasernas värme och skyddar pipan från att bliva överupphettad samt hindrar, att värmen stiger så, att uppsättningsmålets metalldelar bli glödande och slå sig skeva. Sätter man upp för mycket av kalksten, så gör det ingenting. Man ämnar i alla fall använda den på detta sätt gratis brända kalken antingen till murbruk

eller till jordbruket, och vad som ej efter bränningen släcker sig är sen lättkrossat, och kan användas som lim under nästa kampanj. Bra med kalk således! Slutna uppsättningsmålet avlyftes så fort sista sättningen gjorts. Efter ett par timmar påläggas täckhällarna, skorstensröret påsättes och gasspjällen igenslås i ledningarna.

När man så ser kalk framför *alla* formorna göres utslag, möjligast mycket järn utpumpas, och härefter är bäst, om ej omställningen brådskar, att sätta igen alla öppningar som vid dämning och låta pipan långsamt avsvalna. Måste man snarast möjligt draga på igen, så måste man förstås låta järngata och slagg- samt vindformor stå öppna, med given följd, att pipinnermuren till följd av den hastiga avkylningen skärvar och tar skada.

O. Biprodukternas tillvaratagande.

Vid masugnarna erhåller man egentligen inga andra biprodukter än gasledningssotet, slaggen och gasen. Vad då det förstnämnda angår, så spelar detsamma vid rätt konstruerade masugnar så liten roll, att det helt kan lämnas ur räkningen. Vid de andra åter bör man taga vara på det och efter brikettering återuppsätta det på masugnen.

Slaggen åter bör man alltid söka uttaga största möjliga valuta av, ty av densamma får man — även vid de rikare beskickningarna — avsevärda kvantiteter.

Redan 1748 skrev slottsbyggmästare Eliander till Kungl. Vetenskapsakademien i Stockholm, att masugnsslaggerna gjutna till tegel gåvo ett utmärkt material för isynnerhet källarväggar och valv och skorstenar samt till alla byggnader under vatten, och detsamma omtalar bergmästar A. F. Cronstedt 1761, som även beskriver deras tillverkning, som tillgick på alldeles samma sätt som ännu i dag sker vid flertalet svenska masugnar. Han säger ock, att dessa tegel visat sig utmärkt användbara i masugnsmurar, i väggar, i rostgroparna o. s. v. samt påpekar att engående malmer ge bästa teglen, och att om kalksten måste medtagas i beskickningen den ej får sättas upp i så stora stycken, att den ej fullständigt löser sig i slaggen, ty blir det kalkkörtlar kvar, så släcka de sig efter någon tid och spränga sönder teglen. 1766 utgavs en »Masmästare-Ordning», som ålade övermasmästarna i riket att se till, vid vilka hyttor för tegelfabrikation lämplig slagg erhölles och där lära ut tegeltillverkningssättet, som bestod i att på plan tackjärnsbotten ställes tre av tackjärn gjutna vinklar — alldeles som nu, varefter först i vinklarna nedlägges stjärtslaggbitar, varpå slaggtappning göres, lock pålägges och slaggdrängen sen ställer sig å locket tills stenen stelnat, på det slaggen i måttet ej må jäsa upp och lämna ojämn överyta!

Vida starkare och bättre bli slaggstenarna, om de uppformas i

sand- eller stybbeform, då man vanligen gjuter dem på ända och oftast i 12″ × 6″ × 3″-dimension. Vill man kosta på torrsandsformar, kan man gjuta dem i snart sagt vad fason och storlek som helst eller t. o. m. all slaggen från en tappning i ett stycke. Stenarna bli mycket täta och starka, låta med murarhackan tukta sig — ehuru med svårighet och få en vacker grågrön färg. Dessa tegel äro ofantligt slitstarka, men som byggnadssten i boningshus' yttermurar passa de ej, ty de äro utmärkta värmeledare. Men det äro även de kokillgjutna.

S. k. kalk-slaggtegel tillverkas i ofantliga massor i Tyskland* och tillgår denna fabrikation så, att slaggen vid utflytandet ur masugnen granuleras i raskt framflytande kallt vatten. Ur samlingsbassängen, dit den granulerade slaggen av vattenströmmen medryckes, upptages den av ett bägarverk till en blandningsskruv, i vars ränna även nedkommer fint pulver av bränd släckt kalk. Blandningen får så nedfalla på en mellanbotten, där den under något dygn får ligga i hög och »mogna». Sen slås av densamma i en stark tegelpress stenar som uppställas i staplar på vagnar, vilka inskjutas i en s. k. härdningspanna, i vilken ånga påsläppes under natten och i 12 timmars tid, då teglen fullständigt hårdnat och kunna uttagas och användas. Vid Ludvika finnes en dylik fabrik, och sätter man där in mellan vagnshjulen i härdningspannan lådor med osläckt bränd kalk. Denna kalk släcker sig då med ångan, men avger samtidigt en massa värme, som ökar ångtrycket och påskyndar samt förbättrar härdningen. Man använder därför där endast avloppsånga, medan man i de tyska fabrikerna låter ångmaskinens panna om nätterna gå för ånga till härdningscylindrarna. Så gott som all vår masugnsslagg passar för denna fabrikation. Teglet skall ge sundare boningshus, och ju äldre det blir i muren, ju hårdare och hållbarare blir det samt frostar ej sönder. Vid ett svenskt bruk har man gjort dylikt tegel ej genom att till slaggen blanda 10 à 12 % kalkhydrat utan i stället c:a 8 % cement.

Cementberedning av slaggen är även allmän i Tyskland, men härför passa våra träkolshytteslagger, såsom för sura, ej. Man måste härför använda starkt basiska slagger, vilka vid avflytandet ur hyttan raskt avkylas under granulation. Avkylningen kan ske på tre sätt — alla patenterade:

1:o Kylning genom granulation i vatten (v. Langens metod),
2:o » » » med vattenånga eller luft (Passows met.),
3:o » » » » saltlösningar (Colosseus metod).

Vid första sättet rinner slaggen från tapprännan ned i en vattenränna och från denna kan vatten och slaggsand få rinna ned antingen i en sump eller ock i tippvagnar med perforerade väggar och botten. Vid andra sättet har man ett rör för blåster eller överhettad högtrycksånga mynnande ut under slagghällen, och sliter då gasströmmen isär

* Se S. u. E. 1912 sid. 224.

slaggstrålen. Vid det tredje användes reparatorer liknande roterande trummor i vilka lösningar av kalk-magnesium- eller aluminiumsalter finnas, och i vilka slaggen får nedrinna. Båda de sista fabrikationssätten äro nu övergivna och tar man numera först och torkar den vattengranulerade slaggen i roterande torktrummor, som eldas med masugnsgas eller stenkolspulver. En del av det torkade slaggpulvret blandas med lagom del kalkstensbitar och finmales till råmjöl. Detta fuktas med vatten, pressas till tegel, teglen torkas och sinterbrännas till klinker. Resten slaggsand blandas så med dessa klinker och males blandningen till cement. Det s. k. Eisenportlandcementet göres av 70 % klinker + 30 % granulerad slagg.* Vill man använda slaggen till slitstark beton, så bör den från masugnen tappas i upphettad skänk, som, sedan all slaggen kommit i, får ytterst långsamt kallna, så att slaggens stelnande ej går fortare, än att alla gasblåsor hinna uppflyta. Den kallnade slaggklumpen sönderslås och krossas i bägarverk eller tuggare och är sen lika hård som basalt, samt användes i cement till trottoarsten, gatsten o. s. v. Härtill skulle vår slagg duga utmärkt.

Passow har funnit slagger av nedanstående analyser och åstadkomna i ett laboratorium lämna utmärkt cement:**

SiO_2	30	30	30	30	30	30
Al_2O_3	16	16	16	16	16	16
CaO	40	48	40	48	42	34
MgO	14	—	—	6	6	6
CaS	—	6	14	—	6	14

Zulkowski åter har funnit bäst en masugnsslagg sammansatt i %:

SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CO_2	SO_3	SiCaS
24,64	15,27	1,12	0,82	49,70	3,29	1,67	1,37	0,54	1,72	1,45

Slaggull beredes utomlands på så sätt, att slaggen får från masugnen i en fin stråle nedrinna framför ett ångrörs breda mynning. Är slaggen omkring sesquisilicat sönderslites den då i fina bomull liknande trådar som samlas under en plåtholk. Förr tillverkades dylik slaggull vid Bångbro masugnar ett år, men de i verket kringyrande trådarna förstörde arbetarnas lungor.

Konstgjord pimpsten fabriceras av masugnsslagg på så sätt, att luft eller ånga blåses upp genom den under stelnandet.

Glas av slagg beredes så att antingen den smälta slaggen får nedrinna från hyttan i en skänk och från den skaffas till glasugnen och i denna försättes med lämpliga glassalter, eller och blandas granulerad torkad slagg med sådana och nedsmältes. Glaset blir ofta synnerligen vackert färgat.

* Se vidare S. u. E. 1911, sid. 1154, 373; S. u. E. 1910, sid. 827.
** S. u. E. 1909, sid. 1269.

Masugnsgasen som biprodukt användes dels som värmegas i rostugnar, varmapparater, martinugnar och vällgropar samt till torkeldning av diverse skänkar o. s. v., dels som kraftalstrare i ångpannor och gasmaskiner.

Till sist anföres här från Gutehoffmanshytte en del värden å kub. metervikter och rasvinkel på olika malmer.*

	kg pr m³	rasvinkel		kg pr m³	rasvinkel
Grängesberg	3000	36°	Porman (Spanien)	1725	35°
Kiruna	3000	37°	Bona, Afrika	1540	35°
Sydrysk malm	2700	37°	Minettmalm	1550	34°
Cehegin, Spanien	2500	36°	Carthagena, Spanien	1550	33°
Santander, »	2000	35°	Ferni, Siegen	1500	36°
Caen, Frankrike	2100	36°	Menera, Spanien	1375	36°
Potimalm	2050	32°	Myrmalm	1300	31°
Diana, Spanien	1950	33°	Vällugnsslag	2100	37°
Siegerland spat, or.	1900	37°	Puddelslagg	2050	35°
Villaricos, Spanien	1925	36°	Valssinner	1925	31°
Purple-ore	1700	37°	Thomasslagg	1600	37°
Pyrolusit, Grekl.	1750	36°	Martinslagg	1650	36
Rubio, Spanien	1775	37°	Kalksten	1550	34
Almeria, »	1750	35°			

3. Elektriska järnframställningsmetoder.

4. Järnsvampmetoderna

framflyttas till bokens slut, för att vid desammas beskrivningar få in möjligast nya siffror och sammanfattas där i ett kapitel VI.

* S. u. E. 1911, sid. 2151.

V. Tackjärnets raffinerande och färskande.

(Raffination des Eisens, refining of iron, affinage du fer, raffinizo vanie shaljesa, affinaggio del ferro, refinacion del hierro; frischen, to decarburise ou décarburer la fonte, obesugleroshivatj tschugunj, decarburare la ghisa, descarburar la fundicion.)

Definitioner. Redan 1782 skilde Sven Rinman i sin Järnets Historia mellan raffinering och färskning av tackjärn, varvid han med raffinering menade borttagandet av vissa järnets föroreningar, ej blott tackjärnets utan även det smidbara järnets, men med färskning menade tackjärnets smidbargörande i smälthärd. Han anför där även både försök han själv gjort ävensom dem de Reaumur i »l'art d'adoucir le Fer fondu» anför, att utan att smälta ned järnet och endast genom dess glödgande i vissa ämnen göra det smidbart, försök som i regel lyckades, och dem han tycker borde fullföljas, men detta sätt att åstadkomma smidesjärn kallar han ej färskning. Man visste då ännu ej, att vid båda sätten, vid aduceringen såväl som smältfärskningen, det är genom kolets borttagande man får tackjärnet smidbart, utan antogs fortfarande, att tackjärn höll för mycket flogiston, som genom hetta måste förgasas.

Ännu i dag skilja vi på samma sätt mellan raffinering och färskning, menande med:

Raffinering järnets befriande från vissa legeringsämnen, i främsta rummet skadliga sådana t. ex. svavel och fosfor, i andra rummet vissa för järnets användningssätt olämpliga s. s. kisel och mangan;

Färskning, tackjärns omvandlande i smidbar vara och stål i mjukare järn.

Men även vid färskandet av tackjärn ned till smidbar vara (stål eller smidesjärn) hava vi haft för vana att skilja mellan två avdelningar i processen: 1:o raffinationsperioden och 2:o färskningsperioden, avseende med den förstnämnda den första delen av färskningen, då av legeringsämnena huvudsakligen kisel och mangan oxideras och med den senare, då det huvudsakligen pågår oxidation av kolet. Om man undantager två av de gamla färskningsmetoderna

(glödståls- och aduceringsmetoderna), så förlöpte dessa också (alla härdfärskningsmetoderna, Uchatii- och sura bessemermetoden) vid normal gång just efter detta schema, så att kisel och mangan först bortoxiderades samt först därefter kolet, men sedan man på senare tider dels fått några nya metoder, som ej förlöpa fullt så »normalt», dels börjat mera noga kemiskt studera förloppet vid alla färskningsmetoderna, så har benägenhet visat sig att i stället uppdela själva färskandet i förfärskning och efterfärskning samt först tala om raffinering om efter färskningen följer en procedur avseende att borttaga någon smidesjärnets förorening t. ex. svavel och fosfor, medan åter borttagandet av i det smidbara järnet löst syre kallas desoxidation och borttagandet av andra gaser benämnes tätgörande.

En del utländska författare hava även indelat de nutida processerna — isynnerhet de kombinerade t. ex. sur bessemer — elektriskugn, då först i bessemerugnen blåses stål och sedan i elektrougnen fosfor och svavel borttagas — i: förraffineringen (oxiderandet av Si och Mn), färskningen (oxiderandet av C) och efterraffineringen (renandet från P och S), men klarast torde vara de första här lämnade definitionerna, då med raffinering avses ett enbart renande, med färskning ett smidbargörande (i båda fallen vare sig fullständigare eller ofullständigare).

Fullkomligt bortraffinerande av ett legeringsämne eller fullkomligt bortfärskande av kolet ur järnet förekommer ej i praktiken dels av skäl att bådadera höra så gott som till de praktiska omöjligheterna, dels ock för att järnets praktiska användning endast i ytterst sällsynta fall hittills betingat dylik fullständig rening.

Färskningsmetoderna indelas i två huvudgrupper:

1:o *Torrfärskningsmetoderna*, där färskningen sker med osmält tackjärn och

2:o *Smältfärskningsmetoderna*, i vilka smält tackjärn nedfärskas.

De förra indelas i:

α Glödstålsmetoden och

β Aduceringsmetoden.

De senare i:

α Välljärnsmetoderna: härdsmiden och puddling,

β Götjärnsmetoderna: uchatii-, bessemer-, thomas-, martin- och elektrostålmetoderna.

1. Torrfärskningsmetoderna.

I dessa utsättes tackjärnet vid glödningshetta för inverkan av vare sig fritt eller bundet syre eller båda tillhopa, varvid kolet i större eller mindre grad bortoxideras, medan även troligen större delen av kisel och mangan oxideras, ehuru dessa då som kiselsyra och manganoxidul kvarstanna i järnet.

Som denna oxidering aldrig drives så långt, att allt kol bortskaffas samt densamma försiggår från järnföremålets yta inåt mot kärnan, så kan ej förekommas, att den färdiga varan kommer att i sitt gods hava en mer eller mindre ojämn sammansättning med i ytan mindre och emot kärnan tilltagande kolhalt, varjämte kan förekomma, att medan den i det närmaste slutfärskade ytan endast innehåller spår av kol och detta som kemiskt bundet, kärnan kan hålla kol både som grafit, temperkol och som kemiskt bundet. Allt detta gör, att det färdigbehandlade godset ej kan besitta samma seghet och styrka som det jämnare, smältfärskade järnet och stålet, men för vissa ändamål är det dock fullt användbart, och som det därvid ställer sig vida billigare i tillverkning, användes det i mycket stor skala. Dock ej glödstålet, ty detsammas tillverkning har helt och hållet upphört.

a. Glödstålsmetoden.

Denna metod att göra stål, som uttänktes av professor P. Tunner i Leoben, och som av honom infördes vid Steyermarkska järnverk, bestod i att gjuta det ur masugnen utrinnande manganhaltiga, av steyriska spatmalmer beredda talkjärnet i sandformar, så att det erhölls i stänger av 66 × 15 mm genomskärning. Dessa stänger inpackades sedan i vanliga stålbränningsugnars cementkistor lagervis med pulver av blodstensmalm eller ock i det oxidrika malmpulver, som erhölls vid spatmalmernas rotning. Kistorna voro murade av sandsten. Varje ugn innehöll 2 kistor så stora, att på en gång kunde i ugnen färskas 60 tons stänger. Såsom brännmaterial använde man dålig brunkolssork, som förbrändes i en Siemens generator med trapp- och planrost, och bränningstiden utgjorde $2^1/_2$—3 månader samt medförde per bränning en bränsleåtgång av 300 tons dock så gott som värdelös brunkolsstybb eller 5 tons bränsle per ton stål. Efter bränningen befriades stängerna från den vid deras yta fästande malmskorpan, vilken under bränningen delvis reducerats av tackjärnets kol, varefter de avslogos i stycken, sorterades efter brottutseendet i olika hårdhetsgrader och därpå omsmältes i degel.

Metoden ihjälslogs så att säga av den strax efter framträdande bessemermetoden, som tilldrog sig allt intresse, och möjligt är ju, att den aldrig kommer att leva upp igen, men denna läroboks författare kan dock ej underlåta att undra, om ej de ständigt stegrade bränsleprisen och arbetslönerna kunna göra det önskvärt, att vi här i Sverige gjorde åtminstone ett försök att åter sätta liv i densamma. Vi hava här i landet en mängd masugnar, som tillverka exportjärn för ståltillverkning i utlandet. Från dessa masugnar kunde man, om de försågos med bränslebesparande varmapparat, bekomma fullt ut nog med gas till uppvärmning av flera brännugnar ordnade i ringugnssystem. Toge man ej till brännugnsanläggningen alltför stor,

skulle man även kunna få gas över till hjälp vid gjutstålsugnarna, som dock ej, som förr, skulle vara degelugnar utan martinugnar, eller där man så hava kunde elektriska induktionsugnar av Röchling-Rohdenhausers eller annat gott system.

Arbetslönerna bleve obetydliga, ty att forma upp och sedan nedpacka stängerna i kistorna kunde ske med maskinhjälp. Värmet vid bränningen hade man gratis. Tillsynen av ett helt ringugnssystem tager en man per skift i anspråk, vilken dessutom troligen kunde medhinna att i maskinklipp avknäcka och sortera de brända stängerna. Det noggrannaste arbetet kunde skötas av gamla pålitliga gubbar, det mindre noggranna av pojkar.

Finge man sedan nedsmälta produkten i elektrisk ugn, så producerade man av gott tackjärn ett fint verktygsstål, ty här i Sverige är det så, att:

1:o Vi kunna åstadkomma ett tackjärn med så låg fosforhalt, att därav utan fosforrening kan beredas världens finaste stål,

2:o Vi kunna, tack vare våra utmärkta rostugnar och våra träkol, erhålla detsamma svavelrent om ock ej svavelfritt och med hjälp av den låga manganhalt, varmed vi borde förse *tackjärnet* vid denna tilltänkta metod, finge vi ett i det närmaste svavelfritt stål i induktionsugn eller regenerativ degelugn

3:o Materialet bleve gasfritt eller i det närmaste gasfritt.

4:o Man finge ett för syre rödskörfritt stål även av tackjärn med mycket obetydlig manganhalt.

Huru skulle tackjärnet för denna fabrikationsart blåsas och huru skulle det vara sammansatt? Jo, enligt författarens mening bör det blåsas med möjligast hårdsatt men ren gång, så att den kolhalt det sedan gällde borttaga vore den minsta möjliga. Naturligtvis betydde det mindre, om de erhållna tackjärnsstängerna vore blåsiga, eftersom de i alla fall efter färskningen skola omsmältas.

En viss om ock låg manganhalt bör malmbeskickningen hålla. För att få denna vid hårdsatt gång inreducerad, bör hög blästervärme och basisk slaggsammansättning användas. Därigenom hindras ock att för mycket kisel ingår i tackjärnet. Om för mycket kisel inkommer, så kan tackjärnet komma att hålla grafit, och detta skulle sedan fördröja den påföljande nedfärskningen till stål. För mycket mangan bör ej heller få ingå, ty som mangankarbiderna starkt hålla kvar sitt kol, skulle även därigenom färskningsprocessen utdragas på tiden.

Något mangan bör dock tackjärnet hålla, ty låt vara att denna mangan till åtminstone god del oxideras till MnO under torrfärskningen, skulle dock den andra ej oxiderade delen hindra syreupptagande under nedsmältande i regenerativ degelugn, eller rena från det syre, stängernas ytlager bundit, och både den ej syrsatta och den syrsatta manganen skulle med hjälp av kvarvarande kol i en elektrisk induktionsugn verka slutligt svavel- och syrerenande.

I Steyermark användes på 1860-talet till glödstålfabrikationen de gamla engelska cementstålsugnarna med kistor lika breda som höga och vilkas olämpliga dimensioner gjorde, att det tog en alldeles onödigt lång tid, innan värmen lyckades tränga in i kärnmassan. Vi skulle naturligtvis använda ringugnar av koksugnstyp med långa smala höga fack, i vilkas mellanliggande väggkanaler masugnsgasen finge brinna, inledd genom bunsenbrännare eller efter passerande av regeneratorkammare, i enlighet med system Otto eller system Kopper. Författaren har under många år tänkt rätt grundligt på denna sak och är övertygad om, att den skulle med hjälp isynnerhet av de nya elektriska ugnarna visa sig för de svenska bruken av verkligt värde.

Den förbrukade färskmalmssligen — till god del redan reducerad — skulle man naturligtvis sedan uppsätta på masugnen.

β. Aduceringsmetoden.

(Aduceringsgods, Temperguss, Malleable castings, fonte malléable, Kowkij zugun, Ghisa fucinabile, hierro maleable.)

Denna metod går ut på att av tackjärn gjuta pjäser i den form vari de sedan skola komma att användas, härefter befria dem från den gjutsandshinna, varmed de beklätts i gjutflaskan, därpå nedbädda dem i särskilda kärl eller lådor i blandning med ett s. k. aduceringsmedel, inflytta lådorna i en glödningsugn samt i denna glödga dem så länge, att, när lådorna uttagas ur ugnen, de gjutna pjäserna blivit mjuka eller sega.

Historik. Såsom uppfinnare av metoden har fransmannen de Réaumur hittills allmänt antagits, och angives det att han redan långt före år 1722 utarbetade densamma. Réaumurs arbete bär titeln »l'Art d'adoucir le fer fondu, ou l'art de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de fer forgé» Paris 1722. Att S. Rinman redan i slutet av 1700-talet även ledes gjorde försök med aducering är förut nämnt, men till någon egentlig större praktisk utövning kom enligt Moldenke den nya metoden ej förr än amerikanaren Seth Boyden i Newark år 1830 grundade ett ordentligt aduceringsverk* och på ett uttömmande sätt offentligt beskrev densamma. Emellertid påpekar Moldenke att äldre urkunder antyda att redan före Réaumurs tid eller före 1700-talets början smidbart gjutgods måtte hava i *små* kvantiteter tillverkats i flere länder, men de bevis Moldenke härvid andrager bevisa knappast annat, än att det var vanligt tackjärnsgjute och ej smidbart eller aduceringsgods som i de anförda fallen framställdes. En svensk bergsman har emellertid lämnat fullgoda bevis för att redan i slutet av 1700-talet aduceringsmetoden utövades i ganska stor skala i England, ehuru den strängaste hemlighetsfullhet därvid iakttogs, så att ej ens

* Se The foundry 1908 och 1909.

denne vår ytterst vetgirige och energiske landsman Gustaf Broling lyckades få inblick i själva aduceringen eller torrfärskningen. Broling tillbringade åren 1797, 1798 och 1799 i England och besökte därunder en massa bergverk och järnbruk samt utgav efter hemkomsten på Jernkontorets bekostnad en resebeskrivning, ett verkligt mästerverk och man kan säga att än i dag gäller att hans resa och beskrivningen över den äro goda föredömen för huru både en studieresa bör göras och huru en reseberättelse bör skrivas.* I tredje delen av detta arbete omtalar B. på sidorna 200, 207—211 hurusom vid dessa gjuterier götos rakknivar, bordknivar, bordgafflar, delar till dörr- och bössås samt »oräkneliga mängder större och mindre spikar» ända ned till de minsta nubbar blott $^3/_8$-tum långa. Formningen skedde med brätt, så som än i dag tillgår och järnet nedsmältes i små kupolugnar, de första Broling sett och som noga beskrivas. Han fick se allt i gjuteriet, men när han frågade om, huru vitt tackjärn kunde bli starkt nog för ovannämnda redskap och föremål blevo svaren undvikande och man slog fram något om en art gjutstål, »med vilket svar jag lät mig nöja, under det jag innerligen harmades över detta oredliga användande av det eljes så nyttiga tackjärnet och tillika beklagade de colonisters hakor, åt vilka man förmodligen ärnade dessa i ordets egentliga bemärkelse verkliga 2-öres knivar, ty man kunde köpa rakkniven färdig med skaft för 3 skilling banko». Han omtalar vidare att dessa gjuteriägare hade mycket beställningar och »sysselsatte en hel hop folk».

1844 beskriver C. Karmarsch** engelska och franska utställningar av aducerat gods från industriutställningen i Paris samt österrikiska dylika från utställningen i Wien, av vilken beskrivning med all tydlighet framgår att båda de ännu i dag använda tillverkningssätten för dylikt gods (det amerikanska såväl som det europeiska) då redan utövades i dessa länder. Karmarsch beklagar, att metoderna ej vunnit insteg i hans fädernesland Hannover, och Joacim Åkerman instämmer 1846 häri för Sveriges del.***

År 1868 anlade civilingenjörerna J. O. Björck och E. Stridsberg i Torshälla Sveriges första aduceringsverk, vilket efter Björcks 1879 inträffade död endast reprisvis drivits, och ännu hava vi ej fått mera än 5 aduceringsverk därav de största äro: P. Andersons i Arvika (A. B. Arvika Verkstäder), A. B. P. A. Larsons i Eskilstuna och Allmänna svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås, vilka alla tre drivas på energiskt sätt och med god framgång.

Aduceringsgodstillverkningen i Sverige belöpte sig 1908 till 1,439 ton, 1909 till 1,297 ton och 1910 till 1,925 ton.

* Anteckningar under en resa i England åren 1797, 1798 och 1799 med senare tilläggningar av Gustaf Broling.

** Se J. K. A. 1846, sid. 113.

*** Kommerskollegii årsberättelser om fabriker och hantverk i riket lämna inga uppgifter om antal aduceringsugnar.

Metodens utförande.

1:o. Använda järnsorter.

Tackjärnet. Förr användes i denna fabrikation endast träkolstackjärn, men för ett par tiotal år sedan började amerikanarna göra försök med tillsatser av kokstackjärn vid träkolstackjärnets omsmältande och hava nu kommit så långt, att de kunna gå med enbart koksjärn, och taga de nu träkolstackjärn endast när detsammas pris ställer sig nära lika billigt som det förras. Till detta resultat hava de kommit genom att med noggranna kemiska analyser och hållfasthetsprov undersöka hela tillverkningen från råjärnet och ned till den färdiga varan. Deras exempel börjar ock allt mera följas även i Europa, vilket för vår aduceringsjärnexport är en betänklig företeelse.

Moldenke och Wüst m. fl. hava på senare år redogjort rätt utförligt för, huru råmaterialen för aduceringsgodset anses böra vara sammansatta i resp. Amerika och Europa, och kan från deras uppsatser anföras följande analyser å lämpliga aduceringstackjärnssorter:

i Amerika:

	amerikanskt tackjärn
Si	0,35*—1,25** %
Mn	högst 0,30 »
P	» 0,23 »
S	» 0,07 »
C	över 2,75 »

i Europa:

	tyskt tackjärn			svenskt tackjärn***		engelskt tackjärn	
	grått	melerat	vitt	grått	vitt	grått	vitt
Si	1,2	0,8	0,5	0,8—1,75	0,1—0,3	1—1,7	0,60
Mn	0,15	0,15	0,15	0,1—0,35	0,2—0,45	0,25	0,20
P	0,05	0,05	0,05	0,04—0,06	0,04—0,05	0,045	0,045
S	0,02	0,07	0,17	0,010—0,025	0,015—0,025	0,1—0,2	0,2—0,3
C	3,75	3,50	3,20	4,3	3,1	3,8	3,7

I förrådsupplagen bör tackjärnet dels ordnas efter sort d. v. s. i träkolsjärn för sig och koksjärn för sig, men sedan i de olika sorterna även efter kiselhalt, så att det upplägges i högar med:

N:o 1	järn	med under	0,75 % Si
N:o 2	»	» mellan	0,75—1,00 % Si
N:o 3	»	» »	1,01—1,25 » »
N:o 4	»	» »	1,26—1,50 » »
N:o 5	»	» »	1,51—1,75 » »
N:o 6	»	» »	1,76—2,00 » »

* Vid grova stycken.

** Vid mycket små stycken.

*** En hel del analyser å svenska aduceringstackjärn se S. u. E. 1907, sid. 67.

Åtgången av dessa sorter ställer sig vid stora gjuterier (enl. Moldenke) N:o 1—5 %, N:o 2—15 %, N:o 3—50 %, N:o 4—15 %, N:o 5+ N:o 6 resten.

I blandning med tackjärn uppsättes sedan å smältugnen ock det ingötes- och sjunkhuvudskro, som faller vid fabrikationen, felaktigt gjutgods, färdigaducerade pjäser, som spruckit eller fått andra fel, samt någon gång stålskrot. Allt sådant skro bör emellertid före användandet i roterande trumma noga renas från glödspån och sand samt får ej tillsättas i för stora proportioner emot tackjärnet, men av det först nämnda eller ingötskroet måste man förstås använda, vad som faller, vilket vid smågjute kan uppgå till 50 %, vid grovt gjute till 35 % av färdiga godsets vikt. Av det aducerade skroet bör ej uppsättas mera än 20 % i chargen, ty eljes blir det erhållna gjutjärnet för tjockflytande. Måste man stundom taga mera med, så är bäst låta i blandningen ingå mera grått tackjärn än eljes eller ock något kiseljärn. Stålskro användes sällan i större mängd, om smältningen sker i kupolugn, men kan med fördel tillsättas i rätt avsevärda portioner vid smältning i regenerativugn eller i hetgående reverberugn, ty detsamma nedbringar chargens kolhalt, varigenom den följande aduceringsbränningen kan avkortas. Även välljärnsskro kan vid dessa senare smältugnar användas, men som det verkar än mera färskande, får därav ej tagas mycket. Vanligen räknar man med att 1 del sådant svarar mot 5 delar stålskro eller mot 20 delar aducerat skro.

Av legeringar har man försökt tillsätta ferrotitan, ferrovanadin och ferromagnesium med föga vinst i godsförbättring samt ferrosilicium, vilket gör synnerligt stor nytta, isynnerhet då regenerativugnar eller reverberugnar användas. Bäst tillsättes det i själva ugnen och ej i skänkarna vid gjutningen, och ju rikare på kisel det då är, ju bättre. Alltför rikhaltigt på Si får det åter ej vara, om det skall tillsättas först i gjutskänkarna, och när helst man vill tillsätta det i dem bör det i pulverform läggas i skänkens botten och tackjärnet därefter påtappas samt allt sedan ordentligt omröras med en järnten. I mindre aduceringsgjuterier är det ju så, att man ibland (dock sällan) önskar i samma tappning från den regenerativa ugnen eller från reverberugnen gjuta godssorter som fordra olika kiselhalt för att bliva fullgoda, och då har man ej annan råd än att i skänkarna variera med kiseltillsättningen.

2:o. *Smältugnarna.*

Blandningens sammansättning är i hög grad beroende av det slag av smältugnar som man avser använda. Sex olika ugnstyper komma härvid i fråga,* nämligen:

1:o degelugnar,

* Författaren förutsätter, att de, som studera denna bok, förut i likhet med Bergshögskolans elever läst allmän metallurgi och mekanisk teknologi (gjuteriskötsel).

2:o kupolugnar,
3:o konvertrar,
4:o regenerativugnar,
5:o rekuperativa ugnar och
6:o reverberugnar.

Varför det är nödvändigt att rätta det uppsatta godsets kemiska medelsammansättning efter den ugnstyp, som man ämnar för dess nedsmältning använda är, att de i det färdiggjutna godsets sammansättning ingående legeringsämnena i hög grad inverka på gången av färskningen i den därpå följande processen, och den smältugnstyp man använder bestämmer så att säga just huru mycket av de i chargen ingående ämnena, som vid smältningen bortoxideras.

Minst oxiderande verkar på såväl legeringsämnena som järnet självt smältning i degel, isynnerhet om degeln är (som alltid vid aduceringsverken) gjord av surt material. Användas t. ex. grafitdeglar, vilka (se degelstålprocessen) äro formade av en blandning av grafit och eldfast lera, så minskas under smältningen järnets manganhalt något och ökas kiselhalten motsvarande — bådadera förhållandena till fördel för den efterföljande färskningen. Så länge degeln är något så när ny ökas ock kolhalten i järnet, vilket återigen ej är till fördel utan till nackdel för färskningen. Fosfor- och svavelhalterna förbli konstanta och likaså järnmängden, såvida ej sandigt eller rostigt skro och järn i beskickningen ingå, i vilket fall man även erhåller avbränna på järn.* En degel håller 15 à 18 smältningar och giver per smältning 17—20 kg färdigt gods och är bränsleåtgången 80 à 100 % av det färdiga godsets vikt.

Vid kupolugnssmältning oxideras alltid en avsevärd del av järnet, men även kolhalten avtager oftast, om ock i de flesta fall obetydligt. Kiselhalten avtager betydligt. Då man vid vanlig tackjärnsgjutgodstillverkning kan genom en i beskickningen ingående avsevärd manganhalt motverka kiseloxidation, går här sådant ej för sig, alldenstund man vid aducering måste undvika mangan, om ej färskningen skall gå för långsamt. Fosforhalten ökas något från koksens aska, men detta spelar ingen roll vid denna process, alldenstund fosforn endast om den förekommer i större mängd i godset har någon dålig inverkan på färskningens gång och på det färdiga godsets styrka. Däremot önskar man i godset en ej alltför liten fosforhalt på det att järnet vid gjutningen må utflyta i och fylla formen väl. Vad nu fyllandet av formen angår, så kan det vinnas ej blott genom en viss relativt hög fosforhalt utan även genom relativt hög tappningstemperatur hos järnet, och denna högre tappningstemperatur söker man vid aduceringskupolugnarna vinna genom att vid dem använda en vida högre kokssats än vid kupolugnar för vanligt tackjärnsgjute. Men huru hög kokssats man än må använda, så kommer man likväl

* Om passande degelugnar, se under degelstål.

ej vid användandet av kupolugnar upp till sådan temperatur på smältgodset, som vid de andra ugnsslagen, och häri ligger en avsevärd olägenhet hos de förra, då det gäller deras användbarhet i denna specialfabrikation. En annan avsevärd olägenhet ligger i, att som vid denna ugnstyp smältgodset befinner sig i blandning med bränslet, och då som bränsle måste användas koks och denna — huru ren den ock må kunna anskaffas — i alla fall håller avsevärt med svavel, så vill detta ingå i järnet under nedsmältningen. Svavlet i sin ordning motverkar i yttersta grad kolets avskiljande vare sig som temperkol eller som koloxid under den efterföljande färskningen, varför en ökad svavelhalt är synnerligen ovälkommen. En sådan ökning kan dock ej undvikas på annat sätt, än att kalksten meduppsättes på kupolugnen, men varje liten ökning i kupolugnsslaggens basisité medför en motsvarande avbränna på kisel, och eftersom kiseln är ett (sedan vid färskningen) nyttigt ämne, samt kisel är ett av de dyraste legeringsämnen vi kunna i tackjärnet inskaffa, så bör man, så vitt möjligt, hindra för stor förlust av detsamma, och därför fara varligt fram med kalkuppsättning på aduceringskupolugnar. Koksåtgången varierar mellan 25 och 45 % per färdigt gods. Bästa kupolugn för denna metod är P. Andersons, se under »gjutning».

Konvertersmältning är mångenstädes försökt vid isynnerhet amerikanska aduceringsverk, och användes sporadiskt ännu, men endast vid sådana verk, där samtidigt beredes stålgjutgods, och då användes konvertern för aduceringsgodsets tillverkning mera, antingen därför att man ej vill skaffa sig ett särskilt ugnsslag till eller ock då aduceringsgjutugnen står under reparation. När nu en konverter användes, så är den antingen — och helst tillställd för oljeeldning,* att den kan överhettas, då ock insattsjärnet kan i densamma nedsmältas — eller ock användes den endast som en förfärskningsapparat, i vilken järnmassan nedbringas till lagom kolhalt och överhettas. Överhettningen erhålles då i båda fallen genom att vid blästerns pressande upp genom järnmassan dennas kisel och mangan oxideras, varefter blåsningen fortsättes ned till 2,5 à 2 % kolhalt. Härunder har dock »stålet» upptagit en hel del gaser ävensom fått återstående kol så pass skarpt bundet, så att man nödgas både för att få tätt gods, och för att snabbare få färdig vara vid den påföljande aduceringen, till detsamma tillsätta kiseljärn, och sedan företaga gjutningen. Vid utländska aduceringsverk, där man ej vill eller kan köpa svenskt aduceringstackjärn utan måste använda annat manganhaltigare tackjärn är emellertid en viss fördel förenad med konvertern, då denna, surt infodrad, så gott som fullständigt renar från mangan. Järnavbrännan blir i densamma avsevärd, c:a 16 %, fosforhalten ökas något, men denna liksom svavelhalten ökas ej mera, än som motsvarar avbränningen av de andra ämnena.

* Se Allmän metallurgi.

Fig. 1

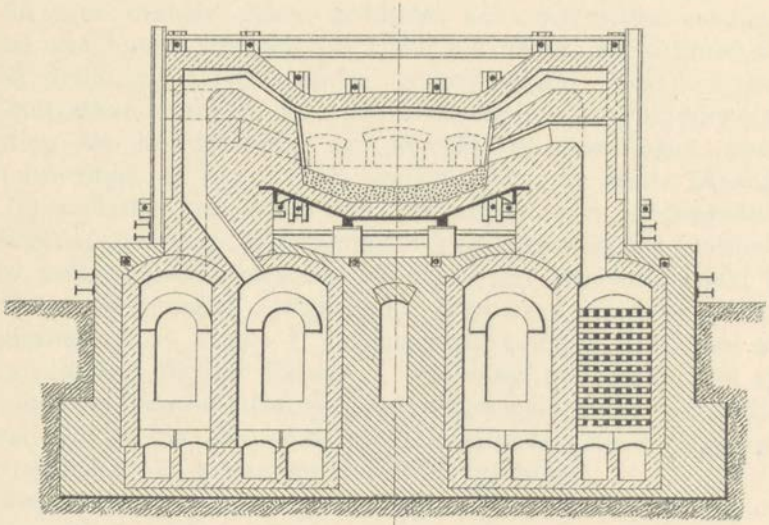
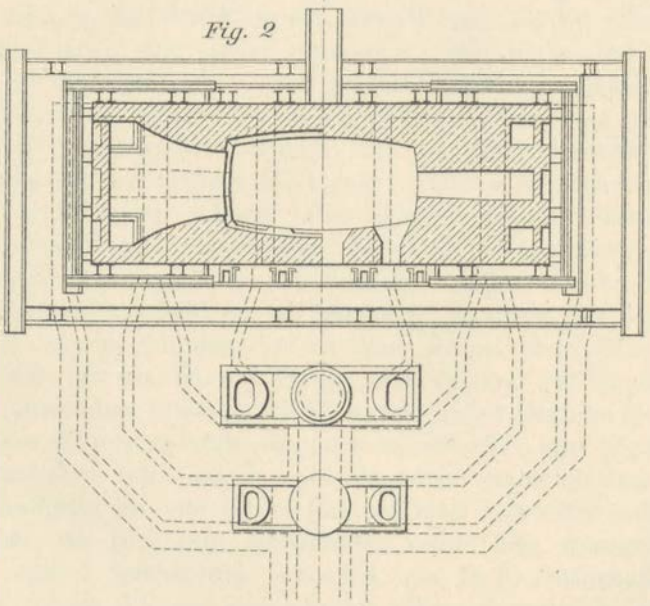


Fig. 2



Grav. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Regenerativungssmältning medför avsevärda fördelar. Dit hör i första rummet, att den tillåter användandet av snart sagt vad svavel- och fosforfattigt material som helst samt dessutom att man i den kan sammansätta chargerna efter behag samt, då man fått dem smälta, uttaga prov och allt efter provens utseende i lugn och ro göra behövliga tillsatser, tills sådan kemisk sammansättning på godset erhållits som är önskvärd och bäst. Man kan dessutom få vilken tappningstemperatur som helst å järnet. Grövre pjäser skola nämligen gjutas av svalare järn för förhindrande av för stor krympning och mindre eller rättare tunna och små stycken måste gjutas med god övervärme, om järnet skall flyta ut skarpt och väl i formen. Skall man nu, vilket vanligen är händelsen, gjuta vid samma gjutning både grova, medelgrova och små pjäser, så tager man vid användande av regenerativugn så hög hetta på smältchargen, att järnets temperatur passar för de tunnaste och finaste pjäserna, slår så ut hela chargen i en stor skänk och tappar från denna i handskänkar — att börja med till smågodset och sedan till allt grövre pjäser lämnande de grövsta till sist, låtande järnet i storskänken under tiden avsvalna efter behov. Eller ock använder man en mindre ugn och gör flere charger per dag med olika varmt järn för olika gjutgodssorter.

I en surt infodrad regenerativugn, som skötes upphettad till skarp smältvärme, bortgår så gott som genast — praktiskt taget — all mangan ur järnet — således en fördel — medan kiseln minskas men ej alldeles försvinner. Smälter man åter ned under relativt dåligt gas- och luftpådrag, så att temperaturen i ugnen ej hålles uppe, går även kiseln så gott som fullständigt bort. Kolet kan i en regenerativugn vare sig bortfärskas genom malminsättning eller ock »utspädas», genom att man i chargen insätter mjukt skro. Hålles hettan tillräckligt hög under och efter nedsmältningen ökas badets svavelhalt blott obetydligt om stenkol användas för gasgenereringen, och om torv eller ved användas som bränsle, så rent av minskas svavelhalten. Fosforhalten ökas även här ej med mera än som motsvarar avbrännan av de andra ämnena. Reparationskostnaden för ugnsfodret är ej högre än vid kupolugnarna och avsevärt mindre än vid degelsmältning, om deglarnas kostnad tages i betraktande. Bränsleåtgången är om ugnen får gå dag och natt föga eller ej alls högre än vid kupolugnssmältningarna, om den räknas i kg, men vida mindre om den räknas i kr, men dessa regenerativa ugnar kunna ej konstrueras för fullt så små tillverkningar som degel- och kupolugnarna och bliva därför i anläggning dyrare, varav följer dyrare amortering. Ugnarnas konstruktion se pl. LVIII.

Rekuperativugnarna hava ännu ej funnit vidare användning för tillverkning av gods för aducering av det skäl, att vi först på allra senaste tiden fått dylika ugnar, som äro så gastäta och värmegivande, att de kunna utan alltför stor bränsleåtgång användas vid processer

erfordrande hög smälthetta. Sedan emellertid ett eller ett par skånska chamottetegelverk numera kunna framställa fasontegel och tegelrör dugliga som kammarfyllning i dylika ugnar, är det otvivelaktigt möjligt, att konstruera rekuperativa ugnar ej blott för järnvällning som hittills, utan även för smältning av gods, som ej erfordrar högre hetta än aduceringens. Härtill torde komma även ett skäl, som kan göra det önskvärt använda just rekuperativugnar och ligger det i, att stenkolen nu troligen komma att bliva så dyra, att det kan bli skäl övergå till eldning med masut- eller texasolja, och då är det lättare att anordna för aduceringsgjutning lämpliga rekuperativa än regenerativa ugnar. I en rekuperativ ugn kunde man utan olägenhet taga ugnsrummet av sådan längd, att man i bortre ändan kontinuerligt inmatar smältgodset, då det smälta järnet får rinna fram över den lutande botten emot lågan och kan kontinuerligt eller successivt avtappas vid den ända där lågan inkommer. Samma fel och förtjänster komma att vidlåda de rekuperativa som de regenerativa ugnarna i vad rörer deras inverkan på järnets legeringsämnen.

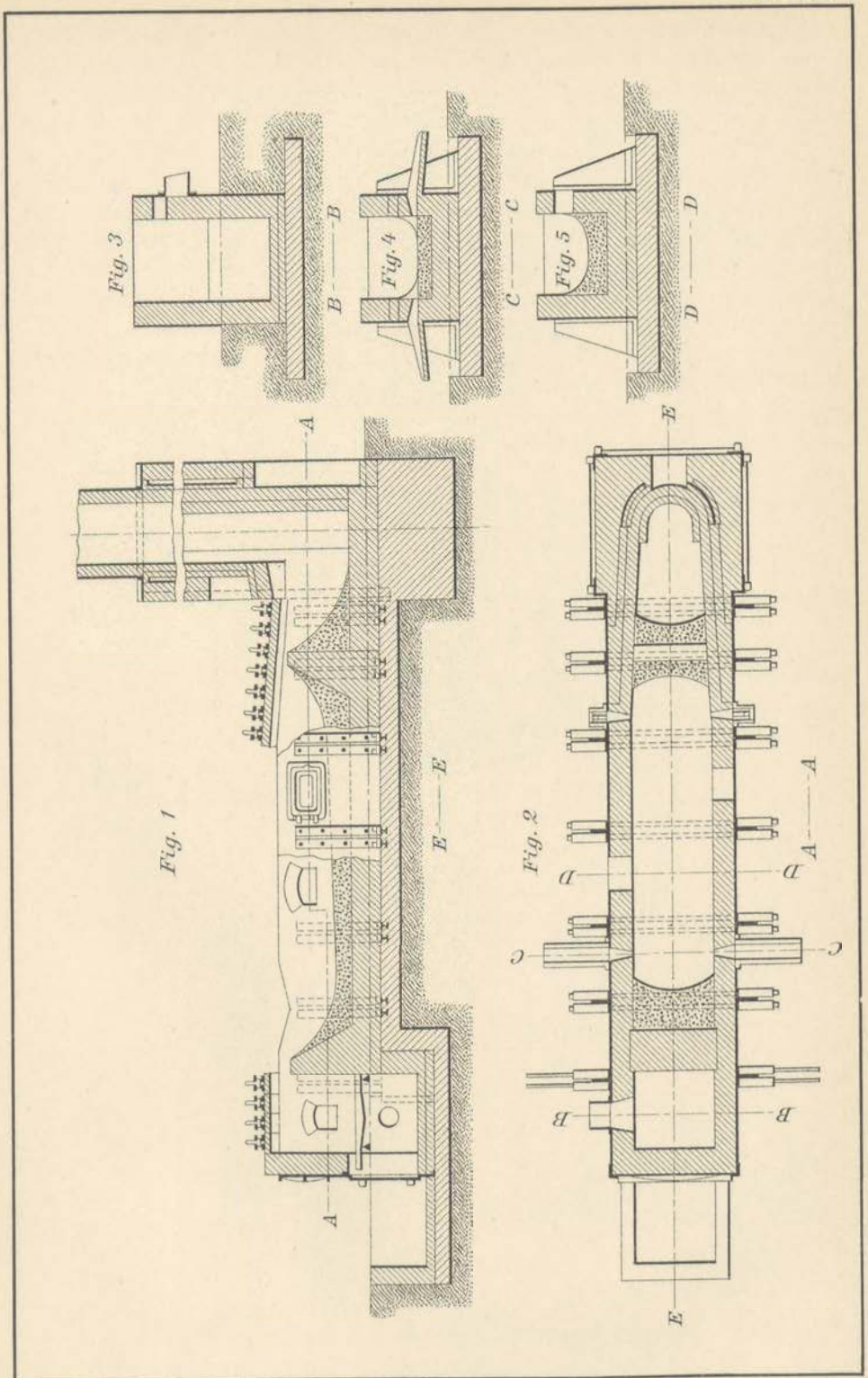
Reverberugnar användas mycket i både tyska och amerikanska aduceringsverk. Vart och ett av dessa land har använt sin sort, men numera gå de tyska verken allt mera över till användning av den amerikanska ugnstypen, vilken i flere avseenden är att föredraga. Vi nöja oss därföre med att här visa endast densamma (pl. LIX). Denna ugn utgöres av en långsträckt flamugn med mot eldstaden till lutande ugnsrumsbotten. Godset inlägges i ugnsrummet längst bort från eldstaden, då det smältande järnet samlar sig närmast eldbryggan, där det överhettat avtappas. Sedan insatsen smält avdrages först bildad slagg, varefter badet får lättare att övervärmas. Kiselavbrännan ställer sig litet högre än i en regenerativ ugn, emedan smältningen i reverberugnen ej går så fort, och genom att eldstaden ligger alldeles bredvid badet så kan det ej hindras, att litet svavelhaltig stenkolsaska kommer med ned å badet, varigenom godsets svavelhalt ökas om ock obetydligt.

*3:o. Formning och avgjutning.**

Som det egentligen endast är mindre och mycket små gjutpjäser, som aduceras, måste man söka tillställa så, att modellerna må gå möjligast lätt att avforma, men även tillverka dem så, att det ej måtte slösas alltför mycket med järn till ingöten, sjunkhuvuden och kanalstycken. För att härvid allt skall bliva ordnat på bästa sätt gäller att modellsnickare och gjutare samarbeta och ständigt bemöda sig om att vinna i formningstid och färdiggodsprocent. Även modellsnickarnas avlöning bör därför — åtminstone delvis — stå i beroende av produktionsmängd, färdig godkänd vara, kolåtgång och avbränna.**

* Tillhör egentligen läroämnet Järnmanufakturering.

** Trämodeller i egentlig mening användas ej vid t. ex. Andersons aduceringsgjuteri i Arvika utan endast modeller av krympfri vitmetall eller av rödmetall, dessutom mest s. k.



Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

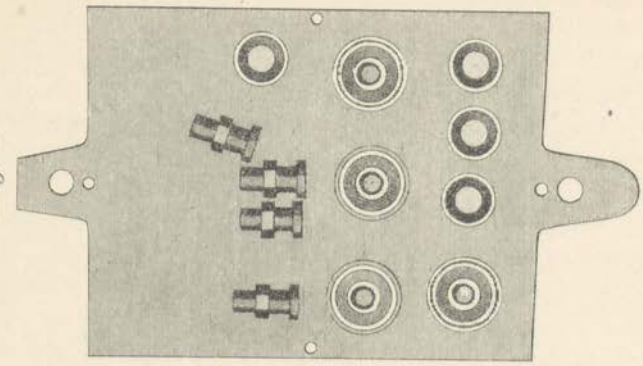


Fig. 6

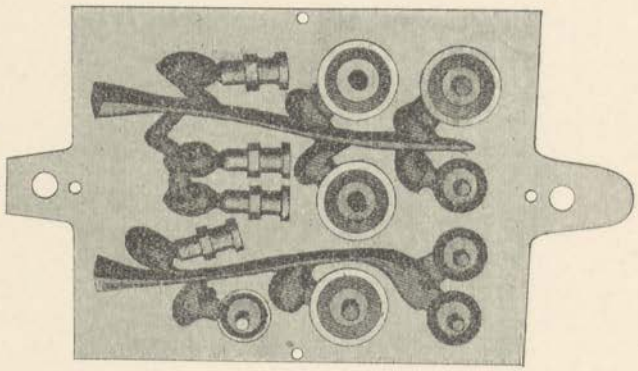


Fig. 5

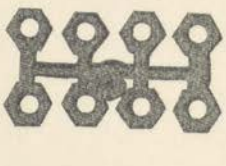


Fig. 2

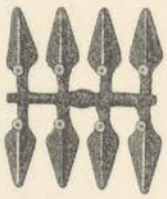


Fig. 4

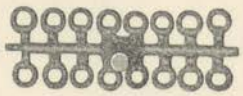


Fig. 1

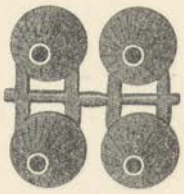


Fig. 3

Grav. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Huru man för att vinna ovanstående ordnar de små modellerna kring sina ingöten eller fäster dem på s. k. formbrätt framgår av figurerna å pl. LX. När modellerna skola tillsnickras användes oftast den vanliga s. k. krympalnen ($^1/_{96}$ längre än den vanliga metern), ty visserligen krymper efter avgjutningen aduceringsjärnet, som efteråt i brottet alltid skall vara helvitt och som ofta tappas med vida högre temperatur, nära dubbelt så mycket (1,56—2,60 %) mot det vanliga gjutjärnet, men när man sedan aducerar de gjutna pjäserna, så svälla de åter, så att den återstående hopkrympningen ej motsvarar mera än det vanliga gjutjärnets.

Formandet sker antingen med maskin på bord eller ock för hand å golvet, och flaskorna som användas förfärdigas i Amerika ofta av aduceringsjärn samt torrfärskas för att bliva riktigt starka och hållbara. De slås eljes lätt sönder vid det kastande i hög, som de utsättas för vid tömmandet. Formsanden och formmassan som användas skilja sig till sammansättningen ej från dem som nyttjas i fintackjärnsgjuterier,* och sanden måste likasom denna vara ytterst finkornig, så att de färdiggjutna pjäserna må komma att hava en slät och fin yta. Massan fuktas med vatten eller olja. Kärnorna förfärdigas oftast i maskin av skarpkantig eldfast sand med $\frac{1}{40}-\frac{1}{90}$ bindmedel, det vanligaste utomlands harts eller stärkelsemjöl,** och de torkas ytterst skarpt före inläggandet i flaskorna (c:a 175°). Till följd av aduceringsjärnets stora krympning under stelnandet vill det uppstå sughål i pjäsernas tjockare delar, men kan man förekomma detta dels genom ett rätt placerande av ingöten och små sjunkhuvuden, dels och bäst genom att vid sådana grövre partier i formen inlägga järnstycken, som sen efter gjutningen verka hastigt avkylande på motsvarande delar i godset, då järn kan till de senare under stelnandet tillflyta från ingötskanalerna. En del aduceringsgods kan även gjutas i kokiller, men dessa måste då användas något uppvärmda, ty eljes spricka de helvita små pjäserna sönder.

Den större skänken, vari utslaget göres från ugnen, bör vara försedd med bottenhål, tärning och stoppare som en martinskänk, ty då håller sig järnet varmt och kvickt under slaggtäcket hela tiden man från densamma tappar i handskänkarna, och man slipper då i de senare och i formarna få med av slaggen.***

Kokillgjutna aduceringspjäser slås genast ur formen så fort de stelnat och inläggas i avkylningsugn. De som gjutits i sandform få svalna i denna tills de åtminstone kommit ned under brunvärmen, ty eljes spricka de lätt sönder. Härefter frigöras de från sand och

snabbflaskor med gångjärn, som kan avtagas formen så fort denna är färdigformad. Endast vid större pjäser användas där gjutjärnsflaskor.

* Se under gjutning.

** I Arvika såsom varande bättre olja och harts.

*** Skänkar och skopor måste upphettas skarpt före järnets itappande.

ingöten samt föras till putseriet, där de större kunna rensas med sandblåster, medan de mindre befrias från gjutskorpan antingen i putstrummor eller, om de äro för sköra och små eller sandskorpan sitter för fast (för att för lättsmält formsand använts), i betningskärl, där som betningsvätska vanligast användes utspädd svavelsyra (1 : 30) eller mera sällan utspädd fluorvätesyra (1 : 50). Den senare är dock farlig för arbetarnas ögon, andedräktsorgan och händer och bör därför användas under iakttagande av yttersta försiktighet. Den är så till vida bäst, att den ej löser något av järnet utan blott sanden och giver godset en vacker yta.

De rengjorda pjäserna synas och putsas härefter noga för hand samt föras därefter till aduceringsavdelningen. De måste nu uteslutande bestå av helvitt järn, ty ehuru grafiten visserligen även den oxideras vid aduceringen om denna senare drives nog länge och vid tillräckligt hög temperatur, så ger den dock alltid upphov till skört gods alldenstund den utkristalliserar i bladform och dessa blad dels ha en gent emot de små pjäserna rätt avsevärd storlek, dels ordna sig vinkelrätt mot deras yta. Vid dessa grafitfjälls förbrännande uppstå då tomrum, som genom sin form och ställning verka ytterst försvagande på pjäsens styrka mot böjnings- och slagpåkänningar. Godset blir ock genom grafitavskiljande vida porösare, än det blir, om motsvarande kvantitet kol sedan under aduceringsbränningen avskiljer sig som temperkol. Detta lägger sig mera som mikroskopiska runda korn mellan ferritkristallerna, ej hindrande dem från att med avsevärda ytpartier beröra och adherera vid varandra. Gjutjärnet får därför vid tappningen från smältugnen ej hålla för mycket kisel och bör kiselhalten rättas efter pjäsernas grovlek, så att dessa komma att hålla:*

vid pjäser med grövre godstjocklek än 38 mm	0,45 % Si
» » av halvgrovt gods	0,65 » »
» » för lantbruksmaskiner	0,80 » »
» » av allra minsta slag	1,25 » »

Sammansättningen i övrigt bör hållas: omkring 2,75 % C, högst 0,05 % S, under 0,225 % P och ej gärna mer än 0,20 % Mn. Gods med 0,40 % Mn eller över lönar sig knappast att aducera, så lång tid tager dess färskande.**

4:o. Inpackning och aducering.

I aduceringsverket inpackas de gjutna pjäserna i de s. k. aduceringskärlen, vilka gjutna av tackjärn äro sammansatta av underst

* Se S. u. E. 1906, sid. 162.

** Disponenten Andersons i Arvika erfarenhet i denna väg torde emellertid vara bättre grundad än de utländska författarnas, och som jag fått tillåtelse omnämna den, så anföres den här:

för pjäser med grövre gods än 20 mm	0,45 % Si
» medelgrovt gods såsom till lantbruksmaskiner	0,60 » »
» smågods i allmänhet	0,80 » »
» allra minsta slags gods	1,25 » »

en lös plan botten som på undre sidan är försedd med höga flänsar på det att brännugnarnas varma gaser skola komma åt att spela ned även under desamma. På dessa lösbottnar ställas sedan likaledes gjutna holkar, den ena på den andra och i vilka holkar de gjutna pjäserna nedpackas i aduceringspulvret.

Botten och holkarna ha (nya) 25 mm godstjocklek och givas vanligen kvadratisk eller rektangulär genomskärning. Den sist påsatta holken täckes med en häll försedd med flänsar även den. Först smetas på kanten kring botten en deg bestående av en blandning av eldfast lera och förbrukad sand från putstrummorna. I denna degrand nedklämmes sedan första holkens underkant, varpå holken fylles. Så lägges på dess överkant en ny degrand och nästa holk påsättes och så undan för undan tills kärlet fått önskad höjd, då locket pålägges, det hela utvändigt runt om smetas med ovannämnda deg och därefter inskjutes i aduceringsugnen och placeras fristående från förut insatta kärl. Den yttre smeten hindrar sedan kärlen från att av ugnslågan oxideras för starkt på ytterytan.

Cementeringspulvret utgöres numera överallt av järnsyreföreningar. Förr har som sådant försökts snart sagt allt möjligt, tegelmjöl, kvartsbitar, aska, sand, ja t. o. m. kokspulver, och även då blevo de sköra, av vitt tackjärn bestående pjäserna mjukare, men aduceringen tog för lång tid.

Bäst anser man nu, om man från svenska lancashiresmedjor kan få hammarslagg och även mycket av vår färskslagg köpes för detta ändamål av de utländska aduceringsverken. Densamma innehåller mycket litet kiselsyra utan består till största delen av järnoxidoxidul, men håller ock en del järnoxid samt dessutom en hel del »järndroppar», som på ett mycket fördelaktigt sätt vid sitt oxiderande under bränningen regenerera massan. Under avsvalningsperioden tränger nämligen en hel del luft in i kärlen, vilken luft då verkar oxiderande, och finnas då nog med järnkorn med i pulvret, hindras själva pjäserna att för mycket ytoxideras. Därnäst i användbarhet kommer ren rik svartmalm i linsers eller ärtors storlek. Våra svartmalmer kunna t. o. m. användas i sligform, om de äro så väl anrikade, att ej bergartinblandningen kommer dem att sintra fast vid pjäserna. Härnäst komma rika blodstenar i ärtgrovlek, men de utländska röda hematiterna äro ej så synnerligen lämpliga, alldenstund de verka något frätande på gjutpjäsernas yta. Till Sverige importeras åtminstone av ett våra aduceringsverk till färskmedel utländsk hematitmalm!

Redan använt pulver uppblandas med nytt och dessutom med den glödspån, som bildas på aduceringskärlens innerväggar under bränningen, vilken glödspån dock först sönderbokas i ärtgrovlek.* Före inpackningen sorteras gjutpjäserna i grova, medelgrova och fina och

* När kärlväggarna genom glödspånens avlagrande avtunnats för mycket, så sönderslås kärlen i bitar, blandas med tackjärn, omsmältas och omgjutas till nya kärl.

nedpackas varje sort för sig i skilda kärl, varefter man vid kärlens insättning i brännugnen placerar dem så, att de som innehålla de grövsta pjäserna komma i ugnens hetaste delar och de med finaste pjäserna i de svalaste, alldenstund de senare ej behöva varken så långvarig eller så hög upphettning som de grövre. Underst i varje kärl lägges först ett lager färskpulver och sen nedpackas gjutstyckena under noggrant iakttagande av, att de bli på alla sidor omgivna med pulver samt så tätt och hårt, att ingen sjunkning kan förekomma i massan under bränningen, ty då kan lätt inträffa att pjäserna av det ojämna trycket krokna eller slå sig skeva. Höga och tunna pjäser ställas på ända eller på långkant, vilket som bäst lämpar sig. När så kärlen äro färdigpackade inskjutas eller nedhissas de i brännugnarna. Ugnarna kunna nämligen antingen vara byggda ovan jord och äro då vanligen försedda med gavelportar (se pl. LXI fig. 1—4 samt pl. LXIII fig. 1 och 2) eller ock för minskande av värmeutstrålningen ligga nedgrävda i golvet, då de förses med avlyftbara valv (se pl. LXI fig. 5 och 7).

80—120° högre glödgningshetta måste användas för kupolugnsgjute än för sådant från martinugn, även vid samma kem. sammansättning.

Glödgningshettan stegras under de första två dygnen så småningom upp till den temperatur man vill använda. I Förenta Staterna, där man förr lade mindre an på färskning än på temperkolavskiljande, nöjde man sig med 680—730° temperatur i ugnens kallaste delar, i Tyskland åter, där man ville verkligt färska pjäserna, drev man förr upp temperaturen till 860 och 900° men lärer nu gå ännu något längre eller ända upp till 1000°. Det senare medför dock fara för sammansmältande av pulver och järndelar, och att de senare kunna vekna och böja sig. Upphettningstiden rättas allt efter den grad av färskning man önskar åstadkomma, men håller sig vanligen omkring 3 à 5 dygn, varefter ugnen långsamt får avsvalna. Skall man få mjukaste segaste produkt måste man hålla högsta hettan under 4 à 5 dygn. Två dygn efter släckningen kan man vanligen börja uttaga och tömma kärlen. Dock böra de ej tömmas, innan man är säker på, att innehållet ej mera glöder. Ugnarna eldas numera vanligen med generatorsgas och åtgår då utomlands 70—140 %, hos oss 50 à 100 % av det färdiga godsets vikt stenkol. Avbrännan är ytterligt beroende på styckenas form, storlek, glödgningstidens längd och det använda aduceringspulvrets beskaffenhet, samt temperaturen.

5:o. Färskningens förlöpande.

R. Moldenke skriver i förenämnda årgång av The Foundry häröver, att färskningsgången otvivelaktigt är den att vid upphettningen tackjärnet i de av helvitt järn gjutna pjäserna avgiver en avsevärd del av sin bundna kolhalt i form av temperkol, men att detta temper-

Fig. 1

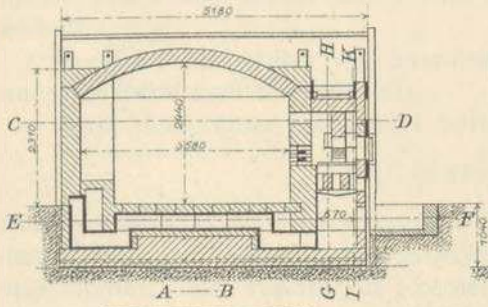
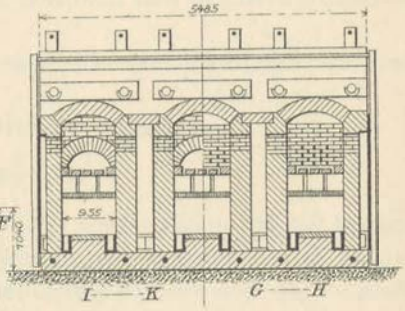


Fig. 2



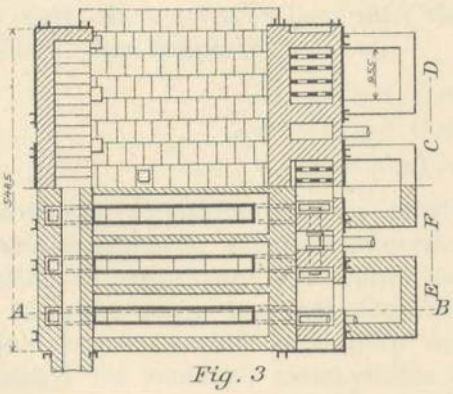


Fig. 3

Fig. 4

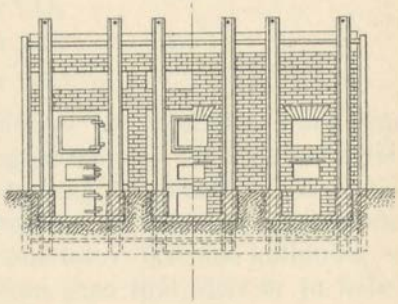


Fig. 5

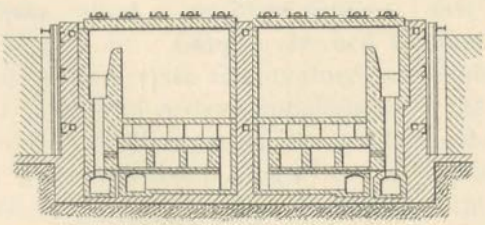
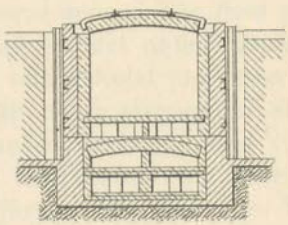


Fig. 6



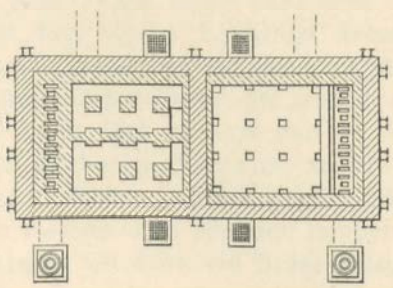


Fig. 7

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

kol sedan allt efter som färskpulvret verkar färskande i pjäsens yta utvandrar molekyl för molekyl ehuru med från kärnan allt mera tillväxande hastighet, varigenom som slutresultat erhålles färdigfärskade pjäser med endast mjukt järn i ytan och med inåt alltmera tilltagande kolhalt.

F. Wüst åter anser sig hava skäl för den förmodan, att reaktionerna förlöpa på följande sätt.

Först sönderfaller cementet i ferrit och temperkol

$$Fe_3C = 3Fe + C$$

Härefter oxideras en del av temperkolet i gjutstyckets yta till kolsyra, denna inträngер under ytan och oxiderar nytt temperkol, då koloxid uppkommer, som vandrar ut i cementeringspulvret och där oxideras på nytt till kolsyra, vilken nu i sin ordning invandrar i järnet och oxiderar mer temperkol o. s. v.

$$O_2 + C = CO_2$$
$$CO_2 + C = 2CO$$
$$2CO + 2O = 2CO_2 \text{ o. s. v.}$$

Moldenkes föreställning, som fullständigt sammanfaller med våra gamla erfarenheter angående aduceringsprocessens förlopp, torde dock utgöra en naturligare och bättre förklaring än Wüsts. Dels kan ju ej förnekas att i den mot aduceringen motsatta brännstålsmetoden mjukt nästan kolfritt smidesjärn upphettat i fast kol kolbinder sig molekyl för molekyl, molekylledes från ytan inåt, dels är ju helvitt kiselhaltigt tackjärn fritt från åtminstone större porer, vadan man måste förutsätta, att de där gasvandringarna väl skulle ske på så sätt, att det fasta järnet i sig löste gaserna i fast form och så läte dem pulsera ut och in. Gången är nog i stället så, att det under upphettningen mellan vissa temperaturer avskiljda temperkolet (om man såsom i Tyskland drifver uppglödgandet till än högre temperatur samt längre tid utsätter järnet för oxidationsämnets inverkan) först strax under ytan och sedan längre in vid stegrad temperatur åter löser sig och då börjar vandra från järnmolekyl till järnmolekyl mot den kolfattigare ytan. Och något skäl lärer ej kunna anföras emot, att det inne i ett fast stycke befintliga ävenledes fasta kolet (temperkolet) skall kunna vandra till kolfattigare järnpartier — här emot ytan — när i brännstålsprocessen det utanför varande fasta kolet, som blott ligger an så att säga fläckvis mot det kolfattiga stångjärnets yta, kan genom de fläckarna (portarna) vandra in i stångjärnet allt längre in mot kärnan. Kolets vandring inåt börjar här vid c:a 750° och går sedan allt raskare med stigande temperatur. Visserligen är på senare tider förklarat, att även vid brännstålsprocessen gaser, däribland koloxid, spela viss roll, men vi hava dock från järnverken exempel på, dels hurusom stagjärn, som i glödande kanaler hela kanalen utefter

väl varit utsatta för koloxidatmosfär överallt, men endast på ett enda ställe legat i en glödande tackjärnsklots, blott i den senare under tidernas lopp uppkolats, och likaså att om en smidesjärnsdubb ingjutes i en grov pjäs av vitt tackjärn den blir stålartad inne i tackjärnet vid ett par års jämn ljusröd glödgning i vägg i en martinugn, samtidigt som tackjärnsblockets ytteryta blir nedfärskat till smidbart järn. Härmed må för resten ej alls vara sagt, att ej såväl vid aducering som cementering gaserna kunna vara av betydelse även de, ty vid lämplig temperatur löser ju järn såväl syre som koloxid och kolsyra om ock kanske minst villigt just vid de vid dessa processer använda temperaturgraderna.

Några lagar för temperkolavskiljandet ha av F. Wüst & C. Geiger genom direkta experiment och undersökningar klarlagts.* De lyda:

1:o. Avskiljandet av temperkol börjar redan vid lägre temperaturer men stå då temperatur och åtgången tid i omvänt förhållande till varandra.

2:o. Huvudmängden av temperkol bildas plötsligt så fort en viss — av de i järnet ingående legeringsämnena beroende — temperatur nåtts. Ju högre upp denna temperatur ligger smältpunkten ju större blir detta ögonblickliga avskiljande av temperkol.

3:o. Har temperkol en gång avskiljts ökas mängden av detsamma föga genom längre fortsatt glödgande vid samma temperatur.

4:o. En rask eller långsam avkylning av de glödande proven har föga inverkan på temperkolshalten, men rätt avsevärd på gjutpjäsernas styrka och seghet.

5:o. Innehålla gjutstycken redan genom glödgning erhållet temperkol, så kan dess mängd stegras dess mera, ju mera man vid den nya glödgningen kommer upp till en viss given temperaturpunkt.

C. R. Namias har funnit att näst slagg med inblandade järnpartiklar kommer såsom gott aduceringsmedel en blandning av järnoxid och kalk.**

I Förenta Staterna, där mera än 10 gånger så mycket (850000 à 900000 ton) aduceringsgods tillverkas som i alla andra länder tillsammans, räknar man på, att gott dylikt bör visa en brottbelastning av 35,5—36,5 kg pr mm^2 vid en förlängning av 10—18 %. Det mesta aduceringsgodset går där till delar i järnvägslastvagnar, därnäst kommer lantbruksmaskinerierna, vanliga vagns-, släd- och ridpersedeldelar, rördelar och husgerådssaker.***

* Se härom mera S. u. E. 1905, sid. 1135.

** Om undersökningar av temperprocessen av Namias och Savoia, se vidare S. u. E. 1909, sid. 1037.

*** Om provning av färdiggjort aduceringsgods se S. u. E. 1906, sid. 671 och 1909, sid. 1202.

2. *Smältfärskningsmetoderna.*

Vid dessa utsättes tackjärnet att börja med alltid i smält form för inverkan av vare sig fritt eller bundet syre (eller båda slagen samtidigt), varvid kolet i större eller mindre grad bortoxideras, under det att antingen före, samtidigt med eller efter kolet även en del av järnets andra legeringsämnen oxideras, vilka då med dessutom bildade järnsyreföreningar åstadkomma slagg, som i smält form mer eller mindre avskiljer sig från det färskande järnet.

Denna färskning drives av samma skäl som torrfärskningen ej heller till fullständig kolrening, men ofta nog såsom i thomas- och lancashiremetoderna dock ned till dess blott några få hundradels procent kol finnas kvar, och — om man undantager vallonsmidet — så får man vid dessa metoder i slutprodukten praktiskt taget en jämn kolhalt hela godset igenom, då man åter vid torrfärskningen som vi sett får en i ytan in mot kärnan mycket olika kolhård produkt. Såsom varande av jämnare sammansättning ävensom av andra skäl, som nämnas längre fram, bli smältfärskningsmetodernas produkter även alltid segare och starkare än torrfärskningens.

Indelning: Vi skilja såsom förut sagts vid smältfärskningsmetoderna mellan tvenne huvudgrupper:

α Välljärnsmetoderna, där tackjärnet i början av processen håller sig smält, men där, allt efter som processen framskrider, järnet blir allt trögflutnare för att till sist få degig konsistens, i vilken form det ock uttages ur ugnarna och

β Götjärnsmetoderna, i vilka järnbadet under hela färskningen hålles i smält form och den färdiga produkten ock i sådan form ur ugnen uttappas.

α Välljärnsmetoderna i sin ordning indelas i

1:o. Härdfärskningsmetoder,
- a) de gamla smidesmetoderna, samt
- b) lancashire- och
- c) vallonmetoderna, och

2:o. Puddlingmetoden, medan

β Götjärnsmetoderna indelas dels efter ungsinfodringmaterialet i sura eller basiska, dels efter sina uppfinnare samt olikheterna i processer och ugnar i:

a) Uchatiimetoden
b) Bessemermetoden
c) Thomasmetoden
d) Martinmetoden
e) Elektrostålmetoderna.

Vid alla dessa metoder sker järnets och dess legeringsämnens oxidering att börja med så gott som uteslutande med gasformigt

syre undantagandes endast om vid martin- och elektrostålmetoderna tackjärnet inbringas smält i ugnen och genast blir i tillfälle att rinna ned under flytande slagg. Men så fort som järnchargen smält och slagg bildats, och järnet blandas med denna (i välljärns-, bessemer- och thomasmetoderna) eller blivit fullt täckt därav (i martin- och elektrostålmetoderna), börja slaggens järnsyreföreningar att spela rollen av syretransportörer mellan ugnsgaserna och järnets legeringsämnen samt delvis till järnet självt, i det att järnoxid kan förbränna järn till järnoxidul.

Reaktionernas hastighet, och vilka ämnen som i huvudsaklig grad oxideras, beror härvid till god del på den för tillfället i ugnen eller rättare i badet rådande temperaturen och på slaggens järnoxidul och järnoxidhalter.

Så länge badets hetta ej är synnerligen hög oxideras huvudsakligen blott kisel och mangan (samt järn) och stiger ej badtemperaturen under tiden för raskt, så börjar kolet att i större mängd bortgå först då de två förstnämnda ämnena i det närmaste fullständigt oxiderats. Men stegras återigen badtemperaturen mycket hastigt under smältprocessens första skede händer det, att kolet börjar oxideras och bortgå, innan större delen av kisel och mangan syrebundits, och då kan även hända att betydliga rester av dessa legeringsämnen kvarstanna ända till processens slut. Utom ugnstemperaturen har även ugnsfodrets beskaffenhet härvid — som vi längre fram skola se exempel på — stark inverkan. Så oxideras manganen hastigare i surt infodrad ugn, långsammare i basiskt och kiseln tvärtom.

Naturligtvis förefinnas i alla dessa processer en ständig jämviktssträvan mellan de olika i processen deltagande faktorerna t. ex. mellan de tre huvudgrupperna: oxiderande gasblandning: slagglager: metallbad, ävensom mellan de i dem ingående faktorerna CO_2, CO, H, H_2O, CH_4, C_2H_4, SO_2, O (och N); SiO_2, MnO, MnS, FeO, Fe_2O_3, CaO, MgO, P_2O_5, CaS, Al_2O_3; Si, Mn, Fe, C, P, S. Men som flere av dessa faktorer äro ytterst variabla, ändrande sig från ögonblick till ögonblick och olika i olika delar av ugnsrummet, så inträder ingen enda gång under färskningsprocessen någon jämvikt, ja ej ens relativt lugn, förrän åtminstone kolet i det närmaste bortoxiderats. Fullt lugn inträder ej ens då, ty då fortsätter oxidation av järn och lösande av järnoxidul samt gaser i metallbadet.

α. Välljärnsmetoderna.

Historik. Då våra förfäder började erhålla tackjärn i sina blästrar eller osmundugnar var det troligen i form av med slaggen utflytande droppar och småpartier, vilka, sen slaggen kallnat, urknackades, och då de befunnos osmidbara troligen åter uppsattes på blästerugnen för att omsmältas. Emellertid fann man det slutligen vara

bättre nedsmälta dem i en liten invid den stora ugnen grävd grop, som försågs med en särskild blästerledning från den stora ugnens bälgar, och så hade man uppfunnit det första primitiva färsksmidet! Att gången varit denna kan man sluta sig till, att ordet osmund levde kvar till början av 1800-talet i just de trakter, där detta droppjärnssmidessätt fortfarande användes och att såväl Saxholm i »Dissertatio de Ferro» 1725, som S. Rinman i »Järnets Historia» 1782 och C. Rinman i »Handbok uti den gröfre Järn och Stål Förädlingen» 1829, anse detta smidessätt, som de alla utförligt beskriva, såsom det allra äldsta. 1826 levde det ännu kvar »vid några bergsmanshyttor i Värmland, Grythytte och Nora bergslager».

Det tillgick, enligt de ovannämndes beskrivningar, på så sätt, att all den slagg, som vid masugnarna utrann blandad med små järndroppar, samt »hakslagg», »stjärtslagg», »stoppslagg» och »spettslagg» bokades i rännor, vari vatten samtidigt framrann. Slaggmjölet flöt då ut i hjulbäcken, varefter järnkornen uppöstes samt fördes till osmundhärden, som på 1700-talet blott utgjordes av en grop i marken, i vilken grop man placerat en bottenhäll och en sidohäll (formvägg). Gropen var ej större än en »hattkull» och »tillskapad innerst av kolstybb». Blästern erhölls från handpust eller ett par små, av ett litet vattenhjul drivna bälgar. Gropen fylldes med kol och eldsattes, och när elden blivit livlig påsattes i helt små portioner mitt över elden något av järngranulen och nedsmältes. Med en järnten upplyftes, om så behövdes, det på gropens botten stelnande järnet i focus igen och nedsmältes på nytt, tills smeden såg, att det såg ut som en mjuk rusa och »slaggen var lika som en flytande vassla», då rusan uttogs och bultades något med handslägga till en kaka, varpå kakan höggs i 4 à 5 delar, dock något sammanhängande. Varje del kallades ett osmund och skulle väga ett skålpund. Avbrännan blev 37 %. De bästa bitarna kallades vald osmund, de sämre ovald. I slutet av 1700-talet försågos dock dessa osmundhärdar efter exempel från tysksmidet med hällar runtom.

Hansastäderna hade emellertid under slutet av 1400-talet börjat köpa ej blott osmund från Sverige utan troligen även tackjärn i gjutna tackor, åtminstone har man fullt säkra bevis på, att deras smeder färskade svenskt tackjärn i härdar och smidde stångjärn både av det och av den svenska osmund de köpte, redan innan Gustav Wasa tillträdde regeringen. Och troligen hade han under sin landsflykt i Lübeck med harm iakttagit detta, ty en av hans första regeringshandlingar blev, när han fått litet lugn, att stävja den trafiken. Redan* år 1526 beklagade han sig över »att järnet, Rikets redbaraste egendom, bortföres till de Vendiske städer i tackor och osmund och även i rå malm, utan att smältas, varefter man nödgas köpa det i stänger tilltillbaka». 1540 föreskrev han att i stället för det illa tillverkade

* Se C. Rinman »Järn och Stål Förädlingen».

osmundjärnet skulle skatten lämnas i gott tackjärn, »ehuru ännu väl berett osmund kunde tillåtas; dock anstod bäst vederbörande att låta slå ett redligt stångjärn, till det minsta 4½ alnar långt, varav på skeppundet borde gå 9 till 10 stänger och ej därunder». 1554 förmådde han rikets borgerskap att förena sig om att ej utskeppa något järn på ett helt år och att ej låta någon utlänning köpa det i landet under 120 mark för en läst osmund och 22 mark för ett skeppund stångjärn.* Till förbättrande av gamla och byggande av nya masugnar och för att lära svenskarna färska tackjärnet i härd hade han redan långt förut införskrivit smidesmästare från Lübeck och även masugnsbyggare, varibland de två mest framstående smidesmästarna tyckas ha varit den redan år 1527 omtalade Hans Klingensten (Hans Hammarsmed) samt den 1540 bland andra tyska smeder omnämnde Mäster Markus.** Bland annat fick Klingensten bygga Orga masugn och stålsmedja (i Vånga socken, Vångaberg, Östergötland).***

1604 kunde vår andre duktige bergsmanskung Carl IX efter ett Norrköpings riksdags beslut utfärda förbud för export av tackjärn och osmund* och påbuda att endast färdigt stångjärn och stångstål fingo utskeppas, vilket blev döden för Lübecks och Danzigs järntillverkning (vilken nu tack vare våra dagars export av svensk malm fått nytt liv!).

När så Gustav II Adolf 1627 sände de tyska smederna därnere inbjudning att flytta över till de svenska bergslagerna med bibehållande av sin religion, så kommo en mängd både därifrån och från andra trakter av Tyskland hitöver. Dessa smeders metod att färska tackjärn blev härav benämnd tysksmidet, som sedan levde kvar — ehuru under tidernas lopp allt mera förbättrad — ända långt in på 1800-talet.†

Redan medan Carl IX var hertig av Värmland förlänade han 1572 åt en vallon Willem de Wijk gruvor, hytta och smedja vid Persberg samt förordnade honom sedan till överste bergsfogde för Värmlands bergslag med sändebrev till dess bergsmän att i allt även i hammarsmidet rätta sig efter honom. Om denne då sökte införa vallonsmidet är emellertid ej bekant, men ej otroligt och 1602 inkallades en annan vallon Willem eller Welam de Besche, som byggde en ny hammarsmedja i Nyköping och på den erhöll privilegier. Denne blev senare bergsfogde över alla bruk i Södermanland. Gustaf II Adolf införskrev flere valloner och däribland Louis de Geer. Det egentliga införandet av vallonsmidet anses emellertid ha skett just genom denne rike vallon Louis de Geer, som under drottning Kristinas förmyndar-

* Se C. Riuman »Järn och Stål Förädlingen».
** J. K. A. 1905, sid. 242.
*** Enl. M. B. Svederus skall den första hammarsmedjan under Gustav Wasa byggts sommaren 1528 vid Fettsta fall i Hedströmmen, Malma socken, på bekostnad av borgaren i Stockholm Didrik Rost och holländaren Wellam van Swollen.
† Ännu i början av 1880-talet drevs ryckvis en tyskhärd vid Bränninge bruk.

regering 1643 från Flandern och landet mellan Liege och Namur införskrev en mängd kolare, masmästare, smältare och hammarsmeder samt byggmästare och hantverkare, vilka han mellan åren 1643 och 1650 bosatte vid Finspongs i Östergötland, Godegårds och Skyllbergs bruk i Närike samt Leufstads, Österby, Gimo m. fl. bruk i Uppland.

Tysk- och vallonsmidena drevos i Sverige sedan jämsides utan konkurrens av annan metod till dess att man även hos oss började försöka införa den i England uppfunna puddlingsmetoden. Alla härdsmidena: osmundsmidet,* tysksmidet, franche comté- och lancashiresmidena hava så småningom framarbetats av generationer smeder, puddlingsmetoden åter tämligen snabbt av tvenne uppfinnare, vilkas namn bevarats åt eftervärlden. Redan under Carl I:s tid hade i England skogarna så illa medfarits genom kolning för järnframställningen, att man började inse, att den engelska järntillverkningen vore dömd att dö, om ej någon färskningsmetod kunde uppfinnas tillåtande stenkols användande som bränsle. Med energi arbetades ock därpå,** och många patenter uttogos, men alla hade till resultat blott så röd- och kallbräckt stångjärn, att ingen ville ha det, utan handsmederna hellre köpte av de dyra svenska och ryska fabrikaten. Sverige isynnerhet vann härpå och blev emot 1700-talets slut världens största stormakt inom järnhanteringen. För England, som hade stor svårighet skaffa nog med järn till fyllande av bland annat sin flottas och sin armés vapenbehov, blev så ställningen allt mera bekymmersam. Då togo Henry Corth år 1784 och William Parnell år 1787 patenter på att i reverberugn med stenkol bereda smidbart järn; och så som i J. K. A. 1817 anmärkes, gjordes uppfinningen just i grevens tid, ty samtidigt kom franska revolutionen med dess striders järnbehov och senare Napoleonskrigens järnslukande rustningar i strider och sjöslag. Priset på smidesjärn steg därunder till 10 à 12 riksdaler hamburger banko per skeppund och den nya metoden sköt därigenom synnerligen rask fart i England och Skottland, men som emellertid mängden av puddelverk nu till och med växte raskare än behovet av sekunda järn, sjönk priset å puddeljärn och även avsättningen å svenskt järn med följd, att svenskarna började sälja sitt vida bättre järn så billigt, att en mängd puddelverk måste nedläggas, varföre England till den nya hanteringens skydd införde en skyddstull å svenskt järn av år 1809 — $4^1/_2$ pund, 1811 — $5^1/_2$ pund och 1816 nära $6^1/_2$ pund per ton, till mycket bekymmer för de svenska bruksägarne. 1817 betalades svenska välljärnet oförtullat med 17 £ 10 sh, förtullat med 24 £ per ton i engelsk hamn, medan man där köpte puddeljärnet för 14 à $14^1/_2$ £.*** Metoden sköt under skyddstullen ny fart och de bekymrade svenskarna började försöka införa den i sitt eget land, för att om möjligt även

* Taget i nyss nämnd mening, ej det gamla direkta framställandet.
** Se J. K. A. 1817, sid. 93.
*** J. K. A. 1817, 2 sid. 161.

de kunna tillverka billigt järn. Som de emellertid saknade stenkol, måste de söka anpassa den för vedeldning.

Den första puddelugnen i Sverige byggdes 1812 av övermasmästar Stenfelt vid Klosters bruk på brukspatron Rosenborgs anmodan,* och sedan byggdes sådana ugnar även vid Schebo, Nyby, Nyköpings, Göteborgs och Motala verkstäder, Gammalkroppa, Avesta, Kallinge och Surahammar.

Träkolsnöden i England hade emellertid även medfört förbättringar i härdsmidesmetoderna och detta isynnerhet i landskapet Lancashire, varest man genom härdarnas bättre kringbyggande och isynnerhet genom att förlägga det färdigfärskade järnets vällning till en ugn eldad med stenkol (vällugn) åstadkommit ej blott betydligt minskad åtgång av träkol utan även erhållit ett jämnare mjukare järn än t. o. m. det svenska tyskjärnet. När därföre smidesdirektören vid Jernkontoret, brukspatronen å Lesjöfors Gustaf Ekman, 1830 erhöll kallelse från bruksförvaltar Forsenius å Söderfors att komma och söka hjälpa honom i hans strävanden att åstadkomma ett jämnare och segare järn till grovsmiden (ankaren, kättingar m. m.), så föreslog Ekman, som hört talas om smidesmetoden i Lancashire, att de borde försöka densamma för ändamålet. Forsenius hade redan förut självständigt börjat, alldeles som lancashiremännen, förvärma tackjärnet, innan det nedsmältes i vallonhärden och funnit detta förmånligt ej blott för kolåtgången utan även för järnets jämnhet. Ekman grep sig nu genast an med saken. Konstruerade en sluten härd,** men började redan innan den blev färdig arbeta på lancashiresätt i förefintliga härdar och fick betydligt förbättrad produkt. Ändock ej nöjd med resultaten beslöt han utresa till England och själv i Lancashire arbeta vid därvarande härdar för att fullständigt lära sig metoden. Resan företogs 1831 under aug.—okt. Men som från Lancashire en mängd smeder lockats bort redan förut till andra länder, höll Ekman på att ej alls få tillträde till smedjorna. Till sist lyckades det dock och med sin ovanliga energi gjorde han sig då fullkomligt förtrogen med arbetssättet. Därvid fick han även klart för sig, att han måste tänka på att åt oss här hemma konstruera goda vällugnar men med torv- eller vedeldning,*** om metoden här skulle bli fullt tillämpelig, likasom han ock beslöt förorda det nya järnets uträckande i valsverk i stället för i hammarverk. 1833 hade han redan infört detta smide utom vid Söderfors och Lesjöfors även vid Ferna och Liljendal, varefter metoden så småningom spred sig till flera bruk, isynnerhet sen Ekman lyckats konstruera en för våra bränslen passande vällugn.

Franche-Comté-metoden hade Ekman redan före 1830 stu-

* Se J. K. A. 1816, sid. 81.
** Se J. K. A. 1830, sid. 363 och plansch.
*** Se J. K. A. 1832, sid. 177.

derat utomlands samt avgav i J. K. A. 1830, sid. 367, en kort beskrivning om densamma, enligt vilken beskrivning denna metod då var införd i Belgien, Tyskland och Norge. En utförligare beskrivning anföres sedan efter Ebelmen i J. K. A. 1844, men säger tidskriftens redaktör där (sid. 162) särskilt ifrån, att sagde metod »icke är av synnerligt intresse för en svensk läsare». En helt annan åsikt om denna metod fick emellertid gruvnotarien, magister A. E. Molin, som blev i tillfälle studera den år 1847 på en resa till Paris, och han beskrev den efter hemkomsten så berömmande för Jernkontorets stipendiat C. Tottie, att denne vidtalade bruksägarne vid Karmansbo och Grängshammar att vid deras bruk få försöka densamma. Försöken utföllo väl, och som järnet blev — om ock ej så jämnt som lancashiremetodens, dock mycket gott, så spred sig metoden, för vilken vällugn ej behövdes, snart från bruk till bruk utträngande först och främst tysksmidet, men även här och var lancashiresmidet. När emellertid i senare mediet av förra århundradet fordringarna i utlandet på det svenska välljärnets godhet växte högre, än denna metod kunde fylla, samt priset sjönk å smitt järn samt träkolens pris steg, så dog metoden småningom fastän långsamt bort, och om dess liv ej än kan sägas vara fullgiltigt slocknat, så har metoden dock så länge flämtat i de sista andedragen, att det är berättigat inrangera den i här närmast anförda klass av smidesmetoder.

A. De äldre nu övergivna välljärnsmetoderna.*

Tysksmidet drevs under sin högsta blomstringsperiod i början av 1800-talet (enl. bergmästar C. Rinmans beskrivning i hans »Handbok i den grövre Jern- och Stålförädlingen») på följande sätt: Man använde ett något nödsatt, ljusgrått tackjärn gjutet i platta tackor eller galtar om 8 à 15 lispunds vikt, således avsevärt tyngre än dem som numera brukas i lancashiresmidet. Därav nedsmältes 13 till 20 lisp. i en öppen men ganska djup härd med endast en forma, och i vilken härd man på botten hade kvar färskslagg från föregående smältor. Under tackjärnets nedsmältning vällde smeden i focus framför forman de av närmast föregående smälta erhållna smältstyckena, som därunder beströddes med vällsand och styckevis uträcktes till stänger allt efter som deras delar välldes. Efter slutad räckning var vanligen allt tackjärnet nedsmält samt låg som en grötliknande massa på slagglagret i botten på härden, och omblandades nu noga med denna slagg genom brytning med spett eller »hellre med lämpelig skyffel». Kändes därvid i härden några färskor på härdbotten, uttogos de, avsvalades med vatten och lades på kolen mitt över foci samt bringades

* För studiet av de många från varandra mer eller mindre avvikande förfaringssätten vid tysk- och vallonsmidena hänvisas till Järnets Historia av S. Rinman.

så att ånyo nedsmälta. Nu vidtog spettningsarbetet på så sätt, att först började man bryta med spettet i massan närmast forman och sedan — allt efter som hettan spred sig från denna — fram genom härden allt längre bort från focus, medan man samtidigt från ett att börja med långsamt brytningstempo så övergick till ett allt raskare och kraftigare, så att till sist hela massan kom i kok genom den sig nu häftigt utvecklande koloxiden. Mjuka järnkorn började då utkristallisera ur röran av slagg och järn och syntes »lysa med nästan blåvit yta» i den ljusröda massan. Lågan i härden antog ett allt vitgulare sken från att förut ha lyst med koloxidlågans vanliga matta blå färg. De mjuka kornens antal tillväxte allt mera och de började välla hop i färskor och slaggen blev trögare, emedan dess järnoxidulhalt till följd av utreducering av järn minskades. När allt järnet blivit mjukt och förenat sig till en massa olika stora färskor förde smeden in spettet under dem och lyfte upp dem högre upp i kolhögen samt lät dem där sammansintra under det slaggen nu ursmälte och flöt ned under dem till härdens botten, varunder smeden från härdens alla sidor in mot focus förde alla »förlupna» färskor och färskdelar, på det även de måtte hopsintra och förena sig med de andra. När detta skett slogs blästern ifrån, »kolen makades undan, vatten slogs över elden för att låta färskjärnet svalna och väl fastna tillhopa och när detta skett och man rensat kring forman» började man »göra smältan eller omsmälta färskjärnet, så att slaggen fick fullständigt ursegra.» I sådant avseende omvändes färskjärnsmassan »på rena och friska kol så att undre sidan kommer upp» varefter blästern åter påsläpptes mer och mer. Färskjärnmassan smälte nu ned droppe för droppe, samlande sig på slagglagret å härdbotten, och den ursmältande nu järnrika och därför kvickflytande färskslaggen bildade därunder kring och över smältan ett emot kolens inverkan skyddande lager. Fullt jämnt blev detta så erhållna järn ej, utan innehöll det alltid en del mera kolrika partier, varför stångjärnets brottyta i regel visade både tågiga, fingnistriga och grovbladiga partier.

Den uråldrigaste formen av tysksmidet anser Rinman det s. k. färsksmidet hava varit, vilket drevs på mera hårdsatt tackjärn och vid vilket brytningsarbetet med spett började redan under tackjärns nedsmältandet och under det uträckningsarbetet med smältstyckena ännu pågick. Vid räckningens slut var då allt det nya järnet i härden förvandlat till färskbutar, då slaggen urtappades och färskmassan efter avsvalning med vatten ånyo nedsmältes.

Under C. Rinmans tid ställde sig resultatet av tysksmidet på följande sätt:*

	max.	min.	medeltal
Avbränning från tackjärn till smältstycken . . .	12,11 %,	5,39 %,	8,75 %
» » smältstycken till stångjärn . .	24,76 »,	7,24 »,	16 »

* Se H. i Järn- och Stålförädlingen, sid. 155.

	max.	min.	medeltal
Påsatt tackjärn per skift	25,5 lisp.,	13 lisp.,	19,25 lisp.
Kolåtgång till 20 lisp. stångjärn . .	22 t:r ,	11,08 t:r ,	16,54 t:r
Överkol	53,83 % ,	8,33 % ,	31,08 %
Överjärn	14,08 » ,	0,00 » ,	7,04 »

Tidsåtgång

per skift max. 12 tim:r 37 min., min. 6 tim:r 51 min., medelt. 9 tim:r 44 min.

En annan avart var butsmidet som på Rinmans tid drevs blott i Värmland, Grythytte och Dalslands bergslager och företogs med ytterst hårdsatt järn och som tillgick på så sätt, att tackjärnet blott nedsmältes och omsmältes med rikligt med slagg och utan egentliga brytningar till dess det blivit så färskt, att det kunde uträckas till ett ytterst ojämnt stålartat järn, som med förakt i de andra bergslagerna benämndes butjärn.

Franche-comté-smidet drevs i sitt hemland Frankrike egentligen ganska olika mot vad det utarbetades i Sverige, såsom framgår av Jernkontorsstipendiaten J. W. Ramsays beskrivning å detsamma från en resa han 1859 företog i Franche-comté.* Där var det egentligen endast en förbättrad vallonmetod, vid vilken de erhållna smältstyckena ej som vid denna uträcktes i särskild härd utan i själva färskhärden. Den senare var till det ändamålet försedd med tvenne formor, men dessa lågo bredvid och tätt intill varandra och tackjärnet var som vid vallon gjutet i form av långa gösar, som genom ett hål i härdens bakvägg inskötos strax framöver ena focus. Endast en gös insköts i taget. Smältorna höggos i tvenne delar och dessa hopslogos till två smältstycken, vilka i andra focus välldes samt sedan uträcktes. Denna uträckning tog c:a $1^1/_2$ timmes tid, under vilken tid tackjärn oavbrutet avsmälte från tackjärnsgösen, som frammakades allt efter som den därunder smälte av. Tackjärnsdropparna dröpo därvid ned genom den oxiderande gasströmmen och raffinerades därvid från kisel och mangan, 2 à $2^1/_4$ centner fick för varje gång avsmälta. Jämngrått ljust träkolstackjärn önskades helst, såsom givande bästa härdgång och bästa produkt. Så fort räckningen av föregående smältas stycken fullbordats började härdens två smeder ivrigt bryta i härden, därvid noga genomarbetande tackjärnet med slaggen så att kok i regel uppkom. Färskning och smältgöring togo tillsammans endast $^3/_4$ timmes tid och kolåtgången ställde sig för det färdiga stångjärnet till 48 à 50 hl per ton.

I Sverige åter använde man sig att börja med av vanliga enformslancashirehärdar men övergick senare till tvåforms sådana. Lancashireforman utbyttes dock i den förra härden mot en bredare, på det att man skulle få väll på längre bitar i taget av smältstyckena. Vid de senare härdarna åter hade man på ena sidan en bred franche-comté-

* Se J. K. A. 1860, sid. 73.

forma, över vilken smältstyckena välldes och på den andra en vanlig lancashireforma och nedsmälte vid den senare tackjärnet, som hade samma fason som vanligt lancashire- eller tysksmidestackjärn eller densamma, som det mesta svenska tackjärnet ännu i dag har.

På senare tider drevs smidet i dessa tvåforms-härdar på följande sätt: Medan, som sagt, smältstyckena från föregående smälta över franche-comtéforman välldes, samt medan de uträcktes, nedsmältes över och vid den andra forman det dessförinnan förvärmda tackjärnet. Detta tillvärmdes såsom sker i lancashirehärdarna i den från härden förande skorstenskanalen av de bortgående rökgaserna och neddrogs därifrån i ljust rödvarmt tillstånd på kolen samt täcktes där med ett lager nya kol. Under dess nedsmältande kände smeden allt ibland efter, att det fortfarande låg över focus samt lyfte upp dit stycken som möjligtvis sjunkit för djupt. Allt tackjärn skulle nämligen droppe för droppe passera focigaserna, så att det måtte bliva behörigen raffinerat. Detta var så mycket viktigare, som vid smältstyckenas vällande kvartsrik sand påöstes allt ibland vid den andra forman, vilken sand gjorde färskslaggen i en franche-comtéhärd vida surare och mindre oxiderande än slaggen i en lancashirehärd håller sig. När styckena färdigräckts — ja ofta något förr — började smeden brytningsarbetet, som han sen skötte så, att han, börjande vid härdens ena sida, nedstack ett spett och genom stötar och knuffningar tvang dess spets följa bottenhällen utefter ända bort till bakväggen, varefter han, bändande mot lackhällskanten, bröt upp av slagg-järnmassan upp mot focus. Spettet utdrogs så, nedstacks sen strax bredvid och upprepades manövern gång på gång tills hela botten på detta sätt överfarits, varefter man började vid första sidan igen o. s. v. Att börja med var tackjärnet kvickt, men slaggen svalare och halvsmält, men snart blev det förra mera trögflutet och den senare av värmen kvickare, och efter en stunds brytningar var blandningen fullständig och färskandet pågick med god fart. Till följd av slaggens surhet inträffade dock sällan, att massan kom i ordentligt kok utan bildade det sig först så småningom stålartade färskor, som medelst spettet upplyftes i foci, så att det för hårda och stålartade järnet ursmältes och fick komma ned i slaggen och färskas igen. När smeden så av gnistorna från det på spettändan fästande järnet såg, att intet stålartat järn mera fanns kvar, utan att allt var färskat, så bröt han upp alla färskorna över foci samt lät dem där nedsmälta bit för bit, då det smälta järnet samlade sig på ett nu på bottenhällen bildat halvstelnat slagglager. Genom spett och krok drog han färskorna till sist tillsammans i en sträng mellan formorna och medan färskornas antal allt mera avtog växte i härden smältan ända tills till sist alla färskor behörigen nedsmält. Färskornas slagg, nu allt järnoxidulrikare och kvickare, bildade under tiden ett runt smältan slutande skyddande lager. Den färdiga smältan uppbröts från botten med ett grovt spett,

och omvändes i härden; runt densamma sittande slagg avslogs, varpå den uttogs och fördes under smälthammaren samt utsmiddes och avhöggs i så stora smältstycken, som betingades av det beställda stångjärnets styckevikt. Den vid hammaren fallande slaggen hopskrapades och återinkastades i härden, som under tiden rengjorts och försetts med friska kol, å vilka nytt tackjärn nu nedrakades. Smältstyckena inlades allt efter som de utsmiddes åter i härden, alla utom ett enda längre bort i härden. Detta senare, som placerades mitt över räckforman, lades där så, att det först fick vällhets mitt på. Då dess mittparti så kommit upp i fullaste gnistrande vällvärme ända igenom, uttogs stycket och »avhalsades» under räckhammaren till stång av den grovlek, som var tilltänkt. Man hade då fått en järnstång med en »kolv» i vardera ändan. Nu inlades ena kolven i härden över räckforman, så att denna kolv blev genomvälld, då den utsmiddes, varefter den andra kolven inlades, välldes och sträcktes samt var stången så färdig för avsyning. Som franche-comtésmidet sällan bröts på kok blev järnet, som ovan sagts, mer eller mindre ojämnt, men som hårdare järn i vällvärme lyser med något olika glans än det mjukare, så sågo smederna, var de hade de hårdare partierna och togo då mindre skarp värme på dem, så att de ej skulle brännas och sedan under smidningen brakna sönder. Smeder med god blick och skarp omdömesförmåga kunde därför smida vackra och till det yttre felfria stänger även av »hopfuskat» järn och voro till mycken förtret för smidesbokhållarna, som synade järnet och sen fingo uppbära tillrättavisningarna för att det — utsläppt i marknaden — kasserades. En smed, som ville fuska och ha stor procent överjärn och överkol, tryckte under smältgörningen helt enkelt ned färskor i smältan, utan att låta dem smälta ned i ^oci, och därigenom tryckte han ock in en hel del slagg, så smältan blev tung. Vällde man sådana smältstycken i vällugn och valsade ut i stället för att smida ut dem, rasade de styckevis ohjälpligt sönder, och därför var det ock oupphörliga klagomål på smältstycken, som ibland levererades från franche-comtébruk till valsverksbruk, och vid vilka smältstyckens förfärdigande franche-comtésmederna då skulle arbeta på lancashirevis.

En fördel med metoden låg i att avbränningen blev avsevärt mindre än i lancashiremetoden med dess vällning i vällugn. Huru förhållandena härvidlag ställde sig inom ett och samma distrikt i samtidigt i gång varande smiden visade direktör E. Westman i 1867 års tjänsterapport (se tab. nästa sida).*

Kolåtgången representerar summa åtgång till smältgöring och uträckning. Att märka är även att kolsiffrorna gälla stjälpt mått, ej mätt och att kolåtgången per ton stångjärn sedan genom införda förbättringar i metoderna sjönk i avsevärd grad, samt att den redan då i andra bergslager visade mycket vackrare siffror vid de flesta bruk.

* Se J. K. A. 1868, sid. 397, siffrorna omräknade i nuvarande måttenheter.

	Till 1 ton stångjärn åtgick	
	av tackjärn kg	av träkol hl
Vid vallonsmidet	1274	211
» lancashiresmidet med räckhärd	1279	119
» » » vällugn och hammare	1295	107
» » » » » valsverk	1261	93*
» franche-comtésmidet	1192	150
» tysksmidet	1203	215

Varför den var och måste vara högre i Dannemora berodde på dess manganrika svårfärskade men till stålämnesjärn utmärkta tackjärn. I och för jämförelse mellan de olika smidena giva tabellens värden emellertid goda utslag och synes av densamma, att franche-comtémetoden uppvisade högre kolåtgång än lancashire-, men lägre än vallon- och tysksmidena, samt att den var förenad med mindre avbränna än alla de andra metoderna. Så länge kolen ej stigit för högt i pris kunde den därför försvara sin plats.

B. Lancashiremetoden.

Härdarnas konstruktion. Man indelar de hittills använda lancashirehärdarna dels efter antalet arbetsöppningar i:

Enkelhärdar med bara en arbetsöppning och

Dubbelhärdar (Boforshärdar) med tvenne mitt emot varandra belägna arbetsöppningar. De förra — de ursprungliga och de ännu mest, ja nu nästan uteslutande använda — konstruerades av Gustaf Ekman och förbättrades sedan dels av honom, dels i hög grad även av tre av Jernkontorets mest framstående smidesdirektörer C. J. Böös, C. A. Jacobsson och G. A. Forsberg. Dubbelhärdstypen åter utkonstruerades och genomfördes av ingenjör Nanfeldt och brukspatron P. Lagerhielm å Bofors i mitten av 1860-talet samt vann mycket stor spridning i slutet av samma årtionde och början av det följande, emedan den i jämförelse med dåvarande enkelhärdar medförde besparing i kol (per ctr smältstycken 0,15 t:r kol) och avbränning (0,033 ctr tackjärn per ctr smältstycke) samt även ett avsevärt större veckoutsmide (20 à 25 ctr högre per härd).**

Dels indelas lancashirehärdarna ock efter antalet blästerformor i:

Enformshärdar, som utgjorde den ursprungliga sorten;

Tvåformshärdar, med en forma på vardera sidan om arbets-

* Siffran insatt efter direktör Böös.

** Ur J. K. A. 1869, sid. 217.

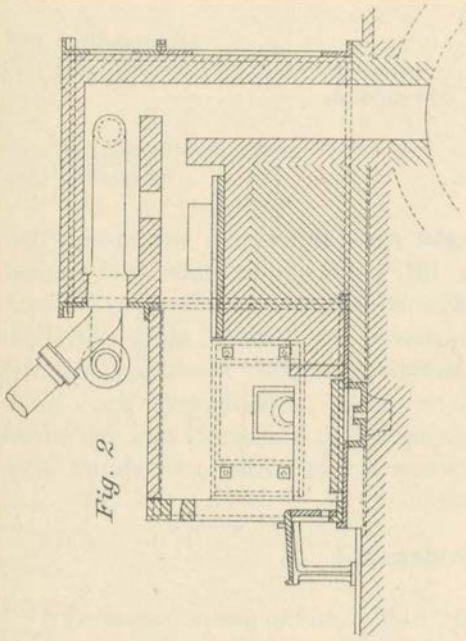


Fig. 2

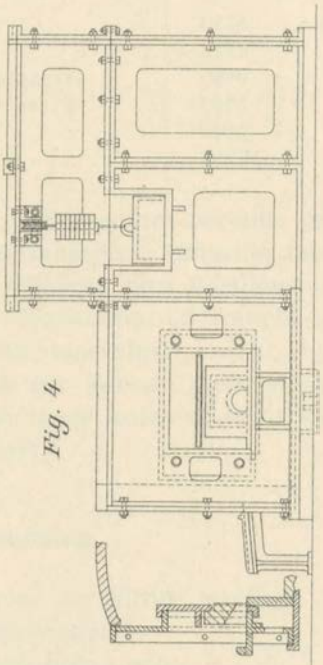


Fig. 4

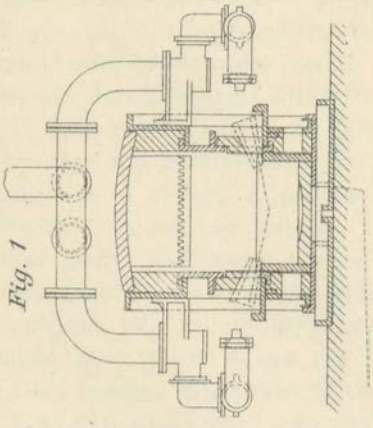


Fig. 1

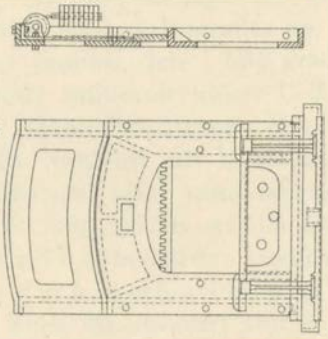


Fig. 3

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

öppningen; efter vad av Jernkontorets annaler tyckes framgå först försökta vid Erets lancashiresmedja (före år 1856) under Klosters bruk, men från år 1856 ivrigt förordade av C. J. Böös och C. A. Jacobsson och sedan av dem byggda vid en stor mängd bruk;

Treformshärdar (svenskhärdar), som konstruerades av G. A. Forsberg* för att utan avbränningens ökande nedsätta kolåtgången och öka produktionen per enkelhärd, vilket med visst hårdsattare tackjärn samt raskt och påpassligt folk även lyckades. Dessa härdar sägas numera ha visat sig synnerligen lämpliga vid verk, där man i stället för tackjärn önskar använda järnsvamp. Härdarna ha en forma på varje sida om arbetsöppningen och en mitt emot densamma;

Fyrformshärdarna konstruerades och utfördes vid Degerfors av disponenten F. G. Stridsberg** och utgjordes av dubbelhärdar med två formor på varje sida om arbetsöppningarna. De hava ej vunnit någon vidare spridning.

Regel är emellertid att en härd med flere formor bör giva större produktion och jämnare järn.

Skillnaderna mellan lancashirehärdar av olika typ är ej så avsevärd på långt när, som mellan t. ex. den vanliga bessemermetodens konvertrar och lillbessemerns eller mellan de fasta och de vridbara martinugnarna eller ens mellan olika kupolugnsslag och därför torde det vara tillräckligt att i denna lärobok beskriva endast den nuvarande, mest använda härdtypen, ehuru naturligtvis vid föreläsningarna i bergsskolorna alla härdslagen böra å tavlan demonstreras då det gäller undervisningen i en så speciellt svensk metod, som lancashiremetoden blivit.

Tvåforms-enkel-lancashirehärden utgöres till det yttre av med skruvar, kilar och ankarjärn sammanfogade tackjärnshällar, samt vissa rörledningar ävensom delar av eldfast murverk. Detta yttre omhölje benämnes härdstommen och utom detsamma har man vid en härd även några inre av tackjärn förfärdigade delar som benämnas härdvirket.

Härden bör uppföras på torr och fast grund och får underst en grundmur, i vilken anbringas en kort trumma dels för avledandet av spetthons och formornas vatten samt det vatten som användes för bottenhällens avkylande, dels för framförande av behöriga rörledningar för kylvattnet.

Härdstommens delar (se pl. LXII och LXIII) utgöras av: 2 eller 4 sidostycken, 1 framstycke, 1 bottenplåt, 2 valvhällar, 1 reffelhäll till förvärmningsunderlag för tackjärnet och de två blästertättställningarna med sin gemensamma varmapparat, denna numera vanligen av Tholandertyp.

Härdvirket återigen, som utgöres av lösa delar, mera utsatta för

* Av konstruktören beskrivna i J. K. A. 1883, sid. 361. pl. XVI.
** Se J. K. A. 1885, sid. 429.

förstöring än de andra, består, se pl. LXIII, av: en i bottenplåten inpassad vattenlåda *p*, en vattenlådsram *f*, den på vattenlådan vilande härdbotten *l*, två formväggar *m*, en askvägg *c*, en slaggplåt, två lackhällsstöd, lackhällen eller arbetsbordet, två formbröst, vardera med sin formbock, med sina i formbockarna inkilade formor. Formbockarna äro dock i vanliga fall sammangjutna med formbrösten.

Botten och väggarna stå sällan vid lag mera än 4 veckor, för själva stommen åter brukar man ej behöva beräkna mer än 7 % årlig amortering.

De yttre delarnas gjutgods beställes oftast från vanliga gjuterier av gjuttackjärn, men härdvirkesdelarna åter tillverkas överallt av prima svenskt tackjärn och gjutas vid brukens masugnar, på det att man — då de blivit »förslitna» — må kunna använda dem som tackjärn i härdarna. Vid en del bruk har man med mer eller mindre framgång försökt göra härdvirket av martinstålgjutgods för att göra det biståndigare mot värme och nötning. Formorna äro numera så gott som alltid av sådant material.

Från ett av våra större lancashireverk ävensom från Jacobssons »Om lancashiresmide» kan anföras följande mått å en lancashireenkelhärds delar: Bottenhällens (bottenramens) bredd 1,02 m, längd 1,23 m inom kantflänsarna, godstjocklek 36 mm. Vattenlådramen 650 × 650 × 30 mm. Vattenlådans godstjocklek 24 mm. Lackhällen 1000 × 450 × 30 mm. Bottenhällen 530 × 630 × 75 (bredd 498—561, längd 660)* mm. Slaggplåten 575 × 235 × 30 mm. Framstyckets höjd 1100, bredd 1000, godstjocklek 30 och fränshöjd 100 mm. Formväggstyckena 680 × 250 × 45 (687 × 246 × 36) mm. Valvhällarna 970 × 250 × 75 mm. Askväggsstyckena 380 × 250 × 20 ((498—561) × 246 × 51) mm. Reffelhäll 700 × 600 × (36 och 50) mm.

I grundmuren är vattenlådan så att säga nedfälld, så att dess överyta är i jämnhöjd med grundens. Vattenkanalens under densamma dimensioner äro 100 × 175 mm.

Ovanpå vattenlådan ligger vattenlådramen, vars innerkant skjuter c:a 20 mm innanför vattenlådans fläns. Vattenlådramen passar på alla sidor i den på grunden liggande bottenplåtens eller bottenramens urtagning. Denna plåt är försedd med en låg fläns och inom denna stå härdens båda sidostycken och framstycket hophållna med bultar. Innanför sidohällarna stå på bottenramen de s. k. härdlådorna med sina flänsar. Innanför dessa återigen befinner sig härdvirket, som utgöres av först och främst den på bottenramen vilande bottenhällen, på båda sidorna omgiven av formväggarna och baktill av askväggen, som i sin ordning stöder sig mot bakmuren.

Härdens längd mellan framsidan och askväggen varierar vid de härdar, vi uppmätt, mellan 800 à 850 mm. Bottenhällen är försedd med en helt grund skålformig fördjupning.

* Siffrorna inom parentes äro tagna ur Jacobssons lärobok.

Fig. 1

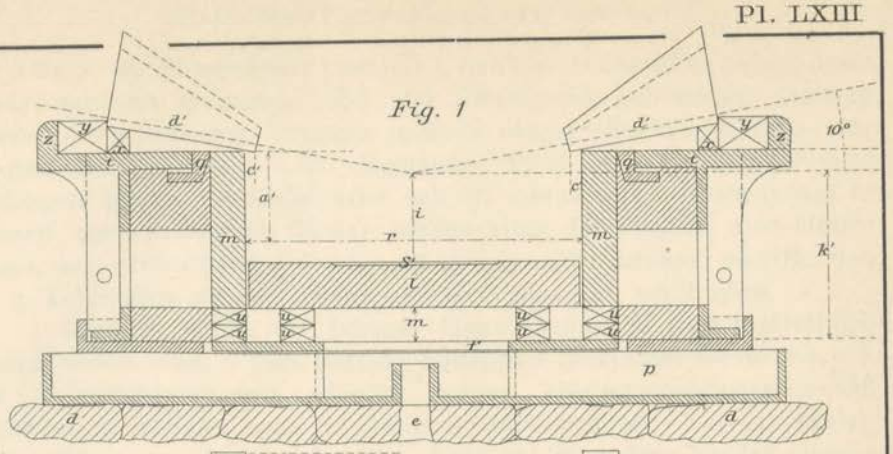


Fig. 2

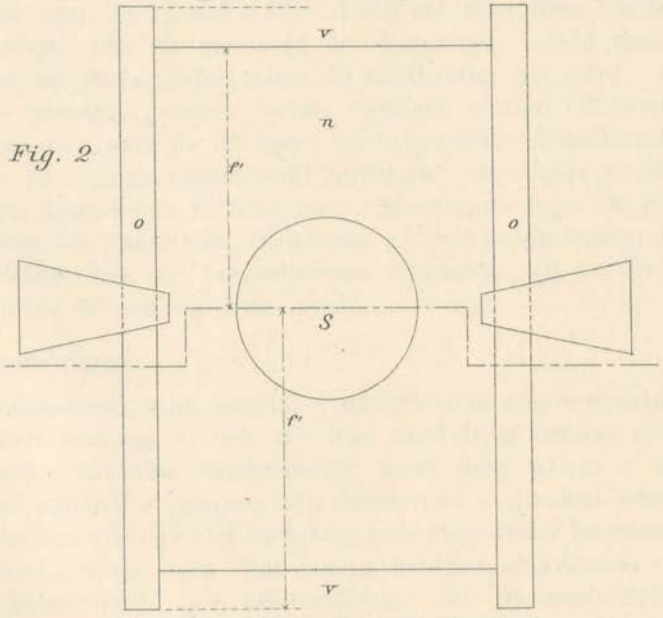
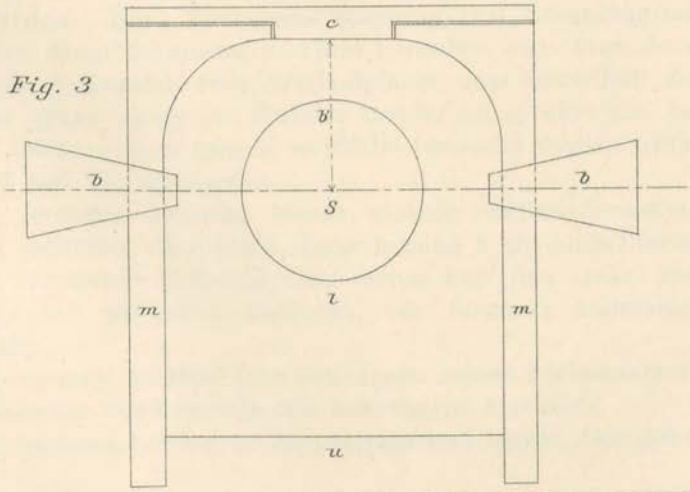


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

De s. k. formbrösten fastkilas i härdens sidostycken och i dessa bröst fastkilas formorna med viss lutning inåt och nedåt. Ovanpå formbrösten har man antingen murade väggar eller ock fastkilas där gjutna sidoskoningar, s. k. slagglådor. På dessa sidoskoningar vilar antingen gjutna valvhällar eller ock ett murat valv. Framstycket är försett med inåtvända flänsar mellan vilka det utfodras med eldfast tegel, och utvändigt har stycket ett par gångjärnskrokar, på vilka den s. k. kolgrinden rör sig. Denna är förfärdigad av smidesjärn.

I härdens bakre del bortgår lågan genom ett med insättningslucka försett rum, å vars refflade bottenhäll tackjärnet förvärmes och gå förbränningsgaserna därefter genom blästervarmapparaten till skorstenen, alldeles som vid franche-comtéhärdarna. Varmapparaten har sällan mer än 2 rader rör. Från två eller flera härdar förenas sedan gaserna och få genomgå en ångpanna, varvid man vanligen räknar på att få ånga för minst 10 hästkrafter per härd. Från ångpannorna fortsätta gaserna sedan vanligen genom ett gnisterhus till skorstenen, men som de då ännu ha betydande värmeöverskott kvar, har man på många ställen sökt nyttiggöra ytterligare av detta t. ex. i bykstuga, bageri och badhus mm. Skorstenen tages 30 à 40 m hög och behöver för gaser från 10 härdar en inre toppdiameter av 1,25 m. Blästerbehovet har av bergseleverna uppmätts till c:a 0,1 m^3 i sek. per forma (av 0° och 760 mm tryck).

Härdställningen.

Härdstommens mått kunna ej underkastas någon ändring utan att härden helt ombygges, och det lösa härdvirket brukar ej heller behöva ändras till sina dimensioner, men dess plats i härden — isynnerhet bottens, väggarnas och formornas — jämkas något på, allt efter beskaffenheten av det tackjärn, som man under kommande vecka har att färska, samt även efter kolens kvalitet, smältornas storlek och tilltänkt blästertryck och blästervärme. De viktigaste måtten anses vara: Härdens djup, formornas stupning och mynningdimensioner samt huru långt formorna inskjuta i härden, men även de små lutningar från horisontal- resp. vertikalplanet, som bottenhäll, form- och askväggar givas anses av flertalet smeder ha mycket stor betydelse.

Med härdens djup menas vertikala avståndet mellan formväggens övre kant ned till härdbotten.

Med formans stupning menas vinkeln mellan formmynningens plan och lodlinjen, då forman ligger inkilad å sin plats i formbocken.

Med formornas underskärning menas åter den vinkel som formmynningplanet gör med lodlinjen, när formans undersida lägges horisontalt

Med formans avstånd från askväggen menas horisontala avståndet mellan formans centrumlinje och askväggens innersida.

Med formans lutning ur horisontalplanet menas åter dess botten-

Tabell

N:o	Påsättningens storlek	Härdens djup	Formmynningens underskärning	Formornas lutning ur horisontalplanet	Formornas stupning	Formornas mynningmått			Formens inskjutning	Formens askväggsavstånd.
						b	*d*	*h*		
	kg	mm	grader	grader	grader	mm	mm	mm	mm	mm
1	145—160	215	$2^1/_2$	10	$12^1/_2$	17	23	17	25	225
2	150	225	4	7	11	23	23	20	25	284
3**	150	218	3	7	10	18	20	16	21	248
4	140	204	4	6 à 7	10 à 11	20	22	19	25	260
5	150	214	3	8	11	19	24	17	26	253
6	120	198	3	9	12	21	23	18	18	247
7	132	210	4	$6^1/_2$	$10^1/_2$	20	22	20	34	262
8	160	212	3	7	10	20	24	19	25	278
9*	145	214	4	7	11	19	24	19	25	275
10	140—150	210	4	5	9	18	27	20	23	330
11**	145	218	3	7	10	18	20	16	22	250
12	150	213	$3^1/_2$	7	$10^1/_2$	21	24	$19^1/_2$	18	250
Medeltal . . .	146	213	$3^1/_2$	$7^1/_4$	$10^3/_4$	$19^1/_2$	23	$18^1/_3$	$24^3/_4$	264
Helgrått *a* . .	—	188	4 à 5	5 à 4	9	19	—	15	$18^3/_4$	223
» *b* . .	—	182	4 à 5	4 à 3	8	$19^1/_2$	—	$16^1/_2$	$18^3/_4$	223
» *c* . .	—	207	5 à 6	6 à 12	$11^1/_2$	19	—	15	21	245
Halvvitt *a* . .	—	180	4 à 5	6 à 5	10	19	—	15	$18^3/_4$	223
» *b* . .	—	174	4 à 5	5 à 4	9	$21^3/_4$	—	$18^3/_4$	$18^3/_4$	223
» *c* . .	—	201	5 à 6	5	$10^1/_2$	$18^3/_4$	—	15	21	245
Helvitt *a* . .	—	174	2 à 3	2	4 à 5	$19^1/_2$	—	$16^1/_2$	15	234
» *b* . .	—	168	2 à 3	2	4 à 5	$21^3/_4$	—	$18^3/_4$	15	234
» *c* . .	—	182	4 à 5	4	8 à 9	$19^1/_2$	—	$16^1/_2$	18	245

* Ståljärn.
** Bruken 3 o. 11 stå under samma förvaltning.

plans lutningsvinkel mot detsamma. Således är formans stupning = summan av formans underskärning och formplanets lutning mot horisontalplanet.

Formmynningen är i regel i form av en halvcirkel tillökad med en parallellogram eller en cirkel avskuren av en korda, där basbredden (*b*) = kordan, mynningbredden (*d*) = hela diametern och höjden (*h*) = den avskurna diametern (se tabell LXXIII).

Formans inskjutning i härden mätes horisontalt från formväggens innersida.

I tabell LXXIII lämnas såsom exempel en del uppgifter av eleverna insamlade under resorna samt därunder ställmått av Jacobsson i »Om lancashiresmide» angivna såsom lämpliga vid olika sorters tackjärn.

LXXIII.

Blästerns		Årsproduktion pr härd	Avbränna	Kolåtgång i hl pr ton smältstycken		Kolpris pr läst	Tackjärnspris pr ton	Kolpris pr ton smältstycken	Tackjärns- + kolkostnad pr ton stycken	Smältstyckenas tillverkningspris
temp.	press.			mätt mått	stjälpt mått					
grader	mm	ton	%	hl	hl	kr	kr	kr	kr	kr
200—250	95—100	810	13 1/4	25	30	11,00	75	16,30	92,29	120,00
250—300	75—85	850	10—12	24—26	29	10,72	71	21,17	93,14	105,30
330	90	700	13 1/6	29	34 1/2	10,22	68,38	17,60	96,69	108,07
250	89	760	12—14	44	49	12,00	73	29,40	101,89	121,89
250—300	119	780	9	23	27 1/2	14,50	75	19,98	102,80	130,00
160	108	500	7—8	49	57	10,00	70	28,50	104,52	126,00
185	110	800	12	27	32	10,00	72	16,00	95,80	112,62
110	96	930	10	36	43	16,30	74	35,04	117,30	125,30
270	95	686	12,4	31	44	15,00	80	33,00	124,15	147,00
140	90	884	15	24	29	16,00	78	23,70	113,40	119,40
330	105	700	13 1/6	29	34 1/2	10,22	68,38	17,64	94,95	101,67
220	95	810	10,5	31,9	36	14,00	75	25,20	108,08	118,08
236	97	767	11,4	30,7	37,1	12,55	73,31	23,62	103,75	119,66

C. A. Jacobson anger under:

a mått lämpliga vid fullkomligt godartat tackjärn,
b » » » röd- eller kallbräckt,
c » » » tackjärn med mycket slaggbildande ämnen.

Som bruken i allmänhet tämligen motvilligt lämna ekonomiska uppgifter och *då* de lämna dem, vanligen angiva siffrorna så att säga på höft, så stämma ej de fyra sista kolumnernas siffror fullt överens med varandra, men medeltalen kunna dock giva ett visst begrepp om förhållandena under senare år.

C. A. Jacobsson säger i sin lärobok angående olika härdmåtts betydelse bland annat:

»Härdens djup och formans area stå i omvänt förhållande sinsemellan, så att en djupare härd fordrar en mindre, en grundare en större formöppning. Lättsmidda, följaktligen i viss mån mera 'eldveka' järnsorter fordra stort härddjup och liten formarea (Dalkarlsbergs- och Norbergstackjärn-sorter), de mera 'eldhärdiga' tvärt om (Långbans-, Persberg- och Bispbergstackjärnssorter). Ett 'lortfullt' tackjärn fordrar djup härd och liten forma, ett »järnrikt» tvärt om. Djup härd för-

orsakar i *allmänhet* rå och varm härdgång givande röd slagg och »ettrigt» järn samt tunga smältor, passar därför bäst vid nödsatta och »slaggfulla» tackjärnsorter, grundare härdar vid mera hårdsatta. En stor formarea vill ge större avbränna.

En mera stupad forma ger varmare härdgång, en mindre stupad svalare. En djupare härd fordrar en mera stupad, en grundare en mindre stupad forma. Smal formöppning håller mera hop blästerstrålen, ger hög temperatur i härden och ett fast järn, bred fördelar mera både blästern och temperaturen och ger mjukt järn. Forman bör helst blåsa vinkelrätt in i härden och aldrig mot arbetsöppningen till.

Storleken av tättans mynning rättas efter formans och tages i allmänhet lika med den senare eller något större. Avståndet mellan dem avpassas efter den blästerpression, man vill arbeta med, så att det tages längre för skarpare bläster än för svagare (vanligen 45 à 60 mm). Tättan skall ligga väl an, så att den blåser utefter formans botten, så att blästerstrålen ej må bli missriktad.»

Jacobsson indelar tackjärnssorterna samt de i härden sig bildande slaggerna i nedannämnda grupper.

Tackjärnen:

N:o 1. Nödsatt rågående tackjärn med fint askgrått brott givande en röd, från tunn till tjockflytande slagg och givande ett »ettrigt» otätt och ojämnt järn, samt oftast för stor avbränna. Erhålles i masugnen vid kiselsyrerik beskickning och för nödsatt hyttgång.

N:o 2. Grått tackjärn med tydligen utbildad kristallinisk textur.* Kallas** även lagom satt såsom lagom lättfärskat, ger en tunn vit slagg, »räcker väl till i vikten», och uppfyller således alla anspråk på ett gott lancashiretackjärn.

N:o 3. Till hälften grått, till hälften vitt tackjärn (halverat), med det senare partiet vanligen något övervägande, förhåller sig på samma sätt som det föregående och erhålles liksom det, vid basisk beskickning*** och fullmalmad hyttgång med torra kol och välrostade malmer.

N:o 4. Hårdsatt vitt tackjärn, givande dels vit och kvick, dels vit och tjock slagg i härden, lättfärskat och lämnande liten avbränna men ett mjukt till lortfullt stångjärn. Erhålles i masugnen vid för hårdsatt gång och för basisk beskickning.

Härtill torde böra läggas:

N:o 5. Helvitt, manganhaltigt tackjärn (ståljärn), givande kolhårda något ojämna smältor (stålämnesjärn) med relativt hög avbränna och vit kvick slagg. Detta tackjärn blåses vid en del Dannemorabruk

* Tydliga grafitfjäll. O—a.
** Förr, ej numera. O—a.
*** Bisilikatslagg. O—a.

med hårdsatt, vid en del med »lagom satt» beskickning samt alltid med starkt kalkhaltigt masugnsslagg (singulo- till sesquisilikat).

Slaggerna:

N:o 1. Vit, tjock slagg, kallad för färsk slagg, rinner trögt och har vit färg (färg som smält och i ljusskalan). Den vill ge ett lortfullt smidesjärn och håller enligt Jacobsson över 66 % Fe.

N:o 2. Vit, tunn slagg, kallad lagom färsk, rinner kvickt med vit färg och lossnar medan den ännu är varm lätt från spettet. Den anses vara den bästa färsksläggen, ger ett lagom mjukt smidesjärn och håller nära eller blott litet över 66 % Fe.

N:o 3. Röd och tunn slagg, något för rå, rinner kvickt med röd färg, fastnar hårdare vid spettet än näst föregående, ger ett råartat stångjärn och håller endast omkring 60 % Fe.

N:o 4. Röd och tjock slagg, kallad alltför rå, rinner trögt med röd färg, samt är oduglig som lancashireslagg samt förekommer ytterst sällsynt, håller blott 55 à 60 % järn eller under.

»I allmänhet kallas slaggen rå när den med rödaktig färg ur härden flyter trögt, liksom vältande, pösande och seg samt stelnar fort på spettet och hårt fäster vid detsamma i tjockt lager. Den är då svartgrå och blåsig i brottet. Sådan är den vid nödsatt och rågående tackjärn under järnets nedsmältning och under råbrytningarna.

Den färska slaggen är återigen kvick och rinner lätt ut ur härden efter spettet, lysande mjölkvit, samt håller sig länge kvick. Den lossnar lätt från spettet och är kall svart, tät och tung samt håller som sagts mycket järn. Den erhålles vid färskgående tackjärn, samt isynnerhet under färskbrytningarna efter koket ävensom då smältan göres (rinnslagg).»

Om slaggens mängd säger Jacobsson:

»Man har för mycket slagg i härden, om en föregående smälta visat sig lortfull, om antalet slaggrusor är mycket stort vid härdens tillställning, om slaggen av blästern kastas ymnigt omkring i härden bland kolen, om smältningarna av tackjärn, råjärn och färskor avsevärt hindras och om koket är svårt få i gång trots ihärdigt och flitigt arbete. Under sådana förhållanden skiljas järn och slagg svårt från varandra, gången blir »oren», järnet »slaggfullt» och löst och avbränn an stor. Ser man, att man har för mycket slagg, så skall man genast avtappa till lagom kvantitet. Dylik avtappning sker genom att spettet införes genom ett av slagghällens övre hål och därpå långsamt utdrages.

Lagom slagg har man i härden, när slaggen spelar blott så mycket att ej därigenom smältningsprocedurerna av tackjärn, råjärn och färskor förhindras, när den vid uppbrytningarna står så högt, att spettändan slaggtäckes 90 à 120 mm långt, när koket går med normal häftighet, när färskorna bli lösa och lagom stora, när smältan kännes

lös i kanterna, och när smältans »hyfsning» kan försiggå fritt och ledigt, utan obehag av ojämnheter från i förtid nedsmälta färskor.

För litet slagg har man åter, om en föregående smälta visat sig fast och hård, om slaggrusornas antal visar sig ringa vid tillställningen, om elden visar sig »torrare» och mörkare än vanligt, om råjärnet fäster envist och hårt vid spettet, om koket mer än vanligt fördröjes, om färskorna efter koket bli små och fasta, om smältans kanter kännas hårda för spettet och om droppjärn vid smältans hopslagning utrinner ur hennes formända. Vid för liten slaggmängd skall densamma i tid ökas medelst inkastande av »stockslagg», och helst vid härdens tillställning.»

Angående olika goda kols inverkan säger Jacobsson bland annat:

»Lancashiresmidet är kanske det känsligaste för kolens olika beskaffenhet. Hårda, torra och stybbiga kol giva upphov till hårdarbetad och rå gång, lösa och sura kol verka till motsatsen. Torra fasta och stybbefria kol, framställda av frisk, medelåldrig skog, äro de för goda smidesresultats vinnande lämpligaste. Sura, lösa och stybbiga kol ge dels upphov till hög kolåtgång, men även till stor avbränna, ty stybben håller vanligen sand och dennas kiselsyra fordrar oxiderandet av mera järn för sitt mättande, och härav framgår vikten av att kolen som avses för lancashiresmide väl vaskas före inkastandet i härden.

Så mycket kol böra alltid hållas uppeldade i härden som behövas för varje påspettning eller uppbrytning, så att ej kalla kol vid dessa komma ned under järnet, ty det senare försenar smältandet av tackjärn eller färskor.»

Angående slaggernas sammansättning under de olika arbetsperioderna i lancashirehärden lämnar tabell LXXIII, sid. 458—459, ungefärligt begrepp och övergå vi nu till beskrivandet av arbetets gång vid lancashiresmidet.

Lancashireprocessens praktiska utförande. Då föregående smälta uttagits ur härden rengöres den senare på så sätt att alla slaggrusor och slaggansatser, som bildat sig under föregående charge på väggarna och i valvet, lösspettas och sammankrokas i härden. Bottenslaggen uppspettas också och smeden ser efter om han i härden har lagom myckenhet av färskslagg för nästkommande smältgöring. Ser han härvid att härden innehåller för mycket slagg, så krokar han ut tillräckligt mycket slaggrusor eller avtappar en del flytande slagg, ser han åter att slaggmängden ej är tillräcklig, går han bort till smälthammaren och tager därifrån på skyffel nog med smälthammarslagg till fyllandet av härdens slaggbehov. Sedan inkastar han så mycket »friska» kol i härden, att kollagret når upp över formorna samt nedrakar härefter på dessa kol från eldbryggan det förvärmda tackjärnet till den nya smältan, placerande tackorna vinkelrätt mot formlinjen. Sedan han placerat tackjärnet i ett jämnt lager mellan formväggarna öser han över detsamma mera kol och drager på bläster till formorna,

samt lägger så in på eldbryggan tackjärn till nästa smälta. Allt detta kallas härdens tillställning och tager c:a 2 minuters tid i anspråk.

Härefter börjar själva färskningsarbetet, som i beskrivningar över processen brukar indelas i perioder, vilka dock av olika författare indelas något olika, ehuru naturligtvis förlöpande efter fullkomligt samma schema för dem alla. Som författaren av denna lärobok ej kan finna annat, än att smidesdirektör C. A. Jacobssons beskrivning över lancashireprocessens förlopp är den redigaste och lättfattligaste följer jag här densamma, utan att jag därmed på något sätt vill underkänna eller utdöma mina två andra vänners indelningssätt, eller de motiv, varå de stöda desamma, utan ser jag med största tillfredsställelse att bergseleverna vid den praktiska undervisningen av dem få inlära något avvikande indelningsgrunder och omständligare beskrivningar än de kortfattade sammanställningar min boks utrymme tillåter mig medtaga ur Jacobssons lärobok.

Processen torde lämpligast indelas i följande perioder:

1:o. Tackjärnets nedsmältande,
2:o. Råbrytningarna eller brytningarna före koket,
3:o. Färskbrytningarna vari även sista brytningarna = »upptagningen» ingå och
4:o. Smältgörningen eller »sänkningen».

Under första perioden inskränker sig arbetet i härden till att med spettet hålla formorna rena samt att hålla tackjärnet vid lagom höjd och lagom långt från formorna. I lagom höjd ligga de, om blästern förbränner kolen strax under dem, och lagom avstånd från formorna har man dem på, då nya kol kunna komma ned mellan tackorna och formväggarna i de förbrändas ställe. Man bör under detta endast vid behov spetta i härden, ty det kalla spettet verkar avkylande och försenande på smältningen. Under det tackjärnet så smälter och droppe för droppe faller ned genom de syrerika focigaserna oxideras dess kisel och mangan fullständigt, om halterna av dessa ämnen ej äro för stora. Är emellertid tackjärnet mycket rågående (för nödsatt), blir det vid nedsmältningen så kvickflytande, att det vill smälta fast vid härdbotten och då måste man redan under nedsmältningen börja spetta utefter botten och bryta upp, så att råbasarna, som då vilja bildas, ej växa till onaturliga dimensioner och i så fall bli omöjliga bryta loss. Men även om tackjärnet är för färskt (för hårdsatt) bör man börja med brytningarna redan under nedsmältningen, säger Jacobsson, och då av det skälet, att vid sådant hastigt färskande järn man eljes ej hinner fullt genomarbeta massan innan smältgörningen måste företagas, och i så fall får ojämnt järn. Tidsåtgången för nedsmältningen är c:a 15 minuter.

Under andra perioden utföres arbetet så, att spettet nedföres strax invid lackhällskanten vid ena sidan av arbetsöppningen samt

Tabell LXXIV. Prov å

Tiden för provtagningen	MnO %	FeO %	Fe_2O_3 %
*Prov från färskning av Tabergstackjärn, Jacobsson.**			
N:o 1. Provet taget under tackjärnets nedsmältning	—	72,40	12,74
N:o 2. » » vid andra brytningen efter tackjärnets nedsmältning	—	65,85	23,28
N:o 3. » » vid fjärde brytningen efter tackjärnets nedsmältning	—	68,86	21,00
N:o 4. » » vid kokets början	—	68,30	20,51
N:o 5. » » » andra brytningen efter koket	—	69,91	19,00
N:o 6. » » » fjärde » » »	—	72,00	18,41
N:o 7. » » efter färskornas uppbrytning före smältgörningen	—	74,10	13,90
N:o 8. » » vid smältgörningens slut (rinnslagg)	—	76,76	12,05
Prov från färskning av Söderfors lancashiretackjärn år 1888.			
N:o 1. Provet taget strax efter tackjärnets nedsmältning	4,96	67,15	18,84
N:o 2. » » under råbrytningarna	4,85	68,26	17,87
N:o 3. » » strax före kokets början	4,88	74,25	11,94
N:o 4. » » vid kokets slut	5,18	74,50	11,35
N:o 5. » » mitt under uppbrytningarna	5,95	75,79	8,80
N:o 6. » » vid slutet av uppbrytningarna	5,68	73,03	12,22
N:o 7. » » » början av smältgörningen	5,21	75,54	10,56
N:o 8. » » » slutet av smältgörningen	5,03	71,36	15,13
N:o 9. » » » » » » (rinnslagg)	5,59	75,19	9,16
Prov från färskning av Norberg-Valla lancashiretackjärn år 1890.			
N:o 1. Provet taget strax efter tackjärnets nedsmältning	3,30	74,67	11,51
N:o 2. » » under råbrytningarna	2,83	78,16	8,92
N:o 3. » » efter kokets slut	2,48	75,29	14,17
N:o 4. » » under färskbrytningarna	2,46	72,50	17,03
N:o 5. » » » uppbrytningarna	2,38	72,77	15,57
N:o 6. » » » smältgörningen	2,46	73,16	15,21

* Ur: Om lancashiresmide av C. A. Jacobsson. Analyserna utförda i Falu Bergsskola.

** Som en i serien befintlig fullständig analys utvisar att från kolens sandhalt inkommit i slagen

med knyckar och skjutningar eller med hjälp av Lagervallska hjälpbrytaren framföres med spetsen åkande på härdbotten ända bort till askväggen, varefter uppbrytning göres och spettet utdrages igen, för att på nytt nedstickas efter lackhällskanten, fast nu och senare allt närmare härdens andra sida. På så sätt överfares hela ytan av härdbotten och järn och smält samt halvsmält slagg blandas allt fullständigare med varandra och bli genom att de oupphörligt uppkastas i foci och i de varmaste kollagren allt hetare. Foci syrerika gaser

ncashireslagger.

SiO_2 %	Summa %	Magnetit %	(Fe + Mn) — silicat %	(Fe + Mn) — silicatets ungefärliga sammansättning	Fe %	O %	Delar Fe på 100 delar SiO_2	Delar vid järnbundet syre på 100 delar SiO_2	Fe
13,31	98,45	18,47	78,67	9FeO : $2SiO_2$	65,24	19,90	490	150	30
9,45	98,58	33,76	63,87	10FeO : $2SiO_2$	67,52	21,61	714	229	32
9,05	98,91**	30,45	67,82	11FeO : $2SiO_2$	68,26	21,60	754	238	32
10,10	98,91**	29,74	68,16	10FeO : $2SiO_2$	67,48	21,33	668	211	32
10,00	98,91	27,55	70,36	10FeO : $2SiO_2$	67,67	21,24	677	212	31
8,50	98,91**	26,69	70,37	13FeO : $2SiO_2$	68,89	21,52	801	253	31
11,00	99,00**	20,16	77,74	10FeO : $2SiO_2$	67,36	20,64	613	197	30
10,00	98,81**	17,47	80,34	12FeO : $2SiO_2$	68,14	20,67	681	207	30
8,13	99,08	27,32	71,76	13(Fe, Mn)O : $2SiO_2$	66,88	19,11	823	235	29
8,10	99,08	25,91	72,93	14 » : 2 »	65,60	20,53	809	253	31
7,95	99,02	17,31	81,47	16 » : 2 »	66,11	20,08	832	253	30
8,07	99,10	16,46	82,40	16 » : 2 »	65,89	19,96	816	247	30
8,84	98,88	12,04	86,58	15 » : 2 »	64,76	19,33	730	220	30
7,80	98,73	17,72	80,78	16 » : 2 »	65,35	19,90	838	255	30
7,27	98,78	15,31	83,05	18 » : 2 »	66,14	19,96	909	274	30
6,91	98,43	21,94	76,28	16 » : 2 »	66,09	20,40	956	295	31
9,03	98,97	13,22	85,48	14 » : 2 »	64,89	19,46	718	216	29
9,30	98,78	16,69	81,81	14(Fe, Mn)O : $2SiO_2$	66,13	20,05	711	216	30
8,88	98,79	12,93	85,59	14 » : 2 »	67,02	20,06	755	228	30
6,96	98,90	20,55	78,14	18 » : 2 »	68,48	20,98	984	361	31
6,93	98,92	24,69	74,02	16 » : 2 »	68,31	21,22	986	306	31
7,54	98,26	22,56	75,48	16 » : 2 »	67,50	20,84	895	275	31
7,91	98,74	22,05	76,45	15 » : 2 »	67,55	20,82	854	263	31

1,1 % Al_2O_3, CaO och MgO, äro dessa siffror korrigerade med hänsyn till detta.

förbränna då dels direkt en allt större del av tackjärnets kol, dels uppoxideras slaggens järnoxidul även i större mängd, och avgiver då denna järnoxid i sin tur syre till järnets kol. Andra perioden tager c:a 12 minuters tid.

Såsom av tabell LXXIV och kolumnen »kilo syre på 100 kilo järn» framgår försiggår detta slaggens syretransporterande efter en kort stund så raskt, att förhållandet O : Fe sen håller sig nära nog alldeles konstant i slaggen. Likaledes framgår av sagda tabells

kolumn »delar Fe på 100 delar SiO_2» att slaggens järnhalt under denna period stiger. Det starkt manganhaltiga järnet gör emellertid härifrån undantag, av lätt insedda skäl för resten.

Går man på och bryter tillräckligt energiskt, så åstadkommes snart en så livlig oxidation av tackjärnets kol, att hela den i härden befintliga blandningen av slagg, järn och träkol kommer i skakande rörelse (kok). Varje gång spettet utdrages avslås mot spetthons kant på spettändan fäst järn och slagg, så att spettet alltid nedföres fritt från »doppsko». De förändringar, som slagg-järnmassan under denna period undergår, äro alldeles desamma som i franche-comtésmidet, i det att i blandningen först avskiljer sig lysande korn av mjukare stålartat järn. När så dessa korn eller kristaller komma ned tillräckligt i kolhalt börja de välla samman i allt större gyttringar — färskor — som dock, så länge koket pågår, till huvudsaklig del utgöras av stålartade järn-kolföreningar. Under koket bör man ha mycket kol i härden, eljes blir avbrännan för stor, säger Jacobsson.

Under tredje perioden — färskbrytningarna — gäller just att med spettet uppbryta i foci dessa stålartade färskgyttringar, så att deras kolhårdare partier på nytt nedsmälta och slaggfärskas, medan deras kolfattigare delar av blästern och omgivande färskslagghinnor nedfärskas till 0,02 à 0,03 % kolhalt. Bryter smeden under denna period tillräckligt länge och omsorgsfullt, så återstår till sist en massa stora färskor, genommjuka helt igenom. Under denna period behöver arbetet ej vara så forcerat, säger Jacobsson, och vanligen avstänges därför nu den Lagervallska färskbrytaren, vilken ej var uppfunnen ännu, då Jacobsson utgav sin lärobok. Vad arbetet nu gäller är att hålla färskmassan uppe över foci, och detta går för sig med glesare spettinföringar än förut. Forma och formvägg hållas med påspettningar ständigt väl rena och med kroken drar man fram mot och över foci bort mot askväggen vagabonderande färskor. Slaggen blir under detta allt kvickare och mera lättflytande, emellertid ej av den anledning man antog förr eller till följd av kemisk förändring (jämför tabell LXXIII:s siffror), utan därför att härdvärmen stiger allt mera, allt efter som mera kol förbrännes och de värmeabsorberande omständigheterna (t. ex. slagguppvärmningen) försvinna. Slaggen lossnar nu (spritter av) lätt från spettändan.

Jacobsson säger här, att »av varm bläster förorsakas varmare gång än av kall, ävenså av torra och stybbiga kol i motsats till sura. Verkningarna av varm bläster synas tydligast, då färskningen är så långt framskriden att slaggen på spettet börjar övergå från vit till gulröd, ty just då torkar den fortare upp med varm än med kall bläster. Av samma skäl får man i allmänhet bryta mindre för varm än för kall bläster.»

Då Jacobsson utgav sin lärobok stod svenska lancashiresmidet på sin höjdpunkt både såsom landets förnämsta järnframställningssätt

och såsom givande det renaste, segaste, ädlaste järn, som kunde framställas, och då förefunnos ej vidare bekymmer för, huru man skulle kunna tillverka lancashire nog billigt att kunna avsätta densamma utan mera av nog förstklassiga egenskaper att man för densamma skulle kunna få högsta pris. Och Jacobsson såväl som hans kamrater Böös och Forsberg hade funnit det senare ändamålet vinnas med »kall» bläster, d. v. s. med en bläster av c:a 100° temperatur. När därför Jacobsson här talar om varm bläster, menar han en bläster av avsevärt över 100° temperatur, och får man vidare av hans framställning klarlagt att den enligt hans åsikt övervarma blästern medför utreducerandet av järn ur slaggen, så att denna blir av surare och således mindre färskande egenskap, givande, såsom segare, en mindre god fördelning av slagg och järnfibrer i det färdiga smältjärnet och således ock ett sämre fabrikat. Ty lancashirens förträfflighet beror just på, att i densamma de »silkesfina» järntrådarna skiljas av i vällvärme lättflytande slaggfibrer. Att brytningsarbetet blir lättare = avkortat vid övervarm bläster är ju också klart, ty ju hetare det blir i härden, ju mera energiskt oxideras kolet i järnet* och ju mera »urkokad» blir den då i färskningsproceduren deltagande slaggen. Tredje perioden tager likaledes c:a 12 minuter i anspråk.

Under fjärde perioden: smältgörningen eller sänkningen så bildas å härdens slaggtäckta botten den s. k. sulan av genomfärskat järn, som genom sin specifika vikt så att säga tränger ut och undan åt sidorna den samtidigt nedsmältande nu lättflytande slaggen. Arbetet i härden går nu ut på att få alla de färdigfärskade färskorna att bit för bit smälta i formornas foci och drypa ned genom kolen till härdens botten, varje droppe skyddad mot uppkolning av det honom omgivande tunna slagglagret. Så mycket slagg måste nu emellertid förefinnas i härden, att den växande smältan överallt omgives av ett skyddslager därav, ty eljes skulle träkolsstycken komma att ligga an här och där direkt mot smältjärnet och verka återkolande på detsamma, givande upphov till mera stålartade — råtiga partier. Arbetet nu sker som Jacobsson säger »på det sättet att spettet häftigt införes mellan den sig bildande sulan och färskorna ända till askväggen med lindrig lyftande skakning, samt sedan lika hastigt utryckes, så att intet av det neddrypande smältjärnet hinner stelna fast vid detsamma». För mycket får man härvid ej upplyfta färskorna, ty då uppkolas de.

Märker man under detta arbete, att slaggmängden i härden ej räcker till att överallt täcka smältan och skydda den för återkolning, så inkastas över foci mera slagg, men »bör sådan slaggtillsats ske strax efter fullbordad påspettning, så att det får blåsa en stund innan man ånyo rör vid färskorna, emedan slaggen i annat fall kan komma ned osmält och inblandas såsom sådan i själva smältgodset, där bildande slaggkörtlar».

* Allmänna metallurgien.

Under nedsmältningen nyttjas kroken flitigt för att i focilinjen indraga alla vagabonderande färskor. Framför formorna bildas gärna av focistrålarna gropar hållande smält järn och kring desamma s. k. kragar. För att bringa detta smälta järn i fast form och hindra kragarnas uppkolning inlägger smeden över dessa ställen ett par skyfflar kall slagg, som får nedgå och verka avkylande och uppkolningsskyddande.

När smältan håller på att färdigbildas fuska en del mindre samvetsömma smeder — för att vinna i avbränna och kolåtgång — på så sätt, att de med spettet *klämma* ned i smältan de sista färskorna. Smältans överyta, som i alla fall blir av något sämre kvalitet än de undre partierna, blir därigenom synnerligen ojämn och slaggfull, men fortare färdig och av större vikt. Summa tidåtgång för en smälta är 45—70 minuter, allt efter tackjärnets färskgående och smedens samvetsgrannhet.

Spettet införes under smältgöringen allt ibland utefter formväggarna och uppbrytes där samtidigt som formorna rensas (snytas), så att smältan hela tiden bildar sig friliggande från dessa väggar.

Smältans hopslagning. Då alla färskor behörigen nedsmälts är smältan färdig. Nu frånslås blästern och med ett grovt spett samt hjälp av kamraterna uppbryter och omkastar smeden nu smältan i härden, så att dess undre sida (sulan) kommer uppåt och blästern pådrages åter ett tag, så att densamma får tillfälle att renblåsa uppsidan från möjligen kvarvarande slaggrusor. Därefter föres smältan — uttagen ur härden — på smältkärran till mumblings- eller ånghammaren, å vars städ den först behörigen putsas fri från »skommare» och råtiga delar samt därefter utsmides och avhugges till smältstycken av den vikt innevarande beställningar betinga.

En god smälta lämnar vid hopslagningen från sig en kvick, gulvit slagg över hela sin yta och är av alldeles jämn ljusfärg runt om, en dålig ojämn smälta åter är å ytan ofta för slaggfattig och har mörkare röda torra fläckar av råare (stålartat) järn, vilka partier av hopslagaren böra skoningslöst borthuggas.

Lancashirejärnets egenskaper. I form av ovällda smältstycken får järnet ej uppvisa alltför flagig yta och får ej visa några som helst råbrakor i smältstyckets kanter. Råbrakorna igenkännas lätt på sina kristalliniskt korniga ytor. Om smältstycket — för provning — skärmejslas rundt om och därefter i kallt tillstånd under hammare avslås, skall ytan ej uppvisa några som helst för blotta ögat synbara slaggsamlingar och skall den dessutom överallt visa samma grovlek på järnkristallerna utan spår av körtlar med mera stålartad textur. (Naturligtvis förutsatt, att det ej är ståljärn, som man ämnat framställa utan 1:ma mjuk, svensk lancashire). Inlagt i vällugnen skall smältstycket tåla starkaste vitvarma flottväll utan att järn (stålartat) av- eller ursmälter, och uttaget — gnistrande vitvarmt skall det tåla

vid att underkastas starkaste dimensionförminskningar i valsverk eller under hammare utan att på ringaste vis brakna. 1:ma svensk lancashire låter i vitvärme misshandla sig hur som helst utan att förlora sina goda egenskaper. Men den skall sedan ock tåla vid att kraftigt och hänsynslöst smidas och bearbetas vid alla temperaturer med undantag av blåvärme — vid vilken allt järn utom det högprocentiga nickeljärnet är skört.

Visar lancashirejärnet skörhet i värme, kan denna vara orsakad av flera omständigheter. Skörhet i vitvärme t. ex. beror i regel på i det mjuka järnet inbäddade stålkörtlar och dessas orsak är vid allt ej för ståltillverkning avsett järn — uteslutande slarv eller fusk av smeden. Vanliga orsaken härvid är att denne antingen ofrivilligt och blott av slarv låtit en eller annan ej slutfärskad färska ned- och inkomma i smältan, eller han rent av för att vinna i tid, kol och avbränna med spettet bänt ned osmälta färskor i den sig bildande smältan. Smed som vid tillverkning av 1:ma lancashire beträdes med dylikt fusk bör genast avskedas. Han passar ej som bergsman. I sällsynta fall kan orsaken till skörhet i vitvärme även vara övermått av rödbräcka orsakad av vare sig svavel, koppar eller arsenik eller två eller tre av dessa föroreningar samtidigt. Felet ligger då hos tackjärnet och malmernas behandling under rostning och i smältning och böra då hyttingenjören och masmästaren hållas efter, såvida de ej tvingats att använda malmer, som hellre bort stanna kvar i gruvan eller å gruvbacken än sättas upp på rostugn och i masugn. Från Grythytte bergsslag och flere år tillbaka kan författaren anföra ett fall, där hyttingenjör oeh smidesmästare orättvist fingo uppbära allt klander för en disponents och en gruvingenjörs tilltag i denna väg.

Men ett lancashirejärn kan också vara lortmjukt och brakna till följd av detta. Sådant inträffar tyvärr alltför ofta numera och orsakas i många fall av en kombination — bruksstyrelsens vinstbegär + smedernas lättja! Till smedjan levereras alltför lättfärskat tackjärn! Ju lägre kolhalten är hos tackjärnet, ju hastigare förlöper förstås färskningen i lancashirehärden, och ju trevligare tycker smeden det är, tidsåtgång per smälta blir mindre och likaså avbränna och kolåtgång per ton framställda smältstycken. Smeden tjänar i summa produktion, överkol och överjärn och bruket med honom — tills klagomålen för levererat råtigt järn börja inströmma. Är tackjärnets kolhalt för låg och smeden ej redan under nedsmältningarna börjar och sen fortsätter ett ivrigt brytningsarbete, så blir ej blandningen av järn och slagg så fullständig, som den bör vara i 1:ma svensk lancashire. Slaggen kommer att bli ojämnt fördelad i järnet, en del järnlameller bli nästan slaggfria — grovtågiga, en del åtskilda av för grova slaggtrådar och »kvasta isär sig» vid vridningar och böjningar i kallt tillstånd — stångjärnet får vid sådana påkänningar lätt längsgående kallbrakor. Nå, orsaken till tackjärnets låga kolhalt är

förstås för hög malmning på hyttan. För hög malmning ger ej givet till resultat grön slagg och blåsigt vitt järn. Jag kan ju öka blästervärmen, så får jag tätt tackjärn i alla fall, isynnerhet om jag gör slaggen någon liten grad surare. Jag får in litet mera kisel i järnet* — kanske ock litet mera mangan, men hyttjournalen visar vackert resultat, tackjärnet blir billigt — och smeden får arbeta kanske fullt ut lika mycket som förut. Är saken hjälpt med det? Nej, ty härdslaggen blir surare eller, om manganhalten ock ökats, i alla händelser järnfattigare och ej mera av denna utomordentligt lämpliga sammansättning, som utgör svensk 1:ma lancashires förnämsta förtjänst, nämligen att densamma, huru man än må upphetta den till väll, fort eller långsamt och hur man än sen må tillsmida den, så väller den dels vid stycke vid stycke lancashire vid lancashire eller lancashire vid stål i fullkomligt överallt adhererande svetsfog, dels förlorar den ej sin »body», huru många gånger den än omsmides. Äro åter de mellan de silkesfina järntrådarna liggande slaggtrådarna för grova, eller av olämplig kemisk sammansättning, eller äro järntågorna i och för sig grova, så de kunna vid bränning ge »grovkristalliniskt» brott, så farväl med bodyn! Härmed vill författaren ej säga att ej även allra finaste och mjukaste svenska lancashire kan brännas grovbladig. Det kan den visst, om upphettningen i vitvärme får pågå utan upprepad bearbetning så länge, att de ursprungliga fina slaggtrådarna hinna i det sig uppluckrande järnet samla sig i korn och droppar, då de ursprungligen silkesfina järntrådarna ock få tillfälle grovtågigt välla hop och tvärkristallisera givande upphov till grovbladiga brott och sedan i i vanlig temperatur skört järn.

Inte hjälper det heller att malma bra och samtidigt öka limpåsättning och blästervärme, om man ej rättar allt efter tackjärnets kolhalt. Nej, hyttingenjören bör vid lancashiretackjärnsblåsning ständigt hågkomma: så billigt tackjärn, som möjligt, med under 0,015 % S men med minst 4 % C. Begär så smidesmästaren mera lättfärskat kolfattigare järn må han på egen risk få det, det blir då hans sak att sätta feberfart i råbrytningsarbetet i härdarna. Gör han det torde brukets gamla välkända lancashirestämpel ej sjunka i anseende i alla fall.

Emellertid tyckes det, som borde under visst villkor en litet ökad manganhalt kunna tillåta avsevärd minskning i tackjärnets kolhalt, ty smeden måste då arbeta mera energiskt för att få nedkolat, dock skulle man för att i så fall få rätt sammansättning på härdslaggen då i härden tillsätta lagom kvantum manganfri, möjligast rik järnmalmslig. Följden bleve en överproduktion av slagg i härden, men överskottsslaggen finge man tillgodogöra sig på masugnen. Svårig-

* Härvid erhålles stundom hel- eller halvvitt tackjärn med temperkol avskilt i det vita järnet, ask- eller sotjärn. Detta avskiljande av temperkol är orsakat av för stor kiselhalt.

heten ligger nog i att avpassa detta »lagom» och att finna rätta tidpunkten för malmpåsättningarna. Malmsligen skulle troligen inströs på kolen under råbrytningarna.

För fosforns* verkan till kallbräcka är det mjuka lancashirejärnet vida okänsligare än vad den mjuka och än mera än vad den hårda götmetallen är och detta även ledes beroende på slaggtrådarnas hindrande av grövre kristallbildningar. Och som den fosforhaltiga slaggen och det fosforhaltiga järnet besitta egenskapen att göra lancashirejärnet eldvekt, d. v. s. såväl lättbearbetat i värme och givande synnerligen fina och pålitliga vällfogar, så föredraga handsmeder mera fosforhaltig lancashire framför fosforrenare för många ändamål, däribland vid utsmidning av verktyg och föremål som skola stålbeläggas, t. ex. liar och dylikt.

Ståljärnstillverkningen. Denna, som bedrives så gott som uteslutande i Dannemora bergslags lancashiresmedjor, går ut på att lämna ett lämpligt material till bränn- och degelstålsberedning, och då detta material således sedan skall återkolas, så gör det förstås ingen skada om en del mera stålartat järn förefinnes i det utsmidda stångjärnet.

Tackjärnets sammansättning är: C = 3,80—4,35, Si = 0,10—0,21, S = 0,045—0,050, P = 0,015—0,020, Mn = 1,75—2.75, Cu = 0,04—0,14, As = 0,018—0,020 allt i %.

Vad man i främsta rummet begär är fosforrenhet. En viss manganhalt (kvar i det färdiga järnet) är önskvärd och av denna anledning så använder man sig av manganhaltigt tackjärn. Genom att detta är manganhaltigt kan det ock få hålla litet mera svavel än det tackjärn, som avses för 1:ma mjukt stångjärn, ty dels märkes i det färdigsmälta manganhaltiga degelstålet ej som rödbräcka en svavelhalt av 0,015 %, dels renar manganen redan i lancashirehärden i viss ej obetydlig grad från svavel. Den ökade manganhalten för emellertid med sig något ökad avbränna och mycket ökat arbete (i banko dyrare arbetslöner) samt i betydande grad ökad kolåtgång. Från ett dannemoraverk har så till Bergshögskolan angivits:

vid stållancashire: arbetslöner 9 kr, kolanslag 50 hl,
» järnlancashire: » 6 » » 26 »

En smälta tager vanligen 75 minuter. Vanliga kolåtgången är 44 à 45 hl per ton, stjälpt mått, 31 hl i mätt mått. Veckoproduktionen per härd 13,2 ton och avbrännan 12,4 à 13 %. Kolpriset per ton smältstycken står i 33,75 kr vid ett pris av 15 kr per 20 hl, tackjärnspriset 80 kr per ton tackjärn. När härtill ytterligare kommer att ståltackjärnet är dyrare i framställning och att avbrännan i vällugnen blir större å stålsmältstyckena än å järnsmältstyckena samt stenkolsåtgången i vällugnen blir högre för de förra än för de senare,

* Lancashiresmidet renar i viss grad från fosfor. Så bortgår t. ex. vid ett bruk i Nora bergslag av tackjärnets fosforhalt = 0,045 %—0,008 à 0,010 % P.

så behöves nog att ståljärnet av avnämare i England betalas med så mycket högre pris.

Förbättringar och omändringar vid lancashiremetoden till åstadkommande av en billigare produkt.

Hit kunna räknas tillvaratagandet av den fallande härd- och hammarslaggen, varmed de första verligen lyckade försöken i större skala gjordes under 1870-talet vid Robertsfors och Skönarbo masugnar. Såsom av förut anförda analyser visas utgör lancashireslaggen en utomordentligt rik malm, vartill kommer, att den är synnerligen lättreducerlig. Som emellertid i densamma dels, som vi sett, ingår en del av tackjärnets fosfor, dels även all den fosfor, som träkolen medför in i härden, så medför uppsättandet av den fallande lancashireslaggen vid eljes mycket fosforrena beskickningar en om än långsamt fortgående ökning i tackjärnets fosforhalt, vilket ökande inverkar kvalitetförsämrande åtminstone vid de fosforrenaste sorterna t. ex. ståljärnet. Där all fallande härdslagg tillvaratages och förhyttas motsvarar densamma en minskning i malmåtgången av 11 à 12 % per år och således en avsevärd besparing.

Användning av kolstybb och av torvkol. Som träkolens avstybbning är högst betydlig, har man vid en del smidesbruk gjort försök med att insätta stybben i härden och trott sig se en möjlighet härför i att träkolen ju i alla fall söndermalas till stybb under arbetet i härden. Försöken ha emellertid utfallit föga tillfredsställande till följd av den mängd sand, stybben vanligen innehåller och vilken gör slaggen i härden surare och ökar avbrännan. Vid ett par verk har man haft tillgång till stybb, som varit i det närmaste sandfri såsom kommande från kol kolade i sågverksmilor täckta med sågfrat, men även då har det visat sig synnerligen svårt avpassa insättningstiden rätt, och har stybben givit upphov till än mera farlig gnisterkastning från smedjans skorsten. Torvkol äro ock försökta vid flera bruk under tider av stor träkolsbrist. Så t. ex. vid Baggå och Hammarby, där resultatet dock blev både i röd- och kallbräcka sämre lancashirejärn samt i härden en lerjordshaltig olämplig färskslagg. Vid Haddebo åter, där man hade tillgång till svavel- och fosforfriare torvkol (fru Angels), fick man visserligen ej sämre produkt i avseende på röd- och kallbräcka, men även där blev slaggen av olämplig sammansättning, så att järnet blev både slaggigt och råtigt och vid alla tre bruken visade sig torvkolen ge så mycket slagg att dylik måste tappas ur härdarna under hela brytningstiden varjämte formorna oupphörligt snorade och måste snytas.

Chargens förstorande länder i regel även till i ekonomiskt avseende bättre resultat, men ökar man tackjärnspåsättningarna för mycket, så orkar ej smeden genomarbeta massan så väl, att prima produkt erhålles. Vill man ha bästa produkt bör man därför ej ha

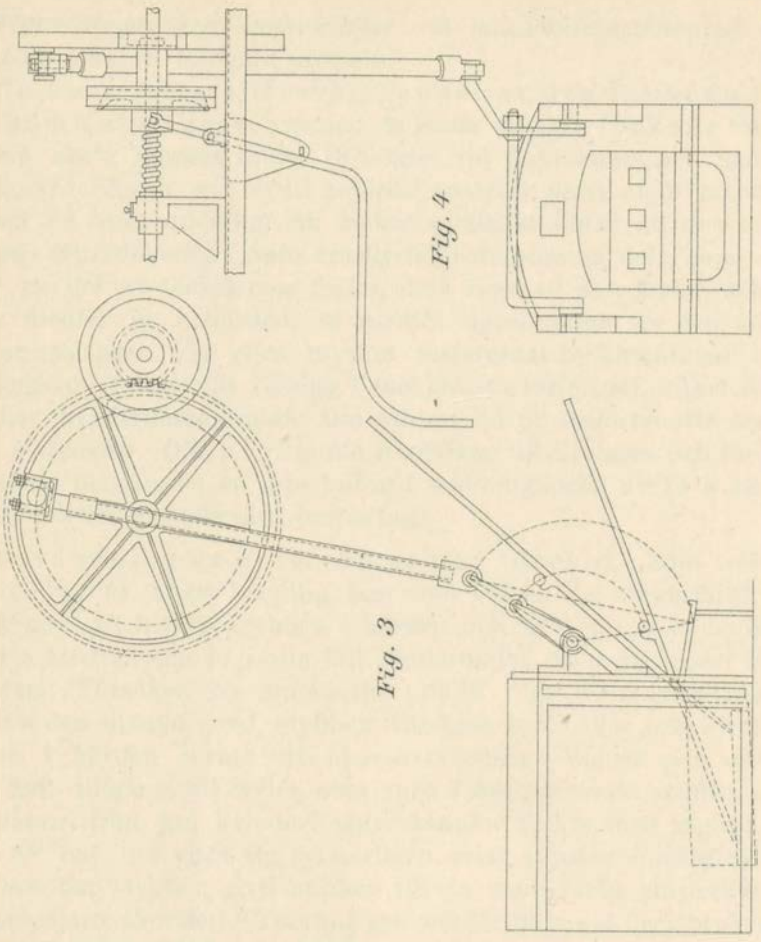


Fig. 4

Fig. 3

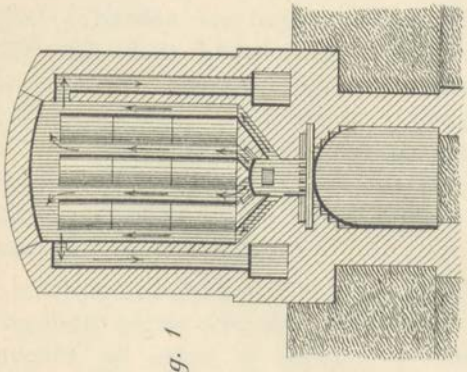


Fig. 1

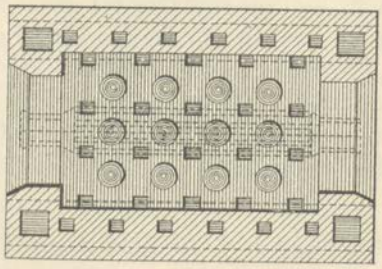


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

större charger än 145 kg i två- och 160 i treformshärdar säger G. A. Forsberg.

Hjälpbrytarna. Det har flerfaldiga gånger förutsagts, att lancashiremetoden snart skulle försvinna, så t. ex. när puddelprocessen började få sin ofantliga utveckling utomlands, och när bessemerverk i kanske något för stor utsträckning kommo till utförande här hemma, men i båda fallen visade sig domen förhastad, ty lancashirejärnet, slaggfattigare än puddeljärnet och slaggrikare än bessemerjärnet, visade sig för många ändamål vara båda överlägset i godhet och lämplighet, segare och renare än det förra och mera lättbearbetat och lättvälldare än det senare. Först då den basiska martinmetoden kom till stor spridning utomlands blev lancashirens avsättningsmöjligheter på allvar förminskade, ty man erhöll med denna metod ett material, som med stor mjukhet, seghet och lättvälldhet förband en prisbillighet, som syntes göra all konkurrens hopplös. Då framträdde emellertid Y. Lagerwall år 1885 med sin uppfinning, färskbrytaren, som åt lancashiremetoden gav nytt liv, genom att densamma möjliggjorde en billigare och dock fullgod tillverkning. Denna mekanism, se pl. LXIV, fig, 3 o. 4, består av en svängbar arm eller bygel, helst av smidesjärn eller stål, anbragt å framsidan av härden medelst lagerbockar, i vilka armen genom tappar är lagrad. Å ena sidan är armen utdragen och försedd med lagergång för en vevstake, som förbinder armen med en tapp å ett kugghjul. I detta kugghjul ingriper en kuggtrilla, vilken är sammangjuten med ena halvan av en friktionskoppling, vars andra halva kan från- och tillkopplas medelst en vinkelformad hävstång. Då friktionskopplingen är tillkopplad, driver kuggtrillan kugghjulet, som då medelst vevstaken tilldelar armen en bågformig rörelse fram och åter. Spettet är försett med en nabb eller ett hak, och då smeden placerar spettet i det övre läget, föres detsamma av armen vid dennas nedgående längre in i härden, varvid spettets ända alltid följer härdbotten, och sedan spettet intagit sitt lägsta läge, behöver smeden blott bryta upp, under det armen går tillbaka.

Lagerwalls färskbrytare omändrades något senare av Holmberg vid Ljusne på så sätt, att den kompletterades med även en annan arm, som, då spettet av den förra armen införts, bänder ned dess utanför härden befintliga del, då spettändan inuti härden uppbrytes. Vid användning av denna, den s. k. dubbla färskbrytaren har smeden under en viss del av smidet ej annat att göra än att styra spettet. En del bruk använda Lagerwalls, en del Holmbergs konstruktion.

Angående den besparing den Lagerwallska färskbrytaren medför, skriver H. Tholander, att man t. ex. vid Boxholm genom densamma kommit upp i en tillverkning av 850 ton smältstycken per härd från den förutvarande av 752 ton, på samma gång som avbrännan minskats från 14,18 till 11,02 % och kolåtgången även ledes minskats från 3,19 hl

till 2,62 hl. Vid ett annat bruk, som besökts av Bergshögskoleeleverna, fingo vi ur brukets böcker taga del av att där vid införandet av Lagerwallska färskbrytaren steg chargestorleken från 135 kg till 145 kg,* vilket ökade veckoproduktionen per härd från 14,4 till 16 ton, medan manskapet per härd minskades från 4 smeder och 2 drängar till endast 4 smeder. Detta senare sänkte arbetspriset för smältstyckena med 1 krona per ton. Hjälpbrytareanordningen betalte sig där på kortare tid än två år.

G. A. Forsberg har för att ännu mera underlätta smedernas arbete konstruerat en plåtskärm, som vid behov kan nedhissas framför härdens arbetsöppning och vilken skärm hålles avkyld medelst nedrisslande vatten. Utom det att denna skärm gör arbetet — isynnerhet sommartiden — behagligare, så medför den även en viss grad kolbesparing, emedan den hindrar för mycket luft stryka fram över kolen i härden.

Att genom att insätta tackjärnet i flytande form i härden bör kunna sparas i både tid och kolåtgång ligger för öppen dag, och redan för länge sedan utförde G. A. Forsberg samt bruksförvaltar Wallerstedt försök i denna väg vid Sörfors bruk. Järnet tappades vid den 40 m från härdarna belägna masugnen i en skänk placerad å en vagn med decimalvåg och fördes i denna till härdarna, men som skänken ej mellan intappningarna i härdarna hölls eldad med masugns- eller annan gas, bildade sig i densamma tjocka skänkskollor. När härtill lägges, att masugnsgången var tämligen ojämn, så att smederna ömsom finge hårdsatt, ömsom för nödsatt tackjärn, så förlorade man mera än man vann med denna metod.

Vid Jädraås bruk har på senare år ävenledes blivit gjorda försök att insätta ej blott smält tackjärn utan rent av i särskild flamugn förfärskat sådant, C. W. Tideströms uppfinning. Hela smälttiden nedgick då från smälta till smälta till 35 minuter och kolåtgången till 18 hl per ton. Som emellertid hyttan vid detta bruk ligger långt från lancashiresmedjan, så kunde flamugnen ej eldas med masugnsgas, varför vinsten blev obetydlig. Otvivelaktigt borde försöken upprepas vid ett bruk, där i mixer eller martinugn eldade med masugnsgas, tackjärnet kunde nedfärskas till c:a 2 % kol och sedan tappas i härd för färdigfärskning och genomarbetning med slagg. Att det senare arbetet i så fall måste drivas ytterligt energiskt är nog säkert, om produkten skall bli 1:ma, men med de högre pris, som träkolen nu betinga, skulle man få en betydligt billigare lancashire än den nuvarande. Slaggsammansättningen finge regleras med malmsligpåsättningar. Det som nu säges kan synas strida mot vad förut sagts om nödvändigheten av att ha över 4 % kol i martintackjärnet, men här komme en annan faktor att spela in nämligen högre

* Vid Jädraås, där dubbla färskbrytaren användes, ha påsättningarna 185—200 kg vikt, vid 120 mm blästertryck och 200—280° blästertemperatur.

Fig. 1

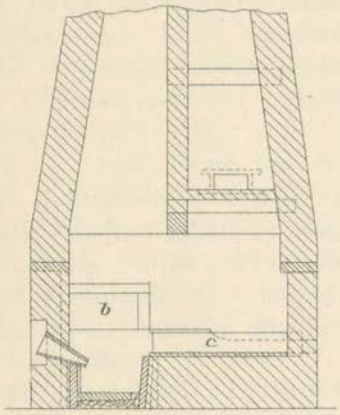


Fig. 2

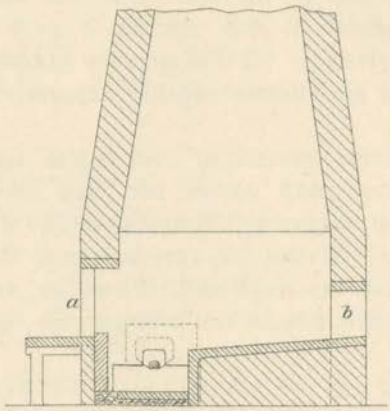


Fig 3

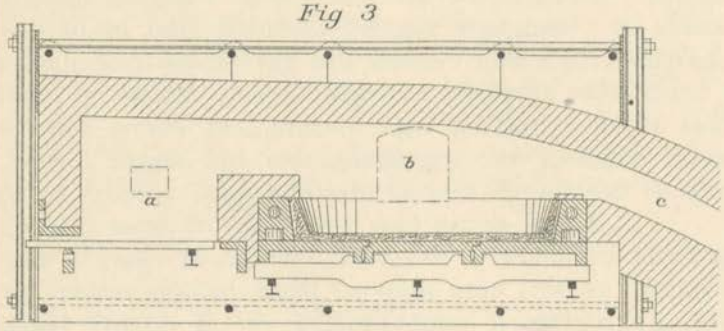
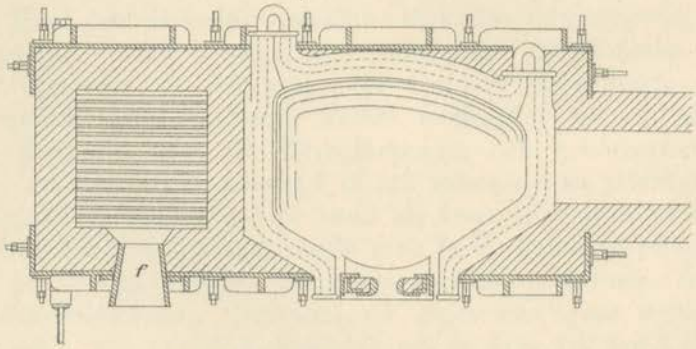


Fig. 4



Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

badvärme, varjämte man då ock kunde göra vissa tillsatser före avtappandet från förfärskningsugnen.

Genom nedsmältning av smidesjärnskro vinnes ävenledes i tid och kolåtgång. Om enbart mjukt skro insättes sparas 40 % av kolåtgången, sätter man åter in underst halva vikten väl förvärmt skro och därpå halva vikten d:o tackjärn brukar man spara 25 % av kolen. Till detta slags smide torde man kunna räkna det nya med järnsvamp. Enligt G. A. Forsberg* ställde sig lancashireresultaten med Höganäs järnsvamp jämförda med dem av tackjärn och i samma härd sålunda:

	med järnsvamp	med tackjärn
medelavbränna	20,0	13,3
träkol per ton smältstycken	18,5	29,2
tid i minuter per 100 kg smältstycken	35	47,5

Således en betydligt ökad avbränna, troligen delvis orsakad av ej fullt in i kärnan färdigreducerade malmsligkakor, dels ock av sligans bergartshalt (1 % syre och 1,5 % bergart). I tid och träkolsåtgång vinner man som synes avsevärt, och produkten lär bliva 1:ma lancashire, vilket den åter ej blir vid skrosmältning, ty då får man ett mer eller mindre ojämnt och körtelartat järn. Något större slagghalt anser Forsberg troligt, att svamplancashiren kommer att innehålla, men bör man för densammas beredande använda 3-formshärdar.

Lancashiresmältstyckena vällas alltid i vällugn.

C. Vallonmetoden.

Härdens konstruktion och härdställningen. Vallonhärden är, såsom äldre, av enklare konstruktion än lancashirehärden (se Pl. LXV, fig. 1 och 2). Den har endast en forma och en arbetsöppning (*a*). Mitt emot arbetsöppningen finnes i väggen över askhällen en öppning (*b*) nog bred och hög att genomsläppa två bredvid varandra lagda tackjärnsgösar. Härdstommen är murad, men själva härden begränsas likasom i lancashirehärden av tackjärnshällar vilka benämnas:

Bottenhällen 510 × 590 × 50 mm,
Formhällen 265 × 655 × 50 » , över vilken forman »mular» in,
Askväggen 455 × 680 × 60 » , bakerst i härden,
Blåshällen 365 × 675 × 50 » , mitt emot forman,
Brasshällen 570 × 265 × 50 » , lutande häll på vilken gösarna skjutas (brassas) in och

Lackhällen, utanför arbetsöppningen.

* Se J. K. A. 1911, sid. 483.

Härden omställes en gång i veckan, forman åter justeras däremellan 2 à 3 gånger, varvid härden renöses. Smederna ställa på något varierande sätt, och anföres här ställmått i mm och grader från trenne av de förnämsta bruken:

	N:o 1	N:o 2	N:o 3
Härdens djup	200	200	200
» längd	543	570 540	545
» bredd	740—790	790 817	790
Lackhällens höjd över askväggens överkant	68	80	75
Avståndet mellan lackhäll och askvägg vid formsidan	816	816	817
Avståndet mellan lackhäll och askvägg vid blåsväggen	804	800	786
Askväggens lutning inåt härden	2°	2°	1°
» överkants höjd över formväggens d:o	166	185	170
Formhällens lutning inåt härden	2°	1°	$1^1/_2$°
Vinkeln mellan formhäll och askvägg	92°	91°	92°
» » askvägg » blåsvägg	88°	89°	88°
Avståndet mellan formhäll och blåsvägg vid askväggen	561	560	558
Avståndet mellan formhäll och blåsvägg vid lackhällen	555	545	533
Blåsväggens lutning utåt	5° à 6°	8°	4° à 5°
Avståndet från formhällens överkant till botten	185—200	200	200
Botten lutar från formvägg till blåsvägg	1°	1°	0°
Forman inskjutes i härden vid sura kol	68	90	85
» » » » » torra »	80		
Formmynningens stupning	9° à 10°	8° à 10°	10°
Formcentrums avstånd från askväggen	292	300	293
Avståndet mellan tätt- och formmynning	100	100	100
Formans stupning	10°	12°	10° à 14°
Formmynningens höjd	35	37	36
» bredd	53	56	57
Brasshällens lutning allt efter tackjärnets lättsmälthet			6° à 10°

Angående olika ställmåtts betydelse för gången av färskningen får man bland annat höra vallonsmederna uppgiva att om formhällen lutas mera in över botten får man varmare gång i härden och tvärtom, om brasshällen och gösarna stupa mycket, så smälter för mycket järn på en gång och om de stupa för litet avsmälter ej nog med järn. I senare fallet få gösarnas ändar på överkanten bildning lik-

nande »fiskstjärt», i förra fallet se ändarna ut som vore de tvärt avhuggna.

Tackjärnet och slaggen. Vallontackjärnet gjutes alltid i form av långa gösar 4—5 m långa, 90 mm tjocka och 250 mm breda för vilka rännor uppformas i hyttans sandgolv. Gösarnas vikt är något variabel från (200) 400 upp till 1000 kg. Genom att de gjutas i sand få de på undersidan en tjock sandskorpa, vilken till större delen måste bortskaffas, om ej avbrännan skall bli alltför stor och sker detta på så sätt, att de först nödtorfteligen avskrapas och därefter få ligga ute lång tid i ur och skur och frost och till sist åter avborstas.

Smederna önska helst ett grovgnistrigt helvitt järn med i gösens kärnmassa befintliga grova mörkgrå hagel. Är gösen ända igenom helvit och av finkornigare gry, så är järnet vanligen för svavelhaltigt och tages då tillsammans med denna gös en annan av helvitt flisigt brott (mera manganhaltig). Men blandningen blir då mera trögfärskad, än vad det hagelsatta järnet är, ty den högre manganhalten minskar dels slaggens färskningsförmåga, dels gör den att järnet håller fastare kvar sitt bundna kol. Dess sammansättning har vid två av de förnämsta bruken angivits i % variera mellan: C (kem. bund.) = 3,15—4,10, Gr = 0,86—0,04, Si = 0,14—0,24, S = 0,012—0,033, P = 0,013—0,016, Mn = 0,66—1,00, Cu = sp.—0,025, As = 0,011—0,020.

Färskslaggernas sammansättning är i vallon mycket varierande allt efter gösarnas sand- och manganhalter och själva sandens kemiska sammansättning, och hava vi vid resor till vallonbruken fått avskriva analyser visande i %: SiO_2 = (4,6 ?)—12,2, Al_2O_3 = 1,8—2,2, CaO = 2,1—3,3, MgO = 2,2—4,4, MnO = 7,2—10,4, FeO = 71,7—75,6, S = 0,0—0,11. Så mycket kan man emellertid säga, att de i regel hålla mindre järnsyreföreningar och mera manganoxidul och kiselsyra än lancashireslaggerna, varför de verka mindre kraftigt färskande än de senare. Som vallonmetoden emellertid ej går ut på tillverkning av mjuk produkt utan på ett järn med inblandade stålkörtlar, så gör det ej så mycket, att dess slaggs färskningsförmåga är något lägre.

Träkolen som användas utgöra vanligen en blandning av skogs- och sågverkskol. Enbart skogskol giva, om de äro lösa och stybbiga, lortiga (»suddiga») smältor, enbart fasta ribbkol åter för hårda smältor.

Processens praktiska utförande. Gösarna påföras upplagda på rullar (kovalt) genom det s. k. göshuset (ett bakom härden murat valv) stupande ned i härden och så långt fram att av gösarnas smältändar kommer över forman så stor del, som behöver avsmälta för bildandet av en smälta. Och som de ej utdragits ur härden under föregående smältas färdiggörande, så äro ändarna så heta att tackjärn genast börjar avsmälta och genom focus neddrypa mot härdbottens slagglager, varvid kisel och en del mangan oxidera. Brytningarna börja genast men ej vidare energiskt, ty man vill ej bryta på kok. Spettet föres utefter botten fram från lackhällen till askväggen, alldeles som

vid lancashire, men brytningen göres mot forman, ej rätt upp, och forma och sidor brytas allt emellanåt väl fria från vidfästande järn och slagg. Med brytningarna fortsätter man tills härden är full av färskor, och under hela tiden samt även under smältgörningen fortsätter tackjärn att avdrypa från gösändarna. Då nog med färskor erhållits börja tvenne smeder uppbryta alla färskorna, då det neri härden av den kvickflytande slaggen bildas ett slaggbad, i vilket sulan och smältan få bilda sig av det i focus från färskorna avsmältande järnet. Hela tiden smältan pågår att bildas hållas färskorna nödtorfteligen upplyftade fria från densamma. Även härunder avdryper tackjärn, som blandas med färskjärnet åstadkommande hårdare körtlar och korn. Tidsåtgången för en smälta är varierande med tackjärnets manganhalt men vanligen 40 à 50 minuter. Blästern är kall och har 100—120 mm pression.

Smältans hopslagning tillgår så att den, då den uttagits, vändes upp och ned på städet, ty översidan, som till följd av formans stupning är mycket skålformig, håller alltid en massa kolstycken och slagg, som ej få insmidas i smältstyckena. Vanligen får man två smältstycken av varje smälta och dessa smältstycken avhalsas något under en tvärräckhammare innan de föras till räckhärden. Halsen tages vid Österby mitt emellan ändarna, vid Harg åter så att ena kolven blir längre än den andra.

Produktionssiffror. Per härd erhålles 9 à 10 ton smältstycken i veckan. Kolanslaget är 90 hl per ton, verkliga kolåtgången åter — mycket varierande — angives i stjälpt mått vid tre olika verk till resp. 80, 85 och 88 hl, efter mätt mått åter till 60, 64 och 66 hl* per ton smältstycken. Avbrännan varierar allt efter tackjärnets manganhalt mellan 8—12 och 16 %. Det senare dock ytterst sällan. Omkring 12 % är den vanligaste.

Vallonsmältstyckenas vällning och uträckning. Som detta arbete likaledes försiggår i härd och bland träkol, så beskriver jag det redan här, ehuru det egentligen hör hemma under kapitlet vällning, d. v. s. i slutet av läroboken.

Räckhärdens konstruktion är i mycket påminnande om vallonhärden, i det att även den är en enforms enkelhärd, men förbränningsgaserna få ur denna härd avgå genom en öppning uppe vid valvet, mitt emot forman, in i en förvärmningsugn liknande en liten vällugn, vari smältstyckena få sin första tillvärmning. De för härden lämpligaste huvudmåtten äro (i det de avvika från vallonhärdens):

Höjden från formans mittlinje till botten	206	mm
Avståndet » » » » askväggen	620	»
» » » » » bakväggen	312	»
Formhällens lutning inåt	2°	

* Vid ett verk arbetande med uteslutande Norrlandskol till 70,8 hl.

Formans inskjutning i härden	50 à 65 mm
» stupning	21°
Formmynningens höjd	25 mm
» bredd	41 »
» underskärning	4°
Tättändans avstånd till formändan	100 mm
Botten lutar från forman	3°
Blåsväggen lutar bakåt	8°
Förvärmningsugnsrummets bredd	855 mm
» » höjd	250 »
» » längd	2200 »

Blästerpressionen är 60—90 mm* eller över, om så behöves för ökad produktion.

I härden vill man helst ha fasta ribbkol, fasta emedan lösa kol ge odrägligt med stybb i härden vid styckenas oupphörliga ut- och inskjutande samt vid deras kringvridande i härden, ribbkol emedan dessa täppa bättre och så hålla ned och sprida vällvärmen vida bättre än de luckert liggande cylindriska skogskolen.

Arbetet i härden tillgår något olika vid olika verk men beskrives här nedan efter tillvägagångssättet vid ett av de förnämsta.

I härden värmer man samtidigt 4 smältstycken, varav 3 äro nedstuckna i kolen framför forman och det fjärde ligger överst i kolen i den från focus upprusande skarpa lågan. Av de tre är det mittersta placerat just mitt i focus och får full gnistrande vällvärme, medan de två andra ligga på förvärmning, och då detta mitterstas för väll utsatta parti kommit till full hets uttages stycket och utsmides till stångform å den vällda delen. Vid det bruk, där ena kolven, som ovan nämnts, tages något längre än den andra, är det den längre som uträckes först. Sedan inlägges den outsmidda kolvändan åter i förvärmningsugnen och nästa stycke, som under tiden fått sin ena kolv välld, utsmides och så undan för undan. När så alla styckena på det sista när fått sina ena ändar uträckta till stänger, inläggas de efter vartannat som 4:de i härden på kolen och flyttas allt närmare samt slutligen in i focus stångkolv för stångkolv, vällas och uträckas, varvid som slutprodukt erhålles färdigräckta stänger dimensionerade i engelska tummått.

Varför detta stångjärn uträckes efter engelskt måttsystem är, att större delen därav går till Englands degelstålverk i och för fabrikation av världens finaste och bästa verktygsstål.

Luppsmältorna. Genom att tackjärnet i vallonhärden får avsmälta hela brytningarna igenom, blir såsom förut påpekats en del av dessa härdars produkt bestående av hårdaste stål upp nära nog till tackjärns sammansättning, och betraktar man en vallonsmältas sammanslagning under hammaren, samt är van att se, huru gnistorna se ut

* Vid ett bruk angiven till 120 mm.

vid sammanslagningen av en lancashiresmälta och dessutom är van bedöma en martintappnings kolhalt efter gnistornas utseende, så är det ett rent nöje åse hopslagningen av en vallonsmälta först och ett vallonstycke sedan. Vallonsmältans gnistor visa från olika ytpartier ända från tackjärnets stora fräsgnistor ned till lancashirejärnets mjuka punktformiga korngnistor, och vallonstycket, kommande från räckhärden, punktgnistorna upp till de stora gnistor som synas vid tappande av 1,25—1,30 % C-stål. Och slår man av den utsmidda, kallnade vallonstången återfinner man grynutseenden från 0,02 upp till 1,30 ja högre kolhalter blandade om varandra, d. v. s. från finaste silkeståg över grovbladigt till fingryigt stål. Smältstyckenas kolrikaste delar åter — från 4 % C och ned över till c:a 1,30 % C hava i räckhärdsvärmen ursmält ur styckena och neddrupit i slaggen å härdens botten, där de dels av slaggen, dels av den stupande blästern färskats och småningom bildat en kaka = luppsmältan, som för var tredje eller fjärde smältas smältstyckens färdigräckning uppbrytes, uttages ur härden och uträckes till stycken som i sin tur och ordning vällas och uträckas. Förr såldes dessa luppjärnsstänger som »sekunda Dannemora», men sen man numera funnit, att de i regel äro lika fina i fosforavseende som priman, gå de samman med denna. Vallonmetoden renar från fosfor lika väl som från svavel.

Vallonjärnets sammansättning och smidets ekonomi. Å vallonstångjärnets sammansättning hava vi under resorna erhållit följande analyser från 3 stycken Dannemorabruk:

	%	%	%
C . . .	0,09 —0,75	0,02 —1,20	0,09 —1,33
Si . . .	0,04 —0,037	0,04 —0,07	0,05 —0,08
S . . .	0,003—0,009	0,004—0,007	0,007—0,009
P . . .	0,010—0,012	0 010—0,011	0,009—0,013
Mn . .	0,12 —0,17	0,10 —0,14	0,14 —0,15
Cu . .	0,008—0,010	ej best.	0,010—0,011
As . .	sp. —0,035	» »	0,021—0,063

Under bergsskoleresan år 1912 meddelades oss benäget även följande ekonomiska siffror angående vallonsmidet:

En dec. ton smältstycken erfordrar av tackjärn	1,1268 d. t.
» » » stångjärn » » » smältstycken	1,0741 » »
» » » » » » tackjärn	1,2103 » »
För en dec. smältstycken åtgår av kol	7,0800 hl
» » » stångjärn från smältstycken åtgår av kol . . .	4,4675 »
» » » » » tackjärn » » »	12,0675 »
Avbrännan är från tackjärn till smältstycken	11,253 %
» » » smältstycken till stångjärn	6,900 »
» » » tackjärn » »	17,376 »

Produktionen från en vallonräckhärd uppgår per vecka till c:a 22 ton.

Vallonjärnet är svenska järnhanteringens dyrbaraste råjärnshantering, i det att smältstyckenas tillverkning går till c:a 170 kr per ton och stångjärnets till c:a 260 kr per ton och dock fortlever hanteringen, visande vad finaste kvalité betyder även i detta jobberiets och humbugens tidevarv!

D. Puddlingsmetoden.

Om denna till synes överallt utdöende metod behöver ej i en svensk järnets metallurgi anföras mera, än vad författaren av denna bok anförde i Wiborghs metallurgi och avtryckes därför här det som i densamma skrevs med endast några få och kortfattade tillägg.

Ugnens konstruktion. Numera användas endast fasta puddelugnar och dessa av i de allra flesta fall ej regenerativ* eller rekuperativ** konstruktion, utan av den vanliga flamugnstypen, men som arbetet — rablingen — i puddelprocessen är mycket ansträngande, så har man förr även försökt diverse konstruktioner med roterande härdrum i puddelugnarna varav den första var svensken Östlunds,*** som senare följdes av Danks† och Pernots,†† m. fl.,††† men vilka ugnstyper ävenledes såsom överallt bortlagda nu endast äga historiskt intresse och därför här ej beskrivas, utan åtnöjer jag mig med att genomgå konstruktionen av endast den enkla fasta puddelugnen dock omnämnande, att av denna funnits och troligen ännu finnes en s. k. dubbel form d. v. s. med tvenne i stället för en arbetsöppning.

Den enkla puddelugnens vanligaste konstruktion framgår av pl. LXV, fig. 3 och 4, och består ugnen av tre huvuddelar, varav *a* är eldstaden 0,9 × 1,0 m med bränsleinmatningsluckan *f*, *b* arbetsrummet eller härden och *c* fuchsen eller skorstensöppningen. Härden utgöres av ett pannliknande rum 1,2—2,1 m långt och 1,6—1,7 m brett, bildat av den tjocka »sulplattan» (bestående av tjocka tackjärnshällar), en på denna liggande ihålig med vatten avkyld tackjärnsram 0,13—0,4 m hög samt av murade fram- och bakväggar. Denna härd eller panna inklädes utomlands endast med rikaste järnmalm eller med något annat på järnoxid rikt ämne, såsom uppoxiderad puddelslagg. I Sverige vid Surahammar åter har man den omnämnda ringen massiv och bottenhällarna täckta av ett tunt skift Bjuv-F tegel, varpå puddelslagg insintras. Fodret insintras på det sättet, att det i bitar utbredes över botten,*† samt då det i hettan veknat, medelst en rabel utbredes

* Regenerativa puddelugnar se J. K. A. 1862 sid. 134, 1864 sid. 56, 1875 sid. 107, 1876 sid. 280, 1889 sid. 278, 1889 sid. 280.

** Rekuperativ se J. K. A. 1891, pl. IV.

*** J. K. A. 1859, pl. 1.

† Se J. K. A. 1874 sid. 286, 1876 sid. 50, 1877 sid. 267, 1878 sid. 153.

†† J. K. A. 1875 sid. 107, 1876 sid. 56 och 202, 1878 sid. 152, 1877 sid. 554.

††† J. K. A. 1879 sid. 212, 1876 sid. 52 och 287, 1877 sid. 269, 1881 sid. 143.

*† Vilken, om den ej är tegelklädd, först lersmetas.

och intryckes i fogarna samt strykes upp emot ringens väggar. På framväggen har man utom bränsleöppningen även en större lucköppning för tackjärnets insättande och för de färdiga »luppernas» uttagande, men luckan till denna öppning har nedtill en urtagning, som bildar en liten glugg, varigenom arbetsredskapet införes och drages fram och åter. Detta redskap, kallat rabel, består helt enkelt av en i ena ändan i rät vinkel krökt plattjärnsstång.

Endast sällan användes under eldstadens rost bläster.

Processens utförande. På den till full glödvärme bragta med något kvick slagg betäckta botten insättes tackjärnet — vid enkelugnarna utomlands — c:a 300 kg, vid Surahammar åter 170 kg vid enkla vedpuddelugnen, 270 vid dubbla vedpuddelugnen och 425 kg vid dubbla stenkolspuddelugnen, och bringas det sedan med sluten lucka och skarp eld på ungefär $^1/_2$ timmes tid att fullständigt smälta, varunder dess kisel och mangan bortraffineras dels i själva lågan, dels ock i slaggen, genom att puddlaren hela tiden drar fram och åter i den smälta massan. Snart börjar under detta arbete även koloxid att bortgå, bildad av tackjärnets kol och slaggens syre, temperaturen växer alltmera i ugnen, koloxidutvecklingen tilltager oupphörligt och snart kommer massan i kok, då den pöser upp, så att slagg och järn följa med rabeln ut över lucktröskeln.* När så koket pågått en stund, börjar järnet, som nu kolat ned till stål, att bliva svårsmältare, än vad den i ugnen rådande temperaturen motsvarar, och de flytande metalldropparna börja stelna till skarpt lysande korn och små kristaller i den mörkare massan samt välla dessa korn slutligen tillsammans till färskor, som allt mera försvåra och till sist omöjliggöra vidare rablingsarbete. Det mesta järnet är nu förvandlat till mjukt järn, men bottenlagret är ännu stålartat och för att få även detta omvandlat i mjukaste järn börjar puddlaren nu med omvändningsarbetet, d. v. s. han utbyter rabeln mot ett skarpt spett, med vilket han — börjande från härdrummets ena ända — uppbryter och omvänder det ena stycket efter det andra av bottensulan, läggande upp dem i en hög åt ena sidan. Senare vänder han om dem till en hög åt motsatta sidan, och skall järnet bliva mycket mjukt händer det, att han vänder på dem än en gång. Sedan vidtager hopbollningsarbetet, vilket utföres så, att den stora färskhögen medelst spettning uppdelas i fyra à sex delar, vilka rullas fram och åter på botten, så att de antaga gestalt av trubbiga käglor, varefter puddlaren reser upp dem mot ugnens bakvägg. Ugnen tages sedan upp i högsta möjliga hetta, så att så mycket slagg som möjligt må segra ur, varefter bollarna (luppern) uttagas och under ånghammare eller i puddelklämma hoppressas, och sedan utvalsas till ytterst flagiga råskenor.

Var tackjärnet rikt på kisel och mangan, tog raffineringsperioden

* Under hela tiden rablingen pågår rablar puddlaren stjärnformigt från luckan fram och åter över botten från den ena sidan till den andra.

och arbetet i ugnen längre tid, men puddeljärnet blir senigare, d. v. s. tågigare om ock något hårdare, äro kisel- och manganhalterna åter små i tackjärnet förkortas processen, och man får ett mjukare men vanligen sämre järn.

Då puddelstål skall framställas (Feinkorneisen), så drives avkolningen ej så långt, sulan vändes blott en gång eller ej alls, och man söker sköta bollningsarbetet så vitt möjligt är under den skyddande slaggen.

Helst använder man vid framställning av mjukt järn ett kiselfattigt något manganrikare helvitt tackjärn, till stål åter ett gråare tackjärn i blandning med manganrikt spegeljärn, varigenom svavelhalten minskas hos produkten. Vid Surahammar är tackjärnet i medeltal halvvitt och insättes förvärmt till rödvärme.

Antalet charger i dygnet varierar från 10 à 12 vid stålpuddling till 16 à 18 vid vanligt stångpuddeljärn, avbrännan är vid stål och vid finare mjuka kvaliteter 9—16 %, vid sekunda mjukt järn 6 à 8 %, medan dygnsproduktionen i Tyskland är vid stål c:a 2 och vid sekunda järn c:a 4 ton samt kolåtgången vid det förstnämnda 1600 vid det senare 760 kg per ton lupper.

β. Götjärnsmetoderna.

Historik. Man har i allmänhet ansett, att tackjärnets färskning till flytande stål och järn är av yngre datum eller först att räkna från bessemermetodens uppfinnande, d. v. s. från metoden att färska tackjärn, genom att blåsa luft genom detsamma, ty först några år efter denna uppfinning framträdde Uchatius och bröderna Martin med sina metoder, men som vi nedan skola finna torde götstålsmetoderna kunna räkna sitt första framträdande 100 år längre tillbaka än så.

Uchatiimetoden. Redan 1781 beskriver Sven Rinman* en i England då brukad stålframställningsmetod, som i det stora hela sammanfaller med den metod, som i slutet av 1850-talet av Uchatius patenterades och därefter infördes i Sverige. Rinman hade fått fullständig beskrivning å densamma av bergmästar Quist, som själv sett den utövas i stor skala vid Lower-mill järnverk, fyra mil från Whitehaven nära Egremont. Quist säger, att Esquire Bacon (troligen senare utnämnd till lord) varit uppfinnare av metoden och för densamma byggt förenämnda järnverk samt efter erhållet privilegium där drivit den en tid samt senare överlåtit både verk och privilegium till en »mäster Woods», som vid Qvists besök hade 6 ugnar för densamma i gång också vid Marthars järnverk. Detta verk hade en masugn i Glamorganshire och vid denna tappades tackjärnet ned uti en tackjärnsränna (förmodligen lersmetad), »vars botten var full av $^1/_2$-tums hål, varigenom järnet likasom genom ett såll föll ned till 8 fots djup

* Järnets Historia sid. 410.

på en trävals av 18 tums diameter, vilken vals roterade 3 tum under ytan i en träbassäng». Det till korn och ihåliga kulor så granulerade tackjärnet uppöstes efter vattnets avhällande och de grövre kornen sönderbokades i stampverk, varefter granulen betades i en lösning av »Kelp, en slags pottaska» löst i vatten. Av den betade granulen togs sedan 1 ton, som noga blandades med 168 skålpund finbokad och tvättad räckhärdsslagg samt 5 små kimfat fint pulveriserad kalk, varpå 26 stora deglar, vardera rymmande 93 skålpund, fylldes med chargen, försågos med lock och nedsattes i en reverberugnsliknande, med stenkol eldad ugn. Ur varje degel erhölls efter 3 à 4 timmar 80 skålpund stål, väl skilt från den svarta glasiga slaggen. Stålet antingen urtömdes genast, eller ock fick degeln kallna samt sönderslogs därpå, då en fin stålkaka erhölls. Var värmen i smältugnen dålig, så att stålet befanns slaggblandat, sönderslogos slagg-stålkakorna, och stålkornen omsmältes i mindre delar i en mindre ugn.

Det är svårt att frigöra sig från den tanken, att denna Bacons metod legat till grund för Uchatii, ty den senares förfaringssätt liknar i allt utom i en oväsentlig och fullkomligt enfaldig detalj helt och hållet den förra.

I Värmländska Bergsmannaföreningens Annaler för år 1859 svarar brukspatron Yngström på frågan: »Vilken ståndpunkt intager för närvarande de nya patenterade metoderna att tillverka smidigt järn och stål, nämligen: Bessemers, Uchatii och Östlunds?» »att som de vid Hällefors anställda försök att efter Uchatii metod tillverka stål endast fortgått några veckor, kunde något yttrande om densammas resultater icke meddelas», men förevisade han emellertid prov å det erhållna stålet.

Bruksförvaltar Nils Mitander åter avlämnade om Bessemerförsöken vid Edske och Högbo bruk fem tabellariska uppgifter och »företedde prov å det på denna metod tillverkade stålet och åtskilliga fabrikater därav».

C. J. Böös var 1859 med vid Hällefors om försöken med Uchatii metod och om försöken med samma metod vid Vikmanshyttan och säger därom:* Dessa försök hava lämnat gott hopp om framgång, enär ett gjutstål erhållits, »vilket till texturen är jämnt och vackert samt, att döma efter de på prov av mejslar, svarvjärn, eggjärn och nummerstansar, vilka hittills blivit gjorda — — — mycket starkt och användbart». Han säger vidare: »Om man får antaga, att på denna metod av passande rudimaterier tillverkat gjutstål blir till sin godhet jämförligt med det bästa i degel smälta engelska gjutstål, så vill det synas, som skulle denna tillverkning här i landet kunna med ekonomisk fördel bedrivas,» vilken profetia nu i 53 år fullkomligt hållit streck! Böös omtalar att Uchatii metod år 1859 gick ut på att i deglar (2 i varje ugn) smälta 40 skålpund av en blandning av granulerat tackjärn,

* J. K. A. 1860, sid. 303.

rostad och finbokad järnmalm samt kolpulver. D. v. s. just samma blandning som Vikmanshyttan än i dag använder, fastän det förfarande är svårt förstå vad nytta Uchatii kolpulver gör i metoden — eljes fullkomligt lika med Bacons, om man frånser, att räckhärdsslaggen ersatts med järnmalm.

Bessemermetoden. 1851 tog Kelly i Kentucky ut patent på att framställa stål och smidesjärn genom att blåsa luft genom flytande tackjärn,* men han tyckes saknat penningar eller förmåga eller båda delarna att fullfölja och genomföra sin uppfinning. Bättre tur hade en senare uppfinnare, Bessemer, som hade penningar och visserligen även saknade förmåga att genomföra uppfinningen, men som fick hjälp av en uppoffrande duktig svensk, vilken åt honom räddade äran att vara järnhanteringens störste uppfinnare och vilken därpå offrade sin förmögenhet och sin unga mannaålders bästa krafter utan tack från uppfinnaren. Denne i sin tur saknade visserligen förmågan genomföra sin tanke i praktiken, men ägde i stället utvecklad förmåga att sedan draga full nytta av svenskens arbete i både ekonomisk och »ideell» väg — skördande millioner i mynt och massor av utmärkelser och ordnar. Hänvisande till Stahl und Eisens dödsruna över Henry Bessemer** tillåter sig författaren göra ett kortfattat utdrag därur.

Bessemers fader Anthony Bessemer ledde vid franska revolutionens utbrott i kompani med Robespierre ett bageri i Paris, och lyckades, då den senare led sin rättvisa lön för sina ogärningar, själv rädda sig över till England, där han först fick en plats vid Myntet, men sedan grundade ett stilgjuteri, i vilket hans son fick gå och arbeta. När denne fyllt 18 år reste han till London och lyckades där ändra om engelska statens stämpelstansar, som förut varit så enkla, att staten årligen förlorat c:a 1,800,000 kronor i stämpelförfalskningar; men som han ej tog patent på de nya stämplarna, fick han för sin uppfinning varken tack eller belöning. Han tog sig då för med nya uppfinningar. Tog patenter på att gjuta stilar i vacuum, på framställning av sammet, på framställning av bronspulver varå han tjänade grunden till sin stora förmögenhet, patenter å färger och färnissor, på förbättringar av järnvägsvagnar, patent mot gruvexplosioner, patent på specialpumpar, patent på sockerraffinermaskiner och så vidare, men då sen Krimkriget utbröt, satte han kronan på verket genom att ta patent på en kanon, som skulle utan knall med krutets hjälp avskjuta roterande projektiler. Denna fina uppfinning utbjöd han åt engelska amiralitetet — som lät kasta ut honom, varför han avreste till Paris och fick f. d. artillerioffiçeren kejsar Napoleon att tro på sin uppfinning och av honom dels belönades med hederslegionen (som engelska regeringen till hans harm dock förbjöd honom

* Se S. u. E. 1887, sid. 11.
** S. u. E. 1898, sid. 301.

bära), dels bestämde, att han skulle få förfärdiga sin kanon vid franska kronans kanonverkstäder i Ruelle samt anslog medel till byggandet av en gjutugn härför. Bessemer reste då hem till London för att låta förfärdiga lämpliga tegel till sagda ugn. Han saknade visserligen fullkomligt all kännedom om metallurgiska processer, vilket han ännu i sitt jubileumstal angav såsom en stor lycka, ty, sade han: »mina erfarenheter, då det gäller uppfinningar, visa, att intelligenta fabrikanter nog kunna göra många små förbättringar i flera avdelningar av den egna tillverkningen, men dessa förbättringar representera blott obetydliga framsteg, vilka enligt sin natur tätt ansluta sig till dagligen av dem använda arbetssätt, under det att åter de stora uppfinningarna alltid göras av folk, som ej ha någon som helst kunskap om fabrikationen i fråga!» Dessa Bessemers ord jävas dock i någon mån av hans förfaringssätt vid detta kanonexperiment, ty han beslöt bygga ej en vanlig reverberugn för gjutningen utan »för att få starkt järn» en dylik, som då allmänt användes vid raffinering av tackjärnet i puddelverken, d. v. s. med blåster i eldbryggan och med ned mot badet från denna riktade formor. Han hade således sett dylika ugnar och visste, att puddeljärnet var starkare än gjutjärn. Först anordnade han nu en dylik reverberugn i sitt bronsfärgsverk och då han i den inlade tackjärnsstänger till smältning och genom för mycket blåsterpåsläppning samt för litet gas fick en skarpt oxiderande men relativt kall låga, så färskade en del av stängerna på ytan till mjukt järn, innan värmen i ugnen blev så hög, att deras kärnmassa, ännu tackjärn, kunde urrinna. Ytgodset blev då liggande kvar som tomma »karduser», som reverberugnsfolket plägar kalla dem. Bessemer tog emellertid en krok och drog ut dem samt fann dem bestå av ett rätt smidbart stål och slöt sig därav till möjligheten att medelst blåster omvandla tackjärn till stål, och så var bessemermetodens idé av honom funnen. Nu eldade han på en degelugn, vari han nedsatt en degel med tackjärn och, då detta smält, nedstack han i detsamma ett lersmetadt järnrör, genom vilket han nedledde blåster samt fick då i degeln ett stålartat järn, varför han 1855 tog patent på uppfinningen och byggde sin första fasta bessemerugn, i vilken han från en kupolugn nedtappade smält tackjärn och i detta insläppte blåster genom formorna. Alldeles oförberedd, som han var, på den sig vid blåsningen bildande höga lågan, kunde han ej hindra, att denna tände eld på hans verkstad. Han omkonstruerade då sin ugn och utförde i densamma några charger, vilkas lyckliga förlopp förledde honom att den 13 augusti 1856 i Cheltenham hålla ett mycket puffande föredrag om den nya metoden. Den 26 aug. kunde han till Dowlais Iron Works sända 2 st. 10-tums göt, vilka där utvalsades till räls, som vid senare verkställd analys befunnits hålla: C = 0,08 %, Si = sp., S = 0,162 %, P = 0,428 %, As = sp. och Mn = sp. Dessa räls visade sig oaktat sin oförmånliga sammansättning dock användbara (de hade

Fig. 1

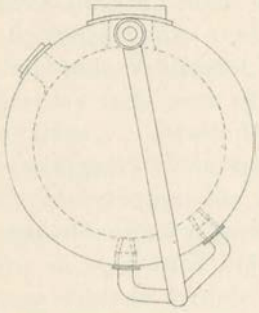


Fig. 2

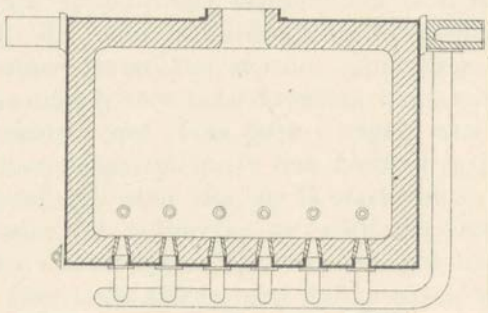


Fig. 4

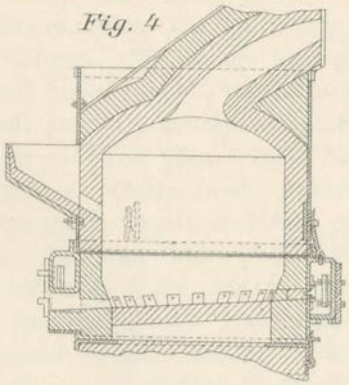
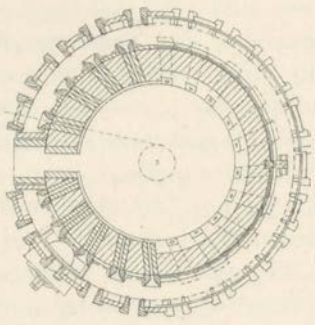


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

blott puddelräls att tävla med), och då fick han vid Dowlais bygga en ugn bredvid puddelverkets raffineringsugn, från vilken han fick smält tackjärn, och så blåste han »stål», varav till våra dagar bevarade göt visat sig hålla:

C = 0,06 %, Mn = 0,00 %, Si = 0,01 %, S = 0,276 %, P = 1,93 % och As = 0,01 %.

Men med sådan sammansättning kunde naturligtvis det nya stålet ej väcka något vidare förtroende, och ej heller hjälpte det, när Bessemer vid flera av sina blåsningar försökte använda svenskt tackjärn, ty blåsningarna gingo då nästan utan undantag så kallt, att stål och slagg stelnade och stannade kvar i ugnen blandade om varandra, varförutom ofta i blandningen även förefanns ofärskat tackjärn.

»För att om möjligt få något reveny av sitt mycket omtalade patent och under förhoppning att under experimentens fortgång finna ut orsaken till, att stålet en eller annan gång blev mjukt och bra, började därför Bessemer och hans vänner att från ugnen uttappa den smälta massan i vatten och sedan i degel omsmälta det så granulerade stålet. Stålet blev då emellertid lika dyrt, som det gamla gjutstålet, men tillika alldeles opålitligt, då den granulerade massan innehöll alla möjliga hårdhetsgrader och icke på något sätt kunde sorteras. Att sådan tillverkning skulle medföra de sorgligaste resultat är tydligt, och Bessemers vänner tröttnade»* att understödja honom. Metoden ansågs såsom hopplöst misslyckad.

Till lycka för mänskligheten och järnhanteringen hade emellertid en energisk svensk bruksägare G. F. Göransson på våren 1857 varit över till England och träffat Bessemer samt, sedan han gjort sig underrättad om dennes planer, köpt 1/5 av hans svenska patent och beställt för ett försök erforderliga maskiner samt en ugn, vilken hade det utseende pl. LXVI, fig. 1 och 2, visa, vilka maskiner på hösten samma år anlände till Gävle, då de genast transporterades till Edskens bruk, där allt efter en kort tid var iordningställt, så att experimenten kunde taga sin början i november. En svensk ingenjör, som före Göransson besökt Bessemer, hade sommaren 1857 utfört några experiment vid Dormsjö men alldeles misslyckats i sina försök att framställa stål på den nya metoden, men eftersom han varmt rekommenderades av Bessemer, fick han** vara med om experimenten även vid Edsken, där han dock snart gjorde sig alldeles omöjlig och därför bortskickades. Vad man under hans överinseende och efter Bessemers råd och anvisningar åstadkommit var egentligen endast massor av skro, alldeles som Bessemer själv gjort. En och annan gång lyckades man sedan få dugligt stål men de flesta blåsningarna gåvo fortfarande omöjligt så-

* Ordagrant citat ur ett brev dat. 1/7 1876 från en av Bessemers vänner till L. Rinman.

** Egentligen såsom Bessemers ombud.

dant och i början av juli 1858 förtvivlade man nästan om att kunna driva igenom metoden. Nu beslöt Göransson gå sina egna vägar och i stället för att, som Bessemer tillrått, mest lägga an på hög blästerpression, lät han en ung ingenjör E. I. Sieurin konstruera om bessemerugnen, så att ugnen i stället med stor formarea skulle emottaga stor blästerkvantitet per sekund och till ernående härav lät Göransson ommura ugnen under den 16 och 17 juli med 11 formor av $^3/_4$-tums diameter i stället för Bessemers 6 formor av $^5/_8$-tums diameter d. v. s. gav den 311 i stället för 118 kv.-linjers formarea och på morgonen den 18 juli möttes han av sina unga ingenjörer med ropet »nu är allt lyckat». Blåsningarna gåvo nu till resultat ett slaggfritt kvickflutet stål av utmärkt beskaffenhet. Den 18 juli 1858 kan därför räknas såsom bessemermetodens egentliga födelsedag likaväl som G. F. Göransson är dess verklige upphovsman och genomförare.

En tid efteråt översände Göransson av sina göt en del till Bessemer, som, då dessa befunnos utmärkta, återfick hoppet om sin metod. Såsom bevis på, huru totalt engelsmännen förlorat allt hopp om densamma, kan anföras, att strax efter sedan Bessemer tagit sitt patent tog en listig engelsk metallurg, R. Mushet, som från degelstålsmältningarna visste, att intet dugligt stål kunde beredas utan hjälp av mangan, ut patent på att *till* Bessemers stål sätta olika kvantiteter av mangan, genom vilket patent han hoppades skörda vinsten av Bessemers uppfinning, men strax innan Göransson kom över med sina göt, hade Mushet och hans vänner likasom övriga engelska stålkarlar blivit så fullständigt övertygade om bessemermetodens hopplösa odugglighet, att han underlät inbetala patentavgiften och därför förlorade sitt patent!

Göransson tillverkade även göten till tyres för järnvägshjul och av dessa sände han 15 ton till Nayler, Vickers & Co i Sheffield och 15 ton till Brown i Rotherham. Den förra firman, som egentligen fruktade den nya metoden, lät i sina vällugnar trots Göranssons protester så skarpt upphetta alla de svenska götena, att de blevo brända och sedan vid uträckningen rasade sönder, och chefen Vickers sade inför de församlade ståltillverkarna till Göransson: »såsom en gammal vän till eder fader råder jag eder allvarsamt att icke fortfara med denna ståltillverkning, ty det kommer aldrig att lyckas,» men Göransson fick sedan sina till Brown sända göten rätt behandlade, och bessemermetoden var nu genomförd även i utlandet.

Bessemer hade i sin förtvivlan under tiden lovat bland andra en mr Jackson i Bordeaux, att den förste, som kunde tillverka dugliga bessemergöten direkt från konvertern, skulle få dela hans inkomster av patenten, men Göransson fick ej ens hans tack och från Bessemers sida aldrig något erkänslans ord, ja ej ens något omnämnande i Bessemers jubileumstal. I Londonexpositionen 1862 utställde Bessemer

under eget namn Göranssons tyresringar, de första som någonsin blivit förfärdigade av bessemerstål, och nu fick Bessemer full vind i seglen.

Göransson hade denna kamp för en annans idé orsakat stora kostnader och ännu mera bekymmer, oro och tankearbete, och närmaste vinsten var glömska och otack av alla, utom av hans nitiska unga medhjälpare. Dessa voro: blåsarna C. P. Lindberg, som sedan byggde och igångsatte Carlsdals bessemerverk och därefter blev brukspatron på Rockesholm, och C. Lundvik, som senare byggde och igångsatte flera bessemerverk, och som dog som överingenjör på Forsbacka, medan de, som vid Högbo bruk ledde den första ofta krångliga utsmidningen av det nya stålet, voro inspektor A. Öhman och smidesbokhållare C. G. Larson,* den senare likaledes en av Sveriges första bessemerblåsare och som senare var överingenjör för valsverken vid Sandviken.

Den ugn, vari bessemermetoden genomfördes, var emellertid ej av det första rörliga slaget, utan en faststående, liknande den som visas å pl. LXVI, figg. 3 och 4. Denna ugnsform, som fick namnet den svenska bessemerugnen, utfördes snart även vid andra verk, såsom vid Siljansfors, Långshyttan, Carlsdal, Sävenäs, Västanfors, Bäcka och Lenna, och var en tid framåt H. Steffanson den mest anlitade bessemerverksbyggaren, under det att L. E. Boman troligen var den förste, som skrev någon utförligare vetenskaplig avhandling över processens inre och yttre företeelser.**

Vid Edsken fortforo bessemerblåsningarna nu oavbrutet och med framgång och det erhållna stålet sorterades av en skicklig klensmed i olika hårdhetsgrader dels efter götenas brottutseende, dels efter den värmegrad, som stålet utan att rasa sönder under hammaren tålde vid upphettning samt slutligen efter brottytans beskaffenhet och utseende efter härdning vid viss alltid samma värmegrad.*** Smedens nummerserie var 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 och 5. L. E. Boman fann 1863 att sagde n:o efter prof. V. Eggerts kolorimetriska kolprov motsvarade:

N:o	1	en	kolhalt	av	.	.	.	.	C:a	2,00 % C
»	1,5	»	»	»	.	.	.	.	»	1,75 » »
»	2	»	»	»	.	.	.	.	»	1,50 » »
»	2,5	»	»	»	.	.	.	.	»	1,25 » »
»	3	»	»	»	.	.	.	.	»	1,00 » »
»	3,5	»	»	»	.	.	.	.	»	0,75 » »
»	4	»	»	»	.	.	.	.	»	0,50 » »
»	4,5	»	»	»	.	.	.	.	»	0,25 » »
»	5	»	»	»	.	.	.		under	0,25 » »

* Jämte Lindberg och Lundvik särskilt avtackade av Göransson vid Sandvikens 25-årsfest. Se Norrlandsposten n:o 92, 1883.

** J. K. A. 1863 sid. 181.

*** J. K. A. 1863 sid. 217.

med dock mycket varierande kolhalt vid ett och samma n:o beroende på inflytelserna från i stålet ingående varierande halter av andra legeringsämnen, egent. Si och Mn. Från dessa bessemermetodens första tider hava vi i behåll några tabellariska uppgifter* varur jag i sammandrag anför nedanstående siffror, vilka ju äro av största bergshistoriska intresse ej blott för Sverige utan för all världens järnhantering:

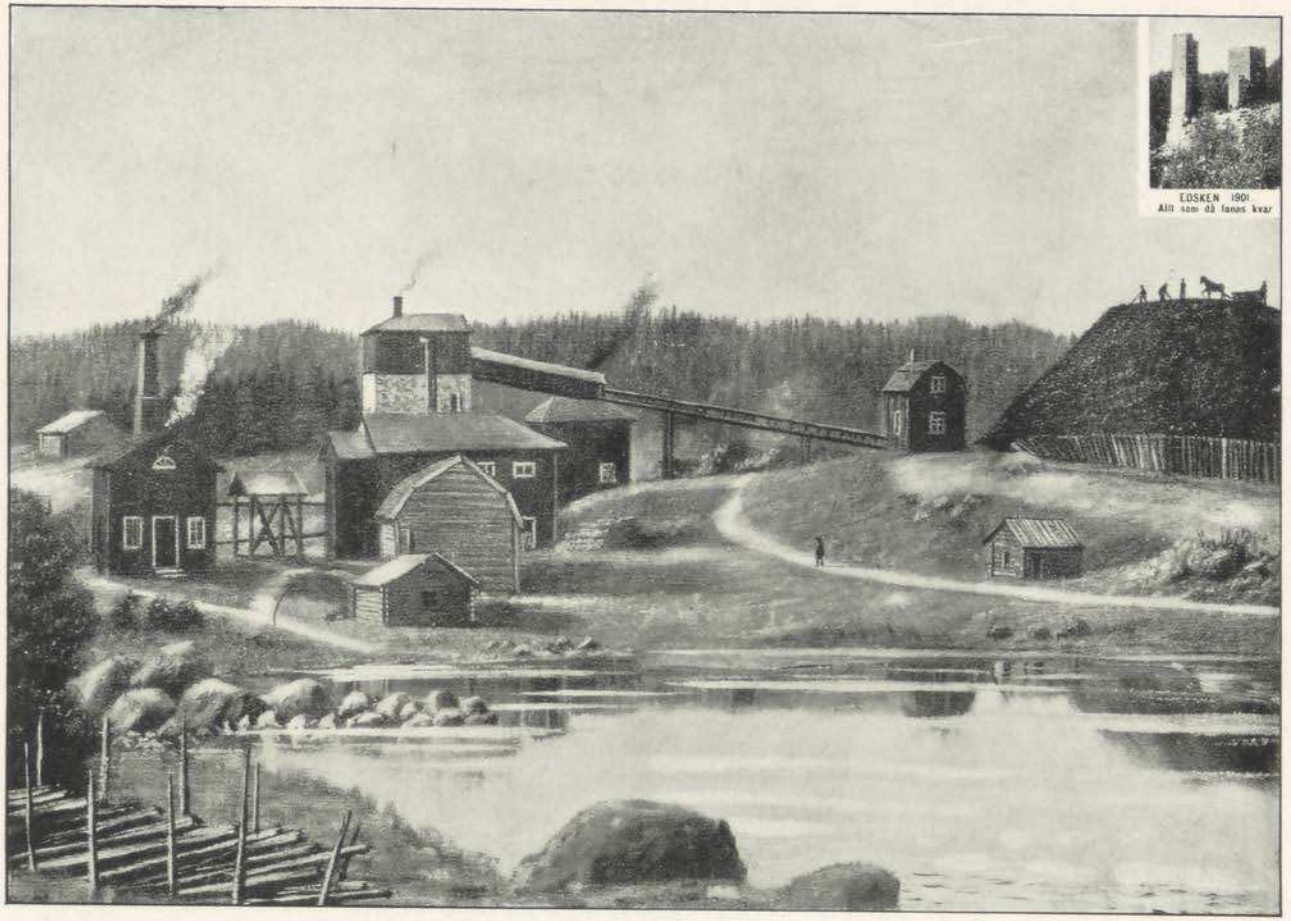
Tillverkningsrapport** från Edsken för tiden $^{18}/_{7}$—$^{12}/_{12}$ 1858	$^{18}/_{7}$ 1858—$^{14}/_{3}$ 1859	
Antal blåsningsdygn	143	228
Använt tackjärn i ton	598,20	1030,25
Erhållet:	i ton / i %	i ton / i %
Göten n:o 1	0,29 / 0,05	0,29 / 0,02
» » 2	6,83 / 1,14	6,83 / 0,66
» » 2,5	33,26 / 5,55	54,09 / 5,25
» » 3	88,63 / 14,82	136,66 / 13,30
» » 3,5	181,72 / 30,37	268,36 / 26,19
» » 4	60,44 / 10,11	141,94 / 13,77
» » 4,5	8,10 / 1,36	13,65 / 1,30
» » 5	— / —	0,54 / 0,05
Summa göten	379,27 / 63,40	622,27 / 60,45
Stål för omsmältning i degel	120,82 / 20,19	209,94 / 20,50
Tackjärnsskro (utkok)	8,89 / 1,49	50,66 / 4,95
Avbränna	89,22 / 14,92	147,38 / 14,10
Summa	598,20 / 100,00	1030,25 / 100,00
Antal blåsningar	581	1001
Dygnstillverkning, ton	2,65	2,73
Använt tackjärn per blåsning, ton	1,03	1,02
Per blåsning erhållna göten, ton	0,65	0,62
Tackjärnsåtgång i ton per ton stål	1,23	1,22

Stålet göts i dels 5 tum × 4 tums, dels i 3 tum × 4-kant göten och uträcktes vid Högbo bruk varefter slutresultatet tyckts hava ställ sig på följande sätt:

För götena av grovlek	4″ × 5″	3″ × 4-kant
1:ma stål	12,15 %	25,60 %
2:da »	40,23 »	26,03 »
Stål till omsmältning i degel	20,50 »	20,50 »
Tackjärnsskro (utkok)	4,95 »	4,95 »

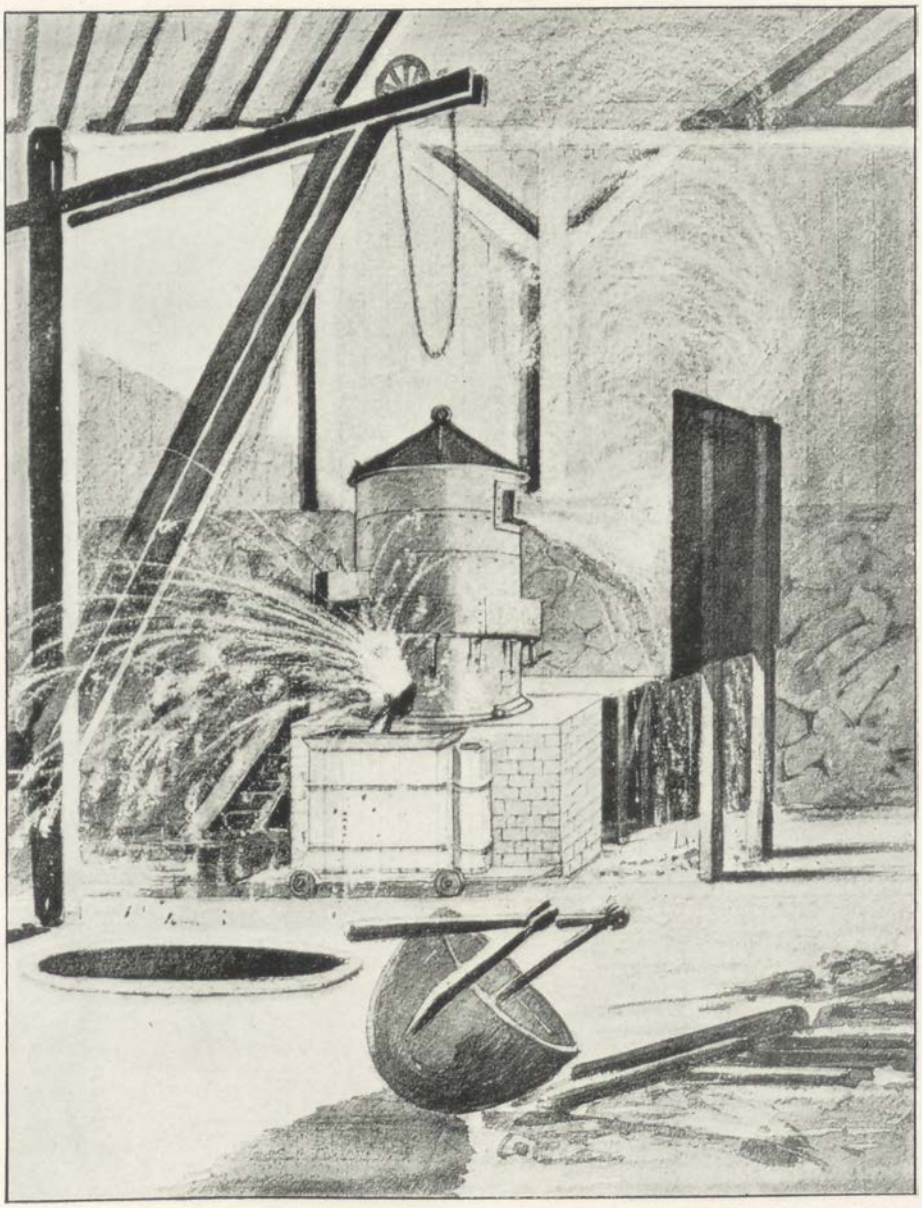
* Värmländska Bergsmannaföreningens Annaler 1858—1859 sid. 88.

** Tabellen i W. B. A. här omräknad i ton efter angivning i den samtida upplagan av Zweigbergks räknebok, att 1 skeppund tackjärnsvikt = 26 pund d:o, 1 pund = 20 marker d:o, 1 mark d:o = 7821 ass, under det 1 mark viktualinvikt = 8848 ass = $\frac{1}{2,3527}$ kg. Således 1 skeppund tackjärnsvikt = 195 kg.



Edske masugn,

där Bessemers stålberedningsmetod först genomfördes den 18 juli 1858.



Bessemerblåsningen vid Edsken 1858.

Efter en samtida akvarell.

Avhugg vid Högbo	4,47 %	6,07 %
Avbränning vid Edsken	13,81 »	13,81 »
» » Högbo	3,89 »	3,04 »
Summa	100,00 »	100,00 »

Som synes blev c:a 1/5 av det erhållna stålet av sådan låg kvalitet att det måste omsmältas i degel, och detta — långt ifrån förvånansvärda och på intet sätt misskrediterande faktum gjorde, att, då Göransson sedan byggde Sandvikens järnverk, han till därvarande bessemerverk byggde även 12 stycken degelstålsugnar för omsmältning av felblåst stål och vid uträckningen fallande stålavhugg.

Bessemermetodens genomdrivande vid Edsken kostade Göransson mycket penningar och den ekonomiska hjälp Jernkontoret lämnade honom* förslog ej långt, men han såg klart att metoden var av utomordentlig vikt även för Sverige med dess många för finaste bessemerståls tillverkning så passande järnmalmer och beslöt därför att söka i Sverige åstadkomma ett stort stålverk för den nya metoden. Vid Edsken fanns blott en liten bäck med ett endast 3 à 4 meter högt vattenfall och Högbo bruk led titt och tätt av vattenbrist, så även 1858 och 1859, varför han beslöt se sig om både efter större kapitaler och lämplig byggnadsplats för ett större stålverk. Lämplig plats fann han snart vid Jädraåns utlopp i den s. k. Sandviken i Storsjön bredvid Gävle—Dala järnväg och med sina vänners grosshandlarna P. Muréns och J. Michaeli kraftiga hjälp fick han tillsammans Högbo stål- och järnverksaktiebolag, som byggde Sandvikens stålverk — då Sveriges största järnbruk. Oförutsedda motigheter av alla de slag mötte under verkets anläggande och svårast var den, då förlagsmannen J. Holm inställde sina betalningar och drog det nya bolaget med sig. En annan än Göransson skulle givit allt förlorat, men han kämpade striden ut och segrade. Den 18 juli 1883 firades vid Sandviken bessemermetodens 25-årsfest, såsom Norrlandsposten 20 juli s. å. säger, till högtidlighållande av Göranssons 25 års arbete, »25 års förhoppningar och farhågor, ansträngningar, motgångar och slutliga triumfer». Heder åt honom G. F. Göransson och även åt hans handgångne män, varibland Göransson vid 25-årsfesten själv omnämnde, utom de redan nämnda, även förmännen: A. Malmqvist, P. Höglund, J. Lindholm, J. Lundgren, E. Janson, J. G. Pettersson, A. Dunderberg samt smederna L. Ström, O. Dunderberg, J. Lindström och O. Höglund.

Att börja med byggdes sedan i Sverige överallt endast fasta bessemerugnar utom vid Sandviken, där Göransson, inseende de rörligas företräde, genast även byggde två sådana** se pl. LXVIII. Redan 1860 hade Bessemer vid sitt stålverk i Sheffield i full gång en sådan

* Ett lån å 50,000 riksdaler.

** Högbo stål- och järnverks första styrelseberättelse, avtryckt 1908 sid. 4.

rörlig bessemerugn,* vilken typ först senare fick namnet bessemerkonverter och vid detta hans verk studerade då en amerikan A. L. Holley, som på det mest förtjänstfulla sätt strax började och sedan i Förenta Staterna fortsatte förbättra denna ugnstyp, så att man kan säga att även nutidens såväl surt som basiskt infodrade konvertrar endast i ytterst få och mindre detaljer visa något från hans konstruktion av 1870 avvikande. Efter en mängd försök att göra sig oberoende av svenskt tackjärn (det han alltid omsmälte i reverberugn före intappandet i bessemerugnen) övergick Bessemer själv från kvalitetstål — till massfabrikation och till mjuk vara för järnvägsändamål, spårkorsningar m. m. och hans vän John Brown hade redan 1860 ett stort bessemerverk för rälsfabrikation under full byggnad. Deras exempel följdes över allt utomlands utom i Österrike i Steyermark, där man sökte av sina goda sen gammalt högt skattade stålmalmer fabricera ett bessemerstål som kunde upptaga konkurrensen med svenskarnas snart av hela utländska bergsvärlden beundrade bessemerverktygsstål. Här hemma baserades de flesta bessemerverk, som byggdes, på tillverkningen av verktygsstål eller ock på finaste segaste mjuka vara, kvalitéer vilka såsom stående över all utländsk konkurrens väl betalades, och med stolthet visade svenskarna överallt vid världsutställningarna inför häpnande utländska kamrater för dem otänkbara kvalitetprov å såväl hårda som mjuka och mjukaste bessemerprodukter. Men så arbetades ock enigt och kamratligt här hemma under meddelande till varandra av gjorda rön av sådana energiska bessemermän, som R. Åkerman, A. Tamm, A. H. Göransson, T. Magnusson, bröderna C. och H. Tholander, bröderna C. och G. Lundvik, bröderna C. A. och Alb. Caspersson m. fl.

Martinmetoden: Även på den idé, som ligger till grund för denna metod, ha flera än uppfinnaren och före honom grubblat men grubblat utan att finna lösningen, försökt men misslyckats, så Réaumur 1722,** Clouet 1796, Hassenfratz 1812, Mushet 1816, Bréant 1824, Heath 1845, Stirling 1854, Bessemer 1855, Sudre 1858, Lan 1859, Petin & Gaudet 1861, Alexandre 1861—1862 och le Chatelier i kompani med William Siemens 1863. I östra Frankrike i departementet Charente och provinsen Angoumois med huvudstaden Angoulême samt i det kanske något mera världskända distriktet Cognac låg i början av 1860-talet och befinner sig ännu ett järnverk Sireuil, där ägaren Pierre Emile Martin strävade och arbetade troget och ärligt att hålla sitt fäderneärvda verk uppe. Han saknade totalt den av Bessemer lovprisade okunnigheten i sin hantering, utan var i stället en duktig, präktig ehuru kanske för ärlig fransk ingenjör med bedrövlig brist på smartness och humbug, som gjorde att han ständigt även sedan levde under ekonomiskt bekymmer och trälarbete, medan den av honom

* J. K. A. 1861 sid. 76.

** S. u. E. 1910 sid. 1208 och B. f. B. W. inom Ö. L. Band I sid. 151.

uppfunna och utarbetade metoden i denna dag som i dag är står som segrare över Bessemers och det med mycket mer än dubbelt större tillverkning samt under livaktigt fortskridande, medan Bessemers metod dalar mot sitt slut! Då i bergsmäns sinnen namnen Bessemer och Martin träda fram i reflexionens ljus, dyker där ock fram ett gammalt ordspråk: ärlighet varar längst.

Författaren av denna lärobok besökte jämte en kamrat A. Wedberg i början av februari 1882 Sireuil och dess ägare: Pierre Martin, martinmetodens uppfinnare! Jag framförde till honom hälsningar från hans gamle vän L. Rinman, och förtjust över dessa hälsningar beviljade han Rinmans unga landsmän ett långt samtal, efter vilket jag ärligen kan fritaga honom från en del insinuationer, som lömskt i senare tid framslungats för att förminska hans storhet. Pierre Martin hade troligen ingen reda på de föregående försöken i samma väg, ty han var franskt naivt okunnig om andra länder och deras förhållanden.* Han tyckte t. ex. att vännen Rinman var bra modig, som »från Sverige i Sydamerika rest över Atlanten till Frankrike 1867».

Men vi kunde dessutom till vår — det erkänner jag — då stora förbluffelse konstatera att Pierre Martin var fullkomligt okunnig om alla de bergshanteringens stormän och de stora upptäckter vi drogo på tal — endast undantagna Göransson och Bessemer, ty dem hade han hört nog om av sin vän Rinman, och bessemermetoden var ju då hans egen metods jättelike motståndare och därför av speciellt intresse för honom!

Han talade vid oss om sina mödosamma arbeten för utbildandet av sin metod, huru han försökt (redan långt före kommendanten Alexandre började med sina försök i kejserliga gjuterierna i Villeneuve och Ruelle) att åstadkomma billigare stål, än det han fick av brännstål, genom att sammansmälta tackjärn och stångjärnsavhugg. I degel gick detta ju bra men blev då också dyrt, och förgäves sökte han gång på gång göra det i reverberugn. Han fick del av Alexandres försök, men det hjälpte ej upp saken. För att få höra om det funnes någon ugnskonstruktion som kunde giva bättre värme än reverberugnarna reste han så (1863 eller 1864) till professor L. Gruner, vilken beskrev för honom William Siemens i Llandore regenerativa vällugnar såsom synnerligen effektiva. Han skrev då till denne och beställde ritningar till en regenerativ ugn, i vilken man kunde smälta järn, d. v. s. en ugn med skålformig botten i stället för med vällugnarnas plana. Så fort han erhållit dessa ritningar, byggde han ugnen och började nu smältningarna och då med bättre framgång, men naturligtvis var metoden ej utarbetad i en handvändning. Nej tvärtom behövdes det massor av försök och experiment för att utröna lämpligaste propor-

* Nä mig och min kamrat förvånade detta yttrande ej, ty vi hade nyss förut träffat en kamrat Torén som blivit gratulerad av Frankrikes f. d. generalstabschef »över att man numera kunde komma sjövägen till Frankrike från Sverige, sen Nordenskiöld lyckats upptäcka passagen runt Asien och Suezkanalen till Marseille»!

tionerna för olika stålsorter av de ingående chargebeståndsdelarna och ugnens rätta drift, så att lagom insättningstemperatur, lagom chargeringstemperatur och lagom tappningstemperatur erhölls. Mycket svårt var att finna bästa sammansättningen på bottens massaramning, likaledes å den massa man måste använda efter hvarje charge att avlaga botten och väggar med, och vilken borde sintra hård möjligast fort, men sen ej smälta, när man kom upp i högsta hetsvärmen, och som ej fick frätas alltför mycket av slaggen. Stålbadet tog upp så kolossala massor av gaser, att det vid tappningen ofta brusade över i kokillerna, lämnande i dessa kvar endast skalet till ett göte. Pierre Martin grubblade. Tänkte ut, att gaserna måste bestå av ugnsgaser. Huru skydda däremot? Med slagg! Första slaggerna skuro totalt sönder ugnsfodret utan att göra stålet bättre (de voro för järnoxidulrika). Så fick han för sura och strängsmälta, som ej släppte igenom värmen, stålet stelnade under dem. Experiment på experiment och till sist fann han idealslaggen, en slagg som var nog färskande att tillåta honom öka tackjärnsprocenten, utan att foderfrätningen blev för stor och givande ett mindre gasrikt stål. Men ändock fick han gång på gång gasigt rödskört stål. Experiment på experiment gav vid handen, att om man delade på tackjärnet, överhettade badet mot slutet och så tillsatte lagom tackjärn en stund före tappningen blev stålet fint och gott. Lagom! Ja ordet är i vårt svenska språk — det enda där detta begrepp lär finnas så koncentrerat uttryckt — mycket kort, men skall man inom bergshanteringen experimentera sig till ordets betydelse i enskilda fall, så blir sökandet efter begreppet oftast mycket långt. Svårigheterna att få fram just den stålsort man önskade — gränslösa syntes de. De måste övervinnas och de övervunnos. Och här under — och alltjämt sedan — ingen som helst uppmuntran utifrån. Patentansökan på patentansökan nekades från land till land, det där, att smälta ut stål av tackjärn och skro hade ju redan förut Réaumur, Clouet, Mushet, Hassenfratz, Uchatius, Heath, Stirling, Bessemer, Sudre, Petin, Gaudet & C:o hittat på och tagit patent på, fast de förstås ej lyckats. Ja de fingo patent men ej Pierre Martin — jo i ett par länder — där man sen fann, att man ej behövde betala honom några patentavgifter alls. Läser man högtidstalen från den minnesfest, år 1910,* där Frankrikes, Englands, Tysklands och Belgiens bergsmannakorporationer äntligen hyllade Pierre Martin och erkände, vad världens bergshantering var honom skyldig,** så går genom dem som en röd tråd en medlidandets suck över mannen, som ej förstod skära guld med täljkniv, utan blott gick på och arbetade och löste fråga på fråga, och steg för steg genomförde sin idé.

* S. u. E. 1910 sid. 1206.

** Från Sverige finnes ej i redogörelserna angivet, att det sändes någon officiell representant. Det land, vars järnhantering kanske mer än någots har anledning att tacka Pierre Martin. Ett enskilt blygsamt telegram kunde ej fylla luckan!

Pierre Martin — Henry Bessemer!

Vem står som den ädlaste ingenjören?

Ett av den enes tusende hugskott blev ett storverk genom huvudsakligen andras arbete. Den andres genom åratals under dagar och nätter framarbetade idé gick lugnt och säkert fram segrande i striden; ett ej så fyrverkeriartat skådespel som den förstes. Det är ju möjligt att bådas metoder snart få vika för de elektriska stålframställningssätten, men troligen komma dessa senare då att utgöras endast av Pierre Martins metod tillämpad i elektriska ugnar.

Till den världsutställning i Paris vartill Napoleon III inbjudit folk och länder sändes från Sverige tvenne erfarna duktiga bergsmän Knut Styffe och Ludvig Rinman, den förre såsom prisdomare inom gruppen Metallurgi,* den senare privatim tillkallad av svenske kommissarien vid världsutställningen G. Fahnehielm för att hjälpa honom med de storslagna men för kommissarien litet svårbegripliga utställningarna från de svenska bruken. Styffe, en framstående svensk bergsman, föreståndare för d. v. Kungl. Teknologiska Institutet, avgav en utmärkt berättelse över sina erfarenheter vid utställningen, ägnande 9 sidor i J. K. A. 1867 åt Bessemers metod, 4 sidor åt regenerativa degelstålugnar och 3¼ åt den nyuppfunna Martinmetoden, den Styffe dock till sist förklarar »kunna med fördel utövas i mindre skala och därför bör kunna bliva särdeles lämplig för åtskilliga av våra mindre järnbruk». Rinman trodde något mera på metodens betydelse för vårt land och anhöll hos herrar Fullmäktige i Jernkontoret om att få förlängd permission och att få i Sireuil ordentligt studera metoden. Jernkontorets Herrar Fullmäktige, lika klarvakna som förut och som i de flesta fall även sedan, gåvo honom genast den önskade permissionen, och ordres till att ta reda på metoden samt penningemedel att göra det, och Pierre Martin — som 1882 sade till mig och min kamrat, att det just var L. Rinmans brev till Gruner om att Lundin lyckats i sin Siemensugn smälta ett par smältstycken lancashirejärn, som gjorde, att Martin beslöt sig beställa en Siemensugn — gav Rinman genast tillåtelse komma till Sireuil och ta del av allt, som kunde vara av intresse för den svenska bergshanteringen. Detta löfte var i sanning storslaget, ty vårt gamla hederliga kommerskollegium hörde till de tvivlande patentinstitutionerna, och ehuru Martin ej hade aning om i vilken världsdel Sverige låg, hade han dock reda på, att det svenska järnet var ovanligt fint — han köpte svenskt järn av flera stämplar själv till sitt degelstål! Högsinnat visade han för en blivande konkurrent allt han utforskat; visade det öppet för en ingenjör och kamrat — idealist som han själv — visade allt i renaste oegennytta, blott för järnhanteringens och mänsklighetens framgång och

* Se J. K. A. 1867 sid. 170.

storhet. L. Rinmans handskrivna anteckningar från dessa dagar ligga här framför mig och kan jag ej neka mig tillfredsställelsen att ur desamma från år 1867 avskriva journalanteckningarna från ett par charger i Pierre Martins första två ugnar.

31 October: 1:er Fusion, Four N:o 2:
750 fonte grise de S:t Louis à $2^h8'$ de l'après minuit.
600 débris à 3^h, à $3^h15'$, à 4^h, à $4^h30'$, à $4^h53'$ à $5^h25'$
700 fer puddlé à 6^h, à $6^h25'$, à $6^h50'$, à $7^h30'$, à 8^h, à $8^h45'$, à $9^h15'$.
150 fonte spéculaire à $9^h52'$
Coulée à $11^h5'$
16 Lingots = 1958 *k*
Débris = 55 *k*
Déchet = 8,50 %.

4 Novembre: 1:er Fusion, Four N:o 1:
600 fonte grise S:t Louis à $10^h42'$ du soir
600 débris à minuit, à 30', à $1^h15'$, à $1^h55'$, à $2^h30'$, à $2^h55'$,
500 fer puddlé à $3^h30'$, à $4^h10'$, à 5^h, à $5^h37'$, à $5^h54'$.
125 fonte speculaire à $6^h48'$
25 fer puddlé à $7^h25'$
Coulée à $7^h47'$
13 Lingots = 1564 *k*
Débris = 52 *k*
Déchet = 12,64 %.

Main d'oeuvre à four N:o 2: 1:er chauffeur 8 fr., 2:nd chauffeur 4 fr., Aide chauffeur 3 fr., 2 Lingotieres 4 fr. 50, Ensemble . .	19,50	fr.
Four à chauffer: Chauffeur 4 fr., Aide chauffeur 3 fr. . .	7,00	»
1,170 charbon au four de fusion à 35 fr.	40,95	»
0,18 » » » à chauffer à 35 fr.	6,30	»
0,9 anthracite » » » » » 38 »	34,20	»
tótal	107,95	»

Main-d'oeuvre à four N:o 1:	26,70	fr.
0,999 charbon au four de fusion à 35 fr.	34,65	»
0,18 » » » à chauffer à 35 fr.	6,30	»
0,9 anthracite » » » » » 38 »	34,20	»
tótal	101,85	»

Såsom synes var Martins äldsta ugn på c:a 1,5 och hans andra på c:a 2 tons charger. Tackjärnet 32 à 34 %, insattes först och smältes, varpå sedan först skroet och därpå puddeljärnsavhugg insattes i småportioner och sist c:a 6 % spegeljärn. Chargerna gingo på 9 timmar från insättning till tappning.

Hemkommen fick Rinman genast Uddeholms bolags löfte att få i

brukspatron F. Lundins förvärmningsvällugn vid Munkfors försöka smälta stål efter Martins metod. Brukspatron Lundin hade nämligen vid Munkfors byggt en Siemensk (regenerativ) vällugn, vilken han eldade med gas från sina utmärkta sågspånsgeneratorer, och som han funnit, att han i densamma ej hade någon som helst svårighet att få full smältvärme, så hade han redan 1864 och således långt innan något offentliggjorts om Martins försök börjat med experiment att framställa verktygsstål genom att i denna ugn smälta tillsammans tackjärn med avfall från brännstålssmidet vid Munkfors. Själva smältningarna gingo förträffligt och stålet blev gott, men för varje smältning förstördes ugnsrummets valv och väggar.* Han murade nämligen om ugnen med kvartstegel, som fabricerades vid Munkfors, och det han ännu 1867 ej lyckats få eldhärdigt nog.**

Rinman, som på ort och ställe i Wales studerat engelska kvartstegeltillverkningen rekvirerade genast (i juni 1868) tegel från Dina men erhöll det ej förrän i början av november, då han strax ommurade ugnen på lämpligt sätt och sen i densamma gjorde inalles 52 smältningar mellan den 20 november—19 december, vilka med fullkomligt ovant folk förstås ibland gingo rätt krångligt, isynnerhet tappningarna, då en rätt stor mängd stål tappades bredvid i st. f. i kokillerna. De 52 smältningarnas sammanlagda resultat blev därför:

	I Centner	I %
Använt tackjärn	172,04	53,1
» brännstålsskro	86,33	26,7
» stångjärnsavhugg	46,36	14,2
» kokfärskor (lancashire)	19,24	6,0
Summa	323,97	100,0
Erhållet (procenten räknad av insatt järn):		
göten	231,00	71,3
skro	45,00	13,9
avbränna	47,97	14,8
Summa	323,97	100,0

Av det tillverkade stålet blevo de mjukare kvalitéerna alldeles utmärkta, medan åter de hårdare visade sig något ojämna i sammansättningen. Deltagare i dessa de första martinsmältningarna i Sverige voro de båda unga ingenjörerna E. J. Ljungberg och C. Danielson, nu disponenter vid resp. Stora Kopparbergs bergslag och Uddeholm, martinsmältarna A. Bergström, A. Ribb och J. Jansson, hjälpsmältarna J. Wessman, J. Hellström, J. Skyman, J. Krogsberg samt kokillresarna N. Bengtsson och C. Lindberg. Under juni månad 1869 fick J. L.

* Se B. f. B. W. i Ö. L. Band 1 sid. 143 och 151.

** Enligt sin egen beskrivning i J. K. A. 1864 sid. 78 tog Lundin i sina eldhärdigaste kvartstegelsorter vare sig 8 delar kvarts och 1 del holländsk klimplera eller 10 delar kvarts och 1 del namurlera, således alldeles för mycket bindemedel mot dinateglets 2 à 3 % kalk.

Sebenius i uppdrag att återigen ombygga ovannämnda vällugn, så att bättre resultat skulle erhållas* och erhöll han sedan med densamma från den 11 juli till den 31 dec. följande resultat:**

Antal charger		285
använt tackjärn, ctr		2000,77
» skro, »		3006,05
	Summa ctr	5006,82
erhållet i göten, ctr		4391,33
» » skro, »		217,63
» » avbränna »		397,86
	Summa ctr	5006,82
eller i % av insatt järn:	göten	87,7 %
	skro	4,3 »
	avbr.	8,0 »
	Summa	100,0 »

Sebenius säger själv, att produkterna blevo av ganska tillfredsställande beskaffenhet, men E. J. Ljungberg som sedan övertog tillseendet av metoden hade ett tungt arbete med den nya metoden att genomföra den så, att den till sist gav som resultat Sveriges finaste mjuka martin, som Munkfors snart började anses producera.

På våren 1869 hade emellertid Rinman hos brukspatron L. G. v. Celsing å Hällefors Styckebruk ändrat om ännu en Siemensk vällugn till martinugn, och då även där allt gick efter önskan, fick han konstruera en verklig martinugn till Kilafors bruk, se pl. LXIX. Kilaforsugnen, som blev färdig i början av juli 1869, var således Sveriges första martinugn och gick redan från början bra, men man skötte chargerna i densamma på ett sätt, som först långt senare igen upptogs och nu är det vanliga, i det att brukspatron C. A. Rettig sade ifrån, att allt godset skulle insättas samtidigt på en liten del tackjärn när, som mot slutet av chargen inkastades för att göra stålet rödskörfritt.*** Samma år försökte Rinman vid Hällefors färska med järnmalm i martinugn, men försöket misslyckades, emedan chargerna gingo för långsamt och försök i samma väg vid Munkfors gåvo rödbräckt stål, varefter malmfärskningen under flera år utdömdes, om man undantager ett förnyat misslyckat försök vid Bånghammar år 1870, där Rinman då likaledes byggt en martinugn, vilken dock strax efteråt fick vika för bessemerverksanläggningen vid Bångbro. Bånghammars ägare L. Wallmo tyckes varit den förste, som vågat förespå martinmetoden såsom kommande fullgod medtävlare till bessemermetoden, ty redan på bergsmannamötet i Örebro 1871 uttalade han den

* J. K. A. 1870 sid. 40.

** Av mig ur hans reseberättelse gjort sammandrag. *O—a.*

*** Se B. f. B. W. i Ö. L. Band 1 sid. 153.

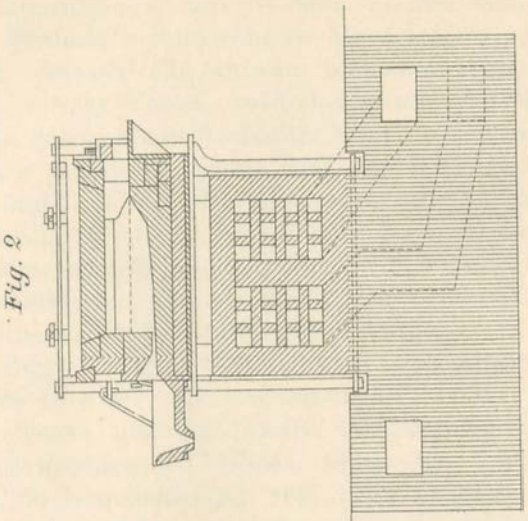


Fig. 2

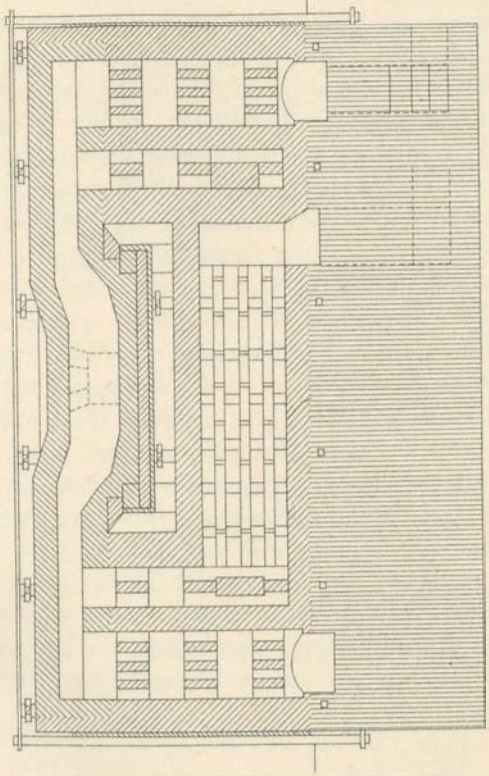


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

förmodan, att martinstålet skulle komma att tillverkas lika billigt och gott som bessemerstålet »för vilket senare man i masugnen behöver gå med så låg malmsättning», men att döma av vad som vidare yttrades ansåg t. o. m. Rinman honom som en överdriven sangviniker! Under hela 1870-talet fortsatte alla att vara bländade av bessemermetoden. Martinmetoden ansågs kunna användas såsom framställningssätt för sekunda mjuka göten, »blott Munkfors, som i martinugnen omsmälte lancashirefärskor kunde få prima stål, bessemerstålet är givet överlägset». För ändamål att tillvarataga skro till 2:da mjuk vara byggdes emellertid martinverk så småningom även vid Lesjöfors, Motala Verkstad, Domnarvet och Bofors. Emellertid kommo i slutet av 1870 och början av 1880-talen tvenne orsaker att sätta fullt liv och blomstring i martinhanteringen och ej minst i den svenska.

1879 offentliggjorde först N. Liljenberg* och senare E. Westman** redogörelser för 1878 års världsexposition i Paris vari båda högt lovordade Terre Noires utställda blåsfria martingjutgods.*** Den förre omtalar denna uppfinnings historia, sådan han hört den av uppfinnaren: Vid Pariserutställningen 1867 hade Finspong utställt pansarbrytande spetskulor av kanontackjärn, vilka på det högsta förvånade alla fackmän. Terre Noire fick av franska regeringen ordres söka eftergöra dem och lyckades få till skänks och undersöka några. Det fanns då i dem en så låg kolhalt som 2,94 %. Sökte då späda ut kolhalten i sitt tackjärn genom att sammansmälta det med stålskro, men fick gasblåsor i godset, såvida de ej togo ett mycket kiselrikt tackjärn. Man försökte då göra kulor av martinstål genom att strax före chargens tappning tillsätta sådant tackjärn, men fann då, att stålet blev trögflytande, om ej badet även höll rätt mycket mangan, och på så sätt blev metoden klarlagd genom ivriga experiment. 1875 i sept. lyckades man göra första fullgoda gjutningen och 1878 visade man som sagt resultaten. Redan 1876† hade vi till Sverige fått kortare rapporter om saken och nu översatte Westman och hemsände en mycket utförlig sådan rapport av A. L. Holley, varjämte han själv på Jernkontorets bekostnad avreste till Terre Noire och där studerade metoden, vilken resa han för samma ändamål men å brukspatron G. Lagerhielms på Bofors bekostnad upprepade år 1879, och efter vilken senare resa han sökte genomföra metoden vid Bofors, vilket, då Westman var oerfaren i martinstålberedning, emellertid ej lyckades. Bofors erfarne överingenjör C. Danielson tog då hand om denna nya gren av martinståltillverkningen och genomförde densamma med resultat, att Sveriges gjutna stålkanoner genast kunde tävla med utlandets smidda. Även vid andra svenska martinverk började vi sam-

* J. K. A. 1879 sid. 187.
** J. K. A. 1879 sid. 267.
*** J. K. A. 1879 sid. 231 och 285.
† Se J. K. A. 1879 sid. 285.

tidigt eller snart efter tillverka stålgjutgods, vilken tillverkning sen hos oss tack vare även andra energiska ingenjörer O. Löthner, A. G. Arfwedson, F. Björnlund, F. Stille m. fl. hela tiden hållits uppe i en nivå vida över dess samtidiga ståndpunkt i utlandet.

Den andra förbättringen som gav ökad fart åt martinmetoden hos oss genomfördes 1882 vid Hammarby, där vi lyckades påvisa järnmalmens betydelse som ett martinmetodens färskningsmedel och där vi framexperimenterade reglerna för dess rätta tillsättande. A. Wedberg var då den arbetet, bekymmerna och framgångarna delande kamraten.

De basiska götjärnsmetoderna: Många försök att rena götmetall från fosfor voro redan förut gjorda, bland annat av J. L. Bell i England, men på grunder, dem R. Åkerman på mästerligt sätt klarlagt,* hade det ständigt misslyckats, åtminstone alltid då uppfinnarna sökte tillämpa sina idéer i större praktisk skala och på ekonomiskt sätt, till dess kusinerna Sidney Gilchrist Thomas och Percy C. Gilchrist uppfunno det rätta tillvägagångssättet. 28 mars 1878 omtalade Bell i The Iron and Steel Institute sina försök att tvätta bort tackjärnets fosfor medelst flytande järnoxider vid rel. låg temperatur och då gjorde omedelbart efter Thomas en antydan om, att han nyss nära fullständigt lyckats göra detta i bessemermetoden. Ingen trodde den unge och Bell sade honom hånande, att »kunde han lyckas göra det bättre än Bell själv lyckats, vore han mänsklighetens välgörare»,** och föreningens sekreterare Jeans skrev sedan: »Församlingen skrattade ej över detta ur så ung mun kommande Heureka, lyckönskade ej heller den unge mannen till hans upptäckt, ställde ej ens någon fråga till honom om hans sätt att avlägsna fosforn utan tog helt enkelt ingen alls notis om hans kungörelse.» Sällan har väl den engelska högtidligheten och stelheten praktfullast visat sig. Författaren kan som svensk och tämligen erfaren bergsmannamötesbesökare bedyra, att vid bergsmannaföreningarna i Frankrike, Tyskland och Sverige skulle nog unge Thomas genast blivit känd på pulsen. I denna engelska församling fick han känna sig andligt utsparkad, som nog var värre, än att i de andra examineras. På hösten 1878 sammanträdde The Inst. of Iron and Steel i Paris och då fick det av de båda kusinerna en tryckt rapport, vars uppläsning — föreningen beslöt uppskjuta till nästa år! Emellertid fanns det dock en engelsk järnman, som insett metodens betydelse nämligen E. Windsor Richards, generaldirektör för en firma i Middlesbrough*** och som vågade giva de båda unga fattiga ingenjörerna mynt och plats till större experimenter och än mer med sin rika erfarenhet inom järnets tillverkning kom dem till den allra kraftigaste hjälp. Utan honom hade nog två klarseende ingenjörpojkars jätteidé fått jordas bland »löjliga hugskott».

* J. K. A. 1879 sid. 384 o. f.

** S. u. E. 1909 sid. 1465.

*** Bolckow, Waughan & Co.

Richards var ej en nutida jobbare, begärde ej ögonblickligt 100 procents utdelning på sina tillsläppta medel och 1000 procents framtida vinst på en annans goda idé, som en del svenska skumslevar, och genom hans hjälp — alltid uppmuntrande, idealistiskt storslagen och vittseende vunno de två unga en seger som inom den tekniska uppfinnarvärlden med rätta betraktas, som den mest glänsande bland de »förste» och som under senare tider gjort mera för mänsklighetens frigörelse och utveckling än allt jordens guld och all jordens vitterlek, ty den har lärt oss skaffa räls och skepp m. m. m. m. på möjligast billiga sätt ut över jordens yta.*

År 1879 4/4 visade Richards för en del få närmare vänner att Thomas och Gilchrists idé var riktig och sen gick ej blott ryktet utan även själva metoden världen runt! Först fick närmaste fackpress, däribland »Iron» del av besöket, och samma dag dess referat kom till Tyskland telegraferade direktör J. Massenez från Hörde och frågade om han fick sända en ingenjör att se metoden. Svaret ja kom inom några minuter, med gående tåg sändes Massenez' meddirektör Meier och verksingenjör Pink att se metoden och köpa patenträtten för Tyskland och Luxemburg. De studerade saken en dag. Thomas var i London, de reste ögonblickligen dit och mötte honom — och Rheiniche-Stahlwerkes direktör Pastor och dettas överingenjör Grass, som kommit i samma ärende och hade fått villkorlig förhand! Som bästa lärdom för svenska bruksekonomer nämnes detta, men nämnes ock att tyskarna i st. f. att gräla och fördyra varan för sitt lands järnindustri genast gingo i kompani och tillsammans köpte patentet för Tyskland och Luxemburg, detta patent, som var viktigare för Tysklands än något annat lands järnindustri och som till mycket stor del är orsak till Tysklands nuvarande makt och storhet.**

Den 26 april 1879 avslöts detta fördrag. Det rapporterades genast Storbritannien runt genom dess tidningar. Den 8 maj samlades till vanligt möte »Iron and Steel Institut» och man hörde *nu* under ljudlös tystnad på Thomas' beskrivning å sin metod. Månne man kände sig generad? Ingen, ingen enda förstod dock dråpslaget tyskarna givit Old England, men dessa förstodo det och arbetade och arbeta än energiskt därpå. Då sågo engelska järnmännen ned på världens 3:dje järntillverkning, nu se engelsmännen upp på densamma, som blivit n:o 2, och amerikanarna börja ängsligt snegla till svensk malm att detta n:o 2, ej skall bliva till slut n:o 1.

Kallhjärtade antagonister skola tycka, att ovanstående historik över götstålsmetoderna mera passa ett kåseri än en lärobok. Ja,

* Frestande vore här tillägga ett kapitel över jobbarskoj i bruk, i uppfinningar och i gruvor samt malmexport. Det dödande giftet i Sveriges gamla järnindustri.

** Att två svenska överingenjörer i sådant ögonblick kunnat komma överens vet jag, men två svenska finansmän?

kanhända, men jag skriver för unga svenska bergsmän med varmt blod och klara huvuden, och jag har velat visa dem att: tänk kallt och klart, grip verket an med friskt mod, håll ut med seghet, och om du ser, att du är på rätt väg, så ge dig ej, du kan föra förbättringen igenom till nytta — åtminstone för mänskligheten!

Dels till följd av att de saknade fullt lämpliga malmer för basiska bessemermetoden — thomasmetoden — dels till följd av engelsk tjurhuvudskonservatism blev det ej engelsmännen utan tyskarna som mänskligheten har att tacka utvecklandet och fullkomnandet av Thomas' och Gilchrists idé och dess tillämpning å såväl Martins som Bessemers metoder — samt kanske ock å de nya elektriska, om ej vi svenskar i de senare sätta in full kraft och vakenhet. För att få bessemerkonverterns vägg- och bottenmateriel att stå vid lag funno Thomas och Gilchrist att man dels måste använda en högbasisk (kalkhaltig) slagg, dels ett ugnsfoder bestående av med tjära inrammad dödbränd dolomit. Tyskarna vid Hörde voro emellertid de första att fullständigt lösa ugnsfoderfrågan och de voro ock de som genomförde Thomas' metod i martintillverkningen, ehuru de första lyckade basiska martinchargerna 1882 utfördes vid det ryska martinverket Alexandrowsky vid Petersburg.

A. Uchatiimetoden.

Praktiska utförandet: Denna metod, som utomlands är så gott som fullständigt fallen i glömska, så att den nämnes av Hoffman (utan beskrivning) som »the swedish method» och i 1910 års årgång av »Hütte» åter (sid. 602) i få ord och under fullkomligt oriktig beskrivning (»rent tackjärn smältes samman med malmbriketter»), kvarlever ännu här i Sverige i fullt och bästa flor vid det stålverk som — först bland alla — verkligen fullt genomförde den i vårt land nämligen vid Wikmanshyttan och vid dess masugn Norn, och om man frånser själva degelugnarnas konstruktion alldeles på samma sätt som då på C. R. Ulffs tid Uchatii ombud fick där införa metoden.

Vid Norns masugn med en dygnsproduktion av 12 à 13 ton, tackjärnsprocent = 60 och kolåtgång = 56 hl samt drivning = 1,25 blåses av Bispbergs och Norbergs malmer tackjärnet för denna ståltillverkning. Vid utslagen får järnet först nedrinna i en skänk som är i likhet med martinstålskänkarna försedd med stoppare och tärning. Sedan allt järnet nedkommit i denna skänk upphissas den och föres fram över en av 25 mm grova tackjärnshällar sammanfogad parallellepipedisk bassäng av 4 m längd, 2,5 m bredd och 2,5 m djup och täckt med ett tackjärnslock, i vilket finnes en öppning, varigenom tackjärnsstrålen från skänktärningen nedstörtar. I bassängen finnes ett skovelhjul av trä med radiellt ställda 12 st. skovlar och vilket hjul medelst en utvändig remskiva kan sättas i häftig rotation. I bassängen

inledes en kraftig ström vatten, som får avrinna genom en öppning placerad vid sådan höjd, att vattnet står upp över ungefär $^3/_4$ av hjulet. Järnstrålen riktas så, att den träffar hjulskovlarna just då de dyka ned under vattenytan. Genom skovlarnas och vattnets kraftiga rörelse pisk.as järnstrålen sönder till en massa större och mindre ihåliga kulor, vilka sjunka ned genom vattenströmmen till bassängens botten. Hjulet gives olika hastighet allt efter tackjärnets sättningsgrad, så att vid helgrått järn får det 120, vid helvitt 100 varvs hastighet per minut.

Då allt tackjärnet nedrunnit, avtappas vattnet ur bassängen och granulen uppöses samt skyfflas ut över tackjärnshällar, under vilka framgår en kanal, vari masugnsgas brinner och här torkas den så hastigt, att den ej blir det ringaste rostbeklädd. Varje järnkorn är i brottet helvitt, stråligt och tackjärnet blir genom granuleringen, praktiskt taget, absolut svavelfritt.

1:a Bispbergsmalmen rostas vid Norn synnerligen skarpt eller så att största delen av den får slaggad yta och porslinsblankt tätt brott, och ur det rostade utplockas sedan de allra mest hårdbrända och samtidigt rikaste bitarna, på vilkas utseende man kan se, att de blivit i det närmaste svavelfria. Dessa bitar sändas jämte den i trälådor inpackade torkade granulen ned till Vikmanshyttan, där järnmalmen males till finaste stoft. På samma sätt males till fint stybb renvaskade välkolade träkol.

Av dessa tre ingredienser: granul, malmpulver och kolstybb sammansättas nu chargerna till deglarna (stålet, som här fabriceras, är nämligen uteslutande degelstål), och dessutom ilägges i deglarna vare sig vid chargeringen eller efter sen massan smält även de legeringsämnen, som de olika stålkvalitéerna betinga samt för rödskörhets förhindrande behövlig mangan. Varför träkolsstybbet ingår med i beskickningarna torde vara svårt förklara annat än som någon slags patentfiness påhittad av Uchatius och bibehållet alltjämt av ren konservatism. De gamla smältarnas förklaring, att man på så vis får mera stål ur deglarna än om de beskickas enbart med granul och malm, håller naturligtvis ej streck, ty tvärtom är en blandning av kol + granul + malm mera skrymmande än en blandning av bara granul med malm givande samma kvantum färdigt stål. Enda tänkbara förklaring jag kunnat utfundera till detta inmängande av kol med i satsen skulle möjligtvis kunna vara, att man 1858 ej hade ugnarnas temperaturstegring fullt i sin hand utan att satsen smälte för fort om ej det värmeledningen försenande kolpulvret fanns med. Se nedan.

Deglarna, som användas, äro från Morgan & Co, Battersea och av grafitmassa,* samt rymma en sats till 36 kg stål eller något mera och kunna användas högst 15 gånger. Smältningen försiggår i rege-

* Om deglars fabrikation se: Allmän Metallurgi.

nerativa degelstålsugnar,* varje ugn rymmande 9 deglar och ugnarna — som vanligt i degelstålsverken — helt placerade under golvet i smältverket och försedda med avlyftbara valvsegment (här tre). De eldas med gas från generatorer beskickade med ved, torv och stenkol. Den noga blandade beskickningen påfylles i de förvärmda deglarna medelst en plåttratt, varefter deglarna med innehåll medelst tång och kranblock nedhissas i ugnsrummet och där placeras i tre rader, fristående från varandra och med så stora mellanrum, att lågan gott kommer åt att spela runt om varje degel. Ugnsrummets botten utgöres underst av en gjutjärnshäll, därovanpå ett tegelskift och på detta för ökande av deglarnas bottenvärme ett lager styckekoks. Botten är försedd med ett genomgående hål för att vid en eller annan degels sönderspricknade det utläckande stålet må kunna rinna därigenom och ned i rummet under ugnsbotten för att kunna tillvaratagas. Deglarna täckas med lock.

Smältningen skötes i Uchatiiprocessen, på något olika sätt mot vid den vanliga degelstålprocessen. Man börjar ej genast att driva upp hettan i ugnsrummet till full hets, utan håller den först rätt länge vid mörk gulvärme och först då reaktionerna i chargemassan så gott som slutat, uppdrives hettan till full smältvärme. Skulle man nämligen genast åstadkomma sådan, så skulle degelinnehållet tvärsmälta och då t. f. av sin så högst olika specifika vikt skilja sig i trenne lager, underst tackjärn, så malm och överst kolstybb, och reaktionerna skulle bli ytterst ofullständiga, varjämte den smälta malmen genast skulle skära sönder deglarnas väggar. Nu åter håller man hela den blandade massan i en slags degig konsistens, varvid såväl det fria, som tackjärnets kol inverka reducerande på färskmalmens järnoxider, varvid den uppkommande koloxiden uppstiger och bortgår genom degmassans porer utan att bilda stora bubblor som i ett martinbad, och således ej heller stänkande massa kring och på degelns väggar och lock. När man av erfarenhet vet att reduktionen är fulländad, så är förstås bra att hastigt få allt i smältning, varvid stålet skiljer sig från den uppflytande glasiga slaggen. Sen allt smält får degeln stå kvar ännu så lång tid att stålet dels hinner avgiva inmängda gaser, dels bli lagom tappvarmt. Som degelstålet blir alldeles tätt och vanligen vill bli något övervarmt till följd av att ugnslågan helt sveper om deglarna och ehuru hettan i degelstålugnarna är lägre än i martinugnar,** så led man — innan de Laval uppfann sjunkboxen — mycket av bildning av sugtratt eller pipebildning i de små götena.*** När alla deglarnas i en ugn innehåll är färdigsmält och kvickt, avlyftes valvsegment för valvsegment och understående deglar upplyftas å verkstadsgolvet, locken avtagas och medelst en spiral-

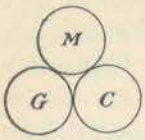
* Se under vanligt degelstål.
** Martinbadet har upphettningen blott ovanifrån och stark värmebortledning nedåt.
*** Se under gaser i stål.

vriden järnten avskummas mycket noga all slagg från stålets yta. Detta tömmes därpå ned i något på lut ställda kokiller under noggrannaste iakttagande av att den ur degeln rinnande stålstrålen ej ett ögonblick kommer att beröra kokillväggen, ty sker det, så bildas där å götet ett »pågjutningsfel», som måste bortmejslas, såvida det utsmidda stålet sedan skall visa vacker yta. För att få möjligast spegelblank yta på stångstålet erfordras även, att de använda kokillerna dels äro blankhyvlade invändigt, dels före varje tappning på insidan rökas med näver, varförutom även varje liten vid tappningen å på kokillväggen uppstänkt och sedan vid götsidan fastnande droppe noga bortmejslas.

Processens kemiska förlopp. Alla färskningsprocesser, vi hava, äro åtminstone i något av chargernas löpande skeden även till någon om än liten grad förenade med utreducering av järn ur dess oxider, så t. ex. välljärnsmetoderna under den häftigaste kokperioden, och i hög grad den basiska martinmetoden, om färskmalm användes och ugnshettan är god, men vi hava dock inget enda framställningssätt för smidigt järn och stål, som i jämförbar grad liknar en dubbelprocess som Uchatiimetoden. I dennas charger ligga blandade om varandra malm, kol och tackjärnskorn, åstadkommande en ytterst komplicerad verkan. Där under det degiga tillståndet ett kolkorn ligger an mot ett malmkorn, oxideras kolkornet småningom till koloxid, vilken i sin tur kan tänkas om ock i ytterst ringa grad verka som reduktionsmedel på en eller annan smådel ren järnoxid och således bli omvandlad till CO_2 vilken dock, så länge oförbrända kolkorn finnas kvar, i högre lager igen reduceras till CO. Träkolet bortgår därför till största delen såsom CO och i obetydlig grad som CO_2, och tittar man — naturligtvis beväpnad med stålkarlarnas vanliga mörkblå glasögon — genom observationshålen i valvet ned i ugnen under reaktionsperioden, ser man också runt om varje degellock en koloxidlågekrans. Men kanske samma malmkorn på en annan punkt ligger an emot ett granulkorn. Då avgiver det där syre till dettas först kisel och mangan och så, när de oxiderats, även till dess kol, allt under det pågår utreducerande av järn i malmkornet. Granulkornet åter ligger någonstädes an mot ett kolkorn, kanske rent av emot samma kolkorn som malmkornet, och när så genom malmkornets färskande verkan så mycket kol bortfärskats ur granulkornet, att dess återstående kolhalt börjar understiga den mot rådande temperatur svarande mättningsgraden, så börjar granulkornet genast upptaga kol från kolkornet i beröringspunkten med detta. Då börja kolkornets kolatomer att vandra två vägar till syret i malmkornet, dels genom beröringspunkten med malmkornet, i vilken beröringspunkt nu vissa av malmkornets järnsyremolekyler omvandlats till kolbundet järn, dels genom granulkornet och dess beröringspunkt med malmkornet.

Men även sedan all koloxidutveckling slutat, fortsätta en hel del

andra reaktioner: kol vandrar från mera kolbundet järn till mindre kolbundet, med stigande temperatur återreduceras dels ur slaggen, dels ur degelns väggmaterial kisel, denna kisel inverkar dels sönderdelande, dels bindande på av järnet lösta gaser, malmjärnets något högre svavelhalt utjämnas i granuljärnets, det senares något högre fosforhalt återigen i det förra, tills, sen allt stått smält behörig lång tid och värmen nått normal höjd, reaktionerna mattas av och något så när likformiga lösningar uppstå, då tappning göres. Likasom vid all götmetall fortsätter i stålmassan sedan under stelnandet och även långt efteråt åtskilliga reaktioner, utsegringar, gasavsöndringar, sulfid- och syreomsättningar* m. m.



I absolut reaktionsfri vila kommer stållegeringen aldrig.

B. Bessemermetoden.

(Bessemerverfahren, Bessemer process, procédé Bessemer, bessemerowskij prozess, processo Bessemer, procedimiento Bessemer.)

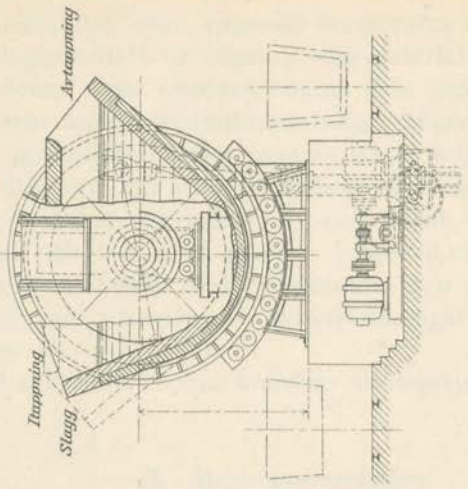
a. Ugnar och apparater.

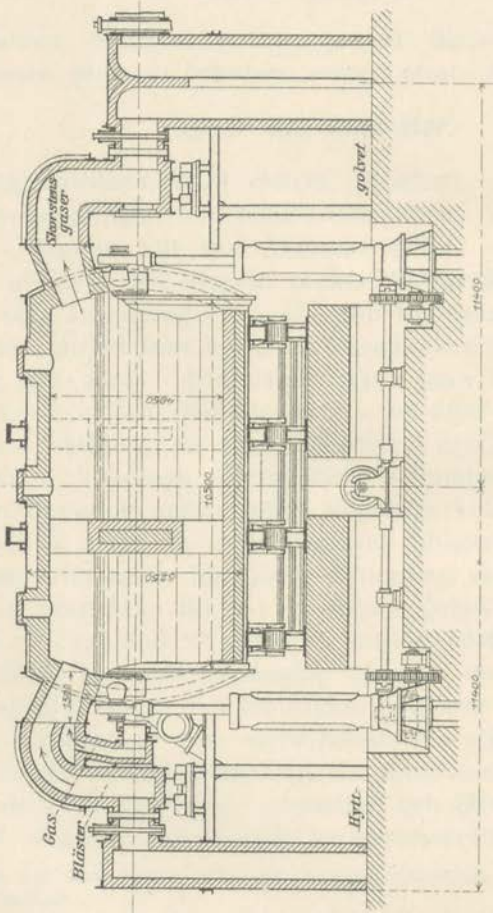
*1:o. Tackjärnsblandarna*** (Mixer, Mischer). R. Åkermans uppsatser och avhandlingar om bessemermetodens utövande i Sverige studerades — liksom allt vad Åkerman skrev — mycket uppmärksamt även i utlandet och överallt väckte det förvåning, ja avund, att vi kunde i våra masugnar hålla så jämn hyttegång, så att vi kunde taga tackjärnet direkt från hyttan i bessemerkonvertern och så utan vidare blåsa stål därav. Utomlands måste man nämligen den tiden alltid låta järnet kallna, därefter sortera det efter brottutseende eller kemisk sammansättning, så taga behörigen mycket av olika sorter och omsmälta å kupolugn, varvid både förlorades i kisel- och manganhalt samt dessutom måste offras kupolugnskoks, d. v. s. koks av bästa och dyraste slag. Då man fann det fullkomligt otänkbart därute att få med svenskarna lika jämn hyttegång, såg man sig om efter annan lösning, samt fann till sist en sådan nästan samtidigt i Förenta Staterna och i Tyskland.*** Denna lösning bestod i att från flera, bessemertackjärn blåsande masugnar tömma tackjärnet i en stor behållare, varifrån det undan för undan avtappas i småportioner till bessemerkonvertrarna. I den stora behållaren utjämnas då de olika utslagens sammansättning tillräckligt, varjämte tackjärnets övervärme är nog stor att hålla behållaren upphettad och järnet flytande. Detta var ett stort steg till förbilligande av bessemerståltillverkningen vid

* Påminnes om våra erfarenheter om rödskör götmetalls förändring under åratals förvarande å götbacken.

** Tackjärnsblandarnas historia se: S. u. E. 1911 sid. 253.

*** W. R. Jones i Edgar Thomsonverken 1889 och G. Hilgenstock i Hörde 1890.





Grav. av Emil Szohss

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

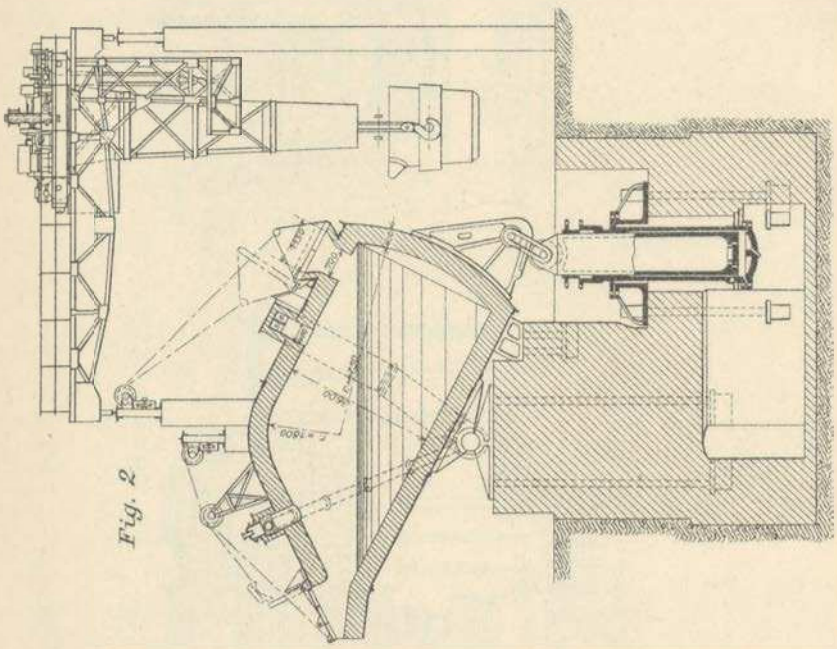


Fig. 2

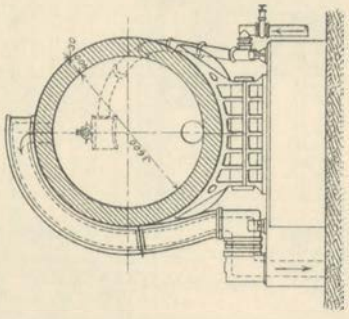


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

verk, som hade nog stor fabrikation att kunna hålla en dylik blandare varm, ty tackjärnet kallnade i den, om omsättningen ej var mycket stor och om satsen, som hölls inne, ej hölls vid minst 150 ton. Så mycket snabbare gick införandet av blandarna vid bessemerverken emellertid, när man snart kom underfund med, att man i dem erhöll en synnerligen kraftig svavelrening av tackjärnet blott det höll tillräcklig manganhalt.*

Man har tre olika grupper blandarekonstruktioner, av vilka två så gott som uteslutande användas vid bessemerverken och det tredje nästan uteslutande vid martinverken och att vi här i Sverige kunna få anledning att konstruera ännu ett — fjärde slag synes mig ej otroligt.

De tre hittills konstruerade huvudslagen utgöras av:

1:o) de vickbara, på tappar upphängda blandarna,

2:o) de cylindriska på rullar och skenor upplagda, båda beskrivna redan i Wiborghs metallurgi och använda vid bessemerverken samt

3:o) blandare liknande vickbara martinugnar och liksom de försedda med gaseldning och regeneratorkamrar.

Det fjärde slaget, eller det jag tänker mig kunna komma till användning i Sverige, skulle vara elektriskt upphettad blandare.

Lämnande de båda senare slagen tills vi behandla martinmetoden, skola vi här något närmare betrakta de två förstnämnda. En vickbar tackjärnsblandare består av (pl. LXX) en päronformad behållare förfärdigad av starka sammannitade och med vinkeljärn ytterligare förstärkta stålplåtar. Invändigt är den fodrad med tvenne tegelskift vardera av 200 mm tjocklek, och det närmast plåten av chamotte, det innersta åter av magnesit, åtminstone så högt eller något högre än slaggen kan komma att nå vid apparatens vickande. Nära botten är den försedd med en c:a 700 mm vid istjälpningsöppning för det från masugnarna anländande tackjärnet och i toppändan åter med en c:a 650 mm vid avtappningsöppning, under vilken bessemerverkets tackjärnsskänk och vid svavelrening även slaggskänken framföres. Dessutom förses den ehuru sällan med gas- eller petroleumeldapparat i blåsrörsform. Den kan, som den först konstruerades, vara upphängd på två tappar alldeles som en bessemerkonverter, men placeras numera helst på en liggande axeltapp, så som planschen visar. Som den, vad tyngdpunktens placering angår, är mycket ofördelaktigt konstruerad, så åtgår stor kraft för dess manövrerande, varför den alltid vrides med hydraulik.** Dessa blandare konstrueras för 150—750 tons innehåll.

En cylindrisk tackjärnsblandare åter (se pl. LXXI)*** består av ett liggande cylindriskt kärl med något sfäriska gavlar, och

* Se under svavel och järn.
** Tillhör ämnet bergsmekanik.
*** Köln-Bayenthals utmärkta konstruktion.

allt efter storleken försett med två eller fyra kransringar vilande i rullager, vilkas rullar medgiva ett lätt kringvridande av blandaren. På långsidan är denna försedd med in- och avtappningsöppningar vilkas rännliknande delar böra jämnt motväga varandra eller ock motvägas av cylinderväggens på lämpligt sätt fördelade murverksförtjockningar, så att tomma kärlets tyngdpunktaxel fullkomligt sammanfaller med dess rörelseaxel.* Är det hela väl centrerat åtgår så liten kraft och av så jämn påkänning, att även de största och tyngsta blandare av detta slag kunna drivas med ej vidare kraftig elektrisk motor. Blandare av denna typ kunna med fördel eldas vare sig med masugns- eller generatorgas (utomlands eldas även en del med natur- eller koksgas eller med petroleum) och äro därför användbara även vid små tillverkningar. Likaledes äro de synnerligen lämpliga vid små såväl som stora tillverkningar, där bessemerblåsningarna stå över söndagsdygnet, ty de kunna under detta hållas fullt varma. Man blåser då så många bessemerblåsningar på lördagen, att masugnen eller masugnarna sen hava full sysselsättning att på nytt fylla behållaren tills på måndagen blåsningarna kunna börja igen. Dessa behållare hava för övrigt samma infodring, som de förenämnda och rymma från 250 upp till 1000 ton tackjärn.

2:o. *Konvertrarna.* Denna genialiska ugnstyp består av en päronformad (därav det tyska Birne som namn å bessemerugnen) tegelinfodrad plåtmantel. Se pl. LXXII, LXXIII och LXXIV, vilka visa trenne typer konvertrar. Den typ som visas å förstnämnda plansch och i fig. 1 å pl. LXXIII är den vanligaste och kallas för den excentriska konvertern, samt utmärker sig från de andra genom en snett uppåt riktad skorstensmynning. Fig. 3 och 4 å pl. LXXIII framställa en vid Hofors bruk i Sverige av H. Tholander konstruerad konverter med i förhållande till vertikalaxeln nästan vinkelrätt utgående skorstensöppning, varigenom vinnes i minskat utkok, medan pl. LXXIV är en avbildning av konstruktionsritningen till en s. k. koncentrisk konverter, d. v. s. en med skorstensmynningen riktad rätt uppåt.

Plåtmanteln, som vanligen är tredelad och då utgöres av skorstenshuven, mittersta cylindriska delen och den något sfäriska bottendelen, förfärdigas av 9, 12 eller 15 mm tjock järnplåt. De tre delarna sammanhållas medelst vare sig bultar och muttrar eller sprintar och kilar, bultarna eller sprintarna av 30 à 36 mm diam. Manteln tages utomlands så vid, att tackjärnsbadet kommer att få ett djup av c:a 300—350 mm i tyska** och engelska, 400—475 mm i amerikanska konvertrar. Våra svenska bessemerugnskonstruktörer åter ha visst inga regler alls för baddjupet, ty efter de diametermått och chargevikter, vi under senare års bergsskoleresor erhållit uppgift på, så utgör, om man räknar det smälta tackjärnets eg. vikt till 6,9, bad-

* Tillhör egentligen ämnet bergsmekanik.

** I Tyskland blåses numera sur bessemer knappast vid något annat verk än Krupps.

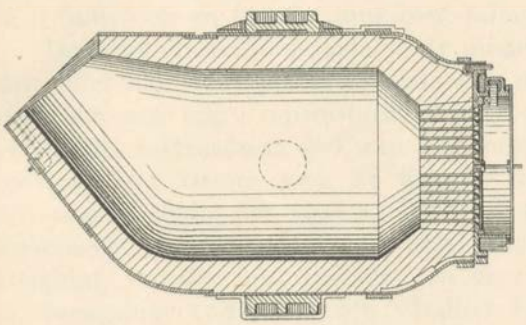


Fig. 3

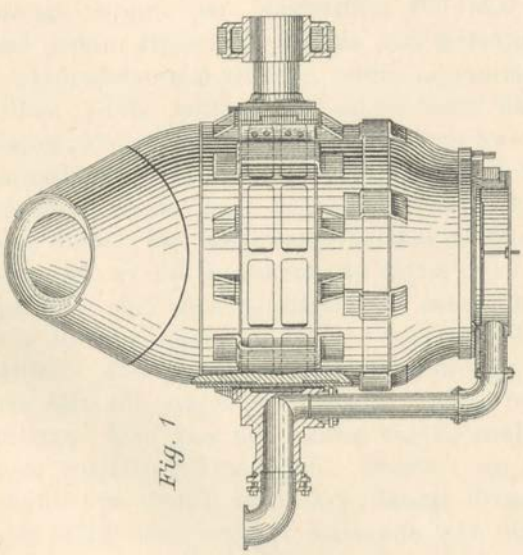


Fig. 1

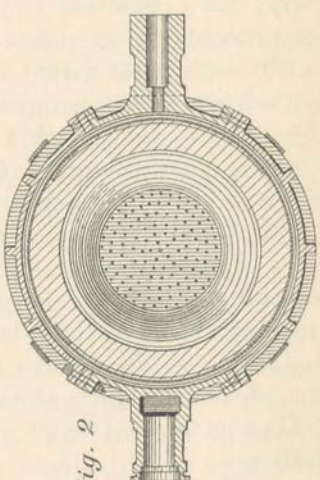


Fig. 2

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

djupet vid sex numera i gång varande ugnar respektive 306, 327, 377, 386, 460 och 517 mm. I Tyskland och England räknar man med i den färdigmurade ugnen 1 m^3 inre ugnsrymd per ton tackjärn, i Amerika med 1,2 m^3. I de ovannämnda sex svenska ugnarna åter varierar detta förhållande på följande sätt: 1,32, 1,23, 1,07, 0,75, 0,86 och 0,62 tagna i samma ordning som förut. Den eldfasta infodringens väggtjocklek är i våra bessemerugnar vanligen antingen 9 tum (222 mm) eller 12 tum (297 mm) tjock, men en och annan är dubbelväggad med en 6 tums och en 9 tums mur med luftspringa emellan.

Den cylindriska manteldelen är omgiven av en grov ring av gjutjärn eller stål, exempelvis 380 mm hög och av 105 mm godstjocklek eller 500 mm hög i u-järnsform med 60 mm godstjocklek, eller även av dubbel u-järnsfason 600 mm hög, med 160 mm:s ben och 40 mm godstjocklek. Denna ring är försedd med tvenne axeltappar, varav den ena är ihålig och lagd i ledande förbindelse med ledningen från bessemerblåsmaskinen. Den andra tappen åter är försedd med ett kugghjul, i vilket ett drevhjul, en skruv eller en kuggstång* griper in, varigenom konvertern blir vändbar åtminstone i 180° vinkel. Av tapparna får, om de äro av gjutjärn, blästerledningstappen 350 à 400 mm yttre diam., den massiva åter 250 mm diam. om de äro av stål, resp. 350 à 400 och 200 mm diam. och gjutas helst i ett stycke med ringen. Ringen, som för ugnens uppvärmningssvällnings skull måste inuti tagas något vidare än ugnens yttre omkrets, spännes bäst fast vid denna medelst på manteln fastnitade stålgjutna konsoler. Från den ihåliga tappen går blästerröret 160—800 mm i diameter i rät vinkel ned genom ringens undersida och fortsätter sedan genom påskruvade krokrörsdelar ned till den under konverterns botten fästa blästerlådan vilken jämte botten efter uppfinnaren bär namnet Holleys lösbotten. Denna lösbotten består dels antingen av en enkel 60 mm tjock tackjärnsskiva med uppåt konande kant, i vilken skiva finnas antingen ett färre antal stora hål försedda med koniska stosar (c:a 155 à 180 mm diam.) för insättande av stora lergodsformer (fig. 2, pl. LXXIII) eller ock av två hopskruvade skivor med dylika hål av 40 mm godstjocklek eller ock slutligen en skiva med ett större antal små hål (c:a 10 mm diam. se fig. 3 à 4, pl. LXXIII) för en s. k. silbottens tätthål. Denna nu omnämnda bottenplatta passar vanligen fullkomligt tätt till själva konverterns gjutna bottenring mot vilken den då anligger, men kan ock såsom vid Björneborg ligga an mot en konisk kant i själva blästerlådan. Denna i sin tur utgöres av en cylindrisk upptill och nedtill med skruvflänsar försedd gjutjärnsring av 250—360 mm höjd och mycket växlande inre diameter t. ex. vid Björneborg 1500, Långshyttan 1285, Hofors 1780, Hagfors 1320 mm. Ringens godstjocklek är 30 à 36 mm och nedtill slutes den av ett lock antingen av gjutjärn och då av 30 à 36 mm godstjocklek eller av plåt

* Tillhör i övrigt ämnet bergsmekanik.

och 9 à 12 mm i godstjocklek. Det förra slaget lock fästas med kil bultar, de senare, som ofta på ena sidan sitta fast vid blästerlådan med gångjärn, fästas bäst med excentriska klämbultar.

Användas blästerformar av chamotte, så äro de vanligen 450 mm höga med 120 mm övre och 160 mm nedre diameter samt hava 6—9 tätthål av från 9—13 mm övre, 10—14 mm nedre diam. Antalet formor är vanligen 13. Användes silbotten är den t. ex. såsom vid Hofors försedd med 196 st. tättrör av upptill 9 mm diam. Dess tjocklek är 371 mm.

I vidstående tabell lämnas även en del andra sifferuppgifter från våra få i gång varande sura bessemerugnar, siffror som benäget lämnats under senare årens bergsskoleresor.

Ugnens infodring utgjordes förr av inramad kvartsmassa, men numera uppmurar man den vanligen av kvarts- eller chamottetegel köpta från tegelverken. Ett av våra bessemerverk gör dock såtillvida undantag, att det i hydraulisk press självt slår kvartstegel, vilka, endast torkade, inpassas i ugnen, varefter denna först sakta eldas med ved och sen varmblåses med kol och koks, så att fodert bränes. Detta förfarande medför den nyttan, att fodert blir så att säga fogfritt, ty de torkade teglen vilja svälla vid bränningen och pressa då hop fogarna mellan sig till ett intet.

Konvertern upplägges i lager i ett starkt, stående stativ och dess blästertapp hopkopplas med ledningen från bessemerblåsmaskinen.*

3:o. Skänkar, kokiller och sjunkboxar. I början av 1700-talet användes i Sveriges hyttor namnet skänkskopa om en gjutskopa, som kunde bäras av tvenne arbetare. De större gjutpannorna åter, som t. ex. vid kanongjutning östes först fulla medelst itömmande av en mängd skänkskopor och så tömdes i »kanonmotet», kallades ös„skopa eller skänkpanna. Genom bortfallandet av ändelserna skopa och panna fingo vi så ordet skänk, som vi nu nyttja i allmänhet om de kärl, vari vi från en ugn tömma flytande järn för att ur dem sedan tappa det i olika formar. Handskänkar nämna vi små gjutpannor, som kunna kringbäras av en till tre à fyra man, lösskänkar sådana, som måste föras fram i kran eller å vagn och halvskänkar rännliknande utsprång fästa utanför utslagshålen vid en del ugnar. Vid bessemerstålgjuterierna utomlands använder man sig av alla tre slagen, vid våra bessemerverk åter, endast av de två sistnämnda.

En lösskänk för bessemerstål (se pl. LXXVI fig. 1) består av en panna förfärdigad allt efter storleken av 9—18 mm plåt med i banko tjockare botten — än sidoplåt och invändigt fodrad med eldfast tegel — chamotte — samt inne på detta med eldfast kvarts- eller chamottemassa. Vanligen tager man skänkens diameter lika med dess djup, och förser den med läpp *a* dels för att i händelse av behov kunna »över läpp» tömma den, dels för att, om någon charge skulle

* För vilken likasom för blästerledningarna tillhör ämnet bergsmekanik att redogöra.

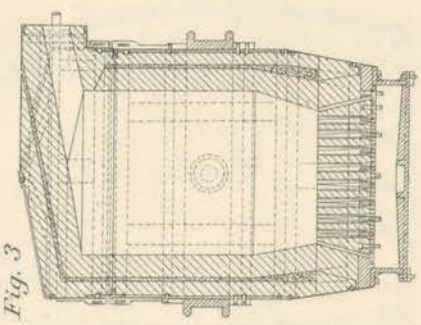


Fig. 3

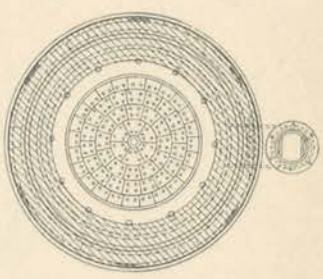


Fig. 4

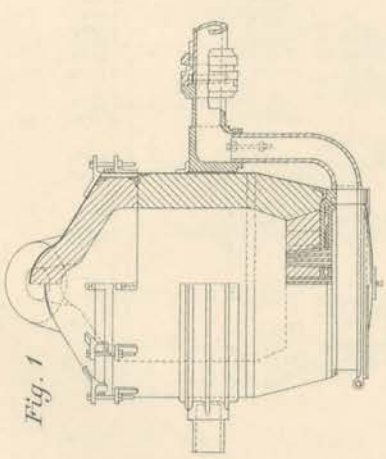


Fig. 1

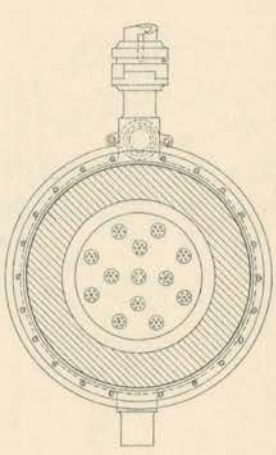


Fig. 2

Grav. av Emil Sacrse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

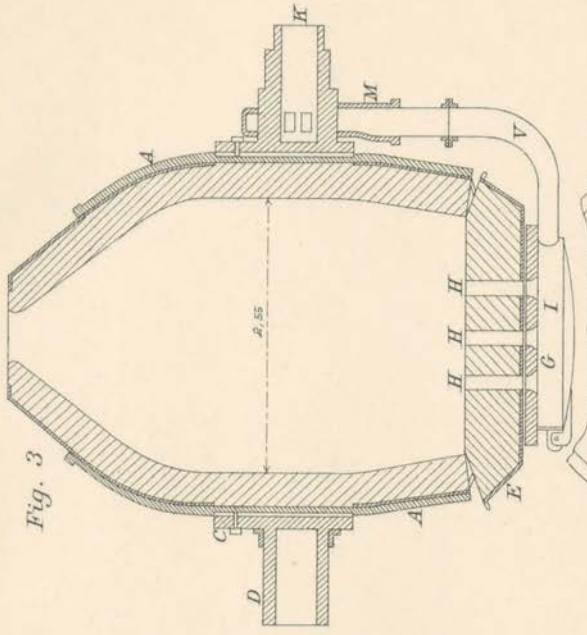


Fig. 3

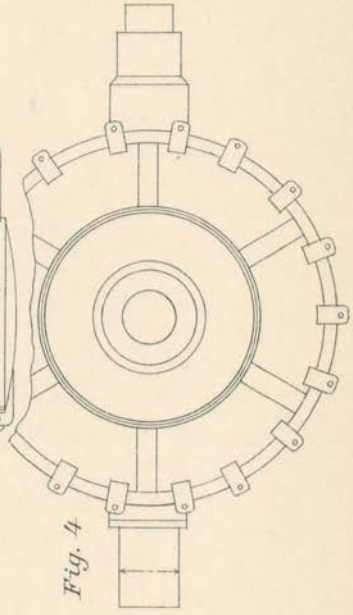


Fig. 4

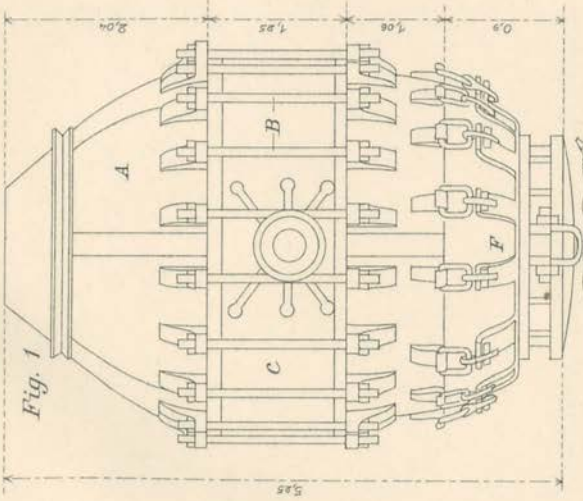


Fig. 1

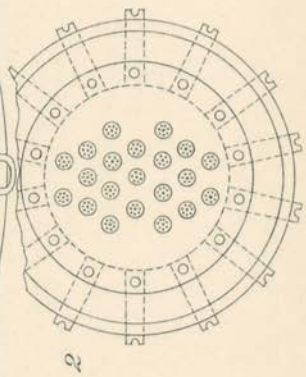


Fig. 2

Grav. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

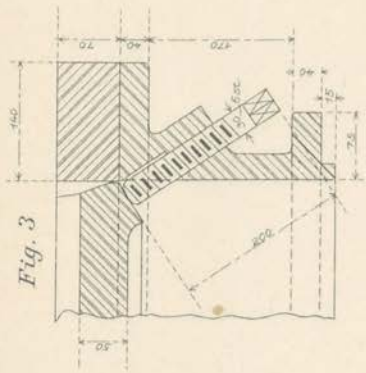


Fig. 3

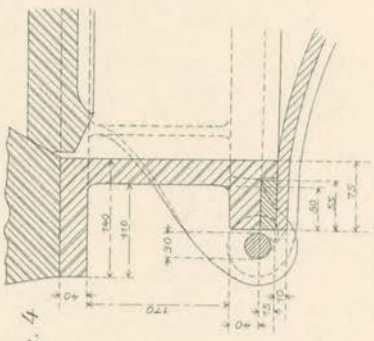


Fig. 4

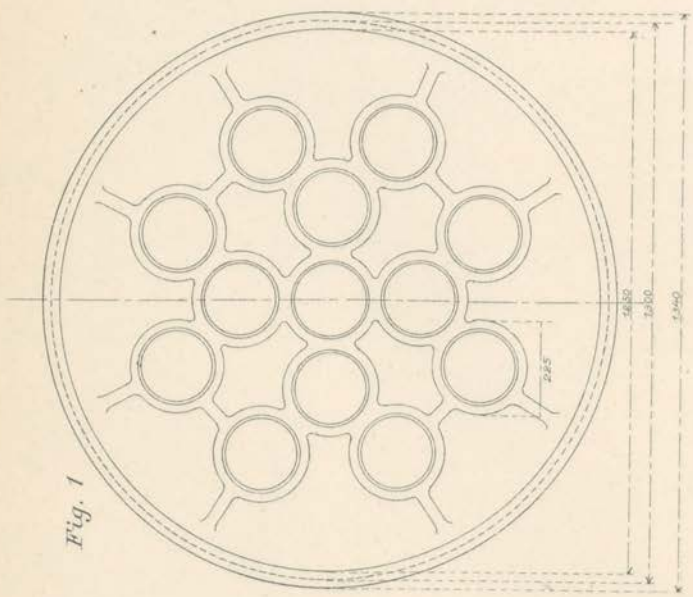


Fig. 1

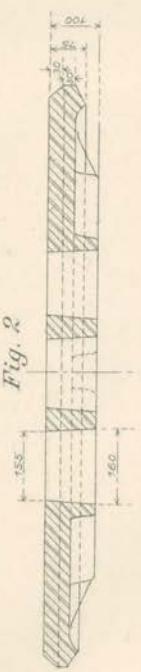


Fig. 2

Grav. av Emil Sechse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

Tabell LXXV.

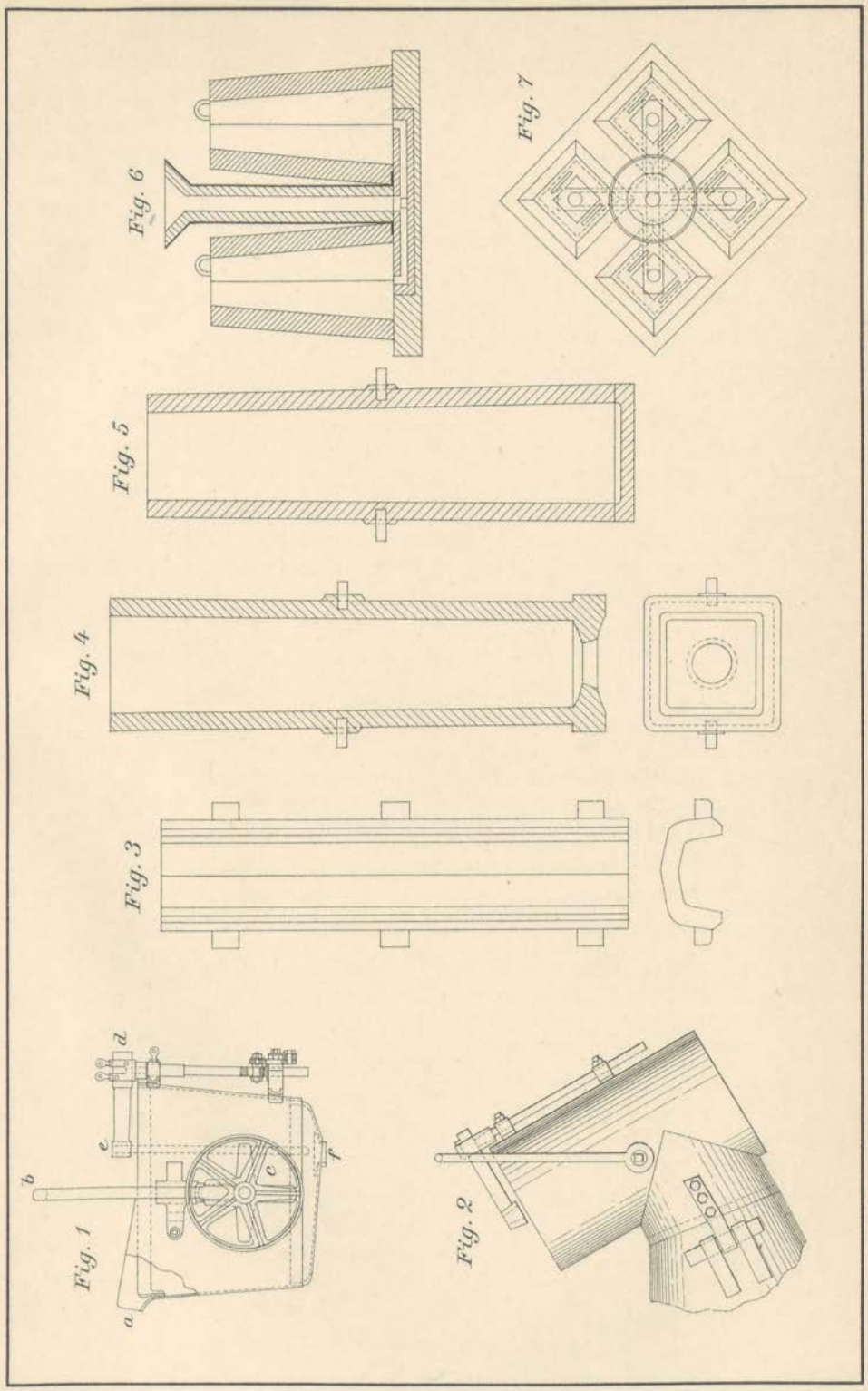
Chargestorlek	Huvens översidas längd	Fodrets tjocklek i skorstensmynningen	Skorstensöppningens diameter	Ugnens inre diameter i buken	Ugnens inre diameter vid botten	Höjd från botten till bukcylinderns underkant	Bukcylinderns höjd	Inre centrumlinjens höjd från botten till tak	Tättrörens längd	Blästerlådans höjd	Blästerlådans inre diameter	Höjden från blästerlådans botten till tapparnas centrumlinje	Höjden från botten till skorstensmynningens underkant	Ugnsfoderts tjocklek i mitteldelen	Tättornas antal	Tättornas övre diameter	Summa tättarea	Använd blästerpression		Använd blåsningstid
																		Max.	Min.	
ton	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	st.	mm	cm^2	mm	mm	min.
3,6	1640	180	200	1540	1130	420	1100	2250	450	280	1340	1500	2700	240	12 × 8	12	109	1200	600	12 à 16
3,5	1950	240	200	1600	1200	350	1300	2210	340	300	1306	1500	2400	300	165	10	130	725	400	10 à 20
3,5	2580	180	216	1560	1260	600	1650	2400	504	384	1800	1800	2400	396	196	9	125	1100	550	10 à 14
4,0	2000	200	185	1650	1050	450	1900	2550	371	400	1350	1780	2500	200	191	9	122	1050	600	10 à 16
3,5	1860	222	210	1480	1080	380	1190	2330	450	352	1480	1630	2640	360	108	11	102	1100	480	10 à 14
4,0	1790	232	252	1475	1005	300	1665	2560	420	300	1400	2000	2800	300	108	12	122	945	473	12 à 16

så fylla den, att slagg börjar rinna över brädden, densamma ej må rinna över runt om. Läppens fodrade underkant skall därför vara något djupare (100 mm) än skänkkanten i övrigt. Skänken hänger på tvenne tappar — och i bygel *b* om kran eller travers användes, eljes ligga dessa tappar i vagnens eller »skänkgaffelns» lagerboxar. Medelst kugg- eller skruvväxel kan skänken kring dessa tappar vändas runt om. I botten ha de mindre skänkarna ett, de större två eller fyra tapphål *f*, i vilka nedpassas s. k. tärningar med tapphål i mitten och över dessa hål inriktas en stopparstång *e* i nedre ändan försedd med s. k. stoppare och för övrigt »lersmetad» hela stången upp. Genom sänkning av stången kan man fullkomligt tillsluta hålet i tärningen. Stopparstången uppbäres av en arm fastsatt medelst klämskruvar i en i gejder upp och ned rörlig ståndare *d*.

Som bessemerstålet ibland kan vara så kallt, då det är färdigblåst, att det ej tål vid avkylningen vid att tappas i en relativt kall lösskänk utan sedan vill stelna i dennas tapphål, så konstruerade C. A. Caspersson i slutet av 1870-talet sin s. k. konverterskänk, en halvskänk (avbildad å pl. LXXVI fig. 2). Densamma består av en plåtcylinder försedd med tärning och stoppare men nedtill försedd med ett vitt vinkelrätt utgående rörstycke, som medelst kilar och krampor kan fastkilas emot den kullagda konverterns skorstensmynning. Skarven mellan dem tätas medelst förut påsmetat lerbruk och senare skarp åtslagning av kilarna. När denna förut väl förvärmda lilla skänk fastsatts, kullvickas konvertern mera, så att först slagg och sedan även stål utkommer i skänken, då tappningen kan börja. Som stålet och slaggen nu endast så småningom utflyta, hålla de sig hela tiden kvickflytande i den övervärmda konvertern. Ofantligt mycket svenskt bessemerstål är genom denna uppfinning räddat åt oss och en mängd tackjärn, som såsom för hårdsatt eljes ej skulle kunnat blåsas, har genom denna kunnat omvandlas till stål, varjämte den medförd kolbesparing även vid den vanliga gången i bessemerhyttorna, varför Caspersson med densamma gjort sig väl förtjänt av erkännande från Jernkontorets sida.

För förandet av tackjärnet från masugnen till konvertern har man vanligen en skänk utan stoppare.

Kokiller kallas i regel alla av gjutjärn förfärdigade formar vari flytande järn och stål uttappas, om ock den gamla benämningen »måtten» ännu här och där användes för kokillerna vid masugnarna. Vid bessemerverken har man dem (se pl. LXXVI fig. 3–7) antingen av parallellepipedisk, längs efter tudelad form — detta numera egentligen endast för plåtgöt och då mer eller mindre platta — eller ock koniska, vanligen med storändan uppåt och med fast botten försedd med tärninghål vari en tärning av gjutjärn eller stål inpassas, någon gång ännu dock även med storändan nedåt och med lös botten vanligast då avsedda för s. k. stigande gjutning (se fig. 6 och 7). I sist-



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Fig. 1

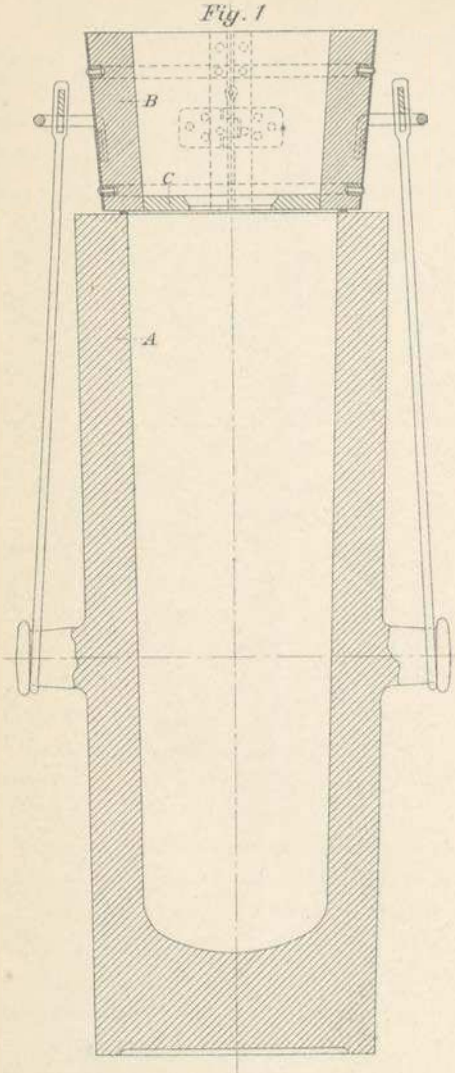


Fig. 3

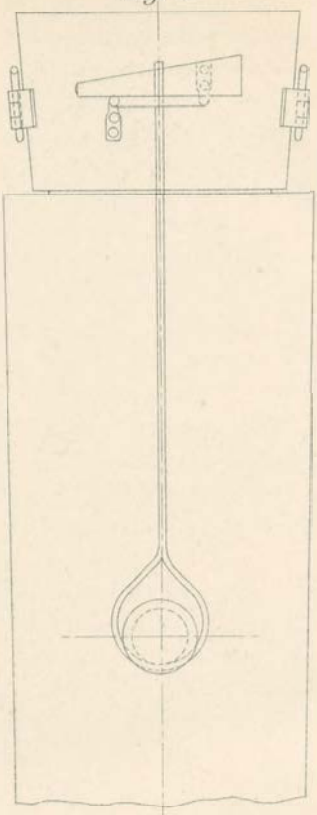


Fig. 4

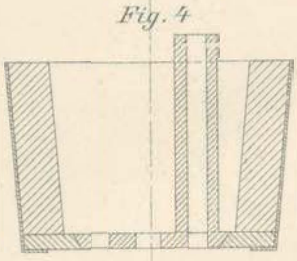
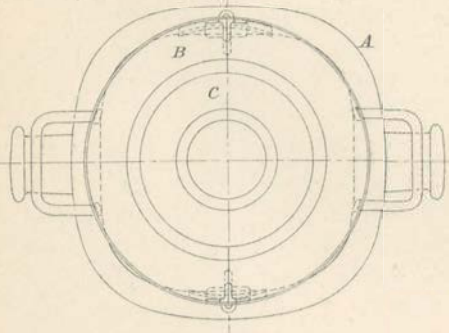


Fig. 2



Graf. av Emil Sachse

Centraltryckeriet, Stockholm

nämnda fallet ställas de på en med tegelskodda kanaler försedd grov gjutjärnsplatta, på vilken man placerat ett inuti eldfast utfodrat itappningsrör med tratt, ifall man ej till minskande av skromängden ersatt detta med en centralkokill, vars göte dock ofta vill bli centrumblåsigt och således av sekunda kvalité.

Kokillerna äro vid våra bessemerverk oftast c:a 1,2 m höga och av 9, 10, 12 eller 14 verktums övre innervidd, men finnas i användning även såväl smalare kokiller ned till 6- och 4-tums, som mycket större upp till för axelgöten på hos oss 8, utomlands 25 tons och än högre vikt. Godstjockleken i dem tages vanligen tjockast på mitten av sidorna och där i småkokiller ej under 25 mm samt grövre förstås ju större kokillerna äro. Kokillerna strykas före varje tappning med tjära, lervatten eller grafit. Se vidare under Martin.

Sjunkboxar användas såsom vi redan i kapitlet gaser och järn sågo, för ståls tätgörande. De uppfunnos ursprungligen av G. de Laval och användes först vid Vikmanshyttan. De Lavals bestå endast av en medelst järnband sammanhållen ram av eldfast tegel, vilken ram upphettad inuti till gulvärme ställes på kokillen. En stor förbättring av dessa äro de av A. Casperson inventerade, se pl. LXXVII fig. 1, 2 o. 3, vilkas skiva av eldfast tegel gör, att det otäta sjunkhuvudet särdeles lätt kan efter götets kallnande avslås. Casperson har dessutom för att användas vid hårt något gasigt stål tillökat denna box med en silskiva med gasavledningsrör, se fig. 4, vilken silskiva, när stålet står halvvägs upp i boxen, urlyftes, varpå boxen fylles. Förhållandet är, att stål, om det tappas i smala strålar, under fallet avgiver rätt mycket av sina gaser.

4:o. *Upphettningsapparater.* Som våra svenska bessemerblåsningar äro baserade på smält tackjärn direkt från masugn, så hava vi vanligen vid bessemerverken god tillgång å en — till följd av den alltid i bessemermasugnarna nödsatta gången — mycket kraftig masugnsgas för uppvärmning av såväl konvertrar som skänkar och sjunkboxar. Konvertern vändes vid eldningen upp och ned, i skorstensmynningen instickes ett gasrörsmunstycke med centralt blästerrör (blåsrörslåga) och lågan får uppströmma i konvertern, vars blästerlådslock därunder kan vara frånskruvat, i vilket fall botten blir bättre genomvärmd. Skänken kan med ett pålagt lock eller vänd på sida eller rent av upp och ned även ledes värmas med liknande blåsrörslåga och lika så boxarna ställda på varandra 8 à 10 stycken och med ett glest liggande plåtlock på den översta.

I närheten av konvertern och placerad så att blåsaren därifrån kan väl observera denna och den ur dess skorstensmynning utströmmande lågan finnes en plattform med manövreringsrattar för konvertern och blästerventilen samt med manometer för avläsandet av blästertrycket.*

* Beskrivandet av dessa detaljer hör till ämnet bergsmekanik.

b. Processens utförande.

I Sverige tillgår detta på följande sätt: Utslag i masugnen göres vanligen på bestämt klockslag och har man dessförinnan eldat väl varma skänkarna och konvertern, den senare antingen med gas eller ock genom att man en stund innan utslag göres hällt ned i den några hl träkol eller koks eller blandning av båda, satt eld och dragit på svag bläster. I senare fallet vändes, då tackjärnet kommer, konvertern upp och ned och urblåses innan järnet ihälles.

Först föres tackjärnsskänken på sin vagn fram under masugnens utslagränna och väges tom, härpå göres utslag under iakttagande av att man håller en »skummare» i rännan, så att ej sand och slagg åka med ned i skänken. Ungefär mitt under tappningen tages med skopa ett prov å järnet, vilket slås i en liten 1 tum djup, 4 tum lång och $1^1/_2$ à 2 tum vid kokill. Detta prov slås, så fort det stelnat, ur kokillen, doppas i vatten, avtorkas och slås av, varpå ena halvan lämnas till blåsaren till ledning för, huru han sedan bör sköta blåsningen, se härom mera nedan. Då hela tackjärnsutslaget nedrunnit i skänken, väges denna på nytt. Tackjärnets vikt annoteras och delgives blåsaren, ävenledes till upplysning för blåsningen, varefter skänken med sitt innehåll föres in i bessemerverket, där konvertern nu vänts i liggande ställning med skorstensmynningen riktad uppåt och med blästerlådan något högre än den, så att tackjärnet vid inrinnandet ej må kunna rinna in i tättrören och stelna i dem. När tackjärnet ihälles ser blåsaren noga efter, huru pass varmt det är, såvida han ej redan gjort det borta vid utslaget, och bör han även förut hört efter, huru gången i hyttan varit och studerat sista slaggen, allt till upplysning om, huru han bör sköta blåsningen och vilken hårdhetsgrad han kan och bör gå ned till med stålet. Medan tackjärnet nedrinner sättes bessemerblåsmaskinen i gång och då allt tackjärn kommit ned i konvertern drages bläster på i densamma varefter, då manometern visar det önskvärda blästertrycket, konvertern reses i vertikal ställning. Härvid utkastas först såväl en mängd gnistor som med tackjärnet nedkomna kolstycken och slaggrusor, men sedan endast gnistor, varjämte man att börja med ser glödande men ej brinnande gaser utströmma ur konvertermynningen. Efter en stund — det dröjer längre ju kiselrikare och samtidigt kallare tackjärnet varit — framtittar ur skorstensmynningen en blålysande koloxidlåga i de glödande gaserna. Raffineringsperioden är nu över. Denna låga tillväxer nu raskt blivande både allt längre och längre men ock lysande med allt mera vitt sken, tills den slutligen blir bländvit och av större längd än konvertern. Järngnistor utkastas fortfarande i massor, men även allt mera stänk av slagg, vilka stänk slå fast vid verkets motstående skorstensvägg, där de i anslagningsögonblicket lysa med allt vitare glans allt efter som blåsningen fortgår. Ljudet i ugnen är

att börja med klart och skarpt samt öronbedövande. Efter vissa minuter — färre ju kallare och hårdsattare tackjärnet varit — börjar detta ljud avtaga i skärpa och bli mera dovt, lågan blir fladdrande, slagg börjar skvättvis utrinna ur mynningen, och har ej tackjärnet varit nödsatt, så börja nu även tjocka röda ångor av järnoxid att utströmma, tjockare och mäktigare ju kallare och hårdsattare tackjärnet varit och ju mindre vikt tackjärn man fått med i chargen, och detta ångutkastande kan rent av vara åtföljt av sådant överkokande av både järn och slagg, att man tvingas vända ned konvertern i lutande eller liggande ställning samt blåsa med mindre blästertryck. Vid detta nedliggande komma en del formor att blåsa över badets yta, förbränna koloxiden till kolsyra, därmed ökande ugnstemperaturen.

Det är nu, som kokperioden i färskningsprocessen pågår. Sedan koket väl är över, upphöra de röda ångorna och överrinnandet av järn och slagg, om ej chargen går alltför kall, ljudet blir åter klarare och skarpare, blästertrycket, som man under koket måst minska för att ej få för mycket utkok, kan åter ökas, lågan såväl som slaggstänk och gnistor blir fortfarande något vitare, och nu pågår efterfärskningen. Sedan denna fortlöpt en stund börjar lågans längd att avtaga och går detta avtagande allt hastigare med den sjunkande kolhalten i badet, så att lågan till sist endast räcker få d. m. utanför skorstensmynningen, om man låter stålet gå ned i kolhalt emot 0,05 %.

Mjukare kolhalter kan man därför bedöma efter lågans längd, hårdare åter får man »taga» på gnistornas och slaggstänkets utseende. Gnistorna äro alltid i blåsningens första början mycket stora och grant sönderspringande i mindre och åter mindre gnistor. Sedan bliva de allt mindre sönderspringande och även allt mindre till storleken, så att till sist när man fått ned kolhalten till 0,10 % de bli vad folket kallar »som synålsuddar».

Vad nu angår betydelsen av de observationer vi förut nämnt, att blåsaren gjort, så är att märka:

1:o. Ju mindre tackjärnsvikt han fått med i konvertern, ju större roll spelar konverterväggarnas avkylande inverkan, och ju kallare går chargen, ju mindre lysande äro då vid eljes samma kolhalt, gnistor, låga och stänk.

2:o. Alldeles lika blir förhållandet med låga, gnistor och stänk ju hårdsattare tackjärnet varit och ju mera strykning åt järngrön färg masugnsslaggen visat före utslaget och ju mindre grafitblad, som flöt med den ut. Det avslagna tackjärnsprovet visar förstås i regel bredare vit rand ju hårdsattare masugnsgången är, såvida ej tackjärnets manganhalt av någon anledning ökats, ty då blir den ock bredare men ock mera stråligt kristallinisk.

3:o. Ju kallare gång, vid ju högre kolhalt måste blåsaren avbryta blåsningen, ty ett mjukare stål fordrar, för att bli prima, högre tappningstemperatur än ett hårdare.

4:o. Är gången i masugnen alltför hårdsatt, är det därför omöjligt att alls blåsa bessemer av utslaget, utan bestämmer då blåsaren eller hyttingenjören att detsamma, i stället för i skänken, skall tappas i tackjärnskokillerna (måtten).

5:o. En kort raffineringsperiod angiver, att föga kisel och mangan förefunnits i tackjärnet eller hög övervärme hos detsamma, och som det är de nämnda ämnena, som giva den egentliga överhettningen åt järnet från tackjärnets smältvärme till stålets (c:a 1159° = tackjärnets, c:a 1500° = ståls av 0,10 % C) så får blåsaren avsluta blåsningen vid högre kolhalt ju kortare raffineringsperioden varit, så vida han ej vid utslaget i hyttan funnit att tackjärnet varit mycket övervarmt och chargevikten stor. I regel följes ju övervärme hos tackjärnet åt av ökning i kisel- och manganhalter, men vid manganbrist i beskickningen *kan* kisel- och manganfattigt järn fås övervarmt vid het bläster, nödsatt gång och mycket basisk slagg.

Vår framstående bessemerman J. A. Leffler skriver* i övrigt om dessa företeelser i bessemerprocessen och om botemedlen för felaktig blåsningsgång följande:

»Blåsningarnas gång är i första hand beroende av gången i masugnen, ty på den senare beror tackjärnets beskaffenhet, såväl med hänsyn till kemisk sammansättning som tappningstemperatur, och när det såsom hos oss tages direkt från masugnen till bessemerkonvertern, inverka ojämnheter i masugnsgången därför även till ojämnheter i bessemergången. Man bör därför ägna största möjliga uppmärksamhet åt förebyggandet av störingar i masugnsgången, men som sådana ej alldeles kunna undvikas, får bessemermannen finna sig i det oundvikliga och söka i bessemerkonvertern häva olägenheterna av tackjärnets ojämnhet genom att göra lämpliga tillsatser till järnbadet. De tillsatser, som då vanligast komma i fråga, äro manganjärn, kiseljärn, malmmull, glödspån och skro och anföras här några fall, då ettdera eller flera av dem böra begagnas.

A. Om tackjärnet i sig självt är för kallt, om dess brottutseende bådar en mer än vanligt långvarig blåsning (trög gång), då alltså värmeförlusterna genom ledning och strålning bliva betydande eller om konvertern är sådan, att den kan väntas i ovanlig grad avkyla tackjärnet, så tillsättes med fördel 80-%-igt manganjärn, som blivit förvärmt till minst 700 à 800° och före användandet krossats till valnöts upp till hönsäggs storlek.

B. Är tackjärnet för varmt, motverkas detta genom tillsats av skro, malmmull eller glödspån. Skro verkar därvid minst kraftigt, då det endast sänker temperaturen så mycket, som motsvarar värmeförbrukningen för dess uppvärmning till badets temperatur. De båda andra tillsatserna åter åstadkomma därjämte en betydande temperatursänkning genom den värmeförbrukning, som järnets reduktion kräver.

* Här återgivet i sammanträngd form ur J. K. A. 1901 sid. 101.

Det är fördelaktigt att tillsätta skroet så tidigt som möjligt för att få det väl smält och uppblandat i badet, annars riskerar man att få osmälta bitar kvar vid tappningen, vilka göra stålet ojämnt. Ofta kan man dock icke på förhand veta, om en blåsning kommer att gå för varmt, och då måste tillsatsen göras under blåsningen, men bör ske så tidigt, att man får blåsa även en stund efter densamma. Under den våldsammaste koloxideringen få tillsatser dock ej göras, emedan man då kan få utkok orsakade av den häftiga färskning som inträder. Skro bör således tillsättas strax före starkaste koket eller efter detsamma och helst med försiktighet i två à tre omgångar, medan man får vara ännu försiktigare vid malm- och glödspåntillsättningarna.

C. Är tackjärnet fattigt på både kisel och mangan, färskar det ytterst lätt och häftigt, så mycket mer, som det vanligen då också är kallt, och har man då alla betingelser för att för järnrik, basisk slagg skall bildas. Kolet bortgår under våldsamma utkok och produkten blir kall och av sekunda slag. Botemedlet är då kiseljärnstillsättning och behöves därav 200 à 300 kg vid charger om 3 à 4 ton. Kiselns verkan är tvåfaldig, ty dels höjer den vid sin förbränning badtemperaturen, dels orsakar den surare ej så skarpt färskande slagg. Kiseljärnet tillsättes ävenledes starkt förvärmt och i små stycken.

D. Slutligen kan bessemertackjärnet vara alltför nödsatt och hålla för mycket kisel och mangan. Gången blir trög, formorna vilja »gro», d. v. s. de få långa trattar över sig av avskild grafit, så att blåstern får för kort väg att verka på badet. Man bör då hjälpa upp färskningen med malmmull eller glödspån, vilken senare verkar kraftigast, emedan den är fri från kiselsyra. Av dessa ämnen får man allt efter tackjärnets nödsatthet tillsätta från 20 upp till 200 kg till 3 à 4 tons charger. Ibland är att rekommendera, att jämte glödspånen även tillsätta 10 à 20 kg manganjärn.»

Till ovanstående kan dessutom från praktiska utförandet av bessemerprocessen vid ett par av våra svenska bessemerverk läggas, att vid ett av dem, där man rätt ofta använder sig av kiseljärnstillsats, emedan man finner ekonomiskt hålla hyttegången på gränsen mot hårdsatt, varierar man allt efter behovet med kiseljärnstillsatsen från 40 upp till 300 kilo per blåsning, slår sönder det i bitar om hönsäggs storlek och värmer det väl i en liten ugn, eldad med masugnsgas. Man har då funnit, att man, med c:a 250 kilos tillsats och konvertern ställd på lut under koket, kan utan att få utkok blåsa till och med helvitt tackjärn ned till mjukt stål (0,10 à 0,20 % C). Det använda kiseljärnet håller då 12 % Si och 3,5 % Mn. Som kiseljärns av denna kvalité fosforhalt emellertid är rätt hög — 55 à 60 tusendels procent — så använder man ogärna något mera avsevärt med kiseljärn vid blåsande av hårt fint stål. Vid samma bruk gör man vid kallt helgrått järn manganjärnstillsatser varierande från 10—80 kg för tre tons charger. Man blåser här helst tackjärn av sammansättningar:

Varmt tackjärn med . . . . . C = 3,8 %, Mn 2,5 %, Si = 1,3 %.
Svalare » » . . . . . C = 3,8 %, Mn 3,25 %, Si = 1,2 %

och behöver då ej för rödskörhets borttagande vid blåsningens slut tillsätta manganjärn, såvida man ej går ned med kolhalten under 0,40 % C.

Vid ett annat bessemerverk anser man, att vid blåsningen av:

hårt stål (C = 0,75 % och över) tackjärnet bör hålla 1 % Si och 3 % Mn
mjukt » (C = 0,40 %—0,70 %) » » » 1,5 % Si » 4,25 % »

medan det kan få hålla ännu något mera mangan vid blåsning av kolhalter under 0,40 % C. Vid detta verk har man dock synnerligen god tillgång på manganrika malmer. Man har här 5 grader på tackjärnets brottutseende med 0 = helgrått och 4 = helvitt, samt blåser helst halvvitt = 2. Man behöver här så gott som aldrig tillsätta mangan vid blåsningens slut för rödskörhets borttagande.

Vid ett tredje verk hava vi vid välgående bessemercharger funnit följande analyser i tackjärn och därav blåsta stålsorter:

i tackjärnet					i stålet				
C %	Si %	Mn %	P %	S %	C %	Si %	Mn %	P %	S %
4,02	0,61	1,45	0,029	0,005	1,10	0,08	0,25	0,032	0,005
3,87	0,63	1,77	0,025	0,005	1,00	0,07	0,26	0,032	0,005
3,92	0,63	1,56	0,030	0,005	0,75	0,01	0,13	0,034	0,005
3,98	0,82	1,83	0,032	0,005	0,80	0,02	0,16	0,033	0,005
3,78	0,98	1,77	0,033	0,005	0,95	0,08	0,28	0,036	0,005
3,80	1,12	1,87	0,033	0,005	0,80	0,06	0,22	0,038	0,005
3,68	1,68	1,87	0,031	sp.	0,65	0,05	0,25	0,035	sp.
3,81	0,93	2,10	0,030	0,005	0,90	0,02	0,15	0,033	0,005
?	0,35	1,95	0,028	0,005	1,10	0,01	0,20	0,032	0,005

Bessemerslaggen, som erhölls vid sistnämnda blåsning, höll: SiO_2 = 42,50 %, Al_2O_3 = 4,10 %, FeO = 13,50 %, MnO = 39,10 %, CaO = 0,73 %, MgO = 0,14 %. Silikatgrad = 2,03. Vid manganrikare tackjärns avblåsande erhålles naturligtvis även manganrikare slagg (med ända upp till 50 % MnO) och hava vi svenska bruk, där man för den skull å masugnen uppsätter den fallande konverterslaggen såsom manganmalm.

När blåsaren anser, att han fått stålbadet nedkolat till nära den hårdhetsgrad, stålet bör hava, lägger han omkull konvertern och avstänger så blästern samt bereder sig att taga ut ett prov av stålet. Innan han inför provskopan i konvertern brukar han vid en del verk dock på nytt dra på blästern ett ögonblick för att få ugnen fri från

explossiva gaser, som eljes ibland kunna giva upphov till en hastigt utslående sticklåga. Med provskopan tages så ut ett prov, vilket slås i en kokill. Denna är vid en del verk i form av en 100 mm lång, 25 mm bred och 18 mm djup ränna, men bättre är att ha den hög och av kvadratisk genomskärning samt tudelad, så att man erhåller ett prov i form av ett litet göte t. ex. 180 × 50 × 50 mm, vilket provstycke genast inbäres i provsmedjan samt provas på hårdhetsgraden, då en skicklig provare samtidigt undersöker dess rödskörhet så pass, att han kan bedöma om mangantillsättning är nödvändig och huru pass stor den i så fall behöver göras. När provaren av smidesprovet (se nedan) sett huru många hundradels procent kol, stålet ännu måste berövas för att komma ned till rätt kolhalt, så drar han åter på blästern, uppreser konvertern och blåser efter en förut uppgjord tabell antingen ett visst antal sekunder till, eller ock räknar han visst antal kolvslag, som blåsmaskinen höres göra, samt vickar så ånyo ned konvertern och avslår blästern samt tager kanske för säkerhets skull nytt prov. Antalet sekunder eller kolvslag bestämmes (efter anställda prov) olika för olika vikt på chargen och som sagt efter återstående överskottskolhalt. Måste ferromangan tillsättas, är bäst inkasta det i rödvarmt tillstånd och i sådan mängd, att man, utan att komma ned under rätta kolhalten, kan ett ögonblick åter dra på blästern och uppvicka konvertern, varigenom fullständig omblandning erhålles. Isynnerhet är detta nödvändigt vid tappning med Casperssons konverterskänk.

Härefter framföres skänken. Är denna en lösskänk tappas konverterns hela innehåll ut på en gång i densamma, är den en Caspers-sons skänk fastkilas den, varpå tappningen i kokillerna börjar. Efter stålets värme vid tappandet i kokillerna, efter dess förhållande vid och efter tappandet i dessa, bedömer så blåsaren dess kvalité och annoterar sedan detta i liggaren.

Vid en del av våra bessemerverk tillsättes under tappningen aluminium, som vanligen i form av 3 gram vägande trådbitar nedkastas successive i kokillen, allt efter som denna fylles. Mängden aluminium rättas efter mängden av i stålet upptagna gaser, dess temperatur och kolhalt och anföres här nedan från ett av våra förnämsta verk en tabell häröver, sid. 514.

Vid detta verk blåser man endast verktygsstålkvalitéer samt använder å kokillerna de Lavals sjunkboxar. För att giva något begrepp om ovannämnda tappningstemperatur (kvickflutenhet) kan nämnas, att vi t. ex. avläst 1465° vid stål av hårdhetsgrad 0,80 och 0,85, då blåsaren annoterat kvickflutenhet AB och använt 16 bitar aluminium för 10-tums göten. Aluminium användes dock ej till alla hårdhetsgrader vid samtliga bessemerverken.

Under tappningen tages ett eller flera prov å stålet för att senare provsmidas och analyseras, samt eventuellt mikroskoperas.

Hårdhet	Antal bitar aluminium till									
	8″ göt Kvickflut.-grad					*10″ göt* Kvickflut.-grad				
	Aa	A	Ab	AB	B	Aa	A	Ab	AB	B
0,65	11	12	12	14	16	16	18	18	21	24
0,70	10	11	11	13	15	15	16	16	19	22
0,75	9	10	10	12	14	13	15	15	18	21
0,80	9	9	10	11	13	12	13	14	16	19
0,85	8	9	9	10	13	11	12	13	15	18
0,90	7	8	8	9	12	10	11	12	13	17
0,95	7	7	8	9	11	10	10	12	13	16
1,00	6	7	8	9	11	9	10	12	13	16
1,05	6	7	7	8	11	9	10	11	12	16
1,10	6	7	7	8	11	9	10	10	12	16
1,15	6	6	7	8	11	9	9	10	11	16
1,20	6	6	6	8	11	8	9	10	11	15
1,25	6	6	6	8	10	8	9	9	11	15
1,30	5	6	6	7	10	7	8	9	10	15
1,35	5	6	6	7	10	7	8	9	10	15
1,40	5	6	5	7	10	7	8	9	10	15
1,45	5	5	5	7	10	7	8	9	10	15
1,50	5	5	5	7	10	7	7	9	10	15

När allt stål tappats ur konvertern frånslås konverterskänken och slaggen urtappas i en slaggskänk att utföras på slaggvarpet eller överföras till malmbacken, eller ock gjutes den i mått till slaggtegel, vilket dock ej blir av vidare god kvalité. Sen vändes konverten i liggande, varpå i densamma sittande slaggrusor och dylikt lösspettas, så vändes den upp och ned och det lösspettade urblåses, varefter i tättrören instickas järntenar på det att när man sedan häller ned å botten en välling av 4 delar kvarts, 1 del lera samt vatten (slörj eller sluring kallad), denna välling ej må tilltäppa tättorna. Konvertern vaggas så något fram och åter, så denna massa må komma ned i och fylla alla i botten bildade gropar, och skulle efter blåsningen visa sig någon särskild djup inskärning, sätter man fast en styrplåt i lämplig riktning under ihällningstratten samt lutar vid slörjnedhällningen på konvertern så, att massan styres åt önskat håll. Efter detta får konvertern stå en kvarts eller en halv timma, så att massan torkar och hårdnar, varpå den lutas så att skorstensöppningen blir åtkomlig, då denna avsynas, rensas, jämnas och bruksmetas. Därpå utdragas tättenarna med hjälp av en krok, formhålen synas och rensas med en smal ten, om så behöves, blästerlådans botten fastkilas åter, med öppetlämnande av en liten lucka i densamma, några större glödande kolstycken inläggas genom skorstensmynningen och blåsrörsbrännaren insättes, varpå mas-

ugnsgas påsläppes och konvertern får stå på värmning till nästa blåsning.

Tackjärnsskänken renspettas och avlagas därefter med ett bruk vanligen bestående av mjöl stampat av gammalt tegel (4 à 5 delar) samt en del eldfast lera, varefter den vid en del bruk invändigt strykes med sotvatten och så torr- och varmeldas. Stålskänkens stoppare urlyftes för att sedan ersättas med en ny, bottentärningen urslås, skänkväggar och botten avrensas och avlagas med bruk, ny tärning, struken runt om med bruk, isättes och torkeldas medelst en underställd fyrpanna med träkol. Sen insättes och inriktas väl den nya stopparen, glödande kol nedkastas på skänkbotten, varpå masugnsgasbrännaren pålägges och gas samt bläster pådragas.

Smidesproven. Det torde ej någonstädes finnas så skickliga stålprovare som i Sverige. De svenska martin- och bessemerverkens provare hava nämligen till följd av de utomordentligt höga fordringar, som ställas på vårt stål, fått en så skarp blick och så känslig hand, att de med dem i de flesta fall säkrare bedöma ett ståls beskaffenhet än skolade kemister och mikroskopister tillsammans förmå. För att nämna några få av de skickligaste nämner jag: Petterson, far och son vid Hagfors; Bergströmmarna vid Munkfors; Stålberg vid Söderfors; Gillberg vid Långshyttan; Bergström, Lotorp; Björndal, Bofors; Hammar och Berg, Avesta och anför jag här nedan en del av deras något varierande provningssätt.

Stålet provas på rödskörhet och hårdhetsgrad. Rödskörhetsprov som oftast användas äro:

1:o Vinkelprovet, då provgötet utsmides i en c:a 15 × 4 mm ten, vilken i härden upphettas något över den farliga rödskörhetstemperaturen, därpå lägges på högkant å städet så att den sticker c:a 20 mm ut över städkanten. När provaren så ser, att provets värmegrad sjunkit till just den kritiska punkten, böjer han provändan med snabba hammarslag i 90° vinkel fram och åter över städkanten. Håller provet, utan att visa braka allt efter kolhalten 3, 4 à 5 sådana böjningar är det prima rödskörsfritt, håller det blott 2 är det fullgott, håller det blott en böj i 90° är det sekunda, håller det ej att slå i 90° är det mera rödskört vid ju mindre vinkel det går av. Detta provningssätt användes för hårt stål, vanligen kolhalter över 0,60 %. Ett andra vinkelprov användbart även under hårdhetsgraden 0,60 går ut på att man efter utsmidningen i kanten med en tunn skarp mejsel gör ett c:a 3 mm djupt hugg och sedan vid rödskörhetsvärmen böjer i 180°. Är stålet rödskörsfritt håller det då böja fullt ihop, lämnande en böjkant fullkomligt sårfri, eljes allt mera trasad, och vid mycket rödskört stål hoppar vid första slag ändbiten av från provstången.

2:o Klyvprovet tillgår så, att provet utsmides bredare än vid det förra eller vanligen 25 × 5 mm, varpå man med en skarp och tunn mejsel klyver det mitt itu in från ändan c:a 25 à 30 mm långt. Därpå

upphettas det i härden till något över rödskörhetsvärmen, lägges å högkant över städkanten och vid kritiska temperaturen böjes först en, sen andra skänkeln snabbt 180° ned mot stångens sidor. Visa båda böjarna felfri rundkant är stålet rödskörfritt.

3:o Stansprovet, som i regel användes endast för hårdhetsgrader under 0,50, utföres å provtenar utsmidda till 15 à 20 mm bredd och 5 à 8 mm tjocklek, och så, att provet upphettas allt högre över rödvärme ju mjukare det är, så placeras platt å städet, varpå provaren nära kanten å detsamma placerar gång på gång antingen en alldeles plattslipad körnare, eller ock en trubbkonisk sådan och släggardrängen å körnarnacken för varje gång driver till med ett kraftigt släggslag. Man börjar körna från ändan inåt, d. v. s. gående från högre hetta till lägre. Ju mera och ju djupare kantsprickor körnargroparnas kanter få, och ju flera körnarhål som brakna, ju rödskörare stål.

Hårdhetsprov. Redan vid provbitens utsmidning ser och känner provaren på intrycken som hammarslag av bestämd styrka göra, om han har ett stål av mer eller mindre hög kolhalt. För att precisera densamma eller rättare hårdhetsgraden behöver han emellertid använda särskilda förfaringssätt. Smidesproven angiva ju ej direkt kolhalten, ty även andra i stålet ingående legeringsämnen såsom kisel, mangan, fosfor, svavel, arsenik, krom, wolfram, molybden, vanadin o. s. v. inverka i mer eller mindre betydande grad, men har en provare en tid fått hålla på med wolframstålsorter o. s. v., så blir han säker i sitt bedömande i alla fall, blott han under den tiden samarbetar med kemisten. De mest använda hårdhetsprovningssätten äro:

1:o Svetsprovet, som användes för kolhalter över 0,50 %. Detsamma tillgår så att provgötet utsmides åtminstone i ena ändan, om ej utefter hela längden, till 12 à 15 mm fyrkant och därpå, sanddoppat nedstickes i härden, så att det i spetsen blir gnistrande vitvarmt med småningom avtagande värme inåt stången. Så utryckes det ur härden och hamras över städkanten, då det rasar sönder — grynar sig — längre upp mot rödvärmen ju hårdare stålet är.

2:o Gryprovet eller härdningsprovet utföres å högre hårdhetsgrader och på provtenar som vanligen utsmidas till 12 à 15 mm bredd och 4 à 8 mm tjocklek. De utsmidas vid högre hetta ju mjukare stålet är, och under påströende av vällsand och till sist ofta under kallsmidning. Härefter upphettas de i härdlågan, så att stångspetsen får mer än lämpliga härdningsvärmen och stången sen avtagande värme inåt samt härdas så i vanligen handvarmt vatten. Den härdade biten avtorkas, ett stycke av spetsen avslås och så fortfar man att knacka av bit för bit så långt härdningen sträcker sig. Ju lättare bitar låta avslå sig och ju längre upp mot det ohärdade ju hårdare stål, varförutom brottytornas gry och »färg» även ge anvisning, i det att ju finare gry och ljusare glans brottytan vid »rätta härdningsstället» visar, ju hårdare är stålet.

3:o Böjprovet, som vanligen användes endast vid lägre hårdhetsgrader, göres å lika som ovan utsmidda provtenar, som böjas på platt — utan härdning, om kolhalten är över 0,50 %, efter härdning om den är under 0,50 %. Provet placeras på platt med c:a 30 mm utskjutning över städkanten och böjes med lätta hammarslag. Härdade prov låta då ej alls böja sig, om de hålla över 0,50 % C. Sedan brista de vid allt tvärare vinkel ju lägre kolhalten är, och stål av hårdhetsgrad 0,10 låter fullt hopslå sig utan att brakna, medan ännu lägre kan dubbelvikas.

C. Processens kemiska förlopp.

Till vad förut yttrats om färskningsförloppet i allmänhet bör här, då det speciellt gäller bessemerfärskningen, påpekas resultaten av en del undersökningar som utförts, till utredande av kemiska förloppet vid bessemerblåsningarna.

R. Åkerman lät redan 1875 A. Tamm göra undersökningar å gaserna, stålet och slaggen under olika tider av bessemerblåsningarna vid Västanfors och Sandviken och visade Tamm då,* att åtminstone vid Sandviken förloppet av bessemerblåsningen var att »under blåsningens första period, vars längd synes vara beroende av tackjärnets kiselhalt** och vilken vid de här ifrågavarande blåsningarna uppgick till $^1/_4$—$^1/_3$ av hela blåsningstiden, syrsättes och förslaggas av blästerns syre så gott som uteslutande största delen av tackjärnets kisel och mangan samt en del järn — — — —. Först därefter tager kolets syrsättning i någon avsevärd mån sin början och fortgår under det s. k. koket på bekostnad av den i slaggen förekommande järnoxidulen så raskt, att det med blästern införda syret ej är tillräckligt att ersätta det syre, som för kolets förbränning avlämnats av slaggens järnoxidul. Under vid pass den sista fjärdedelen av blåsningstiden åter, eller den del därav, som återstår, sen järnets kolhalt nedgått till c:a 1 %, minskas åter allt mer den hastighet, varmed kolet förbrännes, så att det med blästern införda syret under denna period ej blott räcker till att ersätta det till kolets förbränning ur slaggen hämtade syret, utan även till alstrande av en ökad järnoxidulhalt i slaggen, och detta i allt högre grad, ju mer kolhalten minskas.» År 1879 fick Tamm åter på Jernkontorets bekostnad företaga dylika undersökningar och nu vid Långshyttan, Bångbro, Nykroppa och Västanfors*** och på grund av dessa skriver han bland annat: »Uti alla de undersökta provserierna höllo gaserna vid blåsningarnas början utom det med blästern införda kvävet en hastigt avtagande halt av

* Se J. K. A. 1878 sid. 457.
** och manganhalt. *O—a.*
*** Se J. K. A. 1880 sid. 465.

fritt syre jämte en tilltagande halt av kolsyra, till dess att vid ett visst stadium (kokets början) koloxid på en gång började bildas, vilken sedermera uti gaserna förefanns i en vanligen något litet tilltagande, men närmast slutet, då järnet blivit kolfattigt, åter något avtagande myckenhet, under det att kolsyran samtidigt visade ett motsatt förhållande. Från koloxidbildningens början hålla gaserna även litet väte, som sannolikt härrör från blästerns vattenhalt, men däremot sakna de fritt syre.» »Det med blästern införda syret har vid blåsningarnas början endast till någon del återfunnits uti gaserna i form av fritt syre, kolsyra och koloxid, alldenstund att en betydlig del av detsamma använts till slaggbildning eller syrsättning av kisel, mangan och järn. Under blåsningarnas fortgång har emellertid, sen koloxidbildningen kommit i full gång, en allt större syremängd återfunnits uti gaserna, så att stundom vid en viss period av blåsningen såsom kolsyra och koloxid i gaserna t. o. m. funnits mera syre, än som samtidigt inkommit med blästern, varav synes, att under kolets livligaste förbränning detta ämne ur slaggens järnoxidulhalt upptagit mera syre, än som samtidigt åtgått till förbränning av kisel, mangan och järn. Detta har vid Långshyttan, likasom vid Sandviken, inträffat under kokets början, vid Bångbro och Nykroppa har detta ock ehuru i ringare grad inträffat, vid det förstnämnda stället i slutet, vid det sistnämnda i början av koket, vid Västanfors däremot motsvarade det i gaserna återfunna syret aldrig fullt det med blästern införda. Detta skiljaktiga förhållande äger sin grund uti de använda tackjärnssorternas olika halt av mangan, analyserna utvisa nämligen uti Långshyttans och Sandvikens tackjärn en manganhalt, som är betydligt mindre än uti de vid Bångbro och Nykroppa och än mindre än hos Västanforstackjärnet, utan att kiselhalten varit i samma mån större som manganhalten. Men ju mera mangan i förhållande till kisel tackjärnet innehåller, desto större procenthalt av manganoxidul måste även slaggen komma att få, vilket åter till följd av manganens större frändskap till syret än järnets måste göra slaggen mindre färskande, så att kolets förbränning ej kan bliva så livlig, som när slaggen i stället för manganoxidul håller järnoxidul. Därtill kommer även att en mycket stor halt av mangan, såsom vid Västanfors, icke hinner förbrännas under blåsningens första period utan giver anledning till att syre förbrukas för oxidering av mangan även under blåsningens senare del. Närmare slutet av blåsningarna, sedan järnet blivit kolfattigare, har åter gasernas syrehalt avtagit i jämförelse med det samtidigt med blästern införda syret.»

Åkerman skriver senare* — understrykande dessa av Tamm uttalade åsikter, att det »att slaggens halt av syrsatt järn ej alltid minskas under koket, utan såsom vid Bångbro och Västanfors tvärtom

* J. K. A. 1893 sid. 290.

t. o. m. kan ökas, utgör ingalunda något bevis för att slaggen varit alldeles overksam vid färskningen utan sagda förhållande är tydligen blott en följd av att i dylika fall även under koket mera järn syrsatts, än som ur slaggen av kol m. m. utreducerats. Färskningen har utan tvivel även i detta fall delvis förmedlats av slagg, fastän den icke som i det andra fallet kan sägas till en del rent av hava skett på bekostnad av förutbildad slagg.* En växelverkan måste vid bessemer liksom vid all annan färskning äga rum emellan å ena sidan oxiderande eller syreavgivande och å den andra reducerande eller syreupptagande ämnen, och huruvida under något visst tidsmoment mer eller mindre järn syrsättes, än som samtidigt av tackjärnets övriga ämnen utreduceras, beror på metall- och slaggbadens såväl kemiska sammansättningar som temperatur och inbördes blandning. Av nämnda förhållanden betingade jämviktslägen måste i varje tidsmoment under processen självmant eftersträvas och en följd härav är, att slaggens halt av syrsatt järn i början ökas, till dess att den därigenom blir så syrsättande, att till följd därav på samma tid lika mycket järn utreduceras, som av blästersyre hinner oxideras. Detta inträffar förr eller vid lägre halt av syrsatt järn i slaggen, ju varmare gången är, alldenstund kolets begär att oxideras med temperaturens stegring över gulvärme långt hastigare ökas än järnets. En given följd härav är, att, ju varmare bessemergången är, dess mindre blir förlusten av järn genom förbränning, och dess surare, tjockflutnare och segare blir slaggen. En annan omständighet, som väsentligt bidrager till att jämviktsläget inträffar redan vid en jämförelsevis låg halt av syrsatt järn i slaggen, är en större manganhalt hos tackjärnet, ty utom att mangan bidrager till högre temperatur med därav vållad järnfattigare slagg, så gör den också slaggen mera kvickflutен, så att den innerligare blandar sig med järnmassan och till följd därav verkar färskande redan vid mindre järnhalt, än som härför skulle krävas av en mindre tunnflutен slagg. Härtill kommer den viktiga omständigheten att manganoxidulen i viss mån ersätter järnoxidulen, men dock ingalunda i sådan grad, att ej slaggens halt av mangan- och järnoxidul tillsammans måste bliva avsevärt större, än om manganhalten varit mindre, varav åter följer både att blåsningen går långsammare och att avbränningen stegras med tackjärnets manganhalt, om ock i en lindrigare proportion.»

Jag har här ordagrant citerat Tamm och Åkerman, emedan jag önskat visa, att även då det gäller utredandet av bessemerprocessens teori, så är det svenskar, som äro de verkligt metoden först klarläggande männen likaväl som då det gäller dess praktiska genomförande. Snelus hade visserligen redan 1870 tagit prov och utfört

* Samtliga kursiveringar gjorda av *O—a*.

analyser å bessemergaser och över dem gjort en del reflexioner, likaså Kessler 1871, samt Garke, Kerpely, Bell och Müller något senare, men i reda, följdriktighet och klarhet samt banbrytande betydelse kunna dessas utredningar ej på något sätt jämföras med Åkermans och Tamms. Bland metodens kemiska förlopp mycket belysande siffror må framhållas dem som Tamm erhöll vid analyserande av en provserie från en av E. Brusewitz vid Västanfors gjord provblåsning, då denne fortsatt med blåsningen även sedan koloxidlågan helt försvunnit i konvertermynningen.* Det invägda tackjärnet utgjorde 1850 kg och blåstes ända till dess i konvertern ej fanns kvar mer än 400 kg järn, då naturligtvis en stor del av järnet kastats ut som utkok. Det första provet A 1 togs under blåsningen strax sen lågan försvunnit och ugnen började spotta, »det andra A 2 en stund senare»,** det tredje A 3 å slutprodukten. Analyserna visade i %:

	C	Si	P	S	Mn
i tackjärnet . . .	4,050	1,125	0,024	sp	4,400
» prov A 1 . . .	0,030	0,025	0,029	»	0,100
» » A 2 . . .	0,025	0,040	0,046	»	0,040
» » A 3 . . .	0,020	0,014	0,066	»	0,030

Om svavlets förhållande ger denna serie ingen upplysning, eftersom i själva begynnelsematerialet endast spår av sådant förefanns, men tämligen tydligt framträder fosforns egenskap att ej låta bortoxidera sig ur järnet i sur ugn, ty man ser huru fosforhalten, i stället för att avtaga, tillväxer. Hoffman säger, att i slutprodukten återfinnes av de ursprungliga 444 gram fosfor nästan allt eller 396 gram, men beror denna slutsats på ett räknefel, ty de 400 kg stål av sammansättning A 3 hålla endast 264 gram P. Resten av fosforn har dock ej förbrunnit utan åtminstone till allra största delen kastats ut med utkoket. De tre övriga legeringsämnena låta, som synes, bortoxidera sig till ett minimum eller på 10000 atomer Fe till ungefär 3 at. Mn, 3 at. Si och 9 at. C, medan fosforn stigit från 5 till 12 at. En del av kolet måste tänkas bundet vid manganen, som ju har starkare föreningsbegär därtill än vad järnet har. Produkten skulle således i smält tillstånd utgjort en ytterst utspädd lösning av ferro- och manganlegeringar i rent järn. Av stort intresse hade varit om även det i järnet upptagna syret (kvantiteten löst FeO) kunnat bestämmas.

Lika belysande äro Tamms analysserier å av honom tagna bessemergaser, se tabell LXXVI, sid. 22—23, samt C. G. Dalerus analyser å av Tamm tagna provserier å stål och slagg från samma bessemerverk som där gasproven togos, se tabell LXXVII, sid. 24—25.

* Se J. K. A. 1886 sid. 129.

** Vilket uttryck i utländska metallurgier t. ex. i Hoffmans sidan 141 översatts med »two hours later»! *O—a.*

Studerar man dessa tabeller, finner man av de första gasproven från Bångbro, Nykroppa och Västanfors att i blåsningens början förefinnes ingen koloxid i gaserna. Långshyttans första gasprov gör undantag, men beror dess koloxidhalt på, att provtagningen vid första provet pågick för länge. Som vi förut sagt synes ej heller vid normal charge någon koloxidlåga i början. Tyvärr har man ingen gasanalys från någon bessemerblåsnings* första halva minut och kan man därför ej säga, huruvida under de första sekunderna, medan badet ännu är relativt kallt, endast järn, kisel och mangan men inget kol oxideras, men räknar man vid det gasprov, som togs snabbast (Bångsbros första) och det därnäst (Nykroppas första) får man, att av inblåsta luftens 23,19 viktproc. O åtgingo:

	vid Bångbro	vid Nykroppa
för kolets oxidation till CO_2	2,55	2,04
» kisels. mangans och järns oxidation	12,27	5,67
såsom fritt ej absorberat O	8,37	15,48

Går man så ut från dessa siffror och antager i överensstämmelse med Dahleri analyser, att under dessa blåsningarnas första del bortgått $^9/_{10}$ av kiseln, $^7/_8$ av manganen samt hälften så mycket järn som mangan, så skulle det oxiderats bort ur tackjärnet av dettas hela vikt:

vid Bångbro: Si = 0,87 %, Mn = 1,45 %, Fe = 0,72 %, motsvarande syre resp. 0,99 + 0,42 + 0,21 = 1,62 %,

vid Nykroppa: Si = 0,87 %, Mn = 1,51 %, Fe = 0,75 %, motsvarande syre resp. 0,99 + 0,44 + 0,22 = 1,65 %,

givande en fördelning av det vid:

Bångbro förbrukade syret 2,55 + 12,27 = 17,82 % sålunda:

O bundet vid kisel 7,50, vid mangan 3,18, vid järn 1,59, vid kol 2,55 = s:a 17,82 %, motsvarande respektive 6,86 Si; 10,93 Mn; 5,56 Fe och 0,96 C, varav fås en avbränna av tackjärnet under detta tidsmoment = 0,87 Si + 1,45 Mn + 0,72 Fe + 0,12 C = 3,16 %.

Samma räkning giver för Nykroppa en avbränna = 0,87 Si + + 1,51 Mn + 0,75 Fe + 0,23 C = 3,36 %.

Dessa kolförbränningar jämförda med hela avbrännan angiva för Bångbro under detta tidsmoment ingen förändring i badets kolhalt, vid Nykroppa åter en mycket obetydlig sänkning av densamma (c:a 0,06 % C). Dahleri analyser angiva att vid Långshyttan på de första $2^1/_4$ minuterna kolhalten skulle ökats från 3,94 till 4,20 %, vilket, om inget kol skulle oxiderats, motsvarar en avbränna av över 6 % och för Bångbro respektive kolökning från 4,00 till 4,30 % motsvarande vida över 7 % avbränna under de första tre minuterna, allden-

* Dawydoffs analyser i Journal der russischen, metallurgischen Gesellschaft 1910, sid. 48, visar ett första prov med 15 % fritt syre, 85 % N, 0,00 % CO_2 och 0,00 % CO, men äro från en lillbessemerkonverter, där man måste blåsa 9 min. innan CO uppträdde.

Tabell LXXVI.* **Analyser å**

Järnverkets namn	Tackjärnet höll i %			Gasprov togs, räknat från blåsningens början, mellan	Gasprovet	
	C	Si	Mn		O	CO_2
Långshyttan	4,32	1,10	0,63	1 min. 45 sek.—2 min. 45 sek.	0,66	12,66
				3 » 15 » —4 »	0,00	6,91
				4 » 15 » —4 » 45 »	0,22	6,46
Bångbro	4,69	0,97	1,66	0 min. 35 sek.—1 min. 35 sek.	9,43	3,96
				2 » 5 » —3 » 5 »	1,43	10,09
				3 » 35 » —4 » 25 »	0,00	10,47
				4 » 50 » —5 » 40 »	0,00	7,51
				6 » —6 » 20 »	0,00	7,51
Nykroppa	4,36	0,98	1,73	1 min. —2 min.	16,10	3,18
				3 » 15 sek.—4 » 15 sek.	0,00	7,93
				4 » 30 » —5 » 30 »	0,00	7,07
				6 » —7 »	0,00	6,15
Västanfors	4,18	1,92	4,83	1 min. 30 sek.— 2 min. 30 sek.	0,65	11,68
				3 » 15 » — 4 » 15 »	0,00	7,37
				5 » — 6 »	0,22	6,80
				6 » 30 » — 7 » 30 »	0,22	4,97
				8 » 45 » — 9 » 45 »	0,00	0,16
				10 » 11 » —11 » 15 »	0,00	1,10
				11 » 30 » —12 » 30 »	0,00	3,81

* Vid siffrorna i denna kolumn bör bemärkas att luften naturligtvis hela blåsningstiden vid alla därför här satts litet högre i en del tal; inverkar dock föga. *O—a.*

stund det ej är tänkbart att ej då (i alla fall motsvarande halva blåsningstiden) även kol börjat oxideras. Kolhöjningen kan därför i dessa fall ej varit så betydlig.

Vid relativt svalt tackjärn med tämligen höga kisel- och manganhalter kan dock under blåsningens första tidsmoment badets kolprocent öka något, men ej mycket, ty då faller i stället en del kol ut i form av förut omtalade grafitstrutar kring tättmynningarna och blästerstrålarna. Som ovanstående räkning visar, är det i alla händelser ytterst obetydlig del av badets kolhalt, som oxideras under det första tidsmomentet.

Dahleri analyser visa även med all önskvärd tydlighet, att om

* Efter J. K. A. 1880, sid. 464 och följ. sammanfattad, omräknad och tillökad av *O—a*.

bessemergaser av A. Tamm.

höll i viktprocent			Per 100 viktsenheter införd luft					Bessemerstålet höll i %			Till 1000 kg tackjärn åtgick m³ luft
			syre								
CO	H	N	införd såsom luft och vatten*	återfunnet i de bortgående gaserna	upptaget av slaggen	avlämnat från slaggen till gaserna	i gaserna förekommande kol	C	Si	Mn	
4,97	0,04	81,71	23,49	11,92	11,57	—	5,24				
26,01	0,04	67,04	23,56	22,79	0,77	—	14,93				
25,07	0,04	68,21	23,55	21,58	1,97	—	14,08	0,25	0,02	0,03	364
0,00	0,00	86,61	23,19	10,92	12,27	—	0,96				
0,00	0,00	88,48	23,19	7,61	15,58	—	2,39				
22,40	0,05	67,08	23,65	23,38	0,27	—	14,26				
26,63	0,04	65,82	23,56	24,13	—	0,57	15,71				
23,04	0,05	69,40	23,63	20,62	3,01	—	12,97	0,10	0,02	0,06	380
0,00	0,00	80,72	23,19	17,52	5,67	—	0,83				
16,31	0,02	75,74	23,35	15,30	8,05	—	9,28				
25,52	0,05	67,36	23,65	22,49	1,16	—	14,67				
24,46	0,03	69,36	23,46	20,43	3,03	—	13,46	0,07	0,02	0,04	394
0,00	0,00	87,67	23,19	8,01	15,18	—	2,79				
13,78	0,06	78,79	23,66	12,90	10,76	—	7,72				
19,76	0,08	73,14	23,86	17,28	6,58	—	10,84				
25,20	0,07	69,54	23,81	20,14	3,67	—	13,43				
26,03	0,06	73,75	23,69	15,61	8,08	—	11,66				
25,48	0,08	73,34	23,86	16,09	7,77	—	11,75				
22,86	0,13	73,70	24,27	16,12	8,15	—	11,15	0,22	0,04	0,29	406

4 blåsningarna innehöll fuktighet, fast järnet ibland absorberade det frigjorda vätet, värdena borde

halterna av kisel och mangan ej mycket överstiga vardera 1 %, så bortgå de tämligen fullständigt under de två à tre första minuterna. På exemplet från Bångbro se vi åter, att om manganhalten närmar sig 2 % har man ännu efter 3 min. c:a $^1/_4$ % kvar i badet och på exemplet från Västanfors synes, att vid en ursprunglig halt av 5 % Mn närmare en halv % kan återstå ännu efter 9 minuters blåsning och då kolhalten kommit ned till c:a $^1/_2$ %. Är manganhalten så hög, håller sig även en del kisel envist länge kvar under blåsningen, trots ursprungliga halten, som vid detta exempel ej varit högre än c:a 1 %.

Detta beror otvivelaktigt på att, som man länge vetat, kolets föreningsbegär till syret med stigande temperatur stegras fortare, än vad kisels, mangans och järns gör, och samma är förhållandet med kiselns och manganens i förhållande till järnets, och har man uttryckt

Tabell LXXVII.* **Dahleri bessemeranalyser**

Järnverkets namn	Tackjärnets vikt	Tackjärnets analys C	Si	Mn	Fe m. m.	Masugnsslaggens analys FeO	MnO	MgO	CaO	Al_2O_3	SiO_2	silikatgrad	Proven togos efter blåsningens början min.	sek.
	kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
Långshyttan	2551	3,94	1,14	0,64	94,28	0,90	0,58	6,75	32,07	12,90	46,50	1,36	2	15
													4	30
													5	30
Nykroppa . .	3018	4,35	0,88	1,15	93,62	0,77	2,14	22,18	21,79	5,83	47,16	1,36	2	30
													5	30
													6	30
Bångbro . . .	2253	4,00	1,02	1,83	93,15	1,80	5,44	10,88	27,22	3,86	50,20	1,72	3	—
													4	45
													5	45
Västanfors .	2678	4,22	1,06	5,12	89,60	0,70	11,16	18,37	19,10	4,36	46,72	1,42	4	15
													8	35
													9	20
I kilogram. Vid:														
Långshyttan	—	100,5	29,1	16,3	2405,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nykroppa . .	—	131,3	26,6	34,7	2825,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bångbro . . .	—	90,1	23,0	41,2	2098,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Västanfors .	—	113,0	28,4	137,1	2399,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Amerikanska bessemerslagger enligt Howe: SiO_2 42,20 %, FeO 17,44 %, Fe_2O_3 2,90 %, MnO

alla dylika fenomen på det sätt att man sagt, att ju oädlare d. v. s. ju mera lättoxiderat ett ämne är, ju starkare föreningsbegär har det till syret och att t. ex. i en legering av mangan och järn oxideras därför den oädlare metallen manganen före det ädlare järnet, i järn-nickellegeringen järnet före nickeln o. s. v. Emellertid oxideras i vanlig temperatur ej alls kisel och kol, och rikprocentigt kiseljärn rostar ej alls, medan högkolat vitt tackjärn rostar mera ogärna än kolfattigt järn och dock äro kol och kisel oädlare ämnen än järn, så jag skulle hellre vilja säga, att ju svårreduciblare ett ämnes oxid är — eller som vi ock säga — ju svårreduciblare ett ämne är, ju starkare blir dess föreningsbegär till syre med växande temperatur. De i bessemerprocessen uppträdande ämnena ordnade efter svårreducib-lighet äro kol, kisel, mangan, järn (ordnade efter lättoxiderbarhet vid

* Från J. K. A. 1881, sid. 317 och 319, delvis omräknad och tillökad med flera värden av *O—a*.

och beräkningar grundade å dem.

Bessemerjärnets					Bessemerslaggens							Avbränning	Avbränna av 100 tackjärn				
	analys				analys*												
vikt	C	Si	Mn	Fe m. m.	FeO	MnO	MgO	CaO	Al_2O_3	SiO_2	silikatgrad		C	Si	Mn	Fe	Summa
kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		kg					
—	4,20	0,04	0,12	95,64	34,72	13,95	0,24	2,60	0,78	48,76	2,25						
—	1,10	0,03	0,12	98,75	21,08	15,48	0,30	3,25	0,98	59,82	3,51						
2223	0,05	0,01	0,06	99,88	35,82	12,29	0,21	2,35	0,72	48,48	2,28	328					
—	4,10	0,10	0,15	95,65	13,50	29,76	0,23	0,42	2,28	53,26	2,97						
—	1,00	0,05	0,15	98,80	9,54	23,70	0,28	0,60	3,90	62,34	4,63						
2586	0,08	0,04	0,08	99,80	30,60	21,39	0,21	0,38	2,14	44,52	2,10	432					
—	4,30	0,03	0,22	95,45	14,20	26,31	0,22	0,62	2,86	55,26	3,29						
—	0,90	0,03	0,12	98,95	18,52	31,01	0,14	0,38	2,70	47,20	2,34						
2020	0,10	0,03	0,09	99,78	31,19	25,43	0,11	0,32	2,24	40,50	1,77	233					
—	4,20	0,43	3,26	92,11	4,20	46,38	0,54	1,26	3,08	45,87	2,17						
—	1,30	0,12	0,85	97,73	6,24	52,26	0,29	0,70	2,49	39,07	1,63						
2317	0,55	0,07	0,43	98,95	9,45	48,92	0,46	1,00	2,94	37,63	1,58	361					
—	1,1	0,2	1,3	2220,3	—	—	—	—	—	—	—	—	3,90	1,13	0,59	7,24	12,86
—	2,1	1,0	2,1	2580,8	—	—	—	—	—	—	—	—	4,28	0,84	1,08	8,11	14,31
—	2,0	0,6	1,8	2015,6	—	—	—	—	—	—	—	—	3,91	0,99	1,75	3,69	10,34
—	12,7	1,6	10,0	2292,7	—	—	—	—	—	—	—	—	3,72	1,00	4,75	3,99	13,46

13,72 %, enligt Campbell, Steelton: SiO_2 59,70 %, FeO 19,30 %, MnO 12,00 %.

vanlig och låg temperatur blir åter ordningsföljden omvänd eller järn, mangan, kisel, kol).

Vid tackjärnets tappningstemperatur (1100—1200°) har kiselns oxidationsbegär vuxit om manganens, ordningsföljden i oxidationsbegär har blivit kisel, mangan, järn, kol, men när badtemperaturen kommit till mellan 1300 och 1400° har kolets vuxit om alla de andras och ordningsföljden blivit kol, kisel, mangan, järn, och stegras badtemperaturen ytterligare växer kolets föreningsbegär till syret så, att det börjar ur slaggen återreducera först mera järn och sedan kanske även mera mangan, än vad det tillströmmande luftsyret hinner förbränna. Något återreducerande av kisel, som allt ibland uppträder vid martinprocessen, torde dock ej förekomma vid bessemer, emedan temperaturen i en konverter aldrig stiger nog högt härför.

Om tackjärnets begynnelsetemperatur är mycket hög eller om kisel- och manganhalterna äro synnerligen höga kommer badets tem-

peratur snabbare upp till den, då kolet ensamt direkt eller indirekt tager hand om det inkastade syret, och då kan till och med hända att rätt avsevärda mängder kisel men isynnerhet mangan stanna oförbrända kvar till och med i mjukaste slutprodukt.

Som nu bessemerprocessen just i dessa avseenden skötts något olika i olika länder ha utländska metallurger indelat förfaringssätten i fyra grupper,* nämligen där man använder:

1:o. Tackjärn med hög kiselhalt (2—3 %) men låg begynnelsetemperatur, då att börja med endast kisel förbrinner, sedan åtföljt av manganen, varefter då temperaturen stigit till en viss höjd kolet börjar oxideras till koloxid. Engelska metoden.

2:o. Tackjärn med medelhög kiselhalt (1,3—2 %) och hög begynnelsetemperatur då kisel, kol och mangan börja oxideras samtidigt, och kolet fullständigare än kisel och mangan. Kontinentala europeiska metoden.

3:o. Tackjärn med låg kiselhalt (0,6—1,3 %) och låg begynnelsetemperatur, då kiseln oxideras nästan fullständig innan kolet märkbart börjar bortgå. Villkoren för möjligheten av sådan process äro: tackjärnsblandare och stor produktion med omedelbart på varandra följande blåsningar. Amerikanska metoden.

4:o. Tackjärn med låg kiselhalt (0,6—1,3 %) och hög begynnelsetemperatur, då kol, kisel och mangan oxideras samtidigt, men då temperaturen kommer till viss höjd kolet tar ensamt hand om syret lämnande kisel och mangan kvar i slutprodukten. Svenska metoden.

Emellertid är denna definition å den svenska metoden, åtminstone vad kiseln i slutprodukten angår, oriktig, ty endast i mera sällsynta undantag uppvisa våra blåsningars slutprodukt någon kiselhalt att tala om, utan snarare mindre sådan än den utländska bessemerprodukten. Av manganen åter kvarstannar nog viss del ända till blåsningens slut vid de bessemerverk, som använda så manganhaltigt tackjärn, att de ej behöva använda ferromangantillsats till slutprodukten. Gott belysande detta torde nedanstående utdrag ur Långshyttans och Hofors försäljningskataloger för bessemerstål utgöra:

Långshyttan					Hofors			
C	Mn	Si	P	S	Mn	Si	P	S
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,10	0,13	0,004	0,030 eller under	spår till 0,005	0,16	0,008	0,028	spår till 0,005
0,15	0,14	0,008			0,18	0,012	0,027	
0,20	0,18	0,016			0,20	0,016	0,026	
0,30	0,19	0,015			0,22	0,018	0,026	
0,40	0,21	0,018			0,24	0,020	0,025	
0,50	0,19	0,023			0,26	0,024	0,025	

* Se t. ex. An outline of the Metallurgy of Iron and Steel, by professor H. O. Hofman.

Långshyttan					Hofors			
C	Mn	Si	P	S	Mn	Si	P	S
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,60	0,22	0,024	0,025		0,28	0,028	0,024	
0,70	0,23	0,027	0,025		0,29	0,030	0,023	
0,80	0,26	0,027	0,025	spår till 0,005	0,30	0,032	0,022	spår till 0,005
0,90	0,26	0,029	0,022		0,32	0,036	0,021	
1,00	0,27	0,026	0,022		0,34	0,040	0,020	
1,10	0,29	0,032	0,022		0,36	0,044	0,020	
1,20	0,28	0,030	0,022		0,38	0,046	0,020	
1,30	0,30	0,034	0,022		0,40	0,048	0,020	
1,40	0,32	0,035	0,022		—	—	—	
1,50	0,40	0,040	0,022		—	—	—	

De vid dessa verk använda sammansättningarna på normalt bessemertackjärn angivas vara i %:

	Långshyttan	Hofors
C	3,84 —4,10	4,36—4,41
Mn	2,50 —3,00	2,98—3,06
Si	1,30 —1,00	0,95—0,97
P	0,020—0,025	0,019
S	sp. till 0,005	sp. till 0,005

Till jämförelse med ovan anförda svenska exempel anföres här förloppet vid en amerikansk bessemerblåsning angivet av A. Julian* för en charge, då som vanligt en del rälsskro tillsatts i blåsningens början. Se tab. LXXVIII, sid. 528.

Tackjärnets kiselhalt är ju ganska lika de svenska bessemertackjärnssorternas, manganhalten lägre, än vi numera hava den, och följden blir att det i blåsningens början uppstår en bisilikatslagg med huvudsakligast oxiderat järn som bas (mindre manganoxidul), vilken slagg därför under koket verkar skarpt färskande på kolet samt då går upp från 2- till 4-silikat och högre. Att den är högst i silikatgrad under den moderata koloxidavsöndringen och ej under eller strax efter det livligaste koket, samt att den sen ej ens efter spegeljärnstillsättningen kommer ned under 4,2-silkat, förefaller eget, men kan ha berott på skarp ugnsfoderavfrätning i konvertern, vilket dock synes motsägas av slaggens sjunkande lerjordshalt. Man har nog anledning att tycka, att vid nedblåsning från 0,53 % C till 0,04 % C slaggens halt av summa järnoxider i stället borde stigit rätt avsevärt. Nu har summa syre bundet vid järn och mangan stigit sådan obetydlighet som från 7,54 % vid 0,53 % kolhalt till 7,83 % i slutprovet, då dock manganen fört upp i slaggen även det syre som förut förefunnits såsom i stålet löst FeO.

* Transactions American Institute of Mining Engineers XIX sid. 1127.

Tabell LXXVIII.

	Tackjärnets sammansättning	Badets sammansättning efter						
		2 min.	3 min. 20 sek.	6 min. 3 sek.	8 min. 8 sek.	9 min. 10 sek.	9 min. 20 sek. spegeljärnet tillsatt *	Efter spegeljärnets tillsättn.
	%	%	%	%	%	%	%	%
Järnet:								
C	2,98	2,94	2,71	1,72	0,53	0,04	4,62	0,45
Si	0,94	0,63	0,33	0,03	0,03	0,02	0,35	0,038
Mn	1,43	0,09	0,04	0,03	0,01	0,01	14,90	1,15
P	?	0,104	0,106	0,106	0,117	0,018	0,139	0,109
S	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	?	0,059
Slaggen:								
SiO_2	—	42,40	50,26	62,54	63,56	—	—	62,20
Al_2O_3	—	5,63	5,13	4,06	3,01	—	—	2,76
FeO	—	40,29	34,24	21,26	21,39	—	—	17,44
Fe_2O_3	—	4,31	0,96	1,93	2,63	—	—	2,90
MnO	—	6,54	7,90	8,79	8,88	—	—	13,72
CaO	—	1,22	0,91	0,88	0,90	—	—	0,87
MgO	—	0,36	0,34	0,34	0,36	—	—	0,29
P	—	0,008	0,008	0,060?	0,014	—	—	0,010
S	—	0,009	0,009	0,014	0,008	—	—	0,011
Silikatgrad . .	—	2,1	2,9	4,5	4,4	—	—	4,2
Flammans beskaffenhet .	—	kisellåga	ljusnande	moderat kol-låga	full kol-låga	flamman avtar	blåsning 10 sek. efter försvunnen låga	—
Kub.-fot luft per minut	—	17,251	22,971	19,691	21,810	25,685	11,208	—

Vill man försöka beräkna, huru värmeförhållandena borde ställa sig i bessemerprocessen, kan man som J. W. Richards** ställa upp följande kalkulation med insättande av motsvarande siffror för någon viss charge. Han baserar beräkningen på 1000 kg tackjärn hållande 1 % Si och 3,5 % C utan att taga hänsyn till manganen, men bör man naturligtvis insätta även dess resp. värden, om man vill på detta sätt söka utröna en svensk blåsnings värmeekonomi. Så utgår han från en begynnelsetemperatur av 1400° och en medeltemperatur av 1600°, en chargeviktförlust av 8 %, en järnavbränna av 2 % och antager såsom värden å spec. värmet vid 1600° per kg för CO—0,32, N—0,32, CO_2—0,68, stålet—0,21, slaggen—0,25, ugnsfodret—0,25 antagande även att 1 cm djupt lager av detta sistnämnda deltager i värmeabsorberingen. Luftens spec. värme mellan 0°—1400° är 0,268.

* Provet tydligen taget innan fullständig omblandning skett. *O—a.*

** Se »Manufacture and Properties of Iron and Steel», Campbell.

Värmealstringen ställer sig då:

	Kalorier	Återstod
Av Si:		
10 kg Si + 11,4 kg O = 21,4 kg SiO_2	64140	
11 kg O = 49,6 kg luft absorbera 49,6 × 0,268 × 1300 . .	17280	46860
Av Fe:		
20 kg Fe + 5,7 kg O = 25,7 kg FeO	23460	
5,7 kg O = 24,8 kg luft absorbera 24,8 × 0,268 × 1300 . .	8640	14820
Av C:		
7 kg C + 18,7 kg O = 25,7 kg CO_2	56930	
28 » C + 37,3 » O = 65,3 » CO	68600	125530
56 kg O = 243,5 kg luft absorbera 243,5 × 0,268 × 1300 .	84830	40700
Värmealstringen således =		102380

Värmeupptagningsförmågan hos produkter och ugnsfoder:

920	kg stål × 0,21	= 193,2
150	» slagg × 0,25	= 37,5
50	» ugnsfoder × 0,25	= 12,5
25,7	» CO_2 × 0,68 × $^3/_4$*	= 13,1
65,3	» CO × 0,32 × $^3/_4$	= 15,7
244,8	» N × 0,32 × $^1/_2$	= 39,2
Summa värmeabsorptionsförmåga för 1° C		311,2

Således skulle temperaturförhöjningen bliva $\frac{102380}{311,2} = 329°$ och således badets sluttemperatur = 1400 + 329 = 1729°, vilket emellertid är ett alldeles för högt värde och skulle detta värde utfallit ännu högre om manganen tagits med i beräkningen. Att märka är vidare, att R. ej tagit med förlusterna genom strålande värme och genom den luft, som i blåsningens början enligt Tamm bortgår oanvänd (fritt O och mot detta svarande N), värden svåra att beräkna, men som ock orsaka att dylika teoretiska beräkningar bli av endast relativt värde eller endast visande ungefärliga proportionen av de olika värmeplaceringarna.

Huru temperaturförhållandena bruka vara vid normala charger i åtminstone ett svenskt bessemerverk visa nedanstående observationer utförda av författaren och bergseleverna med hjälp av en nyinköpt och i Charlottenburg nyss förut justerad Wanners pyrometer:**

* Richards antager att $^2/_3$ av CO_2 och CO samt hälften av N deltaga i temperaturhöjningen.

** Som tabellen för Wanners pyrometer för varje delningsstreck å skivan har flera graders tillägg, så äro enhetstalen i uppskattningarna osäkra, tiotalen åter något så när riktiga.

Chargens n:o	1	2	3	4
Lågans temp. i Gjers varmapparat	1151	1065	1185	1151
Formskenet	1726	1723	1837	1772
Första slaggtappningen efter föregående utslag	1522	1479	1510	1494
Sista » före blåsningens »	1587	1497	1587	1517
Först utrinnande tackjärnet	1448	1393	1463	1448
Sist » »	1479	1438	1517	1492
Tackjärnets medeltemperatur vid utslaget .	1463	1416	1490	1470
» temperatur vid nedhällandet i konvertern	1321	1312	1339	1321
Lågans temp. vid början av raffineringen .	1212	1206	1220	1214
» » » » » koket	1467	1472	1439	1412
» » strax före tappningen . . .	1500	1528	1516	1526
Stålets » vid tappningen ur skänken .	1482	1500	1497	1497
Slaggens » » » » » .	1420	1412	1406	1406

Stålets kolhalt blev vid samtliga dessa charger = c:a 0,75 % C.

Le Chatelier* fann följande temperaturer vid en blåsning i en Robert-bessemerkonverter: Då koloxidlågan började synas 1330°. Inuti konvertern (= lågans temp.) vid blåsningens slut 1580°. Stålets temperatur vid tappningen 1450°.

Sammanfattning: I första blåsningen i nymurad konverter och vid en normalt förlöpande charge oxideras av blästern under de första ögonblicken otvivelaktigt järn och i järnet ingående legeringsämnen fullkomligt i proportion till deras viktförekomst, d. v. s. vid ett tackjärn sammansatt t. ex. i likhet med Västanfors' (förut beskrivna):

Järn	90 %
Kol	4 »
Kisel	1 »
Mangan	5 »

så att på 1 kg Si får man i oxidationsprodukter: 2,14 kg SiO_2, 14,67 kg CO_2, 6,45 kg MnO och 115,71 kg FeO motsvarande 34,97 kg O och 117,07 kg N eller 152,04 kg luft. Jämför man härmed Tamms första analysprov vid Nykroppa och Västanfors, samt iakttager dessas oanvända luft, så stämmer detta rätt bra, ty enligt förestående

	Nykroppa	Västanfors
borde proven hållit av CO_2 .	3,36 %	10,72 %
höllo proven av CO_2	3,18 »	11,68 »

Av de i första tidsmomentet bildade oxiderna bortgår den förstås först som koloxid bildade kolsyran troligen fullständigt med kvävet. Någon liten obetydlig del CO torde lösa sig i järnet. All manganoxidulen förenar sig helt säkert med bildad kiselsyra, av järnoxidulen

* Engineering and Mining Journal 1890 sid. 428.

åter lösер sig antagligen en del i det bildade mangansilikatet,* en del löser sig i själva järnet, medan återstoden av de häftigt upprusande gaserna piskas samman med järnbadet till emulsion. Denna del och den, som lösts i järnet, oxiderar i sin ordning mera kisel och mangan, medan oupphörligen nytillförd luft fortfar att oxidera i samma proportioner som förut Fe, Si, Mn och C.

Med varje nytt tidsmoment växer emulsionens halt av FeO och därmed ock dess oxiderande verkan på Si och Mn och med den till följd av de senares oxidering växande temperaturen växer ock intensiteten av dess oxiderande verkan på först kisel och mangan och så efter en viss nådd högre temperatur på kolet. Men till följd av den i sur bessemer snabbt tillväxande badtemperaturen tillväxer ock snabbt det fria — luftsyrets oxideringsförmåga och efter fler eller färre sekunders förlopp har denna nått sådan styrka att ej längre så mycket syre når igenom, att det räcker till att förbränna all bildad koloxid, utan att en del av denna börjar utströmma genom konvertermynningen, d. v. s. koloxidlågan börjar framträda.

Allt mera ökas värmen, allt intensivare verkar det fria syret, snart uppkommer av detsamma intet mer över badets yta — kolsyran försvinner alldeles i gasblandningen. Men även järnoxidulens verkan blir intensivare, koloxidbildningen och med den lågans längd tillväxer för att i regel vid välgående blåsningar nå sitt maximum vid badtemperaturens maximum. Vid för heta blåsningar åter kan kolets oxidationsbegär stegras till den grad, att slaggen momentant mister i oxidationsförmåga dels genom för stor järnoxidulreduktion, dels genom att från ugnsfodert upplöses för mycket SiO_2, och då mattas kanske lågan för att, när den nu ensamt på kolet verkande luften kylt badet och på nytt oxiderat nog med järn, åter tilltaga i längd — men ej i vithet och glans. Luften kan nämligen nu, sen kisel och mangan i det närmaste förbränts, verka något avkylande.**

Emellertid är vid välgående blåsningar badtemperaturen något så när konstant under hela den starkaste färskningsperioden, ja växer, som vi sett av här förut anförda exempel, till och med fortfarande, om kvarvarande kisel och mangan åter börja oxideras, sen huvudmassan av kolet bortfärskats, då naturligtvis den tilltagande kolförtunningen gör koloxidbildningen mindre intensiv.

Vi komma nu till slutmomenten. Badet blir allt fattigare på kol, kisel och mangan, lösningen så att säga allt mera utspädd, man kan säga att järnet kvarhåller med allt mera växande kraft de obetydliga delar av legeringsämnena som återstå, men fortfarande strömmar luft igenom, förbrännande nu mest järn och allt mera oxiderande upp slaggens järnoxidul till järnoxidoxidul, och fortsätter man blåsningen

* I förut anförda exempel åtgår all kiselsyra att bilda monosilikat med manganoxidulen.

** Se Allmänna Metallurgien.

nog långt, når man såsom Brusewitz vid Västanfors till en i avseende på Fe, Si, Mn och C konstant slutlegering. Men då börjar, eller vid sval gång redan förut, konvertern såsom vid Västanfors att »spotta», emedan värmealstringen ej mera fyller värmeåtgången.

Har chargen hållit från början nog med mangan, tager kvarvarande mangan alltfort hand om den järnoxidul stålet löser, och produkten är fortfarande rödskörfri, saknas mangan växer åter halten av löst järnoxidul och således även rödskörheten med den sjunkande kolhalten — och väl att märka ock med lägre badtemperatur, ty lägre badtemperatur minskar inverkan mellan C och FeO, då kolhalten kommit ned till ett par tiondedels procent eller något mera.

Samtidigt som järnets så att säga fasta legeringsämnen (C, Si och Mn) avtaga, växer dess förmåga att lösa ej blott järnoxidul utan även gaser och bådadera i högre grad ju svalare badet är, så att kallgående charger ge både mera pösande och rödskörare stål än varmgående — även om ursprungliga manganhalten var så låg, att den praktiskt taget försvann redan med raffineringen. Värst pöser vid tappningen i kokillerna kall manganfattig metall av 0,04 % eller 0,03 % kolhalt.*

Tillsättningarnas verkan:

Sätter man till rödskört gasrikt stål:

1:o enbart manganfritt rikprocentigt kiseljärn i tillräcklig mängd bli götena väl blåsfria men deras stål fortfarande rödskört,

2:o enbart ren aluminium blir resultatet detsamma som vid kiseln,

3:o enbart kiselren mangan bli götena blåsiga men stålet rödskörfritt.

Kisel och aluminium förmå binda gaserna, men ej att åtminstone reducera så mycket FeO, att ej en del rödskörhet orsakande sådan blir kvar. Manganen förmår omsätta all FeO, men ej att binda gaserna. Detta gäller vid i praktiken använda mängder, huruvida vid abnorma tillsättningsmängder andra förhållanden inträffa är mig veterligt ej visat.

Vid onormalt gående blåsningar inträffar ibland, såsom Leffler säger, att formorna gro, d. v. s. att kring desamma bilda sig strutar av grafit, tackjärnet har då genom överhög hetta i masugnsstället upptagit dels mycket mangan och till följd därav även betydligt mera kol än manganfattigt järn kan hålla. När nu, under raffineringsperioden i konvertern, manganen oxideras, måste järnet släppa kolöverskottet, då detta avskiljes som grafit och det isynnerhet där som de kalla blästerstrålarna träffa järnet, därvid bildande strutar, som allt mera uppflytta blästerns begynnelseberöring med badets massa. Genom att blästern då får kortare beröringsväg i denna går blåsningen långsammare, men så småningom blir dock en allt större del av det kvarvarande i järnet bundna kolet förbränt och då återlöser järnet

* Sällan framställd i bessemer, men förr för visst ändamål vid Kallinge och Hammarby martinverk (varmklippt spik, fordrande rödskört järn).

den utfällda grafiten, minskande och till sist förtärande strutarna. Lefflers sätt att i svårare sådana fall tillsätta såväl mangan som glödspån är då av utmärkt kraftig verkan, ty manganen löser då snabbare än järnet grafiten och som badtemperaturen nu är uppe i högsta koloxideringsintensitet förblir manganen som metall i badet tills huvudmängden av kolet brunnit bort. Sådant stål som blåsts under grafitstrutbildning och ej behandlats efter Lefflers recept blir av sekunda kvalité, emedan det fått tid att binda för stora mängder gaser (troligen mest väte).

Vid de onormalt kallgående blåsningarna kan badtemperaturen sjunka så långt, att kolets föreningsbegär till syre i intensitet sjunker under järnets kolbindningsbegär och då kan även rätt kolhårda stålsorter utfalla rödsköra om ej avsevärt mangan tillsättes, ty järnet kan då så att säga jämsides hålla stora mängder karbid och oxidul, utan att de inverka på varandra. Sekunda blir, även som rödskörfritt efter stor mangantillsättning, detta stål, ty dels var dess tappningstemperatur för låg att tillåta den bildade manganoxidulen att före stelnandet fullständigt avskilja sig och förslaggas, dels var dess badtemperatur sådan, att järnet band massor av gaser, vilka gasmassor, om aluminium tillsättes vid tappningen, stanna bundna kvar och även ledes inverka till kallskörhet.

J. Gayleys blästertorkningsförfarande är även provat i bessemerprocessen, åtminstone i Amerika* och säges där medföra en betydande kvalitéförbättring vid mjuka stålsorter, vilket förefaller naturligt, då vi veta, vilken betydande verkan till kallskörhet i stålet bundet väte har. Föga användning torde i alla fall dock torkad bläster få vid bessemer- och thomasmetoderna, ty den ställer sig vid dem ännu mycket dyrare än i masugnshanteringen.

Syreanrikad bläster har ock blivit försökt (Raapkes metod**) men även ledes ställt sig ruinerande dyr och torde ej vidare komma till användning och samma utgång ha försöken med varmbläster fått.

C. Thomas-Gilchrist-metoden.

(Thomas-Gilchrist-Verfahren, Thomas-Gilchrist process, procédé Thomas-Gilchrist, Spossob Thomasa Giljkrista, processo Thomas, procedimiento Thomas-Gilchrist.)

Metoden benämnes såväl i utlandet som hos oss dock vanligen endast basiska processen, basiska bessemer- eller thomasprocessen.

a. Ugnar och apparater.

Dessa skilja sig föga från bessemermetodens, om man undantager ugnarna för det eldfasta materialet och att konvertrarna äro infodrade

* The Iron Age 1908 sid. 39.

** Se Wiborghs metallurgi sid. 548.

med basiskt ugnsmaterial.* Ett av våra bessemerverk, som från den sura övergick till den basiska metoden, nöjde sig så t ex. därvid med att endast öka sin konverters höjdmått genom att förlänga dess mitteldel, men i utlandet, kan man säga, att thomaskonvertrarna utgöra i det hela förstorade former av bessemerkonvertrarna. Man finner detta framträda på ett synnerligen klart sätt i W. G. Gillhausens utmärkta utredning** om de tyska thomaskonvertrarna, och som thomasprocessen ingenstädes nått en sådan fulländning som just i Tyskland torde det vara tillräckligt redogöra för förhållandena där.

1:o. Konvertrarna. De under de sista fem åren byggda thomaskonvertrarna variera i chargestorlek från 10—25 ton, men konstrueras vanligast i antingen 15, 20 eller 25 tons storlek och angivas här nedan de såsom lämpligast ansedda måtten för dessa storlekar, samt för en 10 tons ugn i proportion därtill:

Chargevikt i ton	10	15	20	25
Chargevolymen i m^3	1,4	2,1	2,8	3,5
Ugnsvolym i m^3 vid varmgående järn***	10	15	20	25
Ugnsvolym i m^3 vid kallgående järn	15	20	25	30
Järnbadets höjd i mm	575	600	625	650
Största baddiametern i m	2,2	2,4	2,6	2,8
» manteldiameter i m	3,2	3,4	3,6	3,8
Skorstensöppningens diameter i mm	600 | 1000	700 | 1100	800 | 1200	800 | 1250
Största inre höjd i m	4,4	4,8	5,2	5,6
» yttre » från blästerlådan i m	5,8	6,2	6,5	6,9
Inre diameter : inre höjd	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 2
Skorstensmynningens excentricitet i mm†	800	850	900	950
Silbottens godstjocklek i mm	750	800	850	900
» övre diam. i m	1,4	1,6	1,8	2,0
Tättornas area cm^2 : ton	18	17	15	13
Tättornas antal och diam. i mm	102×15††	144×15	170×15	183×15
Blästertryck vid konvertern, kg/cm^2	1,5—2	1,5—2	1,5—2	1,5—2

Konvertrarna sammansättas alldeles som vid bessemer av tre delar, huv-, mittel- och bottendel, sammanhållna av pånitade vinkel-

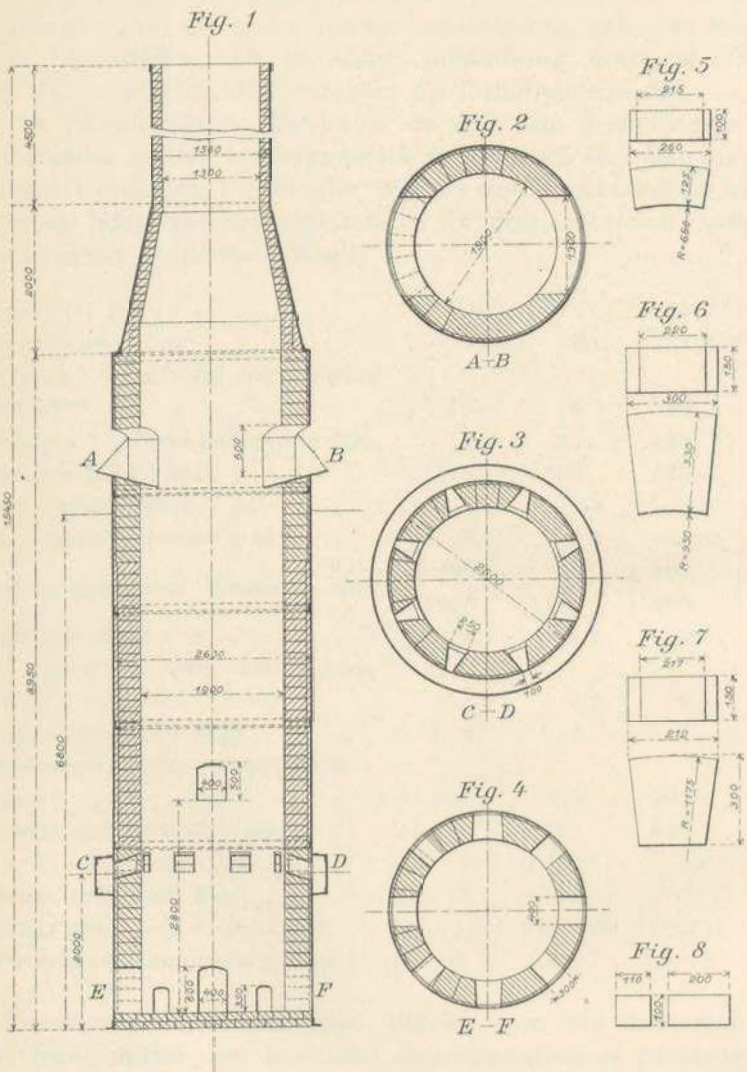
* Om detta och dess tillverkning se Allmän Metallurgi.

** S. u. E. 1910 sid. 322.

*** Om masugnen drives med beskickning givande mycket mangan (kisel) i tackjärnet.

† Dess centrums avstånd från ugnens centrumlinje. Ökas dock något för kallgående järnsorter.

†† Tättrörens diam. växlar i utlandet mellan 10—18 mm. För våra förhållanden och vårt tackjärn torde 15 mm passa bäst.



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

ringar samt konsolstycken och kilbultar. Plåttjockleken tages i huv- och bottendel 25 mm, i mitteldelen 30 mm. Bottendelen avslutas nedåt av en av martin gjuten vinkelring, vid vilken blästerlådan fästes medelst kilbultar. Den senare gjutes även av martin och dess dimensioner tagas vid:

ugnar av chargevikt	10 ton	15 ton	20 ton	25 ton
höjd i mm	350	400	450	500
inre diameter i mm	1600	1800	2000	2200

Botten i blästerlådan utgöres som vid bessemer av en något kupad 10 mm tjock plåt.

Konverterns axeltappring gjutes alltid av martin och antingen i ett stycke eller fyrdelad, vilket senare dock är vida opålitligare. Tapparna (0,5—0,65 m diam.) gjutas vanligen för sig, men här i Sverige, där vi av martin gjuta felfrit vida svårare sammansatta maskindelar, gjuta vi dem nog i ett stycke med ringen. Blästerledningens diam. invid konvertern 0,3—0,4 m i diam.

För övrigt som vid bessemerkonvertrar.

2:o. Dolomitbränningsugnar och krossverk. För det basiska fodret behöves dödbränd dolomit och använder man vid dolomitens bränning vanligen schaktugnar (ytterst sällan liggande cyl. ugnar). Schaktugnarna (se pl. LXXVIII) givas, allt efter dolomitåtgången, en inre diameter av 1500—1900 mm, 7 m höjd från botten till insättningsöppningarna (2 st.), sammandragas där ovanför till en 8,5 m hög skorsten av 900—1300 mm inre toppdiameter. Nedtill förses schaktet med 5—8 uttagsöppningar (600 × 400 mm) och c:a 2 m från botten med — blästeröppningar, om stor produktion önskas — eljes som vid våra svenska martinverk med öppningar utan blästertrumma utanför, eller ock med förbränningsluftinledning genom draghål i uttagsluckorna. Ugnschaktet infodras till ungefär 6 m höjd med magnesittegel, högre upp med Bjuv K eller motsvarande kvalité. De minsta ugnarna bränna 12 ton, de största 15 ton dödbränd dolomit. För dolomitens krossande och malande användas bägarkrossar och kollergångar och för den färdigblandade massans instampande stampmaskiner, för vilkas konstruktion och arbetssätt det tillhör ämnet bergsmekanik att redogöra. Här är dock kanske skäl omnämna att den färdigmalda dolomiten blandad med $^1/_{12}$ till $^1/_{14}$ vattenfri stenkolstjära omblandas i en kollergång, försedd med medelst ånga uppvärmt bord, och sen varm öses lagervis i de av gjutjärn gjorda bottenformarna eller plåtdelarna till konvertern och så maskinstampas. Såväl bottenformen som konverterdelarna rotera därvid under den å en arm fram och åter gående maskinstampen. Stålstängerna, som skola forma tätthålen i botten, tryckas medelst hydraulik så småningom upp genom dolomitmassan ständigt några centimeter under dennas överyta, så att de ej äro till hinders för stampens arbete.

3:o. Botten- och tegelbränningsugnar. De förra äro alltid tunnel-

ugnar och byggas numera helst för oavbruten drift, då de rymma 12 bottnar, medan de förr ömsom påeldades och sen fingo svalna, då de rymde 6 bottnar.* Vid de förra inskjutas bottnarna lagda på tätt emot varandra slutande vagnar med eldfasta vagnsplan såsom vid Gröndals rostugnar, vid de senare åter för man in dem medelst en insättningsvagn,** som sänker ned dem på anliggningsbalkar vid ugnsväggarna. Vid de förra ugnarna har man nära insättningsporten två eldstadsöppningar, vid de senare åter tre sådana på varje långsida. Vid de förra en skorstensöppning mitt på ugnsvalvet, vid de senare fyra skorstensöppningar i väggarna, två och två vid varje ugnsända. Vid de förra drives bränningen så, att bottnarna stanna i ugnen 24 timmar, därvid de först så småningom uppvärmas till dess efter 12 timmar tjäran börjar förgasas och brinna. Två och två bottnar uttagas och insättas samtidigt. Vid de senare ugnarna förvärmas bottnarna vid åtdragna skorstensspjäll först 12 timmar, varefter spjällen öppnas fullt, tjäran förbrinner och bottnarna brännas. Man håller då eld 12—18 timmar till och sluter sedan, så småningom, åter spjällen tills lågorna vid eldstäderna slockna, varefter ugnen får stå och svalna några dagar. En väl bränd botten håller ut för 900 à 1200 tons tillverkning vid 20 tons ugnar, d. v. s. 45 à 60 charger. Stenarna till väggfodert åter pressas i en 50-tons press*** och skarptorkas sedan i en särskild torkugn† försedd med två och två eldstäder vid ändarna och med en skorstensöppning å varje långsidas mitt. För avlagningsmassans (dolomit + tjära) tillagning användes en särskild ångvärmd blandningsmaskin.***

Tjäran torrkokas i järnpannor antingen för öppen eld men hellre med ånga.

En konverterinfodring†† bör hålla minst 230 charger (vanligen 230—280).

Skänkar och kokiller samt tackjärnsblandare lika som vid bessemer.

b. Processens utförande.

1:o. Vanliga förfaringssättet. Detta, som endast i vissa detaljer skiljer sig från bessemermetodens förfaringssätt, tillgår på följande sätt:

Konvertern förvärmes till minst ljus rödvärme, ifall ej blåsningarna följa så tätt på varandra att ingen förvärmning behöves. Kan man

* Ritningar se S. u. E. 1908 sid. 1666, eller Allmän Metallurgi.

** Se »Hütte» sid. 568.

*** Ämnet Bergsmekanik.

† Se S. u. E. 1908 sid. 1668.

†† Tjockleken växlar utomlands mellan 380—500 mm. Jag har i förestående tabell insatt det senare måttet såsom det för oss lämpligaste.

få upp den till gulvärme, så är det så mycket bättre, emedan processens välgående till god del beror på badets begynnelsevärme, som vi senare skola se.

Härefter ifylles den mängd bränd kalk som åtgår,* upphettad även den till så hög temperatur som möjligt, varpå tackjärnet ihälles. Även detta bör hava hög begynnelsetemperatur av samma skäl som ugnsinre och kalktillsats, men samtidigt med detsamma inkastas vid en del verk, som sakna martinugnar, även en del skro som fallit vid föregående charge samt avhugg från valsverket, på det att man skall få detsamma smält. Dock är det bättre för processen, om detsamma i stället kan tillsättas mot blåsningens slut.

Blästern pådrages, samt konvertern reses och blåsningen börjar:

Som tackjärnets sammansättning bör hålla sig (se sid. 341):

Si under 0,5 % (vanligen 0,2—0,45 %),
Mn = 0,8—2 % (helst det senare),
P = 1,7—2,5 % (helst 1,8 %),
S under 0,12 % (utomlands anses omöjligt garantera under 0,06 %),
C = 3 à 3,5 %,

så är lätt att förstå, att raffineringsperioden med så låg kiselhalt kan bliva mycket kort. Är manganhalten hög och badvärmen låg, kan den dock på bekostnad av manganen bliva längre, men som man önskar få avsevärt med mangan att stanna kvar till inemot blåsningens slut för att minska avbränningsprocenten, så söker man, såsom ovan sagts, börja med så hög temperatur som möjligt, då följden också blir, att så fort kiseln oxiderats, kolet häftigt börjar bortfärskas av blästern och den överbasiska slaggen. Har man ej från eldad blandare bekommit högt överhettat tackjärn, så räcker ej kiselhaltens förbränningsvärme till att giva badet synnerligen hög temperatur, och därför gå i regel de basiska blåsningarna kallare än de göra i bessemerprocessen, och t. o. m. så kalla — isynnerhet utomlands — att följden blir mycket röd rök och rätt avsevärt med utkok. Om tackjärnets kiselhalt är hög åtgår förstås mera kalk och likaså om fosforhalten är betydlig och varierar kalktillsatsen därför vid olika verk mellan 12 till 18 % av chargevikten. Vanligen räknar man med 5,5—6,5 % bränd kalk för varje % P + Si.

Blåsningen fortsättes ej blott ned till mjukaste kolhalt utan så, att koloxidlågan alldeles försvinner och därutöver ytterligare 2 à 4 minuter, vilket just utgör, jämte den basiska infodringen och kalktillsatsen, Thomas och Gilchrists metod. Fosforn är denna metods huvudbränsle, men obetydlig del av fosforn oxideras, innan allra huvudsakligaste delen av kolet försvunnit ur badet, men då sker också fosforns oxidering synnerligen raskt, och man ser genom konvertermynningen, huru ugnens inre från gulvarmt plötsligt blir bländande vitt. Emellertid utgör just detta — huvudvärmealstrandet först

* Se längre ned om metod, där kalkstenstillsättningen delas i tvenne delar.

i slutögonblicken — processens största nackdel, ty vida förmånligare vore, om denna värmealstring komme i dess början för att göra tjänst hela processen igenom och göra manganbesparing möjlig. Vid slutet av nedblåsningen och isynnerhet under överblåsningen för fosforborttagandet oxideras en stor mängd järn, men mindre under nedblåsningen ju mera mangan badet lyckats kvarhålla till dess. Härav förklaras önskan att få i gång färskningen innan för mycket mangan raffinerats bort. Men alltför mycket mangan vill man ej heller ha kvar, ty fosforns oxidering går vida raskare, om badet är kallare, än om det är varmare, då det kommit ned till lägsta kolhalt, och förbrännes mycket mangan under slutnedfärskningen får man för varmt bad. Se vidare härom längre ned. När blåsaren (dömande mest av erfarenhet) anser att badets fosforhalt genom överblåsningen sjunkit till nära den önskade, så kullvickas konvertern och blästern frånslås, varefter ett skopprov uttages och slås i en liten kokill, där bildande ett litet cylindriskt göte, som genast utan vidare uppvärmning utsmides till en 10 mm tjock kaka, som doppas i kallt vatten och däri kallnad under hammaren hopböjes och brytes. Av brottets grovgnistrighet kan blåsaren bedöma fosforhalten på $^1/_{100}$ procent när och vet sedan av erfarenhet huru många sekunder ytterligare han behöver blåsa för att nå ned till en fosforhalt mellan 0,06 och 0,04 %. Han tar då ett nytt prov, som skall visa ett fingryigt brott och slät rand. På detta prov bedömer han även svavelhalten, ty ju högre densamma är ju mattare och mindre kristall-kornigt blir brottet och ju flera och större brakor bildas under utsmidningen i kakans kanter. Överblåsningens längd bestämmer i hög grad avbränningsprocenten och manganjärnbehovet, ty järnoxidationen ökas i nästan geometriskt stigande grad med varje sekund förlängd överblåsning, och likaså löser därvid stålbadet i sig allt större mängder FeO.

Efter överblåsningens slut avtappas och avskummas slaggen, så nära fullständigt, som möjligt är, varefter badet desoxideras, vanligen genom att först insättes spegeljärn och sedan 80-procentigt ferromangan i mängder avpassade allt efter överblåsningens längd och stålets svavelhalt. Om stålet i alla fall — trots dessa manganlegeringars höga kolhalt — ej fått önskad hårdhetsgrad, så måste uppkolning ske, vilken då kan försiggå antingen i själva konvertern genom inkastande i badet av fosforrent och i övrigt godartat tackjärn (helst träkolsjärn), men detta endast om man lyckats tillräckligt avskumma slaggen, ty eljes reduceras fosfor ögonblickligen tillbaka ur denna, men bättre är att låta uppkolningen, ja även desoxidationen försiggå i skänken under stålets nedhällande i denna från konvertern. I senare fallet inströs i konvertern på efter avskummandet kvarvarande tunna slagghinna kallt kalkpulver, så att slaggen stelnar, varefter stålet tappas i skänken under kvarhållande av den bildade slaggskorpan i konvertern. Samtidigt tappas från en liten regenerativ gasugn eller

ur deglar i dem smält spegel- och manganjärn och nedkastas undan för undan små träkols- eller kokspåsar (Darby patent) eller tegel fabricerade av koks och kalk (Düdelingens patent).* Ofta tillsättes även finknackat och väl förvärmt eller ock smält ferrosilicium. Samtliga dessa tillsatsmedel skulle förstås lämpligen kunna ersättas med manganhaltigt svenskt bessemertackjärn tillsatt i smält form. Ofta tillsättes mot nedblåsningens slut i konvertern en mängd kallt mjukt stålskro, dels för att få detsamma gratis smält, dels för att avkyla badet före dess defosforering. Användes enbart ferromangan för desoxideringen åtgår därav i regel 6 à 7,5 kg per ton stål, om det förra håller 80 % Mn, och avbrännan håller sig allt efter tackjärnets sammansättning till 10 upp till 15 %, dock vanligast omkring 13 %.

Från skänken tappas stålet — helst i stigande — i kokiller av samma form som i bessemermetoden och tillsättes därvid nästan alltid aluminium för att binda gaserna. Utomlands tillsättes 0,06 % Al eller mera, och anser man detta även förekomma krympsprickbildning vid götenas stelnande och sedan även förekomma valsnings- eller pressningssprickor.

2:o. *Avvikande förfaringssätt* vid Thomasblåsningen utgöra dels Scheiblers förfaringssätt bestående i endast att dela på kalktillsättningen med insättande av först $^2/_3$ av satsen, vilken får upptaga all den kiselsyra som bildas och mesta fosforsyran, sedan avtappning av så bildad fosforrik thomasslag för beredande av rikprocentigt thomasfosfat och därpå färdigblåsning efter tillsättning av resterande tredjedel av kalksatsen. Denna metod sades spara kalk och avbränna samt tillåta blåsandet av större charger, men har funnit föga användning. Dels har försökts O. Massenez' patenterade metod för thomasering av kiselrikt men mindre fosforhaltigt tackjärn d. v. s. med avsevärt över 0,5 % Si (t. ex. Clevelandjärn med 1,5—3 % Si) och under 2 % P. Utom bränd kalk införes då i konvertern även något glödvarm järnmalm, helst svartmalm och sedan tackjärnet, varefter blåses, till dess koloxidlågan börjar framträda, då den nu bildade kiselsyrerika fosforfria slaggen avhälles. Härpå tillsättes den kalk, som erfordras för fosforreningen och chargen slutblåses, samt erhålles då en thomasslagg, som är rik på fosforsyra.

Om Düdelingermetoden se nedan under: Processens kemiska förlopp.

Thomasmetallens provning: Det torde ej inom järnhanteringen funnits någon metod, som varit i så stort behov av noggrann prövning av produkten, innan densamma utsläppes i marknaden, som just är behövligt vid thomasprodukten. Som nämligen mängden av

* Prof. Neuman förordar i S. u. E. 1911 sid. 1026 såsom uppkolningsmedel petroleumkoks, vilken dock såsom svavelhaltig i likhet med kokspulvret torde vara mindre lämplig för svenskt stål. Bäst äro nog skarptorkade träkol i ärtors och något mindre grovlek. Finare träkolsstybb ryker omkring i verket för mycket.

kvarvarande fosfor, mängden av löst, ej av mangan omsatt järnoxidul, mängden av isynnerhet under överblåsningen absorberade väte- och kvävehalter i så hög grad bero av en massa olika faktorer t. ex. tackjärnets, ugnens och kalktillsatsens temperaturer, kalktillsatsens kvantitet, av den använda blästerpressionen och av luftpåsläppningen orsakad färskningshastighet, tackjärnets halt av mangan, kisel och ej minst kol, slaggens tillfälliga beskaffenhet vid efterblåsningens början och av överblåsningens längd, samt slutfosforhaltens storlek helt beror på blåsarens förmåga att bedöma provbrottens gryutseende vid olika dagrar etc. etc., så kunna redan av dessa skäl en mängd variationer i stålkvalité erhållas. Men härtill kommer, att det basiska stålet kan kvarhålla betydande större mängder inblandad manganoxidul än det sura, dels till följd av den nödvändigt mycket större ferromangantillsatsen, dels till följd av dess större halt av avgående gaser, som ej tillåta ett lugnt uppstigande till ytan och i slagglagret i skänken av MnO. Så måste man till detta stål tillsätta mera aluminium, vars oxid följer samma lagar som manganoxidulen, verkande till seghetsminskning om den kvarstannar, och som, som metall — om den ej omsättes till Al_2O_3 — verkar kanske än mera kvalitéförsämrande, dels genom sin egen, jämfört med järn obetydliga styrka, dels genom dess verkan till radiell bladkristallisation i stålet, vilket givet verkar försvagande i kallt stål. Där man är mån om sitt ståls anseende provas därför stålet från varje utslag ytterst omsorgsfullt såväl på kemisk som mekanisk väg. De kemiska proven äro å kiselmangan, fosfor och svavel, de mekaniska böjningsprov med och utan skarp tvärrits, avslitningsprov, slagprov å härdade och ohärdade stavar, kulprov och mikroskopiska prov. Dessutom tages i betraktande stålets pösighet vid utgjutandet i skänken samt i provtagningskokillen och dess ungefärliga tappningsvärme.

3:o. Thomasslaggens färdigberedning. Redan långt före thomasmetodens uppfinnande föreslog Parry att använda fosforhaltiga masugnsslagger som gödningsmedel i lantbruket, men som masugnsslagger från t. o. m. mycket fosforhaltiga beskickningar hålla ytterst obetydligt med fosfor, förföll frågan den gången om sådant användningssätt för hytteslagger. Så fort emellertid Thomas och Gilchrist fått sin metod utexperimenterad, började de fundera på dylik användning för den i deras metod fallande slaggen, men som de ej kunde tro, att slaggen, som sådan, skulle duga, funderade de på att använda den för superfosfatberedning och uppfunno samt togo patent på en metod härför. Detsamma gjorde sen flera kemiker. Slaggernas höga kalk- och metallhalter omöjliggjorde emellertid ekonomiskt all sådan omvandling, ty syraåtgången blev rent ruinerande. En tysk ingenjör G. Hoyermann fann emellertid 1882 vid Peiner Walsverke, att blott man stoftmalde slaggen, så blev en god del av dess fosforsyra lösbar för växtrötterna, och när han så fick med sig flera lantbruksprofessorer

och agrikulturlärde om, att slaggernas halter av mangan- och järnoxidul ej kunde skada växtligheten, samt dessutom superfosfatfabrikerna måste för ökade omkostnaders skull höja sina pris, så vann thomasslaggen — trots dessa fabrikers energiska försök att misstänkliggöra den — snart stor användning, vilken fortfarande växer fullkomligt i kapp med tillgången.

Slaggen vägande 25 % av stålets vikt håller, sådan den erhålles ur konvertern vanligen:

SiO_2	5,00— 7,25 %
P_2O_5	18,00—23,00 »
Fe_2O_3	2,00— 6,50 »
FeO	6,50—13,00 »
Al_2O_3	1,00— 2,10 »
MnO	3,00— 8,00 »
CaO	45,00—49,00 »
MgO	1,5 — 6,00 »

Man fann dock snart, att slaggens verkningsgrad ej på långt när motsvarade dess höga fosforhalt, men man famlade i mörkret om anledningen till detta, tills prof. Wagner påvisade först en bestämningsmetod med amoncitrat och sedan en bättre med 2 %-ig citronsyra för den växtlösliga fosforsyran, då 1894 Geldmacher vid Peine genom att försätta slaggen vid dess urtappande ur konvertern med kvartssand höjde dess halt av löslig fosforsyra ifrån 60—90 % av hela fosforsyrehalten.*

Den kallnade slaggen krossas först i bägarkrossar eller tuggare och males sedan till grovmjöl i en kulkvarn, varefter detta finmales i en rörkvarn, från vilken det stoftfina pulvret medelst fläktbläster bortsuges och därpå, avsatt, fylles i säckar.**

c. Processens kemiska förlopp.

Om thomasprocessens kemiska förlopp föreligga ej på långt när så fullständiga och klara utredningar som Åkermans och Tamms om bessemerprocessens, men har man dock utmärkt början till en sådan i F. Wüsts och L. Lavals undersökningar å thomascharger*** samt i C. Dichmanns reflexioner över slaggernas roll i thomasprocessen.† Wüst och Laval utförde på synnerligen omsorgsfullt sätt sina undersökningar för att få grund till en thomasprocessens värmeekonomi

* Författaren tycker skäl vore försätta slaggen med finmald fältspat i stället för med kvartssand, emedan gödningsmedlet då ock skulle komma att hålla lättlösligt kali, och Al_2O_3 nog gör samma tjänst som SiO_2 vis-à-vis P_2O_5.

** För de härvid använda maskinerna har ämnet Bergsmekanik att redogöra.

*** Metallurgi 1908 sid. 431 och 471.

† S. u. E. 1911 sid. 891.

och för att utreda, om något vid densamma står att vinna genom torkad bläster eller genom syreanrikad luft, och anföras här nedan ur deras rapport en serie analyser från en av dem övervakad thomasblåsning. Se tabell LXXIX.

Själva beklaga de, att något ordentligt slaggprov ej erhölls vid första provtagningarna emedan oupplösta stycken av den brända kalken medföljde och som det är alldeles otänkbart att verkligt fullsmält slagg skall kunna hålla vare sig kolsyra eller vatten, måste man ur deras slaggserie alldeles utrangera de 6 första proven, som hålla $CO_2 + H_2O$, ty i dem alla har tydligen kommit med olösta kalkbitar. Försöker man återigen att med hjälp av den meddelade kalkanalysens kolsyrehalt räkna sig till möjligen i slaggerna ingående olösta kalkstensbitars %-vikt, så finner man genast, att antingen kalkanalysen ej kan vara gjord å ett fullgott taget generalprov eller ock i proven medkommit än mera ofullständigt brända kalkbitar, ty slaggerna 1, 2, 3 och 4 hålla mera $CO_2 + H_2O$ än till och med den oblandade kalken. Först de sista tre slaggproven kunna därför tillmätas någon vikt såsom visande thomasslaggernas under blåsningen växling i silikatgrad, vilken är vid N:o 7 — 0,93, N:o 8 — 0,84 och N:o 9 — 0,75 silikat.

Vida bättre ställa sig beräkningarna, om man, utgående från kalkens och den brända dolomitens analyser, söker sig till kvantiteten av de ämnen, som slaggerna erhållit från själva järnbadet. Beräkningarna ställa sig då såsom följer: Som kalken håller endast spår av magnesium och denna således, där den förekommer, måste angiva ungsfoderavfrätningens del i slaggbildningen, så minskas först slagganalyserna 6, 7, 8 och 9 med vad som motsvarar resp. talkhalter enligt dolomitanalysen. Sedan minskas samtliga i den nyvunna analyskedjan analyser med vad som motsvarar den använda kalkens i analyserna visade CaO. Man får då de återstående slaggbeståndsdelarna till:

	I återstående %:						
N:o	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	MnO	FeO	CaS eller S	
1	2,50	0,02	0,042	0,84	0,74	0,35	0,16
2	12,86	0,09	2,975	8,27	4,37	0,55	0,24
3	7,12	0,05	2,474	5,04	1,96	0,28	0,12
4	6,90	0,05	2,279	4,02	1,82	0,36	0,16
5	4,65	0,08	2,952	2,81	2,24	0,46	0,20
6	11,83	0,09	5,385	5,88	4,46	0,50	0,22
7	7,56	0,47	21,082	3,11	3,77	1,48	0,66
8	5,74	0,55	21,619	4,57	12,73	1,01	0,45
9	4,40	0,63	17,838	4,16	24,22	0,77	0,34

Tillhör si**gar**

Mat	s och i %
	SiO
Tackjär	—
Kalken	0,4
Brända	5,1
Ferrom	—
Ferrosil	—
Spegelj	—
N:o 1	2,8
N:o 2	13,1
N:o 3	7,7
N:o 4	7,5
N:o 5	4,9
N:o 6	12,5
N:o 7	8,
N:o 8	6,4
N:o 9	5,
Stålet .	—

*medar
†

och för att utreda, om något vid densamma står att vinna genom torkad bläster eller genom syreanrikad luft, och anföras här nedan ur deras rapport en serie analyser från en av dem övervakad thomasblåsning. Se tabell LXXIX.

Själva beklaga de, att något ordentligt slaggprov ej erhölls vid första provtagningarna emedan oupplösta stycken av den brända kalken medföljde och som det är alldeles otänkbart att verkligt fullsmält slagg skall kunna hålla vare sig kolsyra eller vatten, måste man ur deras slaggserie alldeles utrangera de 6 första proven, som hålla $CO_2 + H_2O$, ty i dem alla har tydligen kommit med olösta kalkbitar. Försöker man återigen att med hjälp av den meddelade kalkanalysens kolsyrehalt räkna sig till möjligen i slaggerna ingående olösta kalkstensbitars %-vikt, så finner man genast, att antingen kalkanalysen ej kan vara gjord å ett fullgott taget generalprov eller ock i proven medkommit än mera ofullständigt brända kalkbitar, ty slaggerna 1, 2, 3 och 4 hålla mera $CO_2 + H_2O$ än till och med den oblandade kalken. Först de sista tre slaggproven kunna därför tillmätas någon vikt såsom visande thomasslaggernas under blåsningen växling i silikatgrad, vilken är vid N:o 7 — 0,93, N:o 8 — 0,84 och N:o 9 — 0,75 silikat.

Vida bättre ställa sig beräkningarna, om man, utgående från kalkens och den brända dolomitens analyser, söker sig till kvantiteten av de ämnen, som slaggerna erhållit från själva järnbadet. Beräkningarna ställa sig då såsom följer: Som kalken håller endast spår av magnesium och denna således, där den förekommer, måste angiva ungsfoderavfrätningens del i slaggbildningen, så minskas först slagganalyserna 6, 7, 8 och 9 med vad som motsvarar resp. talkhalter enligt dolomitanalysen. Sedan minskas samtliga i den nyvunna analyskedjan analyser med vad som motsvarar den använda kalkens i analyserna visade CaO. Man får då de återstående slaggbeståndsdelarna till:

	I återstående %:						
N:o	SiO_2	Al_2O_3	P_2O_5	MnO	FeO	CaS eller S	
1	2,50	0,02	0,042	0,84	0,74	0,35	0,16
2	12,86	0,09	2,975	8,27	4,37	0,55	0,24
3	7,12	0,05	2,474	5,04	1,96	0,28	0,12
4	6,90	0,05	2,279	4,02	1,82	0,36	0,16
5	4,65	0,08	2,952	2,81	2,24	0,46	0,20
6	11,83	0,09	5,385	5,88	4,46	0,50	0,22
7	7,56	0,47	21,082	3,11	3,77	1,48	0,66
8	5,74	0,55	21,619	4,57	12,73	1,01	0,45
9	4,40	0,63	17,838	4,16	24,22	0,77	0,34

Tillhör sid. 542.

Tabell LXXIX. **F. Wüsts och L. Lavals undersökningar å thomascharge.**

Material	Provtagningstid	Metallprovens analys i %					Metallbadets sammansättning i kg							Kalkstenens, konvertermassans och de uttagna slaggprovens analys i %									Konvertergasernas ungefärliga medelsammansättning i %					Konvertergasernas viktbeståndsdelar i kg				Torra luftens syrevikt	Blästerluftens vikt i kg	Viktsmängd gaser i kg
		C	Si	Mn	P	S	C	Si	P	Mn	S	Fe	Summa	MnO	Al_2O_3	MgO	P_2O_5	SiO_2	CaO	CaS	FeO	CO_2+H_2O	N_2	CO	CO_2	O_2	H_2	N_2	H_2	CO	CO_2			
Tackjärn	— —	3,354	0,481	0,850	2,009	0,177	351,5	50,4	210,5	89,1	18,5	9760	10480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kalken	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	sp.	0,19	sp.	0,007	0,40	85,10	0,300*	0,11*	14,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Brända dolomiten	** — —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,28	1,63	24,65	0,33	5,15	64,30	0,28	4,41	***	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ferromangan	— —	6,33	0,21	76,70	0,265	0,017	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ferrosilicium	— —	—	48,33	0,38	0,037	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Spegeljärn	— —	4,58	0,47	9,52	0,049	0,008	—	—	—	—	—	—	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N:o 1	0″ — 1″30‴	3,081	0,036	0,800	1,998	0,098	319,9	3,7	207,5	83,1	10,1	9759	10383	0,84	0,20	—	0,052	2,88	79,84	0,675	0,84	14,72	80,53	8,71	10,53	0,075	0,155†	405	0,77	44	53	127	532	502
N:o 2	1″30‴— 3″15‴	2,624	0,006	0,420	1,910	0,120	269,8	0,6	196,4	43,2	12,3	9759	10282	8,27	0,22	—	2,982	13,14	58,85	0,756	4,44	9,34	77,66	12,24	9,57	0,093	0,138	355	0,56	75	41	111	465	472
N:o 3	3″15‴— 5″15‴	1,934	0,007	0,410	1,866	0,128	193,3	0,7	190,4	41,8	13,1	9759	10203	5,04	0,20	—	2,482	7,74	67,20	0,513	2,04	14,79	72,90	20,38	7,06	0,063	0,131	383	0,79	138	30	121	501	552
N:o 4	5″15‴— 6″45‴	1,321	0,009	0,450	1,786	0,128	132,6	0,9	179,2	45,2	12,8	9664	10035	4,02	0,20	—	2,287	7,22	68,27	0,603	1,90	15,50	67,90	26,70	5,27	0,002	0,133	431	0,71	193	33	135	565	659
N:o 5	6″45‴— 8″15‴	0,733	0,010	0,550	1,735	0,128	72,32	1,0	171,2	54,3	12,6	9556	9867	2,81	0,23	—	2,960	4,98	69,93	0,702	2,32	16,07	64,90	29,96	4,99	0,044	0,111	404	0,71	194	32	127	530	629
N:o 6	8″15‴—10″	0,094	0,005	0,520	1,436	0,112	9,12	0,5	139,3	50,4	10,9	9489	9699	5,89	0,26	0,64	5,400	12,25	62,95	0,718	4,65	7,76	64,36	30,67	4,43	0,091	0,115	488	0,93	237	26	154	637	752
N:o 7	10″ —11″45‴	0,034	0,009	0,550	0,526	0,067	3,24	0,9	50,2	52,5	6,4	9419	9532	3,13	0,70	1,74	21,110	8,17	58,28	1,690	4,16	—	66,08	30,59	3,10	0,061	0,132	464	0,97	205	19	147	607	688
N:o 8	11″45‴—13″15‴	0,015	0,009	0,340	0,117	0,084	1,39	0,8	10,9	31,6	7,8	9245	9298	4,60	0,82	2,79	21,660	6,53	48,92	1,190	13,30	—	75,50	21,87	2,48	0,028	0,154	287	0,57	40	7	93	383	335
N:o 9	13″15‴—15″	0,016	0,013	0,230	0,066	0,077	1,44	1,2	6,0	20,7	6,9	8981	9018	4,19	0,92	2,89	17,880	5,17	43,31	0,930	24,80	—	92,42	6,00	1,44	0,002	0,181	286	0,54	8	3	90	376	299
Stålet	16″15‴	0,260	0,033	0,880	0,097	0,059	25,30	3,2	9,4	85,6	5,7	9610	9730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97,40	2,00	0,33	—	0,203	—	—	—	—	—	—	—
																												Summa kg under 15 min.		3503	6,56	1134	244	1105	4596	4888

* Omräknat av *O—a*. ** Den dödbrända dolomitens = ugnsfoderts analys uträknad av den obrändas analys av *O—a*. *** Omräknad går denna analys till 101,13 % emedan i den angivna analysen utsatts Fe och Mn i stället för FeO och MnO och dess summa dock var = 100 %.

† Detta medelanalysen vid 1″30‴, de andra medeltal av 2 à 3 medelanalyser från 5 charger.

Omräknade till 100 % efter uteslutande av Al_2O_3 och Ca:

N:o	SiO_2	P_2O_5	MnO	FeO	S	S:a
1	50,38	0,98	19,62	17,28	3,74	100,00
2	44,79	10,36	28,80	15,21	0,84	100,00
3	42,59	14,80	30,16	11,73	0,72	100,00
4	45,45	15,02	26,48	11,99	1,06	100,00
5	36,18	22,97	21,87	17,42	1,56	100,00
6	42,59	19,39	21,17	16,06	0,79	100,00
7	20,89	58,27	8,60	10,42	1,82	100,00
8	12,72	47,93	10,13	28,22	1,00	100,00
9	8,63	35,00	8,17	47,53	0,67	100,00

Räknar man så ut, dels huru mycket fosfor, mangan, järn och svavel som i de så omräknade slagganalyserna finnes motsvarande t. ex. 100 viktsdelar kisel och dels ur järnprovsanalyserna utdrager samt uträknar för varje tidsmoment järnbadets motsvarande förlust av fosfor, mangan och svavel ävenledes på 100 viktsdelar förlorad kisel, så får man fram till jämförelse två rätt intressanta serier:

	Järnbadet har på 100 Si förlorat:			Slaggen innehöll på 100 Si från järnet bekomna:			
N:o	P	Mn	S	P	Mn	S	Fe
1	2,47	11,24	20,00	1,83	64,65	15,91	57,17
2	20,84	90,53	12,00	21,62	106,74	4,02	56,60
3	30,17	92,72	10,34	28,66	103,64	3,19	40,46
4	45,13	84,75	10,38	30,93	96,70	4,99	38,71
5	58,17	63,69	10,40	59,42	100,35	9,24	80,27
6	120,38	69,33	13,65	42,63	82,54	3,98	62,85
7	314,19	63,56	23,09	268,64	70,33	19,22	85,42
8	400,85	108,05	19,70	352,43	131,99	16,83	389,53
9	413,03	132,48	21,37	379,15	159,07	16,63	917,37

Såsom av den sista sifferuppställningen framgår täcka ej slaggens och järnbadets talvärden fullständigt varandra och är detta ej heller att fordra, då dels allt ibland under blåsningen slagg utkastas och således ej vidare kan deltaga i reaktionerna, dels ju en del slagg kan ha varit kvar i konvertern sen föregående blåsning, dels svårigheten att få ordentliga generalprov naturligtvis voro kolossalt stora isynnerhet så länge olöst kalk fanns kvar, men i det stora hela följas de två serierna tillfredsställande bra, visande i regel ökning eller sjunkning i talvärdena jämsides. Ett undantag förefinnes vid proven N:o 6, där slaggprovets kiselsyrehalt utfallit alldeles för stor. Synnerligen tydligt framträda emellertid i dessa sifferrader processens hela kemiska förlopp. Så se vi i tabell LXXIX, hurusom kiseln försvinner så gott som fullständigt redan under de tre första minuterna, medan manganen, egentligen först sen kiseln försvunnit, börjar oxideras och i denna charge sjunker till hälften under de tre första minuterna. Kolet börjar

oxideras nästan omedelbart och sjunker från blåsningens början från 3,354 % ned till 0,094 % vid provet N:o 6 eller nästan fullkomligt jämnt efter vad synes, om man uppritar diagram däröver, då linjen blir nästan rak.

Av beräkningarna över vad som förlorats per 100 Si ser man så, huru visserligen fosforn, medan kolet bortfärskas, åvenledes så småningom oxideras, men järnbadsproven visa först vid N:o 6, d. v. s. då kolhalten kommit ned till c:a 0,1 % att fosforraffinerandet blir intensivt. På 5 minuter sjunker stålets fosforhalt då från 1,735 % till 0,117 % och stiger i slaggen från 3 till 21 % fosforsyra.

Ämnenas oxidation måste man naturligtvis även i denna process tänka sig, där metallegeringen träffas av blästerströmmarna, ske alldeles som i bessemerprocessen efter de proportioner, vari de olika ämnena ingå, men se vi nu till slaggernas halt av Fe på 100 Si, så synes, huru intensivt järnoxidulen deltager med sitt syre i färskningsarbetet, i det att oxiderat järn hela tiden ända till och med prov N:o 7 understiger oxiderade kiselns vikt. Som den senare var c:a 0,47 % av tackjärnets vikt, är t. o. m. den tid då proven N:o 7 togos, blott 0,42 % av tackjärnets järnhalt avbränd. Men då ändras plötsligt förhållandet. Alla järnets legeringsämnen med undantag av en obetydlighet fosfor äro nu bortoxiderade, och därför börjar just nu en intensiv järnavbränna, mot slutet uppgående till 9 gånger kiselns vikt d. v. s. till bortåt 4,5 % av tackjärnets.

Under kolets raskaste bortfärskande tjänstgör, tyckes det, även manganen såsom syretransportör, ty manganhalten per 100 Si vacklar upp och ned, såväl i järnbadet som i slaggen. Även svavlet pendlar fram och åter mellan bad och slagg för att vid blåsningens slut vara bortoxiderat i samma mängd, som under den 1:sta minuten (se proven 1 och 9 i järn och slagg per 100 Si). Femtedelen av oxiderade kiselns vikt eller c:a 0,10 % S av tackjärnets vikt har oxiderats, d. v. s. vid provtagning N:o 9 höll stålet 0,077 % mot 0,177 % i tackjärnet, motsvarande en minskning av c:a 56 %.

Bruksförvaltaren R. Carlson har benäget meddelat mig 4 av ingenjör O. Ramström gjorda undersökningar från Domnarvet visande:

		Tackjärnet höll:		Stålet höll före ferromangantillsatsen:	
Blåsning N:o	1 . . .	0,073 % S,	0,72 % Mn	0,034 % S,	0,12 % Mn
» »	2 . . .	0,079 » »,	0,75 » »	0,046 » »,	0,16 » »
» »	3 . . .	0,060 » »,	0,72 » »	0,029 » »,	0,12 » »
» »	4 . . .	0,070 » »,	0,69 » »	0,034 » »,	0,16 » »
	Medeltal	0,070 » »,	0,72 » »	0,036 » »,	0,14 » »

Varken Domnarvets tackjärn eller stål håller på långt när så mycket svavel, som förefanns i Wüsts material, men har svavelhalten i alla fall nedgått med i medeltal 48½ %.

Wüst och Laval visa genom jämförelse av ovanstående charge med en annan med högre ursprungliga kol- och kiselhalter (0,83 % Si och 3,42 % C) att kolet, om kiselhalten är hög, ytterst obetydligt oxideras, innan kiseln bortgått, men att färskningen sedan går, tack vare nu högre badvärme, så mycket intensivare. De visa också, att ju kallare chargen förlöper, ju mera fosfor bortgår samtidigt med kolet, t. ex. i ovan relaterade charge 33 % och i den senare 22 % av hela fosforhalten. Som slagganalyserna visa är slaggens fosforsyrehalt störst något före efterblåsningens slut, till följd av den sedan inträdande stora järnavbrännan. Vill man åstadkomma rikaste fosfat, bör detta därför avtappas nu och het kalksten sedan inkastas för färdigraffineringen. Om manganen anse experimentatorerna, att den tjänstgör som värmereglerare, i det den oxideras i höjd grad, så fort badtemperaturen sjunker till viss nivå, därvid strax givande upphov till höjd temperatur och ny fart i kolbortfärskandet.*

Stålbadet visade sig vid blåsningens slut hava en temperatur av i medeltal 1552°, vid en tackjärnstemperatur av 1262°, och värmebalansen funno de ställa sig på följande sätt:

Inkomster:

	charge 1	charge 2
Genom tackjärnet medfört värme . .	43 %	38 %
» oxidation vunnet värme . . .	57 »	62 »

Utgifter:

	charge 1	charge 2
Med gaserna förlorat	24 %	25 %
För kalkens uppvärmning och med slaggen bortfört	20 »	21 »
Av stålet upptaget värme	48 »	42 »
Utstrålat värme	8 »	12 »

Även C. Dichman behandlar** slaggens roll i thomasprocessen, därvid han dock till stor del stöder sin utredning på Wüsts och Lavals men även delvis på Finkeners undersökningar. Han påpekar emellertid att något fullständigt klarläggande av ämnet svårligen låter sig göras till följd av den mängd olika faktorer, som ingå. Klart är emellertid, att genom, att den tillsatta kalken tar hand om och vid sig binder syrorna, får järnoxidulen — låt vara löst i kalksilikat och kalkfosfat — mycket större färskningsförmåga än i bessemerprocessen. Dessutom torde nog i denna basiska slagg kunna bildas avsevärd del Fe_2O_3 (jämte FeO) vilket ytterligare förstärker färskningen.

Flors avvikande förfaringssätt (Düdelingermetoden), som avser att

* Samma är nog förhållandet med den del av fosforn, som går samtidigt med kolet. *O—a.*

** S. u. E. 1911, sid. 891.

väl låta chargen gå het att börja med, vilket befordrar kolets oxidation, men sedan låta efterblåsningen gå med relativt kallt bad, vilket påskyndar defosforeringen och i samma mån minskar järnbortbrännandet under denna, utföres så, att, då koloxidlågan upphör eller strax förut, inkastas i konvertern briketter pressade (i 80 atm. tryck) av en blandning bestående av valssinner och kalkhydrat. Deras sammansättning ställer sig ungefär sålunda: Järngranalier 1 %, järnoxid 31 %, järnoxidul 45 %, kalk 10 %, vatten 4 %, kolsyra 1 %, resten inblandad sand m. m. Tillsättningsmängden rättas naturligtvis efter badtemperaturen. Utom redan nämnda fördelar skall vinnas, även i mindre kalkåtgång, mindre utkok och fosforrikare thomasfosfat, samt mindre ugnsfrätning.

Thomasslaggens konstitution har under senare år blivit mycket omdebatterad,* men man kan ej säga att fullt uttömmande utredning ännu föreligger. Klart är att under blåsningens första moment bildas kalk-mangan-järnoxidul-silikat jämte kanske, vid då varande stora luftsyreöverskott, även järnoxid-kalk- och järnoxidoxidulföreningar. Så fort emellertid fosforsyra även börjar bildas uppstår även kalkfosfat, som Hilgenstock antagit utgöras av tetrafosfat $4CaO \cdot P_2O_5$, men som Kroll på grund av det i blåsningens början förefintliga stora kalköverskottet antager utgöras av oktofosfat $8CaO \cdot P_2O_5$. Detta kan emellertid ej bestå ända till slutet, emedan kalken ej räcker till härför när vid efterblåsningen en myckenhet fosforsyra bildas. Troligen bildas dessutom redan i blåsningens början föreningar av kalkortosilicat med kalktetrafosfat eller kalk med sexbasisk fosforsyra. I den stelnade thomasslaggen har Carnot påvisat blåa monoklina kristaller, vars analys gav honom anledning förmoda dem vara sammansatta $3CaO, P_2O_5 \cdot 2CaO, SiO_2$, under det Stead och Ridsdal anse dem sammansatta $4CaO, P_2O_5 \cdot CaO, SiO_2$. Sedan har Kroll påvisat att dessa kristallers moderlut utgör en sammansättning, som kristalliserar i hexagonala pyramider av, då de äro rena, vacker grön färg och fullt genomskinliga. Han kallar denna thomasslaggens huvudmassa thomasit och antager den sammansatt: $3(6CaO, P_2O_5) \cdot 2(2FeO, SiO_2) \cdot (CaO, MnO, Fe_2O_3)$, där fosforsyran skulle uppträda sexbasisk. Blome, som sökt utreda, vid vilken sammansättning bästa citratlösligheten skulle ernås, har påvisat, att detta inträffar vid så hög kiselsyrehalt, att smältan kan anses bestå av 58,05 % CaO, 12,52 % SiO_2 och 29,43 % P_2O_5, som han antog bildade en förening: $4CaO, P_2O_5 \cdot CaO, SiO_2$, och visade han, att denna förening är fullt citratlöslig vare sig den avkylts hastigt eller långsamt, medan andra thomasslaggsammansättningar få betydligt mer citratlöslig fosforsyra, om de få långsamt avsvalna, än om de avkyles hastigt. Kroll antager emellertid, att denna smälta givit en sammansättning $3CaO, P_2O_5 \cdot 2CaO, SiO_2$.

* Se S. u. E. 1883 sid. 498. d:o 1886 sid. 525, 719, d:o 1887 sid. 557, d:o 1909 sid. 1481, d:o 1910 sid. 2161, d:o 1911 sid. 2020.

D. Lillbessemermetoden.

Denna metod användes uteslutande för framställning av stålgjutgods och utövas mest vid gjuterier* och går processen ut på att i små konvertrar av lämpligt sammansatt järn genom s. k. ytblåsning åstadkomma så hett stål, att det på fullgott sätt flyter ut i även mycket små formar. Också är det för tillverkning av i kolhalt och övrig sammansättning varierande smågods, som metoden har ekonomiskt berättigande och i endast detta också som den med framgång kan konkurrera med martinmetoden, i det att stålgjutgods från mindre martinugnar än på 6-tons charger ställer sig mycket dyrt.

a) Ugnarna. Som det dels är ytterst noga med tackjärnets sammansättning och som dels vid gjutning av smågods erhålles synnerligt mycket skro, men stålet måste vara hett, och skrotet således ej kan tillsättas i den färdigblåsta chargen, som vid stora bessemercharger, så är man vid denna metod tvungen att allt efter det avsedda godset ändra på chargens sammansättning, och allt ibland göra olika uppsättningar av tackjärn och skro. Man använder sig därför alltid av omsmältning samt har tackjärn och skro upplagda och ordnade i förrådet efter olika kemisk sammansättning. Omsmältningen kan ske i själva konvertern, om denna förses med oljeeldning,** men oftast försiggår den i kupolugnar av vanlig gjuteriverkstyp (se Gjuteriskötsel!) och är då bäst placera dessa så som L. Unckenbolt gör i de lillbessemerverk, han bygger, d. v. s. på vanlig höjd över gjuterigolvet, och sen medelst skänk och kran föra det omsmälta järnet från kupolugnen till konvertern. Samma kupolugn användes då för tackjärnsgjutgodsframställning, vid de tillfällen, den ej behöves för smältandet av godset för bessemerchargerna, vilket sparar på koks och avbränna i densamma, genom att den då håller sig väl genomvärmd.

Konvertrarna konstrueras för omkring 1 tons charger, men sällan mindre än för 500 kg och aldrig över 2 tons och finnes det en mängd patent tagna på lillbessemerkonvertrar, men endast ett fåtal av dessa ha visat sig användbara och av dem endast en huvudsort fullt praktisk. De med blästerinföring vid botten, de med formorna placerade ett stycke under badets yta, och de med tvenne formrader, den ena raden under, den andra över badets yta, äro numera alla bortlagda, medan gjuteriingenjörerna åter ej tyckas vara fullt eniga om, vilkendera konstruktionen bör föredragas: den med formorna liggande parallellt med badytan och blåsande just i badytan (t. ex.

* Egentligen tillhör beskrivandet av denna metod därför ämnet »Järnets manufakturering» och som detta ämne inom två år införes såsom fristående läroämne vid bergshögskolan, så behandlas här lillbessemermetoden endast i korta drag och blott till dess rent metallurgiska del.

** S. u. E. 1911 sid. 1049 och 1435.

Paxon-Deemers)* eller den med formorna ävenledes placerade i konverterns sida men riktade något snett nedåt och med sin inre mynning just vid badytan (Unckenbolts**). Som skillnaderna i övrigt vid lillbessemerkonvertrarna ej äro så bemärkansvärda åtnöjer jag mig här med att beskriva en konstruktion av näst sista slaget (Stoughtons) beskriven*** av N. Liljenberg. Denna konverter är försedd med löstagbar underdel (se pl. LXXIX, fig. 1), vilket gör att denna del lätt kan noga avlagas, något som är synnerligen nödvändigt vid lillbessemerkonvertrarna, där badytan måste hållas i formnivån och där således badets volym vid varje charge bör vara en och densamma. Konverterns inre form är alldeles sådan, som den form H. Tholanders lillbessemerkonverter vid Avesta hade, men medan den senare hade endast en tämligen stor forma, har den av Liljenberg beskrivna 7 stycken lagda horisontellt, ehuru något divergerande inåt ugnsrummet. Utanför de långa formrören befinner sig blästerlådan, som på vanligt sätt genom ugnens blästertapp är satt i ledande förbindelse med blästerledning och blåsmaskin.† Konvertrarnas mantlar förfärdigas av 16 à 20 mm tjock plåt och de infodras i botten underst med ett lager stampad koks 10 cm tjockt och däruppå med ett 250 à 350 mm (10 à 14 tum) tjockt lager silikatstenar. För att formorna skola styra blästern riktigt tagas de långa, och därav följer ock, att formväggen är tjock, 350 till 500 mm. Motstående vägg kan tagas tunnare (av 9 à 12 tums stenar). Formorna givas 20 à 35 mm diameter och få vid inre ändarna ett avstånd av 80 à 100 mm från formcentrum till formcentrum. Den inre cylindriska delen gives 1500—1800 mm höjd, inre höjden från botten till skorstensöppningens centrum är resp. 2500 à 2800 mm. En tons konvertrar fordra en blästermängd av 50 m^3, 1,5 tons av 75 m^3 per min. av enl. Unckenbolt 0,2 à 0,3 atm. tryck.

b) Processens utförande. För att inte slaggen skall komma att verka för frätande på ugnsfodert, men stålet ändock bli tillräckligt varmt och gasfattigt, så använder man ett tämligen manganfritt (0,2—0,5 %) men kiselrikt (1,5 à 2,5 %) tackjärn, som efter utländska förhållanden även anses svavel- och fosforrent (S < 0,1 % P < 0,08 %). Till första blåsningen på dagen (blåses sällan å nattskiften) tages helst enbart tackjärn, emedan ugnen då, trots föregående kolblåsning är relativt kall, men för varje sedan följande charge uppsätter man på kupolugnen allt större skroprocent. Blåsningen tager, vid vida formor 15, vid trängre 20 minuters tid och ingen koloxidlåga bör därunder utströmma ur konvertermynningen, ty kolet bör fullständigt förbrännas till CO_2 inuti konvertern. När man kommit ned till rätt kolhalt, kan

* Se J. K. A. B. 1909 sid. 348.

** S. u. E. 1906 sid. 107, fig. 4.

*** J. K. A. 1907 sid. 592, pl. XXXVII.

† De maskinella anordningarna, ämnet Bergsmekanik.

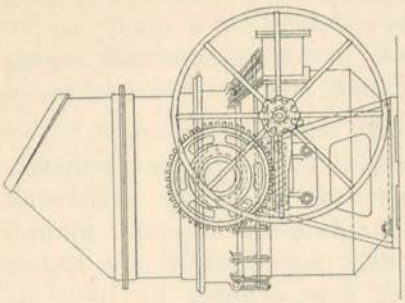


Fig. 5

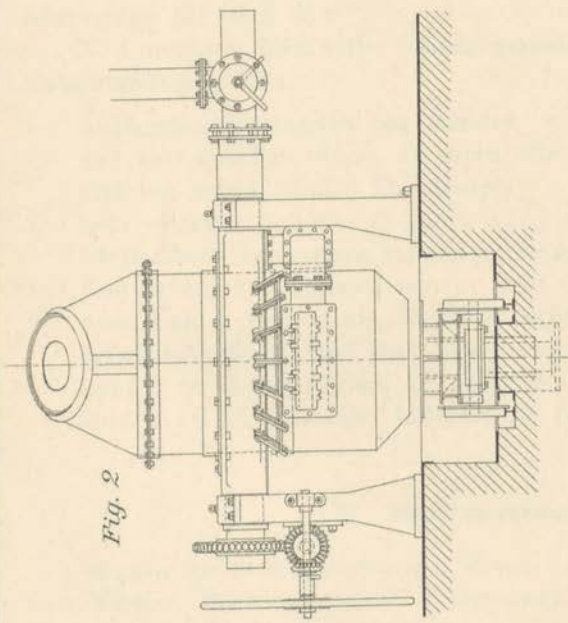


Fig. 2

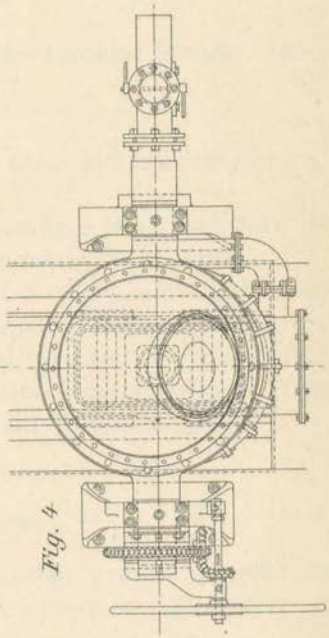


Fig. 4

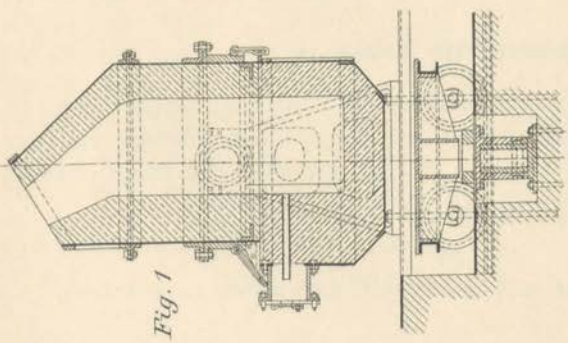


Fig. 1

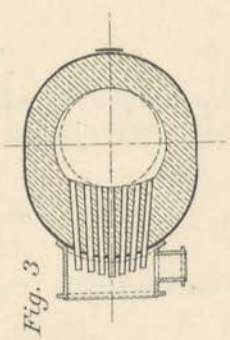


Fig. 3

Grav. a Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

badet avtappas efter för dylikt stålgjutgods vanliga tillsatser (0,2 % Al, eller 0,1—0,2 % Si samt 0,20—0,90 % Mn, beroende på vad hårdhetsgrad stålet skall erhålla), men skall man hos godset ha en kolhalt av 0,4—0,6 % C, så uppkolas badet vanligen från 0,3 % till den önskade genom ikastande av strutar med mald koks eller itappande av lagom kvantitet smält tackjärn (Zenzes patent).

c) *Processens kemiska förlopp* är detsamma som vid bessemermetoden, om man undantager, att kolet vid lillbessemer fullständigt förbrännes och ej bortgår som koloxid. Slaggens verkan är ock mindre intensivt färskande, alldenstund den rör sig blott i virvlar på badets yta, likaväl som stålet under slagglagret blott cirkulerar för sig utan att blandas med slaggen. Följden blir ock i de flesta fall ökad avbränna — vid god gång 12 à 15 %, vid dålig gång ofta vida högre (upp till 28 à 30 %*).

N. Liljenberg framhåller såsom metodens fördelar framför martinstålgjutgodsmetodens:

1:o) Anläggningskostnaden blir mindre,
2:o) stål kan erhållas oftare, av mera efter behovet växlande sammansättning och i mindre kvantiteter,
3:o) hela chargen behöver ej på en gång avtappas utan kan från den överhettade konvertern tappas småningom i skänkskopor.
4:o) Konvertern kan sättas i och ur drift utan stor påeldningskostnad,
5:o) man kan i densamma få även mjukaste stål absolut tätt och tappvarmt även med små kisel- och manganhalter. Unckenbolt, Zenzes m. fl. ha påvisat att belgiskt lillbessemergods kan i Tyskland med vinst säljas billigare än tyskt martinsmågods.**

E. Martinmetoderna.

(Siemen-Martin-Stahlverfahren, Siemen (Martin) process, procédé (Siemen)-Martin, Martenowsskomu proiswodstwu, processo (Siemen)-Martin, procedimiento (Siemen)-Martin).

a. Ugnar och apparater.

1:o. Martinugnarna. Dessa, som borde efter sin uppfinnare kallas siemens likaväl, som processen bör kallas martins efter dess uppfinnare, delas i två huvudslag:

Ugnar med fastliggande härd och
ugnar » rörlig » .

Vartdera av dessa två huvudslag kan sedan (efter professor M. A.

* S. u. E. 1906 sid. 110.
** S. u. E. 1906 sid. 105.

Pavloffs* sätt) indelas efter regeneratorkamrarnas anordnande i 5 undergrupper (se pl. LXXX, fig. I—V).

Grupp I. Med regeneratorerna placerade i rad under ugnen och med härden vilande å dem,

Grupp II. Med regeneratorerna placerade i rad under ugnen och med härden vilande å särskilt fundament,

Grupp III. Med regeneratorerna placerade två under ugnen och två framför och med härden vilande å de förra,

Grupp IV. Med alla fyra regeneratorerna placerade i rad framför ugnen och

Grupp V. Med alla fyra regeneratorerna placerade i två grupper framför ugnen och konstruerade liggande.

α. Ugnens beräknande. Härvid utgår man från den önskade stålkvantiteten efter bestämmande av, huruvida ugnen skall byggas för den sura eller den basiska processen. Avser man att arbeta med något fosforhaltiga råmaterial är det en självklar sak, att man bygger basisk ugn, men även vid förarbetande av idel fosforrena sådana föredraga många här i Sverige de basiska ugnarna, och komma vi (såsom är att hoppas) att övergå till mer uteslutande tackjärnmalmprocess måste de därför avsedda ugnarna förses med basisk infodring. Endast vid gjutgodstillverkning och för hårdare kvalitétstålsorter infodras i regel ugnarna ännu »surt».

Första frågan blir, sedan årsproduktionen och ugnslaget bestämts, huru chargesammansättningen skall göras och är då bäst att utgå från den tillgängliga skromängden, varvid allt tackjärnsskro sammanräknas med tackjärnet. Man anser, att 3 delar smidesjärnsskro färskar, utan malmtillsats, 1 del tackjärn, om ugnen är sur, är den basisk, så färskar 1 del sådant skro sin lika vikt tackjärn (vid svarvspån och trådskro bli förhållandena andra). Såsom avbränna på detta skro och tillhörande tackjärn frånd rages 8 % vid sur och 6 % vid basisk ugn. Resten av årsstålbehovet skall tillverkas av tackjärn och malm, och behöver man då ej räkna med avbränna för denna del men öka det hela med 2 % för vid tappningarna fallande skro. Malmåtgången utfaller olika allt efter som den använda färskmalmen är rik eller fattig. Ju rikare ju bättre. Vid 65 %-ig malm är bäst för säkerhets skull räkna med att 15 % åtgår vid sur och 10 % vid basisk ugn av överskottstackjärnets vikt.** Kalkstenåtgången

* Prof. Pavloff har samlat huvud- och detaljritningar från en mängd europeiska och amerikanska nyare martinverksanläggningar och dels utgivit dessa i form av ett album: Album de Dessins concernant la fabrication de l'acier Martin par M. A. Pavloff. adr. Institute Polytechnique de S:t Petersbourg, dels på grund av dem gjort en beräkning: Die Abmessungen von Martinöfen nach Erfahrungswerten i Journal der Russischen Metallurgischen Gesellschaft 1910 N:o 4. Båda, utgörande det bästa i denna väg som utgivits, kunna erhållas direkt från författaren eller från Julius Springer, Berlin.

** Medelresultatet från 5 svenska basiska mindre martinugnar visar sedan man skilt tackjärnsskro från smidesskro. Åtgånget: Tackjärn 59,79 ton, Gjuteriskro 12,00 ton, Smidesskro 59,64 ton, Malm 1,28 ton, Kalksten 7,89 ton. Erhållet: Göten 120,42 ton, Skro 2,04 ton, Avbränna 6,97 ton.

belöper sig i medeltal vid svenska basiska martinverk till 5,0 % av järninsatsens vikt (se tab. LXXXI, sid. 553), men har man att bearbeta mycket fosforhaltiga material får man förstås göra som i utlandet och räkna med större kalkstenspåsättning eller ända upp till 12 % vid thomastackjärn, gjuteriskro och mycket sandigt skro. Av avlagningsmateriel åtgår per ton skrotade göten: vid sur ugn c:a 70 kg kvarts och $3^1/_3$ kg eldfast lera och vid basisk ugn c:a 35 kg bränd dolomit.

Härpå följer badvolymens beräknande. Det nysmälta järnbadets eg. vikt är ungefär 7,0, men med denna vikt får man ej räkna, ty eg. vikten blir betydligt mindre, blott badet kommer i kok, ty då komma de bildade koloxidbubblorna att intaga ett avsevärt rum. Jag har emellertid tyckt mig finna, att man kan räkna med en volymvikt i stilla kokande, ej pösande bad av 6 kg per dm^3 för stålet. Likaså är det med slaggen. Kall har den en volymvikt = c:a 4 men i lugnt kok åter sur = c:a 3 kg, basisk = c:a 2 kg per dm^3. Slagglagrets volym i dm^3 blir vid den sura ugnen = avlagningsmaterialets vikt + vikten av Fe_3O_4 bildad av oxiderat järn + färskmalmens vikt : 3.

Slagglagrets volym i dm^3 blir däremot vid den basiska ugnen = avlagningsmaterialets vikt + CaO-vikten av den insatta kalkstenen + färskmalmens vikt + vikten av Fe_3O_4 bildad av oxiderat järn : 2. Badvolymen blir så förstås lika med stålbadets volym + slagglagrets volym.

Stålbadets area får man av dess volym : dess medeldjup. Att »teoretiskt» beräkna de rätta dimensionerna på ett martinbad faller ingen konstruktör in, utan stöder man denna beräkning helt och hållet på praktisk erfarenhet om de bästa förhållandena. Vi hava då funnit, att det lämpligaste största baddjupet — räknat mellan insättningsluckornas tröskelnivå och botten vid utslagshålet — bör vara 0,5 m vid ugnar för götberedning, medan det kan tagas 0,6 m vid ugnar avsedda för stålgjutgods och 0,7 m eller än mera vid dylika till aduceringsgods. Från utslagshålet ger man botten lutning uppåt åt alla håll, så att den vid mittluckan ligger 0,3 m under tröskeln och i sin helhet får ett medeldjup av 0,35 à 0,25 m. Vill man undantagsvis begagna ugnen för större charger, så får man sedan naturligtvis vid ugnsbyggnaden uppflytta lucktrösklarna motsvarande. Badvolymen i m^3 : 0,35 à 0,25 = badarean.

Ugnsrummets bredd vill man ogärna taga över 3 m, emedan avlagningarna försvåras i bredare ugnar genom att redskap, krokar, spett och spadar hastigare krokna i värmen. Vid ugnar över 30 tons charger måste man dock öka ugnsrumsbredden och därmed badbredden för att ej få alltför stor ugnsrumslängd. Ugnsrummets längd bör man återigen ej taga för kort och det ej ens vid små ugnar, ty då får gasen ej tid att fullständigt förbrinna i ugnsrummet och än mindre att slutbrinna på rätt ställe i detsamma. Man bör taga

Tabell LXXX. **Ur 9 sura martinverks årsrapporter, medelresultat för 1 vecka.**

Ugnens N:r	Antal charger per vecka	Åtgångna material								Erhållet stål				Av-bränna
		Träkol hl	Stenkol hl	Torv hl	Stubbved o. pinnar hl	Tackjärn ton	Ferrole-geringar ton	Skrojärn ton	Malm ton	Göten ton	Skro ton	Göten %	Skro %	%
1 och 2	[1] 28	82,9	888,8	—	3271,4	245,8	1,1	65,2	32,0	295,8	—	94,8	—	[2] 5,2
3	16	67,8	250,0	214,4	429,4	73,4	1,1	19,4	4,7	86,0	1,0	91,6	1,1	7,3
4	16	—	466,0	206,0	127,0	47,2	1,2	65,3	5,5	111,5	1,2	98,1	1,0	0,9
5	17	—	—	—	2820,0	42,8	0,5	67,4	—	103,9	—	93,8	—	[2] 6,2
6	14	—	—	—	7200,0	147,0	2,2	56,0	13,6	192,5	4,3	93,8	2,1	4,1
7	14	—	—	—	[3] 5720,0	130,0	1,3	77,5	19,7	198,3	3,0	95,0	1,4	3,6
8	15	—	360,0	—	—	46,2	0,4	43,8	4,6	75,8	[4] 10,8	83,9	11,9	4,2
9	18	108	—	—	4085,0	131,4	2,2	117,8	7,6	213,0	[4] 25,7	84,7	10,2	5,1
10	17	85	723,7	—	—	118,0	2,0	72,3	18,7	188,9	1,0	98,2	0,5	1,3
11	15	75	675,0	—	[5] 104,0	123,0	1,9	106,6	18,4	224,2	2,1	96,8	0,9	2,3
Medeltal	15 1/2	38,1	[6] 305,8	38,2	2159,7	100,4	1,3	62,9	11,3	153,6	4,5	93,3	2,7	4,0

[1]) Samtliga siffror för båda tillsammans. [2]) Fallande skro insättes nästa charge utan vägning. [3]) + Masugnsgas. [4]) Sjunkhuvuden + skro. [5]) När en annan vecka strax därpå gjordes lika många charger och lika mycket stål men inga pinnar användes, så åtgick i stället 819 hl stenkol. [6]) Stenkolens hl-vikt räknad till 80 kg, såsom vid ett av våra största bruk göres, torde dock vara något för hög vikt.

Tabell LXXXI. **Ur 10 basiska martinverks årsrapporter, medelresultat för 1 vecka.**

Ugnens N:r	Charger per vecka	Åtgångna materialer									Erhållet stål				Avbränna
		Bränsle			Tackjärn	Ferrolegeringar	Skrojärn	Malm	Kalksten	Bränd dolomit	i ton		i %		
		Träkol hl	Pinnar o. stubbar hl	Stenkol ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	Göten	Skro	Göten	Skro	%
1	16	—	—	60,0	88,4	0,8	135,8	3,2	12,6	8,4	215,4	3,8	95,7	1,7	2,6
2	16	—	—	51,2	94,7	0,8	104,1	3,7	11,0	5,2	188,9	0,2	94,6	0,1	5,3
3	16	—	—	52,7	69,0	1,3	153,8	1,7	9,9	7,0	210,6	5,2	94,0	2,3	3,7
4	14	84	—	33,9	59,8	0,7	71,2	0,9	7,8	?	116,3	5,6	88,3	4,3	7,4
5	16	80	196	48,1	128,0	1,6	122,2	4,6	5,4	6,5	236,6	2,2	94,0	0,9	5,1
6	22	89	212	44,1	135,6	0,8	101,0	4,8	6,9	7,8	222,1	4,2	93,5	1,8	4,7
7	15	—	4398	—	156,0	1,8	159,2	4,9	14,2	?	[1] 306,8	—	[1] 96,8	—	3,2
8	18	—	—	59,4	86,4	0,6	179,5	0,6	14,4	?	243,6	7,0	91,4	2,6	6,0
9	16	81	—	66,3	119,1	2,3	142,9	[2] 10,5	16,9	8,3	250,8	2,9	94,9	1,1	4,0
10	17	83	—	65,7	113,6	2,4	137,0	[2] 10,0	16,0	8,5	236,6	4,2	93,5	1,7	4,8
11	13	—	—	42,3	110,5	1,2	81,5	7,7	7,7	8,1	183,5	4,1	95,0	2,1	2,9
12	15	—	—	39,3	97,5	0,8	82,5	10,0	7,0	6,9	171,8	4,7	95,0	2,6	2,4
13	14	—	—	—	96,0	1,3	72,5	8,7	11,6	7,0	161,1	3,4	94,9	2,0	3,1
[6] 14	18	—	—	[5] 40,2	99,0	1,3	75,6	2,7	6,9	7,6	162,2	[3] 15,5	92,2	8,8	[4] — 1,0
Medeltal	15,4	29,8	343,3	41,6	103,8	1,3	[7] 115,6	5,3	10,6	7,4	207,6	4,5	94,1	2,0	3,9

[1]) Sjunkhuvudena ej avslagna. [2]) Malm + slagg. [3]) Sjunkhuvuden inräknade i skroet. [4]) Enl. uppgift erhålles mera järn utreducerat ur malmen än som avbrännes. [5]) Masugnsgas till hjälp. Utan den blir stenkolsåtgången 1/3 högre, d. v. s. 53,6 ton för veckan. [6]) Av dessa ugnar hade N:r 7 gått 280 arbetsdygn, N:r 9 — 309, N:r 10 — 253, N:r 14 — 276 innan de behövde på nytt repareras. Således i medeltal 280 = 46 2/3 vecka. [7]) Därav 32,4 tons gjutskro.

ugnsrummets längd sådan, att lågan räcker fram med sin spets slutande på c:a $^5/_7$ av längden i ugnsrummet, vilket, om ugnen har tre luckor å framsidan, svarar emot att, då gasen inkommer t. ex. från vänster gavel, skall lågans spets sluta ungefär mitt emellan mittluckan och höger sidolucka. Räcker lågan längre fram, blir det för hett åt motstående gavel och dess kanaler, räcker den kortare, vill smältvärmen hålla sig för låg vid eldbryggorna. Huru lång lågan blir beror dock till god del på, huru gas och luft inledas i ugnsrummet. Vid galleri (se längre ned) bli de väl blandade och förbränningen snabb, varför sådant ugnsrum kan tagas kortare, än där luften inledes i ett övre lager och gasen genom ett par, under luftspringan placerade gluggar. De svenska martinugnarna hava i regel numera för korta ugnsrum, ty flertalet av dem drivas med större charger och med större gaspådrag, än de ursprungligen konstruerades för och ha dock ej erhållit ökad badlängd. En på ett utmärkt tillfredsställande sätt arbetande basisk 18-tons martinugn försedd med sistnämnda gasinledningssätt har 7 m ugnsrumslängd och 2,75 m bredd i ugnsrummet. Försedd med galleriinledning kunde den tagits med 6,4 m längd × 3 m bredd i ugnsrummet. Medelvärdet å förefintlig badvolym, räknad per ton insatt järn, ställer sig vid 8 stycken på senare tid nybyggda eller förstorade basiska svenska martinugnar till 0,24 m^3, men vackla mellan 0,15 upp till 0,31 m^3, vilket visar, att man nog har de mindre ugnarna överfulla och de största tilltagna för att undantagsvis lämna större gjutningar. Så är det ock med den av mig ovan omnämnda 18-tons ugnen, som allt ibland måste smälta charger för 25 tons tunga axelgöten. Vid normal gång d. v. s. 18 tons charger har den ett medelbaddjup = 0,32 m, vid 25 tons chargerna åter = 0,44 (obs! badlängden ökas vid höjd badyta).

Beräknar man för de i tabellerna LXXX och LXXXI uträknade medelvärdena motsvarande badvolymer enligt ovan anförda regler får man dem att per 1 ton insatt järn utgöra i m^3 för:

	tackjärnet	skroet	avbrännan	malmen	kalken	ugnsfodert	S:a m^3
vid charge i de sura ugnarna	0 103	0,064	0 009	0,023	—	0,023	0,222
vid charge i de basiska ugnarna . .	0,079	0,088	0,015	0,012	0,014	0,017	0,225

Ugnsrummets längd tages vid medelstora och stora ugnar c:a 1,5 à 2 m längre än badytans längd, så att gaserna hinna väl tända sig, innan de nå fram till badkanten. Detta kallas att skaffa sig tämligen långa eldbryggor.

M. A. Pavloff har* på grund av de martinugnsritningar, han samlat från olika länder, dragit tillsammans en tabell med medel-

* Se S. u. E. 1911 sid. 1184.

Tabell LXXXII. **Martinugnsrumsmått.**

Chargevikten (järninsatsens) ton	Badets				Ugnsrummets	
	volym i m^3	medeldjup i m	längd i m	bredd i m	längd i m	bredd i m
6	1,44	0,20	3,30	2,20	4,80	2,45
8	1,92	0,22	3,85	2 25	5,35	2,50
10	2,40	0,24	4,35	2,30	5,85	2,55
12	2,88	0,26	4,70	2,35	6,30	2,60
14	3,36	0,28	5,00	2,40	6,50	2,65
16	3,84	0,30	5,25	2,45	6,75	2,70
18	4,32	0,32	5,40	2,50	6,90	2,75
20	4,80	0,34	5,60	2,55	7,10	2,80
25	6,00	0,36	6,15	2,70	7,65	2,95
30	7,20	0,38	6,65	2,85	8,15	3,10
35	8,40	0,40	7,00	3,00	8,50	3,25
40	9,60	0,42	7,25	3,15	8,75	3,40
45	10,80	0,44	7,45	3,30	8,95	3,55
50	12,00	0,46	7,55	3,45	9,05	3,70

siffror å ugnsrumsmått lämpliga för olika stora stålcharger, vilken tabell såtillvida har värde, att den visar, huru tillståndet för tillfället är, men rådgivande — då det gäller de lämpligaste dimensionerna vid nybyggnader — är den ej. Jag har därför, grundande mina beräkningar på ovanstående och på normala svenska martinchargers sammansättning, uträknat en annan tabell (LXXXII), vari synes de måttförhållanden jag anser tillrådliga att hos oss användas. Vid ugnar arbetande med endast sekunda materialer, eller om de skulle avses för de nya metoderna med malm — kalksten — smält tackjärn, måste de förstås omräknas (förstoras).

Ugnsrummets höjd över badnivån invid blocken bestämmes till god del av det sätt, varpå man i ugnsrummet inleder gas och luft, men bör dess valv även vid foten, närmast gavlarna alltid läggas något högre än inloppens överkant, på det att detsamma dels må skyddas mot gasströmmarnas nötning, dels mot lågans största hetta. Man kan ej vid bestämmande av ugnsrummets fria mitthöjd, d. v. s. från badytans mittpunkt till valvet taga denna i proportion till chargestorlek, utan bör i stället fria ugnsrummets volym beräknas efter bränsleåtgången, som per ton charge räknat är störst för de minsta och minst för de största ugnarna. En god svensk 18-tons ugn går med en bränsleåtgång av 18 %, en d:o 6-tons med 33 %, en 50-tons bör kunna gå med 15 % av götenas vikt (basiska ugnar), och ehuru vi hittills nog i allmänhet litet efter tycke och smak bestämt ugnsrummets mitthöjd, så har åtminstone jag tyckt mig finna, att de ugnar gått bäst samt fått de biståndigaste valven, dem man i ugnens mittpunkt givit en höjd av 1,75 m från botten till valv = 1,43 m fri höjd

vid chargestorlekar omkring 15 ton. Går jag ut från de bränslebehov, jag funnit behövliga vid energiskt drivna svenska basiska martinugnar samt med hjälp av mina siffror i tabell LXXXII söker beräkna sannolikt bästa fria ugnsrumshöjden i badets mitt, så får jag ett ganska konstant tal för denna vid mindre ugnar och något växande vid högre; vilket framgår av tabell LXXXIII. Jag har därvid utgått från min 18-tons ugn, som vid full gång för varje levererad ton stål har en stenkolsåtgång av 180 kg och mot varje för chargen förbrukad ton kol har en fri ugnsrumsvolym = 8,37 m^3, vilket mått jag för sådana ugnar finner praktiskt.

Som redan påpekats har jag här räknat ut efter ungefärliga stenkolsåtgången, vad ugnsrummets fria medelhöjd bör bliva, därav dess något vacklande siffror, efter vilka sen i uppsnyggad serie passats ugnsrummets fria mittelhöjd.

Tabell LXXXIII. Ugnsrumsdimensioner.

Ugnens chargevikt ton	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
Stenkolsåtgång i %	33,0	29,8	25,5	22,5	20,5	18,7	18,0	17,7	17,0	16,4	15,9	15,5	15,2	15,0
» per charge ton	1,98	2,84	2,55	2,69	2,84	2,97	3,24	3,54	4,38	4,92	5,57	6,20	6,84	7,50
Fri ugnsvolym per ton kol m^3	8,37													
Ugnsrummets fria volym m^3	16,57	19,59	21,34	22,52	23,77	24,86	26,42	29,63	36,66	41,18	46,62	51,89	57,25	62,68
» » bredd m	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,95	3,10	3,25	3,40	3,35	3,70
» » längd »	4,80	5,85	5,85	6,30	6,50	6,75	6,90	7,10	7,65	8,15	8,50	8,75	8,95	9,05
» » medelhöjd m	1,42	1,46	1,43	1,38	1,37	1,36	1,43	1,49	1,62	1,63	1,68	1,70	1,80	1,87
Ungefärlig fri mittelhöjd m	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,68	1,69	1,75	1,81	1,87	1,93	1,99	2,05

Gasgluggarna: Gaserna kunna inledas på många olika sätt i ugnsrummet:

a_1: med två bredare luftgluggar över och två högre men smalare gasgluggar under dessa, i vardera gaveln, se pl. LXXX fig. III,

a_2: med en bred springa för luften över och två (eller tre) gasgluggar under,

a_3: med tre luftgluggar över och två under dessas skiljepelare placerade gasgluggar. Mittersta luftgluggen då med något större bredd och höjd än sidogluggarna,

a_4: med en luftglugg över, och en gasglugg under,

a_5: med en gasglugg och en luftglugg jämsides,

a_6: med luften nedkommande genom ett eller tvenne hål i valvet och med gasen inkommande genom tvenne eller ett hål i vardera gaveln, se pl. LXXXI,

a_7: med galleriinledning, då gas och luft inkomma i jämhöjd med varandra, luften genom trenne, gasen tvenne gluggar, se pl. LXXXII.

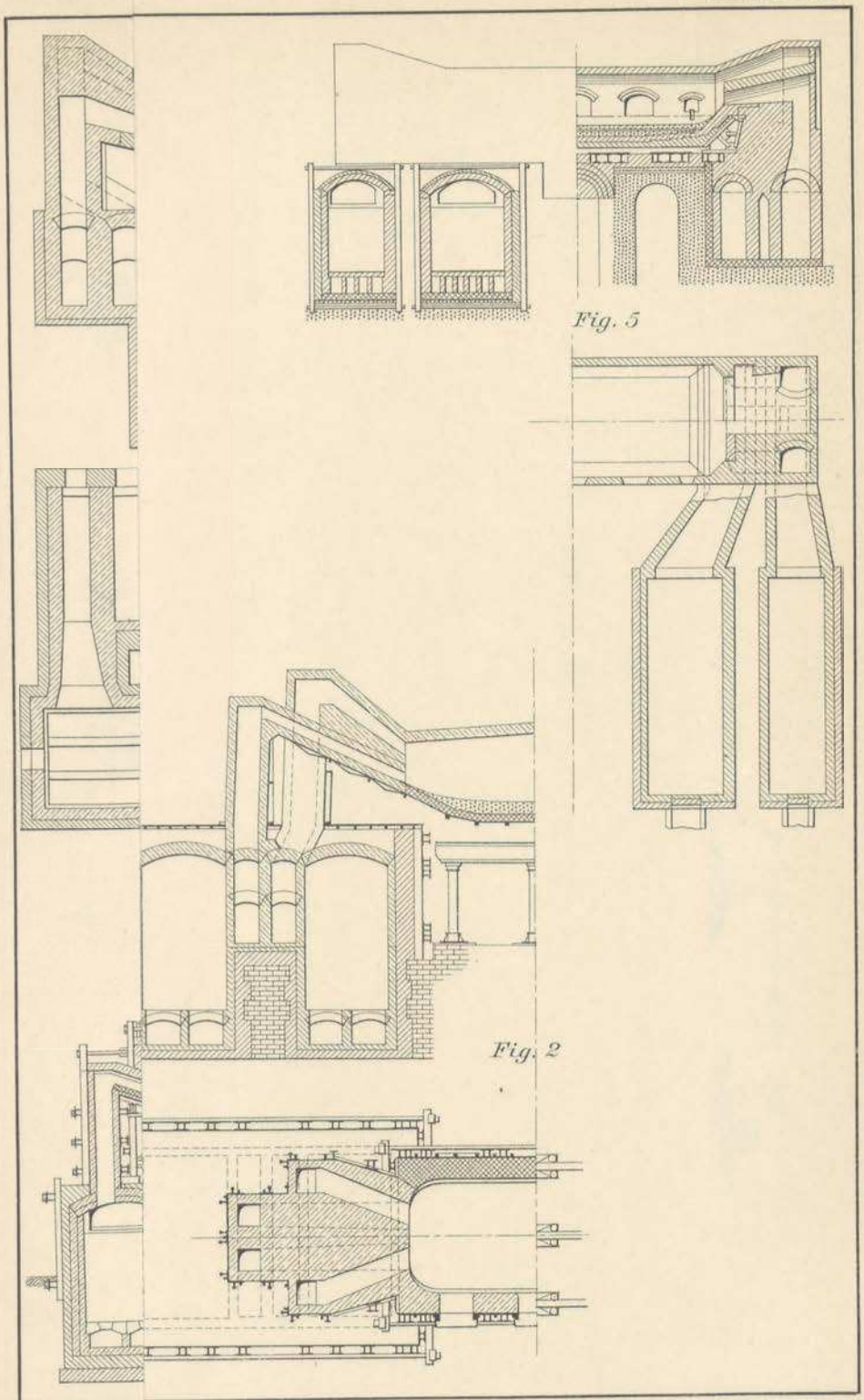


Fig. 5

Fig. 2

Grav. av Emil Sac

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

vid chargestorlekar omkring 15 ton. Går jag ut från de bränslebehov, jag funnit behövliga vid energiskt drivna svenska basiska martinugnar samt med hjälp av mina siffror i tabell LXXXII söker beräkna sannolikt bästa fria ugnsrumshöjden i badets mitt, så får jag ett ganska konstant tal för denna vid mindre ugnar och något växande vid högre; vilket framgår av tabell LXXXIII. Jag har därvid utgått från min 18-tons ugn, som vid full gång för varje levererad ton stål har en stenkolsåtgång av 180 kg och mot varje för chargen förbrukad ton kol har en fri ugnsrumsvolym = 8,37 m³, vilket mått jag för sådana ugnar finner praktiskt.

Som redan påpekats har jag här räknat ut efter ungefärliga stenkolsåtgången, vad ugnsrummets fria medelhöjd bör bliva, därav dess något vacklande siffror, efter vilka sen i uppsnyggad serie passats ugnsrummets fria mittelhöjd.

Tabell LXXXIII. Ugnsrumsdimensioner.

Ugnens chargevikt ton	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50
Stenkolsåtgång i %	33,0	29,3	25,5	22,5	20,5	18,7	18,0	17,7	17,0	16,4	15,9	15,5	15,2	15,0
» per charge ton	1,98	2,34	2,55	2,69	2,84	2,97	3,24	3,54	4,38	4,92	5,57	6,20	6,84	7,50
Fri ugnsvolym per ton kol m³	8,37													
Ugnsrummets fria volym m³	16,57	19,59	21,34	22,52	23,77	24,86	26,42	29,63	36,66	41,18	46,62	51,89	57,25	62,68
» » bredd m	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,95	3,10	3,25	3,40	3,35	3,70
» » längd »	4,80	5,35	5,85	6,30	6,50	6,75	6,90	7,10	7,65	8,15	8,50	8,75	8,95	9,05
» » medelhöjd m	1,42	1,46	1,43	1,38	1,37	1,36	1,43	1,49	1,62	1,63	1,68	1,70	1,80	1,87
Ungefärlig fri mittelhöjd m	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,68	1,69	1,75	1,81	1,87	1,93	1,99	2,05

Gasgluggarna: Gaserna kunna inledas på många olika sätt i ugnsrummet:

a_1: med två bredare luftgluggar över och två högre men smalare gasgluggar under dessa, i vardera gaveln, se pl. LXXX fig. III,

a_2: med en bred springa för luften över och två (eller tre) gasgluggar under,

a_3: med tre luftgluggar över och två under dessas skiljepelare placerade gasgluggar. Mittersta luftgluggen då med något större bredd och höjd än sidogluggarna,

a_4: med en luftglugg över, och en gasglugg under,

a_5: med en gasglugg och en luftglugg jämsides,

a_6: med luften nedkommande genom ett eller tvenne hål i valvet och med gasen inkommande genom tvenne eller ett hål i vardera gaveln, se pl. LXXXI,

a_7: med galleriinledning, då gas och luft inkomma i jämhöjd med varandra, luften genom trenne, gasen tvenne gluggar, se pl. LXXXII.

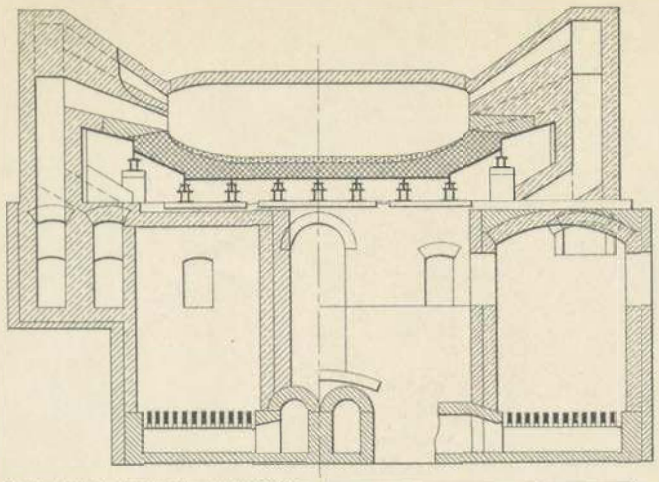


Fig. 3

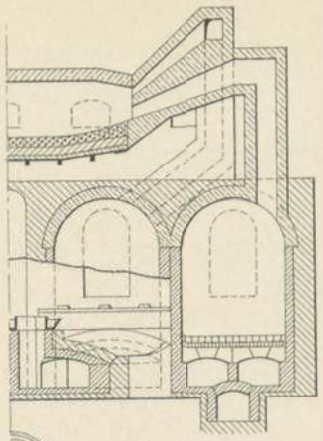
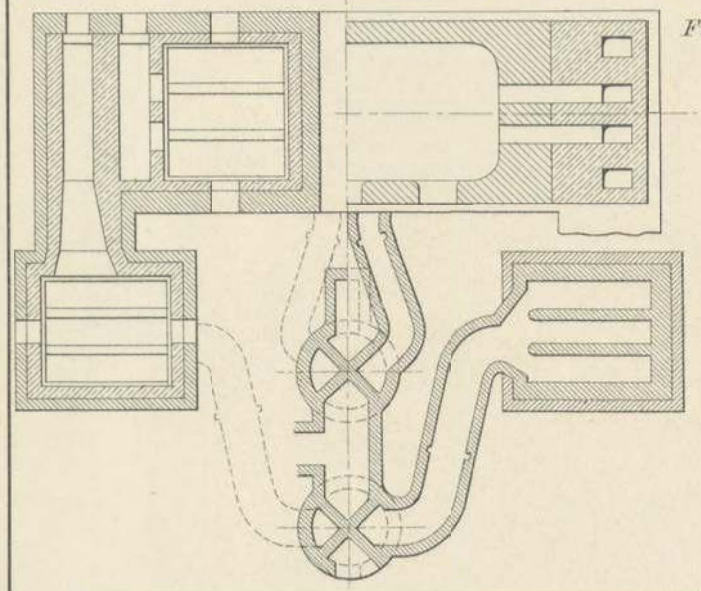
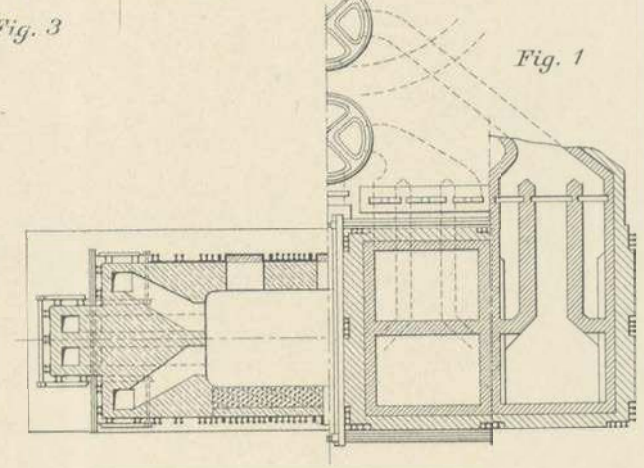


Fig. 1





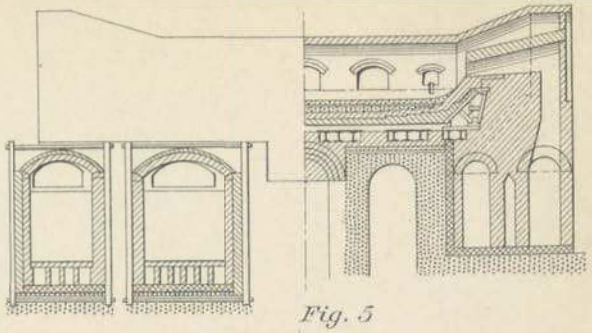
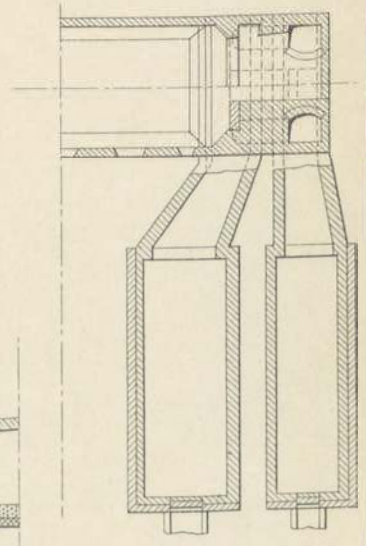


Fig. 5



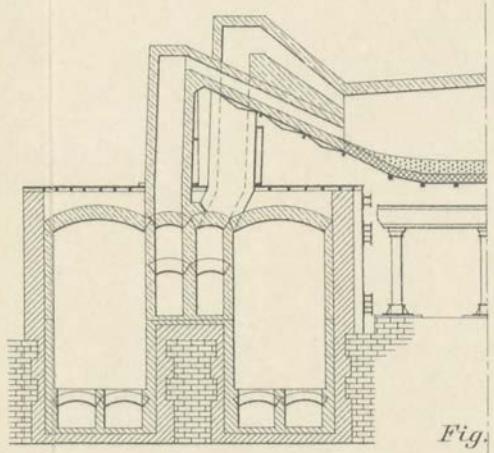
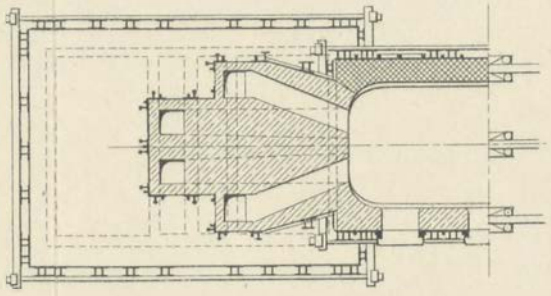


Fig. 2



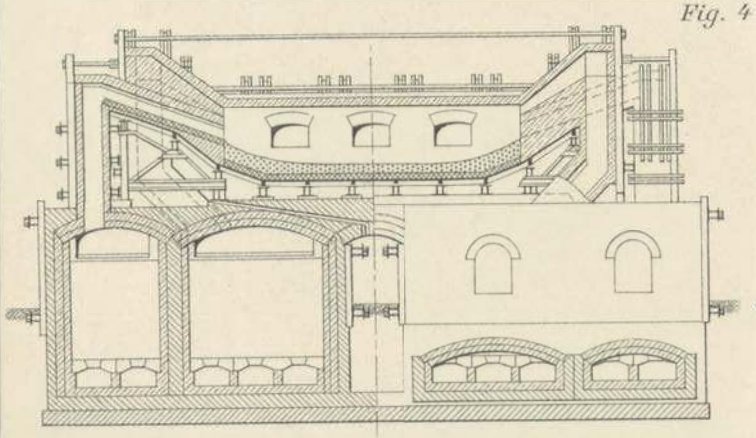
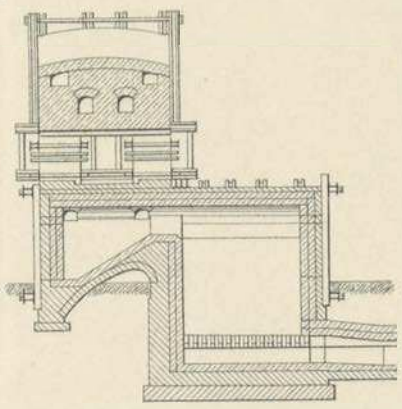


Fig. 4



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Grav. av Emil Sachse

Fig. 1

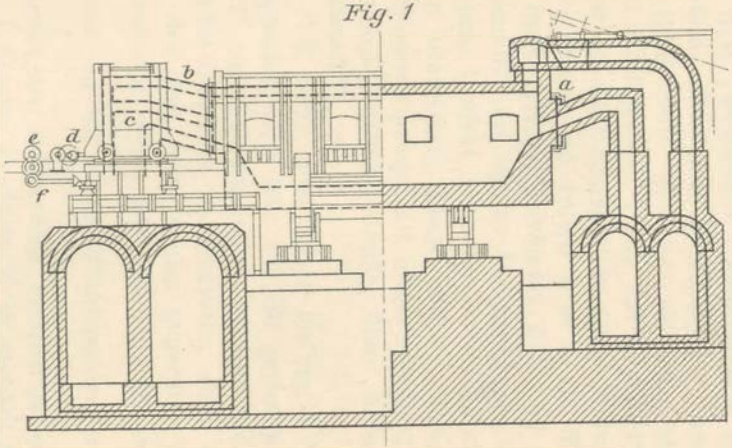


Fig. 2

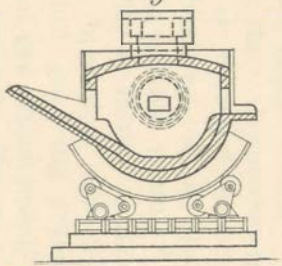
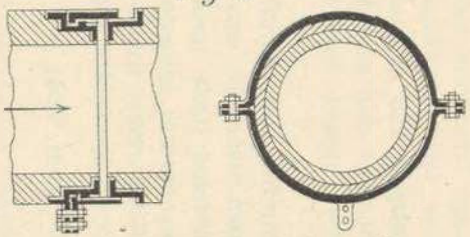


Fig. 3



Centrering för gasinloppet i a

b Vattenkyld ring
c Tunga mellan gas- och luftinströmningen
d Frändragningsanordning
e Sidorörelse- d:o
f Upplyftnings- d:o

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

a_8: med gas och luft inkommande genom gemensam öppning efter redan i blocken försiggången förening och gluggen antingen rund (= blåsrörslåga) eller springformad (= skärmlåga),

m. fl. sätt!

Av dessa olika sätt tyckes a_1 utomlands vara mest använt. a_2 börjar bortläggas, emedan luftspringornas valv vilja svälla och höja sig olika, då — isynnerhet där man suger in luften genom skorstensdraget och ej använder bläster, lufttillförseln blir varierande vid ventilomkastningarna. a_3 är likaledes där man »går med drag» mindre omtyckt, emedan gasen då lätt slår upp mellan blästerströmmarna och går illa åt valvet. a_4 ger det bästa valvskyddet, men lågan blir alltför lång, brinnande ned genom motstående block, ja t. o. m. så att en del luft går i väg genom motstående luftglugg och luftregenator och en del gas genom motstående gasglugg och gasgenerator utan att träffas och förbrinna förr än i skorstenskanalen, representerande höjden av bränsleslöseri. a_5 är alldeles bortlagt, ty framvägg och därpå vilande valvfot smälte medan temp. vid bakväggen höll sig alldeles för låg. a_6 äro två redan för c:a 30 år sedan av Riley försökta inledningssätt, på nytt patenterade i kombination med utväxlingsbara block och så använda först vid Königshytte* samt därifrån mycket lovordade av F. Bernhardt. a_7 bästa sättet för att få fullständig förbränning och med möjlighet att i alla fall få valvet skyddat mot sticklåga, blott man lagar att skorstensspjällen alltid regleras så, att gasen i ugnen inkommer kallare än luften i st. f. att förhållandet vanligen är tvärtom. a_8 med springa användes ännu på sina ställen, men genom att vid detsamma en del av förbränningen sker före inloppet i ugnsrummet förloras i effekt och fås lättsmältande blockändar. Det senare har man utomlands, bland annat i Förenta Staterna och Ryssland, sökt förekomma genom att under blockvalven placera hela system av kylvattenrör, vilket förstås ökar bränsleförlusten genom bortledning kolossalt.**

Vill man göra klart för sig, i vilket förhållande luftinloppsöppningarnas area bör stå till gasinloppens area, så måste man känna såväl sammansättningen på det bränsle, som skall komma att användas i ugnens gasgenerator, som den antagliga sammansättningen på den gas, som denna generator kommer att leverera till martinugnen och sedan med hjälp av gasernas spec. vikter och spec. värmen räkna sig till volymförhållandena av $\frac{\text{gas}}{\text{luft}}$ vid 1500° temp., vilket är ungefär den temperatur, varmed gas och luft inströmma i ugnsrummet.

I Sverige använda vi av stenkol allmännast Best South Yorkshire. Medelvärdena av de analyser A. Wahlberg offentliggjort om denna kolsort synas här nedan. Vi använda oss ock av stubbar och pinnar

* S. u. E. 1911 sid. 1117.

** J. K. A. B. 1905 sid. 317, d:o 1906 pl. IV.

samt torv och har jag från två bruk här nedan ävenledes antecknat generalprovsanalyser för dessa bränslen samt gasanalyser å tre goda gaser från trenne andra bruk, en å stenkolsgas, en å vedgas och en å torvgas.

Analyser å bränslen:

	Best South Yorkshire kol	Stubbar och pinnar	Kranad torv
C	78,3	39,1	39,4
H	4,7	5,2	4,0
O	8,8	29,4	24,7
N	1,5	0,1	0,6
S	1,2	—	—
H_2O	1,8	25,4	27,4
Aska	3,7	0,8	3,9

Analyser å torra generatorgaser, vikt %:

	Stenkolsgas	Stubb- o. pinngas	Torvgas
N	62,1	53,7	55,5
CO_2	3,6	9,4	10,7
CO	30,1	32,9	30,4
H	0,6	0,6	0,3
CH_4	3,1	2,6	2,4
C_2H_4	0,5	0,8	0,7
Därav C	16,6	20,6	18,3

Går man så ut från kolhalterna i bränslen och gaser får man av 1 kg bränsle respektive torr:

	Stenkolsgas	Stubb-pinngas	Torvgas
kg	4,79*	2,03	2,08
eller av fuktig gas, kg	4,91	2,69	2,62
Med för sin förbränning i behov av torr luft, kg	7,48	3,23	2,95
Eller av luft med vanlig fuktighetshalt och i 10 % överskott kg	8,31	3,58	3,28
Förhållandet $\frac{\text{kg gas}}{\text{kg luft}} =$	$\frac{1}{1,69}$	$\frac{1}{1,33}$	$\frac{1}{1,25}$

Uträknar man så de fuktiga gasernas volymanalyser samt med hjälp av dem deras egentliga värme** får man

Analyserna i vol. %:

	Stenkolsgasen	Vedgasen	Torvgasen
N	53,99	34,22	38,59
CO_2	1,99	3,81	4,72
CO	28,20	21,05	21,23

* Svavelsyrligheten inräknad.

** Författaren har härvid begagnat de värden som i Fehlands Ingenieurkalender angivas för spec. vikt och spec. värme för de enkla gaserna.

	Stenkolsgasen	Vedgasen	Torvgasen
H	7,31	5,36	3,89
CH_4	4,61	2 88	2,90
C_2H_4	0,43	0,51	0,49
H_2O	3,39	32,17	28,18
Gasens eg. värme 0°—1500° (pr m^3)	0,3236	0,3509	0,3464
Luftens » » 0°—1500° (pr m^3)	0,3145		
Förhållandet $\frac{m^3 \text{ gas}}{m^3 \text{ luft}}$ vid 1500°*	$\frac{1}{1,43}$	$\frac{1}{0,82}$	$\frac{1}{0,84}$
Förhållandet mellan gasens behov av värme och luftens d:o	$\frac{1}{1,39}$	$\frac{1}{0,74}$	$\frac{1}{0,76}$

Av detta se vi, att om ugnen ständigt skall gå med stenkolsgas bör luftinloppens area tagas c:a 1,4 gånger större än gasinloppens, men om åter ugnen skall gå med torv- eller vedgas endast c:a 0,8 av de senare. Kommer man att använda blandat bränsle böra de vara ungefär lika stora och så skadar ej att ha dem, vad bränsle man än använder, blott man går med bläster i st. f. med drag och har särskilda skorstensspjäll för gas- och luftregeneratorerna.

Vad sammanlagda inloppsarean angår, så skulle densamma naturligtvis bliva högst betydligt större vid de fattigare och vattenrikare gaserna av ved och torv, varav åtgår så mycket mera, än vid stenkolsgas, men vi hava just ej sett någon olägenhet av att övergå från en gassort till en annan utan ändring av gasinloppens area. Det vanliga måttet vi hålla är vid 15 à 18 tons ugnar 0,05 m^2 sammanlagd inloppsarea (per ton stål) vid vardera ugnsrumsgaveln. Vid mindre ugnar får man så öka, vid större minska med den ökade eller minskade bränsleåtgången i enlighet med siffrorna i tabell LXXXIII.

Blocken: Så kallas de å ömse sidor om ugnsrummet stående murmassiven, i vilka förbindelsekanalerna mellan ugnsrum och regeneratorer framgå. Till förekommande av för stor pressionsförlust och för att minska gasernas nötning mot murverket taga vi gas- och luftkanalerna c:a 12 % rymligare i blocken än inloppsöppningarna beräknats. För vida bör man ej taga dessa kanaler, ty gå gaserna för långsamt i dem, förlora de genom utstrålningen alldeles för mycket värme och bränsleåtgången ökas. Kanalerna gå att börja med i lutning uppåt från ugnsrummet samt sedan lodrätt ned genom blocken slutande i rymliga sotfickor.

Regeneratorerna: Om man eldar en martinugn med gas av enbart stenkol, så är dels denna gas c:a 700° varm då den lämnar generatorn och, om ledningen är kort mellan generator och ugn, avsevärt varm även då den inkommer i regenatorkammaren, dels åtgår, som vi av förestående utredning sett då 1,69 kg luft mot 1 kg gas, varför, om gas och luft skola inkomma i ugnen lika väl förvärmda,

* Under antagande att vattenångan vid denna temp. kan betraktas som permanent gas.

luftregeneratorerna måste givas betydande större tegelmassa än gasregeneratorerna. Vid t. ex. den utmärkta stenkolsgas som ovan räknats med skulle, om den inkomme 500° varm i regenatorkammaren, behövas blott hälften så stor tegelmassa i gas- som i luftkamrarna. Ju fattigare gasen blir, ju mera närma sig emellertid de två tegelbehoven varandras storlek, och när man så kommer till ved- och torvgaser, som ingå i ugnen föga varmare än luften, blir förhållandet omvänt, och gasen bör få större tegelmassa än luften eller ungefär som 1,2 : 1.* Man får således helt och hållet beräkna regeneratorernas tegelmassa efter gasslaget. Under de sista åren har ju regel varit, att våra martinugnar byggts för uteslutande stenkolsgas och mångenstädes blir så väl fortfarande förhållandet, men stenkolens ökade pris torde dock göra, att flera järnverk komma att återgå till våra egna bränslen — om ej uteslutande så väl dock till utdrygning av stenkolen. Våra unga konstruktörer få då lämpa sina konstruktionsberäkningar därvid efter varje särskilt fall. Att här i tabellform uppställa redogörelse för varje möjligen tänkbar bränsleblandning skulle taga för mycket ut rymme i anspråk och behöves ju ingalunda, då dylika beräkningar äro ytterst enkla att utföra, utan är nog att som standardsiffra anteckna, att vid medelstora ugnar — d. v. s. om 15 à 18 tons — en kompakt restegelmassa av 5 m^3 per ton stål kan anses lagom för alla regeneratorkamrarna tillsamman eller per regeneratorpar (1 luftregenator + 1 gasregenator) 2,5 m^3. Flera vetenskapsmän** hava försökt att på teoretisk väg beräkna rätta restegelvolymen, därvid utgående från den av gaserna alstrade värmemassan, teglets värmeabsorptionsförmåga och gasernas värmeabsorption genom ledning och strålning, men hava därmed gjort mera ont än gott, då deras beräkningar alltid resulterat i för små värden och ibland kommit folk att bygga efter dem, då ugnarna blivit bränsledyra.

Endast första dagen en ny ugn är i gång gälla för värmemeddelandena rent tegels koefficienter, ty dels börjar genast »sot» i ständigt tjockare lager avsätta sig, dels börja teglens inre massa ändra sig till allt mer växande porositet och av båda orsakerna minskad effektivite, dels minskas med ökad igensotning stundligen gasernas uppehållstid i kamrarna m. m. m. m. O. Friedrich har därför fullkomligt rätt, som säger,*** att »man, då det gäller kamrarnas kubikinnehåll, är helt hänvisad till erfarenhetsvärden om rymdbehovet per ton insats, och att man bör taga till detsamma rikligt». De värden han anför äro emellertid avsevärt mindre än våra, vilket finner sin förklaring i, att man i utlandet, där bränslet är billigare än hos oss, ej behöver så ängsligt bemöda sig om sparsamhet därmed.

* Vid masugnsgas ännu större förhållande.

** Från L. Rinman, vars beräkningsregler vi följde här i Sverige i början av 1870-talet till F. Mayer, S. u. E. 1908 sid. 756 o. F. Castek Ö. Z. f. B. u. H. 1911 häft. 1—3.

*** S. u. E. 1910 sid. 980.

Vad det fria mellanrummet i restegelstaplarna angår, bör detsamma rättas dels efter gasmassan som skall per tidsenhet uppvärmas, dels ock efter sotavsättningsförhållandena. Gaserna få ej för fort passera regeneratorerna, ty då hinna skorstensgaserna ej att avgiva nog med värme och generatorgas och luft ej att tillräckligt förvärmas. Ved- och torvgaser behöva större fritt utrymme i enl. med förestående siffror än stenkolsgasen. Egentligt sot avsätter sig visserligen i gasgeneratorerna under tiden gasen passerar dem men brinner vid omkastningen åter upp, så att det vi kalla sot är egentligen bestående av slaggstänk och förbrända järngnistor samt medrökt stoftfin avlagningsmassa från ugnsrummet jämte i gaskamrarna något litet från generatorn härrörande aska. Ju lägre ugnsrumsvalv, ju mindre sotsäckar, ju häftigare kokande eller pösande beskickning, ju mulligare färskmalm, ju större finskroprocent som försmältes och ju starkare skorstensdrag, ju värre bliva sotavsättningarna i kamrarna, och ju vidare böra restegelmellanrummen tagas. Vid 15—18-tons ugnar, gott grovt skro, ordinär styckemalm och stenkolsgas räcker det — om sotsäckarna tagits tillräckligt stora — att taga tegelmellanrummen lika med tegeltjockleken. Som gaserna emellertid böra ha rum att breda ut sig över tegelstapeln måste ett fritt rum finnas över densamma och blir det vid nu nämnda förhållanden lagom, om fria kammarrymden förhåller sig till kompakta tegelrymden som 3 : 2,5.

Kamrarnas dimensioners inbördes förhållande är ingalunda likgiltigt. Som regel kan sägas, att ju högre regeneratorer ju bättre, åtminstone där man har bra bläster och bra skorsten eller exhaustor. Liggande regeneratorer böra under inga omständigheter användas och ej heller dubbla kammare (se pl. LXXXII), dem vi förut stundom använt oss av vid vattensjuk grund, ty nu kan man medelst betong med blyfolieinlägg få fullt vattentäta grundkistor, så att t. ex. den av mig förut omnämnda 18-tons ugnen utan olägenhet byggts utanför förutvarande havsstrand. Placeras kamrarna under ugnen, få de vanligen samma inre bredd som ugnsrummet eller föga större, medan måttet i ugnens längdriktning för de mittre kan tagas så, att inget fritt mellanrum uppstår mera än en tätningsspricka. Bli de då för låga, så lämnar man mellanrum, men fyller det med tillstampad lerstenmassa för minskande av utstrålningen och till väggarnas stagande. Av samma skäl är det bättre, ju större del av kamrarnas höjd, som kommer ned i värmeskyddande jordlager.

Kanalerna mellan regenatorkamrarna och växelventilerna samt skorstenskanalerna böra göras rymliga, dels för att de skola bliva lättsotade, dels emedan pressionsförlusterna därigenom bli mindre. Trängre än att en pojke kan vid sotning krypa fram genom dem böra de ej vara och för medelstora ugnar passa för de förra dimensionerna 1 m h × 0,9 m b och för de senare 0,9 m h × 0,75 m b. Man bör däremot taga de förstnämnda kanalerna möjligast korta för

att minska gasförlusten vid omkastningarna. Vardera skorstenskanalen skall förses med regleringsspjäll.

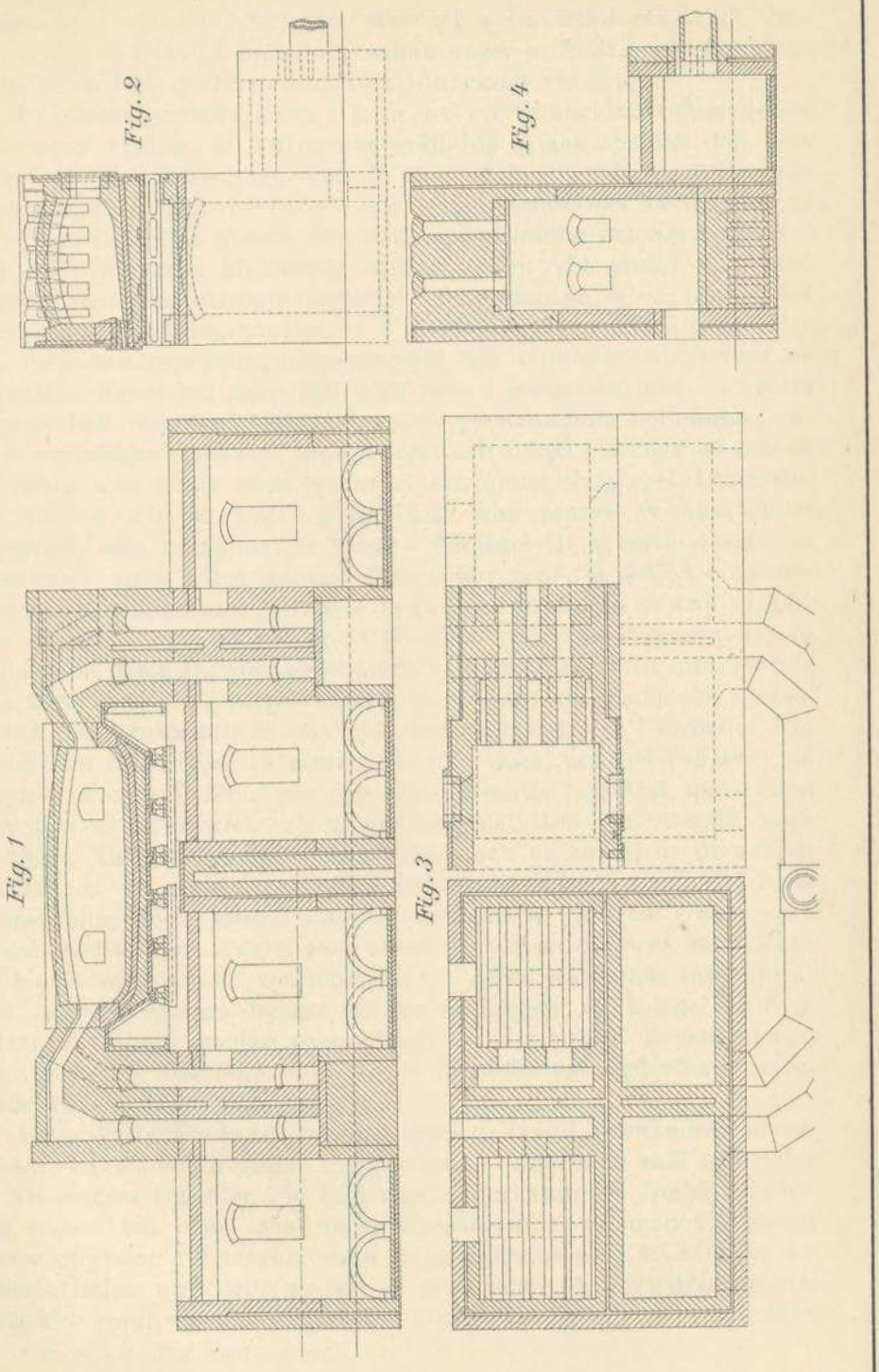
Växelventilerna bliva alltför klumpiga och svårhanterliga (Forters undantagen) om deras genomloppsareor tagas lika rymliga som ovannämnda kanaler, utan får man nöja sig med att taga dem trängre trots därigenom uppstående pressionsförluster. Tager man växelventilernas fria öppningar till $^2/_3$ av arean i kanalen mellan ventilerna och kamrarna, så räcka de gott till. Rationellast vore att rätta såväl dessa kanaler som ventilöppningarna efter förhållandet mellan luft- och gasvolymerna, så som Pawloff påyrkar, men dels blir modellkostnaden mindre, om båda ventilerna göras lika, dels sätter sig sot i gasskåpet, medan luftventilen ej sotas igen, så praktiskt är att taga dem lika. Där ej bläster användes för förbränningsluftens åstadkommande får man taga större kanal- och ventilvidder, än de här angivna, men att rätta dem efter ugnens badarea, så som utländska författare förorda,* är naturligtvis ej rätt, utan böra de även då proportioneras något så när efter luft-(gas'-)kvantitet.

Generatorgaskanalen måste, om mycket sotande stenkol skola användas, tagas mycket vid, eljes återkomma sotningarna för ofta. Vid medelstora ugnar passa vid ej alltför sotande stenkolsgas 2 m² area i kanalen och 1,5 m² i gasregleringsventilen, vid ved- och torvgas kunna båda minskas med $^1/_3$.

β. Ugnens uppbyggande: Vid martinverksplatsens bestämmande bör hänsyn isynnerhet tagas till att transporter såväl i vertikal som horisontal riktning må bli möjligast bekväma och billiga, utan att därför tillräckliga utrymmen för råmaterial- och produktupplag må komma att saknas. Likaledes bör man vid nyanläggning tänka på framtiden, så att blivande tillbyggnader må på rationellaste och billigaste sätt kunna företagas. Isynnerhet emot det senare har ofta syndats hos oss och vanliga svaret vid konstruktörernas uppmaningar i denna väg har från verksledningen varit: »å få vi bara den här stora ugnen, behöva vi ingen mera» — och efter några få år har man för sent ångrat sig och har fått bygga till en, kanske ett par ugnar till som förstört trevnaden och gjort allt arbetet dyrt och olidligt. Det martinverk är byggt utan förutseende, som ej har åtminstone ena gaveln uppsatt »på förlor»!

Grunden för regenatorkamrarna kan och bör läggas djupt. Dels därför, att man numera billigt kan få den vattentät, dels därför att detta parti av ugnen är det allra viktigaste att skydda för för stora värmeförluster genom utstrålning. Blocken och ugnsväggarna åter kunna ej stå vid lag utan en viss värmeutstrålning. Dessutom är det numera, sedan man fått utmärkta, snabbt arbetande traverser, mycket mera rationellt att till erforderlig höjd vid tappningen hissa den fyllda stålskänken, än att onödigtvis, vare sig med lokomotiv och lutande

* Se t. ex. S. u. E. 1911 sid. 1185.



Grav. a Emil Sachse
CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

järnväg eller med hissar uppfordra allt rågods, ugnsmaterial, avlagningsmassa, kalksten, tackjärn, skro och malm samt eventuellt stenkolen eller det övriga bränslet. Askan väger ju blott en bråkdel mot bränslet, så lägg generatorerna i en tillräckligt vid grop!

Om undergrunden göres i form av en betongkista måste denna dels tagas rymlig, så att ugnens svällning ej kan spräcka den, dels läggas så djupt, att man kan få rum med ett kraftigt ventilerande kanalsystem å dess översida under regeneratorernas bottenplan, ty eljes kanhända att genom för stark uppvärmning betongen spricker och otätheter trots blyfolierna uppstå. Även vid grund lagd med naturlig sten eller masugnsslaggtegel måste man på densamma hava i kors gående luftningskanaler, 3 à 5 längs med ugnen, 8 à 14 tvärs för, med behöriga luftnedsläppningsrör och ventilationsskorstenar av tunnplåt. Kanalerna tagas 300 × 225 mm i genomskärning. På detta kanalsystem muras så regeneratorernas gemensamma bottenplan, underst av billigaste skånskt eldfast tegel och därpå ett lager av skånsk K-kvalitet eller hellre båda lagren av sandgjutet slaggtegel. Dimensioner 12″ × 6″ × 3″ på platt. Kanalplanet kan muras av kokillgjutet slaggtegel, men sandgjutet är bättre. Rödtegel får ej användas, ty det »murknar» snart i den fuktiga värmen här nere. Å det så bekomna bottenplanet uppmuras nu dels regeneratorkamrarnas väggar, dels blockens och ugnsrummets grundstommar (om regeneratorkamrarna skola ligga framför ugnen), dels ventilkanalerna vid sitt utgående från kamrarna. Regeneratorernas väggar böra tagas tjocka och dubbelmurade med brukspringa emellan, ehuru här och var i förband. Vid medelstora ugnar vardera muren 300 mm tjock, och helst så även vid mindre, men kan man när stor hänsyn måste tagas till sparsamhet taga dem av 9″ tjocklek och asbest- och plåtkläda den yttersta. Noga iakttages, att gaserna in- och utledas i och ur kamrarna diametralt motsatt, så att fullt utnyttjande av restegelmassan ernås. Häremot syndas ofta, dock hittills mera utomlands än hos oss. Kamrarna täckas med 9″ tjocka valv, som dessutom vid en del bruk sandtäckas till åstadkommande av värmebesparing. Såväl väggarnas innermurar som restegelstaplarna byggas till halva höjden av K-tegel till övre halvan av F-tegel, medan valven tagas av kvartstegel. Regeneratorernas yttermurar åter böra uppföras av Höganäs' asktegel eller motsvarande föga värmeledande material.

Från regeneratorkamrarna inkomma gaserna i blockkanalerna och i dessa ett stycke ovanför slaggfickorna. Det enda skäl som talar för att placera två eller alla fyra regeneratorkamrarna framför ugnen och endast två eller inga under densamma är att man därigenom vinner utrymme till mycket stora slaggfickor, se pl. LXXXIII fig. I.* Däremot följer med detta system en givet större värmeutstrålning, och fråga kan vara, vilket i längd blir billigast, den ökade värmeförlusten

* Se även S. u. E. 1907 sid. 305.

eller nödvändigheten att något oftare rensa regeneratorkamrarna. Påståendet att ugnen skall stå bättre vid lag, om blocken och ugnsrummet få egna fundament och slippa höja och sänka sig med regeneratorkamrarna vid påeldningar och »nedblåsningar» håller ej streck, utan bli tvärtom brytningarna i förbindelserna mellan blocken och kamrarna större vid detta system än vid det gamla. Där man trott sig funnit det förra har det berott på, att den gamla ugnen var för dåligt stagad. Oftast stod den bra, tills man förstorade den utan att samtidigt förstärka förankrings- och stagningsanordningarna! Vid mycket »sotande» chargeringar får man emellertid taga förlusten av den ökade bränsleåtgången. Bästa, minst sotsamlande regeneratortegel är Dietrichs, se pl. LXXXIII fig. 2.*

Blocken: Ju längre kanalerna mellan regeneratorkamrarna och ugnsrummet tagas, ju större värmeförluster. Som blocken emellertid — isynnerhet i det parti, där de från ugnsrummet kommande kanalerna vika av nedåt — skarpt frätas, muras de där med utåt mycket tunt murverk, så att på dessa ställen den yttre luften kan verka kylande och »fräthindrande», eller ock kan man göra blocken helt dänlyftbara, då man utbyter dem mot nya, när reparation behöves. Synnerligen goda konstruktioner för sådana block konstruerade av O. Friedrich visas dels å pl. LXXXI, dels i S. u. E. 1910 sid. 985 och 1911 sid. 1117.** Alla de delar av blocken åter, där gaserna ej verka så skarpt frätande (avsmältande), böra förses med åtminstone 450 upp till 600 mm tjockt murverk till skydd mot för stor värmeutstrålning. Blocken uppföras helt av kvartstegel, eller där stor sparsamhet måste iakttagas med ett tunnare chamottetegellager ytterst i mindre påkännbara delar, men är förmånligt att vid basiska ugnar å de lutande kanalernas bottnar, isynnerhet de undres, lägga ett magnesitlager av c:a 3 à 4 cm tjocklek till skydd mot det eljes frätande slaggstänket. De lutande delarna av kanalerna givas, om galleri användes, alla samma lutning — 30°. Om man åter har gasinloppen under och luftinloppen över ger man de förra en lutning av 20° eller något mindre och de senare av 30° eller något mera.

Fast ugnsrum uppmuras vid surt infodrad ugn uteslutande av dinategel i vad valv och väggar rörer, och tages det förra i allmänhet 9″ tjockt, men vid små ugnar ibland blott 6″ och vid stora ugnar ibland 12″ tjockt. Väggarna muras antingen 18″ tjocka av 12″-tegel i lång och på kopp i förband eller ock mera undantagsvis 13½″ av 9″ tegel eller 15″ av 10″-tegel. Botten åter anordnas något olika vid olika verk. Underst består den vanligen av tjocka tackjärnshällar, mera sällan av grov ångpanneplåt eller av hällar av stålgjutgods, vilket senare, ehuru dyrbart i anskaffning, ovedersägligen är starkast och bäst.

* Se även S. u. E. 1911 sid. 1245.

** Se även S. u. E. 1912 sid. 1275 o. sid. 1708, fransk konstruktion.

O. Friedrichs martinregeneratorer

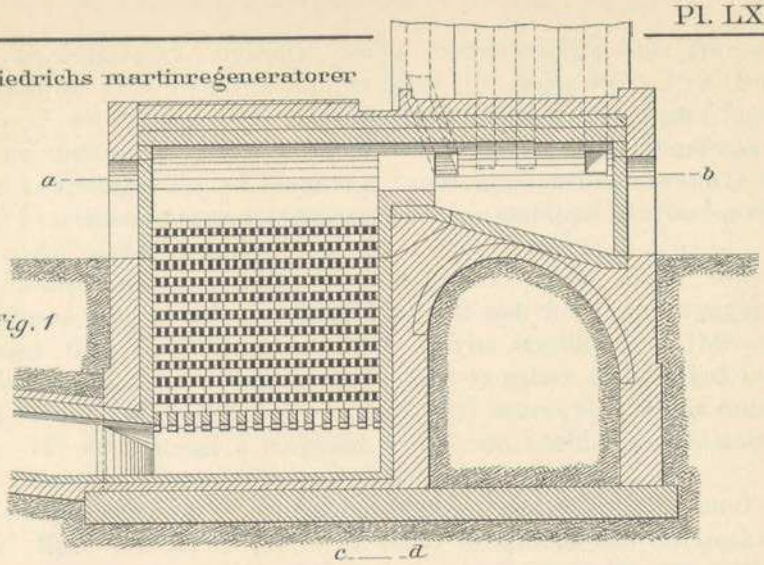


Fig. 1

Fig. 2

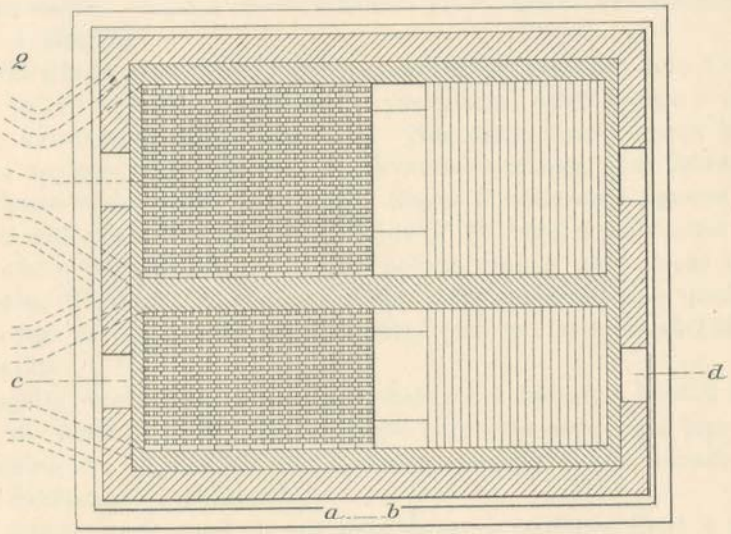
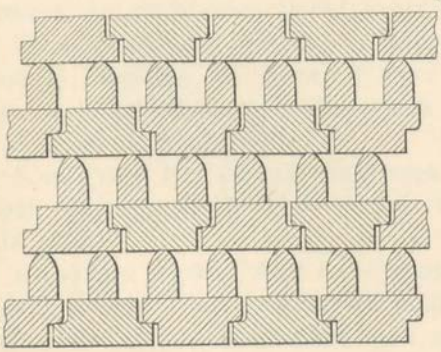
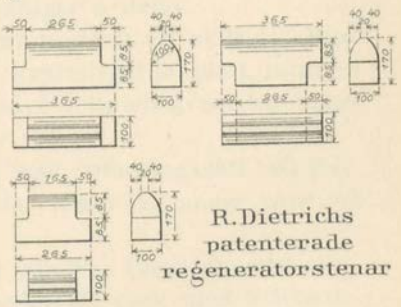


Fig. 3





R. Dietrichs patenterade regeneratorstenar

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Ett av våra verk anordnar sedan bottenfodert i sina två sura ugnar sålunda. På hällarna muras först tre lager Bjuv F 9″ tegel på platt, så att överliggande lager täcker underliggande lagers fogar. Härpå »avrundas» medelst instampad kvartsmassa och på denna muras ett lager kvartstegel 12″ på långkant, varpå uppå detta inrammas ett 3″ tjockt kvartsmasselager sammansatt av $^{7}/_{12}$ stampad kvarts, $^{2}/_{12}$ eldfast lera och $^{3}/_{12}$ kvartssand.

Ett andra verk, även ledes med två sura ugnar, lägger först å bottenhällarna 2 lager 12″ kvartstegel å platt och fram mot bryggorna några lager till, så botten genast får en viss »rundning». Härovan inrammas kvartsmassa blandad med något svartlera och fuktad med lervatten, så att full bottenprofil erhålles och muras så å denna massa ett lager 12″ kvartstegel å långkant, varpå vid påeldningen insintras ett tunt kvartsmasselager. Dessa bottnar hålla 6 à 7 år.

Ett tredje verk med 1 martinugn lägger å bottenhällarna blott ett lager 12″ Bjuv F-tegel å platt. Å detta inrammas sen ett tjockare kvartsmasselager, varpå å detta inmuras ett 6″ tjockt kvartstegelskift — teglen å långkant.

Vid ett fjärde verk med 3 sura martinugnar rammar man först å hällarna in ett c:a 3″ tjockt lager kvartsmassa samt murar å detta ett lager kvartstegel 12″ å högkant. När ugnsrummet sedan blivit hetsvarmt inströs å botten ett tunt kvartsmasselager, som insintras.

Ett femte verk med 2 sura ugnar lägger å hällarna i ugnens mitt 2 lager, åt eldbryggorna till 4 lager Bjuv F 12″ tegel å platt utom närmast blocken där kvartstegel tages och inrammar så å dessa lager kvartsmassa, 6″ tjockt vid utslagshålet och sedan till den tjocklek, som erfordras för att botten skall få rätta formen. Detta är vårt äldsta infodringssätt!

Ett sjätte verk med 1 sur ugn inlägger å hällarna först 2 skift Bjuv F 12″ tegel å platt. Härpå lägges och avfasoneras ett lager av en blandning av tegelskärv och kvartsmassa, på vilket inmuras ett skift 12″ kvartstegel å långkant.

Ett sjunde verk med 1 sur ugn lägger å hällarna först 2 lager Bjuv F 10″ tegel å platt. Å detta två lager kvartstegel 12″ å platt och sintrar så in ett 50 mm tjockt kvartsmasselager å detta.

Ett åttonde verk med 1 sur ugn murar underst ett skift 12″ Bjuv F-tegel å långkant, på detta ett lager 12″ kvartstegel på platt, rammar så in ett 3 tums kvartsmasselager och murar å detta ett kvartstegellager av 12″ tegel å långkant.

Som synes har nästan varje verk sitt eget infodringssätt och föredrager författaren att ej i tryck utsätta, vilket jag anser vara det bästa sättet!

Basiska ugnar med fast ugnsrum infodras även ledes rätt olika vid olika verk. Vad väggarna angå uppför ett verk med 3 basiska ugnar dessa med närmast hällarna ett 6″ kvartstegellager och innan-

för två lager 9″ magnesittegel, ett på kopp och ett å lång i förband, varför väggtjockleken blir 19½″. Dessa basiska väggar nå till 450 mm höjd över lucktröskeln. Ovan dem vidtaga sedan lika tjocka kvartstegelväggar upp till valvet, som är 9″ tjockt.

Ett andra verk med 1 ugn bygger upp fram- och bakvägg till ovannämnda höjd över lucktröskeln av 18″ magnesittegelmurar och sedan upp till det 9″ tjocka valvet av 18″ kvartstegelväggar.

Vid ett tredje verk med 3 basiska ugnar har man i deras väggar närmast hällarna ett 4½″ kvartstegellager och innanför detta ett 10″ magnesittegellager, varpå ovanför »slaggstänknivån» vidtager 13½″ tjocka kvartstegelväggar.

Ett fjärde verk har magnesittegelväggar blott till jämns med lucktröskeln och sedan kvartstegelväggar, båda slagen av 450 mm tjocklek, men rammar upp bottens dolomitlager upp emot även de senare teglen med magnesitmjölsmellanlägg för isolerings skull.

I Tyskland rammas vid en del verk hela långväggarna av dolomitmassa och har man då valvet slaget ej emot dessa utan mot anfang å ugnsrummets sidohällar. Väggarna rammas då vida tjockare nedtill än upptill (750 och 350 mm). På så sätt har man dem ock fastän av magnesittegel med 4½″ bakmur av kvartstegel vid t. ex. Donawitz.

Utslagshålets anordnande är det synnerligen noga med vid basiska ugnar, ty tillagas det ej rätt, händer att stålet skär ut vid detsamma. Antingen murar man detsamma alldeles i form av ihålig cylinder, närmast hällarna av Stabbarps 10″ kiltegel och därinnanför av magnesitkiltegel från Veitsch, eller ock murar man det dubbelväggat och försett med dubbla valv av närmast hällarna Bjuv F 12″, inåt magnesit 10″ användande fasontegel till valven. Ytterligt noga hoppassade stenar och finaste möjliga fogar är härvid regeln. Vid förra anordnandet göres hålet något koniskt, 8½″ i diam uttill, 7½″ intill, i senare 8″ × 8″, eller vid ett verk 10″ × 10″. Vid ett par av våra verk stampar man åter kring en cylindrisk trämodell in tjärblandad magnesitmassa, vilken då måste instampas synnerligen hårt och med största noggrannhet. Träklossen får sitta kvar och så småningom förbrinna vid påeldningen.

Som murbruk användes vid magnesittegelinmurning vid ett av våra verk 10 delar fint magnesitpulver + 1 del finmald eldfast lera utrört i vatten, vid ett annat gör man sådant bruk av 7 delar magnesitpulver och 1 del mald klimplera. Ett par verk använda som bruk för det basiska teglet endast magnesitmjöl utrört i vatten och vid ett verk slipar man hop dessa tegel så noga som möjligt och har papperstunt lager torrt magnesitmjöl mellan dem.

Bottnarna vid de basiska ugnarna anordnas också mycket olika. Så lägger man vid ett verk först ett lager Bjuv F-tegel 12″ med tilltagande tjocklek åt bryggorna och framväggen till men 200 mm

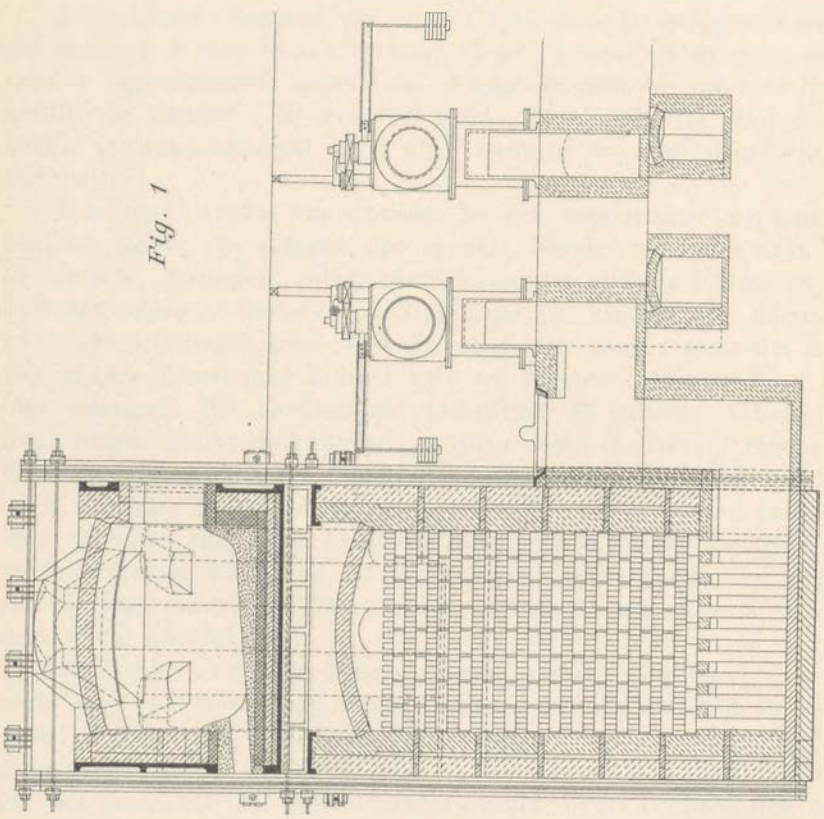
18 Tons

BASISK MARTINUGN

(Pl. LXXXIV a, b, c.)

Skala 1 : 100

Fig. 1



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

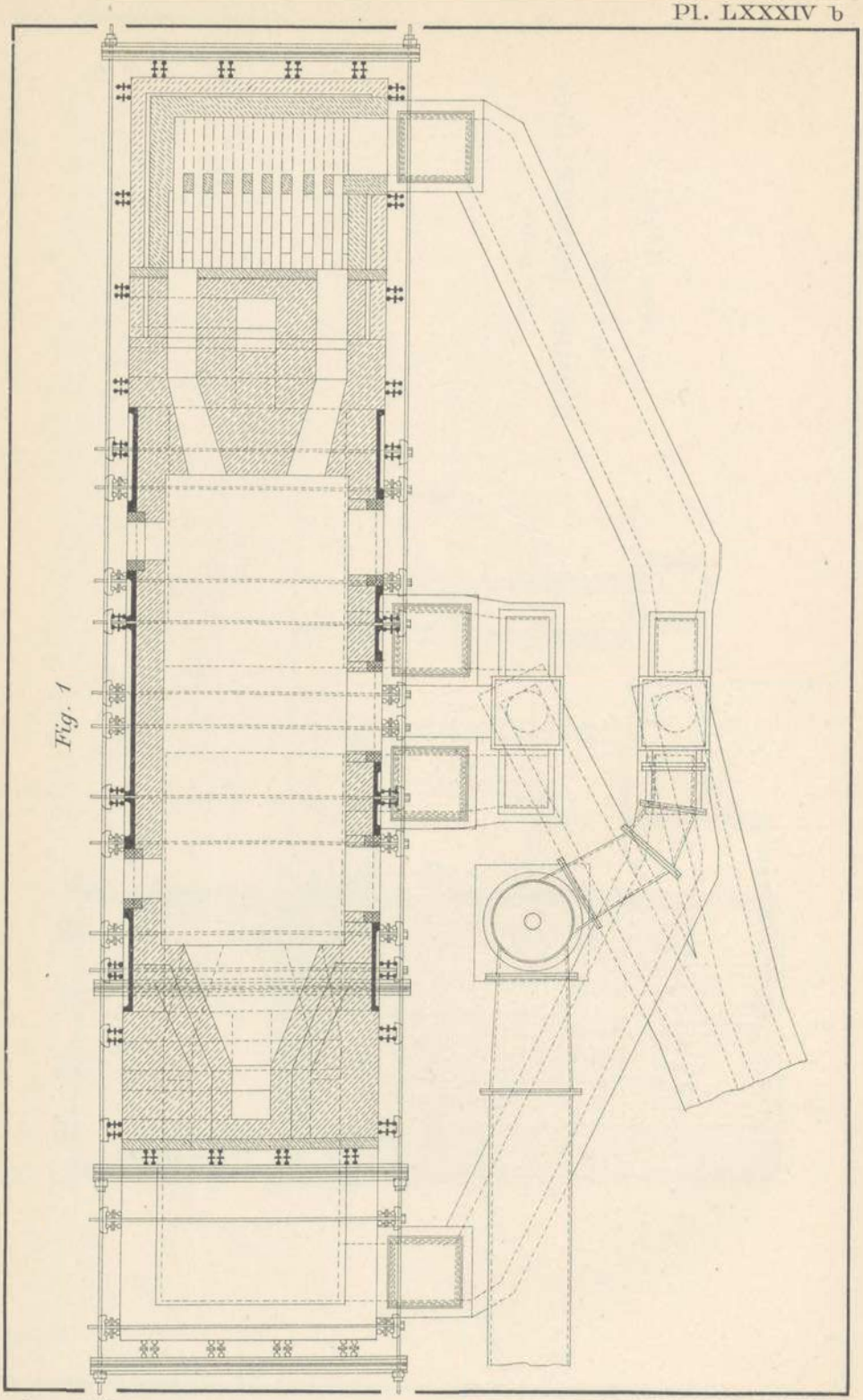


Fig. 1

Grev. av Emil Saonse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

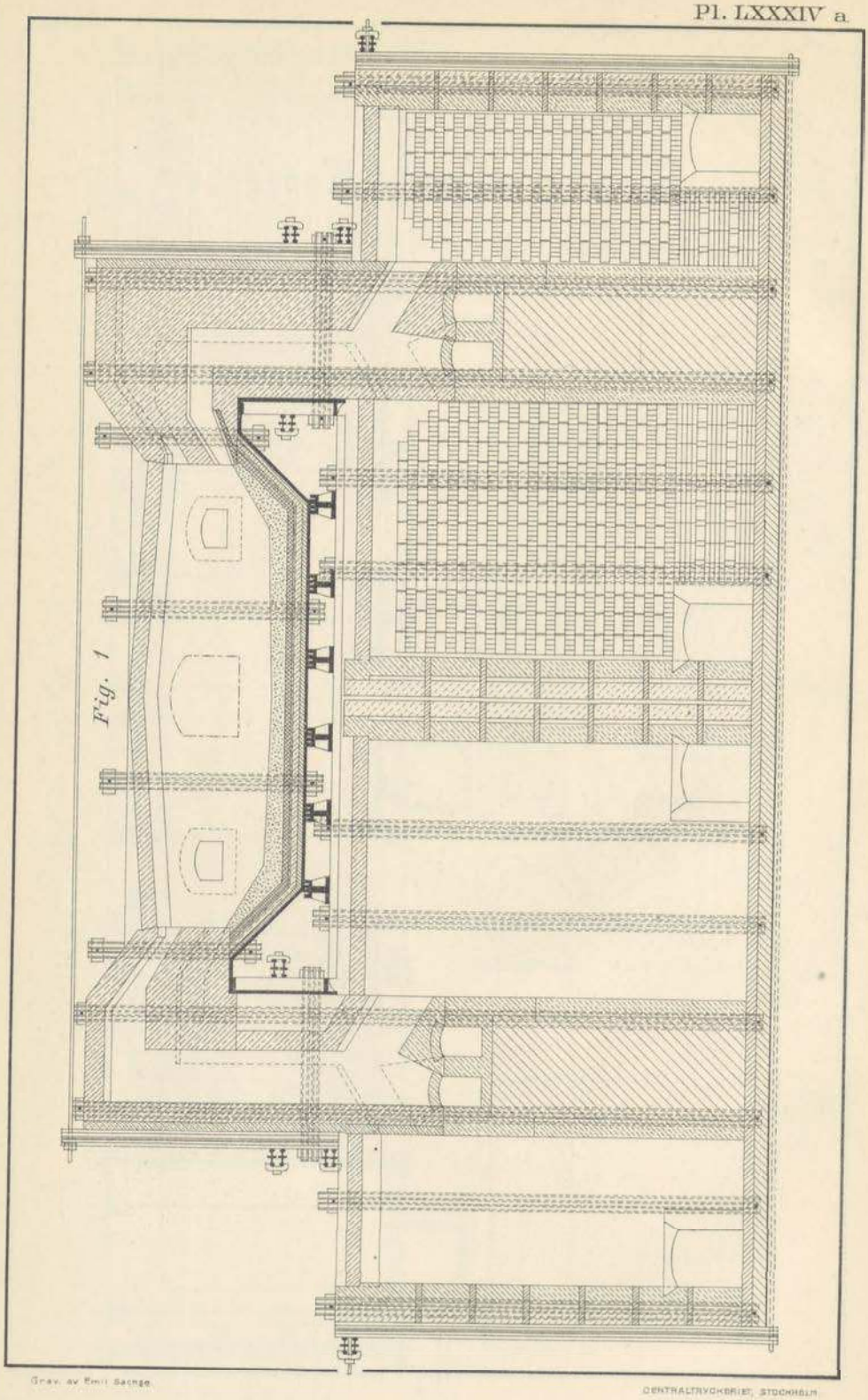


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

tjockt vid utslagshålet, härpå ett lager magnesittegel 9″ på långkant och på detta inrammas dödbränd dolomit från nötters till mjöls grovlek och blandad med från vatten frikokad stenkolstjära (1/10).* Helt tunna lager inrammas åt gången och med rödvarma rammar, 2″ × 4″ i slaget. Vid ett annat inrammar man först å hällarna, för att genast få rätta bottenfasonen, ett lager stampat tegel med lera. Därpå inmuras ett lager Bjuv F 12″ tegel på långkant med bruk av 2/3 mjöl av stampat använt kvartstegel och 1/3 klimplera, och på detta ett lager av 9″ magnesittegel å högkant, varpå man å detta 22,5 cm tjocka lager sedan, när ugnen kommit upp i full hetshetta, insintrar ett några cm tjockt dolomitslagglager. Vid ett tredje lägger man underst 2 skift Bjuv F 9″ tegel på platt, inrammar på detta kvartsmassa till full fason samt murar å denna 1 skift magnesittegel 9″ å långkant samt insintrar därpå i tunt inkastade skikt ett 6″ lager dolomit. Dolomiten uppblandas för detta ändamål med 10 % basisk martinslagg. Ett fjärde verk lägger först ett 3″ bjuvtegellager, rammar härpå till bottenfason in ett lager av magnesitpulver och Bjuv F-tegelpulver (4 : 1), massan fuktad med vatten. Därpå muras sedan med 9″ magnesittegel å långkant med bruk av magnesitpulver + 1/8 klimplera, och å detta lager insintras sedan dolomitmassa. Ett femte verk lägger först 2 lager 9″ Bjuv F-tegel å platt, så ett lager 9″ magnesittegel å platt, på detta ett dylikt å långkant samt insintrar å detta dolomitmassan med en tjocklek av 6″ vid utslagshålet.

Ugnarnas stagning: Billigast och på samma gång starkast torde vara att »pansra» och staga martinugnarna så som pl. LXXXIV visar med ugnsrummet vilande å av martinstål gjutna balkar av 40 och 60 mm godstjocklek. Bottenhällarnas godstjocklek tages 50 mm, om de gjutas av tackjärn, 30 à 35 av stål. Sidohällarna, som böra förses med lämpligt placerade förstärkningsflänsar, tagas ävenledes 50 mm tjocka om de gjutas av tackjärn och 36 à 40 mm om de gjutas av stål, varjämte det är förmånligt att använda utbytbara luckramar av samma godstjocklek, alldenstund det är just omkring lucköppningarna, som godset mest vill brännа, spricka och slå sig. Gjutas dessa sidohällar av stål, är det lämpligt gjuta de vertikala pilastrarna i ett stycke med dem, så de ej behöva stagas med balkar eller räls. Luckorna, som inklädas med tegel, kunna för svalnings skull gjutas genombrutna samt göras med kilflänsar, så att tegelinfodringen hålles stadigare kvar. Godstjocklek 20 mm i planet och 45 mm i flänskanten inåt ugnen. Men man kan även och hellre använda dubbelväggade luckor med vattenkylning, ehuru i alla fall med muryta inåt ugnen. Av samma godstjocklek göras samtliga sotluckor. Rälsen till stagningen tages av det slag, som har minst 118 mm höjd. De för största spänningen och svåraste uppvärmningen utsatta rundstagen tagas av 40 mm, de för mindre påkänningar utsatta av 30 mm diam.

* Ett annat verk tager 1 liter tjära till 140 kg dödbränd dolomit.

Vill man åter använda valsade plåtar för ugnens beklädande göres botten och ugnsväggarnas undre foderdelar i form av en plåtvanna och av 12 à 14 mm plåt, men anordningen blir dyrare och medför ingen annan fördel, än att bottenfodert kan bliva något mera jämtjockt. Vid användandet av valsade balkar för ugnens stagande kan man taga dem såväl av ⌊- som I-fason eller använda båda fasonerna kombinerade. För medelstora ugnar är då bäst taga dimensionerna $320 \times 127 \times 11{,}5$ mm till svåraste påkänningarna och parade balkar samt även ledes parade $235 \times 90 \times 10$ mm vid svagare påkänningar. Vid större ugnar får man trekoppla sådana balkar eller ock taga balkar av $400 \times 156 \times 15$ mm och rundstag av 50 mm, vilka balkar 4-kopplas och stag dubblas på sidorna av ugnsrummet samt upptill för regeneratorgavlarna vid ugnar över 70 tons.

En viktig regel vid all stagning: drag aldrig ett stagjärn igenom varm murmassa!

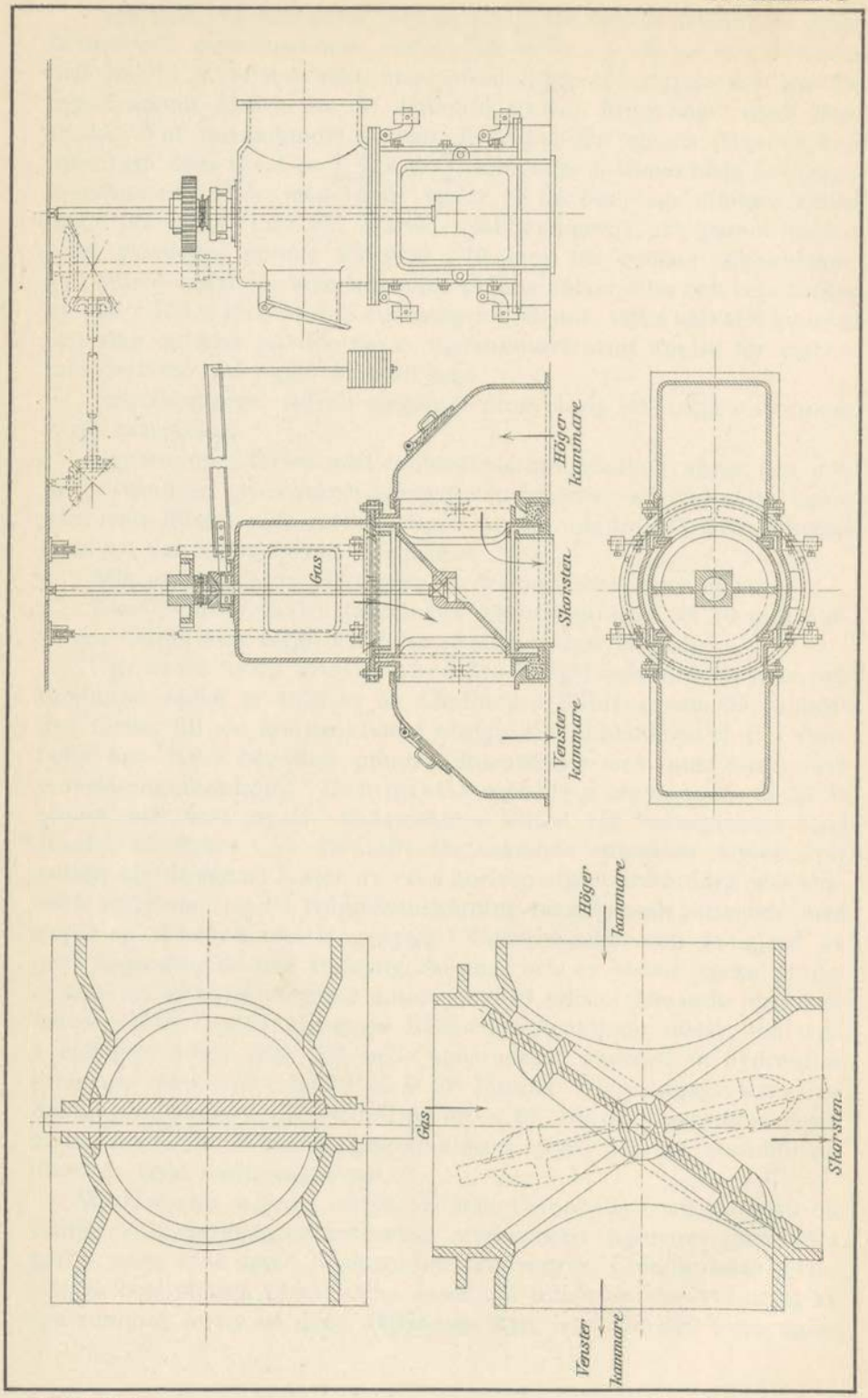
Ugnsrummet förses med trenne insättningsluckor, varav den mittersta vanligen gives största gluggdimensionerna, och vid stora ugnar har man ibland ock mellan dessa ett par mindre avlagningsgluggar samt ett par sådana även å baksidan.

Alla ovan anförda mått gälla medelstora eller stora ugnar.

Utanför utslagshålet fasthänges en utslagsränna av 10 mm plåt, vilken fodras med tegel och lersmet eller endast lersmet.

Ugnarna med rörlig härd äro i regel infodrade basiskt och uppfunna redan år 1876 av M. Lindberg å Kohlsva, som där byggde den första, till sin konstruktion i nästan allt liknande en H. H. Campbells ugn fast i betydligt mindre dimensioner och utan hydraulisk omvridningsanordning. Campbells ugnstyp, uppfunnen c:a 25 år senare och vars nyaste konstruktion utförd vid Pennsylvania Steel Works, återfinnes i M. Pawloffs förutnämnda utmärkta album över nutida martinugnar, består av ett i horisontalgenomskärning nära eliptiskt ugnsrum, med i tvärgenomskärning-vaggliknande utseende med uppåt *ej* divergerande långväggar. Ugnsrumsstommen är gjord av grov ångpanneplåt och stålgjutgodsramar och av sådan styrka, att det ej behöver särskild stagning annat än med takstolsliknande järn över valvet. Under detta ugnsrums botten äro fastnitade medar, som vila å rullager, vilka göra att hela ugnsrummet medelst en hydraulisk presskolv kan vridas kull i 35 à 40° lutning. Ugnsrumsgavlarna äro hopdragna koniskt till ett hål av $30'' \times 18''$ storlek, varigenom lågan inkommer eller förbränningsprodukterna avgå. Övriga anordningar likna de fasta martinugnarnas.

Wellmans ugnar skilja sig från Campbells i, att de hava ett vanligt i horisontalgenomskärning rektangulärt ugnsrum med tvära gavlar, men med uppåt divergerande långväggar. Utanför dessa gavlar vidtaga bortlyftbara block, vilka dessutom tillåta en viss svällning av ugnsrummet, utan att detta därigenom kan, som vid den förra ugns-



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

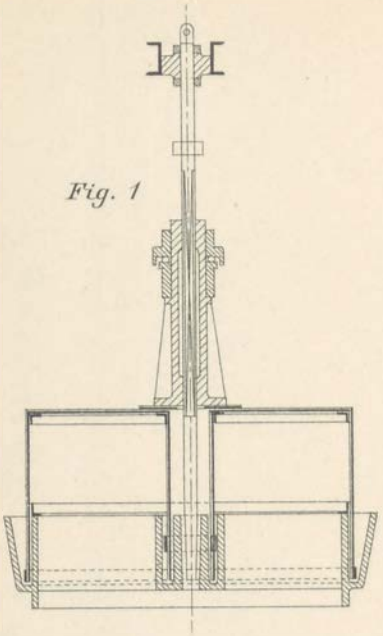


Fig. 1

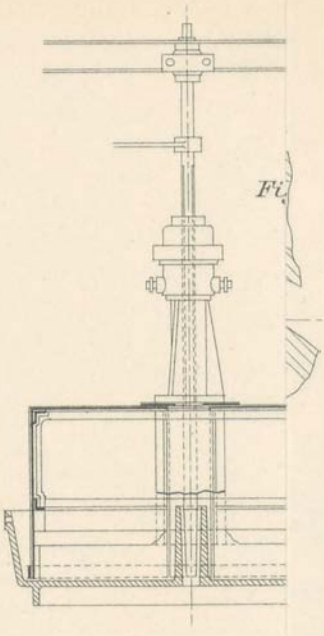


Fig.

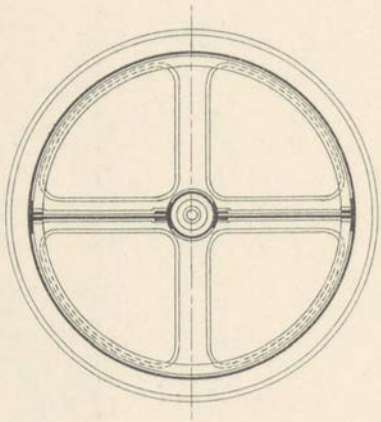


Fig. 3

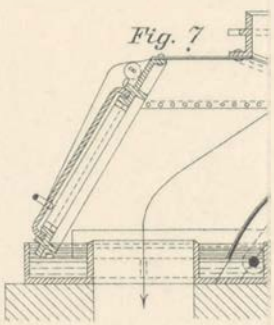


Fig. 7

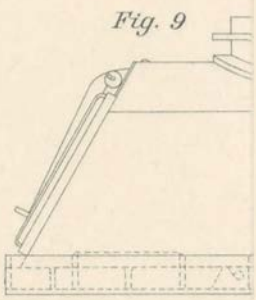


Fig. 9

Grav. av Emil Sachse

STOCKHOLM.

typen, svälla fast eller hindras i sin rörelse. Detta ugnsrum kan vridas till 40 à 45° lutning, och stagas på vanligt sätt med balkar och rundstag, vilka dock måste sitta mycket tätt på det att ej ugnsrummets murverk skall förskjuta sig vid kringvridningarna (se vidare Pawloffs album).

Oljeeldade martinugnar: Dessa, som användas mest i Amerika och i Ryssland, hava regeneratorer endast för luften, medan oljan med högt tryck genom rör med spridningsmunstycke inblåses i de från luftregeneratorerna uppkommande kanalerna, strax innan de inmynna i ugnsrummet. Till skydd för oljerören kan man, såsom i Ryssland, placera dem i vattenkylda formor (se Pawloffs album) eller hava dem själva dubbelväggade med vattenkylning, vilket är bättre.*

Växelventilerna: För den mängd olika växelventilkonstruktioner som föreslagits och delvis även prövats för martinugnar saknas här utrymme för beskrivande av mer än 4 stycken, dem jag själv prövat och funnit utmärkta.

1:o. Siemens förbättrade klockventil består, se pl. LXXXV, av antingen en särskild luftklocka och en alldeles lika gasklocka, fig. 1—3, eller en enda klocka, gemensam för både luft och gas, fig. 4—6. Klockan lyftes vid omkastningarna upp ur vattenlåset i den gjutna underringen och omvrides samt nedsänkes så igen, och motväger man den väl, kan den med lätthet skötas av en 12 års pojke, varför den — väl tätande, som den är, ovillkorligen är den bästa växelventil som finnes. Vid sotningar behöver man blott lyfta av den.

2:o. Forters ventil, pl. LXXXV figg. 7, 8, 9 och 10, består även den av en undre vattenlåsram men av rektangulär form. I denna dels står en yttre plåtkåpa, dels är i denna flyttbar en cylinderformad inre, som kan lyftas över från höger till vänster och tvärtom medelst hävarmar. Olägenheten vid denna ventil äro de breda, rätt mycket vattenånga bildande vattenlåsen. Omkastningen lätt att sköta men gasförlusten vid densamma större än vid den föregående. Användes parvis.

3:o. Siemens klaffventil, pl. LXXXVI fig. 1 och 2, består av en vare sig med vatten eller ej kyld cirkelrund gjutjärnsventil, rörlig kring en axel i ett fyrvägsskåp, vilket även det kan hållas med vattenkylning. Svårare att få att fullständigt täta — isynnerhet vid beckbildande gas. Användes parvis.

4:o. Fischers ventil, se pl. LXXXVI fig. 3—5, består av en i ett fyrvägsskåp rörlig ihålig cylinder som av en snedvägg delas i en övre och en undre halva. Denna cylinder hålles tryckt upp emot gasskåpets underyta och går nedtill i sandtätning. Tjänstgör utmärkt men användes för sin kostbarhets skull ej annat än för gasens omkastning, medan då för luftens användes Siemens klaffventil. Mått å dessa m. fl. ventiler återfinnas i Pawloffs album.

* Om små oljeeldade martinugnar passande för stålgjuterier se S. u. E. 1912 sid. 1621.

Fig. 1

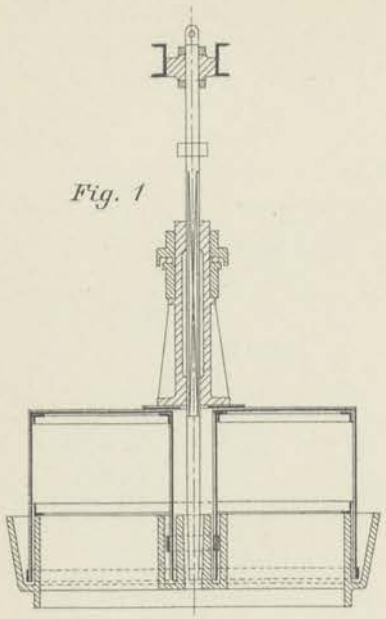


Fig. 2

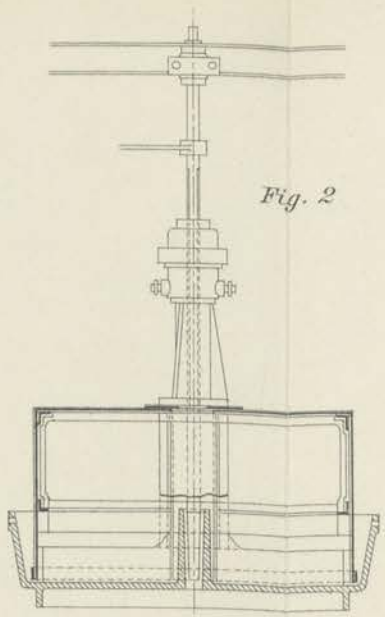


Fig. 3

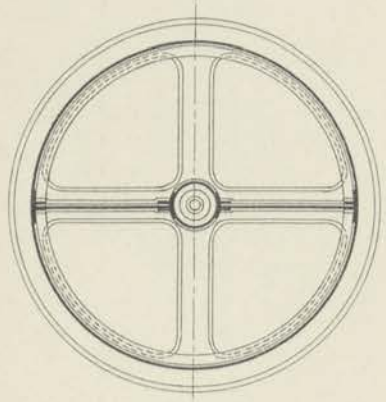


Fig. 4

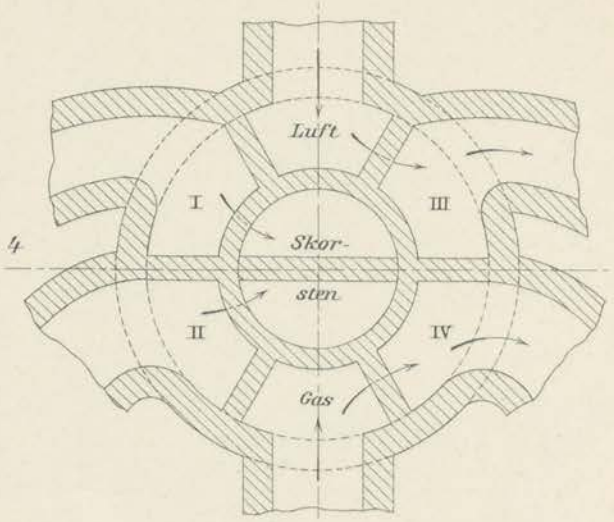


Fig. 7

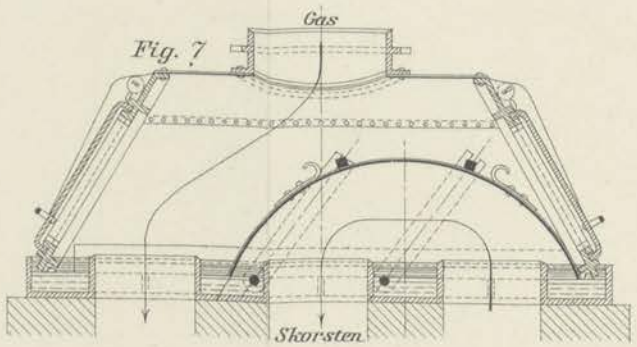


Fig. 8

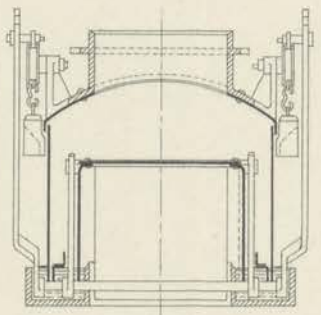


Fig. 5

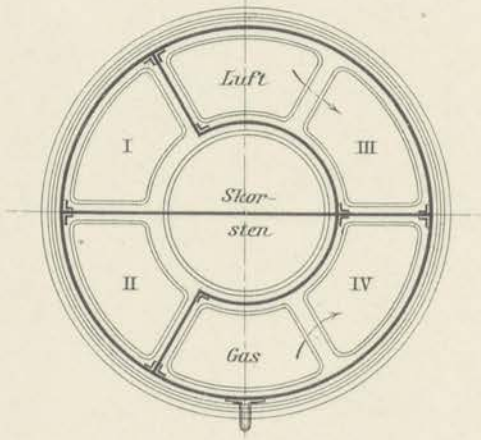


Fig. 9

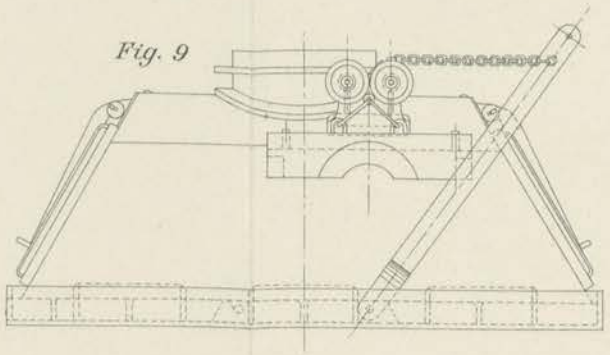


Fig. 10

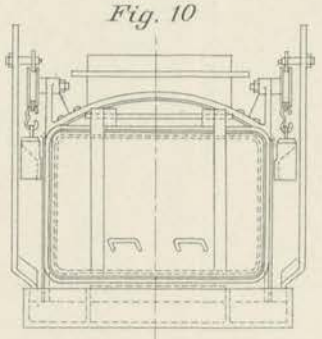
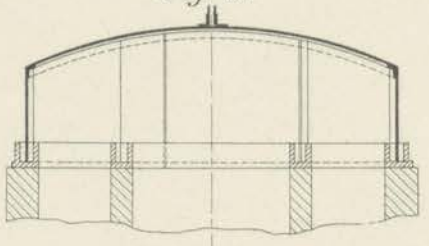


Fig. 6.



Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

typen, svälla fast eller hindras i sin rörelse. Detta ugnsrum kan vridas till 40 à 45° lutning, och stagas på vanligt sätt med balkar och rundstag, vilka dock måste sitta mycket tätt på det att ej ugnsrummets murverk skall förskjuta sig vid kringvridningarna (se vidare Pawloffs album).

Oljeeldade martinugnar: Dessa, som användas mest i Amerika och i Ryssland, hava regeneratorer endast för luften, medan oljan med högt tryck genom rör med spridningsmunstycke inblåses i de från luftregeneratorerna uppkommande kanalerna, strax innan de inmynna i ugnsrummet. Till skydd för oljerören kan man, såsom i Ryssland, placera dem i vattenkylda formor (se Pawloffs album) eller hava dem själva dubbelväggade med vattenkylning, vilket är bättre.*

Växelventilerna: För den mängd olika växelventilkonstruktioner som föreslagits och delvis även prövats för martinugnar saknas här utrymme för beskrivande av mer än 4 stycken, dem jag själv prövat och funnit utmärkta.

1:o. Siemens förbättrade klockventil består, se pl. LXXXV, av antingen en särskild luftklocka och en alldeles lika gasklocka, fig. 1—3, eller en enda klocka, gemensam för både luft och gas, fig. 4—6. Klockan lyftes vid omkastningarna upp ur vattenlåset i den gjutna underringen och omvrides samt nedsänkes så igen, och motväger man den väl, kan den med lätthet skötas av en 12 års pojke, varför den — väl tätande, som den är, ovillkorligen är den bästa växelventil som finnes. Vid sotningar behöver man blott lyfta av den.

2:o. Forters ventil, pl. LXXXV figg. 7, 8, 9 och 10, består även den av en undre vattenlåsram men av rektangulär form. I denna dels står en yttre plåtkåpa, dels är i denna flyttbar en cylinderformad inre, som kan lyftas över från höger till vänster och tvärtom medelst hävarmar. Olägenheten vid denna ventil äro de breda, rätt mycket vattenånga bildande vattenlåsen. Omkastningen lätt att sköta men gasförlusten vid densamma större än vid den föregående. Användes parvis.

3:o. Siemens klaffventil, pl. LXXXVI fig. 1 och 2, består av en vare sig med vatten eller ej kyld cirkelrund gjutjärnsventil, rörlig kring en axel i ett fyrvägsskåp, vilket även det kan hållas med vattenkylning. Svårare att få att fullständigt täta — isynnerhet vid beckbildande gas. Användes parvis.

4:o. Fischers ventil, se pl. LXXXVI fig. 3—5, består av en i ett fyrvägsskåp rörlig ihålig cylinder som av en snedvägg delas i en övre och en undre halva. Denna cylinder hålles tryckt upp emot gasskåpets underyta och går nedtill i sandtätning. Tjänstgör utmärkt men användes för sin kostbarhets skull ej annat än för gasens omkastning, medan då för luftens användes Siemens klaffventil. Mått å dessa m. fl. ventiler återfinnas i Pawloffs album.

* Om små oljeeldade martinugnar passande för stålgjuterier se S. u. E. 1912 sid. 1621.

*2:o. Skorstenen.** Varje ugn bör hava sin skorsten, isynnerhet om ugnarna skola drivas med drag, och i detta fall måste densamma även tagas högre (40 à 50 m), än om bläster kommer att användas, emedan ugnsgången eljes lider inverkan av stormar och oväder. Vid ugnar drivna med bläster räcker en skorstenshöjd av 30 à 35 m. Skorstenens inre vidd rättas efter gasmassan enl. de i Allmänna Metallurgien angivna reglerna, om man är säker på, att man i framtiden ej kommer att förstora ugnen, eljes tages skorstenen på en gång till för en större ugn alldenstund detta blir billigare, än att om några år bygga en ny. Passande diametrar anses vara:

för ugnar av charge

storlek i ton	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80
nedre inre diam m	0,75	0,85	1,00	1,13	1,24	1,36	1,48	1,60	1,75	1,90	2,00,

inre toppdiametern tages antingen alldeles lika (vid mindre skorstenar) eljes vid 50 m. h. $^{8}/_{10}$ av den nedre. Billigast, sällan hos oss men vanligast i Amerika använda, äro tegelinfodrade plåtskorstenar, dyrast men minst känsliga för yttre luftens avkylande verkan under söndagsdygn och kortare stillestånd äro de dubbelväggade skorstenarna.

3:o. Gasgeneratorerna. För generatorernas historik och generatorer i allmänhet samt för teorien för desamma tillhör det Allmänna Metallurgien att redogöra och inskränker jag mig därför här till att beskriva endast några få vid martinverken mera allmänt använda gasgeneratorer.

Gasgeneratorerna indelas lämpligast i följande grupper:

1:o Generatorer utan rost och utan vattenaskrum,
2:o » » » men med vattenaskrum,
3:o » med fastliggande rost och
4:o » » rörliga rost och vattenaskrum.

I Sverige mera allmänt använda och dessutom såväl för våra inhemska naturliga fasta bränslen som för de utländska stenkolssorterna lika väl passande generatorer äro Odelstiernas, Tholanders och Bildts vilka ses avritade på planscherna LXXXVII och LXXXVIII och varav de två förstnämnda hava olika anordnade trapprost men för bränsleimatningen vanlig tratt och kon och gå lika bra för vare sig stubbar, pinnar, sågverksavfall, torv eller stenkol, med ett oblandat bränsle eller några eller alla dessa bränslesorter sammanblandade, medan den tredje, som egentligen är avsedd för stenkol, men ock kan gå med torv, i mycket är olika alla andra generatorer och därför fordrar sin särskilda beskrivning.

Bildts generatorsanordning är avsedd att avhjälpa den vid stenkolsgeneratorer eljes tämligen vanliga ojämnheten i gasutvecklingen,

* Om billiga skorstenar av betong och deras numera fullt bevisade biståndighet se S. u. E. 1911 sid. 1517.

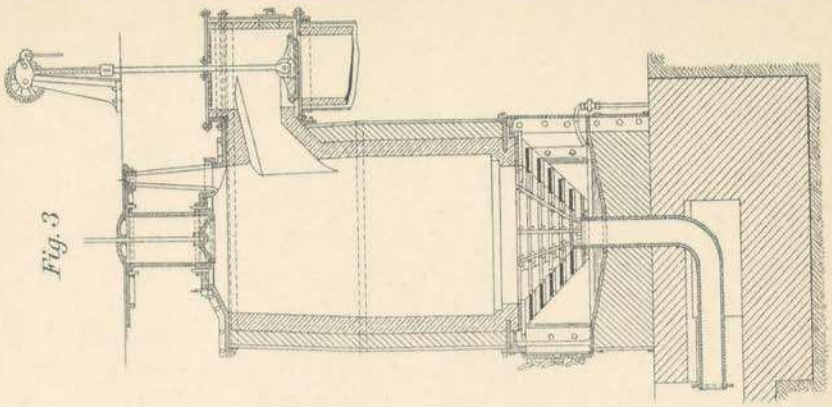


Fig. 3

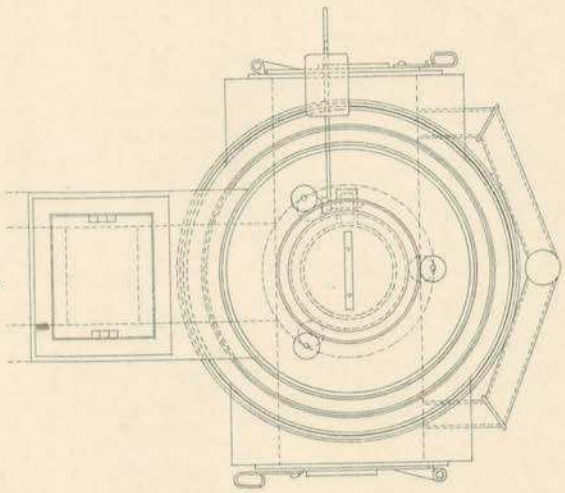


Fig. 2

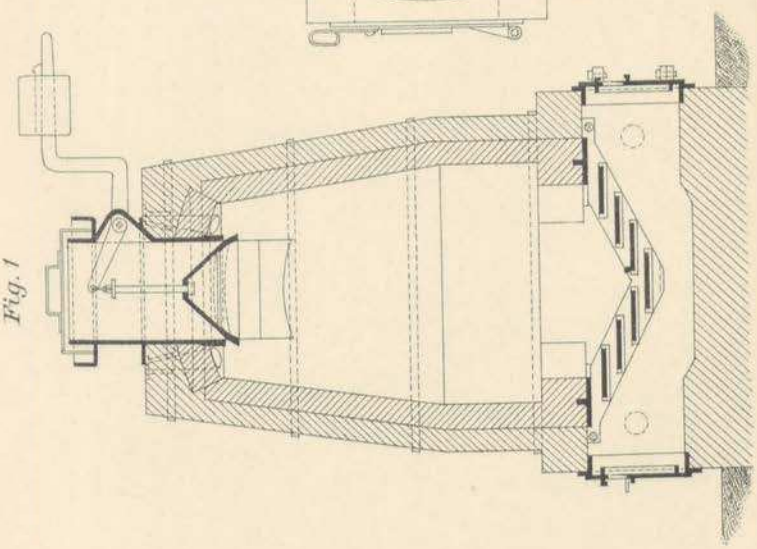


Fig. 1

Grav. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

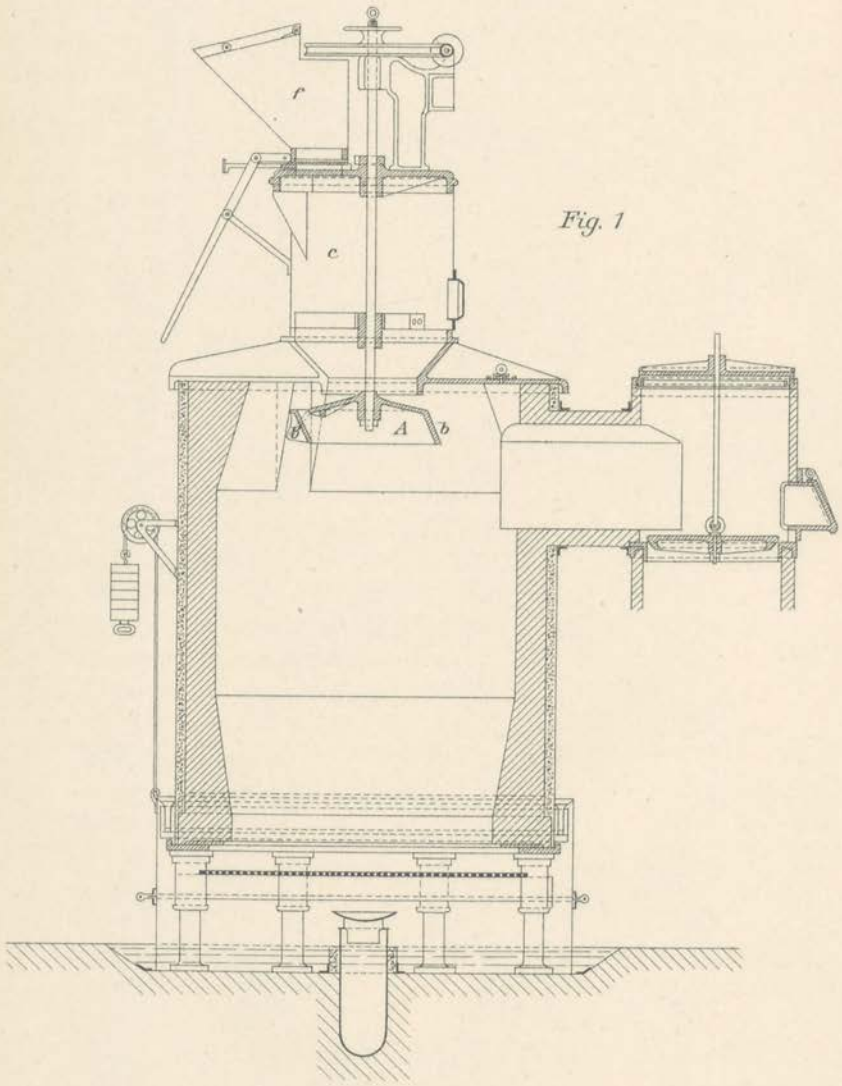


Fig. 1

Grev. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

vilken uppkommer dels av, att om bränslelagret är mindre djupt, är dess överyta och översta delen av generatorsschaktet så varma, att då stenkol portionsvis nedsläppes med tratt och kon i det senare, uppstår en häftig förgasning av tunga kolväten, vilka man ej utan samtidig påsläppning av ökad antändningsbläster får att förbrinna i gaseldningsugnen, utan kommer denna att avlämna sotblandade förbränningsprodukter till skorstenen, vilket är detsamma som given brännmaterialförlust. Dels blir vid påsläppning av bränsle med tratt och kon bränslelagrets i generatorn överyta ej plan, utan kommer detta att ligga i mer eller mindre trattlik form, och använder man då planrost i generatorn, vilket förr var det vanliga, så få gaserna lättare att gå upp genom bränslelagret i generatorns centrum än vid dess sidor, och då bildar sig där lätt s. k. kanaler, varigenom dels luft upprusar och förbränner gas i generatorns överdel, dels kolsyra går oreducerad upp, bådadera orsakande en betydande försämring av generatorsgasen. Detta har Bildt nu med sin generator övervunnit. Densamma har, såsom av planschen synes, ett stångrost, under vilket ett blästerrör — vanligen med ångbläster — inmynnar. Upptill åter slutes generatorn av en apparat, som fått namnet Bildts automatiska uppsättningsmål och som består av överst en ifyllningstratt *f* samt under denna en kolbehållare *c*, vilande på generatorns täckhäll. Under denna behållares nedre öppning roterar en matarskiva *A* med tvenne snäckformiga fördelningsblad *b* och b_1 vilka vid skivans rotation jämnt fördela kolen över hela uppsättningsytan, så att stenkolslagret blir alldeles jämtjockt å rostet, och som denna matarmekanism arbetar hela tiden ugnen går, och kol efter kol nedfaller i generatorn, blir utvecklingen av de tunga kolvätena fullkomligt jämn och till följd därav även lågan i den gaseldningsugn, för vilken generatorn tjänstgör, alldeles jämn. Till driften av matarmekanismen åtgår $^1/_{10}$ hkr, och skivan kan ställas efter olika bränslegrovlekar från stybb upp till rätt stora stycken. För att underlätta rensningen av planrostet har generatorn på senare tider nedtill i stället för den murade manteln kring askrummet försetts med en höj- och sänkbar plåtkåpa, som medelst vattenlås kan fås att fullkomligt täta mellan rensningarna.

Dessa trenne generatorer, som alla höra till den 3:dje gruppen, beräknas så stora, att man vid en 15-tons ugn har en öppen rostyta av 2 m². Under iakttagande av detta räcka 2 stycken till en sådan ugn. För större eller mindre ugnar kan man så proportionera sig till behövlig rostyta efter bränsleuppgifterna i tabell LXXXIII. Skola de gå för stenkol hålles bränslelagret blott c:a $^1/_3$ så tjockt, som om de gå enbart med korthuggen ved eller med torv. Såväl stubbar som pinnar böra vara kapade i ungefär 200 mm långa bitar. Gjutgodset till dessa generatorer gjutes av 15, 20 eller 25 mm:s tjocklek, allt efter värmepåkänningen.

En förträfflig generator med mekanisk inmatning av stenkolen

medelst skruv, är konstruerad av P. Anderson i Arvika. Den ger genom den kontinuerliga inmatningen en synnerligt jämn gas.

Munkforstypen för generatorer skiljer sig från alla andra däri att i densamma bränslemassan uppbäres av murade balkar mellan vilka blästern inkommer och askan nedfaller. Dessa generatorer äro utmärkta för ett bränsle som ved, som ger litet aska.

Av i utlandet använda generatorer* är t. ex. Morgans (se pl. LXXXIX fig. 1) mycket använd. Densamma hör till grupp 2 d. v. s. saknar rost och har askan vilande på botten i en vattenbassäng och bör vid densamma vattnets kylande verkan sträcka sig så högt upp, att blästerrörets hatt därav skyddas mot förbränning. Poetter har förbättrat denna generator genom att utom det centrala blästerröret även genom en springa runt om väggen nedtill i generatorn inblåsa luft. Kerpelys generator tillhör åter gruppen 4. Densamma (se pl. LXXXIX fig. 2) är försedd med ett av z-järn bildat rost sammanhängande med den av en djup tallrik av gjutjärn bestående vattenbassängen. Ovanför z-rosten finnes en vid detta fastsittande omrörare. Tallrik med rost och omrörare roterar på under den förstnämnda befintligt kullager, medan den av vattnet släckta askan skrapas ut över tallrikens kant genom skevt nedstående orörliga skrapjärn. Allt efter som man sätter tallriken i hastigare eller långsammare rotation ökas eller minskas askutskrapandet och därmed även sjunkningen på beskickningen i generatorn. Den mekaniska inmatningens fart ökas eller minskas samtidigt. Det enda man kan hava att invända emot denna generator är att den förbrukar rätt mycket kraft, samt att den som alla vattenaskrumsgeneratorer ger något mera vattenånga i gasen än generatorer utan vattenaskrum. A. Wilsons generator (pl. LXXXIX fig. 3) skall hava vunnit mycket anseende i England på de sista åren.** Densamma skall förekomma de besvärliga sotningarna i gasledningarna utan att genom vattenrening eller dylikt nedsätta gasens temperatur eller göra densamma fuktig. För detta ändamål ledes gasen, som uttages på vanligt sätt uppe i generatorn, genom två kanaler ned under en tratt i ett reningstorn, som bara hålles fyllt med slaggstycken. Vid passerandet upp genom dessa avsättes så tjära och sot, och allt efter som det blir för mycket sot i de understa slagglagren utrakas de ur

* I Stahl und Eisen finnas uppgifter om och ritningar å följande generatorer: Talbots i 1908 sid. 1355, Morgans i 1907 sid. 699 och i 1905 sid. 391, Küppers 1911 sid. 1929 och 1635, Hilgers 1911 sid. 109, Wilsons 1912 sid. 24, Siemens nya 1905 sid. 389 och 1907 sid. 695, Reichs 1907 sid. 695, Blezingers 1907 sid. 697 och 1906 sid. 723, Buirés 1907 sid. 697, Rehmanns 1907 sid. 698, Zetsches 1907 sid. 698, Turks 1907 sid 701, Smidts 1907 sid. 702, Poetters 1907 sid. 702, Schlüters 1907 sid. 703, Duffs 1905 sid. 390 och 1907 sid. 703, Herricks 1907 sid. 704, Taylors 1907 sid. 705, Hughs 1907 sid. 706 och 707, Kerpelys 1907 sid. 705, Fraser-Talbots 1907 sid. 707, Pintschs 1907 sid. 709 och 710, Letombs 1907 sid. 710, Crossleys 1907 sid. 712, Riches 1907 sid, 711 och 1905 sid. 393, Lancauchez' 1907 sid. 712, Körtings 1907 sid. 712, Jahns 1907 sid. 713. I The Engineer 1911 sid. 500 o. f. återfinnas: Monds, Duffs, Dawsons, Deuwicks och Loomis. I Hütte åter Duffs, Kerpelys, Poetters och Erhart & Sehners.

** Se S. u. E. 1912 sid. 24.

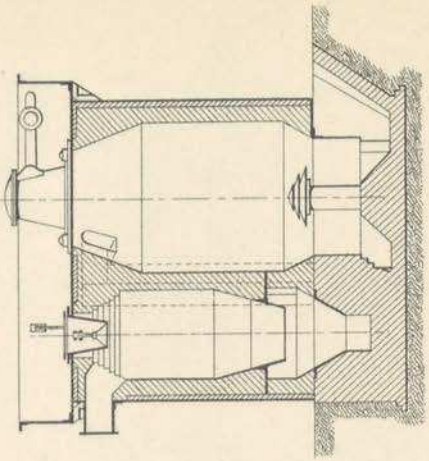


Fig. 3

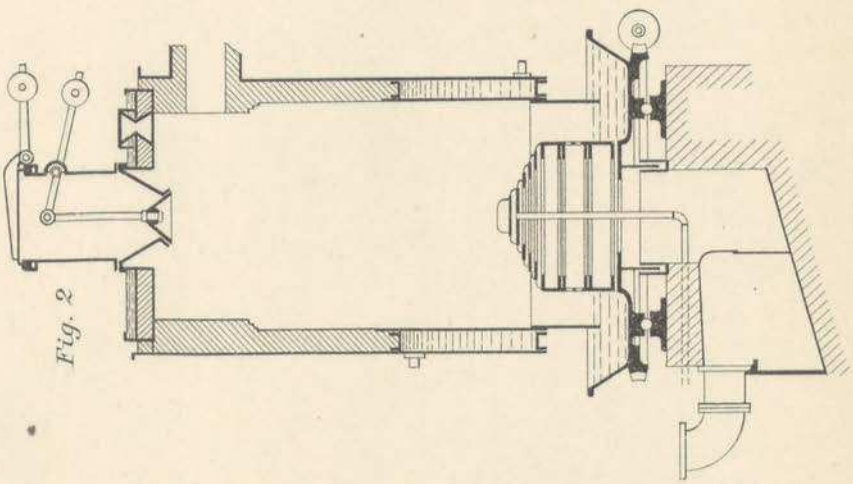


Fig. 2

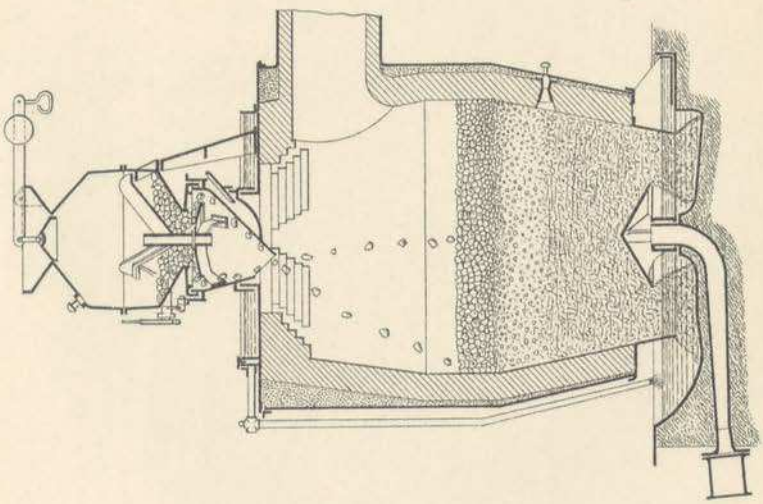


Fig. 1

Grav. av Emil Sacnse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

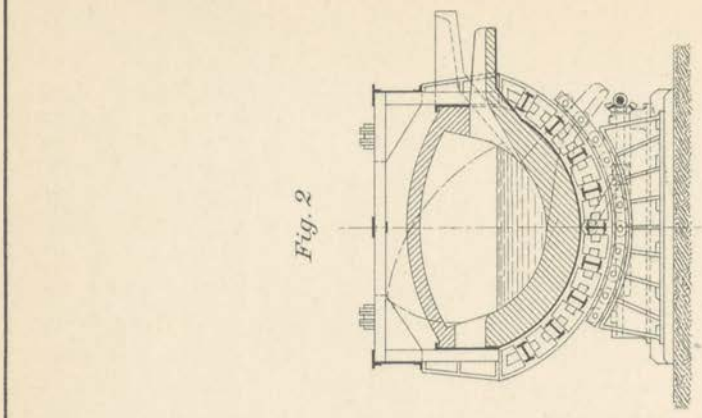


Fig. 2

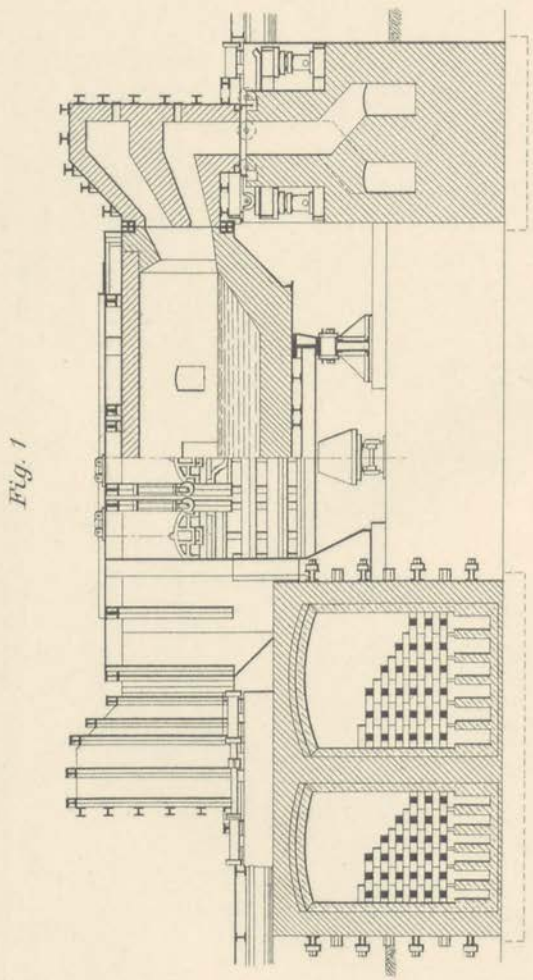


Fig. 1

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

Fig. 1

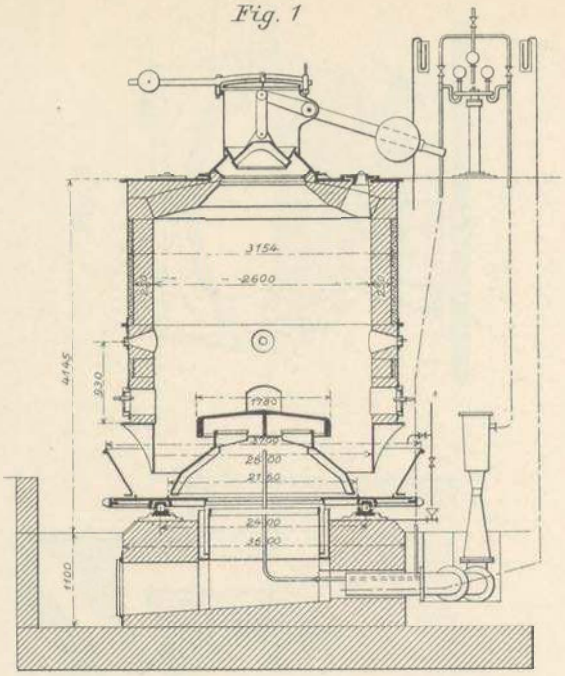
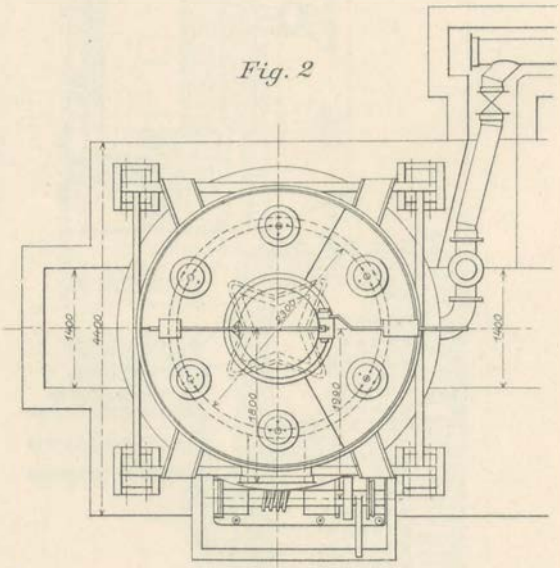


Fig. 2



Graf. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

undre trattens vattenlås, och sedan man sköljt av slaggstyckena uppsättas de på nytt, sen de fått torka, i tratten till reningstornet. Hilgers generator, som tyckes allt mera vinna förtroende utomlands, skall taga mindre kraft i anspråk än Kerpelys. Den har, se pl. XC, över blästerinloppet en stjärnformig huv, som rör om i askan och bryter sönder slaggrusorna samt skall med sur infodring kunna tjänstgöra för de flesta stenkolssorter och med basisk (magnesittegel) även för stenkol med synnerligen stor alkalihalt i askan.*

4:o. Blandarna. Dessa användas utomlands även vid martinverken ofta alldeles som vid bessemer- och thomasverken blott för att åstadkomma en jämnare tackjärnssammansättning, men sedan man lärde sig bygga dem regenerativa och att elda dem med masugns-, koksugns- eller generatorgas, så ha de alltmera tagits i anspråk för att även utföra en del av eljes martinugnen uteslutande tillkommande raffinerings- och färskningsarbete. Professor O. Simmersbach har över sådana blandare och över blandare i allmänhet lämnat en utmärkt klar och uttömmande beskrivning,** vilken även i Sverige förtjänar det noggrannaste studium, ty tvivel kan knappast råda om, att det vore skäl använda dylika blandare även vid några av de större svenska basiska martinverk, där man även har masugnar. Pl. XCI visar huru regenerativa, för förfärskning avsedda blandare äro konstruerade, men är vid planschens figurer att anmärka, att med flit längdprojektionen tagits från en blandartyp och tvärprojektionen från en annan, emedan ett kombinerande av dessa två konstruktioner nog skulle vara förmånligt.

Såsom av figurerna framgår, likna dessa blandare mycket de stjälpbara martinugnarna. Som man emellertid ej i de förra behöver på långt när den höga temperatur, som erfordras i de senare och således ej heller behöver använda så mycket gas i dem, kunna regeneratorskamrarna få avsevärt mycket mindre volym. En fördel till medför denna lägre temperatur, nämligen den, att allt murverk kan utan fara för avsmältning tagas tjockare eller beklädas med asbest eller med värmeskyddande poröst tegel, varigenom gasåtgången kan i högst betydande grad nedsättas. Detta är visserligen ej iakttaget vid de utländska mischers man sett konstruktionsdetaljer publicerade av, men vi i Sverige böra vid vårt dyra bränsle ha vår uppmärksamhet fäst därvid. Ugnsrummets väggar böra, som vid Deutsche Maschinenfabriks konstruktion (tvärgenomskärningen å pl. XCI) göras lutande, vilket är en i allo starkare konstruktion, än där de, som i martinugnarna, stå fullt vertikalt. Att våra blandare kunna eldas uteslutande med masugnsgas är fullkomligt säkert, och ingalunda behöva de få de utländskas kolossala dimensioner för att bli av även ekonomiskt värde. Varför man i utlandet behöver ha dem så stora är att tillskriva

* Küppers nya generator se S. u. E. 1911 sid. 637.

** S. u. E. 1911 sid. 253, 337 o. 387, sedan översatt i J. K. A. B. 1911 sid. 479 o. f.

därvarande ojämna masugnsgång, som nödvändiggör utjämning i tackjärnets kemiska sammansättning mer än nedsättning i dess legeringsämneshalt. Hos oss är det tvärtom, isynnerhet vid verk, som önska använda mycket stor tackjärnsprocent i martinhanteringen.

Elektriskt värmda blandare böra givetvis de verk fundera på, som ha på en gång god krafttillgång och masugnar, men hava annan användning för masugnsgasen. En elektrougn, som förträffligt skulle lämpa sig för sådant ändamål, är Rennerfelts, om man försåge den med flera ljusbågar och flyttade sidokolen på långväggarna i st. f. att de nu sitta i gavlarna. Man kan vid denna ugnstyp åstadkomma så fullständigt värmeskydd kring alla ugnsrummets partier, att utstrålningen blir den minsta möjliga, medan, då temperaturen i blandaren ej behöver gå över 1300°, dess basiska infodring komme att i alla fall stå förträffligt vid lag. Kraftåtgången för att hålla denna ugn vid relativt så pass låg temperatur bör bli mycket låg, när tackjärnet, smält, inskaffas direkt från hyttan. Jämfört med de murmassor man har att hålla varma vid de regenerativa gaseldade blandarna och de utstrålningsytor, som äro till finnandes vid dem, bleve Rennerfeltsblandarens minimala.

5:o. Skänkar, kokiller och sjunkboxar. Skänkarna, som användas vid martinverken, äro numera alltid lösskänkar och försedda med minst 2, ofta nog 4 stoppare. För att man skall kunna använda det senare antalet erfordras emellertid en stadigt gående skänk d. v. s. hängande antingen i s. k. krangaffel* eller i en vare sig elektriskt eller för handkraft å rallbana gående vagn, samt är dessutom då önskligt att kokillerna förses med bottentappar och placeras med dessa tappar i motsvarande hål i golvets grova tackjärnshällar. Skall man nämligen tappa i 4 kokiller på en gång, så är det nödvändigt, att dels kokillerna 4 och 4 ha alldeles fixt avstånd sinsemellan, dels att skänken ej har möjlighet att svaja eller vrida sig, som den vill göra upphängd i travers- eller på ketting i vanlig kran. Det är förstås ännu svårare att inrikta 4 tärningar än två eller en i en skänkbotten så, att ej en av stålstrålarna slår litet snett, men stå kokillerna fullt just, så kan man i alla fall ställa in skänken så, att det ej blir pågjutningsfel å detta göte. Skänken bör beräknas så rymlig, att man kan ha minst 1 fots tjockt slagglager på stålet i den, ty då står det senare fullt kvickt i skänken till tappningens slut.

Kokillerna vid martinverken skilja sig ej i någon mån från de i bessemerverken, annat än att hos oss i Sverige endast vid ett bessemerverk och ett thomasverk förekomma så stora kokiller, som vid en del av våra martinverk. Likaså är det med minsta kokillformatet, ty även det — 3″ 4-kant — torde ej användas vid bessemerverken men användes vid ett par martinverk för kvalitétståltillverkningar m. m. De största kokillerna kunna väl tillverkas med plana

* Ämnet Bergsmekanik.

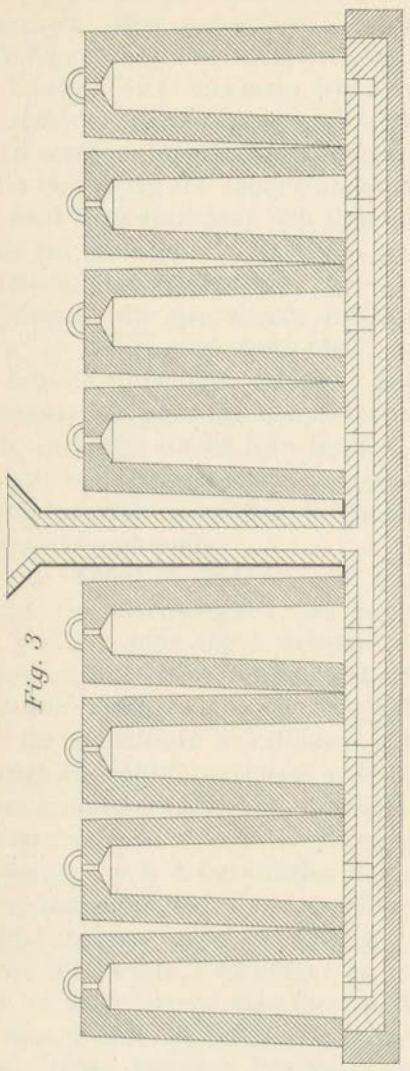


Fig. 3

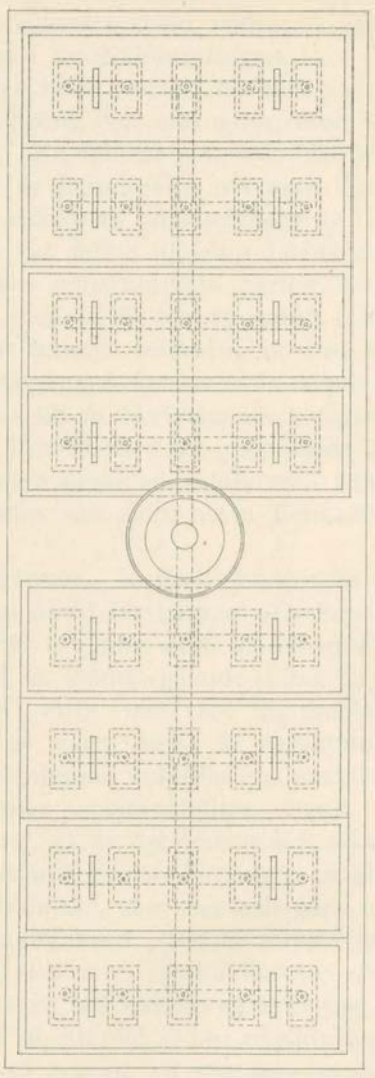


Fig. 4

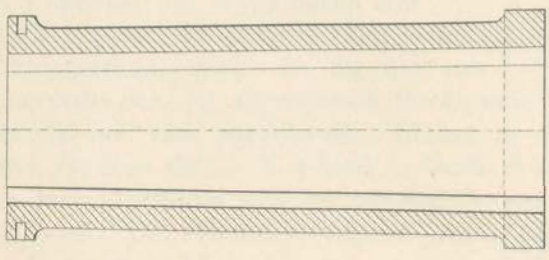


Fig. 1

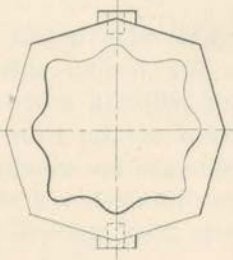


Fig. 2

Grav. av. Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

sidor vid 4-kantiga eller parallellepipediska göten, men vid göten för axlar eller kanoner ej med cylindriskt eller koniskt inre, ty då uppstå i götytan krympsprickor,* utan fasoneras de då såsom pl. XCII fig. 1 och 2 visa, med längsefter gående åsar. Ju grövre göten man gjuter, ju långsammare stelna de, och ju större bli olägenheterna av utsegringarna av stålets olika legeringsämnen. Så t. ex. anför C. Wallman** från tvenne 3-tons göten följande skillnader i sammansättning toppändan och i fotändan:

		P %	S %	C %	Summa %
Göte A å 3030 kg:	botten	0,013	0,023	0,058	0,094
	topp	0,023	0,067	0,095	0,185
Göte B å 3060 kg:	botten	0,012	0,022	0,064	0,098
	topp	0,025	0,068	0,095	0,188

Vid högre kolhalter blir skillnaden i kolhalt vida betänkligare mellan topp och botten, men vid så mjuka som dessa, är det blott skillnaderna i svavel- och fosforhalter, man behöver frukta. Om man icke vidtager några extra försiktighetsåtgärder, så bli emellertid sammansättningarna i götenas kärn- och ytgods ännu mera olika isynnerhet till kol, kisel och fosforhalter, varjämte stora svavelkörtelbildningar uppstå, och sträcker sig denna materialolikhet långt ned i götena, ehuru avsevärdare uppåt än nedåt. Ju längre man dock kan hålla götets överyta och överdel smält, ju mindre djupt ned i detsamma sträcker sig ojämnheterna och ju mera koncentrerade bli de upp emot götets överyta, och därför är sjunkboxanvändning på stora göten alltid av stor nytta, isynnerhet om man, antingen innan boxen fylles, ikastar termit och så tappar fullt, då man i densamma får ytterst övervarmt stål, som man så genast täcker med het sand, eller man håller stålytan i götet smält medelst blåsrörslåga. Harmets förfaringssätt*** att genom sammanpressning av det flytande stålet förekomma pipe- och blåsbildning hjälper ej emot segringarna, men däremot skall ett av C. Canaris omnämnt sätt att använda termit förekomma såväl blås- och pipebildningar, som utsegringar. Detta sätt,† som t. ex. alltid användes för alla stora plåtgöten vid det stora plåtverket Schults, Knaudt & C:i i Essen, består i, att termiten i bleckkardus medelst en järnten nedtryckes (så långt ned som möjligt) i det nära fyllda stålgötet, så fort litet ytgods stelnat. Det inträder då en häftig uppvallning, genom att gaserna rusa upp. Stålet sjunker så till fullt en »handsbredd», men man fyller då genast på till lika höjd igen från skänken med varmt stål. Det av termiten bildade 3000°

* Grova göten få aldrig smidas under 700° temp., utan måste värmas om, då de komma ned i värme så långt.

** S. u. E. 1912 sid. 309 o. 310.

*** S. u. E. 1912 sid. 1189 med flera där angivna uppsatser.

† Se utförliga rapporter i S. u. E. 1912 sid. 303 o. 1579.

heta järnet rusar upp till överdelen och blandar sig med det påtappade, och överpartiet står sedan länge smält under pålagd varm aska. Troligen vore det dock här bättre att även använda sjunkbox.

Små göten gjutas bäst på det sätt, som jag 1883 beskrev i J. K. A. (se pl. XCII fig. 3 och 4), och det jag då efter engelskt mönster införl vid Kallinge martinverk, där det ännu med fördel användes ehuru nu för 7″-göt (då 6″ × 3″:s). Alla kokillerna, 34 st., stå på en gemensam bottenhäll ordnade i 9 rader med endast ett itappningsrör. Varför kokillerna nu förstorats är emedan man nu fått större martinugn (då 2-tons, nu 15-tons) och götvalsverket förstärkts. Sättet användes fortfarande med stor fördel mångenstädes utomlands, t. ex. i Resicza och i Krompach* och där bland annat med 63 kokiller av 140 × 140 mm eller än flera av 120 × 120 m och blott 60 kgs styckevikt. Kokiller och göten avlyftas där snabbt och bra radvis.

Vi gjuta våra kokiller här i Sverige vanligtvis av träkolstackjärn, ofta direkt från masugnen, så att vi, då de blivit förbrukade, kunna sätta in dem i martinugnen. Eljes rekommenderas i Tyskland såsom hållande 250 tappningar kokiller av ett gjutjärn sammansatt: 3,3—3,5 % C, 2,2 % Si, 0,16 % Mn, 0,08 % P och 0,06 % S. P- och S-halterna kunna ju hos oss tagas vida mindre, men kanske väl vore i martinugn söka åstadkomma järn till kokiller med de här angivna C-, Si- och Mn-halterna! I Tyskland har man emellertid på sista tiden lyckats åstadkomma av martinstål gjutna kokiller av mycket stor uthållighet,** patent Thiele. De göras så, att på sidorna fastgjutas till ett viss djup kortare längs med kokillen gående rälsstumpar, som sedan hindra stålkokillen att slå sig och ändra form.

6:o Chargeringsmaskiner börja allt mera att användas i martinverken såsom sparande både människoarbete och tid.***

b. Martinprocessens utförande.

1:o. Generatorernas skötsel; masugnsgas och koksgas användande.

När en vedgenerator skall igångsättas fylles den helt enkelt med bränsle till den vanliga lagerhöjden, varefter man sätter eld i alla rost och låter att börja med röken — senare gasen — utgå i fria luften till dess man ser, att det över hela rostytan råder full fyr. Dessförinnan kan man nämligen ej vara säker för explosion, om gasen insläppes i en regenerativ ugn, ty så länge någonstädes i rostytan är fritt från eld, inkommer där luft, som oförändrad uppgår och blandar sig med den på de andra ställena i generatorn bildade gasen. Allteftersom bränslet i generatorn sjunker, påfylles så nytt och generator-

* Se S. u. E. 1911 sid. 1918 o. f.

** S. u. E. 1911 sid. 1285.

*** Tillhöra ämnet Bergsmekanik.

karlen har blott att se till, att den konstanta höjden hålles och att ingenstädes uppstår — genom upphängningar eller ojämna undanbränningar — några tomrum eller »eldkanaler» i bränslemassan. Varhelst han märker sådana, skall han söka spetta tillsammans bränsle i dem, ty om det ock ej får gå så långt att t. o. m. fritt syre kommer upp genom dem till bränslets okolade lager, så händer dock, att osönderdelad kolsyra gör det, och då erhåller man en för kolsyrerik och därför mindre värmegivande gas än som sig bör. Vedgasen bör vara vitgul, ångande, ej blå och genomskinlig, ty det senare är ett givet tecken till att i bränslemassan finnas »eldkanaler».

En torvgenerator fyller man vanligast nederst till något över översta trapprostet med torr ved och spån och först därpå med torv men eldsätter och sköter den i övrigt alldeles som en vedgenerator. Torvgasen är vanligen ännu gulare och tjockare än vedgasen till följd av tjockare tjärångor. Båda generatorslagens rostytor hållas med krok och spett väl rena från aska, men man bör vid »askningen» = rensningen av dem väl akta sig för att raka med ned oförbränt bränsle. Användes pinnved eller sågavfall, blir det ytterst obetydligt med aska, vilken såsom ej bildande svårare rusor är lätt att nedraka från rosten. Något mera aska ge stubbarna och äro dessa från ler- eller mosandmarker, så kunna de giva en aska, som har mycket lätt att sintra samman i stora rusor, då det är svårare att kroka fram dessa mellan rostgallren utan att samtidigt få ned för mycket oförbränt bränsle. Olika torvsorter giva ävenledes mycket olika sammanrusande aska och vad kvantiteten aska angår ge ej blott torv från olika mossar olika askmängd utan i regel torv från samma mosses olika lager så ock. De översta lagren i mossen hålla minsta, de understa högsta askhalten.

Ju mindre den öppna rostytan i generatorn är i förhållande till den per tidsenhet förgasade bränslemassan, ju större och svårare blir rusbildningen och ju slaggigare och hårdare rusorna. För att rosten må bättre skyddas, hava vi under desamma vattensamling, men att i torv- eller vedgeneratorer använda ångbläster eller tilleda ånga alls är skadligt, alldenstund dessa bränslen, torv och ved vanligen hålla så mycket fuktighet, att gasens kolsyrehalt blir alldeles för hög, om en del av det glödande bränslelagrets värme tages i anspråk för vattenångas reducerande.

En stenkolsgenerator förses också vid igångsättandet underst med ved. Detta vedlager tages emellertid betydligt mycket tjockare än vid torvgeneratorn, såvida man ej har koks, som man kan fylla i ovanpå veden. Vanligtvis gömmer man dock den koks, man vid sista nedblåsningen rev ur generatorn, till påfyllningen eller tager köpkoks och fyller med över vedlagret, samt börjar med stenkolsuppsättningarna först sen värmen kommit upp till koksens överyta. Om man nämligen genast på veden lägger stenkol och dessa äro något bakande,

får man ett kokslager, som är sammanhängande och tätt samt mycket svårt att spetta sönder, och ofta för dagar hindrande fullt jämn och god gasbildning i delar av generatorns bränslemassa. Även under rosten i stenkolsgeneratorer (med fasta rost) har man vatten stående, vari askan får nedfalla och släckas. Detta vatten bör ej genom för riklig tilledning hållas alltför kallt, ty det är bättre, om det blir en riklig avdunstning, såvida vanlig torr bläster och ej ångbläster användes. Ångan från vattnet svalkar då rosten och hindrar i någon mån slaggrusebildning. Ännu kraftigare motverkande uppkomsten av rusor är det, om ångbläster användes eller luftbläster inledes genom ett rör och vattenånga genom ett annat. Men som vattenångan uppgår delvis osönderdelad, om för mycket och för våt ånga insläppes, bör densamma (av 4 à 6 atm. tryck) införas överhettad och ej till större mängd, än att stenkolsgasens vätehalt ej överstiger 12 vol. procent. W. A. Bone och R. V. Wheeler ha emellertid* tyckt sig finna, att blandningen vattenånga—luft ej bör vara varmare än 60° och ej svalare än 50° för att bästa, mest värmegivande mischgas må erhållas. De fingo då vid sina experiment en gas sammansatt i vol. % CO_2—2,5, CO—30,6, H—12,4, CH_4—3,0 och N—51,5. 21 kg ånga åtgick då per 100 kg stenkol. Varför ånginledning eller ångbildning under rosten verkar förmånligt vid stenkolsgeneratorer men ej vid de andra är, som redan i Allmänna Metallurgien läres, därför, att gaserna av ved och torv ha en bildningstemperatur av föga över 100°, medan luftstenkolsgasens är 650°—750° allt efter stenkolens sammansättning, vilket värme delvis förloras genom utstrålning vid gasens framledande genom rör till martinugnen. Om ånga får medfölja blästern, åtgår för ångans sönderdelande en del värme, som sedan vid det så uppkomna vätets förbrännande i martinugnen återvinnes. Man skall försöka fördela bränslet i en stenkolsgenerator så, att man kan före varje ny påfyllning konstatera att bränslelagret överallt i kolstyckenas mellanrum lyser med samma ljusstyrka. Synes det någonstädes ljusare är det ett säkert tecken till, att därunder inkommer mera luft och uppgår mera gas, än vid de mörkare ställena, och då måste hopspettning ske i det ljusare partiet och mera bränsle makas dit. Bränslelagrets tjocklek bör avpassas, dels efter kolens kemiska sammansättning, dels efter deras grovlek. Ju stybbigare, småkolsrikare, ju mera backande och feta de äro, ju tunnare skall bränslelagret hållas och tvärtom vid torrare och magrare samt grovstyckiga kol. Ju fetare kolen äro, i ju mindre portioner böra de också uppsättas, om ej sammanbakning skall bli för svår att förhindra.

Igångsättningen av en generator med vridrost får ske på något olika sätt. Man ifyller då i denna först gammal väl koksfri slagg och aska till 300 mm höjd över toppen på rosthuven. På detta väl avjämnade slagglager läggas så ett 300—500 mm högt lager torr och

* S. u. E. 1908 sid. 1592.

finspinkad ved samt på veden ett 500—800 mm tjockt lager torra och grova stenkol eller ock grov och bra koks. När man vill sätta eld nedhälles genom uppsättningstratten 1 till 2 pytsar tunn tjära eller rå petroleum, gammal smörjolja eller dylikt och nedkastas sedan en stor brinnande sudd, använd oljig trassel, som då tänder de oljiga kolen. Först när man ser, att såväl ved som kol kommit väl i full brand, så uppsätter man ytterligare 300—500 kg grova stenkol, och, då även dessa tänt sig, påfyller man ett lager småkoks för att dämpa röken. Är generatorn nymurad, får man gå några timmar endast med drag, eljes kan man strax draga på svag bläster samt efter 8 à 10 timmar (enl. K. Munzel) skicka gasen till martinugnen. När blästern dragits på, igångsättes vridningen av rost- och plåtmantelnederdel men askskyfflarna inläggas ej, ty att börja med sjunker asklagret bara genom vridningen samman c:a 250 mm. Först då man med stoppspettet övertygat sig om, att slagglagrets höjd behöver minskas inläggas skyfflarna och slaggutmakandet börjar. Undersökningen tillgår så, att spettet kraftigt nedtryckes genom bränslet ned i asklagret, får stå så ett par minuter samt så hastigt utdrages, då man ser på huru långt ned det är glödande ifrån den punkt, som var nere vid generatorns täckplåt, huru djupt ned det är glödande kol och var askan vidtager. Under gången undersöker man på samma sätt om asklagret står jämhögt eller högre vid väggarna än vid rosthuven. Är det senare händelsen avstannar man rostrotationen och makar med en handraka ut så mycket slagg från lagret närmast väggen tills man med spettet finner, att slagglagrets överyta är något så när jämn överallt. Innan man åter sätter gång på rostet, stöter man runt väggen till bränslemassan med stoppspettet, eljes kommer förgasningen att bliva livligare där än i centrum. Munzel omtalar att Peiner Walzwerke har låtit patentera en skyffelkonstruktion, som motverkar det för hastiga sjunkandet av kärnslaggmassan.

Engelska stenkol, som vi ju mest använda oss av, fordra mindre ångpåsläppning till motverkande av slaggrusbildning än de westfaliska kolen, till följd av de förras surare slaggbeståndsdelar. Vid dessa generatorer *kan* man använda fetare stenkol än vid de med fasta rost, men eljes gäller, att gasen blir bättre, om man använder magra kol i dem. Med engelska kol av den sort, vi här använda, är bäst gå med c:a 1 m bränsleskikt, vid magrare kol, t. ex. de skånska kan man taga det 1,5 à 2 m tjockt.

Vad nyttan av de *mekaniska beskickningsapparaternas* arbete beträffar, så äro meningarna utomlands ganska delade. Anhängarna påvisa dessa apparaters förtjänst att vid planrost eller vridrost åstadkomma ett fullkomligt jämnt bränsleskikt och jämn avgasning, motståndarna åter deras kraftförbrukning samt att de vid stybbiga kol åstadkomma att mera kolstybb ryker in i gasledningen, vartill kommer, att generatorskötaren insöves i säkerhet, så han ej så

noga övervakar uppståendet av eldkanaler och genom nedmakande av bränsle från andra håll avhjälper felet. En konstruktör av sådan apparat invänder visserligen, att man med den kan genom dess fasthållande en stund över hålet i bränslemassan, fylla detta med nya kalla kol, men det vore att göra skadan etter värre, åtminstone vid bakande kol, ty då uppstode i stället där en för blästern ogenomtränglig hopbakad koksklump. Ojämna kol i dels små, dels stora stycken gå ävenledes ej bra att använda vid de allra flesta sådana apparater, ty de stora styckena fastna allt ibland, görande att långa stunder intet bränsle alls rasar ned i generatorn. Man har visserligen konstruerat en apparat, som krossar de grova kolen och samtidigt gör uppsättning, men den drager än mera kraft, än de andra.

Masugnsgas använda vi oss mycket av här i Sverige för martinugnarnas värmande. Man använder då densamma dels för martinugnens förvärmande efter ommurning, dels ock under gången. Vid ett av våra martinverk går man hela tiden med huvudsakligen hyttgas endast hjälpt av generatorgas av sågverksribb och spån, båda sura från flottat virke. Går endast en hytta, så åtgår utom masugnsgasen från den, 200 hl ved per charge, gå båda hyttorna, nedgår vedåtgången till 60 hl. Vid ett annat verk, där ena martinugnen får hjälp av något masugnsgas, den andra inte, åtgår vid den förra 23,5 kg, vid den senare 26,9 kg stenkol per 100 kg stål. Vid ett tredje verk åtgår, då masugnsgas ej står att få (då båda hyttorna äro nedblåsta) 33,4 % av stålets vikt stenkol (sjunkhuvudena å götena ej inräknade i stålet), när en hytta går nedgår stenkolsåtgången till 24,8 % och vid blåsningen i båda till 21,3 %. Vid ett fjärde verk, där man, så gott det gått, mätt upp den vid en martinugn använda masugnsgasen, har man trott sig finna, att per timma åtgick 790 m^3 av densamma tillsammans med gasen av 319 kg stenkol. När åter under lika lång period (14 dagar) ingen masugnsgas användes, åtgick per timma 406 kg stenkol. Där skulle således 406 — 319 = 87 kg stenkol motsvarat 790 m^3 masugnsgas. Vid ett femte verk, där man använder uteslutande stubb- och pinnved i generatorerna samt har två masugnar och 1 sur 15-tons martinugn samt 1 basisk 20-tons, åtgår

vid	den	förra	utan	användning	av	masugnsgas	per dygn	624,8	hl ved
»	»	»	med	»	»	»	» »	296,8	» »
							Skillnad	328	» »
»	»	andra	utan	»	»	masugnsgas	per dygn	1101	» »
»	»	»	med	»	»	»	» »	678	» »
							Skillnad	423	» »
vadan vid båda ugnarna sparas tillsammans								751	» »

Detta blir med ett vedpris av 31,3 öre per hl en besparing av 235,06 kr. per dygn och vid årsdrift av 260 arbetsdygn 61,115 kronor, vilka siffror på gott sätt framvisa hyttgasens värde. Masugnsgas ger

emellertid per m^3 räknat avsevärt mindre antal värmeenheter än generatorgasen, varför av den förra måste inkastas för ernående av samma effekt vida större volym i ugnen, vilket måste havas i minne, när man beräknar kanal- och regeneratordimensioner för martinugnar, som skola gå med mycket stor procent hyttgas.

Koksugnsgas börjar man i utlandet allt mera använda i martinugnar* och som denna gas har en sammansättning liggande — kan man säga — mitt emellan generatorgas och naturlig gas, så utgör den ett synnerligen förträffligt bränsle för martinugnar. Professor O. Simmersbach har likasom mr A. P. Scott** och andra*** behandlat ämnet: martinugnars drivande med koksugnsgas, och ehuru deras redogörelser ej torde ha fullt ut lika stort intresse för oss i Sverige som i utlandet, så kan dock vara skäl göra ett utdrag från desamma. Skola emellertid de generatorgasanalyser, de anföra i sina jämförelser mellan koksugnsgasen och de andra i martinugnarna använda gaserna, vara ett uttryck för generatormischgasernas generella sammansättning, så ha vi det allt bra mycket bättre ställt vid våra martinugnar med deras gasförhållanden!

Analyserna visa i vol. %:

Gassort	CO_2	CO	H_2	CH_4	C_2H_4	O	N	Värmevärde per m^3
Masugnsgas†	13,0	24,0	3,0	—	—	0,6	59,0	820
Generatorgas †	7,5	19,8	12,3	1,3	—	—	59,6	1069
» ††	2,8	30,2	14,1	—	—	—	52,9	1293
» †††	6,0	20,0	10,3	2,8	—	sp	60,9	1122
» medeltal	5,4	23,3	12,3	2,0	—	—	57,8	1161
Koksugnsgas†	2,4	5,8	46,5	26,9	—	—	18,4	
»	3,4	5,6	47,7	30,3	—	—	13,0	c:a 4100
»	2,9	5,7	47,1	28,6	—	—	15,7	
»	9,9	12,5	7,3	35,8	—	—	34,4	
»	2,8	6,2	44,4	25,2	—	—	21,4	
»	2,4	5,0	47,7	32,1	—	—	12,8	c:a 4050
»	2,6	5,6	46,0	28,7	—	—	17,1	
»	8,8	12,0	7,1	35,4	—	—	36,7	
Koksugnsgas ††	1,8	8,3	47,6	34,0	4,5	0,2	3,5	5518
»	2,0	4,0	52,0	21,8	—	0,2	20,0	4200
»	2,2	6,0	44,0	33,0	—	—	14,8	4689
»	3,0	5,2	50,5	29,3	—	—	12,0	4512

* Se t. ex. S. u. E. 1911 sid. 36, 1993 och 2094 samt 1912 sid. 61.

** J. A. 1911 sid 538.

*** T. ex. Petersen S. u. E. 1910 sid. 13. Amende S. u. E. 1910 sid. 81, Terpitz S. u. E. 1910 sid. 1029, Wigny S. u. E. 1911 sid. 36.

† S. u. E. 1911 sid. 2098.

†† S. u. E. 1911 sid. 1994.

††† S. u. E. 1912 sid. 61.

Gassort	CO_2	CO	H_2	CH_4	C_2H_4	O	N	Värmevärde per m^3
Koksugnsgas	3,6	6,0	48,2	24,1	—	—	18,1	3967
»	3,0	6,4	41,0	26,5	—	—	23,1	3987
»	2,2	6,8	39,6	30,3	—	—	21,1	4322
»	2,4	9,0	41,4	24,8	—	—	22,4	
»	3,0	9,8	42,6	22,2	—	—	22,4	c:a 3600
»	2,7	9,4	42,0	23,5	—	—	22,4	
»	8,1	17,9	5,7	25,6	—	—	42,7	
»	3,0	8,4	45,3	30,8	—	—	12,5	
»	2,8	7,4	44,7	29,9	—	—	15,2	c:a 4300
»	2,9	7,9	45,0	30,4	—	—	13,8	
»	9,7	16,8	6,9	37,1	—	—	29,5	
Koksugnsgas ** . . .	1,5	6,0	57,0	22,5	—	—	13,0	3608
»	6,5	10,4	38,7	16,4	2,0	1,2	24,8	3029
»	3,2	6,3	41,6	29,6	2,8	0,4	16,1	4240
» . medeltal .	3,8	8,1	41,8	28,2	0,3	0,1	19,9	4087
Naturlig gas*, ** . .	0,0	0,3	3,0	91,8	2,2	0,2	2,5	8298
» *** . . .	0,6	0,6	22,0	67,0	6,0	0,8	3,0	7939
»	0,3	0,6	1,4	93,6	0,3	0,3	2,8	8802
» . medeltal .	0,3	0,5	8,8	84,1	2,8	0,4	2,8	8346

Simmersbach förklarar fördelarna med koksugnsgaseldningen vara:

1:o högre ugnstemperatur och större produktion,
2:o jämnare förbränning och mindre bränslekostnad,
3:o behov endast av luftregeneratorer och således billigare byggnadskostnad,
4:o enklare blockkonstruktion med mindre reparationskostnad och
5:o billigare fabrikationskostnader.

Vad satsen 3:o angår, torde jag ej behöva med siffror visa, att man även vid användande av koksugnsgas gör ekonomiskt klokt i att bygga även gasregeneratorkammare!†

Naturlig gas†† användes i Amerikas förenta stater där densamma ställer sig billigare än stenkol. Man bygger då ugnarna med endast luftregeneratorer, en dumhet, ty man kan då ej fullt utnyttja

* S. u. E. 1912 sid. 61.

** Se för övrigt de av O—a i Wiborghs Järnets Met. anförda analyserna.

*** S. u. E. 1911 sid. 1994.

† Sedan detta skrevs har A. Greiner hållit ett föredrag i Iron and Steel Institute omtalande jämförande resultat med koksgas i martinugn i Seraing.

Gaserna höllo %:	CO_2	CO	CH_4	H	N	v. e.
Generatorgasen . .	6,0	23,4	5,9	2,2	62,5	1274
Koksugnsgasen . .	1,5	6,0	22,5	57,0	13,0	3640

Vid användning av generatorgas var ugnsrumstemperaturen 1755°, dygnsproduktionen 39 ton, avbrännan 5,5 %, stenkolsåtgång per ton stål 300 kg. Vid koksugnsgas resp. 2024°, 49 ton, 4 % och 325 m^3 gasåtgång per ton stål. Tackjärnsåtgången minskas från 40—21 % i chargen. Ugnsvalvet stod med generatorgas 2624 ton, med koksugnsgas blott 2194 ton.

†† Om martinugn för naturlig gas se S. u. E. 1905 sid. 227.

regeneratorsidén utan skickar onödigt med värme till skorstenen. Detta slöseri kommer dock oss ej vid. Petroleum användes där ock och lika så i de Ryska martinugnarna och hänvisas angående detta dels till Pawloffs förutnämnda album, dels till Hofmans: An outline of the Metallurgy of Iron and Steel.*

2:o. *Tackjärnsblandarnas skötsel.*

För att ej redan från början få en seg svavelhaltig slagg i blandaren, tork- och påeldas denna ej med stenkol utan uteslutande med ved, ända till dess, att dess temperatur kommit upp till sådan höjd, att man utan explosionsfara kan insläppa masugns- eller generatorgas och fortsätta eldningen därmed. Denna temperatur är ljus rödvärme. Bäst är därvid, om blandaren ej är regenerativ, att man, när ugnen blivit något varm, genom avtappningshålet insticker ett blästerrör ned mot elden, ty då påskyndas uppvärmningen avsevärt. En regenerativ blandare eldas ävenledes först med ved och under ventilomkastning till att börja med varannan timme, men vid densamma behöver man förstås ej leda till blästern genom särskilt rör utan låter den passera luftregeneratorerna, varvid man dock iakttager, att skorstensspjällen redan från början regleras, så att ej gaskamrarna uppvärmas högre än luftkamrarna. D. v. s. de förras skorstensspjäll skall vara föga, de senares fullt uppdraget. När man fått upp temperaturen inuti blandaren till c:a 1200°, kan man börja intappa tackjärnet, varmed sedan fortfares utslag för utslag, tills blandaren fyllts, medan samtidig avtappning sker till martinugnarna allt efter behov. Malm och kalk inkastas — vid förfärskningsblandarna i större proportion än vid de andra, dock alltid så mycket, att infodringen ej må frätas av eljes uppstående kiselsyrerik slagg, men även för ernående av bättre svavelrening, ehuru en viss svavelrening inträffar även vid sur slagg, såsom vi veta från de elektriska ugnarnas drift. I ej regenerativa ugnar är det svårt att få slaggen att hålla sig kvick, isynnerhet i det kalla draget från in- och urtappningsgluggarna, och där brukar man utomlands nödgas kvicka upp den med borax, men troligen skulle vi kunna göra det lika bra med titanhaltig järnmalm t. ex. Tabergs eller Routivares, ty de ha i Bergsskolans elektriska försöksugn vid Hagfors visat sig såsom ypperliga slaggkvickningsmedel. Håller man slaggen nog kalkbasisk, så är frätningen å ugnsfodert vid vanliga tackjärnsblandare ytterst obetydlig. Vid de regenerativa förfärskningsblandarna åter är den mera avsevärd, och vid dem får man därför oftare avställa hela blandaren för reparationer. Går man med hög temperatur (1400 à 1500°) i dem, vilket behövs vid de förfärskare, där man vill färska ned avsevärt, t. ex. till 2 à 2,5 % C, så kan man dock laga av alldeles som i en martin-

* Samt till S. u. E. 1910 sid. 1105, och 1911 sid. 843, 1022.

ugn, i det att man tappar av mera av innehållet än vanligt, så att »fräthyllan» blir åtkomlig och så breder på och sintrar fast ny massa. I Tyskland måste blandarna avställas under söndagsdygnen, hos oss skulle detta väl ej behövas, där de kunna betraktas såsom tillhörande masugnen — således ej martin- eller bessemerverken — och där arbetarna skulle hava lika stort intresse som verket av att hålla dem i ständig gång. Genom att i blandarna kiseln fullständigt bortraffineras, minskas sedan frätningen i martinugnen betydligt. En färskningsblandare behandlas alldeles som en martinugn, och slaggen avtappas allt ibland samt ersättes med vare sig uteslutande nya färskmalms- och kalkkvantiteter eller även med slagg från martinugnen, vilken slagg, såsom då kiselsyrefattig, kan göra god tjänst i blandaren. I blandaren renar man ju mest från kisel och svavel, men även något från fosfor, om man färskar ned till inemot stålgränsen $2^1/_2$ à 3 % C. Härom se vidare nedan i avvikande förfaringssätt vid martinmetoden.

I stora oeldade blandare sjunker tackjärnets temperatur med från 45 till 100° allt efter chargestorleken, i de eldade åter står den antingen stilla eller stiger rätt avsevärt. Det förra vid de blandare, där man inga regeneratorer har, det senare vid dem, där man har både gas- och luftkammare. Simmersbach anger ända upp till mellan 1400—1500°. Han säger ock, att en 200-tons färskningsblandare erfordrar generatorgas av 8 ton kol i dygnet eller av masugnsgas 2000 m^3 i timmen. Vid våra träkolshyttor skulle vi givetvis kunna nöja oss med 30 à 40-tons blandare och motsvarande mindre gasförbrukning, blott vi byggde desamma med per m^3 gas lika rymligt tilltagna kammare, som dem vi ha vid martinugnarna. Små oeldade mischers på 130—150 tons svavelrena järnet föga (7—26 % av ursprungliga svavelhalten), eldade mischers åter rena avsevärt t. ex. en av Simmerman omnämnd som med blott $^1/_2$ % järnmalms- och $1^1/_2$ % kalkstensåtgång per ton tackjärn tar bort 50 à 60 % av S-halten. Malmen höll dock då 3 % mangan, och bör man för resten alltid använda manganhaltig järnmalm vid blandarna. Håller man temperaturen i färskningsblandarna hög (1400—1500°) inträffar emellertid ingen avsevärd fosforrening. Vill man förutom svavel- och kiselrening ha avsevärd nedfärskning i blandaren, får man förstås öka malm- och kalkpåsättningarna därefter.

3:o. Martinugnarnas skötsel.

En nybyggd martinugn måste först behörigen torkeldas och denna torkeldning får ej för mycket forceras, ty då spricker murverket sönder. Långsammare torkeldning bör användas vid vintermurad än vid sommarmurad ugn och under första skedet av torkeldningen böra växelventilerna stå på »halvspänn», d. v. s. så, att rökgaserna från det i ugnsrummet brinnande bränslet gå i lika mängd

ned genom båda blocken och ugnssystemets båda sidor således uppvärmas och svälla samtidigt. Är ugnen endast nyreparerad torkeldar man kortare och en mindre ugn kan eldas i hastigare tempo än en större. Har man en ugn med basisk infodring och med stampad botten, så utbreder man på densamma först ett lager grovt stångjärnsavhugg eller ett lager billets för att hindra botten att »resa» sig. Eldar därefter litet i skorstenen för att skaffa drag samt gör så upp en liten eld i själva ugnsrummet. Denna brasa ökas så småningom, och när man fått upp ugnsrumstemperaturen till rödvärme, kan man — där man så har tillgång till — genom ett rör insatt i utslagshålet även inleda masugnsgas. Vid en stor vintermurad ugn är det bra att låta denna första eldning pågå 3 à 4 veckor. Efter mindre reparationer, då blott ugnsrummet och bloken ommurats och regeneratorkamrarna rensats, kan man nöja sig med att elda med ved blott 3 à 5 dagar och med masugnsgas i två, samt därpå insläppa generatorgasen, men innan den senare påsläppes, bör växelventilerna få stå omslagna åt ena sidan ett par timmar, samt slås över åt andra sidan strax före gaspådraget, så att generatorgasen och blästern få passera väl förvärmd kammare, innan de tända sig i ugnsrummet, ty eljes kan explosion inträffa. Efter två timmar omkastas ventilerna ånyo och sedan en gång i halvtimmen tills hetshetta erhållits. När gasen skall insläppas är bäst att öppna alla ugnsluckorna, ifall explosion skulle inträffa, på det att ej ugnsrums- och kammarvalv må taga skada. Vid sura ugnar tager man från generatorgasens pådragning upp till full hets på ungefär 3 dygn, samt kan då på den färdigsintrade botten insätta charge. Skall man i basisk ugn insintra botten rensas ugnen först och sedan tager man vanligen rätt raskt upp temperaturen till sintringsvärme, sedan utslagshålet igensatts med dolomitmassa samt lägger så in och sintrar till lager för lager, och bör varje lager kännas degigt, innan ett nytt inkastas. Sådan sintring tager, allt efter massans tjocklek, 16 till 36 timmar. På basisk botten insättes sedan så mycket basisk martinslagg i knytnävsstora bitar, att badet blir fullt av smält slagg, som får stå i 8 timmar, då utslag göres, varpå utslagshålet igen igensättes med bränd dolomit och uppvärmes ytterligare under 4 timmar, då litet mera slagg samlar sig vid utslagshålet. Sedan denna avtappats och utslagshålet på nytt igensats — nu ytterst noga, kan ugnen chargeras. Chargeringen och chargernas skötsel sker mycket olika såväl vid de olika processerna, den sura och den basiska, som inom vardera vid olika verk, och för olika stålsorter.

α. Chargering i sura ugnar och skötseln av sura charger:

Charger för mjukt stål skötas i regel så, att då ugnsrummets temperatur kommit upp till 1750 à 1800°, så minskas vanligen gas- och blästerpåsläppningen, på det att arbetet ej skall bli för folket alltför svårt under insättningen. Först insättes i jämnt utbrett lager tack-

järn å botten, vid en del verk hela tackjärnssatsen, vid en del andra endast hälften eller ännu mindre del. Sätter man skro under, »skär» detta väl skarpt på den sura botten, men har man mycket »fint» skro såsom borspån, tunnplåt- eller trådskro, så måste man spara en del tackjärn att sätta överst, dels för att trycka samman det skrymmande skrogodset, dels för att skydda det från att alltför mycket förbrinna under nedsmältningen. Sker insättningen med maskin, så hinner temperaturen ej sjunka mycket, men sker den för hand, så sjunker den vid 10—15 tons ugnar vid grovt skro till 1400°, vid fint skro till 1200 à 1300°. Skulle skroet vara så fint och skrymmande, att det ej får rum, om det insättes på en gång, så sätter man först in så mycket, som går att få in utan att lågans gång hindras för mycket och sedan resten i en eller flera portioner så fort det förut insatta sjunkit samman tillräckligt mycket. Men detta försinkar chargens gång rätt avsevärt och ses ogärna. Sedan insättningen är gjord sänkas luckorna, och man drager på så mycket gas, som man ser kan förbrinna, men dock betydligt mera luft än gas, ty viktigt är, att ugnsatmosfären under nedsmältningen är skarpt oxiderande, så att tackjärnets kisel och mangan redan i början må raffineras. Detta är isynnerhet viktigt om tackjärnet är mycket nödsatt, ty eljes stannar en mängd Si och Mn kvar och försenar inträffandet av koket. Därför är det ock dumt att sätta hela tackjärnschargen under skroet, ty då hindras helt och hållet denna raffinering under nedsmältningen. Huru lång tid som åtgår för att få hela chargen smält beror till god del på regeneratorkamrarnas storlek, men även på tackjärnsprocentens samt på skroets beskaffenhet, vilket allt ej torde behöva vidare förklaring. När allt smält, har det vanligtvis bildat sig ett slaggtäcke å badet, dels av från föregående charger kvarvarande slagg, dels av glödspån och med skro och tackjärn inkommen sand. Är ugnsvärmen god och raffineringen varit tillfredsställande, så börjar snart koloxidbubblor att uppstiga genom detta slaggtäcke och så snart smältaren ser, att badvärmen det tillåter, börjar han inkasta färskmalm. Denna bör alltid vara möjligast järnrik och vid sur martin hava sura bergarter, vid basisk basiska, på det att ugnsfoderavfrätningen må bli den minsta möjliga. Nedsmältningen tager 2 à 3 timmar.

Man skiljer mellan skrofärskning och malmfärskning. Förr satte man aldrig till någon färskmalm, utan tog så mycket skro (helst slaggrika lancashirefärskor) och så liten tackjärnsprocent, att den av skroet bildade järnoxidulrika slaggen räckte till för tackjärnets legeringsämnens oxidering, nu åter höra de rena tackjärnsskrochargerna till undantagen och malmfärskning är regel. Har man insatt stor tackjärnsprocent — och isynnerhet vid charger utan smidesskro — så åtgår den första malmen till oxiderande av kvarvarande kisel och mangan i tackjärnet och till bildande av slagg med SiO_2 och MnO och koket kan dröja att infinna sig. Det kommer dock, och man

önskar att under detsamma slaggbadet skall stå jämnt och blankt med stora koloxidblåsor, ju större, ju flera och ju mera »vithuvade», ju bättre. Så fort man ser, att koket minskar av, tillsätter man mera färskmalm, vilken varje gång bör inkastas i badets mitt, så att det i sur ugn står relativt sur ej så skarpt på ugnsfodert frätande slagg utefter väggarna. Kvantiteten malm, som för varje gång tillsättes, tages rätt olika vid olika verk. En del smältare sätta hela tiden in den endast i små portioner, en del sätta första gången in $^1/_4$ till hälften av hela satsen och sedan endast skovelvis, andra först visst antal skyfflar och sedan en skyffel mindre för varje gång, slutande med att endast kasta in malmbit för malmbit. Detta sistnämnda sätt sparar ugnsfodert bäst och ger det varmaste stålbadet men medför tidsförlust. Hela tiden håller smältaren, så vitt möjligt, god hets i ugnen utan att smälta på valv och väggar, ty ju hetare han håller, inom en viss gräns, ju raskare går bortfärskningen av kolet. Han kan dock hålla för hett, så att kisel börjar återreduceras av badets kol ur slagg och vägg- samt bottenfoder, och då avtager koket samt kan t. o. m. alldeles upphöra. Inträffar detta, måste man kyla av badet genom minskande på gas och bläster, luckornas uppdragande till hälften och skorstensspjällens till fullt. Att alldeles slå från gas och bläster är ej rådligt, ty då skadas även valv och väggar i ugnsrummet och meningen är att så vitt det går kyla endast badet, och detta sker bäst, om kall luft genom luckorna får sila fram över detsamma. Bra med malm inkastas samtidigt. Så fort den upptagna kiselmängden återoxiderats börjar nu ett våldsamt kok, och kolhalten går hastigt ned, men stålet blir ej prima, ty götena få vanligen ytblåsor, eller ock får man tillsätta så mycket kisel före, eller aluminium vid tappningen, att även därigenom kvalitén försämras. Felet är i detta fall smältarens och bör han då få veta därav. Ett fel återigen, som ej han kan hjälpa, utan som är bruksledningens eller hyttingenjörens, är, om till martinverket levereras alldeles för nödsatt tackjärn en längre tid, så att chargernas kiselhalt ej genom ökad skroprocent han hållas normal. Håller smältaren då normal hetshetta i ugnen under nedsmältningen och senare, så dröjer koket länge att infinna sig, men blir sedan för våldsamt, ty för att få fram det under rimlig tid har smältaren måst malma duktigt och fått överfärsk slagg. Låter han koket gå på i denna takt, kolar badet hastigt ned men blir för kallt och stålet löser en massa gaser, som det vid annan temperatur skulle under koket givit från sig. Tappas sådant stål med normal tappningstemperatur, blir det blåsigt ända igenom. Om åter smältaren, när han vid provtagning märker, att det är för kallt och pösigt, för att bättra saken betydligt höjer ugns- och därmed badtemperaturen — som man säger lugnar koket, så inträffar lätt, att reaktionen slår över, koket upphör alldeles och kisel börjar återreduceras, bindande i stålet de upptagna gasmassorna. Genom inkastande av onödigt med malm lyckas så

smältaren få ned till rätt kolhalt. Chargen tappas och resultatet blir pipe-göten med gasfylld pipe och med blåsrik kärna. Nu är det nog i regeln så, att våra hyttor i dessa konkurrensens och pådrivandets dagar sällan få ge nödsatt järn, så av nutidens martiningenjörer bli blott få i tillfälle att göra denna iakttagelse, men förr fingo vi det ofta, när hyttorna påblåstes med 3 veckors fullmalmningstid och hela tiden gåvo endast grafittjockt »påblåsningsjärn», lancashirelunsen ej räckte till och vi ännu ej lärt oss använda färskmalm! Den martiningenjör, som då »tänkte för sig» gömde hyttans kokjärnsutslag som motgift mot påblåsningsjärnet.

Nu är den rätta visdomsregeln: håll reda på varje utslags i hyttan Si- och Mn-halter, sortera tackjärnsupplaget därefter och rätta din tackjärnsprocent i martinbadet efter 3:ne faktorer, över vilka du, som ingenjör, föga råder:

1:o den av disponenten beställda stålsorten,

2:o martinugnens tillstånd och

3:o generatorbränslets beskaffenhet.

Vad den första faktorn angår, så gäller, att tackjärnssatsens nödsatthet bör stiga med fallande hårdhetsgrad hos stålet. Jag vet dock, att ett par svenska verk handla alldeles motsatt och dock få god produkt, de taga vitare tackjärn till mjukare kolhalter, men hos dem är regeln mjuka kolhalter och de hårda undantagen, och som de ha tackjärnet vida billigare än skroet, taga de hög tackjärnsprocent till de mjuka chargerna, och räknar man efter, vad deras chargers medelhalter av Si och Mn äro, finner man, att dessa i alla fall äro högre för de mjuka än för de hårda stålchargerna. Även ifrån detta utgör dock ett tredje verk åter undantag. Det gör ytterst sällan verktygsstålcharger — men jag har heller aldrig hört någon annan kalla dess verktygsstål prima vara, än de själva, som använda det i egen verkstad och där »finna det till och med så bra som Fagersta sabelstål»! Ett par bergselever ha de emellertid vid våra besök nästan vridit om begreppen för.

Den andra faktorn, vi måste rätta vår tackjärnspåsättnings sammansättning efter är ugnens tillstånd. Ju mera urbränt dess ugnsrum är, ju mera igensotade dess regeneratorkammare äro eller ju längre använd och ju »pipigare» (porösare) kammarstapelns tegelmassa är, ju nödsattare järn skall du använda i chargerna eller ju mera skall du öka tackjärnsprocenten. Med motvilja gör man det, ty det fördröjer chargerna och minskar produktionen och därmed i regel folkets avlöningar, som utgår per ton stålgöten. Nå, saken är en räknefråga. Är verkets ståls renomé värt uppoffringen i minskad produktion, ökad bränsleåtgång och ökade tonavlöningar? Ty folket bör ej få lida för att verket håller sin stålkvalité uppe. Fråga disponenten! Saken ställer sig enklare vid flertalet utländska verk, där man även vid nya ugnar går med en stålkvalité, den vi skulle kalla tertia och måste

för att få tappvarmt stål rätta tackjärnsprocent och i viss mån tackjärnssammansättning efter ugnens tillstånd.

Den tredje faktorn behöver ej många ord för klarläggning: ju sämre bränsle, ju sämre ugnsvärme. Kan jag ej skaffa nog värme utomkring chargen, måste jag förstås skaffa resten inom den, således öka chargens medelhalter av Si och Mn.

Dåligt bränsle och hårdsatt tackjärn hjälpas åt att i förtid ställa en martinugn på reparation.

För att återgå till den generella skötseln av en normalt fortlöpande charge, så kasta våra martinsmältare vanligen om växelventilerna varje halvtimme. Med den regeneratorkammarstorlek vi använda i våra nyare ugnar, är denna växeltid nog ock den lämpligaste. Den tiden, som vi hade för små kammare i förhållande till chargevikten, måste vi kasta om var 20:de eller var 15:de minut, ja först till och med var 10:de för att ej få för kallt i ugnsrummet. Vi hade hög bränsleåtgång — »eldade för kråkorna» — skickade ju alltför ofta en hel gaskammares gaskvantitet till skorstenen. Ju oftare jag kastar om, ju mindre kammartemperaturförändringar får jag ju, men ock ju större värmeförluster i bortsända förvärmda både luft- och gaskvantiteter. Och härvid är det ej blott den gas, som står mellan växelventilerna och gaskammaren, i gaskammaren samt mellan denna och ugnsrummet, som rusar i väg oförbränd och oanvänd till skorstenen utan även, medan ventilerna vändas, en god del gas från kanalen mellan generatorn och skorstenen. För att förekomma den sista förlusten har man konstruerat en hel del automatiska gaskanalavstängare, men de tyckas kostat mera än de sparat eller verkat mindre automatiskt än konstruktören tänkt! Nej, bäst är nog att hålla sig vid våra svenska stora regeneratorkammare. Utomlands händer, att man kastar om en gång per timme, trots man där har — per ton stål räknat — vida mindre kammarrymder än hos oss. Nå, bränsleåtgången är därefter, men smältaren har det bekvämt.

Om chargens Si- och Mn-halter äro för små, ugnsrummet för urbränt, regeneratorkamrarna för igensotade, bränslet för uselt, så börjar färskningen alltid med s. k. »jäsning». Denna orsakas av att kolet börjar bortfärska så tidigt, att slaggtäcket ännu ej hunnit bli »kokvarmt». Det är ännu trögflytande och de myriader små gasbubblor, som uppstiga från stålet, kunna ej komma åt att i den sega slaggen förena sig till stora blåsor. Slaggen får mera egenskaperna av en jäsande bröddeg, blir alldeles full av små blåsor och liknar den ur en kokande masugn utflytande pösiga svarta kokslaggen. Inuti martinugnen står den högst över badets mitt, där mesta gaserna förstås gå upp, och vältrar därifrån ut mot väggarna, och öppnar man en lucka, så att litet kall luft strömmar in, sjunker den framför luckan fräsande tillsammans alldeles som skummet i ett glas kolsyrat vatten, när man blåser därpå.

Vi hava under bergskolekursen en gång varit i tillfälle med nyjusterad Wanners pyrometer göra samtidiga temperaturbestämningar i urbränd ugn med jäsande slagg och i nyreparerad, där chargen kom i vackert kok utan föregående jäsning, och funno: i jäsande ugn temperatur före chargeringen 1771°, under jäsningen 1648°, vid jäsningens slut 1723°, före tappningen 1837°, stålet vid tappningen 1487°; i ej jäsande ugn temperatur för chargeringen 1920°, vid kokets början 1772°, före tappningen 1843°, stålet vid tappningen 1538°. Båda chargerna fullkomligt lika sammansatta.

Är ugnen ej i alltför uselt skick, kan smältaren vid jäscharger nog snart genom onormalt stor inkastning av gas och bläster få upp värmen, så att slaggen blir het och kvickflytande och ett ordentligt kok börjar, men dessförinnan har stålet tagit upp en hel del gaser och slaggen åstadkommit svår urfrätning runt om i fodert vid väggar och eldbryggor, frätt »hyllor», som sen taga onödigt med både avlagningsmassa och tid att bättra.

Olämpligt skro tala också martinsmältarna om och våra svenska martinsmältare äro intelligent folk med skarp blick och skarp omdömesförmåga. »Olämpligt skro ger sekunda stål.» Helt visst gör det så. Ju rostigare det är, ju sämre blir stålet. Mycket rostig svarvspån skall man t. ex. ej sätta in, även om spånen äro från 1:ma stål, om man vill åstadkomma bästa svenska material i surt infodrad ugn. Det skulle ju kunna tyckas, att detta järnrost kan vara så gott som blodstensfärskmalm, men så är det ej. Orsaken? Ja, möjligtvis kan den ligga i att rostet — såsom en del forskare påstå — håller ammoniak och redan från början kväveorenar badet och i enlighet med H. Braunes åsikter därför ger upphov till ett sekunda stål, möjligtvis ger denna rost för hastigt övergående kisel- och manganraffination, så att koket börjar för tidigt, medförande att badtemperaturen chargen igenom blir för låg och därigenom för mycket gaser i allmänhet upptagas och kvarhållas av stålet. Möjligtvis inträffa båda felen och samverka. Ofta håller rostet ock mycket svavel från rökgaser. I basiskt infodrad ugn gör sig denna rostigt skros inverkan mindre tydligt märkbar. Utdrives kvävet där av den basiska slaggsammansättningen? Fosfor- eller svavelrikt skro duger förstås ej att använda i sur martinugn, om man vill åstadkomma svensk 1:ma martin. Det behöver här ingen som helst förklaring.

När smältaren av erfarenhet har anledning börja misstänka, att kolhalten i badet nalkas den för chargen bestämda, så börjar han taga ut prov. Han kan då, alldeles som vid bessemer och thomas, redan av provets yttre utseende och med kännedom om chargevärmen och chargeförloppet döma om, vilken kolhalt ungefär, han har i badet, men ser han därav, att han är nära den rätta, så sänder han och väcker nästa skiftlag och börjar göra verkliga smidesprov. Dessa utföras på samma sätt som vid bessemermetoden och till exempel vid

det av överingenjör C. A. Caspersson ledda martinverket så, att från de mjukaste kolhalterna upp till 0,65 % C utsmidas proven till kallsmidning, upphettas åter, härdas och hopböjas samt avslås, då man efter böjningsmotstånd, hopböjningsgrad och brottytans utseende bedömer kolhalten. För kolhalter över 0,65 % C åter avgöres medelst svetsprov. För att ungefär veta »var han är hemma» har smältaren redan förut tagit ut skopprov, som han hållt på hällarna, avsvalat i blästerstråle och böjt samman över städkanten, då vid c:a 1 % C skållorna börja att låta böja sig.

På senare tider hava uppfunnits två nya stålprovningssätt, vilkas ingående beskrivning torde tillhöra ämnet Metallernas egenskaper, och detta kanske än mera, därför att de äro lämpligare såsom slutprov å redan färdiggjord och tappad charge, än som kolhaltsbestämningsprov under charge i gång, vilka senare prov måste vara snabbast möjligt verkställbara. De båda nya provningssätten äro uppfunna, det ena av ingenjör B. O. Enlund, det andra av bergsingenjör J. O. Åqvist.

Enlunds prov grundar sig på skillnaden i elektriska ledningsmotståndet vid härdat och ohärdat stål och utföres på så sätt, att av ett utsmitt provgöt utvalsas tvenne stänger, 4,5 × 4,5 mm, varav den ena härdas i vatten, den andra utglödgas och får långsamt avsvalna. De provas härefter på ledningsmotstånd i 350 mm ledningslängd i Weatstones brygga. Sedan molståndsskillnaden uträknats, efterses i uppgjord tabell motsvarande »kolvärde».

Åqvists provningssätt är ett utmärkt kvalitéprov för hårdare stålsorter, d. v. s. för stålsorter, som kunna taga s. k. verktygshärdning. Det utföres i tvenne maskiner, en hejarpendelmaskin och en avknäckningsmaskin och alltid å på rätt sätt härdade provstycken. Vid den förra maskinen fastsättes provstången i vertikal ställning, varefter en härdad stålkula av 3,95 mm diam. upphängd i ett 500 mm. långt hårstrå får efter en gradbåge slå an emot en polerad fläck på en av de vertikala ytorna. Genom elasticiteten hos stången kastas då kulan tillbaka upp utefter gradbågen, högre ju mera elastisk stången är. Stången inlägges härefter på de undre eggarna i avknäckningsmaskinen och en överegg nedpressas mot den på en linje, belägen mittemellan de undre eggarna, till dess stången avknäckes, då trycket avläses. Utslagen kombinerade med varandra angiva stålsortens kvalité i verktygsavseende.

När så provningen visar, att den rätta kolhalten ernåtts, så gör man sig färdig för utslaget. Redan dessförinnan har man förstås genom eldning av skänk och ränna samt värmning av nyuppställda kokiller gjort sig fullt beredd för tappningen, alldeles som vid bessemer och thomas, så att man blott har att vid riktigt avpassad tid göra behöriga »tillsatser». Vid vanlig sur martin utgör ferromangantillsättning den enda tillsatsen i ugnen. Ferromangan tillsättes enligt samma regel som vid bessemer, d. v. s. i minsta möjliga kvantitet,

eller under iakttagande av att fullständig rödskörhet vinnes vid mjukare stål, som skall efter utvalsningen utsättas för bearbetning i rödvärme, och i tillräcklig grad vid fabrikation av verktygsstål för att förekomma härdsprickor vid senare bearbetning. Vid verktygsstålstillverkning i sur ugn kan dessutom förekomma, att man tillsätter kiseljärn för att få ett fullt tätt, bästa degelstål nära kommande martinstål, och att man dessutom gör andra tillsatser s. s. av nickel, krom, wolfram, molybden och vanadin, men charger för verktygs- och specialstål skötas även i andra avseenden något olika mot chargerna för mjuk vara. Så t. ex. anordnar man beskickningens sammansättning mera manganrik än vid framställning av mjuk götmetall och tager dessutom gärna manganhaltig malm s. s. färskmalm, ty manganhaltig slagg har visat sig kunna skydda stålet mot ugnsgaserna bättre, än vad ej manganhaltig lika basisk slagg gör. Dessutom är man än mera noga med att hålla en jämn, god värme hela chargen igenom och gör under densamma endast mindre om ock tätare malmpåsättningar. Ett gott jämnt kok i badets mitt är lika önskvärt, som att koket avtager mot väggarna till, och kan det i bryggkanterna gärna hela tiden vara så gott som = 0. Chargen hålles under hela färskningen något åt den övervarma sidan och stålet bör, tappat i kokiller med sjunkboxar, bli tätt utan pipe och utan tillsats av vare sig aluminium eller kisel.

β. Chargering i basiska ugnar och skötseln av basiska charger: De basiska chargerna förlöpa i regel hastigare än de sura, av det skälet, att färskningsmedlet — järnets oxider — i basisk ugn ej är bundet av kiselsyra eller lerjord och således är fritt att verka mera energiskt oxiderande på järnbadets kol och dess övriga legeringsämnen. Häri ligger ock förklaringen till, varför färskmalmsåtgången är så mycket mindre i basisk än i sur ugn.

Chargeringen göres vanligen så att först insättes och utbredes på botten (om den ej redan är för hög av fastnad kalk) ett lager obränd kalksten, c:a $^1/_3$ av hela kalkstenssatsen. Därpå insättes tackjärnet och sedan skroet, varefter ugnsrummet fortast möjligt bringas upp till full hetshetta. När man kommit upp till den och järnbadet står kvickt och smält, börjar man malma, men som malmen verkar som förut sagts häftigare färskande här än vid den sura processen, tages vanligen blott hälften så stor första malminsättning som i denna. Malminsättning får sedan följa på malminsättning alldeles som vid sura processen, d. v. s. efter som kokets livlighet erfordrar, men samtidigt och däremellan inkastas ock mera kalksten, så att slaggen hela tiden hålles tillräckligt basisk, dels för att stor avfrätning av bryggor och väggar må förekommas, dels för att färskningen må påskyndas och dels slutligen för att, där man har fosforhaltigt bad, kraftig defosforering må vinnas. Vid fosforren charge tappar man ut stålet efter behörig ferromangan- och ferrosiliciumtillsättning så fort rätta kolhalten blivit uppnådd, har

man åter en fosforrik beskickning, så måste man för fullständigare fosforrenings skull gå ned till under 0,10 % kolhalt, sedan avskumma den fosforrika slaggen samt därefter göra manganjärnstillsättningen och uppkola badet eller ock desoxidera och uppkola i skänken, lagande att slaggen ej får medfölja ned i densamma. Som den basiska metallen är gasrikare än den sura, så brukar man vid en del basiska martinverk, där man ej vill tillsätta kiseljärn, att under stålets nedrinnande i skänken nedkasta 200 à 300 gr Al till stålets »lugnande». Bottnarna i de basiska ugnarna ha benägenhet att »växa», i det att kalk och slagg fästa vid och göra dem allt tjockare. Man måste därför allt ibland antingen smälta av dem med sand eller sur masugnsslagg mellan ett par charger eller också några charger å rad placera tackjärnet direkt på ugnsbotten och låta dess kisel fräta löst det påluddade kalk-slagglagret. Slaggen vill vid de basiska ugnarna gärna bli för trögfluten och tjock och för att få den kvickare, så att man efter utslaget må kunna skrapa botten ren utan alltför stor svårighet, brukas vid en del martinverk att kvicka upp den med litet flusspat, men kan det också ske medelst titanhaltig järnmalm, såsom vi förut sett. Vid ett svenskt basiskt martinverk förfar man något olika med kalkstensinsättningen än vid de andra, i det att man först på ugnsbotten insätter c:a 1/4 av tackjärnet, så på detta hela kalksatsen och därpå resten av tackjärnet och skrotet. Slaggen är då mycket trög och tjock hela första delen av chargen.

Vid ett svenskt verk, där man såsom råmaterial använder utländskt, engelskt och tyskt tackjärn, mycket köpskro, därav en god del gjutjärnsskro samt därtill tunnplåtskro, skro av galvaniserade plåtar och en hel del annat 4:a skräp och dock gör anspråk på att tillverka svenskt martinstål, tillgå smältningarna på följande sätt, vid verket genomfört av tysk förman: Om håligheter finnas i ugnsbotten efter föregående tappning fyllas och utjämnas de med c:a 50 kg stampad obränd kalksten. Sedan insättes så mycket av skrotet, som får rum i »nedgående» ugnsända, under fullt pådrag av gas och luft. Därpå kastas ventilerna om och fullt med skro insättes ock i den andra ugnsändan. Under tiden har första ugnsändans gods sjunkit samman så pass, att man kan få in dess behov av tackjärn och sedan i andra ändan även dess tackjärn. Härpå inkastas c:a 750 kg kalksten. Hela chargen rymmes sällan på en gång, utan får man vanligen vänta c:a 2 timmar, innan man får in resten av chargen. 4 timmar efter chargeringens början är emellertid allt smält och börjar livligt koka, oaktat ingen malm insatts utan blott till följd av det »fina» skroets stora avbränna. Tillräcklig tappningsvärme erhålles snart och provtagningen börjar omedelbart. Vid denna tager man att börja med ut ett skopprov, som blott hälles på golvhällarna, varvid man iakttager gnistornas utseende och av dessa bedömer stålets kolhalt, och sedan härdas skållan och böjes över städkanten samt hopslås, då den

brister, varvid man av brottytans utseende kan döma, huru långt defosforeringen fortskridit. Visa gnistorna för hög kolhalt, och koket är mindre livligt, så inkastas Gällivaremalm 50 à 60 kg åt gången. Har man haft mycket gjutskroskräp med i chargen händer, att man får av malmen insätta 300 kg eller mera. Minst en timmes kok vill man ha, för att badet skall bli nog varmt. Ser man därför, att det utan malm gått ned till mjukt, innan den tiden, så inkastar man några stänger tyskt tackjärn och »håller koket uppe». Under koket inkastas allt ibland mera kalksten för defosforeringens skull, tillsammans 300 kg, men ej fortare, än att slaggen håller sig någorlunda kvick hela tiden, ty detta är ett viktigt defosforeringsvillkor. Inalles åtgå 6 à 7 % kalksten av chargens vikt, såvida ej gjutjärnsskromängden är alltför betydlig. Man nöjer sig nämligen med måttlig defosforering, i det av analysboken framgår, att t. ex. stålgjutgods tillverkas med 0,106 % P. Vanliga halten är 0,035 à 0,045 % P, men en och annan charge visar ock så litet som 0,020 à 0,017 % P. Manganjärnstillsättningen göres i ugnen (c:a $^3/_4$ %), aluminiumtillsättningen (2 kg per charge) i skänken, flusspat tillsättes alltid (12 kg per charge) och kiseljärn i skänken vid stålgjutgodstillverkning. Av flusspaten användes dock minsta delen till slaggens kvickgörande under chargen, utan åtgår det mesta till bottens resande efter utslagen.

γ. *Chargens tappande och ugnens avlagande.* När man nalkas rätt kolhalt gör man sig i ordning för tappning. Måste man tillsätta manganjärn för rödskörhetens borttagande, så »drar man ned» chargen under den önskade kolhalten motsvarande manganjärnets uppkolningsförmåga. Utslagsrännan rengöres från aska och kol, varmed den varmeldats. Stålskänken framföres från sitt eldningsställe (eldas vanligen nu med masugns- eller generatorgas, ej med träkol som förr) och placeras i rätt ställning framför utslagsrännan. Hejare och utslagsstång klargöras. Kiseljärnet inkastas 15 minuter, manganjärnet 5 minuter före håltagningen, badet omröres med 2 × 2 krokar vid enbar manganjärns-, 3 × 2 krokar vid kisel- och manganjärnstillsats. Utslagshålet urkrafsas inpå stoppstenen. Utslagsstångens trästopp införes och placeras mot densamma, och då utslagssignal från framsidan gives, indrives med hejsarslag stoppstenen och däremot på ugnens insida vilande masstopp i badet och dettas innehåll utrusar i skänken. Vid ett par svenska verk, med martiningenjörer upplärda i utlandet, användes ej stång med trästopp utan kort spett i likhet med vad vi gjorde här i landet för 30 år sedan och med samma påföljd av att ett mindre hål erhålles med långsammare tappning och besvärligare ugnsrensning. Åtminstone har både utslag och rensning gått långsamt vid dessa verk, när bergskolan besökt dem och fått stå och se på! Förmannen gör förstås ett modigt och pampigt intryck där han står och spettar och vränger mitt över det i rännan rinnande stålet, men övernervös förefaller han också och föreställningen verkar mera

rolig än övertygande! När vid användning av utslagsspett med träpropp, stoppsten och masstopp drivas in, så flyter klumpen upp på badets yta och utkrokas genast, ty när badet utrunnit, är det vida mödosammare få ut den. Med ned i stålskänken få rinna, om rum finnes, all slaggen, eller åtminstone så mycket, att stålet under tappningen håller sig varmt. Skänken avföres härefter till de numera ett stycke bort från ugnen placerade kokillerna och tömmes där. Under tiden får, om ej all slagg kommit med i stålskänken, resten av densamma rinna ned i ett större slaggmått, där den, om den gjutes i nog stort format, $3' \times 1' \times 2'$ lämnar bra grundstensblock. Utslagshålet sandströs och en arbetare rakar med spett och krok och under sandpåkastning ut slagg och rusor, som två arbetare från ugnens framsida nedraka från bryggor, vägghyllor och botten ned mot utslagshålet. Märka dessa arbetare, att i bryggor eller botten uppstått gropar, vari stål ännu befinner sig, så ikastas över detta vid sur ugn torr kvarts vid basisk stampad rå dolomit eller »dolomitsand» (självsönderfallet pulver av bränd dolomit) som häftigt omröres med järnet medelst en krok, varefter gropen urvispas och röran av järn och massa också nedmakas till utslagshålet och utkrokas. När så botten fåtts ren, avlagas alla urfrätningar, vid sura ugnar med kvartsmassa (stampad kvarts och eldfast lera, något fuktade), vid basiska antingen endast med stampad obränd dolomit, tjärdolomit-massa* eller torr stampad bränd dolomit. Utslagshålet igensättes slutligen, sen detsamma väl renspettats med innerst en lagom tillhuggen sten, dinas vid sura, magnesit vid basiska ugnar och utanför densamma med resp. torr kvarts och murbruk eller tjärdolomit, torr dödbränd stampad dolomit och ytterst fuktad dolomitaska. Innanför stenen påkastas några skyfflar avlagningsmassa och tilltryckes väl. Sura ugnar få sedan stå, till dess att avlagningen blanksintrat, de basiska åter chargeras vanligen genast med ny charge.

4:o Avvikande förfaringssätt.

Utomlands pågå ivriga försök att förbättra och utveckla martinprocessen för vinnande av tid, bättre produkt och bättre ekonomi. Såsom en av de svenska martinveteranerna skulle jag önska mig kunna säga, att liknande arbete med friskt mod och öppen blick fullföljes även i Sverige ännu, så som på 1870- och 1880-talen, men tyvärr kan jag ej giva mina unga kamrater detta beröm, om jag ock lyckligtvis kan erkänna, att de något glida framåt i små detaljsaker. Söker man åter stora uppslag, så måste man skåda ut över landets gränser. Där blåser frisk vind och råder intet kineseri. Såsom bevis för detta, vill jag här redogöra för en del där ute uppfunna nyare förfaringssätt, därvid börjande med de två, som jag kunde beskriva redan vid utgivandet av Wiborghs metallurgi:

* Allmän metallurgi.

Talbots förfaringssätt. Martinsmältningarna utföras i en martinugn, vars ugnsrum är rörligt, så att det kan vridas kring sin längdaxel (den första ugnen av detta slag konstruerades av M. Lindberg vid Kolsva 1878), och detta ugnsrum har på ena långsidan de vanliga insatsluckorna och på den andra, då det är inställt för smältningen, ett stycke över badet utslagshålet, som således under smältningen ej behöver hållas igensatt. När nu den till 75 à 250 ton uppgående första insatsen är smält, så nedfärskas den under insättande av behövliga mängder färskmalm och kalksten, varunder man, om färskningen behöver påskyndas, kan genom att vicka på ugnen avtappa urkokad slagg och inkasta mera färskmalm, och då stålet nedkommit till lagom kolhalt, avtappas av detsamma en del, t. ex. $^1/_3$ eller $^1/_2$ jämte all slaggen, varefter, sedan ugnen på nytt upprests, lika mycket järn (tackjärn och skro) insättes jämte ny färskmalm och kalk. Tackjärnet kan insättas vare sig smält eller kalt, men helst smält, ty då går färskningen som allra hastigast (på 4—7 timmar). Metoden medför dels en raskare färskning, dels mindre bränsleåtgång, dels slutligen genom mindre häftiga avkylningar vid de nya chargernas insättande något mindre ugnsunderhållskostnad än vid de på vanligt sätt skötta stjälpugnarna. Men som stjälpugnarna i allmänhet äro särdeles kostsamma såväl i anläggning som i underhåll, så betyder denna besparing ej så särdeles mycket i det stora hela, och Talbots förfaringssätt, som även i Sverige funnit en förespråkare, tyckes vinna föga terräng t. o. m. i Förenta Staterna, där metoden dock försökts i stor skala.* Ett fel vid densamma är dessutom att alla tillsatser måste göras i skänken, så t. ex. för uppkolning, desoxidation och tätgöring. Stålet blir gasfyllt och därför mycket blåsigt.

*Bertrand-Thiels förfaringssätt.*** Denna metod är avsedd för verk, som hava brist på lämpligt skro och god tillgång å tackjärn, och är liksom den förra avsedd för »blandade charger», d. v. s. arbetar även med färskmalm. En basisk martinugn bygges i närheten av masugnen, så att tackjärnet vid utslaget kan helst rinna direkt in och ned å denna martinugns botten, där man dock först inlagt underst något kallt tackjärn, om sådant från t. ex. söndagsdygnen finnes att smälta, och ovanpå detsamma en del färskmalm och kalksten. I denna ugn berövas nu tackjärnet hela sin kiselhalt, en avsevärd del av sin fosforhalt, om det är fosforrikt, och så mycket av sin kolhalt, som medhinnes att färskas bort och om så erfordras under flera malmtillsättningar. Utom sagda martinugn har man nämligen en annan sådan, byggd i en något lägre nivå än de förra, och i denna försiggår slutfärskningen, d. v. s. så fort densamma efter föregående smältning

* Se för övrigt S. u. E. 1905 sid. 496, 675, 887, 1091, S. u. E. 1906 sid. 1301 och år 1910 sid. 58.

** Se Paper on the Bertrand-Thiel-Process, by Percy C. Gilchrist och i Ledeburs Eisenhüttenkunde.

avlagats, inlägges i den det skro, man har att smälta, vilket tillsammans med en del kalk och malm skarpt förvärmes. När detta skett, göres utslag i den övre ugnen och därifrån får dess stål men ej dess slagg nedrinna i den undre ugnen, där då ett ytterst skarpt kok uppstår och stålet färdigfärskas samt defosforeras. Med två ugnar, hvardera om 15 tons charger, kan man göra 8 smältningar per dag eller erhålla 120 ton stål med charger bestående av:

	I övre ugnen	I nedre ugnen
Tackjärn	13,5 ton	—
Svartmalm (svensk) .	2,16 »	1,6 ton
Kalksten	0,94 »	0,55 »
Ovanstående tackjärn raffinerat . .	c:a 13,2 »	
Skro		2,0 »
Ferromangan		0,11 »
Spegeljärn		0,20 »*

Utmärkta redogörelser för nyare förfaranden äro på senare tiden lämnade av ingenjörerna C. Canaris,** Dorman,*** Schmidhammer,† Otto Petersen†† och R. Genzmer,††† och för oss i Sverige har den sistnämndes redogörelse otvivelaktigt det allra högsta värdet, varför jag här nedan följer densamma, med endast tillägg av en del egna reflexioner, som torde på vissa håll väcka obehagliga känslor och — låt gå — opposition.

Här har i Sverige på senare tider talats stora ord om, vilken välsignelse för landet exporten av järnmalm från de stora norrbottniska fälten orsakar genom den kapitalökning sagda export medför för oss. Ordet kapitalökning torde därvid något missbrukats, ty ordet kapitaltillströmning hade varit mera på sin plats, och ordet Sverige borde alldeles utelämnats. Cassel & C:o hade varit mera på sin plats att ditsätta. Redan sedan länge har ideligen tutats i de stora basunerna om, att våra nordsvenska malmer ej passa för svensk järntillverkning, men att de mellansvenska malmlagren böra köpas fria från exportfaran genom att med öppen hand låta utlänningen roffa allt vad han vill och kan från malmbergen däruppe. Till och med svenske statstjänstemän ha i okunnighet eller något värre lånat sig åt att understöda detta yrkande och ej ens Sveriges geologiska undersökning går härvid fri! En metallurg måste fråga sig: Se de ej, eller vilja de ej se? Alla erkänna, att vi hava för litet vattenkraft i mellersta Sverige för att vi skulle kunna hoppas på att våra mellan-

* Se för övrigt S. u. E. 1905, sid. 31, 212, 677 och 1910 sid. 2145.
** S. u. E. 1905 sid. 1125.
*** The I a. C. T. R. 1908 sid. 2204.
† S. u. E. 1909 sid. 344.
†† S. u. E. 1910 sid. 1 och 58.
††† S. u. E. 1910 sid. 2545.

svenska järnverk skulle, på några få undantag när, övergå till järnframställning på elektrisk väg. Endast 5 à 6 av dem ha så mycken kraft disponibel och av dessa ha Domnarvet, Uddeholm, Storfors och Bofors skyndat att efter de sista lyckliga resultaten av försöken vid Trollhättan kasta sig över till den nya metoden medan ett par till bereda sig att göra det. De andra äro hopplöst ställda utanför detta paradis' port. En av våra duktigaste bergsingenjörer, överingenjör vid ett av våra största verk — visserligen ett verk ställt så gott som utanför porten — har också offentligen uttalat, att räddningen för de mellansvenska bruk, som sakna större vattenkrafttillgångar, ligger i att (Staten eller) enskilda i Lappland vid därvarande mäktiga forsar anlägga på lappländska malmer och lappländska kol baserade råjärnsverk och till de mellansvenska verken försälja götena för vidare förädling. Att detta är svenska statens plikt att göra, och att detta är i svenska statens intresse att göra behöver inga som helst bevis. Skrämsordet statssocialism använt härvidlag verkar uteslutande löjligt!

Den väg vi emellertid nu till synes ha att kasta oss in på för att på lyckligt sätt lösa denna fråga är tackjärnsframställning där uppe på elektrisk väg och sedan direkt göttillverkning i martin av det smälta — ej emellan processerna avkylda tackjärnet. Och kommen det ihåg: bättre för landet om vi från Lappland sålde göten än malm till tyskar och engelsmän! Men få vilja se, och än färre ha mod att handla!

Genzmer indelar de nya med smält råjärn arbetande martinmetoderna i följande tvenne huvudgrupper I. de som arbeta med tackjärn med föga över 1 % P, och II. de som använda tackjärn med mera än 1 % P, samt den förra huvudgruppen i tre undergrupper eller: *a*) Sådana som använda tackjärn med från låg fosforhalt upp till 1 % P och tagande tackjärnet direkt från masugnen; *b*) Sådana som, vid användande av dylikt tackjärn, mellan masugnen och martinugnen inkoppla en upphettad blandare; och *c*) dem som använda samma tackjärnssorter men förfärska dem i regenerativ blandare. Enligt 1:sta gruppens första sätt arbetar Hubertushütte: Där sätter man först medelst chargeringsmaskin in kalk och skrot samt större delen av den malmkvantitet, man vet säkert komma att erfordras. När denna sats blivit ordentligt smältvarm, göres utslag i hyttan och tackjärnet tappas in i martinugnen, då en våldsam reaktion uppstår. När denna efter en tid lugnat sig, avskummas slaggen, smidesprov uttages och efter dettas utseende bedömes, huru mycket färskmalm man ytterligare bör insätta. Den första slaggen är vid detta verk så fosforrik, att den kan användas som thomasfosfat.

Den första gruppens andra sätt användes åter först vid Julienhütte och har fått namn efter detta verk. En 150-tons blandare tjänar som utjämnings och avsvavlingsapparat. Denna blandare hålles het med generatorgas och med i kammare förvärmd luft. Blandarens

ugnsvärme 1300°—1400°, 8 tons kolförbrukning i dygnet för 400 à 500 ton tackjärn. Blandaren håller utan reparation $1^1/_2$ år. Det från masugnen kommande och det ur blandaren tappade järnet håller i medeltal i %:

	S	Mn	Si
Masugnsjärnet	0,095	2,00	1,59
Blandarjärnet	0,064	1,83	1,30

En fördel med blandaren är, att man till martinugnen får exakt vikt tackjärn. Tager man det direkt från masugnen får man taga, vad masugnen för tillfället giver. Martinugnarna beskickas som vid Hubertushütte först med skro, kalksten och malm, skro dock endast, då det är nödvändigt för tillgångens skull, helst arbetar man med enbart tackjärn, ty då får man mesta järnet utreducerat ur färskmalmen. I medeltal får Julienhütte en götprocent av 100 % vid användande av 75 % tackjärn + 25 % skro (mest spån med 90 % Fe) samt med förbrukande av 15—18 % av järnets vikt Krivoirogmalm (ej vidare rik, ty slaggen utgör 20 % av stålets vikt).

Den första gruppens tredje sätt användes vid och benämnes efter Georgmarienhütte, men är införd även vid många andra verk. Tackjärnet, som håller c:a 3,8 % C, 2,75 % Mn, 0,4 % P, 0,8 % Si, 0,05 % S och 0,4 % Cu, försättes i blandaren med 5—6 % av sin vikt rik järnmalm (svensk med 67 % Fe) och 3—4 % kalksten. Järnet håller vid avtappandet från blandaren 3,5 % C, 1,2 % Mn, 0,08 % Si, 0,15 % P och 0,02 % S. Blandaren måste repareras först vartannat år, och reparationskostnaderna belöpa sig blott ett par pfennige per ton stål. Av färskmalmens järnhalt blir c:a 83 % utreducerad i blandare och martinugn tillsammans. I martinugnen smältes först ett bad av malm och kalk (ogärna skro), varpå det i blandaren förfärskade järnet itappas och snabbt färdigfärskas.

Till den andra gruppens smältningssätt hör, såsom det mest berömda, Hoeschmetoden, som egentligen utgör en förbättring av Bertrand-Thiels metod. På densamma förarbetas thomastackjärn billigare och säkrare till 1:ma stål, än på thomasmetoden och kommer hoeschförfarandet till synes nog att utträngа thomasmetoden. Emellertid måste tackjärnet, för att passa för hoeschmetoden, fylla vissa villkor i sammansättning, i det att dess kiselhalt ej får överstiga 0,6 % och manganhalten ej 2 %. Fyllas dessa villkor, får man för 3,50 à 5 mark per ton tackjärn utmärkt thomasfosfat, som mellanprodukt vid förfärskningen i blandaren. Där man har mindre än 1 % P i tackjärnet, tror Genzmer ej, att man bör övergå till hoeschprocessen. Hoeschprocessen* skötes på det sättet, att man i en och samma martinugn först raffinerar tackjärnet, befriande detsamma från så gott som all kiseln, en god del av manganen och större delen av

* Utförligare beskrivning se S. u. E. 1910 sid. 396 o. f. av F. Springorum.

fosforn, sedan avtappar detta bad — järnet i en skänk för sig och slaggen (thomasfosfatet) för sig i en annan. Martinugnen chargeras härpå med kalksten och malm och det skro, man behöver smälta, och då denna sats smält, tappas det raffinerade tackjärnet åter in i ugnen och är sedan raskt slutfärskat. Efter Springorum anföres som exempel en charge från Hoesch:

Kl. 12.15 insattes 23280 kg tj + 1880 kg kalksten + 3440 kg svensk malm + 770 kg valssinner. Tappning kl. 2.5. Kl. 2.35 hade man satt in 2180 kg spatmalm, 5412 kg skro, 1290 kg kalksten, varefter det förfärskade återinsattes. Kl. 4.30 insattes 300 kg valsinner, kl. 4.45 — 160 kg kalk, kl. 4,55 — 206 kg kalk, kl. 5.10 — 200 kg ferromangan, kl. 5.15 gjordes utslag. Kolhalt 0,08 %. Fosforhalten sjönk i raffinationsperioden från 1,860 % till 0,260 %, i färskningsperioden från 0,090 % (fosforrikt skro!) till 0,040 %. Metoden går ut på att i raffinationsperioden hålla låg värme, föga över smältpunkten, så att Si, Mn och P bortoxideras fullständigast möjligt, i färskningsperioden åter hög värme, så att kolet bortoxideras raskt.

Med kombinerad bessemer-martin arbeta en del utländska järnverk t. ex. Witkowitz* och Ensley.** Man förfärskar då i en mycket vid, således föga högt blästertryck erfordrande konverter ned till ungefär 0,15 % kolhalt, raffinerar härefter ned från c:a 0,300 % P till 0,020 à 0,015 % P och en kolhalt under 0,10 %. Metoden är dock utan vidare intresse för oss, emedan anläggningskostnaderna för dubbelverket bessemer-martin hos oss skulle göra förtjänsten negativ.

Att man kan utan tackjärnstillsats tillverka martinstål, endast genom att nedsmälta smidesjärnsskro på ett lager koks omtalas av A. Mignot i Comptes Rendus 1906, Majhäftet, men praktiserades långt förut vid Schebo bruk i Sverige av Lennström, med såväl träkols-, som koksstybb eller stenkolsstybb, och praktiseras där ännu.

C. Martinprocessens kemiska förlopp.***, †

Den som på senare tider torde lämnat bästa utredningen, då det gäller teorien för martinprocessen, torde vara Carl Dichmann i Riga, men även han erkänner öppenhjärtigt, att när t. ex. vid basiska martinprocessen†† »Erdbasen treten zu den Eisen-Mangan-Silikaten und dem Eisenphosphat hinzu . . . so wächst die Anzahl der möglichen

* Se S. u. E. 1905 sid. 1125.

** S. u. E. 1909 sid. 344.

*** Utmärkta specialuppsatser i detta ämne återfinnas i S. u. E. 1906 sid. 958, 1247, år 1907 sid. 157, 191, 229, 265, år 1908 sid. 717, 757, 803, 1593, år 1910 sid. 1, 58, år 1911 sid. 753, 797, 891.

† Teorien för generatorgasframställningen genomgås i allmänna Met. Se för övrigt därom i S. u. E. 1906 sid. 1184, år 1908 sid. 537, 1105 och 1907 sid. 800.

†† S. u. E. 1911 sid. 891.

Verbindungen in einer Weise, die das Gebiet so unübersichtlich macht, dass es leider heute noch als terra incognita zu gelten hat.» Ja, så är det nog, och vill man vara fullt ärlig, så gäller detsamma även den sura martinprocessen, ty även i dennas kemi har man att räkna ej blott med SiO_2, FeO, Fe_2O_3 och MnO i slaggen utan även med Al_2O_3, CaO och MgO om ock i mindre mängder, och än värre så kommer härtill såsom vi i inledningen till färskningsprocesserna sågo en hela badytan över gränslöst varierande sammansättning å slaggen — och under densamma även å järnbadet. Någon kemisk jämvikt förefinnes inte ett enda ögonblick i någon enda punkt under hela chargens förlopp och inte i en enda punkt av badytan äro förhållandena absolut lika med dem i bredvidliggande punkt, så häftiga som vallningarna och strömningarna äro i alla de tre media, som fylla ugnsrummet: i stålbadet, i slaggbadet, i gasmassan. Jämviktssträvan finnes — ja naturligtvis, men jämvikt aldrig.

I korthet kunna vi säga: I slaggen befintlig *vid kiselsyra ej bunden FeO* strävar att ur ugnsgaserna upptaga syre och omvandlas till Fe_2O_3. Av järnbadets legeringsämnen sträva Si, Mn, P och C att syrebinda sig. Vid relativt låga temperaturer kunna de tre förstnämnda göra det genom att ur FeO utreducera Fe, och än lättare genom att reducera Fe_2O_3 till Fe_3O_4 eller FeO. I hetgående sura ugnar finnes blott FeO, i de basiska åter både FeO och Fe_3O_4, även därav den så mycket häftigare reaktionen i de senare ugnarna, isynnerhet vad Si och P gäller, som såsom bildande syror lida inverkan av CaO och MgO i den basiska slaggen, samt av det basiska fodert. Som vi redan förut ha sett, har kolet vid lägre »smälttemperaturer» mindre föreningsbegär till syre än järnets övriga legeringsämnen och än t. o. m. järnet självt. Dess föreningsbegär växer dock med temperaturen och vid en viss gräns överflyglar det de tre andra legeringsämnenas och tar ledningen, ja rent av tar hand om all syretillförsel. Men ej nog med det, det kan vid hög temperatur taga åt sig mera syre än vad ugnsgaserna hinna avgiva till slaggens järn — vilket vi i praktiken kalla att koka ur slaggen —. Denna blir då allt fattigare på FeO, vare sig reaktionen försiggår i sur eller basisk ugn. Om temperaturen hålles låg, så inträffar ännu en reaktion: i slaggen bildad Fe_3O_4 oxiderar rent av järn från badet, man får för hög onormal avbränna. De fem badreaktionerna bli då:

$$Fe + Fe_3O_4 = 4FeO$$
$$C + FeO = Fe + CO$$
$$Mn + FeO = Fe + MnO$$
$$2P + 5FeO = 5Fe + P_2O_5 \text{ och}$$
$$Si + 2FeO = 2Fe + SiO_2.$$

Men härtill komma reaktionerna mellan slaggens och ugnsgasernas beståndsdelar, reaktioner som äro olika i ugnens båda ändar, reducerande i den ugnsända, där den heta kraftigt reduktionsdugliga generatorgasen berör slaggytan, oxiderande där skorstensgaserna utgå. Men ej nog med det, även en ytterst komplicerad verkan finnes mellan å ena sidan stålbadets och ugnsfoderts beståndsdelar å andra mellan slaggens och ugnsfoderts beståndsdelar. Slutligen ha vi slaggens så gott som i varje cm^2 badyta växlande förmåga att transportera ned kvävet och de andra ugnsgaserna till stålet, och stålets även i varenda cm^2 yta växlande förmåga att uppsuga och binda de olika gaserna. Badtemperaturen är ej densamma vid väggarna och i mitten, ej ens exakt densamma på samma fläck från ögonblick till ögonblick. Kall malm inkastas, den tillvärmes, den smälter, slaggsammansättningen på det stället blir plötsligt en annan, slaggsammansättningen ändras än hit, än dit, gaser uppströmma och röra om, järnpartiklar uppkastas ej blott upp i slagglagret utan upp i gaserna. Det vallar hit, det vallar dit, ej ens vid de tunna skikten i badkanterna är det lugn utan överallt råda ojämna svallande strömningar. Blott i sina enklaste huvuddrag kunna vi fastställa förloppet:

I sur ugn oxideras det basiska ämnet mangan häftigast. I basisk ugn oxideras de sura ämnena kisel, kol och fosfor hellre än manganen, allt underförstått vid normal badtemperatur.

En självklar sak är: kvick slagg måste verka kraftigare än trögfluten, om båda ha samma basisité, ty den kommer i intimare beröring med metallbadets molekyler.

Som kisels, mangans och fosfors förbränning med FeO äro exotermiska reaktioner, kunna de försiggå snabbt, som kolets förbränning med FeO åter är en endotermisk reaktion, är den beroende på, huru fort behövligt värme tillföres badet.

Några unga forskare ha gjort sig mycken möda med att söka bevisa, att vid den och den temperaturen och vid den och den kiselsyre- resp. kalkhalten i slaggen, måste det finnas eller sträva att uppstå det och det förhållandet mellan MnO : FeO i slaggen jämfört med Fe % och Mn % i stålbadet. Således av varandra beroende massakoncentrationer. De ha därvid blott glömt en del praktiska erfarenheter, nämligen: att i ett martinbad variera ej blott temperaturförhållandena i slaggen från badmitt till vägg och i stålet från mitt till vägg utan ock vertikalt med vida varmare slagg än stål, varförutom faktorn SiO_2 varierar kolossalt i en sur ugn från badkanten inåt mot badmitten, och faktorn CaO i ett basiskt slaggtäcke vågvis från varje i slaggen kringflytande oupplöst kalkstycke, varje under smältning stadd malmbit. I ett laboratoriums lilla trevliga, elektriskt värmda degel kunna de kanske få jämvikten till stånd, i en metallurgisk i praktiken duglig ugn aldrig, om dess charger skola skötas ekonomiskt. De kunna ju säga sig ha bevisat, att vi ej i praktiken kunna tänka på att raffinera

bort *all* kisel, eller *all* mangan ur ett stålbad, men det visste vi i praktiken förut, om vi ock som förklaring använde det mera enkla uttrycket att järnets föreningsbegär till dess legeringsämnen växer med dessas avtagande procenthalt och överväger till sist dessa ämnens föreningsbegär till fritt syre.

T. Naske* sammanfattar svårigheterna för martinprocessens teoretiskt ideala skötsel riktigt i: »Under det att kiseln otvivelaktigt bringas till förbränning av kolets oxider och kolet vid vissa givna förhållanden åter kommer till förbränning genom fosforsyra, så utreduceras manganen och järnet ur deras oxider av kolet. Kolet är det alltså, som synes äga förmågan att under loppet av färskningsprocessen inleda en mängd sekundära reaktioner, vilkas effekter upphäva varandra eller summera sig, men för sluteffekten ej hava någon betydelse på samma gång de dock klarlägga huru komplicerade — ja nästan okontrollerbara våra metallurgiska processer fortlöpa.»**

Av de i huvudsak överensstämmande, i vissa detaljer något mot varandra stridande resultat, som de tre — då det gäller martinprocesserna — så framstående forskarna T. Naske, O. Petersen*** och C. Dichmann† — kommit till, framgår med full tydlighet följande kemiska förlopp vid martinprocesserna.

Vid båda uppstår i chargens början (och finnes även i de flesta fall i mindre kvantitet från föregående charger kvarvarande) ett järnmangan-bi-silikat.

$$(x\,\mathrm{Fe} + y\,\mathrm{Mn})\mathrm{SiO_3}.$$

Detsamma bildas genom att Fe förbrinner till FeO och den senare i sin ordning avgiver syre till Si och Mn, detta senare antingen direkt, eller, som Naske anser, först förbrännande C till CO som i sin tur oxiderar Si.

I senare fallet skulle reaktionerna bliva:

$$\begin{aligned}
\mathrm{Fe} + \mathrm{O} &= \mathrm{FeO}\\
\mathrm{FeO} + \mathrm{C} &= \mathrm{CO} + \mathrm{Fe}\\
2\mathrm{CO} + \mathrm{Si} &= \mathrm{SiO_2} + 2\mathrm{C}\\
\mathrm{FeO} + \mathrm{Mn} &= \mathrm{MnO} + \mathrm{Fe}\\
\text{slutprodukt } &(\mathrm{Fe, Mn})\mathrm{SiO_3}
\end{aligned}$$

med av tillfälligt rådande temperatur och tillfällig masskoncentration beroende förhållande: Fe : Mn.

I den sura processen löser så detta järn-mangan-bisilikat mera FeO och MnO, som fortfara att bildas, men även kiselsyra, lerjord m. m. från ungsinfodringen och från med godset i chargen inkommen sand, dock, så länge temperaturen i ugnen är relativt låg, övervägande

* S. u. E. 1907, sid. 157, 191, 229 och 265.
** S. u. E. 1907 sid. 269.
*** S. u. E. 1910 sid. 15.
† S. u. E. 1911 sid. 799.

FeO och MnO, så att slaggen håller sig starkt basisk och skarpt färskande. Kol oxideras även av denna slagg, men återreduceras till god del av ännu ej oxiderad kisel. I analogi med vid basiska processen bör vid nu rådande lägre temperatur nu även i sura processen fosfor livligt oxideras, men återoxideras ögonblickligen av badets kol, då fosforsyran ej finner nog basisk slagg till skydd. Ugnstemperaturen stiger emellertid och med den kolets oxidationsbegär. Kolet börjar förbrinna häftigare med syre både från FeO och MnO än Fe och Mn hinna återoxideras och badets järnvikt men även manganvikt tilltaga och den senare oftast raskare än den förra, vilket framgår av att stålets manganhalt i % vid detta skede ökas om slaggen håller nog med MnO. Som detta är en fördel, i det att dylikt utreducerande av Mn minskar behovet av mangantillsats vid chargens slut, så kan vara skäl nu använda manganrik färskmalm eller inkasta i badet rent av manganmalm. Detta har dock bästa effekten vid basisk martin, ty det verkar skarpt ugnsfoderfrätande vid sur.

Slaggens kiselsyrehalt stiger nu allt mera, så vida ej färskmalm inkastas, och man får en slagg bestående av överskott av kiselsyralerjord lösta i järn-mangan-bisilikat, vilken slagg (utan färskmalmtillsättning) ökas i surhetsgrad, ända tills kolhalten gått ned så långt (c:a 0,30 %), att mera Fe än C åter börjar förbrännas. I början av denna period kan, om temperaturen är nog hög, kolet t. o. m. utreducera kisel. Dichmann tror dock ej, att detta sker ur foderts kiselsyra utan ur mangan- eller järn-silikat, varvid dessa skulle minskas i mängd såväl till FeO och MnO som SiO_2. Efter järnmangantillsättningen inträffar så en plötslig ökning i slaggens manganhalt, i det att mangan utreducerar Fe ur såväl slaggens FeO som stålets, den senare fullständigt. Detta kemiska förlopp gäller skro-tackjärnscharger utan färskmalmstillsats. Vid oupphörligt förnyad färskmalmstillsats åter — vanliga förloppet hos oss — förryckas reaktionerna oupphörligt.

Den basiska processens gång är mera svårtydd. En av de nämnda forskarna tyckes betrakta som givet, att även här järn-mangan-bisilikatet är slaggens grundämne, vari överskott av FeO, Fe_2O_3 och MnO löst sig, medan sagda bisilikat ock i sig utan sönderfallande skulle lösa CaO och MgO. Förutsättningen förefaller dock rent otrolig när man tager de olika basernas kemiska styrka i betraktande, utan måste man väl antaga, att slaggen i de basiska martinugnarna består av ett kalk(-talk-)-mono-silikat $(Ca, Mg)_2 SiO_4$, varmed sammansmält — eller låt vara vari lösts dels föreningen järnoxidkalk, som bekant uppstående t. o. m. i de Westmanska rostugnarnas hetta, dels ock varierande halter av FeO, Fe_3O_4, MnO, CaO och MgO. Detta bestyrkes ju även av, att då vi några gånger i svenska basiska martinugnar chargerat med bara kallt tackjärn och kalk, vi nog att börja med fått ett hela badet täckande slagglager, hållande både CaO, MgO, MnO, FeO och Fe_3O_4 samt SiO_2, men detta slagglager har efter c:a 1 timmes

upphettning delvis försvunnit, lämnande stora bara fläckar å badet, då resterna av det utgjorts av ytterst segt kalk-talksilikat utan vare sig MnO eller FeO i ens hela procenttal. Denna erfarenhet gjorde vi ofta, då vi på 1880-talet sökte genomexperimentera en svensk basisk tackjärns-malmprocess. Huru än det slaggbildande silikatet må vara sammansatt, så är dock slaggen i sin helhet så sammansatt i de basiska chargerna, att i densamma förefinnes ett stort basöverskott, som tager hand om den sig redan från chargens början bildande fosforsyran, skyddande denna från kolets återreducerande verkan ända till dess badtemperaturen når en sådan höjd, att kolets oxidationsbegär övervinner ej blott fosforns oxidationsbegär utan även fosforsyrans och de starka basernas, CaO och FeO, föreningsbegär. Men sedan återreduceras vid stigande badtemperatur fosfor i badet ur slaggen. Flera av de nyare basiska metoderna gå nu, som vi förut sett, just ut på att genom hållande av låg ugnsvärme i chargernas förperiod redan då få fosforn fullständigast möjligt oxiderad, även fastän kol i avsevärd mängd men blott på bekostnad av järnsyre avgår, och vidare att genom det så bildade fosfatets avtappande och chargens fortsättande vid hög temperatur med ny kalk och ny, helst starkt manganhaltig färskmalm få snabb slutfärskning, mangan inreducerad i badet och varmt mindre gasrikt stål. Vid beredning åter av manganrent mjukt stål för elektriskt ändamål taga vi, så vitt möjligt, manganfritt tackjärn och skro men ock manganfri färskmalm samt av den senare ej mera, än att vi vid den hett drivna chargens slut har väl urkokad slagg, ty eljes blir metallens rödskörhetsgrad alltför dålig. Lättare skulle vara sköta detta ståls tillverkning i vickbara ugnar med slaggens avtappande och manganren färskmalm blott i slutfärskningen.

Vad slutligen svavlets förhållande i basiska charger angår, så är bekant, att i de mycket hetgående Talbotchargerna betydande svavelmängder bortgå även under häftigaste reaktionsperioden, om badet håller större mängd därav, så t. ex. ställde sig svavelrenandet vid 4 dylika charger analyserade av A. Harrison och V. Wheeler.*

Vid charge:	I	II	III	IV
Ursprunglig S-halt i chargen % . . .	0,045	0,055	0,060	0,055
S-halten i färdiga stålet %	0,028	0,035	0,045	0,042
Ursprunglig Mn-halt i chargen % . .	0,165	0,105	0,185	0,170
Tillsatt Mn vid chargens slut % . . .	0,615	0,605	0,585	0,570
Mn-halten i färdiga stålet %	0,555	0,565	0,535	0,525

Jämför man svavelrenandet med manganhalterna ser man lätt, att ugnstemperaturen måste härvid haft stor betydelse och tyckas chargerna III och IV gått kallast. Antagligen uppgår svavlet i slaggen som svavelmangan, som oxideras till med rökgaserna bortgående svavelsyrlighet och MnO, som av kolet kan återreduceras.

* The Iron and Steel J: 1908.

V. Stålframställning utan färskning.

1. Cementeringsprocesserna.

Definition: Med cementering menas inom järnets metallurgi att utan att smälta detsamma kolbinda mjukt järn så, att det vare sig helt igenom blir omvandlat till stål (brännstålsberedningen) eller ock endast på ytan blir omvandlat till stål (ytcementering).

Historik: Brännstålsberedningen, som utföres genom mjukt järns glödgande i fasta kolhaltiga ämnen, är urgammal, ty redan de gamla egypterna beredde brännstål enligt Agatharcides' beskrivning på så sätt, att de glödgade smidesjärn tillsammans med kameldynga, och enligt de tyska hjältesagorna beredde Wieland smed sitt stål genom att på samma sätt glödga smidesjärn tillsammans med gåsträck.* Från denna primitiva början utvecklades brännstålstillverkningen så småningom allt mera till såväl produktionskvantitet som i allt lämpligare ugnar även här i Sverige till dess S. Rinman konstruerat sin brännstålsugn för vedeldning — troligen i början av 1760-talet** — men sedan har i detta stålberedningssätt inga framsteg gjorts, ty såväl ugnar som process äro än i dag precis lika som han beskriver dem.*** Sällsynt exempel på kineseri inom ugnstekniken! Rinmans ugn var dock kanske något bättre än de nuvarande, ty hans hade tre cementeringskistor, de nuvarande blott en eller två.

Enligt Carl Sahlin† byggdes Sveriges första brännstålsugn 1655 vid Davidshyttan i Dalarne, medan Rinmans ugn först uppfördes vid Vissboda bruk av brukspatron C. M. Robsam, »varefter i rask följd dylika ugnar byggdes även vid Österby, Åkerby och Älvkarleö».

Ytcementeringen är i form av sätthärdning ävenledes gammal, men så som den nu mest bedrives en mera modern uppfinning och som sådan egentligen en utveckling av compoundståltillverkningen samt framdriven mest av behovet att åstadkomma ett emot nutida granater och kulor tillräckligt på en gång segt och hårt pansar.

* S. u. E. 1907 sid. 1693.

** Ritning och avhandling om densamma av honom inlämnad till K. Bergskollegium år 1775, se Jernets Historia av S. Rinman sid. 947.

*** Se t. ex. ugnsritningen å pl. VIII till hans Bergverkslexikon.

† Se B. f. B. W. inom Ö. L. 1912 sid. 562.

Fig. 1

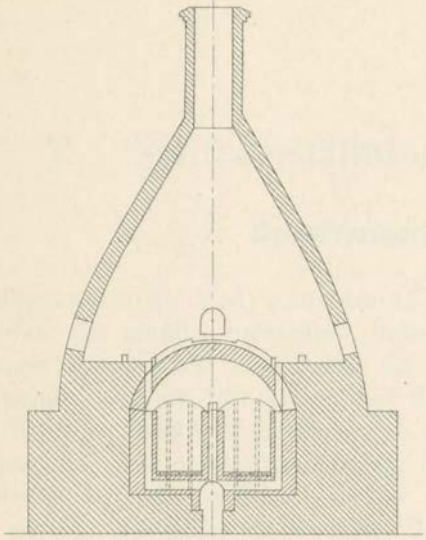


Fig. 2

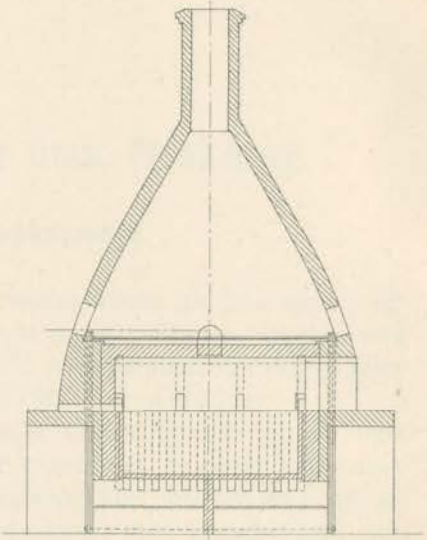
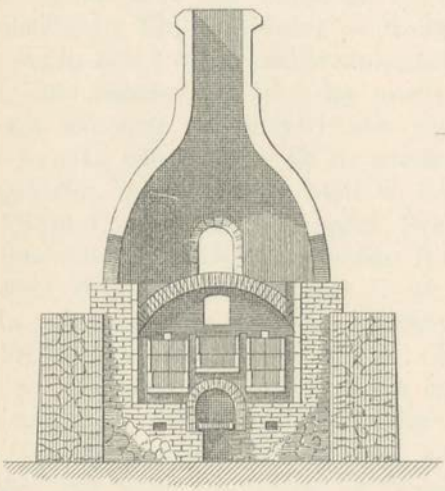


Fig. 4



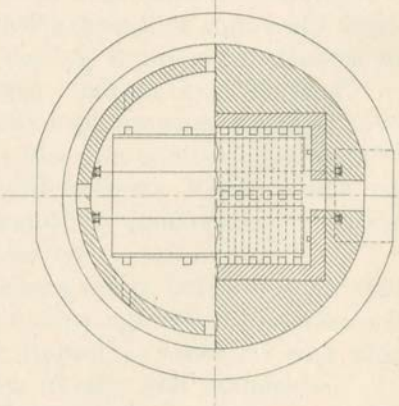


Fig. 3

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

A. Brännstålsmetoden.

(Zementstahldarstellung. manufacture of cement or blister steel, Fabrication d'acier cémenté, Proisvodstvo tomlenoj stali, Fabbricazione dell'acciaio cementato, Fabricacion del acero cementado.)

a. Ugnarna.

Dessa utgöras såsom av pl. XCIII framgår av innerst en eller tvenne av chamottetegel murade kistor, vanligen 3,45 × 0,95 × 1,27 m, under och omkring vilka kistor (12 st.) eldkanaler uppgå från två stycken något djupare ned under kistorna belägna eldstäder, en i vardera ugnsgaveln, skilda åt av en 300 mm tjock vägg av eldfast tegel. Eldstädernas längd är 2,1 m, bredd 0,55 m. Över kistorna är på 825 mm höjd slaget ett valv med 2,8 m spännvidd av 12″ sten, ställd på högkant, och vilket valv sandtäckes till förekommande av för stor värmeutstrålning. Vid detta valvs vardera anfang finnas 4 lodräta avloppskanaler (125 × 125 × 500 mm), genom vilka rökgaserna uppkomma först i ett kupolartat rum, varifrån de sedan avgå genom å detta placerad skorsten. Värmen kring kistorna regleras genom flyttande på täckstenar, som kunna läggas mera eller mindre över de 8 rökkanalernas mynningar. Kistorna måste muras ytterst omsorgsfullt av icke krympande eller svällande tegel och i botten av två på platt så lagda lager, att det övre täcker det undres fogar, varjämte man vanligen för säkerhets skull inrammar ett lager kvartsmassa (7 delar kvarts + 3 delar eldfast lera). I vardera kistans ena gavel har man ett mindre 4-kantigt hål, varigenom provstänger kunna utdragas. Hålet befinner sig 550 mm från kistbotten och är 150 × 150 mm vitt. Mitt emellan båda kistorna finnes i höjd med deras överkant det s. k. järnhålet 200 × 200 mm, och mitt däremot ett annat 550 × 800 mm för arbetarna att krypa in igenom, då kistorna skola fyllas eller tömmas.*

b. Processens utförande.

Stångjärnet, som brännes, är för finaste stål alltid Dannemora vallonjärn, så alltid vid Österby och vanligen så ock i Sheffield, men där och i Tyskland användes för fint stål även Dannemora lancashire samt för mindre fint vanlig svensk lancashire och för tertia vara även annat mjukt järn, martin, bessemer eller thomas.

Brännkolspulvret erhålles av välkolade björkkol, som stampas till högst ärters grovlek.

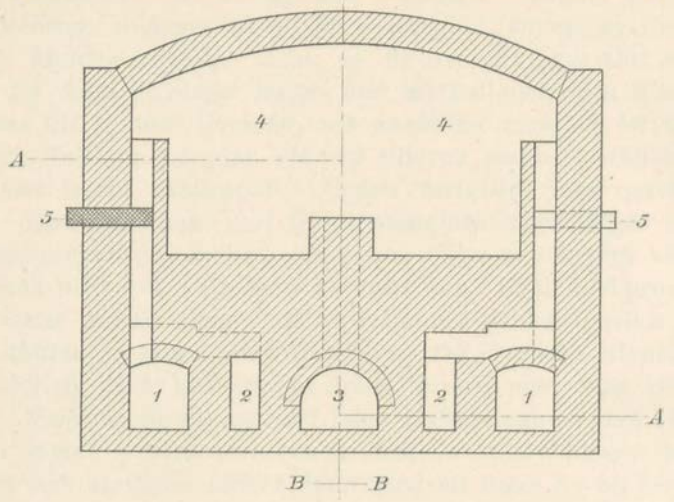
Vallonstångjärnet är smitt i $2^1/_2'' \times {}^5/_8''$ engelskt mått. Inläggningen tillgår så, att först utbredes på kistornas botten ett kollager 76 mm

* Ritning å de engelska brännstålsugnarna finnes i fig. 274 och 275 i prof. H. O Hofmans An outline of the Met. of I. and Steel. De likna för övrigt så gott som alldeles de svenska.

tjockt, som noga avjämnas. Kolpulvret är, då det användes, fuktat med koksaltvatten och åtgår för en charge (2 kistor) 35 hl kolpulver och 25 liter koksalt. Av stångjärnet, avhugget i längder 15 cm kortare än kistorna, inlägges så ett lager på platt, stängerna invid varandra, och knackas det på dem, så de överallt ligga tätt an emot kollagret. På detta järnlager lägges åter ett kollager, som tillstampas och avslätas till 16 mm tjocklek, och använder man för att få exakt tjocklek och fullkomligt plan yta vid sidorna nedsatta trälister, som borttagas sen lagret avskrapats. Sedan fortsättes med omväxlande lager järn och kol, men vart fjärde stångjärnslager lägges på kant med 16 mm mellanrum mellan stängerna, vilka mellanrum väl fyllas och tillpackas med kol. Då man kommit upp i höjd med provstångshålet, utstickas genom detta 3 st. provstänger på kant, vilka stänger blott äro hälften så långa som de andra. De få sticka utanför hålet 75 mm. Mellan dem igenstoppas hålet innerst med aska, utvändigt med sand. Varje kista rymmer 30 lager järn, vägande 11 à 11½ ton. På översta lagret packas i valvform först ett kolstybblager, på detta ett asklager och slutligen täckes detta med ett lager av en blandning av 2 delar sand och 1 del tegelmjöl, som vid upphettningen sammansintrar till ett luftskyddande täcke. Inläggningen skötes av två man och två pojkar. Härefter igenmuras järnhål och manhål och eldningen kan börja. Denna börjas då samtidigt i båda eldstäderna och drives under första dygnet helt sakta samt därpå så småningom starkare, först endast med sågverksavfall eller granved, sen med blandad barr- och lövved och sist med, om högsta värme skall åstadkommas, bara björkved eller generatorgas. Eldningen skötes av en man per skift, och den pågår olika lång tid, allt efter som man önskar högre eller lägre kolhalt på det färdiga stålet, så vid c:a 0,60 % C — 6 à 7 dagar, vid 1,60 % C — 15 à 16 dagar. Som emellertid uppkolningen fortgår även första tiden efter eldningens upphörande under ugnens svalnande, så måste man upphöra med att elda, när provstängerna visa 0,2 à 0,3 % C under den önskade kolhalten. Efter 7 à 8 dagar är ugnen så pass sval, att kistornas övre betäckning kan avrakas, och efter ytterligare 4 à 3 dagar kan man börja plocka ut stångstålet, till vilket arbete åtgår 3 dagskift à 4 man.

Vallonjärnets kolhalt är, som vi förut sett, ytterligt varierande i olika delar av stången. Genom bränning utjämnas detta emellertid, ehuru stångens kärna alltid är mjukare än ytan med undantag av 1,60 % kolhalt, som kan drivas att bliva jämn allt igenom, emedan 1,60 % C utgör maximimängd kol, som mjukt järn kan vid gulvärme upptaga. Men fastän varje stång för sig har fått efter hela sin längd utjämnad kolhalt, så hava dock de olika stängerna sinsemellan rätt varierande, i det att de som längst utsatts för högsta värmen eller de som legat närmast kistornas botten och väggar samt de överst lagda hava mera kolbundits än de inuti liggande.

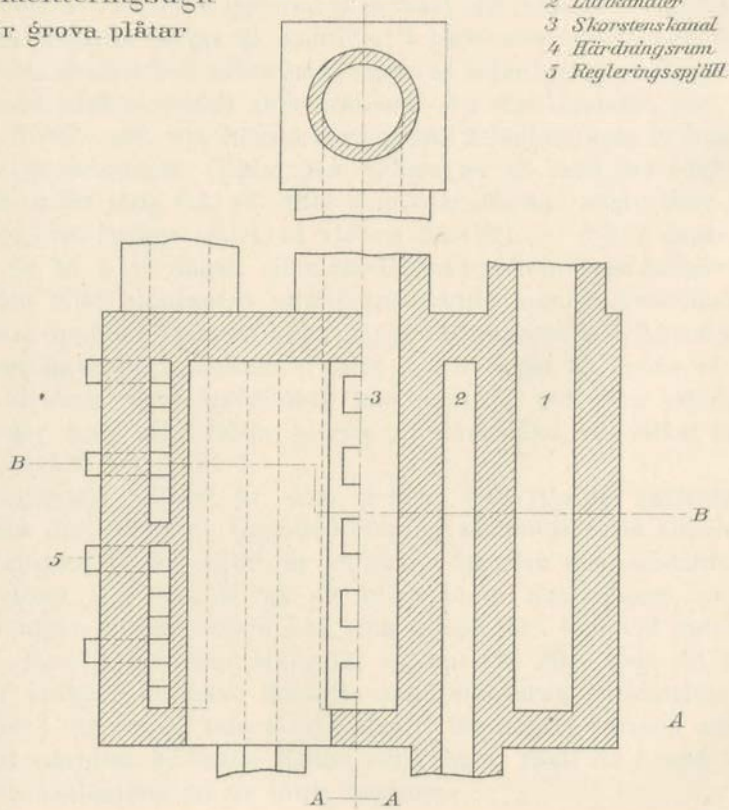
Fig. 1



Ytcementeringsugn
för grova plåtar

Fig. 2

1 Gaskanaler
2 Luftkanaler
3 Skorstenskanal
4 Härdningsrum
5 Regleringsspjäll



Graf. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

De uttagna stängerna sönderslås i korta, för degelsmältning passande bitar och sorteras efter brottutseendet i olika hårdhetsgrader vari sorterarna vinna en förvånansvärd säkerhet.

45 stavrum = 90 famnar ved åtgå per bränning men vid generatorgas av sågverksavfall nära dubbel vedvolym och en bränning tager ungefär en månads tid, i det att 8 à 9 dagar åtgå för inläggning, 10 à 14 för eldning, 8 à 11 för avsvalning och 3 för uttagning. Processen utmärker sig för låg arbetskostnad men hög bränslekostnad, vilken senare ju emellertid om masugnsgas komme till användning kunde ofantligt nedbringas, då ock arbetskostnaden bleve lägre om flera ugnar höllos samtidigt i gång.

B. Ytcementering.

(Einsatzhärtung, Case hardening, Trempe de surface, Poverchnostnaja zementazija tempera della superfici, temple de superficie.)

a. Ugnarna.

Dessa är dels byggda för eldning med masugnsgas eller naturlig gas, generatorgas eller olja dels kunna de vara byggda vare sig med eller utan regeneratorer eller rekuperatorer. Enklaste anordningen av ugn för mycket grova plåtar synes å pl. XCIV, å ugnar avsedda för pjäser av mindre grovlek finnas goda avbildningar i S. u. E. 1912 sid. 115, 191, 192.

b. Materialen.

Vanligen cementeras endast mycket mjukt stål (0,10 % C eller under) och endast krom-nickelstålplåtar tagas ibland med 0,25 à 0,30 % kolhalt. Manganhalter upp till 0,40 %, kromhalter upp till 0,75 à 1,0 % påskynda cementeringen, nickel åter samt svavel och fosfor motverka den, men nickel gör förstås den färdigcementerade plåten mycket seg.

Kraftiga cementeringsmedel äro kolvätehaltiga gaser, oljor och fasta kolhaltiga ämnen, och som de sistnämnda äro billigast i användning och lättsköttast, användas de så gott som uteslutande vid grövre pjäsers cementering, medan de förstnämnda, gaser och oljor, brukas vid vetenskapliga försök och manufakturering.* De fasta utgöras dels av sådana vilka vid upphettningen ej sintra eller halvsmälta, dels av halvsmältande. De bästa av de förra bestå av 3 delar träkols- och 2 delar bariumkarbonatpulver eller av 9 delar träkol- och 1 del koksaltpulver. Av de senare åter, som påsmetas de ytor man vill härda (egentlig sätthärdning), är befunnet bäst en deg av 2 delar ferrocyankalium och 1 del kaliumbikromat utrörd med dextrin. Träkols-

* Tillhör detta läroämne.

bariumpulvret* användes allmännast, ty det är relativt billigt och kan användas om och om igen, bara man för varje gång reglerar dess sammansättning. Ferrocyankaliumbikromatpulvret är enligt Guillet farligt för arbetarnas ögon m. m.

c. Cementeringens utförande.

Maskingods cementeras sällan djupare än $^3/_4$—$1^1/_2$ mm. Mindre gods nedpackas oftast i stålplåtkistor som inskjutas i ugnarna och efter behörig upphettning åter uttagas, varmed vinnes, att ugnarna ej behöva för varje charge påeldas och åter avkylas. Kolpulvret måste ligga an i minst 5 cm tjockt lager mot de ställen, som skola härdas, medan de som ej få bli cementerade täckas med ett skyddslager, vilket sammansättes av eldfast tegelmjöl och litet kalk samt lera och en del grafit. Dion & Botons sätt att medelst förkoppring skydda de delar, som ej få bli cementerade, skall ock vara bra.** Använder man plåtkistor, inskjutas de i ugnen på lösa rullar, som därefter utdragas, och man ställer de kistor, som innehålla det gods, som skall hava djupaste härdningslagret, i ugnens hetaste del. Eldningens styrka övervakas med pyrometrar insatta på olika ställen i ugnen och hettan uppdrives eller hålles till 1000°, således ungefär lika med i de vanliga brännstålsugnarna.

C. Cementeringens kemiska förlopp.

Härom har på senare tider mycket tvistats, i det en del påstått, att de cementeringen åstadkommande ämnena ej kunna vara annat än gaser, ett andra parti gaser eller flytande kroppar, ett tredje parti såväl gaser och flytande som fasta ämnen, medan den äldsta åsikten var, att endast kol i fast form kunde cementera järn. Till de först nämnda höra L. Guillet, som i Bulletin de la Société des Ingenieurs civils de France 1904 alldeles frånkänner rent kol förmågan att cementera järn, och som i S. u. E. 1906 sid. 479 omtalar, att han glödgat järn i sockerkol i lufttomt rum under 300 timmar och blott fått $^2/_{10}$ mm djup yta uppkolad, vilken uppkolning han skyller på, att sockerkolets aska bildat gasformig cyanförening. Likaså anser han, att varför uppkolning sker i brännstålsugn får tillskrivas dels i kistorna bildade kolväten, koloxid och isynnerhet cyanångor men ej alls det fasta träkolet direkt. Mot det senare, att cyanångorna skulle vid brännstålsbränningen vara det verksammaste medlet uppträder Charpy i S. u. E. 1910 sid. 963, bevisande, att askhaltiga kol blandade med alkalisalter först vid temp. över 1050° med kväve bilda cyan, och att som cementeringshettan aldrig drives över 1000° temp. så uppkommer

* Uppfunnet av Caron.

** S. u. E. 1912 sid. 190.

därvid ingen cyan. Ledebur åter invänder* att Margerittes försök, då han i ren vätgas glödgade järn lagt på diamanter, bevisar, att fast kol förmår uppkola järn, ty där diamanterna lågo an mot järnet men endast där kolades järnet upp. Härpå svarar Guillet** att vätet ej är en indifferent kropp. Därmed vill han väl antyda, att det skulle bildats kolväten av väte och diamant, men då borde väl dessa kolväten kolat hela järnytan utefter. Redan S. Rinman påpekar,*** att om man håller ned en mjuk järntråd en stund i smält tackjärn, så omvandlas den till stål. Nåja, tackjärnet kan ju betraktas som en lösning av kol, men så hava vi ju det gråa tackjärnet, vars grafitfjäll faktiskt lösa sig i järnet, innan detta smälter, ty eljes skulle desamma flyta upp vid smältningen. Att emellertid koloxid, kolväten i gasform och cyanångor äro kraftiga cementeringsmedel är obestridligt, ävensom att den förstnämnda lämnar det segaste ytcementerade stålet. Enligt försök av G. Charpy† synes kraftigaste uppkolningen i ren koloxidström ske vid 925°, men talar han om den mängd fritt kol (utdissocierat), som därvid avskilde sig (vid järnfilspån 9,27 % inalles avskilt kol, varav 8,27 % förefanns som fritt). Detta skulle kunna giva anledning till misstanke, att det ej är koloxiden själv, som cementerar, utan det ur densamma utdissocierade, på järnstyckets yta utfallande fasta kolet. Och då blir det i alla händelser fast kol, som cementerar järnet, fastän härvidlag kraftigare och fullständigare än träkolsstyckena, eftersom detta molekylfina kolstoft kommer att ligga an emot varje järnytans punkt, träkolskornen åter endast här och där med relativt avsevärda mellanrum.†† Varför en eller flera gånger använt träkolspulver ej verkar så kraftigt som nytt utan alltid måste uppblandas med sådant påpekar Ledebur är därför, att varje gång det användes blir det askrikare genom att alla askämnena bli kvar men en stor del av kolämnet absorberas av järnet. Så fann man vid Bissmarkhütte, att de nya kolen höllo = 1,43 % aska, den vanliga blandningen hälften nya, hälften använda = 2,08, medan de använda höllo = 4,34 %, och påpekar Ledebur, att askan redan i och för sig minskar kolbitarnas beröringspunkter med järnet och det ännu mer, då den vid 1000° sintrar som ett skinn kring kolstyckena. Vore Guillets sats fullt riktig tycker man väl, att ju mera aska ju mera cyanbildning och ju kraftigare cementering!

En annan Guillets utmärkta uppsats††† påpekar vikten av att ytcementerade stålpjäser sedan rätt behandlas, så att dels den något

* S. u. E. 1906 sid. 73.

** S. u. E. 1906 sid. 478.

*** Jernets Historia sid. 942.

† S. u. E. 1910 sid. 962.

†† Om cementation med gaser se vidare i S. u. E. år 1910 sid. 306, år 1912 sid. 1581 och 1780.

††† Le Génie Civil 1911 sid. 158, 183, 203, 226, 241, 266 och 286.

brända mjuka kärnan återfår full seghet, dels den cementerade ytan må få högsta hårdhet.

Detta sker genom i regel tvenne uppglödningar med åtföljande härdningar i vatten och böra dessa ske vid följande temperatur:

	Vanligt kolstål och kromstål	Nickelstål med 2 % Ni	Nickelstål med 6 % Ni	Nickelstål med 7 % Ni
avkylning efter cementeringen ned till minst	600°	=	=	=
uppvärmning till och härdning vid	1025°	1000°	850°	onödig
uppvärmning till och sluthärdning vid	750°	minst 705° 700°	675°	675°

2. Gjutstålsmetoden.

(Tiegelstahldarstellung, Crucible Steel Process, Fabrication de l'acier au creuset, Polutschenie ili proisvodstvo litogo sheljesa, Fabricazione al corgiuolo, Fabricacion del acero al crisol.)

Definition: Denna, som till skillnad från Uchatiimetoden vanligen brukar kallas »vanliga degelstålsmetoden», består i att utan egentlig färskning åstadkomma smält stål genom att endast helt enkelt smälta brännstål utan färskningsmedel men med desoxidations- och legeringstillsatser eller ock genom att smälta samman tackjärn med mjukt stångjärnsavhugg och behöriga legeringsämnen.

Historik: Även degelstålstillverkningen är urgammal, ehuru den i Europa i början av kristna tideräkningen helt föll i glömska. I Indien tillverkades stålet under namn av wootz-vadschra i Golkonda så tidigt, att tillverkningen besjunges redan i de äldsta heliga sångerna och fortlevde där ännu på 1800-talet, ja kanske här och var ännu. Av svartmalmssand som förekommer där i stora massor gjordes först i låga schaktugnar mjukt järn, detta utsmeds och sönderhöggs, varefter bitarna blandade med spånor av cassiaträ nedlades i helt små deglar samt i dem först upphettades vid gulvärme några timmar, så att järnet kolbands till stål och sen i 4—6 timmar utsattes för fullaste vitvärme, därefter uttogos och sönderslogos, då man ur varje degel bekom en halvrund liten stålkaka, som sedan hopvälldes med andra dylika och utsmeds till stål.* Ett par på berghögskolan förvarade dylika wootz väga: den mindre 155 gr, den större 340 gr. De hava befunnits hålla:

Den mindre	Den större
C = 0,770 %	C = 1,70 %
Si = 0,150 »	
P = 0,010 »	

* Om wootz nutida tillverkning se J. K. A. B. 1912 sid. 963.

Den mindre

S = 0,020 %
Ca = 0,200 »
Mn = 0,170 »

Båda äro väl smälta och visa en utpräglad pipe men för resten fast och slaggfri stålmassa, så det kan ej finnas minsta tvivel om, att ej här föreligger fullgod degelstålsprodukt. Swedenstierna har hemfört den större »wootzen». Deras dimensioner hava ursprungligen varit:*

	Den mindres	Den störres
övre diameter	13 mm	16 mm
nedre »	10 »	10 »
tjocklek	8 »	13 »

De stockkonservativa engelsmännen hade långt förut exploaterat Indien och hade med sina skepp fört hundratals tons wootz över till Europa — förstås föraktande att taga reda på vari detta den tiden underbara ståls förtjänst låg. Det var ju en god handelsvara och därmed basta! Och hade ej en son till en tysk invandrare blivit urmakare, så hade engelsmännen sålt wootz än utan att fråga efter huru det gjordes. Emellertid hade sent omsider en tysk urmakeriarbetare flyttat in till Doncaster. Han hette Huntsmann. Han fick 1704 en son, i dopet kallad Benjamin. Uppfostrad i faderns yrke och begåvad med reflexionsförmåga började denne, då han övertagit verkstaden, grubbla över svårigheterna att få stål nog jämnt och fint för de fina axlarna och fjädrarna i uren, som han förfärdigade. Axlarna gick det väl an med, men fjädrarna gåvo ej jämna spiraler, ty trots den bästa härdning och jämnaste dragning blevo spiralerna »krokigt ojämna». Han skaffade sig Steyermarks finaste garvstålsmärken (den tidens finaste stål), men det hjälpte ej. Spiralerna blevo i alla fall ojämna. Då flög den tanken upp för honom: Månne om jag smälter stålet, det blir jämnare? Nå, han beslöt försöka, ej anande, att detta beslut skulle taga hans livs bästa krafter, ej anande, att andra skulle *stjäla* hans livskrafts resultat! Men det fanns jobbarschakaler den tiden med. Man må läsa hans strävandens historia målad av Beck i ingalunda för berömmande färger, och man knyter näven. Han arbetade oförtrutet viss om det riktiga i sin idé. Han grävde med sorg och bekymmer ned sina misslyckade göten runt omkring sitt verk, där de blottats vid senare schaktningar. Deglar, som kunde smälta stål, funnos ej då. Han måste göra försök på försök för att långt om länge få deglar, som ej segrade samman vid denna nya krävande hetta. Han måste konstruera ugnar, som kunde ge denna hittills oanade »helveteshetta». Utan kredit, utan jobbarintresse. Blodstårar! Men till sist var saken klar. Han gjorde

* Båda äro illa åtgångna. Av den större finnes blott hälften kvar, av den mindre ca 7/8. *O—a.*

stål av oanad kvalité. Köpte engelsmännen det? Nej visst inte. Men fransmännen gjorde det och snart gingo franska knivar av Huntsmanns stål England runt. Sheffielder-knivfabrikörerna blevo förtvivlade. En av dem lade sig klädd i trasor stelfrusen en yrvädersnatt utanför Huntsmanns gjuteri. Bars av barmhärtighet av Huntsmanns arbetare in att värmas till liv vid ugnarna, såg huru fabrikationen tillgick och trusten satte genast i gång på samma sätt — väl aktande sig för att låta sina arbetare bära in att värma andra frusna stackare! Nej då, men med Huntsmann konkurrerade de på skärpen hos hans avnämare. Detta var på 1740-talet, då Huntsmann byggt sitt verk vid Handsworth utanför Sheffield. Föga heder har England av den tyskens uppfinning. Men desse män, som på så vanhederligt sätt bekommit kunskapen om den hederlige mannens uppfinning, den de ej ville köpa utan helt enkelt stulo, de bildade världens första ståltrust och stängde sina verk för var och en annan intresserad. Överallt världen runt undrades, huru detta märkvärdiga stål gjordes. Men ingen slapp in över trustens trösklar. Stackars Huntsmann blev i det närmaste ihjälkonkurrerad.

Vad nu den svenska gjutstålshistorien angår, så är den ett ännu oskrivet kapitel, vari dock brukspatron C. Sahlin, vår ivrige och energiske forskare i svenska järnets annaler, börjat bryta siktlinjer. Av honom uppmärksamgjordes jag på, att en liten stålbit i bergshögskolans samlingar, liggande utan varje annan förklaring, men stämplad med namnet Ersta, är ett prov från Sveriges första degelstålsverk. Ja, han har rätt. Sven Rinman talar i Jernets historia och i sitt Bergverkslexikon om »en svensk vitter bergsman, som anlagt gjutstålsverk». Denne vittre svenske bergsman var, som Sahlin påvisar, assessor B. Qvist Andersson (Swinhufvud), född 1726, död 1799. Sedan hans anläggning slutade drivas dröjde det ända tills Vikmanshyttans degelstålsverk kom i gång innan någon av Sveriges brukspatroner åter kom sig för med att tillverka gjutstål, trots att de samtliga i en hel bergslag årtionde efter årtionde gingo på med att sälja råmaterialen till Englands gjutstålstillverkning, ett fult kapitel i svenska järntillverkningens historia! Till sist vågade dock även Dannemoraverken försöka och skedde detta vid Österby under baron Gustaf Tamms ledning. Där anlades degelstålsverket år 1870 av Dannemora Gjutståls A. B. och övertogs 1881 av Aktiebolaget Österby bruk, vilket ännu i dag driver detsamma. På de sista åren hava tillkommit två nya verk, nämligen Fagersta och Söderfors.

a. Ugnar och deglar.

Ugnarna: Huntsmann fann, att han måste hava skarpt drag och elda med koks, om han skulle få så hög temperatur, att stålet blev kvickflutet. Han konstruerade därför sina ugnar på så sätt, att han placerade dem i en grop under verkstadgolvet och gjorde dem som

Fig. 1

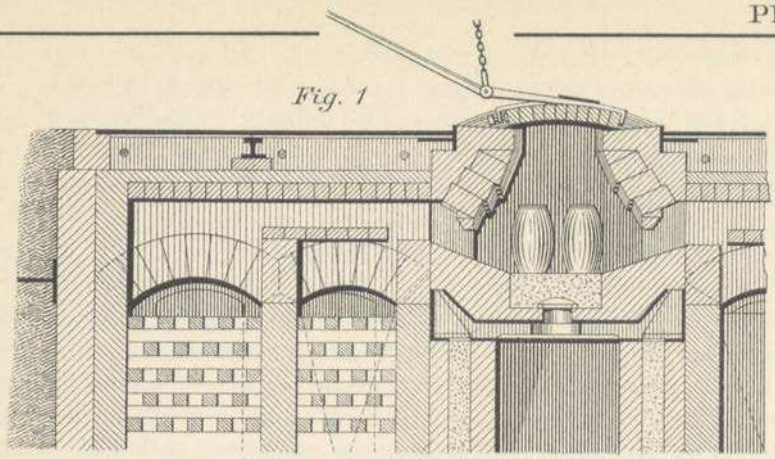


Fig. 2

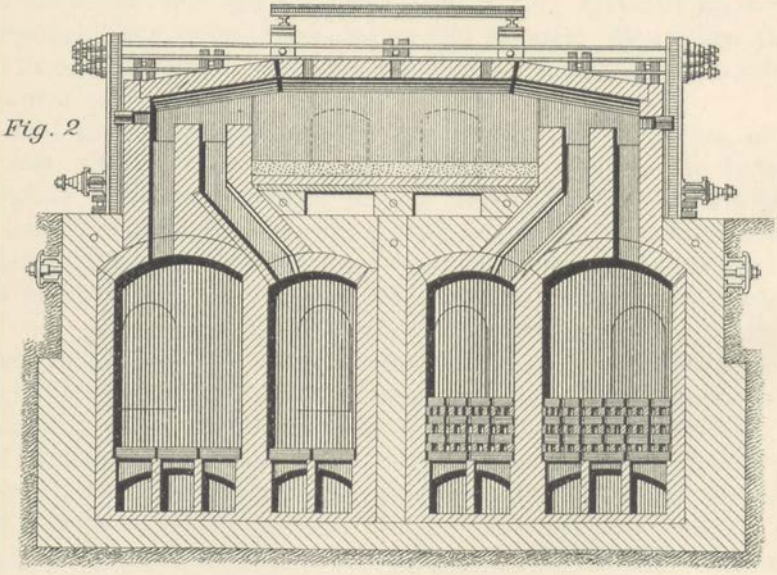
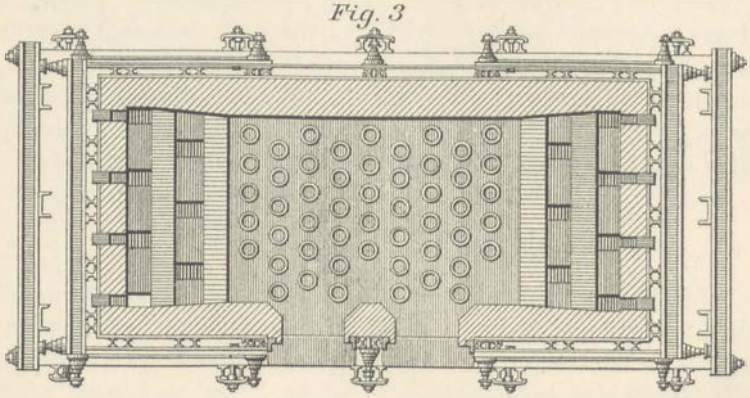


Fig. 3



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

4-kantiga schakt, i vilka schakt han på c:a 3 fots höjd över askrumsbotten anordnade ett planrost, å vilket han lade en stenplatta, på vilken degeln sattes. Han fann nämligen att degelns botten höll sig för kall, om densamma ställdes direkt på roststängerna. Från schaktets överdel utgick en rökgaskanal in i en å verkstadsgolvet uppbyggd skorsten. Varje ugn hade sin skorsten och mera än två deglar rymde de sällan. I c:a 100 år användes denna Huntsmanns ugnsmodell överallt, där degelstål tillverkades. Så kom William Siemens med de regenerativa ugnarna och så småningom inarbetade de sig även i de konservativa gjutstålsverken samt äro nu de därstädes så gott som uteslutande använda. Dessa senare ugnar* (se pl. XCV), som, även de, vanligen äro placerade under hyttgolvet och hava ugnsrumsvalvet i form av avlyftbara segment, likna martinugnar men hava plan botten i ugnsrummet. De vanligaste (fig. 1) hava luft- och gasinledningarna på långsidorna och deglarna då placerade i två eller tre rader, 9—48 stycken deglar i varje ugn och ugnsrummen avdelade i fack genom tvärväggar, men undantagsvis byggas ock ugnar med inledningarna i gavelsidorna (fig. 2 och 3) samt då rymmande 18 upp till 60 stycken deglar. Den senare ugnstypen bygges ibland över golvet för 40—120 st. deglar. Ugnens dimensioner beräknas, vad regenatorkamrarnas volym angår, i likhet med vid martinugnar för samma timme-bränsleåtgång. Ugnsrummet åter efter deglarnas behov av utrymme. Lågan måste hava gott utrymme att spela runt om varje enskild degel (vid tre rader deglar c:a 1200 mm ugnsbredd. Växelventiler och förankringar äro likaledes fullkomligt lika med dem vid martinugnarna. Mitt i ugnsrummets botten är ett hål, varigenom stål, som rinner ur möjligtvis sprickande deglar, kan komma ned i och uppsamlas i ett rum under bottenhällen. Den sistnämnda hålles täckt med ett c:a 5 cm tjockt lager av koks, å vilket deglarna ställas.

Deglarna: Numera användas här i Sverige uteslutande engelska grafitdeglar (Morgan, Battersea, London). Deras fabrikation tillgår så, att grafit (helst från Ceylon), så bergarts- och svavelfri som möjligt, först torkas vid 40° temp. och sedan males i kollergång. På samma sätt behandlas så eldfast lera (engelsk blå eldf. lera) och i klimpar bränd chamotte. Övriga råmaterial äro koks- och träkolspulver (sågspånsmjöl) och mald degelskärv. Hanemann omtalar följande blandningar:

	grafit	lera	chamotte	koksstybb	träkolsstybb	degelskärv
a . . .	48	22	30	—	—	—
b . . .	—	33	40	7	20	—
c . . .	41	30	23	6	—	—
d . . .	50	25	—	—	—	25

* De svenska ugnarna äro i vissa detaljer olika de å planschen avbildade, och därför bättre, men få på de respektive verkens önskan ej i tryck utan endast under föreläsningarna i ritning förevisas.

	grafit	lera	chamotte	koksstybb	träkolsstybb	degelskärv
e . . .	50	50	—	—	—	—
f . . .	41	30	23	6	—	—

Massan blandas först torr, sedan fuktad. Får så ligga fuktad i 12 timmar och knådas sedan i maskin, 3 à 4 gånger, varefter man i degelpress formar den till deglar. Dessa torkas sedan 1 vecka vid c:a 20°, 1 vecka vid c:a 35°, 1 vecka vid c:a 45° och 1 vecka vid 50—60° under kraftig ventilation. Innan deglarna sedan få nedsättas i smältugnen, måste de försiktigt förvärmas *helt långsamt* under 8 à 10 timmar upp till 900 à 1000° temperatur. Förvärmningen sker bäst i en etageugn, i vars översta våning är blott 200°, mellersta 400°, nedersta 900°, men innan de flyttas in i den översta böra de vid smältugnens regeneratorväggar vara väl förvärmda och skarptorkade, eljes flagna de av.

b. Processens utförande.

Man skiljer vanligen på tre förfaringssätt:

1:o Smältning av brännstål,
2:o sammansmältning av tackjärn och stångjärnsavhugg och
3:o » » kolstybb » »

Vid en del verk fylles chargerna i deglarna, redan innan dessa insättas i förvärmningsugnen (utomlands isynnerhet vid lerdeglar, som aldrig användas mer än en gång och vid ugnar liggande över golvnivån, där deglarna sättas in genom lucka i framväggen), vid andra verk åter nedsättas deglarna först i ugnsrummet försedda på botten blott med ett lager slaggbildande ämnen eller med pulveriserad tegelskärv, som skyddar botten mot att bli sönderslagen, när chargen nedhälles. Består denna av större bitar, så nedskaffas de med en slags skoptång, är den i form av småbitar åter, så nedsättes i degeln en plåttratt, varigenom beskickningen nedhälles. De flesta legeringsämnen såsom kisel, wolfram, krom, nickel och vanadin blandas med chargen före nedhällandet, manganen åter nedskaffas i degeln först sen chargen smält, ty den skär eljes alldeles för skarpt på degelväggarna, därvid dessutom orsakande höjning i stålets kol- och kiselhalter,* reducerande ut kisel ur chamottemassan och överförande grafiten till stålet samt därvid själv försvinnande ur detta. Med chargen nedsläppes för bildande av slagg utomlands glasskärv, hos oss masugnsslaggpulver.

Deglarna rymmande osmält charge till 20 à 25 kg stål få stå så länge efter sedan chargen i dem blivit väl smält, att gasbubblingen upphört, stålet står lugnt och slaggen flyter lätt. De upplyftas då degel

* En viss höjning i kiselhalten genom manganens verkan på degelväggarna är rent av nödvändig där endast brännstål smältes, ty eljes bli götena blåsiga. Men väl att observera är, att det ej är manganen i och för sig som gör stålet tätt, utan endast medelbart genom kiselreduktionen.

efter degel, slaggen avskummas med yttersta omsorg medelst en spiralvriden stålten, varefter stålet tömmes i sjunkboxförsedda, invändigt polerhyvlade, med näver rökta kokiller. Boxarna täckas, så fort stålet nedhällts, så att det må stå flytande i dem så länge som möjligt. Götena synas medan de ännu äro heta och renmejslas från varje ytfel.

c. Processens kemiska förlopp.

Användes rostigt skro* eller tackjärn med glödspånshinna, så inträffar naturligtvis under smältningen en viss liten färskning (pösning). Sedan har man manganens förutnämnda verkan till kisel- och kolanrikande, varjämte förstås pågår ett lösande och utjämnande av de tillsatta legeringsämnena. Håller degelmassan svavel, så ingår större delen av degelinnerytans svavel i stålet. Fosforhalten förblir oförändrad. Manganhalten minskas. Wolfram och molybden vilja gärna förslaggas i en viss grad och måste därför tillsättas i överskott (10—30 %), ja t. o. m. nickeln säges kunna förslaggas upp till 12 % vid smältning med mycket rostiga materialer(?). Kromen förslaggas mindre, 2 högst 10 % av hela kromhalten vid ringa tillsats, 1 till 5 vid kromrikare stål. Mycket intressanta äro gasförhållandena vid tillverkning av gjutstål av brännstål. Strax sen stålet smält, så förhåller det sig lugnt i degeln även vid omröring. Tappar man det då får man mycket blåsiga göten med kornigt eller »grynigt» brott, vilken gasblåsmängd visar, att stålet höll mycket gaser, men att temperaturen vid detta tillfälle — strax efter smältningen — var just den, vid vilken stålet har största gasbindningsbegäret. Får stålet stå och värmas till, så börja gasbubblor uppkomma, stålet orkar ej hålla kvar mera gaser. Tappar man det nu, bli götena mindre blåsiga med bladigt brott. Får stålet stå än längre, stiger dess temperatur ytterligare och kisel börjar av manganen inreduceras och stålet blir tätt. Att säga, att degelstålet blir bättre än martinstålet därför, att det ej har så lätt att komma åt att upptaga gaser är ju ej riktigt. I degeln förefinnes en atmosfär av visserligen huvudsakligast koloxid och kvävgas, men hållande även vätgas och kolsyra, ty med den snabbhet och kraft, som gaser blanda sig med varandra, och då degellocken sluta föga tätt, så tränga givetvis ugnsgaserna även in i deglarna. Och som slagglagret i deglarna är mycket tunt och således vida mindre gasskyddande än slagglagret i martinugnen, så borde degelstålet hava och har också lättare tillfälle att upptaga för mycket gaser än martinstålet. Huru kommer det sig då, att det ej så gör? Jo, av samma anledning som att elektrostål, rätt berett, blir gasfriare än martinstålet, *det hålles varmare.* Vilken martinkarl som helst skall med blott sina goda ögons hjälp konstatera, att hettan i ett martin-

* Brännstålet är nästan alltid rostigt till följd av att brännkolstybben saltats.

ugnsrum är vida högre än hettan i degelstålsugnens ugnsrum. Men hur är det med stålets temperatur? Jo, med den förhåller det sig alldeles tvärtom. Degelstålschargen hålles hetare än martinstålschargen. Varför? Jo, i martinbadet upphettas stålet av slaggen, som i sin tur upphettas av ugnsgaserna. Slaggens värmeledningsförmåga är ej god. Ju tjockare detta lager hålles, ju svårare har gasernas övervärme att taga sig ned till stålet. Ju trögare, tjockare slaggen är, ju gasrikare och porösare, ju sämre leder den värmen. Men stålbadets avkylning, den är i alla fall densamma. Den undre värmeavledande ytan är mycket större än den övre värmetilledande! Håller jag vad hetta som helst i en martinugn, så är i alla fall skillnaden mellan stålets och ugnsgasernas temperatur 200 à 300°. Hur är det i degelstålsugnen? Degeln omsvepes överallt av de heta ugnsgaserna med undantag av den hopdragna bottenytan, men denna står löst på ett i värmeledningsförmåga sämsta tänkbara medium — gasfyllt kokslager. Stålet i degeln får därför ugnsgasernas temperatur, om man ej avbryter processen för snart. Det avgiver frivilligt en del vid nedsmältningen redan absorberade gaser. Så kommer kiseln till och gör det gasfriare stålet tätt, och man får ett förstklassigt material.

Jag har hört många martiningenjörer fundera över Munkfors' martins överlägsna kvalité. Var och en har vetat, att de sköta sina charger med överhet gång. Vid de andra verken betyder överhet gång sekunda stål. Saken är dock ganska enkel. Munkfors har utpräglad skromartin, således ett ytterst tunt lättflytande väl täckande slagglager sammansatt på ett i kemiskt avseende synnerligen lämpligt sätt, genom så småningom gjorda nya tillsättningar av »lancashireluns». Detta slagglager är ej mera hindrande för värmemeddelandet än att eftersom Munkforsarna hålla över 2000° temperatur över slagglagret, så få de under detsamma i stålet t. o. m. något högre temperatur än degelstålsverken i sitt! Och deras stål håller sig därför hela chargen igenom relativt gasfritt med dock liten — men alltid tillfinnandes kiselhalt. En extra fin mönsterprocess trots sin dyrhet. Och Munkfors utför den med sågverksbränsle, relativt till stenkolen ytterst vattenhaltigt, och så läser man i utländska metallurgier, att prima martin ej kan framställas med vattenhaltigt bränsle! Jo, håll bara rätta ugnstemperaturen!

De andra martinverken, som använda malmmartin — jag talar ej om de som använda utländskt 4:a skro — få sekunda stål vid överhet gång. Varför? Jo, slagglagret är just lagom tjockt för att hindra värmen tillräckligt att gå igenom. De få upp stålet i nätt upp den temperatur, då det har stor förmåga ej blott att binda gaser utan ock att hålla dessa gaser bundna tills götena stelnat. (Men största gasupptagningsförmågan har förstås, som jag sagt förut, en charge som skötes undervarm och den ger stövelskaftgöten och ett

stål som nätt och jämnt duger till slädskostänger i Lapplands utmärkta slädföre!)

Vi hålla nu i Sverige på att gå över — hoppas jag — till elektrisk ståltillverkning. Ni unge ingenjörer, som skola taga hand om den, hållen ej för låg temperatur i stålbaden, men ej heller för hög, ty fast vi ej ännu äro redo att bevisa det, så gäller nog även därvidlag den gamla visdomsregeln »för mycket såväl som för litet skämmer allt».

VI. Ferroelektriska och nya direkta metoder.

1. De elektriska metoderna.

Historik: Den förste som använde av elektrisk ström alstrad värme för järnmetallurgiska experiment anses vara Pepys som 1815 cementerade järn genom att leda en stark elektrisk ström igenom en järntråd, som var lagd i beröring med diamantpulver.* Sedan kom A. Wall 1843 och Watson och Rosser 1853 med förslag att smälta tackjärn med elektrisk ström samt därunder även med strömmens hjälp befria det från kolet och så framställa smidesjärn. 1853 utkonstruerade Pichon en elektrodugn, i vars ugnsrum sutto två par elektroder, det ena över det andra och befann sig under dessa en samlingsbassäng för stålet. Han tänkte sig låta beskickningen — malm + kolpulver eller ock järn passera ned genom ljusbågarna och från samlingsrummet sedan avtappa metallen. Men den tidens elektriska maskiner kunde ej närmelsevis åstadkomma strömmar nog starka för så grova elektroder (3 m längd och 60 cm^2 i genomskärning), och misslyckades därför då hans ugnsidé ehuru den sen levde upp igen 45 år senare i Stassanougnen. Flera andra uppfinnare kommo sedan också med för sin tids elektriska förhållanden lika omöjliga förslag, men så småningom utvecklades elektrotekniken, och då W. von Siemens 1878 konstruerade en smältdegel, som han först satte ned i en ledande metalldegel och försåg med en genom degellocket nedhängande metallelektrod och senare försåg med en vattenkyld bottenelektrod och en nedhängande kolelektrod eller slutligen — upptagande Pichons idé — konstruerade med två sidoelektroder, så kunde han dock smälta järn och andra metaller i densamma. Han konstruerade ock självverkande elektrodregulatorer och förstod medelst magneter inställa ljusbågen åt önskat håll. Ekonomiskt möjliga blevo dock ännu ej smältningar på detta sätt.

* Se W. Borchers föredrag S. u. E. 1905 sid. 631 eller W. Rodenhausers och I. Schoenawas »Elektrische Öfen» sid. 3.

År 1892 patenterade C. G. P. de Laval den första verkliga motståndsugnen för järnsmältning. Denna hade på ömse sidor om en svalbrygga rännliknande fördjupningar, i vilka rännors botten tvenne kylda metallelektroder instucko. Strömmen måste för att passera från den ena till den andra gå fram över svalbryggan och tvangs på så sätt passera igenom dels metallbaden i rännornas nederdel, dels ock slagg och beskickning. I slaggen och beskickningen, där stort motstånd förefanns, uppstod då hög hetta, som från den förstnämnda även meddelade sig till metallen. 1893 föreslog Taussig en enkel smal rak ränna, vari metallen av strömmen skulle smältas, men motståndet och därför även värmealstringen blev nu för ringa i förhållande till utstrålningsytorna, och fast förhållandet mellan dessa faktorer blev bättre vid Gins senare patenterade metod med slingformig ränna, förblev detta smältningssätt dock ekonomiskt omöjligt. Dessa och en hel del andra misslyckade elektriska smältförsök med järn slappade allt mera intresset och flertalet metallurger började förklara det hopplöst att tänka vidare på att använda elektrisk ström för smältning av stål eller reduktion av järnmalm, anseende att endast dyrbarare metaller kunde bära den höga kostnaden av det elektriska värmet, som t. ex. aluminium, som gick bra att framställa i Heroults 1887 konstruerade reduktionsugn.

Ägaren av Gysinge bruk, ett av våra Dannemoraverk, G. Benedicks, insåg emellertid, att för ett svenskt järnverk med god krafttillgång och så fint råmaterial som vallonjärn, borde det vara av stort intresse få smälta stål av detta på elektrisk väg, vilket stål, som då ej komme att utsättas för svavelhaltiga ugnsgaser, borde bliva av den allra yppersta beskaffenhet. Frågan var blott att finna en god ugnskonstruktion och hade han tur att vända sig till en ung kemist och elektriker F. A. Kjellin, som på ett lyckligt sätt löste frågan. Kjellin beslöt konstruera ugnen efter Ferrantis 1885 patenterade idé att låta induktionsströmmar i själva godset åstadkomma smältvärmen, men han löste frågan på ett både i ekonomiskt avseende möjligt och i tekniskt sinnrikt och fullt tillfredsställande sätt (se vidare härom nedan). Hans ugn blev färdig 1899 och visade sig redan från början arbeta väl, vilket åter ej kunde sägas om tvenne andra samtida ugnsidéer, Stassanos av år 1898 och Heroults av år 1899, vilka erfordrat många års experiment och omändringar, innan de nådde nuvarande användbara former. Kjellins framgång satte emellertid nytt friskt liv i ferroelektrometallurgien, ja till och med kanske en smula för feberaktigt liv, ty man har, bildlikt talat, under de sedan gångna 24 åren hållit på att drunkna i massan av mer eller mindre omöjliga elektrougnsförslag, ett ansträngt uppfinnarearbete, som till dato resulterat i ett ytterst obetydligt antal verkligen användbara konstruktioner. Av dessa sistnämnda genomgås här nedan ett fåtal eller de, som för dagen synas hava större praktisk betydelse, men dess förinnan bör

påpekas den utomordentligt stora förtjänst som tillkommer chefen för Canadas bergsstyrelse E. Haanel som fick till stånd en kungl. canadensisk studiekommission, vars arbeten han ledde, och vars studieresultat han offentliggjorde, vilka senare bragte reda i begreppen, klargjorde utvecklingsmöjligheterna och anvisade framtida riktlinjer ävensom — ej minst förtjänsfullt — blottade en del humbugsartade metoder, som förut verkat förvillande både på begrepp och riktlinjer.

Metodernas indelning: De ferroelektriska metoderna kunna indelas dels efter elektriska strömmens verkningssätt i:

1:o Elektrotermiska och

2:o Elektrolytiska metoder,

dels efter processen i:

a. Reduktionsmetoder,

b. Raffinations- och färskningsmetoder.

A. Elektrotermiska metoder.

a. Ugnarna.

Dessa indelas i:

1:o. Rena motståndsugnar, vilkas verkningssätt bero uteslutande på det direkta motstånd vare sig beskickningen eller ugnsmaterialet såsom inkopplade i ledningen bjuda den elektriska strömmen. Såsom sådana ugnar kunna nämnas av första slaget Taussigs och Gins förut omnämnda, medan till det sistnämnda hör en hel del laboratorieugnar såsom Borchers stavugn, Heraeus, Girods, Rennerfelts och Helbergers degelugnar m. fl.

2:o. Induktionsugnar, vilkas verkningssätt beror på att smältgodset självt får utgöra sekundärledning till en primärström, då genom att den senare i den förra uppväcker induktionsströmmar och sekundärledningens godsmassa bjuder motstånd mot dessas rörelse elektrisk energi där omvandlas till värme som förvärmer, smälter och övervärmer godset. Hit höra de utmärkta ugnarna av Kjellin och Röchling-Rodenhauser, samt även ugnar konstruerade av Ferranti, Colby, Frick m. fl.

3:o. Ljusbågeugnar, varav tvenne grupper finnas, av vilka den första består av sådana ugnar, där beskickningen, som skall behandlas, ej är direkt inkopplad i ledningen utan endast utsättes för det strålande eller överledda värmet från en eller flera ljusbågar, som av elektriska strömmen bildas ovanför badet i ugnen mellan där instickande elektroder (vanligen koks- eller grafitelektroder). Hit höra Stassanos och Rennerfelts ugnar. Den andra gruppen utgöres av ugnar, där värmen till huvudsakligaste delen ävenledes uppkommer av ljusbågar, men där beskickningen inkopplats med i den elektriska ledningen, och där strömmen, för att komma från elektrod till elektrod,

Fig. 1

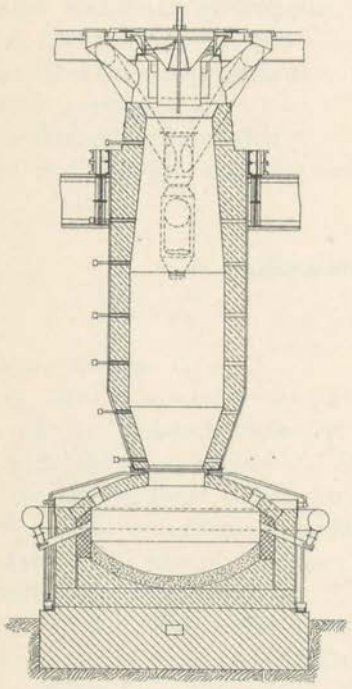


Fig. 2

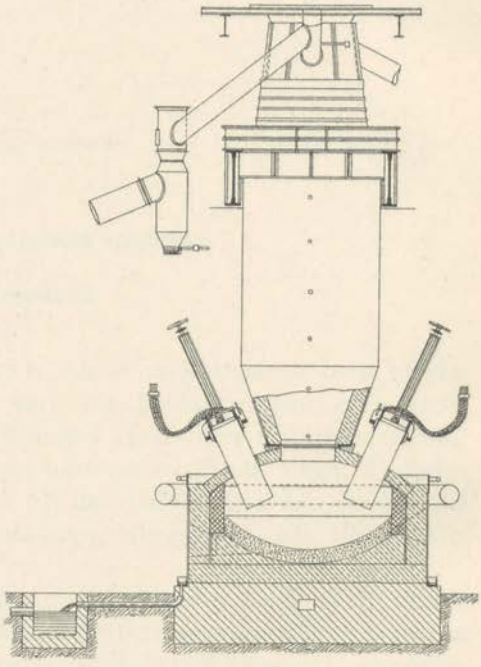


Fig. 3

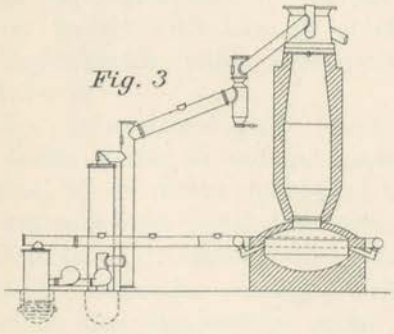
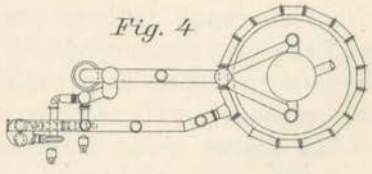


Fig. 4



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

måste åtminstone till god del passera genom beskickningen. Hit höra bland andra de tre svenska ingenjörerna Lindblad, Grönwall & Ståhlhanes masugn och Helfersteins masugn samt Girods och Heraeus stålugnar.

Samtliga dessa ugnar äro emellertid motståndsugnar, ty de äro alla baserade på omvandling genom ledningsmotstånd av elektrisk energi i värme, medan man i ingen av dem söker nyttiggöra den elektriska strömmens kemiska eller fysikaliska verkningar. I överensstämmelse härmed äro de också konstruerade uteslutande för växelström, men såväl för enfas- som för flerfasströmmar. De arbeta i regel med strömmar av högt Ampèretal men med låg spänning.*

a. Reduktionsugnarna.

1. *Den svenska elektriska masugnen.* Denna är konstruerad av civilingenjörerna A. Lindblad och O. Stålhane samt bergsingenjör A. Grönwall.

Ugnen arbetar enligt ljusbåge-motståndssystem, i det att elektriska strömmen mellan de, i beskickningsmassan något nedtryckta elektroderna och beskickningen samt mellan beskickningsdelarna inbördes bildar en mängd ljusbågar men även genomgår slagglagret och det smälta järnet.

Ugnens konstruktion framgår av pl. XCVI. Den utgöres upptill av ett vanligt masugnsschakt med Tholanders slutna uppsättningsmål, gasuttag, överpipa, bukcylinder och rast. Nedre delen åter utgör ett degelliknande ställe, i förhållande till pipans dimensioner av mycket stor inre vidd och täckt utanför rastmuren av ett ringformigt kupolliknande ugnsvalv. Ugnsfodret i den plåtmantlade pipan samt valvet muras av chamottetegel, varav även degelns underbotten och ytterväggar uppförts, medan dennas innerbotten gjorts av magnesitmassa och innerväggarna av magnesittegel. Pipan uppbäres av ett balkverk. Genom degelvalvet nedsticka 4 eller hellre 6 stycken 4-kantiga eller runda elektroder genom i valvet inmurade vattenkylda isolerboxar och är den s. k. halsen mellan valvet och pipan ävenledes försedd med vattenkylinrättning. Gasuttagen utgöras dels av ett läckrör för utsläppande av överskottsgas,** dels av två diametralt motsatta rör, som föra den övriga delen av gasen till en sotsäck. Från denna går gasen till en cylindrisk tvättapparat, från vilken den suges av en fläkt vars hjul samtidigt vattenspolas. Härifrån pressas den av fläkten tillbaka till ugnen och där genom tättrör in i degelrummet upp under valvet, vilket den härigenom avkyler, själv upptagande värme, det den sedan

* Som alla tre bergskolornas elever före studerandet av Järnets Metallurgi i fysiken undervisats i lagarna för elektriciteten, den elektriska strömmens verkningar och växelströmteorien, utelämnas här alla förklaringar däröver under hänvisande för andra läsare till de i Rodenhauser & Schoenawas: »Elektrische Öfen in der Eisenindustrie» därom intagna populärt skrivna kapitlen.

** Denna gas såsom mycket kraftig i värmeavseende bör naturligtvis nyttigt användas.

transporterar upp i schaktet till och in i där varande beskickningspelare. Degelrummet är försett med såväl utslagshål som slagghål, vilket senare dock ej användes vid mycket rika beskickningar. För processens kontrollerande finnes å Trollhätteugnens pipa 2 rader i olika nivåer placerade hål, varigenom gasprov kunna tagas och temperaturmätningar kunna göras, och i valvet över degeln finnas ävenledes hål, varigenom vid behov mera bränsle eller mer malm kan för processens reglerande nedskaffas direkt i smältrummet.

Principerna för ugnens konstruktion och beräkningsgrunderna för dess pipprofil sådana de angivits av dess konstruktörer* äro:

Principerna för reduktionsugnen.

»De principer, som varit grundläggande vid utarbetandet av denna reduktionsugn, äro följande:

1) Emedan alla kända ämnen vid hög temperatur bliva goda ledare för elektrisk ström, så bör konstruktionen vara sådan, att strömmen icke går ut i murverket, vilket givetvis också blir ledande under driften.
2) Konstruktionen skall vara sådan, att beskickningsmaterialet själv skyddar murverket från förstöring genom strålning från ljusbåge eller genom ledning, ty i annat fall måste en energiförödande vattenkylning användas.
3) Beskickningen får icke trycka hårdare mot elektroderna än att dessa kunna »fribränna» sig. Uppfylles icke detta villkor, blir driftspänningen onaturligt låg, elektroderna och strömtilledningarna antaga onaturligt stora dimensioner, gången blir ojämn.
4) Då vid elektrisk drift det med malmen uppsatta kolet icke kan förbrinna, så måste, för erhållande av en jämn kvalité hos produkten, förefinnas ett smältrum av så stora dimensioner, att detsamma kan verka som »blandare». I annat fall kommer varje oundvikligen förekommande ojämnhet vid uppsättningen att inverka på produktens kolhalt etc.

För att uppfylla dessa villkor har smältrummet erhållit formen av en relativt stor degel, täckt av ett kupolformigt valv. När nu beskickningen från schaktet nedsjunker uti smältrummet, utbreder den sig där på ett sådant sätt, att ett fritt utrymme alltid uppkommer emellan beskickningsmaterialet och valvets murverk. Elektroderna införas i smältrummet genom delar av murverket, som *ej* äro i beröring med beskickningen, och ingå i beskickningen å just dess fria yta. Genom denna konstruktion äro villkoren under 1, 2 och 3 här ovan uppfyllda, och då smältrummet kan göras relativt stort, uppfylles även villkoret under 4.

En annan viktig sak vid en ugn som denna är regleringen av energitillförseln. Vid ugnar för ståltillverkning etc. sker detta genom elektrodernas höjande eller sänkande, men då en masugn måste arbeta med ett ganska högt övertryck på gasen, så kan denna metod där svårligen tillämpas. Det skulle ställa sig alltför besvärligt att hålla packningarna omkring elektroderna täta. I stället har det systemet utarbetats, att *elektroderna* i regel endast regleras på grund av deras avbränning, men att i övrigt all reglering verkställes genom ändring av den tillförda strömmens spänning. Detta sker genom urkoppling av varv å transformatorernas högspänningssida och äro

* Se J. A. Lefflers, E. Odelbergs och E. Nyströms redogörelse J. K. A. 1911 och 1912, varav det här anförda utgör ett kort utdrag.

anordningarna sådana, *att de olika faserna samtidigt kunna arbeta med olika spänning;* exempelvis 80 volt å ena fasen och samtidigt 70 volt å den andra o. s. v. Denna regleringsmetod, vilken först använts vid Trollhättan, har i hög grad underlättat driften.

Grunderna för bestämmande av pipans profil och dimensioner.

Utgångspunkten för dessa beräkningar var en tillverkning av 7500 ton tackjärn pr driftår om 11 månader, d. v. s. ungefär 23 ton pr dygn. Det gjordes dessutom följande antaganden:

1) 1 m^3 träkol väger 150 kg;
2) pr kg träkol erhålles 3 kg järn;
3) pr ton järn åtgå 1725 kg malm, d. v. s. 5175 kg pr ton träkol;
4) halva malmmängden rymmes *mellan* kolstyckena, andra hälften kräver extra utrymme;
5) malmens specifika vikt = 2,5;
6) relativa drivningen utgör 1,55.

Man finner härav, att 23 ton tackjärn motsvara en kolvolym av 51,1 m^3 samt ett extra utrymme för malmen av 7,9 m^3 eller tillsammans 59 m^3. Då relativa drivningen är antagen till 1,55, bör följaktligen pipans volym vara

$$\frac{59}{1{,}55} = 38 \text{ m}^3$$

Härav utgör:

smältrummets nyttiga volym . . .	12,45 m^3	
halsen	0,45 »	
rasten	3,50 »	
buken	11,80 »	
övre konen	9,80 »	38 m^3

Diametern i halsen var det mått, som först måste fixeras, och detta bestämdes till 1200 mm. Det hade varit önskvärt att kunna taga det större, men smältrummet hade då blivit ändå vidare och otympligare, ty i samma mån måste, för elektrodernas skull, smältrummets inre diameter ökas. Smältrummets djup bestämdes med ledning av erfarenheten från Domnarvet, och dess botten och sidor tillformades på lämpligt sätt.

Med den givna halsdiametern var det tydligt, att man ej kunde göra bukdiametern alltför stor. Dessutom ansågs det önskligt, att schaktet hade en sådan höjd, att man kunde vänta sig bästa möjliga effekt av de uppstigande gasmassorna i och för malmens förvärmning och delvisa reduktion. Å andra sidan var det att befara, att en alltför hög godspelare skulle orsaka för stort motstånd mot de uppstigande gaserna, varjämte anläggningskostnaden skulle växa betydligt, ju högre pipan byggdes. Hur skulle man då bäst placera dessa 25,55 m^3, som man antog, att schaktets verksamma del borde innehålla? Man ville dels ha pipan hög och smal för att få god nytta av gasen och minska risken för upphängningar i rasten. Men man ville samtidigt undvika för hög byggnadskostnad och förekomma, att gaserna hindrades över hövan vid sin uppgång genom schaktet. Resultatet av spekulationerna blev den profil, som visas å pl. XCVI. Man resonerade därvid så, att om schaktet skulle visa sig vara för högt, har man alltid utvägen att gå med sänkt godspelare. Pipans totala höjd blev således 12,7 m, räknad från smältrummets botten till kransgolvet. Smältrummets botten ligger 1 m över golvet i rådstugan, och höjdskillnaden mellan kransgolvet och rådstugugolvet utgör följaktligen 13,7 m.

Ugnens drift: Som dessa ugnar ej hava de vanliga masugnarnas stora murmassor, kunna de ej heller behöva vare sig så långvarig torkeldning eller långsam »fullmalmning». Tre veckors torkeldning räcker för vintermurad, fjorton dagars för sommarmurad ugn och igångsättningen går raskt. Denna utfördes vid Trollhättan båda gångerna under Jernkontorets försökstid och ävenså vid de två första Hagforsugnarnas pådragning med användande av koks såsom begynnelsefyllnad, något som ingalunda är tilltalande, ty första tidens utslag bliva då starkt svavelhaltiga och svavelhalten går blott långsamt ned. Så visa analyserna som anföras i J. K. A. 1912 tab. VII följande:

Augusti:	6	7	8	9	10	11
Si %	0,050	0,049	0,041	0,036	0,020	0,011

sistnämnda siffra normal.

Fyllningen gjordes så: att plåtarna som inlagts för ramningens skydd fingo kvarligga och likaså den aska samt en del kol som uppstått av veden under torkeldningen. På detta utbreddes ett lager torkad koks (ett par ton) samt därpå 10 sättningar limblandad koks varvvis med malm och lim. Härpå lades såsom brygga för elektriska strömmen ett lager koks och elektrodkolsstumpar, varpå, sen strömmen påsläppts, ännu några koks-lim-malmsättningar gjordes, varjämte något skro uppsattes. Fyllningen bestod på så sätt av summa:

Malm	3780 kg	
Lim	811 »	
Skro	472 »	
Koks	3200 »	
Elektrodkol	400 »	8663 kg.

På detta fyllgods fick sedan de vanliga träkolsgodssättningarna följa, dock — med att börja med — med betydande limöverskott för svavlets skull.

Bergsingenjör E. Fornander pådrager de elektriska hyttorna vid Hagfors på något olika sätt. Torkeldningen sker genom eldning med ved direkt inne i stället, i det att veden nedkastas genom elektrodhålen. Elektroderna äro då ej ännu insatta. Någon dag före pådraget rakas askan ut ur ugnen, vars botten är murad av chamotte, varför den under torkeldningen ej behöver skyddas med plåtar. Torkeldningen fortsättes sedan, till dess värmen är hög nog att tillåta fyllnings företagande. Denna tillgår så: först inskyfflas 2000 kg otorkad koks, därefter c:a 20 sättningar av 100 kg koks + 400 kg malm + 50 kg lim. Under elektroderna lägges på detta 600 à 700 kg koks + c:a 400 kg elektrodstumpar. Elektroderna nedsänkas, strömmen slås till och man ser efter, om allting beträffande densamma är riktigt och klart. Är det så, så slås strömmen åter ifrån och pipan fylles med vanliga sättningar — om 8 hl träkol. Så snart pipan är fylld, slås

strömmen till definitivt, men först efter $1^1/_2$ à 2 dygn igångsättes gascirkulationen. Den uppsatta beskickningen ger 60 % tackjärn av malm.

Bergsingenjörerna Leffler och Nyström framhålla i 1912 års rapport bland annat följande viktiga saker:

Elektrodåtgången torde icke behöva beräknas högre än till 5 kg brutto per ton tackjärn vid jämn och regelbunden drift med ensartad lämplig beskickning. Avsevärda svårigheter förefinnas att dag efter dag, vecka efter vecka hålla lika jämn sättningsgrad på tackjärnet som vid en väl skött vanlig masugn. Kiselhalterna i tackjärnet vid elektriska ugnen förete bestämda vågrörelser. Vid den vanliga masugnen har man som utmärkt regulator för detta blästerns temperatur. Här åter måste man reglera med ökade koks- eller malmpåsättningar i uppsättningsmålet eller med extra sådana sättningar genom hålen i ugnsvalvet, och slår gången då lätt över åt motsatt håll.

Värmeförlusterna med kylvattnet uppgå till rätt avsevärda belopp.

Svavelreningen är svårare i elektrisk än i vanlig masugn. Densamma beror ju till god del på slaggens temperatur. I en vanlig masugn är temperaturen jämn hela slaggarean igenom, här återigen har man visserligen närmast elektroderna 3000° temperatur eller mera, men i fälten mellan dem vida lägre, så att medeltemperaturen blir lägre, vilket ock framgår av de temperaturbestämningar, som gjorts vid slagg- och järnutslagen.

Slig uppsatt i större mängd orsakar större täppning i pipan, större täppning försvårar gascirkulationen och vid användande av fläktar för denna avstannar densamma alldeles här och där i vissa delar av pipan. På dessa ställen blir då kallare, slig, malm, kol och lim baka där samman och skullningar och plötsliga ras uppstå. Starkare blåsverk kunna svårligen användas, ty då blir trycket under valvet i degelrummet för starkt och lyfter samt bräcker detta vid mera tunnfrätta partier.

På liknande sätt verkar för stor procent platta ribbkol. Även de kunna alldeles hindra gascirkulationen, då så svagt blåsverk användes.

Från en väl sammansatt och goda resultat givande beskickning (N:o 45) anföra experimentatorerna en del observationer och intressanta siffror, såsom:

Beskickningen var sammansatt per 1000 kg träkol (vägande 15,6 kg per hl): 3838 kg Tuolluvaremalm + 170 kg Stribergs-Kärrgruvemalm + 256 kg Ställbergsmalm + 171 kg lim och gav 2885 kg tackjärn samt 478 kg slagg, motsvarande en kolåtgång av 346 kg eller 22,14 hl per ton tackjärn. Tackjärnsprocenten blev av malm 67,66 och av gods 65,04, således en mycket rik beskickning. Per ton uppvägt tackjärn hade av beskickningen ingått:

	i tackjärnet	i slaggen
Fe	955,76 kg	1,86 kg
Si	3,57 »	27,89 »
Mn	4,03 »	3,14 »
S	0,086 »	0,184 »
P	0,181 »	0,107 »
C	36,370 »	—

Av beskickningens	järnhalt	hade således	förlorats	i slaggen	0,81 %
» »	manganhalt	» »	»	»	43,79 »
» »	kiselhalt	» »	ingått	»	88,65 »
» »	svavelhalt	» »	»	»	68,15 »
» »	fosforhalt	» »	»	»	37,15 »

Man kan således säga, att reduktionen av järn varit högst tillfredsställande, att reduktionen av mangan ställt sig ungefär lika som i vanlig masugnsdrift med lika basisk slagg, reduktionen av kisel ställt sig något högre, att svavelreningen givet ställt sig sämre, men att ett fosforavlägsnande förefinnes i den elektriska masugnen, vartill den vanliga ej har motsvarighet.

Även följande siffror omtalas från driftningen av beskickning N:o 45. Per 1000 kg tackjärn förbrukades 1749 kw-timmar, medelbelastningen på högspänningssidan var 1407 kw, medelspänningen var på lågspänningssidan vid fas I 78,7 volt, vid fas II 82,9 volt, medelströmstyrkan vid fas I 10012 amp. vid fas II 9729 amp. Beskickningen smältes under en tid av 672 tim. 20 min., därav ugnen var i drift 668 tim. 31 min. och stod stilla 3 tim. 49 min. Gasen, som erhölls, höll i vikt-% i medeltal CO_2—39,89 %, CO—56,88 %, H—0,69 %, CH_4—0,80 %, N—1,74 % och var dess värmevärde per kg torr gas = 1661 v. e. Således var den lika god som en mycket kraftig generatorgas.

Leffler och Nyström hava uträknat, att per ton tackjärn har åtgått:

för reduktioner	1620249 v. e.
» smältning o. överhettning	375000 »
» kolsyreutdrivning	34757 »
» vattenavdunstning	24283 »
» gasuppvärmning	8711 »
Summa v. e.	2063000

och att det härför använda värmet har bekommits:

av förbränt kol	947928 v. e.
» elektrisk ström	1115072
Summa v. e.	2063000

samt att dessa 1,115,072 v. e. från den el. strömmen motsvara 1301 kw-tim., vilket således utgör 74,39 % av de med ledningen tillförda 1749 kw-tim., vadan förlusterna gå till 25,61 %. Dessa förluster anse de uppdela sig sålunda: I transformatorerna 2,80 %, i lågspänningsledningarna 2,90 %, med kylvattnet bortgått 12,94 %, genom gascirkulationen 1,02 % och genom utstrålning 5,95 %. Leffler och Nyström påpeka även, att cirkulationsgasens värmetransporterande förmåga ej endast beror på, att densamma upphettas i ugnsrummet och sedan avgiver det så erhållna värmet till avsevärd del uppe i schaktet, utan även på att dess kolsyra och vattenånga delvis omvandlas i CO och H, vilka sedan i schaktet åter oxideras. De påvisa dessutom, hurusom av alla smältförsöken tydligen framgått den stora vikten av en riktig godsfördelning, men ock att en fullt tillfredsställande sådan ej kunde vinnas med det använda slaget slutet uppsättningsmål. Även smältförsök med koks gjordes, men utföllo ej tillfredsställande.

Experimentatorerna sammanfatta sina erfarenheter i följande slutsatser:

1. Ugnens dimensioner och dimensionsförhållanden äro i stort sett lämpliga, då träkol och malm i stycken avändas. För träkol och större procent slig passar ugnen sämre. För träkol och mycket slig passar han icke alls och icke heller för koks.

2. Vid normal och fabriksmässig drift med lämplig beskickning behöver man icke förutsätta mer än 1 månads stillestånd per år för reparationer.

3. Nuvarande anordningar för gasens rening och fläktens ren hållande under gång arbeta tillfredsställande.

4. Runda kolelektroder (av upp till 600 mm diameter) med skruvskarvning ha visat sig mycket lämpliga, men större hållfasthet i skarvarna är önskvärd. Elektroder med större diameter har försöksverket icke haft tillfälle avprova. En elektrodlängd av åtminstone 2,5 m är likaledes önskvärd, såvida utförandet icke blir lidande därpå. Kontakternas anliggning mot elektroden är icke fullt tillfredsställande.

5. Tunna, flata träkol äro icke lämpliga. Bäst passa skogskol ej alltför stora stycken. Träkolen böra vara så torra som möjligt.

6. Om rostning av malmen medför vinst eller förlust kan icke ännu avgöras. Briketter böra helst vara fullt torra vid uppsättningen på ugnen; malmmull och slig få gärna innehålla några % vatten.

7. Fattiga beskickningar, särskilt om de fordra stor kalkstenstillsats, passa sämre för denna process. Bäst äro mycket rika engående beskickningar.

8. Mer än 30 % slig bör icke användas, och redan detta procenttal är väl högt, om sligen är mycket finkornig.

9. Man bör använda så stor mittsättning (upp till 30 %), som trycket i smältrummet medgiver.

10. Gascirkulationens likformighet lämnar mycket övrigt att önska.

Förbättringar i detta avseende torde emellertid fordra annan konstruktion av valvet för att göra detta mera motståndskraftigt mot tryck inifrån.

11. Tackjärnets sättningsgrad synes vara underkastad större växlingar än i en med omsorg skött vanlig masugn.

12. Under lika förhållanden får man högre svavelhalt i järnet från denna ugn än i järnet från vanlig masugn. Järn och slagg äro kallare i den förra än i den senare.

13. En för ett visst kraftbelopp byggd och rätt avpassad ugn av denna typ bör kunna utnyttja c:a 80 % av anläggningens hela kraftbehov (= kraft för såväl ugnen som för motorer och belysning).

14. Anläggningens verkningsgrad kan med hänsyn till använd elektrisk energi antagas hålla sig mellan 70 och 75 %.

15. Träkolsåtgången uppgår vid en ugn av denna typ till 35—45 % av träkolsåtgången i vanlig masugn, beroende på vad slags järn som tillverkas. Processen kan därför bliva ekonomisk endast under förutsättning av mycket billig kraft.

II. *A. Helfensteins reduktionsugn** förefaller att vara endast en utveckling av en sedan några år tillbaka utomlands använd kiseljärnsugn.** Ugnen är en elektrodugn med beskickningsschakt och med utvidgat smältrum, vilket senare har elektriskt ledande botten. Dennas ledande foder utgöres vid kiseljärnsberedning underst av koltegel, på vilket ett ej smält men glödande kiseljärnslager hålles. Genom beskickningsschaktet (resp. schakten vid flerfasström) nedhänger mitt i detta och på alla sidor omgiven av beskickningsmassan en elektrodplatta sammansatt av flera block, alldeles som vid vanliga kiseljärnsugnar, men medan vid dessa de i ljusbågenivån bildade gaserna få gå upp genom och förbrinna över beskickningsmassan vid schaktets övre ända, samlas vid Helfensteins ugn dessa gaser i det fyrkantiga degelrummets övre sidopartier och bortgå därifrån genom tvenne gluggar i ena sidogaveln och genom en rörledning kopplad samman med dessa. Schaktet, som blott utgöres av plåt, och degelrummets valv uppbäras delvis av tvenne vattenfyllda balkar, delvis av degelrummets väggar. Valvet är försett med medelst luckor slutna hål, varigenom beskickningsmassan i degelrummet kan skötas och vid behov påspädas med vare sig mera kol eller mera malm. Elektrodplattan (resp. plattorna) nedföras och hållas på sådant djup, att smältvärmet från ljusbågarna ej fullt når ned till koltegelbotten utan lämnar å denna som skydd ett blott halvsmält segt beskickningslager eller kiseljärnslager. Likaledes är degelns vidd åt alla sidor tilltagen så stor, att även väggarna runt om stå skyddade av ej smältande beskickningslager. Härigenom får man visserligen svårare att vid utslagen taga sig in till den färdigsmälta beskickningen, metallen och

* Ritning se J. K. A. B. 1911 sid. 711.

** Jämför i Die Herstellung von Hochprozentigem Ferrosilizium von W. Pick und W. Conrad, elektrod N:o 17 å sid. 84 samt texten å sidorna 93 och 94.

slaggen, ja så pass svårt, att man ej kan slå ut på det vanliga sättet med spett och hejare, utan måste taga hål antingen med ett spett, men hellre med en smal kolelektrod satt i förbindelse med den elektriska ledningen, sen man förstås först på vanligt sätt spettat loss lerstoppen, som man efter föregående utslag tätade med. Detta utslagssätt är emellertid mycket förmånligt för ugnen, som därvid blir besparad de våldsamma skakningar, som medfölja utslag med spett och hejare.

Det påstås att ett större svenskt bruk redan försökt framställa tackjärn i en Helfensteins kiseljärnsugn och att försöket utfallit så bra, att verket beslutat börja tillverka tackjärn i dylika — dock något ändrade — ugnar. Svårigheter torde möta att införa gascirkulation vid dessa ugnar, men man får väl då nyttiggöra den utmärkta gasen på annat sätt, så att man på annat håll tager igen förlusten. Otvivelaktigt skulle gasen betala sig bra som förstärkningsmedel i martinugnarnas generatorgas. Inledd över rosten i lämpligt konstruerade stenkolsgeneratorer skulle den omvandlas i CO och H och fördelaktigt nedsätta temperaturen på den bortgående generatorgasen, vida förmånligare än vad ångbläster gör.*, **

β. Stålugnarna.

(Raffinations- och färskningsugnar.)

1. *Induktionsugnar.* Inledning. Vid klarläggandet av varpå konstruktionen av induktionsugnarna grundades av deras uppfinnare Ziani de Ferrantis behöver man blott påminna om några få av fysikens satser om induktionsströmmarna.

1:o Om tvenne kraftledningar placeras parallellt med varandra och en växelström ledes genom den ena — primärledningen — uppstår i den andra — sekundärledningen — en däremot svarande induktionsström.

Kalla vi strömstyrkan (i amp.) i primär-ledn. A_1, i sekundär-ledn. A_2,
» » spänningen (i volt) » V_1, » V_2,
» » antalet lindningar av » l_1, av » l_2,
» » ledningsmotståndet i » r_1, i » r_2,
» » periodtalet lika för båda p,
» » kraftlinjetalet » » » N och sätta

k = en konstant, så hava vi:

$$V_1 = k \cdot p \cdot N \cdot l_1 \text{ och}$$
$$V_2 = k \cdot p \cdot N \cdot l_2, \text{ varför}$$
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{l_1}{l_2}.$$

D. v. s. spänningarna förhålla sig som lindningstalen.

* Se vidare om reduktionsugnarna i J. K. A. B. 1912 sid. 280, 359, 617, 794, 882. S. u. E. 1909 sid. 276, 1801, år 1910 sid. 1049, 1729, år 1911 sid. 706, 1722.

** Om H. B. Lorentzens el. masugn se Industrit. Norden 1913 sid. 14. Denna ugn säges drivas med gott resultat vid Tinfos i Norge.

2:o. Energimängderna kunna, såsom Engelhardt och Rodenhauser påpeka, vid de nutida utmärkta transformatorerna sättas praktiskt taget lika för båda strömmarna, i det att av primärströmmens energi förloras blott 2 högst 3 % vid överförandet till sekundärström av annan spänning. Således då:

$$\text{energimängden i primärströmmen} = E_1 = V_1 \cdot A_1 \text{ och}$$
$$\text{» sekundärströmmen} = E_2 = V_2 \cdot A_2 \text{ samt}$$
$$E_1 = E_2, \text{ så är } V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

eller
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{l_2}{l_1},$$

d. v. s. strömstyrkorna förhålla sig omvänt som spänningarna och därför även omvänt som lindningstalen.

Vid ferroinduktionsugnarna — såväl glödgnings-, väll- som smältugnar — låter man för att i enlighet med sistnämnda formel få högt ampèretal i sekundärledningen järnet, som skall värmas, utgöra så få vindningar (lindningar) som möjligt — oftast blott en enkel cirkelformad ränna eller smidd ring, medan åter primärledningen göres i form av en i många lindningar utförd koppartrådsspole. Härigenom blir en i primärledningen tillförd ström av många volt och få amp. i sekundärledningen — järnet — omvandlad till en ström av få volts spänning men stort ampèretal. Vare sig nu järnbadet förefinnes som en helt sluten ring (ränna) eller en avbruten sådan, vars ändar stå i förening med varandra genom kolelektroder, eller en andra gruppens ledare (t. ex. ett slagglager), så kan i alla fall sekundärströmmens energi ej finna någon annan användning än omvandlingen i värme, vilken omvandling då helt försiggår i sekundärledningen = järnet, resp. slaggen, upphettande dessa till den temperatur, man önskar, upp till — enligt Borchers — c:a 3500°.

3:o. Värmemängden, som alstras i sekundärledningen, är proportionell mot strömstyrkans kvadrat och ledningsmotståndet, således mot $A^2 \cdot r$. Vid bestämd chargestorlek och konstanta dimensioner på smältrännan i dessa ugnar är motståndet förstås vid samma badtemperatur alltid lika och kan man därför genom val av lämplig strömstyrka åstadkomma önskad temperatur eller, som är detsamma, som vi ovan sett, åstadkomma önskad temperatur genom rätt val av lindningstal vid primärledningens ordnande. Rodenhauser och Schoenawa anföra som exempel, att om man vid en Kjellinugn går med en ström av 1000 volt och 100 amp. samt har 120 lindningar i primärledningens spole, får man i badet en ström av

$$A_2 = A_1 \cdot \frac{l_1}{l_2} = 100 \cdot \frac{120}{1} = 12000 \text{ amp.}$$

och däremot svarande upphettning.

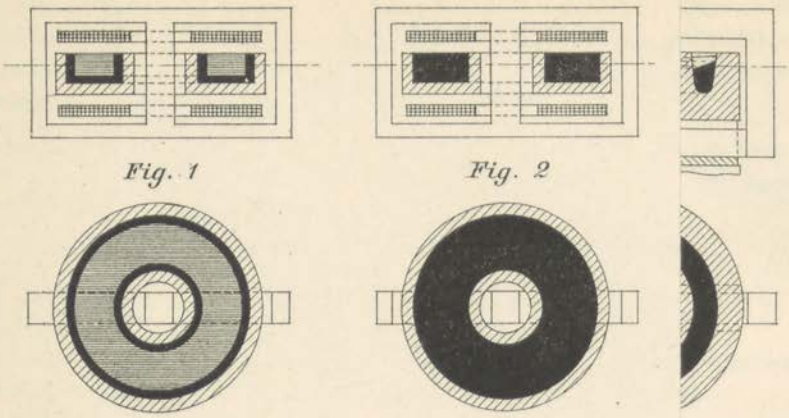


Fig. 1

Fig. 2

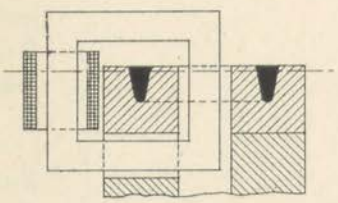


Fig. 7

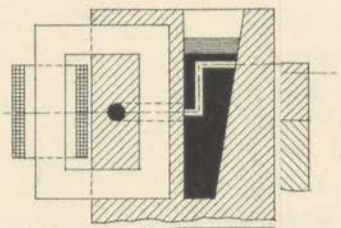
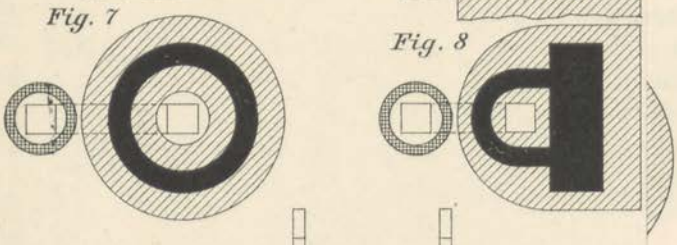


Fig. 8



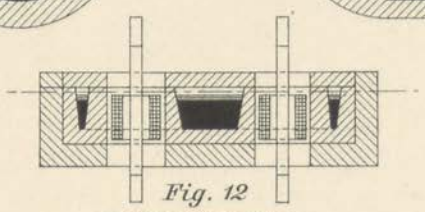
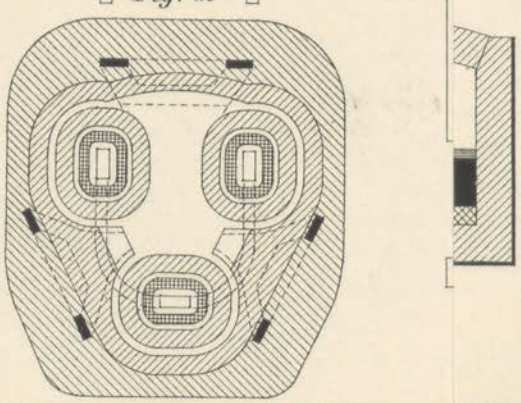


Fig. 12



Grav. av Emil Sachse

RYCKERIET, STOCKHOLM.

Men lindningsantalet kan ej under gående drift ändras och således ej heller med det ugnstemperaturen och likaså ej under en charge ledningsmotståndet i badet vid konstant insats, men enligt ohmska lagen är $A = \frac{V}{r}$, och således behöva vi blott ändra spänningen i primärledningen, så ändra vi ock spänningen i sekundärledningen, ty vi sågo att $V_2 = V_1 \cdot \frac{L_2}{L_1}$. Och ändras spänningen i sekundärledningen, så ändras således ock strömstyrkan och med den temperaturen.

4:o. För att samla de två strömmarnas kraftlinjer och leda dem alla i bestämd bana använder man sig, som fysiken lär, av en magnetiserbar järnkärna, och veta vi ävenledes från fysiken, att denna järnkärna (bildande en sluten krets) till förekommande av energiförluster och uppvärmning genom virvelströmmar bör bestå av tunna (0,3—0,5 mm) utskurna järnbleck av kisel- eller aluminiumhaltig mjukaste martin eller av lancashire (se under specialstål), vilka bleck isoleras från varandra medelst tunna påklistrade papperslager ($^1/_{10}$ av blecktjockleken) och vid större ugnar knippas i flera knippor skilda åt med mellanlagda oledande knappar, detta för luftnings- och avkylnings skull, men dock alla knipporna hopfästade vid varandra medelst skruvar.

Å pl. XCVII fig. 1—13 finnas sammanförda schematiska framställningar av en del induktionsugnskonstruktioner. Vid dessa teckningar är att bemärka, att ugnarnas järnbleckkärnor (magneterna) äro ostreckade. Det helsvarta utmärker stålbadet (resp. järnringar), det horisontalstreckade = slagglager (resp. oledande ämne som skall upphettas), det korsstreckade = primärspolar, det snedstreckade = murverk av magnesitmassa eller tegel.

Fig. 1—4 visa Ferrantis' egna konstruktioner, medan alla de andra äro ej uppfinningar utan blott mindre eller mera lyckade förändringar av hans idé.

Fig. 1 visar hans konstruktion av en ugn, där man i en ränna av ledande material vill upphetta eller smälta ett oledande material.

Fig. 2. En smältugn för metaller.

Fig. 3. En ugn för oledande ämnens upphettning genom en inlagd ledande metall- eller kolring.

Fig. 4. En ugn för upphettning av metallringar t. ex. tyresringar med lager av oledande ämnen emellan till skydd mot oxidation och värmeutstrålning eller till cementering av järnpjäser. Alla dessa konstruktioner hava det gemensamt, att den övre som platt ring konstruerade primärspolen rätt mycket hindrar chargering och avlagning av badrännan.

Fig. 5 visar Colbys år 1890 patenterade ändring. För att få badet åtkomligt formade denne primärlindningen i rörform runt omkring ugnen. Härigenom vann han god åtkomlighet av ugnsrännan, men

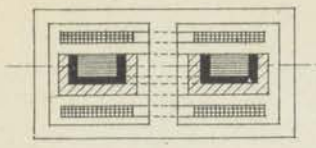


Fig. 1

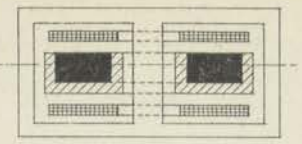


Fig. 2

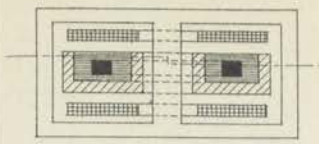


Fig. 3

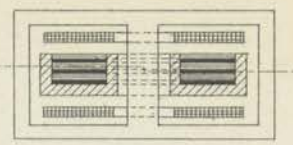


Fig. 4

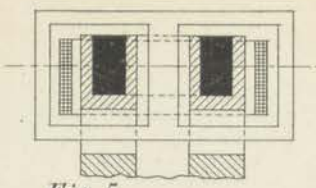


Fig. 5

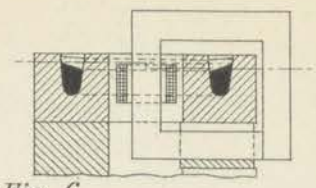
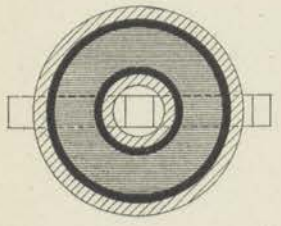
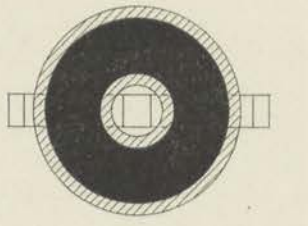
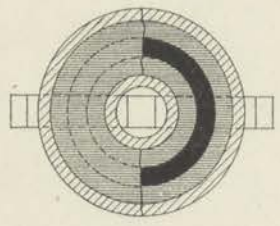
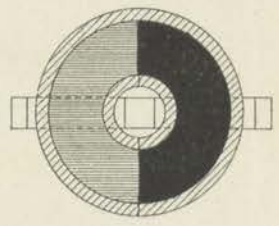


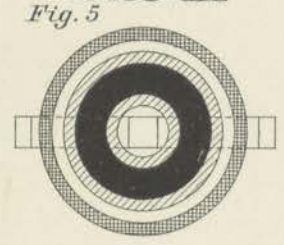
Fig. 6

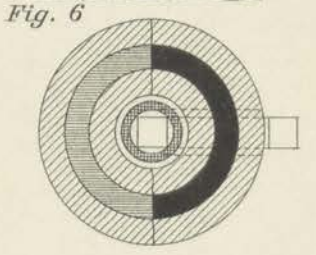












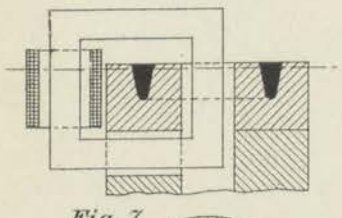


Fig. 7

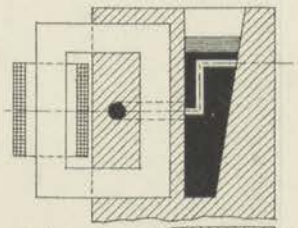


Fig. 8

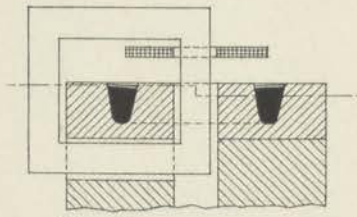


Fig. 9

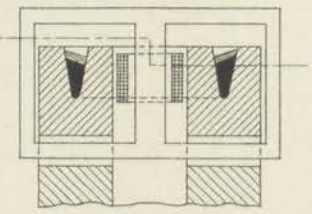


Fig. 10

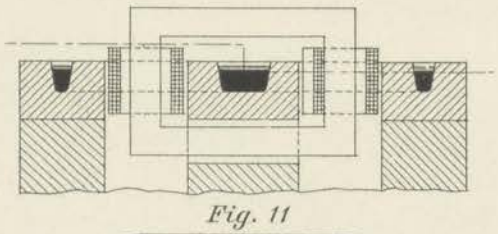
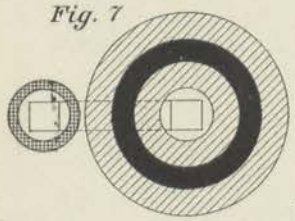
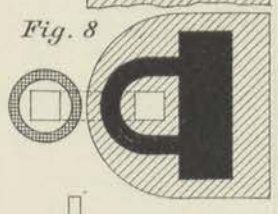
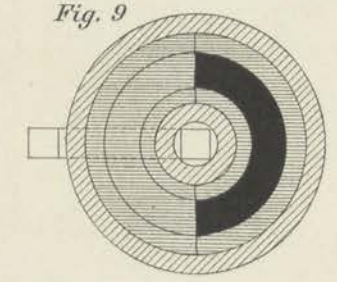
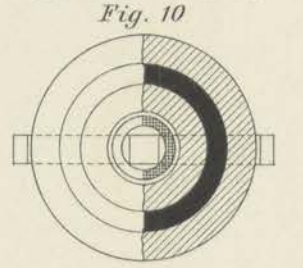


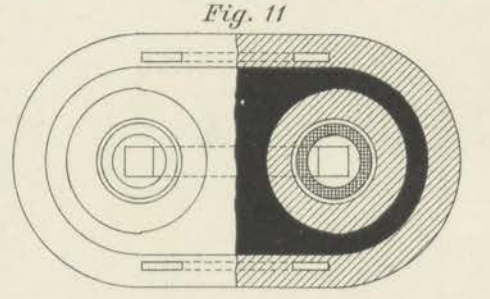
Fig. 11











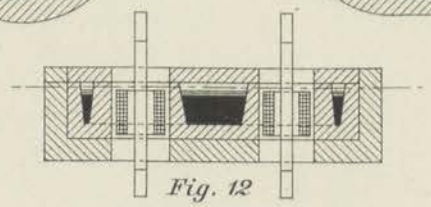
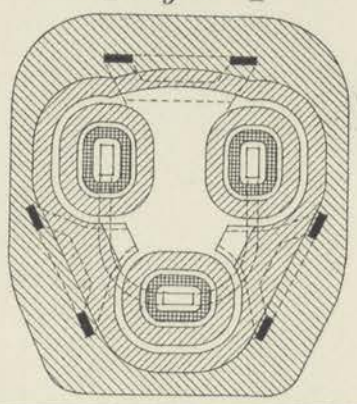


Fig. 12



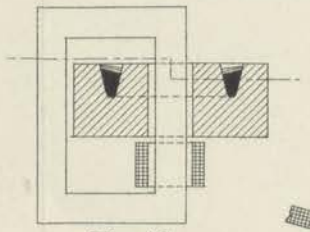
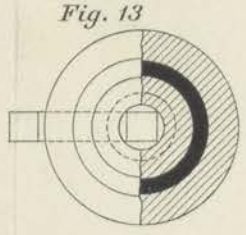


Fig. 13



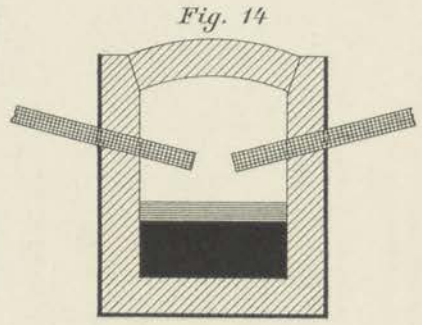


Fig. 14

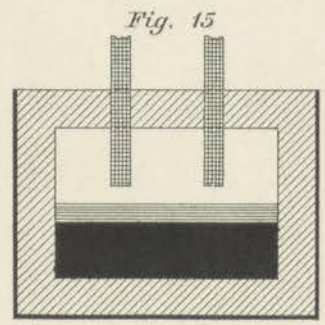


Fig. 15

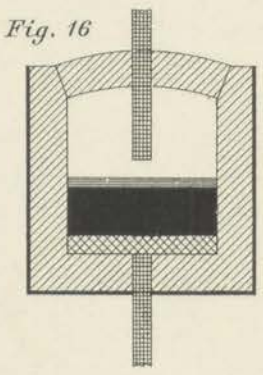


Fig. 16

Grav. av Emil Sachse.

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Men lindningsantalet kan ej under gående drift ändras och således ej heller med det ugnstemperaturen och likaså ej under en charge ledningsmotståndet i badet vid konstant insats, men enligt ohmska lagen är $A = \frac{V}{r}$, och således behöva vi blott ändra spänningen i primärledningen, så ändra vi ock spänningen i sekundärledningen, ty vi sågo att $V_2 = V_1 \cdot \frac{L_2}{L_1}$. Och ändras spänningen i sekundärledningen, så ändras således ock strömstyrkan och med den temperaturen.

4:o. För att samla de två strömmarnas kraftlinjer och leda dem alla i bestämd bana använder man sig, som fysiken lär, av en magnetiserbar järnkärna, och veta vi ävenledes från fysiken, att denna järnkärna (bildande en sluten krets) till förekommande av energiförluster och uppvärmning genom virvelströmmar bör bestå av tunna (0,3—0,5 mm) utskurna järnbleck av kisel- eller aluminiumhaltig mjukaste martin eller av lancashire (se under specialstål), vilka bleck isoleras från varandra medelst tunna påklistrade papperslager ($^1/_{10}$ av blecktjockleken) och vid större ugnar knippas i flera knippor skilda åt med mellanlagda oledande knappar, detta för luftnings- och avkylnings skull, men dock alla knipporna hopfästade vid varandra medelst skruvar.

A pl. XCVII fig. 1—13 finnas sammanförda schematiska framställningar av en del induktionsugnskonstruktioner. Vid dessa teckningar är att bemärka, att ugnarnas järnbleckkärnor (magneterna) äro ostreckade. Det helsvarta utmärker stålbadet (resp. järnringar), det horisontalstreckade = slagglager (resp. oledande ämne som skall upphettas), det korsstreckade = primärspolar, det snedstreckade = murverk av magnesitmassa eller tegel.

Fig. 1—4 visa Ferrantis' egna konstruktioner, medan alla de andra äro ej uppfinningar utan blott mindre eller mera lyckade förändringar av hans idé.

Fig. 1 visar hans konstruktion av en ugn, där man i en ränna av ledande material vill upphetta eller smälta ett oledande material.

Fig. 2. En smältugn för metaller.

Fig. 3. En ugn för oledande ämnens upphettning genom en inlagd ledande metall- eller kolring.

Fig. 4. En ugn för upphettning av metallringar t. ex. tyresringar med lager av oledande ämnen emellan till skydd mot oxidation och värmeutstrålning eller till cementering av järnpjäser. Alla dessa konstruktioner hava det gemensamt, att den övre som platt ring konstruerade primärspolen rätt mycket hindrar chargering och avlagning av badrännan.

Fig. 5 visar Colbys år 1890 patenterade ändring. För att få badet åtkomligt formade denne primärlindningen i rörform runt omkring ugnen. Härigenom vann han god åtkomlighet av ugnsrännan, men

konstruktionen medförde en oerhört stor åtgång av ledningskoppar och blev därför för dyr.

Fig. 6 visar Kjellins patent av år 1900 (det första). Han placerade ledningsspolen, även här rörformig, innanför smältrännan, varigenom han erhöll minsta möjliga koppartrådsåtgång förenad med lätt åtkomlig om ock något längre badränna. Ugnen fick härigenom något större värmeutstrålande yta men blev fullt praktiskt användbar.

Fig. 7 är ett patent av Hjort. Denne flyttade ut ledningsspolen på det utanför ugnen befintliga magnetbenet, vann därigenom kortare badränna, varjämte han tänkte sig ugnen såsom dubbel och så att endast magnetens spolben stod fast, medan den andra delen skulle kunna svängas in i en diametralt motstående ugn och samma magnet således skulle kunna alternerande tjänstgöra vid två ugnar. Konstruktionen tyckes ej hava givit praktiskt tillfredsställande resultat.

Fig. 8 visar Sneiders i Creuzot ändring. Även här ligger primärspolen excentriskt i förhållande till järnrännan, som delvis har rörform. Meningen med denna konstruktion var, att stålet skulle skarpt överupphettas i röret och sedan inflyta i och värma det större badet. Delvis utgick konstruktören härvid från att man vid Kjellins anordning ej får nog god blandningsrörelse i badet, vilket antagande emellertid är falskt (se nedan).

Fig. 9 framställer Fricks ändring, patenterad 1904. Denna skall giva något bättre el. effekt. Ugnen har mindre utstrålningsytor än Kjellins, kortare badränna med således mindre reparationsbehov, mindre stark badrörelse, därav ock mindre ugnsfodernötning (se nedan), men spolens läge verkar även här, som vid Ferrantis' ugnar, ytterst hindersamt för arbetet, och ugnen har därför funnit föga spridning.*

Fig. 10 visar Kjellins patent av år 1905. Enda skillnaden mot hans första ligger i att magneten gjorts trebenad med därav följande hälften smalare sidoben än mittben.

Fig. 11 framställer Rodenhausers första ugnsmodell (Röchling-Rodenhausers patent år 1906). Denna omkonstruktion av Kjellins ugn är den enda till dato verkligt betydelsefulla förbättringen. Den smala rännan i Kjellins ugn tillåter endast smältning men ej alls mera genomgående färskning av badet och bjuder föga raffineringsmöjligheter. Rodenhausers typ åter har såväl i denna konstruktion, som i den år 1907 patenterade trefas Röchling-Rodenhauserugnen — se fig. 12 — ett gott arbetsbad, medan i de 2 eller 3 smala rännorna åstadkommes en mycket god överhettning, som genom strömningar meddelas till badet.

Fig. 13 visar Gassies och Jeramecs ugn av år 1911.** Här är

* Förträffliga ritningar över Fricks ugn återfinnas i The Construction of electric furnaces, by Eugene Haanel, 1910.

** Se S. u. E. 1911 sid. 1275.

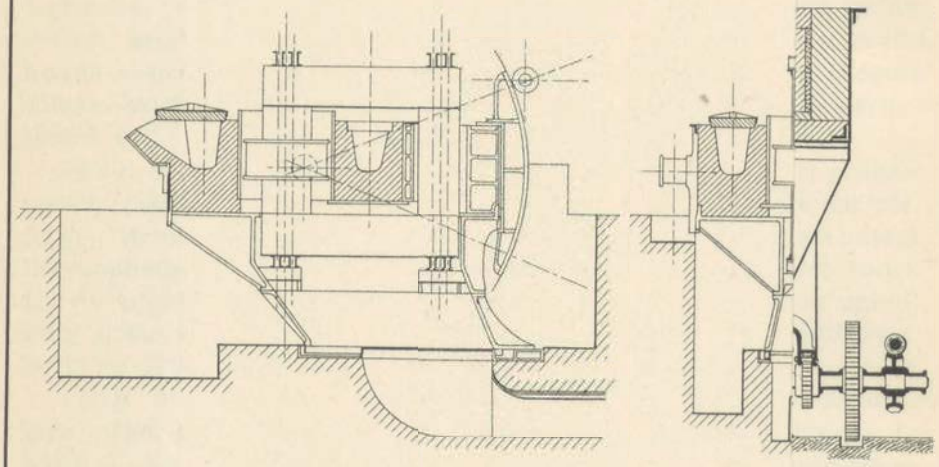
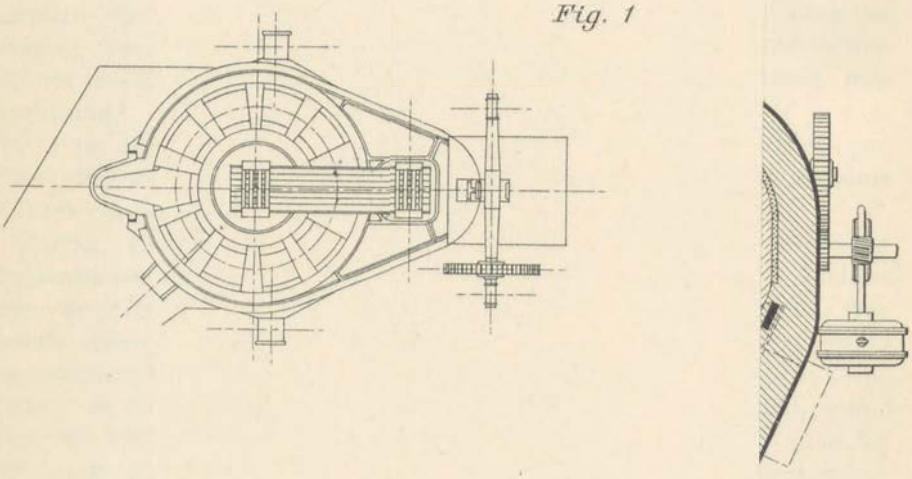


Fig. 1



Grav. av Emil Sachse

TRYCKERIET, STOCKHOLM.

spolen, som synes, placerad under ugnsbotten, varigenom den ej utsättes för ugnshettan och ej verkar hindrande på chargearbetet och ugnen ändock erhåller minsta möjliga omkrets och således ock minsta möjliga värmeutstrålning. Sifferbevis för tillfredsställande nyttiggörande av elektriska kraften har ännu ej presterats, då detta skrives.

Några andra ändringar äro omnämnda i S. u. E. 1897 sid. 1878 o. f. och samma tidskrift 1911 sid. 405, men inga av dessa hava hittills visat sig så användbara som nedannämnda två, Kjellins och Röchling-Rodenhausers, varför endast de senare här något mera ingående beskrivas.

*Kjellins ugn.** Denna kan byggas fastående och blir då vida billigare i uppförande, men har på senare tider vanligen byggts stjälpbar, emedan detta bjuder garanti för att åtminstone intet av stålet från föregående charge behöver stanna kvar och komma i blandning med följande charges gods. Slaggen åter låter sig vid den form av lång smal ränna, som ugnsrummet har, ej genom stjälpning på tillfredsställande sätt urtappas, vilket gör, att som ovan redan sagts, ugnen ej lämpar sig för fosfor- och svavelraffinationer. Och som den smala rännan bjuder på så — i förhållande till chargevikten — ofantligt långa beröringslinjer mellan slagg och ugnsfoder, så skulle, om man försökte färska ned tackjärn eller hårt stål i ugnen, så svår foderfrätning uppstå, att metoden bleve ekonomiskt ruinerande. Man är därför vid användande av denna ugn hänvisad till antingen att blott smälta ned rena, lagom summa kolhalt hållande materialer såsom t. ex. 1:ma tackjärn och vallonstångjärnsavhugg i blandning, eller ock använda den såsom kvalitéförbättringsapparat för i martin- eller bessemerugn färdigbehandlat stål, genom att låta dylikt i Kjellinugnen få så hög hetta, att det avgiver sina i dessa ugnar upptagna gaser, varjämte man förstås bättre och med mindre förlust kan i Kjellinugnen göra legeringstillsatserna och utföra stålets desoxidering med mangan, alldenstund martin- och bessemerslaggen förstås ej tappas med ned.

Ugnen utföres (se pl. XCVIII fig. 1) så, att man mellan en yttre cylindrisk av grov plåt gjord och med vinkeljärn väl stagad plåtkåpa och en inre dylik på en bottenhäll av stål- eller tackjärnsgjute inmurar först en underbotten och en yttermur av surt material. Sedan instampas vanligen rännbotten med magnesitmassa och på denna ställes sedan en ringmodell fullkomligt motsvarande den blivande rännan, varpå massainstampningen fortsättes så utanför som innanför denna, till dess man kommit i jämhöjd med rännans överkant. Ovanpå den noga avjämnade ramningsmassan muras så till skydd mot stötar och till stöd för ringvalvet ett eller ett par lager eldfasta sura tegel, hophuggna i ringkilsform, så att de komma att orubbligt binda varandra. Rännvalvet göres alldeles som vid degelstålsugnarna i form

* Noggrannare beskrivningar över denna ugn återfinnas bland annat i S. u. E. 1905 sid. 148, 205, 273 och år 1907 sid. 58, 81.

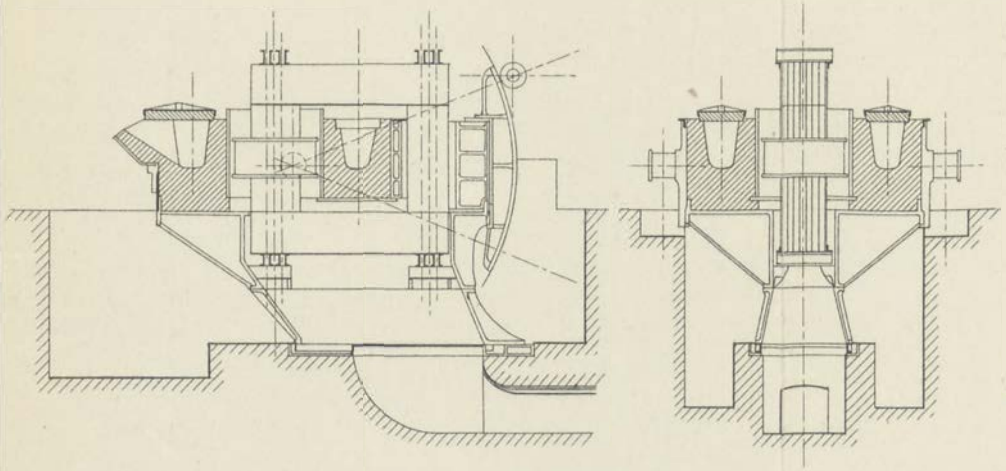
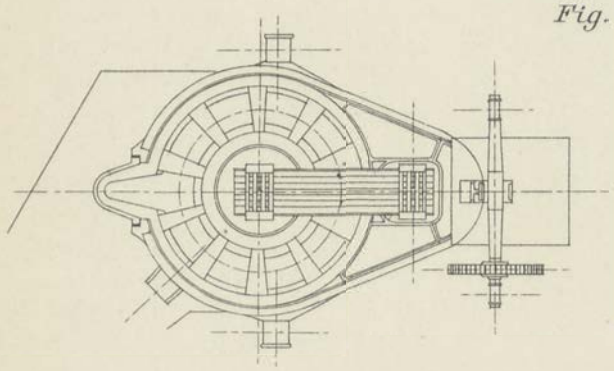


Fig. 1



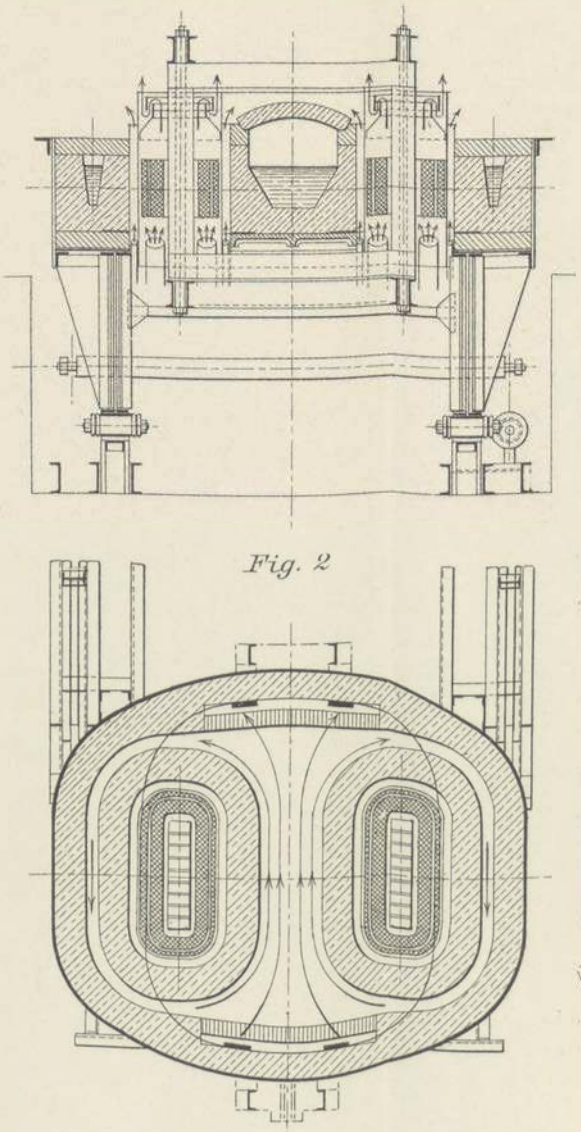


Fig. 2

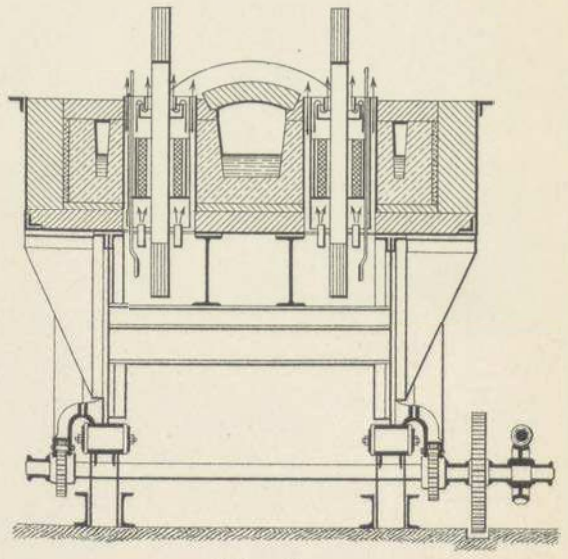
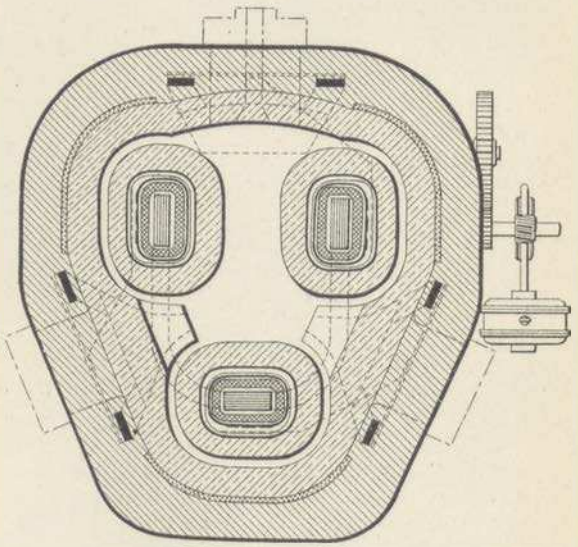


Fig. 3



Grev. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

spolen, som synes, placerad under ugnsbotten, varigenom den ej utsättes för ugnshettan och ej verkar hindrande på chargearbetet och ugnen ändock erhåller minsta möjliga omkrets och således ock minsta möjliga värmeutstrålning. Sifferbevis för tillfredsställande nyttiggörande av elektriska kraften har ännu ej presterats, då detta skrives.

Några andra ändringar äro omnämnda i S. u. E. 1897 sid. 1878 o. f. och samma tidskrift 1911 sid. 405, men inga av dessa hava hittills visat sig så användbara som nedannämnda två, Kjellins och Röchling-Rodenhausers, varför endast de senare här något mera ingående beskrivas.

*Kjellins ugn.** Denna kan byggas faststående och blir då vida billigare i uppförande, men har på senare tider vanligen byggts stjälpbar, emedan detta bjuder garanti för att åtminstone intet av stålet från föregående charge behöver stanna kvar och komma i blandning med följande charges gods. Slaggen åter låter sig vid den form av lång smal ränna, som ugnsrummet har, ej genom stjälpning på tillfredsställande sätt urtappas, vilket gör, att som ovan redan sagts, ugnen ej lämpar sig för fosfor- och svavelraffinationer. Och som den smala rännan bjuder på så — i förhållande till chargevikten — ofantligt långa beröringslinjer mellan slagg och ugnsfoder, så skulle, om man försökte färska ned tackjärn eller hårt stål i ugnen, så svår foderfrätning uppstå, att metoden bleve ekonomiskt ruinerande. Man är därför vid användande av denna ugn hänvisad till antingen att blott smälta ned rena, lagom summa kolhalt hållande materialer såsom t. ex. 1:ma tackjärn och vallonstångjärnsavhugg i blandning, eller ock använda den såsom kvalitéförbättringsapparat för i martin- eller bessemerugn färdigbehandlat stål, genom att låta dylikt i Kjellinugnen få så hög hetta, att det avgiver sina i dessa ugnar upptagna gaser, varjämte man förstås bättre och med mindre förlust kan i Kjellinugnen göra legeringstillsatserna och utföra stålets desoxidering med mangan, alldenstund martin- och bessemerslaggen förstås ej tappas med ned.

Ugnen utföres (se pl. XCVIII fig. 1) så, att man mellan en yttre cylindrisk av grov plåt gjord och med vinkeljärn väl stagad plåtkåpa och en inre dylik på en bottenhäll av stål- eller tackjärnsgjute inmurar först en underbotten och en yttermur av surt material. Sedan instampas vanligen rännbotten med magnesitmassa och på denna ställes sedan en ringmodell fullkomligt motsvarande den blivande rännan, varpå massainstampningen fortsättes så utanför som innanför denna, till dess man kommit i jämhöjd med rännans överkant. Ovanpå den noga avjämnade ramningsmassan muras så till skydd mot stötar och till stöd för ringvalvet ett eller ett par lager eldfasta sura tegel, hophuggna i ringkilsform, så att de komma att orubbligt binda varandra. Rännvalvet göres alldeles som vid degelstålsugnarna i form

* Noggrannare beskrivningar över denna ugn återfinnas bland annat i S. u. E. 1905 sid. 148, 205, 273 och år 1907 sid. 58, 81.

av avlyftbara valvbågar i ringsektorform och murade i järnklamrar. Vid de fasta ugnarna har man två tapphål, ett sittande något högre än botten och använt i gående gång och ett undre inmynnande vid och urtaget något litet lägre än botten i rännan för ugnens fullständiga tappande före stillaställande i o. f. reparationer o. s. v. I de stjälpbara ugnarna åter har man en med lucka under gången sluten tapprännа högre upp på ugnssidan än vad badet står som högst under smältningen, så att hålet ej behöver igensättas efter tappningarna. Transformatorkärnan gjordes inuti primärspolen av Kjellin först korsformig av tätt lagda plåtar och med 4 kylblästerrör i korsvinklarna samt i övrigt med blästerkylning runt om och även omkring spolen, medan den inre plåtcylindern i ugnen gjordes dubbelväggad av mässingplåt och försågs med inre vattenkylning. Numera utföres transformatorkärnan såsom förut beskrivits och pressas kylblåster upp både genom dess mellanrum och inom som utom spolen, varjämte mässingcylindern nu även har blåster — i st. f. vattenkylning. Plåtcylindrarna få förstås ej vara fullt slutna ringar, ty då skulle även de bilda sekundärledningar, utan sammanhakas de med isolation bildande ekkilar. Som i primärledningen vid dessa ugnar användes strömmar med livsfarlig spänning, så måste ledning, spole och magnet omgivas med skydd, så att arbetarna omöjligt under drift kunna av ovarsamhet komma i beröring med dessa farliga delar, och för säkerhets skull sättes kåpskyddet dessutom i ledande förbindelse med jorden. Badrännans dimensioner måste naturligtvis avpassas efter chargevolymen, men som den ej kan givas så synnerligen stor omkrets, emedan den då kommer på för stort avstånd från primärspolen och dess magnetkärna, då följden skulle bli för stora strömförluster i mellanliggande fält, samt ampèretalet måste rättas efter motståndet i rännan, vilket motstånd beror av badets vertikala genomskärningsarea, så når man vid chargestorleken snart en gräns, som praktiskt taget är oöverstigbar. Kjellinugnens hos Krupp 8,5 tons chargevikt anses så — åtminstone ännu så länge — som maximum.

Ugnens drift: Ugnen kan torkeldas och litet förvärmas genom att träkolseld underhålles i rännan, men ännu bättre genom att en järnring vare sig gjuten av tackjärn eller stål eller hopvälld av stångjärn nedlägges på rännans botten, valven påläggas och ström — att börja med ringa — pådrages. Ringens temperatur ökas sedan gradvis upp till smältning och med den ökas även rännans och ugnens värme.

När ugnen är färdig att chargeras kan, om ringen är så tilltagen att den som smält fortfarande kan bilda sluten ring, ugnen chargeras med kallt gods, varpå full ström pådrages, då först ringen och sedan övriga godset lugnt smälter, utan att stötar och ojämnheter uppstå i strömledningen, vilket åter i hög grad är fallet vid en mängd elektrodstålugnar. Hela smältningen utmärker sig för en utomordentligt jämn,

lugn och behaglig gång. En del ej lättoxiderbara legeringsämnen kunna tillsättas på samma gång som chargen, de lättoxiderbara åter tillsättas när chargen smält och är varm. Vid sedan följande charger är bäst tillsätta tackjärnet i smält form och skrotet kallt, ty utan att sluten ring förefinnes i ugnen innan det kalla skrotet tillsättes uppstår ingen sekundärström, under de strömförhållanden man arbetar med i induktionsugnarna. Det är därför Gysingeugnen, som anlades långt från masugnen, försågs med ett övre tapphål, så att vid varje tappning en smält stålring blev kvar å rännans botten. Att under sistnämnda arbetssätt åstadkomma exakta specialstålsorter av olika sammansättningar bjuder förstås de största svårigheter. Där Kjellinugnarna endast användas för martin- och bessemerståls kvalitéförbättring, itappas förstås hela chargen, på tillsatsämnena när, i smält tillstånd, och gå chargerna då naturligtvis vida fortare. Vid stjälpugnar för kalla chargeringar får man antingen ej urtappa allt eller ock börja varje charge med nedläggande av ring eller ock tillsätta, som sagt, en del av chargen i smält form. Genom att uppforma badrännan med mycket smal botten behöves härtill blott liten kvantitet smält järn. Rodenhauser och Schoenawa påpeka såsom talande för användandet av induktionsugnarna, att vid desamma besparas alla kraftförluster i elektroder, och att deras elektriska verkningsgrad därför är högre än elektrodugnarnas.

Kjellinugnen medför likasom alla andra induktionsugnar även fördelen av att stålbadet ej förorenas med svavel och fosfor från elektrodkol, varjämte upphettningen i ett induktionsbad blir fullkomligt jämnfördelad.

Engelhardt har dessutom visat, att Kjellinugnen, i vars ränna t. f. av den magnetiska kraften och tyngdkraften badytan inställer sig i c:a 30° lutning stående högre vid yttre än inre väggen, bjuder på fördelen av en synnerligen god badomblandning, i det stålet, som avkyles mer utefter den kallare ytterväggen, uppe vid ytan strömmar ned mot innerväggen, varigenom en cirkelrörelse uppstår i badet. Även en horisontal cirkelrörelse förefinnes. Dessa rörelser äro t. o. m. så starka att avnötningen (frätningen) på ugnsfodert och isynnerhet å rännans insida blev betänkligt stark, till dess Poldihütte fann en lämplig sammansättning på en motståndskraftig skyddsmassa, som numera påstrykes på magnesitrammassan. Engelhardt påpekar, att Kjellinugnens nyttiga verkningsgrad växer med chargestorleken, så att, då vid smältning av kall charge bestående av $^1/_3$ tackjärn och $^2/_3$ stångjärnsavhugg det teoretiska kraftbehovet är 489 kwt per ton charge, har den befunnits vid en 1,5 tons ugn vara 966 kwt per ton d. v. s. = 50 % nyttig effekt vid 6 timmars chargetid och vid 4 timmars 800 kwt per ton = 60 %, men är den vid en 8-tons ugn enligt Rodenhauser & Schoenawa 580 kwt per ton, d. v. s. 80 %, ett vackert resultat, varvid dock är att

märka att dessa charger skötts på degelstålsvis utan färskning eller raffinering.*

*Röchling-Rodenhausers ugnar.*** Sedan man vid Dommeldingen i det Röchlingska järnverket i Völklingen byggt ett par av Kjellins ugnar men förgäves försökt använda dem för raffinering av thomas- och basiskt martinstål, så beslöt man uttänka en induktionsugnskonstruktion, som med samma elektriska anordningar skulle bjuda möjligheter för färskning och raffinering. Man insåg att ett oeftergivligt villkor skulle vara ett bad, bjudande åtminstone delvis en större beröringsyta mellan slagg och järn, och kom man då på idén med primärspolar på båda transformatorbenen och tvenne sekundärrännor ingående i ett bredare mittparti. Samtidigt besinnade man vikten av att samla och nyttiggöra de kraftlinjer, som vid Kjellinska ugnen dock förloras och konstruerade så den Röchling-Rodenhauserska ugnen för enfasström (Pl. XCVIII fig. 2). Ugnen består ytterst av en stadig plåtmantel, stagad med vinkeljärn. Närmast denna följer ett värmeskyddande lager av porös grovkornig massa, innanför vilken dolomitrammassan vidtager. Även vid denna ugn rammas botten först (å ett tegellager) och på denna sättes så en trämodell, fullt motsvarande rännorna och mittbadet samt rammas så mellan såväl denna och yttre plåtmanteln som mellan densamma och de av koppar eller mässing gjorda skyddscylindrarna för spolarna. Även här avslutas uppåt med ett eldfast tegellager. De vertikala transformatorbenen hava långsträckt tvärgenomskärning likaväl som de dem omgivande trådspolarna, varmed man vinner, att de smala rännorna, vari stålets överupphettning sker, bli längre och således mera effektiva. Transformatorbenen äro sammansatta på förut beskrivet sätt, men överslaget, som förenar dem, är avlyftbart. De omgivas emellertid ej blott som vid Kjellins ugn av primärspole av koppartråd, utan utanför denna befinner sig dessutom en sekundärspole av grova kopparplattstänger, vilka uppfånga de vid Kjellinugnen vagabonderade kraftlinjerna. Dessa sekundärspolar äro i sin tur satta i förbindelse med i ugnssidorna inmurade ledare av mjukaste stål, vilkas uppstående skänklar synas i horisontalgenomskärningen. För övrigt utgör stålbadet med sina rännor förstås de huvudsakliga sekundärledarna, och dessa tjänstgöra från början, medan åter de förstnämndas verkan begynner först då ugnsfodert närmast dem kommit upp så högt i temperatur, att det (andra gruppens ledare) blir ledande, då en sekundärström från ståledaren i ena väggen sedan går till den i den andra därvid genomlöpande badet i samma riktning som induktionsströmmarna från rännorna.

Trefasugnen har, som av figuren 3 framgår, treskänglad trans-

* Hanemann angiver i Hütte kraftåtgång till 1200 kwt vid 700 kgs och 1000 kwt vid 1,5 tons charger.

** Se härom utförligare i Elektrische Öfen v. Rodenhauser & Schoenawa och i S. u. E. 1908 sid. 1161, 1202, 1714, år 1910 sid. 663, 1728, år 1911 sid. 217, 1361.

formatorkärna med primärspole kring varje ben, var och en primärspole satt i förbindelse med sin fas. Även primärspolarna äro omgivna av sekundärspolar av grova kopparband, vilka senare, på samma sätt som vid enfasugnen, stå i förbindelse med i väggfodert, här på tre sidor, inmurade ståledare. Denna ugnstyp bjuder den stora fördelen att kunna direkt kopplas till varje befintlig trefasledning, vilket förstås ej går med enfasugnarna.

Enfasugnen (även tvåfas) har arbetsöppningar på de båda långväggarna, trefasugnen tre stycken, en mitt emellan varje par transformatorben, och tjänstgör den öppning, som befinner sig mitt emellan de båda ändbenen, även såsom tapphål, varför ugnen är vickbar åt just detta håll.

Röchling-Rodenhausers ugn kan, såsom av det förut sagda synes, betraktas såsom varande en kombinerad ugnstyp, induktions-motståndsugn.

Arbetet i Röchling-Rodenhausers ugnar: De påeldas och igångsättas alldeles som de Kjellinska ugnarna, med blott det undantaget, att sen järnringarna nedlagts för pådraget, så inmuras upptill i rännornas ändpunkter skumstenar, som skola hindra slagg komma in och försätta eller orena dessa. Om ugnen drives endast för raffinering av bessemer-, thomas- eller martinstål, vilket är regel, så tappas stål från någon sådan ugn, sedan det där i det närmaste färdigfärskats, in i den elektriska ugnen och defosforeras i denna med skarpt basisk slagg. Härpå avtappas och avskummas noga denna slagg och vidtager sedan desulfureringen. Man kan dock även arbeta med skro och kall insats, men måste då för varje charge i ugnen kvarlämna så stor stålportion att sekundärledning därav bildas. På lördagskvällarna beskickas ugnen fullt innan man slutar, då igångsättningen på måndagarna går glatt för sig, ty 6 timmar efter strömpåsläppningen är ugnen då åter uppe i full hets. Denna ugnstyp bjuder dessutom framför Kjellins den stora förmånen att arbeta med strömmar av högre periodtal (t. ex. 3-tonsugnarna ungefär 50 mot 5) och kan den därför utföras för mycket större charger. Vid trefasugnar för 15 ton användas ännu 25 perioder. Verkningsgraden angives av Rodenhauser till 90 à 96 %. Härden är lättåtkomlig och lätt att avlaga, rännorna stå utmärkt vid lag, skyddade för slagg, som de äro. Blandningsrörelsen i badet är utmärkt, isynnerhet i trefasugnarna. Vid smältning av kall charge har den termiska verkningsgraden visat sig vara: vid en 1,5-tons ugn 60 %, vid en 8-tons 85 %, i senare fallet 580 kwt per ton stål. En 5-tons trefasugn kostar i allt (generatorn undantagen) c:a 90000 kronor. Professor Neumann skriver* bland annat om dessa ugnars skötsel i Völklingen, att sen man med ringar fått upp ugnsvärmen till rödvärme itappas först smält tackjärn och bringar man så upp ugnen på 4 timmar i full hetshetta. Sen intappas thomasstål och inkastas

* S. u. E. 1908 sid. 1164.

å badet för defosforeringens skull kalk och valssinner. Efter en timme är defosforeringen fulländad och slaggen avskummas. Badet uppkolas, ny kalk inkastas, ferromangan och ferrosilicium tillsättas och chargen får stå till dess all gasutveckling i badet upphört. Härefter tillsättas andra legeringsämnen om specialstål skall framställas. Bian skriver* om skötseln i järnverket i Gallais, där martinstål raffineras, att martinjärnet, som tappas, innehåller: C = 0,15 %, Mn = 0,25 %, Si = sp., P = 0,045 % och S = 0,040 %. Så färskas med kalk och malm i el. ugnen till dess proven ej mera visa någon fosforhalt (c:a 2 timmar). Badet håller då C = 0,05 %, Mn = 0,10 %, Si = sp, P = sp, S = 0,040 %. Nu avskummas denna slagg och uppkolas badet under tillsats av ferromangan och avsvavlingsslaggämnen. När den nu bildade slaggen kallnad visar fullkomligt vitt brott, är avsvavlingen fullbordad och ha gaserna lämnat stålet, övriga legeringsämnen inkastas då och stålet tappas. Rowlands anslår** materialgång och raffinationskostnaderna vid en 16 tons trefasugn för thomasstål till per ton stål: kalk 50 kg, valssinner $8^1/_3$ kg, ferrosilicium $9^1/_3$ kg, ferromangan $7^1/_2$ kg, avsvavlingsslagg $17^1/_3$ kg, flusspat $1^2/_3$ kg, träkol $4^2/_3$ kg. Det insatta thomasstålet anses då värt 54,00 kr., upphettning, raffinering och kolning kostar 2,03 kr., löner gå till 0,46 kr., avlagningsmaterialer till 0,19 kr., reparationer 0,68 kr. Summa 57,36 kr. Således raffinationskostnaden 7,36 kr. per ton, räntor, amortering och licens ej inräknade. Elwell angiver*** kostnaderna vid kalla insatser i $1^1/_2$ tons trefasugn vara, då ugnen kostat 36,000 Mk och årsproduktionen är 1220 ton stål: Ränta och amortering — 2,96, arbetslöner — 10,48, avlagningar — 6,00, värmehållning — 0,44, licensavgift — 2,00, strömkostnad — (850—900 kwt) — 8,24 allt Mk, summa 30,12 Mk. Vid en 2-tons dylik ugn fann han raffineringskostnaden för bessemerstål vara 11,48 Mk. Vid en 5-tons ugn d:o d:o 8,68 Mk och vid en 7-tons ugn d:o d:o 4,84 Mk.†

Söderberg och Hjort hava sökt även vid sina ugnar tillämpa Rodenhausers idé.††

II. Ljusbågeugnar. Inledning: Fysiken lär oss, att en elektrisk ljusbåge bildas emellan avbrottsändarna i en elektrisk ledning endast såvida att det vid och mellan ändarna bildas ångor, som kunna framleda elektriciteten, och lär den även att ljusbågens temperatur är beroende av den ledande ångans förgasningstemperatur, och som denna temperatur, då det gäller elektrodkol, är c:a 3500°, så erhålla vi vid ledningsändar av elektriskt ledande kol en ljusbåge med denna temperatur, om densamma kan skyddas mot avkylning. Men vid mycket

* S. u. 1911 sid. 217.
** Iron Age 1910 sid. 1136.
*** S. u. E. 1911 sid. 1361.
† Se vidare ekonomiska siffror av Neumann i S. u. E. 1908 sid. 1205.
†† Se S. u. E. 1911 sid. 405.

höga temperaturer bli även en del permanenta gaser, isynnerhet koloxid ledande eller åtminstone verkar densamma vid hög temperatur så, att kolångan kan mellan elektrodspetsarna bilda allt längre ljusbåge ju mera temperaturen stiger, en synnerligen viktig företeelse som vi skola se vid de rena ljusbågeugnarna.

Vidare bör här framhållas en del slutsatser från några utmärkta utredningar* om kolelektroder och ferroelektrodugnar:

Elektroderna orsaka på två sätt värmeförluster (och således minskad nyttig effekt).

1:o. Genom det ledningsmotstånd, som de bjuda den el. strömmen, varigenom en del av denna i elektroden omsättes till värme (Jouleska värmet).

2:o. Genom att elektrodkolet såsom en relativt taget god värmeledare även bortleder en del av i ugnsrummet av ljusbågen bildat värme.

3:o. Således bör man för elektroderna välja ett material med möjligast ringa värmeledningsförmåga och med möjligast hög elektrisk ledningsförmåga, och vill man åstadkomma minimum av elektrodförluster gör man således elektroderna så korta som möjligt eller rättare avståndet mellan ljusbågsändan och stället där el. strömmen inledes i elektroden kortast möjligt.

4:o. Vanligt elektrodkols elektriska motstånd förhåller sig till ren grafits som 2,25 : 1, under det att grafitens värmeledningsförmåga är 10 gånger så stor som kolets.

5:o. Hansen säger att angående strömtätheten törs man räkna med vid grafitelektroder 150 amp. per kvadrattum = 23,25 amp. per cm^2 = 1 amp. per 4,3 mm^2, vid kolelektroder 50 amp. per kvadrattum = 7,75 amp. per cm^2 = 1 amp. per 13,0 mm^2, och att vid samma elektrodlängd behöver man för samma ström 4,73 gånger större genomloppsarea i kol- än i grafitelektroderna. Vad emellertid tillrådliga strömtätheten per cm^2 angår, så påvisar Rodenhauser, att Hansens siffror knappast passa för annat än obetydligare kraftbelopp och smala elektroder, ty ju grövre elektroderna måste göras, ju ojämnare fabrikat komma de att bestå av av rent tekniska skäl, och angiver han från ugnspraktiken i stället efter W. Borchers med vilka strömtätheter man i allmänhet räknar:

Elektrodens diameter i mm	Genomsnittsarea för 1 amp.	Elektrodens genomskärningsarea i cm^2	Amp.-belastning per cm^2
50	10	19,63	10,00
100	12	78,54	8,33
200	20	314,16	5,00
300	30—40	706,86	3,33—2,50
400	60—90	1256,64	1,66—1,11

* Se Elektrochemical and Metallurgical Industry 1909 och Metallurgical and chemical Engineering 1910 och 1911, uppsatser av C. A. Hansen och C. Hering samt i »Elektrische Öfen in der Eisenindustrie» av W. Rodenhauser & I. Schoenawa.

Såsom av detta framgår är det vida bättre att, som A. Helfenstein påpekat, vid behov sammansätta block av flera små elektroder än att använda motsvarande grövre enkla.

Och Rodenhauser säger efter att ha anfört Hansens ord om att det t. ex. förekommit att vid en 500 kw elektrodugn elektrodförlusterna utgjort 15 % av energimängden och således slukat 15 % av kraftkostnaden, att i en del ugnar kan det hända, att man — genom att elektroderna tilltagits alldeles för grova — får smältvarmt endast under själva ljusbågarna men ej i övriga delar i ugnsrummet, för att de långa grova elektroderna bortleda för mycket värme ur ugnen. Allt detta visar klart, huru viktigt det är att använda bästa elektrodmaterial och experimentera sig till de för detta material bästa elektroddimensionerna.

6:o. Grafitelektrodernas verkningsgrad växer med längden och strömtätheten, men med denna växer ock deras temperatur, vilken senare omständighet sätter en viss gräns för möjligheterna att fullt utnyttja den förra. Det säges emellertid att i Amerika nu fabriceras elektrodskyddsrör av nära osmältbar Al_2O_3, som således skola hindra för starkt upphettade grafitelektroder att smälta närliggande murverk och minska behovet av vattenkylning.

7:o. Kolelektrodernas verkningsgrad minskas med längden, emedan vid dem energiförlusten genom ökningen i ledningsmotstånd växer fortare än värmeledningsmotståndet.

8:o. Hansen påpekar, att då det gäller elektrodåtgången, kan den anses bero av 4 orsaker:

a) genom brott orsakat av antingen ojämnhet i massan vid fabrikationen, genom av ovarsamhet orsakad sprickbildning eller genom att ny elektrod nedsättes för kall i tvärhetta,

b) genom kolavdunstningen vid ljusbågsbildningen och

c) genom oxidation, vare sig denna orsakas av ikring otäta eller onödigt öppnade ugnsdörrar inströmmande luft, genom uppstänkande järnoxid- eller manganoxidhaltig eller fosforsyrehaltig slagg eller slutligen genom i ugnen reaktionsvis bildad kolsyra — t. ex. $Fe_3O_4 + CO = CO_2 + 3FeO$.

d) Grafitfjälls avspringande från grafitelektroder i ej nog koloxidrik atmosfär.

Härtill kunna vi lägga från våra svenska stålsmältningsförsök i elektrodugnar:

e) absorption av kol från elektroderna genom att under livligt kok i badet mjukt stål stänker upp emot dem och ögonblickligen kolbindes och därvid skär illa nog.

9:o. Kraftförbrukningen växer med den i ugnen försiggående tillspetsningen av elektrodändarna (enl. Hansen ibland ända upp till 30 %), varjämte är att hågkomma, att vidare ändytor på elektroderna bättre skugga valvet vid hängande eller väggen vid liggande elek-

troder emot ljusbågarnas strålningsverkan. Detta senare torde dock ej ha *så* mycket att betyda, att man därför skall föredraga kol- framför grafitelektroder, men kanske mera det att de grövre kolelektrodändarna uppvärma till högsta hetta större ytor än de smalare grafitelektrodändarna — dock gäller detta blott vid ljusbåge-motståndsugnar, vid de rena ljusbågeugnarna bjuder det förra ingen fördel, det författaren kan finna.

10:o. Vattenkylningen mellan elektrod och murverk, som måste förefinnas, emedan, som vi veta, murverket blir ledande och således kortslutande vid högre temperatur skall inåt ugnen hava möjligast ringa yta för att ej verka för värmebortledande. Ju bättre de täta mot elektroder och mur utan att verka hämmande på elektrodernas rörelse och reglering,* ju bättre äro de. Men man får ock hågkomma, att dels få de ej med sitt vatten avleda ström till jorden, dels få de inåt ugnen ej vara så tunna, att de kunna »överbryggas» av små sig gärna då bildande ljusbågar. Det förra tänker jag kan förekommas med invändigt emaljerade kyllådor.

Å pl. XCVII, fig. 14—16 finnes schematiskt framställt de tre grundslagen elektrodugnar:

Fig. 14 visar en ren ljusbågeugn, där badets uppvärmning helt och hållet orsakas av utstrålande värme från den endast mellan elektrodernas spetsar bildade ljusbågen. Detta är den anordning som minst förorenar badmaterialet genom elektrodernas föroreningar (P. S. Cu o. s. v.). Tunnaste möjliga slagglager är här förmånligt hålla för att få bästa värmeabsorption i stålbadet.

Fig. 15 framställer en ugn av kombinerad ljusbåge-motståndstyp, där ljusbågar bilda sig mellan elektrodernas spetsar och själva badet, så att den elektriska strömmen först övergår från den ena elektroden till badet, så passerar fram genom detta till mitt under den andra elektroden och därpå genom en annan ljusbåge uppgår till denna. Här är det dels den i ljusbågarna alstrade hettan, som uppvärmer badet, dels ock det värme, som bildas i själva badet genom det motstånd, som detta bjuder den elektriska strömmens framledande. Detta är emellertid i badets av stål eller järn bestående del mycket ringa, men i det stålbadet täckande slagglagret relativt stort, varför slaggen, som ock direkt träffas av ljusbågarna, blir synnerligen het och så meddelar sitt värme åt metallen. En viss tjocklek hos slaggbadet och slagg med, även i smält tillstånd, dålig elektrisk ledningsförmåga är här nyttig för badets uppvärmning. Dock att hågkomma: mycket slagg kostar mycket smält- och tappningsvärme!

Fig. 16 visar ävenledes en kombinerad ljusbåge-motståndsugn. Vid denna flyter den elektriska strömmen antingen helt eller delvis

* Beskrivningen av elektrodregleringsanordningarna vid dessa ugnar tillhör Bergsmekaniken.

direkt, d. v. s. utan ljusbågeövergång, från eller till den ena under badet befintliga polen, medan mellan den andra polen och slagglagret bildas ljusbåge. Vid båda dessa senare anordningar har man försökt inkoppla mellan metallbadet och elektroderna lager, som skola, så vitt som möjligt, skydda detsamma från i förra fallet elektrodkolets föroreningar, i det senare fallet även för elektrodkolet självt (från uppkolning). Det förra uppfanns av Héroult (skyddande slagglager), det senare av Nathusius och Keller (ledande kolfritt basiskt bottenmaterial). Girod åter låter elektroder av järn i sin till nu sist nämnda ugnsgrupp hörande ugn gå upp igenom botten ända till stålbadet.

Borchers har emellertid visat* att den värmekvantitet som uppkommer i badet genom järns och slaggs ledningsmotstånd spelar föga roll emot värmet som ljusbågen alstrar, och måste man såsom mycket överdrivna beteckna de fördelar, som de kombinerade ugnarnas konstruktörer tillskriva sina typer framför de rena ljusbågeugnarnas, och fråga kan vara, om ej de olägenheter, som vidlåda de förra systemen, mer än uppväga, vad som blir kvar av verkliga förtjänster.

Stassanos ugn. E. Stassano tog 1898 patent på en masugn, där han i stället för bläster skulle smälta med elektricitet på det sätt, att två elektroder instuckos i pipan strax över det cylindriska stället, men som det neddrypande järnet och även beskickningens tryck förstörde elektroderna och han fann, att över dem placerade skärmar av chamotte genast smälte, ändrade han ugnen till ett lägre ugnsrum med kupolvalv och med i ugnsrummet instickande tre elektroder (3-fasström), och skulle han hälla ned vid sidan mellan elektrodstängerna malm-kol-beskickningsmassa. Då nu återigen processen blev alldeles för dyr, så beslöt han övergå till stålsmältning och konstruerade först en ugn med avlångt bad med tre elektroder instickande på vardera långsidan men övergick sedan till den ugnstyp, som ännu drives under namn av Stassanos stålugn och som patenterades år 1902. Denna består (se pl. XCIX fig. 1) av ett cylindriskt ugnsrum — en stående ihålig cylinder — täckt av ett kupolvalv. Genom detta ugnsrums väggar insticka bildande 120° vinkel med varandra och pekande något snett ned mot badet 3 stycken elektroder, sittande i handreglerade hydrauliska matare.** Ugnen rör sig i sned ställning på en rullagerkrans och drives medelst ett kuggdrev och en sidoaxel av en liten el. motor, 3-fas-strömmen inkommer genom borstar i tre på en central bottenaxel fästa kontaktringar och flyter från dessa genom kablar upp i elektroderna. Ugnsrummet är på alla sidor omgivet av en stadig plåtmantel, vilken till minskande av värmeutstrålningen är infodrad med i sidorna tredubbelt, i botten dubbelt eldfast murverk,

* Se hans föredrag inför Verein deutscher Eisenhüttenleute, S. u. E. 1898.

** Ämnet Bergsmekanik.

varav innersta skiftet utgöres av magnesittegel eller dito massa eller dolomitmassa.* Elektroderna, som styras fullkomligt linjerätt vid ut- och indragningar samt vid alla regleringar genom att de gå i dubbelväggade vattenkylda metallcylindrar och uttill löpa efter styrlinjaler, kunna lätt inställas i rätt ställning. På sista tiden har man i Gasserwerk i Österrike byggt Stassanougnar, som ej äro vrid- men väl stjälpbara och med sexsidig inre form.** Även de äro för 3-fasström och ha således 3 elektroder. Ugnarna äro byggda för 1-tons charger och elektrodspetsarna hållas 60 cm över det smälta badets yta. Chargerings- och utslagsöppningarna befinnas i väggarna mellan elektroderna.

Stassanougnarnas skötsel. Schmelz har** redogjort för de sistnämnda ugnarnas skötsel och ekonomiska resultat, Osann*** åter för de i Bonn byggdas och sammanfattar jag deras referat här i korthet. Chargens järnmaterial utgöres egentligen av bästa smidesjärnskro, stålgjutgodsskro och smidesjärnsborrspån från verkstäderna (utan i begynnelseinsättningen ingående tackjärn). Detta går naturligtvis ock för sig i ugnar som dessa, där hela chargetiden råder en reducerande koloxidtemperatur. Först insättes vid utdragna elektroder $^2/_3$ av järnchargen tillsammans med något kalk och rik järnmalm eller hammarslagg (detta senare egentligen för defosforering, mindre för färskning). På 650 kg järn tagas 10 kg slagg + kalk. När denna slagg efter en timme smält, avskummas den och resten järn insättes tillsammans med 10 kg ny slagg + kalk. Efter ännu en timme drar man av även denna slagg, tager prov och desoxiderar sedan med 2 kg ferrosilicium och 1 kg ferromangan. Skummar så åter sorgfälligt av resterna slagg och insätter sedan för desulfurering 15 kg bränd kalk, varpå efter ytterligare en timme chargen är tappfärdig, så vida ej ett uttaget prov visar, att något mera kisel eller mangan behöver tillsättas eller badet bör uppkolas, ty då sker det, det senare med petroleumkoks eller träkolstackjärn. Som fabrikationen helt och hållet, både i Bonn och i Gasserwerk går till stålgjutgods, tillsättes oftast i ugnen till sist även $^1/_2$ kg aluminium. Schmelz har sammanräknat flera månaders driftresultat från senare verket och anför nedanstående på grund härav uppställda ekonomiska beräkning. Två $1^1/_2$-tonsugnar lämna tillsammans en årsproduktion av 2000 ton färdigt stålgjutgods motsvarande 3510 ton smält götmetall. Vardera ugnen drager i kraft 250 kw, gör därmed 4,5 charger per dygn = 6,75 ton stål, går 260 smältdagar per år, kosta tillsammans med fundament och hydraulisk utrustning 75,000 Mk med två 3-fastransformatorer, vardera å 300 kw, en reservtransformator, instrumenttavla och ledningar 21,250 Mk till,

* Utmärkt ritning å ugnen och fullständigare uppgifter om densamma se S. u. E. 1908 sid. 658 men även S. u. E. 1906 sid. 1021, år 1908 sid. 1714, och år 1911 sid. 2024.

** Oest. Zeits. f. B. u. H. W. 1911 sid. 295, 313, 325, 341.

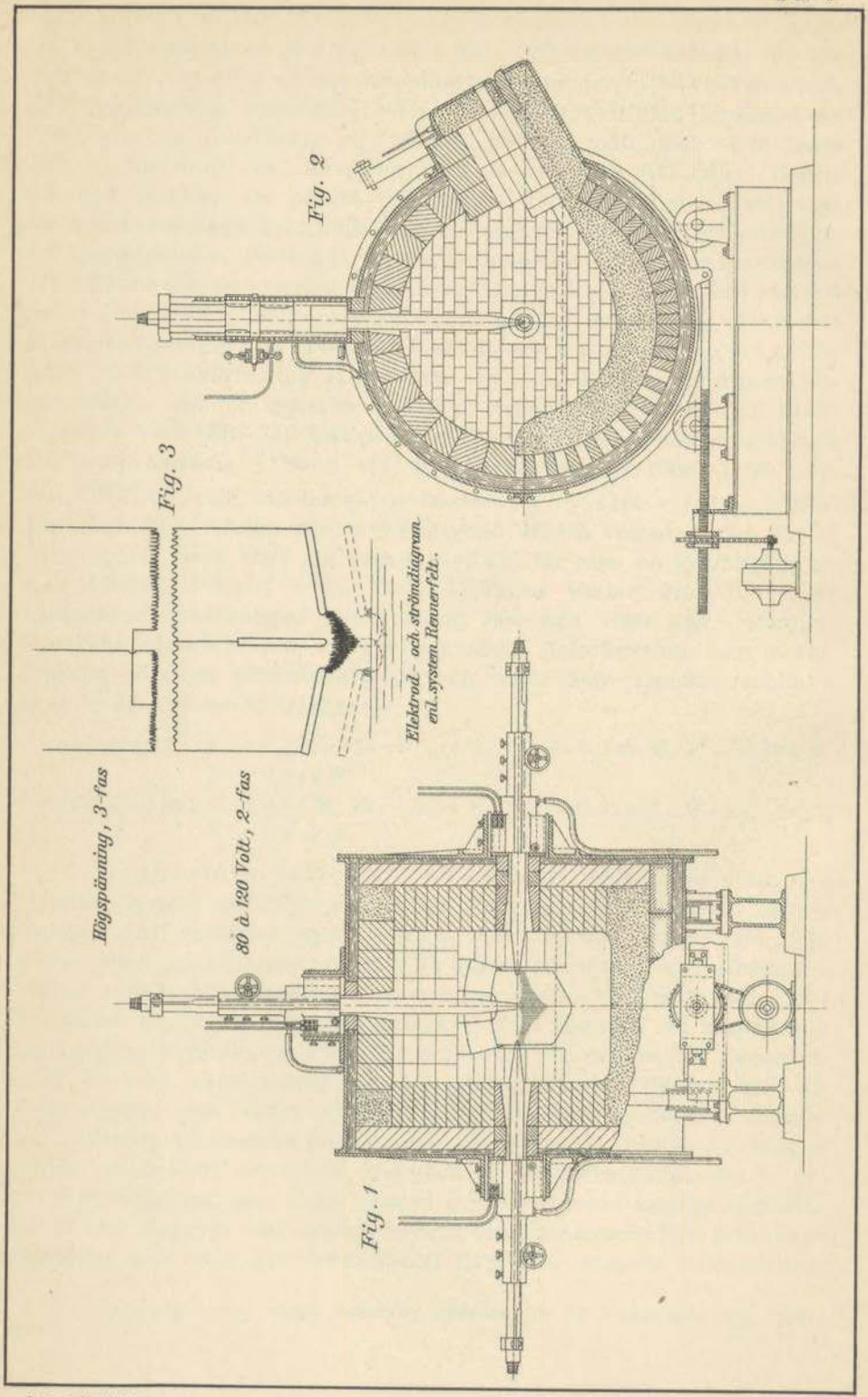
*** S. u. E. 1908 sid. 658.

eller summa 97,750 Mk, som vid 5 % ränta och 7 % amortering gör 3,32 Mk omkostnad per ton smält stål. Strömförbrukningen per ton stål växlar allt efter chargesammansättning mellan 650—1100 kwt men är i genomsnitt, uppeldning och söndagsvarmhållning inräknad c:a 900 kwt. En fullständig ommurning kostar: materialier 459, löner 127,50, torkning och förvärmning 35,5 = summa 612 Mk. Denna kostnad fördelar sig på 17 dagar = 115 ton stål. Per ton stål åtgå 20 kg hammarslagg, 25 kg kalk, 3 kg ferromangan, 2,5 kg ferrosilicium och 0,5 kg aluminium. Per ton järninsats får man således följande kostnader i Mk: Ränta och amortering 3,32, chargeämnen 55,25, ström 900 kwt à 5 heller = 4,25 Pf. — 38,25, reparationer 5,32, avlöningar 3,64, elektroder (högst 6 kg per ton) 2,04, kylvatten 0,27, diverse 3,40 — summa 111,49 Mk eller vid 2 % avbränning 113,77 Mk. Per ton färdigt stålgjutgods blir det 156,20 Mk. I ugnarna i Kungl. Arsenalen i Turin skall kraftåtgången vara 680—740 kwt per ton verktygsstålgöten, och enlig Osann vid 1-tonsugnarna i Bonn vid en strömstyrka av 1000—1100 amp. och 110—105 volt, således vid trefasström $\sqrt{3} \times 1100 \times 110 = 209330$ volt-amp. eller vid 4,5 timmars chargetid 941895 volt-amp. och då vid dessa ugnar $\cos \varphi$ visat sig vara 0,9—0,95, får man en kraftåtgång av $0{,}95 \times 941985 \times 0{,}001 = 895$ kw. Åtgången växlar även där med chargesammansättningen eller mellan 800 och 1000 kwt. Bonnerfabrikens direktion har intygat, att såväl defosforering som desulfurering försiggå tillfredsställande och anför som typiska resultat i denna väg sammansättningarna:

i insatsgodset: C = 0,08 %, Si = 0,04 %, Mn = 0,358 %, P = 0,072 %, S = 0,048 %,
i färdiga stålet: C = 0,06 %, Si = 0,06 %, Mn = 0,050 %, P = 0,016 %, S = 0,011 %.

I. Rennerfelts stålugn.* En smältugn byggd efter detta nya svenska system särskiljes från andra därigenom, att ljusbågar alstras mellan med varandra samverkande vertikala och horisontala elektroder utan att chargen utsättes för direkt kontakt med ljusbågarna, vilken sistnämnda egenskap den har gemensam med Stassanos. Det av dessa ljusbågar alstrade värmet sprides likasom vid sistnämnda ugn genom strålning ut över chargens hela yta, varigenom nedsmältning av t. ex. skrotcharger försiggår jämnare i en dylik ugn än i sådana ugnar, som alstra värmet endast medelst ljusbågar i kontakt med chargen på enstaka punkter utan att avlägsnare partier av chargen därav omedelbart påverkas. Särskilt för raffineringsändamål är det av stor fördel att, som detta system innebär, kunna kraftigt upphetta en så stor slaggyta som möjligt medelst ovan densamma fritt brinnande ljusbågar och utan att elektrodkolet får verka störande i densamma.

* Beskrivningen med någon förändring avskriven ur ett meddelande från uppfinnaren. *O—a.*



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

Pl. C, fig. 1 och 2 visa sektioner av en ugn enligt system Rennerfelt. Ugnshärden är cylindrisk till formen och göres vid små ugnar helst med ungefär lika längd och diameter, varigenom värmeförlusterna inskränkas till ett minimum vid en viss maximivolym hos smältrummet. Valvets cylindriska form medför en stor mekanisk hållfasthet, varjämte högeldfast magnesittegel kan användas även till valvet utan att den vid detta materiel ofta förekommande krympningen medför olägenheter i form av större sättningar. Som av figuren framgår antar den dubbla ljusbåge, som alstras vid användande av en vertikal och två horisontala elektroder, en nedåt riktad, spetsig form, vilket ljusbågarna i Stassanos ugn även göra. Detta är en följd av en samverkan mellan de magnetiska kraftfält, som alstras av de i elektrodernas mittpunkt sammanflytande strömmarna. Genom denna bågarnas form ernås en för det metallurgiska förloppet gynnsam koncentrering i badytan av ljusbågsenergien. Ugnens högre liggande partier skonas härigenom ock i viss mån för en starkare överhettning, även då relativt stora värmekvantiteter frigöras i ljusbågarna. Vid en mindre ugn i full gång ter sig ljusfenomenet mellan elektrodspetsarna som en nedåt riktad långt utdragen och tämligen spridd flamma från rummets ena ända till den andra längs badytan, ungefär som i en ordinär flamugn.

För detta ugnssystem lämpa sig bäst s. k. Acheson grafitelektroder från Niagara Falls. Dessa förses med gängade tappar och hål samt kunna därigenom skarvas vid undan för undan, allt efter som de inre spetsarna förtäras. Härigenom ernås att obrukade rester ej uppstå. Strömtätheten i dylika elektroder kan tagas mycket hög. I praktiken användes vid dylika ugnar ej mindre än 30 à 40 ampère pr kvcm utan någon som helst olägenhet. Detta medför att mycket små sektioner äro användbara, varigenom värmeledningsförlusterna i viss mån begränsas. Väggpartiet kring elektroden blir också vida starkare med dessa små hål än vad fallet är i ugnar med de vanliga, grova kolelektroderna.

Skarvning av horisontala grafitelektroder är fullt rationell och pålitlig, tack vare grafitstavarnas förträffliga fysiska egenskaper, som medgiva att svarvning och gängning kan med största lätthet utföras. Deras hållfasthet är anmärkningsvärt stor; anställda försök utvisa en brotthållfasthet av ända till c:a 190 kg pr kvcm.

Smälthärden är upplagd på rullar för att lätt kunna stjälpas vid tappning av chargen. Dess roterande rörelse åstadkommes medelst motor eller medelst en hydraulisk cylinder, vars kolv sammankopplas med en dragstång på lämpligt sätt.

Som vid alla elektrodugnar avkylas elektroderna vid passagen genom ugnsmuren av kopparkyllådor och i dessa cirkulerande kylvatten.

Elektrodregleringen sker medelst av drev påverkade kuggstänger, som röra sig i gejder å kylröret.

Inställningen av bågarnas längd, varigenom energiåtgången bestämmes, äger rum för hand utan automatiska apparater. Strömstötar förekomma sällan vid detta system och endast då bågarna tändas, i vilket fall strömrusningen likväl är lätt att kontrollera medelst motstånd av lämpligt slag liksom vid motorer.

En nämnvärd fasförskjutning äger icke rum även vid höga periodtal, och fasförskjutningen kan sägas svara mot $0{,}95 \leqq \cos \varphi \leqq 1$. Den för smältning, utan raffinering av kall charge erforderliga energien har vid en relativt liten ung om 60 kw, uppförd vid Hallstahammars Bultfabriks A. B. befunnits utgöra c:a 500 kw-timmar pr ton; detta tyder på en verkningsgrad om 65 à 70 %, vilket torde få anses som en för en så liten ugn särdeles gynnsam siffra. Att en reducerande atmosfär är lätt att ernå i en dylik ugn framgår därav, att elektrodförbrukningen visat sig uppgå till endast 1 à 2 kg pr 400 kw-timmar, d. v. s. c:a 2 à 4 kg pr ton, vid nedsmältning av skrot. Kraftförbrukningen är mycket lätt att reglera inom vida gränser. I tomgång kan t. ex. kraften begränsas till 20 à 30 % av den normala, vilket på ett ungefär motsvarar vad som behövs för att hålla temperaturen uppe i den tomma ugnen.

Den för en ugn av detta system mest lämpliga strömarten utgöres av vanlig 3-fasström, som av tvenne 1-fas-transformatorer förvandlas till s. k. sammansatt 2-fasström med en gemensam 0-punkt, som anslutes till den eller de vertikala elektroderna, under det att de båda fasernas andra ändpunkter anslutas till de horisontala elektroderna. Huru ett dylikt strömsystem är anordnat, framgår av diagrammet fig. 3. Spänningen pr ljusbåge utgör 80 à 125 volt. Högre spänning kan ej med fördel användas vid dessa elektrodugnar på grund av att bågarna antaga alltför stora längder vid hög ugnstemperatur, varigenom svårigheter uppstå att isolera strömmarna mot kortslutningar inuti ugnen. De horisontala elektroderna kunna lätt så anordnas, att de inre spetsarnas höjdläge är justerbart relativt chargen. Detta sker antingen medelst parallell förflyttning av hela elektroden eller genom att giva den en viss vinkelrörelse. Man är härigenom i stånd att rätta avståndet mellan ljusbågen och chargen efter dennas höjd i ugnen och att sålunda alltid använda minsta möjliga ljusbågeavstånd. Man kan t. o. m., om så skulle önskas, alstra ljusbågar mellan de horisontala elektroderna och badet. Ugnens arbetssätt blir i detta fall analogt med t. ex. system Héroult.*

En ugn med av chargen oberoende ljusbågar är vida lättare att hantera än en sådan, där värme icke kan alstras utan en charge, som leder strömmen. Rennerfelts ugn likaväl som Stassanos medför möjligheten att hålla ugnen varm hur länge som helst, om uppehåll

* Denna senare anordning torde ej vara förmånlig. *O—a.*

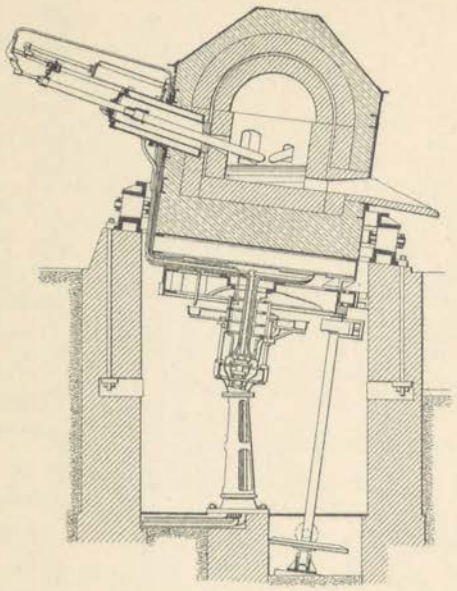
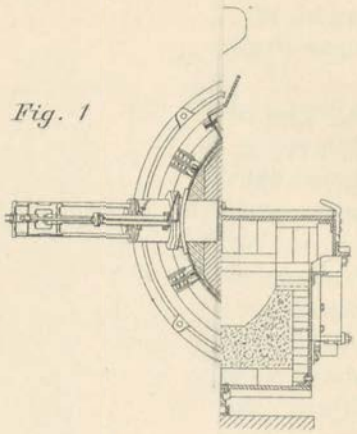


Fig. 1



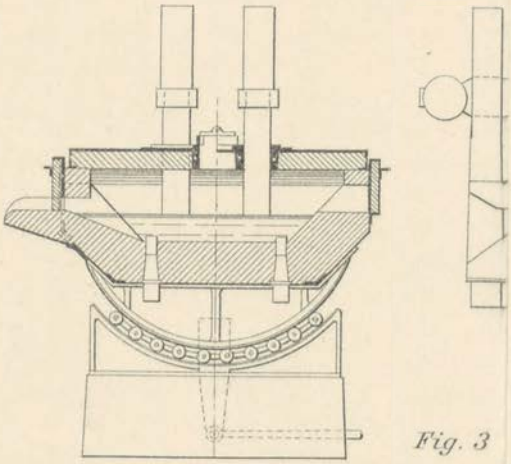
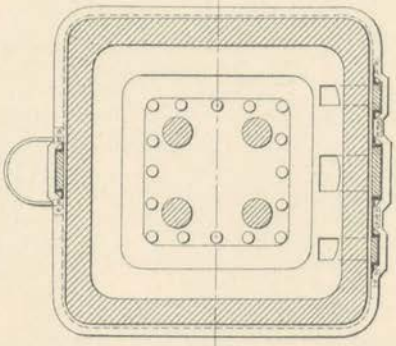


Fig. 3



Grav. av. Emil Sachse

LITRYCKERIET, STOCKHOLM.

mellan chargerna måste göras. Därjämte är det särdeles lätt att sintra en nygjord botten och att verkställa erforderliga härdreparationer vid detta systems användande, vilket återigen är förenat med ganska stora svårigheter vid härnedan följande ugnstyper.

*P. L. Héroults stålugn.** Såsom av pl. XCIX fig. 2 framgår, består denna av ett stjälpbart ugnsrum, vilande å stjälpmedar eller rullager och beklätt med grova plåtar, innanför vilken plåtmantel närmast plåten muras med eldfast tegel, varpå infodras med magnesit- eller dolomitmassa. Valvet, som är avlyftbart, muras av silika- eller eldhärdigaste chamottetegel. Det utmärkande för ugnen är dess genom valvet till nära slaggytan nedhängande 2 st. elektroder, vilka kunna, sedan chargen i det närmaste nedsmält eller hela tiden, om man arbetar med smält insats, regleras automatiskt.** Denna Héroults ugn går för 1-fas-växelström, men han har även t. ex. i Illinois Steel C:o verk i Chicago byggt cirkelrunda 3-fasugnar med trenne elektroder nedhängande genom valvet. Den senare ugnen infodras med en massa, hopblandad av magnesit + basisk slagg + tjära, vilken massa skall stå utmärkt vid lag, men tjänstgör denna 15-tons ugn endast för bessemerståls raffinering.

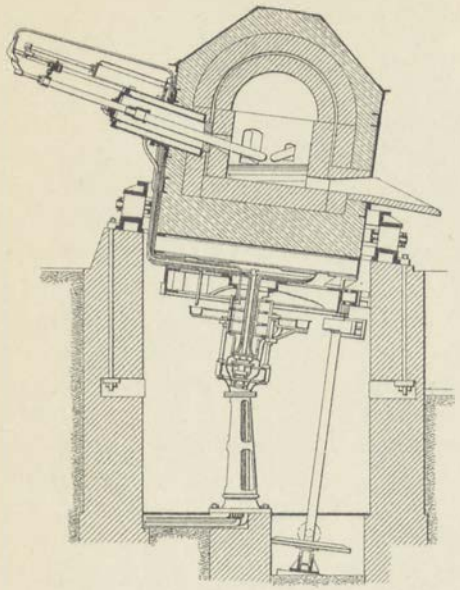
Den förstnämnda ugnen är försedd med tapphål å ena långsidan och med insättningsgluggar i gavlarna.

Héroults stålugnar hava funnit stor användning till följd av sin starka och enkla konstruktion samt relativt låga byggnadskostnad.

Ugnens skötsel. Nyomställd torkeldas ugnen genom en i ugnsrummet å på botten täckande plåtar uppgjord och underhållen vedeld och utan att elektroderna ännu inhängts, samt håller man härunder elektrodgluggarna något glest slutna medelst pålagda plåtar eller plåtlock. En blott svag vattenström hålles härvid i gång i kyllådorna, så att dessa äro nära kokheta, ty eljes torkar ej närmast dem i valvet varande brukfogar ordentligt ut. För att även botten skall bliva varm under denna eldning, bör man ha ugnen stående på lut, ömsom framåt, ömsom bakåt, och röra om ibland i kolmassan. När man är övertygad om, att fuktigheten avgått, kan hetseldning företagas och inkastas då i ugnsrummet torr koks och inhängas elektroderna, som nedsänkas så djupt, att de vila på kokslagret. Härefter påsläppes ström, då denna genom kokslagret går från ena elektroden till den andra, bildande massor av små ljusbågar. Man kan emellertid varmelda även på så sätt, att ugnen först rensopas från resterna av aska och träkolsstycken från torkeldningen, plåtarna utkrokas, ugnsbottnen belastas — för att ej jäsa upp — med järnstycken

* Hans mindre lyckade masugn beskrives ej, men återfinnas beskrivningar därå i E. Haanels rapporter över »Electro-thermic Processes» och »on the Experiments made at Sault, S:t Marie». Över hans stålugn finnas utförligare beskrivningar dels i samma rapporter, dels i »El. Ofen» von Rodenhauser & Schoenawa, dels i S. u. E. 1905 sid. 633, 1907 sid. 1282.

** Bergsmekaniken.



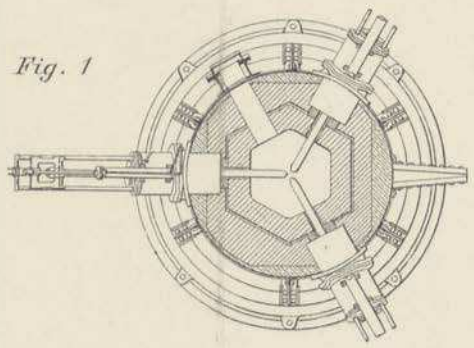
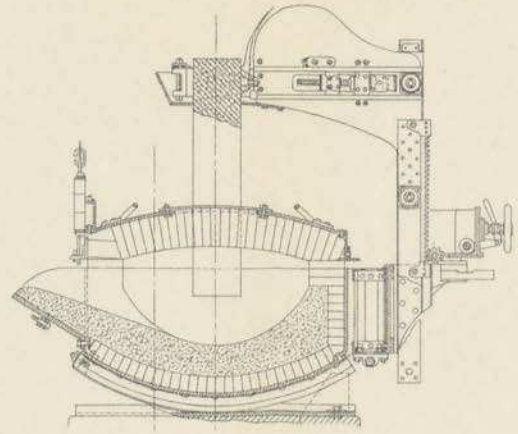


Fig. 1



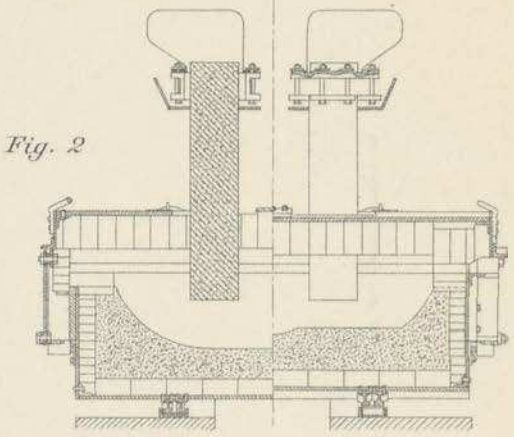
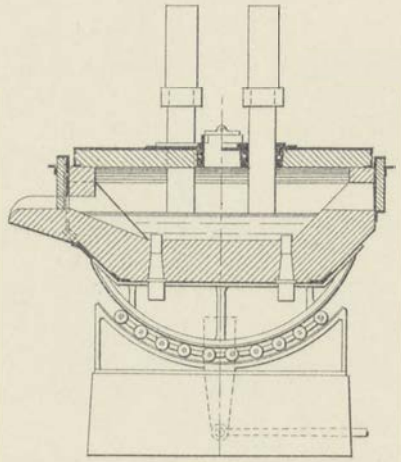


Fig. 2



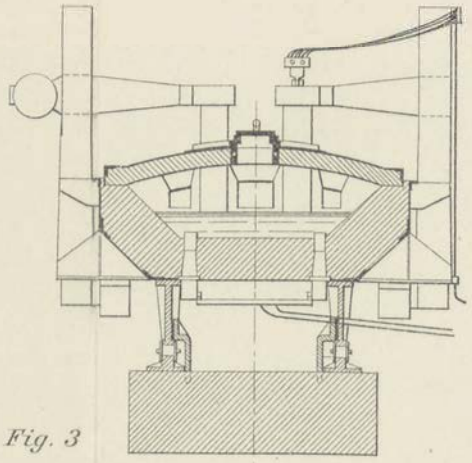
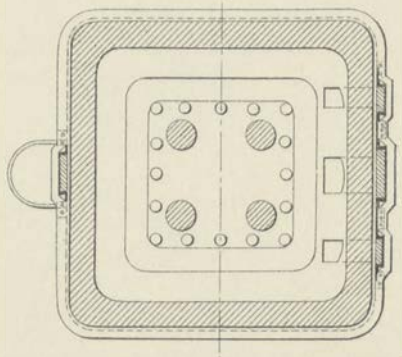
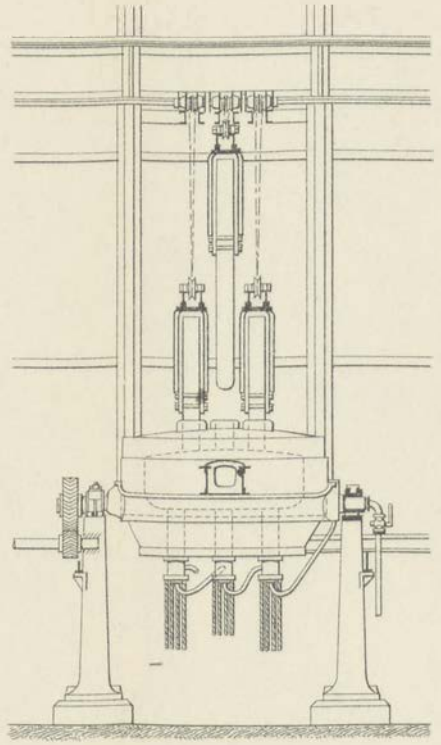


Fig. 3





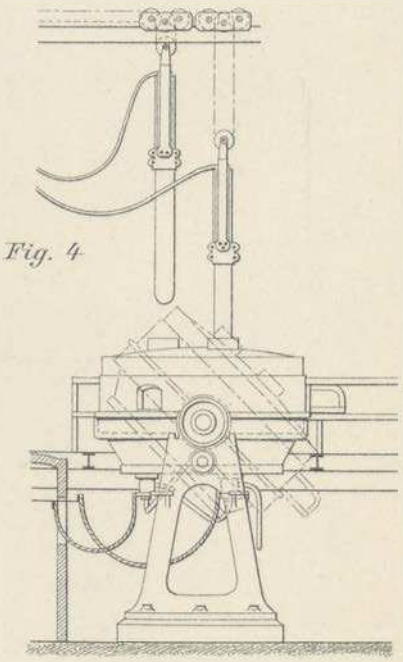


Fig. 4

Grav. av Emil Saonse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

mellan chargerna måste göras. Därjämte är det särdeles lätt att sintra en nygjord botten och att verkställa erforderliga härdreparationer vid detta systems användande, vilket återigen är förenat med ganska stora svårigheter vid härnedan följande ugnstyper.

*P. L. Héroults stålugn.** Såsom av pl. XCIX fig. 2 framgår, består denna av ett stjälpbart ugnsrum, vilande å stjälpmedar eller rullager och beklätt med grova plåtar, innanför vilken plåtmantel närmast plåten muras med eldfast tegel, varpå infodras med magnesit- eller dolomitmassa. Valvet, som är avlyftbart, muras av silika- eller eldhärdigaste chamottetegel. Det utmärkande för ugnen är dess genom valvet till nära slaggytan nedhängande 2 st. elektroder, vilka kunna, sedan chargen i det närmaste nedsmält eller hela tiden, om man arbetar med smält insats, regleras automatiskt.** Denna Héroults ugn går för 1-fas-växelström, men han har även t. ex. i Illinois Steel C:o verk i Chicago byggt cirkelrunda 3-fasugnar med trenne elektroder nedhängande genom valvet. Den senare ugnen infodras med en massa, hopblandad av magnesit + basisk slagg + tjära, vilken massa skall stå utmärkt vid lag, men tjänstgör denna 15-tons ugn endast för bessemerståls raffinering.

Den förstnämnda ugnen är försedd med tapphål å ena långsidan och med insättningsgluggar i gavlarna.

Héroults stålugnar hava funnit stor användning till följd av sin starka och enkla konstruktion samt relativt låga byggnadskostnad.

Ugnens skötsel. Nyomställd torkeldas ugnen genom en i ugnsrummet å på botten täckande plåtar uppgjord och underhållen vedeld och utan att elektroderna ännu inhängts, samt håller man härunder elektrodgluggarna något glest slutna medelst pålagda plåtar eller plåtlock. En blott svag vattenström hålles härvid i gång i kyllådorna, så att dessa äro nära kokheta, ty eljes torkar ej närmast dem i valvet varande brukfogar ordentligt ut. För att även botten skall bliva varm under denna eldning, bör man ha ugnen stående på lut, ömsom framåt, ömsom bakåt, och röra om ibland i kolmassan. När man är övertygad om, att fuktigheten avgått, kan hetseldning företagas och inkastas då i ugnsrummet torr koks och inhängas elektroderna, som nedsänkas så djupt, att de vila på kokslagret. Härefter påsläppes ström, då denna genom kokslagret går från ena elektroden till den andra, bildande massor av små ljusbågar. Man kan emellertid varmelda även på så sätt, att ugnen först rensopas från resterna av aska och träkolsstycken från torkeldningen, plåtarna utkrokas, ugnsbottnen belastas — för att ej jäsa upp — med järnstycken

* Hans mindre lyckade masugn beskrives ej, men återfinnas beskrivningar därå i E. Haanels rapporter över »Electro-thermic Processes» och »on the Experiments made at Sault, S:t Marie». Över hans stålugn finnas utförligare beskrivningar dels i samma rapporter, dels i »El. Ofen» von Rodenhauser & Schoenawa, dels i S. u. E. 1905 sid. 633, 1907 sid. 1282.

** Bergsmekaniken.

och på dessa läggas under och mellan elektroderna som en balk brottstycken avslagna från elektrodstumpar, varpå elektroderna sänkas, då ljusbågar på samma sätt uppkomma. Svåra stötar och slag uppkomma alltid härvid i ledningen, ett obehag, som återkommer vid varje nychargering med kallt tackjärn och skro, och då i ännu högre och obehagligare grad. För den basiska bottens biståndighets skull är det förmånligt att även vid Héroults först göra en slaggsmältning i ugnen, innan charge insättes, alldeles som man brukar göra vid de basiska martinugnarna.

Har man tillfredsställande fått upp temperaturen i ugnsrummet, så kan ugnen chargeras och tillgår detta vid kalla insatser precis på samma sätt som vid martinugnarna med endast den skillnaden, att man vid Héroults ugnar vid skrymmande skro sällan kan få in hela chargen på en gång, utan är hänvisad till en eller flera eftersättningar, medförande värme- och kraftförluster. Chargen kan skötas alldeles som en basisk martincharge, och kan man färska ned med malm även här, men blir koket livligt, så att slaggen kastas upp mot elektroderna, så inträffa kortslutningar och ledningsstötar, nära nog lika starka och obehagliga, som vid igångsättningen. Ugnen användes också sällan för smältning av kalla charger och så gott som aldrig för verkliga färskningscharger med kallt begynnelsegods, emedan dessa ställa sig alldeles för dyra i jämförelse med martin och bessemer eller thomas. Det den mest användes för är för gasrenande och slutraffinering av stål från de sistnämnda metoderna, men har man, då det gäller denna ugns arbetsresultat, ytterst få redogörelser att hålla sig till, trots att det är en av de allmännast använda. Detta hemlighetsmakeri vore högst märkvärdigt, om ugnen verkligen förtjänar de lovord, patentinnehavarna i allmänna ordalag slösa med, då de tala om den — sifferuppgifter akta de sig i regel att lämna.* Detta gäller även den i Sverige vid Kortfors uppförda Héroultugnen, om vilken man dock vet, att den under de första åren lämnade ett ytterst ojämnt och opålitligt stål. Nu måtte man dock där kommit till rätta med processen, ty Kortfors' stålutställning i Örebro var förstklassig. De enda något utförligare redogörelser man har att hålla sig till då det gäller Héroults ugnar äro E. Haanels sifferuppgifter från La Praz år 1903 (för gamla) ävensåsom en del uppgifter av Coussergees** och de som anförts av Turnbull*** från 15-tons 3-fas-ugnen hos Illinois Steel Co.

Angående ugnens förbrukning av kraft vid kalla och vid smälta insatser samt vid raffineringsskötsel med 1, 2 eller 3 slagger anföres av Rodenhauser efter Eichhoff följande siffror:

* Se såsom typiskt exempel Elektrostahl Gesellschafts anfall på professor Borchers, S. u. E. 1909 sid. 1942—1944. Ej ett enda sifferbevis uppställda mot hans fullständiga siffror från Girods ugn, bara grova tillmälen och insinuationer samt vrängningar och förryckningar av hans yttranden.

** Revue de Métallurgie 1909 sid. 589—678.

*** J. A. 1909 sid. 1498.

Chargestorlek i kg		500	1000	1500	2000	3000	5000
Kall insats	En slagg: chargetid tim.	3,00	3,78	4,53	4,82	5,30	6,05
	kwt per ton	1200	945	906	844	778	725
	Två slagger: chargetid tim.	3,32	4,17	4,98	5,30	5,85	6,63
	kwt per ton	1330	1040	996	928	859	795
	Tre » chargetid tim.	3,63	4,55	5,43	5,78	6,40	7,22
	kwt per ton	1450	1135	1086	1010	940	868
Smält insats	En slagg: chargetid tim.	1,33	1,55	1,78	1,82	1,92	2,08
	kwt per ton	465	333	296	363	233	219
	Två slagger: chargetid tim.	1,68	1,91	2,15	2,24	2,42	2,57
	kwt per ton	588	410	357	325	294	265
	Tre » chargetid tim.	2,00	2,29	2,60	2,73	2,97	3,15
	kwt per ton	700	493	433	396	360	324

Såsom av detta synes avtager kraftåtgången med chargestorleken, men är 2 à 3 gånger större vid kall insats, som skall både smältа och raffineras, än vid smält insats, som blott behöver raffineras. Dessutom framgår, att kraft och tidsåtgång bli c:a i banko större vid smält insats med trefaldig slaggbehandling, än om den blott behandlas med en slagg — förutsatt nämligen att första slaggen ej har något vidare färskningsarbete att utföra. Elektrostahl Gesellschaft har dock lämnat* några nyare siffror från en 7-tonsugn arbetande med kall insats och en annan (tontal ej utsatt) likaledes arbetande med kall insats. Kraftåtgången vid den förra skall i medeltal vara 672 kwt, vid den andra 700 kwt. Om blott en eller om två slagger avdragas, angives emellertid ej. Turnbull säger, att vid den förut nämnda 3-fas-15-tonsugnen göras 12 raffinationscharger per dygn vid 12 à 14 tons insats, bestående av färdigblåst i smält form insatt bessemerstål, och skall då kraftåtgången ställa sig till 200 kwt per ton stål. Troligen ingår varken i dessa eller ovanstående siffror varmhållning under söndagsdygnen eller förvärmningskraften.

En Héroultsugnens stora nackdel, den han dock delar med de nedan beskrivna, är den svaga valvkonstruktionen. Genom att valvet är genombrutet med stora hål på 2 resp. 3 ställen och dessa hål måste hållas skarpt kylda, uppstå svåra spänningar, vartill kommer ljusbågarnas verkan, vilka två orsaker i förening åstadkomma att helt och hållet nytt valv måste påläggas ungefär var 14:de dag. Reparationskostnaderna ställa sig därför höga. 2,5-tons La Praz-ugnen (1-fas) arbetar med en ström av 110 volt och 4000 amp., 15-tons Illinois-ugnen åter (3-fas) går med 100 volt och per fas 12000 amp., cos $\varphi = 0{,}8—0{,}9$. Elektrodåtgången (grafit-) är vid den senare ugnen 3 kg per ton stål. Elektriska verkningsgraden anser Rodenhauser hålla sig vid 85 %. De mindre ugnarna sägas** nå upp till 50 %:s, de större till 70 %:s, medan

* S. u. E. 1911 sid. 1302.

** Av Eichhoff.

den amerikanska lär nå upp till 75 %:s termisk verkningsgrad, tröligen vid extra väl tillslutna luckor och valvhålen väl fyllande elektroder, ty känt är och har jag själv vid en Héroultugn iakttagit, huru svårt det är i »gående gång» hindra de sistnämnda hålen att verka som skorstenar, då massor av kall luft indragas genom denna ugns sällan välslutande luckspringor och utslagshål. Vattenavkylningen åter torde ej verka så svårt vid denna ugn, som vid de med bottenelektroder försedda.

Rodenhauser anslår kostnaden för byggandet av en 5-tonsugn till 50,000 Mk med transformator inräknad men utan generator och generatorsledning. Inkl. dessa åter till 100,000 à 120,000 Mk.

*Girods ugn.** Denna (se pl. XCIX fig. 3) utmärker sig genom elektrodernas placering. Elektriska strömmens ena pol utgöres av 2 eller flera (ända till 16 st.) genom ugnsbotten uppgående vattenkylda järnelektroder, medan den andra består av 3 eller 4 igenom ugnsvalvet nedhängande kolelektroder. Anordningen med 2 botten- och 3 valvelektroder är avsedd för 3-fasväxelström och tämligen nypatenterad ($^3/_6$ 11), varför några tillförlitliga siffror om densamma ännu, då detta skrives, ej varit synliga. Enligt W. Borchers, vars beskrivning här nedan huvudsakligen följes, bestå ugnarna av i horisontalgenomskärning kvadratiska ** ugnsrum (inre mått 1800 × 1800 mm vid $2^1/_2$ tons, 3100 × 3100 mm vid $12^1/_2$ tons ugnar) med likaledes kvadratiska bottenytor (resp. 1000 × 1000 mm och 1200 × 1200 mm), varur bottenelektroderna, jämnt fördelade, runt om uppsticka ur botten vid kanten. Baddjupet är 30, högst 50 mm och höjden från botten till det avlyftbara valvet är 600 à 800 mm. Vid användande av blott en valvelektrod — vid de små ugnarna — hänger denna ned genom valvets mitt, vid 12- och 15-tonsugnarna, där 4 parallellkopplade kolelektroder genomgå valvet, hänga de i en krets innanför bottenelektrodernas. Även dessa ugnar äro förstås starkt plåtmantlade och infodras med magnesit- eller dolomitstampmassa, som noga stampas till kring järnelektroderna i botten. Dessa äro vattenkylda endast i sin nedra ända samt avsmälta därför i övra ändan till 5 à 10 cm under övra bottenytan, och får man därför sedan charge tappats noga torka ur de uppståndna hålen all slagg, såvida ugnen skall beskickas med kallt gods, ty eljes kan strömslutning förstås ej åstadkommas. Ugnen är alltid byggd stjälpbar på det vanliga viset och elektrodgalgarna äro fästa vid ugnen och medfölja i dennas rörelse. Bottenelektroderna äro gjorda av mjukaste götjärn och medelst ramstycke och böjlig kopparkabel satta i förbindelse med ledningen. Ugnen har en insättnings och en utslagsöppning.

* Utförligare beskrivningar se: J. K. A. B. 1912 sid. 84 och S. u. E. 1908 sid. 1823, och år 1909 sid. 1242, 1303, 1761 och 1942.

** Ugnsrum med cirkelrund genomskärning äro dock även använda vid ugnar med bara en valvelektrod.

Arbetet i Girodugnen. Kall chargering tillgår så, att först upphissas valvelektroderna, därefter inskyfflas på botten ett lager fint skro, helst fil- eller kort svarvspån, ty det är nödvändigt, att hålen över bottenelektroderna bliva pålitligt fyllda med järn ända ned till de kvarsittande järnstumparna, om strömkontakt skall ernås. På detta lager finskro kan sedan grövre skro inkastas och även tackjärnstackor, men tager man med mycket grovt skro, så bliva även vid denna ugn strömstötarna vid pådraget svåra och obehagliga. Har man åter endast småskro, så går strömmen redan i början ganska jämnt, ty den fördelar sig då igenom hela järnmassan i tusentals små ljusbågar, som åstadkomma en så jämn uppglödgning hela massan igenom, att den jämnt och bra sjunker samman och smälter. Vid Héroults ugn åter, likaväl som vid Elektrometalls svenska stålugn — en ändring av Mathusii ugn — och även i någon mån vid denna sistnämnda, äta sig valvelektroderna bara schakt ned genom skromassan, varefter visserligen beskickningen smälter tämligen fort i badets mitt mellan valvelektroderna, men smälter mycket trögt utanför detta elektriska fält. Strassanos och Rennerfelts ugnar smälta mera jämnt hel yta uppifrån alldeles som martinugnarna.

Sällan insättes hela chargen på en gång, utan vanligen först endast $^3/_4$—$^8/_9$ av järnmassan jämte så mycket bränd kalk och rik järnmalm, som behöves att med inkommen sand bilda en kvick ej skärande slagg (t. ex. 40 kg kalk + 100 malm per ton järninsats). När denna första insats sjunkit hop tillräckligt, inkastas resten av järnet, även den med sin behöriga mängd kalk och malm. $4^1/_2$ à 5 timmar efter första insättningen är chargen smält och första slaggen kvickfluten, så att den kan avtappas och avskummas, varpå andra slaggens bildningsämnen inkastas för defosforering och, om så behöves, sedan efter dennas avskummande en tredje för desulfurering (härom se nedan). Kisel, mangan och uppkolningsämnen tillsättas som vanligt. En charge tager vid stora ugnar 8 timmar, vid små går den oftast något fortare. Borchers säger, att de små ugnarna arbeta med växelström av c:a 300 kw och 60 à 65 volt, de stora med resp. 900 à 1000 kw och 70 à 75 volt och med en kraftåtgång vid de små av 1000—1200 kwt och vid de stora av 800—900 kwt samt med en elektrodåtgång av 12 à 15 kg, allt per ton färdigt stål. Även vid dessa ugnar stryker valvet fort; så säger Borchers, att det ej håller ut mera än 20 à 30 charger,* och att det förstöres fortare vid de stora än de små ugnarna. Angående anläggningskostnaden anslår B. den vid 2,5 tons ugnarna till 15,000 fr. (elektrodregulatorer, mätinstrument och vickningsapparat med motor inräknade) och till 30,000 fr. vid $12^1/_2$ tons ugnarna. Elektrodkostnaden skall gå till 3 à 4 fr. per ton stål.

Enligt Rodenhausers uppgifter drivas dessa ugnar alldeles som Héroults med 25 perioder, och han framhåller i en längre uträkning,

* Girod själv säger 40 charger, se S. u. E. 1909 sid. 1242.

grundad på förhållandena vid en Girods $2^1/_2$ tons 1-fas ugn, att Borchers antaganden att stålbadets och slaggens motstånd skulle spela så stor roll vid deras upphettning är felaktig, i det stålbadets motstånd motsvarar blott 0,003 % av hela energibeloppet. Värmealstringen i slaggen blir förstås betydligare, men vid de så ofantligt växlande slaggförhållandena är det omöjligt däröver uppställa någon beräkning. Den elektriska verkningsgraden får han till 85 % för den roterande omformaren, 90—97 % för den vilande transformatorn och 90 % för kolelektroderna, och i ett särskilt anfört fall från en mindre ugn hela elektriska verkningsgraden till 75 à 80 % av primärströmmen (omvandlad i värme i ugnen). Vid denna senare ugn är uträknat, att hälften av detta värme nyttiggöres i ugnen. Vid större ugnar ställa sig dessa förhållanden naturligtvis bättre. Rodenhauser anser att vid samma charge- och strömförhållanden bör elektrodåtgången ställa sig alldeles lika vid Girods som vid Héroults ugnar.

Vid färdigbehandling av smält bessemer, thomas eller martinstål skola tids- och kraftåtgång samt arbetslöner, elektroder o. s. v. ställa sig till blott 20 à 30 % mot vid kall insats, säger Girod.

I en osignerad uppsats* omtalas följande driftkostnader från en 2-tonsugn:

	Vid kall insats med raffination	Vid kall insats utan raffination	Vid smält insats med raffination
Kalk . . . . . 100 kg Järnmalm . . . . 100 »	3,20 Mk	1,00 Mk	40 kg 2,40 Mk
Elektroder	4,50 »	3,20 »	1,60 »
Löner	4,80 »	3,20 »	2,40 »
Reparationer	12,00 »	9,60 »	4,00 »
Strömförbrukning	1000 kwt	750 kwt	300 kwt

En fördel till har Girodugnen framför Héroultugnen i en, som Brochers visar, vida kraftigare elektromagnetisk omröring av stålbadets hela innehåll, men häremot kommer, vilket denne ej framhåller, att de kylda botten-järnelektroderna måste orsaka en betydande värmeförlust för stålbadet, som ock bekräftas av att dessa ugnars bottnar stå så utmärkt vid lag utan spår av avsmältning! Ett par låga siffervärden för denna avkylning ha visats — men betvivlats. En annan nackdel gent emot Héroults ugn har Girods även i att den svårare giver hett slagglager.

Nathusii ugn. Den ugn, som H. Nathusius konstruerat, säges förena Héroultugnens och Girodugnens fördelar och egentligen därför sakna flera av dessas fel. Vid Héroultugnen, där strömmen mellan elektroderna flyter horisontalt, måste slaggen hela tiden hållas skarpt överhettad, om stålbadet skall kunna hållas nog hett, vilket är, som vi redan vid martin sågo, till olägenhet vid defosforeringen, men är

* S. u. E. 1908 sid. 1823.

till nytta vid färskning och desulfurering. Vid Girodugnen åter, där strömmen går endast i vertikal led, har man svårt att få hela slagglagret varmt, utan blir det hett och kvickflytande egentligen endast direkt under takelektroderna. Nathusius åter har konstruerat sin ugn så (se pl. XCIX fig. 4), att ström flyter såväl mellan (de här 3) takelektroderna sinsemellan, som mellan dessa och bottenelektroderna, och slutligen även mellan de senare (även de 3) sinsemellan. Ugnen, som har cirkelrund horisontalgenomskärning, består av en yttre plåtmantel, monterad i en tappring alldeles i likhet med bessemerkonverterna och lika som dessa vridbar kring dessa tappar medelst på ena tappen fäst kugghjul med drev, vilket vrides med hydraulik. Ugnens valv är även här avlyftbart och genom detsamma nedhänga trenne stycken kolelektroder i liksidig trekant. I botten uppgå, likaledes placerade i liksidig, ehuru något vidare triangel, trenne järnelektroder, vilka dock ej, såsom i Girods ugn, gå fullt upp genom bottenfodert, utan sluta ett stycke under dettas övre yta, så att ett lager massa täcker deras spetsar. Fodert består av dolomitmassa, valvet av chamottetegel med hög lerjordshalt. Prof. B. Neuman beskriver* en 5-tonsugn och angiver därvid väggtjockleken till 280 mm, badets diameter = 2170 mm, valvtjockleken = 250 mm, bottentjockleken = 600 mm, därav 200 ovanför järnelektrodernas spetsar, ugnsrumshöjd = 670 mm, badets djup 300 mm. Ugnen har 2 insatsluckor och ett utslagshål, alla naturligtvis vettande in mellan elektroderna. Takelektroderna, 250 × 250 mm, hänga i linor ned från block i verkets takresning, således ej i vid ugnen fästa galgar. Såväl tak- som bottenelektroder äro med böjliga kopparskenor kopplade till ledningarna. Man använde härtill först för bottenelektroderna 6-linade kopparkablar, men dessa visade sig opraktiska. Bottenelektrodernas nederdel är 200 mm i diameter och försågs med vattenkylning, vilken dock lär vara obehövlig. Härden säges stå länge vid lag, huru länge sägs ej, men ugnsvalvet påstås stå 6 veckor. Intressantast vore dock få bestämt besked om bottens biståndighet, ty klart är, att dennas eldfasta massa, då en god del ström skall passera upp på egentligen endast tre ställen, blir utsatt för en fruktansvärd värme, på samma gång som stålet på den där segnande massan utövar starkt lyftande verkan genom ämnenas så olika sp. vikt. Vid den ugn med bottenelektrod, som bergshögskolan erhöll av Jernkontoret, har just detta förhållande gjort ugnsdriften omöjlig, ty oupphörligen uppstod smältgropar än här, än där i bottenmassan över elektroden (kolelektrod), och lagade man en grop, blev det grop bredvid, ty avlagningsmassan var förstås kall och elektriska strömmen går i ledare av andra graden alltid varmaste vägen, om denna väg ej är alltför lång.

För att få strömmarna att flyta på de tre ovan angivna sätten, så har Nathusius uttänkt och infört en särskild slags anordning.**

* S. u. E. 1910 sid. 1412.

** Se S. u. E. 1912 sid. 1136.

Ugnen går för 3-fas växelström. Över varje bottenelektrod hänger en valvelektrod av motsvarande potential. Vid en 5-tons ugn har man på högspänningssidan 6000 volt.

Denna spänning transformeras ned i en huvudtransformator till 110 volt (givande vid 50 perioder 800 kva). Med denna transformators yttre ändar äro valvelektroderna kopplade, medan bottenelektroderna äro kopplade med dess inre tre ändar, säger Neumann, varigenom nollpunkten blir förlagd i själva stålbadet. Men förutom denna huvudtransformator har man ock en hjälptransformator kopplad samman med bottenelektroderna för att vid tillfälle kunna genom dessa skicka mycket starka strömmar och på så sätt bringa upp bottenmassans temperatur till hög hetta. Hjälptransformatorn ansluter sig till samma huvudledning som huvudtransformatorn och kan man med densamma omsätta primärspänning av 6000 volt i 16,2, 19, 22, 28, 33 och 38 volt.* Kunze har uppmätt strömspänningarna i en 6-tons ugn vid frånkopplad hjälptransformator till:

mellan de övre elektroderna	c:a 110 volt
» » undre »	» 10 »
» » övre och de undre elektroderna . .	» 62 »

vid 2700 amp. De värmealstrande motstånden bestå: vid strömmarna mellan de övre elektroderna av två ljusbågar, två slaggskikt och stålbadet, vid strömmarna mellan de undre elektroderna av två skikt bottenmassa och stålbadet, vid strömmarna mellan de övre och de undre elektroderna av en ljusbåge, ett slaggskikt, stålbadet och ett skikt bottenmassa.

Kunze fann vid 6-tonsugnen i medeltal 330 kw för ljusbågsströmkretsen och 65 kw för bottenströmkretsen, motsvarande resp. 83,5 och 16,5 %, och värmeförlusterna med kylvattnet fann han vid den förra vid 300 till 400 kw energiomsättning vara 42 till 48 kw och vid den senare vid 45 till 65 kw energiomsättning vara 4,5 till 12 kw, således, som synes, vid bottenelektroderna ibland ända till $^1/_4$ av energibeloppet förlorat med kylvattnet. Denna förlust stiger med bottentemperaturen.

Ugnens skötsel: Neumann säger att denna vid hans besök tillgick på följande sätt: I en ny ugn gör man upp en vedeld eller i nödfall en kokseld, samt släpper på litet ström, ty bottenmassan börjar snart att bli ledande. Man fyller på något koks, och bringar genom mera ström upp hettan, kratsar sen ut koks och kol och tappar in smält stål från thomasverket. Ugnarna användas ännu endast för raffinering av thomasstål och för smältning av manganjärn. När ugnen så är fullt genomvarm kan man övergå till ordinarie drift. Påeldningsstålet avtappas, i ugnen inkastas 75 kg rik röd hematit och 40 kg bränd kalk, så itappas 5 till 5,5 ton flytande mjukt thomas-

* Kunze säger vid stjärnkoppling och 5500 amp. 9,4—10,9 och 12,6 volt och vid triangelkoppling och 9500 amp. 5,4—6,3 och 7,3 volt.

järn. Efter 10 min. påsläppes strömmen (3500 till 4000 amp., 200 kw) och vanligen tillkopplas även hjälptransformatorn, alldenstund botten ännu är relativt kall (bottenströmmen 6000—8000 amp., 120 à 160 kw). Efter ytterligare 10 min. inkastas 20 kg kalk och litet malm, och efter en timme tages första provet. Så minskas på strömmen till 2000 amp. per fas. Efter ytterligare ½ timme slås strömmen ifrån och slaggen avskummas delvis. Strömmen slås så till igen för c:a 1 timme, varpå slaggen tjockgöres med kalk och noga avskummas vid upphissade valvelektroder. Sen insättes avsvavlingsmedlen (40 kg kalk, 8 kg flusspat, 8 kg sand), varjämte »för desoxidation»* tillsättes »en skyffel» 75-procents ferrosilicium. Efter en halv timme tillsättes något ferromangan och litet aluminium jämte mera ferrosilicium (för tätgörande) och chargen omröres och tappas.»

Nathusius själv omtalar** följande ekonomiska siffror: Raffinationskostnaden per ton vid flytande insats i mark: malm 25 kg 0,72, kalk 30 kg 0,36, sand 3 kg 0,03, flusspat 4 kg 0,11, petroleumkoks*** 0,12, ferromangan 6 kg 0,95, ferrosilicium 1 kg 0,31, aluminium 0,5 kg 0,67, valvreparationer 0,50, magnesit 4 kg 0,20, eldf. lera 4 kg 0,06, dolomitmassa 15 kg 0,51, chamottebruk 4 kg 0,06, elektroder 5,7 kg 1,65, järnelektroder 0,09, löner 1,80, 250 kwt 7,50, ränta och amort. 1,70. Summa 17,33 mark. Omsmältningskostnaden i en 1-tons ugn för 1 ton ferromangan går med samma kraftpris (0,03 mark per kwt) till 19,04 mark.

C. A. Kellers ugn såsom saknande direkt intresse för Sverige utelämnas här men återfinnes god beskrivning å densamma i S. u. E. 1909 sid. 1303 och 1911 sid. 1457, medan angående Elektrometalls stålugn hänvisas till J. K. A. B. år 1909, och rörande Chaplets till J. K. A. B. 1911 sid. 614.

b. De termoelektriska processerna.

Som uteslutande växelström användes vid de termoelektriska ugnarna, så är all direkt kemisk inverkan av strömmen förstås utesluten, utan förekommer blott termisk sådan. Vid reduktionsugnarna förlöper processen därför i nära överensstämmelse med masugnsprocessen, såsom vi förut sett, om ock den i de elektriska ugnarna kraftigare reduktionsgasen samt den till mindre områden koncentrerade ytterligt höga ljusbågetemperaturen åstadkomma en del smärre avvikelser. Därom hava vi dock redan talat och vända oss därför nu speciellt till stålprocesserna.

Vid dessa är då att märka, att där i ytterst sällsynta fall de elektriska ugnarna blivit använda för kolhårda insatsmaterials nedfärskande till mjuk vara, så hava de ej kunnat uppvisa någon fördel

* Förstås egentligen för desulfureringen. *O—a.*

** S. u. E. 1912 sid. 1279.

*** För uppkolning.

framför de vanliga martinugnarna och alldeles givet alla visat sig vara behäftade med den avgörande olägenheten att arbeta mycket dyrare än dessa. Likaledes kan man säga, att där det gällt att av fina materialer tillverka verktygsstål, så hava de ej kunnat göra detta billigare och framför allt ej giva detta högre kvalité än vad degelstålsprocessen gör, varför ock alla försök att t. ex. i Sheffield inarbeta de elektriska ugnarna kunna sägas hava strandat, ty att en eller annan uppfinnare därstädes fått bygga en ugn, men blott en eller kanske ett par, bevisar motsatsen eller att de elektriska ugnarna ännu ej varit i detta hänseende sin uppgift vuxna. Det enda de hittills visat sin givna överlägsenhet i, och där de ock funnit en aktningsvärt stor användning, är i förädlande av nyss färdigblåst martin-, thomas- och bessemerstål samt i viss mån vid stålgjutgodstillverkning. Vi nöja oss därför med att betrakta förhållandena härvid.

Stålförbättringen i de elektriska ugnarna sker genom tre processer: Defosforering, desulfurering och avgasning, vilken sistnämnda tyckes kunna ske i förening med en rent fysisk molekylär förbättring.

Defosforeringen: Denna utföres aldrig på materialet med dess ursprungliga höga fosforhalt utan först sedan densamma i hög grad minskats genom stålets föregående färdigfärskande och defosforering i basisk martinugn eller thomaskonverter, ty man tappar det ej gärna i elektrougnen, förr än det i dessa ugnar bragts ned till en kolhalt av 0,10 % eller under, på det att dess slutrenande i elektriska ugnen ej skall taga alltför lång tid i anspråk. Sedan då stålet intappats i denna tillsättes — allt efter den återstående fosforhaltens storlek — mer eller mindre bränd kalk och rikaste fosforren järnmalmsslig eller ock valssinner eller glödspån till bildande av en skarpt fosforrenande slagg. Håller man denna slagg tillräckligt länge i beröring med stålet och vid jämn, god, lagom temperatur, så blir fosforreningen den tänkbarast fullständiga och vida fullständigare med mindre kostnad, än man kan åstadkomma i andra ugnar, alldenstund den höga hetta, som kan åstadkommas i de elektriska ugnarna, möjliggör kolhaltens nedbringande så lågt, att stålbadet i en martin- eller thomasugn därvid skulle fullständigt stelna. Defosforeringen måste naturligtvis försiggå i basiskt infodrad ugn.

Desulfureringen av även mycket svavelhaltigt järn kan antingen följa efter föregående defosforering eller på fosforrent stål av vad kolhalt som helst och vare sig järnet insatts i elektriska ugnen kallt eller smält. Den företages med olika reagens i olika ugnar, men för alla gäller dock ett och samma huvudvillkor: avsvavlingsslaggen skall vara fri från järn- och manganoxider, ja troligen fri från alla oxider av tunga metaller. Mangan är ju svavelreningsreagenset i tackjärnsblandarna, bessemer-, thomas-, martin- och degelugnarna och verkar svavelrenande även i de elektriska ugnarna, mera i induktions- än i ljusbågeugnarna, men den är ett relativt svagt reagens, vars för-

måga i hög grad beror på förhållandet MnS : FeS i slagg och i stål eller så att som Schütz visat en reaktion $MnS + FeO = MnO + FeS$ kan förekomma i temperaturer mellan 1350 och 1500°. För de elektriska ugnarna har man funnit bättre reagens. Dessa bestå i kalk i förening med vare sig kalciumkarbid eller ferrosilicium, varvid de båda sistnämnda ämnena anses verka såsom starka reduktionsämnen, åstadkommande järn- och manganoxidfria slagg och stålbad samt bildandet av CaS i slaggen. Det förra reningssättet d. v. s. med kalk och kalciumkarbid är först använt vid Héroults ugnar, men bör vara lika verksamt även vid Girods och Nathusii, men säges ej passa för induktionsugnarna eller ugnarna med fria ljusbågar.

Det senare, d. v. s. med kalk och ferrosilicium, skall åter vara utmärkt för induktionsugnarna, Kjellins och Rodenhausers samt Stassanos ljusbågeugn och bör därför även passa för Rennerfelts, men lär ej gå bra att använda i Héroults ugn.*

Reaktionerna anses förlöpa i enlighet med nedanstående formler:

det förras $2CaO + 3FeS + CaC_2 = 3CaS + 3Fe + 2CO$,
det senares $4CaO + 4FeS + FeSi_2 = 4CaS + 5Fe + 2SiO_2$.

Det förra fordrar reducerande ugnstemperatur, det senare ej.

Vare sig man använder ena eller andra sättet, så avskummas först ytterst noga förut använd färsknings- eller defosforeringsslagg Sedan inkastas vid första förfaringssättet bränd kalk och flusspat och då de flutit sönder till en kvick slagg inkastas i denna kalciumkarbiden, som då gör denna slagg järn- och manganfri och dessutom hjälper till vid svavlets överförande till CaS. Vid det andra förfaringssättet, sådant det beskrives av Osann m. fl., inkastas först, om man vill åstadkomma hårt stål, retort- eller petrolkoks i påsar till chargens uppkolande, sen tillsättes 5 kg 50-%:igt ferrosilicium i äggstora bitar och då detta löst sig i stålet 10 kg bränd kalk och 4 kg flusspat per ton järn i badet. Då dessa sistnämnda ämnen bildat kvick slagg inkastas två kilo åt gången av en blandning ärtgrova lika delar ferrosilicium och flusspat ända till dess att slaggen, kallnad, visar ett fullkomligt vitt brott. Vid mjukt stål tages vanligen först 6 kg ferrosilicium, sen 10 kg kalk + 6 kg flusspat, varefter man inkastar ärtgrov ferrosilicium tills vit slagg erhålles.

Att observera är, att i Héroults, Girods och Nathusii ugnar bildas av själva ljusbågarna kalciumkarbid som hjälper till.

Geilenkirschen påpekar som en svaghet vid rening med kisel, att man lätt får kvar för mycket kisel i stålet, vilket nog kan vara sant. Man skulle dock kunna hjälpa detta genom att avskumma även denna slagg och sen inkasta litet mera kalk och valssinner eller järnmalm, då i basisk ugn kiseln genast skulle lämna stålet.

* Vid försök vi gjort i Bergshögskolans ugn som går med tre badet berörande ljusbågar har det dock lyckats bra att rena från svavel på båda sätten, innan ugnen inkläddes med surt foder, men sedan förstås endast medelst kiseljärnstillsättning.

Avgasningen sker i basisk ugn på så sätt, att hettan drives upp högt, vilket ock bör ske vid desulfureringen, samt kisel och mangan jämte ibland även aluminium tillsättes. Thallner har funnit, att dels avgasningen blir fullständigast i surt infodrad elektrisk ugn, dels även stålet i en sådan blir efteråt vida segare och får finare bättre gry än i en basisk, om stålet i båda fallen har samma fosforhalt. Avgasningen skall även gå mycket fortare i en sur än i en basisk ugn. Är detta fullt överensstämmande med fakta, borde man förstås då utföra först defosforering och desulfurering i basisk ugn och så avgasning och gryförbättring i en sur. Thallner påstår ock, att stålgjutgodset från en surt infodrad elektrisk ugn blir bättre än från en basiskt infodrad sådan.

I en surt infodrad ugn kan man faktiskt få en viss svavelrening enbart genom hög temperatur och kiseljärntillsättning, d. v. s. utan närvaro av kalk. Svavlet går då bort som kiselsvavla alldeles som ur hett kiselrikt tackjärn.

Vilken av de här beskrivna stålugnarna, som arbetar billigast och bäst, kan man av hittills i bergslitteraturen lämnade redogörelser omöjligt bedöma, ty var och en ugnssort har sin eller sina ivriga förkämpar, som då ock yttra sig mer eller mindre föraktligt om de andras ugnar.

Rodenhauser och Schoenawa ha emellertid i några satser* framställt fordringarna på en fullt ideell ugn och är skäl för varje konstruktör av elektriska ugnar att hava dessa regler i minne. De äro:

1:o Möjligheten att använda varje förhanden varande växelström av lämplig spänning och periodtal,
2:o uteslutande av alla plötsliga belastningsändringar,
3:o lättreglerad strömtillförsel,
4:o hög elektrisk verkningsgrad,
5:o stjälpbar ugnsanordning,
6:o översiktlig och överallt lätt åtkomlig härd,
7:o fullkomligt utesluten oförmånlig inverkan på de metallurgiska processernas förlöpande av de elektriska anordningarna,
8:o ernående av bästa, fullt jämna badet igenom rådande temperatur utan lokala över- eller underupphettningar,
9:o Bästa raffineringsmöjligheter med lättskött slaggavlägsnande,
10:o tillfredsställande men ej för stark badrörelse,
11:o ett ugnssystem som duger för vilken chargestorlek som helst,
12:o vid alla ugnsstorlekar bästa termiska verkningsgrad, således fordrande minsta vatten- eller blästerkylning,
13:o billigaste byggnads- och reparationskostnader.**

* Elektrische Öfen in der Eisenindustrie, Verlagsbuchhandlung Oskar Leiner, Leipzig.

** Exempel på huru de olika ugnarna bedömas i dessa avseenden se dels de båda författarnas bok, dels S. u. E. 1909 sid. 1125 och S. u. E. 1912 sid. 1089 och följande.

Ett av de allra viktigaste villkoren härvidlag torde hög termisk verkningsgrad utgöra, och emot det syndas mest! Så anför Horing* att t. ex. Hjorts 5-tons ugn drager 36 kw då 12 kw borde räcka och en 15-tons Héroults ugn 50 i st. f. 8 kw. Samme författare påpekar i en tidigare uppsats** vilka elektroddimensioner som för olika strömstyrkor äro bäst samt vikten av att kontaktstället mellan ledning och elektrod bör ständigt hållas närmast möjligt intill ugnsväggen eller ugnsvalvet.

I början av år 1910 drevos enl. S. u. E. följande antal elektriska stålugnar av här nämnda slag: Héroults 29 st., Girods 17 st., Stassanos 5 st., Kellers 5 st., Chaplets 5 st., Kjellins 12 st., Röchling-Rodenhausers 14 st., Nathusius 2 st. samt därjämte 10 st. andra av varierande konstruktioner, av vilka dock två svenska faktiskt *ej* gingo. Enligt en amerikansk uppgift skulle sedan under år 1911 byggts och kommit i gång 30 elektriska stålugnar till, vilket dock förefaller ganska osannolikt.

B. Elektrolytiska metoder.

Ehuru järn redan år 1846 av Bockbushman framställdes genom elektrolytisk utfällning i ända till 2 mm tjocka lager å kopparplåtar och även senare gång på gång gjorts upprepade försök i samma väg, såsom av Smee 1851, Fenquières 1857, Klein 1890, Höpfner 1895, Cowper-Coles 1898 och 1900 samt nu senast F. Fischer 1909,*** så måste man dock säga, att de ferroelektrolytiska metoderna ännu befinna sig i ett mycket outrett skick.

Vad angår utvinnandet av järn ur malm, så kan man till och med säga, att vad hittills åtgjorts mer bevisar den ekonomiska omöjligheten att framställa järn direkt på elektrolytisk väg än någon antydan, om att man genom förbättringar i metoder och arbetssätt skall kunna nå målet, och är därför ej skäl här upptaga utrymme med beskrivandet av försöken, utan hänvisas om dessa till i förenämnda not nämnda uppsatser samt till vad Brinell och Palmær säga om Cowper-Coles järnutvinningsmetod,† varmed bör jämföras det den sangviniske uppfinnaren själv säger i sitt föredrag inför Iron and Steel Institute.††

Raffinering av på andra metoder åstadkommet järn synes åter stå den ekonomiska lösningen tämligen nära och omnämnas därför här trenne metoder av vilka dock endast den sist beskrivna tyckes

* S. u. E. 1912 sid. 320 och Met. and Chem. Eng. 1911 sid. 590.

** S. u. E. 1910 sid. 1116 och M. a. C. E. 1910 sid. 276.

*** Utförligare historik se: Beiträge zur Kentniss des elektrochemischen Verhaltens des Eisens av Foerster; artikel av Müller i Metallurgie 1909 sid. 159 och d:o av Arndt i Z. f. Elektrochemie 1912 sid. 233.

† J. K. A. 1912 sid. 63.

†† J. o. I. a. S. I. 1908.

vara fullt möjlig. Samtliga metoderna gå förstås ut på att medelst likström ur vattenlösningar å katodplattor (negativa polen) utfälla järn, som från av råjärn bestående anoder (positiva polen) upplöses allt efter som utfällning sker vid den negativa polen.

A. Müller använder för framställning av ett möjligast rent elektrolytjärn följande metod:* I en glasvanna eller en invändigt emaljerad tackjärnsvanna hälles 40-procentig ferroammonsulfatlösning. Sedan nedhänges i densamma trenne anodplåtar av bästa svenska lancashirejärn, instuckna i linnepåsar, det senare till förekommande av att en del föroreningar skall följa med strömmen till katoderna. De senare utgöras av två omsorgsfullt renade blyplåtar av 1,2 mm tjocklek och upphängda på 20 à 30 mm avstånd från anodplåtarna. Elektrodspänningen hålles vid 1,5 volt, strömstyrkan vid 0,6 amp. Till förhindrande av oxidation av elektrolyten och för att skydda mot damm gjutes ett paraffinlager å vätskan. Varför ej större strömstyrka användes är, att en sådan medför »trädartad» och ej slät utfällning. Blyplåtarna få järn utfällt å båda sidor, och då detta fått önskad tjocklek tagas plåtarna upp, avspolas samt nedhängas härpå som anodplåtar i annat kärl fyllt med 80-procentig järnklorurlösning samt elektrolyseras där inom en diafragma med ström av 0,4 amp. och badspänning av 1,5 volt. Katoderna här bestå av förtenta järnbleck, från vilka det utfällda järnet sen lätt låter skilja sig. Analyser, utförda å råmaterial och produkter visa:

	Si	P	S	Mn	C	Slagg
Lancashirejärnet . . .	0,0088	0,0260	0,0250	0,0560	0,0712	ej best.
Råelektrolysjärnet . .	0,0053	0,0045	0,0240	0,0090	0,0630	ej sp.
Färdigelektrolysjärnet .	0,0040	0,0041	0,0000	sp.	0,0282	»

På 336 timmar vanns 1840 gr råprodukt, av vilken vid andra elektrolyseringen förlorades c:a 10 %. Det färdigrenade järnet höll dessutom c:a 0,02 % H och 0,04 % N, vilka gaser avgingo vid dess smältande, då det från att ha varit grått och sprött blev nästan silvervitt och ytterligt smidbart i kallt som varmt tillstånd samt så mjukt så att det med kniv kunde täljas i grova spånor.

S. Cowper-Coles metod, för vilken han själv redogjorde inför Iron and Steel Institute 1908 och den Brinell och Palmær senare studerade på uppdrag av Jernkontoret** går ut på att av tackjärn eller annat råjärn på elektrolytisk väg åstadkomma rör eller plåt av mjukt rent järn. Cowper-Coles använder, för att elektrolyten ej skall för hastigt fördärvas och dock hava tillräckligt god ledningsförmåga, en sådan bestående av en koncentrerad lösning av järnklorur innehållande ett kreosolsulfonsyrejärnoxidulsalt. Denna organiska syra (egentligen en

* Metallurgie 1909 sid. 145. S. u. E. 1909 sid. 919.

** Se dessas fullständiga rapport J. K. A. 1912 sid. 32.

blandning av flera syror) är sammansatt $CH_3(OH)C_6H_3 \cdot SO_2 \cdot OH$. Lösningen bereddes vid ovannämnda herrars besök på så sätt, att koncentrerad saltsyra (eg. v. 1,17) blandad med 2 % av den organiska syran, i värme försattes med överskott av smides- eller tackjärnsskro, som så fick lösa sig till full mättnad. Den nu tunga lösningen utspäddes till 1,4 eg. v. samt innehöll då 40 % järnklorur. I densamma tillblandades därpå per liter 300 gram järnoxid (rödfärg), så att den erhöll vällings konsistens, varigenom vinnes, dels att lösningen sedan under processen hålles ytterst svagt sur, dels ock att det på den roterande katoden utfällda järnet blir tämligen porfritt och alldeles slätt genom den friktion, som uppstår mot slammet. B. & P. togo två prov å vätskan under ett experiment, vilka två prov visade föga förändring (endast något mera svavel i det senare), men som proven togos med blott 2 timmars mellanrum äro analyserna av föga värde. Apparaten, vari elektrolyseringen sker, består av ett dubbelväggat cylindriskt järnplåtkärl, som till förekommande av frätning invändigt är bestruket med skyddsämne. I den mellan de båda koncentriska väggarna bildade cirkelrännan c:a 310 mm djup hälles lösningen och fästes å den yttre cylinderns insida tackjärnsanodplattorna. Sedan nedsänkes i rännan som katod en på yttre sidan förkopprad järncylinder av tunn plåt, denna trädes över en annan cylinder som är fäst vid en i kärlets centrum uppgående rotationsaxel, på samma gång förmedlande strömledningen. Strömspänningen mellan katod och anod uppmättes av kontrollanterna till 1,25 à 1,45 volt, allt efter vätskans temperatur, i det den sjönk med stigande temp. och tvärtom. Temperaturen varierade mellan 88—94°. Katodens rotationshastighet var 108—160 varv per min. Kontrollanterna beräkna, att då ingen nämnvärd mängd ferrisalt förefanns i vätskan borde teoretiska utbytet vara 0,0174 gr järn per minut och amp. Resultatet blev vid två försök, det första vid utfällning på förkopprad järnplåt, det andra å förzinkad dylik:

	Första försöket	Andra försöket
Tidsåtgång	2 t. 2,5 min.	2 t. 30 min.
Medelströmstyrka i amp.	107,9	110,6
Strömtäthet på katoden, amp. per dm^2	6,74	6,91
Medelspänning i volt	1,34	1,43
Medeltemperatur	92°	94,5°
Katodens medelrotationshastighet, varv pr min.	139	145
» periferihastighet i m	120	125
Utfällda plåtens vikt	glödg. = 192 gr	oglödg. = 274 gr
Således strömutbytet i % av det teoretiska	83,5 %	vid glödg. prov = 94,5 %

Strömtätheten var 6,8 amp. per dm^2 vid katoden.

Anodslammet analyserades likaväl som tackjärnet och det senare vägdes före och efter försöken samt befanns då att elektrolysförlusten

skulle motsvara 7 %. Om man studerar analyserna å tackjärnet och slammet, vilka visa:

i tackjärnet järn 93,11 %, grafit 2,51 %, summa föroreningar 6,89 %
» anodslammet » 13,5 » » 23,3 »

så får man emellertid vid räkning en elektrolyseringsförlust av 8,34 %. Jämföras analyserna å tackjärnet och det glödgade elektrolysjärnet, ser man, att raffineringen gått utmärkt, om man undantager, att det senare fått två föroreningar som det andra saknade, nämligen klor och väte, varav den förra visat sig betänklig nog, ty kontrollanterna funno den medföra ett hastigare förrostande, än vad som åtföljer t. ex. mjuk martin.

	C	Si	Mn	S	P	Cl	H	Cu
Tackjärnet höll i %	2,81	2,30	0,43	0,10	1,23	—	—	0,02
El. järnet » » »	0,08	0,009	0,05	0,020	0,042	0,18	0,002	—

Jämförd med lika grov mjuk martinplåt (från Avesta) visade sig den väl utglödgade elektrolytiska vida sämre.

	Elektrolysjärnet		Avestajärnet	
Prov	1	2	1	2
Sträckhållfasthet kg pr mm²	38,2	32,8	40,3	36,3
Tänjbarhet på normallängd, %	15,3	2,3	14,3	13,3
Antal böjningar i 90°	11	10	18	20

Prov 1 i plåtens ena riktning, prov 2 vinkelrätt däremot.

Tänjbarheten var som synes i elektrolysjärnets ena riktning blott 2,3 % och det tålde i vardera riktningen blott ungefär hälften så många böjningar som martinen. Dess enda förtjänst är dess magnetiska egenskaper, som göra det synnerligen passande till dynamobleck, därvid det kanske ock kan komma att konkurrera i pris såsom kontrollörerna påpeka, alldenstund det låter billigast framställa sig just i ytterst tunt skick, medan martinplåten blir dyrare ju tunnare den skall framställas. Omöjligt är emellertid att ens tillnärmelsevis beräkna dess fabrikationskostnad av de få ofullständiga värdesiffror kontrollanterna lyckades av uppfinnaren förskaffa sig, det enda därvidlag, man kanske kan tro vara riktigt är, att med denna metod borde kunna komma att utvinnas 3,7 ton plåt per hästkraftår. I övrigt hänvisas till rapporten.

F. Fischers metod. Denne använder vida starkare strömmar eller 20 amp. per dm², varigenom han vinner större produktion och vätefriare gods. Holtz säger så om Fischers metod* att man med den kan tillverka det renaste och vätefattigaste järn för stora bleck och tjocka plåtar och att metoden nu ej bjuder några praktiska svårigheter. Enligt patentet** har uppfinnaren funnit, att det på elektro

* S. u. E. 1912 sid. 319.
** Se J. K. A. B. 1911 sid. 1046.

lytisk väg ur ren järnklorur eller annan järnsaltlösning utvunna järnets kvalité märkbart förbättras med elektrolytens stigande temperatur. Dock är en temperaturstegring ej utan olägenhet, ty vätskan undergår vid densamma lätt förändring i form av oxidering av luften och i vattenavdunstning, som båda bli besvärliga vid temp. över 90°. Uppfinnaren fann då ut sättet att genom tillsats av hygroskopiska ämnen som kalcium-, magnesium- eller aluminiumklorid motverka detta. Men han fann att dessa ämnen ock medförde, att han fick porfritt järn utan att elektrolyten behöver omröras eller katoden behöver hållas i rörelse. Med dessa tillsatser kan han hålla en elektrolyttemperatur av 100—120° och då använda en strömtäthet av 20 amp. per dm^2 eller något högre utan att elektrolytens sammansättning nämnvärt förändras. I patentet förordas en elektrolytvätska sammansatt av 450 gr järnklorid, 500 gr kalciumklorid och 750 cm^3 vatten samt 110° temp. vid en strömstyrka av 20 amp. Enligt Holtz tappas denna vätska i en syrefast emaljerad tackjärnscistern, som uppvärmes genom ett runt omkring densamma lindat el. motståndsband, så att lösningen hålles vid 105—110° temp. Anodjärnplattorna hållas i porösa lerceller för att ej anodslammet skall kunna förorena katodjärnet. Som katoder nedhängas 0,1 mm tjocka förnicklade järnbleck, som förut i en cyankalisk arseniktrioxidlösning överdragits med en tunn arsenikhinna, vilken gör, att elektrolytjärnet sen lätt kan frånskiljas. Ström från en ledning med 110 volts spänning nedtransformeras till 4 à 5 volt och 20 amp. eller något mera. Järnet har visat sig hålla blott obestämbart spår av väte samt: C = 0,024 %, Mn = 0,008 %, Si = 0,004 %, P = 0,008 %, S = 0,001 % och är således av en utomordentlig renhet. Järnet, med fullkomligt jämn överyta, blir tätt, av ett matt silvervitt utseende. Glödgat i vakuum vid 920° blir det alldeles vitt och ytterligt mjukt och smidbart med en smältpunkt av c:a 1600°. Det visar ytterst ringa koersitivkraft och remanens och är således i magnetiskt avseende ytterst mjukt, men blir magnetiskt taget ännu mjukare vid utglödgning i vakuum vid 1150°. Varm- eller kallbearbetning förändrar detta till det sämre förstås, så dynamobleck böra göras av glödgat men ej i annan mån bearbetat material. Ej heller denna metods kostnader har man fått några säkra siffror över ännu.

2. Järnsvampmetoderna.

*S. E. Sieurins metod** framexperimenterades ursprungligen för åstadkommande av nyttig användning för det överskott av askrika stenkol, som de skånska gruvorna lämna, och vilka kol, såsom för tunga i förhållande till bränslevärdet, ej tålte längre frakter och dessutom ej ens i närmaste omnejd voro säljbara, emedan gruvorna ligga för nära

* J. K. A. 1911 sid. 411.

kolimporthamnar. Genom den av engelska »kolstrejken» orsakade prisstegringen å utländska stenkol har ju i viss mån dessa förhållanden ändrats, men under tiden har metoden hunnit fullt utarbetas och torde komma att giva så god betalning för kolen, att den kan om dem tävla med andra avnämare. De senare köpa förstås ej *de* kol som avses för denna metod, men tänkas kunde ju, att avsättningen av 1:ma kol samt något 2:da kol bleve så stor, att Höganäs—Billesholmsverken finge för sina andra tillverkningar full användning för resten 2:da och 3:tia kol. Dock det kommer väl ännu att dröja!

Sedan Sieurin med experiment i degel vid Höganäs funnit att järnmalmsslig lät fullständigt reducera sig, om den lades lagervis med stenkolspulver, samt att den därvid sintrade samman till rätt fasta föga pyroforiska kakor, samt att han kunde hindra kolets svavel ingå i järnet genom mellanlagda tunna kalklager och Höganäs i martinugnarna vid Lesjöfors funnit, att med svampen kunde framställas — utan för stor avbränna — ett gott martinjärn, så beslöt Höganäs—Billesholms A. B. uppföra en stor reduktionsugn för svamptillverkning vid Höganäs. Som ugnstyp valdes en av ringugnssystemet.* I denna ugn utföres processen på följande sätt: I av chamotte fabricerade cylindriska kapslar nedpackas omväxlande lager av kolpulver, kalk, malm, kalk, kolpulver, kalk, malm o. s. v., d. v. s. så att malmen på ömse sidor skyddas för kolens svavel av ett tunt kalkskikt. Som det visat sig, att den färdiga svampen vill fästa fast vid kapselns inneryta, har Sieurin tagit patent på** att göra denna packning på så sätt, att i kapseln nedsättes en trängre plåtcylinder, mellan vilken och kapseln fylles med kvartssand varpå plåtcylindern beskickas enligt ovannämnda lagerföljd. Cylindern uppdrages sedan och kapseln täckes överst med ett kolskift. De beskickade kapslarna insättas så i ringugnens tillfälliga chargeringsavdelning och samtidigt uttages ur avdelningen bredvid färdigbrända och färdigkylda kapslar, medan i ringugnens motstående del uppeldning försiggår, fullkomligt i överensstämmelse med vad i Allm. Met. föreläses om ringugnar för tegelbränning. Ur de uttagna kapslarna urvälvas svampkakorna och avblåses vidhäftande stenkolsaska och kalkpulver med bläster. Sieurin har på ett synnerligen väl uttänkt sätt noga studerat processens förlopp vid sin metod, och kommit till följande slutsatser om detsamma: Under första upphettningen stiger temperaturen mycket långsamt i kapslarna till följd av vattenavdunstning från kol- och sligpulver, sedan åter rätt raskt. Vid 600° temp. försiggår ännu ingen reduktion utan först vid 700°, då densamma troligen orsakas till god del av kolväten. Vid 850° har järnmalmen reducerats ned till FeO eller rättare till Fe_6O_7 motsvarande magnetkisens sammansättning, ty Sieurin har

* Som ringugnarna och deras skötsel fullständigt genomgås i Allmän Met. utelämnas ugnens beskrivning här, men återfinnes den i J. K. A. 1911 sid. 463.

** J. K. A. B. 1911 sid. 710.

funnit dess järnhalt då vara i bergartsfri sammansättning 75,3 % Fe, när FeO håller 76,2 % Fe. Vid fortsatt värmestegring börjar så utreducerandet av järn medelst koloxid, under bildning av kolsyra, vilken dock av i överskott befintligt kol genast omsättes till koloxid, så att de från kapseln nu avgående gaserna utgöras av så gott som uteslutande den senare gasen. Teoretiskt taget skulle 285 kg kem. rent kol åtgå för 1 ton järns utreducerande ur ren svartmalm. Metodens svårigheter utgöras i främsta rummet av ett rätt avpassande av bränningstemperatur och bränningstid. Vid för hög bränningstemperatur reagerar koksaskans kiselsyra med bildad kalciumsulfid i enl. med $SiO_2 + CaS + CO_2 = CaO_2SiO + CO + S$, då den bildade järnsvampen begärligt tager upp det så frigjorda svavlet, varförutom smält silikat insuges i svampens porer. För kort bränningstid medför ej slutreducerade svampkärnor, för lång åter ävenledes svavelupptagning. För snabb upphettning åstadkommer på briketternas yta bildning av ferrosilicat, vilket såsom lättsmält täpper till porerna, hindrande reduktionsgasens inträngande. Av flera skäl användes blott rikaste malmslig. Dels göra de långa frakterna från de mellansvenska gruvorna till Höganäs att svamp av fattig slig blir för dyr, dels orsakar svamp med mycket bergart för stor avbränningsprocent vid svampens senare följande smältning i martinugnar eller i lancashirehärdar. Höganäs använder därför Gällivare i Lule anrikade malmslig, hållande i generalprov Fe = 96,5 %, S = 0,025 %, P = 0,013 %, Al_2O_3 = 0,52 %, SiO_2 = 1,18 %, MgO = sp, CaO = 0,15 %, MnO = sp.

Den framställda svampens volymvikt är 2 à 2,5, varför den håller 70 % porer. Detta kan förstås förbättras genom kallpressning (troligen upp till en eg. vikt av 4,5 à 5).

Redogörelse för kostnaderna av tillverkningen har ej offentliggjorts, men vet man, att svampen *vid* Höganäs säljes till ungefär samma pris, som bästa svenska smidesjärnsskro betingar, varför den hjälp, som de svenska bruken skulle av denna process få, är skäligen ringa, åtminstone om man ser till ökad produktion. För åstadkommande av vissa finare specialprodukter är det dock en god hjälp.

*Rudolfs—Thisells metod** tyckes efter J. Rudolphs beskrivning gå ut på att i vertikala fack, uppmurade i ringugnsform, packas närmast fackens väggar ett poröst gasgenomsläppande lager och innanför detta malmslig och kalk i omväxlande lager. De senare dock kring nedsatta rundjärnstänger, vilka vid uppdragandet bilda vertikala kanaler i sligmassan. I fackens väggar äro murade förbränningskanaler, varigenom facken kunna upphettas. Ugnen skall skötas så, att först torkas sligmassan och uppglödgas, sen inpressas i de vertikala sligkanalerna luft, som skall vid sin passage genom sligmassan rosta bort svavlet ur malmen och sedan frånkopplas luften, sligkanalerna fyllas med träkol eller antracit och generatorgas insläppes, som då, när den

* Utförligare beskrivning i J. K. A. B. 1912 sid. 181.

pressas genom den rostade sligmassan skall reducera denna till svamp. Av beskrivningen tyckes framgå, att metoden är försökt, men andra resultat än å svavelbortrostandet angivas icke, om man ej vill medräkna att 68 %-ig malm befunnits lämpligare än 71 %-ig.

P. Andersons och E. E:son Odelstiernas metod, som utfunderats för att möjliggöra för de svenska bruken att själva tillverka sin järnsvamp möjligast svavelfri och med eget bränsle, går ut på att i schakt- eller retortugnar med grovmald torv reducera malmslig, men som metoden då detta skrives ännu ej fullt utarbetats i alla detaljer, önska uppfinnarna, att den ej här beskrives utan lämnas till de muntliga föreläsningarna.

VII. Gjuteriskötseln.*

1. Tackjärnsgjutning.

Historik. Att kineserna kunna göra anspråk på att vara tackjärnsgjutningskonstens uppfinnare har varit länge erkänt, och att de redan för 2000 år sedan kommit långt i densamma vet man bland annat från ett arbete av Pauthier & Bazin,** där man finner en översättning från en gammal kinesisk berättelse, som omtalar att general Lan under kejsar Hao-Ming-Ti, regerande mellan åren 58—76 efter Kr., byggde en hängbro med hjälp av smidda järnkättingar, som gingo över av tackjärn gjutna pelare. Bryggan överspände en 1000 fot bred klyfta och kättingändarna voro förankrade i bergsidorna. En hängbro av sådan längd måste haft väldiga stödpelare och därför kan man förmoda, att gjuterikonsten redan då var mycket gammal i Kina — säkert minst tusen år. F. Freises förmodan att även romare och greker förstodo tillverka gjutjärn och gjuta det, vilket han grundar på uttryck hos Pausanius och Plinius, disputeras av Beck. Däremot är säkert, att man i gamla slagghögar från Hallstattertiden funnit dels en av tackjärn över ringkärna gjuten ring, dels ock tunna kakor av hårt vitt finkornigt gjutjärn. I fundamentet till ett romerskt byggnadsverk i Autung har man ock funnit inmurat ett gjutjärnsblock. Från Kina spred sig kunskapen om gjutjärnet sedan så småningom väster över, och de gamla alkemisterna tala flerestädes om kinesiskt järn och hava antecknat recept på, huru det skall smältas, så t. ex. moren Hassan Alrammah på 1200-talet. Vad Europa angår har man hittills alltid antagit, att tackjärnet blev känt och gjutkonsten här utövad först sen man börjat erhålla det förra vid styckeugnarnas ökande i

* Som »Järnets Manufakturering» redan år 1914 skall införas som särskilt läroämne vid Bergshögskolan och gjuteriskötsel är ett av järnmanufaktureringens huvudavdelningar, anser författaren sig här ej behöva behandla tackjärns- och stålgjutning annat än i korta drag och uteslutande från rent metallurgisk synpunkt, lämnande åt min kollega beskrivandet av det rent tekniska handhavandet och det utförligare beskrivandet av ugnar och anordningar.

** Chine moderne, Paris 1853, sid. 126.

höjd och vattenkraftens införande till bälgarnas drivande, men nyligen har O. Johannsen påvisat att såväl tackjärnstillverkningen som gjuterikonsten äro i Europa vida äldre. I en i kungl. tyghuset i Berlin förvarad bok: »Das Feuerwerksbuch», författad 1400, finnes nämligen även ett kapitel över gjutteknik. Där omtalas tre sätt att tillverka gjutjärn och gjuta det: »Hye merck ebenn das man dreyerlay eysen gyessen mag», och att dessa tre sätt bestodo i 1:o att man av malm gjorde tackjärn i en *härd* och göt det: »das erst eysen gyessen ist Das man aws dem zurenne hert gewsset das ist aws dem ertzt», 2:o att man omsmälte i härd eller ugn skro och ingöten (absnitech) och göt: »Das annder man absnitech guest das geust man aus dem hert oder aus der kelnn», 3:o att man tog filspån (pheyln), som uppblandade med kol smälta i degel eller smälta med kol i härd eller ugn gav tackjärn: »Das dryt das man eysnen pheyln* geust die mag man gyessen aws dem hert oder aws der Kell Oder aws dem Tegl.» Byssemästaren beskriver sedan var för sig de tre förfaringssätten nogare och framgår därav att en skrosmältschaktugn (kolnn) användes nära en halv man hög och lika vid upptill som nedtill eller något trängre nedtill, »oben alls enng sey alls vnden Oder ein venig enger vnden». Således skedde redan då omsmältningen i kupolugnar! Angående tackjärnets beredande av malm säger han: »Wie man eysen aws dem ertzt gyessen schol. Nym stachl ärtzt (tag strålig malm, troligen brauner Glaskopf) mügstu des nicht gehabn (har du det ej) So nym das aller murwisst ärtzt das ynderst ist (så tag den allra möraste malmen — såsom mest lättreducerad — som ligger underst) Oder nym artzt das kupfer hat (eller tag malm som håller koppar) vnd gee In einen hamer (och gå in i en hammarsmedja) vnd setz es in einen zindentn hert (och sätt den i en?** härd) alls die hamersmid wol wyssen (som hammarsmeden väl vet hur man skall göra) vnd leg güt starck geple für (och anlägg god stark tillfredsställande fyr) vnd hylf ym mit einen guten getreten aus ainer andin seyten (och hjälp honom med en god trampbläster från andra sidan) vnd dw berait pist (och då du är beredd för gjutningen med formarna) so lass es lauffen (så låt det flyta) die hamersmid chennen wol wen der zeug flüssig ist (hammarsmeden vet väl när det*** är flytande) vnd es zeyt ist zw lauffen (och när det är tid att gjuta).»

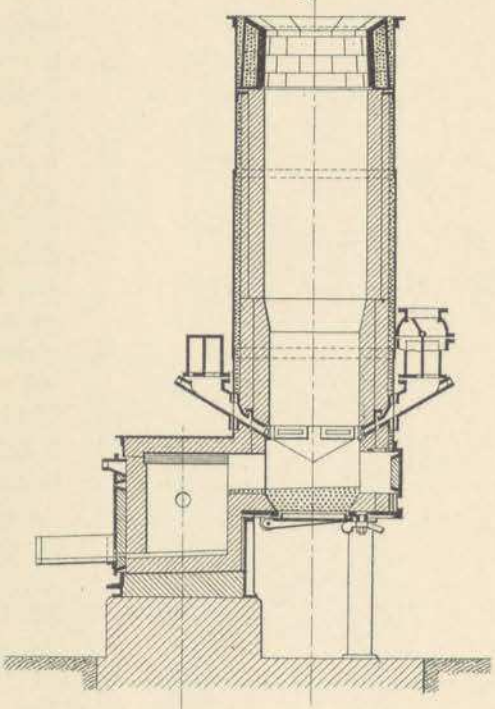
När man något senare fick masugnar, göts det mesta gjutgodset från dem, men det drog dock även, som Beck visat, omkring i bygderna gjutare med små portativa smältugnar, köpte skro, formade och göto. Verkliga gjuterier fortsatte man väl att hava i utlandet, men sent nog måtte sådana inrättats i Sverige, dock talar Sven Rinman i sitt bergverkslexikon om gjuteriernas reverberugnar såsom tämligen

* På ett annat ställe skrivet »fewl spen».

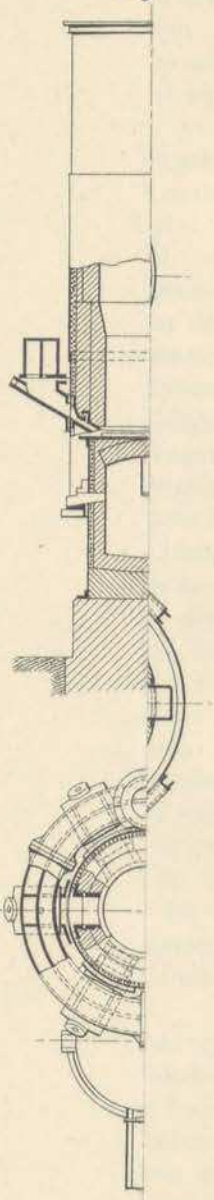
** Troligen ej tennhärd, tenn = zin.

*** Zeug = tyget, motsats till otyget.

Fig. 1



Fig



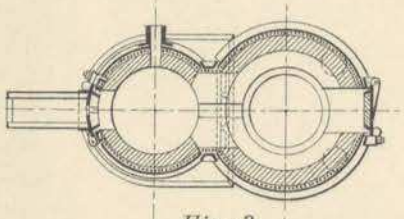


Fig. 3

Grav. av Emil Sachse.

TRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

kända, men han talar ock om kupolugnar, dock menande med dem just reverberugnarna, som benämndes så ibland i England. Broling berättar i sina »Anteckningar under en resa i England», tredje delen sid. 184 o. f., att det första gjuteriet i Sverige blev anlagt 1762 i huvudstaden vid Clara Bergsgränd i grannskapet av Clara sjö »av en svensk herr Meyer», som från Amsterdam fick in en engelsk gjutare. Detta gjuteri bar sig emellertid ej, utan nedlades, och engelsmannen for hem till sitt land igen. »Någon tid därefter inrättades av engelsmannen Lewis ett gjuteri vid Bergsund», som fortfarande blomstrade (1817). när Broling gav ut sina anteckningar. Det tredje säger han anlades av greve Ruuth vid Hälsingborg, det fjärde »få år före» anteckningarnas utgivande även i Stockholm och av Samuel Owen (å nu kungl. Myntets gård). Emellertid hade Broling* i England sett verkliga kupolugnar, d. v. s. vad vi ännu i dag kalla kupolugnar, som han förut aldrig hört talas om och varav »10 eller 12 funnos i London» 1799. Han säger, att engelsmännen fått idén till dem av Réaumur. Senare talar han** dock även om svenska kupolugnar, som drevos med träkol, och vilkas beskrivning han fått av direktörerna av Uhr och Liedbeck. De voro utvändigt fyrkantiga och 2,5 m höga samt hade en ryggforma. En fanns byggd i Hällefors i masugnsgjuteriet och en vid Svabensverk. Invändigt voro de formade alldeles som masugnar (0,3 m i ställbadet, 0,45 m i buken och 0,3 m i uppsättningsmålet) samt användes för omsmältande av ingöten och småjärn.

a. Ugnarna. De ugnar, som mest användas inom tackjärnsgjuterierna, äro kupol- och reverberugnar, mera sällan degelugnar (de senare mest för metall- och en del finare gjutgods) och lika sällan martinugnar. Elektriska ugnar av t. ex. Rennerfelts typ böra emellertid bli utmärkta i fingjutgodstillverkningen, n. b. där kraft kan fås billigt.

Kupolugnarna. Av dessa finnas en massa olika konstruktioner och flera av dem användas även i Sverige, men torde vara nog att här beskriva två av de mest använda samt en tredje alldeles ny sådan.

Man indelar kupolugnarna i sådana med och utan framhärd.

Krigars kupolugn är försedd med framhärd (se pl. CI fig. 1—4). Den består av ett cylindriskt schakt, nedtill försett med tvenne sidogluggar, i vilka blästern upptill nedkommer genom snett inåt riktade springor från tvenne blästerlådor. Nere vid den lutande botten är ytterligare en glugg, påminnande om järngatan i en masugnspipa, och genom denna glugg rinner det smälta tackjärnet ned i den utanför ugnen uppmurade framhärden, som har antingen cylindrisk eller 4-kantig form. Denna är i sin tur vid botten försedd med tapphål och dessutom med ett par, strax ovanför botten placerade formhål, vilka dock

* Se »Anteckningar under en resa i England», del III sid. 199.

** Sid. 204.

Fig. 1

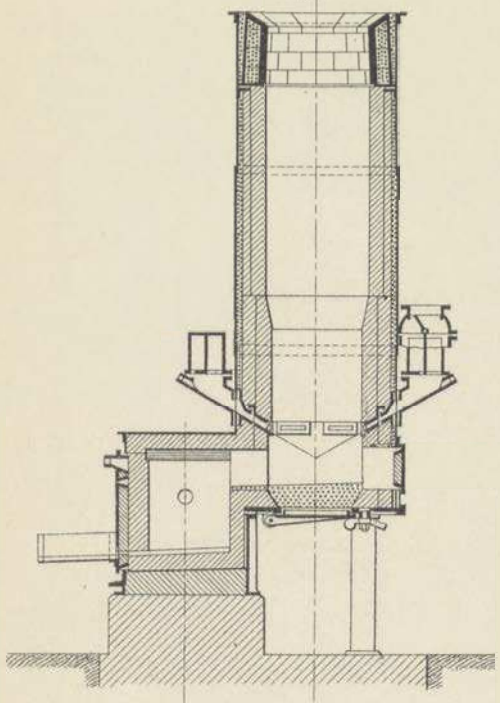
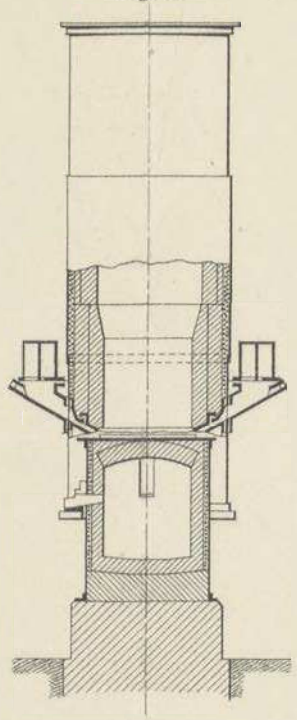


Fig. 2



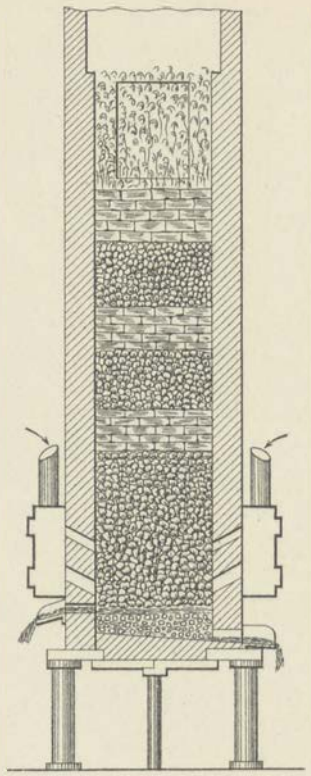


Fig. 5

Fig. 6

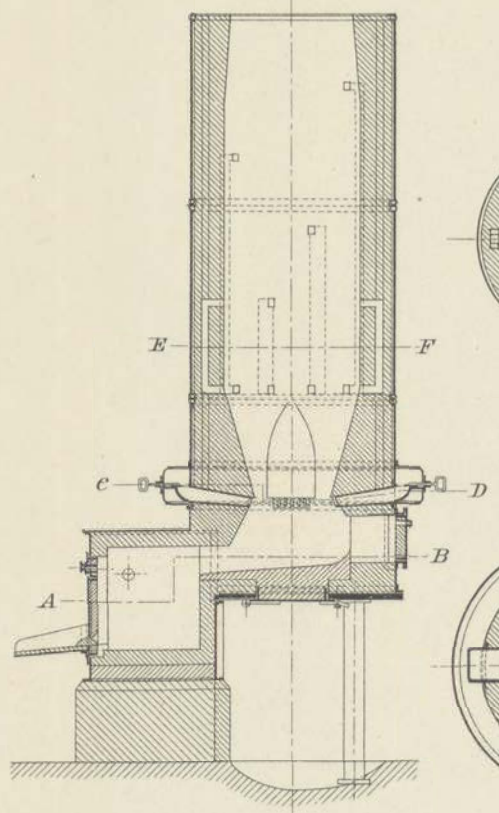


Fig. 8

Fig. 9

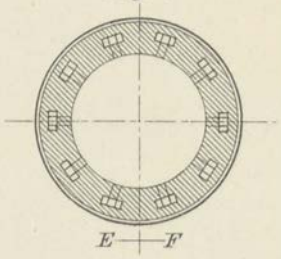
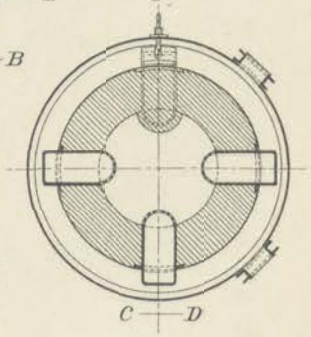
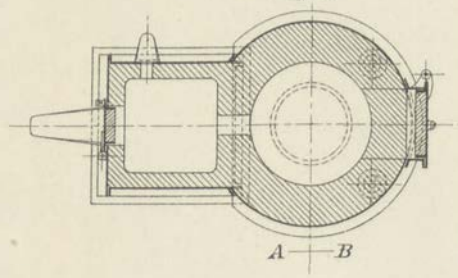


Fig. 7





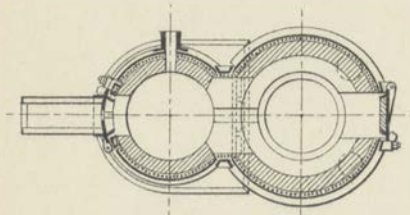


Fig. 3

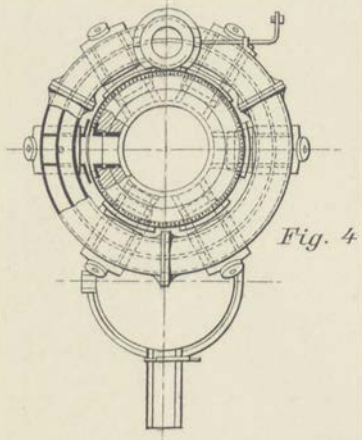


Fig. 4

Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM.

kända, men han talar ock om kupolugnar, dock menande med dem just reverberugnarna, som benämndes så ibland i England. Broling berättar i sina »Anteckningar under en resa i England», tredje delen sid. 184 o. f., att det första gjuteriet i Sverige blev anlagt 1762 i huvudstaden vid Clara Bergsgränd i grannskapet av Clara sjö »av en svensk herr Meyer», som från Amsterdam fick in en engelsk gjutare. Detta gjuteri bar sig emellertid ej, utan nedlades, och engelsmannen for hem till sitt land igen. »Någon tid därefter inrättades av engelsmannen Lewis ett gjuteri vid Bergsund», som fortfarande blomstrade (1817), när Broling gav ut sina anteckningar. Det tredje säger han anlades av greve Ruuth vid Hälsingborg, det fjärde »få år före» anteckningarnas utgivande även i Stockholm och av Samuel Owen (å nu kungl. Myntets gård). Emellertid hade Broling* i England sett verkliga kupolugnar, d. v. s. vad vi ännu i dag kalla kupolugnar, som han förut aldrig hört talas om och varav »10 eller 12 funnos i London» 1799. Han säger, att engelsmännen fått idén till dem av Réaumur. Senare talar han** dock även om svenska kupolugnar, som drevos med träkol, och vilkas beskrivning han fått av direktörerna av Uhr och Liedbeck. De voro utvändigt fyrkantiga och 2,5 m höga samt hade en ryggforma. En fanns byggd i Hällefors i masugnsgjuteriet och en vid Svabensverk. Invändigt voro de formade alldeles som masugnar (0,3 m i ställbadet, 0,45 m i buken och 0,3 m i uppsättningsmålet) samt användes för omsmältande av ingöten och småjärn.

a. Ugnarna. De ugnar, som mest användas inom tackjärnsgjuterierna, äro kupol- och reverberugnar, mera sällan degelugnar (de senare mest för metall- och en del finare gjutgods) och lika sällan martinugnar. Elektriska ugnar av t. ex. Rennerfelts typ böra emellertid bli utmärkta i fingjutgodstillverkningen, n. b. där kraft kan fås billigt.

Kupolugnarna. Av dessa finnas en massa olika konstruktioner och flera av dem användas även i Sverige, men torde vara nog att här beskriva två av de mest använda samt en tredje alldeles ny sådan.

Man indelar kupolugnarna i sådana med och utan framhärd.

Krigars kupolugn är försedd med framhärd (se pl. CI fig. 1—4). Den består av ett cylindriskt schakt, nedtill försett med tvenne sidogluggar, i vilka blästern upptill nedkommer genom snett inåt riktade springor från tvenne blästerlådor. Nere vid den lutande botten är ytterligare en glugg, påminnande om järngatan i en masugnspipa, och genom denna glugg rinner det smälta tackjärnet ned i den utanför ugnen uppmurade framhärden, som har antingen cylindrisk eller 4-kantig form. Denna är i sin tur vid botten försedd med tapphål och dessutom med ett par, strax ovanför botten placerade formhål, vilka dock

* Se »Anteckningar under en resa i England», del III sid. 199.

** Sid. 204.

ej användas annat än strax före innan tackjärnet börjar nedrinna och sen igensättas med lerpluggar. Dessa formor äro blott till för framhärdens förvärmning, som sker genom förbrännande av en mindre portion koks. Ugnsschaktet är av plåt (6,5 mm) och tegelinfodrat, dubbelmurat för att man skall slippa att vid reparation ombyta mera än inre fordret, och är försett med bottenlucka, som fäst med sprint och gångjärn nedfälles, när ugnen efter blåsningens slut skall rensas från aska, koksrester och slaggrusor. Blästerlådorna tagas av 4,5 mm plåt. Schaktet vilar på 2 pelare och på framhärdens bakvägg. Nyligen är patent taget på vridbar framhärd,* och då måste schaktet förstås placeras på 3 eller 4 pelare.

Irelands ugn är en kupolugn utan framhärd (se pl. CI fig. 5). Densamma har numera, även den, alldeles cylindriskt schakt, vilket också vilar på 3 eller 4 gjutjärnspelare och likaså är försett med enkel eller dubbel bottenlucka. Som förhärd ej finnes, så måste man här placera formorna högre över botten, om man vill i ugnen samla större mängd tackjärn på en gång, men gjuter man bara smågjute, som alltid erfordrar hett järn, så sätter man dem nära botten och låter järnet rinna hela tiden ut i under tapprännan hållna gjutskopor. Dock placerar man formorna vid botten även vid en del gjuterier för grovt gjutgods, men ställer då under gjutningen framför ugnen en större med lock försedd skänk, som helst förses med blåsrörslåga och gaseldning för tackjärnets varmhållande. En sådan blåsrörslåga borde man ha även i framhärdsvalvet i de Krigarska ugnarna i stället för att upphetta dessas förhärd med kokseld, ty då bleve botten i framhärden het och även det första järnet ur den hett, medan nu olägenheten med framhärdarna är, att man ur dem alltid får kallt järn att börja med. Irelands ugnar voro förr alltid försedda med två rader formor, en övre rad runda formor och en undre 4-kantiga. De förra för att koloxiden, som bildas vid de undre, skulle förbrännas till kolsyra, men nu börjar man mer och mer slopa den övre formraden, sen man kommit underfund med, att man ändock kan få fullständig förbränning och detta t. o. m. säkrare än med dubbla formrader.

P. Andersons kupolugn, först uppförd och prövad vid konstruktörens verk i Arvika,** skiljer sig högst väsentligt från andra hittills konstruerade kupolugnar, i det densamma — en framhärdsugn — (se pl. CI fig. 6—9) har formorna, skyddade av murutsprång, inskjutande ganska långt i schaktet, varjämte gaserna strax ovan smältzonen (kolsyrebildningszonen) uttagas i väggkanaler och genom dessa åter få ingå i schaktet över den nivå, under vilken i vanliga kupolugnar kolsyran reduceras till koloxid. Genom att formorna äro på detta sätt inskjutna, kan ugnen givas vida större diameter än eljes, och värmen ändock bliva fullgod i kärnmassan av beskickningen. För att dess-

* Se S. u. E. 1910 sid. 929.

** Arvika Verkstäder.

utom få förbränningen fördelad över hela genomskärningsytan i smältzonen äro formornas inre ändar cirkelrunda och försedda med 5 eller flera hål, som skärmformigt införa blästern. Ugnen har nu varit i gång i 2 år och med mycket små reparationer gått alldeles utmärkt. Smältförmågan har varit $6^1/_2$ à 7 ton per timme, med bläster av 700 mm vattentryck, satskoks c:a 6 %, avbränning varierande med skromängden mellan 1,60 och 1,73 %. Reparationskostnaden har varit 6,50 kr. per gjutning, slaggen fäster ej vid formorna, och någon slaggning har ej på hela tiden behövt göras. Ugnen har gått 2 timmar per arbetsdag (aduceringsgjuteri) och givit 3770 ton smält tackjärn per år. Kalkåtgången har i densamma varit mindre än i Krigars ugn och kiselavbrännan vida lägre.

Kupolugnarnas konstruktion och beräknande. Kupolugnsfodert utsättes för inverkan 1:o i form av nötning genom de nedglidande hårda koksstyckena och än mer av de skarpkantiga oftast tunga järnstyckena, 2:o i form av frätning genom kalk och slagg och 3:o i form av avsmältning till följd av hettan i smältnivån. Övre delen av schaktet skall man således utmura med möjligast slitstarkt material, helst sandgjutet masugnsslaggtegel, den undre med ett tegel, som dels är mycket eldfast men även tätt och som dessutom har en kemisk sammansättning av ungefär samma silikatgrad och i viss mån överensstämmande beskaffenhet, som slaggen, så långt det senare går att få med bibehållande av hög eldfasthet. En tysk kommission tillsatt för praktiskt utredande av dessa frågor anför såsom sammansättningar på kupolugnsslagger:

Slagg		SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	S	Ca	P_2O_5	Silikatgrad * a	Silikatgrad * b
N:o	1	60,60	9,83	18,51	5,25	5,20	—	0,45	—	—	5,6	2,4
»	2	58,60	7,56	8,90	6,57	17,80	0,20	0,31	—	0,43	4,1	2,6
»	3	56,04	11,55	15,13	4,02	9,73	0,51	0,17	0,21	—	4,1	2,4
»	4	48,80	6,46	15,43	6,97	21,60	—	0,81	—	—	2,5	1,8
»	5	46,70	9,30	7,36	2,79	31,44	0,15	0,40	0,50	—	2,5	1,6
»	6	40,00	18,30	7,50	9,10	23,10	0,50	0,45	—	0,73	2,9	1,1

Som man av dessa analyser ser, variera slaggerna från olika verk högst betydligt, varför säkrast är å varje plats analysera slaggen, som väl dock ofta varierar i sammansättning med olika sammansättning på järnchargen och med olika kokssort. I regel torde man kunna säga, att de lerjordsrikaste chamotteteglen böra vara bäst i smältzonen.** Förhärdarnas dimensioner tagas vanligast 0,89 m höjd, och 0,6 m^2 bottenarea och kan man då ledigt hålla inne 3 ton järn i härden, höjden räknad mellan botten och valv. Höjden från botten till tackjärnsgatans botten blir då 650 mm och järngatan tages av 120 mm

* a = lerjorden räknad som syra, b = lerjorden räknad som bas.

** Dynamidon = korundtegel rekommenderas av kommissionen.

höjd. Övre golvet skall vid en kupolugn läggas 1 meter under »uppsättningsmålet», på det att uppsättaren ej må bli utsatt för koloxidos. Slaggtappningshålet anordnar Messerschmitt i sina ugnar i hävertform, så att slaggen får rinna över läpp, uttryckt av gastrycket i ugnen.*

Kupolugnens inre dimensioner måste naturligtvis avpassas efter den produktion man per tidsenhet önskar, men härvid har schaktets höjd ingen eller föga betydelse, utan är det smältzonens diameter, som är det avgörande måttet. Denna åter står i ett visst förhållande till den per minut inpressade blästermängden och denna varierar naturligtvis med den mer eller mindre fullständiga förbränning som kan åstadkommas ävensom efter använt luftöverskott. Det senare brukar i praktiken vara 10—30 %, förbränningsfullständigheten åter varierar mellan $\frac{CO_2}{CO} = 100$ vid bästa konstruktioner till $\frac{70}{30}$ vid skäligen dåliga och då varierar luftåtgången ock från 9,80—8,33 m pr kg C (luftöverskottsbehovet inräknat). G. Buzek påpekar,** att vid ett visst ugnstvärsnitt beror produktionen av satskokskvantiteten, om blästerkvantiteten per tidsenhet hålles fix, vilket ju för övrigt faller av sig självt, så, att om

satskoksen utgör i viktprocent av järnet	6	7	8	9	10	12
erhålles en timproduktion per m² ungsarea, ton	10	8,57	7,5	6,66	6	5
och åtgår då per 100 kg tackjärn, luft i m³	60	70	80	90	100	120

Samma forskare har ävenledes funnit, att vanligaste satskoksmängden i tyska och österrikiska gjuterier utgör 8 % av järnsatsens vikt och vid denna medelsatskoksåtgång kommer en medelproduktion vid goda ugnar att motsvara 5,9 ton vid 1 meters schaktdiameter. Såväl satskoksstorlek som fullständig förbränning och därmed använt luftöverskott måste emellertid rättas efter den övervärme, jag måste giva gjutjärnet, så att vid starkt överhettat järn åtgår mera koks och fås sämre förbränning. Avbränningen växer med minskad satskoks och ökat luftinkastande och får man således väga ökade avbränningsförlusten mot ökade bränslekostnaden. En och samma ugn smälter hastigare, men ger större avbränna vid minskad satskoksmängd. Så anför Osann,*** att han vid en kupolugn fann, att medan satskoksmängden hölls vid 7 %, oxiderades 60 % av tackjärnets manganhalt, men när den hölls vid 10 % ingen mangan alls. Förbränningen sker vid eller över formorna alltid till CO_2, men denna omsättes sedan ovanför delvis av glödande koks till CO och ju högre glödande kokslager gaserna ha att passera, ju mera CO_2 omsättes till CO. Ju hastigare gaserna efter förbränningen avkylas, ju mindre CO-bildning således och därav följer att naturligt är, att ju större järnkvantitet per kokskvantitet, ju

* S. u. E. 1909, s. 1731.

** Se S. u. E. 1910 sid. 353, 567 och 694.

*** S. u. E. 1907 sid. 625.

mindre CO i gaserna. Men det har ock befunnits, att i ju tjockare lager järnet uppsättes, ju mindre blir CO-bildningen. Buzek säger, att bäst vore, om strax över smältzonen rådde en temperatur under 600°, ty då skulle ingen CO bildas, men han antager att detta i praktiken ej kan åstadkommas, och vet han ej ens något råd för förbättring i detta avseende. Det är emellertid en lösning häri, som P. Anderson funnit, som i väggkanaler leder gaserna förbi det farliga skiktet.

De flesta kupolugnskonstruktörer konstruera formorna med vidgning inåt (i horisontal riktning taget), de flesta ock med lutning nedåt inåt till förekommande av att slagg skall vid blästernas avstängande intränga i formor och blästerlådor (se t. ex. springorna vid Krigars ugn, pl. CI). En del låta formorna blåsa »i spiral», alldeles som man försökt vid några masugnar. Formarean skall tagas mindre per m^3-bläster vid stora än vid små ugnar för att blästern skall tränga nog långt in bland koksen. Så räknas vanligen med en blästerhastighet per sek. vid små ugnar = 30 m, vid medelstora = 45 m och vid stora = 60 m. Medan Buzek såsom lämpliga blästermängder och formareor anger:

		Blästermängd m^3 per min.	
vid en schaktdiam. av 500 mm, s:a formarea = 133	cm^2,	24	liten ugn
» » » » 600 » » » = 189	»	34	» »
» » » » 700 » » » = 256	»	46	» »
» » » » 800 » » » = 222	»	60	medelstor ugn
» » » » 900 » » » = 281	»	76	» »
» » » » 1000 » » » = 348	»	94	» »
» » » » 1100 » » » = 317	»	114	stor ugn
» » » » 1200 » » » = 378	»	136	» »

Motsvarande blästerpressioner skulle då bliva: 266, 341, 397, 454, 510, 568, 624 och 682 mm.

Schaktets höjd från botten till insättningsgluggens underkant tages enligt Hofman vid de amerikanska ugnarna tämligen konstant till 12 fot, vare sig ugnen är vid eller smal. I Europa är man åter ej ense om, vilken höjd som är den rätta och ej heller om höjden skall rättas efter ugnsdiametern eller ej. Hanemann (Hütte) anser, att höjden skall växa med diametern från 4 m vid 500 mm diameter till 6 m vid 1200 mm diameter. En av Tysklands största koksugnsleverantörer åter har i sin priskurant följande mått:

vid ugnsdiameter i mm	500	600	700	800	900	1000	1200
en schakthöjd i m	4,2	4,75	5,65	6,1	6,3	6,65	7,2

medan Buzek vill, att man skall avpassa höjden såväl efter satskoksstorlek som schaktdiameter och föreslår, att den förstnämnda uträknas

efter formeln $h = 4\sqrt{Q}\left(1 \times \frac{k}{20}\right)$ där h = höjden i m, Q = schaktarean i m^2 och k = satskoksvikten i kg.*

Vid en kupolugns igångsättande och beskickande skiljer man mellan fyllkoks och satskoks. Med den förra menar man den mängd koks, som behöver hållas i schaktet mellan det smälta godset neri stället och det osmälta järnet, på det att allt järnet ej blott skall smälta utan även väl förvärmas, då det går ned droppvis genom ugnens hetaste nivå. Denna befinner sig ingalunda mitt mellan formorna utan börjar först något ovanför dessa och smältvärmen räcker sedan ett stycke upp i schaktet. Smältzonens övre plan har man vid olika ugnar och olika blästermängd funnit ligga 300—1000 mm över formornas överkant och bör det för varje ny ugn utredas genom beskickningsändringar. Vid nya ugnar försöker man vanligen först med en fyllkokshöjd av 600 mm över formorna samt tager sedan följande gjutdagar mera och mindre, tills mest tillfredsställande resultat ernås. På fyllkoksen sätter man ett lager järn — varvid Messerschmitt anger, att man i Tyskland funnit bäst avpassa järnlagrens vikt till $^1/_{10}$ av timproduktionen, sedan följer ett lager satskoks, så ett lager järn o. s. v. Om ugnen skall gå riktigt bra, så skall fyllkoksen vara så avpassad, att just jämnt så mycket av densamma hinner brinna undan, att när första järnlagret smält och således ovanför varande satskollager kommit jämnt ned på återstående fyllkoks, så skall detta satskolslagers överyta befinna sig just i den nivå, vid vilken fyllkoksens överyta i början befann sig, o. s. v. hela blåsningen igenom till inemot slutet, då satskokslagren kunna minskas. Satskokslagrens vikt rättas naturligtvis efter järnlagrens och efter önskad tappningstemperatur. Om smält järn kommer ned snart efter blästerpådraget och visar sig för kallt samt ej snart blir varmare, så har man haft för lågt fyllkokslager, dröjer det åter länge innan järn börjar neddrypa och är detsamma överhett, så var fyllkokslagret för högt. Av det nu sagda framgår ju tydligt, att ju längre blåsningen pågår, ju mindre blir *hela* koksåtgången per ton järn, ty fyllkoksåtgången fördelas på allt större järnmängd, under det att satskoksmängden sjunker endast obetydligt med ugnens under blåsningen inträffande högre uppvärmning.**

För att få flytande slagg och för bindande av koksens svavel måste man med koksen eller med järnet även uppsätta kalk eller flusspat eller båda delarna, i senare fallet förstås i mindre mängd vardera. Ju sandigare tackjärn och skro, ju askrikare och svavel-

* Messerschmitt har ett vidlyftigare beräkningssätt, se S. u. E. 1910 sid. 1391 o. 1558, och likaså Osann, se S. u. E. 1908 sid. 1449, 1447. Keep angiver, Proceedings 1907, American Society of Mek. Eng. amerikanska konstruktionsregler, men som de amerikanska gjuterierna mera fästa sig vid massproduktion än koksåtgång, hava vi i kupolugnsväg intet där att lära.

** Om koksåtgången i kupolugnar se utförligare i S. u. E. 1908 sid. 145, 229, 303, 771 och 1909 sid. 713.

haltigare koks, ju mera kalk eller flusspat. Kalkuppsättningen brukar så t. ex. variera mellan 16—48 % av koksvikten, dock sällan över 25 %. Avbränningen växlar ock såväl med koksbeskaffenhet, ugnens hetgående, luftöverskott som skroets och gjutjärnets beskaffenhet (rost och sand) och varierar mellan 3—8 %, dock är i de flesta fall möjligt, om den är hög, att återvinna en del järn genom slaggens krossande och magnetisk anrikning. Det betänkligaste vid avbränningen är, att tackjärnets kisel- och manganhalter i avsevärd mån minskas, men en hög manganhalt skyddar dock i viss mån kiseln från oxidering. Vanligen räknar man på, att om ej manganhalten överstiger 1,5 %, så förloras $^1/_4$ av densamma. Leyde angiver, att vid manganhalter av mellan 1 och 0,5 % förloras av en kiselhalt i tackjärnet stor %: 1,02 — 1,14 — 1,33 — 1,55 — 1,76 — 1,93 — 2,2 — 2,35 — 2,55 — 3,00; % Si 0,04 — 0,05 — 0,06 — 0,09 — 0,12 — 0,17 — 0,25 — 0,30 — 0,35 — 0,45. Svavelhalten ökas med $^1/_3$—$^1/_2$ beroende på koksens S-halt.

Flusspat verkar betydligt svavelrenande genom att slaggen blir kvickare, varigenom CaO lättare omvandlas till CaS.

Så kallade »Kleinkupolöfen» för 250—500 kg:s timproduktion äro enligt ingenjör E. Leber i Freiberg* rätt mycket försökta i Tyskland, men hava knappast berättigande annat än för smått kvalitégods och som experimentugnar.

Koksens beskaffenhet inverkar, som redan framhållits, i flera avseenden och hava O. Simmersbach** och A. Moldenke*** givit utförliga uppgifter om, huru god gjuterikoks skall vara beskaffad. Att de svenska bruken i regel få nöja sig med sämre sådan är antagligt. Enl. den förre skall koksen vara tät, d. v. s. hava små och ej för mycket porer. Porerna få ej överstiga 40 % av volymen och vid 1:ma koks ej över 25 %, d. v. s. god gjuterikoks skall ha en eg. v. av minst 1,8. Höjd askhalt verkar i dubbel grad till höjd koksåtgång, dels genom minskat brännvärde, dels genom ökad, mer smältvärme erfordrande slagg. Prima koks får ej hålla över 8 % aska, sekunda ej över 9 %. Högre svavelhalt orsakar större kalkåtgång, således större slaggbildning med därav följande större bränsleåtgång, större svårighet få helgrått järn, således dyrare kiselrikare beskickning. 1:ma koks får ej hålla mer än 1 % S, 2:da ej över 1,25 %. Moldenke föreskriver: Prov tages så, att av varje vagnslast tages *ett* normalt koksstycke per ton last. Styckena malas till sågfratgrovlek, pulvret blandas ytterst väl, vilka två procedurer ej få försiggå i torr varm luft. Normal koks håller: fuktighet 3 %, andra flyktiga ämnen 1 %, C = 85,5 %, aska 12 %, S = 1,1 %. För varje överskjutande 0,5 %

* Lebers artiklar i S. u. E. 1912 sid. 129 och 350 rekommenderas isynnerhet för sina fullständiga ritningar å nya kupolugnar.

** S. u. E. 1909 sid. 1553.

*** The Iron Trade Review 1910 sid. 1165.

flyktiga ämnen skall avdrag göras i priset. Håller koksen mer än 2,5 % sådana, kan köparen neka mottaga sändningen. På samma sätt gäller: För varje 1 % eller del därav över 85,5 % betalar köparen visst överpris, för varje 1 % eller del därav under giver säljaren motsvarande avdrag. Koks med mindre än 78,5 % C refuseras. För varje ½ % eller del därav aska d:o d:o, håller koksen över 15 % aska refuseras partiet. För varje 0,1 % S eller del därav d:o d:o, håller koksen över 1,3 0 kan partiet refuseras.

Om partiet efter stjälpningsprov håller mer än 5 % stybb, så göres prisavdrag. Håller det mer än 15 % får det refuseras. Vid stjälpningsprovet uttages 50 kg koks och stjälpes ur behållaren mot en 6 fot lägre befintlig tackjärnshäll. 4 gånger skall stjälpningen ske med samma parti och sållas sedan i ett såll med 51 mm:s maskvidd.

En god kupolugn anses hava minst 60 % nyttig effekt.

Kupolugnar med oljeeldning. Redan 1908* läste man i ett föredrag av K. Schiel om kupolugnar som i stället för koks använde rå petroleum, masut eller tjära som bränsle, men om man undantager bränsleeffekten, så tycktes ej resultaten lockande, ty föredragshållaren talade om flera svårigheter, som vidlådde förbränningen samt företedde dessutom analyser från 5 smältförsök, vid vilka det visserligen gått att smälta blandningar med ända ned till blott 2 %:s kolhalt, men där i alla — även den kolrikaste chargen — beskickningens kiselhalt betänkligt reducerats (ned till 50 à 60 % av den ursprungliga). Emellertid säger nu den framstående kupolugnsmannen ingenjör E. Leber:** »Dass man das Eisen mit Erfolg in Oefen mit Oelheizung geschmolzen hat, sei ebenfalls erwähnt» och torde därför nog vara skäl för våra gjuteriingenjörer att börja åtminstone noga studera alla i litteraturen framträdande notiser om sådana kupolugnar, ty i så högt pris, som koksen nu står hos oss, bör naturligtvis råpetroleumen eller masuten, som vi kunna få lika billigt från Ryssland som tyskarna, hava lättare att tävla med koksen här än i Tyskland, varförutom vår trätjära, om dess pris genom ökad ugnskolning sjunker, kan få användning för samma ändamål. Att märka är, att i alla de av Schiel anförda smältförsöken sjönk chargens svavelhalt, medan den vid kupolugnssmältning med koks stiger. Schiel påpekade att vid petroleum- eller tjäreldningen (stenkolstjära) huvudvikten ligger vid att ett rörmunstycke användes, som tillräckligt finfördelar oljan, emedan förbränningen eljes ej ger full effekt (95 %), och avbildade han en del goda dylika munstycken. Där man kommit längst i konstruktionen av goda oljekupolugnar tyckes vara Ryssland och borde där vidare underrättelser inhämtas.

Reverberugnarna. Dessa vid våra svenska bruk så sällan före-

* S. u. E. 1908 sid. 1215.
** S. u. E. 1912 sid. 135.

kommande ugnar användas mest vid de amerikanska gjuterierna, men mycket allmänt även vid de engelska och i avsevärt antal även i de tyska och franska. De äro flamugnar, så som vi redan i kap. aduceringsmetoden sågo, samt indelas, allt efter bottens lutning, i tre slag: 1:o med botten lutande från eldbryggan mot fuchsen, 2:o med alldeles horisontal botten och 3:o med botten lutande från fuchsen mot eldbryggan. En del ugnsteknici indela dem dock även efter valvets form, ty man har dem med vare sig mot fuchsen nedtryckt valv, kamelpuckelvalv = högst mitt över ugnsrummet och lutande därifrån åt både fuchs och eldbrygga, rakt valv eller valv som hela vägen stiger från generatorn till fuchsen. De båda sistnämnda anordningarna i kombination med plan eller mot eldbryggan lutande botten äro amerikanska och som dessa numera t. o. m. i England och Tyskland erkännas vara de där inhemska överlägsna såväl i smältförmåga som kolbesparing, hava vi ingen anledning sysselsätta oss med några andra. Över dessa amerikanska typer hava vi goda, med måttuppgifter försedda ritningar och uppsatser dels av V. Portisch,* dels av H. Dolnar.** Ugnarna hava långsträckta ugnsrum (se pl. LIX) med eldstadsrum i ena ändan och skorsten vid den andra. Eldstaden är alltid försedd med planrost, vilket rost tages så att mot varje i timmen förbränd kilo stenkol kommer att svara 40—70 cm^2 rostyta, det förra vid medelstora (25 tons) det senare vid små (5—7 tons) ugnar. Askrummets höjd tages c:a 1,5 m, höjden från rosten upp till ugnsvalvet c:a 1 à $1^1/_4$ m, rostytans bredd lika med ugnsrummets. Eldbryggans höjd över rostytan måste avpassas efter använd stenkolssort, men där man som hos oss är hänvisad att köpa stenkol från utlandet och då feta ej bakande kol äro de för dessa smältningar bästa, torde vi böra taga den 500 mm, eljes växlar den från 300—660 mm. Ugnsrummets bottenöveryta lägges, allt efter chargestorlek om den lutar mot eldbryggan, så, att det smälta järnet samlas vid denna 500—600 mm under eldbryggan, om botten ligger horisontalt så räcker 300 mm. Även härdens övriga dimensioner böra naturligtvis i viss grad rättas efter chargestorleken, dock kan man — av hänsyn till bekvämt arbete i densamma — ej taga bottenbredden mindre än 0,9 m och ej över 2,2 m. För våra förhållanden räcker säkerligen 1 m:s bredd i de flesta fall, ty Portisch anför en amerikansk 45-tons ugn med blott 0,93 m härdbredd, medan Dolnar visar en 15-tons med 1,6 m:s! Båda ugnarna angivna som förträffliga. Härdytan växlar i övrigt mellan 0,5 upp till 1 m^2 per ton tackjärn, vanligen det förstnämnda vid 40-tons ugnar och det sistnämnda vid 5-tons ugnar således i omvänd proportion, vilket naturligtvis är en sund princip. Om valvet lutar i jämn linje från eldstadsrummets gavelvägg till ugnsrummets gavelvägg bör de' hava 10° lutning uppåt, och får man då sluthöjden

* S. u. E. 1906 sid. 1165.

** American Machinist 1907 sid. 558

efter förut angiven höjd i eldstaden över rosten. Lägges det återigen horisontellt, så giver man ugnsrummet vanligen längs bort över järnupplagsplatsen större höjd och t. ex. 0,9 m när man vid eldbryggan har 0,6 m höjd (Portisch 25 tons ugn). Vi kunna säkerligen nöja oss med 0,5 m höjd över eldbryggan vid 10 tons ugnar, samt får man avpassa valvhöjden över järnupplagsplatsen efter storleken på de största skrostycken man vill smälta (t. ex. valsar och dylikt). Insättningsluckan bör vara på gaveln. Tackjärn och skro inläggas nämligen vid amerikanska ugnstypen alltid längs bort från eldbryggan och ugnsgaserna utströmma där genom ett hål i bakväggen till den vid sidan om ugnen stående skorstenen. Detta länder dock till lågans snedgående i ugnsrummet, så den suges närmare bakväggen, varför jag anser, att vi böra hava rökfuchsöppningar i våra reverberugnar på ömse sidor om insatsluckan men i väggarna, varefter dessa två rökkanaler under ugnsbotten böra förena sig i en till skorstenen avgående rökkanal. Skorstenarna byggas i Amerika vanligen c:a 25 m höga (80 à 90 fot) och blott av plåt med tegelinfodring. De tagas vid 15-tons ugnar (enl. Dolnar) 1,2 m i diameter och kan man proportionera dem för andra ugnar härefter och efter resp. bränsleåtgång. Ugnsbotten lägges i allmänhet högt eller 0,9 m (3 fot) över arbetsgolvet, emedan man har traverskran för tackjärnets och skrostyckenas inläggning. Ugnen förankras med flänsförsedda tackjärnshällar 36 à 45 mm tjocka, som ofta hopskruvas till helt pansar och dessutom stagas väl, ungefär som vid martinugnarna, men valvet slås ej emot de murade väggarna, vilka senare måste repareras oftare än det förra, utan mot vanligen vattenkylda anfang å sidohällarna. Skorstenen bör placeras så pass långt från ugnssidan, att ugnen överallt är fullt åtkomlig. Väggar och valv muras med bästa chamottetegel, botten kvarts- eller sandrammas på tegellager lagt å bottenhällarna.

Ugnens skötsel. Den torkeldas, som andra ugnar försiktigt. I Amerika söker man sedan bringa upp fyren möjligast fort så att ugnen raskt kommer upp i hetshetta. Tackjärnet, som helst bör vara gjutet i stångform, upplägges i jämn hög korsvis och innerst å tackjärnsplanet, skroet närmast luckan samt mindre skro uppe å tackjärnshögen. Ju längre tid det drager, innan järnet kommer i smältning, ju mera glödspån bildas å dess yta och ju mera kisel och mangan förloras då ur järnet. I Siegen, där man är besvärad av för stora halter i tackjärnet av dessa ämnen, tager man därför blott långsamt upp hettan. Vi ha nog bäst av att följa amerikanarnas exempel. Man måste använda rökig låga tills järnet börjar smälta, ty eljes kan det torrfärska på ytan, då till och med »kardusbildning» kan uppstå. När allt järnet smält och slagg täcker dess yta skötes ugnen »utan rök». Stenkolsåtgången växlar vanligen mellan 20—35 % av järnvikten, men vid små ugnar på 5 tons har man i Tyskland en åtgång av ända till 70 %. Avbränningen 5—8 %, träffar starkast man-

ganen, varav 2—4 tiondelar oxideras, så kiseln med 1,5—3,5 tiondelar, och kolet med $^1/_{12}$ till $^1/_5$ av de ursprungliga mängderna. Svavelhalten höjes allt efter stenkolens halt därav, ibland ända till dubbelt. Hos oss i Sverige hava dessa ugnar använts förr så gott som uteslutande för tillverkning av kanoner och projektiler av svenskt kanontackjärn, numera göra de tjänst för tillverkning av valsar mm förstklassigt gjutgods av denna sorts tackjärn, som torde giva det starkaste tackjärnsgjutgods som kan åstadkommas. Om tackjärnets sammansättning se under Masugnsskötseln.

Degelugnar användas ytterst sällan för tackjärnsgjutning och endast då det är fråga om konstgjutning eller där man vill hava gjutgodset av samma kemiska sammansättning som råjärnet. Mest användas de för brons', mässings, koppars och nickels samt aluminiums smältande i gjuterierna och tillhör deras beskrivande således ämnet Metallhyttkonst, varför här torde vara nog att nämna, att de numera använda ugnarna av detta slag eldas vare sig med olja, gas eller koks, dock mest det senare, samt att de, där det är fråga om blott mindre gjutningar, levereras »stationära» för 5, 10, 15, 20, 30, 40 och 50 kg:s deglar, men vickbara för deglar om 60, 100, 150, 200, 300 och 500 kg:s innehåll alla med blästertillföring. Sådana moderna och bränslebesparande ugnar användas alldeles för litet i våra bruksgjuterier, där man vanligen än i dag har i bruk gamla dragugnar från början av 1800-talet! Här i landet där koksen är dyrare än annorstädes, har man råd att slösa med den!

b. Gjutjärnet och gjutchargens tillblandande. Alla bättre utländska gjuterier hava eller anlägga laboratorier för råmaterialens och produkternas såväl kemiska som mekaniska undersökande och har man till stor del detta att tacka gjuterihanteringens snabba framåtskridande på senare år i allt högre gjutgodskvalité. De äldre gjutmästarnas fromma barnatro på ofelbara blandningar grundade på gjutjärnssorternas hyttemärken och sättningsnummer lever knappast kvar annat än i Sverige och England, och väl vore, om den snarast möjligt försvunne för alltid även hos oss.

De utmärkta utredningar, som gjorts av sådana framstående gjuterimän, som Moldenke, Wüst, Leber, Reusch, Jüngst, Henning, Porter, Cook och Hailstone m. fl. och vid vilka amerikanska och tyska gjuterimän öppet och broderligt arbetat samman till sin industris väl, hava klarlagt mycket förut dunkelt, isynnerhet då det gäller olika gjutjärnssorters kvalité och framställt gjutgods varierande egenskaper, och vill jag här framhålla en del av deras synpunkter och resultat angående gjutjärnet samt påpeka några slutsatser, man från svensk ståndpunkt kan draga av desamma.

Alla äro ense om att träkolshyttor giva ett starkare gjutjärn än kokshyttor och även om kemiska sammansättningen på ett koksjärn är alldeles lika med den å ett träkolsjärn, så ligger i kvalité det förra

under det senare, oftast i högst betydande grad. Men även tvenne lika sammansatta träkolsjärnsorter kunna sinsemellan eller tvenne koksjärnssorter kunna sinsemellan giva högst olika gods, smälta på samma sätt i samma ugn med samma kokssort och vid samma värme. Så t. ex. har Porter anfört exempel på två olika tackjärnssorter, varav det enas allra bästa provstänger ständigt visade sig sämre än de sämsta stängerna av det andra, trots de voro så lika sammansatta som synes:

	C	Grafit	S:a C	Si	S	P	Mn	Sträckhållf. kg pr mm²
Det sämre i % :	0,85	2,40	3,25	1,33	0,09	0,92	0,29	14,33
» bättre » » :	0,90	2,19	3,09	1,31	0,10	0,91	0,33	28,82

Nå, sådana företeelser föranleda naturligtvis till funderingar och undersökningar över huru detta kan komma sig, och litet varstädes kom man så till den övertygelsen att gjutjärn blåst med kallare bläster gav med samma sammansättning starkare gods, än det med varm bläster blåsta. Men man har ock funnit, att med långsam drivning åstadkommet tackjärn är av bättre kvalité och likaså att låga hyttor giva starkare gjutjärn än höga. De två senare omständigheterna giva ju vid samma kiselhalt kolfattigare järn och kolfattigare järn ger vid samma grafitprocent starkare gjutgods, men förklaringen duger ej då kemiska sammansättningen är alldeles densamma. Man sökte en tid taga sin tillflykt till att skylla på högre kvävehalt hos det varmblåsta järnet, men så fann man, att av två lika sammansatta järnsorter, varav ett var blåst med träkol, ett annat med koks, kunde träkolsjärnet hålla vida mera kväve än koksjärnet och var dock starkare. Man gissade då på svavlet, som oftast är lägre i träkols- än koksjärnet, men så jämförde man koksjärn med mindre än 0,010 % S och träkolsjärn med 0,10 % S (svenskt kanontackjärn) och träkolsjärnet var dock givet överlägset. Moldenke och flera uttalade då den förmodan, att olikheten skulle bero på ofullständigare reduktion och större syrehalt vid det svagare järnet, men häremot strider erfarenheten, att högre hyttor ge sämre järn. Därför kom Porter med en ny teori, att syret i gjuttackjärn ej förekommer som järnoxidul utan som en svavel-syre-järnförbindning, vilken Campbell och Le Chatelier visat kan uppkomma i höga temperaturer. Detta kan ju stämma med för hastig drivning och het gång, men då borde höga hyttor drivna med långsam drivning giva bättre gjutjärn än små med samma drivning! Som man utomlands funnit, att lättreducerade malmer giva starkare gjutjärn än svårreducerade, och att en lättreducerad brun hematit, som — blåst enbart — ger utmärkt järn, genast ger sämre, om man uppsätter den i blandning med valssinner Fe_3O_4, så ansågs detta som bevis för svavel-syre-teoriens riktighet, men vi hava i Sverige svårt förlika detta med att vårt starkaste gjutjärn — kanonjärnet — är blåst med mycket svavelhaltig beskickning av uteslutande magnetiter.

Man har sökt förklara olikheterna med olika molekylbildning men ej funnit detsamma bekräftat vid mikroskopiska undersökningar och så har man tyckt att det allra minst går att förklara den efter upprepade omsmältningar fortbestående olikheten på detta sätt.

Den enda slutsats man kan draga av alltsammans är, att saken ej ännu är utredd. Den högre kvaliténs yttre orsaker känner man nu något så när till, de inre åter ej tillräckligt. Av det som offentliggjorts ha en del fackmän vid gjuterimannasammanträdena funnit sig föranlåtna betvivla garanterade analysers behövlighet vid råjärnsinköp, men blivit ögonblickligen överbevisade, ty fastän dessa analyser ej bevisa, att jag får samma kvalité av den råjärnssorten, som av den andra, så säga de mig dock i alla fall, då jag har varje hyttas järnsort lagd för sig och varje sort där den ligger ordnad i olika sättningsgrader efter analys, huru jag bör tillblanda chargen för att få önskad sammansättning och kvalité hos mitt gjutgods. Analyser, mikroskopiska och mekaniska undersökningar säga härvid förstås ej på långt när allt, men kombinerade med klokt ledda blandningsförsök och undersökningar i samma väg å gjutgodset ge de mig en trygghet, den en gjuteriman, som endast efter gjutjärnets brottutseende och dess märke gör sina tillblandningar, aldrig når i dessa tider, då samma gjutjärnsnummer med samma brottutseende från samma masugnspipa i kvalité kan växla kolossalt. Man behöver blott betänka, att vid en och samma masugn ett tackjärn, som en varm sommardag i sandmoten får gry av n:o 2, skulle i utlandet där moten uppformas under bar himmel en blåsig kall vinterdag med snöglopp fått n:o 3:s gry.

Klassering av gjutjärn. Någon enighet i klasseringen av gjutjärn förefinnes ej mellan olika länders gjutjärnstillverkare, men vissa klasseringssätt hålla dock, tyckes det, på att arbeta sig igenom i en del länder. Så hava de amerikanska gjuterimännen förenat sig om en indelning, de ryska om en och professor Wüst föreslagit de tyska en, den de synas vara hågade att antaga — åtminstone med några modifikationer.* Den amerikanska klasseringen baseras på Si- och S-halterna och skola de olika graderna hålla i %:

	Si	S
I	3,025 — *3,00* — 2,475	0,035
II	2,475 — *2,25* — 2,025	0,045
III	1,925 — *1,75* — 1,575	0,055
IV	1,375 — *1,25* — 1,125	0,065

vid 10—20 %:s överstigande av garantisiffran för Si och vid 0,01 %:s överstigande av siffran för S skall priset sänkas med 1 %.

* Angående detta ämne se Klassifikations-Vorsläge von Wüst, S. u. E. 1905 sid. 222, 288 o. 345.

Den ryska klasseringen sker åter dels efter fosforhalten i: Hämatittackjärn med mindre än 0,1 % P, vanligt gjutjärn med mellan 0,1—0,7 % P och fosfortackjärn med mer än 0,7 % P. Alla tre dessa slag sorteras sedan efter kiselhalten i: N:o 0 med över 3 % Si, n:o 1 med Si mellan 3—2,4 %, n:o 2 med Si mellan 2,4—1,5 % och n:o 3 med Si under 1,5 %. Vid alla sorterna får manganhalten vara högst 1 % och svavelhalten högst 0,08 %.

Wüsts indelning är i 7 klasser: I hämatit N (normal), II hämatit M (med mangan), III gjuteritackjärn N (normal), IV d:o M (med mangan), V d:o A, VI d:o B, VII d:o L (Luxemburgs). Varje klass indelas sedan i 4 grader 0, 1, 2, 3 och för alla klasserna gäller, att av Si skall grad 0 hålla ej under 3,5 %, 1 ej under 2,5 %, 2 ej under 1,8 % och 3 ej under 1,2 %. Av svavel skall likaledes samtliga sex första klassernas grader hålla: 0 under 0,03, 1 under 0,03, 2 under 0,05 och 3 under 0,07 %. Klass VII grad 0 under 0,03, 1 under 0,04, 2 under 0,06 och 3 under 0,08. Av mangan skall klass I hålla under 1,0, klass II 1,0—1,3, klass III under 1,0, klass IV 1,0—1,3, klass V under 1,0, klass VI under 1,0 och klass VII under 0,7 %. Av fosfor klass I och II under 0,1, klass III och IV under 0,6, klass V 0,6—0,9, klass VI 0,9—1,2 och klass VII 1,5—2,0 %.

Angående gjutjärnssorternas och skrosorternas rätta blandande för olika gjutgodssorters framställande, ävensom gjuteriskötselns övriga avdelningar, hänvisas till ämnet Järnets manufakturering samt framhålles här endast till dess detta ämne blir infört vid de svenska bergsskolorna till följande uppsatser:

Angående gjutjärnsblandningar och gjutgodsanalyser till:

Främst The Metallurgy of Cast Iron by Thomas D. West, The Cleveland Printing C:o 12 upplagan.

Professor Osanns referat i S. u. E. 1907 sid. 596 o. f.

Die Chemie im Giessereibetriebe von C. Henning, S. u. E. 1905 sid. 1258 och 1313.

W. B. Parkers analyser i Foundry Trade Journal 1906 och S. u. E. 1906 sid. 815.

»Castings» 1908 sid. 149 o. f. by F. M. Thomas. I sammandrag i S. u. E. 1909 sid. 181.

Angående legeringsämnen för olika gjutgods: S. u. E. 1905 sid. 783, 1906 sid. 414, 1393, 1907 sid. 1269, 1908 sid. 1246 och 1509, 1909 sid. 1024 och 1025, 1910 sid. 915, 1192, 1769 och 1927, 1911 sid. 1229, 1912 sid. 1822 och J. K. A. B. 1911 sid. 605.

Angående spånbrikettering och svarvspånsanvändning: S. u. E. 1910 sid. 1759, 1911 sid. 1413, 1912 sid. 135, 688, 689.

Angående formning och gjutflaskor: S. u. E. 1905 sid. 96 och 353, 1906 sid. 287, 353 och 1195, 1907 sid. 1485, 1536 och 1576, 1908 sid. 960 och 966, 1909 sid. 1023, 1209 och 1408.

Angående torkugnar: S. u. E. 1910 sid. 1103, 1911 sid. 1216 och 1219, 1912 sid. 695 och 902.

Angående stigande gjutning och kokillgjutning: S. u. E. 1905 sid. 474

och 547, 1907 sid. 137, 174, 181, 833, 1061, 1769, 1809 och 1849, 1910 sid. 1362, 1912 sid. 1819.

Angående kärnformning: S. u. E. 1905 sid. 955, 1907 sid. 743, 1908 sid. 369, 1909 sid. 1053, 1912 sid. 447.

Angående gjuterimaskiner: S. u. E. 1905 sid. 1015, 1071, 1139, 1307 och 1362, 1906 sid. 551, 939 och 1006, 1910 sid. 1569 och 1744, 1911 sid. 1414, 1912 sid. 689, 696, 893, 1057, 1062, 1220, 1607.

Angående gjutgodsemaljering: S. u. E. 1906 sid. 350.

Angående i gjutgods förekommande fel och gott gjutgods' egenskaper: S. u. E. 1905 sid. 602 och 895, 1908 sid. 1709, 1909 sid. 472, 1911 sid. 168, 1579 och 2148, 1912 sid. 143, 514, 537, 1229, 1232, 1813, 2002.

2. Stålgjutning.

Historik: Den som i Europa först lyckades tillverka stålgjutgods var enligt vår landsman G. Brolings uppgifter en gulddragare Waller i Sheffield, som i början av 1770-talet (enligt vad Broling 1797 fick höra i sagda stad) skulle både uppfunnit degelstålsprocessen och stålgjutningen och gjutit sina gulddragarvalsar själv samt fått dem så utmärkta, att de väckte allmän uppmärksamhet och föranledde Huntsmann att stjäla metoden! Man kan dock misstänka, att Sheffielderpatronerna, som bevisligen själva stulit kunskapen om degelstålsmetoden av Huntsmann, hittat på denna historia för att ställa sin egen bragd i en smula bättre ljus. Otvivelaktigt är emellertid, att man åtminstone i slutet av 1700-talet visste att porfritt gjutgods kunde gjutas av degelstål, ty Wallers gulddragarvalsar angåvos just för sin porfrihet ha varit så överlägsna. Emellertid föll saken senare i glömska tills Bochumer Verein år 1851 förvånade världen med av degelstål gjutna kyrkklockor, varpå detta verk sedan raskt förbättrade metoden. Alfred Krupp — först skarp motståndare mot den nya metoden — tvangs 1864 av Bochumer Vereins framgångar med gjutna ståltyres att själv övergå till den och enligt den nyligen utgivna minnesskriften* skall han, som 1869 byggde en martinugn, snart efter börjat tillverka stålgjutgods även av martin. Våra kära sydgermanska bröder vilja härmed annektera en uppfinnarära, som eljes hela världen anser tillkomma det franska järnverket Terre Noires ingenjörer. Dessa föranleddes till sina martingjutningsförsök av Finspångs projektilutställning i Paris 1867** och började samma år försöken, men lyckades först 1875 få metoden fullt utarbetad. 1881, då författaren under en veckas tid hade nöjet vistas i de Kruppska verken i Essen hade man där i stålgjutning från martinugn faktiskt ej kommit så långt som vi i Sverige utan sade mig Krupps martinöveringenjör rätt ut, att han vågade betvivla, att vi i Sverige »utan att sedan smida dem kunde

* Se S. u. E. 1912 sid. 1341.

** Se J. K. A. 1879 sid. 231.

gjuta kanoner av martinstål som alls hölle att skjuta med». Hade han då verkligen haft 11 à 12-årig praktik i denna hantering, så hade han helt säkert ej fällt ett så tvärsäkert yttrande. Om huru och när vi i Sverige kommo in på martingjutstålsberedningen är redan omtalat och kan därom utförligare läsas i åtskilliga uppsatser om martinstålgjutgods i Jernkontorets Annalers årgångar allt efter år 1879. Att vi i denna kvalitétillverkning, hela tiden sen vi började den, hållit oss bland de främste och inneha den platsen än är påpekat och kan vid nästa världsutställning igen bevisas, om så påfordras! Det är endast i fråga om tillverkning av billigt, ej bästa kvalité fordrande stålgjutgods, som vi ligga efter utlandet, men där befinna vi oss ock ledsamt nog i sista i st. f. i första ledet.

Ugnarna: De ugnar som användas för stålgjutning äro martinugnar, lillbessemerugnar, degelstålsugnar och elektriska ugnar och äro de alla redan förut i detalj beskrivna, varför vi här endast skola sysselsätta oss med de olika chargernas sammansättning och skötsel. Vi hava angående detta ämne tre goda uppsatser på svenska till vilka kan vara skäl hänvisa, nämligen först och främst om svensk stålgjutgodspraktik av vår framstående expert på området bergsingenjör F. Stille (T. T. K. & B. 1909 sid. 9, 24, 52, 67 och 79), samt om utländsk av bergsingenjörerna G. Drakenberg (J. K. A. B. 1907 sid. 487) och C. W. Carlsson (J. K. A. B. 1907 sid. 659).

Martinugnarna: Angående dessa och deras skötsel skriver Stille:

»Martinugnarna för stålgjutgods kunna vara försedda med vare sig sur eller basisk infodring. Det har åtskilligt tvistats om, huruvida det ena eller andra vore att föredraga. På det hela taget torde detta vara en smaksak. Den basiska ugnen erbjuder fördelen av att kunna använda något billigare råvara. Dessutom påstås på sina håll, att den basiska metallens benägenhet för krympsprickor skulle vara mindre än den sura metallens, en uppgift, som dock tarvar bekräftelse. För min del har jag åtminstone ej kunnat finna någon bestämd skillnad i detta avseende. Däremot har den basiska ugnen den olägenheten, att den mängd av den tillsatta kiseln som bortgår är mera oberäknelig än vid sur ugn, och den senare torde därför giva en något jämnare produkt. Någon avgjord fördel framför den andra torde dock som nämnt ingendera ugnen medföra. Av det i Sverige tillverkade stålgjutgodset torde ungefär hälften tillverkas enligt vardera metoden.

»Ugnarnas storlek bör rätta sig efter godsets natur. Har man största delen smågods, bör chargen ej gärna överstiga 5 ton. Redan med denna storlek får man stundom tappa i omkring 200 ingöt, och gjutningen tager omkring 1 timmes tid. Med större charge är det naturligt, att det sist tappade stålet blir för kallt.

»Har man åter grövre gods att tillverka, kan man gärna gå upp till 10 ton och för enstaka fall därutöver. Att på samma charge sammanföra grovt och lätt gods är ej alltid fullt lämpligt, då det senare

oftast fordrar varmare metall än det grövre, ävensom mindre tappningshål i skänken. Lämpligast torde därför vara att, såsom oftast också är fallet vid stålgjuterier, hava två ugnar, en på 4 à 5 ton för ordinärt bruk, som kan drivas uteslutande för stålgjutgods, och en större på 10 à 15 ton, som kan tillgripas, då större charger behövas, men däremellan användas för göttillverkning.

»Smältningen visar intet avvikande från vanlig göttillverkning, om man undantager, att temperaturen hålles högre. Mot slutet tillsättes för åstadkommande av tät metall så mycket ferrosilicium, att kiselhalten i den färdiga produkten kommer att uppgå till 0,2—0,4 %. Användes härvid det i handeln sedan gammalt förekommande kiseljärnet med 12 % Si, är det särskilt av vikt, att temperaturen på metallen vid tillsättningen är hög. Genom den jämförelsevis stora mängd kiseljärn, som behöver tillsättas, blir nämligen badet starkt avkylt, och då därtill slaggen, på grund av den kisel, som alltid oxideras och ingår i detsamma, blir mycket sur, lägger sig som ett segt, dåligt värmeledande täcke över metallbadet, hindras lågan att värma upp det igen. Har detta före kiseltillsättningen ej varit tillräckligt överhettat, blir det därför för svalt, och man har knappt någon möjlighet att åter driva upp temperaturen på detsamma. Även om man efteråt eldar, så att ugnen är färdig att smälta ner, visar sig järnet vid gjutningen svalt och sätter snart igen tappningshålen i skänken.

»Det på senare åren i marknaden komna kiseljärnet med hög Si-halt medför fördelen, att avkylningen av badet blir långt mindre. Vidare blir uppkolningen av järnet ej så hög som vid användning av 12-%:igt kiseljärn, och man kan därför med det senare tillverka mjukare gjutgods. Under det att man med det senare knappt kan komma under 0,15—0,20 % kolhalt, kan man vid användning av ferrosilicium med 50 % Si utan svårighet komma ned till 0,10 % C. Däremot har det visat sig giva ojämnare produkt, beroende bland annat på, att det förekommit i olika form, ibland i större stycken och ibland i pulverform. Särskilt i senare fallet har det visat sig svårt att bedöma, hur mycket av den tillsatta kiselmängden, som oxideras av lågan. Man har därför på flera ställen återgått till det 12-%:iga kiseljärnet för de flesta ändamål och inskränkt användningen av det högprocentiga till gods, där låg kolhalt är av särskild vikt, såsom för elektriska ändamål.»

Om chargeringen av martinugnarna vid tillverkning av stålgjutgods torde till vad Stille ovan säger vara skäl att som ett påpekande tillägga, att gjutcharger i basiska ugnar sammansättas olika mot i sura på förstås rent kemiska skäl och kunde nog vara frestande att anföra exempel härpå från enskilda svenska verk, men som de på senare år vid bergskolebesöken benäget lämnade chargeringsuppgifterna erhållits endast med villkor, att de ej få i tryck offentliggöras, så få de detaljerade redogörelserna sparas till föreläsningarna. Såväl vid de

sura som de basiska ugnarna gäller som allmän regel, att man för gjutgodstillverkningen sparar bättre skro och tager det av genomsnittsbeskaffenhet till de vanliga mjuka götchargerna. Ej vill man heller till de förra ha mycket rostigt skro, tråd-, tunnplåts-, svarv- eller hyvelspånsskro, och tackjärnet tar man ävenledes av bästa sorten* samt vid de flesta verken något nödsattare och helst från hyttans manganrikaste beskickning. Detta allt därför, att man ej vill ha i gång koket, innan badet kommit upp i relativt högre temperatur. Jämför man medelsiffrorna för de svenska basiska och sura gjutchargerna finner man ock, att utom att de förra gå med avsevärt högre tackjärnsgjutskroprocent, så äro deras manganhalt större men kiselhalt lägre än de suras, allt i överensstämmelse med vad vi under martinmetoden sett vara regel. Här i Sverige taga de basiska martinverken för åstadkommande av den högre manganhalten antingen manganhaltigare tackjärn eller ock inkastas med chargen något 80-%:igt manganjärn, utomlands inkastar man för ändamålet spegeljärn till 1 à 3 % av chargevikten. Vid flera av stålgjutgodsugnarna är man ock angelägen, att vid chargeringen få tackjärnet och gjutskroet uppe på det mjuka skroet för att förekomma, att för mycket glödspån bildas av det senare och att koket skall börja för tidigt. Vad sedan kiseljärnstillsättningen angår, så måste större kiseljärnskvantitet användas vid basisk än vid sur charge, dels för det gasrikare badets skull, dels för att mindre av kiseljärnets kiselhalt kommer stålbadet till godo vid den förra än vid den senare, så som man i allmänhet gör tillsättningen vid de svenska verken. Visserligen är det sant, att man vid gjutcharger hela tiden håller varmare gång såväl vid basiska som sura ugnar än vid götcharger, och att man i regel noga aktar sig att göra ny malmning, innan slaggen efter den föregående ordentligt urkokats samt att man mot slutet malmar så försiktigt, att gjutchargernas slagg är vida mindre »färsk» än de andras och därför relativt mindre av tillsatsernas mangan och kisel förloras genom oxidation vid dessa än vid götchargerna, men i alla fall oxideras en god del — allt efter tillsättningssättet, som Stille påpekar — varförutom en del mekaniskt kvarhålles i den sega slaggen och därför är det givet bättre både därför och för förekommande av stålbadets avkylning genom kalla tillsatser samt till hindrande av att man i gjutgodset får vare sig för mycket eller för litet mangan och kisel — att, som i utlandet allt allmännare sker, tillsätta legeringsämnena i smält form i stålskänken vid utslagen. En liten Hammelraths degelugn är ej dyr varken i inköp eller drift och i båda avseendena ännu billigare ställer sig för de verk, som ha elektrisk kraft, en Rennerfelts el. ugn. Vilken risk det åter kan medföra att sätta t. o. m. pulveriserat rikprocentigt men kallt kiseljärn på stålskänkens botten anför L. Treuheit, som försökte

* Där man ej har en extra kvalité för verktygsstål, förstås.

det med 50-%:igt kiseljärn för kiselstål till dynamobleck och erhöll i först tappade götet (bottenstålet i skänken) $^1/_6$ mer kisel än i det sista.*

Lillbessemerugnarnas charger användas utomlands till smågjutgods samt till efterfyllning i sjunkboxarna vid stora martingjutgodspjäser, vartill lillbessemerstålet synnerligen väl lämpar sig, alldenstund detsamma, om det blåses på starkt kiselhaltigt tackjärn, blir utomordentligt hett. Totalkostnaden för ett sådant litet bessemerverk med konverter, kupolugn, motorer och maskinhus går endast till c:a 30,000 mark och leverar det då med 1 konverter 1000 tons färdigt gods per år vid charger på 1100 kg. Tackjärnet smältes övervarmt i kupolugnen, om det håller Si = 1,8—2,5 %, Mn = 0,8—1 %, S = 0,050 % och P = 0,075 %. Det chargeras då tillsammans med en del mjukt fosforrent martinstålskro (upp till 30 %). Sedan blåsningen fortgått tills koloxidlågan försvunnit, tillsättes, enligt en berättelse av bergsingenjör G. Stig, som i Tyskland studerat metoden, 50-%:igt kiseljärn, varpå blåsningen fortsättes ytterligare några sekunder. Till det nu övervarma badet sättes så 10 à 12 kg 80-%:igt ferromangan, per ton stål, och så fort detta smält tappas chargen. Den färdiga metallen håller vanligen Si = 0,25 %, Mn = 0,50 %, C = 0,10 % och är mycket het. Önskas högre kolhalter, så uppkolas med kupolugnsjärn, som innehållits. Blästerpression = 2000—3000 mm H_2O. Jägers blåsmaskin. Krigars kupolugn. Avbränningen c:a 5,5 % i kupolugnen och 8 % i konvertern.

* Redogörelser för formning, massa, torkugnar o. s. v., tillhörande ämnet Järnmanufakturering, återfinnas utom i ovannämnda tre svenska uppsatser i S. u. E. 1908 sid. 1099, 1177, 1249 och 1623, 1909 sid. 211, 351, 747 och 1191, 1910 sid. 919, 1912 sid. 889.

IX. Det smidbara järnets vällning.

Historik. Innan puddelprocessen uppfanns, så skedde det råa smidesjärnets och vällstålets förädling genom vällning så gott som uteslutande i härd, där det i koleld upphettades till vällvärme, varefter det utsmeds under hammare. I och med puddelugnarna, i vilka det färskade järnet ej kunde vällas samtidigt med att nytt tackjärn färskades, måste emellertid särskilda ugnar byggas för vällningen, och då detta visade sig medföra betydande bränslebesparing, så övergick man i lancashire även att välla härdjärnet i vällugn. I Sverige gjordes emellertid inga allvarsamma försök med något vällugnssmide förrän år 1823, då fullmäktige i Jernkontoret gåvo C. D. af Uhr i uppdrag att utreda, dels huru framställning av smidigt järn lämpligast kunde ske genom puddling med användande av ved såsom bränsle, dels ock om »möjligheten att i flamugn och med ved åstadkomma järnets vällning», sedan »Bruks-Societeten beslutat försöks anställande att hos oss, likasom i England, förmedelst valsar åstadkomma järnets utsträckande till stänger». Båda försöken utfördes vid Skebo bruk i en ugn som ömsom fick tjänstgöra som puddelugn, ömsom som vällugn.* Försöken utföllo emellertid så dåligt, att Uhr avrådde från tanken på att välla svenskt järn i ugn och sen valsa ut det, ty »detta skulle grundlägga en försämrad produkt». Nya försök gjordes sen först 1835 av G. Ekman vid Furudal, men även de misslyckades.** Först år 1838 uppfördes vid Nyby bruk en ugn vari järn kunde vällas, men den första riktigt användbara vällugnen torde dock hava varit den, som G. Ekman byggde vid Lesjöfors och vid vilken i en särskild generator av ved medelst bläster tillverkades gas, som förbrändes i vällugnen och där alstrade hettan. År 1848 hade Ekman förbättrat denna sin första vällugn, i det han givit den dels ett långt förvärmningsrum, dels ett ävenledes längre vällrum, samt en ganska effektiv varmapparat för blästerns uppvärmande. Som de första Ekmanska vällugnarna ej arbetade väl, såvida de ej eldades med fullt torr ved,

* J. K. A. 1825 sid. 103.

** Se »Om olika vällugnstyper» J. K. A. 1904 av E. G:son Odelstierna.

Fig. 3

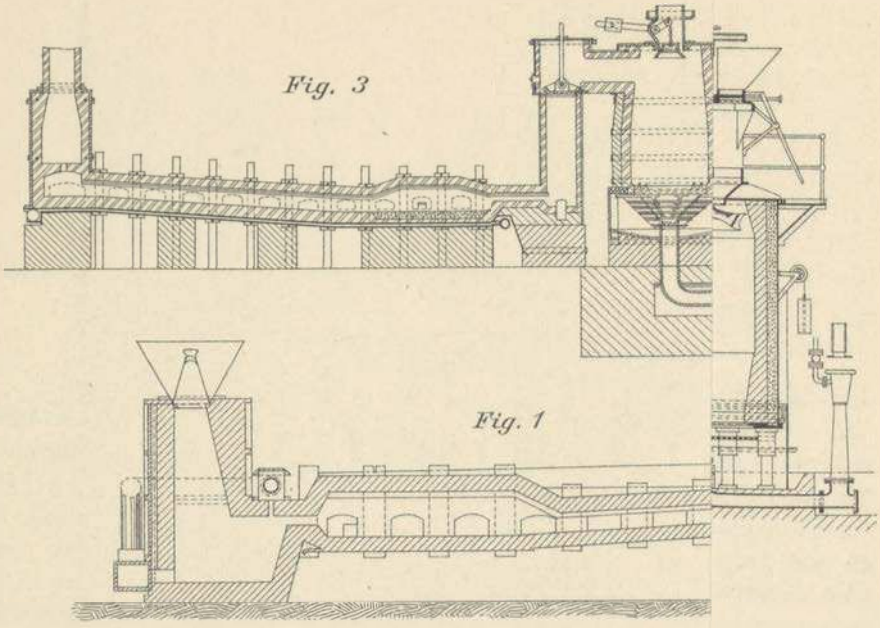


Fig. 1

Fig. 7

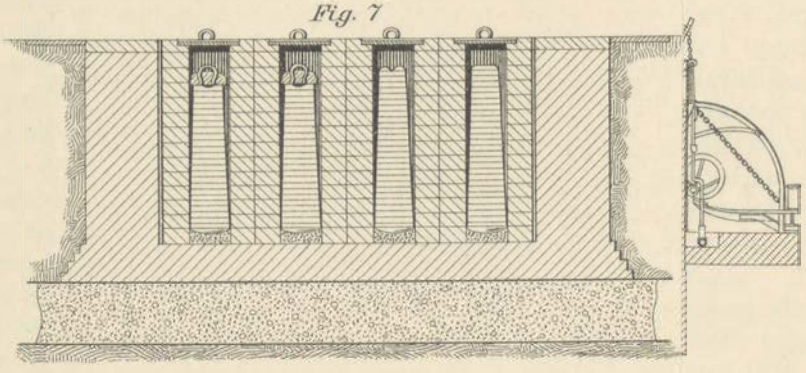
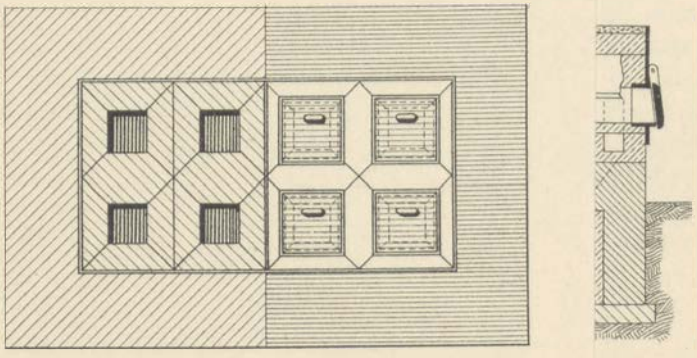


Fig. 8



Grav. av Emil Sachse

TRYCKERIET, STOCKHOLM.

och torkanordningarna för denna ställde sig dyra, fick först en vällugn, som D. Wenström 1850 konstruerade för eldning med träkol, en betydlig spridning, tills 1864 tvenne goda stenkolsgasvällugnar konstruerades, den ena av Lagergren och den andra av C. A. Jacobsson. Den förra ugnen hade endast ett koltorn, den senare åter två, varav det ena, vari stenkol uppsattes, befann sig längst bort från ugnsrummet, så att de i detta bildade stenkolsgaserna måste sila sig fram genom det andra tornets bränslelager, vilket utgjordes av träkol, och då genom sistnämnda anordning förekoms, att svavelhaltig stenkolsaska kunde komma in och verka förstörande på smältstyckena i vällrummet, så blev Jacobssons vällugn byggd och använd vid de flesta bruk, som lågo så till, att stenkolstransporterna ej blevo för kostsamma.

1862 hade vid Sälboda bruk gjorts några misslyckade försök med illa byggda Siemenska, regenerativa vällugnar, men 1865 byggde Fr. Lundin vid Munkfors en utmärkt sådan, vilken med gas av sur sågspån gav önskvärd vällhetta, och sedan byggde även flera bruk dylika vällugnar.

1868 byggde så Wittenström en efter honom uppkallad vällugn utan koltorn, vilken genom en eller två öppna trattar med blästerspärr skedvis matades med små stenkol, och vilken, till följd av att den lämnade en utmärkt jämn låga, ävenledes fann rätt allmän användning.

*a. **Ugnarna**. a. Vällugnarna:* De vid våra bruk mest använda vällugnarna äro av följande typer och utseenden:

1:o. De s. k. *Ekmanska* koltornsvällugnarna, hvarav pl. CII, fig. 1 och 2 visa en rätt allmänt använd konstruktion, vilken dock i flera avseenden är betydligt förbättrad mot den sista, som Ekman själv konstruerade. Denna ugn har, som synes, ett generatortorn, upptill försett med tratt och kon och nedtill med en blästerlåda, varifrån blästern genom ett eller flera stora hål vid tornets botten inkommer i bränslemassan. De i tornet bildade gaserna gå sedan upp till en eldbrygga och träffas då av den från en annan blästerlåda nedströmmande blästern, varav de antändas, varefter lågan över bryggan först inströmmar i vällrummet och därifrån passerar genom det lutande förvärmningsrummet samt sedan genom en rörvarmapparat till skorstenen.

2:o. De *Lagergrenska* ugnarna av Långshyttetypen (se pl. CII, fig. 2), där generatortornet är försett med en stor ryggforma och tvenne sidoformor, och där förr alltid såväl väll- som förvärmningsrum lågo horisontala, men där numera det senare liksom vid våra flesta andra vällugnar bygges med lutande botten.

Av dessa två ugnar har man sedan genom diverse kombineringar av detaljer och tillägg av en eller annan förbättring fått fram åtskilliga ugnskonstruktioner, som givit synnerligen goda resultat vid ut-

Fig. 3

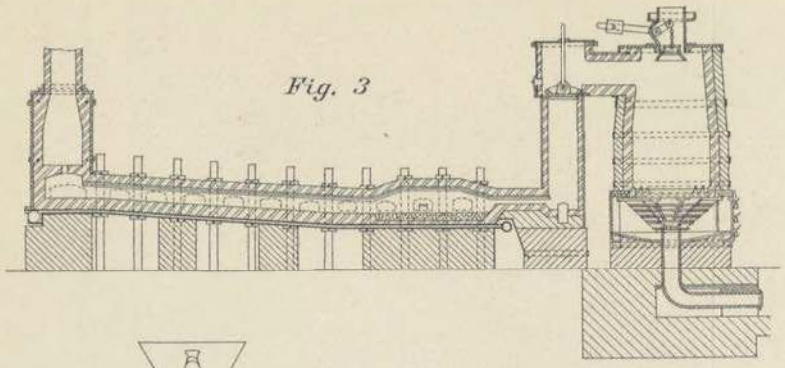


Fig. 1

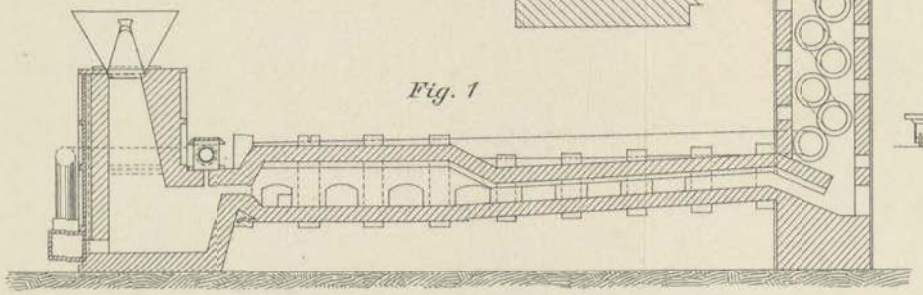


Fig. 4

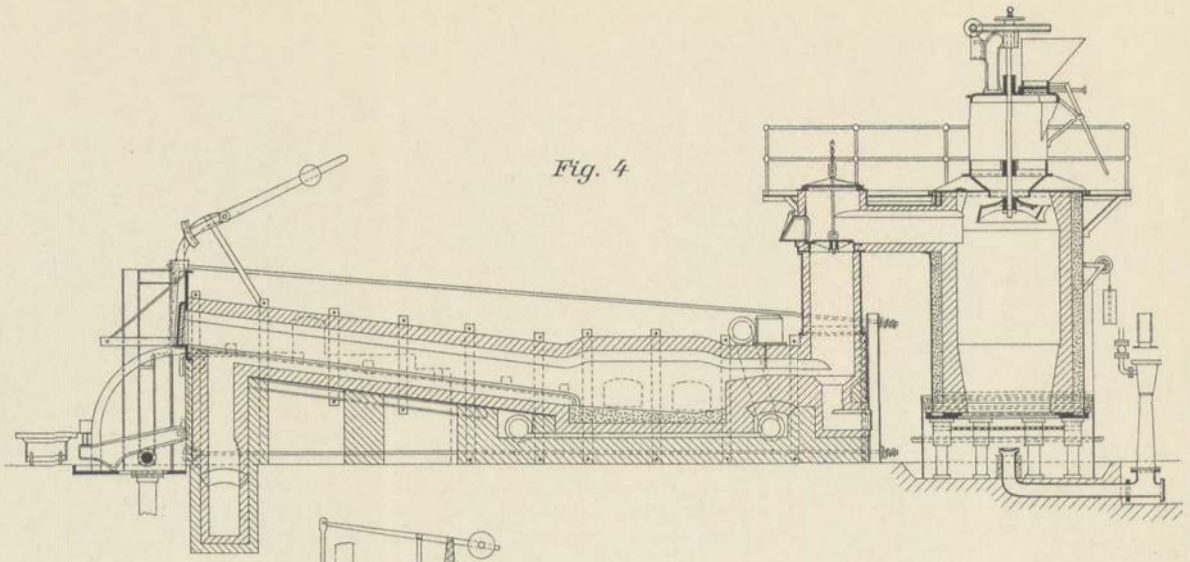


Fig. 5

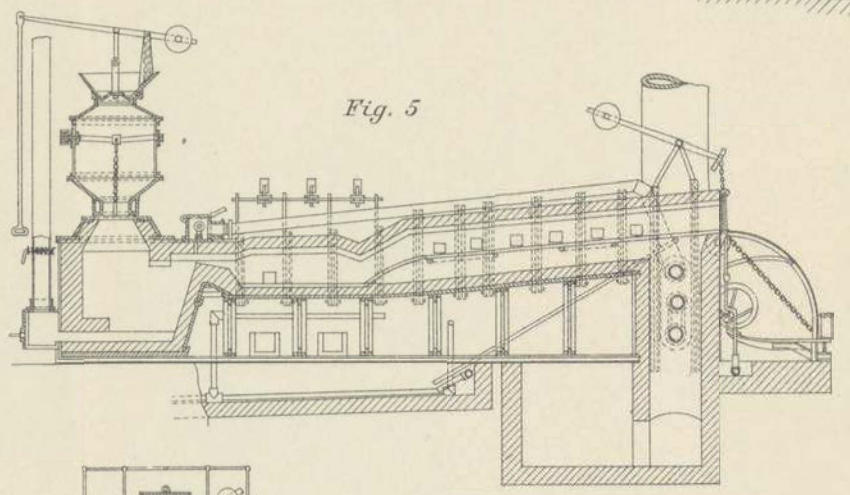


Fig. 7

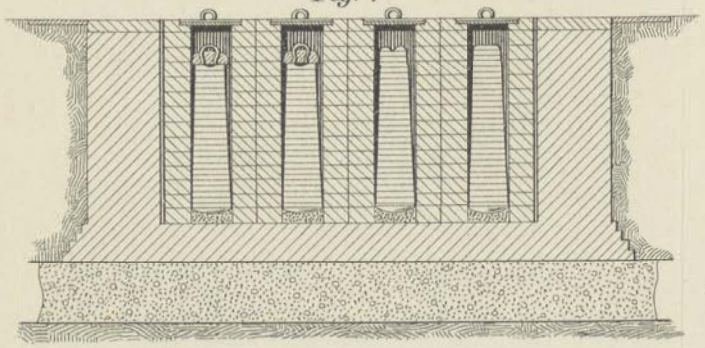


Fig. 8

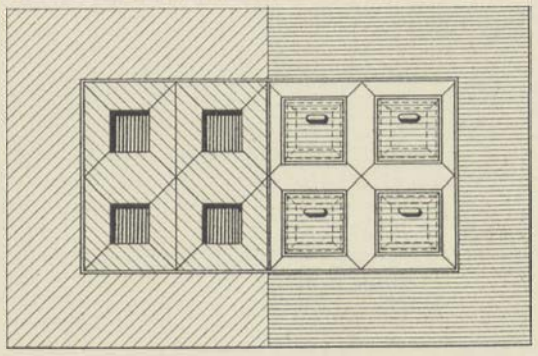


Fig. 2

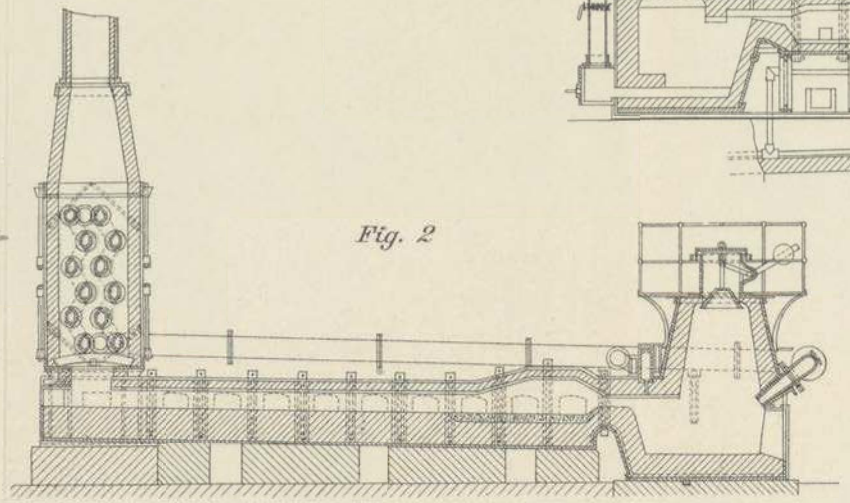
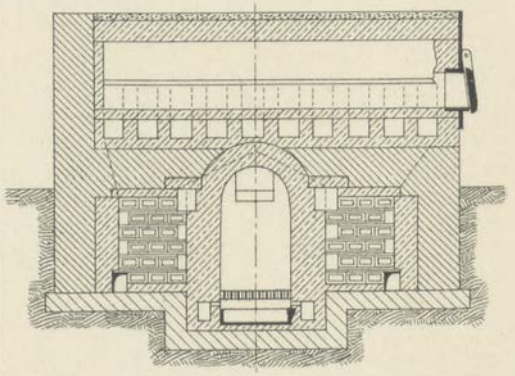


Fig. 6



Grav. av Emil Sachse

CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM

och torkanordningarna för denna ställde sig dyra, fick först en vällugn, som D. Wenström 1850 konstruerade för eldning med träkol, en betydlig spridning, tills 1864 tvenne goda stenkolsgasvällugnar konstruerades, den ena av Lagergren och den andra av C. A. Jacobsson. Den förra ugnen hade endast ett koltorn, den senare åter två, varav det ena, vari stenkol uppsattes, befann sig längst bort från ugnsrummet, så att de i detta bildade stenkolsgaserna måste sila sig fram genom det andra tornets bränslelager, vilket utgjordes av träkol, och då genom sistnämnda anordning förekoms, att svavelhaltig stenkolsaska kunde komma in och verka förstörande på smältstyckena i vällrummet, så blev Jacobssons vällugn byggd och använd vid de flesta bruk, som lågo så till, att stenkolstransporterna ej blevo för kostsamma.

1862 hade vid Sälboda bruk gjorts några misslyckade försök med illa byggda Siemenska, regenerativa vällugnar, men 1865 byggde Fr. Lundin vid Munkfors en utmärkt sådan, vilken med gas av sur sågspån gav önskvärd vällhetta, och sedan byggde även flera bruk dylika vällugnar.

1868 byggde så Wittenström en efter honom uppkallad vällugn utan koltorn, vilken genom en eller två öppna trattar med blästerspärr skedvis matades med små stenkol, och vilken, till följd av att den lämnade en utmärkt jämn låga, ävenledes fann rätt allmän användning.

*α. **Ugnarna**. α. Vällugnarna:* De vid våra bruk mest använda vällugnarna äro av följande typer och utseenden:

1:o. De s. k. *Ekmanska* koltornsvällugnarna, hvarav pl. CII, fig. 1 och 2 visa en rätt allmänt använd konstruktion, vilken dock i flera avseenden är betydligt förbättrad mot den sista, som Ekman själv konstruerade. Denna ugn har, som synes, ett generatortorn, upptill försett med tratt och kon och nedtill med en blästerlåda, varifrån blästern genom ett eller flera stora hål vid tornets botten inkommer i bränslemassan. De i tornet bildade gaserna gå sedan upp till en eldbrygga och träffas då av den från en annan blästerlåda nedströmmande blästern, varav de antändas, varefter lågan över bryggan först inströmmar i vällrummet och därifrån passerar genom det lutande förvärmningsrummet samt sedan genom en rörvarmapparat till skorstenen.

2:o. De *Lagergrenska* ugnarna av Långshyttetypen (se pl. CII, fig. 2), där generatortornet är försett med en stor ryggforma och tvenne sidoformor, och där förr alltid såväl väll- som förvärmningsrum lågo horisontala, men där numera det senare liksom vid våra flesta andra vällugnar bygges med lutande botten.

Av dessa två ugnar har man sedan genom diverse kombineringar av detaljer och tillägg av en eller annan förbättring fått fram åtskilliga ugnskonstruktioner, som givit synnerligen goda resultat vid ut-

vällning av såväl smältstycken som göten, och vilka, genom bränslebesparing och genom att de underlättat framställandet av yppersta stångjärnskvalité, hjälpt oss att hålla oss uppe i den allt svårare utländska konkurrensen. Bland dessa konstruktioner förtjäna isynnerhet med tacksamhet hågkommas J. E. Roths och G. Uhrs.

3:o. Uddeholms bolag, som i så många avseenden brutit bygd, då det gällt den svenska järnhanteringen, var, även då det gäller vällugnarna, banbrytare, då det genomdrev byggandet av den första fullgoda svenska regenerativa vällugnen, avpassad för våra svenska bränslen ved och torv, vilken ugnstyp i allt liknar martinugnarnas ehuru botten i den är plan.

4:o. Genom kombinering av en utmärkt konstruerad vällugn med en av H. Tholanders generatorer (se pl. CII, fig. 3) har ett bruk i Dalarne åstadkommit en synnerligen god vällugnstyp, väl värd att byggas även vid flera järnverk, under det att de flesta andra svenska vals- och hammarverk föredragit att uppföra de vid en mängd svenska bruk provade och såsom utmärkta överallt befunna Bildtska och Berglöfska typerna.

5:o. *C. W. Bildts* vällugn (se pl. CII, fig. 4) är försedd med en generator med Bildts kontinuerliga matningsapparat.

6:o. Pl. CI fig. 5 visar en E. Berglöfs ugn, även densamma försedd med kontinuerlig inmatning såsom av ritningen framgår.

7:o. Fig. 6 pl. CII framställer en ny ugnstyp (rekuperativ vällugn) konstruerad av ingenjör Hermansen vid Ivö tegelverk i Skåne. Avbildningen visar en plåtglödgningsugn, men konstruktören levererar även vällugnar av samma typ.

Vällugnarna indelas* uti koltornsvällugnar och gasvällugnar. Med de förra menar man sådana vällugnar, som äro omedelbart sammanbyggda med eldstaden, vari bränslet omvandlas till gas, så att den sistnämnda endast har att passera en helt kort väg (eldbrygga), innan den inkommer i vällrummet, medan man med gasvällugnar menar vällugnar (regenerativa eller rekuperativa), där gasen som i dem förbrännes, alstras i en alldeles från ugnen skild och på något avstånd från densamma uppförd generator. Båda slagen äro förstås strängt taget gasugnar. Den förra gruppen ugnar indelade man förr i två underavdelningar, ugnar med dragluft och ugnar med blästerluft, av vilka den förstnämndas gingo med ej förvärmd luft såväl under eldstadsrostet som i antändningen och därför voro mycket oekonomiska, samt nu äro så gott som alldeles försvunna. Även blästerugnarna drivas somligstädes med kall antändningsbläster, men medför detta förstås ökad bränsleåtgång, varför man överallt övergår till varmbläster, då det gäller antändningsluften. Koltornsvällugnarna taga mindre plats än gasugnarna, men erfordra som bränsle ovillkorligen

* Vidare i Allmän metallurgi om äldre vällugnar och en del utländska vällugnstyper.

stenkol, av jämn och stybbefri beskaffenhet samt givande minst 5500 v. e. pr kg om i vällugnen skall vällas mjuk götmetall och 6800 v. e. om i densamma skall erhållas fullgod väll å lancashiresmältstycken. Gasvällugnarna åter gå utmärkt för gas av vida sämre stenkol och ävenledes med gas av brunkol, stubbved, pinnar, sågspån och annat sågverksavfall, men hava de regenerativa gasugnarna det emot sig, att götmetallen far illa av att tvärvärmas i dem. De rekuperativa vällugnarna åter kunna anordnas som frammakningsugnar, och ha då alla en koltornsugns förtjänster med undantag av, att taga mera plats (generatorn inräknad).*

Vällugnarnas konstruktion och vällugnsresultatet. I tabell LXXXIV finnas samlade en del uppgifter över resultat, ernådda med forna och nutida svenska vällugnar, varvid vällugnarna 1—7 och 17—19 visa forna resultat och de övriga nutida.

Synnerligen mycket avvika ej de gamla nu i bruk varande koltornsvällugnarna från varandra, utan ligga olikheterna huvudsakligen i dimensionerna, i sättet för den gasalstrande blästerns inledande samt i springans för antändningsblästern läge.

De hava i regel ett tämligen lågt koltorn, upptill slutet med kon och tratt, av vilka konen vanligen rör sig uppåt vid öppnandet. Endast ytterst få bruk nöja sig med att arbeta med så magra stenkol, att de ännu kunna begagna det gamla Ekmanska för ved- och träkolstorn avsedda skjutspjället, medan många bruk synas hava utdömt en annan gammal men god uppfinning från 1859, nämligen spetthålen i koltornets täckhäll, vilka spetthål i stället, som bekant, allmänt införts vid martinverksgeneratorerna och där möjliggjort användandet även av något bakande, mycket gasrika stenkol. Varför spetthålen vid 1870—90-talens vällugnskonstruktioner försvunnit, torde vara svårt att avgöra, men kanske orsaken kan vara, att de vid vällugnarna använda gasantändningssätten och antändningsblästerns relativt obetydliga temperatur göra bruket av de fetare stenkolen mindre ekonomiskt såsom ledande till för sotblandade skorstensgaser.

På det att stenkolen skola sjunka efter även utan spettning, vidga sig tornen i allmänhet ganska skarpt nedåt, men sammandraga sig åter något nere vid botten i en del typer, där blästern införes genom bottensidoöppningar, och då givetvis för att minska väglängden och motståndet för den gasalstrande blästern vid passerandet genom bränslemassan.

Det sätt, på vilket denna bläster vid koltornsugnarna inkommer i bränslemassan, ger koltornet dess huvudsakliga karaktär, och torde man lämpligast indela dessa ugnar i två grupper, de *med blästerinledning genom formor* och de *med blästerinledning genom gluggar*. Bland

* Ritningar å moderna utländska vällugnar företes vid föreläsningarna i ämnet, alldeles så som förhållandet är vid andra avdelningar i J. M. Att här låta avbilda flera dylika ugnstyper skulle göra boken ännu dyrare, än vad den tyvärr i alla fall blir.

de förra ugnarna märka vi de Wenström-Jacobssonska med sidoformor och de Lagergrenska med stor ryggforma som dock numera riktas ej lodrätt utan snett nedåt, ävensom olika kombinationer av rygg- och sidoformor. Vid blästerinledning genom gluggar åter äro dessa till ett antal av från 1—4 placerade i koltornets rygg, i de flesta fallen alldeles nere vid botten, varifrån dock en del av de Uhrska ugnarna göra avvikelse. Vid sagda ugnar, t. ex. den s. k. dubbla valsverksugnen, har nämligen Uhr under gluggraden ett asksamlingsrum, medan han i densamma också har, något ovanför gluggraden, en rad formöppningar.

Antändningsblästern inkommer, såsom redan nämnts, vid de Wittenströmska ugnarna på samma sätt, som Gustaf Ekman anordnade det på 1840-talet eller såsom spärrbläster i inmatningstratten, men vid de övriga numera använda ugnarna vanligast genom en springa i valvet. Springan, som antingen är hel eller avdelad, placeras så gott som i regel på det Wenströmska sättet, d. v. s. så, att de i koltornet alstrade gaserna träffas av antändningsblästern, något innan de nå fram till eldbryggan.

Vad vällrummets höjd vidkommer, så hade alla gamla ugnar mycket lågt och rakt valv. Först sedan Friedrich Siemens börjat skriva sina uppseendeväckande avhandlingar om betydelsen av tillräckligt stort och fritt rum för lågan att förbrinna uti, började vällugnsmännen att något öka på höjden i vällrummet, dock långt senare än martinkarlarna efter österrikiskt exempel utdömt de låga valven.

Såsom av tabell LXXXIV framgår, varierar valvhöjden i vällrummet mellan 0,18 och 1,05 m, båda dessa ytterligheter lika sällsynta. Det förra måttet förekommer i en gammal regenerativ vällugn för ämnen av martin, och det senare i en götvällugn. Troligt är väl dock, att medan det förstnämnda hör till de försvinnande måtten, det senare får räknas till de kommande, alldenstund götdimensionerna tendera till att ökas. Medelmåttet för vällrummets höjd är 0,40 m.

Vad, som är lämpligaste måttet för höjden i en viss ugn, beror naturligtvis i första hand av storleken å de ämnen, som i ugnen skola vällas, och i andra av den gasmängd, som ugnen för dessa ämnens snabba vällning behöver förbränna. I varje enskilt fall kunde svaret givas, blott om man hade tillräckligt många gjorda försök att grunda detsamma på, ty teoretiska spekulationer hjälpa i ett fall sådant som detta föga, vilket bäst torde framgå av, huru teorierna om lämpligaste eldrumsvolymen fått under tidernas lopp ändras, när djärva praktiska försök visat deras oriktighet. Men lika klart, som det är, att olika grova ämnen fordra olika vällrumshöjd för minsta bränsleåtgång, lika klart är ock, att man av en ugn, lämpligt konstruerad för en viss sorts ämnen, ej får begära, att den skall ge bästa resultat även för avsevärt grövre eller synnerligen smalare sådana, eller vid vällning samtidigt av mycket varierande ämnesdimensioner.

Lika mycket, som ugnsrummets höjd varierar, växlar ock dess längd. Så visar av de i gång varande ugnarna en måttet 1,50 m och en 12,20 m medan medelmåttet är 5,84 m, varvid dock bör anmärkas, att måttuppgifter saknas för 4 regenerativa vällugnars förvärmningsugnar, vilka uppgifter, om de angivits, skulle höjt medelsiffran något. Såsom något av de lämnade svaren alldeles otvetydigt framgående kan ock nämnas, att de nyare vällugnarna gjorts med varje år allt längre för samma ämnesdimensioner, varigenom naturligtvis vunnits i bränsleåtgång och vällningsförmåga, om ock ej någon avsevärd besparing i avbränna därigenom uppstått, sedan ugnsrummens längd passerat ett visst mått, olika för olika ämnesgrovlekar. Vid en del verk, där man för kraftalstring behöver ånga, och där man sedan gammalt vant sig vid att hämta värmen därtill från de från diverse ugnar bortgående, ej tillräckligt nyttiggjorda förbränningsgasernas värme, hyser man kanske än den åsikten, att en vällugn bör i sitt förbränningsrum alstra mera värme, än som behöves för dess eget uppvärmande och lagom skorstensdrags underhållande. Men »frågan har flera sidor» och förtjänar att tagas under allvarligt behandlande, så att alla skäl för och emot kunna skärskådas. Bör vällugnen endast avse ämnesuppvärmning eller tjänstgöra även såsom kraftkälla? I förra fallet skall den naturligtvis så konstrueras, att den under fullständig gasförbränning avlämnar förbränningsgaserna till skorstenen med så nära blott 150° temperatur som möjligt. Vid vällning av stora järnmängder måste vällugnens längd då bli betydlig,* men samtidigt växer** på ett betänkligt sätt de värmeutstrålande ytornas storlek, och kanske innan man kommit ned till 150° gastemperatur, mera värme utstrålar, än som försvarar, att ångpannan eldas med särskilt bränsle. Å andra sidan är det ju sedan c:a 20 år tillbaka en erkänd sak, att götmetallen skadas av för plötslig uppvärmning och blir bäst — isynnerhet om den utgöres av högre kolhalter — om styckena inläggas i så att säga mörk värme, d. v. s. föga över 150°, och därifrån frammakas ej alltför hastigt i röd- och gulvärme och ej för länge hållas inne i det högst upphettade vällrummet, men ej heller därifrån uttagas, förr än de äro fullt genomvarma. En lång frammaknings-ugn med ej för långt vällrum fyller, som bekant, dess fordringar, vilka våra yngre vällugnskonstruktörer tydligen haft sitt ögonmärke skarpt riktat på. Våra gamla regenerativa vällugnar hava ock så att säga stupat på, att de ej kunna fylla dessa betingelser, ty fastän de varit försedda med förvärmningsugnar, så har mycket stål förstörts i dem, först genom att kanske tiotal grader kallt kastas in i förvärmningsugnens 900° temperatur och så från denna lika tvärt in i vällugnens 1300°. Mången stålkarl har med bekymmer lyssnat till, hur det klingat och knäppt i ämnen och göt av vårt finaste verktygsstål, när

* Eller ock byggas en rekuperativ ugn.

** I förra fallet.

Tabell

N:r	Vällugnstyp	Ugnsrummets längd	Ugnsrummets bredd	Ugnsrummets valvhöjd	Använd bränslesort	Bränsleåtgång per timme, beräknad i kg stenkol	Stål- eller järnsort, som uträckes
		meter					
	Smidesugnar.						
	Äldre:						
1	av Uhrs 1825	3,25	1,45	0,32	torkad ved	88	tyskjärn
2	Ekmans 1843	1,05	0,60	0,30	torkad ved o. träkol	73	lancashire
3	Munkfors 1845	—	—	—	träkol	62	»
4	Lesjöfors 1848	2,50	0,60	0,28	torkad ved	147	»
5	Lundins, Munkfors 1863	förvärm.-rum = 1,64 väll.-rum = 1,94	0,75	0,35	» »	80	»
6	Jacobssons 1864	2,70	0,60	0,28	sten- och träkol	73	»
7	Lundins, Munkfors 1865	3,60	0,60	0,18	sur sågspån	239	»
	1904 i gång varande:						
8	Ekmans	4,57	0,76	0,50	stenkol	120	»
9	»	5,20	1,40	0,65	»	159	bessemer
10	»	1,50	0,75	0,42	»	148	lancashire
11	»	4,21	1,00	0,45	stenkol och pinnar	112	»
12	»	4,50	0,65	0,45	» » »	106	»
13	»	4,16	0,75	0,39	» » »	87	»
14	»Lundinsk» (regenerativ)	2,10	0,60	0,30	ribb och skogsavfall	144	»
15	Bildts	5,67	0,90	0,45	stenkol	164	»
16	»	1,85	0,93	0,30	»	152—173	»
	Valsverksugnar.						
	Äldre:						
17	Nyby 1838	—	—	—	torkad ved	123	tyskjärn
18	Wenströms 1851	3,30	0,68	0,23	träkol	65	lancashire
19	Lagergrens 1864	3,60	0,67	0,24	stenkol	132	»
	1904 i gång varande:						
20	Ekmans	5,40	0,75	0,35	pinnar och stenkol	145	»
21	Ekman—Jacobssons	3,90	0,75	0,23	stenkol	198	»
22	» — »	»	»	»	»	»	»
23	»	2,00	1,20	0,40	»	101	lanc. och martin
24	»	6,60	1,35	0,52	»	144	lancashire
25	»	4,15	0,80	0,38	stenkol och ved	176	lanc. och (martin)
26	»	4,23	0,90	0,40	stenkol	200	martin och (lanc.)
27	»	7,50	1,40	0,58	»	150	martin och bess.
28	»	5,85	1,05	0,30	»	140	lancashire
29	»	1,90	0,90	0,50	»	170	»
30	»	10,48	1,43	0,55	»	128	martin
31	»	5,03	0,98	0,38	»	106	»
32	»	7,40	1,30	0,52	»	130	»
33	Koltorns	5,80	1,05	0,40	»	86	bessemer
34	»	5,60	1,05	0,50	»	60	»
35	»	6,60	0,92	0,29	»	90	martin och lanc.
36	»	5,40	1,20	0,47	»	120	lancashire
37	»	»	»	»	»	»	»
38	»	»	»	»	»	»	»
39	»	5,34	1,19	0,47	»	?	»
40	»	9,80	1,50	0,92	»	242	martin
41	»	7,50	1,35	0,50	»	140	»
42	»	4,80	1,35	0,50	»	102	»
43	»	6,00	1,20	0,45	»	145	»

LXXXIV.

Styckenas dimensioner eller vikt	Maximivällning per timme, kg	Avbränning, %	Beräknad åtgång av stenkol per kg av maximivällning, kg	Anmärkningar
27 kg	20	5—15	4,40	Omändrad vedpuddelugn.
75 »	131	15	0,56	Generatorugn.
34 »	142	19	0,44	Träkolstorn.
4″ fyrkant	285	13	0,52	
3″ á 4″ »	114	14	0,70	Regenerativa ugnar.
» » »	155	12,9	0,47	
» » »	408	11	0,59	
$3^1/_2$″ och $4^1/_2$″ fyrkant	350	10	0,34	Omändrad från ved till stenkol.
grova göten	750	19	0,21	Götena nedsmidas till billets m. m.
3″ fyrkant	433	9,8	0,34	
22—26 kg	500	10,5	0,22	Stång-, manufaktur- och knippjärn.
3″—6″ fyrkant	400	12	0,26	
3″ » à 20 kg	300	11,5	0,26	Dagsmide av grovt järn.
$3^1/_2$″—4″ »	530	10	0,27	Med förvärmningsugn.
80×80×600 mm	540	11,7	0,30	Avhugg inräknat.
$3^1/_2$″ fyrkant×21″	475	9—14	0,32—0,365	
4″ fyrkant	292	11	0,43	
$3^1/_2$″ »	138	8,5	0,47	Valsades till dels $^3/_4$″—$1^1/_8$ bultjärn, dels 3″×$^1/_2$″ stångjärn.
6″ » ×13″	376	7,5	0,35	
5″ » ×12″	800	19	0,18	Dagsmide och många olika dimens.
3″—4″ fyrkant	750 à 1000	10,5	0,20 à 0,26	Medelresultat för båda ugnarna.
» » »	» » »	»	» » »	
2″—6″ »	600 à 700	lancashire 7,5 martin 6	0,17—0,14	
$4^3/_4$″ »	1120	7 à 8	0,13	
2″—6″ »	1000	göt $2^1/_2$ stycken $5^1/_2$	0,18	Valsas till stång- och finjärn.
» »	1150	»	0,17	» » » » »
$4^1/_4$″—8″ »	1000	3,8	0,15	Mest mjukt stål.
$3^1/_2$″—6″ »	1200	8	0,12	
3″—4″ »	1100—1200	martin 3,6 lancashire 7,1	0,15—0,14	Finjärnsugn.
0,2—0,4 m »	2000	0,95	0,064	Götvällugn.
137 mm »	950	2,5	0,11	
9″ » à 315 kg	750	5	0,17	Stång- och fasonjärn.
82—116 mm fyrkant	1250	4	0,07	Tråd- och mediumjärn.
82 » »	1250	4	0,05	Finjärn och fasonstål.
$6^1/_2$″ fyrkant	1200	martin 4 lancashire 11	0,075	Stångjärnsvalsning.
4″ »	582	10	0,20	Årsresultat och medeltal för 3 ugnar.
» »	»	»	»	Obs. Ej maximivällning.
» »	»	»	»	
85 mm » à 35 kg	1400	10	—	
12″ göten	2850	2,14	0,085	Götvällning.
6″—8″ billets	1250	1,96	0,11	Grövre järn.
3″—6″ »	600	2,92	0,17	Stångjärn.
2″—$3^1/_4$″ »	1100	3,47	0,13	Finjärn.

Tabell

N:r	Vällugnstyp	Ugnsrummets längd	Ugnsrummets bredd	Ugnsrummets valvhöjd	Använd bränslesort	Bränsleåtgång per timme, beräknad i kg stenkol	Stål- eller järnsort, som uträckes
		meter					
44	Koltorns	7,50	1,15	0,35	stenkol	166	lancashire
45	»	1,80	1,10	0,23	pinnar och stenkol	86	martin
46	»	2,10	1,50	0,45	» » »	122	»
47	»	2,10	1,50	0,45	» » »	122	»
48	»	6,80	1,20	0,45	stenkol	134	martin och bess.
49	»	6,50	1,20	0,48	»	137	» » »
50	»	5,00	1,30	0,45	»	165	» » »
51	»	6,60	1,50	0,47	»	72—108	bessemer
52	»	6,60	1,50	0,47	»	57—101	»
53	»	4,60	0,94	0,25	»	50—79	»
54	»	4,85	1,00	0,45	»	135	lancashire
55	»	4,80	0,95	0,26	»	200	»
56	»	5,00	1,08	0,44	»	152	»
57	»	5,50	1,10	0,33	»	165	lanc. och martin
58	»	7,00	1,34	0,63	»	143	martin
59	Regenerativ	2,70	1,20	0,18	stenkol och pinnar	295	»
60	»	3,30	1,40	0,30	» » torv	180	»
61	»	4,02	0,92	0,33	stubbar	363	martinjärn
62	»	4,61	1,86	0,33	»	612	lancashire
63	»	4,21	1,48	0,33	»	338	martinstål
64	»	6,30	1,35	0,38	{ spån, pinnar, stenkol och torv }	194	lanc. och martin
65	»	3,00	1,20	0,45	spån och ribb	229	» » »
66	Uhrs dubbelugn	11,60	0,90	0,45	stenkol	270	» » »
67	Wenströms	6,63	0,76	0,50	»	115	lancashire
68	Wittenströms	3,00	0,60	0,25	»	50	skro
69	Plåtugn	5,15	1,85	0,66	torv	101	bessemer
70	Tholanders	9,50	1,40	0,60	stenkol	162	martin
71	»	7,00	1,05	0,45	»	130	»
72	Berglöfs	2,65	1,40	0,65	»	225	»
73	»	1,82	1,20	0,45	»	180	martin och lanc.
74	»	6,30	1,15	0,43	»	144	» » »
75	»	10,50	1,35	0,50	»	360	» » bess.
76	»	5,10	»	0,45	»	270	» » »
77	»	6,70	»	0,45	»	270	» » »
78	»	6,30	1,00	0,33	»	166	lancashire
79	»	6,30	1,25	0,50	»	192	»
79 a	»	—	—	—	»	192	martin och lanc.
80	Bildts	6,50	1,50	0,50	»	217	martin
81	»	12,00	1,53	0,85	»	265	»
82	»	6,46	1,20	0,45	»	{ mart. 307 lanc. 360	» lancashire
83	»	9,30	1,55	0,95	»	259	martin
84	»	9,26	1,40	1,05	»	240	»
85	»	8,20	1,30	0,80	»	144	»
86	»	12,20	1,70	0,95	»	252	martin och bess.
87	»	11,80	1,60	1,00	»	210	» » »
88	»	8,40	1,20	0,48	»	155	» » »
89	»	8,40	1,20	0,50	»	125	» » »
90	»	7,60	1,40	0,65	»	240	martin
91	»	8,00	1,40	0,94	»	170	bessemer
92	»	9,00	1,35	0,50	»	150	bess. och martin

LXXXIV (forts.).

Styckenas dimensioner eller vikt	Maximivällning per timme, kg	Avbränning, %	Beräknad åtgång av stenkol per kg av maximivällning, kg	Anmärkningar
$3^1/_2''$ fyrkant	1000	10	0,166	
80 mm »	1330	2,92	0,065	
200—250 mm fyrkantgöt.	1660	2,85	0,073	
» » »	1660	2,85	0,073	
135—33 » fyrkant	1700	3,74	0,079	
135—65 » »	1700	3,49	0,081	
110—40 » »	1700	3,69	0,097	
200—250 » fyrkantgöt.	1500	3 à 4	0,048—0,072	Ugn med balkbotten.
62—150 » fyrkant	1100	4 à 6	0,052—0,092	» » »
37—100 » »	600	4 à 6	0,083—0,131	
$2^1/_2''$—7'' »	1000	8,75—8,90	0,135	
5''—6'' »	1000	11,8	0,20	Bränsle vid maximivällning.
3'' »	850	9,75	0,18	Dubbelvällning.
68—75 » »	1100	mart. 4, lanc. 8,3	0,15	
150 » »	1430	4	0,10	
68 » »	1100	5,5	0,268	Förvärmningsugnen ej inräkn. i mått.
3'' »	1400 à 1500	5 à 6	0,13—0,12	» » » » »
$2^1/_2''$ fyrkant à 19 kg	1000	4,5	0,36	» inräkn. » »
3'' » » 50 »	1600	9	0,38	» » » »
3'' » » 35 »	770	4	0,44	» » » »
3'' smältst. fyrkant $6^1/_2''$ göten	1500	lanc. 12, göt. 4,45 billets 6,45	0,13	» » » »
$3^1/_2''$ och grövre fyrkant	år 1903—1003 1250—2000	—	0,23	
		7,6	0,18—0,115	» ej inräkn. » »
under $7^1/_2''$ »	2300	10	0,118	
$4^1/_2''$ fyrkant à 50 kg	1000	9,7	0,115	
skropaket	600	11,5	0,083	Paketugn.
25×235 mm	400	3	0,25	Plåtugn.
9''—12'' göten	2500	7	0,082	
3''—$4^1/_2''$ billets	1250	7,5	0,104	Mediumverksugn.
10'' göten	2600	3,6	0,086	
3'' à 4'' fyrkant	martin 1500 lanc. 1250	martin 3,6 lancashire 7,1	martin 0,12 lanc. 0,144	
» » »	martin 1250 lanc. 1100	?	martin 0,12 lanc. 0,131	Dagvalsning.
12'' göten	4000	1,8	0,09	Götvällugn.
85 mm billets	2000	3,3	0,135	Mediumverksvällugn.
75 » »	2500	3,7	0,108	Finverksvällugn.
75—175 mm fyrkant	1000	7,8	0,069	
100 » »	2800	7,27	0,069	
diverse dimensioner	1368	martin 3,31 lancashire 7,27	0,14	Årsrapport för nr 79.
8'' fyrkant à 210 kg	2000	2,5	0,108	Götvällugn.
9''—14'' göten	3750	7,5	0,071	Valsas till billets och stångjärn.
6''—8'' »	2889	2,9	0,106	» » $5^1/_2'' \times {}^5/_8''$.
smältstycken	1806	9,2	0,199	» » » » » o. $1^3/_4'' \times {}^1/_2''$.
10'' göten	3000*	$1—1^1/_2$*	0,086	*Ugnen nyss igångsatt. Resultaten väntas bliva sådana.
8'' fyrkant och 32''×12'' göten	1800	4,5	0,133	
185×185×1000 mm göt.	1500	—	0,096	
8''×10'' och 12''×14'' göt.	4000	3,54	0,063	»Koniska» göt.
0,9×0,4×0,18 och 1,5×1,08×0,28 m göten	3000	5,17	0,070	Plåtgöt.
130×110 mm	1700	2,00	0,091	Tunnplåtsämnen.
110×110 och 33×33 mm	1700	3,71	0,074	Finverksjärn.
150 mm fyrkant	2250	1,30	0,107	Maximidrivning i såväl stenkolsåtgång som ämnen.
105×25×20 mm	2200	1,50	0,077	Ämnesvalsning.
$4^1/_2''$ fyrkant	2000	2,70	0,075	Mest stål.

sprickorna bildat sig. Men ugnslängden kan även bliva för stor. Går stålets uppvärmning alltför varligt, växer på mindre önskvärt sätt avbränningen. Skola vi fortsätta att arbeta med huvudsakligast stenkol såsom bränsle i våra frammakningsugnar, kan det väl tyckas, att åtminstone de bruk, som hava torv och skogsavfall i tillräckliga kvantiteter och tillräckligt billigt, om de behöva ånga, böra elda ångpannorna med dessa bränslen vare sig direkt eller med gas av dem och i vällugnen* uttaga all den värme, som där alstras vid stenkolsgasens förbränning. Ty otvivelaktigt är väl, att man får bättre nytta och jämnare effekt av en ångpanna, som skötes direkt för sig, än av en, vars skötsel ställes i beroende av en vällugns alltid något ojämna gång.

Ugnsrummets bredd växlar mellan 0,60 m och 1,86 m och är i medeltal 1,19 m, samt rättas naturligtvis även den efter ämnesdimensionerna, d. v. s. styckenas eller götens längder, och gäller detsamma här som vid valvhöjden, ehuru med mindre skärpa, att en ugn avsedd för en viss ämneslängd ej kan gå lika ekonomiskt för en kortare, med mindre denna passar att inlägga i flera rader än den förra. Även ugnsrummets bredd har på senare år avsevärt ökats, naturligt nog vid götugnarna, där vi nu hava att hantera göt, som i regel äro 1,2 m i längd eller mera, medan vi för 25 år sedan sällan göto dem längre än 0,75 m. Men även ugnar avsedda uteslutande för vällning av smältstycken tagas numera betydligt bredare än förr — vanligtvis i stället för förr endast 0,6 m nu över 1 m — och den bredaste ugnen, som i tabellen upptages, eller den med 1,86 m ugnsrumsbredd, är just en lancashirevällugn.

Indelar man ugnarna i valsverksavseende i:

1:o ugnar för trådvalsverk,
2:o » » finverk,
3:o » » mediumverk,
4:o » » grovverk samt varje sort i *a*) ugnar med ångpanna och *b*) ugnar utan sådan, så kan man kanske även här i Sverige i mera raskt arbetande valsverk bygga ugnar efter samma måttförhållande som dem T. Freytag anför från tyska ugnar:

	1		2		3		4	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
Härdlängd i m . . .	3,5	10,5	2,5	11,0	2,75	11,0	3,5	9,5
Härdbredd » » . . .	2,1	1,5	1,55	1,55	1,65	1,65	1,9	1,75
Rostarea i m^2 (planrost)	1,56	1,86	1,00	1,56	1,00	1,90	1,90	1,90
Valvhöjd i m över ugnsbotten . . .	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9	0,75
Ugnsbottens lutning .	—	1/20	—	1/15	—	1/12	—	1/9
Stenkolsåtgång per 12 t:r i ton	3,9	3,7	2,9	3,7	3,0	4,5	3,7	5,5

* Då helst rekuperativ.

Vällugnar för grovplåt ger han måtten: härdlängd = 3,6 m, härdbredd = 1,8 m, rostyta = 2,0 m^2, valvhöjd = 0,9 m och angiver kolåtgången till 3,0 t. Ämnesvällugnar för tunnplåt åter få härdlängd 3,5 m, härdbredd = 2 m, rostyta 2,0 m^2, valvhöjd 0,65 m och sägas draga en kolåtgång av 3 ton.

Se vi så till bränslesortkolumnen i tabell LXXXIV, så finna vi, att av 80 ugnar, för vilka lämnats uppgift om, vad bränsle de förbruka, 6 gå med uteslutande inhemskt bränsle, 10 med blandning av sådant och stenkol, och 64 med enbart stenkol.

Man kan svårligen kalla dessa tal tilltalande från nationalekonomisk synpunkt. Det var en tid, då det såg ut att gå på samma sätt inom martinhanteringen, att även den ämnade övergå till enbart stenkolsbränsle. Vi fingo ej bygga några andra martinverk än med stenkolsgeneratorer, emedan vattendragen förorenades av kondenseringsprodukterna från torv- och vedgasen. Men sedan vi lärde oss att övervinna dessa svårigheter, så har vid martinverken användandet av torv och skogsavfall såsom bränsle hastigt växt på ett glädjande sätt, och flertalet av de verk, som kunna skaffa sådant bränsle, hava övergått till dess brukande, medan några ämna följa dessas exempel.

Fullkomligt säkert är att man kan erhålla fullgod vällvärme för stål med torv och ved såsom bränsle även i frammakningsvällugnar, ty det bevisa såväl i Sverige som i Österrike gjorda försök, och äro villkoren för god effekts ernående härvid endast att generatortornet placeras vid vällrummet, såsom i en vanlig koltornsvällugn, att det tages tillräckligt rymligt och att vällugnen göres nog lång i förvärmnings- och vällrummen. För lancashire åter tyckes detta ej gå för sig.

Variationerna i bränsleåtgång per timme äro, sådana de framgå av tabellen, kanske närmare sett mindre än man kunnat vänta, om ock till följd av ugnarnas olika storlek tydligtvis avsevärda.

Per 100 kg vällt järn åter ställer sig bränsleåtgången, uträknad i medeltal för de olika ugnstyperna, som i tabellen förekomma, till från 9 upp till 15 kg. Men naturligtvis beror densamma mindre på ugnstypen, än på vad slags järn som välles, vällstyckenas dimensioner, huru hastigt befintligt räckverk förmår konsummera de färdigvällda ämnena, etc.

Av samma förhållanden är avbrännan ävenledes i hög grad beroende, och växlar densamma i medeltal för de olika ugnstyperna mellan 7,4—10,0 % vid lancashirevällugnar, mellan 2,7—4,5 % vid götvällugnar och mellan 2,2—5,2 % vid billetsvällugnar.

Vid vällning av göten och smältstycken äro i allmänhet frammakningsvällugnar att föredra, medan åter de regenerativa och de rekuperativa vällugnarna äro lämpligast vid vällning av paketer, skrobollar, stora plåtgöten etc. och vid glödning av plåtar m. m., och

likaså äro de regenerativa ugnarna att föredraga, där göten glödande och direkt från kokillerna inläggas för senare skeende utvalsning.*

b. Vällgroparna utomlands även benämnda utjämningsgropar eller djupugnar (tyska Durchweichungsgruben eller Tieföfen): Inseende vilken avsevärd värmeförlust som uppstår, då nytappade göten lämnas att fullständigt avsvalna, innan de intagas i valsverket för uträckning, beslöt vår landsman J. Gjers 1882 att anställa försök för tillgodogörandet av stålets tappningsvärme, samt kom då till det resultatet, att om man nedmurar i valsverksgolvet (se pl. CII, fig. 7 o. 8), fyrkantiga gropar, obetydligt djupare än vad götena äro långa, samt föga vidare än götena äro grova, samt i dessa gropar nedsätter göten, så fort de hålla att taga ur kokillerna, utjämnas värmen i dem, så att de en stund efteråt kunna upptagas vällvärma men fullt stelnade och med denna sin värme kunna utvalsas till färdig räls m. m. eller till billets, d. v. s. till ämnen för vidare bearbetning. Vid vanlig götgrovlek åtgår vanligen 7 min. efter tappningen tills götet nedsänkes i götgropen, där det får stå 13 à 16 minuters tid. Ju högre halterna av C, Si, Mn och P äro, ju längre måste det förstås hållas kvar i kokillen och likaså ju högre tappningstemperatur det hade. Samma ju grövre göten man har. Följa ståltappningarna i stålverket tätt på varandra, hålla sig vällgroparna så heta, att man ej behöver något bränsle alls för deras bibehållande tillräckligt varma, men som detta sällan är händelsen vid svenska verk, bygga vi groparna antingen med regenerativ eldning eller ock för direkt gaseldning och i båda fallen vanligtvis för eldning med masugnsgas.**

De egentliga djupugnarna, vilka vi väl även kunde kalla golvugnar, muras alldeles som regenerativa degelstålsugnar i det de läggas under golvplanet och hava plan botten med slaggavtappningshål, vilket dock utgår ej i bottens mitt utan genom ena sidoväggen. Vanligen beskickas de med varma göten, men kunna naturligtvis användas även för kalla och nästan alltid är det större göten. De hava både luft- och gasregeneratorer och som utstrålningen utgör ett minimum, endast genom valvet som den kan försiggå, så äro de mycket ekonomiska. Men de erfodra för sitt betjänande en snabbt arbetande kran, så valvsegmenten ej behöva vara länge avlyftade. Varma göten behöva ej stå nedsatta längre tid än 30 min. och då dessa ugnar ofta byggas med så stor härdyta att 6 à 8 stora plåtgöten kunna läggas eller ställas bredvid varandra, hava de en betydande produktionsförmåga (80—100 ton i dygnet). Härdlängden tages 6 à 10 m, bredden efter götenas längd — såvida de ej äro byggda för stående göten och delade i fack. Infodringen göres vanligen av magnesittegel.**

Avbränningen ställer sig vid vällgroparna vanligen mindre än 1 %.

* Glödgnings- och härdningsugnar tillhöra i likhet med smideshärdar och dylikt ämnet Järnmanufakturering.

** Vidare vid konstruktionsföreläsningarna.

Ett har emellertid bruket av vällgropar vid en del verk befunnits ha emot sig och det är, att om götena från dem utvalsas direkt till färdig vara, såsom till grov plåt, balkar, vinkeljärn o. d., så erhålla dessa produkter ej samma fina gry i sitt brott och ej heller fullt samma seghet i kallnat tillstånd, som om samma göten först fått avsvalna (åtminstone ned till närmare 500°), och därpå återupphettats till lagom uträckningstemperatur, men vid ett par verk, där groparna användas i regel blott för mjuk martin och d:o bessemer, säger man att stålet från groparna blir fullt så gott som det från vällugnarna.

β. Vällningens ändamål och rätta utförande. Såsom redan inledningsvis framhållits, företages vid välljärnet återupphettningen av smältstyckena eller lupperna, dels på det att under upphettningen och vid den följande bearbetningen så mycket slagg som möjligt må bliva utsmält och utpressad ur ämnena, dels också för att styckenas olika delar må få ett bättre och intimare sammanhang, d. v. s., att varje järnkorn må välla tillsammans med de omkringliggande i styckets inre såväl som i dess yta, och som vår lancashiremetall tål vid en kortare upphettning till »gnistrande vitvärme» utan att förbrännas, lyckas också genom vällandet detta så väl, att det erhållna lancashirestångjärnet över hela världen är känt såsom det renaste smidesjärn, som finnes.

Men allt smidbart järn och stål kan brännas, d. v. s. dels vid upphettningen upptaga syre, dels antaga en grovkristallinisk struktur, och så är ock förhållandet med lancashirejärnet, om upphettningen vid full vällvärme blir för långvarig, och därför är regeln vid dess lika väl som vid allt annat smidesjärns och ståls vällande eller upphettande, att styckena ej skola hållas längre i den lämpliga högsta hettan, än som erfordras för att de må bliva fullt jämnt genomvarma. Detta kunna de dock naturligtvis ej bliva i andra vällrum än sådana, i vilka det råder föga högre hetta än den avsedda »vällvärmen», ty är ugnsrummet mycket överhett, går visserligen styckenas tillvärmning snabbt, men låter man dem då ligga så länge inne i hettan, tills deras kärngods kommit upp uti den lämpliga uträckningstemperaturen, så har deras yta för hög sådan, och antingen braknar den senare vid bearbetningen alldeles sönder, eller ock sträckes vid densamma ytan mycket mera än kärngodset, och i båda fallen erhålles en antingen alldeles oduglig eller ock mindre god produkt.

Vid götjärn och götstål råda delvis andra förhållanden. De äro vida lättbrändare än välljärnet, men detta motväges av deras frihet från slagg, som gör, att de ej behöva upphettas starkare, än att de kunna med den erhållna värmen uträckas till lämpliga verkjärnsdimensioner eller till färdig vara.

Härvid är dock att märka, att bättre produkt får man, ju mera genomarbetat materialet är, och som detta är lättare att genomarbeta, ju varmare det vid bearbetningens företagande är, är det i de flesta

fall bättre, ju högre temperatur — under bränningsgränsen — stycket meddelats. Och som bränningsgränsen ligger vid lägre temperatur, ju rikare på kol och isynnerhet på wolfram, fosfor och krom stålet är, ju lägre värmegrad får man därför i vällugnen hava, ju mera sådana legeringsämnen den stålsort håller, som man för tillfället upphettar.

Det smidbara järnet och stålet visar sig emellertid kunna tåla vid något högre temperatur, utan att bränning inträder, om upphettningen sker i ett slaggbad, än om den sker å »torr» ugnsbotten, där stålet och järnet ligga alldeles oskyddade utsatta för de oxiderande gasernas och ugnslågans inverkan, och därför väller man i regel allt stål i ett grunt bad av kvick slagg, vari ämnena av vällaren vändas, eller ock överströs de, där de ligga, med s. k. vällslaggämnen eller vällpulver bestående vid mjukare järnsorter av vanlig fältspatrik sand; pulver av lättsmält sandsten av samma sort som i vällugnens bottenfoder eller av koksalt och sand, medan man för de hårdare stålsorterna begagnar pulver av baryt och sand; borax och sand; enbart borax; flusspat och sand; flusspat, sand och hammarslagg; enbart flusspat samt slutligen för hårdaste stål: gult blodlutsalt; sex viktsdelar borax väl blandat med 7 viktsdelar järnfilspån; 8 delar borax + 1 del gult blodlutsalt + 1 del salmiak; 41,5 delar borsyra + 35 delar koksalt + 15,5 delar blodlutsalt + 8,5 delar bränd soda o. s. v.

Är lågan i en vällugn för mycket oxiderande, inträder bränning lättare, men även tiden spelar därvid en viktig roll, och har ett stålstycke alltför länge varit utsatt för en mindre hög temperatur men genom den långvariga upphettningen i oxiderande gaser blivit bränt och grovkristalliniskt, är det bäst att kasta detsamma på skrohögen för omsmältning, ty till gott stål kan det ej på annat sätt då omvandlas.

Har åter ett stålstycke genom för hög upphettning blivit hastigt bränt, så kan det, såsom J. A. Brinell visat, återgivas sina goda egenskaper, blott det uttages ur vällugnen, får utanför densamma avsvalna ned till mörk brunvärme och så åter inlägges och upphettas till lagom temperatur samt under uträckningen sedan väl genomarbetas.

Vällarens förnämsta åligganden äro således, dels att tillse, att varje ämne under lagom upphettningstid får lämpligaste uträckningsvärme, men ock att kolåtgång och avbränna bliva de minsta möjliga, samt att vällugnen lämnar största möjliga kvantitet lagom värmda ämnen på viss tid.

Register.

A

Absolut drivning 321
Aduceringsfärskningens fortlöpande 434
Aduceringsjärns fosforhalt 71
Aduceringsjärnsorter 425
Aduceringsmetoden 420, 423
Aduceringsmetodens utförande 425
Aduceringspjäsernas inpackning 432, 434
Aduceringspulver 433
Aduceringsskroet 426
Aduceringssmältugnar 427
Aduceringstackjärn 339
Aduceringstemperatur 434
Aduceringsverk, svenska 424
Agglomirförfarande, Ferniverkens 237
Allotropiska modifikationer 31,43
Aluminium, analyser å 121
» och järn 118
» kvantiteten som järn kan upptaga 118
» tillverkningskvantum 119
Aluminiums förekomstsätt i järn 119
» inverkan 119
» pris 165
Aluminiumtillsättning vid bessemer 513
Amerikanskt aduceringstackjärn 425
Analyser som beskickningsberäkningsgrund 359
» å bessemergaser 522
» å bessemerslagg 524
» å bessemerstål 524
Andersons generator 572
» kupolugn 672
Andersons-Odelstiernas järnsvampmetod 668
Anlöpning 42
Anlöpningsfärger 42
Anrikning 196
Antimon och järn 129
Antimons förekomstsätt i järn 129
Apatit i slagger 347
Apparater för rening av koksmasugnsgas 282
» varm- 286
Arabernas järnhantering 5
Arbetet i hyttans kolhus 376
» i lancashirehärden 463
» i lupphärden 473
» i masugnens rådstuga 375
» i vallonhärden 471
» i vallonräckhärden 473
» vid franche-comtésmidet 448
Arbetet vid tysksmidet 444
» å masugnskransen 376
Ariernas järnhantering 5
Armeniernas järnhantering 17
Arsenikens förekomstsätt i järn 128
Arsenikhalter i järn 127
» i svenska järnmalmer 127
Arsenik och järn 129
Arseniks bortrostande 208, 209
Assyriernas järnhantering 4
Augitbildning i slagger 347, 348
Austenit 42
Avbränna vid bessemerblåsning 525
» » franche-comtésmidet 448
» » kupolugnar 680
» » lanchashiresmidet 453
» » lillbessemer 689
» » martinsmältning 552, 553
» » puddling 476
» » thomasblåsning 539
» » vallonsmide 474
» » vällgropar 702
» » vällugnar 701
Avfallsprodukter, som malm använda 186
Avgjutning vid aducering 430
Avvikande skötsel av martincharger 595
» » » thomas-gilchristcharger 539

B

Basiska götjärnsmetoderna, historik 494
Basisk bessemer 533
Berglöfs vällugn 692
Bergslager, Sveriges äldsta 21
Bertrand-Thiels process 596
Beräkning av förhållandet mellan direkt och indirekt reduktion 315
» » masugnsprofiler 321
Beskickningens beräknande 343, 357
» gång genom masugnspipan 304
Beskickningsberäkning enl. Mrazecks metod 363
» enl. Platz metod 366
» » stöchiometrisk metod 363
» enl. Wiborghs förbättrade metod 359
» grundad på analyser 359

Beskickningsberäkning grundad på degelprov 357
Beskickningsmedel 187
Bessemerblåsningens förlopp 530
Bessemerblåsning med syreanrikad bläster 533
Bessemerfärskningsperioder 510
Bessemergaser, analyser å 522, 528
Bessemerjärns fosforhalt 71
Bessemer-martin 600
Bessemermetoden, 500
» blandare för 500
» historik 479
» konvertrarna 502
» lågan och gnistorna vid 509
» praktiska utförandet 508
» provtagningen 513
» skänkar, kokiller och sjunkboxar 504
» slaggen 512
» smidesproven vid 515
» ugnar och apparater 500
» upphettningsapparater 507
Bessemermännen, de första 483, 485
Bessemerprocessen i olika länder 526
Bessemerprocessens kemiska förlopp 517
» värmebalans 529
Bessemerslagg använd som malm 186
Bessemerstålets, det första, sammansättning 480
Bessemerstål och gaser 135
Bessemerståls kvävehalt 150
Bessemertackjärnet 512
Bessemertackjärnssorterna 336
Betnings inverkan 149
Bildts generator 571
» vällugn 692
Biprodukter vid masugn 415
Bisilikatslagger 344
Blackbands 181
Blairs direkta metod 247
Blandare för martin 573
» » tackjärn 500
Blandsten 190
Blodstenar 175
» analyser 178
Blodstensanrikning 197
Blyglans rostning 210
Bly och järn 130
Blåsbildning i götmetall 137
Blästerbehovets beräknande 388
Blästerformor för masugn 265, 279
Blästerhastighet i varmapparatrör 296
Blästerledningar, historik 284
» i hyttor 296
Blästertemperaturen vid masugnar 328
Blästertorkning vid masugn 381
» » bessemerverk 533
Blästervärmens avpassande 381
Bormangan, pris å 166
Bottenfodert i martinugnar 564
Bottnar till thomaskonvertrar 535
Braunes kväverening med titanmalm 115
Brikettering av malmpulver 228, 238
Briketters porositet 231
Britternas järnhantering 14
Broling-Langs process 246
Brottytor hos järn 51
Bruna hematiter 183
Brytningarna i lancashirehärden 457
Bränning och rostning 198
Brännstålsmetoden 607
Brännstålsugnar 607
Bränslens, martinugns-, analyser 558
Bränslesorternas inflytande på masugnsprocessen 388
Bränsleåtgång vid brännstålsugnar 609
» » martinugnar 552, 553
» » puddelugnar 477
» » vällugnar 701
Brösten i masugnsmurarna 255
Bukcylinder vid masugn 322
Bukdiametern » » 327
Bunsen & Pforts masugnsgasundersökningar 306
Butsmidet 445
Bärpelare till masugn 257
Böjprov 517
Bönmalmer 183
Bördjärnen vid masugnar 257, 276

C

Ca-bisilikat i slagger 347
Calders varmapparat 286
Campbellska martinugnar 568
Caspersons konverterskänk 506
Cement av masugnsslagg 416
Cementeringens kemiska förlopp 610
Cementeringens utförande 610
Cementeringsmaterial 609
Cementeringsprocesserna 606
»Cementeringspulver» (rättare aduceringspulver) 433
Cementeringsugnar 609
Cementit 41
Cementkol 42
Chargens gång i bessemer 530
Chargering av martinugnar 585, 592
Chargeringsmaskiner 576
Chargesammansättning vid martin 550
Charlevilles uppsättningsmål 269
Chenots järnframställningsmetod 246
Colleys elektriska ugn 633
Cowper-Coles elektrolytiska metod 662
Cowpers varmapparat 298
Cylinder, gassamlande 267

D

Dahlerii analyser å bessemerstål 524
Dammen i en masugn 264
Dannemora stållancashire 465
Darbys uppkolningsmetod 539
Degelprov för beskickningsberäkning 357
Degelstål och gaser 136
Degelstålsprocesserna 496, 616
Degelstålstackjärn 340

Degelugnar för aducering 427
» » stålgjuterier 688
» » tackjärnsgjuterier 681
Deglar för gjutstål 615
» » uchatiistål 497
De Lavals elektriska ugn 621
» » sjunkboxar 498, 513
Desoxidation 420
Dimensioner å koksmasugnar 331
» » träkolsmasugnar 326
Direkt järnframställning, Andersons-Odelstiernas metod 668
» » Blairs metod 247
» » Broling-Langs metod 246
» » Chenots metod 246
» » Ellershausens metod 246
» » Husgafvels metod 247
» » Katalansmidet 242
» » Kazetls metod 246
» » nyare metoder 620, 665
» » Rudolfs-Landins metod 247
» » Rudolfs-Thisells metod 667
» » Siemens metod 246
» » Sieurins metod 665
» » Wiborghs metod 247
» » äldre metoder 242
» reduktion 313
» » Tamms beräkningssätt 314
» » Wüsts beräkningssätt 316
Dissociationsföreteelserna i masugn 310
Dolomitbränningsugnar 534
Dolomitkrossverk 534
Dolomitmassa 536
Dragning i rostugn 222
Driftresultat vid elektrisk masugn 628
» » vanliga masugnar 295, 322
Drivning, absolut 321
Drivningens avpassande 386
» inverkan 386
Drivning i masugn 321, 328
» och ekonomi 388
» relativ 321
» vid aduceringstackjärn 387
» » bessemertackjärn 387
» » exporttackjärn 388
» » gjuttackjärn 387
» » lancashiretackjärn 387
» » vallontackjärn 387
Dubbelhärdar 448
Düdelingens thomasmetod 545
» uppkolningsmetod 559
Dynamobleckstål 163
Dämning av masugn 409
Dämningstabell 414

E

Edskens bessemerverk 484
Efterfärskning 420
Egypternas järnhantering 3
Ekmans vällung 691
Eldfast tegel av masugnsslagg 355
Eldhärdigt lancashiretackjärn 453
Eldveka malmer 221
Eldvekt lancashiretackjärn 453
Elektriska induktionsugnar 622
» ljusbågeugnar 622
» motståndsugnar 622
» reduktionsugnar 623
» stålugnar 631
Elektrisk masugn, Helfensteins 630
Elektroder vid ljusbågeugnar 641
Elektrolysjärnets vätehalt 148
Elektrolytiska metoder 661
Elektrolytisk raffinering 661
Elektromagneter, stål till 160
Elektrometalls masugn 623
» masugns driftresultat 628
» » konstruktion 624
» » skötsel 626
Elektrostål och gaser 136
Ellershausens järnframställningssätt 246
Emaljmineral i slagger 347
Enformshärdar 448
Engående malmer 190
Enkelhärdar 448
Enlunds stålprovningssätt 591
Enstatit i slagger 347, 349
Ettrigt lancashirejärn 454
Europeiskt aduceringsjärn 425
Explosioner i masugn 410
Exportjärns fosforhalt 71
Exporttackjärn 339

F

Fayalit i slagger 348
Ferniverkens agglomirförfarande 237
» » kostnad 238
Ferrantis patenter 621
» ugnar 633
Ferrihydratmalmer 182
Ferroelektriska metoder 620
Ferrolegeringars pris 165
Ferromolybden 108
Ferrosilicium vid aducering 426
Ferrovanadin 110
Fischers elektrolytiska metod 664
» växelventil 569
Flors thomasmetod 545
Flusspat som beskickningsmedel 192
Foci i masugnar 304
Formdiametrarna vid masugnar 328
Formantal vid masugn 328
Formhöjd vid masugn 326
Formning vid aducering 430
Formor för masugnar 265
Formornas skötsel 375
Forsbergs skärm 468
Forters växelventil 569
Fosforhalter i järnsorter 71
Fosfor i träkol 67
» mängden som järn kan upptaga 68, 71
Fosforns förekomstsätt i järn 69

Fosforns inverkan på järnets egenskaper 65, 69
Franche comtéhärden 445
Franche-comtésmidet 445
Franché-comtésmidets avbränna 448
Franche-comtésmidets kolåtgång 447
Fransmännens forna järnhantering 11
Fricks elektriska ugn 634
Frätningar i masugnspipa 406
Fyrformshärdar 449
Färskbrytningarna i lancashiresmidet 457
Färskmalmsåtgång i martinmetoden 550
Färskningsförloppet vid aducering 434
» vid franche-comtésmidet 445
» vid tysksmidet 444
Färskningsmetodernas indelning 420
Färskningsperioder 419
Färskslagger 348
Färskslagg som aduceringspulver 433
Förfärskning 420
Försättningar i hyttgången 392

G

Galleri i masugn 267
Garskum 39
Gasanalyser 558
» å koksugnsgas 582
» å masugnsgas 581
» å naturlig gas 582
Gasblåsor i götmetall 137
Gasblåsors sammanvällning 142
Gasen i masugnspipan 304
Gaser, aluminiums inverkan på 120
» i götmetall 134, 135
» i kiseljärn 143
Gasernas inledande i martinhärdar 556
Gaser, som järn kan upptaga 138
Gasgeneratorer för martinugnar 570
Gasledningar vid masugn 266, 271, 281, 282
Gasmängd, lagom i Westmans rostugn 223
Gasreningsapparater för koksmasugnar 282
» för träkolsmasugnar 271
Gassamlande cylinder i masugn 269
Gassies och Jeramacs elektr. ugn 634
Gasuttag vid masugn 266, 271, 281, 328
Gasvällugnar 692
Gasåtgång i Peterssons rostugn 237
» i Westmans rostugn 224
Gayleys blästertorkning vid bessemerverk 533
» blästertorkning vid hyttor 384
Generatorer, martinugns- 570, 576
Generatorernas skötsel 576
Geologiska lager, järnmalmsförande 172
Georg Marienhüttes martinmetod 599
Germanernas järnhantering 12, 17
Girods elektriska ugn 652
Gjers varmapparat 286
Gjutchargers tillblandande 681
Gjuteribessemerugnarnas charger 689
Gjuterikoksens egenskaper 677
Gjutgods av stål 685
Gjutjärnets egentliga vikt 44
» egenskaper 681
Gjutjärnets hållfasthet 59
» klassering 683
» utvidgningskoefficient 45
Gjutjärn och nickel 92
Gjutning av stål 685
Gjutstålsdeglar 614
Gjutstålsmetoden 612
Gjutstålsprocessens kemiska förlopp 617
» utförande 616
Gjutstålsugnar 614
Gjuttackjärn, kanon- 337
» koks- 342
» vanligt svenskt 338
Glas av masugnsslagg 417
Glaskopf, röd 175
Glimmerbildning i slagger 347
Glotter 393
Glödspån använd som malm 187
Glödspåns sammansättning 144
Glödstålsmetoden 420, 421
Godsfördelning å slutet uppsättningsmål 378
Godsmängd vid masugn 329, 376, 379
Golvugnar 702
Gordon, Strobels & Laureaus varmapparat 229
Grafit i järn 39
Granulering av tackjärn 496
Grekernas järnhantering 8, 17
Grundläggning för koksmasugnar 275
» » träkolsmasugnar 252
Gruners masugnsundersökningar 310
Gryprov 516
Gröndals rostugn, historik 203
» » konstruktion 226
» » skötsel 228, 232
Gång i masugn, hårdsatt 313
Göransson, G. F. 481
Göten, segringar i 575
» stigande gjutning av 576
» tätgöring av 575
Götgrovlek och blåsbildning 139
Götjärnsmetoderna 420, 477, 494
Götmetall och gaser 134
Götmetalls tätgörande 141, 143

H

Halvskänkar 506
Hammarslagg använd som malm 186
Hammarslaggens nyttiggörande 466
Helfensteins elektriska masugn 630
Hermansens vällugn 692
Héroults elektriska stålugn 649
Hetgående malmer 222
Hilgers generator 573
Hjorts elektriska ugn 634, 640
Hjälpbrytarna 467
Hoeschmetoden 599
Holmbergs hjälpbrytare 467
Hopslagning av smälta 462, 472
Hubertushüttes metod 598
Husgafvels harkjärnsmetod 247
Hypotes ang. masugnsprocessen 310
Hyttgång, hårdsatt 313, 321
» lagom satt 321
» nödsatt 321

Hålmål vid masugn 373
Hårdhetsprov 516
Hårdsatt gång i masugn 313, 321, 391
Hämatiter, bruna 183
» » oolitiska 183
» röda, analyser 179
» » mullformiga 175
» » njurformiga, trådiga 175
» » oolitiska 175
» äldre 175
Hängningar i masugn 394
Härdens konstruktion vid vallonsmidet 469
» tillställning » » 469
Härden vid franche-comtésmidet 445
» » lancashiresmidet 449
» » tysksmidet 443
Härdgång vid lancashiresmide 454
Härdmått vid vallonsmide 470
Härdning 48
Härdningskol 42
Härd, rörlig, vid martinugnar 568
Härdskärm, Forsbergs 467
Härdslagg, använd som malm 186
Härdslagger, olika, i lancashiresmidet 455
Härgslaggs nyttiggörande 466
Härdstommen vid lancashiresmidet 449
Härdställning » » 451
Härdvirket » » 449

I

Ideell elektrisk ugn 660
Ideell gång i masugn 310
Indernas järnhantering 5
Indirekt reduktion 313
Induktionsugnar, elektriska 622
Innerställe i masugn 258
Inpackningen vid aducering 432
Inramning av ställe 259
Irelands kupolugn 672
Israeliternas järnhantering 5
Italienarnas » 9, 17

J

Japanernas järnhantering 7
Julienhüttes martinmetod 598
Järnets brottytor 51
» elektriska ledningsförmåga 33, 59
» hållfasthetsegenskaper 33, 52, 54, 85, 86, 88, 96, 100, 101, 110, 112, 113, 116, 117, 124, 125, 126, 129, 131, 155, 161
» härdbarhet 48
» legeringar 31
» legeringars egenskaper 34
» magnetiska egenskaper 33
» namn hos olika folk 5
» omvandlingsvärme 33, 44
» oxidering 143
» rostning 145
» smältbarhet 44, 48, 131
» smältvärme 33, 44
» specifika vikt 32, 46
Järnets specifika värme 32, 44
» utbringande ur malm 241
» utvidgningskoefficient 33, 44, 93
» vällbarhet 48, 131
» värmeledningsförmåga 33
» ålder enl. Montelius 15
Järnframställningsmetoder, äldre, direkta 242
» nyare 248
Järngatan i masugnen 263
Järnglanser 175
Järnlegeringarna, de viktigaste 34
Järnlegeringarnas indelning 35
Järnlegeringars pris 165
Järnmalm, bruten, svensk, inalles 30
Järnmalm av typen Fe_3O_4 174
» » » Fe_2O_3 175
» » » FeO_2CO 180
Järnmalmerna 167
Järnmalmernas indelning 174
Järnmalmers med titan förhyttande 114
Järnmalms brikettering 203
Järnmalmsförande geologiska lager 172
Järnmalmstillgångar, olika länders 168
» världens 168
Järn med stor förmåga att motstå rostning 146
Järn och aluminium 118
Järn och bly 130
» » cer 132
» » fosfor 65
» » gaser 133
» » guld 132
» » kadmium 132
» » kalcium 132
» » kalium 133
» » kisel 43, 59
» » kol 37
» » koloxid 153
» » koppar 121
» » krom 102
» » kväve 150
» » lantan 132
» » magnesium 132
» » mangan 78
» » molybden 108
» » natrium 133
» » nickel 91
» » platina 133
» » silver 132
» » svavel 74
» » syre 143
» » tantal 132
» » tenn 129
» » titan 113
» » uran 132
» » vanadin 109
» » vismut 132
» » volfram 104
» » väte 148
» » zink 129
» » zirkon 132
Järnolivin i slagger 348
Järn, rent 31
Järnrikt lancashiretackjärn 453
Järns syreupptagande 144
Järnsvamp i lancashiresmide 469
Järnsvampmetoderna 665

K

Kalkibsilikat i slagger 349
Kalkfältspat » » 347
Kalklerjordssilikater 346
Kalkmangansilikater 346
Kalkslaggtegel 416
Kalkstenar 190
Kalkstensåtgång i basisk martin 550
Kalk-talksilikater 345
Kallbräcka av fosfor 72
Kalsinering 197
Kanontackjärn 337
Karbonatmalmer, analyser 180
Karborundum i järn 40
» pris å 165
Katalansmidet 242
Kazetls metod 246
Kellers elektriska ugn 657
Kemiska förloppet vid bessemermetoden 517
» » » thomasmetoden 541
Kennedys uppsättnigsmål 282
Kerpelys generator 572
Kinesernas järnhantering 7
Kisbränder använda som malm 187
Kiseljärnets gaser 143
Kiselkarbid 65
Kisel och järn 43, 59
Kisels absorberande av järnet 62
» förekomstsätt i järn 60
» inverkan på järnets egenskaper 60
» » » » kolhalt 43
» » » » svavelhalt 62
Kiselstål 158
Kitt för varmapparaternas rörskarvar 296
Kjellins elektriska stålugn 621, 635
Klassering av gjutjärn 683
Kokiller 504, 574
Kokillerna i hyttan 263
Kokillgjutgods för aducering 428
Kok i masugn 392
Koks användning i svenska masugnar, historik 272
Koks för gjuterier 677
Koksmasugnens dimensioner 330, 331
» gasledningar 281
» gasuttag 281
» grund 275
» igångsättande 389
» konstruktion 272, 329
» pipmurar 276
» produktionsförmåga 330
» ställe 278
» uppsättningsmål 281
» utslagshål 278
Kokstackjärnssorter 332, 341
Koksugnsgasers sammansättning 581
Kolen vid lancashiresmidet 456
Kolets förekomstsätt i järn 39
» inverkan på järnets omvandlingsvärme 44
» » » » smältbarhet 44
» » » » smältvärme 44
» » » » specifika värme 44
» » » » utvidgning och krympning 44
Kolhusarbetet vid hytta 396
Kol, kemiskt bundet 40
Kol, lämpligt för räckhärd 476
Kol och järn 37
» och kisel 43
Kol- och metallproduktion, världens 171, 242
Koloxid och järn 153
Koloxiddisociering 398
Kolstoftavskiljande i masugns beskickning 310
Kolpris per ton smältstycken 465
Kolsortering vid hytta 377
Kolstybb för uchatiiståltillverkning 497
Kolstybbs nyttiggörande 466
Koltornsvällugnar 692
Kolåtgång vid franche-comtésmide 447
» » lancashiresmide 453
» » masugn 329
» » puddling 476
» » vallonsmide 474
Komprimerad syrgas vid utslag 394
Konstgjord pimsten 417
Konstruktionsberäkningar för martinugn 551
Konvertervärmare 507
Konvertrar för aducering 428
» » bessemer 502
» » thomas 534
» » lillbessemer 547
Koppar, kvantiteten av, som järn kan upptaga 121
Koppar-nickelstål 156
Koppar i svenska järnmalmer 121
Koppar och järn 121
» » svavel i järn 126
Koppar, rening från genom rostning och urlakning 208, 209
Koppars förekomstsätt i järn 122
» inverkan på järnets egenskaper 122
Kostnad för malmavlastning 195
Korsbandsnivå vid masugn 326
Korund i slagger 349
Kransarbetet i hytta 376
Kravgång 321, 392
Kraynik om masugnsexplosioner 404
Krigars kupolugn 671
Krom, kvantiteten som järn kan upptaga 102
Krommalm 102
Krommangan, pris å 166
Krommolybden, pris å 166
Krom, pris å 165
» och järn 102
Kroms förekomstsätt i järn 103
» inverkan på järnets egenskaper 103
Kromstål 154
Kromvolframstål 160, 161
Krävjelag 321
Kubierschskys gasrenare 284
Kupolugnar 671, 678
» för aducering 427
» » lillbessemer 547
Kupolugnars konstruktion 673
Kvarts som beskickningsmedel 192
» till masugnsrammassa 258
Kvickstenar 190
Kväve och järn 150
Kväves inverkan på järnets egenskaper 151

Kvävetitanförening i slagg 116
Kyllådor i masugnsställe 280

L

Lagergrens vällugn 691
Lagervallska hjälpbrytaren 467
Lagom satt gång i masugn 321
Lancashirechargens förstorande 466
Lancashirehärdens dimensioner 452
» härdstomme 449
» härdvirke 449
» konstruktion 448
» tillställning 451, 457
Lancashirejärns fosforhalt 71
Lancashiremetoden 440, 448
Lancashiremetodens avbränningsprocent 453
» kolåtgång 453
» smidesresultat 452
Lancashireslaggens nyttiggörande 466
Lancashiresmide för stålämnesjärn 465
» med järnsvamp 469
Lancashiresmidet, Forsbergs skärm vid 468
» hjälpbrytarna » 467
» kollstybb och torvkol till 466
Lancashiresmidet, skrosmältning 469
Lancashiresmidets förbilligande 466
Lancashiresmidets praktiska utförande 456
Lancashiresmidet, tackjärns insättning i smält tillstånd 468
Lancashiresmältstyckenas vällning 469
Lancashiretackjärnet 332
Langens uppsättningsmål 281
Ledeburit 42
Ledningar för masugnsgas 266
Lefflers regler för bessemerprocessens skötsel 510
Legeringsämnenas förhållande vid gjutstålsprocessen 617
Legeringsämnenas oxidering vid bessemer 530
Legeringsämnenas oxidering vid martin 601
» » » thomas 538
Lerjordens karaktär i slagger 344
Lillbessemermetoden 547
» chargerna vid 689
» konvertrarna vid 547
» ugnarna » 547
Lillbessemerprocessens kemiska förlopp 549
» utförande 548
Limoniter 182, 183
Limsorter 190
Ljusbågeugnar, elektriska 622, 640, 643
Lortfullt lancashirejärn 453
Luppjärn 24
Lupphärd 472
Luppsmältor 473
Lürmanns slaggforma 264
Läckrör vid masugn 373
Lösskänkar 504

M

Mac Kees uppsättningsmål 282
Magnetkis, rostning 208
Magnetitbildning i slagger 348
Magnetiter, analyser å 176
» fasta 174
» lösa, jordformade 175
Magnetiternas svårreducerlighet 210
Magnetiska järnmalmer 174
Magnetisk anrikning 197
Magnetstål 156, 160
Magnussons & Bergendals varmapparat 288
Malajernas järnhantering 7
Malmanrikning 196
Malmavlastning, kostnad 195
Malmbanor 194
Malmbriketteringssätt, Dahls 239
» Dresslers 239
» Edisons 239
» Frankes 239
» Friedenhüttes 239
» Georg-Marienhüttes 239
» Ilsedes 239
» Könighüttes 239
» Ronays 239
» Schumachers 239
» Scorias 239
» Trainers 239
» Wiborghs 238
Malmbriketters porositet 231
Malmbränning 198
Malmbås för rostad malm 225
» » rå » 194
Malmcharger i martin 586
Malmer, eldveka 221
» hetgående 222
» för uchatiimetoden 497
Malmkoks, Wiborghs 238
Malmpulverrostning 225, 236, 237
Malmreduktion 241
Malmrostning, historik 199
Malmskopa för masugnar 378
Malmslagning 194
Malmsläggors vikt 195
Malmsovring 194
Malmvikter 418
Malmåtgång vid martin 550
Manganbor, pris å 166
Manganens inverkan på järnets egenskaper 79, 85
Manganhalten i olika järnsorter 83
Manganjärns sammansättning 82, 84
Mangankrom, pris å 166
Mangan, kvantiteten av, som järn kan upptaga 78
Manganmalmerna 187
Manganolivin i slagger 347
Mangan, pris å 166
Manganpyroxen i slagger 347
Manganstål 89
Mangantitan, pris å 166
Martensit 40
Martin, avvikande förfaringssätt 595, 598
Martinbränslens analyser 558
Martinchargeringsmaskin 576
Martinchargerna, de första 490
Martinchargernas skötsel 585, 592
Martingötens utsegringar 575

Martinjärns fosforhalt 71
Martinkokiller 574
Martinmetoden, historik 486
Martinmetoderna 549
» avlagningsmaterialåtgång 551
» badvolymens beräknande 551
» chargesammansättningen vid 550
» kalkåtgången 550
» malmåtgången 550
Martinmännen, de första svenska 491
Martin, P. E. 486
Martinprocessens kemiska förlopp 600
» utförande 576
Martinsjunkboxar 574
Martinskänkar 574
Martinstålets kvävehalt 150
» rätta tappningsvärme 589
Martinstålgjutgods, historik 493
Martinstål med kisel 158
» och gaser 135
» omagnetiskt 159
Martintackjärnssorterna 335, 342
Martinugnar för stålgjutgods 686
» med rörlig härd 568
» oljeeldade 569
Martinugnarna 549
Martinugnarnas beräknande 550
» gasinledningssätt 556
» indelning 549
Martinugnars bottenfoder 564
» drivande med generatorgas 576
» » » koksugnsgas 581
» » » masugnsgas 580
» skötsel 584
» skorstenar 570
» stagning 567
» torkeldning 584
» uppbyggande 562
Martinugnen, den första svenska 492
Martinugnsgeneratorer 570
Martinugnsrummens mått 555
Martinverkens årsrapporter 552
Massenez thomaseringssätt 539
Massick & Crookers varmapparat 299
Masugnens användande som kolugn 381
» beskickningsmedel 187
» biprodukter 415
» blästerformor 265
» bukcylinderhöjd 327
» bukdiameter 327
» dämning 410
» formhöjd 326
» förvärmning 371
» gassuttag 328
» konstruktion, grunden 252
» » järngatan 263
» » korsbandsnivån 326
» » pipmurarna 254
» » pipprofilen 320
» » ställbottendiametern 327
» » stället 257
Masugnens konstruktion, ställmodellerna 260
» » tackjärnsmåtten 263
» » uppsättningsmålets dammar 327
» » utslagshålet 263
» » utslagsrännan 263
» nedblåsning 413
» nyttig effekt 317
» piprymd 328
» påeldning 371
» slaggtappningsnivå 326
» sättningsgrad 320
» tättor och tättställningar 302
» värmebalans 317
Masugnen, uppsättningen vid 377
Masugnsbeskickningens förändringar i pipan 304, 310
Masugnsexplosioner 402
Masugnsformornas antal 328
» diameter 328
Masugnsgasens förändringar i pipan 304
» värde i martinugn 580
» » som biprodukt 418
Masugnsgasernas sammansättning 307, 308, 310
Masugnsgasundersökningar 306
Masugnsgasöverskottet 320
Masugnshöjdens reduktionen 314
Masugnskvarts 192
Masugnslim 190
Masugnsmetodens historia 248
Masugnsprocessens förhållande till använd bränslesort 388
Masugnsprocessens kemiska förlopp 304
» teori 304
» utförande 320
Masugnspipprofiler och -tillverkningar 322
Masugnsslaggens användning 355, 415
Masugnsslaggerna 343, 352
Masugnsslaggernas egentliga vikt 356
» » värme 347
» färg 356
» kristallbildning 347
» silikatgrader 344
» smältningstemperatur 347
» smältvärme 345
Masugnsstättornas diameter 328
Materialier för ytcementering 609
Melilit i slagger 348
Metall- och kolproduktion, världens 171, 242
Mineralbildningar i bessemerslagger 347
» i martinslagger 347
» i masugnsslagger 347
Minetter 182
Mischer 500
Mittsättning 269
Mixers 500
Modeller till masugnsställe 260
Molybdenglans, bortrostning av svavlet vid 208
Molybdenkrom, pris å 166
Molybdenlegeringar, analyser 108
Molybden och järn 108
Molybdenstål 161

Monosulfit i slagger 349
Morgans generator 572
Motståndsugnar, elektriska 622
Mrazecks beskickningsberäkningssätt 363
Mulltimmer 254
Mursättning 268
Murverkets förstöring av zink 409
Müllers elektrolytiska metod 662
Myrjärn 21
Myrmalmer 182, 184
Myrugnar 21
Mått i hyttan 263
Mörbränning av malmer 196

N

Naths explosionsförklaring 402
Nathusii elektriska ugn 654
Naturlig gas' sammansättning 582
Nedblåsning av masugn 413
Nedpackning av aduceringspjäser 434
Nickel-kopparstål 156
Nickel, kvantiteten, som järn kan upptaga 91
Nickelns förekomstsätt i järn 91
» inverkan på järnets egenskaper 92
Nickel och järn 91
» pris å 165
Nickelstål, analyser å 94, 153, 155, 161
Nickelståls hållfasthetsegenskaper 96
Nyttig effekt vid masugn 317
Nödsatt gång i masugn 321, 390

O

Odelstiernas generator 570
Ojämn hyttgång 392
Olivinkristaller i slagger 347, 348
Oljeeldade kupolugnar 678
» martinugnar 569
Omagnetiskt stål 159
Omkastningsventiler till martinugnar 569
Oordningar i hyttgången 392
Osmondit 41
Osmundjärn 24, 26
Osmundugn 24, 26
Osten om masugnsexplosioner 404
Oxidationsgrad vid malmer 231
Oxidationsgradens förbättrande i Gröndals ugn 231
Oxidhinna som rostskydd 147

P

Parrys tratt och kon 281
Pelare till masugnsställe 257
Perioderna i bessemerfärskningen 510
» » lancashirefärskningen 457
Perlit 41
Persernas järnhantering 6
Peterssons sligrostugn, historik 206
» » konstruktionen av 235
» » produktionsförmågan hos 237
» » skötsel av 236
Petroleum som martinbränsle 583
Pimsten av masugnsslagg 417
Pinnars uppsättande å masugn 380
Pipebildning i götmetall 138
Piphöjden i masugn 324
Pipvolymen i » 324
Piplera till masugnsrammassa 259
Pipmurarna vid koksmasugnar 276
» » träkolsmasugnar 254
Pipprofilens beräknande för masugn 321
Pipprofilen i masugnen 320
Pipprofiler och tillverkningar vid svenska masugnar 322
Piprymden vid masugnar 328
Platz beskickningsberäkningsmetod 366
Poetters generator 572
Ponossows uppsättningsmål 282
Porositet hos briketter 231
Privilegium, Magni 23
Processens kemiska förlopp vid bessemer 517
» » » » martin 600
» » » » thomas 541
Produktionssiffror för bessemer 508
» » franche-comtésmidet 448
» » lancashiresmidet 448, 452
» » martin 550, 552
» » masugnar 329
» » thomas 539, 554
» » vallonsmidet 448, 472
Provtagningen vid bessemermetoden 513
» » thomasmetoden 539
Puddeljärn, mjukt, senigt 477
Puddelstål, Feinkorneisen 477
Puddelråskenor 476
Puddelslagg, använd som malm 186
Puddelugnens konstruktion 475
Puddlingsmetoden 440, 475
Puddlingsprocessens utförande 476
Påblåsning av masugn 372
Påeldning » » 373
Påeldningsugn för masugn 373

R

Raffineringsperiod 419
Rammars dimensioner 260
Rammassa 258
Rammning av ställe 258, 260
Rasenerze 186
Rasten i masugnspipor 257, 280
Reduktion, direkt 313
Reduktionens beroende av piphöjden 314
Reduktionsföreteelser i masugn 304, 313
Reduktionsugnar, elektriska 623
Regenerativa varmapparater 297
» » Cowpers 298
» » Gordon, Strobel & Laureaus 299
» » Massick & Crookers 299
» » Whitwells 298
Regenerativugnar för aduceringsverk 429
Regeneratorkamrars beräknande 559

Regeneratortegel 561
Rekuperativugnar för aduceringsverk 430
Rekuperativ vällugn 692
Relativ drivning 321
Rennerfelts elektriska ugn 646
Reverberugnar 678
» för aduceringsverk 430
Reverberugnarnas skötsel 680
Rhodonit i slagger 347, 348
Ringsättning vid masugn 269
Rinman & Fernquists masugnsgasundersökningar 307
Rodenhausers elektriska ugn 634
Romarnas järnhantering 9
Rostgropar 200
Rosthögar 199
Rostning 145
Rostningens ändamål 207
Rostning enligt Ferniverkens agglomirförvarande 237
Rostning och bränning 188
Rostningsbälte, högt 221
» kombinerat 221
» lågt 221
Rostningseffekt i Gröndals ugn 229
» » Westmanska ugnar 222
Rostningskostnad i Gröndals ugn 234
Rostningsmetod, Petersons G. O. 235
» » W. 235
» » Rudolfs & Landins 235
Rostningssätt, olika, för slig 226
Rostskyddsmedel 145
Rostugnar, historik 201
Rostugnens igångsättande 375
Rostugn, af Uhrs 201
Rostugn, Classons 202
» Gröndals 226
» » skötsel 228
» Hoffstedts 202
» Peterssons 206, 235
» s. k. rullugn 206
» Schedins 201
» Starbecks 201
» Säfströms 201
» Tenninge 202
» Westmans 203, 211
» Wiborghs 203
Rostugnsresultat 223
Roths vällugn 692
Rudolfs & Landins reduktionsmetod 247
Ryggforma i masugn 255
Råbrytningarna i lancashiresmidet 457
Råskenor 476
Räckhärdarnas konstruktion 473
Räckhärdsarbete 473
Räckhärdskol 473
Röchling-Rodenhausers elektriska ugnar 638
Rödskörhetsprov 515
Rörvarmapparater, beräkning av 289
» exempel på 291, 294
» med hängande rör 287
» » liggande » 287
» » stående » 286

S

Sandfyllning i masugnsmurar 254
Sandmot i hytta 263
Sandspringa i masugnsmurar 256
Scheiblers thomaseringssätt 539
Schneiders elektriska ugn 634
Seghet hos järn 53
Segringars förekommande medelst titan 117
Semiternas järnhantering 4
Senigt puddeljärn 475
Sesquisilikatslagger 344
Siemens järnframställningsmetod 246
» växelventil 569
Sieurins järnsvamp i lancashiresmide 469
» järnsvampframställning 665
Siliciumstål 158, 161
Silikatens smältvärme 346
Silikatgrad 344
Singulosilikatslagger 344
Sjunkboxar 139, 504, 574
Sjömalmer 182, 184
Sjömalmers bränning 198
Skappel om masugnsexplosioner 405
Skenks & Hellers hypotes för masugnsprocessen 311
Skenks & Zimmermanns masugnsundersökningar 310
Skorstenar för martinverk 570
Skroanvändning vid aducering 426
Skrocharger i martin 586
Skro, olämpligt för martin 590
Skrosmältning i lancashire 469
Skullning i masugn 321, 394
Skyddsmedel mot rostning 145
Skänkar för bessemerstål 504
» » martinstål 574
Skänkvärmare 507
Slaggavtappning vid thomasmetoden 538
Slaggbildningen i masugnen 304
Slaggcement 416
Slaggen vid lancashiresmidet 455, 458
» » vallonsmidet 472
Slagger använda som malmer 186
Slaggers silikatgrad 344
Slaggfickor vid martinugnar 563
Slaggforma i masugn 276, 279
Slaggfullt lancashirejärn 454
Slaggmineralens smältpunkter 349
Slaggpimsten 417
Slaggtappningsanordningar i hytta 264
Slaggtappningsnivån i masugn 326
Slaggtappning vid masugn 374
Slaggtegel 417
Slaggullberedning 417
Slagning av malm 194
Sligrostning 206, 225, 239
Sligs användning i masugn 225
Smidbara järnets indelning 36
» » vällning 690
Smide, Katalan- 242
Smidesjärn och arsenik 128
» » koppar 123
» » nickel 93
» » svavel 76
Smidesjärns brottyta 52

Smidesjärns egentliga vikt 46
Smidesprovningen vid bessemer 513, 515
» » martin 591
» » thomas 539
Smide, Yates 243
Smältfärskningsmetoderna 420, 437
Smältgörningen i lancashiresmide 457
Smälthopslagningen i lancashiresmide 462
Smältningens gång i martinmetoden 498
Smältstyckesmidning i vallonmetoden 472
Smältstyckens vällning 469
Snabbdriftstål 153, 164
Sorbit 41
Sotsamlingsanordningar 271
Sotsäckar 271
Sovring av malm 194
Spaniorernas järnhantering 11
Spatmalmer 180
Specialstålen 153, 154
Sphärosideriter, lerhaltiga 181
Spinell i slagger 147, 149
Stagning av martinugnar 567
Stassanos elektriska ugn 644
Stenkolsgeneratorers skötsel 577
Sträckhållfasthetsvärden 54
Styckeugnar 29
Styrränna i hytta 264
Stålet i bessemermetoden 512
Stålets brottytor 52
» egentliga vikt 46
Stålframställning utan färskning 606
Stål för elektriska ändamål 156
Stålgjutecharger i lillbessemer 689
Stålgjutgods 685
Stålgjutning 685
Ståljärnstillverkning 465
Stål och aluminium 120
» » arsenik 128
» » bly 130
» » gaser 134
» » koppar 123
» » krom 104
» » molybden 109
» » tenn 130
» » titan 116, 117
» » vanadin 111
» » zink 130
» omagnetiskt 159
Stålprovning 591
Stål, puddel- 475
Stålskros användning vid aducering 426
Stålsorters olika kvävehalt 150
Ståls tätgöring 143
Stål till elektromagneter 160
» till magneter 156
Ståltillverkning, gammal svensk 27
Stålugnar, elektriska 631
Ställbandet i masugnen 257
Ställbotten i koksmasugn 278
» i träkolsmasugn 257
Ställbottendiametrar 327
Ställe, murat 261
» rammat 258
Stället i masugnen 257, 278
Ställning i lancashirehärd 451
Stöchiometrisk beskickningsberäkning 363
Subsilikatslagger 344
Surt bessemertackjärn 336
Svartmalmer 174, 176
Svavel, bortskaffande av 62, 208
Svavelkis i rostning 209
Svavel, kvantiteten som järn kan upptaga 74
Svavel och järn 74
Svavelraffination i thomasblåsning 544
Svavels förekomstsätt i järn 74
» inverkan på järnets egenskaper 74
» och koppars samverkan 126
Svenska järnhanteringens äldre historia 17, 19
» pipprofiler och tillverkningar 322
Svetsprov 516
Syreanrikad bläster för bessemerblåsning 533
Syre och järn 143
Syreupptagande i järn 144
Syrgasanvändning vid utslag 393
Sätthärdning 150
Sättningsgrad i masugn 320
Söderbergs elektriska ugn 640

T

Tackjärnet vid aduceringsmetoden 339, 432
» » bessemermetoden 336, 509, 512, 526
» vid degelstålsberedning 340
» » lancashiresmidet 332, 454, 465
» vid gjuteriskötseln 337, 342, 689
» » martinmetoden 335, 342, 599
» » stålgjutgodstillverkningen 548, 688, 689
» vid thomasmetoden 341, 537
» » uchatiimetoden 496
» » vallonmetoden 334, 472
Tackjärn, flytande, insatt i härden 467
» i allmänhet 35
» koks-, för gjutning 342
» olika slag 36
» och aluminium 119
» » arsenik 128
» » gaser 133
» » koppar 121
» » krom 103
» » nickel 92
» » svavel 74
» » titan 116
» » vanadin 110
» träkols för export 339
Tackjärnsblandare, elektriskt värmda 574
» för bessemer 500
» för martin 573
Tackjärnsblandarnas skötsel 583
Tackjärns brottytor 51
» egentliga vikt 46
» färskning 419
» granulering 496
Tackjärnsgjutning 669
Tackjärnskokillerna i hyttan 263
Tackjärns kvävehalt 151
» kväverenande 115
Tackjärnsmåtten i hyttan 263
Tackjärnsprocent vid hytta 329

Tackjärnsproduktion, världens 171
Tackjärns raffinering 419
Tackjärnssorterna 333
Talbots martinmetod 596
Tamms beräkning av den direkta reduktionen i masugnen 316
Tamms masugnsgasundersökningar 307
» utredning om bessemerprocessen 517
Tappningsvärme, martinståls 589
Tegelsorter i masugnsmurar 256
» till masugnsställe 261
Tegelugnar för basiska tegel 535
Temperaturbestämningar vid bessemerblåsningar 530
Temperatur, masugnsblästerns 328
Temperaturstegringen under bessemerblåsning 529
Temperkol 39
Temperkolavskiljande vid aducering 436
Tenn och järn 129
Teori för masugnsprocessen 304
Tephroit i slagger 347
Termoelektriska processer 657
Tholanders generator 570
» skullningsteori 396
» uppsättningsmål 270
» varmapparat 288
» vällugn 692
Thomas-Gilchrists metoden 494, 533
» » » avvikande förfaringssätt 539, 545
» » » blåsningarna 536
» » » fosfatberedningen 540, 546
» » » konverterdimensionerna 534
» » » metallens prövande 539
» » » processens kemiska förlopp 541
» » » processens värmeekonomi 542
» » » slaggens färdigberedande 540
» » » slaggens konstitution 546
» » » slaggens sammansättning 541
» » » stålet och dess upptagna gaser 135
» » » tackjärnet 341
» » » ugnar och apparater 533
» » » utförandet 536
Tideströms lancashiresmide 467
Tillsättningar vid bessemerblåsning 532
Tillverkningsrapport för martinugnar 552
Timpel 264
Titan, kvantiteten järn kan upptaga 113
Titanmalmer 113
Titanmalmers förhyttande 114
Titanmalm som beskickningsingrediens 192
Titanmangan, pris å 166
Titan och järn 113
» pris å 165
Titans förekomstsätt i järnet 115
» inverkan på järnets egenskaper 116, 117
Titan som gasreningsmedel 117
Torkad bläster för bessemerugnar 533
» » » masugnar 381
Torrfärskningsmetoderna 421
Torrstenar 190
Torvgeneratorers skötsel 577
Torvkol försök med i lancashire 466
Treformshärdar 449
Trisilikatslagger 344
Troostit 41
Träkolens fosforhalt 67
Träkolsmasugnens dimensioner 324
» grund 252
» konstruktion 252
Träkolssorter för lancashiresmide 456
» för vallonsmide 472
Träkolstackjärnssorter 332
Tunners masugnsgasundersökningar 307
Tunnplåtsbeklädnad kring masugnsställe 278
Turanernas järnhantering 7
Tvåformshärdar 448
Tyskhärden 443
Tysksmidet 440, 443
Tätgörande 420
» av stål 141, 143
» med kisel 64
» med kiselcarbid 65
Tättdiametrar vid masugnar 328
Tättor och tättställningar 302

U

Uchatiimetoden 477
» deglarna 497
» kemiska förloppet vid 499
» kolstybb för 497
» malmen för 497
» praktiska utförandet av 496
» smältningens skötsel 498
Ugnar för aducering 427
» » bessemer 500
» » brännstålsberedning 607
» » cementering 609
» » gjutstål 614
» » martin 549
» » stålgjuterier 686
» » tackjärnsgjutning 671
» » thomasering 533, 535
» osmund- 26
» reverber 678
» stycke-, wolfs-, blau- 29
» väll- 691
» äldsta svenska för järnframställning 20, 26, 27
Ugnen, martin-, den första svenska 492
Ugnsbrott 409
Ugnsmått vid martin 555
Ugnsrumsdimensioner vid martin 556
Ugnstemperatur vid aducering 434
Uhrs vällugn 692
Underställe i masugn 257
Upphettningsapparater vid bessemer 507
Uppluckring genom rostning 207

Uppoxidering genom rostning 210
Uppsättning 269
Uppsättningsmål, slutna 268, 281
» öppna 266
Uppsättningsmålsdiametrar 327
Uppsättning å masugn 377
Utkok använt som malm 186
Uträckning av vallonsmältstycken 472
Utslag i hyttan 374
Utslagshål i masugn 263, 278
Utslagsmåtten i hyttan 263
Utstrålningsförluster vid masugn 319
Uttag för masugnsgas 266

V W

Vallonsmidet 440, 469
» härdens konstruktion 469
» härdens tillställning 469
» järnets sammansättning 71, 474
» luppsmältorna 473
» räckhärdens konstruktion 472
» slaggen 472
» smältans hopslagning 472
» styckenas uträckning 472
» tackjärnets sammansättning 334, 472
Vallonsmidets ekonomi 474
» utförande 472
Valssinner använt som malm 186
Vanadinens inverkan på järnets egenskaper 110
Vanadin, kvantiteten av, som järn kan upptaga 109
Vanadinmalmer 109
Vanadin och järn 109
Vanadinstål 111, 154
Van Vlotens explosionsteori 403
» » masugnsundersökningar 310
» » skullningsteori 398, 401
Varmbläster 287
Varmblästerapparater historik 284
» regenerativa 297
» regeneration, beräknandet av 300
» regenerativa, Cowpers 298
» regenerativa, Gordon, Strobels & Laureaus 299
» regenerativa, Massicks & Crookers 299
» regenerativa, Whitwells 298
» rekuperativa 303
» rör- 285
» rör, Ankarsrums 287
» rör, beräkning av 289
» rör, Brevens 287
» rör, Calders 286
» rör, Magnuson & Bergendals 288
» rör, Tholanders 288
Wassertrommelgebläse 271
Vattenrening av masugnsgas 271
Vedgeneratorers skötsel 572
Wellmanska martinugnar 568
Världens järnmalmsbehov 170
» järnmalmstillgångar 168
» kol- och metallproduktion 171
Westmanska rostugnens igångsättande 218
» » konstruktion 211
» » skötsel 219
Växelventiler till martinugnar 569
Whitwells varmapparat 298
Wiborghs beskickningsberäkningssätt 359
» malmkoks 238
» reduktionsugn 247
» rostugn 203
Wilsons generator 572
Vismutglansens rostning 210
Volfram, kvantiteten, som järn kan upptaga 104
Volfram, pris å 166
Volframmalmer 105
Volframs förekomstsätt i järn 106
» inverkan på järnets egenskaper 106
Volframstål, 160, 161
Wollastonit i slagger 347, 349
Von Hoffs uppsättningsmål 281
Wüsts beräkning av den direkta reduktionen 316
Vätanrikning 197
Vällgropar 702
Välljärnsmetoderna 420, 438
Välljärnsskrot användning vid aducering 426
Vällmedel 704
Vällningens rätta utförande 703
» ändamål 703
Vällningsproceduren 690
Vällpulver 704
Vällugnarna 691
Vällugnarnas dimensioner 694
» indelning 692
» konstruktion 693
Vällugnsresultat 693
Vällugnsslagg använd som malm 186
Värmealstringen i bessemerblåsningarna 529
» i thomasblåsningarna 542
Värmebalansen vid masugnen 317
» vid thomaskonvertern 545
Värmeutstrålningen vid masugnen 319
Värmeåtgången vid bessemerblåsning 529
» vid thomasblåsning 542
Väte, kvantiteten, som järn kan upptaga 149
Väte och järn 148
Vätets inverkan på stålets egenskaper 149

Y

Yates smide 243
Ytcementering 609
Ytcementeringsugnar 609
Ytcementeringsmaterialen 609

Z

Zink och järn 129
» orsakande murverksförstöring 409

Zink rening från genom rostning 208, 209
Zonerna i masugnspipan 304

Å

Åkermannit i slagger 347
Åkermans utredning om bessemerprocessen 517
Åquists stålprovningssätt 591
Årsproduktionen vid lancashirehärdar 453
Årsrapporter från martinverk 552

Ö

Ökningslistor för svenska masugnar 375
Överskottsgasmängden vid masugnarna 320
Överställe i masugn 257, 280

Rättelser.

Sid. 58, rad 20 uppifr. står tabell XXXIII, läs: tabell IX

» 68, » 17 » » Fosforhalten o. s. v., läs: Trots att fosforhalten är i tallens ytved 4 och i granens 5 gånger större än i kärnveden, så äro dock sågverkskolen till följd av att de beredas av flottad ved mycket fosforfriare än skogskolen.

» 68, » 6 nedifr. » Hanemann säger, läs: *Haneman säger*

» 73, » 11 » » inpressas, läs: utpressas

» 78, » 9 uppifr. » magnesium, läs: »magnesium»

» 79, » 17 » » gasskumbildningen, läs: garskumbildningen

» 104, » 14 nedifr. » Wolfram o. s. v., läs: Kvantiteten wolfram, som järn kan upptaga.

» 109, » 22 » » fann, läs: funnit

» 122, » 5 » » järn, läs: koppar.

» 133, » 28 » » sätshärdning, läs: sätthärdning

» 153, » 11 » » så, läs: sednare.

» 173, » 7 » » *, nedflyttas till motsvarande ställe å rad 5 nedifr.

» 181, » 8 » » tätt, läs: tät

» 182, » 18 uppifr. » tab. LVI, läs: tab. LIV

» 192, » 6 » » tab. XLVII, läs: tab. XLVIII

» 195, » 7 nedifr. » slagvikt, läs: släggvikt

» 231, » 13 uppifr. » 160, läs: 112

» 233, » 11 » » ugn, läs: vagn

» 251, » 21 » » Le Ferro, läs: De Ferro

» 251, » 1 nedifr. » C. Rinman, läs: S. Rinman

» 251, » 16 » » » » »

» 281, » 1 uppifr. » Koksgasugnarnas, läs: Koksmasugnarnas

» 281, » 3 » » koksgasugnar, läs: koksmasugnar

» 312, » 16 » » Vid 450° temp. 46 CO 54 CO_2 $\frac{CO}{CO} = 0{,}85$, läs:

» 450° » 46 CO_2 54 CO $\frac{CO_2}{CO} = 0{,}85$

» 339, » 26 » » å två platser 1200, skall å båda stå 120

» 345, » 18 » » tackjarnsslaggen, läs: tackjärnsslagen

» 347, » 11 nedifr. » Cabisilikat, läs: Ca — bisilikat

» 365, » 5 » » 73,80, läs: 73,00

» 371, » 22 » » D, läs: d

» 376, » 1 uppifr. » E, läs: e

» 381, » 12 nedifr. » F, läs: f

Sid.	386,	rad	6	uppifr.	står G, läs: g
»	388,	»	10	nedifr.	» H, läs: h
»	389,	»	12	uppifr.	» I, läs: i
»	390,	»	11	nedifr.	» K, läs: k
»	392,	»	9	uppifr.	» L, läs: l
»	410,	»	19	»	» M, läs: m
»	413,	»	20	»	» N, läs: n
»	415,	»	13	»	» O, läs: o
»	418,	»	2	nedifr.	» VI, läs: VII
»	421,	»	18	uppifr.	» talkjärnet, läs: tackjärnet
»	433,	»	18	»	» cementeringspulvret, läs: Aduceringspulvret
»	435,	»	8	»	» cementet, läs: cementiten
»	457,	»	24	»	» tackjärnet, läs: tackorna
»	517,	»	10	»	» C, läs: c
»	600,	»	14	nedifr.	» C, läs: c
»	606,	»	1	uppifr.	» V, läs: VI
»	620,	»	1	»	» VI, läs: VII
»	669,	»	1	»	» VII, läs: VIII
»	690,	»	1	»	» VIII, läs: IX

Framstående Svenska Bergsmän,

som i denna bok omnämnas eller till densammas text lämnat värdefulla upplysningar:

Hyttemän, Aduceringsmän, Puddlare, Lancashiremän, Vallonmän, Degelstålsmän, Bessemermän, Thomasmän, Martinmän, Stålgjutare, Vällugnskonstruktörer, Ferroelektrici, Bergskemister, Stålprovare och Bergsmekanici.

Ordnade efter ålder, gräns nedåt 1877.



Emanuel Swedenborg.



N. G. Sefström.



I. Åkerman.



G. Ekman.



J. G. Clason.



L. Rinman.



V. Eggertz.



C. R. Ulff.



G. F. Göranson.



J. F. Lundberg.



H. W. Clason.



C. J. Böös.



C. G. Lagergren.



C. A. Jacobsson.



P. Lagerhielm.



C. A. Dellvik.



Carl Nanfeldt.



E. I. Sieurin.



G. F. Berndes.



R. v. Stockenström.



J. O. Björck.



R. Åkerman.



Martin Nisser.



Gustaf Tamm.



C. Lundvik.



C. P. Lindberg.



C. G. Särnström.



E. Stridsberg.



J. Wiborgh.



C. E. W. Wettergren.



Adolf Tamm.



M. Lindberg.



P. E. W. Öberg.



C. E. R. Roth.



E. J. Ljungberg.



Herm. Hoffstedt.



C. A. Caspersson.



C. Danielsson.



G. A. Forsberg.



J. W. Sandahl.



G. Uhr.



E. v. Zweigbergk.



C. A. Streyffert.



A. Bergström.



G. C. Rehn.



S. Amilon.



H. Tholander.



G. R. Geijer.



O. E. Westin.



C. A. Wrang.



J. A. Brinell.



E. G. Lundwik.



K. Saxenberg.



T. Magnusson.



F. Bergendal.



P. T. Berg.



F. Björnlund.



Y. Ericson.



W. Ljungwall.



Oscar Löthner.



A. Wedberg.



A. G. Arwedsson.



C. W. Bildt.



G. Odelstierna.



G. Odelberg.



J. F. Danielsson.



Reinh. Charleville



C. J. Beck-Friis.



O. M. Strömberg.



A. F. H. Silfversparre



Rob. Carlsson.



C. G. T. Norelius.



G. F. T. Rooth.



I. H. L. Vogt.



B. E. Wijkander.



G. Gröndal.



A. Herlenius.



E. Odelberg.



C. A. Sahlin.



C. Y. Hermelin.



G. N. Hedenskog.



Y. Lagerwall.



E. Berglöf.



E. V. Pehrson.



C. af Geijerstam.



A. Wahlberg.



J. A. Leffler.



L. Yngström.



A. Johanson.



A. H. Pehrson.



J. Petrén.



E. A. A. Grönwall.



J. Davidsson.



K. A. G. Dillner.



F. O. V. Stille.



C. E. L. Hubendick.



E. Nyström.

Afföningstabeller. Praktisk handbok vid uträkning af afföningar vid verkstäder, fabriker samt andra industriella verk, där afföning efter timpenning användes, upptagande hel-, trekvart-, half- och kvarttimmar från ¼ till och med 100 ¾ timmar med en timpenning från 2 till och med 60 öre af THURE ADLER. 2:a uppl. Inb. 6 kr.

Elektriciteten. Nyaste uppfinningar och forskningar, framställda af G. R. DAHLANDER. Med 194 figurer i texten. 5 kr.; inb. 6: 50.

Elektriciteten och dess förnämsta tekniska tillämpningar med särskild hänsyn till de *nyaste uppfinningarne* af G. R. DAHLANDER. 2:a omarbetade och utvidgade uppl. Med 406 illustr. 15 kr.; inb. 17 kr.

Felaktigheter hos ångpannor och huru sådana uppkomma. Handledning vid konstruktion och skötsel af ångpannor af EMIL SPETZ. 1: 25.

Fysik. Första grunder af M. M. FLODERUS. 2 delar i 5 häften. Tills. 5: 70.

Föreläsningar i Brobyggnadslära af P. W. ALMQVIST. Med 41 planscher. 15 kr.

Geodetisk mätningskunskap af J. O. ANDERSSON. Med 236 fig. i träsnitt och på 9 stentrycksplanscher. 7: 50; inb. 9 kr.

Handbok för ingeniörer och mekanici. Efter *John W. Nyström* m. fl. utarbetad af L. G. v. PALMKULL. 2:a omarbetade och tillökade uppl. Med omkring 450 figurer. Inb. 8 kr.

Handbok för Maskinkonstruktioner. Till ledning vid undervisningen i tekniska läroverk samt för praktiserande maskintekniker af W. HOFFSTEDT. I. *Hållfasthetslära. Materialiers elasticitet- och hållfasthets-egenskaper. Tabeller.* Med 133 illustr. och 63 tabeller. Inb. 7: 50. II. *Maskinelements beräkning och konstruktion.* Med 866 illustr. och 147 tabeller. Inb. 15 kr.

Handbok för utstakning af kurvor af G. F. WALDENSTRÖM. 3:e uppl. Inb. 4: 50.

Handbok för verkmästare, förmän, montörer och maskinarbetare. Utarbetad af HJALMAR FRISK. 2:a uppl. Inb. 6: 50.

Handbok i Bergsprängning och om bergskotts tändning medels elektricitet af G. NERMAN. Med talrika figurer. 2 kr.

Handbok i elektrokemi af G. E. CASSEL. Med 71 fig. 8 kr.; inb. 10 kr.

Hvardagsfysik. Från kompassen till kakelugnen. De vanligaste i vårt dagliga lif förekommande fysikaliska företeelser, af *P. la Cour, C. Christiansen, K. Prytz* m. fl. Med öfver 300 illustr. 5 kr.; inb. 6 kr.

Hvardagskemi. Föreläsningar öfver de vanligaste i vårt dagliga lif förekommande kemiska företeelser, af LASSAR-COHN. 3 kr.; inb. 4: 50.

Kemisk teknologi af J. R. WAGNER. Svensk bearbetning af *Alarik Liedbeck.* Med öfver 200 figurer. Inb. 9 kr.

Lärobok i Byggnadsstatik af A. E. O. SUTTHOFF. I. *Elasticitets- och Hållfasthetslära.* Med 5 planscher upptagande 108 figurer. 6: 50.

Lärobok i fysik af G. R. DAHLANDER. 2:a omarbetade uppl., utgifven af *P. af Bjerkén.* Med 639 figurer i texten. 15 kr.; inb. 17 kr.

Lärobok i Grafostatik af P. W. ALMQVIST. Med tillämpning på byggnadsstatik och brobyggnadslära. 2:a omarbetade uppl. Med 35 planscher. 15 kr.

Maskinberäkningar. Konstruktören af F. REULEAUX. En handbok vid maskinberäkningar. 2:a uppl. med supplement. Inb. 20 kr.

Maskinelement. Deras beräkning och konstruktion. Lärobok till ledning vid undervisningen i tekniska elementarskolor och maskinyrkesskolor m. m. af W. HOFFSTEDT. Inb. 10 kr.

Stålets härdning i teori och praktik af FRID. REISER. Bemynd. öfvers. af. *C. Bolin.* 3 kr.

Tabeller för Beräkning af massor vid jordarbeten för järnvägar, landsvägar och diken, af A. G. HAGELFELDT. Inb. 2: 75.

Tabeller för utstakning af föreningsspår och inläggning af spårväxlar af G. F. WALDENSTRÖM. 3:e omarbetade uppl. Inb. 4: 75.

Telegrafering utan tråd. Populärt framställd af MAX GRENANDER. Med 2 porträtt och 13 figurer. 2:a uppl. 25 öre.

Vattenhjul. Vertikala vattenhjul, deras beräkning och byggnad af C. A. ANGSTRÖM. 3: 75.

Växelhjul för gängskärning i svarf. Handbok i beräkning af. Jämte tillhörande tabeller af J. G. JOHANSSON. 1 kr.

Ångmaskiner, ångpannor och ångfartyg m. m. Lärobok för ångfartygsbefälhafvare-elever af P. SVENSSON. Med 103 figurer och 27 tabeller. Inb. 4: 50.