

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*

(Thaillow, F.)

Metallernes Teknologi

I a. 1937

Optegnelser til Foreles-
ninger

OTV

Darmstadt, 1937

Videncenter

Teknologi, 1937

621.7
9.1.37

TB
621.7
Tha

461185

DTV



300189517



1932

Indledning.

smeltede metaller

smeltede metaller forholder sig som vædske: d.v.s. vi har hel eller delvis blandbarhed, opløselighed, o.s.v.

kobber og sølv opløser saaledes i flydende (smeltet) tilstand de fleste andre metaller.

Zn og Al opløser ligeledes i smeltet tilstand mange andre metaller, dog med undtagelse af Fe, som kun opløses i meget ringe grad.

Pb opløser kun faa metaller.

som de smeltede metaller kan optage eller opløse andre metaller, opløser eller optager mange smeltede metaller ogsaa metalloider, og enkelte er endog i stand til først at spalte en forbindelse, hvor det i metallet opløselige metalloid, indgaar i kemisk forbindelse med et eller flere andre stoffer, saaledes kan smeltet Fe optage C fra CO og S fra SO_2 , dette finder iøvrigt sted i de saakaldte flammeovne.

den omtalte opløselighed vokser som reglen med temp.
eks.

ved 700 grader kan Pb og Zn blandes homogent, afkøles til 500 grader skilles metallerne delvis i to lag.

endvidere opløser smeltede metaller luftarter.

Fe kan saaledes opløse H, CO og SO_2 .

naar vi saaledes har en blanding af smeltede metaller vil den temp., ved hvilken blandingen størkner, være lavere end den, man vilde vente at faa efter bestanddelenes størkningstemp.

mange metaller er i stand til at opløse kemiske forbindelser f.eks. CO.

metallerne har ligeledes stor tilbøjelighed til at danne kemiske forbindelser.

Cu forbinder sig med: Zn, Al, Sn og Sb.

(Cu_2Zn_3 - Cu_3Sn - Cu_3Al - Cu_2Sb - Cu_3Sb)

Fe danner AlFe. det er saaledes ikke klogt at smelte Al i jerndigler, da Al efterhaanden opløser en del af jernet og herved forurennes.

mellem metaller og metalloider indgaas ligeledes kemiske forbindelser f.eks. danner jerngruppens metaller alle carbider.

som en almindelig regel fra kemien har den dannede kemiske forbindelse sikkert ikke samme egenskaber som bestanddelene saaledes det haarde bronze Cu_3Sn af de bløde metaller Cu og Sn.

afkøler vi en smeltet opløsning, hvor vi har forskellige forbindelser af metaller, vil vi se at opløseligheden varierer med temp., saa opløsningen ved en lavere temp. har en anden sammensætning, end ved begyndelsestemperaturen, og vi vil derfor i det til slut størknede materiale have flere forskellige sammensætninger af de i materialet indgaaende stoffer.

ved en saadan størkning opstaar der i materialet de saakaldte eutektiske legeringer, som for sig alene beholder deres sammensætning ved opvarmning eller afkøling, resten af materialet danner en grødagtig masse, der udfylder rummet mellem de dannede eutektika. afkøles materialet fra størkningstemp. til stuetemp. størkner efterhaanden ogsaa den grødede masse.

eks.

jern mister ved 720 grader opløseligheden for Fe_3C (jernet gaar over fra til modifikationen. (magnetismen mistes)).

eks.

Sn er ikke bestandig i metallisk form under 18 grader, men gaar ved denne temp. over i en anden modifikation, der er ganske umetallisk. (tinpest).

denne forandring i materialet foregaar ikke momentant, der er en vis modstand (hysteres) mod omdannelsen.

ved hurtig afkøling bevirker hysterese at vi kan underafkøle en bestemt tilstand, og dette benytter man sig af ved hårdning, hvor vi ved hurtig afkøling tvinger staalet til at beholde sin haardhed.

vi vil nu ganske naturligt kunne tale om en kritisk afkølingshastighed (temp. fald/sek.), og denne vil altsaa være nødvendig, hvis vi vil beholde en bestemt tilstand. naar en omdannelse er ved at foregaa kan vi imidlertid fremme omdannelsen ved smitte (f.eks. tinpest).

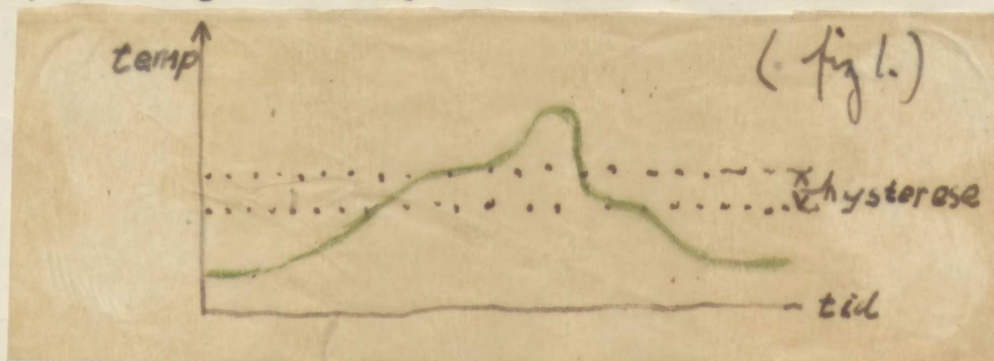
almindeligvis regner vi at smeltning og størkning sker ved samme temp., men det gælder i virkeligheden kun naar materialet er fri for hysteresse, og i almindelighed er det det ikke, hysteresen er dog almindeligvis kun lille, der er kun nogle faa graders forskel mellem smelte- og størkningstemperaturen.

saadanne materialer kalder vi reversible. vi har imidlertid ogsaa irreversible materialer (temp.diff. er stor) f.eks. Ni staal.

gaar jern over fra til modifikationen frigøres der en varmemængde paa 6 cal., og opvarmer vi en jerntraad ved at sende en elektr. strøm igennem den, og derefter langsomt lader den afkøle, vil vi ved passage af 720 grader se, at traaden afslappes lidt (til) de 6 cal. frigøres. herefter strammes traaden igen under den fortsatte afkøling.

vi har hermed godtgjort, at modifikationsforandringer er ledsaget af varmetoninger. vil vi derfor undersøge et materiales varmeegenskaber, undersøger man temp.variationen pr. tidsenhed.

fig.1.



modifikationstemperaturerne kaldes holdepunkter og betegnes med A (aretter).

har vi et materiale med hysteresse betegner A_c (chauffer) holdepunktet ved opvarmning, og A_r (refroider) holdepunktet ved afkøling. kurven faas i praksis ved selvregistrerende pyrometre, der giver kurven paa en tromle der drejer sig prop. med tiden. der findes iøvrigt andre metoder til at undersøge uregelmæssighederne, som vi har ved holdepunkterne.

ved dilatometerforsøg findes at udvidelserne er uregelmæssige ved holdepunkterne, ligeledes viser magnetisme- og elektr. modstandsmåling spring ved A_r erne. disse sidste metoder hvorved holdepunkterne kan findes, anvendes særligt ved høje temp., da termometermålinger her er ret unøjagtige.

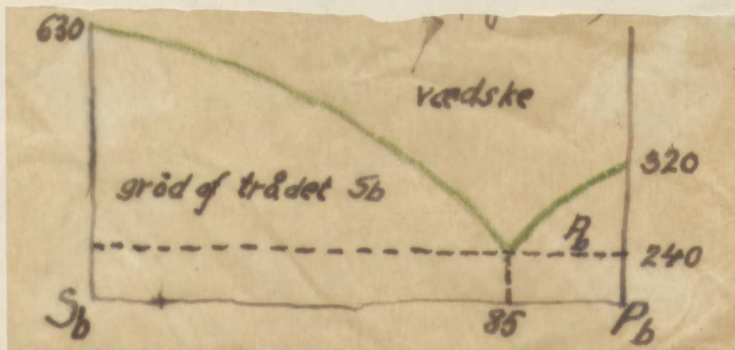
Konstitutionsdiagrammer

fig.2 Fe - Mn



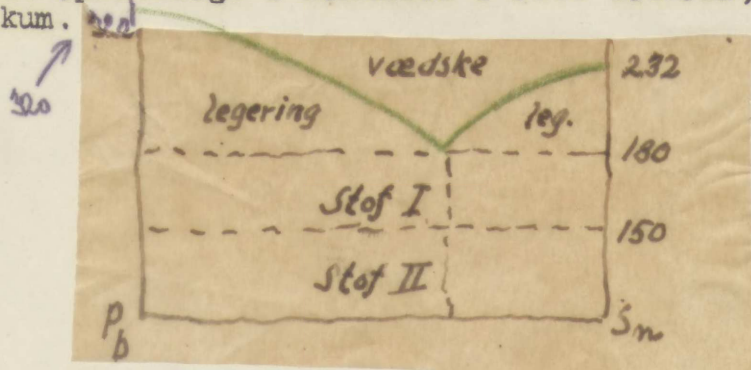
vi ser at Fe og Mn er fuldstændig opløselige i hinanden i alle forhold. den punkterede kurve angiver forholdene ved afkøling, der er altsaa hysteresse.

fig.3 Sb, Pb



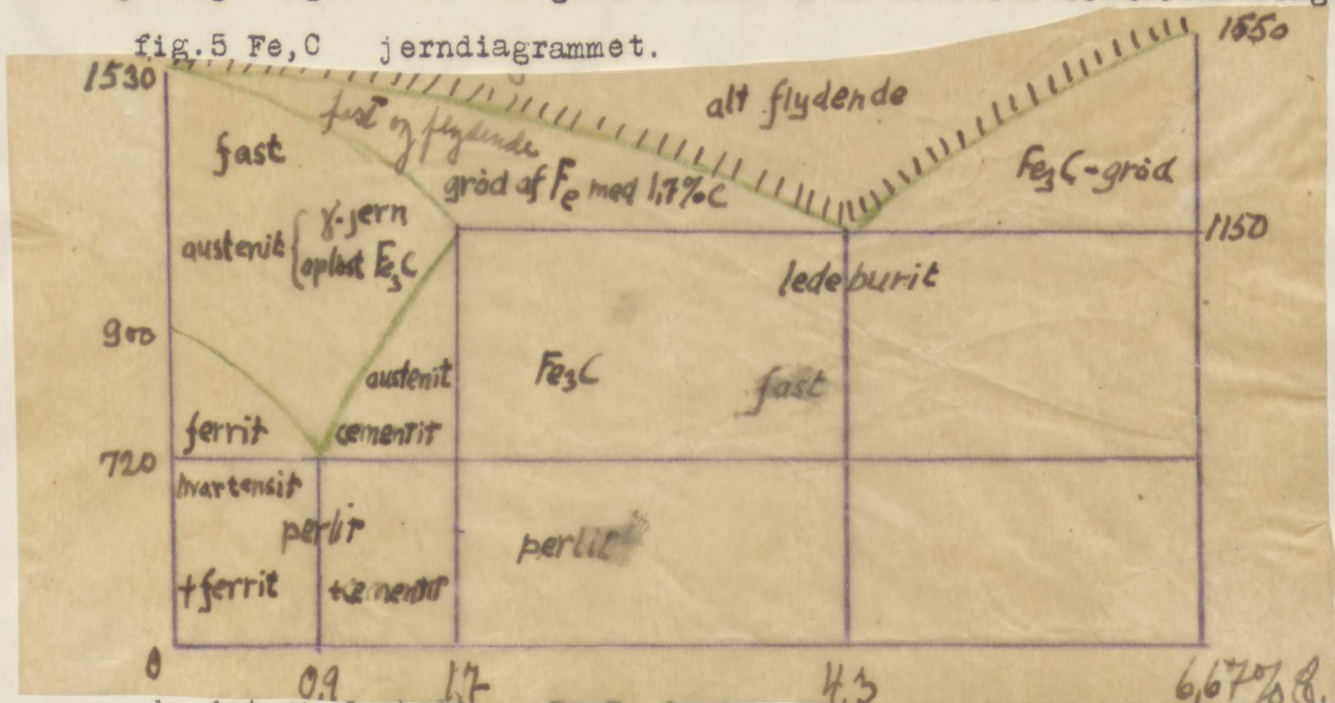
Sb og Pb er ogsaa fuldt opløselige i hinanden i alle forhold, dog har vi her et eutektikum.

fig. 4 Pb, Sn



ved Pb og Sn udskiller de rene stoffer sig ikke, men vi faar svage legeringer. ved 150 grader faar vi en modifikationsforandring.

fig.5 Fe,C jerndiagrammet.



da det er forholdene $\text{Fe}, \text{Fe}_3\text{C}$ vi undersøger skulde vi egentlig afsætte fra 1 - 100% Fe_3C , men i stedet for afsætter vi fra 0 - 6,67% C, da 100% Fe_3C indeholder 6,67% C.

hvis vi vil anskueliggøre forholdene ved legeringer, der indeholder mere end tre stoffer, bliver forholdene uoverskuelige, ved tre stofslegeringer klarer vi den derimod paa følgende maade:

fig. 6.

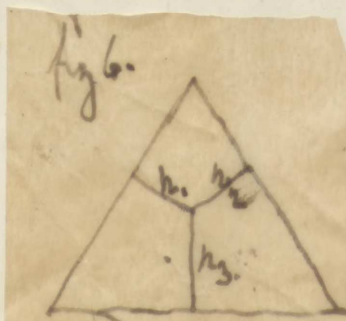
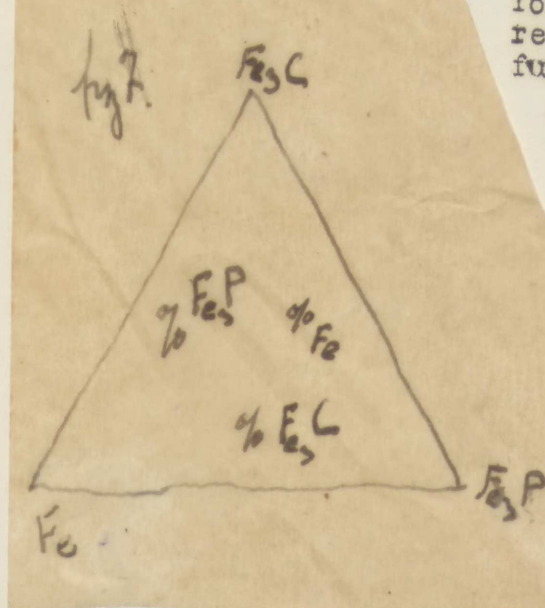


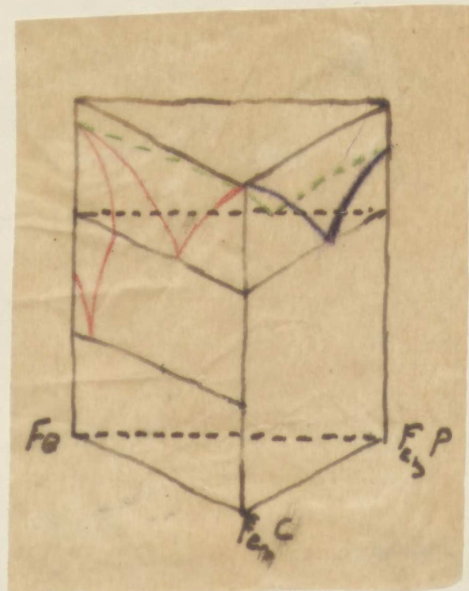
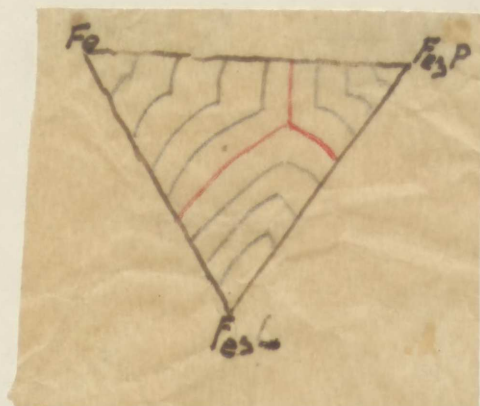
fig. 7.



summen af højderne i en lige-
benet trekant er konstant, og
vi sætter denne lig 100%.

afsætter vi smeltetemp. til de forskellige sammensætninger lodret op fra planen, faar vi et fuldstændigt diagram.

fig. 8 Fe, Fe₃C, Fe₃P



Materialernes opbygning.

de fleste materialer er krystalinske, og bestaar af forskellige krystaller af forskellige stoffer og med forskellig haardhed. Ved hjælp af interferens ved røntgenstråler finder vi at materialerne er regelmæssigt opbyggede, og vi kommer ad denne vej ind paa atomteorien.

vi tænker os atomernes størrelse lig med en kugle med diameter lig med diameteren i den yderste elektronbane. (ved enkelte metaller maa vi imidlertid tænke os formen som en kugleskal f.eks. vismut (smeltepropper)).

om disse kuglers størrelse faar vi oplysninger ved at maale afstanden mellem interferenslinierne, der giver os diameteren.

Fe atomets diameter er 2,5.

vi tænker os altsaa materialerne opbyggede af atomer, og for at faa oplysninger om denne opbygning betragter vi overgangen.

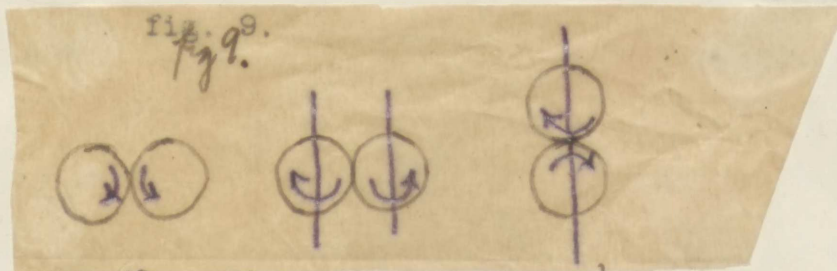
1. luftart - 2. vædske - 3. fast stof.

i luftarterne svæver atomerne frit mellem hinanden, og saadan saa den indre indbyrdes tiltrækning mellem atomerne ingen indflydelse har:

i vædskeformen ligger atomerne tættere og saadan at den indre indbyrdes tiltrækning begynder at vise sig uden endnu at have overtaget.

ved overgangen fra 1-2 begynder tiltrækningen at gøre sig gældende.

sammenlejringen af atomerne begynder at foregaa, som fig. 9 viser.



disse sammenlejringer faas dog kun naar atomernes rotationer passer for hinanden.

atomerne kan lejre sig mere eller mindre kompakt. anbringer vi saaledes et atom i hvert hjørne af en terning, faas en lejring med 47 % luftmellemrum.

fig.10

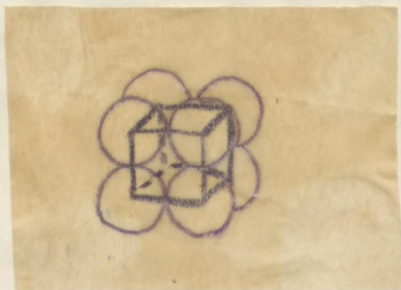


fig.10 lejring med 47% luftmellemrum. forskydes et lag i denne lejring faar vi den lejring med den tætteste pakning.

jernets opbygning ved 720 grader.

fig.11

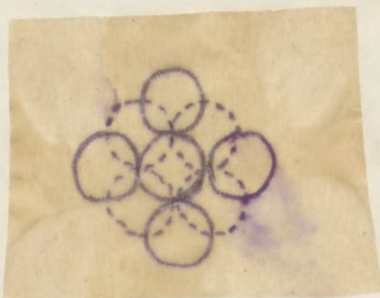
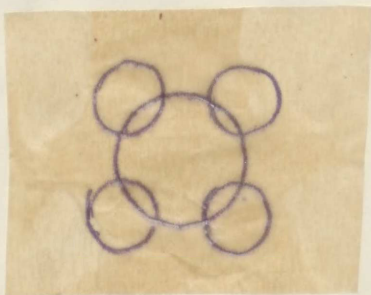


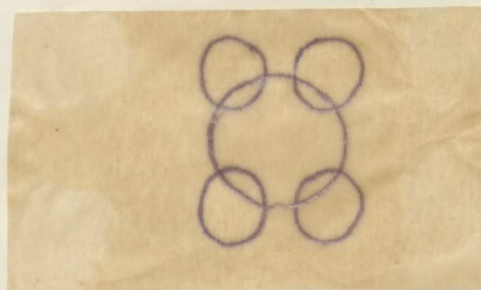
fig.11 viser den grundenhed af hvilken vi tænker os jernet opbygget. enheden bestaar baade af tetraedere, terning og oktaeder, og ser ens ud fra alle sider.

den modifikationsforandring som vi har ved 720 grader tænker vi os forarsaget ved en forskydning mellem atomlagene, som fig.12 viser.

fig.12 under 720 grader



over 720 grader



for anskueliggørelsen er den midterste elektron tegnet større, i virkeligheden er de alle lige store.

man mener at C atomerne lejre sig i Fe atomernes mellemrum og naar disse er udfyldt har vi Fe med 1,7 % C.

Støbning.

naar vi hælder et flydende materiale ned i en form størkner det først langs formens vægge, og der dannes herved en skal. formen er herved blevet en del opvarmet, og den videre størkning foregaar derfor langsommere, med dannelse af krystalliter, der vokser ud fra væggene som grantrær.

fig.13
krystallitdannelse.

terning

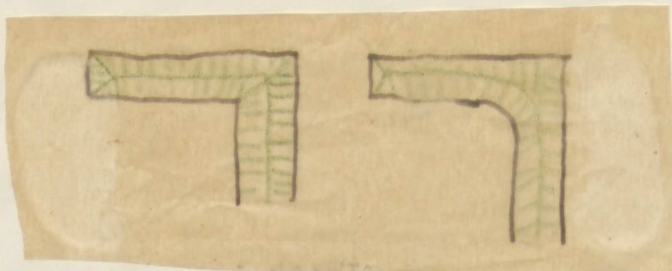


kugle



ved enhver støbning opstaar der de saakaldte svage linier i materialet, langs disse linier vil materialet være svagt, og man maa derfor ved udarbejdelsen af formen passe paa at faa de svage linier til at forløbe inde i materialet, saa de ikke vil være aarsag til sprængninger.

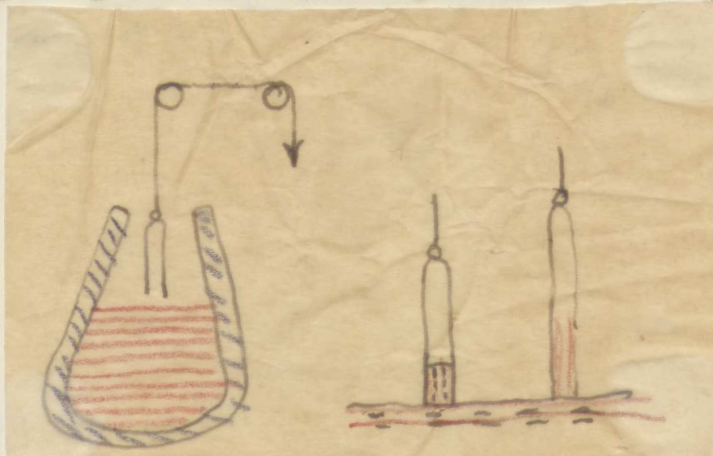
fig. 14. eks.



tilvenstre vil der vise sig en revne, og efterhaanden vil flancen falde fra. man laver derfor rundinger i hjørnerne, og faar derved en holdbar konstruktion.

enkelt krystallitlegemer. i et støbt materiale har krystallitterne alle mulige orienteringer, fordi størkningen er foregaaet fra forskellige sider og med forskellige hastigheder, man kan dog ad kunstig vej fremstille de saakaldte enkeltkrystallitlegemer, naar vi indretter os, saa vi faar afkølingen og dermed størkningen til at foregaa i en bestemt retning.

fig. 15.

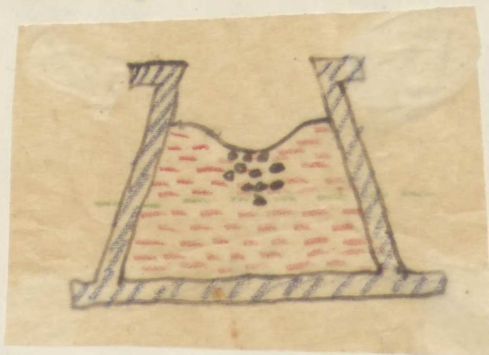


i diglen har vi et eller andet smeltet materiale. vi anbringer nu en stang i et hejseværk. idet stangen kommer i berøring med det smeltede materiale, afkøles dette, og størkningen indtræder, og dermed dannelsen af krystallitterne. vi hæver nu stangen med const. hastighed, og vi faar dannet et enkeltkrystallitlegeme.

volumneforandringer ved støbning. ved enhver støbning indtræder der en volumneformindskelse, og da materialet først størkner langs formens vægge, opstaar der sugespændinger i materialet, og hvis det flydende materiale indeholder luftarter, vil der være stor tilbøjelighed til blæredannelse, og denne medfører utætheder i materialet.

hvis afkølingen foregaaar langsomt, og det eller de eutektika der derved dannes faar tid til at trække sig helt sammen vil der meget nemt vise sig utætheder mellem de enkelte krystallitter.

vi vil derfor forsøge at faa afkølingen til at forløbe med samme hastighed i alle retninger for at faa utæthederne jævnt fordelt, da vi alligevel ikke kan undgaa dem helt.

fig. 16
støbning af en staalblok.

sugespændingerne forvolder, at der dannes en sugetragt, og i bundens forlængelse vil der være tilbøjeligheder til utætheder, man maa derfor sørge for at have tilstrækkeligt materiale, saa man kan fraskære den del, der indeholder utæthederne.

krystallitdannelser.

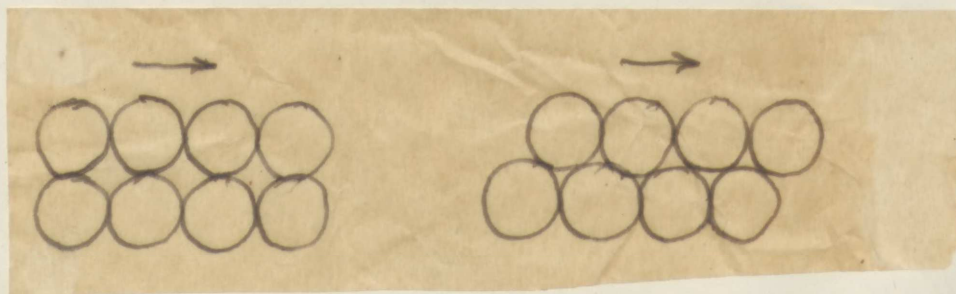
primære udskillelser er udskillelser der er dannet lige efter størkningens begyndelse, og de har derfor en ret grov krystallitstruktur. sekundære udskillelser dannes først efter at de primære har fundet sted, og dannelsen foregaaar langsommere, og vi faar derfor en ret finkornet struktur.

efter den fuldendte størkning har vi altsaa krystallitter af forskellige størrelser og i forskellige retninger. hvis vi her efter opvarmer materialet vil de største krystallitter være i stand til at optage frie atomer og derved vokse. denne proces kaldes coalesens. er derimod krystallitterne lige store (ensartede) omgiver de sig med en hinde og coalesensen er hermed forhindret. hinderne kan imidlertid ødelægges ved mekanisk bearbejdning af materialet.

naar vi udsætter materialerne for træk eller tryk, vil vi faa en atomomlejring, der giver sig til kende ved formforandringer, vel at mærke naar trækket eller trykket er tilstrækkelig stort.

belaster vi et legeme og der indtræder en blivende formforandring, kan det ske, at vi faar dannet de saakaldte tvillingkrystaller. processen kalder vi en omklapning, denne tænker vi os foregaaet ved at et atomlag er gledet paa et andet.

fig.17



ved mikroskopiske undersøgelser af materialer opdager vi somme-
tider et par rette linier. her har der fundet en omklapning sted
og vi har faaet dannet en tvillingkrystal.

ved større belastninger faar vi ikke omklapninger, men glidninger
mellem de enkelte atomlag, den naturlige glideflade er den, hvor
atomerne ligger tættest og ujævnhederne derfor er mindst.

disse glidninger kan vi lettest betragte ved et enkeltkry-
stallitlegeme.

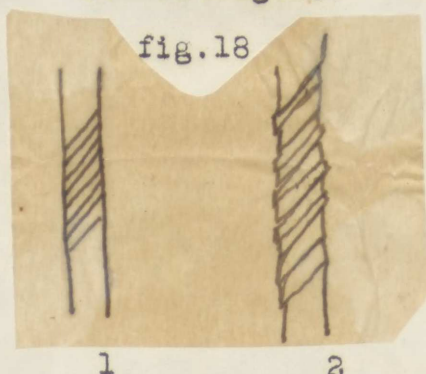


fig.18

vi belaster et enkeltkrystallitlegeme me-
re og mere. til at begynde med kan der op-
staa omklapninger, men inden ret lange ind-
træder den alm. glidning, og vi har nu ikke
en krystal, men mange, og vort legeme er
sammensat som (2) efterhaanden bremses glid-
ningen af krystallerne selv, de vil nemlig
komme til at støde paa hinanden. legemet
bliver stærkere og stærkere og til sidst
faar vi brud.

laver vi et enkeltkrystallitlegeme af en legering vil dette
være meget stærkt, da glidning næsten er umulig.

ved støbte materialer har de forskellige krystalliter forskel-
lig størrelse og forskellige glidningsretninger, glidninger optræ-
der derfor saa at sige ikke, materialet er skørt. tiltrods herfor
er 90% af alt anvendt materiale støbegods, da det er billigere, men
hvor det overhovedet kan betale sig, anvendes dog smedet gods. dette
har nemlig den fordel, at det er mere sejgt, vi faar nemlig ved be-
arbejdningen slaaet de store krystalliter i stykker til mindre, og
materialet bliver herved mere homogent. ved denne proces har vi
imidlertid faaet indført en del spændinger i materialet, men disse
fjernes ved opvarmning.

mekanisk bearbejdning.

smedning - valsning.

ved de to nævnte processer opstaar der skridninger i materialet, og
hvis operationerne foretages i kold tilstand, bliver materialet
skørt. denne skørhed kan imidlertid fjernes fra materialet ved op-
varmning, ved denne opstaar der nemlig coallessens og materialet
gaar tilbage til sin oprindelige form. den temp. hvor coallessensen
begynder kalder vi udglødningstemperaturen. (udvarmningstemp.)

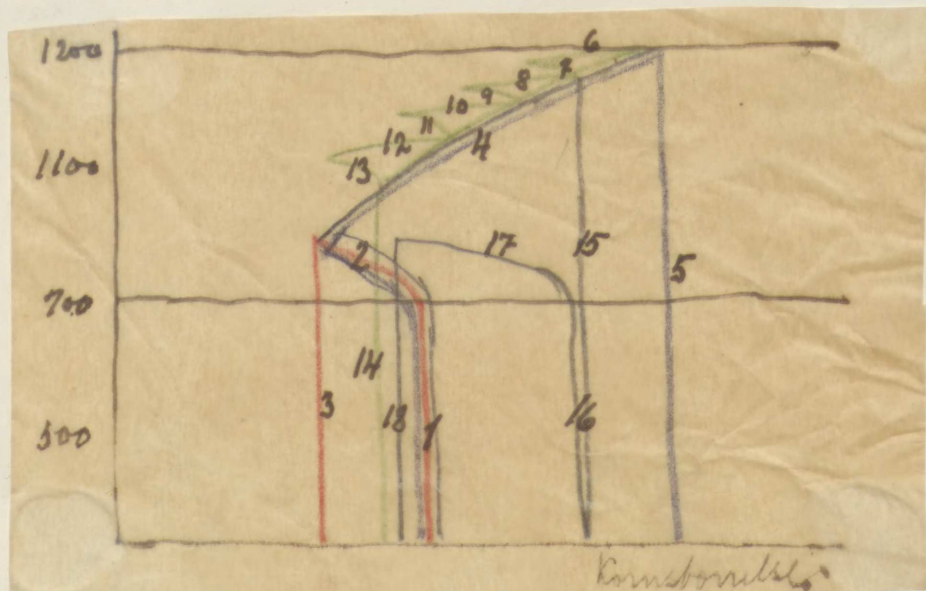
ved Fe begynder coallessensen ved 450 grader, men paa grund af
hysteresen udvarmer vi ved 800 grader.

	coallessensen begynder ved:	vi udvarmer ved:
Fe	450	800
Ni	660	800
Cu	200	500
messing	200	700
Al	150	450
Zn	stuetemp.	250
Sn	stuetemp.	100

udvarmningen skal foretages med kendskab til materialet, da for stærk opvarm. kan forårsage dannelse af for store krystallitter, og hermed skørhed. (størkornet Al er ved 500 grader meget skørt.)

vi vil gerne vide hvad der sker ved udvarmningen, og for at blive klar over dette tegner vi et diagram over kornstørrelsens variation med temp.

fig.19



i diagrammet arbejder vi med Fe med 0,9% C. opvarmer vi lidt over 720 grader smelter eutektikaet og afkøler vi igen størkner det igen. ved denne proces er der foregaaet en betydelig forandring i materialet, idet kornstørrelsen er blevet minimum.

kurve (1-2-3) alm. udglødning. vi ser at kornstørrelsen er blevet mindre.

kurve (1-2-4-5) fortsætter vi den første kurve ved at opvarme til 1200 grader vil kornstørrelsen igen tage til (coalescensen indtræffer), afkøler vi her- efter forbliver kornstørrelsen maximum.

kurve (1-2-4-6-7-8-9-10-11-12-13-14).

efter vi har opvarmet materialet til 1200 grader, foretager vi afvekslende valser og henlæggelse af materialerne. vi faar paa denne maade kornstørrelsen reduceret betydeligt. i praksis vil de mange valser ikke kunne betale sig, vi foretager derfor operationen efter:

kurve (1-2-4-6-7-15-16-16-17-18).

hvis det Fe vi arbejder med ikke indeholder mere end 0,2% C maa vi udvarme ved 900 grader ifølge Fe diagrammet.

1. afsnit. materialernes egenskaber.

materialernes egenskaber er afhængig af deres sammensætning og tidligere behandling.

vi inddeler egenskaberne i:

1. grundegenskaber.
2. brugsegenskaber.
3. teknologiske egenskaber.

1. grundegenskaber.

disse kender vi fra fysikken og kemien, og herunder regner vi: alsidigt tryk, varme, elektr. ledningsevne, magnetisme o.s.v. (alsidigt tryk kommer dog ogsaa ind under brugsegenskaberne).

er materialerne flydende opføre de sig som vædske, og naar vi regner groft, kan vi sætte vægtfylde i flydende- = vægtfylde i fast form. ellers benytter vi:

stof	flydende	fast
Al	2,34	2,7
Cu	8,4	8,9
Fe (rent)	6,9	7,86
Fe (støbejern)	6,9	7,28
Sn	7,0	7,28
Pb	10,9	11,33
Zn	6,9	7,1

fortsat opvarmning af smeltet materiale forårsager en udvidelse (vægtfyldeformindskelse) og samtidig en aftagende viskositet.

tilsyneladende beholder et fast legeme sin ydre form, men det er dog kun saa som saa, thi underkaster vi legemet et alsidigt tryk bliver dette plastisk. plasticiteten vokser med temp. ved alm. tryk og temp. kan vi dog godt regne et fast legeme for fast, men i virkeligheden er der ingen skarp grænse mellem flydende, halvflydende, (svampet), eftergiveligt og fast.

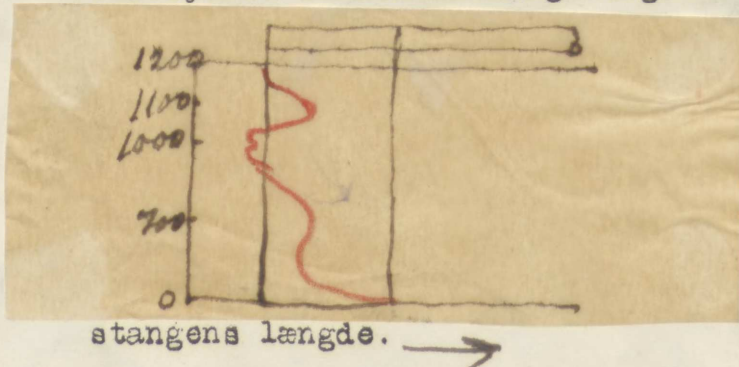
meget stor betydn. har formforandringerne ved temp.variationer, og disse formforandringer kan være meget store.

naar Al størkner	sker der en sammentrækn. paa	6,4	rumfs. %
" Fe	" " " "	" 5,5	" %
" Pb	" " " "	" 3,4	" %
" Sn	" " " "	" 2,8	" %
" Zn	" " " "	" 6,5	" %

fra denne tabel danner Bi en undtagelse, idet Bi udvider sig 3,2 R% .

efter enhver størkning udvider materialet sig imidlertid igen, idet der udskilles forskellige stoffer i materialet. som eks. vil vi betragte en støbejernsstang lige efter støbningen;

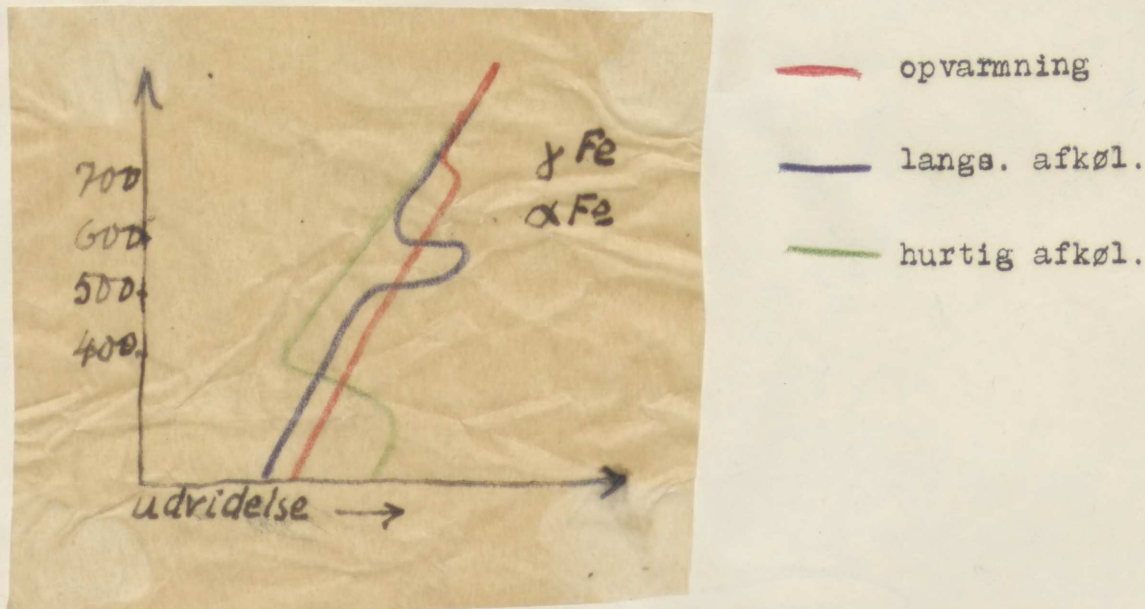
fig.1. støbejerns sammentrækningsdiagram.



stangen trækker sig først sammen (1200 - 1100) ved 1100 grader størkner først FeC og vi faar her en stærk sammentrækning. her- efter faar vi en udvidelse paa grund af grafitudskillelse. alm. afkøl. til 720 grader. (her spaltes Fe₃C i grafit og ferrit) vi faar en udvidelse. Fe gaar fra til modifikationen.

fig.2.

forholdene ved 720 grader tyde- ligere belyst.

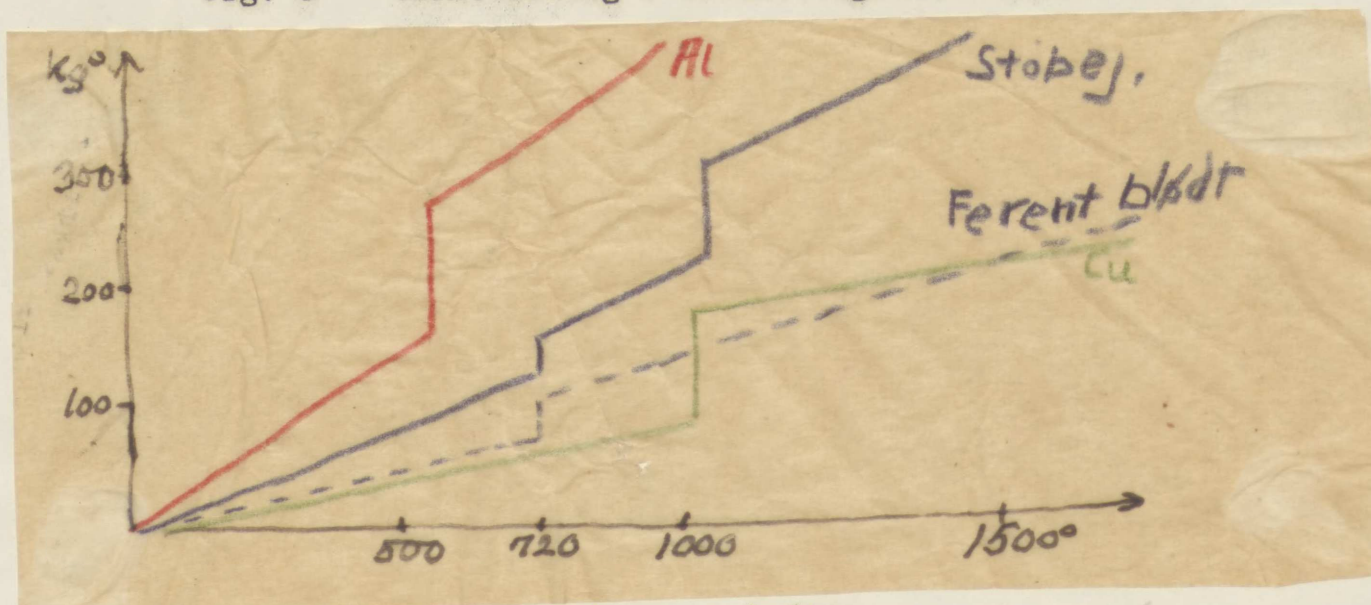


varmeabsorption.
disse forhold kender vi fra fysikken, hvor vi regner absorberet varmemængde lig:

(temp.diff.).(varmefylde)

dette kan vi imidlertid ikke altid gaa ud fra som rigtigt, thi passerer materialet et holdpunkt absorberer det jo varme, som ved en smeltning. (dette gælder ved opvarmning, det modsatte ved afkøling.)

fig. 3 varmebinding i forskellige materialer.



materialernes paavirkning i luften.

de fleste materialer paavirkes af luften, og særlig hvis denne er fugtig (materialerne iltes). disse processer kaldes corrosion. jern ruster under dannelse af ($2\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$). støbejern ruster, og hvis et stykke støbejern faar lov til at ligge tilstrækkelig længe, vil kun grafitten være tilbage.

vi tanker os at disse corrosionprocesser foregaar ad elektrolytisk vej; ved en langsom jonisation i fugtigheden.

hvis Fe opbevares i saltvand vil rustdannelsen fremskyndes betydeligt. sure vædske vil ligeledes fremskynde processen, medens basiske vædske vil virke beskyttende i nogle tilfælde.

rustdannelsen er meget afhængig af Fe indhold af andre stoffer, saaledes ruster den eutektiske legering perlit næsten ikke, medens større eller mindre indhold af FeC bevirker at rustdannelsen lettere kan foregaa, foruden indholdet af andre stoffer har materialets behandling ogsaa indflydelse paa rustdannelsen, saaledes ruster hardet og poleret staal næsten ikke.

om de forskellige materials modstandsdygtighed giver spændingsrækken os oplysninger.

materialernes paavirkning af lave og høje temperaturer. forholdene ved lave temp. har ingen teknisk betydn. hvorimod forholdene ved høje temp. har stor betydn.

naar vi opvarmer Fe dannes de saakaldte glødeskaller, der bestaar af ($\text{Fe}_2\text{O}, \text{Fe}_2\text{O}_3$). ved bearbejdning springer de af.

naar vi opvarmer Fe ret kraftigt som f.eks. til svejsning optræder fænomenet hetz, dette er foraarsaget ved at ilten gaar i forbindelse med FeC under dannelse af CO, der har et betydeligt større rumfang (ca. 3 gange saa stort), og dette bevirker, at materialet begynder at springe ud. naar Fe har været opvarmet til hetz kalder vi det forbrændt, og forbrændt Fe er skørt. denne skørhed er foraarsaget af ilten (ilterne), og hvis der er ilter til stede vil vi derfor forsøge at fjerne disse.

ilten fjernes eller dannelsen af ilterne forhindres ved de saakaldte afiltninger.

lader vi en digel med et flydende materiale henstaa, blandes dette efterhaanden med ilt, og vi faar dannet ilter, der lejrer sig paa overfladen af materialet, da ilternes vægtfylde er mindre. blandingen med ilt fremskyndes af de strømninger, der paa grund

af afkølingen finder sted.

vi benytter afiltningmidler og disse maa være stoffer, der er i stand til at optage ilten lettere end det materiale vi vil afiltere, vi vil derfor faa en række af afiltningmidler, svarende til spændingsrækken, men disse to rækker er dog ikke identiske.

afiltningserækken.

1. Mg, 2. Al, 3. Si, 4. P, 5. Mn, 6. Fe, 7. Ni, 8. Zn, 9. Sn, 10. Ag, 11. Pb

skal vi saaledes afiltere et materiale maa vi benytte et afiltningmiddel, der staar før i rækken end det materiale, der skal afilteres.

ved enhver iltning (forbrænding) udvikles der varme, forbrændingsvarmen, som almindeligvis er ret ringe, men alligevel ret betydelig.

naar	Fe	brænder	udvikles	der	1800	kcal	forbr.prod.	=	FeO
"	Fe	"	"	"	1300	"	"	"	= Fe ₂ O
"	Si	"	"	"	7800	"	"	"	= SiO ₂
"	C	"	"	"	8100	"	"	"	= CO

2. brugssegenskaber.

disse er: styrke, sejghed, haardhed, farve, modstandsdygtighed, slidfaasthed.

styrke: tryk, træk, vridning, bøjning.

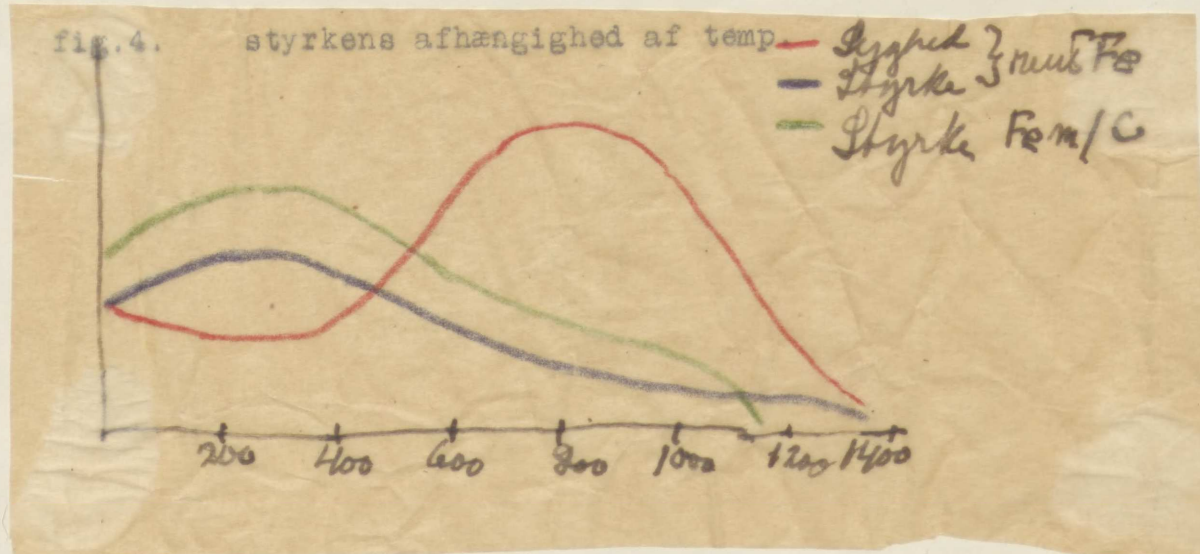
styrke er ikke en ren materialeegenskab, men styrke og sejghed er knyttet sammen.

hårder vi en staaletang ved lige efter opvarmningen at putte denne i H₂O, bliver staaletangen nok haard, men tillige meget skør, og den har derfor mindre styrke end den uhardede stang, denne har nemlig sin fulde sejghed, derfor foretager vi en afhærdning (anløbning) for at faa sejgheden til at spille ind. naar vi afhårder gøres dette til en ganske bestemt anløbningsfarve, alt efter hvor haardt materialet ønskes.

vi har set at materialernes styrke afhænger af varmebehandlingen. saaledes vil leveret valset materiales styrke altid være større end efter en omhyggelig udglødning.

legeringer vil som reglen være stærkere end de rene stoffer (krytallitterne), og særlig de eutektiske legeringer har stor styrke, men sommetider tillige ringe sejghed.

den eutektiske legering (Fe med 0,9% C) er dog endnu en smule seig.



som ses er Fe styrke størst ved ca. 300 grader, men her haves tillige den mindste sejghed. naar Fe befinder sig i denne tilstand kaldes det blaaskørt. vi maa derfor holde op med at smede paa jernet inden det er afkølet til 300 grader.

hvis vi hamrer meget stærkt paa Fe, der indeholder P, bremser vi sejgheden, og materialet bliver skørt. under alm. bearbejdning spiller det imidlertid ingen rolle.

legerer vi selv materialer maa vi passe ikke at indføre urenheder, da disse, som vi har set, kan medføre skørheder, vi legerer derfor aldrig med Bi, og sørger for at faa fjernet gamle smeltepropper, hvis de skulde være imellem vort materiale.

sejghedens afhængighed af tiden.

sejgheden og styrken er afhængig af langsom kraftpaavirkning, som vi faar det i en prøvemaskine.

sejgheden og styrken faas og maales ved forlængelsen af et til maskinen svarende stykke af vort materiale. disse prøver giver os tal for styrken, men disse tal gælder kun for en enkelt paavirkning, men undertiden er vore materialer udsat for mange hurtige paavirkninger efter hinanden, f.eks. paavirkninger ved tandhjul. den styrke, som prøvemaskinen giver os, er altsaa ikke altid rigtig. vi maa tale om:

1. udsvingstyrke (prøvemaskinen)
2. svingningsstyrke (efterfølgende træk- og trykpaavirkninger).

hvis vi indkerver en prøvestang bliver sejgheden mindre, alt efter de forskellige materialer. har vi en ridse f.eks. i en kobbertraad, vil den let knække (liden sejghed).

haardhed i forhold til andre legemer.

1. direkte haardhed

er et legemes modstandsdygtighed naar vi forsøger at trykke et andet legeme ind i det. (brinell haardhed).

2. ridsehaardhed.

her spiller sejgheden en afgørende rolle, vi kan maaske godt file i et materiale, men ikke dreje i det. (eks. Mn staal, sejgheden er for stor.)

slidbestandigheden falder sammen med haardheden, dog spiller glatheden ind. (pandemetaller (hvidtmetaller)).

lejemetallet (bly-antimon) her er slidfastheden betinget af de haarde antimonkorn, beliggende i den blødere eutektiske legering (13%).

lejemetallet (tin-antimon) her er det legeringen SbSn, der er det haarde element, og det er beliggende i det bløde Sn, der tillige er meget glat, og derfor udmærket egnet til pandemetaller, men det er meget dyrt.

materialernes formbestandighed.

dette er en meget vigtig brugsegenskab.

legeringen AlZn er lidet formbestandig, den trækker sig meget sammen, naar den afkøles, og forandrer derved sin form.

alle støbte materialer forandrer deres form efter støbningen. ved disse formforandringer opstaar der spændinger i materialet, og disse maa vi se at faa fjernet, og dette kan gøres ved at alde materialerne. støber vi en drejebanksvange, vil den efter afkølingen have faaet en formforandring, den er blevet kroget opad paa midten. vi laver derfor formen kroget nedad, saa vangen ved spændingsudligningen ved ældningen kan blive ret igen. bearbejder vi et støbt emne ved at fjerne et skruplag, fjerner vi herved et lag, der indeholder spændinger, og der er nu ikke ligevægt i materialet længere, vi faar derfor en formforandring, og for at denne kan foregaa, løspænder vi emnet, og lader det henligge en stund, inden vi sletter det.

spændinger kan tildels fjernes ved stød.

hvis vi støber to ens prøvestanger og trækker dem over i prøvemaskinen, efter dog først at have den ene et stykke tid i en rasletromle, vil denne vise sig at have den største styrke. spændingerne er udlignet ved slagene i rasletromlen.

materialernes farve.

det eneste metal, der giver nævneværdig farve i legeringer, er Cu. Cu kan legeres med de fleste andre metaller.

tilsætter vi et hvidligt metal (Zn, Ni eller Al) f.eks. Zn faar vi messing. sætter vi mere og mere Zn til, bliver materialet lysere indtil 40% indhold af Zn, herefter bliver materialet igen mørkere,

men samtidig mere og mere graalig, indtil vi faar ren Zn farve. metallernes affarvningsevne over for Cu er meget forskellig, hurtigst virker Ni.

3. teknologiske egenskaber.

støbelighed, smedelighed og hærdelighed.

et materiale er lettere at støbe des lettere det er at smelte. vi forhindre indblanding af urenheder for at opnaa god tæthed. minimum af kornstørrelse giver gode behandlingsmuligheder.

naar vi skal støbe, maa vi sørge for at overhede det smeltede materiale i smelteovnen ca. 200 grader, da der gaar en hel del varme tabt ved de forskellige processer inden vi kan støbe.

viskositeten af det smeltede materiale vokser med trykket, dette har stor betydning, hvis det er en indviklet form vi skal støbe i, og for at faa materialet til at løbe ud i de mindste porer i formen, støber vi sommetider under et tryk paa ca. 30 Atmosfærer. under almindelige forhold, hvor vi ikke kan forandre trykket, er en alm. overhedning tilstrækkelig, som ved støbning af alm. støbejern og støbestaal.

det ved støbningen opstaaede svind, generer i høj grad vor støbning, (danner som før omtalt utætheder i materialet) skal vi f.eks. støbe hule genstande (emner med kerne), skal vi være særlig varsomme, da svindet i dette tilfælde let bliver temmelig stort. vi søger altid at holde svindet paa ca. 1%, og for at opnaa dette, anvender vi de saakaldte fødetappe eller dødhoveder.

ved støbningen tilstræber vi desuden at faa saa lille kornstørrelse som muligt, og for at opnaa dette tilsætter vi sommetider andre metaller til legeringerne. til støbejern tilsættes saaledes Ni (cylinderforinger). en anden maade at opnaa minimum af kornstørrelse paa, er at støbe ved saa lav temp. som muligt (saa lille overhedning som overhovedet muligt for at undgaa coallessens).

vi faar det fineste støbegods ved at anvende de saakaldte ægte forme (forme af metal) der er stærkt varmeafledende.

naar vi ved tilsætning af et eller andet legeringsselement tilstræber minimum af kornstørrelse, sker dette ved at legeringsselementet størkner først og paa en saadan maade, at det inddeler støbegodset i smaa celler, der tvinger kornene til at blive smaa. disse celler kan vi, ved mikroskopiske undersøgelser af plane snit i materialet, let paavise. (vanadiumstaal).

smedelighed.

hermed menes tilbøjelighed til at kunne bringes i form ved tryk alene.

for at et materiale skal være smedeligt skal det under udøvende tryk blive plastisk, hvis materialet tillige er svejseligt, er det et held.

alle stoffer er mere eller mindre plastiske, men de skal være meget plastiske for at være smedelige.

smedelighedsrækken:

Pb, Zn, Cu, messing, blødt Fe og staal.

smedeligheden vokser stærkt med temp. (se diagrammet om sejghedens afhængighed af temp.)

ved smedningen opstaar der stadig varme, og denne hjælper til at holde materialet varmt, og dermed mere plastisk.

i enkelte tilfælde vil vi ikke smede varmt, og smeder derfor i kold tilstand, og udvarmer saa bagefter. denne udvarmning maa imidlertid foretages inden emnet har faaet sin endelige form, vi maa derfor smede, udvarme og atter smede, indtil materialet har den form, som vi ønsker.

svejselighed.

svejseligheden stiger med trykket, saaledes vil messingspulver i hydraulisk presse svejse sig selv. vi benytter os imidlertid ikke af dette, men opvarmer i stedet for.

jern er meget svejseligt.

aluminium er ogsaa svejseligt, men kun ved enkelte temp.



2. afsnit.

j e r n.

jern fremstilles i højovne, ved reduktion af jernmalme med cinders. vi faar paa denne maade fremstillet et ret urent produkt, raajern med 6% C. raajernet benyttes ikke direkte, men Ford har forsøgt det, men opgav det igen, da man paa grund af det store C indhold fik et meget utæt materiale.

langt det meste raajern bliver ikke benyttet til støbejern, men til fremstilling af staal (ca. 90% (jernbaneskiner, broer o.s.v.))

for at faa fremstillet staal med ca. 1,5% C, skal vi altsaa fjerne C, men det kan være at vi samtidig skal fjerne P og Si, materialet maa derfor underkastes en rafinering, hvorved disse stoffer fjernes. dette foregaar i de saakaldte convertere (ovne, hvorigennem der blæses luft), hvor en del C, P og Si brænder bort.

en stor del af det staal, vi benytter, er dog omsmeltet gammelt materiale, og denne omsmeltnings foregaar i de saakaldte flammeovne (martinovne).

vi kan godt fremstille rent Fe, ad elektrolytisk vej (armco), dog benyttes det sjældent. det paa de andre maader fremstillede jern er altid ret urent.

jern indeholder almindeligvis: C, Si, Mn, S, P og mindre mængder af N og O.

vi kalder i almindelighed ikke C for en urenhed i jernet, men et følgestof, da variationen af C indholdet variere jernets egenskaber. meget blødt jern er ikke hærdeligt, men allerede med et indhold paa 0,5% C er jernet hærdeligt, og samtidig er styrken steget ca. 50%.

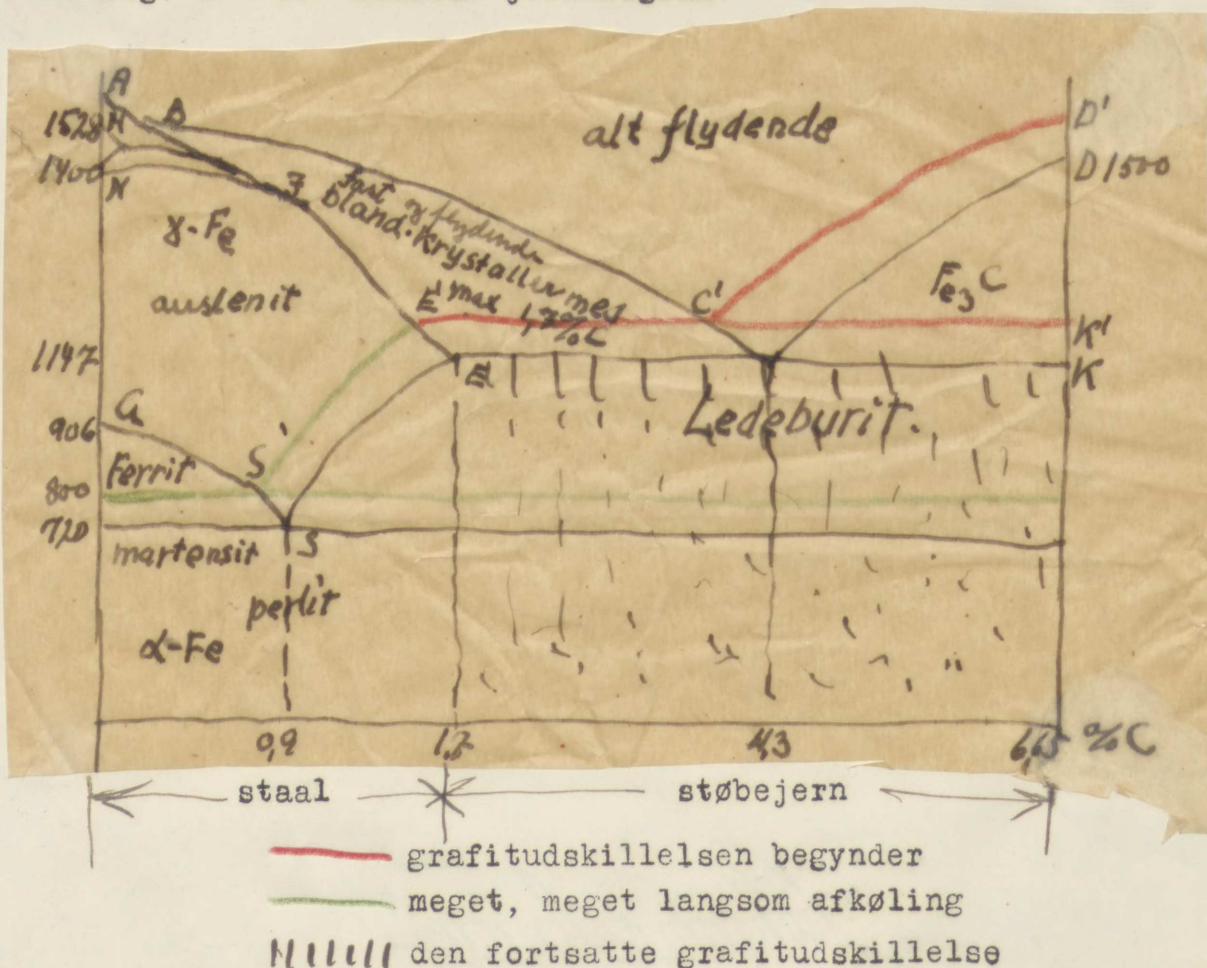
ingen af de andre stoffer har tilnærmelsesvis de samme egenskaber som C, men de har dog ogsaa deres betydn. selv om denne i de fleste tilfælde er indirekte, de har ikke indflydelse paa selve jernet, men paa C og derigennem paa Fe. (specialstaalsorterne).

rene C - Fe legeringer.

vi har tidligere omtalt, at jern var en legering af Fe og Fe_3C , men det er dog ikke helt korrekt, naar indholdet af C stiger. vi har foruden Fe og Fe_3C ogsaa rent C som grafit. vi har ogsaa tidligere omtalt, at Fe_3C beholdt sin sammensætn. under afkøling, men heller ikke dette er korrekt, idet Fe_3C ved 1152 grader begynder at spaltes sig i 3Fe og C indenfor omfaadet 1,7 til 6,67% C og fra 1152 til 720 grader og endog en smule under 720 grader. spaltningen begynder ret kraftigt og ender som en støvregn i materialet, som følge af disse forhold maa vi ændre vort diagram en lille smule, dette lidt ændrede diagram er det, der benyttes i praksis, blot ved det mindste indhold af fremmede stoffer.

de lodrette linier gennem 1,7 og 4,3% C kaldes hovedlinier i diagrammet. hovedlinien gennem 1,7 deler diagrammet i to dele. til venstre for linien har vi staal og til højre støbejern.

fig. 1 det ændrede jerndiagram.



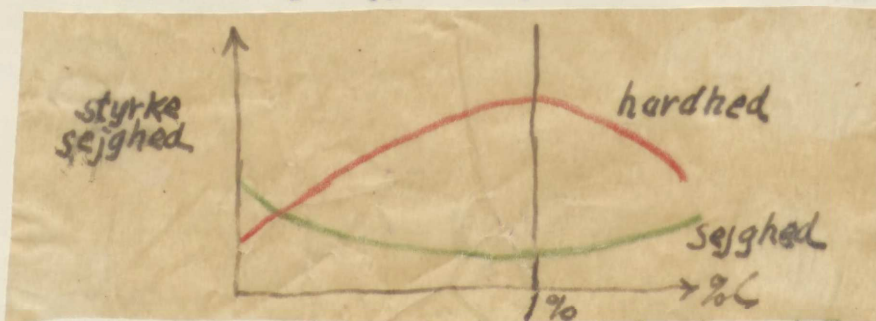
forbindelser vi træffer i de rene Fe - C legeringer.

1. ferrit. 2. jerncarbide eller cementit. 3. perlit.
4. austenit. 5. martensit. 6. troostit. 7. osmondit.
8. sorbit. 9. ledeburit. 10. grafit. 11. temperkul.

ferrit er rent Fe, der danner ret store korn med regelmæssig begrænsning. ferriten er jernets blødeste del, vægtfylden er 7,9. haardheden er som kalkspat, og sejgheden meget stor. afkøler vi langs linien (a) kan ferriten udskille sig som flager (kløvstruktur).

2. jerncarbide Fe_3C er jernets haardeste bestanddel. Fe_3C findes i alt udglødet jern over 0,9% C. hvor Fe_3C findes selvstændigt i materialet, har vi aflange krystaller. Fe_3C er lidet sejt.

fig.2. haardhed og sejghed i jern (C variere)



3. perlit består af ferrit lameller afvekslende med Fe_3C lameller. fig.3.

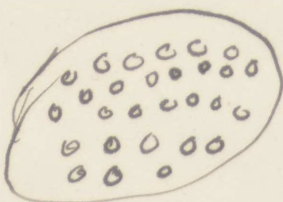
fig.3



perlit har faaet sit navn efter det fænomen, som viser sig efter slibning af perlitten. det bløde ferrit slibes bort medens det hårde Fe_3C bliver tilbage. der kan opstaa lysbrydning i overfladen (perlemorsglans)

perlittens struktur er imidlertid ikke const. efter udglødning trækker lamellerne sig sammen til smaa kugler, og vi faar et udseende som fig. 4.

fig.4



4. austenit er Fe_3C opløst i jern, og findes med C indtil 1,7%, dog findes der ogsaa en del i omraadet (A,E,S,K,C,E). i omraadet (A,E,S,G) har vi temmelig rent austenit, med en smule martensit imellem.

5. martensit er ikke nogen selvstændig form, men en mellemform mellem og jern. martensit har haardhed lige efter Fe_3C . martensitstruktur kan vi faa frem ved at opvarme til ca. 850 grader, og afkøle hurtigt. vi faar paa denne maade en kløvstruktur fig.5.



fig.5

opvarmer vi til 720 grader bliver strukturen saa fin, at vi ikke kan se den. vi benævner da martensitten, hardenit.

martensitten er kun stabil ved 720 grader, afkøler vi saaledes langsomt til 0 grader, vil martensitten gaa over til jern.

opvarmer vi herefter igen, faar vi troosit.

fig.6

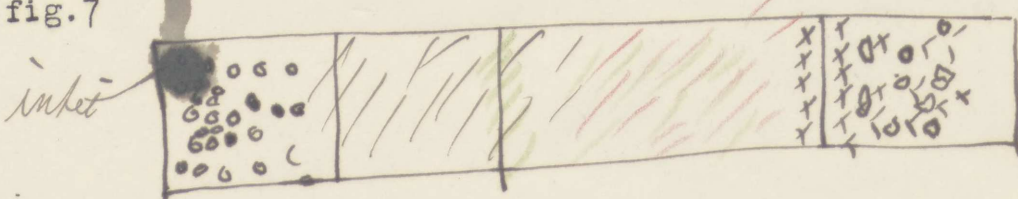


6. troosit er omtrent jern, men endnu haves lidt kløvstruktur fig.6.

7. osmondit og 8. sorbit, er tilstandsformer endnu nærmere jern.

9. ledeburit. er et eutektikum bestaaende af Fe_3C og austenit med 1,7% C. ledeburitten er temmelig haard.

fig.7



••• ferrit. /// perlit. /// austenit. /// Fe_3C (masse)
xxx ledeburit. ••• Fe_3C (korn)

10. grafit. afkøler vi hurtigt, faar vi udskillelse af grafit, naar vi passere linien (C,D) (vi afkøler langs linien b)

fig.8



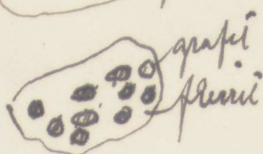
grafitten har her form som fig.8 (grafit langs C linierne) afkøler vi stadig langs linien b begynder grafitudskillelsen igen ved passage af linien (E,F) og vedbliver som tidligere omtalt helt ned under 720 grader.

slutproduktet efter afkølingen langs b bliver hvidt raajern. den grafit, der dannes ved spaltningen af Fe_3C , er lagdelt og lejret i ferrit, som fig.9 viser.

fig.9



fig.10



11. temperkul. vi kan faa grafitten i endnu en modifikation, som fig.10 viser. denne form faas ved opvarmning af hvidt raajern til 800 grader (støvregnsomraadet) grafitten begynder da at samle sig i smaa runde elementer, noduller, der kun er meget finbladet grafit; dette kalder vi temperkul.

1. ilt.

i jern vil vi altid finde ilt baade som O og FeO. opvarmer vi et stykke jern, og begynder at bearbejde det f.eks. ved smedning, vil den opløste ilt gaa i forbindelse med jernet (forbrænding), og herved udvikles der varme, der hjælper med til at holde jernet varmt.

støbejernets letsmeltelige legering smelter ved 1150, og den eventuelle FeO først ved 1250 grader, vi vil derfor ved hjælp af afiltningssmidler forsøge at fjerne ilten, det vil vi iøvrigt i de fleste tilfælde, da ilterne gerne lejre sig i korngrænserne, og derved gør materialet skørt.

i jern med stort indhold af C vil ilten modvirke grafitudskillelsen, idet O danner hinder omkring grafitkornene og herved hindrer smitten i at brede sig.

ilten kan under visse omstændigheder danne CO, og dette er i høj grad til skade for materialet, da CO ved udtrængelsen af jernet danner blære i materialet.

henstaar smeltet Fe i luften vil O danne FeO paa overfladen mellem kornene, dette FeO dannes ogsaa, naar jern henligger i kold tilstand, og er dette først dannet, er materialet skørt baade i varm og kold tilstand. FeO i fast tilstand iltes efterhaanden til rust $2\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$.

ved opvarmning af jern, dannes glødeskaller $\text{FeO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$.

hvis vi har jern ved høj temp. udsat for O i længere tid, kaster O sig ihærdigt over materialet, først over Fe_3C , og senere over Fe, og herved dannes nogle blanke hinder af FeO om Fe kornene.

lader vi materialet størkne efter denne behandling faar vi skørt materiale (forbrændt jern).

begyndende rust er vandsugende, og derfor holder processen sig selv i gang. vi kan dog godt stoppe processen, idet vi ved opvarmning omdanner rusten til $\text{Fe O}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$, der er rustbeskyttende.

2. svovl.

svovlet i jernet stammer fra malmene, og først og fremmest fra de i højovnen benyttede cinders. C har indvirkning paa den optagne S mængde, idet jernet optager mindre S des mere C det indeholder. vi kan faa jern med lidt S ved at fremstille jernet ved saa lav temp. som muligt. (koldblæst jern), som f.eks. dannes af raajern i en bessemerpære.

raajernet fra højovnen indeholder meget O og derfor procentvis mindre S.

alm. støbejern indeholder i flydende tilstand ca. 2% S, men ved afkøling udskilles en del som FeS, saa vi i størknet tilstand regner med et S indhold paa ca. 0,25%.

rødskørhed. (smedejern)

FeS smelter ved 1200 grader, og danner sammen med Fe og Fe_3C et eutektikum, der smelter ved 980 grader. ved bearbejdning udsejre denne legering og lejre sig i korngrænserne. dette gør at jernet bliver rødskørt.

i smedejern vil vi derfor ikke have et S indhold større end 0,05%.

hvis vi i et stykke jern har for meget S, og det skal bearbejdes, kan vi imidlertid komme over vanskelighederne, ved først at opvarme til 1200 grader; den omtalte legering smelter da, og slutter sig sammen i smaabunker. vi kan herefter godt smede paa jernet ved ca. 1000 grader.

i staalstøbegods ønsker vi ikke mere end 0,06% S.

til trods for de omtalte forhold ønsker vi undertiden jern med et nogenlunde stort indhold af S, idet legeringen Fe, FeS, Fe_3C er plastisk, og materialet lader sig derfor bearbejde i kold tilstand. (blanke, tynde plader.)

S hindrer ligesom O udskillelsen af grafit i støbejern (Fe₃C = 3Fe + C), idet der dannes nogle hinder, der hindrer smitten i at brede sig.

som hovedregel har vi, at S kun maa findes i jern, der ikke skal bearbejdes.

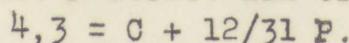
Nb. 90% af det, der gaar i brokkassen i støberiet, kan vi takke S for.

3. fosfor.

hovedmængden stammer fra malmene, men ogsaa lidt fra brændslet. P findes i jernet dels i opløsning dels som Fe_3P (17,7% P) Fe_3P er i haardhed meget nær Fe_3C , og smelter ved 1150 grader. ferrophosfor er en forbindelse af Fe og P med 24% P, det benyttes som tilsætningsmiddel til støbejern, da det giver letflydende materiale.

P's opløselighed er i flydende tilstand ubegrænset, medens jern i fast form kun kan indeholde 1,7% P.

naar der som sædvanlig er C til stede i jernet, faar vi lidt ændrede forhold, idet P atomet kan erstatte C atomet efter lign.



hvis vi opvarmer jern, der indeholder P, vil et eutektikum bestaaende af (Fe, Fe_3P , Fe_3C) smelte ved 950 grader. idet dette ved afkøling størkner igen vil Fe_3C skubbe Fe_3P ud af legeringen, og vi faar et eutektikum bestaaende af (Fe, Fe_3C og grafit). dette minder saa stærkt om ledeburit, at det er meget vanskeligt at kende forskel paa disse to stoffer. afkøler vi stadig, vil forholdene ændre sig, idet P atomet er større end C atomet, og derfor kan P atomet ikke vandre, men forbliver i opløsningen. I det endelig helt afkølede jern, er der altsaa mest tilbøjelighed til at være P opløst i jern.

vi faar da følgende:

i smeltet tilstand er P stærkest	
" størknet " - C -	
ved lavere temp. - P -	

P i jernet forøger styrken selv om en del Fe_3P kan lejre sig i korngrænserne, og derved gøre jernet skørt i kold tilstand.

P i staal nedsætter sejgheden, og af den grund ønsker vi ikke mere end 0,05% P i staal.

ved støbning spiller P ikke saa stor rolle, da støbejernet i forvejen er meget skørt, derimod tilsætter man ofte P for at gøre materialet letflydende (ornamentgods), vi maa derfor gerne have 1% P i støbejern. P bevirker ogsaa at svindet bliver forholdsvis lille, idet der ved 950 grader udskilles grafit i den P holdige del af jernet.

4. mangan.

i handelen gaar Mn holdigt raajern med 4% Mn, spejljern med 10 - 30% Mn og endelig ferromangan.

metallisk Mn er meget skørt, men ligner i kemisk henseende meget Fe, idet Mn danner carbider. f.eks. Mn_3C . ved større indhold af Mn faar vi blandingscarbider (Fe, Mn, C) i atomerne.

naar vi har Mn i jernet forøges opløseligheden for grafit, idet de dannede carbider ikke saa let spalter sig, som naar vi har C alene. grænsen for udskillelsen sænkes ca. 60 grader for hver % Mn. alm. jern har gerne et indhold af 0,5% Mn og perlitlinien ligger derfor ved ca. 660 grader.

Mn benyttes i staalindustrien som afiltningmiddel, idet der ved 1500 grader dannes slagge af MnO . ved støbejernsfremstillingen er vi ikke saa højt oppe i varmegrader saa vi kan benytte Mn som afiltningmiddel.

Mn viser sin største virkning over for jernets indhold af S, idet Mn og S danner MnS , der størkner ved højere temp. end FeS . MnS er uopløseligt i jern i flydende form, og omtrent uopløseligt i jern i fast form, MnS samler sig derfor i smaa draaber, som vi har i det størknede jern. FeS lejre sig derimod i tykke hinder udenom Fe kornene.

fig.11



1. Fe med MnS . S er uskadeliggjort.
 2. Fe med FeS . S er meget virksomt.
- det omtalte har stor betydn. for udelukkelse af S's virkninger i staal.

støbejern, der indeholder meget Mn og S, er hvidt. S holdigt støbejern + Mn holdigt jern giver et blødt materiale, idet der dannes MnS. vi faar materiale med lidt frit Mn og S, og altsaa blødt.

for at den omtalte proces med dannelsen af MnS skal fuldbyrdes, maa vi have 2,5 gange saa meget Mn som S.

MnS forbliver i de fleste tilfælde i jernet. kun ved meget høje temp. (udglødning) udskilles MnS som slagge paa overfladen.

Mn's vigtigste opgave er, som vi har set, dets evne til at holde S indholdet under det kvantum, der er skadeligt for os, og Mn spiller altsaa en stor rolle saavel for staal som for støbejern.

efter fremstillingen af støbejernet i cupolovnen indeholder det baade Mn og S, og for at faa dannet MnS opvarmer vi igen f.eks. i en flammeovn, hvorved processen indtræder, dette støbegods kaldes perlitgods, og det har et indhold af (1,2 - 1,5)% S.

vi fordre ellers max. 1% S i vort støbejern. vort perlitgods har imidlertid som omtalt været opvarmet til ca. 1500 grader, og herved har vi faaet dannet MnS, og altsaa faaet formindsket det frie indhold af S.

vi kan af dette se, at kemikerne ikke kan give os fuldstændige oplysninger om vort materiale ved at foretage en analyse, da denne ikke fortæller os noget om indholdet af MnS.

5. silicium.

Si er det vigtigste følgestof i jernet, og det dannes af SiO i ovnene.

vi faar i handelen raajern med 4% Si og ferrosilicium med 50% Si.

ferrosilicium benyttes i staalfremstillingen som reduktionsmiddel, og tilsættes undertiden ogsaa til støbejern.

Si findes antagelig i jernet som silicider, med mere eller mindre Si. disse forbindelser er imidlertid ikke kendte og ikke tilstrækkeligt undersøgte, dog kendes deres virkning udmærket. antagelig findes jernsilicid som FeSi₂.

Si indholdet virker paa Fe-C legeringerne, idet Si fremskynder spaltningen af Fe₃C, altsaa fremskynder grafitudskillelsen. et Si atom kan drive et C atom ud af jernet efter lign.

$$4,3 = C + 12/28 Si = C + 0,29 Si.$$

naar jernet kommer ud af cupolovnen er det mættet med C, og indeholder ca. 4,3% C. er der imidlertid Si i jernet, bestaar de 4,3% af Si og C efter ovenstaaende lign, men dette er kun i kold tilstand, da spaltningen først begynder ved afkølingen.

C fattigt jern opløser kun lidt Si.

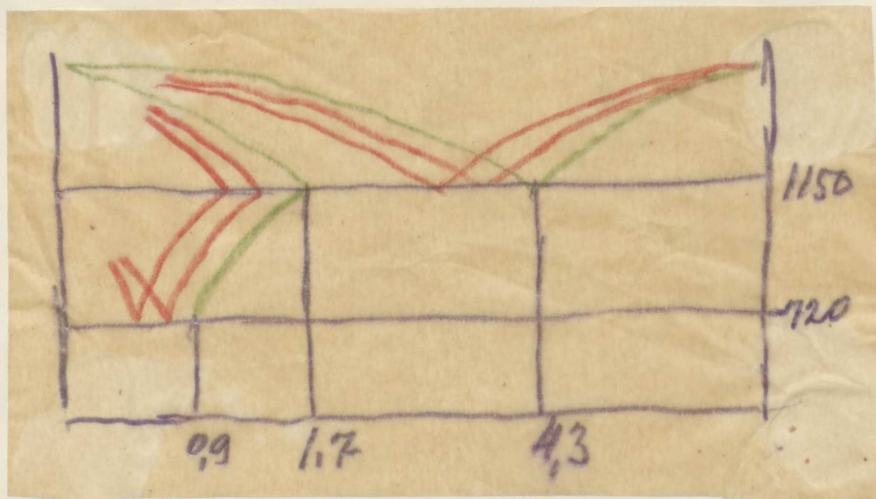
FeSi₂ er blødere end Fe₃C.

ifølge lign. er

$$C + 0,29 Si = 4,3$$

og heraf ses, at for hver % Si falder C 0,29%, vi rykker til venstre i diagrammet. fig.12.

fig.12.



Si er et meget vigtigt følgestof i staalet, idet det er det vigtigste reduktionsmiddel. staalet indeholder derfor altid Si. (Si kan reducere CO).

vi vil dog fordre at:

$$1,6 < \text{Mn} + 5,2 \cdot \text{Si} < 2.$$

idet tilsætning af mere Si bevirker sugninger i staalet, og det gaar da ud over tætheden.

6. aluminium.

Al bruges ikke saa sjældent som reduktionsmiddel, især ved fremstilling af staaiblokke, vi maa dog passe at indholdet ikke overstiger 0,5%, da staalet ellers bliver skørt.

i støbejern fordre vi ogsaa max. 0,5% Al, da Al foraarsager de saakaldte koldtløbninger, d.v.s. Al danner med $\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3$, der danner hinder om kornene og først smelter ved 2000 grader. dette er generende, hvis det smeltede støbejern f.eks. skal løbe sammen om en kerne, er der da for meget Al i jernet faar vi koldtløbninger, hvor materialet mødes.

7. kvælstof.

N danner med Fe nitrider, der er haarde elementer i jernet. overblæst jern (flammeovne) indeholder ikke saa meget N som gennemblæst jern (cupolovne), forholdene Fe-N er lidet undersøgte.

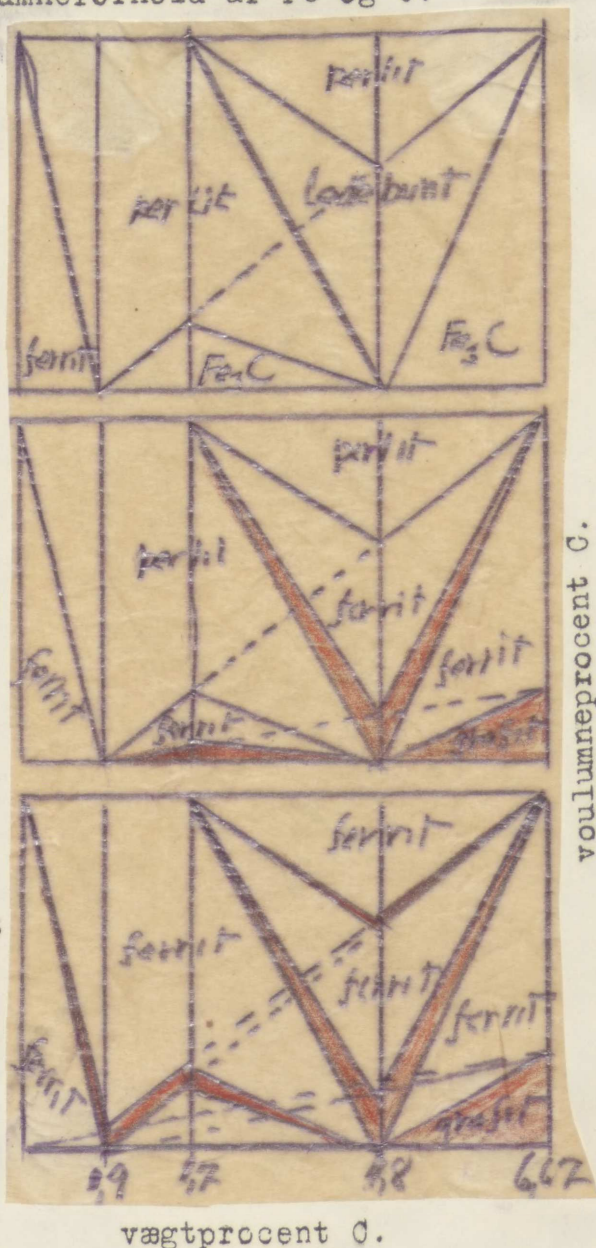
som slutning paa omtalen af jernet tre diagrammer, som oplyser os om mængde og volumneforhold af Fe og C.

fig.13

a. stabilt Fe_3C diagram.

b. perlit, grafit diagram.

c. ferrit, grafit diagram.



3. afsnit. staal.

vi skelner mellem:

kulstofstaal (med passende følgestoffer)
 specialstaal. (Mn staal med over 1,4% Mn)

efter fremstillingsmaaden skelner vi mellem:

bessemerstaal.
 thomasstaal.
 martinstaal.
 elektrostaal.
 digelstaal.

1. bessemerstaal.

dette staal fremstilles af raajern i de saakaldte bessemerparer, hvorigennem der blases luft. denne luft foraarsager at en del C og Si brænder bort, hvorimod P, hvis saadant findes, ikke kan bortbrændes i bessemerparen.

da det meste raajern indeholder P, fandt man imidlertid paa at tilsætte CaO til slaggen. P gik da i forbindelse med dette CaO og vi havde fjernet P, men foringerne i bessemerparen er imidlertid af SiO₂, og dette angribes af CaO, og hermed var denne metode ødelagt. man søgte da at fremstille en foring, der kunde modstaa CaO, og denne foring fandt englænderen Thomas.

2. thomasstaal.

thomasforingen bestaar af dolomit (CaO - MgO). bessemerforingen giver en sur slagge (maaske H₃PO₄), hvorimod thomasforingen giver en basisk slagge.

3. martinstaal.

martinstaal fremstilles baade med basisk og sur slagge. det materiale vi smelter i martinovnen er hovedsagelig gammelt staal, dog tilsættes altid en del iltede malme for at hjælpe til med bortbrændingen af (C, Si, S, P). denne bortbrænding foregaar, idet vi leder den varme røgluft hen over det flydende materiale.

benytter vi basisk slagge, maa foringen som i thomasparen bestaa af dolomit (MgCO₃ - MgO), der ikke er angribeligt af CaO.

det staal som vi ender med i martinovnene er stærkt forbrændt, paa grund af den høje temp. og den stadig fornyede luftstrøm. vi maa derfor inden materialet er helt færdigt, fjerne de dannede ilter med afiltningsemidler som f.eks. Mn, Si eller Al.

bessemerprocessen gaar hurtigt, medens martinprocessen gaar langsomt (30 min. og 4 timer).

begge processer tillader ikke saa stor rafinering, som undertiden er nødvendig. vi kan ikke bortbrænde P og Si fuldstændigt, og vi kan ikke afilte fuldstændigt, saa alt i alt faar vi materiale, som vi ikke kan stole helt paa. vi kan navnlig ikke afskaffe overskud af S.

skal vi have materiale vi kan stole paa, maa vi anvende elektrostaal eller digelstaal.

4. elektrostaal.

vi kan ikke vedblivende holde et materiale ved høj temp. uden at foraarsage en iltning. vi har maaske fjernet en del ilter i forvejen og ønsker ikke dannelse af disse igen.

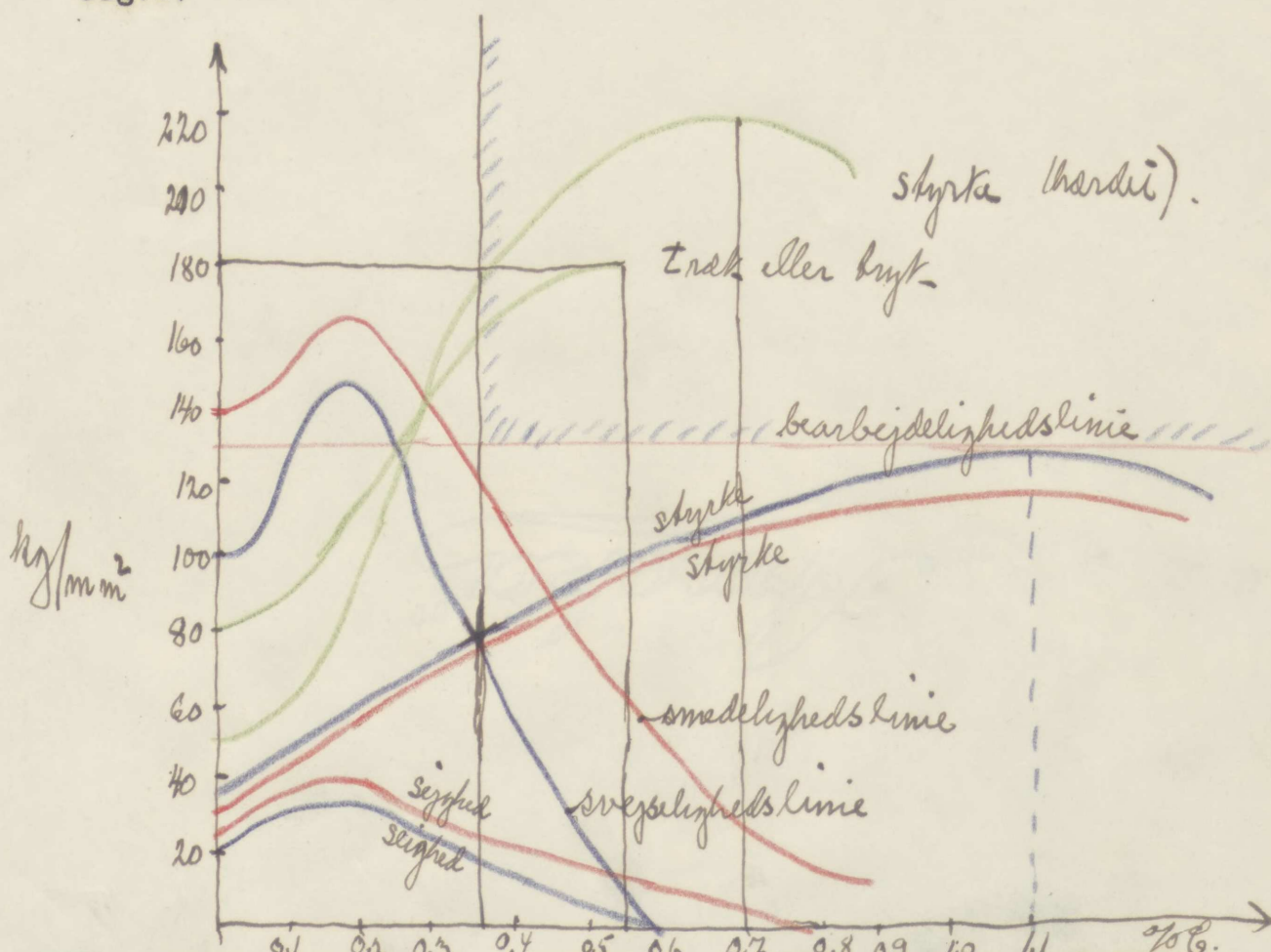
hvis vi f.eks. holder temp. for høj i længere tid i en martinovn, kan CO₂ virke iltende, idet CO₂ = CO + O. vil vi undgaa dette, maa vi til staalfremstillingen anvende en elektroovn. i disse kan vi undgaa iltninger og ved tilsætning af CaO kan vi omtrent faa alt S væk, idet S + CaO danner svovlkalk, som slagge.

skal vi have endnu renere staal maa vi anvende digelstaal.

5. digelstaal.

digelstaalprocessen er en omsmeltningsproces. man omsmelter svejsestaal (svejsejern), der har optaget C). paa denne maade faaer det fineste materiale, som anvendes til fremstilling af specialstaal.

staalets egenskaber med varierende C indhold.
fig. 1.



de to blaa kurver (styrke og sejghed) angiver forholdene ved købt materiale f.eks. fra valseværk, medens de to røde kurver (styrke og sejghed) angiver forholdene for udglødet materiale. den grønne kurve fra 80 styrke til 5,5 C, angiver styrken i en staaletang, der udsættes for træk eller tryk. for støbejern maa vi have to kurver en for træk og en for tryk.

den nederste del af den grønne kurve, der angiver forholdene for hærdet materiale har ingen betydning for os, da vi ikke mener noget med hærkning uden vi kan anvende materialet til skærende værktøj. (0% 0,3 - 0,5).

hvis vi skal bearbejde et materiale maa det ligge under bearbejdelselighedsgrænsen (ca. 130 brinell). vi ser heraf, at vi godt kan bearbejde hærdet materiale, der er beliggende i det rødt skraverede omraade. det blaat skraverede omraade angiver os beliggenheden af vore skærende værktøjer.

de to ikke omtalte kurver angiver os grænserne for smedelighed og svejselighed.

oversigt over staalet.

blødt staalet C mindre end 0,3 %.

C mindre end 0,1 %	rustsvagt mat. (sveller, gelænderjern).
C omkring 0,1 %	bygningsjern (bindetraad, dynamostaalet)
C omkring 0,15 %	bygningsjern (raat smedegods)
C omkring 0,25 %	alm. maskindele.

middelhaardt staalet: C mellem 0,3 og 0,5 %

C omkring 0,35 %	finere maskindele (udsat for slid).
C omkring 0,45 %	jernbaneskiner, maskindele (udsat for større tryk: passtifter, noter o.s.v.)

haardt staalet: C mellem 0,5 og 0,9 %.

haardt staal: C mellem 0,5 og 0,9%.

C omkring	0,5 %	fjedre, redskaber (grebe og skovle)
C omkring	0,65%	slag- og træbearbejdningværktøjer)
C omkring	0,75%	sænker og saksekæber.
C omkring	0,85%	snitværktøjer.

værktøjsstaal: C større end 0,9 %.

C omkring	0,95 %	bor og lokkeværktøjer
C omkring	1,1 %	fint stanseværktøj og fræsere.
C omkring	1,5 %	trækstaal.

dele der skal indsættes har C omkring 0,2 %.

dele der skal varmebehandles har C omkring 0,3 %.

vi forlanger ikke vore mat. lige efter denne opskrift, da følgestofferne jo ogsaa har deres betydning. vi forlanger derimod drejekvalitet (meget Si og lidt Mn), ligeledes forlanger vi smede- og svejsekvalitet.

til automatjern fordre vi 0,2 % S, da dette er let at dreje i.

staalets egenskaber ændres ved:

1. mekanisk behandling.
2. termisk behandling.

1. mekanisk behandling.

formforandringer uden brud. (krystallitterne strækkes). vi antager at de enkelte korn strækker sig proportionalt, og vi kommer derfor til at tale om udsmedningsgrad:

udsmedningsgraden

$$g = \frac{A_1 - A_2}{A_1}$$

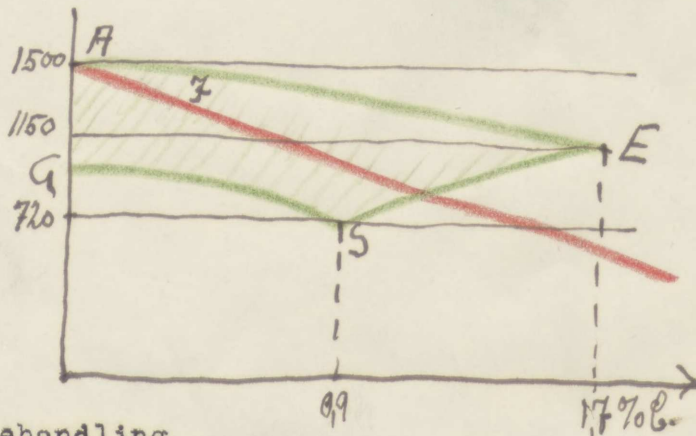
hvor A_2 og A_1 er arealer før og efter smedningen.

udsmedlighedsgraden er forskellig i varm og kold tilstand.

traade trækkes koldt, og bliver herved haarde men skøre, man gør ogsaa materiale haardt ved overhamring.

de fleste formbehandlinger foretages i varm tilstand, herved reorganisere atomerne sig. f.eks. smedning og valsning. vi har tidligere omtalt, at det materiale vi skal smede maa have under 1,7 % C, og vi vil helst smede paa ensformigt materiale, derfor faar vi et naturligt smedeinterval inden for omraadet (C, S, E, I, A), i praksis anvender vi dog kun den under den røde kurve beliggende del af omraadet, idet denne kurve angiver grænsen for grafitudskillelsen. fig. 3.

fig. 3.



2. varmebehandling.

vi benytter kun varmebehandling for at opnaa en bestemt tilstandsform i materialet. (ingen formforandringer).

- a. udvarmning (udglødning) fjernelse af spændinger
- b. hærkning
- c. anløbning
- d. indsetning.

a. udvarmning.

ved udvarmning forstaar vi udglødning og afkøling til neutraltilstand (staal henlægges i luften).

ved udglødningen maa vi skelne mellem temp. under og over perlitlinien (720). under 720 grader faar vi ingen kendelige forandringer i materialet, medens udvarmninger over 720 grader foraarsager, at Fe C opløses i Fe (se jerndiagrammet). vi anvender derfor gerne udglødningstemp. ca. 650 grader.

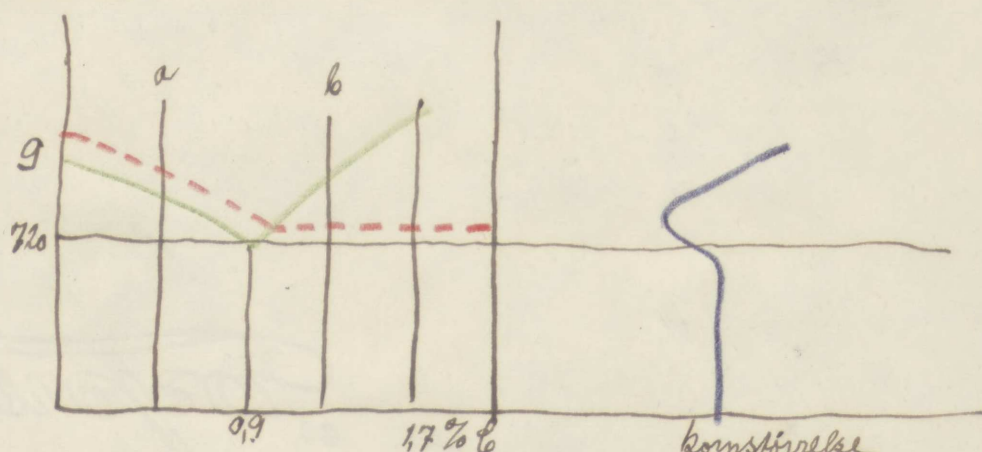
hvis vi vil have en bestemt struktur til at forsvinde, anvender vi udvarmning. f.eks. staalstøbegods med kløvstruktur. vi udvarmer til ferritten, der danner strukturen, er forsvundet.

skal vi udvarme fine maskindele, pakkes disse i kasser med knuste koks (ærttestørrelse). dette gøres for at undgaa glødeskaller. ved valsning af staalplader vil vi ogsaa gerne undgaa glødeskallerne, og dette gøres ved at overstænke pladerne med HCl. glødeskallerne bliver da til støv, som forsvinder ved den mindste bankning paa pladerne.

b. hærkning.

dette er en opvarmning til tilstandsformen martensit.

fig. 3.

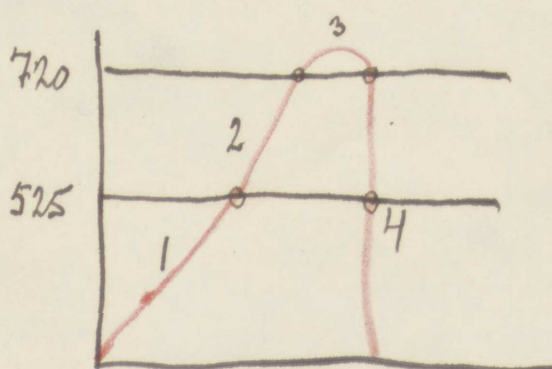


opvarmning langs a. C større end 0,5 og mindre end 0,9 % ved passage af linien 720, faar vi dannet austenit, og afkøler vi herefter faar vi dannet martensit men tillige ferrit (blød). vi opvarmer derfor ikke til 720 grader, men helt op til kurven (G, S), her har vi nemlig alt ferritten omdannet, ved efterfølgende hurtig afkøling faar vi da kun dannet martensit. (haard).

opvarmning langs b. C er større end 0,9 %. ved 720 grader dannes som før austenit, ved højere temp. begynder Fe C at opløses og des mere jo mere vi opvarmer over de 720 grader. dette ønsker vi ikke, og ved hærkning af staal med mere end 0,9 % C opvarmer vi derfor kun lidt over 720 grader. kornstørrelsen (fig. 3) gør ogsaa sit til at vi ikke overskrider denne temp.

i praksis opvarmer vi til den røde kurve for at undgaa hysteres. (ca. 750 grader.)

fig. 4. hærkediagrammet.



1. relativ langsom opvarmning. (undgaa spændinger) til 525 grader.
2. hurtig opvarmning til ca 750 grader.
3. materialet ligger og trækker og overgangen perlit-austenit fuldbyrdes samtidig med gennemvarmningen.
4. hurtig afkøling (opnaaelse af martensittilstanden).

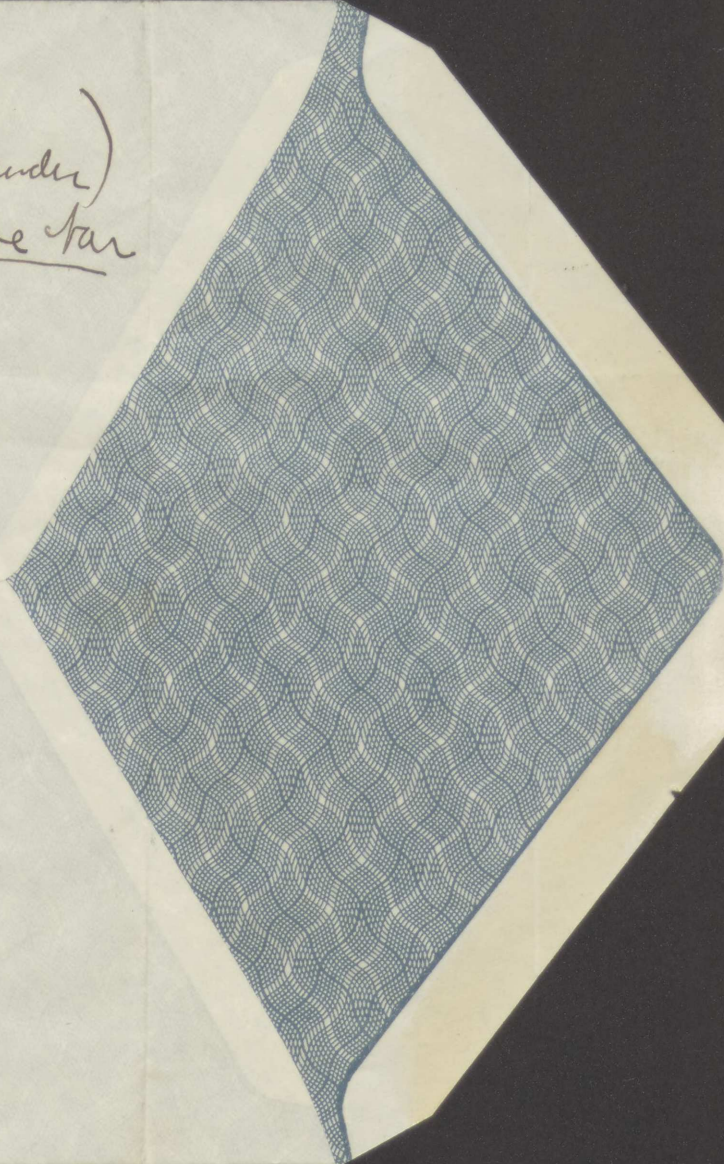
(2 Bøglommer
Knapkuller v. Flaander)

fakken fra sidste år

3 Knapager



326



	ϕ	ϕ	λ	η	
Vand	1	1	0,5	100	536
Glycerin	1,26	0,58	0,25	290	
Olier	ca 0,9	ca 0,4	ca 0,15	ca 300	ca 70
Kviksolt.	13,6	0,033	6,0	357	62

	Wox B.	
Vand	10% H_2SO_4	8
"	15% Salt	9
"	ved 20° C	9
"	ved 50° C	12
"	ved 100° C	24
"	10% Glycerin	12
	Kviksolt	18
	Spiritus	29
	Rapsolie 20°	35
	100°	30
	Gran	35

Glycerin	40
Skatol	43
Chaskinolie	46
Charoolie	62
Poly luft	250
Blod (2600 mm YS)	62.

LOUIS NIELSEN
ENGELSK HERRSKRÆDERI
HILLERØD
TELEFON NR. 326

$$\tau = c \cdot \frac{V}{V'} \quad \text{i see of man.}$$

$$n = 300 + 1600\sqrt{V}$$

$$V = 0,5.$$

den hurtige afkøling kaldes en glat afkøling, og des hurtigere denne foretages des mere martensit faar vi dannet.

i hardediagrammet taler vi om glat afkøling, men vi behøver imidlertid ikke at afkøle hurtigt, naar vi først naar anløbnings-temperaturerne (ca. 350 grader), dog afkøles undertiden hurtigt helt ned til ca. 200 grader, da der ved 215 grader sker en tilstandsforandring i materialet, denne er isvrigt lidet kendt, og i de fleste tilfælde spiller den ingen rolle.

vi kommer naturligt til at tale om afkølingstider, og disse spiller en vis rolle. staal med 1% C maa saaledes afkøles fra 750 til 100 grader paa 6 sek., for varer det blot 10 sek. faar vi ikke den martensittiske tilstand, men troostitisk (mindre haard).

køletiden er afhængig af C indholdet, saaledes maa køletiden vokse med voksende C indhold. følgestofferne ændrer dog disse forhold noget, saaledes maa staal med Mn afkøles langsommere og staal med Si hurtigere end normalt.

$$t = C \cdot \frac{V}{\sqrt{F}} \quad V \text{ og } F \text{ maales i mm.}$$

vi har forskellige afkølingsmidler: det bedste er vandkølede støbejernsplader, der passer helt til formen af emnet. afkølingen beror paa fuldstændig berøring, da luftmelletrum virker isolerende, af denne grund oversmører vi pladerne med olie, inden de benyttes.

kølevædsaker.

kommer vi et glødende emne ned i en vædske, dannes der en hinde af overhededet damp udenom emnet, vi faar altsaa ikke direkte berøring, før vi har naaet lejdenfrostpunktet, og dampblærer gaar i stykker. hovedmængden af afkølingen foregaar ved straalning gennem damplaget, og resten ved direkte berøring, og denne opnaas des hurtigere jo større fordampningsvarme vor kølevædske har. derfor er Hg, som man ellers vilde vente var en god kølevædske, daarligt egnet hertil.

køleeften for forskellige vædske, altsaa c i lign.

H ₂ O	med 10% H ₂ SO ₄	c = ca. 8
H ₂ O	- 15% HCl (eller NaCl)	c = ca. 9
H ₂ O	regnvand 20 grader	c = ca. 9
H ₂ O	- 50 -	c = ca. 12
H ₂ O	- 100 -	c = ca. 24
H ₂ O	med 10% glycerin	c = ca. 12
Hg		c = ca. 18
C ₂ H ₅ OH	ubrugelig	c = ca. 58 ²⁹
rapsolie	20 grader	c = ca. 70 ³⁵
rapsolie	40 -	c = ca. 60 ³⁰
tran		c = ca. 70 ³⁵
glycerin		c = ca. 80 ⁴⁰
oksetalg		c = ca. 85 ⁴³
maskinolie		c = ca. 98 ⁴⁶
marvolie		c = ca. 125 ⁶²

Relig luft 250, Blase (2500 m VS) 62.

hvis vi anvender maskinolie, vil denne muligvis bryde i brand, vi har derfor et laag til at lægge over vort hårdekar.

alm. redskaber med C mindre end 0,4 % hærdes i H₂O, medens materialer med C større end 0,4 %, hærdes i olier.

vi hærder altid i overfladen af vædsken, da dampkappen her ved forsvinder hurtigt. inden vi hærder i H₂O, fjerner vi eventuelle oliepletter (med en avis), da disse vil sætte sig fast paa emnet og forårsage pletvis hærkning.

vædskenes hærdeevne forøges ved bevægelse, derfor holder vi aldrig vore emner stille i hærdevædsken.

fig. 5.



efter hærkningen vil vi have en tilstandsbeliggenhed, som fig. 5 viser.

ved hærkning af større emner maa vi passe paa ikke at anvende for stor en tang, da berøringspunkterne paa grund af luftmelletrum forårsager bløde pletter. smaa emner op-hænges i bindetraad.

rumfangsændringer ved hærkning. (spændinger). ved overgangen fra jern til jern faar vi en rumfangsforøgelse (atomerne omlejre sig, materialet bliver magnetisk). denne rumfangsforøgelse er ikke ubetydelig, men adskillige rumfangs%. herefter trækker materialet sig sammen til vi naar stuetemp., men under denne sammentrækning faar vi en spændingsvariation i emnet.

naar vi afkøler afkøles overfladen først, og vi faar trækspændinger i denne indtil perlitlinien naas, det indre kommer senere til perlitlinien. naar det ydre har naaet denne, faas en lille udvidelse, og herved udlignes trækspændingerne. ved fortsat afkøling vil vi efterhaanden faa trykspændinger i overfladen, og disse bevares sammen med trækspændinger i det indre. disse spændinger er saa store, at de giver emnet ændret form og voulumne (forøgelse).

samtidig foraarsager spændingerne ofte sprængninger, og hvis vi ikke har raad til at anvende fine staalsorter, der kan taale spændingerne, maa vi hellere indsætte vore emner.

hårder vi et aflangt prisme, vil vi faa den alm. voulumneforøgelse, men samtidig er emnet blevet kortere og derfor tykkere. denne sammentrækning i en bestemt retning er generende ved hærkning af snittappe, der næmt kan trække sig et helt gevind. derfor forarbejdes disse ikke nøjagtige, men med en smule mindre gevind pr. længdeenhed. naar snittappen herefter ved hærkningen trækker sig sammen, bliver tappen nøjagtig.

(man har særlige drejebænke med dette for øje).

hvis vi flere gange efter hinanden hårder og afhårder en terning, vil den efterhaanden antage form som i fig. 5, grundet paa trykspændingerne i overfladen. ligeledes vil en ring efter hærkning have mindre diameter end før den blev hårdet.

fig. 6

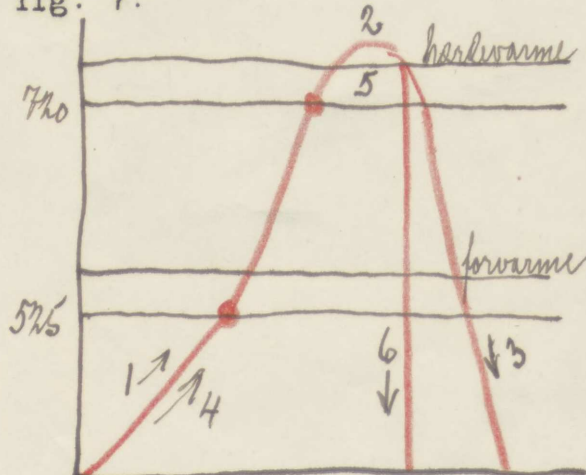


ved hærkning sker der, som vi har set, flere uheldige ting, og for at undgaa disse, naar de i det hele taget kan undgaaes, maa vor hårder være vaagen f.eks. ved hærkning af file (hærdvædske $H_2O + NaCl$). ved neddykning i vædsken bliver filen skæv, da neddykningen ikke kan foretages abs. lige. denne skævhed vilde blive bevaret, hvis ikke hårderen afbrød afkølingen, rettede filen og afkølede den færdig efter at retningen var foretaget. for at undgaa disse kastninger, hærdes emnerne tit indspændt. f.eks. savblade hærdes indspændt mellem to plader, saa kun tænderne rager udenfor. kastninger undgaas ogsaa ved de tidligere omtalte støbejernsplader.

naar vi skal hårde anvender vi ikke gerne 0 staal med mere end 0,5 - 0,6% C. skal vi have finere materiale maa vi anvende digel- eller elektrostaal.

det i fig. 4 viste hærdediagram faar en lidt ændret karakter, naar vi medtager udvarmningen. fig. 7.

fig. 7.



- 1 og 2 udvarmning.
3. langsom afkøling.
- 4, 5 og 6 hærkning.

naar vi i praksis skal foretage mange hærkninger, har vi to ovne, en, der holdes paa forvarme, og en, der holdes paa hærdvarme.

de omtalte spændinger vil særlig gøre sig gældende, naar vi har store spring i dimensionerne f.eks. som fig. 8a viser. vi forarbejder derfor som fig. 8 b, der ikke har store spring i dimensionerne. de kriminelle spændinger undgaas paa denne maade.

fig. 8a.

fig. 8 b.

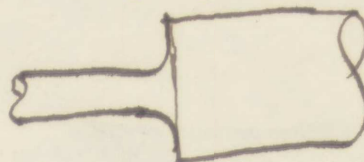
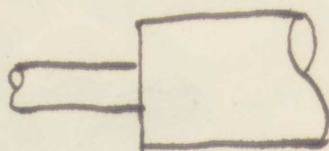
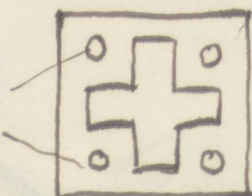


fig. 9.

aflastningshuller



hvis vi f.eks. skal hærde en underpande til en stanse (fig. 9), der ikke kan rundes i hjørnerne, aflaster vi spændingerne ved hjælp af aflastningshuller.

da de ved hærdeningen eventuelt fremkomne spændingsrevner først danner sig paa et temmeligt sent tidspunkt, vilde en langsommere afkøling fra dette tidspunkt gøre god fyldest. vi afkøler derfor, naar det drejer sig om finere emner, først i H_2O til lejdenfrostpunktet er naaet, og herefter i olie.

den øvede hærder bruger haanden til at fastslaa lejdenfrostpunktet. hærderen holder haanden tæt ved materialet, og mærker ved passage af punktet en sugning.

hvis vi vilde afkøle i luften, vilde vi faa masser af revner, og disse faas undertiden ogsaa, naar vi tager emnet for tidligt op af olien.

huller i emnerne, som skal udbores bagefter, fyldes med lær.

snittappe opvarmes ikke i ovne, men i smeltet og overhedet bly, hærdes i H_2O , og anløbes i olie.

c. anløbning.

1. værktøjsstaal
2. konstruktionsstaal.

1. anløbning af værktøjsstaal.
en anløbning kan gaa ud paa:

- 1a. at fjerne spændinger.
- 1b. at forandre materialets tilstand.

1a.

for at opnaa spændingsudligning opvarmer vi kun lidt, til ca. 150 grader. vi opnaar lidt større sejghed og begyndende revner undgaas. undertiden opvarmer vi kun i kogende H_2O , vi maa da holde vort emne en smule længere i vandet.

de spændinger vi har i materialerne efter omtalte anløbning, har i de fleste tilfælde ingen betydning, men hvis det er maale-redskaber vi fremstiller, vil de tiloversblevne spændinger for-aarsage trækninger (ganske vist i minimalt omfang) og vi faar først den constante form efter $1\frac{1}{2}$ aars lagring. saadanne emner ældes kunstigt efter hærdeningen, og denne ældning foretages ved gentagende opvarmninger og afkølinger.

1b.

ikke saa sjældent vil vi f.eks. forandre den martensittiske til-stand til troostitisk for at opnaa større sejghed. denne til-stand kunde vi imidlertid godt have opnaaet ved at anvende en anden hærdevædske. den første metode har dog adskillige fordele frem for den anden, idet vi for det første inden vi anløber kan foretage en brinell prøve for at konstatere, om vort materiale har den haardhed, som vi ønsker det skal have, herefter kan vi afpasse anløbningen. for det andet faar vi ved den første metode

et meget dybere lag af troostit end vi kunde opnaa ved direkte behandling. endelig vilde vi ved den direkte metode skulde afkøle langsomt, og af en eller anden ukendt aarsag vilde vi faa storkor-net materiale ved passage af 550 grader.

værktøjsstaal anløbes som regel ved ca. 240-270 grader, anløbningsfarver fra brunt til blaåt. anløbningsfarverne fremkommer ved interferens mellem selve materialet og laget af ilter.

anløbningsfarverne.

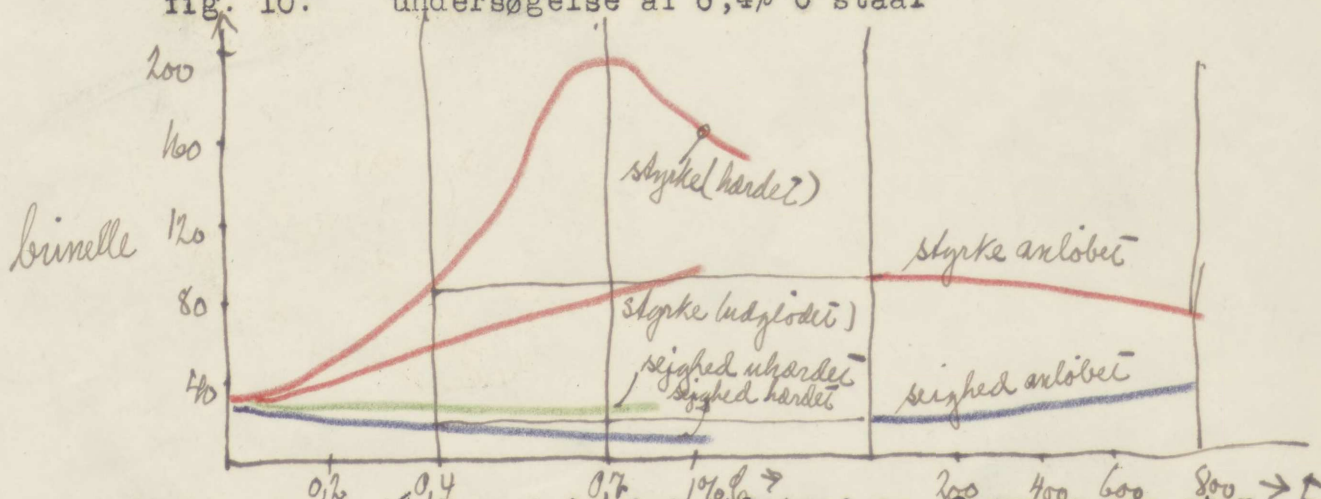
225	grader	gult
250	-	lysebrunt
275	-	rødbrunt
285	-	violet
300	-	blaåt
315	-	graablaåt.

haardheden aftager og sejgheden stiger ved gennemløbning af disse farver, men ridsehaardheden aftager stærkere end kuglehaardheden. i ældre tid anløb man til gult, men i senere tid er man begyndt at anløbe til blaåt, da det har vist sig, at materialets arbejdssegenskaber bliver af længere varighed (f.eks. drejestaal).

i ældre tid anløb man f.eks. fræsere bagfra ved anløbning paa en sandbakke ved opvarmning; nu anløber vi disse i oliebad, som vi kan give den temp., der kræves for de forskellige anløbninger. vi maa dog for at anvende denne maade kende haardhedens afhængighed af tiden, da haardheden er afhængig af denne, idet den aftager med tiden, som materialet ligger i olien. naar vi ønsker en bestemt haardhed, maa vi altsaa kende denne afhængighed.

2. anløbning af konstruktionsstaal.

fig. 10. undersøgelse af 0,4% C staal



styrken for 0,4% C er i hærde tilstand ca. 2 gange saa stor som i uhardet tilstand, men dette er sket paa bekostning af sejgheden, der er blevet ca. 2 gange saa lille.

vi kan imidlertid faa sejgheden til at vokse igen ved en anløbning, som det ses i den højre del af fig.

hærdningen er efterhaanden blevet en indviklet proces, og af denne grund faar hærderen ofte en recept at gaa frem efter. den kan se saaledes ud:

recept.

- forberedelse.
 - udglødning ved 850 grader
 - langsom afkøling.
- hærdning.
 - opvarmning til 850 grader
 - afkøling i H_2O ved 20 grader
- anløbning.
 - opvarmning til 500 grader
 - afkøling i olie
- ældning.
 - opvarmning til 150 grader
 - langsom afkøling.

af denne recept benyttes ved hærkning af mejsler kun 2 og 3, ved finere materiale 1,2 og 3, og ved maaleredskeber 1,2,3 og 4. det meste af det materiale, der anvendes i den moderne automobilindustri, er kunstigt tvunget til den tilstand i hvilken det anvendes. dette gøres ved de omtalte varmebehandlinger, og vi maa derfor passe ikke at behandle saadant materiale uden nøje at vide, hvordan dette skal gøres

d. indsætning.

denne kan opnaas ved:

1. carbidicering, der dannes carbider
2. nitridering, der dannes nitrider.
3. cromisering, der dannes cromider.

1. carbidicering.

alm. C staal er over perlitlinien i stand til at optage yderligere C. perlitten omdannes herved til austenit. opkulningen begynder ved 720 grader og mængden stiger med temp. vi kunde derfor tænke os at indsætte ved meget høje temp. men vi vilde da faa meget storkornet materiale (coallessens) og dermed meget skørt materiale. vi indsætter derfor sjældent over en 800 - 900 grader, og ved disse temp. opnaar vi ca. 0,9% C.

følgestofferne har en hel del virkning ved denne indsætningsmetode, f.eks. har Al en meget daarlign indflydelse.

opkulningen foretages ved at indpakke emnerne i C afgivende materialer, f.eks. trækulspulver, men dette er ikke saa hurtigt virkende, vi anvender derfor i de fleste tilfælde indsætningspulvere med organisk bundet C, da disse opkuller hurtigst. (benmel).

et stærkt indsættende stof er $\text{Fe}_3(\text{CN})_6$, som anvendes ved simpelthen at overdrysse emnet med pulveret og opvarme det i essen til svejsetemp. indsætningen er hermed foretaget, men vi faar dog paa denne maade et meget tyndt indsat lag.

smeltet støbejern (overskud af C) anvendes ogsaa som indsætningsmiddel, idet staalet blot dyppes i det smeltede støbejern.

naar vi har faaet dannet et indsat lag skal dette hærdes, og denne hærkning foretages undertiden samtidig med indsætningen f.eks. naar vi indsætter i smeltet støbejern, der er i saa tilfælde tilsat NaCl til det smeltede støbejern.

hærkningen foretages i reglen først efter at materialet er afkølet, idet vi opvarmer det igen og afkøler i H₂O.

de mest anvendte indsætningsmaterialer er: benmel, laderstumper og hornstumper.

til disse stoffer tilsættes undertiden klæbemidler som f.eks. harpiks, fedt eller lign., naar det er smaating, vi skal indsætte. undertiden tilsættes salte for at give en letflydende slagge. (BaCO_3 eller NaCl).

emnerne nedpakkes i jernkasser (bedst støbejernskasser), der lukkes tæt, for at de udviklede luftarter ikke skal forsvinde, og mest for at indtrængende ilt ikke skal forbrænde vort C. et lille hul haves dog altid for at udligne eventuelt overtryk, og for at vi kan faa en prøvestang ind i nærheden af materialet.

dybden af det indsatte lag er for benmel ca. $\frac{3}{4}$ til 1 mm. og den dertil svarende indsætningstid er ca. 2 timer ved 700-800 grader.

indsætningsdybden er ligefrem prop. med temp.

tykkelsen af indsætningspulveret maa stige eller rettere skal stige med størrelsen af emnet, hvad vi ellers ikke skulde vente, da indsætningen er en overfladeprocess.

efter indsætningen lader vi emnerne afkøle i kasserne, og hærder dem efter afkølingen. vi kunde imidlertid godt have anvendt den varme, som emnerne har efter indsætningen og afkølet i hærdevandet med det samme, men vi vilde da paa grund af den lange opvarmning til høj temp. have faaet storkornet materiale.

efter indsætningen kan vi ikke regne med større styrke, da kernen i vort materiale vedblivende er blød, vi har altsaa kun opnaaet større slidbestandighed. trækker vi f.eks. en indsat stang over, vil de indsatte lag springe i stykker og danne et nydeligt gevind.

indsat materiale benyttes kun sjældent til værktøjer.

2. nitridering.

vi opvarmer vort materiale i en N holdig (NH) atmosfære. ved ca. 500 grader spaltes $NH_3 = N + 3H_2$, og N forbinder sig med Fe og danner nitrider, der er meget haarde.

den lave temp. har den fordel, at vi ikke faar nogen strukturforandring, og maaske hermed storkornet materiale, endvidere er nitriderne saa haarde, at vi ikke behøver nogen efterhårdning. i det hele taget er nitrideringen en meget blidere behandling af materialet end carbidiceringen. imidlertid kræver nitrideringen meget længere tid. et lag paa $3/4$ mm opnaas først efter 80 timers forløb. nitrideringen forløber imidlertid hurtigere ved højere temp., men bliver samtidig uøkonomisk, da forbruget af NH_3 stiger ganske betydeligt.

vi maa passe paa at vor gennemstrømmende luft har det passende indhold af N, for at nitrideringen ikke skal vare endnu længere.

følgestofferne har ogsaa her deres virkninger, saaledes vil mindre indhold af Mo eller Al være til gavn ved nitridering i modsætning til carbidicering.

det nitriderede lag kan taale opvarmning i luften til ca. 500 grader, denne indsætningsmetode er dog endnu forholdsvis ny, og man kender ikke meget til forholdene ud over dem vi faar gennem reklamer.

3. cromicering.

emnerne nedpakkes i en blanding af Cr og teglstenspulver. vi faar i overfladen dannet Cr staal der er meget modstandsdygtigt.

i tidligere tid anvendte man cromiceret materiale til turbineskovle, da Cr staalet er rustbestandigt.

4' afenit. specialstaal.

specialstaal kaldes saadanne staalsorter, der indeholder C samt større eller mindre mængder af Mn, Ni, Cr o.s.v. og disse staalsorter faar navn efter deres indhold af følgestofferne, saaledes kaldes staal med et indhold af større end 0,4 % Si siliciumstaal, og naar staal indeholder mere end 0,8% Mn kaldes det manganstaal.

ved at tilsætte følgestoffer faar vi en indirekte paavirkning, idet følgestofferne ikke virker paa Fe men derimod paa C. den vigtigste virkning er, at vi faar større hysteresese, og dette opnaas altid ved tilsætning af stofferne i overskud, dette bevirker, at alle de tider, vi kender fra C staalene, bliver forøget.

foruden at de tilsatte stoffer foraarsager større hysteresese, bevirker de ogsaa sejhed med mindre C indhold end vi kender det fra C staalene, desuden opnaas større styrke ved tilsætning af følgestofferne, men dette kunde vi ogsaa have opnaaet ved alm. C staal ved større C indhold, men det vilde da gaa ud over sejheden, som vi kender det fra omtalen af styrke og sejhed for C staalene.

at vi ved C staalene fik en mindre sejhed med voksende C indhold, skyldtes at Fe_3C spaltede sig og vi fik udskillelse af grafit, ved specialstaalene kaster C sig derimod over ferritten og danner Fe_3C , saa vi altsaa har det haarde Fe_3C beliggende i det sejge ferrit.

ved specialstaalene opnaar vi altsaa:

- a. større hysteresese. b. større sejhed, og haardhed.
- c. meget større slagstyrke, som vi under ingen omstændighed kunde opnaa ved C staalene.

i mange tilfælde virker følgestofferne paa hysteresen, saa vi faar paafaldende lange indsætningstider og afkølingstider.

ved hardning skal specialstaalene alle have forskellig behandling, og man gør klogt i at følge de med materialerne følgende forskrifter.

de hardere, der beskæftiger sig med hardning af specialstaalsorterne, er alle specialister hver paa sit omraade.

Hovedtræk.

at et materiale befinder sig i naturtilstand vil sige, at materialet har været opvarmet til høj temperatur og herefter afkølet i luften.

nogle materialer gaar ved denne behandling over i den perlittiske tilstand f.eks. alm. C staal.

ved perlittiske staalsorter vil vi derfor forstaa saadanne staalsorter, der efter en behandling til naturtilstand gaar over til at blive perlittiske.

paa grund af den større eller mindre hysteresese kan vi ogsaa efter behandling til naturtilstand faa materialer, der er martsittiske (troostittiske, sorbittiske o.s.v.)

endelig har vi materialer, hvor gamma tilstanden bliver bibeholdt (højt legeret Ni staal kan være ganske umagnetisk) (meget stor hysteresese).

vi har staalsorter, der særlig indeholder carbider eller dobbeltcarbider.

disse carbider kan være lejret i austenittisk, troostitisk eller sorbittisk grundmasse, disse carbider i grundmassen ligner i paafaldende grad ledeburit, og vi kalder derfor disse staalsorter for ledeburittiske staalsorter.

de fleste af de staalsorter, vi anvender, er perlittiske.

som omtalt forøger vi styrken ved at tilsætte større eller mindre mængder af andre stoffer, og dette sker altid ved at følgestoffet foraarsager at C kaster sig over ferritten i stedet for at udskille sig som grafit. følgestofferne gaar dog ogsaa i reglen i forbindelse med ferritten.

af de perlittiske staalsorter kan nævnes Si staal, der anvendes til elektromotorer, fordi det giver mindre magnetisk hysteresese. endvidere volframstaal, der giver stor magnetisk hysteresese og derfor anvendes til permanente magneter.

vore rene martensittiske staalsorter anvendes ikke saa meget, da de er meget skøre.

de austenittiske staalsorter har meget større anvendelse. de er stærkere end de martensittiske, men ikke bearbejdelige som de perlittiske. følgelig er disse sorter overordentlig elibebestandige (mn staal, der tillige er lidet magnetisk).

staal med dobbeltcarbider (hurtigstaal) anvendes paa grund af deres store haardhed kun til værktøjer.

ved disse staalsorter kan vi i almindelighed ikke drage nogen slutninger fra C staaene, følgende eks. vil vise dette.

har vi et stykke austenittisk materiale og f.eks. vil dreje i dette, opdager vi snart, at det ikke kan lade sig gøre. vi kunde da prøve at udgløde det, men det vilde da vise sig, at materialet i stedet for at blive blødt, bliver glashaardt. den langsomme afkøling, som hører med til udglødningen, har bevirket, at vi har faaet dannet martensit. havde vi derimod afkølet hurtigt i vand, havde vi ikke faaet martensitten dannet.

indsætning danner en undtagelse, hvor vi kan slutte os til behandlingen fra C staaene.

vi inddeler specialstaaene i to hovedgrupper:

1. konstruktionsstaalsorter og
2. værktøjsstaalsorter.

1. konstruktionsstaal.

disse staalsorter er ofte trinære d.v.s. at de bestaar af Fe, C og et følgestof.

Si staal.

Si staal fremstilledes i tidligere tid i martin eller bessemer ovne, men man er i den senere tid gaaet over til at fremstille denne staalsort i elektroovne, da disse ikke har den uheldige egenskab, at tillade at Si ilter sig, som det har stor tilbøjelighed til at gøre i martin- eller bessemer ovnene. i disse har vi Si staalet som en uren vædske, og urenhederne bestaar af smaa korn af SiO_2 , der svømmer rundt i vædsken.

med stigende indhold af Si stiger smede- og svejselighed væsentligt.

naar vi har Si staal ved høj temperatur findes Si antageligt som jernsilicid (FeSi eller Si_2Fe_2), hvorimod det næppe findes som SiC , da dette er indotermt, og derfor vilde spalte sig og give daarligt materiale. FeSi optræder i ferritten og gør det derved haardere og stærkere.

med stigende indhold af Si begynder Si at virke paa C, idet Si, som vi tidligere har set, begynder at uddrive C atom for atom, saaledes at sejgheden aftager betydeligt. denne uddrivning begynder, naar Si indholdet bliver større end 2%. Si spalter først Fe_3C , saa vi faar grafit, og denne spaltning vedvarer, til vi naar 5%, da alt Fe_3C nu er spaltet (d.v.s. alt den Fe_3C , som findes udenfor perlitten), naar vi naar 5%, begynder spaltningen i perlitten, og denne vedvarer til 7%, da den er fuldbyrdet, og vi faar herover kun: FeSi , ferrit og grafit.

varmebehandling af Si staal.

en hovedregel er, at vi ikke maa have Si staal for lange ved høj temperatur, da vi saa faar udskillelse af grafit, som gør materialet mindre haardt. holder vi det derimod ikke for lange ved høj temperatur, faar vi dannet perlit i overfladen. dette haves in mente ved indsætning.

hardningen af Si staaene foregaar saa at sige som ved C staaene, men vi behøver ikke at anløbe, da vort Si staal med lidt C (sejgt) svarer til C staal med mere C.

FeSi vil ikke ændres ved opvarmning og Si staal kan derfor anvendes til fjedre i forbrændingsmotorer (FeSi er haardt selv ved høje temperaturer).

Si staal anvendes til vekselstrømsmotorer, da den ohmske modstand er stor og den magnetiske hysteresese lille. permeabiliteten bliver heller ikke større, men tværtimod mindre.

Si staals anvendelser.

anvendelse.	C%	Si%	Mn%
transformatorplader	0,1	1-2	0,1
dynamoplader	0,1	2-4	0,1
mejsler	0,35	2	0,4
automobilfjedre	0,55	0,65	0,9
halvhaarde fjedre	0,5	1-1,5	0
haarde fjedre	0,3	2,5	0

Ni staal.

Ni staalet er vort vigtigste konstruktionstaal, og har derfor uhyre mange anvendelser.

Da Ni er lidet ilteligt fremstilles Ni staalet med tilstrækkelig sikkerhed i martin ovne. til fremstillingen anvendes gammelt Ni staal, maaske med tilsætning af terningenikkel. (os. de andre ovne anvendes naturligvis ogsaa).

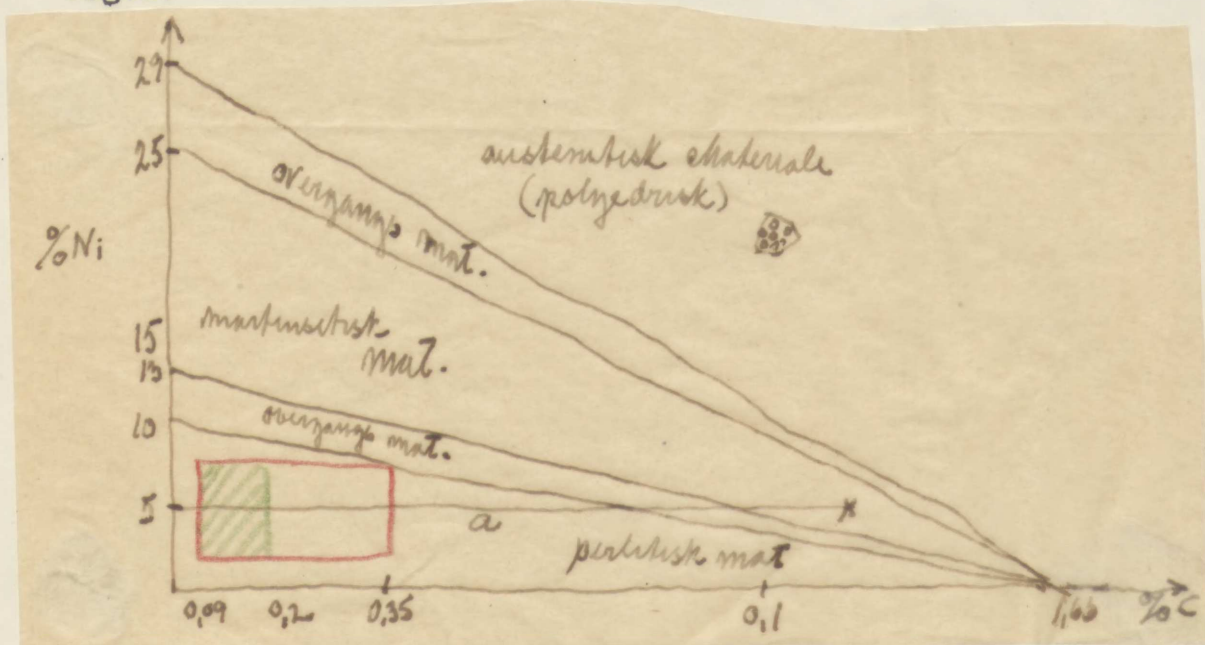
ved tilsætning af Ni til staalet kaster Ni sig over ferritten, og der dannes FeNi, der er haardt og meget finkornet. Ni gaar ikke i forbindelse med C, men det har en ejendommelig evne til at give Fe₃C større bestandighed over for spaltning.

Ni forøger hysteresen i saa høj grad, at vi kan faa Ni staal i de tre hovedmodifikationsformer: perlittisk, martensittisk og austenittisk, alt efter den temperatur staalet har været udvarmet til, og det er altsaa mængden af bundet C og Ni, der bestemmer, hvilken tilstand vi har staalet i.

Ni staalet var i lang tid en gaade for menneskeheden, idet der var paafaldende forskel paa de forskellige leveringer fra staalværkerne, der tit af en eller anden grund satte mere eller mindre Ni til, uden at ane, at det havde uhyre virkninger paa tilstandsformen. denne uvished om Ni staalet beskæftigede mange metalloger, og først efter at franskmænden Guillet fandt paa at tegne et diagram, var gaaden løst.

guillets diagram.

fig. 1.



vi ser hvordan de tre tilstandsformer ikke gaar jævnt over i hinanden, men gennem mellem-tilstandsformer.

vi anvender kun perlittisk og austenittisk materiale, da den martensittiske del af materialet er meget storkornet og derfor skør.

af det perlittiske materiale, som vi anvender, er hovedmængden beliggende inden for det grønt skraverede areal, medens resten er beliggende i det røde rektangel, da vi over 7% faar forholdsvis skørt materiale.

i amerika anvendes en stor del Ni staal til brobygning, og de

små dimensioner paa staaibjælkerne skyldes Ni staalets store styrke.

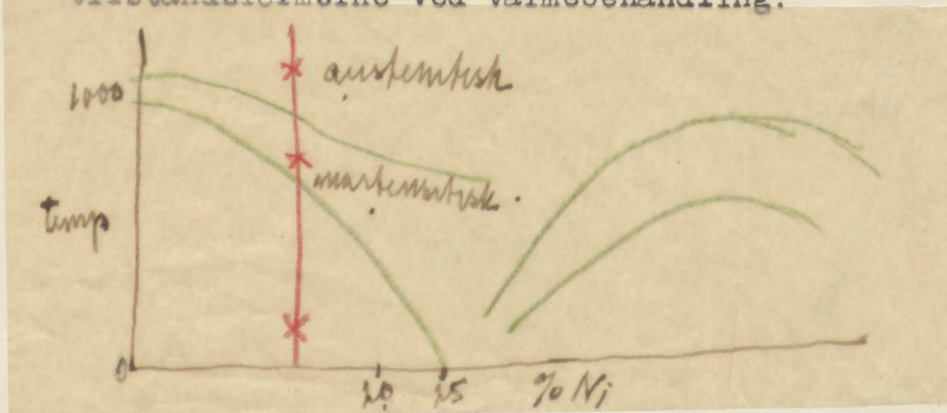
i tidligere tid anvendtes en stor del Ni staa til panserplader, de blev knaldhaarde blot ved at henligge i luften.

austenittisk materiale benyttes til ventiler i automobilmotorer.

diagrammet viser os hvad der sker ved indsatning, idet vi ved forøgelse af C mængden spadsere til højre i diagrammet paa linien (a). vi faar martensittisk materiale (haardt).

staalets haardhed stiger ogsaa med Ni'en, men kun til denne har en bestemt størrelse, over hvilken haardheden igen aftager.

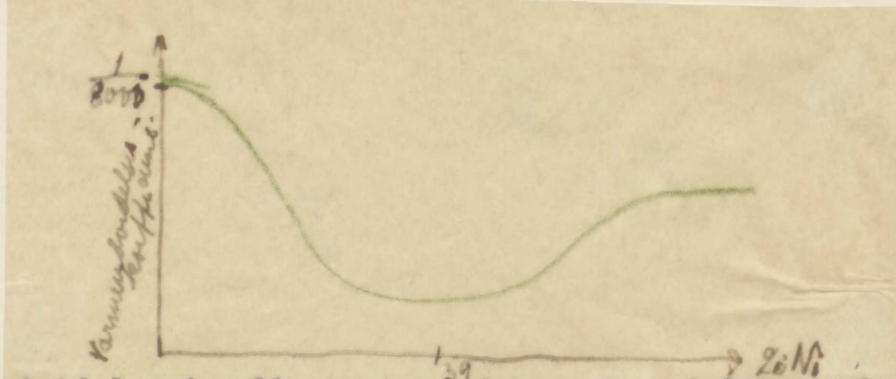
fig. 2. tilstandsformerne ved varmebehandling.



hvis vi opvarmer perlittisk materiale til f.eks. 500 grader, skulde det egentligt være blevet martensittisk, men paa grund af hysteresen forbliver det perlittisk. opvarmer vi derimod til 1200 grader og derefter afkøler til 500 grader, faar vi heller ikke martensittisk materiale, men derimod austenittisk materiale. vi kalder derfor Ni staalet for et irreversibelt materiale.

Ni staa contra varmeudvidelse.

fig. 3



vi ser at varmeudvidelseskoefficienten aftager betydeligt indtil 37% Ni. denne legering gaar under navnet Ingvar og anvendes meget til maalestocke.

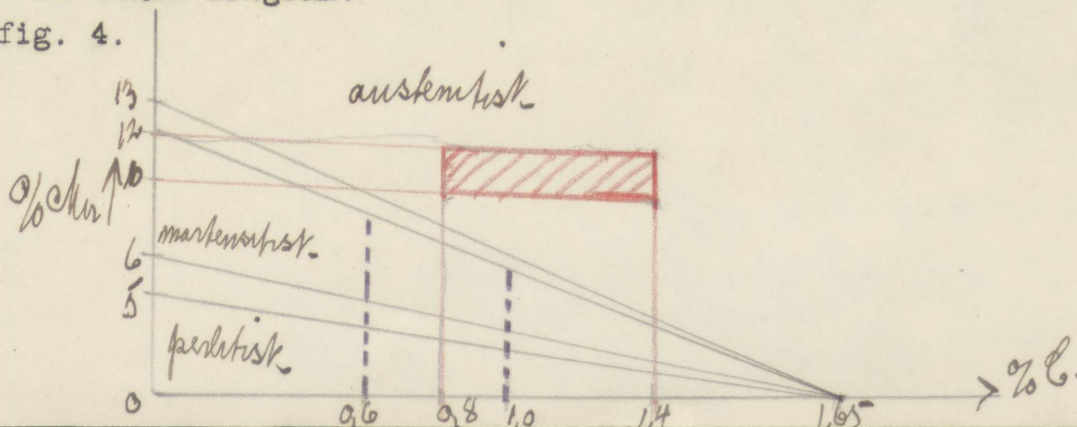
en legering med 46% Ni og 0,15% C, har samme udvidelseskoefficient som platin og anvendes derfor i stedet for dette i elektriske lamper under navnet platinit.

Mn staa

Mn staa minder stærkt om Ni staa, idet vi her ogsaa har alle tre tilstandsformer: perlittisk, martensittisk og austenittisk, men den martensittiske del af materialet er ikke bestandigt, idet martensitten over 0,6% C ikke er bestandig; den spalter sig, saa vi faar en blanding af martensit og troostit og ved 1% C spalter den sig videre, saa vi faar troostit og sorbit.

Mn staa diagram.

fig. 4.



Mn staalet fremstilles som Ni staalet i martin øvne ved tilsætning af ferromangan. Mn staalet er let smelteligt.

Mn paavirker staalet baade paa ferrit- og carbidsiden, idet Mn for det første styrker ferritten, saa vi faar større styrke med mindre C., jo mere Mn vi tilsætter des mindre C faar vi i perlitten, idet vi for hver % Mn faar 0,8% mindre C, endvidere danner Mn blandingscarbider, der er meget haarde.

Mn staalet har ikke saa store anvendelser som Ni staalet. Ni staalet lod sig saaledes nemt hærde, medens Mn staalet ved hærkning nok bliver haardt, har det paa Grund af den store tilbøjelighed til at danne carbider, tilbøjelighed til at give os trostitisk-sorbittisk materiale i stedet for martensittisk. paa samme maade gaar det ved indsætning, hvor vi bevæger os til højre paa linien (a) i diagrammet.

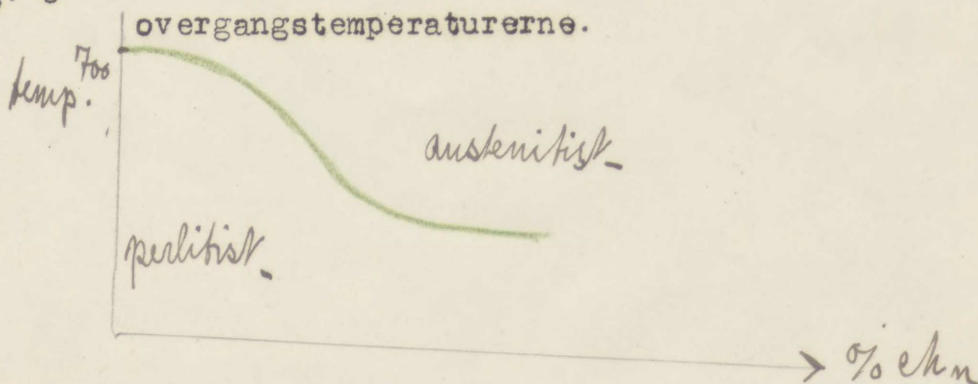
disse forhold er aarsagen til den forholdsvis lille anvendelse af Mn staalet, men i de senere aar er man begyndt at tilsætte en smule vanadium til Mn staalet, og det har vist sig, at denne smule Va gør Mn staalet anvendeligt i flere tilfælde, hvor det før ikke har kunnet anvendes.

endvidere anvendes Mn staalet til staaalhjelme, men de har den uheldige egenskab, at de taber deres sejghed ved opvarmning, idet de gaar over fra - perlittisk til martensittisk tilstandsform, og den opvarmning, der er nødvendig, kan opstaa blot en kugle rammer hjelmen, saa denne er ubrugelig, naar den blot har været ramt en gang. martensitten er nemlig saa skør, at den vil sprænge i stykker ved det mindste slag,

det almindelige Mn staalet, som vi anvender, er beliggende i det røde rektangel paa diagrammet. vi har meget stor styrke og tildels sejghed, men det er lidet bearbejdeligt, saa det kun kan anvendes til konstruktionsstaalet, dog anvendes en del smedede Mn staals dele.

Mn staalet er som Ni staalet et irreversibelt materiale, og vi har en varmebehandlingskurve lignende Ni staalets

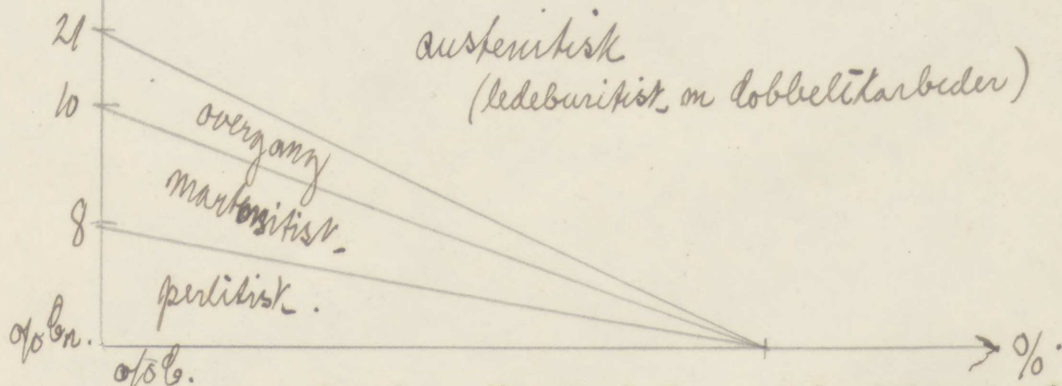
fig. 5



Cr staalet.

fig. 6

diagrammet.

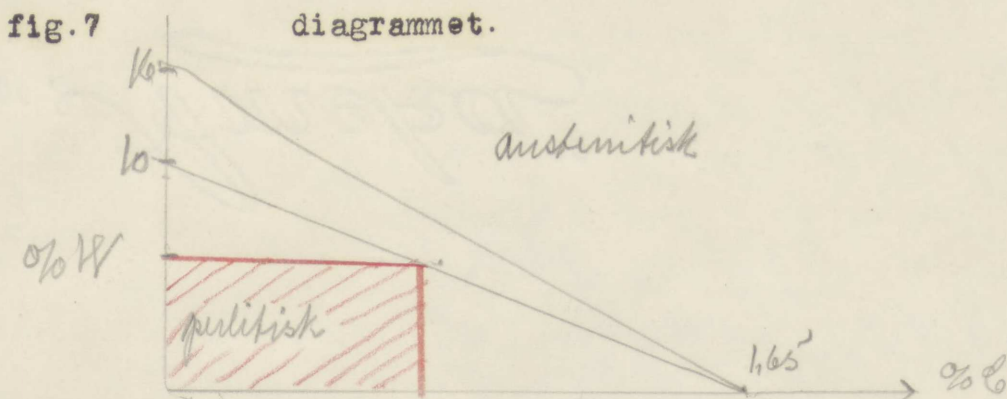


Cr staalet minder en hel del om Mn staalet, og tilsætningen af Cr styrken og Hysteresen.

Cr forrykker ogsaa perlitpunktet, men virkningen er ikke saa paafaldende som ved Mn staalet.

Cr staal er meget bestandigt over for rust men ikke direkte, idet der dannes en beskyttende hinde af CrO , der er meget modstandsdygtigt. derfor benyttes det meget til rustfri knive, men modstandsdygtigheden er kun til stede i hærdet og poleret stand. foruden at Cr staal benyttes som konstruktionsstaal, benyttes det til en del værktøjer saasom file og prøvewærktøjer.

Wolframstaal.



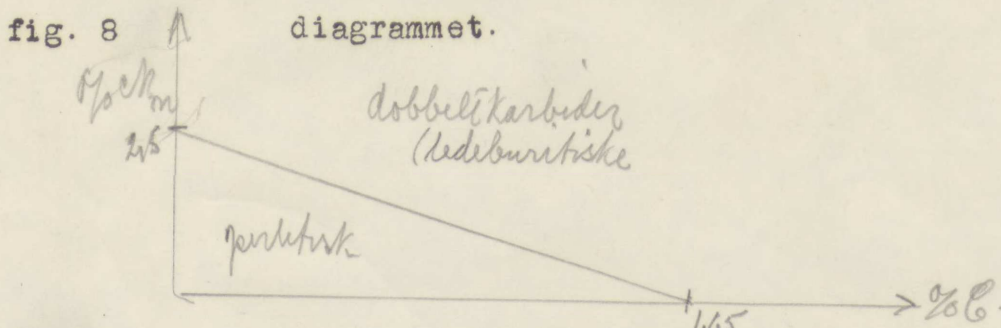
VV gaar baade i forbindelse i staalet med ferritten og carbidene, og det giver et meget finkornet materiale.

W nedsætter hærdetemperaturerne.

vi anvender kun den perlittiske del af materialet, og kun den indenfor det røde rektangel liggende del.

dette anvendes f.eks. til bøsseløb, permanente magneter og en del skrabere.

Molybdænstaal.



denne staalet minder meget om den forrige, men ogsaa en hel del om Cr staalet, blot behøver vi kun $1/4$ saa meget Mo som Cr for at opnaa samme virkning, men Mo har den kedelige egenskab at det er en 6 - 8 gange saa dyrt.

vanadiumstaal.

dette navn er kun et reklamenavn thi hovedstoffet er ikke Va. men det har to vigtige opgaver.

1. trods de reducerende stoffer (Si og C) er der alligevel altid en del O tilbage, og denne rest er det vanadiums opgave at fjerne.

2. Va gør i særlig grad materialet finkornet.

vi har under omtalen af Mn staalet nævnt, at det havde tilbøjelighed til særlig i den martensittiske del at være ubestandigt og give os storkornet materiale, Mn vilde vokse og udsejre. et mindre indhold af Va vil forhindre dette.

men forholdene er endnu ikke rigtigt klarede.

ternære staalsorter.

af disse skal kun nævnes:

Cr Ni staal.

Ni giver større sejghed og Cr større haardhed. vi har da et materiale, der er sejt og hårdt og med meget bestandig styrke.

ved større indhold af Ni faar vi rustfrit materiale, der

anvendes til turbineskovle.

vi har baade perlittisk (mere og mere Ni) martensittisk og austenittisk materiale. (sammenlign Ni diagrammet).

vi benytter i særdeleshed de perlittiske sorter, der er daarligere varmeledere.

skal vi anløbe Cr Ni staa, skal dette ske ved 00 grader, da der ved 600 grader sker et eller andet ukendt i materialet.

Cr Ni staa med 0,2 - 0,3% C bruges meget til dele, der skal indsættes, og staa med 0,4 - 0,6% C benyttes til varmebehandlede emner. (automobil- og drejebænkethjul).

2. værktøjsstaalsorter.

disse staa repræsenterer en meget stor del af specialstaalene. det omraade, som de repræsenterer, er foruden at være et stort omraade et meget indviklet omraade, da de specielle anvendelser alle kræver specielle værktøjer, der igen kræver specielle behandlingsmaader.

vi inddeler værktøjsstaalene i:

1. maaleværktøjer.
2. spaantagende værktøjer.
3. presseværktøjer.
4. trækkeværktøjer.
5. pressestøbningsværktøjer.
6. klippeværktøjer.

1. maaleværktøjer.

af vore maaleværktøjer forlanger vi, at de viser rigtigt og vi kunde derfor tænke os at anvende ingvar til fremstilling af disse, men da ingvar jo ikke udvider sig, vilde vi faa et forkert resultat, hvis vi f.eks. skulde maale en staa, der havde udvidet sig. vi maa derfor anvende maaleværktøjer, der har samme udvidelseskoefficient som det emne, vi skal maale. endvidere kræver vi af vore maaleredskaber, at de skal være slidbestandige, og derfor maa vi anvende materialer, der kan hærdes. vi maa dog kende de materialer, vi anvender til at fremstille hærdede maaleredskaber af, da materialet ved hærningen udvider sig og igen trækker sig sammen ved anløbningen. af denne grund anvendes undertiden indsat materiale til vore maaleredskaber. men mest anvendes dog Mn, Cr, eller Si staa, der hærdes i olie. ved at afpasse mængden af Mn, Cr, Ni kan vi faa materialer, der nok udvider sig ved hærningen, men saa trækker sig lige saa meget sammen ved anløbningen, naar denne foretages til en bestemt temperatur.

2. spaantagende værktøjer.

betrakter vi et stykke spaantagende værktøj f.eks. under drejning, ser vi at æggen paa staalet ikke slides, hvis vi tager en skrupspaan, derimod slides den overflade, hvorover spaanen glider, og det des mere des hurtigere vi drejer, fladen bliver nemlig varm og dermed taber den i de fleste tilfælde sin bestandighed.

anvender vi et almindeligt C staa vil det beholde sin bestandighed, saa længe vi køre smaat, men kører vi blot nogenlunde hurtigt, ødelægges det ret hurtigt, idet fladen opvarmes, og ved denne opvarmning gaar C staalet over i den perlittiske tilstand, og i denne bløde grundmasse vil de haarde FeC korn simpelt hen trykkes ned.

det gælder derfor for os at faa denne grundmasse saa haard og varmebestandig som muligt, og derfor anvendes altid materiale med C større end 0,9%, vi har altsaa de haarde FeC korn liggende i en eller anden grundmasse.

benytter vi svagt legerede Ni, Cr staa faar vi denne grundmasse meget mere varmebestandig end ved de almindelige C staa, disse svagt legerede staa kan vi derfor anvende til hurtigstaa.

et meget anvendt hurtigstaa er (18% volfram og 4% Cr).

et saadant staal kan dog ikke vare saa forfærdeligt længe. fladen bliver ganske vist ikke blød, men tværtimod haard og skør, og dermed er staalet ødelagt.

hvis vi vilde lave f.eks. et gevindstaal af hurtigstaalsmateriale vilde det nok være slidbestandigt, men ikke formbestandigt (æggen vilde ikke kunde holde). her vilde et ganske almindeligt C staal være at foretrække, da æggen paa disse er mere bestandig.

vi inddeler derfor vore spaantagende værktøj i to grupper:

1. slidbestandige.
2. formbestandige, eller hurtigstaal og faconstaal.

1. hurtigstaal. (skrupstaal)

C% 0,6 - 0,9

Cr% 4

Vo% 12 - 24 eller Mo% 2,4 - 4.

Va% 0,2

muschet staal.

det ægte muchet staal har Mn i stedet for Vo, og det anvendes udelukkende til drejning og boring i meget haarde materialer. imidlertid taber disse staal deres haardhed ved hurtigdrejning, og vi kan derfor ikke anvende dem som hurtigstaal.

ved alm. behandling af muchet staalet kunde det maaske ske, at man fik dem opvarmet, saa de blev blaa, man troede da, at de var ødelagte, men taylor opdagede, at de tværtimod blev bedre og det des højere, de havde været opvarmet. ved disse varmebehandlinger var staalet blevet martensittiske og dermed meget haarde, saa skæret godt kunde springe i stykker, og de maatte derfor tit slibes. men nu fandt taylor paa at reducere Mn mængden, og dette skete ved at tilføje Vo, og efterhaanden fik han staalet i den tilstand, som i dag benyttes som hurtigstaal.

Taylor tog ikke patent paa disse omdannede muchet staal, men paa deres hærde metode, der bestod af to varmebehandlinger i bly. efterhaanden sivede hemmeligheden imidlertid ud og man begyndte at fabrikere disse staal flere steder og den anden varmebehandling foretages nu i de fleste tilfælde blot ved den opvarmning, som staalet faar ved hurtigdrejning.

vort taylor muchet staal indeholder jo Va, Vo og Mn, og disse er alle meget villige til at danne carbider, som efter hærdeningen lejrer sig i austenittisk grundmasse, naar vi vel at mærke har opvarmet højt nok. vi opvarmer til ilterne paa overfladen smelter (ca. 1350 grader). afkølingen har ikke saa stor betydning, og foretages nu i stedet for i bly i olie eller smeltet talg, og det mest moderne er at foretage afkølingen i luftstraale. anden varmebehandling foretages nu praktisk talt ikke ved alm. værktøjer, kun ved hurtigfræsere anløbes til 300 grader.

taylor staalet kan ogsaa godt anvendes til faconstaal i flere tilfælde, og dette er betinget af den ret blide hærde maade, der er nødvendig, da hurtigstaalene er meget daarligere varmeledere og derfor har stærk tilbøjelighed til at revne.

staal til store spaaner afkøles i luftstraale, og staal til ægvarighed køles i olie eller talg.

undertiden tilsættes ogsaa Mo til hurtigstaal, da Mo carbiderne ogsaa er meget haarde. da Vo er meget tungt, er vore hurtigstaal meget tunge, og vi anvender derfor ikke staalet med fuldt materiale (ogsaa paa grund af prisen), men kun med et paaloddet stykke.

hvis vi vil have hurtigstaal udvarmet paa grund af bearbejdning, opvarmer vi til 700 - 800 grader og afkøler langsomt. den store hysteresis gør, at denne afkøling varer ca. 12 timer. perlit-

ten vil herved gendannes, idet carbiderne trænger bort fra grundmassen. staalet er nu nemt at bearbejde, men kun saalænge vi arbejder tørt, vi maa f.eks. ikke smøre med olie, der vil da opstaa en glidning af værktøjet, og det tager herefter ingen spaaner.

faconstaal.

hertil benyttes foruden de allerede omtalte taylor staal alm. C staal med et C indhold paa 1,2%, og af og til benyttes svagt legerede Vo (2%), Mn og Cr staal for at faa en mere bestandig grundmasse.

en del lavprocentiske Cr, Va, Mn staal anvendes til gevindstaal.

3. presseværktøjer.

ved saadanne forstaas værktøjer, hvormed vi meddeler materialerne formforandringer ved forskydning.

vi skelner mellem:

matriser (udvendig form)

patriser (indvendig form)

matriserne maa være fremstillet af stærkere materiale end patriserne, da matriserne ved benyttelse bliver udsat for trækspændinger i overfladen; medens patriserne bliver udsat for trykspændinger.

matriser fremstilles af lavprocentiske Cr eller Vo staal, medens patriserne af værktøjsstaal med 1 - 1,2 % C, eller lavprocentisk Vo staal. dette gælder dog kun naar værktøjerne skal anvendes til koldpresning; skal de anvendes til varmpresning, benyttes staal med 0,6 - 1% C, og disse varmebehandles (hærdes og anløbes). anløber vi til for lav temp., vil vore værktøjer hurtigt revne, som følge af temp. variationerne. vi benytter anløbningstemp. ca. 400 grader.

skal vi hærde et skaalformet presseværktøj, maa dette gøres i et specielt hårdekar med vandstraale, da vi maa passe ikke at faa samlet vanddampe i hulheden, da de som bekendt virker isolerende.

hvis det er særligt sejt materiale vi skal varmpresse, benytter vi værktøjer af:

Si staal eller

CrNi staal (1% Cr - 4,5% Ni - 0,28 til 0,4% C)

Vo staal (0,45% C - 104 Vo)

nøglepressere og boltepressere.

4. trækkeværktøjer.

til kold behandling.

til varm behandling

kold trækning.

trækning af et sekskantet hul, foretages med en trækdorn, hvor den sekskantede form varierer fra en minimumsstørrelse til den endelige form, vi bore for et hul lidt større end diameteren i minimumsstørrelsen.

trækning af tandhjul til ure, foretages gennem en række af matriser, der efterhaanden nærmer sig den endelige form. man trækker et langt tandhjul, der bagefter skæres i stykker til de tynde tandhjul.

materialer, der skal traadtrækkes, maa ikke tabe styrken under trækningen, men tværtimod forøge denne, da de i modsat fald vil knække. vi kan f.eks. ikke trække blytraade. Fe lader sig udmærket trække. vi maa anvende meget haardt materiale til vore værktøjer, da de er udsat for stærkt slid. vi anvender derfor ledeburittiske staalsorter med 1,7 til 2,2 % C.

til trækning af meget fine traade anvendes ikke staal, men diamanter.

5. presseværktøjer. (pressestøbning)

disse finder anvendelse til de saakaldte ægte forme, der anvendes til meget fint støbegods. naar vi trykker det grødagtige flydende støbejern ind mellem formene, kan vi godt komme op paa et tryk paa ca. 70 atm. og vore værktøjer maa derfor være af meget bestandigt materiale. det gik meget nemt at fremstille forme til alm. støbejern, men indeholder støbejernet Al kan vi ikke anvende disse, og hvis vi skulde pressestøbe messing, duede de slet ikke, det har derfor været vanskeligt at finde materialer, der kan anvendes i disse tilfælde, men det er imidlertid lykkedes, og nu anvendes:

til Al. staal med (0,4% C, 0,4% V_o og 2% Cr)
til messing
(cobber legeringer) (0,4% C, 4,5% V_o, 5% Cr og 0,5% Co)

6. klippeværktøjer.

kæberne er af alm. C staal med mere eller mindre C. des mere C des bedre sakse faar vi, naar vi holder os indenfor rimelige grænser, idet æggen let kan smuldre, hvis vi har for meget C. til større sakse anvendes staal med mindre C, og til smaa sakse anvendes staal med meget C. sakse til meget tykke plader fabrikeres af lavprocentiske Cr, V_a staal.

stanseværktøjer til læder og pap, kommer ind under klippeværktøjerne.

5' afsnit. Støbejern.

alm. støbejern indeholder gerne:

C	3	-	4%	
Si	0,5	-	3%	svejsetraad Si 5 - 6%
Mn	0,4	-	1,2%	
P	0,3	-	1,2%	
S	0,08	-	0,2%	

vort støbejern smeltes i cupolovne under omtrent samme forhold med forskellig indhold af de forskellige stoffer, og tildels ogsaa ved samme temp. (1250 grader).

omkring 1900 er der sket en stor udvikling indenfor vort støbejern, efterhaanden som man begyndte at stille forskellige krav til støbejernet efter de forskellige anvendelser.

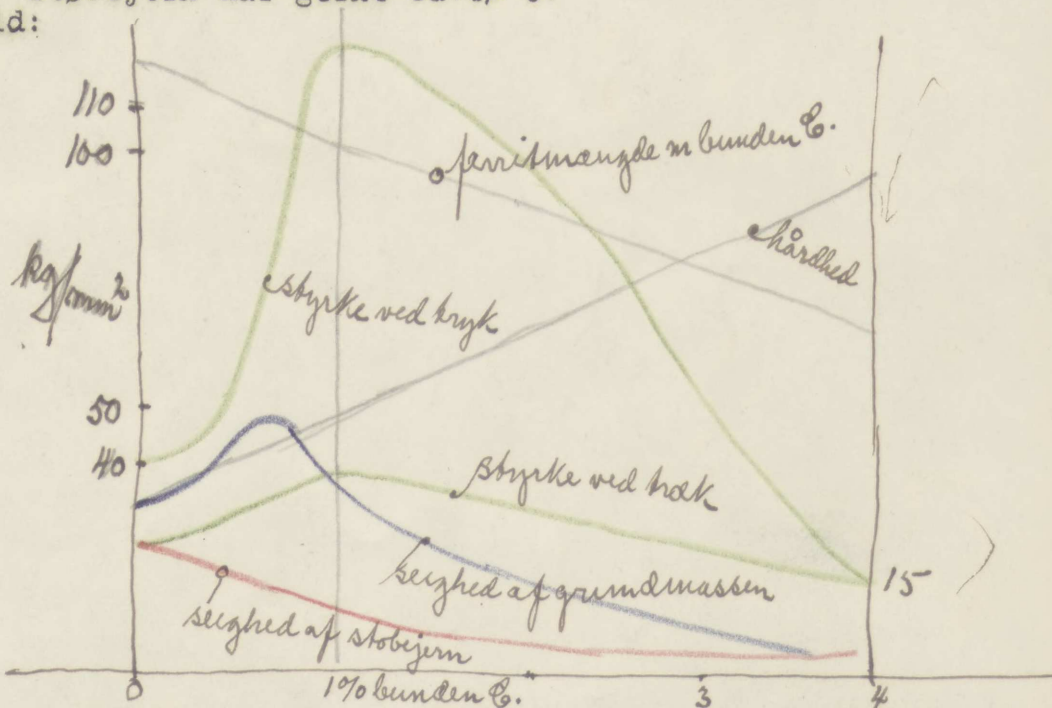
støbejernets alm. egenskaber.

vi kan tænke os støbejern bestaaende af staalkorn (Fe med mere eller mindre C) med mere eller mindre grafit imellem.

C mængden kan variere baade i bunden form og i form af grafit. den samlede mængde C har ikke saa stor betydning, men derimod har det stor betydn. om C optræder i bunden form eller i form af grafit.

det alm. støbejern har gerne ca. 4% C.
styrkeforhold:

fig. 1.



naar vi har alt C i bunden form vil træk- og trykstyrke falde sammen.

vi ser, at sejgheden er betydelig mindre for støbejernet end for grundmassen (staa).

vi har i diagrammet regnet med at grafitten optræder i en bestemt form, men som vi senere vil se, er dette ikke tilfældet. Fe_3C er nemlig ikke en stabil form i støbejernet, Fe_3C spaltes i ferrit og grafit.

fig. 2a

fig. 2b

fig. 2c



naar vi støber udskiller grafitten sig som store flager (lamellar grafit) fig. 2a eller den kan under gunstige omstændigheder udskille sig som korngrænsegratit fig. 2b. en tredje form for grafitten er de saakaldte moduller fig. 2c. disse faas, naar vi ved opvarmning opløser grafitten og lader den udskille sig igen ved langsom afkøling.

støbejern med lamellar grafit er skørt, idet det let vil have tilbøjeligheder til brud langs de store lameller. støbejern med korngrænsegrafit er meget stærkere, og endelig er styrken af støbejern med noduller langt større end ved de to andre tilstandsformer.

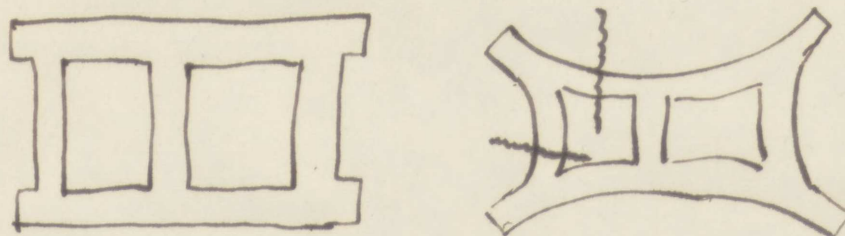
vi har i diagrammet gaaet ud fra, at vi havde at gøre med homogent materiale, men støbejernet kan godt være blæret, og saa gælder vore kurver ikke. den eutektiske legering har ikke saa stor tilbøjelighed til blæredannelse som støbejern med mere eller mindre %C. støber vi med materiale, der ligger til venstre for linien 4,8% C i jerndiagrammet, maa vi træffe forholdsregler for at undgaa utætheder. (vi anvender fødetappe).

indre spændinger.

hver gang vi støber et eller andet, faar vi indre spændinger i materiale. (spændingsudligning ved rasling).

svindet ved støbejern maa ikke overstige en procent, da vi saa faar store spændinger i materialerne, og formen kan maaske ikke taale disse sammentrækninger, naar svindet er for stort. for at undersøge svindet og de derved opstaaede spændinger, støber vi de saakaldte spændinggitre.

fig. 3



for at undgaa de skæbnesvangre spændinger, tilsætter vi elementer, der nedsætter svindet.

des mere ensartet vægtfylderne af de forskellige dele er, des mindre bliver svindet.

udsejringer.

ved sejringer kan støbejernet godt tabe sin styrke, naar f.eks. det udsejrende element er et stof, der under normale omstændigheder styrker støbejernet. (som vi tidligere har set, har Mn tilbøjelighed til at udsejre af støbejern).

betrakter vi vort styrkediagram, ser vi, at det mest fordelagtige materiale ligger ved 1% bunden C. vi opnaar paa forskellig maade at faa vore materialer til at ligge ved dette punkt i diagrammet.

det drejer sig altsaa om at skaffe et bestemt bundet C indhold eller med andre ord vi skal kunne beherske grafitindholdet.

grafitudskillelsen begynder i austenitkornene og smitter herfra FeC kornene. udskillelsen begynder ved størkningstemp: og vedvarer til ca. 850 grader.

vi holder kontrol med grafitten ved at variere afkølingshastighederne.

vi støber næsten altid i sandforme og betragter derfor afkølingsforholdene ved en saadan. først dannes der en størknet hinde, og derved nedsættes varmeledningen bort fra formen, det indre størkner derfor langsommere. følgelig faar vi forskelligt materiale i de to dele af emnet. i midten af tykt emne vil vi faa storkornet grafitrigt materiale, medens i overfladen vi vil faa mere finkornet grafitfattigt materiale.

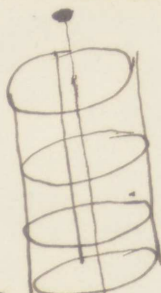
vi maa ikke benytte samme legering til tykke som til tynde støbte dele, da de tykke i det væsentlige bliver storkornede og tildels sejge, medens de smaa bliver finkornede og til dels skøre. hvis vi skal støbe en eller anden ting, der har forskellige dimensioner paa forskellige steder, maa vi vælge en legering, der svarer nogenlunde til middeltallet af dimensionerne.

i ældre tid oprippede vi gerne materialerne for at faa større styrke. dette fik vi tilsyneladende ogsaa, men nu ved vi, at vi ikke faar samme materiale i flancen som i ripperne, grundet paa de lokaliserede større dimensioner.

de tidligere omtalte svage linier maa vi ikke lade ude af betragtning, da vi paa disse steder let faar utætheder.

vi kan under normale omstændigheder ikke variere afkølingshastighederne ret meget, men hvis vi f.eks. vil afkøle et stort stykke af emnet med store dimensioner, kan vi forandre formens varmeledningsevne ved at indlægge en jernplade. ved staaletøbegods anvendes de saakaldte kølelegemer fig.4.

fig. 4



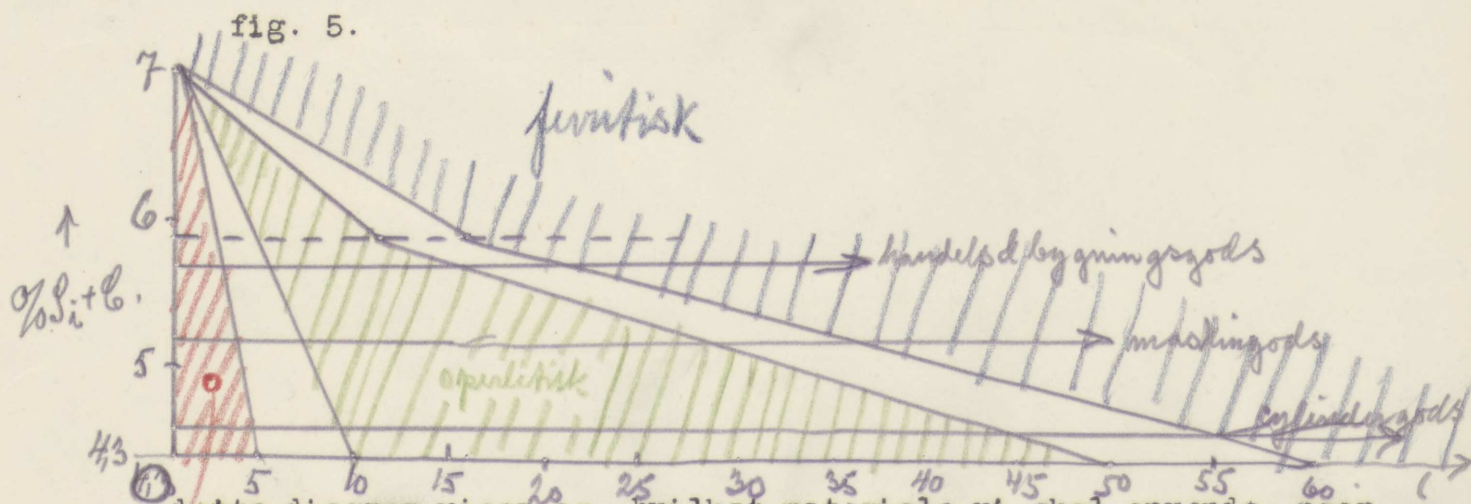
vi kan dog alligevel ikke variere afkølingstiderne ret meget, og sørger derfor hellere for at konstruere vort gods med nogenlunde samme dimensioner overalt.

følgestofferne.

vi vil gerne have det bundne C indhold omkring 1% og dette opnaar vi ved tilsætn. af følgestofferne. hvor meget vi skal tilsætte, afhænger af dimensionerne. Greiner og Klingenstein har lavet os et diagram desangaaende, naar det er Si, det drejer sig om. ved tilsætning af Si faar vi et hvidt materiale, der bestaar af ladeburit med Fe_3C ved hurtig afkøling, men af perlit ved langsom afkøling.

greiner og klingensteins diagram.

fig. 5.



dette diagram viser os, hvilket materiale vi skal anvende, naar vi kender dimensionerne.

vi er dog nogenlunde bundet til lign:

$$1. \quad C \ 2/7 \ Si = 4,3.$$

det materiale vi faar fra cupolovnen, ligger for det meste ogsaa i nærheden af den eutektiske legering med 4,3 % C.

hvis vi har P i vort materiale, maa vi regne med lign:

$$2. \quad C \ 2/7 \ Si \ 12/31 \ P = 4,3$$

(i diagrammet er der ikke taget hensyn til P), naar vi holder os i nærheden af linien 4,3% C kan vi ifølge diagrammet godt have væsentlige spring i dimensionerne (fra 10 - 40 mm) har vi ensartet materiale), og hvis vort materiale havde været fremstillet i en flammeovn i stedet for i en cupolovn, kunde vi godt have endnu større spring i dimensionerne.

følgestoffernes indvirkning paa tilstandsformen har vi tidligere omtalt, og vort diagram gælder under forudsætning af, at disse stoffer holder sig under de grænser, vi ogsaa tidligere har omtalt, kommer vi over disse grænser, maa vi tage hensyn til dem. P erstatter saa at sige Si, og her i landet anvendes en hel del P holdigt støbejern f.eks. til kakkelovne, badekar og i det hele taget til alm. støbegods.

Mn vil ændre carbidfaldet, idet det vil søge at modsætte sig spaltningen af FeC , medens P og Si vil fremme spaltningen. (se Si stål) Al og Ni virker som Si men blot svagere. desuden gør Ni materialet meget finkornet, og det forhindrer udsejring, saa vi ikke saa let faar haarde pletter.

Ni giver ogsaa større hysteres, og saa længe indholdet ikke overskrider $\% \text{Ni} = 4$ er materialet let bearbejdeligt; medens vi over 4% faar martensittisk materiale, der er haardt og ubearbejdeligt. Cr virker, saa vi faar en daarlig form for det bundne C (modsat Si).

vi kan træffe mindre mængder af B, Bi og Va.

kornstørrelsen.

denne er af meget stor betydn. for vort materiale. P, S og O giver storkornet materiale og tilsætn. af disse stoffer benyttes derfor ikke, naar det kan undgaas. Mn, Ni og Cr giver finkornet materiale. Si har en mere sammensat virkning, idet det indtil 2,5% giver storkornet, men herover finkornet materiale.

tætheden.

tætheden af støbegodset afhænger af svindet og dette igen af grafitudskillelsen; des mindre grafitudskillelse des større svind. stoffer, der fremmer grafitudskillelsen, formindsker svindet og omvendt. vi maa dog holde udskillelsen indenfor rimelige grænser.

S, Mn i overskud og O forøger svindet, medens Ni og Si formindsker svindet.

smeltet støbejern kan betragtes som en uren vædske, hvor urenhederne er grafitkim, der ved nogenlunde lav temp. er i stand til at optage yderligere grafit. vi overheder imidlertid støbejernet i ovnen til ca. 1500 grader, hvor grafitvirkningen er modsat. vi holder vort støbejern en lille tid paa denne temp. (1500) inden vi lader det flyde ud i støbeskeen.

støbetemperaturen.

der findes for hver sort støbejern en bestemt minimumstemp. svaarende til jernets indhold af C. viskositeten stiger med temp., og vi bestemmer viskositeten ved at lade det flydende jern løbe ud i en spiralformet form, vi ser da hvor langt det løber ud inden det størkner. den temp. vi skal opvarme til i cupolovnen er meget bestridt; her i landet regner vi gerne 1450 grader, saa vi faar 1250 som støbetemp.

des højere temp. vi overheder til, des større udflydnings-ejne faar vort materiale, men samtidig faar det tilbøjeligheder til at cindre med sandet.

støbejernets største fjende er S, og vi maa derfor gøre alt for at faa indholdet saa lille som muligt.. støber vi ved høj temp. faar vi meget S, og derfor lader vi det smeltede jern staa en tid i støbeskeen, inden vi støber. et eventuelt indhold af Mn vil da kaste sig over S, og MnS og FeS gaar i slakken, og grafitten begynder at udskille sig, naar vi naar 1250 grader støber vi.

varmebehandling af støbejern.

det meste støbegods kan vi ikke varmebehandle, ene og alene paa grund af størrelsen (bundrammer etc.), hvorimod stempler og foringer til automobiler altid varmebehandles. disse dele hærdes og anløbes i olie.

i stedet for at hærde foringer, nitriderer man dem, og de bliver uhyre holdbare, det nitriderede materiale kan nemt holde til tre stempler uden at blive slidt.

vor varmebehandling er tit baseret paa udligning af spændinger, da disse optræder ved enhver støbning. der vil være spændinger mellem det indre og det ydre, men disse vil forsvinde ved et aars lagring, det er ikke altid vi har tid til at vente saa længe, og vi udvarmer da til 450 grader, og afkøler langsomt til 150 grader, spændingerne vil da være forsvundet.

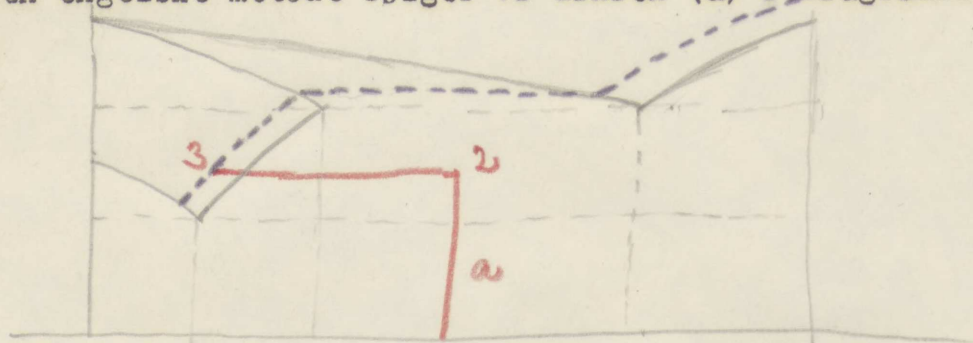
i praksis sættes godset ind i tørreovnen (250 - 300) i længere tid. (2 - 3) fyr.

hvis vort materiale er for haardt, kan vi gøre det blødere ved at opvarme det til lidt under perlitlinien. opvarmer vi for meget, saa vi kommer over perlitlinien, bliver materialet for blødt.

adoceret gods (hammerbart støbegods)
vi har mange forskellige navne til dette gods, men ingen rigtig gode. ved dannelsen af dette gods gaar vi ud fra hvidt støbejern, som vi holder opvarmet i lang tid til 900 grader. grafitten begynder da at trække sig sammen til mindre partikler (først duske), og ved meget lange udvarmningstider bliver disse duske til meget smaa partikler. paa denne maade laves adoceret gods i england og dette er, paa grund af de mange smaa grafitpartikler, næsten sort. (black-hard).

i tyskland indpakkes godset i ilter, der kaster sig over grafitten, saa vi faar dannet et grafitfattigt hvidt gods.
ved den engelske metode følger vi linien (a) i diagrammet.

fig. 6



vi opvarmer til 900 grader (fra 1 til 2 i diagrammet), herefter henligger materialet ved denne temp. vi faar udskillelse af grafit (vi gaar fra 2 til 3 i diagrammet), det bundne C indhold bliver mindre. materialet henligger ved (3) til grafitten har trukket sig sammen til smaa partikler. (ved den tyske metode bortbrændes grafitten ved dette punkt i ilterne som f.eks. kan være (blodjernsten, jerntveilte eller glødeskaller)).

hvis vi paa denne maade vil have dannet grafitduske i materialet, maa det ligge i 4 - 5 døgn ved (3), vil vi have dannet de meget fine partikler, varer det ca. 10 døgn.

efter 10 døgn vil vi faa grafitten som fig. 7a viser, og hvis vi kun havde ladet det ligge i 4 - 5 døgn, havde vi faaet den saakaldte okseøjelægning fig. 7b, der indeholder 0,68% C.

fig. 7a.

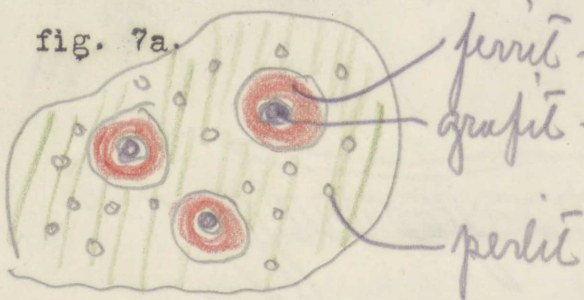
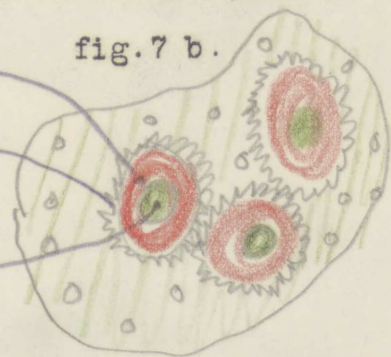


fig. 7 b.



en masse automobildele og dele til jernbanevogne fremstilles af blackhard. dette materiale er meget holdbart, men selvfølgelig ikke saa holdbart som staal.

i sverrig har de nu tre adoceringsværker, medens vi her i landet kun har tilløb til et i odense.

støbejernets egenskaber.

vi vil altid sørge for at placere vort gods mellem 0,3 og 1% frit C. med de forskellige indhold af bundet C faar vi de forskellige materialer:

0,2 til 0,3%	0,3 til 0,6	0,6 til 0,8	0,8 til 1%	stør. 1
dynamogods	rammeformet gods	cylinder gods	sænkergods	haardt-støbt gods.
	let	svært	let	svært
	rem-ski-ver.	ma-skin-sta-tiver.		
		tand-hjul		

det er ikke ligemeget paa hvad maade vi forøger haardheden, da det let kan gaa ud over sejgheden. ved at tilsætte følgestoffer kan vi faa C til at blive i bunden form, og hvis vi har en ikke ringe mængde grafit, maa vi søge at faa denne paa den mest heldige form. (ikke lammelar).

vi vil endvidere gerne undgaa blæredannelse, som i særlig grad kommer, naar vi har ilter. vi vil derfor forsøge at fjerne disse, og det sker ved tilsætning af Si, der danner det flydende SiO, der gør materialet tæt, medens CO, der luftformigt danner blære, hvis der ikke er Si til stede i lægeringen.

der vil alligevel altid være en del luftarter i vort materiale, og dem vil vi ogsaa gerne have væk. det sker til dels medens diglen (støbeskeen staar og venter), men man kunde tænke sig at hjælpe luftboblerne med at komme op ved at sætte diglen paa en rysteforhærd (en plade, der bevæger sig op og ned stødvis). denne metode er dog gaaet af mode igen, da den satte hele støberiet i svingninger, og mange forme kunde herved ødelægges.

vi kan forøge styrken ved tilsætning af forskellige følgestoffer, og det vilde være godt, om vi, som ved staal kunde styrke ferritten og faa større hysteresese (mere C i bunden form).

et af de billigste stoffer er Mn, og dette anvendes derfor meget som tilsætning til støbejern. vi maa dog ikke tilsætte mere end 1,6%, da vi ellers faar skørt materiale. ogsaa Ni anvendes meget, men anvendelsen beror maaske mere paa reklame end paa væsentlige fordele, da man sikkert med et billigere stof kan opnaa de samme resultatet. det er derfor kun ved højtidelige lejligheder at vi anvender Ni. (automobilcylindre).

Ni styrker ferritten, og giver større hysteresese, men fremmer samtidig grafitudskillelsen, hvilket jo ikke er saa godt for styrken, vi tilsætter derfor gerne endnu et stof, som holder grafitudskillelsen tilbage. dette opnaas med Cr, og vi tilsætter saa vi faar $F_0 = Ni + 0,5 Cr$.

haardheden.

det stærkest hårdende element i støbejernet er S, men som vi har set, gør det materialet skørt. det vil give en meget skarp grænse mellem det haarde ydre og det blødere indre. (naar en støbejernsvalse indeholder for meget S, kan den haarde skal let springe af). vi søger derfor ikke i almindelighed at opnaa haardhed ved tilsætning af S, men derimod ved tilsætning af Si, som ogsaa giver større haardhed.

vi maaler dybden af haardheden ved at støbe mod en jernplade. og naar materialet indeholder S og Si bliver dybden af haardheden:

$$d = 600. (S/Si)$$

bearbejdning.

skal vi skære gevind i støbejern, fordrer vi snitlethed og overfladebestandighed.

ved alm. behandling (f.eks. drejning eller høvlning) vokser snitmodstanden med haardheden. haardheden vokser med kvadratroden af brinell i tredje potens. sammenligner vi støbejern og staal med samme indhold af C, vil støbejernet være nemmest at bearbejde. støbejern med Si. bearbejdéligheden stiger, indtil Si indholdet bliver 2,5%, herefter aftager bearbejdéligheden igen. (se kornstørrelsen).

slidbestandigheden vokser normalt med haardheden.

i store træk vil et materiale være slidbestandigt, naar det gaar sammen med et sejt materiale. (dog ikke messing mod støbejern). staal mod staal gaar ikke, medens staal mod støbejern gaar glimrende.

de tal vi har for slidbestandigheden er erfaringstal, som vi er kommet til ved at studere cylinderforingerne i skibsmaskiner. det har vist sig, at et mindre indhold af P giver forøget slidbestandighed. ligeledes giver Ni og Cr forøget slidbestandighed. tæthed og kornstørrelse indvirker ogsaa paa slidfastheden.

elektriske og magnetiske egenskaber.

støbejern er des bedre elektr. ledende des renere det er, men vi anvender sommetider støbejern til modstande, og i dette tilfælde vil vi naturligvis have stor modstand, dette opnaas ved tilsætning af Si. andre stoffer kan ogsaa godt benyttes, men Si virker kraftigst.

varmebestandighed.

mange af vore støbte dele bliver udsat for varme.

vi ved, at vort støbejern i almindelighed er ustabilt ved høje temp. det indeholder letsmeltelige legeringer (P, C, Fe smeltepunkt 950 grader), og disse vil udsejre, og give os meget utæt gods. for ikke at faa disse letsmeltelige legeringer, vil vi til varmebestandigt gods anvende saa rent materiale som muligt.

voulumbestandighed.

man har set eksempler paa, at støbejernsstempler efter to døgn forløb (i forbrændingsmotorer) er begyndt at vokse. til at begynde med tillagde man grafitudskillelsen denne vækst og det er til dels rigtigt. vi maa derfor sørge for 1. ikke at faa for meget grafit og 2. abs. ikke som lamellar grafit, men som finbladet grafit. (faas ved udvarmning). vi ved at Si beforder grafitudskillelsen, derfor er Si indholdet i stempler og foringer meget minimalt.

Si holdigt materiale benyttes derimod til riste, da Si materiale er meget tæt.

foruden grafitten spiller rustdannelsen ogsaa en væsentlig rolle for voulumbestandigheden. man mener at rustdannelsen i porerne i visse tilfælde er skyld i voulumbestandigheden. f.eks. ved stempler i dampmaskiner, hvor materialerne er stærkt udsat for forbistrømmende fugtig luft. (særlig i maskiner, der arbejder med stærkt overhededt damp-).

vi maa til saadanne stempler benytte saa rent materiale som muligt.

kemisk modstandsdygtighed.

materialerne maa for det første være tæt, og for det andet grafitfattigt.

syrebestandigt.

godset maa være meget tæt og S indholdet maa være lavt, da syre - FeS danner H_2S ., der ved udtrængelsen af materialet gør dette blæret. et stort indhold af Si (2,5%) giver meget tæt og syrebestandigt gods.

alkalibestandigt.

C indholdet skal være lille, og dette opnaar vi ved at tilsætte gammelt staalaffald til støbejernet i cupolovnen. vi faar materialet tæt ved tilsætning af Ni. P og Si indholdet skal være ringe, medens S indholdet ikke spiller saa stor rolle.

letflydenheden.

vi antager at vi kan opnaa ca. 1650 grader i cupolovnen, skal vi derfor tale om letsmeltelige legeringer, maa deres størkningspunkt ligge saa langt fra 1650 grader som muligt. derfor er legeringer, der holder sig i nærheden af linien 4,3 i diagrammet, de mest letsmeltelige. vi har imidlertid lign:

$$C + 2/7 Si + 13/31 P = 4,3$$

og efter denne maa vi derfor afpasse forholdene. har vi støbejern langt til venstre i diagrammet og størknings-temp. derfor ligger f.eks. paa 1450 grader, kan vi nok smelte det i cupolovnen, men vi faar det ikke letflydende. saadanne materialer maa vi derfor smelte i en flamme- eller elektroovn.

letflydenheden varierer som letsmelteligheden, og hvis vi tegnede kurver over letflydenheden, vilde vi faa kurver i lighed med Fe - C diagrammet.

de forskellige legeringer flyder egentlig lige let med samme overhedningsgrad, men som vi har set ligger de praktiske forhold bedst ved 4,3%.

spændingernes indflydelse. (overfladespændingerne). det er ikke nok for os at vi har stor letflydenhed, vi maa ogsaa have saa lille overfladespænding som muligt, idet det næsten er umuligt for os at faa støbejernet til at løbe ind i fine porer, hvis overfladespændingen er for stor. overfladespændingen er normalt ca. 4 gange saa stor som Hg's overfladespænding.

letflydenheden vokser med indhold af Si og P
- aftager - - - 0 og S

s v i n d e t.

svindet aftager ligefrem prop. med grafitudskillelsen. vil vi derfor have et lille svind, maa vi sørge for en ordentlig grafitudskillelse (se tidligere (1 side og 2 side)).
svindet udtrykkes i % og hvis vi har materiale med:

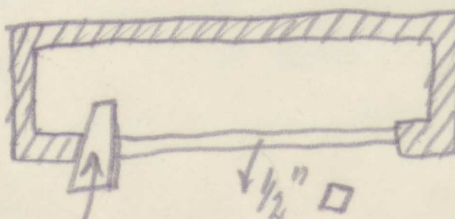
S mindre 0,1, P mindre 0,8 og Mn mindre 0,6 er svindprocenten s=

$$s = ca. 0,9 + 5/t \div Si/6$$

denne lign. gælder altsaa for svindets afhængighed af Si mængden. (t = tykkelse af godset i mm).

man kontrollerer svindet ved at støbe prøvestænger og maa le dem i et kileapparat. prøvestængerne skal for sammenligning være 1/4 tomme i tværsnit.

fig. 8 kileapparat.



vi vil nu se, hvorledes vi efter det foregaaende kan give en recept for fremstilling af støbejernslegeringer. for at opstille en saadan recept maa vi imidlertid kende vore raajernssorter, som vi gaar ud fra. en analyse siger os hvilke stoffer, der er i raajernet, men intet om, hvorledes disse stoffer er i forbindelse med hinanden (eks. Mn og S).

hver eneste støbedag i støberiet giver nye erfaringer, og disse samles i arkiv, og er et af de vigtigste udgangspunkter for vore bestemmelser af støbejernslegeringerne.

prisen paa støbejernet er en af de vigtigste aarsager til støbejernets anvendelse i saa høj grad, som det nu anvendes, men i alle tilfælde, hvor det overhovedet kan betale sig at anvende smedede dele, kasserer vi dog støbejernet. cylinderforinger fremstilles dog altid af støbejern.

Støbejernslegeringer.

vi inddeler legeringerne i:

1. handels og bygningsstøbegods.
2. maskingods
 - a. alm. maskingods. (let).
 - b. mellemsvært maskingods.
 - c. svært maskingods.
 - d. cylindergods.
3. haardstøbt gods.
4. syrebestandigt gods.
5. alkalibestandigt gods.

1. handels og bygningsstøbegods.
jernvinduer, kakkelovne, rør, radiatorer, badekar o.s.v.)

jernet skal have en pæn form og en ren overflade, samtidig maa det ikke være for skørt, og det maa være en del sejgt, for at kunne udstaa transporten. dette støbegods skal ogsaa være en del bearbejdeligt (laase, hængsler, haner, o.s.v.), man maa navnlig kunne bore og skære gevind i dette gods.

indholdet af de forskellige følgestoffer har ikke saa stor betydning, blot materialet bliver i den grad bearbejdeligt og sejgt, som det nu kræves for de forskellige anvendelser, dog afhænger Si indholdet af godstykkelsen, som vi tidligere har set (G & K diagrammet side 3).

vi kan regne, at Si skal tilfredsstille lign. a., hvor t er godstykkelsen i mm.

$$Si = 0,6 + 100/(40 + t)$$

denne formel passer for dansk støbegods, med det normale indhold af P. som til en vis grad kan erstatte Si.

amerikansk raajern indeholder ikke saa meget P, saa for dette faar vi en anden formel:

$$Si = 100/(25 + t)$$

naar vi kender godstykkelsen kan vi altsaa beregne Si mængden og af denne igen C mængden af følgende ligning:

$$C - 0,3 Si - 0,4 P = 4,3$$

Si mængden maa holde sig nogenlunde efter ligningerne. mængden af de andre følgestoffer retter sig efter anvendelserne af godset. bygningsstøbegodset er beliggende i G & K diagrammet saa $C - Si = 5,75\%$. (se dette diagram side 3).

vi inddeler bygningsgodset i:

- a. alm. handelsgods (tykvægget gods)
- b. potterigods (tyndvægget gods)

- a. alm. handelsgods.

indholdet af de forskellige stoffer har, som vi har set, ikke saa stor betydning, og det maa gerne være:

$$Mn(0,4 - 0,8\%) \quad P(0,6 - 1,2\%) \quad S(\text{mindre end } 0,12\%)$$

naar vi skal have tykvægget gods maa det i flydende tilstand være letflydende, og naar det ikke skal anvendes varmt, maa vi godt have temmeligt stort P indhold. det bliver støberimæssigt set glimrende materiale.

vi har omtalt, at indholdet af de forskellige stoffer ikke spiller saa stor rolle, men vi vil dog gerne have S indholdet saa lille som muligt, men det er ikke saa nemt, da vore Cinders rundt regnet indeholder 1% S.

forlanger vi et S indhold mindre end 0,12%, bliver vort støbejern for dyrt.

b. potterigods.

tyndvægget gods, der skal anvendes koldt, maa have et indhold af fremmede stoffer svarende til:

Mn(0,6 - 0,8%) P(0,8 - 1,2%) S(mindre end 0,12%)

skal det tyndvæggede gods anvendes varmt (radiatorer, gryder, osv.) maa vi have et indhold af fremmede stoffer svarende til:

Mn(0,6 - 0,8%) P(mindre end 1%) S(mindre end 0,1%)

2. maskingods.

det meste maskingods minder stærkt om vort alm. handelsgods, men vi maa være sikker paa dette gods, hvad indholdet af de fremmede stoffer angaar. godset maa tillige være stærkt og sejgt.

det er dog ikke absolut nødvendigt at fremstille alle maskindele af maskingods, saaledes vilde det være meningsløst at fremstille daksler til krumtaphuse og andre dele, som ikke direkte deltager i maskinens funktioner, af maskingods, medens svinghjul og i det hele taget alle beregnede dele ikke maa fremstilles af alm. handelsgods, men i alle tilfælde af maskingods.

ved det alm. handelsgods tog vi det ikke saa nøje, hvor vi placerede godset i G & K diagrammet. ved maskingodsset maa vi være mere paapasselige, og da vi tit gaar til grænsen med haardhed og sejghed, kan de forskellige arter af maskingods placeres forskellige steder i diagrammet, men da vi maa tage tilbørlige hensyn til godstykkelsen, kommer vort maskingods til at ligge lavere i diagrammet. dette er en følge af, at vi forlanger samme tilstand i materialet, selv om vi har spring i dimensionerne.

indenfor maskingodsset har vi gods, der skal have specielle egenskaber i varm og kold tilstand, og vi inddeler iøvrigt maskingodsset i let maskingods (d mindre end 10 mm), mellemsvært maskingods (d mellem 10 og 25 mm) og svært maskingods (d større end 25 mm).

a. let maskingods.

dette gods benyttes til lettere maskindele, saa som rømskiver o.l.

vi maa sørge for, at C indholdet ligger omkr. 4% og at C - Si er mindre end 5,8. endvidere maa vi passe, at S indholdet ikke bliver for stort, da randzonerne (de haarde zoner) let mødes, derfor forlanger vi store nøjagtigheder med hensyn til S indholdet, der maa være mindre end 0,09%, de andre følgestoffer har ikke saa stor betydning, men vi vil dog gerne have lidt rigeligt P, der ikke maa være mindre end 0,8%, og heller ikke gerne større, da vi saa faar skørt materiale.

Mn tvinger C til at blive i bunden form, og for ikke at faa støbejernet for haardt (lidet sejgt) fordrer vi Mn mindre end 0,6%.

b. mellemsvært maskingods.

dette anvendes til værktøjsmaskiner, tandhjul, krangods, o.s.v.

i dette materiale vil vi gerne have lidt mere C, for at faa materialet stærkere, uden derved at risikere at materialet trækker sig i stykker i formen, vi forlanger derfor, at det bundne C indhold skal være mindre end 6%, endvidere forlanger vi, at C - Si skal være mindre end 5,4%, vi behøver ikke at være bange for S mængden, og vi forlanger derfor kun S mindre end 0,1%, endvidere forlanger vi P mindre end 0,6%, da det svære gods er letflydende nok i sig selv, og vi erindrer stadig, at et forøget

P indhold giver mindre sejghed. vi vil gerne have materialet stærkt og finkornet, derfor forlanger vi Mn mindre end 1%.

c. svart maskingods.

dette gods har tilbøjelighed til at udstøbes ferrittisk, derfor maa vi holde C - Si mindre end 5%. S holdes mindre end 0,12% og P mindre end 0,4% og Mn mindre end 1,2%. det er en smule vanskeligt at faa C - Si mindre end 5, og derfor maa vi ofte tilsætte staalaffald til støbejernet i cupolovnen.

d. cylindergods.

dette gods skal være haardt og slidbestandigt samt finkornet, og vi holder det derfor indenfor den perlittiske del af vore materialer. vi vil paa grund af de tidligere omtalte forhold (volumnebestandighed side) have minimum af grafit, og derfor maa vi saa langt ned med vort C indhold som muligt. vi kan imidlertid ikke komme længere ned end til 2,8% C i cupolovnen, og vi regner derfor gerne C = ca. 3%

da Si beforder grafitudskillelsen, vil vi ogsaa gerne have C - Si saa lavt som muligt, og vi kommer i adskillige tilfælde helt ned til 4,3% (G & K diagrammet). vi maa imidlertid heller ikke gøre Si indholdet for lille, da det saa gaar ud over letflydenheden.

vi forlanger: S mindre end 0,1%, P mindre end 0,4% og Mn mindre end 0,9%. kun naar vi skal have meget fint materiale, anvender vi Ni.

3. haardtstøbt gods.

dette gods skal være haardt og meget tæt, vi maa derfor have minimum af grafit, og i saa lille grafitkornstørrelse som muligt. for at opnaa dette maa vi sørge for, at godset efter støbningen afkøles saa langsomt som muligt, derfor opvarmer vi vore forme i tørre-ovnen, inden de benyttes.

det paa denne maade fremstillede gods, kaldes perlitgods, og er udmærket.

det vilde være godt, om vi kunde overhede det flydende materiale, inden vi tager det ud af ovnen. da vi fordrer et meget lille indhold af C i haardtstøbt gods, kan vi ikke overhede i en alm. cupolovn, og derfor maa vi benytte flammeovne.

ved at afpasse afkølingsforholdene sørger vi for at faa støbt gods, der i hvert tilfælde er fri for grafit i overfladen (ledeturittisk gods). vi kan regulere afkølingshastigheden ved at støbe mod afkølingsflader, og ved at gøre pladerne tilstrækkeligt tykke, kan vi opnaa, at godset støbes hvidt helt igennem (ingen primær grafitudskillelse).

pladernes tykkelse skal være to Gange godstykkelsen. vi benytter ikke plader under 20 mm, da det forholdsvis tynde gods ellers vilde trække sig, under den hurtige afkøling. altsaa undergrænsen for godstykkelser, der afkøles med afkølingsflader, er 10 mm.

hensigten med at fremstille haardtstøbt gods, kan være:

1. at fremstille gods med haard og slidbestandig overflade, eller
2. at fremstille en legering, der støbes haardt (ingen primær grafitudskillelse) for senere at omdannes til blødstøbt (adoceret gods) (grafitten i noduller).

1. gods med haard og slidbestandig overflade.

i dette materiale vil vi gerne have hardere, og hertil kan vi anvende S og Mn, men disse stoffer alene giver en skarp grænse mellem det ydre og det indre, vi tilsætter derfor endnu flere stoffer, der ogsaa hjælper til at faa C indholdet saa lavt som vi nu ønsker det.

eks. paa en legering:

3,2 - 3,5% C, 0,5 - 0,8% Si, mindre end 0,45% P, mindre end 0,1% S og mindre end 0,4% Mn.

vi ser at C - Si bliver lig ca. 4,3%, vi er derfor i (G & K) diagrammet helt nede i nærheden af linien % = 4,3.

den omtalte legering, der støbes haardt, kan vi godt anvende som udgangspunkt for addoceret gods. vi vil faa lidt grafit, der nemt ved addoceringen trækker sig sammen til duske.

ved staa skulde vi være meget paapasselige for ikke at faa følgestofferne til at indgaa over de grænser, vi har fastsat, da følgestofferne let kunde lejre sig i korngrænserne og give skørt materiale. ved addoceret gods trækker disse følgestoffer sig sammen under den langvarige udglødning, saa her behøver vi ikke at være saa nøjeregnende med følgestofferne.

foruden den tidligere omtalte legering, kan vi ogsaa benytte følgende til fremstilling af blødstøbt gods:

3% C, 1% Si, ca. 0,3% Mn, 0,2% P og 0,07% S.

specialgods.

Med egentlig specialgods mener vi gods, der kun finder anvendelse i særlig specielle tilfælde, f.eks. ristestænger, ovnringe, etc.

de ristestænger vi anvender i vore ovne, maa være ildbestandige og mekanisk bestandige, og af meget stor størrelse. størrelsen har imidlertid ikke noget at gøre med den vægt, som stængerne skal bære, men de fremstilles saa store, for at vi kan faa en ordentlig afkølingsflade; størrelsen af denne har under normale omstændigheder ingen betydning, men i tilfælde af, at vi arbejder med bakkede fyr, kan ristestængerne blive meget varme.

ristestænergods maa ikke indeholde for meget C, da vi kan risikere udskillelse af grafit. S og P indholdet maa heller ikke være for stort, da vi forlanger haardhed og tæthed, tætheden opnaar vi ved et stort indhold af Si.

eks. paa ristestænergods:

C saa lavt som muligt, Si 2 - 2,5%, S 0,07%, P 0,2% og Mn 0,5 - 0,8%

4. syrebestandigt gods.

dette gods anvendes til syrebeholdere og syrepumper.

Si højt, P mindre end 0,4%, S lavt, Mn 0,4 - 0,6%

5. alkalibestandigt gods.

dette anvendes til sæbekedler

Si 1,6%, P 0,2%, S 0,07 og Mn 1,4%

gods til støbning i permanente (ægte) forme. (af støbejern).

for at faa saa lille svind som muligt, maa vi have et stort C og Si indhold:

C 3,5%, C - Si = 6, S mindre end 0,08%, P mindre end 0,3%, Mn 0,55%.

o v e r s i g t .

n a v n	C bundet	C + Si%	S%	P%	Mn%
masking.					
let.	m 0,4	m 5,8	m 0,09	m 0,8	m 0,6
middel	m 0,6	m 5,4	m 0,1	m 0,6	m 0,1
svært	-----	m 5,00	m 0,12	m 0,4	m 1,2
cylind.g.	-----	m 4,5	m 0,10	m 0,4	m 0,9
haardtst.	3,2 - 3,5	3,7 - 4,3	m 0,10	m 0,45	m 0,4
blødst.g.	-----	-----	-----	-----	-----
blødst.g.	3,0	4,0	0,07	0,2	ca. 0,3
ristestæng.	lavt	Si%			
	--	2 - 2,5	0,07	0,3	0,5 - 0,8
syrebest.		højt	lavt	m 0,4	0,4 - 0,6
alkalibest.		1,6	0,07	0,2	1,4
til ægte stj. forme	3,5	C + Si 6	m 0,08	m 0,3	0,55

6. afsnit.

Metaller.

priserne paa vore metaller ligger meget højere end jernpriserne.
priser paa de vigtigste metaller i forhold til jern.

navn	efter vægt.	efter rumfang.
raajern	1	1
staal	1,3	1,54
zink	7,0	6,9
aluminium	24,0	9,0
bly	8,6	13,6
cobber	13,0	17,6
magnium	111,0	26,9
nikkel	33,0	14,5
tin	55,0	63,5

som hovedregel anvender vi kun disse metaller, naar vi ikke kan anvende jern, som f.eks. til haner, ventiler o.s.v.
i luksusindustrien anvendes metallerne paa grund af deres farve og rustbestandighed.

vi inddeler vore metaller i:

1. tungtsmeltelige metaller og deres legeringer (Cu - Ni)
2. letsmeltelige metaller og deres legeringer (Pb - Sn)
3. lette metaller og deres legeringer. (Al - Mg)
4. de ædle metaller.

de legeringer vi for det meste faar med at gøre, bestaar af to stoffer, et hovedelement og et bielelement, og desuden et eller to stoffer til, men deres virkning er ringe.

den store mængde af legeringer grupperes i forskellige klasser omkring de forskellige metaller.

de legeringer, som vi kan købe, kalder vi hovedlegeringer, og disse gaar vi ud fra, naar vi skal danne en legering selv.

1. tungtsmeltelige og deres legeringer.

af disse undersøger vi kun Cu og Ni. Mn og Co knytter sig stærkt til disse.

a. Cu.

vægtfyllden er 8,9 i ren tilstand. det meste handelscobber har en mindre vægtfylde grundet paa et større eller mindre indhold af Cu₂O.

smeltepunktet for det rene Cu er 1083 grader.

Cu + Cu₂O danner en letsmeltelig legering med smeltepunkt 1064 grader, og har et indhold af 3,4% Cu₂O.

har vi en legering, der indeholder forholdsvis lidt Cu₂O, bestaar denne af rene Cu korn med omgivende hinder af Cu₂O, har vi derimod forholdsvis mere Cu₂O i vor legering, findes dette som dendritter.

de forskellige krav, der stilles til Cu legeringerne, gør at disse legeringer indeholder forskellige mængder af de forskellige følgestoffer. skal vi f.eks. have Cu med stor ledningsevne (elektriske ledninger), maa Cu være saa rent som muligt.

vi har tit urenheder i form af Bi og Sb, men et større indhold af Cu₂O vil imidlertid skubbe disse følgestoffer ud af legeringen, idet Bi og Sb lettere iltes end Cu.

indholdet af Cu₂O er ikke altid heldigt, idet det gør materialet skørt, hvis indholdet er for stort.

hvis vi forlanger Cu med meget stor styrke, tilsættes Si. fyrkasserne paa lokomotiver indeholder arsenik (ildbest.)

Cu i smeltet tilstand har stor tilbøjelighed til at opsuge luftarter, og opløseligheden vokser med temp., saa vi maa ikke gerne overhede.

smeltet Cu opsuger H, som kommer fra spaltningen af H₂O damp i berøring med det glødende metal. H kaster sig over Cu₂O og der dannes igen H₂O. har vi Si i legeringen, vil det ligeledes kaste sig over Cu₂O, og herved dannes der SO.

vi benytter afiltningmidlerne Sn, Zn, P og undertiden Al, Mn og Si.

af de forskellige stoffer og Cu, dannes de saakaldte forlegeringer f.eks. phosforcobber, og af disse stoffer danner vi legeringerne i stedet for at anvende de rene stoffer.

hvis vi f.eks. havde smeltet Cu, og vilde tilsætte P, vilde det brænde bort inden det naaede ned i det smeltede materiale.

vi inddeler legeringerne i:

binære legeringer:

(Cu - Zn, Cu - Sn, Cu - Al, Cu - Ni) og

komplekse legeringer.

de forskellige legeringselementer kan opløses mere eller mindre i alle forhold i Cu, men kun legeringsdiagrammet for Cu, Cu - Ni er nogenlunde let forstaaeligt, medens de andre er meget uoverskuelige.

naar vi saaledes har fremstillet en eller anden legering og undersøger den i kold tilstand, vil vi finde en del legeringer, men ogsaa en del kemiske forbindelser som f.eks. (Cu_2Zn_3 , Cu_3Sn , Cu_3Al , Cu_3Si , Cu_3P)

de stoffer vi benytter har en virkning, der er ligefremproportional med den mængde, der kan opløses i grundelementet, en undtagelse er dog Ni, der virker modsat. Cu og Ni kan nemlig legeres med hinanden i alle forhold, og naar vi har Ni i legeringen, er denne i stand til at optage endnu mere af de andre stoffer, end man egentlig skulde vente.

det mest benyttede legeringselement er Zn, og derfor stiller vi de andre stoffers virkning op i forhold til Zn.

1% Ni	virker som	- 1,5% Zn
1% Mn	-	- 0,5% Zn
1% Pb	-	- 1,0% Zn
1% Fe	-	- 1,0% Zn
1% Sn	-	- 3,0% Zn
1% Al	-	- 4,0% Zn
1% Si	-	- 8,0% Zn
1% P	-	- 70,0% Zn

hvis vi har en kompleks legering og vil kende dens virkning, maa vi addere efter ovenstaaende skema.

Cu i poleret tilstand er laksefarvet, naar det er rent, men det affarves mere eller mindre af legeringselementerne omtrent i rækkefølgen: Ni, Al, Mn, Zn, Pb, Fe og Sn affarver mest (Fe mindst).

Sn affarver 2 gange saa meget som Zn, saa en 30% Sn legering har samme farve som en 60% Zn legering.

legering med Zn viser lidt afvigende forhold fra den alm. regel, idet legeringen igen bliver mørkere, naar vi naar over 33% Zn, med 40% ser det ud som ved ca. 25%, og med 50 % faar vi den dybe, mørke Zn farve.

Cu - Zn legeringerne er de billigste legeringer, og derfor er deres anvendelse ogsaa størst. ved at tilsætte Zn, vil til at begynde med styrke, støbelighed og sejghed stige, men med over 50% Zn faar vi de omvendte forhold, derfor tilsætter vi aldrig mere end 50% Zn.

legeringer med indtil 36% Zn bestaar af en fast opløsning af Zn i Cu, og materialet er efter udvarmning fuldstændig ensartet helt igennem. hvis vi derimod afkøler en saadan legering hurtigt, vil vi faa en struktur bestaaende af dendritter af eutektiske legeringer, som vi altsaa har underafkølet.

i legeringer med over 36% Zn har vi den kemiske forbindelse Cu_2Zn_3 , der viser sig som sølvhvide naale tværs gennem materialet. materialet begynder at blive skørt.

fra 1 til 36% stiger styrken regelmæssigt.
 - 36 - 45% - - meget hurtigt.
 - 45% aftager - - -

sejgheden stiger ligeledes til vi naar 36% og aftager til minimum ved 50%.

materiale under 36% bearbejdes i kold tilstand, da dette materiale er rødskørt. har vi bearbejdet saadanne materialer, maa vi udvarme bagefter. imellem 36 og 42% Zn er materialet baade koldt og i særdeleshed i varm tilstand smedeligt. over 42% er materialet skørt, og kan kun bearbejdes i varm tilstand.

materiale med under 20% Zn benyttes meget til kunstgenstande og galanterivarer (talmi og tombak). indeholder materialet mere Zn, kaldes det messing, med 30% anvendes det væsentligt til valse og presseprodukter (alm. plade- og stangmessing).

med 40% Zn kalder vi materialet for munzmetal eller yellow metal.

Cu - Zn legeringer + et følgestof.

følgestoffets virkning vil blive meget lille, da Zn selv virker meget paa Cu_2O , saa følgestoffets virkning bliver gerne ca. 1/2%.

som afiltningsemidler til disse legeringer anvender vi P, Al, o.s.v.

Cu + Zn + Sn.

man tilsætter Sn for at opnaa modstandsdygtighed mod salt H_2O . disse legeringer gaar under navnet marinebronz, og anvendes til pumper.

statuebronz (5% Sn)

dette navn er egentlig en forkert benævnelse af dette materiale, da det egentlig kun er messing + 5% Sn. bronzerne er derimod Cu - Sn legeringer uden Zn.

deltametal. Cu + Zn + 1-2% Fe.

Fe tilsættes for at give materialet større styrke.

Cu + Zn + 2% Ni.

vi tilsætter Ni for at opnaa større slidbestandighed over for damp. disse legeringer finder anvendelse til lavtryks-turbineskovle.

Cu + Zn + 3% Pb.

Pb tilsættes for at gøre materialet lettere bearbejdeligt med skærende værktøjer.

ved hjælp af det tidligere omtalte skema kan vi nogenlunde regne ud, hvor meget af de forskellige følgestoffer, vi skal tilsætte for at opnaa en speciel virkning uden at ødelægge legeringens hovedkarakter.

Cu - Sn legeringer.

Cu - Sn legeringerne er meget dyrere end Cu - Zn legeringerne, og vi anvender dem derfor kun, naar der er særlig grund dertil. det vilde saaledes være absurd at fremstille gashaner af Cu - Zn legeringer, gashanerne vil ganske vist blive meget bedre, men tillige uhyre dyre.

de legeringer, der har praktisk betydning for os, har et Sn indhold paa indtil 22% Sn.

indtil ca. 13% Sn bestaar legeringen af en fast opløsning af Sn i Cu, og langsom afkøling giver ensartet materiale. (dette stemmer med tabellen: 1% Sn giver samme virkning som 3% Zn).

over 13% dannes der en kemisk forbindelse Cu_3Sn , der er meget haard. denne forbindelse kan vi imidlertid ogsaa faa under 13%, hvis vi afkøler legeringen for hurtigt, vil Cu_3Sn udskille sig som dendritter, der har tilbøjelighed til at udsejre.

Sn forøger allerede i ringe mængde styrken, og denne er max. med et indhold paa 30% Sn, men samtidig er sejgheden blevet min.

styrken af disse legeringer aftager stærkt med voksende temp., derfor kan disse ikke anvendes til f.eks. ventiler eller materialer, der skal udsættes for overheded damp.

naar vi støber disse legeringer, vil Cu_3Sn allerede vise sig ved et Sn indhold paa 8%. vi vil derfor varmebehandle disse materialer.

naar materialet har under 8% Sn opnaar vi ved varmebehandlingen ikke andet end en spændingsudligning.

naar materialet har over 8% Sn og under 13%, opnaar vi ved en opvarmning til 500 - 600 grader, at det udsejrende Cu_3Sn gaar i opløsning i materialet. vi faar formindsket haardheden og forøget sejgheden. (dette materiale er inden varmebehandlingen saa haardt, at vi ikke kan dreje i det).

anvendelser.

legeringer med indtil 10% Sn anvendes til pander i lejer med variabel belastning.

til gliderspejle og bronzehaner anvendes legeringer med 14% Sn, da dette giver god slidbestandighed.

undertiden anvendes legeringer med 20% Sn, naar vi vil opnaa meget stor slidbestandighed.

større Sn indhold finder ikke anvendelse i maskinindustrien, men til kirkeklokker anvendes en legering med 25% Sn. naar Sn indholdet bliver endnu større, affarver det legeringen, og en legering med 35% Sn anvendtes tidligere til spejlbelægninger. (anvendes dog endnu til optiske spejle).

Sn virker reducerende paa Cu_2O , men SnO_2 optræder som et skind i materialet, og dette skind er vanskeligt at fjerne, da det bevæger sig meget tragt i det flydende materiale. vi søger derfor at undgaa dannelsen af SnO_2 , ved hjælp af afiltningsemidlerne P og Mn, der kun tilsættes i ringe mængde, da de i modsat fald gør materialet haardt og skørt.

Cu - Sn - Zn legeringer.

naar vi overhovedet kan spare paa tilsætningen af Sn, gør vi det, og vi tilsætter da gerne Zn, legeringen bliver herved mindre slidbestandig, og hvis vi ikke ønsker at forandre legeringens karakter, maa vi ikke tilsætte mere end 2% Zn.

kommer det ikke saa meget an paa karakteren tilsættes gerne 8% Zn, og vi kalder da materialet for rødgods.

i dette materiale vil Zn mængden og Sn mængden være omtrent lige store, og det er egentlig en kompleks legering vi har med at gøre, altsaa hverken en Cu - Zn legering eller en Cu - Sn legering. rødgods og statuebronzes er materialer, der er nær beslægtede med hinanden.

til bronzerne tilsættes undertiden 2% Pb, for at gøre dem lettere bearbejdelige.

Cu - Al legeringer.

Al er fuldstændig opløselig i Cu indtil 9%, og materialet er en fast opløsning af Al i Cu. over 9% Al faar vi en kemisk forbindelse Cu_3Al , der er hvide meget haarde, glasagtige krystaller, der gør materialet meget skørt.

grundet paa den omtalte skørhed ligger de anvendelige legeringer inden for 8% Al.

allerede et meget lille indhold af Al forøger styrken i væsentlig grad, og vi faar styrker i lighed med staalets. disse legeringer er derfor vanskelige at bearbejde og støbe, og vi anvender dem derfor kun, naar vi fordrer meget stor haardhed og kemisk modstandsdygtighed.

disse legeringer lader sig varmebehandle, saaledes vil de kunne hærdes, som vi hærder staal.

dualluminium er en legering af Cu + Al + Mn + Mg. de to sidste stoffer er tilsat som afiltningsemidler.

Cu - Ni legeringer.

Cu og Ni opløses i hinanden i alle forhold, saa vi under alle omstændigheder har en fast opløsning af Ni i Cu.

styrken forøges og sejgheden aftager ved tilsætning af Ni til Cu, og det i særlig grad, hvis vi overskrider 15% Ni.

Cu - Ni legeringer anvendes til mønter og som loddemetal til paalodning af skæremetal paa staal, da smeltetemp. ligger højere end hærdetemp.

en del Cu - Ni legeringer anvendes til modstandstraade: nikkelin med 32% Ni og konstantan med 40% Ni.

komplekse legeringer.

ved saadanne vil vi forstaa legeringer, hvor karakteren er væsentlig ændret i forhold til 2 stof legeringerne (modsatning til rødgoods og statuebronze).

nysølv.

naar vi fremstiller nysølv, gaar vi ud fra en Cu - Zn legering med 30% Zn, og hertil tilsættes mere eller mindre mængder Ni alt efter den farve vi vil have.

nysølv har kun anvendelse til galanterivarer.

manganin.

bestaar af Cu + 15% Mn + 2% Ni + 0,5% Fe, og anvendes til modstandstraade, da det har en meget ringe temp.koeff. endvidere anvendes det til compensationstraade til termoelementer, da det har en meget ringe termoelektrisk kraft i forhold til Cu.

b. Ni.

Ni har vægtfylde = 8,7, og smeltepunkt = 1475. Ni koger ved 2340 grader.

Ni er et glimrende materiale, men det er forholdsvis dyrt, derfor anvender vi det aldrig i ren tilstand, men kun som legeringer.

vi tilsætter Co, og da Ni og Co i kemisk henseende staar hinanden meget nær, kan vi tilsætte temmelig meget Co, uden at forandre materialets karakter.

for at opnaa større haardhed tilsættes undertiden Fe.

Ni er i stand til at optage ca. 1% C., men det gør materialet skørt.

i mekanisk henseende minder Ni om blødt staal, men Ni har den fordel frem for staalet, at det er meget kemisk modstandsdygtigt.

naar vi smelter og støber Ni, vil Ni let iltes, og endvidere optage C, der sammen med O danner Co, som ved udtrængelsen gør materialet utæt. vi tilsætter derfor Mg som afiltningmiddel, naar vi ønsker at støbe tæt.

monelmetal.

dette er en legering bestaaende af Ni - 28% Cu - ca. 1% Fe. legeringen fremstilles direkte af malme, og anvendes i stedet for staal, naar vi ønsker rustbestandighed.

2. letsmeltelige og deres legeringer.

et alm. kendetegn paa disse legeringer er, at de har meget mindre styrke end de tidligere omtalte, men de finder dog udstrakt anvendelse, og det særlig, naar vi ønsker: stor kemisk modstandsdygtighed, letstøbelighed og glathed.

undertiden overtrækkes andre materialer med et tyndt lag af et eller andet af de letsmeltelige metaller. (fortinning, galvanisering osv.)

de letsmeltelige metaller benyttes paa grund af deres store glathed meget til pandemetaller; tillige er disse metaller i stand til at give sig lidt, saa lejerne lettere former sig efter aksen.

letsmelteligheden kommer os til gode ved trykstøbning (sprøjtestøbning). hertil anvendes staaforme, og disse maa ikke opvarmes til højere temp. end 600 grader, derfor er det navnlig materialer, der er hjemmehørende i denne gruppe, der finder anvendelse til sprøjtestøbning.

vi inddeler i:

- a. Pb og legeringer
- b. Sn og legeringer
- c. Zn og legeringer
- d. komplekse legeringer.

disse materialer er alle bløde, og legeringsteknikken gaar derfor altid ud paa at gøre materialerne mere haarde. vi vil derfor gerne have haardere i materialet, og som saadanne virker Pb paa Sn og Sn paa Pb, men vi tilsætter altid yderligere endnu et haardende materiale f.eks. Sb., og den haardhed, vi herved

opnaar, skyldes at Sb danner kemiske forbindelser med saavel Sn som Pb. (SbSn og SbPb).

a. Pb.

Pb vægtfylde = 11,3.

Pb benyttes i ren tilstand som beklædningsmateriale til f.eks. syrebeholdere, til rør, akkumulatorplader etc.

som legeringsmateriale benyttes Pb sjældent som hoved-element, men derimod meget ofte som bi-element.

anvendelser med Pb som hoved-element.

disse legeringer bestaar for det meste af Pb og Sb.

PbSb er helt opløselig i Pb i smeltet tilstand, men praktisk talt uopløseligt i fast tilstand. (sammenlign Pb - Sb diagrammet i indledningen).

haardheden af Pb vokser stærkt ved tilsætning af Sb indtil vi naar den eutektiske legering, herefter tiltager haardheden kun langsomt ved yderligere tilsætning.

sejgheden stiger indtil et indhold paa 20% Sb, og herefter aftager den ret betydeligt.

Pb med 25% Sb anvendtes tidligere til pandemetaller (Pb blødt og PbSb haardt), endnu ser man det anvendt i enkelte lejer.

til typemetal anvendes haardt bly (Pb - 17% Sb).

Pb - Sb legeringer anvendes ogsaa en del til pressestøbte emner saasom smaa beholdere eller lignende.

b. Sn.

Sn vægtfylde er = 7,3. handelstin har paa grund af et indhold af urenheder en noget større vægtfylde.

Sn er haardere end Pb, og i kold tilstand er Sn let smedeligt og let trækkeligt, hvorimod det ved 232 grader er saa skørt, saa det kan pulveriseres i en morter (strøtin).

Sn er et krystallinsk materiale (knitren ved bøjning).

40% af alt tin anvendes til fortinning og til fremstilling af tinfole.

Sn er let støbeligt, og svindet er forbavsende lille, derfor tilsætter vi undertiden Sn til legeringer, der skal støbes, naar vi ønsker et lille svind.

Sn opløser jo som bekendt de fleste andre stoffer, derfor anvendes ca. 20% af alt tin til fremstilling af loddemetaller.

vi inddeler Sn legeringerne i:

x. Sn - Pb legeringer, y. Sn - Sb leg. og Sn. - Cu leg.

x.

Sn og Pb opløses i hinanden i alle forhold i varm tilstand, og i kold tilstand dannes et eutektikum, der smelter ved 181 grader (se konstitutionsdiagrammet tidligere).

naar vi tilsætter Pb til Sn stiger haardheden en del, men det er ikke altid af denne grund, at vi tilsætter Pb; det er derimod paa grund af prisen.

det gaar imidlertid ikke at tilsætte for meget Pb, navnlig hvis det materiale, vi vil fremstille, kan blive udsat for angreb af organiske syrer, da Pb ikke er saa modstandsdygtigt overfor disse, som Sn., hvis legeringen f.eks. skal anvendes til fremstilling af konserverdaaser maa vi ikke tilsætte mere end 10% Pb. til lodningen af disse kan vi derimod anvende en legering med 30% Pb.

kommer legeringen ikke i forbindelse med madvarer, anvender vi en meget billigere legering af 30% Sn og 60% Pb.

y.

Sn og Sb er opløselige i hinanden i alle forhold, indtil et indhold paa 8% Sb. herover dannes der en kemisk forbindelse SnSb, der optræder som haarde korn i materialet. disse korn har tilbøjeligheder til at udsejre af materialet, vi støber derfor altid ved saa lav temp. som muligt.

disse legeringer (Sb større end 8%) anvendes meget til pandemetaller (Sn er det bløde element og SbSn er det haarde) paa grund af deres store glathed og haardhed.

haardheden vokser med stigende indhold af Sb indtil 70%, men legeringen bliver samtidig mere og mere skør, derfor tilsætter vi aldrig mere end 20% Sb.

z.

Cu opløses i alle forhold i Sn i smeltet tilstand, og efter størkningen har vi en blanding af Cu opløst i Sn og den kemiske forbindelse Cu_3Sn . (sammenlign det under Cu omtalte).

en legering, der indeholder 20% Cu, vil efter størkningen bestaa af Sn krystaller i et eutektikum bestaaende af Sn og Cu_3Sn .

under krigen anvendte man disse legeringer til lejemetaller, (det haarde Cu_3Sn i det bløde Sn), men disse legeringer har et meget stort svind, saa anvendelsen er nu meget minimal. imidlertid kan vi formindske svindet ret betydeligt ved tilsætning af Sb. og vi anvender en legering, bestaaende af:

84% Sn, 8% Cu og 8% Sb.

denne legering har et lille svind, og anvendes derfor ogsaa meget til pressestøbning.

c. Zn.

Zn har vægtfyllden 7,1 og smeltepunkt 415 grader. ved 500 grader brænder det i luften under udvikling af ZnO .

som urenheder træffer vi navnlig Pb og Fe. Pb gør ingen skade, medens Fe danner en skadelig kemisk forbindelse FeZn_7 , der gør zinken meget skør.

opvarmer vi Zn til ca 100 grader, er det let formeligt, hvorimod vi faar storkornet og meget skørt materiale, hvis vi varmer for meget, over 200 grader.

den største mængde Zn anvendes til galvanisering, og resten som legeringsmateriale.

rent Zn er ikke let støbeligt, og naar vi anvender Zn til støbte materialer, bestaar disse af en legering af 95% Zn og 5% Sn. større mængder af Sn gør materialet skørt, og vi tilsætter derfor Cu eller Al, der giver letstøbelighed uden at formindske sejgheden. til pressestøbning anvendes en legering med:

92% Zn, 5% Al og 3% Cu.

vi har legeringer med Zn som hovedmetal i forbindelse med
x. Sn og y. Al.

x.

Zn og Sn er opløselige i hinanden i flydende tilstand, men uopløselige i fast tilstand, vi har derfor at gøre med en blanding.

som omtalt benytter vi en legering med 95% Zn og 5% Sn, men i enkelte tilfælde tilsætter vi dog mere Sn, f.eks. til modelbrætter, der fremstilles af en legering med:

75% Zn og 25% Sn.

y.

Zn og Al er opløselige i hinanden i alle forhold i flydende tilstand, men omtrent uopløselige i hinanden i fast tilstand, idet Zn kun kan danne fast opløsning med $1/2\%$ Al, resten er en blanding.

med 5% Al har vi en letsmeltelig legering, der er meget letstøbelig og derfor anvendes til pressestøbning. imidlertid indeholder dette materiale en kemisk forbindelse Al_2Zn , der er ubeständig. Al_2Zn har tilbøjeligheder til at udskille sig af legeringen, og herved vokser materialet og bliver skørt, derfor er anvendelsen nok stor, men ikke saa god. vi kan imidlertid hjælpe lidt paa dette forhold ved tilsætning af Cu, og vi faar da en legering bestaaende af:

5% Al, 5% Cu og 90% Zn eller

4% Al, 4% Cu og 92% Zn.

d. komplekse legeringer.

ved en kompleks legering forstaar vi en legering, bestaaende af to elementer + et eller flere andre, saaledes at karakteren bliver væsentlig forskellig fra tostofslegeringernes.

de komplekse legeringer er en meget vigtig gruppe inden for de letsmeltelige metaller. vi anvender dem saaledes til de fleste pandemetaller og pressestøbte materialer.

vi skelner mellem:

- x. Pb som hovedmetal.
- y. Sn - - -
- z. Pb - Sn som hovedmetaller.
- ø. Zn som hovedmetal.

ved undersøgelsen af disse legeringer betragter vi et diagram fig.1.

fig.1. diagram for legeringer af Pb + Sn + Sb.

de med A,B,C, o.s.v. mærkede punkter, er karakteristikpunkter for diagrammet, og de angiver beliggenheden og dermed sammensætningen af forskellige ternære eutektika, saaledes:

- A = 10% Sb, 10% Sn og 80% Pb.
- B = 4% Sb, 40% Sn og 56% Pb.
- C = 60% Sb, 30% Sn og 10% Pb.
- D = 10% Sb, 5% Sn og 85% Pb.
- E = 16% Sb, 6% Sn og 78% Pb.
- F = 15% Sb, 35% Sn og 50% Pb.

af disse legeringer, er dog kun A og B egentlige eutektika.

de legeringer vi træffer i de rette linier i diagrammet, er tostoffseutektika lignende legeringer f.eks. vil alle legeringer beliggende i linien aa være nær beslægtede med den eutektiske legering bestaaende af 13,4% Pb og 82,6% Sb.

de fleste af de legeringer vi benytter til pressestøbning grupperer sig omkring punktet A. og de giver en meget glat og blank overflade.

legeringen D indeholder forholdsvis lidt Sn, og er derfor ret billig. vi anvender derfor denne legering, naar vi ikke stiller særlige krav til det fremstillede materiale.

legeringen E anvendes meget til pandemetaller til hurtigløbende lejer, legeringen er billig og god, og let bearbejdelig.

ønsker vi stærkere legeringer f.eks. til hovedlejer, søger vi skraat opad til højre i diagrammet, hvor vi har legeringen F.

ønsker vi lejer, der er endnu stærkere, gaar vi endnu længere til højre i diagrammet, f.eks. til plejlstangslejer.

vi har set, at vi faar større haardhed og større styrke ved at gaa til højre i diagrammet, og i punktet C har vi den største haardhed. gaar vi i retning mod Pb, bliver materialet blødere og samtidig mat. gaar vi til en af de andre sider, bliver materialet mindre blødt, og det beholder den blanke overflade.

til alle disse legeringer sætter vi undertiden Cu, for at faa dannet det haarde CuSn, og gør vi dette, kan vi spare paa mængden af Sb, da CuSn svarer til dette i haardhed. tilsætningen af Cu giver os tillige den fordel, at der dannes sig forstørkninger af CuSn og CuSb, der findes i materialet som traade. endvidere modvirker tilsætning af Cu for stærke sejringer.

undertiden tilsætter vi Zn til legeringerne, men det finder ikke saa stor anvendelse hverken til pandemetaller eller til pressestøbte materialer.

vi har en del legeringer hvor en del Pb er erstattet med Zn, og disse legeringer anvendes til pander til lejer i roterovne.

3. de lette metaller og deres legeringer.

disse metaller finder ikke saa stor anvendelse i maskinindustrien under normale forhold, men den senere tids store udvikling indenfor flyvemaskineteknikken har efterhaanden givet denne gruppes metaller en stor anvendelse til flyvemaskinefabrikationen.

Al og Mg er hovedmetallerne i denne gruppe, og disse er vanskelige at have med at gøre, saaledes er de vanskelige at støbe og navnlig Al er vanskeligt at dreje glat.

a. Al.

Al har vægtfylden 2,6 og det smelter ved 628 grader. som følgestoffer i Al træffer vi Si, Fe og K.

Fe og Al danner en haard kemisk forbindelse, der gør Al for skørt til alm. anvendelser, derfor fordrer vi, at Fe indholdet skal ligge under 1%.

det indhold af Fe vi træffer, stammer fra det købte materiale, men det kommer ogsaa under støbning i ægte forme.

naar vi støber Al, maa vi regne med et stort svind, saa vi maa anvende store fødetappe og dødhoveder. naar vi under alm. omstændigheder støber, maa vi derfor regne med at kun 30% af materialet gaar til det egentlige emne, resten medgaar til fødetappe og dødhoveder. disse fødetappe og dødhoveder omsmeltes i jerndigler, og vi maa derfor regne med at Fe indholdet stiger, imidlertid er AlFe tungere end Al, og AlFe synker derfor til bunds i diglen, saa vi kan hælde det rene Al fra.

Al degenereres ved omsmeltingerne ved optagelse af Fe, som støbejern optager S ved omsmelting.

som tidligere omtalt er Al ikke nemt at støbe, der dannes nemlig Al_2O_3 , der først smelter ved 2600 grader, og Al_2O_3 optræder i materialet som hinder, der ikke er lette at fjerne, da de omtrent har samme vægtfylde som selve Al. ved lav temp. vil iltet stige til bunds, medens det ved højere temp. vil stige til tops. (900 grader).

vi benytter slaggedannende materialer $ZnCl_2$, $MgCl_2$ og kryolit, men disse forøger mængden af følgestofferne Zn, Mg, og Si, og af disse er et for stort indhold af Mg lidt skadeligt, idet materialet bliver skørt.

disse slaggedannende midler tilsættes for at undgaa opsugning af luftarter, da Al ved høj temp. har tilbøjelighed til at optage N, H og CO, der ved udstøbningen giver sprøjtninger.

for at opnaa større styrke vil vi gerne tilsætte Cu, men hvis vi vilde tilsætte dette, maatte vi opvarme det flydende materiale for meget, vi maa derfor først fremstille en forlegering af AlCu, der saa tilsættes.

vi inddeler Al legeringerne i:

- x. Al - Cu leg.
- y. Al - Zn -
- z. Al - Si -

x.
Al - Cu legeringer anvendes til automobildele (stempler) med et indhold indtil 20% Cu. indtil 11% Cu er opløseligt i Al i fast tilstand, og over 11% optræder den kemiske forbindelse Al_2Cu ; styrken stiger, men sejgheden aftager, derfor tilsætter vi ikke mere end de omtalte 20%.

en hyppig anvendt legering med god styrke og sejghed er: en legering med 8% Cu, der smelter ved 720 grader.

en legering, der anvendes til modelbrætter, har et Cu indhold paa 10%.

til automobilstempler anvendes en legering med 16% Cu.

y.
Al og Zn er fuldstændige opløselige i hinanden i flydende tilstand (sammenlign Zn - Al).

under størkningen dannes der en ustabil forbindelse, Al_2Zn_3 , der giver skørt og ikke volumnebestandigt materiale.

disse legeringer (Al - Zn) er de letteste at fremstille, men de finder paa grund af deres daarlige karakterer temmelig lille anvendelse.

skal vi slippe næmt til fremstillingen af emner, der ikke har saa stor betydning, anvender vi en legering bestaaende af: 15% Zn og 85% Al.

z.
disse legeringer er ret nye, og kendskabet til dem og anvendelsen af dem er ikke saa stor.

med 13,8% Si og 71,2% Al faar vi dannet et eutektikum, med mindre Si har vi en blanding af eutektiet og rent Al og med et større Si indhold, har vi rent Si i den eutektiske legering.

den eutektiske legering, der undertiden anvendes, gaar under navnet Silumin eller Alpax (grosserernavne). denne legering har en styrke paa 20 at., en brudforlængelse paa 5% og et lille svind paa 1,1%. legeringerne er ret ubearbejdelige, og anvendes derfor i støbt tilstand.

den eutektiske legering er et godt og billigt støbemateriale.

komplekse Al legeringer.

vi tilsætter mindre mængder SiCu, og undertiden Ni og Sn. Sn tilsættes for at skaffe letflydenhed og letbearbejdelse. Ni tilsættes for at faa forøget styrken ved høj temp., da materialernes styrke almindeligvis falder med stigende temp.

vi anvender legeringerne:

Alundur = 4% Cu + 2% Si + 94% Al og
leg. 2,2 - 2,5% Cu + 8 - 12% Si + resten Al.

b. Mg.

vægtfylden er 1,74, smeltepunktet 650 grader og kogepunktet 1120 grader. handels Mg er et rent elektrolyttisk materiale.

Mg er haardere og stærkere end Al, men mindre modstandsdygtigt, navnlig over for O, og Mg har mindre elektrisk ledningsevne.

i kold tilstand er Mg plastisk, og det anvendes derfor til traadtrækning, og vi udvarmer bagefter. Mg valsees til plader i varm tilstand.

Mg anvendes som afilteringsmiddel og som bestanddel i legeringer.

Mg bryder let i brand, og smeltes derfor undertiden under et S lag.

vi har følgende legeringer:

- x. Mg - Sn leg.
- y. Mg - Al -
- z. Mg - Al - Zn leg.
- ø. Mg - Cu leg.

x.

legeringer med 3 til 5% Sn er letstøbelige. ved smeltningen dannes der en kemisk forbindelse SnMg_2 , der sammen med Mg danner et eutektikum, der smelter ved ca. 460 grader.

y.

Mg - 12% Al giver en letsmeltelig legering bestaaende af Mg_2Al_3 og Mg. haardheden er som blødt staal.

z.

ombytter vi en del af Al med Zn i den forrige legering, faar vi legeringen Elektron, der undertiden ogsaa har Mn som følgestof.

ø.

disse legeringer har egenskaber svarende til de andre Mg legeringer, men de er meget lidt anvendt, da det er vanskeligt at legerer disse to metaller.

en mangel ved alle Mg legeringer er, at de ikke er modstandsdygtige over for luftens angreb. de overtrækkes let med et grimt, graat lag af ilter.

legeringerne af de letsmeltelige metaller i det hele taget er meget ubestandige ved høje temp.

7' afsnit.

Smeltning og legering af metaller.

enkelte legeringer købes færdige f.eks. lejemetaller, men i de fleste tilfælde maa vi fremstille legeringerne selv. stiller vi store krav til legeringerne maa vi til fremstillingen anvende de rene metaller, ellers anvender vi legeringer eller affaldsstoffer. affaldsstoffernes sammensætning kender vi naturligvis ikke eksakt, og legeringer, der fremstilles af disse, har derfor en sammensætning, som vi kun kender tilnærmelsesvis.

foruden de egentlige legeringselementer, tilsætter vi forskellige tilsætningsstoffer for at undgaa svind, utætheder eller lignende. i flere tilfælde tilsættes de andre stoffer for at eliminere et uheldigt følgestofs virkninger.

til smeltning af materialerne har vi forskellige ovne til vor raadighed, f.eks. cupol-, flamme-, elektro-, eller digelovne. i alle tilfælde maa vi sørge for at faa materialerne godt blandet. i cupolovnen blandes materialerne af sig selv, medens vi i flammeovnene maa røre rundt i det smeltede materiale. i elektroovnen røres materialet rundt af hvirvelstrømmene, og i converteren af luften.

naar vi smelter et eller andet materiale, faar vi maaske en forandring i materialets sammensætning, og denne forandring vil vi søge at gøre saa lille som mulig. naar vi smelter i digler, regner vi, at 3% af materialet forsvinder (brænder bort eller bliver hængende i diglen). digelsmeltningen er dog den bedste af de til vor raadighed staaende smeltemetoder.

i enkelte tilfælde kan de smeltede materialer optage andre stoffer. f.eks. Si fra lerdigler og C fra grafitdigler.

anvendelsen af digler er uhyre kostbar, og vi smelter derfor kun i digler, naar det drejer sig om meget fine materialer.

i flammeovnene vil ændringerne i legeringernes sammensætning blive større (iltninger), da flammerne direkte rammer materialerne. vi kan overtrække det flydende materiale med et lag af slagger, for at beskytte mod for kraftige iltninger. slaggelaget maa dog ikke være for tykt, da vi saa faar for ringe varmeledning.

det er som reglen billigere at smelte materialerne i flammeovnene, men foruden at vi faar store ændringer i sammensætningen, faar vi ogsaa et større tab af materialer, og vi regner gerne med (6 - 7) %.

endnu større tab faar vi ved smeltning i cupolovnen, men processen er billigere og hurtigere. vi faar aske fra brændstoffet og en hel del urenheder, og vi regner med et tab paa (6 - 8) %.

størst tab faar vi ved smeltning i converteren, da vi her faar varmen ved iltningen af materialet, tabet er (10 - 12) % og legeringens sammensætning er meget ubestemt.

som reglen sker svindet ved iltninger af legeringsmaterialerne, og vi faar umetalliske hinder omkring kornene eller smaa partikler, der vil findes i det størknede materiale.

ilterne smelter som reglen ogsaa ved højere temp. vi søger at undgaa disse iltninger saa meget som muligt, ved smeltning af f.eks. lejemetaller tilsættes savsmuld eller harpiks. (gasdannende materialer).

vi inddeler:

1. udseltning af støbejern
2. -- -- staal
3. -- -- andre metaller.

1. udseltning af støbejern.

raamaterialerne.

vi benytter raajern, affaldsjern og tilsætningsmaterialer.

raajernet faas som pikjern, der har et C indhold paa 3 - 4 % samt vekslende indhold af følgestoffer.

vi skelner mellem:

- a. kokeraajern.
- b. specialraajern.

a. kokeraajern.

dette fremstilles i højovne ved nedsmeltning med cinders og gennemstrømmende forvarmet luft.

vi faar i højovnen ret høj temp., der bevirker et lavt indhold af S, medens de øvrige følgestoffer forbliver i uforandret mængde i vort raajern.

naar vi vil undersøge raajernet gøres dette ved analyse, men en saadan kan kun give os den omtrentlige sammensætning. en betingelse for, at en bedømmelse af raajernet paa denne maade kan give os oplysninger om materialet, er at vi kender den maade, hvorpaa raajernet er fremstillet. er raajernet f.eks. udstøbt i støbejerns-forme, faar vi et hvidt brud, medens vi ved udstøbning i sandforme faar et graat brud.

vi inddeler raajernet efter dets sammensætning, og vi grupperer efter indholdet af S og Si eller P og Mn. legeringernes navne hentyder til grupperne.

<u>P og Mn</u>	<u>fattigt</u>	<u>svagt</u>	<u>middel</u>	<u>rigt</u>
	Mn m. o, 6	o, 6 Mn o, 9	o, 9 Mn 1, 5	Mn st. 1, 5
<u>fattigt</u>				
P m. o, 1 hamatit	engelsk. west coast	engelsk. east coast	tysk. gute hoff- nungshütte	
<u>svagt</u>				
o, 3 P o, 9	tysk. gute hoff- nungshütte			sigerländer
<u>middel</u>				
o, 9 P 1, 5	engelsk. haxwell	amerikansk		
<u>rigt.</u>				
P st. 1, 5	luxemburg fransk. longwy.		thomasraa- jern.	engelsk redbaune.

grænserne er ikke skarpe, idet vi kun kræver en nøjagtighed paa 0,2%. en undtagelse er dog hamatitterne, for hvilke vi kræver de skarpe grænser overholdt.

inddeling efter Si og S.

navn	Si %	S %	brududseende.
No. 1	st. 2, 5	m. o, 036	storkornet, mørkt med løse grafit.
No. 3	st. 2	m. o, 04	lysere og tættere, min- dre storkornet end 1.
No. 4 foundry forge	st. 1, 5	m. o, 06	alm. støbejern mørkere lysere
halveret	ca. 1		tæt med hvidlige pletter
hvidt	ca. o, 8		tæt og helt hvidt.

vi taler ogsaa om raajern No. 2, og dette er en Bastard mellem No. 1 og 3.

hamatitterne er vore bedste raajernssorter, og disse inddeles igen i numre, saaledes har vi hamatit No. 1 og 2 med P mindre end 0,1%, dette overholdes altid ellers, ellers kaldes raajernet ikke hamatit.

vi kan undertiden benytte kasseret bessemerraajern i stedet for hamatit. man kasserer nemlig dette raajern, naar indholdet af Si er for stort.

b. specialraajern.

- x. koldblæst jern
- y. trækulsjern
- z. elektrojern.

x. koldblæst jern.

dette fremstilles uden eller kun med ringe forvarmning af blæsten til højovnen, og har derfor som reglen mindre indhold af følgestoffer, saaledes navnlig af Si og til dels P, hvorimod S indholdet ofte er ret stort.

dette raajern benævnes som de andre raajernssorter, men benævnes ogsaa undertiden all mind (alt fra mine). det koldblæste raajern anvendes kun til haardstøbt gods. C skal være større eller lig med 2,5%.

y. trækulsjern.

dette materiale er meget tæt og har en stor sejhed. med samme kemiske sammensætning giver trækulsjernet det bedste materiale sammenlignet med kokeraajernet.

z. elektrojern.

dette materiale anvendes kun meget sjældent.

jernaffald.

affaldsjern faar vi som affald fra vor egen virksomhed eller udefra. spaaner, støbegods, staalaffald etc.

af raastofferne er affaldet fra vor egen virksomhed det bedste, idet vi som reglen kender sammensætningen.

vi maa rense og sortere affaldsjernet, inden vi benytter det støbejern udefra:

vi kender ikke sammensætningen, derfor sorterer vi i: maskingods, kakkelovngods og bygningsgods. heraf maa maskingodsset igen deles i mindre grupper efter godstykkelsen (m. 12 mm, mellem 12 og 25 mm og st. 25 mm) paa grund af det vekselende Si indhold.

bygningsgodset samles med affald fra landbrugsmaskiner, da vi her har et større P indhold.

rustent kakkelovngods anvendes ikke til nyt kakkelovngods, da indholdet af ilt er for stort. saadanne materialer anvendes derimod til brandjern eller til emner, hvor det ikke kommer saanøje an paa sammensætningen f.eks. til balaster i skibe.

spaaner.

støbejernspaaner er ikke direkte anvendelige, da de brænder bort for os ved de høje temp. de nedpakkes derfor i blikdaaser eller presses sammen med et eller andet bindemiddel. det er derfor en tvivlsom økonomi at anvende spaaner.

staalaffald.

staalaffaldet tilsættes for at faa et lavere C indhold, men de staalstykker vi tilsætter maa hverken være for store eller for smaa. vi regner at størrelsen skal være mellem 6 og 25 mm, hvis de er mindre end 6 mm iltes de for let, og hvis de er større end 25 mm smelter de for tungt.

tilsætningsmaterialerne.

vi kan give disse tilsætninger i støbeskeen, støberenden eller i ovnen, hvor de helst tilsættes. eventuelt tilsættes i renden og meget nødt i skeen.

det er ret dyrt at anvende tilsætningsstofferne f.eks. som afiltningmidler, og vi sørger derfor for, at vi faar saa lille iltning i vore ovne.

ferrosilicium. (10 til 70% Si).

FeSi har et aabent og blyagtigt brud.

FeSi tilsættes for at faa et større Si indhold, og SiFe smelter først ved ca. 1200 grader; det er derfor vanskeligt at faa det smeltet.

ferromangan (20 til 90% Mn, 6 til 7,5% C og 0,4 til 0,9% Si).

FeMn benyttes som afiltningemiddel i bessemerpæren, eller til regulering af Mn indholdet i blandinger, hvortil vi har tilsat staalaffald, og i dette tilfælde tilsættes det til materialet i støbeskeen.

spejljern (10 til 25% Mn, 4 til 6% C og 0,4 til 1% Si).

spejljernet benyttes som FeMn, men tilsættes altid i ovnen.

Ni. tilsætning.

vi tilsætter Ni naar tæthed, finkornethed og haardhed ønskes. denne Ni tilsætning kan ske i form af terningenikkel eller ferro-nikkel.

terningenikkel (98% Ni)

ferronikkel (25 til 75% Ni)

terningenikkel tilsættes i renden, og vi maa i dette tilfælde sørge for en god varmfordeling. bedre er det at tilsætte FeNi i ovnen.

Cr tilsætning.

Cr tilsættes til gods der skal støbes haardt, og vi tilsætter ferrochrom.

ferrochrom (50 til 60% Cr)

naar vi tilsætter Cr (i ovnen) støbes først en prøve, og er denne saa ikke haard nok, tilsætter vi mere Cr, men denne tilsætning sker i skeen.

P tilsætning.

vi tilsætter P som FeP (17 til 24%P), naar vi skal fremstille ornamentgods (letflydende).

Ti. tilsætning.

dette tilsættes for at faa særlig tæt og stærkt gods. vi tilsætter FeTi i støbeskeen, men det smelter vanskeligt, derfor tilsættes det gerne som Ti.termit (Ti - Al O), der faas i patroner, der ogsaa tilsættes i skeen.

Al tilsætning.

Al tilsættes undertiden som afiltningemiddel. det flyder ovenpaa, og maa derfor presses ned med en jernstang.

foruden de allerede omtalte stoffer tilsættes undtagelsesvis: FeMo og FeWo.

priserne paa følgestofferne i forhold til Fe = 1

Mn = 3,5

Si = 6,2

Cr = 12

Wo = 35

Ni = 38

Mo = 125

Co = 225

Wa = 250

Al = 24

vi kan godt faa raajern, der i forvejen indeholder en del af disse stoffer. f.eks. morraye:

(0,8 til 1,25% Ni, 1,6 til 2,5% Cr, 0,1 til 0,2% Ti og 0,05 til 0,08% Wa.)

smelteprocesserne ved udsmeltning af støbejern.

støbejernet smeltes kun undtagelsesvis i digler. under smeltningen i disse sker der ikke synderlige forandringer i materialet, dog kan Mn gaa i forbindelse med SiO, idet der dannes MnO - Si, der bliver i materialet og MnO, der bliver i diglen. desuden forsvinder der en del C.

vi kan kun foretage 10 til 15 smeltninger i en digel, saa smeltningen paa denne maade bliver for dyr under normale omstændigheder.

hyppigere end diglerne anvendes flammeovne (materiale med mindre C indhold), og i disse bortbrænder C, Si og Mn, hvorimod der som reglen sker en forøgelse af S indholdet stammende fra de benyttede cinders. vi regner gerne med at Si indholdet stiger 0,02%. P indholdet vil som reglen ogsaa stige.

vi kan imidlertid regulere disse ændringer en del, ved at ændre flammen, eller ved at tilføre mere luft, saa vi faar bortbrændt mere C (dette gøres til gods der skal blødstøbes).

vi kan ogsaa formindske bortbrændingen ved at formindske luftmængden og sørge for stor dybde af det smeltede materiale, og endelig kan vi overtrække materialet med et slaggelag.

omkostningerne ved smeltning i en flammeovn er væsentlig mindre end smeltning i digler; brændstofsforbruget regnes til 30 til 40% af vægten af legeringen.

foret i flammeovnen maa fornyes efter 40 til 50 smeltninger, og bunden efter ca. 100 smeltninger.

nedsmeltningen i cupolovnen.

vi blander materialerne, idet disse dog anbringes i en bestemt orden i ovnen. fra neden af og opefter har vi: flamme, raajern, brændsel, svart gods, tilslag og lettere gods. i smeltezone (over brændslet) smelter først de letsmeltelige legeringer ($\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{C} + \text{Fe}_3\text{P}$), saa jernet til at begynde med smelter pletvis. har vi lav temp. i smeltezone optager jernet C, medens vi faar materiale med lidt C, hvis vi nedsmelter ved høj temp., idet jernet smelter hurtigere, og forlader smeltezone hurtigere, saa det ikke naar at optage C fra brændslet.

naar vi fra neden af og opefter betragter hvad der sker, er dette følgende:

reducerende atm., materialerne iltes, materialerne smelter (smeltezone), luften virker reducerende, og endelig foroven, materialerne iltes en del igen.

C indholdet afhænger af

1. ovngangen
2. brændslet
3. indholdet af Si.

vi formindsker bedst indholdet af C, ved at benytte C fattigt raajern, eller ved tilsætning af staaflald. vi kan dog i cupolovnen selv med staaflald tilsætning ikke komme ned under 2,5% og i almindelighed med varm ovngang ikke længere ned end til 3%.

en del Si vil i reglen bortbrænde under nedsmeltningen, (men den mængde der brænder bort, varierer med indholdet af Mn, saaledes at et stort indhold af Mn giver en stor bortbrænding af Si).

vi regner med at et indhold paa 0,8% Si er bestandigt, saa har vi dette indhold før nedsmeltningen, vil det bevares efter størkningen. har vi derimod mere Si inden nedsmeltningen vil vi efter størkningen have mere Si end de 0,8%, og den samlede mængde efter størkningen er $0,8 + \frac{3}{4}$. (mængden før smeltningen $\div 0,8$), da $\frac{1}{4}$ Si brænder bort.

Si mængden efter smeltningen er p
- - - før - - - x

vi faar da:

$$x \div p = 1/3. (p \div 0,8)$$

lig med forandringen i Si indholdet.

ved Mn regner vi med et bestandigt indhold paa 0,2% Mn, og at $\frac{1}{3}$ brænder bort under nedsmeltningen. vi faar da:

$$p = 0,2 \div 2/3. (x \div 0,2) ; x \div p = 1/2. (p \div 0,2)$$

lig med forandringen i Mn indholdet.

P indholdet vil under nedsmeltningen ikke formindskes, da det ikke iltes paa grund af den forholdsvis lave temp. P indholdet vil derimod tilsyneladende stige, da en del jern brænder bort, og vi regner den tilsyneladende stigning til 4% af det oprindelige indhold.

S indholdet vil stige, da materialet optager S fra brændelet. vi kan imidlertid beskytte jernet mod opløsningen af S ved at tilsætte et tilslag af CaO, men vi kan ikke fjerne S, der allerede er optaget, og under normale omstændigheder regner vi, at 1/3 af indholdet af S i brændelet optages i jernet.

det materiale vi først faar dannet, indeholder mere S end det senere dannede, da vi til at begynde med har et cinderslag i bunden af ovnen.

naar vi har Mn til stede i materialet, kan vi fjerne en del af S mængden, idet Mn + S danner MnS, naar materialet henstaar i støbeskeen. MnS gaar i slaggen og skummes væk.

slaggen skal desuden for det første opløse de dannede ilter SiO₂, Fe₂ O₃ o.s.v., og for det andet optage asken af de brændte cinders.

vi regner at asken bestaar af:

45% SiO₂, 30% Al₂ O₃, 15% FeO + MnO og 10% CaO + MgO.

foruden disse urenheder har vi ogsaa faaet nedsmeltet en del af foret, der bestaar af 70% SiO₂, 30%Al₂ O₃.

foruden disse stoffer finder vi ogsaa en del Fe (Fe skal bevæge sig gennem slagg), og en smule støbesand i asken.

vi vil gerne have omdannet slaggens stoffer til silicater og tilsætter derfor kiseltsyre. slaggen vil da enten være sur eller basisk eftersom brøken:

$$\text{baser} / \text{syre} = \text{CaO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{FeO} / \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$$

er større eller mindre end 1.

ved højovne er værdien af brøken lig med 1, og ved cupolovnen ca. 2/3.

eks. beregning af syre - base forholdet ved nedsmeltning. vi har nedsmeltet 1000 kg raajern og anvendt 100 kg cinders, der er blevet til 10 kg aske.

vi fik ialt 76 kg slagge, og denne bestod af:

10 kg aske
26 kg forbrændt jern
10 kg støbesand
15 kg ovnfor
15 kg tilslag.

slagge 76 kg.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO + MnO	CaO + MgO
10 kg aske	4,5	3,0	1,5	1,0
26 kg forbrændt jern	13,0		13,0	
10 kg formsand	10,0			
15 kg ovnfor	10,5	4,5		
15 kg tilslag				15,0
76 kg	38,0 kg	7,5 kg	14,5 kg	16,0 kg
100%	50%	10%	19%	21%

$$\text{altsaa bliver baser/syre} = 40/60 = 2/3$$

vi tilsætter i reglen ikke CaO, men CaCO₃, og for at faa 1 kg CaO maa vi derfor tilsætte 1,8 kg CaCO₃, men denne mængde vil i reglen ikke være tilstrækkelig, da CaCO₃ gerne indeholder en del Si, som kaster sig over Ca og danner SiO₂ + CaO, vi maa derfor tilsætte mere end 1,8%. hvis vi har 2% urenheder (SiO₂ + Al₂O₃), maa vi tilsætte 1,94% istedet for de 1,8%, og vi regner gerne med at tilsætte 3% mere CaO for hver % urenhed.

nedsmeltning i elektroovne. (lysbueovne)
nedsmeltningen i elektroovnen anvendes i særlig grad, naar vi
ønsker at fremstille C fattigt materiale.

elektroovnen maa startes, og dette sker ved at anbringe
koks i bunden af ovnen, lysbuen kan nu tændes, men hermed er
ovnen ikke startet, vi tilsætter nu meget C fattigt materiale,
idet vi erindrer, at vi har tilført C med de tilsatte koks,
derfor bestaar tilsætningen af staalaffald, som smeltes og
overhedes til ca. 1500 grader under omhyggelig omrøring. vi
lader materialet henstaa en tid og støber en prøvestang, hvis
brududseende undersøges, viser dette lyse pletter større end
2,5 mm, skal materialet henstaa endnu længere. naar de lyse
pletter naar ned under 2,5 mm er ovnen startet, og herefter til-
sætter vi C fattigt smeltet materiale.

nedsmeltningen i elektroovnen varer temmelig lang tid, og
af denne grund faar vi bortskaffet S indholdet temmelig omhygge-
ligt. denne bortskaffelse kan fremskyndes ved tilsætning af et
tilslag bestaaende af Walters afsvovlningsbriketter, der giver
langsommere afkøling, saa S kan naa at stige op paa overfladen
inden materialet størkner.

hvis vi vil rense materialet, maa dette ske i støbeskeen.
(MnS skummes bort).

i støbeskeen tilsættes undertiden $\frac{1}{2}\%$ Al som afiltningssmid-
del, men det giver tilbøjeligheder til koldtløbninger.

Tilslags af legeringsberegninger for støbejern.

til fremstilling af vort støbejern anvender vi som tidligere
omtalt raajern, affaldsjern og følgestoffer.

vi ønsker at det affaldsjern vi benytter skal have omtrent
samme sammensætning, som det materiale vi vil fremstille, vi
anvender dog aldrig mere end 30 til 40%.

den resterende mængde bestaar af raajern. vi forædler med
No. 1 og tilsætter senere No. 3. eventuelt tilsættes følge-
stoffer, hvis vi vil opnaa en af de tidligere omtalte fordele.

hamatitterne tilsættes kun, hvis vi vil nedsætte indholdet
af S og P.

oversigt over omdannelser under nedsmeltningen.

Si aftager $x \div p = 1/3. (p \div 0,8)$

Mn -- $x \div p = 1/2. (p \div 0,2)$

P stiger (Fe aftager) ca. 4% af det oprindelige indhold.

S tiltager med $1/3$ af S indholdet i brændslet.

vi vil f.eks. fremstille støbejern, der skal anvendes til
støbning af materiale med godstykkelse lig 15 mm.

Si indholdet beregnes da af lign.:

$Si = 0,6 + 100/(40 + 15) = 2,44\%$

til Si = 2,44% svarer

Si	S	P	Mn
2,44	0,09	0,7	0,7

forandringerne under nedsmeltningen giver:

$0,54 \div 0,034 \div 0,03 \quad 0,25$

$2,98 \quad 0,056 \quad 0,67 \quad 0,95$

denne sammensætning skal det materiale, som vi smelter i cu-
polovnen, altsaa have, for at vi som slutprodukt kan faa materia-
le med 2,44% Si.

Beregning af Si indholdet i støbejern
 $(1,0) \div 0,04 = 25$
 $(0,6) \div 0,02 = 30$
 $(0,12) \div 0,03 = 4$
 $25 + 30 + 4 = 59$
 $Si = 0,6 + 100/(40 + 15) = 2,44\%$
for god stykkelse 15 mm

til fremstillingen af udgangsproduktet anvendes 50% affald, og dette giver os:

	1,22	0,045	0,3	0,35
og 25% eastcoast hematit No. 1, som giver				
vi har	0,625	0,005	0,0125	0,25
altsaa:	1,845	0,05	0,3125	0,6

vi mang-				
ler da:	1,115	0,006	0,3575	0,35

for at faa dette tilsætter vi 5% ferrosilicium, som giver:

0,55	0,002	0,003	0,125
------	-------	-------	-------

og 20% cleveland No. 3, der giver

0,56	0,006	0,314	0,12
------	-------	-------	------

ovennevnte fremgangsmaade giver os en legering, som bliver meget nær den søgte.

ved en saadan beregning opstiller vi i et skema som følgende.

ved en saadan beregning opstillet vi følgende tabel										
bestand- dele	Si	S	P	Mn	andel i blanding	<i>Vægti Beregning</i>				
						Si	S	P	Mn	
gl. jern	2,44	0,09	0,7	0,7	50%	1,22	0,045	0,35	0,35	
E.C.No1	2,5	0,02	0,05	1,0	25%	0,62	0,005	0,01	0,25	
Clev.3	2,8	0,03	1,57	0,6	20%	0,56	0,006	0,31	0,12	
FeSi	11,0	0,04	0,6	2,5	5%	0,55	0,002	0,03	0,12	
100% -						2,95	0,058	0,70	0,84	

Si og P kan omtrent erstatte hinanden, derfor ophæves virkningen af den for lille Si mængde af den for store P mængde.

2. udsmeltning af staal.

de raamaterialer, vi anvender, afhænger af den metode, ved hvilken vi fremstiller staalet. ved conversion anvendes raajern eller raajernsblandinger, i flammeovnene anvender vi raajern og staaalaffald.

det raajern, vi benytter, skal være P og S fattigt.

i danmark fremstiller vi staal i flammeovne eller cupolovne, og omsmeltninger foretages i lille bessemerpare eller elektroovne.

a. staalfremstilling i flammeovnen.

det materiale vi benytter skal som omtalt være S fattigt, og hvis emalierede dele er til stede, maa disse fjernes. tillige fjerner vi rester af specialstaalssorter, da vi ønsker at benytte disse senere til forædling af staalet. hvis vi vil anvende spaaner, maa disse omsmeltes først f.eks. i en elektroovn.

som tilsætningsstoffer anvendes de samme som under støbejerns-fremstillingen omtalte, dog med den undtagelse, at vi ønsker større indhold af tilsætningsstoffets hovedelement.

ferrosilicium. 75% Si, 1% Mn, 0,00005% S, P m. 0,15% og C m. 0,5%

ferromangan. 80% Mn, Si m. 1%, S m. 0,05%, P m. 0,35% og C m. ca. 7%

ferromangansilicium. 65% Mn, 20% Si, P m. 0,2%, C = 2%
rent Al anvendes som afiltningmiddel.

b. staalfremstilling ved digelsmeltning.

de digler, vi anvender, kan enten være af grafit eller af SiO_2 , SiO_2 optager C fra staalet og grafitten afgiver C til staalet under smeltningen. disse ændringer er ikke uvæsentlige, og foruden C indholdets variation maa vi regne med at Si indholdet stiger, ved smeltning i begge slags digler.

da vi ved staalsmeltningen skal op til højere temp. end ved støbejernsfremstillingen, kan vi ikke regne med saa stor levetid for vore digler, og fremstillingen af staal paa denne maade bliver derfor forholdsvis dyr.

en lerdigel kan holde til 3 smeltninger og
en grafitdigel - 6 --

c. staalfremstilling ved conversion.

det staal, som vi fremstiller i convertoren, formes som reglen i blokke, som senere valsees til forskellige materialer.

i de staalproducerende lande fremstilles de forskellige valsed materialer gerne paa selve staalværket.

her i landet benytter vi særlig staalblokkene til fremstilling af specialstaal.

d. omsmeltning i elektroovnen.

i disse ovne foretages en raffinering af materialerne, ved bortbranding af et eller andet følgestof.

for at bortbrænde P anvendes 6500 kgc.

-- -- S -- 3250 kgc.

(se tidligere tabel)

bortbrandingen af Si forhindrer nedsættelse af P og S indholdet, skal dette nedsættes, maa vi tilsætte CaO til slaggen, men saa maa foret være af dolomit.

de sure og basiske processer.

vi fremstiller staalet baade med sur og basisk slagge.

det raajern, der benyttes til fremstilling af staal med sur slagge, maa være Si fattigt og P frit, derfor fremstilles staal kun enkelte steder paa denne maade.

den basiske proces anvendes i tyskland og i de fleste andre lande, som thomasproces med tilslag af CaO . vi kan her anvende P rigt billigere raajern.

de sure processer.

ved denne proces anvender vi som raamaterialer rent staalaaffald og hæmatitter, vi skal nemlig have et lille S indhold, og minimum af P.

ved blanding af disse to udgangsmaterialer faar vi materialer med:

3% C, 1,8% Si, 0,09% S, P m. 0,09% og Mn m. 0,9%

denne blanding faas af 40% affald og 60% hæmatit.

har vi mere end 2% Si i udgangsmaterialet maa vi forøge blæsetiden, uden derved at hæve temp. har vi mindre end 1,5% Si kan vi ikke ved bortbrandingen faa tilført den fornødne mængde varme. hvis Mn indholdet er større end 0,9%, faar vi eksplosioner i badet, og er Mn mindre end 0,6%, kan vi ikke faa fjernet S indholdet ved dannelse af MnS .

ved blæsningen bortbrænder ca. 15 - 20% af materialet; tabet er altsaa ret stort.

smeltningen af blandingen af udgangsmaterialer foretages med 8% cinders i en cupolovn, herefter føres det smeltede materiale til bessemerpæren, som i forvejen maa være forvarmet. pæren fyldes, og naar processen er kommet i gang, tilsættes blæseluften under et tryk paa 2 mm/ H_2O . ved processen bortbrænder C, Si, Mn og Fe. smeltetemp. stiger, og vi maa derfor forøge lufttrykket, og naar det er nødvendigt, er processen ved at være endt.

efter processen er indholdet:

0,09% C, 0,03% Si, 0,09% S, 0,09% P og 0,05% Mn.

vi har imidlertid faaet et indhold af ilter, og dette maa fjernes med afiltningsemidler, og hertil benytter vi ferromangan. vi ønsker ogsaa et større indhold af C og vi tilsætter derfor spejljern.

efter rafineringen har vi sammensætningen:

0,2% C, 0,2 - 0,25% Si, 0,06% S, 0,05% P og 0,7% Mn

den basiske proces. (siemens martin processen).

til denne proces benyttes hovedsagelig staaaffald, og det gør ikke noget, at vi anvender P holdigt affald, da P indholdet fjernes ved tilslag af CaO.

foruden affald benyttes 25% - 30% raajern No. 4 (P svagt, Mn rigt og S svagt).

vi faar da et udgangsmateriale, der bestaar af:

Si m. eller = 1,3%, S m. eller = 0,04%, P m. eller = 0,3%
og Mn ca. = 2,3%.

vi maa ikke have større Si indhold, da dette vilde angribe foret, og vi maa heller ikke have Si indholdet meget mindre, da slaggen da bliver for sejt. Mn indholdet maa være 1% større end Si indholdet, og dette store Mn indhold forhindrer dannelsen af ilter, i for stort omfang.

processen forløber i tre afsnit:

1. udgangsmaterialerne smeltes i ovnen.
2. kogning af det smeltede materiale.
3. fjernelse af de eventuelt dannede ilter.

1. (varighed ca. 1 time).

udgangsmaterialet anbringes paa herden, saaledes at 2/3 af staa-affaldet anbringes nederst, ovenpaa dette anbringes halvdelen af raajernet, herefter 1/3 staaaffald, og endelig resten af raajernet. ovenpaa alt dette anbringes til slaggedannelse 10% CaCO₃ eller 5% CaO, ved tilsætning af CaO, kan vi imidlertid tilføre S til staalet, og vi maa derfor ikke anvende CaO, naar dets indhold af S er større end 0,05%.

2. (varighed ca. 3 - 4 timer).

den varme luft ledes hen over det smeltede bad, herved begynder bortbrændingen af de forskellige materialer, og ved denne stærke iltning kommer badet efterhaanden i kog. denne kogning kan fremskyndes ved tilsætning af jernilter.

naar C indholdet er faldet til 0,3% begynder først bortbrændingen af P. vi maa altsaa afkulle meget langt ned, og vi faar til sidst forbrændt jern. (ubrugeligt materiale).

inden vi stopper processen, tager vi en prøve, der smedes ud og knækkes, saa vi kan godtgøre om P indholdet er saa lavt, som vi ønsker det.

vi har paa dette tidspunkt en sammensætning som:

C 0,09%, Si 0,01%, S 0,03%, P 0,02% og Mn 0,2%.

vi har altsaa faaet sænket P indholdet, men samtidig har vi faaet bortbrændt for meget C, saa vi maa opkulle igen.

3. afiltningen.

slaggen fjernes for at P ikke skal gaa tilbage i materialet, og vi tilsætter ferromangan. hvis vi ønsker at opkulle samtidig med afiltningen, tilsættes spejljern.

efter den basiske proces' afslutning, regner vi med, at ca. 8% af udgangsmaterialet er forsvundet.

elektrostaal.

elektrostaalet er et rafineringsprodukt, der fremstilles af andet staal, eller meget P fattigt raamateriale.

ovnforet i elektroovnen er i reglen basisk, for at vi kan

faa fjernet P indholdet.

inden vi foretager en staalfremstilling i elektroovnen, maa denne efterses. vi fjerner slagge fra tidligere smeltninger, samt jernrester, hvis saadanne findes, endelig repareres ovnen, hvis det er nødvendigt.

til reparation af bunden anvendes:

magnesit + 4% SiO_2 + Fe_2O + CaO

til siderne:

magnesit + 10% staalværkstjære + 10% vandglas + SiO_2 .

naar ovnen er repareret tørres den, idet vi danner en lysbue i nogle koks. herefter tilsættes materiale med tilslag af CaO , idet vi sørger for at faa anbragt et stort stykke materiale under elektroderne for ikke at faa ødelagt bunden.

naar materialet er nedsmeltet rører vi rundt i det, der danner sig nemlig en sejj hinde, som først smelter rigtigt i bueomraadet.

bortbrændingen fremmes ved tilsætning af jernilter (hammer-skel) og der dannes herved en slagge, som fjernes inden vi fortsætter med processen.

herefter opkulles ved tilsætning af antrasit eller elektrodekul, og tilsætningen er gerne 6% C, der tilsættes sammen med 6% tilslag bestaaende af CaO + SiO_2 , herved gaar S i forbindelse med CaO , under dannelse af CaS , der fjernes som slagge, og materialet er færdigt.

3. udsmeltning af andre metaller.

til metalstøbning anvendes dels raamateriale og dels affald, der maa sorteres saa godt vi kan.

valset og trukket materiale er nogenlunde rent.

vi inddeler vore udgangsmaterialer i tre grupper:

1. de farvede metaller (Cu legeringer)
2. de ufarvede legeringer (Cu legeringer med stort indhold af andre metaller, de letsmeltelige metaller og de lette metaller).
3. raamaterialerne som de købes.

Cu. Cu. dette købes i barre med en renhed større end 99%. vi regner Cu for urent, naar Cu er mindre end 97%, der findes amerikansk Cu med 99,9% Cu, dette anvendes til elektriske ledninger.

99% Cu anvendes til smedning og valsning, og 97% til støbning.

Ni. købes som terningenikkel med 97% Ni.

Pb. faas i blokke med 99,9% Pb, og dette kaldes blødt bly, medens haardt bly er Pb + Sb.

Sn. faas ligeledes i blokke. navnene hentyder til minerne (banka tin, cornworl tin). endvidere har vi elektrolyttisk tin. undertiden træffer vi navnet lammetin, der i tidligere tid var garanti for tinnets renhed. det bedste tin har et indhold af 99,75% Sn.

Zn. faas i flade blokke med 98% Zn.

Sb. købes i ret svære blokke, og for at kende disse fra lignende metaller, er de forsynede med et mærke, der forestiller et bregneblad eller en stjerne.

Al. faas i to kvaliteter i blokke, den bedste med 99% Al anvendes til valseprodukter, og den mindre gode med 98 - 99% Al anvendes til støberibrug.

Mg. faas ligeledes i blokke med to kvaliteter. 99,58% Mg og 99% Mg. endvidere faas Mg til afiltningmiddel i form af stænger.

affaldet.

det bedste affald er fra vor egen virksomhed, da vi gerne kender sammensætningen, resten maa sorteres omhyggeligt efter de tidligere nævnte grupper.

spaaner og sprøjtemetaller (stænk) er daarlige materialer, og anvender vi saadanne, maa vi sørge for at faa fjernet eventuelle

Fe partikler. dette gøres under alle omstændigheder, og til fjernelsen anvendes en magnet.

daarlige materialer er ogsaa: metalholdigt slibestøv, digelrester og slagger.

tilsætningsstofferne.

disse anvendes kun som afiltningsemidler.
 letsmeltelige legeringer afiltet med Mg.
 til tungtsmeltelige tilsættes P i form af fosforcobber, eller en legering af Cu, Sn, P, der smelter ved 625 grader.
 til bronze og messing tilsættes mindst 0,2% af en 10%-tig P holdig fosforcobberlegering, og til rødgods tilsættes mindst 0,3% af samme legering.
 undertiden tilsættes dog større mængder af afiltningsemidlerne, saaledes tilsættes ved nedsmeltning af nysølv ca. et par procent (15%tig P holdigt PCu)
 til lejemetaller tilsættes 3½ procent 10%tig PCu.
 PCu opløses ret hurtigt i badet, ved omrøring med en grafitstang, og tilsætningen foretages først lige, inden vi støber.
 SiCu og MnCu benyttes kun i ringe grad som afiltningsemidler, da der skal tilsættes større mængder. vi anvender disse, naar P har en skadelig virkning paa materialet, f.eks. tilsættes SiCu til ledningsmateriale og MnCu til stægbolte til fyrcasser.
 PSn, der tilsættes før udstøbningen, anvendes undertiden ved omsmelting af pandemetaller, og vi tilsætter 5% PSn med 5% P.
 til de lette metaller anvendes rent Mg som afiltningsemiddel, og undertiden rent Al. MgO har vægtfylden 3,5 og findes som dråber i materialet, medens Al₂O₃, der har vægtfylden 3,85, lejlighedsvis som knolde i materialet.

Smeltningen.

smeltningen foretages som reglen i digler, undtagelsesvis i flamme og elektroovne, og meget sjældent i cupolovne.
 til nedsmeltning af Sn og Pb anvendes jerndigler, og undertiden nedsmeltes ogsaa Al og Zn i jerndigler, men vi maa da erindre, at Al og Zn opløser en del Fe fra diglerne.
 til tungere smeltelige metaller som Cu og Ni anvendes lerdigler eller grafitdigler. disse digler maa tørres omhyggeligt, da den første smeltning gerne agere branding af diglen.
 hvis den legering, vi ønsker at nedsmelte, indeholder lige letsmeltelige bestanddele, tilsættes de alle til diglen paa en gang. indeholder legeringen derimod baade let- og tungtsmeltelige bestanddele, smeltes de tungtsmeltelige dele først, og herefter tilsættes de mere letsmeltelige, for ikke at faa en unødvendig overhedning af de letsmeltelige dele.
 undertiden ændres denne orden dog noget, naar et af materialerne ikke kan taale saa stor overhedning som et andet, til trods for at det første har højere smeltepunkt. saaledes gaar det med en legering af Cu, Sn, Zn. Cu smeltes først, og herefter tilsættes Sn og til sidst Zn. Zn har højere smeltepunkt end Sn.

smeltning i ovne.
 naar vi benytter ovne til metalsmeltning, maa ovnene opvarmes, inden vi tilsætter metallerne. skal vi tilsætte materialer, maa disse ogsaa forvarmes, men det er for at faa fjernet eventuelle H₂O hinder, da disse vilde omdannes til H₂O damp, der vilde fremkalde eksplosioner i materialet. i lighed med dette forvarmes lejer til 200 grader, inden vi støber nyt metal i, da arbejderen i modsat fald vilde faa det smeltede metal i hovedet.
 naar vi skal fremstille messing maa Cu forvarmes til 1500 grader, inden Zn tilsættes. paa grund af denne høje Cu temp. maa vi regne med et tab paa 3% Cu.
 naar vi forvarmer et tilsætningsstof skyldes det at tilsætningsstoffet i kold tilstand vilde afkøle vort bad for meget. en undtagelse herfra er afiltningsemidlerne, som tværtimod opvarmer vort bad, ved den opstaaede iltning af materialet.

foruden de ilter, der dannes i materialet ved tilsætning af afiltningsemidlerne, vil luftens ilt forsøge at danne ilter paa overfladen. under alle omstændigheder vil vi søge at fjerne disse ilter eller forhindre deres dannelse i for stort omfang.

smelter vi i digler dækker vi overfladen med savsmuld eller slaggelag, i flammeovne dækker vi ligeledes med slaggelag, og i elektroovne ligeledes med slaggelag, der giver en regelmæssig fordeling af varmen.

saaledes forhindre vi paa bedste maade iltningerne paa overfladen. de ilter, der engang er dannet i materialet, vil vi forsøge at fjerne, og dette sker ved tilsætning af de saakaldte flusmidler (flydemidler), der har til opgave at opløse de dannede ilter og gøre dem letflydende, saa de kan stige op i slaggen.

flusmidlernes kogetemp. maa ligge højere end legeringens smeltetemp., og de maa ikke angribe ovnvæggene eller lign.

selv om vi anvender flusmidler, vil der alligevel være en del ilter tilbage i materialet, og disse vil findes i det størknede materiale som smaa partikler.

ved nedsmeltning af Pb anvendes Fe_2O_3 , som flusmiddel.

til de letsmeltelige metaller anvendes undertiden chlorider, som flusmidler, saaledes anvendes ZnCl_2 , der smelter ved 250 grader og koger ved 730 grader. vi maa dog anvende disse chlorider med varsomhed, f.eks. ved nedsmeltning af Al. vilde vi her benytte ZnCl_2 , vilde Zn udskille sig og agere følgestof i legeringen. vi kunde her anvende NaCl , der smelter ved 780 grader og koger ved 1490 grader.

endelig anvendes ogsaa silicater, der tilsættes i elektroovnen i form af glasskaar. imidlertid er anvendelsen af disse ikke altid god, da smeltetemp. som reglen ligger for højt.

til tungtsmeltelige legeringer anvendes boraks, som flusmiddel. boraksen købes med krystal H_2O , men dette forsvinder hurtigt ved tilsætningen; det H_2O frie boraks smelter ved 960 grader og koger ved meget høj temp. boraks er imidlertid dyrt og anvendelsen er derfor ret begrænset.

undertiden anvendes flusspat til flusmiddel, dette giver en meget letflydende slagge.

Legeringsberegninger for udstøbning af metaller.

disse beregninger udføres ikke med saa stor nøjagtighed, som ved beregning af støbejernslegeringer.

vi anvender rene stoffer og affald, der omstøbes i blokke og analyseres, saa vi kender deres indhold.

vi vil fremstille rødgode med sammensætningen:

85% Cu, 7,5% Zn, 6,5% Sn og 1% Pb.

under nedsmeltningen vil der bortbrænde 1% Cu og 1% Zn; vi skal altsaa anvende:

86% Cu, 8,5% Zn, 6,5% Sn og 1% Pb.

vi tilsætter PCu i en saadan mængde, saa vi faar 1% Cu.

1% P forsvinder.

vi benytter 25% affald med sammensætningen (66% Cu, 28% Zn, 4% Sn og 2% Pb), dette giver:

14% 7,0% 1,0% 0,5%

vi tilsætter det manglende med rene stoffer:

71% 1,5% 5,5% 0,5%

86% Cu, 8,5% Zn, 6,5% Sn og 1% Pb.

dette nedsmeltes i ovnen, og vi faar den ønskede sammensætning.

8. afsnit.

M a t e r i a l u n d e r s ø g e l s e r.

vi bliver tit stillet overfor et eller andet materiale, og skal afgøre, hvad det er for et materiale. for at gøre dette, maa vi have forskellige hjælpemidler til vor raadighed.

hvis vi vil kende den absolutte sammensætning, maa vi lade en kemiker foretage en analyse af materialet, men dette er i de fleste tilfælde ikke nødvendigt, naar vi kun ønsker at godtgøre, om materialet f.eks. er staal eller et eller andet metal, eller om det f.eks. er støbt, smedet eller valset materiale.

et af de bedste hjælpemidler, vi har til vor raadighed, er vort syn. ved hjælp af dette godtgør vi først, om det materiale, vi skal undersøge, hører hjemme indenfor det, vi almindeligvis kalder jern eller det er et andet metal.

1. materialet er hjemmehørende under jern.
2. materialet er hjemmehørende under metallerne.

1.
naar vi har godtgjort, at materialet er hjemmehørende under 1, maa vi afgøre, om det er staal, støbejern eller eventuelt staalstøbegods.

som reglen kan vi altid ved syn skønne, om materialet hører hjemme under de støbte materialer eller det er staal, hvorimod det er ret vanskeligt at afgøre, om det er staalstøbegods eller alm. støbejern.

et andet hjælpemiddel er en drejeprøve: paa spaanerne vil vi hurtigt kunne afgøre, om materialet er støbt eller det er staal. spaanerne af støbejern er pulverformede, medens staa spaanerne som reglen er mere eller mindre sammenhængende.

endvidere kan vi ved hjælp af brududseendet ret nemt afgøre, hvor materialet er hjemmehørende. er brududseendet mørkt paa grund af et indhold af grafit, er vi ikke i tvivl om, at materialet er støbejern.

naar vi har bearbejdet materialet f.eks. ved drejning eller høvlning, vil materialet, hvis det er staal, være glat og fri for utætheder, hvis det er støbt, vil vi hurtigt opdage disse utætheder.

som vi har set, har vi mange hjælpemidler til vor raadighed ved bestemmelsen af staal eller støbte dele. det er derimod vanskeligt at bedømme, om det er alm. støbejern, perlitgods, eller staalstøbegods. perlitgodset og staalstøbegodset er de vanskeligste materialer at skelne fra hinanden.

ved en vrideprøve udskiller vi hurtigt det alm. støbejern. perlitgodset i form af en fladjernstang kan vrides 180 grader omkring sin længdeakse, hvorimod det alm. støbejern knækker, hvis vi forsøger at vride det saaledes.

staalstøbegodset kendes i reglen fra perlitgodset ved en mere blank og tæt overflade i bearbejdet tilstand, og perlitgodsets udseende i ubearbejdet tilstand kan undertiden hjælpe os, idet vi erindrer, at perlitgodset er støbt i ægte forme, og derfor har en pæn blank overflade.

en neddrejning til den mindst mulige dimension vil kunne godtgøre, om det er alm. støbejern eller perlitgods vi har med at gøre. perlitgodset kan omtrent neddrejes til samme dimension som staal, medens alm. støbejern paa grund af den mindre sejghed hurtig vil knække, naar vi naar ned paa de smaa dimensioner.

naar vi paa ovennævnte maade har godtgjort, at det materiale, vi undersøger, er staal, kommer en nøjere undersøgelse af, hvad for en art staal det er.

haardheden af materialet er et af de bedste hjælpemidler, vi har til vor raadighed, og denne undersøges paa forskellige maader. vi maa dog her passe paa, at det materiale, vi undersøger, ikke er hærdet, og vi foretager derfor først undersøgelsen efter en omhyggelig udvarmning.

vi kan herefter afgøre om materialet er blødt staal eller haardt staal (C st. 0,1) ved en hærdeprøve. er det blødt staal, vil vi efter hærningen let kunne bøje materialet, medens dette ikke lader sig gøre, hvis staalet er haardt.

ved en drejeprove kan vi konstatere, om staalet har over eller under 0,35% C. er C = ca. 0,35% faar vi en meget blank overflade, medens vi i de to andre tilfælde faar en mere ru overflade.

endvidere kan vi ved en boreprøve konstatere, om staalet er meget haardt, eller det er meget blødt.

endelig kan vi bedømme haardheden nogenlunde ved en gnistprøve. 0,15 staal giver meget lange gnister i et lodret plan. 0,30 staal giver ligeledes lange gnister i et lodret plan, men længden er dog nævneværdig kortere end 0,15 staalets. 0,50 staal giver kortere gnister, og disse holder sig ikke i den lodrette plan, men begynder at sprede sig.

ved en gnistprøve kan vi ogsaa afgøre, om det materiale, vi undersøger, er alm. staal, hurtigstaal, skæremetal eller støbejern. alm. staal giver gnister som de tidligere omtalte, hurtigstaal giver meget korte, rødlige gnister i spredt vifte, skæremetal giver næsten ingen gnister, og støbejern giver gnister som alm. staal, blot er de mere rødlige, og i grænsezonen indtræder smaa eksplosioner.

haardheden kan endelig prøves med et brinell eller rockwell-prøveapparat, hvis et saadant er til vor raadighed.

endelig kan vi tit blive udsat for at afgøre om et materiale er hærdet eller indsat, og dette kan konstateres ved en knækkeprøve; det indsatte materiale vil bøjes en del, inden det knækker, medens det hærdede materiale vil knække uden nogen væsentlig formforandring.

naar vi har afgjort, om materialet er hærdet eller indsat, kan vi i tilfælde af, at det er indsat, afgøre, om det er carbideret eller nitrideret, ved hjælp af en gnistprøve; det nitriderede lag vil give gnister lignende hurtigstaalets, blot en del kraftigere, medens det carbiderede lag vil give gnister, som vi kender dem fra alm. C staal.

2.

den store mængde af forskellige legeringer, vi under 2 kan blive udsat for, gør, at det er meget vanskeligere for os at bestemme, hvor de forskellige materialer er hjemmehørende.

ved hjælp af vort syn afgør vi først om materialet er farvet eller ufarvet.

a. farvet: materialet indeholder Cu:

det kan være bronze eller messing.

b. ufarvet: tunge eller lette legeringer.

a. vi konstaterer om det er messing eller bronze, ved at opvarme materialet, er det messing vil Zn + O danne hvide dampe, medens bronze ikke vil vise noget tegn herpaa. vil vi kende den korrekte sammensætning, er der ikke andet at gøre end at foretage en analyse.

b. de ufarvede metaller er vanskeligere at skelne fra hinanden, naar vi ikke straks af vægten kan afgøre om det er en Al legering eller en Sn + Pb legering.

lejemetaller er altid meget tunge, og disse udskiller vi derfor temmelig nemt, medens vi vanskeligt kan godtgøre, om det er silumin, elektron eller en anden Al legering, hvis vi har afgjort, at materialet hører hjemme under Al legeringerne.

silumin kan vi i reglen kende, da det er meget vanskeligt at bearbejde, vi vil saaledes næsten ikke kunne dreje i det.

loddetin kendes i reglen paa formen, men denne siger intet om kvaliteten, denne kan vi imidlertid bedømme ved en bøjeprove.

er det omtrent rent tin kan vi tydelig høre en knitren, der opstaar, naar de enkelte krystaller trykkes mod hinanden. denne knitren bliver svagere og svagere des mere Pb loddetinet indeholder, og den er lige hørlig, naar vi har 1/3 Sn og 2/3 Pb, og denne sammensætning ønsker vi, naar vi vil have godt loddemetal.

metallografiske undersøgelser.

de tidligere omtalte metoder til klassificering af de forskellige materialer, giver i de fleste tilfælde ingen oplysning om materialets indhold af de forskellige stoffer. ønsker vi dette kan vi som tidligere omtalt lade en kemiker foretage en analyse af materialet, eller vi kan foretage en metallografisk undersøgelse.

fremstilling af mikropreparater.

vi udskærer et lille stykke af det materiale vi ønsker at undersøge. det lille stykke slibes plant og poleres, paa dertil indrettede polerskiver. vi polerer først paa smergel No. 2, herefter paa No. 1, No. 00, No. 000, og til sidst paa en filtskive med polermiddel.

smergellæret er paaklæbet paa støbejerneskiver med en blanding af 30 dele voks og 8 dele harpiks, og 6 dele veneziansk terpentint, polermidlet er gerne pulveriseret lerjord.

hvis det er et hardet emne, vi undersøger, maa vi ved poleringen passe paa, at emnet ikke anløbes, da vi herved faar en strukturændring.

efter poleringen foretages en ætsning af materialet, og vi ætser gerne med en blanding 4% HNO_3 og 96% $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. vi skelner herefter de forskellige bestanddele fra hinanden efter farven af de dannede ilter eller efter hvor meget de forskellige dele er angrebet.

naar emnet er ætset dyppes det i rent $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, og tørres omhyggeligt i filterpapir, vi maa ikke aftørre emnet, da vi herved nemt kan komme til at aftørre en del af ilterne.

de forskellige bestanddele i staal angribes mere eller mindre af den omtalte ætsevædske, men ferrit og Fe_3C angribes ikke.

vi kan kende forskel paa disse to bestanddele ved at ridse i materialet med en meget spids naal. vi kan ridse i det rene Fe, men meget vanskeligt i Fe_3C . bedre er det dog at ætse en gang til, men denne gang med pikrinsyre, da denne angriber Fe_3C , men ikke Fe.

efter den omtalte behandling af materialet vil vi faa:

1. ferrit.

har vi undersøgt staal med meget lidt C, vil vi faa et billede af rent ferrit, der viser sig som ret store, klare krystaller med skarpe korngrænser.

2. staal med 0,5% C. ferrit og perlit.

i mikroskopet ser vi et finkornet materiale bestaaende af et klart net af ferrit, og mørke felter af perlit.

3. staal med 0,9% C. lammelar perlit.

de lyseste lameller er ferrit, og de mere mørke er Fe_3C .

4. staal med 1,3% C. perlit og austenit.

vi ser en lys austenitgrundmasse med mørkere korn af perlit.

5. ledeburit. 4,3% C.

vi ser en lys grundmasse bestaaende af Fe_3C , og i denne er lejrret austenitkorn, med svage korngrænser. austenitkornene har et C indhold paa 1,7%, og ser vi lidt nøjere paa et saadant austenitkorn, vil vi se at austenitten har spaltet sig i Fe_3C og perlit.

6. støbejern med under 4,3% C.

vi har en grundmasse af Fe_3C , og i denne spaltet austenit, saa helhedsindtrykket bliver: Fe_3C grundmasse med perlitkorn.

7. over 4,3% C, spejljern.

vi ser lange lyse Fe_3C krystaller beliggende i ledeburit grundmasse.

8. hvidt raajern over 4,3% C.

Fe_3C grundmasse med austenit. i austenitten har vi sekundært udskilt Fe_3C i lange tynde naale.

(sammenlign rene Fe - C legeringer 1, side)

naar vi under normale omstændigheder ser paa et eller andet støbejernsømne, maa vi huske paa, at vi altid har større eller min-

dre mængder af frit grafit, der viser sig som meget mørke partier. endvidere kan vi have en del følgestoffer, der gerne giver farvede partier.

9. perlitgods med 3,15% C, 1,1% Si og 0,75% Mn.

vi ser tydelig perlitstrukturen, og i denne smaa farvede partier, og endelig de mørke grafitkrystaller. (aflange).

vi har set, hvorledes vi af et mikropreparat kan afgøre, hvilke stoffer vi har i et forelagt materiale.

af mikropreparaterne kan vi ogsaa afgøre, hvilken varmebehandling materialet har været underkastet.

10. staal med 0,9% C.

har dette været opvarmet til ca. 800 grader har vi faaet kugleformet perlit.

11. staal med 0,5% C.

a. alm. omstændighed. meget finkernet. (se 2).

b. opvarmet til 900 grader, kornene er paa grund af coalescensen vokset til over den dobbelte størrelse.

c. opvarmet til 1500 grader, kornene er vokset yderligere, og vi har faaet en strukturændring. (withmann-statischstruktur).

d. efter bearbejdning ved 900 grader slaas kornene i stykker, og vi faar struktur som under a. denne kunde vi ogsaa have opnaaet ved en udvarmning til ca. 800 grader og en hurtig afkøling.

12. staal med 1,3% C efter hardning.

vi ser en lys grundmasse bestaaende af austenit, og i denne sorte naale af martensit.

13. staal med 0,5% C. opvarmet til 1000 grader og afkølet i H_2O . vi ser ren martensitstruktur.

14. staal med 0,5% C. opvarmet til 850 grader, og afkølet i H_2O til 600 grader, resten i luften, viser meget fine korn, sorbitstruktur.

15. staal med 0,5% C. opvarmet til 1000 grader og afkølet i H_2O til 250 grader, resten i luften.

vi ser en lys grundmasse af martensit, og sorte partier bestaaende af troosit.

9. afsnit.

Opvarmning og afkøling.

frembringelse af varmemængder.

naar vi har brug for varmemængder, drejer det sig i reglen om at tilføre en bestemt mængde varme til en bestemt mængde materiale. den varmemængde, vi skal tilføre en bestemt mængde af materialet for at opnaa en bestemt tilstand, kalder vi nyttevarmen, men denne mængde er i reglen ikke nok for at opnaa den krævede tilstand, da der sædvanligvis gaar en del varme tabt til opvarmning af omgivelserne. vi maa altsaa sørge for at frembringe saa stor en varmemængde, saa vi til trods for tabet faar materialet i den tilstand, som vi ønsker.

vi frembringer varmen ved forbrænding af brændsel eller ved omdannelse af elektrisk energi til varme.

den sidste metode er dog i reglen for dyr at benytte, naar vi ikke har naturlige kraftkilder til frembringelsen af elektriciteten, og vi anvender den derfor kun, naar vi ønsker et eller andet specielt. f.eks.:

1. naar vi ønsker en let regulerlig varme.

2. ved anvendelse af elektroovne kan vi undgaa de almindeligvis ved de høje temp. frembragte iltninger af materialet, og undertiden kan vi endog arbejde med reducerende atmosfære.

2. drejer det sig om at frembringe meget høje temp., bliver alm. brændsel for uøkonomisk, og vi anvender derfor elektroovnen.

en anden metode til frembringelse af meget høje temp. er ved forbrænding af en del af selve materialet, til faste eller flydende ilter, men under normale omstændigheder betaler det sig daarligt, vi bortbrænder derfor kun, naar vi ønsker meget høje temp., uden at anvende elektroovne, og naar vi bortbrænder, maa vi altid sørge for at have overskud af det materiale, vi brænder bort f.eks. Si.

forbrændingen foregaar i reglen kun ved hjælp af alm. atm. luft. vi anvender kun ilt, naar vi ønsker lokaliserede, høje temp. f.eks. ved autogensvejsning.

naar vi vil frembringe en forbrænding, maa vi altsaa anvende luft, der er den egentlige varmebærer, men tillige det element, der bortfører varme som tab, og for at faa dette tab saa lille som muligt, lader vi forbrændingen foregaa imellem varmeisolerende vægge, og vi kommer paa denne maade til at tale om ovnene, som vi inddeler i direkte og indirekte ovne:

direkte: materialet er i berøring med brændslet, røgluften eller lignende.

indirekte: muffelovne, digelovne eller lign.

ved fremstillingen af ovnene, maa vi stille os selv det spørgsmaal, hvordan skal vi fremstille ovnvægge, der kan taale de høje temp. vi anvender mere eller mindre ildfaste materialer

vi kommer altsaa i dette afsnit til at omtale: brændslet, forbrændingen, ovnbygningen o.s.v.

1. brændslet.

vi inddeler brændslet i:

- a. fast brændsel.
- b. luftformigt brændsel.
- c. flydende brændsel.
- d. selve materialet.

a. fast.

disse brændsler kan være: træ, tørv, brunkul, stenkul, antrasit, og de kunstige brændsler trækul og koks.

de naturlige brændsler bestaar alle af mere eller mindre C, som i træ findes i form af $C_6H_{10}O_5$ og i antrasit som omtrent rent C. under omdannelsen fra træ til antrasit spaltes efterhaanden $C_6H_{10}O_5$ ved udskillelse af gasser og syre f.eks. humosyre, og tilsidst har vi det rene C tilbage. under omdannelsen stiger de forskellige brændslers brændværdier saalænge, der bortgaar O.

naar vi har brændt et eller andet af brændslerne, vil vi altid have en del aske tilbage, og denne bestaar af de ikke brændbare uorganiske bestanddele af brændslet. asken spiller en stor rolle for os, da dens cindringstemp. har overmaade stor betydning.

under omdannelsen fra træ til antrasit ændrer asken karakter, idet træets aske er basisk (indhold af kali) og stenkullenes aske er sur (indhold af SiO_2). under denne omdannelse stiger endvidere askens smeltepunkt fra min. til max.

benytter vi et af de første omdannelsesprodukter, vil vi altsaa have en slagge med en lille cindringstemp., og den smelter derfor forholdsvis let. det beskyttende slaggelag smelter bort i smaa partikler, og vi risikerer at faa store iltninger af materialet.

de forskellige sorter kul inddeler vi efter deres cindringstemp. for asken.

cindringstemp. 600 - 700 grader.

disse sorter anvendes ikke saa meget til metalogiske ovne.

cindringstemp. 12 - 1400 grader.

disse sorter har den største anvendelse.

cindringstemp. over 1400 grader.

disse sorter er under normale omstændigheder for dyre.

vi anvender ikke saa meget de tre første omdannelsesprodukter, da brændværdien er for lille i forhold til rumfanget. vi anvender derimod, som det ogsaa fremgaar af cindrings-temperaturerne, unge kul med forholdsvis lav brændværdi og lang flamme.

mat.	Hø. pr.kg.	flygt. best.	%H ₂ O	% aske.	m L	m R.	anttemp.
træ	4200	70%	25%	3,5%	3,4	4,2	300 gra.
tørv	4600	60%	35%	6%	3,2	4,0	300 gra.
brunk.	5200	40%	30%	7%	4,4	5,0	350 gra.
stenk.							
ikke b.	6200	38%	25%	3,5%	5,2	6,0	
bagen.	8000	30%	3,5%	7%	7,8	8,3	
halv b.	8300	16%	2%	8%	8,3	8,6	400 gra.
tørre	8350	10%	3,4%	11%	8,5	8,8	550 gra.
antras.	8400	1%	2,8%	7%	8,7	8,9	6-700 gra.

kunstige brændsler.

trækul	7900		3%	1%	8,2	8,4	400 gra.
koks.	7950		1%	8,5%	8,0	8,2	700 gra.

foruden disse indhold, har vi altid et indhold af S, der for de naturlige brændsleres vedkommende kan variere fra 1 til 6%, medens de kunstige brændsler aldrig indeholder mere end 1% S.

vi kan faa kul i harpet eller uharpet tilstand samt i forskellige størrelser.

de uharpede kul anvendes ikke til vore ovne, da smuldet kan lukke eller stoppe for trækket. de harpede kul, hvor smuldet altsaa er sorteret fra, anvender vi derimod, og de gaar i handelen i følgende størrelser:

hele	større end 80 mm.
knuste	fra 50 til 80 mm.
nødde	- 30 - 50 mm.
--	- 15 - 30 mm.
smaa	- 6 - 30 mm.
smuld	mindre end 6 mm.

som omtalt anvender vi ikke kul med et indhold af smuld, men dette anvendes til fremstilling af kulstøv, der anvendes til de saakaldte kulstøvsfyr. naar smuldet er knust skal størrelsen være saa 75% er under 0,02 mm i størrelse; denne fordring stilles, for at kulstøvet kan holde sig svævende, og

hertil maa vi anvende en lufthastighed paa 10 m. vi maa heller ikke anvende større hastighed, da dette vilde bevirke, at vore ovne for hurtigt bliver forbrændt. kulstøvsskyen er nemlig at sammenligne med gas, og den brænder paa samme maade.

det smuld, vi anvender til kulstøv, maa ikke have en fugtighedsprocent større end 6, da støvet i modsat fald vil blive hængende i vore knusevalser.

træ, tørv og brunkul har som omtalt ikke saa stor betydning for os, dog anvendes træ til optænding, naar vi ikke anvender tændeblomme.

Ikke bagende stenkul er dyre, og vi anvender dem saa at sige ikke. disse kul anvendes i porcelainsindustrien.

de bagende stenkul benyttes ikke til vore ovne, da askens cindringstemp. er temmelig lav. disse kul anvendes derimod til gasfremstilling, og undertiden som smedekul til vore esser. endvidere anvender vi undertiden disse kul i pulveriseret tilstand som tilsætning til støbesand.

de kul, vi anvender som smedekul, skal være S og askefattede, og saadanne kul har en blank, dyb, sort overflade; er kulene matte, skyldes dette et stort askeindhold.

de halvbagende kul anvender vi til vore ovne.

antrasitterne er for dyre som brændsel, og de anvendes blandt andet til fremstilling af elektrodekul.

de tørre kul anvendes som brændsel i krigsskibe.

trækul fremstilles ved opvarmning af træ uden lufttilførsel, og trækullet er et meget rent og S fattigt brændsel med en traadet, stor overflade, der opsuger alle de luftarter, der kommer i nærheden af det, derfor anvender vi trækul, naar vi ønsker at opvarme et eller andet materiale, uden at faa dette iltet. trækullet brænder ved forholdsvis lav temp., og vi anvender det, naar vi opvarmer staal til hærkning i esse.

koks er det brændsel, vi benytter mest, da det er mere S fattigt end kul.

gasværks-koks fremstilles af bagende stenkul, og er derfor meget løse og porøse. dette brændsel er glimrende til fyring i kakkelovne.

de koks, vi benytter i vore ovne, er fremstillet af halv bagende stenkul (i dette tilfælde er det koksene, der er hovedproduktet, medens gasværkskoksene er et biprodukt.

de koks, der er fremstillet af de halvbagende stenkul, kalder vi for det meste for cinders.

cinders skal have metalklang og en styrke af 0,8 kg/mm. askeindholdet skal være mindre end 10%, og S-indholdet mindre end 1%.

der findes engelske cinders med et S-indhold mindre end 0,6%, men disse er forholdsvis for dyre, og vi anvender for det meste westfalske cinders med et noget større S-indhold.

naar vi modtager en sending cinders, har det betydning for os, at vi kan se paa dem, om de er gode eller daarlige. vi har omtalt, at de skal have metalklang. endvidere skal de have en dyb graa farve, og de maa ikke indeholde mørke (sorte) Pletter, da dette kan være indhold af FeS (altsaa S).

b. luftformige.

de luftformige brændsler kalder vi som reglen for gasser: alm. gas, acetylen o.s.v.

mat.	Hø pr. m.	m.L.	m.R.	antændelsestemp.	
naturg.	8700	13	14		
bygas.	4700	5,5	6,2	600 gra.	{af bagende k.} {af halvb. k.}
koksovnsg.	4200	5	5,5		
H ₂ O gas	2600	2,7	3,5		
generator					
gas	1200	1,4	2,5	700 gra.	
højovnsgas	860	0.84	1.9		

de naturlige gasser har kun lokal betydning.

bygassen har kun betydning for mindre anlæg f.eks. smaa hærdeovne. gassen har i alm. ledninger et overtryk paa 50-60 mm/H₂O, og naar vi sørger for ikke at faa større trykfald end 10 mm/H₂O fra ledning til hane, vil vi faa en udstrømnings-hastighed paa ca. 7/100.d m/sek, naar d er maalt i mm.

generatorgassen har meget stor betydning, og anvendes baade som brændsel til ovne og som gas til gasmotorer.

c. flydende.

naturlige petroleums arter.

raaolie (afrensningsprodukt fra olie; destilater benzin og alm. petroleum) raaolie anvendes som brændsel i mange smaa ovne.

tjæreolie (afrensningsprodukt fra tjære; destilat benzol). C₃H₅OH anvendes undertiden til meget fine lodninger.

ved 4 - 5 grader bliver vore olier meget trøge, og de løber derfor svært i vore ledninger. vi maa derfor sørge for opvarmningsbeholdere. opvarmningsbeholderen til tjæreolie er gerne anbragt lige over den ovn i hvilken den skal anvendes, da denne olie er den mest trøge ved lav temp.

mat.	Hø.pr. kg.	m ³ L	m ³ R
amrk. raaolie	10300	11,2	12,2
russisk -	10400	11,6	12,6
rumænsk -	9600	11,0	11,5
massut -	10500	10,6	11,8
tjæreolie	8300	9,6	9,8

den senere tids udvikling har indført oliefyring mange steder, og særlig til smaa ovne, der ikke gaar i stationær drift.

til meget smaa ovne anvender vi som omtalt bygas som brændsel.

til lidt større ovne anvender vi olie som brændsel.

til meget store ovne anvender vi kulstøv som brændsel.

d. materialet.

naar vi anvender selve materialet som brændsel, faar vi udviklet en god varme, men som tidligere omtalt betaler vi denne varme dyrt. ser vi paa den mængde varme, vi faar udviklet i cupolovnen, stammer en stor del af den fra bortbrændingen af Si, Mn og Fe. des mere vi brænder bort af disse stoffer des mindre alm.brændsel skal vi anvende, man kunde derfor fristes til at spare paa koks-bunken, men det vilde være en daarlig økonomi, da det saa i særlig grad gaar ud over Fe mængden. vi anvender derfor altid 9% koks, da denne mængde giver en bortbrænding, vi kan være tjent med.

brændværdierne for de forskellige materialer er størrelser, vi ikke saa godt kan stole paa.

mat.	Hø pr. kg.	forbrændingsprodukt.
Al	7140	Al ₂ O ₃
Mn	1725	MnO
Fe	1350	FeO
Zn	1315	ZnO
Sn	1150	SnO
P	6500	P ₂ O ₅
Si	7830	SiO ₂

bortset fra Al er metallernes varmeindhold ikke overvældende, og vi har derfor ikke saa stort udbytte af at bortbrænde disse, derimod giver metalloiderne en udmærket varme.

2. forbrændingen.

de brændbare bestanddele af brændslet forbrændes (iltes) og de ikke brændbare bestanddele bliver tilbage som aske. den til forbrændingen nødvendige ilt faas fra luften (21% O), og under forbrændingen frigøres de i brændslet bundne kgeal, og vi faar udviklet varme.

1 kg. rent C	forbrænder til	CO ₂	under udvikling af	8100 kgo.
1 kg. - S	-	SO ₂	-	2200 -
1 kg. - H	-	H ₂ O	-	2100 -
1 kg. - C	-	CO	-	2440 -

de ovenfor nævnte antal kgc al. angiver Hn, og man har opstillet formler til beregning af Hn for de forskellige brændsler, idet man først har foretaget en analyse af brændslet for at faa bestemt indholdet af brændbare bestanddele, de forskellige mængder indsættes i formelen og vi faar udtrykt Hn.

en saadan formel har vi i dulons formel, der passer glimrende for stenkul, men derimod slet ikke for flydende brændsler, og dette skyldes, at de forskellige bestanddele er bundet kemisk med hinanden, og spaltningen er derfor ledsaget af varmetoninger, som vi ikke har regnet med i formlen.

under forbrændingen af kul sker der flere forskellige ting, idet forbrændingen ikke indtræffer straks. en del kulbrinter, tjære og andet vil træde ud fra brændslet og brænde, inden selve kullet bryder i brand. endvidere vil der under forbrændingen optræde forskellige dissociationsfænomener;

i bunden af ovnen vil C brænde til CO₂, og CO₂ stiger til vejrs og møder maaske glødende bestanddele, CO₂ er da ikke bestandig, men spaltes i CO og O. vi regner gerne, at CO er det bestandige ilte over 1000 grader, medens CO₂ er bestandigt under 1000 grader. det dannede CO vil imidlertid brænde, naar det naar uden for brændselslaget, eller hvis temp. skulde falde.

H vil ligeledes brænde til H₂O, der spaltes i 2H og O, naar H₂O kommer i berøring med glødende bestanddele. den frigjorte O vil angribe materialet og H vil brænde, naar det naar uden for brændselslaget, eller hvis temp. falder.

naar H og CO naar uden for brændselslaget vil de altsaa brænde til H₂O og CO₂; disse to forbrændingsprodukter er imidlertid ikke bestandige ved højere temp., selv naar de ikke er i forbindelse med glødende bestanddele. denne ubestandighed indtræffer imidlertid først ved ca. 2000 grader, og det har derfor ikke saa stor betydning for os.

den teoretisk højeste temp.

vi tænker os foretaget en forbrænding med den teoretisk beregnede luftmængde og maaler røgens vægtfylde. dividere vi herefter Hn med vægtfylden vil vi faa den teoretiske temp.

denne temp. kan ikke opnaas i praksis, men vi forsøger at komme den saa nær som muligt. des mere intensivt forbrændingen foregaar, des mindre varme afgives der som tab, og des højere temp. opnaar vi. vi vil altsaa forsøge at faa forbrændingen til at forløbe saa intensivt som muligt, og et middel til at opnaa dette er anvendelse af kunstig blæst.

blæsten har ogsaa en anden vigtig opgave, idet den skal sørge for de rigtige tryk paa de forskellige steder i vor ovn.

paa fyrpladsen har vi atm. tryk, og over fyret vil vi have et undertryk paa ca. 10 mm/H₂O, naar vi ikke anvender blæst i kanalerne vil vi faa et yderligere trykfald paa grund af ledningsmodstanden, og vi vil ende med det mindste tryk i bunden af skorstenen. har vi en ovn med isoleret varmerum, vil der være undertryk i dette, naar vi ikke anvender blæst, og vi vil derfor faa en kold mængde luft ind i varmerummet hver gang vi aabner for ovnen, og dennes temp. vil falde. dette forhindrer vi ved at anvende blæst, og vi opnaar at faa et overtryk i varmerummet.

naar vi vil starte en forbrænding, maa vi først opvarme brændslet til antændelsestemperaturen, brændslet vil da bryde i brand. brændslet bryder imidlertid ikke i brand momentant, og vi taler derfor om en tændingstid, hvorved vi forstaar den tid, der medgaar til at antænde en bestemt mængde af brændslet, antændelsen foregaar altsaa med en bestemt hastighed, tændingshastigheden, som er meget forskellig for de forskellige brændsler, saaledes er tændingshastigheden for en blanding af gas og luft mange gange større end for en bunke kul.

tændingshastigheden stiger med trykket.

1. forbrænding i faste legemer.
 - a. tørre kul
 - b. kul, der indeholder lygtige bestanddele.
2. forbrænding af luftformige brændsler.
3. forbrænding af pulverformede brændsler.
4. forbrænding af flydende brændsler.

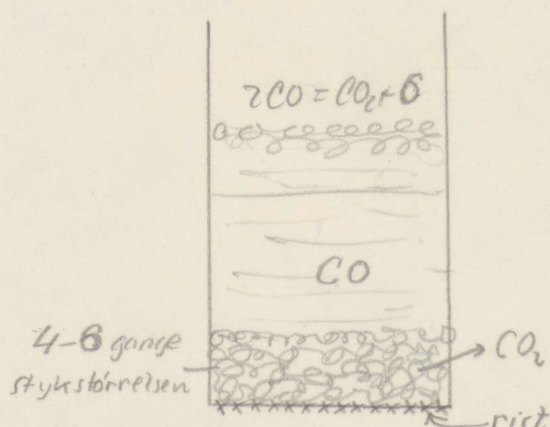
1. faste.

vi tænker os at være i besiddelse af en bunke kul og vil brænde denne, dette kan imidlertid ikke lade sig gøre, da der ikke er luft nok mellem stykkerne til at vedligeholde en forbrænding. vi maa altsaa anbringe kullene i et fyr, hvortil vi kan lede den til forbrændingen nødvendige luft. fyret bygges af ildfaste materialer og brændslet anbringes paa en rist, gennem hvilken luften ledes til.

brændselshøjden eller indføringsdybden er den vej luften skal passere gennem brændslet.

a. tørre.

fig.1.



vi anbringer det tørre brændsel i fyret fig.1. og antænder det. antændelsen sker ved lav temp. og C iltes til CO_2 . efterhaanden som forbrændingen skrider frem stiger temp.; og dette foraarsager, at forbrændingen skrider endnu hurtigere frem og i højden 4 - 6 gange stykstørrelsen faar vi en temp. paa 1200 grader, der holder sig nogenlunde const. fra dette lag trænger røgluften videre op gennem fyret, og luften indeholder endnu lidt O. i højden 6 - 8 gange stykstørrelsen er den resterende O mængde forbrugt, og vi faar ufuldstændig forbrænding, der giver en del CO. temp. er

samtidig faldet en smule. des højere vi gaar op i fyret, des mere CO faar vi, men det bliver ikke ved at gaa saaledes, idet 2CO vil brænde til CO_2 og C, naar gennemglødningen skrider frem i de øverste lag, og temp. vil derfor stige en smule igen, og vi slutter til sidst med et fyr fyldt med glødende brændsel.

vi har set, at vi paa forskellige steder i fyret har CO_2 og CO. vil vi benytte fyret som generator, maa vi indrette brændselshøjden, saa vi faar CO bestandigt, og altsaa ikke saa CO igen maaske vil brænde til CO_2 . naar vi begynder paa fremstillingen af gassen vil vi have en del CO_2 , da gennemglødningen ikke er fuldbgyrdet i de øverste lag, og ved paaafyring fra oven maa vi passe ikke at fyre saa meget paa ad gangen, at vi faar et lag, hvor CO vil brænde til CO_2 .

i den højde, hvor C er bestandigt, har vi en temp. paa ca. 1200 grader, og vil vi benytte gassen direkte, er det ikke rart, at temp. er saa høj, og vi tilsætter derfor H_2O dampe fra en beholder under fyret. idet H_2O trænger op gennem det glødende brændsel vil H_2O spaltes sig til 2H og O. H vil gaa i gassen og gøre denne bedre, og O vil danne CO_2 og CO. ved spaltningen af H_2O vil der bindes en hel del varme, og vi faar altsaa nedsat temp., og vi regner gerne med ca. 800 grader. herunder naar vi sjældent, men det vilde heller ikke være heldigt, da vi jo ønsker, at CO skal være bestandigt. vi har tidligere set, at CO_2 er det bestandige ilte ved lav temp.

benyttelsen af H_2O har tillige en anden fordel: hvis vi anvender billigt brændsel med lav cindringstemp. for asken vil en nedsættelse af temp. i de nederste lag let kunne foraarsage, at asken vilde samle sig i et sammenhængende lag. dette vil imidlertid den gennemstrømmende H_2O forhindre, og asken forbliver i smaa partikler.

vi inddeler fyrene efter brændselshøjden:

alm. fyr. vi faar ingen udvikling af CO (lavt fyr)

halvgasfyr. vi faar baade CO_2 og CO (middelhøjt fyr)

helgasfyr eller generatorer. vi faar kun CO. (højt fyr).

til alle arter af fyr benytter vi lufttilførsel. denne kan være primær eller sekundær eller begge dele. den primære luft ledes til under risten, medens den sekundære luft tilledes gennem et sidehul i fyret. den sekundære luft er undertiden for-

varmet af røgluften (den primære efter at den er passeret gennem brændselslaget).

til det alm. fyr tilledes kun primær luft, og vi faar altid tilledet meget mere end der er nødvendigt til den fuldstændige forbrænding. den overskydende luft vil nedsætte temp. disse fyr benyttes kun til smaa anlæg.

halvgasfyrene er de mest benyttede, og her anvender vi baade primær og sekundær luft. man kunde tænke sig at tillede den sekundære forvarmede luft under risten, men dette vilde ikke være heldigt, da risten i de fleste tilfælde er spændt haardt nok for i forvejen, og derfor ikke vilde kunne taale opvarmningen af den forvarmede luft. denne tilledes derfor gennem et sidehul.

helgasfyrene benyttes til fremstilling af generatorgas, og vi anvender baade primær og sekundær luft, der tilledes forskellige steder paa de forskellige ovntyper.

b. med flygtige bestanddele.

vi anbringer brændslet i et fyr og antænder det. i de nederste lag vil de flygtige bestanddele hurtigt forsvinde, og vi vil faa et forkokset lag tilbage, medens vi i de øvre lag, hvor vi stadig tilsætter kul, vil faa udviklet luftformige forbrændingsprodukter, idet de flygtige bestanddele vil forgasse til kulbrinter og frit H. vi vil altsaa faa en bedre gas ved at benytte kul med flygtige bestanddele til vore generatorer.

risteformer.

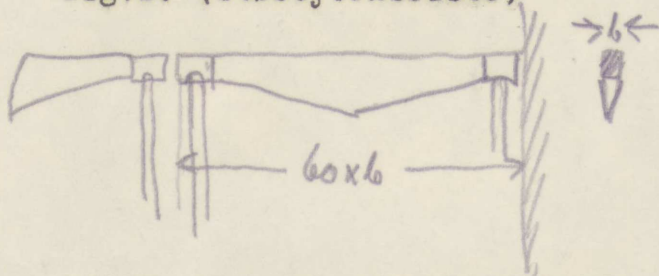
de riste, vi benytter til vore fyr, kan have mange forskellige former.

a. planristen.

til smaa ovne anvender vi simpelthen firkantet materiale (20-25 mm), til større ovne ristestanger af støbejern og til man-metallogiske ovne anvender vi smedede ristestanger.

planristen er sammensat af ristestanger som vist i fig.2.

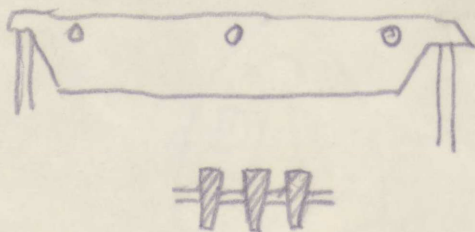
fig.2. (støbejernsriste)



stangerne har tilspidset tvær-
snit, for at asken ikke skal
blive hængende mellem stanger-
ne. det frie risteareal skal
være ca. $1/3$ af det frie areal.
mellemlummet afhænger selvføl-
gelig af brændslet, og naar vi
har valgt brændsel, vælger vi
mellemlummet, der varierer fra
8 til 3 mm, naar brændslet va-
rierer fra bagende kul til træ.

naar vi har det samlede risteareal, og mellemlumstørrelsen, har vi
heraf ristetykkelsen. længden er gerne ca. 60 gange tykkelsen, og
dybden er ca 12 gange tykkelsen. den ene ende af risten er i fast
forbindelse med underlaget, medens den anden ende kan forskyde sig
paa underlaget, naar risten udvider sig. vi regner gerne med en ud-
videlse paa 2 %.

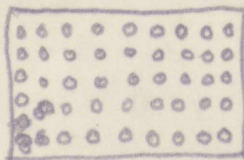
fig.3 (smedejernsriste).



smedejernsriste gaar i handelen
i lange stænger, med et profil
der egner sig til anvendelsen.
af disse stænger smedes ristene
ud, og vi opvarmer i koksild.
til smaa ovne anvender vi ri-
sterne adskilte, medens vi til
større ovne sætter flere riste-
stænger sammen til

en helhed.

fig. 4 undertiden anvendt rist til mindre ovne.



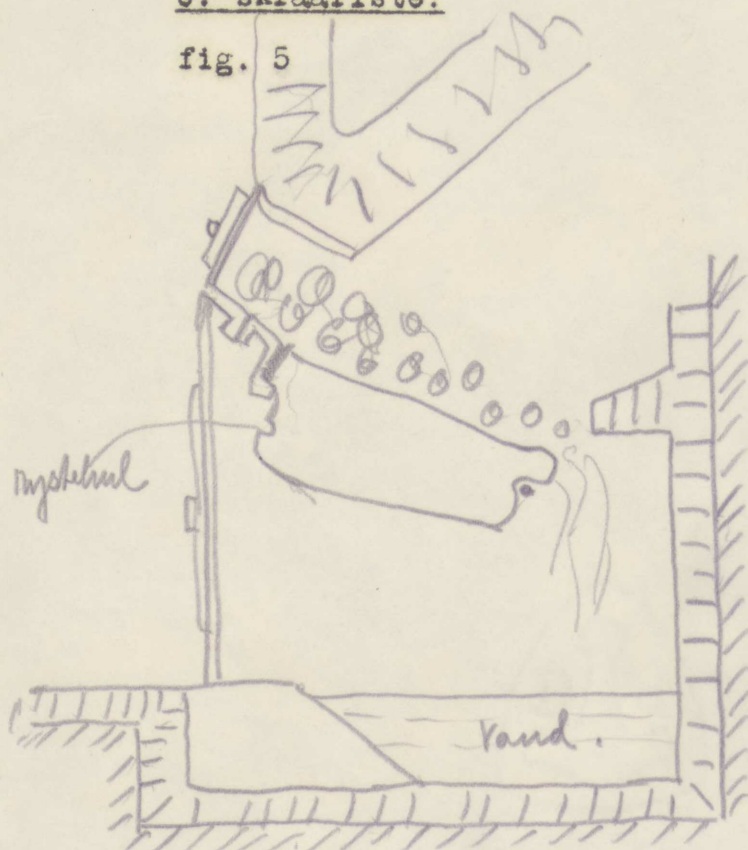
vi fyrer paa planristen, saa vi faar et ensartet tykt glødende
lag. forbrændingen foregaar imidlertid ikke regelmæssigt over det
hele, idet brændslet kan brænde bort paa enkelte steder, og fyr-
bøderen maa fyre paa disse steder, for at undgaa en for stærk op-
varmning af risten. vi faar imidlertid paa denne maade et fyr med
stærkt generende røg, og for at undgaa dette kan vi fyre med klart
bagfyr:

det brændende brændsel skydes tilbage paa risten, og det friske
brændsel paafyres paa den forreste del af risten, og forbrændingen
vil skride frem fra den bageste del til den forreste del af risten.
ved metallogiske fyr er denne fyringsmaade imidlertid ikke heldig,
da vi skal holde fyrdøren aaben i ret lang tid hver gang vi skyder
brændslet tilbage. til metallogiske fyr fyrer vi derfor altid paa
førstnævnte maade.

for at komme noget i retning af at fyre med klart bagfyr uden
at anvende de lange indfyringsintervaller for at faa skubbet brænds-
let tilbage anvender vi skraariste.

b. skraariste.

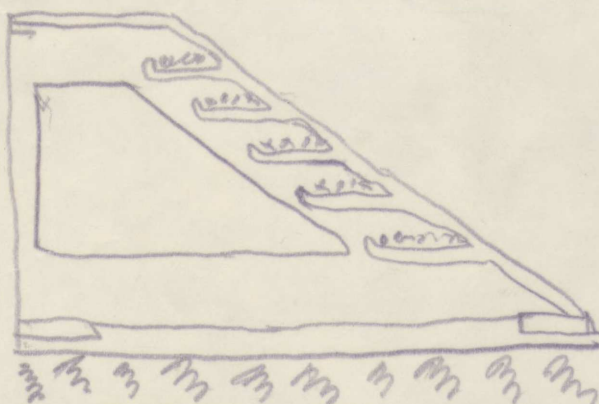
fig. 5



hældningen af risten er afhængig af brændslets vægt, og vi stiller derfor risten efter brændslets naturlige skrånt. undertiden ender skraaristen med en lille planrist.

c. trapperisten.

fig. 6.



trapperisten anvendes særligt naar vi vil fyre med billigt brændsel saasom smuld eller affald.

disse ristestænger er særlig udsat for forbrænding, og vi køler derfor gerne med H_2O , der ledes til gennem et rør paa den øverste trappe. røret er gennemhullet, og H_2O drypper ned paa den øverste rist, en del fordampes og noget drypper videre ned paa de følgende rister.

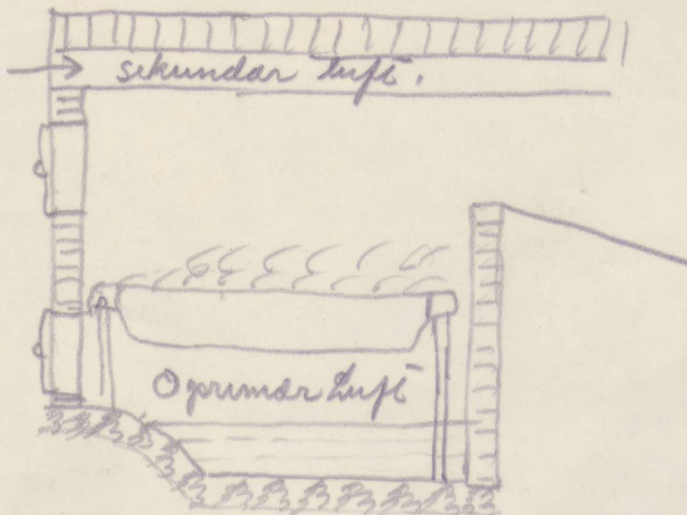
d. mekaniske rister.

ristestængerne er kædet sammen til kæder, der bevæger sig gennem fyret, og fyringsmaaden bliver derfor fyring med klart bagfyr. denne fyringsmaade anvendes næsten altid til store dampkedelanlæg. til metalogiske ovne anvendes denne fyringsmaade aldrig, da vi særlig let vil faa gennembrændinger, og dermed iltninger.

forskellige fyr.

a. halvgasfyr.

fig. 7.



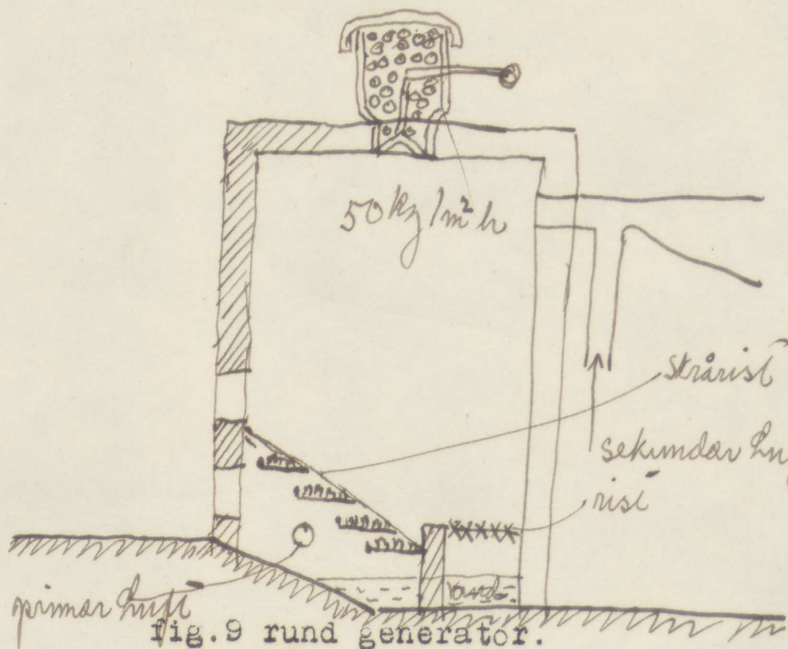
vi har tidligere set at fyrets art er afhængig af brændsels-højden. til halvgasfyret maa vi regne med følgende minimums-højder:

koks	0,5 m
kul	0,6 m
brunkul	0,8 m
tørv	1,0 m
træ	1,2 m

b. helgasfyr.

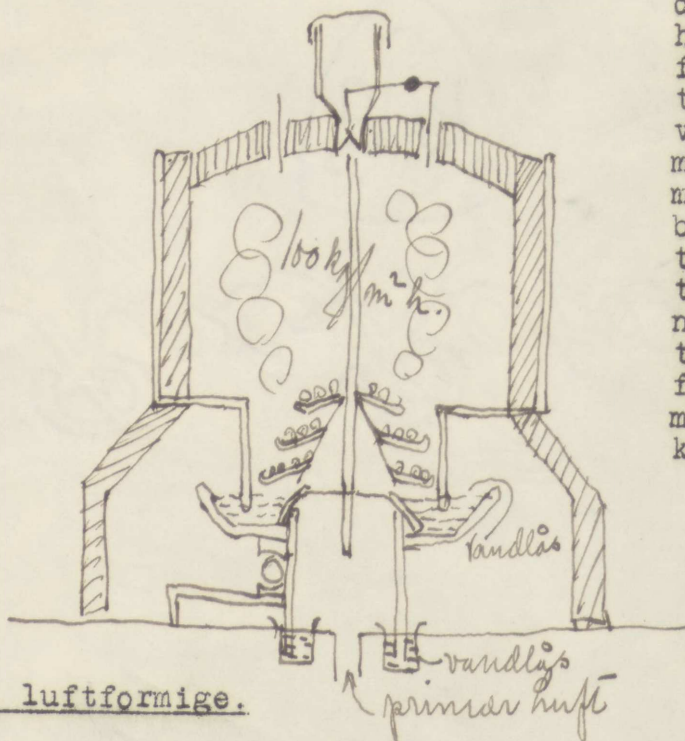
til generatorerne anvender vi brændselshøjder, der giver os CO, og vi maa derfor bygge fyrene højere end tilfældet var med halvgasfyrene. hvis vi ønsker at anvende daarligt brændsel maa fyrehøjden være endnu højere (sammenlign tabellen ved halvgasfyr).

fig. 8. firkantet generator.



disse generatorer er i reglen sammenbygget med den ovn, i hvilken vi vil anvende gassen. paa fyrets sider er der anbragt smaa huller med kugleventil, for at vi kan komme til at stikke i brændslet, da dette tit cindre sammen i en kage, der kan blive hængende oppe i fyret, selv om brændslet er brændt væk neden under. med en generator af denne type faar vi udviklet 0,5 m³ gas pr 100 kgoal. i brændslet.

disse generatorer er mere holdbare, og anvendes derfor til større anlæg (centralanlæg). vi faar udviklet den samme mængde gas pr. kgoal., men denne generator forbrænder omtrent den dobbelte mængde brændsel i samme tid som den ovennævnte generator. for runde generatorer kan vi regne med en forbrænding af 100 kg pr. m³ pr. time. (for den firkantede 50 kg/m³h).



2. luftformige.

naar vi anvender gas eller et andet luftformigt brændsel, kan vi opnaa en bedre blanding med forbrændingsluften, end vi kunde opnaa det ved de faste brændsler. det luftformige brændsel antændes derfor lettere, selv om antændelsestemp. er højere. de luftformige brændsleres tændingshastighed er større end de faste brændsleres.

en blanding af generatorgas og luft har tændingshastigheden 2,5 m pr. sek.

en blanding af belysningsgas og luft har en tændingshastighed paa 4 m pr. sek.

de angivne tændingshastigheder gælder kun, naar vi har fuldstandig forbrænding i koldt rum. leder vi blandingerne ind i varmerum, eller rum med tryk (gasmotor), vil tændingshastigheden stige.

vi tænker os en blanding af gas og luft strømmende gennem en rørledning til det sted, hvor blandingen skal forbrændes. det kunde nu tænkes, at blandingen vilde brænde baglæns i røret, naar tændingen var indtruffet. dette vilde ske, hvis tændingshastigheden var større end den hastighed, med hvilken blandingen bevæger

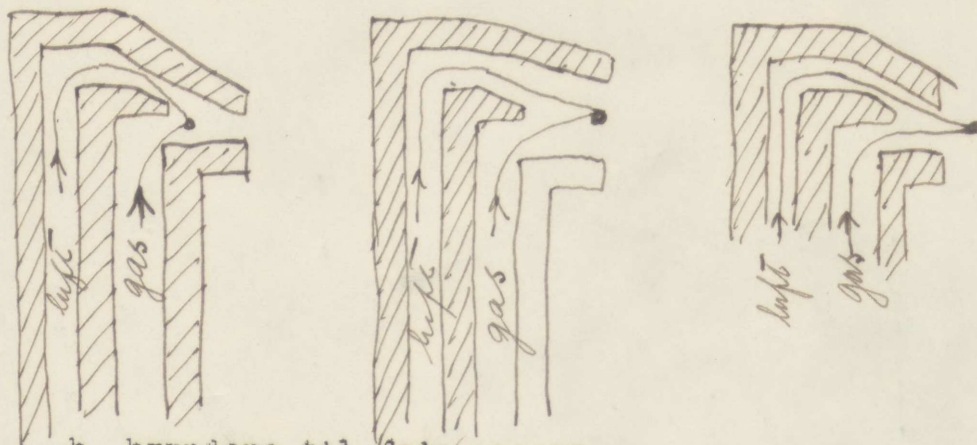
sig i røret. vi maa altsaa sørge for, at blandingen bliver ledet til med tilstrækkelig stor hastighed, eller nedsætte tændingshastigheden for blandingen. tændingshastigheden vil af sig selv blive mindre i rørledningen, da denne gerne er koldere end det sted, hvor tændingen skal finde sted. rørets størrelse har ogsaa indflydelse paa tændingshastigheden, idet denne bliver mindre des mindre diameteren i røret er, og kommer diameteren ned under 4 mm vil en forbrænding slet ikke kunne forplante sig i røret.

naar vi anvender luftformigt brændsel ledes det ikke ind i ovnen som en blanding af gas og luft, men disse to dele blandes først i de saakaldte brændere, der er indrettet paa meget forskellig maade efter arten af den gas, vi anvender.

a. brændere til tynde gasser.

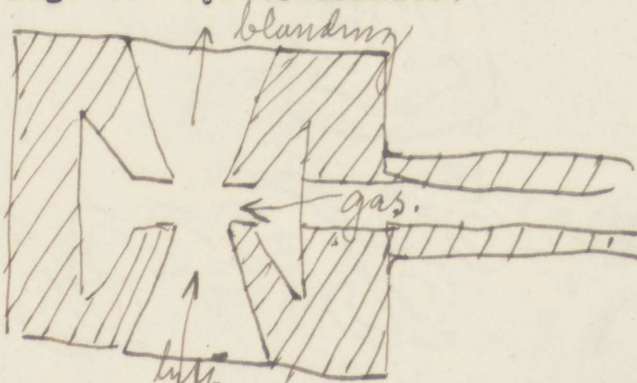
gassen og luften ledes til brænderen gennem to ledninger, og disse munder ud i hinanden i det saakaldte blandingskammer, hvor omtrent hele den til forbrændingen nødvendige luft diffunderer ind i gassen. den resterende luftmængde optages først, naar blandingen naar ud i ovnen. den sidst optagne luftmængde varierer en hel del i størrelse efter de forskellige arter af gas, og derfor er vore brændere indrettet, saa diffusionen kan indtræde paa forskellige steder i de forskellige brændere. man skulde tro, at vi lige saa godt kunde lade gassen optage hele luftmængden med det samme, men vi vilde da risikere at faa tændingshastigheden til at blive større end lufthastigheden, og vi vilde faa tilbageslag.

fig. 10 brændere til tynde gasser.



b. brændere til fede gasser.

fig. 11 ejektorbrænder.



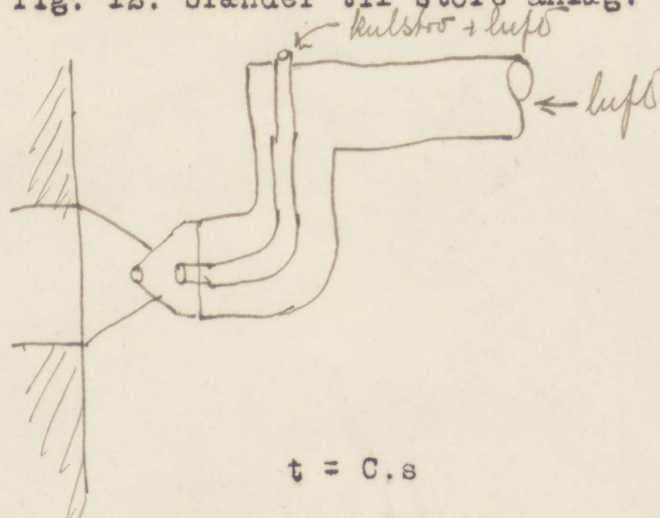
denne brænder er egentlig ikke nogen brænder, men kun en hane med blandingskammer. hanen virker som ejektor, idet kun luften ledes til under tryk, og gassen suges altsaa med. denne hane har imidlertid den kedelige egenskab, at blandingen varierer sammensætning under brugen, idet vi faar mere og mere gas, des varmere hanen bliver.

vi arbejder derfor gerne med baade gas og luft under tryk. paa denne maade opnaar vi at faa en meget stærk eksplosiv blanding i blandingskamret, men den store hastighed vi faar paa grund af trykket, er tilstrækkelig stor til at forhindre tilbageslag.

3. støvformige.

de støvformige brændsler forbrænder paa samme maade som gas, og vi anvender derfor brændere lignende de vi anvender til forbrænding af gasser.

fig. 12. brænder til store anlæg.



denne brænder giver en rund flamme, men man har dem ogsaa til flade flammer.

naar vi anvender disse brændere maa vi holde luft-hastigheden paa en passende størrelse for ikke at faa ødelagt ovnen.

forbrændingstiden vil omtrent vokse prop. med kornstørrelsen, og vi sætter tiden lig:

$$t = C.s$$

for alm. stenkul er $C = 50$.

4. flydende.

flydende brændsel tænder ikke paa samme maade som gasserne, da de flydende brændsler egentlig ikke kan brænde før de er omdannet til brændbare luftarter, eller de er forstøvede.

den temp., ved hvilken vi kan faa dannet brændbare bestanddele af vædskerne, er meget forskellig for de forskellige vædsker. for benzin ligger denne temp. ved -6 grader.

vi taler om et lavere og et højere flammepunkt for vore flydende brændsler. det lavere angiver den temp., ved hvilken de brændbare luftarter lige forbrænder, vædsken antændes, men slukker hurtigt igen. det højere flammepunkt angiver den temp., ved hvilken forbrændingen udvikler saa meget varme, saa forbrændingen fortsættes.

den frivillige fordampning fra overfladen af vore flydende brændsler er imidlertid ikke tilstrækkelig, naar vi ønsker at anvende f.eks. olie som brændsel til en af vore ovne. vi maa i saa tilfælde sørge for en mere intensiv fordampning, eventuelt forstøvning (stor overflade). anvender vi forstøvet olie faar vi en forbrænding, som vi kan sammenligne med forbrændingen af støvformigt brændsel.

olien forbrændes i brændere, der kan være højtryksbrændere eller lavtryksbrændere.

til lavtryksbrænderne hører alle brændere, der gaar med ventilatortryk. hele den anvendte luftmængde medgaar til forstøvningen, og vi kan ikke anvende sekundær luft.

naar vi anvender højtryksbrændere har vi et luftoverskud, der kan anvendes til sekundær luft og undertiden i forvarmet tilstand. den sekundære luft vil i de fleste brændere blive en del forvarmet ved passagen gennem brænderen.

anvender vi mekanisk forstøvning af olien (trykkes gennem fine huller) kan vi anvende hele luftmængden som sekundær luft, og hele luftmængden kan derfor forvarmes, og vi opnaar en meget høj temp.

fig. 13. højtryksbrænder med rund flamme.

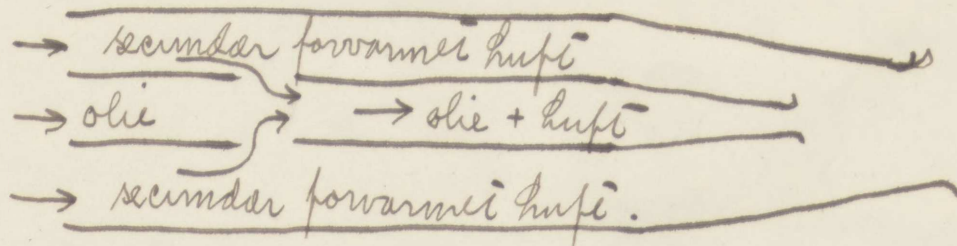
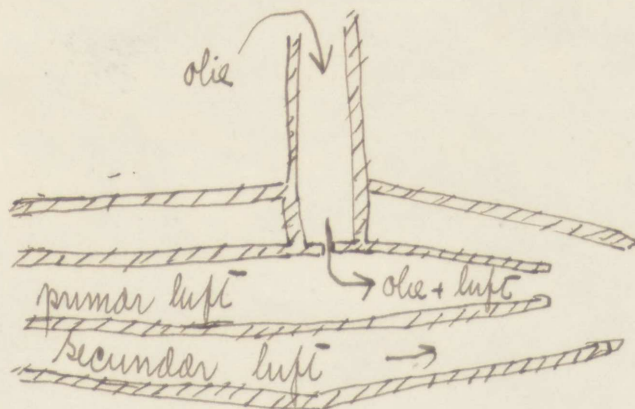


fig. 14 højtryksbrænder med flad flamme.



3. de ildfaste materialer.

til ovnbygningen anvender vi alm. bygningsmaterialer, ildfaste materialer og isolerende materialer.

a. de alm. materialer.

træ anvendes ikke meget til ovnbygning, dog anvendes en del til højfrekvensovne.

jern anløbes ved 300 grader og ved lidt højere temp. ilttes det kraftigt, og vi anvender derfor ikke jern, hvis det kan blive udsat for højere temp. end 400 grader. over denne temp. falder styrken ogsaa væsentligt. naar vi anvender jern er det gerne støbejern, da dette vanskeligere ilttes, og til-lige er en del stivere end alm. jern. (maaske er styrken og-saa en del større). støbejernet anvendes i meget store dimen-sioner, og af og til overtrækkes fladerne med et beskyttende lag f.eks. bestaaende af ler opløst i vandglas.

Cr staal anvendes, naar materialet kan blive udsat for noget højere temp., da dette materiale ikke saa let skaller. imidlertid er anvendelsen af Cr staal ret kostbar.

alm. mursten kan taale en temp. paa 500 - 600 grader. haandstrøgne sten er de bedste, flammesten kan nok holde, men de skaller, og klinker kan slet ikke anvendes. (skaller meget kraftigt).

de alm. mørtler taber ved opvarmning deres indhold af krystalvand. cementmørtel (beton) kan ikke taale mere end 225 grader, og vi maa derfor anvende andre mørtler til opmuring af vore ovne. (ildfaste mørtler).

b. de egentlige ildfaste materialer.

ved saadanne materialer forstaas materialer, der smelter over en temp. paa 1500 grader.

smeltepunktet for de ildfaste materialer angives ved cegerkegle No. et eller andet.

stærkt ildfaste materialer har et smeltepunkt angivet ved cegerkegle No. 36 (1790 grader). før den egentlige smeltning af keglen vil der i denne opstaa en cindring, der viser sig ved at keglens top bøjer om. som det gaar med cegerkeglen vil det gaa med de ildfaste materialer, de vil være mere eller mindre begede, inden de smelter rigtigt. vi regner derfor med, at alle vore ildfaste materialer mi-ster deres styrke over 1000 grader. af denne grund anvender vi dem ikke til de egentlig bærende konstruktioner, men som beklædningsmaterialer. de bærende dele er gerne af alm. mur-sten eller støbte af beton.

vi forlanger at vore ildfaste materialer skal være mod-standsdygtige over for kemiske angreb fra røgluften, de maa derfor ikke indeholde let reducerlige ilter, da disse vil afgive ilt, naar vi arbejder med reducerende atmosfære.

indeholder vort ildfaste materiale FeO_2 , vil dette reduceres til Fe_2O_3 og Fe_2O . denne reduktion konstateres nemt, idet de nydannede ilter vil farve stenene rødlige.

vore ildfaste materialer kan ogsaa komme i berøring med flydende metaller, men disse angriber imidlertid ikke de ildfaste materialer. indeholder det flydende metal derimod ilter som f.ex. Al_2O_3 , vil iltet sammen med de ildfaste materialer danne letsmeltelige glasarter, og vor ovnvæg vil hurtigt være ødelagt.

de ildfaste materialer har enten sur eller basisk karakter rettende sig efter ovnens beskaffenhed og anvendelse. benytter vi tilslag af CaO , maa vi ikke have sure sten, da CaO sammen med disse danner letsmeltelige glasarter.

alm. sand. rent strandsand er ret ildbestandigt, og anvendes en hel del som ildfast materiale baade i løs tilstand og i forbindelse med bindemidler som f.eks. ler. undertiden anvendes sand ogsaa i form af stampemasse, hvorefter man har opbygget hele smaa ovne, det ildfaste materiale (stampemassen) brændes samtidig med den første opvarmning af ovnen. sand i forbindelse med bindemiddel anvendes til hærder i cupolovne, og sand i løs tilstand anvendes undertiden i alm. smedeovne.

de ildfaste sten. disse er de vigtigste af vore ildfaste materialer, og vi forlanger af dem, at de skal være saa volumnebestandige som mulig, da vor ovn ellers vil sprænges. endvidere forlanger vi, at de skal være ildbestandige, men dette er endda ikke nok, de maa heller ikke smuldre eller skalle.

til direkte ovne fordrer vi endvidere at de ildfaste materialer skal være varmeisolerende, altsaa have stor varmekapacitet, saa vort ovnrum kan komme til at virke som varmeakkumulator.

til indirekte ovne fordrer vi lige det modsatte. mufler og digler maa være nogenlunde gode varmeledere, og fremstilles derfor af et andet materiale end selve indmuringen (den ydre ovnvæg).

des mere ildfast at vi forlanger vort materiale des dyrere bliver det og des mindre styrke vil det være i besiddelse af. vi anvender derfor kun disse materialer paa særlig udsatte steder, ellers anvendes mindre ildbestandige sten eller alm. haandstrøgne sten.

de ildfaste sten faas fra bornholm, stettin og höganäs i forskellige former og størrelser. en ildfast sten, der skal svare til en alm. haandstrøgen sten, maa være en del større, da vi ikke maa anvende større fuge end 3 mm ved de ildfaste sten. fugestørrelsen forlanger ogsaa, at vi ikke maa anvende huggede sten. er dette nødvendigt, maa stenene omhyggeligt slibes bagefter. af denne grund gaar der i handelen ogsaa halve sten. endvidere gaar der i handelen forskellige faconsten som f.eks. cupolovnsten til 800 mm cupolovn, kakkellovnsten o.s.v.

saltglaserede rør er undertiden ildfaste. anvender vi saadanne rør vil glasuren smelte og løbe bort ved den første opvarmning.

naar vi skal konstruere en ovn af en eller anden slags forsøger vi at konstruere den paa en saadan maade, saa vi kan anvende de i handelen gaaende sten. skulde vi blive udsat for at anvende andre former, maa vi lade dem fremstille specielt. vi kan faa saadanne sten fremstillet paa den kongelige porcelainsfabrik i københavn.

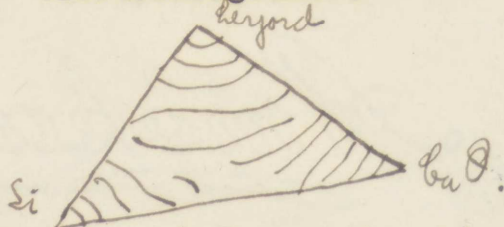
undertiden kan vi selv fremstille vore sten f.eks. naar der er tale om flere sten af samme form og samme størrelse. Saadanne sten støber vi i jernforme.

i jernforme fremstiller vi ogsaa vore digler, idet den ildfaste masse presses ind i formen ved hjælp af en eller anden presse. ønsker vi indtrukken form, maa indtrækningen gøres efter støbningen, og denne formforandring maa udføres med haandkraft. efter støbningen stilles diglerne til tørre paa dertil indrettede reoler i ovnrummet, og her henstaar de i 2 maaneder, herefter brændes de ved 1200 - 1400 grader. efter denne behandling er diglen imidlertid ikke færdigbrændt. den sidste brænding foretages første gang vi anvender diglen. inden denne sidste

brænding foretages, maa vi være sikre paa, at al fugtigheden er drevet ud af diglen.

til fremstilling af vore ildfaste sten eller i det hele taget vore ildfaste materialer anvender vi SiO_2 , ildfast ler og magnesit. ved omtalen af de ildfaste materials sammensætning har vi trestofdiagrammet (SiO_2 , ler, CaO) at holde os til.

fig. 15. trestofdiagrammet.



1. Si hjørnet. (til sur slagge).

SiO_2 findes i naturen dels i fri tilstand og dels i kemiske forbindelser saa som: feldspat og granit. naar granitten forvitte faar vi dannet en del SiO_2 korn og en del feldspatkorn. feldspatten er ikke saa ildfast som SiO_2 , men feldspatkornene vil forvitte videre under indvirkning af humosyre eller lignende, og til sidst bliver disse korn til SiO_2 .

vi har dels kornformigt sand og dels sand sammenkittet med kiselsyre (kvartsit).

SiO_2 er meget ildbestandigt og smelter først ved ca. 1800 grader. opvarmer vi SiO_2 til 1480 grader, vil der dannes tridymit, og herved falder vægtfylden fra 2,6 til 2,3, og rumfanget forøges kendeligt. ved 1650 grader falder vægtfylden yderligere til 2,2, idet en del SiO_2 begynder at smelte til glasmasse.

af det omtalte lærer vi at sten, der fremstilles af SiO_2 , maa brændes inden de anvendes, da vi ved brændingen faar den første af de to udvidelser til at foregaa, vil stenene være nogenlunde volumnbestandige.

silicasten eller dinassten:

disse sten bestaar af ca. 95% SiO_2 sammenkittet med ler og CaO . naar vi ser paa trestofdiagrammet, ser vi, at vi ikke maa have mere end ca. 5 - 6% ler og CaO , da smeltetemp. falder ret kraftigt, naar vi kommer for langt bort fra Si hjørnet.

SiO_2 anvendes i forbindelse med bindemidler til stampemasse. kratercement eller cupoline.

denne stampemasse bestaar af 89 dele SiO_2 , 5,5 dele Al_2O_3 og 2,3 dele CaO . man har bygget hele ovne af denne stampemasse, men disse ovne er ikke saa holdbare.

de omtalte materialer er meget varmebestandige og bestandige over for syre. disse sten kan vi derfor ikke anvende til ovne med basisk slagge. til saadanne ovne maa vi anvende sten, der reagerer basisk. de basisk reagerende sten er imidlertid lidet stærke, og vi anvender dem derfor kun til selve ovnforet, hvælvingen bygges som regel af silicasten. silicastene og de basisk reagerende sten bygges ikke direkte sammen, men vi anvender et mellemlag bestaaende af neutrale sten (Fe_2O_3 , CrO_3).

2. ler hjørnet. (til neutral slagge).

ler bestaar af kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) og en del feldspatter f.eks. ($2\text{K}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 6\text{SiO}_2$). ved forvitring med organiske syrer vil den alkaliske del K_2O forsvinde, og sammensætningen vil nærme sig kaolinets sammensætning. vi faar et meget fint skellet produkt, der kan indeholde indtil 70% SiO_2 . rent kaolin smelter ved 1770 grader. det i praksis anvendte kaolin vil altid indeholde et overskud af SiO_2 , og smeltepunktet vil derfor være noget lavere.

opvarmer vi kaolin vil først H_2O forsvinde ved ca. 120 og opefter. det er den vandfrie kaolin, der smelter ved 1770 grader.

rent kaolin er ikke plastisk og det vil derfor ikke kunne beholde en eller anden form; vi tilsætter derfor en del plastisk ler, og af denne blanding fremstiller vi vore sten.

des mere kaolinen er forurenset med indhold af andre stoffer, des lavere vil smeltetemp. være. de fremmede stoffer kan være: overskud af CaO , Fe_2O_3 o.s.v. Fe_2O_3 vil have en skadelig

virkning, naar vi ikke arbejder med reducerende atmosfære, idet $\text{Fe}_2\text{O} - \text{O}$ danner 2FeO ; vi vil altsaa faa det dobbelte rumfang.

vi har altsaa set at lerjordstenene vil vokse, og vi tilsætter derfor en del rent SiO_2 , der jo som bekendt vil trække sig sammen. paa denne maade faar vi nogenlunde volumnbestandige sten. (undertiden tilsættes vandfrit Al_2O_3 , borosit).

vore lerjordsten virker omtrent neutrale, idet de over for stærke syrer virker basiske og over for stærke baser virker sure.

ser vi bort fra eventuelle indhold af Na_2O , K_2O , Fe_2O , o.s.v. kan vi betragte vore sten som en legering af Al_2O_3 , SiO_2 , CaO . ved betragtning af diagrammet ser vi, at vi ikke maa have for stort CaO indhold, da smeltetemp. da vil falde betydeligt.

3. andre ildfaste materialer.

kul er et meget godt ildfast materiale, men det har den kedelige egenskab, at det forbrænder, naar det udsættes for O.

kul benyttes pulverformet som bestanddel i digler.

charmotte er knuste ildfaste sten fra lerhjørnet blandet med nyt ildfast materiale.

digler bestaar af:

48 dele ildfast ler, 48 dele charmotte og kulpulver. disse digler har vi tidligere omtalt som alm. lerdigler.

grafitdigler bestaar af:

60 dele grafit, 24 dele charmotte og 12 dele ildfast ler. grafitten er bedre varmeledende end lerjorden, derfor vil grafitdiglerne ikke blive udsat for saa store spændinger, som vi kan risikere det ved anvendelse af alm. lerdigler.

grafit anvendes endvidere som ildfast materiale til elektroder til elektroovne og som bestanddel af mufler.

dolomitsten (til basisk slagge).

betrakter vi det tredie hjørne af diagrammet, vil det være naturligt at tænke, at disse legeringer vilde være glimrende som ildfaste materialer, men de kan imidlertid ikke anvendes, da CaO i forbindelse med fugtig luft vilde danne Ca(OH)_2 .

vi anvender imidlertid ildfast materiale, der minder en del om materialet i CaO hjørnet, idet vi erstatter CaO med MgO .

MgO smelter ved 2800 grader. opvarmer vi MgO vil der ved 1600 grader vise sig en stærk sammentrækning, og sten med indhold af MgO maa derfor brændes inden de anvendes.

MgO sten kan fremstilles ved opblanding af MgO med ildfast ler, men mere anvendes kul som bindemiddel. kul anvendes i form af tjære, der ved brændingen afgiver sine flygtige bestanddele og tilbage faar vi et forkokset lag, der binder materialet udmærket sammen.

MgO stenene taaler ikke store temp.variationer selv om de kan taale forholdsvis store temperaturer. deres mekaniske styrke er heller ikke stor, og vi anvender derfor kun disse sten, naar vi er tvunget dertil.

$\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{FeO}$ sten (neutrale).

disse sten anvendes til overgangslag mellem surt og basisk reagerende sten.

CSi sten.

CSi blandes med 10 - 15 % ildfast ler og brændes. vi faar sten, der er meget holdbare, hvis de ikke udsættes for flydende metaller eller aske. disse sten er ogsaa stærkt varmeledende og anvendes derfor meget til mufler.

smeltepunktet for carberundumstenene er afhængigt af bindemidlets smeltepunkt, men vi regner gerne med ca. 1470 grader.

4. de ildfaste mørtler.

disse mørtler fremstilles af kaolin eller alm. ildfast ler (bedst af samme sort som det til stenene anvendte) med knust charmotte som magringsmiddel. mørtlerne maa altid være noget mindre ildfaste end stenene, thi disse maa ikke paavirkes af driftstemp., medens mørtlen skal brændes fast ved denne temp., da den ellers vil smuldre bort for os.

11. afsnit.

4. Isolationsmaterialer.

Det bedst isolerende stof er et lufttomt rum, og det næstbedste er stillestaaende luft.

Vi kan imidlertid ikke anvende stillestaaende luft, da vi altid paa grund af opvarmninger vil faa bevægelse i luften. Vi anvender derimod porøse materialer, da disse altid vil indeholde større eller mindre mængder af stillestaaende luft.

Tørt sand er udmærket som isolationsmateriale, og kiselgur er ligeledes godt, men dette kan ikke taale 1000 grader i for lang tid, da det i saa tilfælde vil falde sammen til pulver.

Asbest benyttes til mindre ovne. Traadformet asbest taaler opvarmning til ca. 1500 grader uden at smelte. Asbestpap er fremstillet af traadet asbest med bindemiddel vandglas, og derfor taaler dette materiale ikke mere end 1000 grader.

Isolersten bestaar af kiselgur blandet med 10 til 15% lerjord. Disse sten gaar under navnet molersten.

Naar vi bygger en eller anden lille ovn, kan vi have 1 sten ildfast materiale indvendig, et lag isolationssten og yderst 1 sten almindelig røde haandstrøgne sten. Isolationslaget anvendes dog kun, naar vi ikke ønsker at være generet af udstraalende varme.

5. Ovnbygningen.

Vi vil nu se, hvordan vi kan fremstille vore ovne af de for haanden værende materialer. Vi har omtalt at disse materialer findes i forskellige former og størrelser, og for at undgaa behukninger indretter vi ovnens dimensioner, saa disse passer med det helt antal hele eller halvde sten.

Som bindemiddel mellem stenene anvender vi ildfast mørtel, da almindelig cementmørtel vil smuldre ved 250 grader. Den ildfaste mørtel bestaar af ildfast ler blandet op med sand af samme materiale, som de sten, vi benytter. Anvender vi silicasten blandes leret saaledes med almindelig tørt sand. Kornstørrelsen for mageringssandet maa ikke være over 1 mm, da vi som tidligere omtalt ikke maa have mere end 3 mm fuge ved de ildfaste sten.

Opmuringen af de ildfaste sten maa gøres meget omhyggeligt, da der ikke maa være de mindste utætheder mellem stenene, derimod udfylder man de ikke altid fugerne helt med mørtel, naar det drejer sig om ovne, der skal anvendes til meget høje temperaturer. Det er ikke nemt at mure med disse sorter mørtel, og det er ikke nemt at faa en ovnvæg til at staa, derfor tilsætter vi undertiden en lille smule cement, dekstrin, lim eller lignende til vore mørtler, for at faa dem til at hænge nogenlunde sammen. Naar ovnen er muret op, er den ikke færdig, endnu mangler vi at brænde mørtlen; dette gøres imidlertid samtidig med den første gang, ovnen anvendes.

De murtykkelser, vi anvender er indvendig i større ovne 1 sten, i smaa $\frac{1}{2}$ sten. Herefter kommer undertiden 1 sten isolersten, og herefter de almindelige haandstrøgne sten, eller beklædning af jernplade.

Til smaa ovne anvender vi ikke isolersten, men mellemrummet mellem muren og beklædningspladen udfyldes med almindeligt tørt sand. Tykkelsen af sandlaget er som reglen ca. 1", og anvendelsen af sand har den fordel, at eventuelle revner udfyldes med sandskorn, til meget smaa ovne anvender vi asbestmellemlag.

fig. 16. isolationslagets placering.

Vi kunde maaske tænke os at mure de ildfaste sten og de almindelige sten i forband, som fig. 17 viser, men naar vi erindre, at chamottesten (lerjordsten) trækker sig sammen og silicasten udvider sig, bliver vi klar over, at dette ikke kan lade sig gøre, da forbandstene vilde knække. Vi havde da ikke opnaaet at styrke konstruktionen, men tværtimod at gøre denne svagere.

Afdækningen af ovnen foretages til smaa ovne med afdækningsplader, der gaar i handelen i forskellige størrelser. Undertiden bygges hele smaa ovne af saadanne plader.

Ønsker vi at fremstille en ovn, der er saa stor, at vi ikke kan anvende afdækningsplader, maa vi mure en hvælvning, som afdækning.

fig. 18

En saadan hvælvning vil have tilbøjeligheder, til at trykke ovnvæggene fra hinanden, og disse maa derfor have saa stor styrke, at de kan modstaa de fra hvælvingen kommende tryk, vederlagstrykkene. Vederlagstrykket vil være afhængigt af vinklen v . Des større vi anvender v , des mindre tryk, vil vi faa. En brugelig værdi for v , der anvendes meget i praksis faas af: $\text{tg } v = \frac{1}{2}$ (i fig. 18 svarende til $a = b$).

fig. 19

Det ildfaste materiale er som omtalt ikke i stand til at overføre store kræfter, vi kunde derfor tænke os at gøre ovnvæggene tykkere, hvis de almindelige anvendte tykkelser ikke kan holde til de vederlagstryk, som vi vil faa i den i øjeblikket tænkte konstruktion. Dette gøres imidlertid aldrig, vi anvender derimod stagbolte som vist i fig. 19.

Ovnfundamentet bestaar af beton, men vi maa stadig erindre, at beton ikke taaler mere end 250 grader, derfor bygges ovnen ikke direkte paa fundamentet, men oven paa fundamentet anbragte profiljern. f.eks. U jern.

Skal vi have huller i ovnvæggen, maa vi forstærke denne i hullernes nærhed, f.eks. med stagbolte. Undertiden indsættes rammer, der ikke maa være end ca. $\frac{1}{2}$ gang saa brede som selve væggen, da vi ikke ønsker, at de skal blive udsat for direkte straalning fra ovnen. Rammerne er som regel af støbejern og undertiden af smedjern.

Ovndøre.

Fig. 20

Ovndørene anbringes som vist i fig. og vi aabner dem ved hjælp af et snor-træk, for ikke at skulle staa lige foran ovnen, naar vi ønsker at aabne denne.

Selve ovndøren bestaar af en ramme, i hvilken der kan være anbragt en ildfast plade, eller i hvilken der er opmuret med ildfaste sten. Undertiden er ovndørene beklædt med jerplade.

Murværket i en ovn kan ikke være evigt, da ovnene skiftevis opvarmes og afkøles og murværket herved efterhaanden bliver skørt. Levetiden for vore ovne angives i antal fyr.

En cupolovn har en levetid paa ca. 150 fyr, medens en flammeovn med hvælvning har en noget mindre levetid.

1. Vi kan faa overført varme ved:
 - a. berøring og ledning.
 - b. convektion.
 - c. straaling.

a.

Vi har varmetransmission ved berøring, nar vi f.eks. har et eller andet enme liggende paa en hard. Den mængde varme, der kan overføres paa denne maade er næsten ubegrænset paa de steder, hvor vi har direkte berøring. Har vi ikke direkte berøring, vil mellemrummene (stillestaaende luft) virke isolerende, og den overførte varmemængde er da begrænset.

Naar vi har faaet overført en del varme ved berøring, vil denne varme hurtigt forplante sig i emnet ved ledning.

fig. 21.

Den mængde varme, der transporteres gennem et legeme ved ledning, er udtrykt ved:

$$Q = l \cdot F \cdot (t_1 - t_2) / s$$

hvor:

- l = varmeledningsevnen
 F = emnets areal
 s = emnets tykkelse
 t_1 = temp. paa den ene side
 t_2 = temp. paa den anden side

l er ikke nogen konstant, men er afhængig af legemets gennemsnitstemp. naar det drejer sig om vore materialer til ovne.

l er lig med:

chamottesten	0,6+0,0004.t
silicasten	0,6+0,0006.t
kul	0,6+0,0008.t
alm.murværk	0,45+0,0005.t
carborundum	2,3+0,003.t
isolersten	0,1+0,0002.t
stillestaaende luft	0,189+0,000043.t

Naar vi ser paa disse tal, kunde vi fristes til at anvende stillestaaende luft som isolationslag, men som tidligere omtalt, vil det ikke være godt, idet luften nemlig ikke vil vedblive at være stillestaaende, da der vil føres forskellige mængder varme gennem laget paa forskellige steder af dette. Luften kommer derfor i bevægelse, og den store isolationsevne er blevet formindsket betydeligt. Vi faar en isolationsevne, der nærmer sig meget til isolationsevnen for stillestaaende luft, naar vi anvender almindeligt tørt sand som isolation. (den stillestaaende luft mellem kornene).

Varmeledningen gennem flere legemer:

fig. 22.

Vi regner med samme temp. i de sammenstødende flader.

$$Q_1 = l_1 \cdot F \cdot (t_1 - t_2) / s_1$$

$$Q_2 = l_2 \cdot F \cdot (t_2 - t_3) / s_2$$

Den samlede varmemængde:

$$Q = F \cdot \frac{1}{\frac{s_1}{l_1} + \frac{s_2}{l_2} + \frac{s_3}{l_3}} \cdot (t_1 - t_n)$$

b.

Ved konvektionsvarmeoverførsel forstaar vi varmeoverførslen fra fast væg til bevæget medium. For os spiller det kun en rolle over for luft. Vi ser derfor paa overførslen mellem ovnvæg og luft.

Varmeoverførslen kan ikke betragtes som en almindelig ledning fra luften til ovnvæggen, der der vil danne sig en tynd lufthinde paa væggen, og gennem denne hinde skal varmen overføres. Den overførte mængde varme er afhængig af hindens tykkelse, forbipasserende hvirvler i luften kan forårsage at lufthastigheden bliver noget større og hermed lufthinden noget tyndere, og vi faar i saa tilfælde overføre en del mere varme.

Den overførte varmemængdes størrelse er ikke nem at finde, men vi kan godt regne:

$$Q = k.f. (t_o \div t_L)$$

t_o = ovnens temp. t_L = luftens temp. og $k = 2 \div 10 \sqrt{v}$, hvor v er luftens hastighed.

c.

Ved lav temp. sker varmeoverførslen hovedsagelig ved ledning og konvektion, idet varmen overføres direkte fra ovnluften til emnet, medens varmeoverførslen ved høj temp. Hovedsagelig foregaar ved straalning fra ovnvæggene til emnet.

$$Q = \frac{F_e \cdot ((T_o/100)^4 \div (T_e/100)^4)}{\frac{1}{C_e} + \frac{F_e}{F_o} \left(\frac{1}{C_o} \div \frac{1}{C_e} \right)}$$

hvor F_e er emnets overfladeareal, T_e er emnets abs. temp. T_o er ovnens overflade og C_o og C_e er straalingskoefficienter for ovnen og emnet.

For abs. sorte legemer kan C_e regnes til $4,7 \div 4,9$

" iltede metaloverflader ca. 4

" blanke overflader ca. 1

Vi vil aldrig komme til at arbejde med blanke overflader, da disse hurtigt vil iltes paa overfladen, naar emnet anbringes i en eller anden ovn. Derfor regner vi gerne de i formelen indgaaende C til 4.

I reglen vil F_e være lille i forhold til F_o , og vi kan derfor anvende følgende tilnærmede formel for straalingen:

$$Q = F_e \cdot C_e \cdot ((T_o/100)^4 \div (T_e/100)^4)$$

denne formel er imidlertid ikke nem at behandle, og vi omformer den derfor til

$$Q = (F_e \cdot C_e \cdot (T_o \div T_e) (T_o/100)^3 \cdot (1 + (T_e/T_o) + (T_e/T_o)^2 + (T_e/T_o)^3)) / 100$$

vi indføre straalingskoefficienten $\emptyset$, der sættes lig:

$$\emptyset = C_e / 100 \cdot (T_o/100)^3 \cdot (1 + (T_e/T_o) + (T_e/T_o)^2 + (T_e/T_o)^3)$$

heraf faas:

$$Q = F_e \cdot \emptyset \cdot (T_o \div T_e)$$

Værdier for $\emptyset$:

T_o/T_e	200	600	1000	1400	1800	$= t_o = T_o \div 273$
1	16,9	106,6	330	750	1425	
0,8	12,5	99,6	243	558	1050	
0,6	9,2	58	179	408	739	
0,4	6,9	43,2	134	304	584	
0,2	5,3	33,2	103	234	444	
0,1	4,9	13,6	91,7	208	316	

2. diskontinuerlig varmeoverførsel.

Vi faar diskontinuerlig varmeoverførsel, naar temp. for det materiale, der afgiver varme eller det, der modtager varme variere

5.
 under varmeoverførslen. Opvarmer vi et stykke jern i en ovn vil temp. for jernet efterhaanden stige og varmeoverførslen vil blive mindre og mindre indtil jernet har antaget ovnens temp. I dette tilfælde har vi at gøre med diskontinuerlig varmeoverførsel.

a. ledning

fig. 23

naar vi anvender de for kontinu-
 erlig varmeoverførsel ved led-
 ning gældende formler paa et u-
 endeligt lille tidselement faar
 vi formler, der gælder for dis-
 kontinuerlig varmeoverførsel ved
 ledning.

Vi vil se, hvorledes temp. varie-
 rer i et emne, der er anbragt
 i en ovn med temp. t_o , der er
 højere end emnets temp. t_e , og
 t_e er højere end alm. stuetemp.

pr. tidsenhed tilføre vi legemet:

$$Q = F \cdot dt/dx \cdot l$$

$$dQ = F \cdot d^2t/dx^2 \cdot l$$

naar denne varmemængde er kom-
 met stykket dx i emnet, har det-
 te modtaget varmemængden dQ .

temp. er samtidig faldet med dt

dQ er som nævnt medgaaet til opvarmning af stykket dx , og kan
 derfor sættes lig med

$$dQ = F \cdot d^2t/dx^2 \cdot l = F \cdot dx \cdot f \cdot dt/dg$$

Hvor f = varmefylden for emnet, og dt/dg = temp. variation
 pr. tidsenhed.

Løser vi ovenstaaende lign. med hensyn til t faar vi løs-
 ningerne:

$$t = c \cdot e^{\pm x \div (l/f) \cdot g}$$

der fremstiller en parabellignende kurve.

fig. 24

I stedet for at regne med den
 fundne kurve, gør vi en tilnær-
 melse, idet vi regner med en
 parabel.

lign. for denne bliver

$$t \div t_m = c(s/2 \div x)^2$$

hvis vi ønsker at tegne denne,
 har vi som hjælpemidler:

givet: $x = 0$; $dt/dx = Q/l$
 heraf findes:

$$c = Q/l \cdot s$$

for $x = 0$ er $t = t_e$

heraf faas:

$$t_m = t_e \div Q \cdot s/4 \cdot l$$

b. Konvektion.

fig. 25

Vi tænker os at et emne modtager
 varmemængden Q pr. tidsenhed ved
 konvektion og at Q forplanter
 sig gennem legemen legemet ved
 ledning.

Overfladen modtager:

$$Q = k \cdot (t_o \div t_e) \text{ pr. cm}^2$$

Overfladen afgiver:

$$Q = dt/dx \cdot l$$

heraf faas:

$$dt/dx = k/l \cdot (t_o \div t_e)$$

for forskellige værdier af t_e vil vi faa forskellige varmeledningsparabler, der alle vil gaa gennem samme punkt (a i fig.) og parablernes tangenter i dette punkt vil have deres hældningskoefficienter bestemt af omstaaende lign.

Vi vil løse opgaven af finde, hvor lang tid, der medgaar til at faa opvarmet emnet fra t_{e1} til t_{e2} .

I tiden dg opvarmes stykket dx fra t_1 til t_2 , idet stykket dx modtager varmemængden $dQ = dg \cdot Q$

$$dg \cdot Q = f \cdot (t_2 - t_1) \cdot dx$$

$$\text{tiden} = g = f \cdot (t_2 - t_1) \cdot dx / Q$$

Vi faar altsaa tiden ved at planimetrere arealet mellem de to parabler, gange dette med varmfylden f og dividere med varmemængden Q pr. tidsenhed pr. cm^2 overflade af emnet.

7. Varmespænding.

Naar vi anbringer et emne i en eller anden ovn, vil emnet opvarmes, men det vil vare en tid, inden emnet er gennemvarmet, og derfor vil der opstaa spændinger i emnet. Vi vil faa trykspændinger i overfladen og trækspændinger i det indre. Som det gaar med emnet vil det ogsaa gaa med vore ildfaste materialer, og de i disse opstaaede spændinger kan tit være aarsag til at mufler eller digler springer i stykker for os.

fig. 26

Vi betragter en eller anden ovnvæg med temp. t_1 paa den ene side og t_2 paa den anden side. Paa grund af temp.diff. vil vi faa spændinger, der giver tryk i den ene side og træk i den anden. Efter hooks lov vil vi faa en spænding P .

$$P = E \cdot u \cdot (t_1 - t_2) / 2$$

gennem ovnvæggen transporteres der en varmemængde Q

$$Q = l \cdot (t_1 - t_2) / s$$

eliminerer vi $t_1 - t_2$ mellem de

$$Q = (l/s) \cdot (2P/E \cdot u)$$

Denne formel oplyser os om, hvor stor en varmemængde, der maa transporteres gennem ovnvæggen, uden at de i væggen opstaaende spændinger vil blive kriminelle.

Eks. chamottesten ved 1000 grader.

$$E = 70000$$

$$P = 8$$

$$u = 6 \cdot 10^{-6}$$

$$Q_{\max} = 45000/s \text{ kcal. pr. arealenhed.}$$

u = udvidelseskoeff.

to ligninger faas:

12' afsnit.

8. forvarmning af blæsten.

vi har tidligere omtalt, at der med røgen bortgaar en hel del varme som tab. denne varmemængde kan vi imidlertid anvende til at opvarme vor sekundære luft med.

til forvarmning af luften anvendes regeneratore eller recuperatorer.

a. regeneratore.

fig. 27.

regeneratoren bestaar af to rum, der er fyldt med ildfaste sten, som er sat op paa en saadan maade, at luften og røgen kommer til at passere gennem smaa kanaler. i fig. ledes røgen gennem beholderen A, medens den sekundære luft ledes gennem B. røgen afgiver sin varme til stenene i A, lidt efter stilles de fire spjæld om, stenene i A afgiver da deres varme til den sekundære luft, og herved forvarmes

denne. ved skiftevis at stille spjældene til den ene eller den anden side, opnaar vi altsaa stadig at kunne forvarme luften.

hver gang vi har stillet om, vil røgen afgive sin varme ved en diskontinuerlig varmeoverførsel til stenene. forholdene ved beregning af overførslen er saa komplicerede, at vi i praksis aldrig vil finde paa at foretage en saadan beregning, derimod har vi en erfaringsregel at støtte os til. denne siger:

$$t = H.400$$

hvor t er den opnaaede temp., og H er den vejlængde, som luften skal passere i regeneratoren. vil vi have forvarmet vor luft til 800 grader, skal regeneratoren altsaa være 2 m høj.

vi ved at luftens hastighed stiger med temp., men i praksis er det nøjagtigt nok at regne hastigheden til 0,2 m pr. sek.

regeneratore anvendes til martin- og digelovne.

vi har en anden erfaringsregel, der siger:

$$F = K.10^{-6}$$

hvor F er arealet af regeneratoren i m^2 , og K er det antal kcal, der skal overføres.

vi maa skifte spjældene hver 20 min.

b. recuperatorer.

fig. 28

til vore alm. ovne anvender vi ikke regeneratore, men recuperatorer, der bygges paa flere forskellige maader, men i hovedtrækkene ligner de alle hinanden, idet systemet er en røgkanal, i hvilken der er flere mindre luftkanaler, som antydet i fig. 28.

vi inddeler recuperatorerne i:

a. jernrørsrecuperatorer, og b. ildfaste recup.

a. jern-

disse recuperatorer anvendes mest til vore alm. ovne, men vi maa erindre, at jernrørene ikke kan taale mere end 500 grader, og vi

kan altsaa ikke faa forvarmet vor luft mere end til 500 grader, naar vi anvender disse.

modstrømsprincippet.

fig.29.

luften og røgen har modsatte bevægelsesretninger. luftens temp. stiger fra 0 til 500 grader, medens røgens temp. falder fra 1000 til 600 grader. vi faar paa denne maade en udmærket forvarmet luft, men vore jernrør er meget stærkt udsatte, da gennemsnitstemp. i den varme ende er 750 grader.

ligestrømsprincippet.

fig.30.

dette princip anvendes i særdeleshed, naar vi anvender recuporatorer af jern, da rørene i dette tilfælde ikke er saa stærkt udsatte. (højeste gennemsnitstemp. er 550).

naar rørene bliver varme, vil de udvide sig en del, og vi maa derfor anvende rørene i bøjede former, som ses i fig.31.

fig. 31

smedejernsrør:

støbejernsrør

stor overflade.
stor varmeledning.

vi kunde tænke os at anvende rør af Cr.staal, og dette vilde give os ganske glimrende recuporatorer, men de er imidlertid saa kostbare, at det betaler sig bedre at udskifte de alm. rør, naar de er for stærkt angrebet.

skal vi indbygge et pyrometer i en ovn omgiver vi dette med en kappe af Cr staal.

(undertiden fremstilles mufler af jern, da varmeledningsevnen er meget større end for de ildfaste materialer. levetiden for jernmufler er selvfølgelig ikke stor).

b. charmotte-

hvis vi vil opnaa højere temp., end dem vi kan opnaa ved jernrørsrecuporatorer, maa vi anvende charmottetør, der fremstilles til dette brug i mange forskellige former. charmottetørene sammenbygges til lange kanaler, der anbringes i det rum, hvorigennem vi leder røgen.

til lave temp. anvender vi jernrørsrecuporatorer.

- højere -	-	- charmotterecuporatorer.
- meget høje	-	- regenerators.

9. luftbevægelsen i ovnene.

den luft, vi anvender til forbrændingen, skal strømme gennem fyret gennem ovnen, maaske gennem en regenerator og til skorstenen, derfor maa vi have et overtryk paa luften eller et undertryk i skorstenen. som reglen arbejder vi med begge dele, saa vi kan opnaa neutralt tryk i selve ovnrummet. vi maa altsaa have overtryk foran dette og undertryk bagved, for at faa suget luften bort.

under luftens cirkulation bliver den udsat for modstande af forskellig art, og vi maa derfor vide hvor stort et overtryk vi skal anvende for at faa overvundet disse modstande.

i det følgende er alle lufthastigheder og mængder beregnet ved 0 grader.

igennem fyret paa en kulfyret ovn skal der ledes en luftmængde $V_0 = B_n \cdot G / 3600 \text{ m}^3$, hvor B_n er brændværdien og G er nødvendig luftmængde pr. sek.

hastigheden ved 0 grader bliver:

$$v_0 = V_0 / F$$

hastigheden ved t grader bliver:

$$v_t = (V_0 / F) (1 + \alpha T)$$

hvor F er arealet af fyret.

$T = t - 273$ grader.

luftens udvidelseskoeff. = $1/273$

anvender vi kunstigt træk, kan vi opnaa en hastighed paa 3 m/sek. under fyret, ca. 1 m/sek. over fyret, noget mere over fyrbroen, og fra 5 til 10 m/sek. i kanalerne.

større hastigheder end disse anvendes ikke.

naar vi kender luftmængden og dennes hastighed kan vi beregne tværsnittet af vore kanaler; vi maa dog altid erindre at minimumstværsnittet for en kanal er 450.450 mm. (en mand maa kunne kravle gennem kanalerne).

luftbevægelsen faas af trykforskellen, og denne maales i mm/H₂O. over fyret har vi gerne et undertryk paa 3 til 4 mm/H₂O.

vægten af en m³ luft regnes til 1,293 kg.

- - - m³ røg - - - 1,350 kg.

multipliserer vi trykket i mm/H₂O med arealet i m² faar vi det arbejde, der medgaar til at sammentrykke luften 1 m³.

det tryk, vi skal anvende, faas ved hjælp af en blæser, og for at faa det arbejde, som denne skal udføre, multipliserer vi blæserens rørareal med det tryk, vi vil opnaa.

- a. blæserorganer.
- b. udsugningsorganer.
- c. rørmodstande.

a.

blæserne benævnes efter de tryk, de kan frembringe.

x. ventilatorer.	50 til 100 mm/H ₂ O
y. lavtryksblæsere	100 - 500 mm/H ₂ O
z. mellemtryks.	500 - 1200 mm/H ₂ O
ø. højtryks	1200 - 3000 mm/H ₂ O
u. kompresorer	over 3000 mm/H ₂ O

kompressorerne anvendes f.eks. til martin ovne, da vi til disse ønsker store mængder af forvarmet luft.

x.

ventilatorerne bestaar af en alm. elektromotor med vinge.

y.

som lavtryksblæsere anvender vi smaa centrifugalblæsere, der i forhold til deres størrelse giver stor luftmængde, men de har en kedelig egenskab, der viser sig, hvis vi f.eks. faar forstopelse i risten, luften skal i saa tilfælde overvinde et modtryk, og dette giver anledning til dannede hvirvler omkring skovlene i blæseren, og resultatet bliver, at vi faar en mindre

luftmængde; ved at anvende en blæser med større omløbstal kan vi faa større lufthastighed og dermed større luftmængde. dette har betydning, naar vi erindrer følgende:

mængde = en konst. hastigheden i anden potens, og
arbejdet = en konst. hastigheden i tredje potens.

z.
til mellemtryksblæsere anvendes større centrifugalblæsere eller kapselblæsere.

fig. 32. rootblæser.

disse blæsere har den fordel frem for centrifugalblæsere, at de ved indtruffen forstoppelse sætter trykket op i stedet for at formindske dette. de kan saaledes hjælpe med til at faa forstoppelsen fjernet. blæsere af denne type anvendes til cupolovne.

kapselblæsere giver en lille luftmængde i forhold til størrelsen, og de laver meget spektakel. endvidere kræver disse blæsere sikkerhedsventiler, da for-

stoppelserne kan give saa store tryk, at ledningerne let kan springe.

d.
som højtryksblæsere anvender vi centrifugalblæsere, der er bygget efter turbineprincippet, eller mindre kompressorer.

b.
som sugeorgan anvender vi gerne en skorsten.

fig. 33.

ved toppen af skorstenen vil vi have samme tryk i og udenfor skorstenen, medens vi i bunden har et mindre tryk i skorstenen.

skorstensvirkningen beror paa, at den varme røgluft vejer mindre end luften udenfor, og dette giver os trykdifferencen:

$$dH = \frac{Lv_R}{(1 + uT_1)} + \frac{Lv_L}{(1 + uT_2)}$$

denne formel er udregnet under forudsætning af, at T_1 er konst., og da vi i praksis altid har et temp.fald, vil dH blive noget mindre.

i toppen af skorstenen maa vi sørge for at have et mindste tryk paa 4 m/sek., da ellers kastevinde vil slaa ned i vore ovne.

til metallogiske ovne, hvor vi har meget høj temp. kan vi anvende mindre skorstene, end f.eks. til alm. kedelanlæg, hvor vi kun har ca. 300 grader i skorstenens bund, medens vi i skorstene til metallogiske ovne let vil have 700 grader.

for at undgaa kastevinde i vore ovne, anbringer vi undertiden et spjæld i toppen af skorstenen, eller vi anvender en vindfløj.

undertiden maa vi anvende højere skorstene end det egentlig er nødvendigt, f.eks. naar vi har vort værksted i en by, da der her fordres en skorstenshøjde, der er ca. 3 til 4 m over hustagene, vi vil da faa for stor sugning. denne kan vi naturligvis formindske ved hjælp af spjæld, men der findes ikke nogle gode, og vi anvender derfor de saakaldte spjældsten, der anbringes i kanalerne.

undertiden nedsætter vi sugningen som vist i fig. 34.

fig. 34.

over ovnen bygges en skorsten, der giver den tilstrækkelige sugning, og over skorstenen anbringes et røgfang, hvorfra røgen igen suges ud til den egentlige skorsten.

C.
vor røg passerer fra blæseren gennem ovnen og til kanalerne og skorstenen, og vi vil nu gerne vide hvilket tryk vi skal anvende, naar vi tager hensyn til de forskellige rørmodstande.

ved indgangen til ovnen maa luften akselereres. (vi regner pr et sek.)

vi gaar ud fra:

kraft gange tid = masse gange hastighed.

$$dH \cdot F = (F \cdot v \cdot f_0 / g \cdot (1 + uT)) \cdot v$$

hvor dH er tryktabet (eller stigningen), F er arealet, v hastigheden, g luftmængde pr. sek., u luftens udvidelseskoeff., f_0 luftens vægtfylde ved 0 grader og T er temp.

indfører vi $v_0 = v / (1 - uT)$ faas tryktag ved indgang til ovnen:

$$dH = v_0^2 \cdot f_0 \cdot (1 + uT) / g.$$

fig.35.

skal luften passere et sted, som vist i fig.35 vil vi faa en trykforøgelse, naar luften bevæger sig i retning fra det snævre til det videre tværsnit, og vi faar her et undertryk i det snævre tværsnit. trykforøgelsen vil være lig forskellen i bevægelsesmængde,

og da luftmassen er den samme, vil vi faa:

$dH = \text{luftmasse} \cdot \text{hastighedsdifferens}.$

$$\div F_1 \cdot dH = (F_1 \cdot v_1 \cdot f_0 / g \cdot (1 + uT)) \cdot (v_{02} \div v_{01}).$$

imidlertid er: $F_1 \cdot v_{01} = v_{02} \cdot F_2$

der giver: $v_{02} = v_{01} \cdot F_1 / F_2$

heraf faas:

$$dH = (v_{01}^2 \cdot f_0 / g(1 + uT)) \cdot (1 \div F_1 / F_2)$$

denne formel giver os tabet ved den i fig.35 viste anordning.

fig.36.

ledes luften fra rørledningen ud i et stort rum faar vi en trykforøgelse:

$$dH = v_0^2 \cdot f_0 / g \cdot (1 + uT)$$

denne formel faas af den forrige, idet F_2 er stor i sammenligning med F_1 .

sammenligner vi denne sidste formel med den først i dette afsnit fundne, vil vi se, at hele bevægelsesmængden er tabt. vi har imidlertid ikke taget hensyn til den trykforøgelse, vi naturligvis har faaet paa grund af rørmodstandene fra tilgangen til afgang for luften. (hvirvler i kanalerne, vil ogsaa give anledning til tab.)

fig.37.

i forrige tilfælde saa vi, at vi tilsyneladende vilde faa tabt hele luftmassens bevægelsesmængde. indretter vi os som skitseret i fig.37 vil vi ikke faa noget nævneværdigt tab, da der ved ejektorvirkningen vil suges en del luft ind i det videre rør fra luften udenfor.

den luftmængde, der suges med, kan beregnes paa følgende maade:

bevægelsesmængde i det snævre rør =
bevægelsesmængde i det videre rør.

dette giver:

$$((F_1 \cdot v_{01} \cdot f_0 / g \cdot (1 + uT)) \cdot v_{01} = ((F_2 \cdot v_{02} \cdot f_0 / g \cdot (1 + uT)) \cdot v_{02}$$

af denne ligning findes v_{02}

og luftmængden M bliver da:

$$M = F_2 \cdot v_{02} \div F_1 \cdot v_{01}$$

friktioner.

fig.38

skal vor luft passere en bøjning, som den i fig. 38 viste, vil vi faa et ekstra tryktab, idet vi skal tilføre denne en bevægelsesmængde i pilens retning (røde pil). har vi en bøjning paa 90 grader vil hele bevægelsesmængden tabes ved luftpartiklernes stød mod rørvæggen, og vi maa derfor foretage en fornyet akseleration af luftmassen.

fig.39.

i vore kanaler vil vi have en modstand, som vi regner prop. med v^2 . længden af det bestrøgne areal: med arealets tværsnit.

$\text{tab} = k \cdot v^2 \cdot O \cdot L / A$
hvor k er en konst. der afhænger af stoffet, v er hastigheden, O er overfladearealet, L længden af ka-

nalen og A er tværsnitsarealet.

vi indføre $v_0 = v / (1 + uT)$ og faar:

$$dH = (k \cdot v_0^2 \cdot O \cdot L / A) \cdot (1 + uT)^2$$

for alm. murede kanaler er k lig med:

$$k = c_1 + 0,274 \cdot O / v_0 \cdot F$$

for berappede kanaler er $c_1 = 14 \cdot 10^{-4}$

- raa sten er $c_1 = 18 \cdot 10^{-4}$

- gamle kanaler er $c_1 = 21 \cdot 10^{-4}$

Afsnit 13.

Ovnene.

de første ovne vi vil omtale er saadanne, hvor emnet er i direkte berøring med brændslet, af disse ovne omtaler vi den alm. smedeesse, den lukkede esse (smedeovne) og cupolovnen.

de temp., vi kan opnaa i disse ovne, er rent kemisk set begrænset til 600 grader. over disse temp. skulde der indtræde dissociationsfænomener. imidlertid er dette ikke i overensstemmelse med praksis, da vi paa grund af kanaldannelser i brændslet udmærket kan opnaa 1600 grader i disse ovne. vi maa dog ikke tro, at vi undgaar dissociationsvirkningerne helt, og særlig hvis vi arbejder med stor brændselshøjde (cupolovnen).

vilde vi anvende forvarmet, sekundær luft til disse ovne, vilde vi opnaa at faa dissociationsfænomenerne til at optræde i de lavere brændselsslag, og vi vilde af denne grund faa nedsat temp. i disse. ved cupolovnen vilde dette maaske ikke gøre særlig skade, men da vi kun arbejder ca. 6 timer i træk, vil vi ikke kunde naa at faa opvarmet luften i en recuperator, da denne først vilde blive rigtig varm, naar vi skulde til at sætte fra. anvender vi højt fyr, har vi en naturlig forvarmning af luften, idet denne skal stryge op gennem brændselsslaget inden den naar smeltezonen, og fra denne videre op gennem brændslet, hvor den forvarmer det materiale, der ikke endnu er smeltet.

ovne af den omtalte art er nemme at betjene, og de er simple i deres indretning, men ikke lette at regulere. vi vil gerne have S fattigt brændsel og anvender derfor koks.

alm. smedeesse.

ved en esse forstaar vi et fyr, hvor vi opvarmer emnet paa toppen af det brændende brændsel.

vi har omtalt at vi benytter koks som brændsel, det kan derfor synes mærkeligt, at vi anvender smedekul til vore esser, men sagen er den, at vi først forkokser kullene, naar vi anvender essen til opvarmning af vore emner.

fig. 1. essen bestaar af en flad hård m/ en ildgryde i midten. vi skelner mellem esser med fast hård og esser med løs eller blød hård.

til mange smaa emner anvendes esser med fast hård, medens vi til store emner anvender esser med løs hård. i fig. 1 er skitse- ret en alm. smedeesse med fast hård.

kullene har tilbøjeligheder til at falde ned gennem blæstaabningen, og vi maa derfor sørge for at have tilstrækkeligt stort tryk paa blæsten. vi regner gerne 150 - 200 mm/H₂O, der giver en hastighed paa 15 - 20 m/sek.

blæstaabningen er som reglen aflag og har en bredde paa 8 - 15 mm og en længde paa 30 - 60 mm. kender vi hastigheden, kan vi beregne den luftmængde, der strømmer gennem blæstaabningen, og mængden bliver 0,09 - 0,12 m³/cm²/min. paa grund af utætheder regner vi dog gerne med den dobbelte luftmængde.

fig. 2. undertiden kan luftmængden reguleres ved hjælp af en kileformet tunge, som vist i fig. 2.

optændingen af essen foretages med speaner eller lignende. oven paa speanerne lægges en del kul, der omhyggeligt forkokses, og herefter tilsætter vi først det egentlige brændsel. ovenover emnet vil kullene have tilbøjeligheder til at brænde sammen, og det er netop, hvad vi ønsker, de skal gøre, da dette sammenbrændte lag har en lille varmeledningsevne, og derfor holder udmærket paa varmen. undertiden fremskynder vi sammenbrændingen ved at stænke vand paa kullene.

esse med løs hård.

fig. 3.

ved den stadige paaafyring af friske kul faar vi dannet en stærkt generende røg, og denne vil vi gerne have bort paa saa nem en maade som muligt. i fig. 4 er skitseret, hvorledes vi indretter os, naar vi kan faa aftræk til en alm. skorsten.

fig.4.

fig.5.

i fig. 5 er skitseret, hvorledes vi indretter os, naar der er tale om store anlæg, hvor vi kan anvende et sugeanlæg.

for at faa suget røgen bort, maa arealet af sugeaabningen være 8 gange saa stort som blæsthullet i essen.

i esserne anvender vi meget brændsel, og vi regner gerne 0,5 - 2,5 kg kul pr. kg. jern.

det er ikke sikkert at smeden kan gøre arbejdet færdigt ved en varme, og arbejdets varighed angives derfor i antal varmer.

nyttevirkningen er paa grund af det store tab til røgen overmaade lille: fra 1 til 5 %.

opvarmningstiderne er forholdsvis korte paa grund af den høje temp. vi regner opvarmningstiden til:

$$\text{tiden} = \frac{1}{54000} \cdot F \cdot (L - 100)$$

hvor F er arealet af emnets overflade i mm^2 , og blæstaabningen L i mm^2 .

denne formel gælder kun for firkantet materiale. er emnet fladjern (1:3) maa vi regne opvarmningstiden ca. 30% længere.

smedeovne.

skal vi behandle serier af emner anvender vi smedeovne (lukkede esser), hvori vi fyrer med koks. brændselshøjden regnes til ca. 6 gange stykstørrelsen.

fig. 6. smedeovn.

i denne ovn findes ingen dør. vi anvender derimod vandkølede presenninger, eller undertiden murer vi et par sten ind i aabningen.

fig. 7. i fig. 7 er vist en mindre ovn paa drejelig fod. paa taget er der indrettet et brændselsmagasin, og selve taget bæres af fire søjler, mellem hvilke emnerne stikkes ind fra alle fire sider. i ovne af disse typer kan vi kun behandle smaa emner, og røgen maa trænge ud i lokalet.

cupolovnen.

oprindelig udstøbtes jernet direkte fra højovnen, og naar denne var under reparation, anvendte man undertiden et eller andet fyr overdækket med en kuppel. dette fyr udviklede sig efterhaanden til en ovn, og den anvendte kuppel har givet cupolovnen sit navn. blæstaabningerne kaldes tvier.

forbrændingen i cupolovnen foregaar som vi kender det fra generatorerne, blot med den forskel, at vi her har draaber af flydende jern mellem brændslet. vi regner gerne med en temp. paa ca. 1600 grader i cupolovnen, og af denne grund virker de flydende jerndraaber afkølede.

vi sørger for at faa smeltezonen beliggende i en højde paa 5-8 gange stykstørrelsen, for at jerndraaberne herfra kan trænge ned gennem det varmere brændselsslag og herved blive en del overhedet. temp. op gennem skakten er en del lavere end ved generatorerne, og derfor har vi omtrent lige dele CO_2 og CO i toppen.

temp. i ovnen vil stige med blæsthastigheden og forbrændingen vil foregaa momentant, hvis der var luft nok dertil, vi anvender derfor lufthastigheder fra 3 til 3,5 m/sek. for at faa forbrændingen til at foregaa med en nogenlunde stor hastighed.

den koksmængde, vi anvender, maa svare til mængden af jern, og vi regner gerne med, at vi skal anvende 10 kg koks for hver 100 kg jern.

koks og jern anbringes over hinanden i vekslende lag. i en højde paa 5-600 mm over tvierne anbringes koks, og over disse kommer vekslende lag af koks og jern.

vi kan faa smeltet en jernmængde, der svarer til koksforbruget, og dette regnes til 800 kg-/m².h. sammenligner vi denne formel med det ovenover omtalte viser det sig, at det stemmer udmærket. vore danske ovne er gerne $\frac{1}{2}$ m² i tværsnit, og til disse skal vi derfor anvende:

pr. indfyring. (hver 6. min.)
 400 kg jern.
 40 kg cinders
 8 kg CaO = 2 gange askemængden i cinders (10%)
 400 m³ luft = 10 m³ pr. kg cinders.

undertiden bliver luftmængden dog større, f.eks. hvis der har dannet sig kanaler i brændslet og luften af denne grund uhindret kan trænge op gennem ovnen.

naar flydende slagge passerer forbi tvierne (kold luft) vil den afkøles og maaske størkne og herved tilstoppe tvierne. anvender vi centrifugalblæsere, maa vi passe paa ikke at blive narret, vi faar jo som tidligere omtalt større tryk, men tillige mindre luftmængde, derfor anvender vi som reglen rootblæsere til vore cupolovne.

vi har omtalt at smeltezonen ligger i en højde af 600 mm over tvierne, men dette gælder kun med normalt forbrug af cinders eller rettere med normal cindersmængde. anvender vi mere cinders, faar vi smeltezonen til at ligge højere, og ved tilsætning af meget cinders kan vi endog faa smeltezonen til at ligge i en højde paa 2 m. vi faar paa denne maade en mindre forbrænding, men en større forvarmning af det smeltede jern.

anvender vi for lidt cinders, vil forbrændingen foregaa i bunden af ovnen, hvor vi har iltende atmosfære. vi faar stor smeltning, men koldt jern, da dette ikke har nogen varm zone at passere gennem.

skal vi smelte staaflald sammen med det alm. støbejern, maa vi anvende lidt mere brændsel for at faa temp. noget højere. støbejernet smelter som sædvanlig, medens staalet først smelter, naar det naar ned til den varmeste zone.

cupolovnene er fremstillet i mange forskellige former, der varierer med tiden. der findes ovne, hvor tværsnittet under tvierne er større end det øvrige tværsnit, og der findes ovne, hvor tværsnittet er mindre under tvierne med den begrundelse, at luften vil faa større hastighed, der igen giver større luftmængde og højere temp.

anbringelsen af tvierne er ogsaa forskellig for de forskellige ovntyper, men i dem alle har vi to sæt tvier. i nogle ovne er disse to sæt tvier anbragt i forskellig højde, og dette er gjort for at faa CO til at brænde til CO₂ ved passage af de øverste tvier.

vi anvender to sæt tvier for at undgaa forstoppelser, sættes det ene sæt fra, vil den størknede slagge igen smelte, da den kolde luft ikke mere passerer forbi.

efter et fransk system "Pumac" har vi tvier hele vejen op af siden paa ovnen, og tvierne er ordnet efter en skruelinie. denne specielle anbringelse har sikkert ingen praktisk gyldighed, og vi anvender derfor i den senere tid kun tvierne i samme højde, flere steder i england og frankrig arbejder man dog endnu efter Pumacs system.

fig. 8 grundtype for cupolovnene.

smelteevnen vil variere med diametren af ovnen, idet der vil være en uvirksom randsone, der ved smaa ovne er forholdsvis stor:

$$\text{smelteevnen} = 10 \quad /4(D \div 0,1)^2 .$$

vi har tidligere omtalt, at vi i en god passet ovn, vilde faa en nedsmeltning lig med $8000 \text{ kg/m}^2/\text{h}$. for vore alm. ovne vil den nedsmeltede mængde være $3000 - 5000 \text{ kg/h}$.

luftens tryk vil ligeledes variere med diametren, og i praksis regner vi med at trykket skal være lig med $D/2$ maalt i mm.

erfaringen viser, at ovnhøjden passerer paa ca. 40 min. (jern paafyldes og tappes i flydende tilstand). vi vil efter dette se hvor høj vi er nødsaget til at bygge vore ovne:

vi ser i dette øjemed paa en 1 m^2 ovn.

1 m^3 cinders vejer	ca. 500 kg.
1 " alm. raajern opkastet i bunke	ca. 3600 kg.
1 " affaldsjern vejer	ca. 2500 kg.
1 " potterigods vejer	ca. 1600 kg.

vi bruger 800 kg/h koks.

og faar nedsmeltet 8000 kg/h jern.

da 1 m^3 koks vejer 500 kg, og vi kan forbrænde 800 kg/h , kan vi altsaa forbrænde 1,6 m (højde) koks pr. time.

anvender vi en blanding af de tre nævnte jernsorter, vil dette fylde 3,2 m (højde), da 1 m^3 vejer 2500 kg og vi kan nedsmelte 8000 kg jern pr time.

tilslaget til denne jernmængde vil fylde 0,2 m.

den højde, der synker ned gennem ovnen paa en time, er altsaa lig:

$$1,6 + 3,2 + 0,2 = 5 \text{ m.}$$

som nævnt vil nedsmeltningen kun være ca. 40 min, og højden maa altsaa blive:

$$h = (40/60) \cdot 5 = 3,3 \text{ m.}$$

den fundne højde er fra top til forbrændingszonen, og vi maa derfor til h addere kokshøjden fra tvierne til forbrændingszonen, 0,6 m. og endelig maa vi addere det nederste stykke, der for ovne uden forhård er lig ca. 1 m, og for ovne med forhård 0,4 m.

vore alm. danske ovne har forhård, og ovnhøjden bliver derfor $3,3 + 0,6 + 0,4 = 4,3 \text{ m}$.

vi har omtalt, at vi indfyre hvert 6. min., den første portion smeltet jern skal derfor være at tappe ca. 6 min. efter at blæsten er sat til. kommer jernet ikke til denne tid er cindershøjden (bundcindershøjden) ikke rigtig. vi maa derfor korrigere denne højde, men dette kan først gøres efter ca. 40 minutters forløb, da det, som vi har set, varer 40 min., inden et bestemt lag har bevæget sig gennem ovnen.

naar vi anvender ovne uden forhård, vil vi gerne vide, hvor meget smeltet jern, der kan staa i ovnen uden at det løber ud gennem slaggeaabningen. højden fra bunden til slaggeaabningen er ca. 0,25 m., og vi har derfor et rumfang paa $0,25 \text{ m}^3$ (vor ovn er 1 m^2). i dette rumfang findes der imidlertid foruden jern ogsaa cinders, og vi regner gerne, at disse fylder 60% af rumfanget. vi har altsaa staaende:

$$(40/100) \cdot 0,25 = \text{ca. } 0,1 \text{ m}^3 \text{ smeltet jern.}$$

naar vi smelter støbejern i cupolovnen, er det ikke sikkert, at vi skal støbe samme legering hele dagen, skal vi f.eks. støbe alm. gods, cylindergods og maskingods, er det ikke lige meget, hvilken orden dette gøres i. vi maa først støbe det alm. gods, fordi dette ikke tager det saa nøje med et lidt for stort indhold af S. herefter støber vi cylindergods, og til sidst maskingods. overgangen mellem de forskellige sorter gods er selvfølgelig ret flydende, og vi maa hellere støbe lidt af det finere cylindergods som alm. gods, end at faa cylindergodset forurennet med alm. gods.

anvender vi cupolovn med forhård kan vi have mere smeltet jern staaende, end naar vi benytter ovn uden forhård. forhården maa ikke være for stor, da vi ikke kan opvarme denne. er den for stor, vil vort jern staa og blive koldt.

man kunde tænke sig, at ovne med forhård anvendes til støbning af store emner, men dette er forkert. vi anvender tvært imod ovne med forhård til støbning af smaa emner, da forhården virker som et blandingskammer. vi kan altsaa faa samme sammensætning, og dette er heldigt, naar vi skal støbe flere smaa ens emner. benyttede vi til smaa emner en ovn uden forhård vilde vi kunne risikere at faa noget varierende sammensætninger ved de forskellige aftapninger. ovne uden forhård anvendes derfor i særdeleshed til fremstilling af støbejern til store emner, da det ikke gør saa meget, om vi skulde faa lidt varierende sammensætning paa forskellige steder i emnet.

gennemgangstiden for ovnen d.v.s. den tid det tager for luften at trænge gennem ovnen, er saa at sige den samme, selvom vi en gang smelter tyndt gods og en anden gang smelter tykt gods.

tvierens areal skal være ca. $1/5$ til $1/6$ gange ovnens areal (for danske ovne ca. $0,1 \text{ m}^3$), dette giver en lufthastighed paa ca. 8 til 10 m/sek.

i ældre ovne anvendte man tvier af en lidt varierende størrelse, nogle mente at tvierne skulde være større for at faa en stor luftmængde, og andre mente at tvierne tvært imod skulde være mindre for at man kunde faa en større lufthastighed, men hastigheden vil ikke blive større af denne grund, da modstanden mellem kokastykkerne er meget stor. skulde vi have større hastighed end de omtalte 8 til 10 m/sek. vilde vi skulle anvende en blæser med meget stor HK. i almindelighed er HK for vore blæsere ca. 10 til 12 HK.

tvierens form har ligeledes varieret med tiden, men man er blevet staaende ved en flad aflang form, da denne ogsaa har vist sig at være fordelagtig, naar vi vil undgaa forestoppelser, der sætter sig ganske vist hurtigt en del størknet slagge paa tvieranden, men slaggen fjernes let af den gennemstrømmende luft, da hastigheden som bekendt vil stige.

fig.9 amrk. normaltvis.

de ildfaste sten, vi anvender, er silicasten (sure). vi anvender tilslag af CaO (basisk), men slaggen er alligevel ret stærk sur (SiO_2).

murtykkelsen er ca. 150 - 250 mm. svarende til ovnarealet. udenom indmuringen er der et rum med sand, der for det første virker isolerende, og for det andet synker efter (tætner eventuelle utætheder). jernkappens tykkelse er ca. 10 til 12 mm ligeledes rettende sig efter ovnens størrelse.

naar vi skal sætte ovnen fra slaas klappen fra, og den egentlige ovnbund falder ud. for at slukke gløderne sprøjtes der vand paa. vi maa ikke have vandbeholder under ovnen, da den hurtige afkøling let kan give anledning til eksplosioner.

inden vi skal til at benytte ovnen igen maa vi igen anbringe et nyt bundlag, der er ca. 150 mm tykt og bestaar af gammelt formsand, der er overstrøget med en lervælling. bundlaget anbringes gennem en sideaabning for neden i ovnen, naar ovnen anvendes brænder bundlaget sammen til en fast masse, men denne er alligevel ikke stærkere, end at den gaar i stykker, naar klappen slaas fra. sideaabningen tilmures for hver gang.

ovnen repareres ligeledes for hver gang den har været benyttet, idet slagge, der sidder paa tvierne, hakkes af og eventuelle revner udfyldes. slagge i store klatter fjernes, medens slagge, der sidder som et tyndt glasseret lag, bibeholdes, da dette slaggelag virker beskyttende paa murværket.

da ovnene skal kunne repareres indvendig, maa diametren ikke

være mindre end ca. 450 mm. undtagelsesvis er ovnene dog mindre, men de kan da skilles ad i bælter.

det stærkest udsatte ovnstykke er fra tvierne og 600 - 800 mm opad, og man er derfor tilbøjelig til at lave et bælte paa dette sted, da vi saa nemt kan udveksle stenene, der er de mest ildfaste, vi overhovedet kan faa. de øverste sten, der er stærkt udsatte for stød fra nedstyrtende emner, er fremstillet af støbejern (ca. 1 m ned).

i ældre tid anvendte man haandfyring, men i den senere tid er man mere og mere gaaet over til mekanisk fyring, dog anvendes endnu mange steder haandfyring, da man da bedre kan føre kontrol med ovngangen (dannelse af broer).

flamme- og røggammerovne.

disse ovne er karakteriseret ved at fyret er anbragt et andet sted end i nærheden af emnet. vi skelner mellem varmeovne (flammeovne) og varmekammerovne (røgluft).

til fyr anvendes næsten altid halvgasfyr, eller vi anvender slet og ret brændere til gas eller flydende brændsel.

naar vi anvender stykformigt brændsel er den temp. vi kan opnaa, afhængig af fyrets art. skal vi have høj temp. maa vi anvende stor ristebelastning, og skal vi have lav temp. maa vi anvende lille ristebelastning. (lavt fyr).

dimensionering af ovnene.

dimensioneringen kan foretages paa flere forskellige maader. en maade gaar ud paa at bestemme varmekamrets rumfang, og naar dette er bestemt, kan vi regne at skulle anvende:

20000 kgeal/m ³ /h	for hærdeovne	(til C staal)
40000 kgeal/m ³ /h	for glødeovne	
80000 kgeal/m ³ /h	for smedeovne	
120000 kgeal/m ³ /h	for smelteovne.	

undertiden dimensioneres efter hærdbelastningen, hvorved der forstaas varmekonsum pr. m²/h. og vi kan regne at skulle anvende:

120000 kgeal/m ² /h	for hærdeovne
200000 kgeal/m ² /h	for glødeovne
300000 kgeal/m ² /h	for smedeovne
600000 kgeal/m ² /h	for smelteovne.

fig.10 varmeudvikling i ovnene.

flammen med indhold af gasarter stryger ind i ovnen, og skal til at begynde med opvarme denne, derfor er varmeudviklingen negativ (kurve 1), efterhaanden som vi kommer længere ind i ovnen vil varmeudviklingen stige, og hvis ovnen var fuldstændig varmeisolerende, vilde varmeudviklingen stige efter kurve 1, men da den ikke er det, regner vi, at varmeudviklingen stiger efter kurve 2.

af kurven ses, at det ikke er fordelagtigt at gøre ovnen for lang, da den sidste del af kurven ingen betydning har for os. den første del af kurven har heller ikke nogen praktisk betydning, og vi lader derfor den første del af forbrændingen foregaa i et særligt flammerum, og fører først flammen ind i selve ovnrummet, naar flammen har den tilstrækkelige temp.

den naturlige ovnlængde er skitseret paa fig. indenfor det med rødt skraverede.

anvender vi forvarmet luft vil varmeudviklingen følge kurve 3, og vi kan derfor gøre ovnen noget længere.

røggammerovnene er beliggende indenfor det med blaat skraverede areal.

hvis vi ønsker at bygge en flamme- og en røggammerovn, der kan give samme varmeudvikling, maa varmekammerovnen være en del større end flammeovnen. i flammen findes nemlig en del glødende partikler, der udstråler en del varme, der er

stor i forhold til den varme, som røgen udstråler, og i varmekammerovnen kommer varmeoverførslen ikke direkte, men fra de af røgluften opvarmede vægge, der altsaa maa have en højere temp. end den, vi ønsker, at vort emne skal opvarmes til.

i flammeovnen overføres varmen som nævnt ved stråling, og vi kan derfor regne varmetabet prop. med temp. differencen, medens vi i røgkammerovnene først faar varmen overført til væggene ved konvektion, og herefter ved stråling fra væggene til emnet, og da konvektionskoefficienten ikke er saa stor som straalingskoefficienten, maa vi regne varmetabet til 2 gange temp. differencen.

naar vi ikke tager det saa højtideligt med lidt mere eller mindre iltning af emnet, anvender vi flammeovne, medens vi anvender varmekammerovne, naar vi ikke ønsker iltning af materialet.

flammeovn, der anvendes til smeltning af messing, bronze eller støbejern, hvor vi ikke ønsker at faa forøget C indholdet.

fig. 11.

levetiden for ovne af typen i fig. 11 er ca. 150 - 200 fyr. ovnbredden ca. 1 - 1,2 m.

skal vi have udviklet $600000 \text{ kg/cal/m}^2/\text{h}$ i ovnen, skal vi anvende 80 kg. kul pr. m^2/h . herefter dimensioneres ovnens hæld. undertiden siges blot, at kulforbruget er lig med 4 gange hældens areal.

røgen gaar bort med en temp. paa ca. 1500 grader, d.v.s. at vi har en virkningsgrad paa ca. 11%. det ligger derfor nær at anvende røgen til at forvarme luften med, og derfor bygges undertiden en recuperator under ovnens hæld.

ovne af den omtalte type kaldes undertiden for tilbagestrålingsovne, da en del af varmen overføres til emnet ved stråling fra ovnvæggene, der som bekendt modtager varmen ved konvektion, og vi har derfor et varmetab paa 2 gange temp. diff. for at undgaa dette tab har man stræbt at faa berøring mellem de varme ovnvægge og selve materialet, og dette har man opnaaet ved at anvende de saakaldte roterovne.

fig. 12. roterende (baskulerende) cylindrisk ovn.

den omtalte ovn drejer ikke helt rundt, og vi indfyrrer derfor for oven i ovnen, og tapper fra siden af ovnen, som vist i nederste fig. til højre.

foret bestaar af stærkt Si-holdig stampemasse.

i en alm. flammeovn er brændselsforbruget

3 til 4 gange saa stort som i cupolovne.

i en roterovn er brændselsforbruget

ca. 1,5 gange saa stort som i en cup. ovn.

fig. 13 martinovn, som den anvendes til omsmeltning.

den viste ovn kan have et indhold paa 10 til 15 tons, medens de til staalfremstilling benyttede kan have et indhold paa 30 til 40 tons.

røgkammerovne.

i en røgkammerovn ser vi saa at sige aldrig flammen, men hvis vi arbejder meget haardt, kan vi godt tvinge flammen gennem ovnen.

under 1000 grader faar vi ikke stikflammer gennem ovnen, medens vi ved 1200 - 1400 grader faar smaa stikflammer, der fremkommer ved forbrænding af CO til CO₂.

varmerummet i røgkammerovnene er i sammenligning med varmerummet i flammeovnene ret store.

1. røgkammerovnene benyttes som indsætningsovne, da det ikke spiller saa stor rolle om indsætningskasserne bliver udsat for røgluften, selv om denne indeholder en del ilt.

hvir man ønsker at beskytte kasserne, kan dette gøres ved at oversmøre disse med en blanding af ler og vandglas.

2. disse ovne anvendes ogsaa som addoceringsovne. godset, der skal addoceres, pakkes ned i filter, og røgluften kan derfor ikke komme til at angribe godset.

(det amrk. gods nedpakkes kun i alm. sand).

3. røgkammerovne anvendes ligeledes som tørreovne i vore støberier, da det ikke spiller nogen rolle om kernerne, der tørres i ovnene, bliver udsat for røgluften. i ovne af denne art ønsker vi kun en temp. paa 250 til 300 grader, og da røgen under alm. omstændigheder har en temp. paa 600 grader, maa vi gøre noget ekstraordinært, derfor blandes røgluften med alm. kold luft, der ledes udenom fyret.

inden vi betragter de egentlige røgkammerovne, vises i fig. 14 et overgangsstadie mellem flammeovnene og røgkammerovnene, den saakaldte stødovn, der anvendes til opvarmning af mange ens emner.

fig. 14.

røgkammerovn 1.

fig. 15. indsætningsovn for alm. C. staal.

ovne af denne type er gerne gas eller oliefyrede ovne, dog undertiden koksfyrede. indsætningstiden for alm. C staal er ca. 2 - 3 timer, medens den for specialstaal er 8 - 10 timer paa grund af den større hysteres.

temp. i disse ovne er ca. 1000 grader.

til nitridering behøves kun ca. 500 grader, men en længere indsætningstid, og man benytter til denne proces som reglen elektriske ovne.

røgkammerovn. 2.

naar vi anvender disse ovne som addoseringsovne, gælder det om at holde konstant temp. overalt i ovnen, og vi anvender derfor et kunstgreb, for at faa fjernet den kolde luft i bunden af ovnen. vi arbejder, som det kaldes, med overfaldende træk. af fig. ses tydeligt hvorledes dette er opnaaet.

fig. 16. addoseringsovn.

fig. 16. addoceringsovn.

fig. 17.

adgangen til ovnen kan foregaa gennem en ovndør i ovnens ene ende eller gennem loftet, der i saa tilfælde bestaar af murbuer, som vist i fig. 17.

røgkammerovn. 2a.

i fig. 18 er vist en kontinuerlig addoceringsovn, hvorigennem emnerne køres paa en lille vogn. afkølingen (fra 2 til 3) tager fra 2 til 3 timer, og af denne grund bliver ovne af denne type meget lange.

fig. 18.

røgkammerovn 3.

for at faa røgtemp. sat ned blandes som omtalt røgluften med

alm. kold luft, der imidlertid erstattes af returluft, da man paa denne maade faar udnyttet røgluftens hele varmeindhold.

i de tørreovne vi anvender i vore støberier foregaar ikke alene en alm. tørring af formene, men ogsaa en iltning af den i kernerne iblandede rapsolie.

ovne af denne type er hvad vi kalder intermitterende ovne, da emnerne bringes ind i kold tilstand, opvarmes og tages ud igen.

fig. 19. alm. tørreovn.

de i mellemvæggen anbragte huller giver skorstensvirkning, og denne igen de med grønt skitserede hvirvler.

aftrækket til skorstenen findes i den forreste del af ovnen.

undertiden anvendes ogsaa kontinuerlige ovne som tørreovne, og disse bestaar i saa tilfælde blot af en lang kanal, hvorigennem kernerne bevæger sig paa et transportbaand. disse ovne anvendes i særdeleshed til tørring af oliesandskerner.

indirekte virkende ovne.

de indirekte virkende ovne er karakteriseret ved at varmen skal forplante sig fra flammen til ovnvæggen og fra denne igen til emnet. ovne af disse typer maa derfor være mindre økonomiske end f.eks. flammeovne, da vi faar 2 gange temp. faldet som tab. vi anvender derfor kun disse ovne, naar vi er nødsaget til det, f.eks. til hærdeovne og emalieringsovne og i det hele taget, naar vi ønsker at emnet ikke maa angribes under opvarmningen, f.eks. af ilt.

de indirekte ovne inddeles i:

1. digelovne
2. muffelovne.

1. naar vi ikke ønsker temp. højere end ca. 600 grader, anvender vi jerndigler. (som oftest støbejern, i den senere tid ogsaa staaledigler).

ovne med jerndigler anvendes til smeltning af letsmeltelige metaller saa som emalie, Al og Mg, der altid smeltes i jerndigler, da Al angriber det i lerdiglerne værende Si.

fig. 20 galvaniseringsovn.

paafyringen af brændslet sker gennem huller i siden af ovnen, da vi ikke ønsker, at bunden skal blive for varm og derved forarsage en overhedning af Zn.

fig. 21. digelovn til Pb. hærkning.

Pb. dampe er giftige, og vi maa derfor sørge for godt aftræk, og undertiden er ovnen med dette for øje overbygget med en kappe med dør.

hvis vi i stedet for Pb. vilde anvende KCl, BaCl₂ eller en blanding af disse, maa vi anvende lerdigler, da disse salte kræver højere temp.

		smeltepunkt
til hærkning af C staal	KCl	700
til hærkning af specialstaal		
1/3 KCl - 2/3 BaCl ₂		800
til hærkning af hurtigstaal		
BaCl ₂		1000

undertiden tilsættes til disse salte en smule KCN.

fig. 22. alm. metalsmelteovn.

naar vi anvender en digelovn som fig. 22 til smeltning af staaletstøbegods, kan diglen kun benyttes 3 gange. indholdet i diglen maa for hver gang være noget mindre, da det smeltede staal ved overfladen angriber digelvæggen ret kraftigt.

fig.23. oliefyret digelovn.

vi lader flammen bevæge sig gennem en kanal for at faa den fuldt udviklet inden den naar ind i selve ovnen. flammen maa ikke ramme diglen, og denne er derfor anbragt paa en fod.

for ikke at faa for stor bevægelse af udløshullet, naar ovnen tippes, er omdrejningspunktet som reglen forskudt en del til den ene side.

snit.b -b.

i ovnen opnaar vi en temp. paa ca. 1000 grader, og den ved forbrændingen dannede CO er derfor ikke bestandig, men brænder til CO₂ ved ovnens øverste aabning. vi har derfor en flamme over ovnen, og med denne en udvikling af varme.

den omtalte varme kunde vi benytte til forvarmning af materialerne, som det er vist i fig. 23 a, men det vil ikke være noget heldigt arrangement, da vi jo anvender digelovnen for ikke at faa materialet i berøring med flammen, derfor lader vi i de fleste tilfælde denne varme gaa bort som tabt.

Fig. 23 a.

2. muffelovne.

disse ovne anvendes, naar vi skal opvarme faste emner, der ikke maa komme i berøring med flammen. f.eks. benytter vi muffelovne til hærdeovne og som emaileringsovne.

da emailering kræver ca. 1100 grader foretages denne af to gange, og som regel foretages den første emailering i en alm. flammeovn og den anden emailering ved noget lavere temp. i en muffelovn.

hvis vor muffelovn skulde frembringe den nødvendige temp. til den første emailering, skulde vort fyr kunde frembringe en temp. paa ca. 1500 grader, da vi maa regne med et temp.fald paa ca. 400 til 500 grader fra fyr til varmekammer.

muflerne bestaar af saa tyndvægget ildfast materiale som muligt (under 600 grader støbejern). muflerne er som regel fremstillet af chamotte og undertiden af carborundum, der er 4 gange saa stærkt varmeledende som chamotte. (varmespændingerne aftager, naar varmeledningen stiger).

fig. 24. muffelovn med koks-fyr.

smaa mufler købes færdige, medens mufler til større ovne maa sammenbygges af muffelsten, der gaar i handelen i former som fig. 25.

fig. 25

lille besmeren.

fig. 26.

som ved de store bessemerpærer faar vi varmen ved forbrænding af en del af vort materiale, og da dette altid er dyrere end brændsel, kan det synes mærkeligt, at vi alligevel anvender lille besmeren.

den alm. bessemerpære er en udpræget storproduktionsovn, medens lille besmeren kun undtagelsesvis anvendes, naar vi skal fremstille en lille portion staal, der f.eks. skal anvendes til et eller andet emne af staaletstøbegods.

nok er lille besmeren uøkonomisk, men varmefrembringelsen har dog en fordel, idet vi undgaar varmetab. varmen frembringes nemlig paa det sted, hvor den skal anvendes, og som vi tidligere har omtalt kan vi paa denne maade opnaa ca. 1600° ved forbrænding af materiale.

foringen i lille besmeren bestaar af sur stampemasse, og vi kan derfor ikke faa reduceret et eventuelt indhold af P, hvorimod Si. indholdet brænder bort. til lille besmeren maa vi derfor anvende P svage raamaterialer, lille besmerestalet bliver derfor fint materiale, men samtidig dyrt.

blæsten gaar kun ved et overtryk paa $\frac{1}{2}$ atm., medens dette tryk for den alm. bessemerspære er 3 atm.

lille besmerestaal har den ejendommelighed, at det kan holde sig temmelig længe flydende i støbeskeen, og dette skyldes, at stalet under conventionen har opsuget en del ilt og alm. luft, og disse luftarter giver en efteriltning af materialet, og herved holdes det varmt.

elektriske ovne.

ved anvendelse af elektrisk energi kan vi teoretisk komme op paa lige saa høje temperaturer, som vi har lyst til at fremstille, og den max. temp. vi kan opnaa er kun afhængig af holdbarheden af det rum, i hvilket vi omdanner den elektriske energi til varme.

nyttevirkningen for en elektrisk ovn er gerne meget stor, og vi behøver ingen kanaler til tilledning af luft, og ingen kanaler til bortledning af røg, og anvendelsen af disse ovne er derfor kun afhængig af elektricitetsprisen.

en elektrisk ovn kræver heller ikke tilnærmelsesvis saa meget betjening som en hvilken som helst anden ovn.

ved alm. ovne kan vi ikke opnaa høje temp. i forbindelse med reducerende atmosfære, hvorimod vi i elektriske ovne kan arbejde med en hvilken som helst atmosfære, og altid opnaa høje temp.

de forskellige elektriske ovne er baseret paa vidt forskellige principper, der kan være:

- baseret paa ledningsvarme.
- " " modstandsvarme.
- " " induktion.
- o.s.v.

ledningsvarme.

ovne, der arbejder ved direkte gennemledning, er endnu kun paa et udviklingsstadium.

modstandsvarmen.

fig. 27.

modstandsvarmen kan direkte udnyttes, idet man udenom en muffel anbringer modstandstraade, hvorigennem strømmen ledes. som modstandstraad kan anvendes konstantan, der kan give en temp. paa 900 grader.

fig. 28.

hærdeovn til hurtigstaal.

en ovn af denne type er fremstillet som muffelovn med ledere i ovnvæggen. lederne bestaar af carbarondumstænger, der er indlagt i stampemasse.

fig. 29. hærdeovn til saltvædske.

karrets to sider danner henholdsvis den positive og den negative pol, og idet strømmen ledes gennem vædsken, opvarmes denne.

saltbadet kan f.eks. bestaa af KCl - BaCl₂.

de elektriske ovne, der er baseret paa opvarmning ved hjælp af en lysbue, kan inddeles i to hovedgrupper efter elektrodernes anbringelse.

1. hovedgruppe har topelektroder.
2. hovedgruppe har bundelektroder.

fig. 30. lysbueovn med topelektroder.

en lysbueovn, som den i fig. skitserede, er fremstillet til trefaset vekselstrøm, idet de tre elektroder er forbundet med hver sin fase, og ovnens bund med nullelederen.

ovne af denne type anvendes til staalfremstilling, og undertiden ogsaa til syntetisk fremstilling af støbejern.

elektroderne bestaar af koks eller grafit. dækslet (toppen) er fremstillet af silicasten, medens bunden gerne er fremstillet af basisk materiale, da vi gerne vil reducere et eventuelt indhold af P.

i en almindelig basisk eller sur ovn kan vi ikke faa reduceret S indholdet, medens det glimrende lader sig gøre i ovne af den ovenfor omtalte type.

elektrodeophængning for bundelektrode.

fig. 31.

elektrodeophængning for topelektrode.

fig. 32.

induktionsovne.

fig. 33. induktionsovn.

ovnen startes, ved at nedlægge en tynd jernring i smelteringen, herefter sendes en vekselstrøm gennem den primære leder, og ved induktion opstaar der stærke strømme i jernringen, og hermed varme.

naar ovnen arbejder kontinuerligt tappes kun de 9/10 af indholdet i smelteringen, da det resterende indhold skal virke som sekundær leder.

ovne af denne type anvendes til fremstilling af meget fine staalsorter, da staalet ingen steds kan komme i forbindelse med C.

højfrekvensovne.

fig. 34. diagram for højfrekvensovn.

i den sekundære svingningskreds opstaar der højfrekvent vekselstrøm, der fremkalder fokoske strømme i badet, og hermed varmeudvikling.

de frekvender der anvendes (i hvert tilfælde tidligere) er meget høje, og derfor vil der opstaa en del uvedkommende fokoske strømme i uvedkommende dele, og hermed et tab. man er derfor i den senere tid forsøgsvis gaaet over til at anvende mindre frekvenser omkring ca. 500, og dette medfører en fordel, idet gnistapp. i saa tilfælde kan erstattes af højfrekvensmotor.

