

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*

Mekanisk Teknologi

I

Metallernes og Legeringernes

Egenskaber og Anvendelse

af

H. I. Hannover



INDUSTRI-
FORENINGEN.

Gyldendalske Boghandels Forlag

198

129a



~~669(022)~~

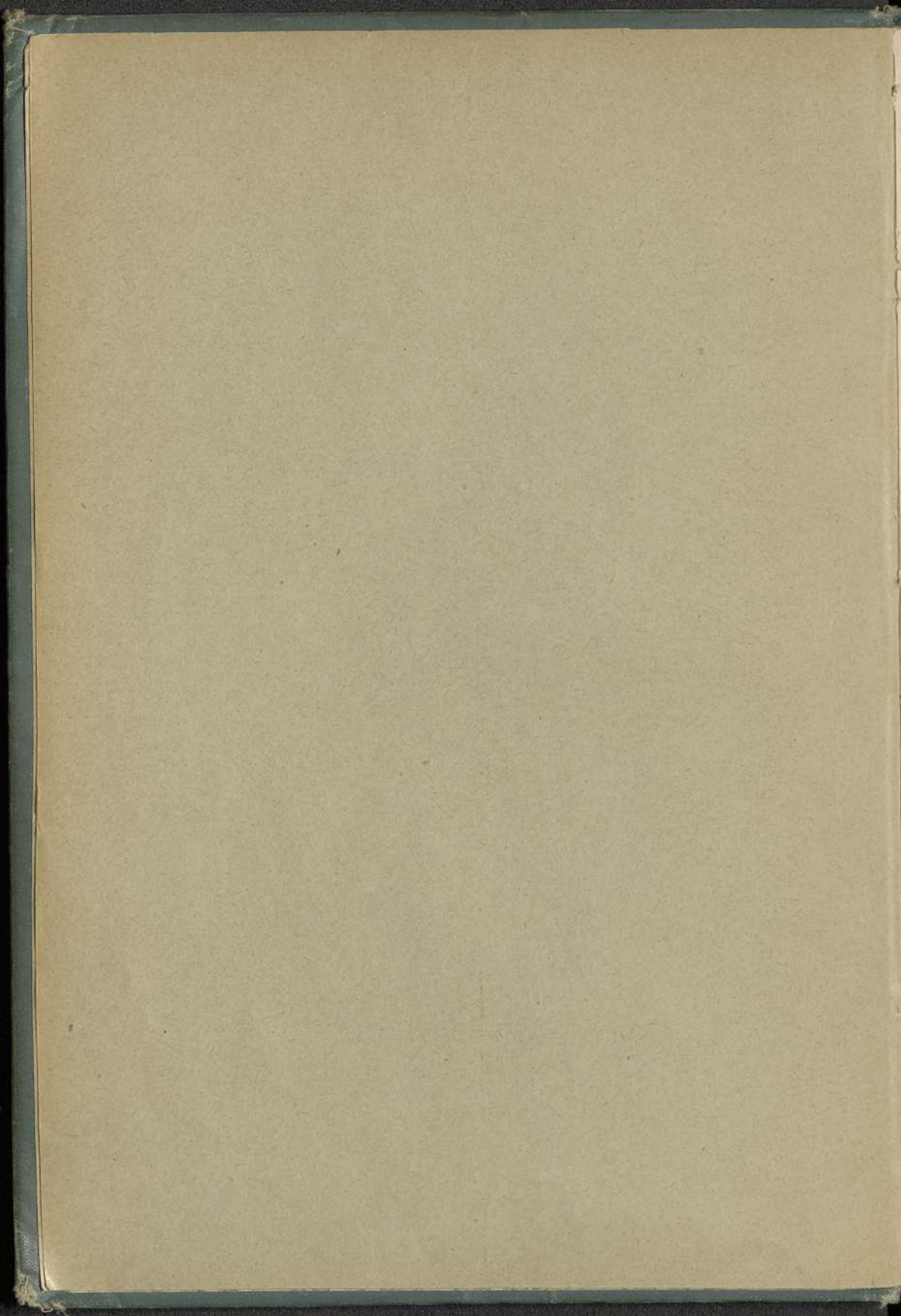
~~669 (022)~~

TB Gl.

621.70

Ex. 1

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK



MEKANISK TEKNOLOGI

22

22

22

12-34

MEKANISK TEKNOLOGI

I.

METALLERNES OG LEGERINGERNES EGENSKABER OG ANVENDELSE

AF

H. I. HANNOVER

PROFESSOR VED POLYT. LÆREANSTALT



DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

KØBENHAVN

GYLDENDALSKE BOGHANDELS FORLAG (F. HEGEL & SØN)

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. (M. A. HANNOVER)

1899

INDUSTRI-
FORENINGEN.

Det foreliggende Arbejde fremtræder dels som en selvstændig Bog, dels som I Del af et større Værk, der navnlig skal tjene Undervisningen i mekanisk Teknologi ved den polyt. Læreanstalt, og hvis øvrige Dele — saaledes II Del, omhandlende Metalbearbejdning — paatænkes udgivne ad Aare. Hvad der her foreligger, omhandler kun en mindre Del af det for alle Studerende fælles Kursus.

Som det vil ses, er der benyttet dels større, dels mindre Sats. Meningen hermed har været at vejlede de Studerende med Hensyn til, hvad de bør tilegne sig, og hvad der er mindre væsentligt. Det mindre væsentlige vil dog sikkert læses af mange med Interesse og vil forhaabentlig gøre Bogen nyttig som Haandbog i videre Kredse. Til en ny Haandbog over de her behandlede Emner turde der være en betydelig Trang, thi selv blandt virkelig dygtige Ingeniører her i Landet træffes ofte en kun meget mangelfuld Kendskab, ikke blot til de forskellige Legeringer og deres Egenskaber, men navnlig til Egenskaberne hos de vigtigste af alle Materialier, — de forskellige Jærn- og Staalsorter.

For at forøge Bogens Værdi som Haandbog er der anført en Mængde Citater. Saa vidt mulig er det foretrukket at citere danske Tidsskrifter fremfor fremmede. Ved Citeringen af fremmede er der mere lagt Vægt paa at citere let tilgængelige Tidsskrifter end paa netop i hvert Tilfælde at citere det Tidsskrift, hvori den paagældende Afhandling oprindelig er fremkommen. Med de mange Citater af danske Tidsskrifter har det tillige været min Hensigt at bevare en ikke ringe Del af den danske tekniske Tidsskriftslitteraturs Nytte ud over Øjeblikket.

VI

For at lette Bogens Benyttelse som Haandbog findes der udførlige Navne- og Sagregistre bagest i Værket.

Hvor følgende Arbejde er citeret: Hannovers Aut. Forelæsningstegninger, menes dermed de af mig ved Hr. Beregner, Cand. polyt. Lønborg siden 1894 efterhaanden udgivne med Tekst forsynede autograferede Tegninger, hvoraf der hidtil er udkommet henad 200 Kvartsider, indeholdende c. 900 Afbildninger af Maskiner og Apparater, navnlig vedrørende Metalbearbejdning. Disse Forelæsningstegninger ere omtrent naaede Metalbearbejdningen igennem, men agtes fortsatte vedrørende Bearbejdning af Sten og Træ. Det udkomne faas hos Portneren ved den polyt. Lærestalt.

Af det her foreliggende Arbejde ere S. 1—48 førte à jour indtil den 1ste Juni, S. 49—128 indtil den 1ste September og Resten indtil den 1ste December f. A.

Enhver Oplysning, der maatte kunne tjene til ved en eventuel ny Udgave at afhjælpe mulige Mangler, vil altid blive modtagen med Tak.

København, den 1ste Maj 1899.

H. I. Hannover.

INDHOLD.

Side.

A. Indledning.

Mekanisk og kemisk Teknologi 1. — Mekanisk Teknologi som Lærefag 2. — Speciel og almindelig mekanisk Teknologi 2. — Det teknologiske Eksperiment 5. — Mekanisk-teknologisk Litteratur 5.

B. Jærnets Metallurgi.

I. Kort Oversigt over de vigtigste Sorter Jærn og Staal 8—13

Jærn og Staal i Almindelighed 8. — Raajærn og Støbejærn 9. — Smedeligt Jærn (Svejsjærn og Staal) 9. — Svejsjærn 10. — Staal 10. — Fremmede Benævnelser 12.

II. Raastofferne til Jærnproduktion 13—15

Malme 13. — Knusning og Ristning af Malme 14. — Brændsel og Tilslag, Malmenes Urenheder, Slagge 14.

III. Fremstilling af Raajærn 15—19

Oversigt over Fremstillingen 15. — Højovnen og Højovnsprocessen 16. — Gigtgas og dens Anvendelse 17. — Udstøbning af Raajærn, Produktionen 17. — Højovnsslagge 19.

IV. Fremstilling af smedeligt Jærn 19—38

Direkte Udvinning af smedeligt Jærn af Malmene 20.

a. Svejsjærn og Svejsestaal.

Oversigt over Fremstillingen 20. — Herdfriskning 20. — Pudling 21. — Puddelluppernes videre Bearbejdning 22. — Svejsestaal 23. — Indsætning 24.

b. Staal, fremstillet i flydende Tilstand.

Oversigt over Fremstillingen 24.

VIII

Side.

1. Nogle Forhold ved Staalets Udstøbning, Staalstøbegods.

Blæredannelse 25. — Midler mod Blæredannelse 26. — Plattrækning af Blærer i Staalblokke 27. — Staalstøbegods 28.

2. Digelstaal.

Digelstaalprocessen 28. — Specielle Digelstaalsorter 29.

3. Bessemerstaal.

Oversigt over Bessemerprocessen 30. — Den sure og den basiske Proces 31. — Bessemerprocessernes kemiske Forløb 31. — Udstøbningen 33. — Produktionen 34. — Staalblokkenes videre Behandling 34. — Slaggen 35.

4. Martinstaal.

Oversigt over Martinprocessen 35. — Den sure og den basiske Proces 37. — Martinprocessernes kemiske Forløb 37. — Udstøbningen 37. — Produktionen 38. — Staalblokkenes videre Behandling 38. — Slaggen 38.

C. Metallernes og Legeringernes Egenskaber og Anvendelse.

I. Nogle Forhold ved Legeringernes Dannelse 39—47

Begrebet Legering 39. — Bestanddelenes Tilstand ved Dannelsen 40. — Sajgring 40. — Legeringernes Mikrostruktur, Metallografi 43. — Eutektiske Legeringer 44. — Smeltekurver 44. — Bestanddelenes Sammenblanding 46.

II. Oversigt over Metalarbejder og Metallernes og Legeringernes Egenskaber. 47—63

Arbejdsegenskaber og Brugsegenskaber 47. — Oversigt over Metalarbejder 48. — Formgivning ved Støbning (Støbelighed) 49. — Formgivning ved Delenes Forskydning (Sejghed, Styrke) 49. — Formgivning ved skærende eller klippende Værktøjer (Haardhed) 60. — Metaldeles Samling (Svejselighed) 62. — Fuldendelsesarbejder 63.

III. Jærnets og Staalets Egenskaber og Anvendelse 63—134

a. Fremmede Bestanddeles Rolle.

Fremmede Bestanddele i Almindelighed, Kulstofformerne 63. — Grafit 64. — Temperkul 64. — Carbidkul og Hærtningskul 66. — Hærtning 70. — Forskellige Hærtningsteorier 71. — Fysiske Forandringer ved de kritiske Punkter 73. — Anløbning 73. — Udglødning af hærdet Staal 74. — Mangan og Silicium 75. — Svovl 76. — Fosfor 76. — Chrom, Wolfram, Nikkel og Aluminium 77. — Jærnforilte, Slagge 78. — Opløste Luftarter 78.

b. Jærnets Forhold overfor Luft, Vand og Syrer, m. m.
Jærnets Forhold overfor Luften 78. — Jærnets Rusten 81. — Jær-
nets Forhold overfor Syrer og andre Ælsemidler 88. — Jærns Op-
træden i Legeringer 88.

c. Raajærns og Støbejærns Egenskaber og Anvendelse.
Raajærn 89. — Støbejærn 91.

d. Smedeligt Jærns Egenskaber.

Struktur og Brud 93. — Vægtfylde 96. — Smedelighed 96. — Svejselighed 98. — Smeltelighed 99. — Haardhed 99. — Hærdelighed. Oversigt over Hærdning og Anløbning 100. — Opvarmning til Hærdning 101. — Afkøling til Hærdning 102. — Formforandringer ved Hærdning 103. — Partiel Hærdning 104. — Anløbning 105. — Specielle Hærdemetoder, Forædlingsprocesser for Staalgoods 107. — Det smedelige Jærns Styrkeegenskaber samt Fremstillingsmaadens og den kemiske Sammensætnings Indflydelse derpaa 108. — Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af kold Formgivning ved Delenes Forskydning 109. — Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af varm Formgivning ved Delenes Forskydning 111. — Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af Behandling med skærende og klippende Værktøj 112. — Hærdnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 114. — Udglødnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 114. — Bejdsnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 117. — Tværnittets Størrelses Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 118. — Ofte gentagne Rystelsers, Støds og andre Anstrengelsers Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 118. — Strukturens Forhold overfor de i forrige Paragraf nævnte Anstrengelser 120. — Sandsynlig Forklaring af Jærnets og Staalets Udmattelse 121. — Kuldes Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 125. — Varmes Indflydelse paa Styrkeegenskaberne 126. — Undersøgelser af og Fordringer til smedeligt Jærn 127.

e. Smedeligt Jærns Anvendelse.

Svejsjærn og Svejsetaal 128. — Digelstaal 128. — Bessemerstaal 129. — Martinstaal 131.

IV. De øvrige Metaller og Legeringers Egenskaber og Anvendelse . . 134—197

a. Kobbers og dets Legeringers Egenskaber
og Anvendelse.

1. Kobber.

Kobberets Egenskaber 135. — Kobberets Anvendelse 138.

2. Kobber-Zinklegeringer.

Oversigt over Kobber-Zinklegeringerne 139. — Tombak og Rodgods 141. — Messing 142. — Yellowmetal, Deltametal, m. m. 143.

X

3. Tinbronzer.

Oversigt over de forskellige Bronzer 145. — Oversigt over de almindelige Tinbronzer 146. — Kanonbronze 147. — Klokkebronze 148. — Spejlbronze 148. — Kunstbronze 148. — Maskinbronze 150. — Nyere Tinbronzer: Fosforbronze og Siliciumbronze 152.

4. Andre Bronzer.

Aluminiumbronze 154. — Manganbronze 155.

b. Nikkels og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Nikkel.

Nikkelets Egenskaber 156. — Nikkelets Anvendelse 156.

2. Nikkel-Kobberlegeringer.

Nikkel-Kobberlegeringerne 157.

3. Nikkel-Kobber-Zinklegeringer.

Nikkel-Kobber-Zinklegeringerne 157.

c. Zinks og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Zink.

Zinkens Egenskaber 159. — Zinkens Anvendelse 160.

2. Zinklegeringer.

Zinklegeringerne 161.

d. Tins og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Tin.

Tinnets Egenskaber 162. — Tinnets Anvendelse 163.

2. Tin-Blylegeringer.

Tin-Blylegeringerne 164.

3. Tin-Antimon-Kobberlegeringer.

Britanniametal 165. — Hvidt Metal 165. — Om Pandemetallens (Lagermetallens) Egenskaber og Mikrostruktur 167.

e. Blys og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Bly.

Blyets Egenskaber 172. — Blyets Anvendelse 173.

2. Bly-Antimonlegeringer.

Bly-Antimonlegeringerne 174.

XI

Side.

f. Sølv og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Sølv.

Sølvets Egenskaber 175. — Sølvets Anvendelse 177.

2. Sølv-Kobberlegeringer.

Sølv-Kobberlegeringerne 178.

g. Guld og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Guld.

Guldets Egenskaber 183. — Guldets Anvendelse 185.

2. Guldlegeringer.

Guldlegeringerne 186.

h. Platins og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Platin.

Platinets Egenskaber 189. — Platinets Anvendelse 190.

2. Platinlegeringer.

Platinlegeringerne 190.

i. Aluminium og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Aluminium.

Aluminiumets Egenskaber 190. — Aluminiumets Anvendelse 192.

2. Aluminiumlegeringer.

Aluminiumlegeringerne 195.

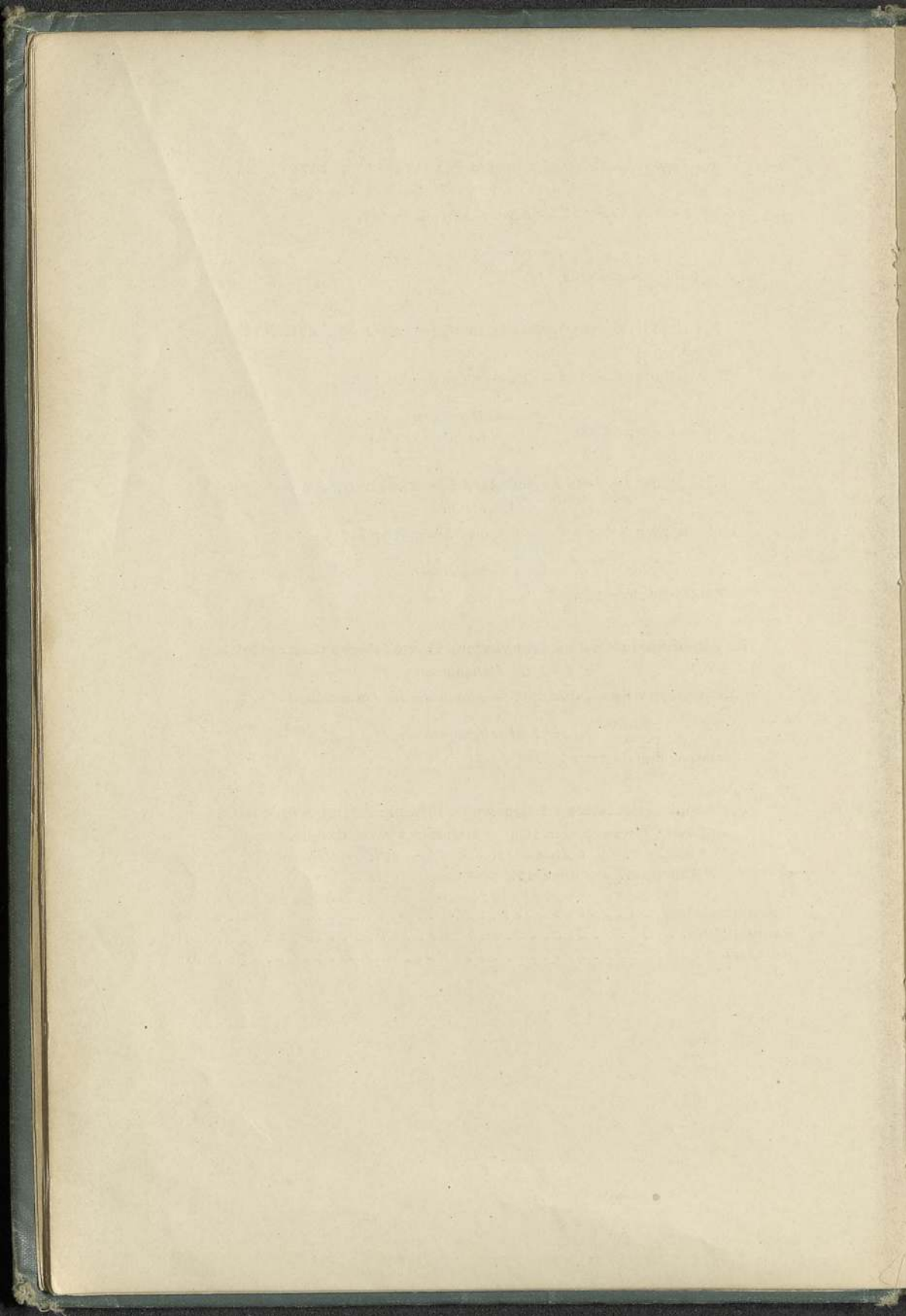
k. Andre Metaller og Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

Almindelige Bemærkninger 196. — Magnium 196. — Cadmium 196.

— Vismuth 196. — Antimon 196. — Arsen 197. — Mangan 197.

— Wolfram 197. — Chrom 197. — Kvægsølv 197.

Navneregister	198
Sagregister	201
Rettelser	212



A. Indledning.

1. Mekanisk og kemisk Teknologi. Teknologien har til Emne den systematiske Beskrivelse og Forklaring af de Fremgangsmaader og Hjælpemidler, ved hvilke man forarbejder de raa Naturprodukter til Genstande, der ere anvendelige for det menneskelige Behov. Teknologien er altsaa Læren om Industriens Fremgangsmaader og Hjælpemidler.

Ved Forarbejdelsen af Naturprodukterne eller ved Forædlingen af allerede forarbejdede Genstande forandres enten Formen eller Stoffet. Man maa derfor skelne mellem mekaniske og kemiske Bearbejdningsmetoder. Teknologien kan derfor deles i:

1) Den mekaniske Teknologi, der omhandler saadanne Bearbejdningsmetoder, som kun bibringe Godset en Formforandring, medens selve Stoffet forbliver uforandret. Eksempler herpaa ere Støbning, Valsning, Smedning, Spinding, Vævning o. s. v.

2) Den kemiske Teknologi, der omhandler saadanne Bearbejdningsmetoder eller Processer, hvorved Stoffet væsentlig forandres. Eksempler herpaa ere Fremstilling af Brændevin af Korn, af Blyhvidt af Bly, af Trækul af Træ, o. s. v.

Ofte behandles et raat Naturprodukt saaledes, at baade Formen og samtidig Stoffet forandrer sig. Et Eksempel har man ved Glasfabrikationen, hvor Sand smeltes med Potaske, Soda, Kalk o. s. v. til et Stof, Glasmasse, der senere faar Form som Plade, Krukke etc. Saadanne Fabrikationer omhandles

stundom i den mekaniske, stundom i den kemiske Teknologi. Ved Fabrikation af Tøjer er selve Vævningen en mekanisk Behandling af Garnet, medens Blegning, Farvning m. m. ere kemiske Processer.

2. **Mekanisk Teknologi som Lærefag.** Ligesom de polytekniske Lærestalter¹⁾ ere Institutioner fra dette Aarhundrede, er Teknologien som Lærefag af ny Dato. Vel er der allerede i tidligere Aarhundreder skrevet adskilligt om forskellige Fabrikationer, saaledes i forrige Aarhundrede store franske Værker, men disse handlede hvert kun om enkelte Fabrikationer. Som Hovedværket i mekanisk Teknologi maa anføres det af Prof. *Karl Karmarsch* (1803—79), Direktør for den tekniske Højskole i Hannover, udgivne: *Grundriss der mech. Technologie* 1837—41, hvoraf det endnu ikke ganske afsluttede 6te Oplag er udgivet af Prof. *Herm. Fischer* under Navn af: *Handb. der mech. Technologie*, dog i væsentlig ændret Skikkelse, navnlig med et helt nyt (1ste) Bind, hvorom nedenfor.

3. **Speciel og almindelig mekanisk Teknologi.** Den mekaniske Teknologi kan i Hovedsagen foredrages efter to forskellige Metoder, hvorefter den faar Navn af henholdsvis speciel eller almindelig Teknologi.

Den specielle Teknologi omhandler i Rækkefølge de Operationer, som tjene til at fremstille et vist Produkt, og danner derfor sine Afsnit enten a) efter Raastofferne (Metalarbejder, Træarbejder, Uldfabrikation o. s. v.) eller b) efter Produkterne (Traadtrækning, Garnspinding, Tapetfabrikation o. s. v.) eller c) efter de gængse Haandværk (Klejnsmedearbejder, Møbelsnedkeri, Linnedvæveri o. s. v.). I den specielle Teknologi bliver i hvert Fald Overgangen mellem de forskellige Afsnit pludselig, idet man f. Eks. uden Overgangsled gaar over fra at omtale Metalleres Behandling til Behandlingen af Træ, eller f. Eks. fra Fremstillingen af vævede Stoffer til Malning af Mel, saaledes at Ordningen af de enkelte Afsnits Rækkefølge egentlig er ganske usystematisk.

¹⁾ Aarsagen til Oprettelsen af de polytekniske Lærestalter var, at Mellemeuropa efter Napoleon den Stores Krige var blevet saa ødelagt og navnlig i Retning af Handel og Industri var kommet saaledes tilbage for England, at man ved alle Midler maatte søge at fremme disse Næringsveje. 1806 oprettedes Anstalten i Prag, 1815 den i Wien, derefter Anstalter i Berlin og Karlsruhe o. s. v., 1831 Anstalten i Hannover. 1829 oprettedes den polyt. Lærest. i København.

Den almindelige Teknologi (sammenlignende Teknologi) betragter de Midler (Fremgangsmaader, Apparater og Maskiner), der bruges ved en eller anden Fabrikation, i Sammenligning med andre Midler, der benyttes i samme eller en lignende Hensigt, i samme eller helt andre Fabrikationer. Saaledes behandles i samme Afsnit alle Midler, der tjene til Fastholdelse af et Arbejdsstykke, altsaa f. Eks. en Skruestik, en Høylebænk o. s. v., og der anstilles Betragtninger over, hvorfor netop det ene Fastholdelsesmiddel til et eller andet Brug bør være saaledes forskelligt i denne eller hin Retning fra andre Fastholdelsesmidler, som det nu netop er.

Den almindelige Teknologi giver en mere videnskabelig Ordning af hele Stoffet end den specielle. Man vil saaledes under et Afsnit »Klipning«, der selv er en Underafdeling under Hovedafnittet om »Maader, hvorpaa Materialier deles«, finde omtalt alle de forskellige Apparater, der anvendes til en Mængde forskellige Materialiers Klipning, altsaa f. Eks. Sakse for Metaller, Papirsakse, Faaresakse, Overskæremaskiner for Klæde o. s. v., saaledes at man faar Lejlighed til at tænke over, hvorfor Saksene til forskellige Øjemed ere saaledes forskelligt indrettede, som de ere. Tillige skærpes derved Opfindsomheden, idet man, naar man f. Eks. skal klippe et Materiale, først kan danne sig et Fond af velordnede Kundskaber om, hvorledes mange andre Materialier klippes, for derefter at klare sig, hvilken Saks eller Klippemaskine, der nærmest kan være Tale om at anvende, og modificere dens Indretning paa passende Maade. Saaledes vilde man, naar man kendte den sædvanlige Overskæremaskine, som skærer Luen paa Klæde af til passende Længde, deraf kunne faa Ideen til den nu almindelige Græsklippemaskine, eller ved at blive bekendt med Klippeapparatet i en almindelig Mejemaskine kunne faa Ideen til en Hestesaks (Haarklippemaskine). Det vil alene af disse Exempler ses, at den almindelige Teknologi har Stoffet langt interessantere ordnet end den specielle, og formedelst den stadig anvendte Sammehugning er det lettere at huske.

Imidlertid vil den rette Forstaaelse af et Foredrag over almindelig Teknologi ikke være mulig, uden at der forud haves i al Fald noget Kendskab til den specielle. Man vil ikke ret kunne forstaa, hvortil Overskæremaskinen for Klæde egentlig skal bruges, naar man end ikke ved, hvor Luen overhovedet

er kommen fra. Den almindelige Teknologi egner sig derfor bedst til at give dem en Oversigt over de forskellige Behandlingsmaader m. m., som allerede fra at have lært speciel Teknologi sidde inde med teknologiske Kundskaber indenfor mange forskellige Fabrikationer. Men til et Foredrag i stærkt begrænset Tid egner den sig efter Forf.s Mening ikke.

Imidlertid er en Ordning af Stoffet mulig, som er tilstrækkelig speciel til at meddele specielle Kundskaber indenfor forskellige Fabrikationer og dog saa almindelig, at Oversigten lettes, og altfor mange Gentagelser undgaas. Ved saaledes for sig at omtale alle Maaleapparater, der bruges ved Metalarbejder, er man fritaget for ved et Metalarbejde at gentage en Beskrivelse af et Maaleapparat, der alt er beskrevet ved et tidligere omtalt Metalarbejde, hvortil samme Maaleapparat brugtes. Det er en saadan Ordning af Stoffet, der er brugt i de tidligere Udgaver af *Karmarsch's* Teknologi og i min Forgænger Prof. *Wilkens'* Lærebøger, og som ogsaa følges i nærværende Bog. I den omtalte ny Udgave af *Karmarsch's* Teknologi er der derimod tilføjet et nyt (1ste) Bind, hvis Stof er ordnet som speciel Teknologi i videste Udstrækning, saaledes at f. Eks. Svejsning og Malning nævnes i samme Afsnit (»Forbindelse formedelst Tiltrækning eller Vedhængning«), fordi ved begge nævnte Processer en inderlig Forbindelse opnaas ved henholdsvis med Hammerslag eller gentagne Penselstrøg at uddrive de fremmede Legemer — henholdsvis Slagge med et Luftlag og Luft, — som modsætte sig en grundig Vedhængning. Hvor interessant man end kan finde en saa vidt dreven Systematisering, synes den dog ikke tilraadelig til Undervisningsbrug ved et kortvarigt Kursus.

I Prof. *v. Hoyers* bekendte Værk: *Lehrb. der vergleichenden mech. Techn.*, 1ste Bd.: *Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes*, 3te Aufl., Wiesbaden 1897, er der brugt en noget mere almindelig Ordning af Stoffet end i den foreliggende Bog. Metal- og Træarbejder ere dér omtalte saaledes under ét, at f. Eks. Boring i Metal og Boring i Træ omtales i samme Afsnit, i Stedet for at i den foreliggende Bog Metalarbejder ere omtalte for sig og Træarbejder for sig. Forskellen mellem den ene og anden Ordning i denne Henseende forekommer mig imidlertid at være af mindre Betydning. Der er f. Eks. saa ringe Lighed mellem selve Borene til Metal og til Træ, at ved en Sammenligning Forskellen vistnok maa siges at være større end Ligheden,

saa at der formentlig intet naas ved at omtale dem i samme Afsnit. Dette er da heller ikke Tilfældet i Prof. *Ledeburs* højt ansete Værk: *Lehrbuch der mech. metallurgischen Technologie* (*Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege*), 2te Aufl., Braunschweig 1897.

4. Det teknologiske Experiment. Iøvrigt har i de sidste tredive Aar den mekaniske Teknologi i høj Grad udvidet sit Omraade ved at søge at forklare Arbejdsforegangene ved Hjælp af teknologiske Forsøg. Særlig befrugtende har i den Retning *Tresca* virket ved sine Experimenteer over, hvorledes Metaller og andre faste Legemer kunne »flyde« analogt med Vædsker, naar de udsættes for tilstrækkelig høje Tryk, og da undvige til Siden eller ud af Aabninger o. s. v., overhovedet derhen, hvor de finde mindst Modstand. Tekniken havde ganske vist længe draget Nytte af denne Egenskab ved faste Legemers Bearbejdning, nemlig ved Valsning, Lokning o. s. v., men *Tresca* forfulgte experimentalt de under forskellige Forhold opstaaede Formforandringer og søgte ogsaa teoretisk at træde dem nærmere. I *Trescas* Fodspor er navnlig *Kick* traadt ved sin paa talrige Forsøg grundede Lov om de proportionale Modstande. Ogsaa *Thime*, *Hartig* og *Bauschinger* samt i den sidste Tid *Rejtö* og mange andre have givet værdifulde Bidrag til bedre Forstaaelse af Foregangen ved saadanne Bearbejdninger af faste Legemer, som udføres ved Forskydning af Delene i Forhold til hinanden. Af de experimentale Arbejder, der saaledes foreligge, er den experimentale Teknologi voxet frem, som altsaa er en særlig Form for den almindelige Teknologi, idet den lægger Hovedvægten paa at begrunde de indre Foregange ved saadanne Bearbejdninger, som ere baserede paa de mulige Formforandringer, i Stedet for at nøjes med at beskrive dem.

Denne Form for Teknologien er den mest videnskabelige, men det vil dog ikke være muligt i en kort Række Foredrag at følge den, da der derved vilde tages for megen Tid fra den Undervisning, som meddeler direkte nyttig Kundskab ved Beskrivelse af de vigtigste Arbejder og Maskiner i mekaniske Fabrikationer. I dette Værk vil der derfor kun kortelig og navnlig i II Del blive meddelt nogle Oplysninger om den experimentale Teknologis Resultater.

5. Mekanisk teknologisk Litteratur. Der skal her anføres en Del Litteratur, som handler om mekanisk Teknologi i Almindelighed eller om større Afsnit af den, medens der i det

følgende vil blive givet mere specielle Litteraturanvisninger ogsaa til andre Værker end de her anførte.

HAANDBØGER I MEKANISK TEKNOLOGI: K. Karmarsch: Handb. der mech. Technologie, 5te Oplag, 2 Bd., ved *E. Hartig*, 1875—76, se § 2.

Do., 6te Oplag, 3 Bd., ved *Herm. Fischer*, 1888—9?, se sammesteds og § 3. Værket ventes snart sluttet.

E. v. Hoyer: Lehrb. der vergl. mech. Technologie, 1ste Bd., 3die Oplag, 1897 — se § 3 — og 2det Bind, der handler om Trevlstofferne (Spinding, Vævning, Papirfabrikation), 2det Oplag, 1888.

A. Ledebur: Lehrb. der mech. metallurgischen Technologie (Verarbeitung der Metalle auf mech. Wege, jvfr. det i Noten til § 55 citerede Arbejde), 2det Oplag, 1897 — se § 3.

F. Kick: Vorlesungen über mech. Tech. der Metalle, des Holzes, der Steine und anderer formbarer Materialien, 1897—9?, indeholder adskilligt om teknologiske Forsøg. 2 Hefter ere udkomne.

En Del teknologiske Oplysninger findes i sidste Udgave af *Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch*.

ENCYCLOPÆDIER: Precht: Technologische Encyclopädie, 25 Bd., 1830—69, forældet, men fortrinligt Værk for sin Tid og forsynet med udmærkede Tavler i 6 Bind.

Karmarsch og Heeren: Technisches Wörterbuch, 3die Oplag, 11 Bd., ved *F. Kick* og *W. Gintl*, 1876—92. Udmærket Leksikon, men de ældre Bind ere forældede.

G. Brelow og E. Hoyer: Technologisches Lexikon, 2det Bind: Mechanische Technologie und Maschinenkunde, 1883. Lille, billigt og dog indholdsrigt Leksikon.

Otto Lueger: Lexikon der gesamten Technik, 6 Bind ere udkomne 1894—98, et 7de mangler. Meget fuldstændigt og godt à jour samt med udmærkede Litteraturhenvisninger.

Joly: Technisches Auskunftsbuch, nyttig, aarligt udkommende Haandbog, der ogsaa giver Adresser paa Forhandlere samt Priser.

Selvfølgelig findes ogsaa tekniske Artikler i Konversationsleksika, ligesom »Opfindelsernes Bog« formedelst en alfabetisk ordnet Indholdsfortegnelse tildels kan bruges som Encyklopædi.

ORDBØGER: Dill, Hoyer og Röhrig: Technological Dictionary: English—German—French, 4de Udg., 1891; fra Tysk til de andre Sprog og fra Fransk til de andre Sprog, 3die Oplag, 1887; mangler mange amerikansk-engelske Udtryk.

Tolhausen: Dictionnaire Technologique, ligeledes i 3 Bind, hvert med Oversættelser fra et af de nævnte Sprog til de to andre, — nye Udgaver 1898 — er indholdsrigt, men med meget smaat Tryk.

Bag i nævnte 5te Oplag af *Karmarsch's* Teknologi findes en Ordbog imellem de tre Sprog.

I Tidsskrift for Maskinvæsen 1893, S. 203—1896, S. 307 findes af Maskingeniør *Bruun*, M. I. F., en teknisk Ordbog vedrørende Maskinvæsen imellem nævnte 3 Sprog og Dansk.

TIDSSKRIFTER: I *Dingler's* polyt. Journal, som udkommer med et Hefte hver Uge, findes Afhandlinger, der indenfor en bestemt Branche bringe Meddelelser om nye tekniske Fremskridt. I hvert 4de Bind (3: ved hver Aargangs Slutning) findes en efter Bogstav ordnet meget komplet Indholdsfortegnelse. Indtil Bd. 199 findes ogsaa Indholdsfortegnelser for en større Mængde Bind.

Nogle danske Tidsskrifter, især »Ingeniøren«, »den tekn. Forenings Tidsskrift« og »Industriforeningens Tidsskrift«, bringe af og til Afhandlinger om mekaniske Fabrikationer; »Vulkan« udgives specielt for Metalarbejdere.

Af udenlandske Tidsskrifter, der jævnlig indeholde Artikler vedrørende mek. Teknologi, kan anføres de norske: »Norsk teknisk Tidsskrift« og »Teknisk Ugeblad«, det svenske: »Svensk teknisk Tidsskrift«, de engelske: »Engineering« og »The Engineer«, de franske: »Revue industrielle« og »Bulletin de la société d'encouragement«, de tyske: »Zeitschr. des Vereines deutscher Ingenieure« og »Civilingenieur«, de østrigske: »Zeitschr. des Oesterreichschen Ingenieur- und Architektenvereines« samt »Technische Blätter«, de amerikanske: »American Machinist« og »Casiers Magazine« og mange flere.

REPERTORIER: *Schubarth's* Repertorium der techn. Journal-Litteratur, 1823—53, fortsat som *Bruno Kerl's* 1854—81, fortsat som *Biedermann's* 1882—85, fortsat som *Rieth's* 1886—94, og videre fortsat af det tyske »Patentamt«, bringer efter Bogstavorden i leksikalsk Form en Fortegnelse over Indholdet af en stor Mængde tekniske Tidsskrifters Artikler.

PATENTTIDENDER og **PATENTSKRIFTER**: Saadanne udkomme i mange Lande, saaledes: Dansk Patenttidende, der udkommer ugentlig, tyske Patentskrifter, hvis Indhold i Forkortning er gengivet i de ugentlig udkommende »Auszüge«, o. s. v.

B. Jærnets Metallurgi.

I. Kort Oversigt over de vigtigste Sorter Jærn og Staal.

6. Jærn og Staal i Almindelighed. Jærn og Staal ere de vigtigste af alle Metaller. Det er navnlig af disse Metaller, at Maskiner og Værktøjer, o: Industriens Hjælpemidler, forfærdiges, det er dem, der betinge Nutidens storartede Transportforhold, idet Lokomotiver og Dampskibe, Skinneveje, Broer o. s. v. i Hovedsagen fremstilles deraf. Grunden til disse Metalleres overordentlige Benyttelse er dels deres Styrke, dels den store Udbredelse, deres Malme have, idet der aarlig fremstilles 20 Gange større Vægt af disse Metaller end af alle andre tilsammen og for halvanden Gange saa stor Værdi.

Angaaende den danske Jærnhandel og Prisen paa Jærn og Staal maa henvises til Materiallæren og til »Ingeniøren«, 1893, S. 232—34. Medens man kan faa en Ton Raajærn for c. 50 Kr., vil en Ton Staal, forarbejdet til de fine, savtakke Traade, som Tandlægerne bruge til at udtrække Nerver af Tænder, koste c. 8 Millioner Kroner¹⁾, og til fine Urspiraler over 6000 Millioner²⁾.

I 1892 var — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 109 — Verdensproduktionen af Raajærn 27 Millioner Tons. De amerikanske Fristater var det Land, der producerede mest — se iøvrigt tekn. Forenings Tidsskr., 1894—95, S. 142. I 1897 anslaaes Verdensproduktionen til 32 Millioner Tons. Staalproduktionen er for Øjeblikket

¹⁾ The Digest of Physical Tests, 1898, p. 68.

²⁾ Man har f. Ex. Urspiraler, der veje 2,2 mg og koste 20 frcs.

over 16 Millioner Tons aarlig — se Ingeniøren, 1897, S. 143, hvor der dog i Lin. 21 staar »Bessemerprocessen« i Stedet for »Bessemer- og Martinprocessen tilsammen«.

Det reteste Jærn, der bruges i Tekniken, indeholder omtrent 99,6 % Jærn og 0,4 % fremmede Stoffer, navnlig Kulstof, Fosfor, Svovl, Kobber, Mangan og Silicium. I de fleste Tilfælde indeholder det i det store fremstillede Jærn imidlertid langt mere af fremmede Bestanddele, hvad enten nu disse, uden at det er tilsigtet, optages i Jærnet ved Fremstillingen eller indføres deri for at give det bestemte Egenskaber. Den vigtigste af de fremmede Bestanddele er Kullet, som aldrig mangler. Jærn med over 2 % Kulstof hedder Raajærn eller, naar det er støbt til Brugsgenstande, Støbejærn, medens alt Jærn med mindre Kul hedder smedeligt Jærn. Næsten alt Raajærn eller Støbejærn har dog over 2,5 % og næsten alt smedeligt Jærn under 1,5 % Kul, medens Jærn med 1,5 à 2,5 % sjældent benyttes. ms

7. Raajærn og Støbejærn. Den Jærnsort, som fremstilles af Malmene ved Nedsmeltning i Højovne, er det nævnte Raajærn. Det kommer i Handelen i Form af raa Barrer (Raajærn, Pigjærn — om dette Navn se Noten S. 18). I denne Form modtages Raajærnet i Jærnstøberierne. Efter Omsmeltningen dér udstøbes Jærnet i Forme, og man har da Støbejærn.

Raajærnet og Støbejærnet ere let støbelige, d: kunne let smeltes og bringes til at flyde ind i en Form og udfylde dens Hulhed. Derimod ere de ikke strækkelige eller smedelige, d: lade sig ikke i størknet Tilstand strække ud (smede ud) ved Hamring, ej heller ved lignende mekanisk Behandling, f. Eks. Valsning, Presning, Trækning, men gaa itu (ere skøre), naar en Formforandring med Magt saaledes søges tilvejebragt. Dog lader Støbejærn, som er støbt af visse Sorter Raajærn, sig ved en Afkølningsproces efter Støbningen bringe i smedeligt Tilstand, nemlig omdanne til smedeligt Jærn, saakaldet hammerbart Støbegods, hvorom nærmere i § 64.

En stor Mængde Raajærn anvendes imidlertid ikke i Støberierne, men bruges til Fremstilling af smedeligt Jærn.

8. Smedeligt Jærn (Svejsejærn og Staal). De Jærnsorter, som udmærke sig ved at være smedelige, kaldes under ét smedeligt Jærn, der som nævnt sædvanlig indeholder under 1,5 % Kul, og alt smedeligt Jærn, der er fremstillet i flydende Tilstand, kaldes Staal. Den største Mængde

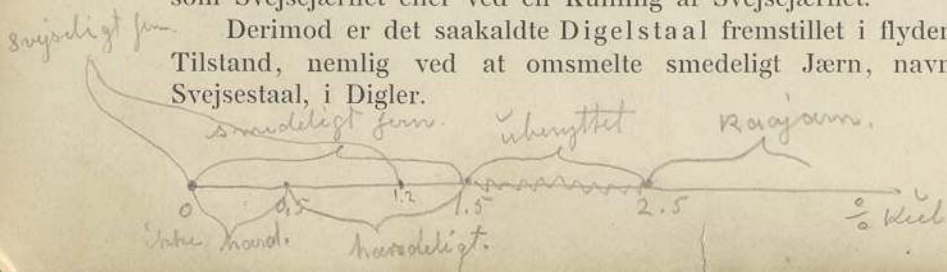
smedeligt Jærn og navnlig Staal finder imidlertid ikke Anvendelse i Smedjer, men som Jærnskiner, Jærnplader m. m., der benyttes uden at behandles af Smeden ved Ilden. Kun enkelte Slags smedeligt Jærn anvendes i Smedjerne til Udsmedning og kaldes da specielt Smedejærn. Det er navnlig det meste Svejsejærn og en Del blødt Staal, hvorm straks nærmere, der finde Anvendelse saaledes.

Den største Mængde smedeligt Jærn, som i vor Tid fremstilles af Raajærn, er Staal og enten Bessemerstaal eller Martinstaal, alt eftersom enten smeltet Raajærn, direkte fra Højovnen eller omsmeltet i Kupolovne (om disse Ovne nærmere i II Del), behandles i en Bessemerconverter, eller der til Raajærn, som er smeltet i en Martin-Siemensk Ovn, sættes Affald af smedeligt Jærn og stundom Malme, — hvorm senere nærmere.

9. Svejsejærn. En mindre Mængde smedeligt Jærn, det saakaldte Svejsejærn, fremstilles af Raajærns Barrer ved Herdfriskning eller hyppigere Pudling, og i begge Tilfælde ved en Nedsmeltning- og Afkølningsproces, hvis Resultat er dejagtige, hvidglødende Klumper — Lupper —, der af Grunde, som nærmere forklares senere, gennemarbejdes ved Hamring eller Presning. Det herved fremstillede Materiale, som altsaa er fremstillet i dejagtig og ikke i flydende Tilstand, har sit Navn af, at det i højere Grad end andet smedeligt Jærn er svejseligt. Ved at et Materiale er praktisk svejseligt forstaas, at det indenfor visse høje og ikke altfor snævre Temperaturgrænser er saaledes klæbrigt, at to Stykker klæbe sammen ved Hamring eller Presning, se § 60. Imidlertid maa Materialet, som det senere skal beskrives — se § 24 —, underkastes en ret vidtløftig Efterbehandling for at blive bedre egnet til sin Bestemmelse, der navnlig er at tjene til Smedejærn som nævnt, hvortil ikke blot dets Smedelighed, men ogsaa dets lette Svejselighed gør det særlig anvendeligt.

10. Staal. Medens alt smedeligt Jærn, som fremstilles i flydende Tilstand, kaldes Staal, kan man ikke omvendt sige, at alt Staal er fremstillet i flydende Tilstand. Det saakaldte Svejsestaal er nemlig fremstillet i lignende dejagtig Tilstand som Svejsejærnet eller ved en Kulning af Svejsejærnet.

Derimod er det saakaldte Digelstaal fremstillet i flydende Tilstand, nemlig ved at omsmelte smedeligt Jærn, navnlig Svejsestaal, i Digler.



Tidligere kaldte man kun saadant smedeligt Jærn for Staal, som lod sig hærde, d: som antog større Haardhed ved at gøres kirsebærrødgloedende og derpaa dyppes i koldt Vand. For at kunne hærdes, maa der være et Kulstofindhold af c. 0,5 % tilstede. Indtil 1855, da Bessemerprocessen blev opfundet, kendte man af, hvad der saaledes kaldtes Staal, kun Svejsestaal og Digelstaal. Navnlig lod Digelstaalet, som desuden var det homogeneste, sig hærde meget haardt uden at blive altfor skørt og egnede sig derfor særlig til skærende Værktøjer, hvortil det af samme Aarsag endnu er næsten det eneste, der bruges.

Det første Bessemermateriale var noget hærdeligt og kaldtes derfor Staal, men senere har man lært — se § 36 — at fremstille baade Bessemermateriale og det i 1865 opfundne Martinmateriale enten hærdeligt eller uhærdeligt efter Ønske. Man skelnede da i Tyskland, Sverrig og her mellem Bessemerstaal og Bessemerjærn. Imidlertid er navnlig i den sidste halve Snes Aar Tilvirkningen af, hvad der saaledes kaldtes Bessemerjærn og Martinjærn, tiltagen uhyre stærkt, og Jærnværkerne ere da i de nævnte Lande, Tyskland og Sverrig, for en stor Del gaaede over til at benævne disse Jærnsorter Staal, dels fordi de derved komme i Overensstemmelse med Benævnelserne i Frankrig, England og Nordamerika — se § 11 —, dels vel ogsaa fordi Benævnelsen Staal reklamerer mere for Varen end Benævnelsen Jærn, idet man til Begrebet Staal fra tidligere Tid har knyttet Bevidstheden om et særlig godt og dyrt Materiale (Svejse- eller Digelstaalet), noget, der er vel kendt f. Eks. fra de medicinske Reklamebenævnelser »Staalpiller«, »Staalkilder«, »Staalbade« etc. Talrige tyske Jærnværker kalde sig nu Staalværker, selv om de kun fremstille et Materiale, der ikke eller næsten ikke kan hærdes.

I den foreliggende Bog er da foruden Svejsestaalet alt Jærn, fremstillet i flydende Tilstand, kaldt Staal, hvilket stemmer med, hvad Dansk Ingeniørforening i 1895 har besluttet at anbefale.

Hvad der tidligere kaldtes Bessemerjærn og Martinjærn, kaldes efter samme Beslutning »blødt Staal« i Modsætning til »haardt Staal«, der kan hærdes, men ogsaa uden Hærdning er haardere og mindre sejgt. Det første indeholder under, det sidste over c. 0,5 % Kulstof. Det første Styrke for Træk er under, det sidste over c. 42 à 45 Kg. pr. □ mm.

Herm. Fischer kalder smedeligt Jærn for Jærn eller Staal, eftersom det har under eller over 0,5 % C. De preussiske Statsbaner lade det i saa Henseende være bestemmende, om Styrken er over eller under 50 Kg. pr. □ mm, hvad der dog nu vist er urimelig højt.

Endnu maa anføres, at hvad der her er kaldt Digelstaal, tidligere kaldtes Støbestaal —, en Benævnelse, der efter samme Beslutning bør bortfalde, fordi man nu har andre Staalsorter end denne — nemlig baade Bessemer- og Martinstaal, der ere støbelige.

11. Fremmede Benævnelser. Da alt Jærn og Staal, som bruges her til Lands, maa forskrives fra Udlandet¹⁾, vil det formentlig være hensigtsmæssigt at hidsætte følgende Sammenstilling af Benævnelserne i de forskellige før nævnte Lande:

Dansk	Svensk	Tysk	Engelsk	Fransk
Raajærn	tackjærn	Roheisen	raw iron crude iron pig-iron	fer cru fonte cru
Støbejærn	gjutjærn	Gusseisen	cast-iron	fonte fer fondu
Svejseljærn	välljærn ²⁾	Schweisseisen	wrought iron malleable iron soft iron	fer soudé
Blødt Staal	götojærn	Flusseisen	mild steel	acier doux
Haardt Staal	göstål	Flussstahl	hard steel	acier dur
Digelstaal (tidligere Støbe- staal)	degelgjutstål gjutstål	Tiegelstahl ³⁾ Tiegelgussstahl Gussstahl	crucible steel cast-steel	acier creuset acier fondu

De engelske Benævnelser »best«, »best best«, »treble best« m. fl. ere kun vejledende for Bedømmelsen af forskellige Svejsel-

¹⁾ En Oversigt over vor Jærnindførsel findes i Ingeniøren, 1893, S. 232.

²⁾ Er i Sverrig hyppigst Lancashirejærn, se § 22 og Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 106, hvor der findes en Oversigt over svensk Jærnproduktion.

³⁾ Da i Tyskland alt smedeligt Jærn, fremstillet i flydende Tilstand, kaldes Flussmateriale, er »Tiegelstahl« en Slags »Flussstahl«.

jærnssorter fra samme Værk. »best iron« fra et Værk kan mulig være bedre end »best best iron« fra et andet. Martinstaal hedder paa Engelsk »open-hearth steel.«

II. Raastofferne til Jærnproduktion.

Litteratur: *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 1ste Abth.: Einführung in die Eisenhüttenkunde, 1893. *Wedding*: Ausführliches Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 2te Bd.: Die Grundstoffe der Eisenerzeugung, 1ste Lfg.: Die mineralischen Rohstoffe der Eisenerzeugung, 1897 — meget udførligt Værk. Se ogsaa *Ussing*: Autograferede Forelæsninger over Mineralogi, 1895.

12. **Malme.** De til Jærnfremstilling anvendte Malme ere alle Iltforbindelser. De vigtigste ere:

Magnetjærnsten, som væsentlig er Jærnmellemilte,

Jærnglans — Varieteter: Rødjærnsten m. fl. —, som væsentlig er Jærntveilt,

Brunjærnsten — Varieteter: Myremalm og Sømalm —, som væsentlig er Jærntveilttehydrat, og

Jærnspar, der er kulsurt Jærnforilte og optræder i stor Mængde som Lerjærnsten, der væsentlig er kulsurt Jærnforilte, blandet med Ler, og undertiden som Kuljærnsten, der væsentlig er samme Forbindelse, blandet med Kul.

Magnetjærnsten er den jærnrigeste Malm. Den findes især i Sverrig, hvor den, — enten den er videre magnétisk eller ej —, gaar under Navn af Svartmalm. Den er ikke sjældent ledsaget af Jærnglans. Fortrinlig Svartmalm findes f. Eks. i Danemora og ved Gellivare.

Jærntveilttemalmene findes f. Eks. i Sverrig, Belgien, Nordamerika o. m. a. St.

Brunjærnsten findes i England, Schlesien, Nordamerika o. m. a. St., Sømalm paa Bunden af svenske og finske Søer.

Den jydsk Myremalm forsøgte man for over et halvt Aarhundrede siden at udnytte til Raajærnfremstilling ved Rendsborg, men den var for uren. Tidligere endnu blev der direkte udvundet smedeligt Jærn af den, se S. 20 Lin. 4 f. o. Nu benyttes den til Gasværkernes Rensere.

I Hedeselskabets Tidsskrift, 1898, S. 41, meddeles, at der af Myremalmen tidligere er udvundet Jærn, som indtil Begyndelsen af det 17. Aarh. ydedes i Landgilde af Beboerne i store Strækninger

af Jylland (se ogsaa »Frem«: Danmarks Tilblivelse, 1897, S. 75). Sammesteds meddeles om den nye Benyttelse af den jydsk Myremalm til Gasrensning efter Prøver af *Irminger* paa Østre Gasværk i Kbhvn.

Jærnsbat findes særlig i Westphalen, Steiermark, Kärnthen og Ungarn; Ler- og Kuljærnsten især i Storbritannien og Westphalen.

Paa samme Maade som Malmene kan til Jærnfremstillingen anvendes Jærntveilte, der udvindes af Resterne fra Ristning af Svovlkis i Svovlsyrefabrikkerne samt jærnrige Slagger fra Puddel- og Svejsovne — se §§ 23 og 24.

Til Fremstilling af særlig manganrige Jærnlegeringer bruges Manganmalme.

13. **Knusning og Ristning af Malme.** Malmene maa ofte først knuses, for at de mindre Stykker kunne frembyde en større Overflade for deres Reduktion i Højovnen. I *Hannover*: Aut. Forelæsningstegn., Pl. A., Fig. 1 og 2, er vist og forklaret henholdsvis en Valseknusemaskine og en Stenbrækker eller Tyggemaskine til dette Brug.

Kun den mindste Mængde Malme blive før Nedsmeltningen endvidere underkastede en Ristning α : en Opvarmning til Rødgldhede. Derved kan man fjerne en Del Svovl fra Malmen og gøre den mere porøs og saaledes lettere tilgængelig for Kuliltens reducerende Virkning i Højovnen.

Navnlig kan man ved Ristningen naa at faa Magnetjærnsten, Jærnsbat, Lerjærnsten og Kuljærnsten iltede højere, — de tre sidste, efter at Ristningen har uddreven Kulsyren —, og de dannede højere iltede Malme ere trods deres større Iltholdighed erfaringsmæssigt lettere at reducere i Højovnen, fordi de ved Iltningen ere blevne mere møre og mindre tætte.

En Risteovn kan varmes med fast Brændsel eller Gigtgas. Om Gigtgas S. 17.

I *Hannover*: Aut. Forelæsningstegn., Pl. B., Fig. 1, er vist og forklaret en Risteovn med Gigtgasopvarmning.

14. **Brændsel og Tilslag, Malmenes Urenheder, Slagge.** I Højovnen anvendes som Brændsel til Nedsmeltning af Malmene Cinders, Trækul eller Anthracitkul. Cinders ere almindeligst anvendte, almindelige Stenkul ere ikke rene nok. Anthracitkul haves og bruges i Pennsylvanien og Skotland, Trækul i Sverrig.

De til Jærnfremstilling anvendte Malme ere mere eller mindre forurenede af Lerjord, Kalk, Kiselsyre, Mangan, Fosfor, Svovl m. m. Ved i Højovnen at give et passende »Tilslag«

af Kalk eller Dolomit kan man faa Lerjord og Kiselsyre til at udskille sig som letsmettelige Slagger.

Ved Slagger forstaar man et Biprodukt, der dannes ved et Metals Smeltning eller Glødning og navnlig bestaar af iltede Stoffer samt er flydende i det ophedede Metals Temperatur, men fast i almindelig Temperatur. Højovnsslagge indeholder kun lidet Jærnilte, men bestaar navnlig af kiselsur Kalk og kiselsur Lerjord.

Er Malmen stærk kalkholdig, kan man bruge Lerskifer som Tilslag.

Ved Kalktilslaget kan ogsaa Svovlet fjernes¹⁾, men ikke Fosfor, der, naar det er tilstede i Malmene i større Mængde, gør Raajærnet ubrugeligt til bedre smedeligt Jærn, undtagen til Thomasstaal, der fremstilles ved en særlig Bessemerproces, den saakaldte Thomasproces, der netop er opfundet for at kunne fremstille godt Staal af fosforrige Malme, og hvorom nærmere i § 35. En stor Manganholdighed hos Jærnmalmene er derimod fordelagtig, da den muliggør Fremstillingen af det værdifulde Spejljærn og Ferromangan, — Raajærnssorter, der have stor Betydning ved den sidste Del af Bessemer- og Martinprocessen, men iøvrigt ogsaa kunne fremstilles af Manganmalme.

III. Fremstilling af Raajærn.

Litteratur: *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 2te Abth., 1893. *Wedding*: Ausführliches Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 1ste Bd.: Allgemeine Eisenhüttenkunde, 1891—96, 3tes Buch: Die Herstellung des Eisens. *Th. Turner*: Metallurgy of Iron and Steel, ved *W. C. Roberts-Austen*, Vol. I: Iron, 1895. *E. F. Dürre*: Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde, 1ste Hälfte, 1897 — alle store Haandbøger. *Verein deutscher Eisenhüttenleute* in Düsseldorf: Gemeinfassliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, 3te Aufl., 1896, giver en kort, letfattelig Fremstilling. Endvidere: *Wagner*: Lærebog i Teknologi, 1885, samt af *Tidsskrifter* navnlig: Jærnkontoirets Annaler, Stahl u. Eisen, The Journal of the Iron and Steel Institute og Engineering and Mining Journal.

15. Oversigt over Fremstillingen. Malmene reduceres med Brændsel i en saakaldt Højovn. Om Brændslet er talt i § 14.

¹⁾ Nemlig som Svovlcalcium.

For at faa forskellige Urenheder udskilte, ved at de gaa i Slaggen, anvendes de sammesteds nævnte Tilslag. Det dannede smeltede Raajærn tappes af Ovnens Taphul forneden. Raajærn smelter ved 1050 à 1200° C. Om de forskellige Sorter Raajærn, man kan fremstille, og deres Anvendelighed se § 81.

16. **Højovnen og Højovnsprocessen.** Angaaende Højovnens Indretning maa henvises til *Hannover*: Aut. Forelæsningstegninger, hvor det Indre af en Højovn ses paa Pl. B., Fig. 2, medens Pl. C. viser en almindelig Højovn af ældre Konstruktion. Ovnens er en Skaktovn, og har Taarnform. Dens Indre er af ildfaste Sten. Saavel Malme med iblandet Tilslag som Brændsel hejses med Elevator op til Ovnens Top, hvorfra de afvekslende nedstyrtes i den. Den gennem de saakaldte Formhuller indstrømmende, forud opvarmede Blæseluft (om dennes Forvarmning se næste Paragraf) forbrænder strax de glødende Cinders, Trækul eller Anthracitkul til Kulsyre, der stiger op gennem de højere glødende Brændselslag og sønderdeles i Kulilte og Ilt, af hvilke Iltten brænder Brændslet, medens Kulilten er den til selve Reduktionen af Malmene virksomme Luftart. Idet Malmen reduceres, optager det dannede Jærn Kulstof og bliver derved til Raajærn, som i den forhaandenværende Temperatur smelter ned og samler sig paa Herden, hvor det stiger saa højt, at den ovenpaa flydende Slagge kan afstikkes gennem eller kontinuerligt løbe gennem det saakaldte Slaggehul.

I Virkeligheden er Processen overordentlig indviklet. Saaledes virker ikke blot Kulilte reducerende, men ogsaa fast Kul, der kan reducere ikke blot Jærn, men ogsaa Fosfor, Silicium og Mangan af dannet Slagge.

Nye Højovne bygges uden Jærnplademantelen, som ganske vist muliggør Skaktens Isolering med Slaggestykker etc., saa at den ikke taber saa megen Varme til Luften, men vanskeliggør Tilsynet med Skakten og Reparationer deraf, og tilmed er kostbar. Man erstatter ved nye Ovne Jærnplademantelen med enkelte Jærnankere (omspændte Ringe) og opfører et ydre Jærnstangstillads, som bærer Gigtgulvet.

En saadan Højovn er afbildet i Tidsskrift for Maskinlære, 1897, S. 109.

En forbedret Konstruktion af en Form ses i *Hannover*: Aut. Forelæsningstegninger, Pl. D., Fig. 1.

17. **Gigtgas og dens Anvendelse.** Gigtgassen er den Gas, som stiger op gennem Ovnens Top og ledes bort til Brug, da den indeholder en stor Del Kulilte (c. 25 %), som ikke kan brænde i Ovnens Top af Mangel paa Ilt. Paa det Rør, hvorigennem Gigtgassen ledes bort fra Højovnen, anbringes Renseklapper eller Vandlaase (se nævnte Værk Pl. E., Fig. 1 og 2), for at faa Gassen rensat for Støv og Vand. Gigtgassen ledes enten hen til Opvarmning af de Dampkedler, der drive Cylinderblæserne, hvorfra Blæseluften kommer, eller ogsaa benyttes den til Ristning eller til Blæseluftens Forvarmning. Forvarmningen (opfundet 1829) giver Brændselbesparelse i Højovnen, da den forøger Forbrændingstemperaturen. Forvarmningen sker i Blæstvarmere, en Slags Regeneratorer, der her ere høje Taarne, hvori der af ildfaste Sten er dannet en stor Del Kanaler. Først varmes disse af Gigtgassen, som man lader brænde i dem, efter at der er ledet den nødvendige Luft ind i dem, og dernæst ophører man med at lade Gigtgassen strømme gennem Kanalerne, men leder Blæseluften igennem dem i modsat Retning, hvorved de stærkt varmede Sten forvarme Blæseluften paa Vejen til Højovnen, saaledes at Gigtgassens Varme i Stedet for at gaa tabt regenereres (genfødes) i Blæseluften.

Coupers Blæstvarmer — se nævnte Værk, Pl. E., Fig. 3 — og *Whitwells* — se Texten til denne Figur — ere de mest bekendte.

For at undgaa Brud paa Blæseledningen ved den stærke Udvidelse formedelst Luftens Varme, anvendes f. Eks. Skivekompensatorer, se nævnte Værk, Pl. F., Fig. 1.

Nu synes Spørgsmaalet om Anvendelse af Gigtgas til Drift af Gasmaskiner at komme paa Dagsordenen — se Stahl u. Eisen, 1898, S. 247 og 361.

18. **Udstøbning af Raajærn, Produktionen.** En almindelig med Cinders dreven Højovns Produktion er ca. 100 Tons Raajærn daglig. Til 100 Kg. Raajærn benyttes omtrent 90 Kg. Cinders. Omtrent hver 5te Time stikker man med en spids Jærnstang en Lerprop, der har siddet i Taphullet, itu, hvorefter man kan lade det smeltede Raajærn løbe ned i de i nævnte Værk, Pl. F., Fig. 2, viste Forme, hvori Jærnet størkner som Barrer, der gaa i Handelen under Navn af Raajærn eller

Pigjærn¹⁾. Pigjærnet bruges enten i Støberierne eller til Fabrikation af smedeligt Jærn.

Som det vil blive omtalt i § 81, skelner man mellem hvidt og graat Raajærn. Som anført i Teksten til nysnævnte Figur, ere Pigjærnsformene for graat Raajærn af almindeligt Formsand, for hvidt Raajærn derimod ofte af Støbejærn. Om Aarsagen hertil vil der blive givet nærmere Oplysninger i § 81, hvor der imidlertid ogsaa vil blive gjort opmærksom paa, at Jærnstøberierne burde ophøre at gøre det nødvendigt for Jærnværkerne at anvende Sandformene.

Til Bessemerprocessen behøver man ikke at støbe Raajærnet ud som Pigjærn og senere smelte det paany i de saakaldte Kupolovne (hvorom nærmere i II Del). Man kan direkte tappe det fra Højovnen i en stor Jærnbeholder, Ske, hvorfra det i sin flydende Tilstand kan tilføres Bessemerpæren.

Naar man imidlertid ofte foretrækker at lade det løbe i de nævnte Forme og senere smelte det paany, tiltrods for, at der herved bruges adskilligt Brændsel til Omsmeltingen, er Grunden at søge i følgende Forhold: Produktet fra Højovnen er altid uensartet i sin Sammensætning, navnlig fordi Massen i Ovnene bliver forskellig paavirket af Blæsten i Midten af Ovnen og nær Omkredsen og synker uregelmæssigt ned under Smeltingen, og som Følge heraf vil man ikke saa sikkert kunne vide, hvilket Jærn man behandler i Bessemerpæren, naar det uden Omsmelting tages fra Højovnen dertil, som naar det først udstøbes i Forme og altsaa kan undersøges, før det omsmeltes og benyttes i Bessemerpæren. Endvidere kan man ved Omsmeltingen blande Raajærn passende med Raajærn af anden Sammensætning. I den allernyeste Tid kommer man dog mere ind paa at undgaa Omsmeltingen ved Anvendelse af uhyre store Beholdere, Raajærnsblandere, hvori kolossale Mængder af smeltet Jærn fra flere Højovnstapninger opsamles, saaledes at man ved Blandingen faar en mere ensartet Sammensætning, før en Del af Indholdet tappes til Brug i Bessemerpæren.

Om Raajærnsblandere se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 304, S. 109.

Ved Anvendelse af en Raajærnsblander har man yderligere den Fordel, at man i den kan blive af med en stor Del af Jærnets Svovl ved at tilsætte Ferromangan, se f. Eks. *Dinglers* polyt. Journal, 1898, Bd. 307, S. 135.

¹⁾ Efter det engelske Ord »pig«, der betyder Gris; de enkelte Barrer sidde nemlig paa Indløbene, omtrent ordnede som pattende Grise.

Direkte Støbning af Brugsgenstande af det i Højovnen nedsmeltede Jærn bruges ikke, fordi Omsmeltning er at fortrække, dels formedelst det ovenfor S. 18 Lin. 19 f. n. anførte Forhold, dels af Grunde, hvorom nærmere under »Støbning« i II Del.

Efter at en Højovn er tappet, tillukkes Taphullet paany med en Lerprop, der sidder fastklasket paa en lille Plade paa Enden af en lang Jærnstang.

Højovnen drives Dag og Nat, indtil den faar »Fordøjelsesbesværigheder«, ved at Malmene ere for vanskelige at reducere, eller ved at der bruges forholdsvis for lidt Brændsel, — eller »Forkølelse«, ved at Brændslet er for slet eller Blæsten for kold. Vidtløftig Standsning og Reparation af Ovnen kan da blive Følgen.

19. Højovnsslagge. Om Slaggens Sammensætning er talt i § 14. Under Jærndraabernes Fald gennem Højovnen ned paa Herden beskytter Slaggen Draaberne mod Iltning af Blæseluften. Slaggen kan man lade løbe af igennem Slaggehullet og videre gennem en Slaggerende ned i Støbejærns-Vogne, hvori den størkner og henføres til en Losseplads. Ved de fleste Jærnværker faar man imidlertid paa denne Maade efterhaanden hele Bjerge af Slagge, der tage uhyre Plads op. Man har derfor søgt paa forskellig Maade at anvende Slaggen. Undertiden støber man den til simple Bygningssten eller knuser den størknede Slagge til Vejskærver. Undertiden lader man den løbe ud i en Rende med rindende Vand, som granulerer Slaggen til Slaggesand, der kan bruges til Slaggecement, Kalkmørtel m. m.

Om Højovnsslagges Anvendelse, se Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 121. Om Mursten af granuleret Slagge, se Stahl u. Eisen, 1897, S. 991. Hvis man leder en Damp- eller Luftstrøm i den flydende Højovnsslagge, faas Slaggeuld — fine Korn, der ende i en Traad —, som er godt varmeisolerende, men let dekomponeres og derfor nu kun lidet anvendes.

IV. Fremstilling af smedeligt Jærn.

Litteratur: Se under Fremstilling af Raajærn, kun at 3die Afdeling af *Ledeburs* store Haandbog træder i Stedet for 2den. Endvidere kan for Staal tilføjes: *Howe*: Metallurgy of Steel, New-York 1890.

20. Direkte Udvinning af smedeligt Jærn af Malmene. Medens nu næsten alt Jærn udvindes af Malmene som Raajærn, kendte man før det 14de Aarhundrede ingen Raajærnsfremstilling som Industri, og Svejsejærn blev den Gang fremstillet direkte af Malmene. Da man derved kun fik fremstillet smaa Mængder af Svejsejærn, er denne direkte Fremstilling af Svejsejærn af Malmene nu kun af underordnet Betydning, og nyere Metoder til Fremstilling af større Mængder af Svejsejærn af Malmene ere ikke lykkedes. Det samme gælder mange Forsøg¹⁾ — navnlig af *Fr. Siemens* — paa at fremstille smedeligt Jærn i flydende Tilstand, altsaa Staal direkte af Malmene i større Mængde. Derimod anvendes Malme delvis til saadant Staals Fremstilling ved Martinprocessen, hvor man nemlig ikke sjældent indbringer Malme sammen med Affaldet af smedeligt Jærn i det smeltede Raajærn. Der er anstillet en Del Forsøg paa at undvære nævnte Affald ved denne Lejlighed, men Martinstaal fremstilles kun faa Steder uden Anvendelse deraf.

a. Svejsejærn og Svejsestaal.

21. Oversigt over Fremstillingen. Svejsejærn og Svejsestaal, der i Modsætning til Svejsejærnet er hærdeligt — se S. 11 øverst —, fremstilles nu altid af Raajærn og navnlig ved Pudling, sjældnere ved Herdfriskning, der dog har en betydelig Udbredelse i Sverrig, hvor Pudling næsten ikke bruges. Ved begge Processer bliver Raajærnet²⁾ nedsmeltet og stærkt afkullet. Imellem det kulstof-fattige senede Svejsejærn (om senet Struktur se § 83) med under 0,1 % Kul og Svejsestaal med f. Eks. 1 % Kul staar det saakaldte Finkornsjærn med c. 0,3 % Kul, der er stærkere og har mindre Slaggeindhold end det første.

Det afkullede Jærn eller Staal maa befries for Slagge som nærmere omtalt i det følgende. Svejsejærns Smeltepunkt ligger ved henad 1500° C., — jo lavere des mere Kulstof, det indeholder.

22. Herdfriskning. Nedsmeltning af Raajærnsstænger sker paa en Herd, der ligner en almindelig Smedeesse, som er vist i *Hannover*: Aut. Forelæsningsstegninger, Pl. 28, Fig. 4. Raajærnet lægges paa brændende Trækul, mere Trækul lægges over det, og

1) Om saadanne Forsøg, se Stahl u. Eisen, 1896, S. 148.

2) Det skal helst være hvidt til dette Brug, se § 63.

idet Jærnet smelter for Blæsten, afkalles de faldende Draaber noget af denne. Det paa Herdens Bund storknede Jærn behandles atter paa samme Maade. Derved er Afkulningen bleven saa stærk, at der paa Herdens Bund ligger en dejgagtig Masse, som lader sig skyde sammen til en dejgagtig Klump, en saakaldt Luppe. Man trykker senere Slaggen ud af denne under en Damphammer, hugger den i flere Stykker, der gøres svejsvarme og udsmedes under Hammeren til tynde Fladstænger, og har da færdigt Svejsejærn.

Sjældnere gentages den ovenfor omtalte Behandling af det paa Herdens Bund storknede Jærn endnu en Gang.

Om Slaggens Virksomhed ved Herdfriskning, se næste Paragraf.

Af visse Sorter manganholdigt Raajærn kan man fremstille Svejsesmaal, idet Manganet sinker Afkulningen.

Da der til Herdfriskningen kan anvendes Trækul, som jo er langt renere end det flammende Brændsel, Stenkul, der maa anvendes til Pudling, kan man faa meget rent og derfor sejt Svejsejærn ved Herdfriskning. Den i Sverrig anvendte Herdfriskning kaldes Lancashirefriskning — se Note 2 til § 11.

En lignende i Sverrig kun i Danemoraværkerne anvendt Herdfriskning hedder Vallonfriskning.

23. Pudling. I Stedet for paa en Herd kan Nedsmeltningen ske i en Flammeovn — en Puddelovn, se nævnte Værk, Pl. G., Fig. 1. Raajærnet anbringes paa Herden, hvor Flammen fra Stenkulsbrændslet smelter det, og Flammens Indhold af atmosfærisk Luft delvis afkuller det. Naar det er begyndt at smelte, vender man med en Brækstang Stykkerne om, saa at den nederste koldere Del af Stykkerne kommer opad, og hvis der ligger usmeltede Jærnstykker under Slaggen, som danner sig, hæver man dem op over Slaggelaget. Det smeltede Raajærns Kul brænder nu efterhaanden bort, men for at dette skal ske ensartet i hele Massen, maa der røres om¹⁾ i den med Kradserie, lange Jærnstænger med ombøjede Ende. Efterhaanden som Kullet i Raajærnet brændes bort, bliver Massen sejgere at røre i, idet dens Smeltepunkt nemlig rykker op til at ligge højere end den herskende Temperatur, og tilsidst kan man ikke mere røre i den. Man skyder den da med Brækstangen sammen i 5 à 6 dejgagtige Klumper, Lupper, der hver indeholde c. 40 Kg.

¹⁾ Engelsk »to pudle«, deraf »Pudling«.

Jærn med saa ringe Kulstofindhold, at man har smedeligt Jærn, som dog endnu er stærkt gennemtrængt af Slagge. En Pudling varer henad 2 Timer.

Det besværlige Rørearbejde er søgt erstattet med »Maskinpudling« uden videre Held.

Af visse Sorter manganholdigt Raajærn kan man ogsaa her fremstille Svejsestaal, da Manganet sinker Afkulningen — jvnfr. S. 21 Lin. 13 f. o.

Finkornsjærnet (se S. 20 Lin. 9 f. n.) fremstilles ogsaa af manganholdigt Raajærn.

Baade ved Herdfriskning og Pudling hjælper den dannede Slagge stærkt med til Afkulningen. Aarsagen hertil er følgende: Først iltes navnlig Jærn, da det frembyder den største Overflade, og desuden Silicium og Mangan og ved den herskende Temperatur kun i ringe Grad Kullet, der skal brændes bort. Jærnet iltes dels til Jærnforilte, dels til Jærntveilte, som begge sammen med det iltede Silicium, Si : Kiselsyre, danner Slaggen. Dennes Indhold af Jærntveilte reduceres imidlertid, idet det afgiver Ilt til Kullets Bortbrænding, som derved fremskyndes betydelig. Ved Reduktionen af Jærntveillet dannes Jærnforilte, der af Flammens Luft paany iltes til Jærntveilte, som igen afgiver Ilt til Kullets Bortbrænding o. s. v. Slaggen spiller saaledes en stor Rolle til Fremskynding af Kullets Bortbrænding, og for yderligere at fremme denne Virksomhed bruges der ved Pudling — se nævnte Værk Teksten til Pl. G., Fig. 1 — ligefrem Til sætninger af f. Eks. jærntveilteholdige Puddelslagger, jærnmellemilteholdige Svejsovnsslagger samt Hammerskæl (Fe_3O_4) etc.

24. Puddelluppernes videre Bearbejdning. Lupperne fra Pudling indeholde megen Slagge. En Del af denne Slagge udpresses af Luppen under Damphammer eller paa Luppemølle — se nævnte Værk, Pl. H., Fig. 1 —, og dernæst udvælses den af Luppen dannede parallelopipediske Blok til en saakaldt Raaskinne. Da Raaskinnerne vise en stor Mængde Revner og endnu ere gennemtrukne af Slagge, maa man tilvejebringe et bedre Materiale ved at overklippe Raaskinnerne, stable Stykkerne i saakaldte Katte eller Pakker¹⁾, svejse disse under Damphammer eller i Valseværk, hvor de tillige udstrækkes paany til Stænger, der kaldes »dobbelt svejste«, og hvoraf man igjen kan danne Katte, svejse og udvalse for at skaffe sig endnu bedre Materiale. De gentagne Svejsninger og

1) Tysk: »Packets«.

Udvalsningsninger forbedre Materialet ved at udpresse Slaggen af det, gøre det mere homogent og give det en senet Struktur — se § 83. En Svejsovn, hvori Kattenes Opvarmning til Svejs-hede kan ske, er vist i *Hannover*: Aut. Forelæsningsstegninger, Pl. J., Fig. 4.

Ved Dannelsen af Kattene kan man dels anbringe bedre Materiale paa nogle Steder i Katten, daarligere paa andre, saa-ledes at det bedste Materiale i den færdige Drager etc., hvis Fremstilling tilsigtes, kommer til at ligge i dennes vigtigste Dele, f. Ex. i Hoved og Fod paa et **I** Jærn, se nævnte Værk, Pl. J., Fig. 2, dels kan man faa god Anvendelse for Svejse-jærnsaffald, se Pl. J., Fig. 3. Anbringes ligefrem Affald af Staal-stænger (her menes Staal fremstillet i flydende Tilstand) i en Kats Indre, faas ingen solid Svejsning, men Materialets Brudstyrke kan forøges derved. Overrives en Stang, der er fremstillet af en saadan Kat, viser Bruddet af de enkelte Staal-stænger sig let kendeligt fra det omliggende Svejsejærn, hvortil de ses kun at være ufuldstændig svejste. I al Fald i Nordamerika skal meget af det saakaldte »Svejsejærn« af almindelig Kvalitet, der bringes i Handelen nu, ligesom Jærnbaneaksler m. m., være fremstillet saaledes.

Ogsaa naar der kun anvendes Svejsejærn i Kattene, sker der ofte kun ufuldstændige Svejsninger. I Brud af Stænger, hvor saadanne ufuldstændige Svejsninger findes, ser man da de enkelte Stænger, hvoraf Katten har været stablet sammen.

25. Svejsestaal. Bedre Svejsestaal end det, der kan fremstilles ved Herdfriskning eller Pudling og paafølgende Udvalsningsninger af Raaskinner og Dannelse af Katte o. s. v., faas ved den saakaldte Cementering, der gaar ud paa at tilføre Svejsejærn Kul. Da Svejsejærnet nemlig har været udsat for videre dreven Afkulning i Herden eller Puddelovnen end det deri direkte fremstillede Svejsestaal, er der i Svejsejærnet ogsaa brændt flere fremmede Stoffer — Urenheder — bort end i det nævnte Svejsestaal, og derfor kan man af Svejsejærnet fremstille et renere og bedre Svejsestaal ved nævnte Kulning. Dette Svejsestaal kaldes Cementstaal, og Kulningen gaar for sig ved at gløde Svejsejærnsstænger med Trækulspulver i 15 à 20 Dage i særlige Ovne, Cementerovne. Jærnet optager derved Kul og bliver til Staal. Staalet har ejendommelige Blærer nær Overfladen, der udvendig vise sig som hvælvede Forhøjninger,

hvorfor det i England kaldes Blærestaal. Blærerne hidrøre fra Kulilte, dannet ved at optaget Kul møder Jærnilter, der ere Hovedbestanddelene i Slaggerester, som findes i alt Svejsejærn.

Ligesom Raaskinner i Reglen ikke bruges, som de ere, men overhugges, stables i Katte og udvalses, saaledes er Tilfældet ogsaa med de forskellige Slags Svejsestaal, der ved saadan Behandling, som her kaldes Garvning eller Raffinering, blive til Garvestaal eller raffineret Staal (engelsk: Saksstaal), der kan anvendes til finere Værktøjer, men navnlig anvendes til Fremstilling af Digelstaal. Gentages nævnte Behandling, haves dobbelt-garvet eller -raffineret Staal.

26. Indsætning. En Metode, der ligner Cementeringen, er den i Maskin- og Smedeværksteder anvendte Indsætning, som tilsigter at omdanne Overfladen af mindre Svejsejærns-genstande til Staal, saaledes at Overfladen kan lade sig hærde og derved blive modstandsdygtig mod Slid, medens Genstanden selv dog ikke bliver saa dyr og skør, som hvis den var af hærdet Staal helt igennem. Genstandene pakkes med Trækulspulver, Benkul, Affald af Remme etc. i en stor Pladejærns-kasse, hvis Laag tillukkes, og som anbringes i nogle Timer paa Essen eller i en Ovn. Genstandene komme derved i Glød og optage Kul, f. Eks. 1 mm dybt, saaledes at de, naar Kassen udtages, og man lader dem falde endnu glødende i koldt Vand, hærdes c. 1 mm dybt.

Partiel Indsætning med Cyanjærnkali ved at gløde f. Eks. et Boltehul i en Vægtstang, der er for lang til at gaa i Indsætningskassen, og komme Cyanjærnkali — i Værkstedet kaldet Kali — paa, som derved flyder, hvorpaa man strax dypper i Vand, giver en meget hurtig, men saa tynd Overfladehærdning, at den næsten er værdiløs. Om Indsætning ved elektrisk Strøm, se Industriforeningens Tidsskrift, 1895, S. 358.

Ved *Harveys* Metode til Hærdning af Panzerplader af blødt Staal til Krigsskibes Beklædning sker en Slags Indsætning af den Side af Pladen, der skal vende udad paa Skibet. Derved bliver denne haard til at modstaa Projektilers Virkning, uden at hele Pladen bliver skør. Se iøvrigt *Dingler's* polyt. Journal, 1893, Bd. 288, S. 53, hvor ogsaa Skydeforsøg omtales.

b. Staal fremstillet i flydende Tilstand.

27. Oversigt over Fremstillingen. Staal kan fremstilles i flydende Tilstand enten som Digelstaal eller ved Bessemer-

processen eller ved Martinprocessen. I alle Tilfælde bliver det flydende Staal, hvis Smeltepunkt ligger ved 14 à 1500° C., udstøbt og oftest som Blokke (engelsk: Ingots) — i Reglen svagt pyramidalsk tilløbende firkantede Blokke, der senere til-dannes videre ved Valsning eller Udsmedning —, undertiden dog straks i rigtig Form som Brugsgenstande — Façongoods —, det saakaldte Staalstøbegods, for hvilket den videre Til-dannelse paa nævnte Maader bortfalder.

1. Nogle Forhold ved Staals Udstøbning, Staalstøbegods.

28. **Blæredannelse.** Som det nærmere vil blive omtalt i Afsnittet om Støbning i Almindelighed i II Del, volder Udstøbning af Staal særlige Vanskeligheder, idet der — foruden at der kan ske Sajgringer, hvorom i § 50 — let opstaar Hulrum eller Blærer, hidrørende dels fra, at Staalet svinder ved Afkølingen — suger — efter at være heldt i Formen, dels fra, at Luftarter, som enten ere opløste i det smeltede Staal eller dannes deri ved kemiske Reaktioner, afgives af Metallet ved Størkningen. I *Hannover*: Aut. Forelæsningstegninger er der paa Pl. K., Fig. 1, vist en Hulhed i den øverste Del af en i en Metalform — Coquil — udstøbt Blok. Den er fremkommen, idet Metallet ved Sammentrækning under Afkølingen har dannet en lufttom Hulhed lige under Overfladen, medens Overfladen endnu var saa blød, at den ydre Lufts Tryk kunde trykke Overfladen ind og danne en Kanal ind til Hulheden. I samme Værk viser Pl. K., Fig. 3, i Midten en Hulhed, der ogsaa hidrører fra Svind, medens baade Fig. 2 og 3 viser Blærer, hidrørende fra Luft, der blev udviklet ved Størkningen og ikke slap ud af Metallet, medens dette endnu var tyndflydende. Saadan Luft eller Udsajgringer — se § 50 — samler sig ofte i Svind-Hulhederne.

Der er her vist Blærer langs Sidevæggene, men de sidde ved Blokke med forskellig Sammensætning, snart nær Væggene, snart længere fra dem. Hvis f. Eks. Blokken indeholder meget Silicium, er dens Smeltepunkt forholdsvis lavt; den kommer da sandsynligvis mere overhødet i Coquillen, saa at der kun størkner en tynd Skæl, før Blærerne afsætte sig, og disse sætte sig da nær Væggene. Derved kan man risikere, f. Eks. at Overfladen paa en af Blokken valset Skinne senere lader Skæl springe af, hvorfor Blærerne heller maa sidde dybere inde. Se nærmere herom i *Ledebur*: Handb. der Eisen-

hüttenkunde, 3te Abth., 1894, S. 844, og *Tetmajer*: Mitth. der Anst. zur Prüfung von Baumaterialien am eidg. Polyt. in Zürich, 1886, S. 49.

Endelig viser Pl. L., Fig. 1, en Blære med et Metalkorn i, hidrørende som forklaret fra, at en Draabe af Metallet er størknet under Luftudvikling, der oftest er fremkaldt ved, at den paa Overfladen har iltet sig, og det dannede Jærnilte har omsat sig med Staaldraabens Kulindhold saaledes, at der er blevet udviklet en Kulilteboble omkring et kulstoffattigt Staal-korn.

I det Hele kan blandt de Luftarter, der give Blærer i Staal ved Udstøbningen, Kulilten særlig fremhæves. Staalet har ved Fremstillingen eller Udstøbningen altid Lejlighed til at ilte sig og opløser det dannede Jærnforilte, der omsætter sig med Kul i Staalet, lige indtil Størkningen er sket. Digelstaalet er ved Smeltningen i Digler mindre udsat for Iltningen og dermed for Dannelsen af Kulilte, og Digelstaalet giver derfor ogsaa mindre Anledning til Blærer end Bessemer- og Martinstaalet.

I Raajærn findes der ikke opløst Jærnforilte, da det Jærnforilte, der opstaar, straks reduceres af det forhaandenværende store Overskud af reducerende Stoffer (Kulstof, Silicium, Mangan).

Om andre Luftarter end Kulilten, der kunne give Blærer i Staal, se II Del under Afsnittet om Støbning i Almindelighed. *Osmond* og *Werth* fandt i flydende Staal saa meget Gas, at dets Rumindhold ved sædvanlig Temperatur vilde være 15 à 20 Gange det flydende Staals.

29. Midler mod Blæredannelse. Man modvirker Kulilteudviklingen ved Bessemer- og Martinprocessen ved lige inden Udstøbningen at tilsætte Mangan, enten i Form af Ferromangan — se S. 15 og § 81 — eller som Spejljærn — se sammesteds —, begge meget manganholdige Raajærnssorter, navnlig det første. Manganet omsætter sig med det opløste Jærnforilte, saa at der danner sig Manganforilte, der giver en ringere Kulilteudvikling. Om disse Tilsætninger nærmere S. 32.

Ikke sjældent tilsættes efter Mangantilsætningen Silicium som Ferrosilicium, se § 43, i samme Øjemed og for at hindre Brintudvikling. Det kommer da i Reglen smeltet i Støbeskeen inden eller efter Tapningen i denne.

En ringe Mængde tilsat Aluminium vinder nu med Held Indgang i samme Øjemed, f. Eks. ved Fremstilling af Façongods af Digelstaal.

Løvrigt søger man at faa tætte Støbninger dels ved Anvendelsen af et Dødhoved — se under »Støbning i Almindelighed« i II Del — dels ved saavidt mulig at støbe store Blokke, da de storkne langsommere, hvorved den ved hurtig Afkøling opstaaende pludselige Luftudvikling undgaas, og udviklet Luft lettere kan undvige, og dels undertiden ved i Stedet for at fylde Coquillen fraoven at anvende den saakaldte stigende Støbning. Saaledes kan man ved Støbning af Blokke i Stedet for at helde i fra oven — se *Hannover*: Aut. Forelæsninger, Pl. L., Fig. 2 — anvende stigende Støbning i flere Coquiller — se samme Værk, Pl. L., Fig. 3 —, hvorved udviklede Luftarter og Luften i Coquillerne frit kan finde Vej op deraf uden at møde det nedstyrtende smeltede Metal, der heller ikke kan rive Luft med sig direkte ned i Coquillen. Endelig kan man opnaa tættere Staal ved at lade Staalet storkne under et stærkt Tryk, saaledes som det nærmere vil blive omtalt i nysnævnte Afsnit af II Del.

30. **Plattrykning af Blærer i Staalblokke.** Trods alle Foranstaltninger bliver der dog altid nogle Blærer tilbage i støbte Staalblokke. Blokkene underkastes da ogsaa altid en saakaldt Fortætning ved Hamring eller endnu hyppigere ved Valsning, hvorved der foruden en Plattrykning af Blærerne, der dog i Reglen ikke sammensvejses, tillige opnaas dels en Formforandring, som efterhaanden nærmer Blokken eller Dele deraf til den ønskede Genstands Form, dels en Forædling af Materialet, hvorved forstaas en Forøgelse af dets Styrke og Sejghed — se § 98 —, der skyldes en Strukturforandring — se § 83. At Blærerne kun undtagelsesvis svejses, kan ses, naar man ætser et Tværsnit, idet Ætsningen forøger Hulrummenes Størrelse og derved gør de plattrykte Blærer kendelige. Om nævnte Fortætnings Udførelse nærmere i § 39.

De plattrykte Blærer ville i Reglen ikke svække Staalet overfor de sædvanlige Træk- eller Bøjningsprøver, men vel overfor ofte gentagne Anstrængelser, jvnfr. § 106.

Ved Valsning trykkes Blærerne almindeligvis platte, saa at de blive parallele med Valseretningen. Men naar under Valsningen Bredningen (se II Del under »Valsning«) hindres, kunne de blive plattrykte paatværs og fra Overfladen springe saaledes knivskarpe ned i Staalet, at de give Brud ved dettes Bøjning — se Ingeniøren, 1895, S. 211.

31. **Staalstøbegods.** Man bruger navnlig Staalstøbegods til Maskindele, men griber kun til at fremstille en Maskindel eller Bygningsdel deraf, enten naar dens Form er saaledes, at det vilde blive vanskeligt at smede den, eller naar man ønsker en større Styrke, specielt større Modstand mod Stød og Slid, end man vilde faa ved at støbe den af Støbejern, eller for formedelst Staalstøbegodsets større Styrke at kunne gøre Maskin- eller Bygningsdelen mindre svær. Men den bliver omtrent dobbelt saa dyr som af Støbejern. Som Eksempler paa Genstande, der undertiden fremstilles som Staalstøbegods, kan nævnes: Tandhjul, Valseværksstativer, Hjertestykker for Jærnbane-krysnings, hydrauliske Presse-cylindre, Skibsstævne m. m.

Ved Staalstøbegods, hvor der jo ingen Hamring eller Valsning sker, blive eventuelle Blærer altsaa ikke fortættede, hvorfor det dér er endnu vigtigere at modvirke Blæredannelse. Om Midlerne hertil er talt i § 29, ligesom det i § 28 er anført, at Digelstaalet giver mindre Anledning til Blærer end Bessemer- og Martinstaalet.

Medens man fra først af troede kun at kunne støbe Staalstøbegods af haardt Staal med stort Kulstofindhold, fordi det smelter i lavere Temperatur, svinder mindre og giver ringere Luftudvikling, er man nu i Stand til at støbe blødt Gods, hvis Kulstofindhold ikke synderlig overstiger Svejsejærnets.

Iøvrigt udglødes Staalstøbegods for at fjerne Spændinger i det og forædle det, se § 101.

2. Digelstaalet.

32. **Digelstaaletprocessen.** Digelstaalet, hvis Tilvirkning i det store navnlig først er dreven hos *Krupp* i Essen, fremstilles af en eller anden eller flere andre Staal-sorter, navnlig Svejsestaalet, — hvoraf igen Cementstaalet (§ 25) er det bedste —, ved at omsmelte disse i Digler. Ved Omsmeltningen faas et særdeles homogent Produkt.

Diglerne ere af ildfast Ler med en Grafittilsætning. De varmes i en Siemensk Regenerativflammeovn, der har en Slags Gasfyring, hvis Princip nærmere skal forklares under Martinprocessen. Ovnene er vist og forklaret i *Hannover*: Aut. Forelæsnings-tegninger, Pl. L., Fig. 4.

X
X
Diglerne kunne, naar Indholdet er passende flydende, tages enkeltvis op med en Tang — se *Hannover*: Aut. Forelæsnings-tegninger, Pl. 15, Fig. 3 — og udgydes enkeltvis eller flere efter hinanden enten i Coquiller — se nævnte Værk, Pl. L., Fig. 2 —, saa at der støbes Blokke, eller i Forme, hvori der direkte støbes Brugsgenstande, Facongods. Disse Forme ere af ildfast Ler, navnlig saadant, der er blevet magert ved allerede at have været brugt, og hvortil sættes malede Digelskaar og for Plasticitets Skyld frisk ildfast Ler. Ildfastheden er nødvendig formedelst Digelstaalets høje Smeltetemperatur. Udstøbningen er af samme Aarsag overordentlig varm for Arbejderne.

Om Tilsætning af Aluminium ved Støbning af Facongods af Digelstaal er talt S. 26 nederst.

33. Specielle Digelstaalsorter. Ved at give en Tilsætning af Chrom eller Wolfram i Form af Jærnchrom- eller Jærnwolframlegeringer, kan man opnaa Værktøjs-Digelstaal, der lader sig hærde endnu haardere end ellers. Mushets Specialstaal indeholder Wolfram, se iøvrigt § 88.

Det saakaldte Uchatiusstaal fremstilles ogsaa i Digler, men i Stedet for af andre Staalsorter af Raajærn og Malme. Værktøjsstaal fra Vikmanshyttan i Dalarne fremstilles saaledes.

Det saakaldte Mitis udstøbes ligeledes fra Digler, men fremstilles i Modsætning til almindeligt Digelstaal af kulstoffattigt Svejsejærn, hvortil Aluminium sættes som Ferroaluminium. Mitis bruges til støbte Genstande, som ønskes bløde og smedelige. Det er foruden at være smedeligt endog let svejseligt. Det blev nærmest opfundet for at erstatte hammerbart Gods, som det er saa langvarigt at fremstille — se § 64 —, men det er dog ikke billigere at fremstille end dette. Om Mitis se iøvrigt Vulkan, 1892, S. 878. Det fabrikeres f. Ex. af Aktiebolaget Carlsviks gjuterier nær Stockholm.

Ægte Damast eller Wootzstaal er en Slags Digelstaal, der fremstilles i Indien af Svejsejærn og Træ. Hvor Træet, der hurtig forkuller, rører Jærnet, dannes Staal, som i den tilstedeværende Temperatur kan smelte og drive ned og udfylde Mellemrummene mellem Svejsejærnsstykkerne. Man faar der ved en Klump Svejsejærn gennemtrukken af Staalaarer. Naar man f. Eks. smeder Klinger deraf, vil en Ætsning vise Staalaarerne ophøjede, da de angribes mindst.

Uægte og kunstige Damaster ere to forskellige Imitationer af den ægte Damast. Den kunstige dannes ved at slynge

haardere og blødere Staal- og Jærnsorter om hinanden og svejse dem sammen og ætse den færdige Genstand; den uægte blot ved en Ætsning, der foretages efter Radering i en Ætsegrund.

3. Bessemerstaal.

34. **Oversigt over Bessemerprocessen.** Bessemerstaal fremstilles ved Bessemerprocessen — opfundet 1855 af Sir *Henry Bessemer* † 1898. Formedelst den Masseproduktion af Staal, der blev naaet ved denne Proces, var Opfindelsen epokegørende for Industri, Bygningsvæsen og Transportforhold. Staalet fremstilles efter denne Proces i en saakaldt Bessemerpære eller Converter — se *Hannover*: Aut. Forelæsnings-tegninger, Pl. M., Fig. 1 — ved at blæse atmosfærisk Luft gennem smeltet Raajærn. Raajærnet er enten fra Højovnen tappet i en stor Ske, der sidder paa et Lokomotiv, som bringer Skeen hen til et højt Sted nær Pæren, saa at Indholdet kan hældes i denne, eller ogsaa — og det er bedre men dyrere, se S. 18 Lin. 15 f. o. — smeltes Pigjærn om i Kupolovne (hvorom i II Del) og tappes derfra ad en Rende ned i Pæren, der i begge Tilfælde under Fyldningen ligger paa Ryggen med Mundingen — Halsen — pegende skraat opad. I den allernyeste Tid undgaas med Fordel Omsmeltningen ved Anvendelse af en Raajærns-blander — se S. 18 Lin. 10 f. n. Naar Jærnet er fyldt i Pæren, sættes Blæsten til, og Pæren rejses op.

Hensigten med Blæsten, som stiger op gennem det smeltede Raajærn, er, at dens Ilt skal bortbrænde endel af Raajærnets Kulstof, saa at man faar et kulstoffattigere flydende Materiale: Staal. Men, hvis ikke der foregik andet i Pæren, vilde Temperaturen ikke være høj nok til, at det dannede Staal holdt sig flydende. Det er nødvendigt, at Temperaturen, for at Staalet kan holde sig flydende, stiger flere Hundrede Grader, og det er saa heldigt, at Raajærnet indeholder andre fremmede Stoffer end Kul, hvis Iltning under Processen faar Temperaturen til at stige.

Det Stof, hvis Iltning ved Bessemerprocessen, og ved den oprindelige Bessemerproces eller den saakaldte sure Proces, faar Temperaturen til at stige stærkest, er Silicium. Det

anvendte Raajærn maa derfor være siliciumrigt, og det siliciumholdige Raajærn er i Reglen graat Raajærn — se § 81.

35. Den sure og den basiske Proces. Bessemerpæren maa til den oprindelige Bessemerproces udfores med et saakaldt surt Før, α : et kiselrigt ildfast Materiale, saasom malet Sandsten og ildfast Ler. Dels er dette modstandsdygtigt mod den høje Varme, dels vil dets Kiselsyre virke med til at forslagge dannet Jærnforilte og Manganforilte i det smeltede Jærn.

Derimod bliver Fosfor i Jærnet ikke forslagget, thi den kiselsyrerige Slagge har ingen Tilbøjelighed til at optage Fosforsyre, og da Fosfor gør Jærnet koldskørt, α : skørt ved almindelig Temperatur — se § 73 —, maa man til den oprindelige eller saakaldte sure Proces anvende fosforrent Raajærn. C. 90% af de eksisterende Jærnmalme — f. Eks. de allerfleste tyske — ere for fosforholdige, til at deraf fremstillet Raajærn kan anvendes til den sure Proces.

Under Hensyn hertil, og da fosforholdige Malme ere billigere end fosforrene, og fosforholdigt Raajærn billigere at fremstille end fosforrent, var det en Opfindelse af overordentlig Rækkevidde, da *Thomas* og *Gilchrist* i 1878 opfandt den saakaldte *Thomasproces* eller *basiske Proces*, — der dog selv er dyrere end den sure Proces, se § 37 —, hvorved det lykkedes ogsaa at kunne gøre fosforholdigt Raajærn — der i Reglen er hvidt, se § 81 — anvendeligt til Fremstilling af en Slags Bessemerstaal, nemlig ved Anvendelsen af et Tilslag af 12 à 15% brændt Kalk, før Blæsten sættes til, og et basisk Før i Pæren i Stedet for det sure. Kalken kan forslagge Fosforet, og det endog saaledes, at Fosforets Forbrænding her bliver den vigtigste Kilde til Frembringelse af den fornødne høje Temperatur. Det basiske Før bestaar af brændt Dolomit med Tjære som Bindemiddel.

Foret deltager egentlig ikke selv i Processen, men er dog nødvendigt. Var Foret kiselsyreholdigt, vilde nemlig Kalktilslaget ødelægge det og selv blive uvirksomt. For at Foret skal staa sig mod den høje Temperatur og den basiske Slagge, der danner sig, maa det selv være ildfast og basisk. Udfindelsen af det basiske For var derfor en Betingelse for Processen.

36. Bessemerprocessernes kemiske Forløb. Under Bessemerprocessen — saavel den sure som den basiske — staaer der ud af Halsen paa Pæren en Flamme, der bliver heftigere og

heftigere og stadig stærkere lysende og indtil 6 m lang. Efterhaanden opstaar en tordnende Larm, som hidrører fra den voldsomme Kulilteudvikling i det snevre Rum. Den stærke Gasudvikling river Slagge og Jærnkorn med sig ud af Pæren, hvilket giver et storartet Fyrværkeri. Naar imidlertid Kulstofindholdet aftager mere og mere, bliver Flammen svagere, og paa Flammens Udseende kan den erfarne Værkmester se, hvor langt Processen er skreden frem. Ved at betragte Flammen i et Spektroskop kan man sørge for at standse Processen ved et vist bestemt Udseende af Spektret, α : i det Øjeblik, en eller anden af Spektrets Linier forsvinder.

Naar ved den sure Proces Afkulningen har naaet en passende Grad, kan man standse Blæsten, bringe Pæren til at ligge paa Ryggen og gennem Munden kaste noget forvarmet Ferromangan eller Spejljærn i Pæren. Meningen hermed er, at Manganet i Ferromanganet eller Spejljærnet skal gøre det Jærnforilte, der er dannet ved Blæsningen og er opløst af Staalet, uskadeligt — se S. 26 L. 12 f. n. Men ofte driver man ved den sure Proces Afkulningen videre end ønskeligt, nemlig hvis der er meget Silicium at bortbrænde, og da har man navnlig med Spejljærntilsætningen ogsaa den Hensigt igen at forøge Kulstofholdigheden. Ved Thomasprocessen er det ligefrem nødvendigt næsten at afkulle fuldstændigt, da Fosforet først da brænder bort i stort Omfang, og senere forøger man da Kulstofholdigheden ved de nævnte Tilsætninger. Jo længere Afkulningen, altsaa Blæsningen, først har været dreven, des mere Jærnforilte er der dannet, og des mere er der altsaa da at ødelægge med Tilsætningerne. Undertiden giver man efter Processerne først en Tilsætning af Ferromangan for at ødelægge Jærnforilte og saa af Spejljærn for at forøge Kulstofholdigheden.

Inden man lærte at fremstille manganrigt Ferromangan, kunde man slet ikke fremstille det kulstoffattige, bløde Staal — se S. 11 nederst — ved Bessemer- og Martinprocessen, idet Spejljærntilsætningen øgede Kulstofmængden saa meget, og det er netop det bløde Staal, der nu tilvirkes i de største Mængder.

Ved de nævnte Tilsætninger kan det imidlertid ikke undgaas, naar en større Kulstofholdighed ønskes tilvejebragt, at indføre en betydelig Mængde Mangan, der kan gøre Produktet Fortræd. Derfor opfandt *Darby* 1889 at udføre Tilbagekul-

ningen slet og ret med fast Kulstof, og efter Darbys Proces sker Tilbagekulningen nu med Cinderspulver, som falder i Straalen af smeltet Staal, der ~~Udhældes~~ af Pæren ved Tapningen i Støbeskeen. *Tryk.*

Darbyprocessen har i de sidste Aar bredet sig meget og funden Anvendelse ikke blot ved den sure og især den basiske Bessemerproces, men ogsaa ved den sure og basiske Martinproces.

Siden 1890 ere alle af de danske Statsbaner købte Jærnbanskiner Thomas-Darbyskiner — se § 112.

Darbyprocessen er omtalt i Tidsskrift for Fysik og Kemi, 1891, S. 43, og Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 204, samt Ingeniøren, 1898, S. 42. En indgaaende Beskrivelse af dens nuværende Standpunkt findes i *Dinglers* polyt. Journal, 1898, Bd. 307, S. 152. Der omtales ogsaa, hvorledes Kulningen nu adskillige Steder sker i Stedet for med Cinderspulver med Blokke af Anthracitpulver og Kalkmælk, der lægges i Støbeskeen.

Ved Darbyprocessen sker Kulningen jo i hvert Fald ikke i Pæren eller Martinovnen, men først efter Udhældningen, altsaa ved Thomasprocessen, da Slaggen er afhældt forinden, paa et Stadium, hvor det ikke mere kan risikeres, at Slaggens Fosforsyre reduceres, og Fosfor vender tilbage i Staalet.

En Tilsætning af Staalaffald, f. Eks. Skinneender, til Bessemerpæren bruges ikke sjældent enten for at nyttiggøre dette Affald eller ogsaa for at køle Pærens Indhold, naar dette tilfældigt er blevet for varmt, hvorved f. Eks. Pærens For vilde lide.

Da det ved Thomasprocessen er saa nødvendigt at sikre sig, at Fosforet er brændt tilstrækkeligt bort, tager man dér, før man giver nogen Tilsætning af Spejljærn eller Ferromangan, en Skeprøve af Pærens Indhold, som man undersøger for Koldskørhed — se § 73 — ved at udstøbe Prøven i en Jærnform, udsmede den deri støbte lille Blok til en flad Skive, køle denne i Vand og prøve dens Bøjelighed ved at folde den. Viser Skeprøven Koldskørhed, er der ikke brændt Fosfor nok bort.

Det sikreste er ogsaa at undersøge Fosformængden i den sidste Blok fra Udstøbningen af Pærens Indhold, se Ingeniøren, 1895, S. 210.

37. Udstøbningen. Staalet udhældes i en Støbeske, som ved ældre Anlæg er indrettet og anbragt som vist i *Hannover*: Aut. Forelæsningstegninger, Pl. N., Fig. 1, medens ved nyere Anlæg den hydrauliske Kran, der bærer Støbeskeen, befinder

3
 X — efter at Jærnpille er reduceret ved Tilsebring
 f. Eks. af Ferromangan

sig paa et Lokomotiv, som ogsaa bærer Vandbeholder og Pumper, medens Akkumulator — se nævnte Plans Fig. 2 —, ~~der ofte findes ved ældre Anlæg, her bortfalder.~~

Støbeskeens Indhold tappes gennem et Bundhul — se nævnte Plans Fig. 1 — i Coquiller, saa at man faar Staalblokke (Ingots) som Emner for videre Bearbejdning. Bessemer- og Thomasstaal udstøbes derimod endnu forholdsvis sjældent til Facongods — Staalstøbegods. Aarsagen hertil vil blive omtalt i § 44.

38. **Produktionen.** En Bessemerpære tager 6 à 12 Tons Raajærn, som den i en Charge, der almindeligvis varer 20 à 30 Minutter eller endnu mindre, forvandler til Staal. I en Puddelovn medgaar $2\frac{1}{2}$ Døgn til Behandling af samme Kvantum. Dog maa det erindres, at hvis Raajærnet til Bessemerprocessen er omsmeltet før denne, har Omsmeltningen taget ekstra Tid, f. Eks. 2 Timer. Thomasprocessen er dyrere end den sure Proces, da Prøvetagningen sinker den, Kalktilslaget medfører en ekstra Udgift, og Foret er dyrere m. m.

I Tyskland blev der 1896 fremstillet næsten 9 Gange saa stor en Vægt af Thomasstaal-Blokke som af Bessemerstaal-Blokke, men i Sverrig var den 1ste Juli 1897 af 34 Bessemerpærer kun de 3 basiske — se iøvrigt Statistikken over Staalproduktionen i Ingeniøren, 1897, S. 143, jvnfr. dog § 6, S. 9 øverst.

39. **Staalblokkenes videre Behandling.** Naar Blokkene, jvnfr. § 27, aftage i Tværsnit opefter, kunne Coquillerne ligefrem løstes af Blokkene, medens disse endnu gløde, men man kan dog ikke straks underkaste en glødende Blok en Fortætning — se § 30 — : udsmede eller hyppigere udvalse den, da dens Indre mulig endnu er flydende, i al Fald varmere end dens Ydre. Blokkene nedsættes derfor bedst i en Varmedudligningsgrube — se *Hannover*: Aut. Forelæsningsstegninger, Pl. Q., Fig. 1 —, for at Varmen i den kan fordele sig ~~inden~~ *inden* Fortætningen. Herved spares det Brændsel, der medgaar, hvis man indlægger Blokken i en særlig Varmeovn, som det undertiden bruges.

Den første Fortætning skete oprindeligt ved Smedning under Damphammer, som jo giver større Kraftvirkning end Valsning, men ogsaa tager længere Tid. Efterhaanden som man har lært at fremstille tættere støbte Staalblokke, har man naaet til i Reglen at kunne udføre ogsaa den første Fortætning ved en Valsning, hvortil da anvendes et saakaldt Blokvalseværk —

X se nævnte Værk, Pl. 19, Fig. 1, og som omtalt S. 27, Lin. 3 f. o., er det ofte at foretrække at støbe større Blokke, som da efter den første Fortætning i et stort Blokvalseværk deles i mindre Blokke. Man maa dog i mange Tilfælde endnu anvende Smedning med Damphammer eller hydraulisk Smedepresse, hvorefter i II Del, til Fortætningen, saaledes ved Udsmedning af Kanoner, Skibsaksler og andre store Smedestykker af Blokkene.

At Facongods udglødes er omtalt S. 28, Lin. 14 f. n.

40. **Slaggen.** Slaggerne fra den sure Proces anvendes saa godt som ikke. Thomasslagge anvendes derimod i stor Maalestok malet og sigtet som Gødningsmiddel formedelst sit Fosforsyreindhold.

Se om Thomasfosfatgødning f. Eks. i Hedeselskabets Tidsskrift, 1898, S. 22.

4. Martinstaal.

41. **Oversigt over Martinprocessen.** Som tidligere omtalt fremstilles Martinstaal ved at nedsmelte Raajærn (Pigjærn) i en Martin-Siemensk Ovn og dertil sætte Affald af smedeligt Jærn og stundom Malme.

En regelmæssig Drift efter denne Proces indførte Brødrene Martin i 1865. Sin store Betydning har Processen faaet dels ved at muliggøre Anvendelsen af næsten alt Slags Affald af smedeligt Jærn, dels ved det fremstillede Staals Egenskaber, hvorefter i § 113.

Den Martin-Siemenske Ovn er en Gas-Flammeovn med Regenerativsystem, som straks skal forklares. Der kan i denne Ovn naas en saa høj Temperatur, — ved at baade den Gas, der skal varme Ovnen, og den Luft, der er nødvendig til Gassens Forbrænding, forvarmes inden Brugen —, at det fremstillede Produkt er flydende derved, og kun ved Hjælp af denne Ovn er det lykkedes at gøre Affaldet af smedeligt Jærn, f. Eks. Enderne af valsede Skinner, Pladeaffald, gammelt, smedeligt Jærn o. s. v. anvendeligt i stor Maalestok i Jærnproduktionen.

Ovnens Brændsel er den saakaldte Generatorgas, der fremstilles i en saakaldt Generator ved ufuldstændig Forbrænding af Stenkul eller andet helst raat Brændsel, og som navnlig bestaar dels af den derved opstaaede Kulilte, — der er dens vigtigste brændbare Indhold —, dels af Kvalstoffet i den

til Forbrændingen benyttede Luft, men desuden af Kulsyre, Brint og Kulbrinte. I *Hannover*: Aut. Forelæsnings-tegninger, Pl. O, Fig. 1, ses en navnlig for Stenkul eller Brunkul bestemt nyere med kunstig Træk forsynet Generator for en Martin-Siemens Ovn. I samme Værk viser G paa Pl. I, Fig. 4, en til en Svejsovn hørende Generator til Stenkul, Brunkul eller Tørv. Nødvendigt er det altid, at Brændslet ligger i et højt Lag, saaledes at Kulsyre, der mulig dannes ved Forbrændingen af den lavere Del af Brændslet, som rammes af den gennem Risten opstigende atmosfæriske Luft, spaltes i Kulilte og Ilt i de øvre glødende Brændselslag.

Den Martin-Siemenske Ovn selv ses i samme Værk paa Pl. P. Det er en Flammeovn med Regenerativ-Gasfyring, de udviklede Forbrændingsprodukters Varme regenereres — se S. 17 — ved den omtalte Forvarmning af Gas og Luft, som sker i de under Ovnen liggende 4 Regeneratorer, der ligesom Blæstvarmerne ved Højovnen, se S. 17, indeholde en stor Del af ildfaste Sten dannede Kanaler. Forbrændingsprodukterne ledes gennem to af de fire Regeneratorer, saaledes at Stenene i disse to opvarmes stærkt og kunne afgive deres Varme til den til Forbrændingen i Ovnen nødvendige Mængde Generatorgas og atmosfæriske Luft, naar Forbrændingsprodukterne ledes ind i de to andre Regeneratorer, medens henholdsvis nævnte Gas og Luft i modsat Retning sendes gennem de to, hvorigennem Forbrændingsprodukterne nys passerede. I Teksten paa Pl. Q i nævnte Værk er nærmere forklaret, hvorledes man c. hver Time ved at skifte en Vekselklaps Stilling kan lede Forbrændingsprodukterne i Stedet for gennem de to Regeneratorer, hvorigennem de hidtil passerede, til de to Regeneratorer, hvori Gas og Luft i nævnte Time ere blevne forvarmede, og som derved have faaet deres Sten afkølede, — samtidig med at Gas og Luft ved Vekselklappens Skiftning bringes til at passere de to nyvarmede Regeneratorer, som Forbrændingsprodukterne i denne Time have varmet.

Hvad selve Martinprocessen angaar, begynder man med at varme Ovnen og indsætter derefter Raajærnet med en bred Skovl paa Herden, eller kaster det ind derpaa, og samtidig en Del af det smedelige Jærn, samt Resten, naar Raajærnet er smeltet. Undertiden tilsættes ikke smedeligt Jærn, før Raajærnet er smeltet. Ikke sjældent tilsættes ogsaa noget Jærnmalm, se § 20.

Det viser sig, at det gaar langsommere at benytte smeltet Jærn fra Højovnen i Martinovnen end at smelte Raajærnet i Martinovnen. Grunden er, at det i Højovnen smeltede Jærn straks samler sig saaledes i Martinovnen, at det ikke er nær saa udsat for den reducerende Flamme, som det indsatte usmeltede Raajærn.

42. Den sure og den basiske Proces. Man skelner ligesom ved Bessemerprocessen imellem en sur og en basisk Proces, alt efter som der bruges lidet eller stærkt fosforholdigt Raajærn, og ogsaa her maa Foret derefter være surt eller basisk og henholdsvis af lignende Sammensætninger som ved de to Bessemerprocesser. Ogsaa her bruges ved den basiske Proces et Tilslag af raa eller heller brændt Kalk, som man plejer at bringe paa Herden før Jærnet.

43. Martinprocessernes kemiske Forløb. Ved at se gennem et blaat Glas, kan man bedømme Processens Fremskridning, d. Kulstoffets Bortbrænden, der ses, ved at Luftblærer bringe Metallet til at koge. Naar Kogningen er ophørt eller omtrent er forbi, tager man med en Ske en lille Prøve, der behandles omtrent som Prøven ved Thomasprocessen. Man kan deraf faa at vide, om Afkulningen eller Fjernelsen af Fosforet er skreden tilstrækkelig frem. Er dette Tilfældet, tilsættes ligesom ved Bessemerprocessen Spejljærn eller Ferromangan.

Undertiden bruges tillige en Tilsætning af Ferrosilicum — se S. 26, Lin. 6 f. n. — navnlig ved Martinstaal til Façongodsstøbning. Hvis en Aluminiumtilsætning bruges, sker den efter Tapningen.

Nu vinder iøvrigt Darbyprocessen Indgang, hvor Tilbagekulning væsentlig udføres ved direkte Kulning af Staalet, efter at det har forladt Ovnene, se S. 32 nederst.

I den nyeste Tid synes den i Østrig opfundne Bertrand-Thielske Proces — se dels Ingeniøren, 1897, S. 145, efter Stahl u. Eisen, 1897, S. 403, dels *Odelskjernas* Foredrag i Bjærgværkssektionen paa det nordiske Teknikermøde i Stockholm 1897 — at vække en Del Opsigt. Den gaar navnlig ud paa at fremstille noget lige saa godt som det svenske fortrinlige Martinstaal. Der anvendes to Martinovne. I den ene, højere staaende smeltes Raajærnet og friskes delvis, og derefter lader man det løbe til den lavere staaende, hvor Affaldet af det smedelige Jærn er varmet, saa at det er ved at smelte. I begge Ovne anvendes Malmtilsætning. Der skal spares Tid og naas en meget høj Temperatur ved de to Stoffers Møde.

44. Udstøbningen. Ovnens Indhold tappes ligesom en Højovns ved med en spids Jærnstang at stikke en Lerprop, der

X sidder i Taphullet, itu. I *Hannover*: Aut. Forelæsningslegninger viser Plan P. en alm. Coquil-Opstilling, hvis der skal støbes Blokke. Men Martinstaal anvendes betydelig mere end Bessemerstaal til Staalstøbegods. Ved Bessemerstaalfremstillingen er der rigeligere Lejlighed for Staalet end ved Martinstaalfremstillingen til at opløse Luftarter, nemlig formedelst den store Blæsttilførsel. Der kan derfor være Anledning til Dannelsen af flere Blærer ved Støbningen af Bessemerstalet end ved Støbningen af Martinstalet, og naar det er Facongods, der støbes direkte efter Fremstillingen, følger der jo ikke nogen senere Udsmedning eller Valsning, der kan fladtrykke Blærerne. Man kan desuden ved Martinstalet bedre under Processen tage Prøver og derefter give passende Tilsætninger for at faa Godset saa tæt som mulig.

45. Produktionen. Martinprocessen varer i Reglen 5 à 8 Timer. Der behandles ved hver Proces alt efter Ovnens Størrelse 4 à 40 Tons. Af 100 Dele anvendt Jærn er 20 à 50 Dele Raajærn og 80 à 50 Dele Affald af smedeligt Jærn.

I Tyskland blev der i 1896 fremstillet c. 7 Gange saa stor en Vægt af Staalblokke af basisk som af surt Martinstaal, men af 47 svenske Martinovne var den 1ste Juli 1897 kun de 13 basiske, — se i øvrigt om Staalproduktionen Ingeniøren, 1897, S. 143.

Alene under Hensyn til Produktionens Størrelse er Bessemerstaal noget billigere end Martinstaal, Svejsejærn meget dyrere og Digelstaal det dyreste.

46. Staalblokkenes videre Behandling. Herom og om Anvendelsen af Varmeudligningsgruber eller Varmeovne gælder, hvad der er sagt ved Bessemerstalet S. 34, Lin. 11—7 f. n. At Facongods udglødes, er omtalt S. 28 i Slutningen af § 31.

47. Slaggen. Martinslagger finde kun ringe Anvendelse. Slaggerne fra den basiske Proces ere vel fosforfattige til at benyttes som Gødningsmiddel.

C. Metallernes og Legeringernes Egenskaber og Anvendelse.

I. Nogle Forhold ved Legeringernes Dannelse.

Litteratur: *Ledebur*: Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke, 1890, som giver en fortrinlig kortfattet Oversigt, *Wüst*: Handb. der Metallgiesserei, 1897, *Krupp*: Die Legierungen, 2te Aufl., 1894, *Robert H. Thurston*: A Treatise on Brasses, Bronzes and other Alloys and their constituent metals, New-York, 1893, *W. T. Brann*: The Metallic Alloys. 2. edit., Philadelphia, 1896, er et større Værk, *H. Behrens*: Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legierungen, 1894, *H. Le Chatelier*: Les alliages métalliques, Revue générale des sciences, 1895, p. 529, Forskellige Beretninger fra »Alloys Research Committee«, se Engineering, 1897, Vol. 63, p. 220, *Osmond*: La Metallographie, considérée comme méthode d'essai, Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 53, *Charpy*: Étude microscopique des alliages métalliques, Bulletin de la société d'encouragement, 1897, p. 384.

48. Begrebet Legering. Legeringerne ere Opløsninger af to eller flere Metaller i hinanden, eller af Metalloider i Metaller, saafremt herved Metalegenskaberne bibeholdes. Af Metalloider, der kunne legere sig med Metaller, kan nævnes Kulstof, Silicium, Antimon, Fosfor o. s. v. Medens, naar virkelig kemiske Forbindelser dannes, de enkelte Bestanddele forene sig i et bestemt Vægtforhold, er der ved Legeringernes Dannelse i Reglen ingen saadanne bestemte Forhold nødvendige. Undertiden dannes dog under visse Forhold, indenfor Opløsningen virkelig kemiske Forbindelser af enkelte af Bestanddelene, se f. Eks. S. 46, Lin. 10 f. o.; men Dannelsen af Legeringen af samtlige Bestanddele er ikke betinget heraf. Enkelte Metaller legere sig kun i ganske bestemte Vægtforhold, andre legere sig slet ikke eller saa godt som ikke med hinanden. Herom nærmere under Omtalen af de enkelte Metaller.

Da omtrent alle de Metaller, der anvendes i Teknikken, ere urene, har man i Virkeligheden næsten kun med Legeringer at

gøre i Praksis. Jærn er saaledes i Praksis Legeringer af Jærn og Kul og forskellige andre Stoffer. Legeringernes Egenskaber ere derfor af meget stor Vigtighed.

Ved at vælge Blandingsforholdet af Bestanddelene passende har man ofte Midler i Hænde til at opnaa Egenskaber, der bedre passe til den Brug, som skal gøres af Genstanden, eller til de Arbejder, hvorved den skal fremstilles, end Egenskaber hos noget enkelt Metal.

49. Bestanddelenes Tilstand ved Dannelsen. Legeringerne dannes som Regel i flydende Tilstand og i højere Temperatur end Atmosfærens, og udkrystallisere ved Afkøling i des finere Krystaller, jo hurtigere den sker.

Undertiden ere alle Bestanddele flydende, undertiden kun den ene, og Legeringen dannes i sidste Tilfælde ved at opløse den eller de andre Bestanddele deri. Ligesom Kogsalt let opløser sig i Vand af almindelig Temperatur, skønt dets Smeltepunkt ligger flere hundrede Grader højere, kan f. Eks. Kobber opløse sig i smeltet Tin, der ikke er varmet til Kobberets Smeltepunkt.

Et Eksempel paa, at den ene Bestanddel kan være i luftformig Tilstand, haves ved den saakaldte cementerede Traads Fremstilling, en Slags imiteret Guldtraad. Den fremstilles af Kobbertraad ved at udsætte den for Zinkdampe, hvorved den faar et Messingovertræk.

Legeringerne kunne dog ogsaa dannes af faste Bestanddele, jvnfr. f. Eks. Cementstaalets Fremstilling, se S. 23, Lin. 5 f. n.

Kvægsølvlegeringer kunne dannes ved almindelig Temperatur. Ogsaa ved Sammenpresning af Metalpulvere under højt Tryk kan der uden Opvarmning undertiden fremstilles Metalstykker, der ere Legeringer, hvorom nærmere i § 60.

50. Sajgring. Et ejendommeligt Forhold, der ofte iagttages ved Legeringer, er den saakaldte Sajgring, hvorved en Legering enten skiller sig ad i to eller efterhaanden flere Legeringer af forskellig Sammensætning eller udskiller et Grundstof. Sajgringer iagttages navnlig ved smeltede Legeringers Afkøling, idet der f. Eks. da først størkner en Legering af en eller anden Sammensætning, og senere Resten. Forholdet ligner det, der er kendt fra en Kogsaltopløsnings Frysning, hvor der først danner sig kogsaltfattigere Is, medens en kogsaltholdigere Op-løsning, Moderluden, bliver tilbage, som ikke fryser før ved yderligere Afkøling.

Sajgringer ved smeltede Legeringers Størkning viser sig f. Eks. ved Støbning derved, at Godsets Overflade, som størkner først, kommer til at bestaa af Legeringer med højere Størknings- eller Smeltepunkt, medens der i Midten samler sig Legeringer med lavere Størknings- eller Smeltepunkt, som ere trængte ind imod Midten ved de tungsmelteligere Legeringers Størkning og paafølgende Sammentrækning, Svind (se S. 25, Lin. 14 f. o), under den videre Afkøling. Ved Støbning af Bronze af Kobber og Tin sajgrer Bronzen saaledes i tinfattigere Partier yderst i Støbegodset og tinrigere Dele med lysere Brud inderst. De tinrigere Dele ere haarde og derfor ubehagelige at arbejde i, f. Eks. at udbore — se under »Bronze«.

Sajgringen ved Størkningen kan mindskes ved at røre godt om i den smeltede Masse før Udstøbningen, og navnlig ved hurtig Afkøling efter Udstøbningen.

Undertiden bruges ogsaa gentagen Omsmeltning inden Udstøbningen.

Ved Omtalen af Bronze vil der blive gjort Rede for, hvorledes den saakaldte »Anløbning« af Bronzen kan skaffe den af med en Del af den Haardhed, som ved Sajgringen er fremkommen, nemlig i de tinrigere Dele.

Iøvrigt kan der ved Sajgringen af Bronze komme tinholdigere Dannelser, ikke blot indeni, men ogsaa udenpaa Godset, idet der, naar den tinfattigere Skorpe størkner og svinder, maaske bliver et saa stort Tryk paa den indvendige endnu flydende tinholdigere Masse, at noget af denne tvinger sig gennem Skorpens Porer og størkner udenpaa denne. Noget lignende kan ske ved andre Legeringer og navnlig ved Vismuthblokke, hvor der kan komme kugleformede store Udvækster, der bestaa af en bly- og sølvrig Vismuthlegering. Paa Overfladen af Staalstøbegods og Støbejernsgods ses ofte smaa Kugler hidrørende fra de samme Forhold. De kunne gøre Overfladen helt ru. Om andre Sajgringer i Støbejern giver *Ledebur*: Handb. der Eisen- und Stahlgiesserei, 1892, S. 33, Oplysninger, se ogsaa S. 43, Lin. 3 f. o. og § 77 om Riststænger.

At den først størknede Skorpe ved Støbning har en anden Sammensætning end det Indre, spiller en stor Rolle ved Staalblokke og deraf fremstillede valsede Produkter, f. Eks. Jærnbaneskiner. Jo langsommere Afkølingen sker, jo større Blokken er og jo flere fremmede Bestanddele, der findes i Staalet, desto større Forskel viser der sig mellem det Indres og Overfladens Sammensætning, idet de fremmede Bestanddele navnlig ville findes i Blokkens Midte, hvis Materiale ogsaa senere ved

Valsningen kommer midt i Jærnbaneskinne. Man kan derfor ikke faa nogen tilforladelig Ide om Staalet i en Jærnbaneskinnes Slidflade ved at gøre Prøver med Materialet i Skinnens Indre. Udsajgringerne have især samlet sig i Svind-Hulhederne — se S. 25, Lin. 13 f. o. — og gøre en Trækprøves Brud mattere og mørkere.

Om den Forskel, der kan være i en Jærnbaneskinne, give Ætseprøver af Tværsnit god Besked, se f. Eks. Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 173. *v. Dormus* skelner i en Skinne imellem Kerne-staal og Randstaal, af hvilke Kernestaallet hidrører fra Staalblokkens Midte, Randstaallet fra dens Skal, — se Zeitschr. des oester. Ing. und Arch. Verein, 1896, S. 191. Om Sajgringer i en Staalblok se ogsaa Ingeniøren, 1897, S. 359. Da det indre Materiale bliver det fosforrigeste og derfor skørt — se § 73 — samt ret rigt paa Jærnsulfure der ved den saakaldte Udmattelse formentlig giver Anledning til begyndende mikroskopiske Revner — se § 72 og 106 —, bores det undertiden ud af svære Hængselbolte i Broer m. m. og f. Eks. af det engelske Admiralitet, ud af en Aksels Midte, — se Stahl u. Eisen, 1897, S. 306—9. Den amerikanske Marine fordrer hule Aksler, men Blokken til dem skal støbes massiv, for at man kan udbore den daarlige Midte. Udboringen fjerner desuden Spændinger, da en lige Aksel efter Udboring bøjer sig, — og en hul Aksel har den Fordel at være lettere end en massiv at varme ensartet — se The Journal of the Franklin Institute, 1898, p. 341 og p. 354.

Iøvrigt er der ikke blot Forskel paa Sammensætningen af Midten og Skorpen af en Staalblok, der er ogsaa Forskel paa det nederste og det øverste, idet saadanne udsajgrede Dele, der ere mindst vægtfyldige, stige til Vejrs.

Denne Forskel kan vise sig endnu mere ved Støbning af Tene i Møntfabrikationen, idet Tenene ere forholdsvis høje, flade Stænger, støbte af legeret Guld, legeret Sølv eller Bronze.

Ved Sajgring behøver der som nævnt ikke at udskille sig en Legering; der kan ogsaa udskille sig et Grundstof. Ved smeltet saakaldt graat Raajærns Størkning udskiller der sig saaledes Grafit, hvormom nærmere i § 63.

Ofte sker en Sajgring saa længe, indtil Resten er en Legering af ganske bestemte Vægtforhold og lettere smeltelig end andre Legeringer af samme Stoffer, hvormom nærmere i § 53.

Sajgringer ske ikke blot ved Legeringers Overgang fra smeltet til fast Tilstand, men ogsaa ved deres Overgang fra fast til smeltet. Dér smelter da en mere letflydende Legering først.

Det er herfra, at Benævnelsen Saigern = Sickern, som er et tysk Ord for en langsom Udflydning, hidrører. Et Eksempel haves fra Støbejerns Riststænger, der undertiden hurtigt fortæres. Delvis kan dette skyldes Iltning til Brandjærn — se § 77 — men delvis ogsaa et for stort Indhold af Silicium, Svovl og Fosfor, hvorved letsmelteligere Legeringer udsajgre under Glødningen, — se *Ledebur*: Das Roheisen, 1891, S. 65.

Sajgringer kunne i det Hele meget vel ske i Legeringer, der ikke ere opvarmede helt til Smeltepunktet, og navnlig er dette vigtigt ved Staal, f. Eks. ved dets Hærdning og Anløbning samt ved dets Blødgøring ved Glødning og langsom Afkøling. Herom ville nærmere Oplysninger blive givne i § 65 og følgende.

Ogsaa i det størknede Metal haves efter Udsajgring ofte Legeringer med ganske bestemte Vægtforhold — f. Eks. Perlit, se § 65.

Nogle Legeringer, som f. Eks. Kobber-Zinklegeringer, sajgre ikke saa meget, at det har Betydning i Praksis.

51. **Legeringernes Mikrostruktur, Metallografi.** Med Studiet af Udsajgringer og derved af Legeringer giver navnlig Metal-Mikroskopian eller, som den kaldes, Metallografien sig af. Den gaar ud paa under Mikroskopet at undersøge fint polerede Metalflader, navnlig efter en Ætsning, der angriber de forskellige Bestanddele ulige stærkt, saaledes at Metalladen fremtræder i Relief. Mikroskopet giver herved Oplysninger om de udskilte Legeringers og enkelte Stoffers Tilstedeværelse, Struktur og Anordning, som en kemisk Analyse alene ikke vilde kunne give. I den nyeste Tid synes Metallografien derfor at blive et højst værdifuldt Hjælpe-middel til Undersøgelse af Legeringer og de i Praksis anvendte urene Metaller.

Grundlæggeren af Metalmikroskopian er — (1864) — Dr. *Sorby*. Af andre Forskere kunne fremhæves: *Martens*, *Wedding*, *Behrens*, *Chernoff*, *Arnold*, *Roberts-Austen*, *Andrews*, *Howe*, *Osmond*, *H. Le Chatelier* o. fl., af hvilke enkelte ville blive nævnte i det følgende. Et Par vigtige Arbejder i denne Videnskab ere allerede nævnte i Litteraturoversigten S. 39. En Fortegnelse over adskillige Arbejder findes i Commission des méthodes d'essai, première session, Tome II, 1895, p. 16. Nu udgiver *Sauveur* i Amerika Tidsskriftet: The Metallographist.

Ved haarde Legeringer er det undertiden tilstrækkeligt at polere Metalfladerne fint, og unødvendigt at ætse dem. *Osmond* anbefaler f. Eks. da at gnide Metalladen med fugtigt Pergament, som er imprægneret med en ringe Mængde af det fineste Polerrødt (om Poler-

rødt se II Del). Oftest er det nødvendigt efter eller samtidig med Poleringen at anvende et kemisk Angreb for at faa Relieffet tilstrækkelig tydeligt. Hyppigt anvendes hertil forskellige Syrer. Til Jærn anbefaler *Osmond* at fugte Pergamentet i Stedet for med Vand med Lakridsrodekstrakt og erstatte Polerrødt med svovlsur Kalk. Den nævnte Ekstrakt ætser nemlig Jærnet, uden, saaledes som Syrer, at berøve det dets Glans. Men iøvrigt maa, angaaende de mange sindrige Kunstgreb, man kan anvende, for at faa tydelige Relieffer under Mikroskopet, henvises til de citerede Arbejder.

52. Eutektiske Legeringer. Blandt Legeringer maa særlig mærkes de saakaldte eutektiske (dette græske Ord betyder: let-smeltelige) Legeringer, som have den Egenskab at smelte ved en Temperatur, der er Minimum af de Temperaturer, hvorved overhovedet Legeringer af de samme Stoffer smelte.

Man har hidtil antaget de eutektiske Legeringer for at være kemiske Forbindelser, idet man fandt, at deres Sammensætning lod sig udtrykke ved simple Multipla af Atomvægtene, men nyere Undersøgelser have vist, at ved en nøjagtig Bestemmelse af Sammensætningen, lade de sig i Almindelighed netop ikke udtrykke derved. Ved Metalmikroskopiens Hjælp vise de sig da ogsaa kun at være mekaniske Blandinger af de Metaller, hvoraf de bestaa. I den følgende Paragraf vil der blive givet nogle Eksempler paa eutektiske Legeringer.

53. Smeltekurver. I Figur A er vist en saakaldt Smeltekurve for Legeringer af Sølv og Kobber, idet Ordinatorerne

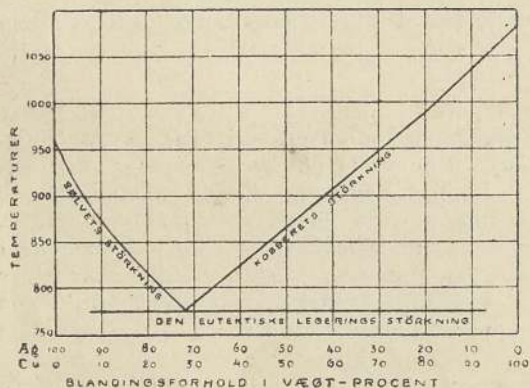


Fig A. Sølv-Kobberlegeringernes Smeltekurve.

Det vil ses, at Smeltekurven bestaar dels af to krumme Grene, dels af en med Abscisseaksen parallel ret Linie gennem deres

svare til Smeltetemperaturene for Legeringer, der ere dannede af Sølv og Kobber i Forhold, som ere angivne under Figuren. Abscisserne ere altsaa Procenter af Kobberindholdet. De to yderste Ordinator svare til det rene Sølv og det rene Kobbers Smeltetemperaturer.

Skæringspunkt. Dette Punkt svarer til den eutektiske Legerings Smeltepunkt, da det er det laveste Smeltepunkt for nogen af Legeringerne. Alle de andre Legeringer kunne betragtes som bestaaende henholdsvis af Sølv eller Kobber foruden den eutektiske Legering. Ved Afkøling størkner henholdsvis først Sølv eller Kobber, men ved en lavere Temperatur, end disse Metaller størkne ved, naar de ere rene, og derefter er Resten den eutektiske Legering, der størkner pludseligt ved 770° C. Endskønt denne eutektiske Legering imod Reglen, — se S. 44, Lin. 19 f. o. — svarer saa nøje som mulig til Formlen Ag_3Cu_2 , viser den sig under Mikroskopet ved passende Behandling at bestaa af gule Punkter i det hvide Sølv eller af afvekslende Lameller af Kobber og Sølv.

Tin-Blylegeringerne have en lignende Smeltekurve. Medens Tin smelter ved 230° og Bly ved 330° , smelter den eutektiske Legering, der hedder Snel, ved 181° . Dette Forhold er, som det bliver omtalt i II Del, af ikke ringe Betydning.

I *Hannover*: Aut. Forelæsningsstegninger, Pl. 1; Fig. 1, udtales, at Legeringen Snel antagelig har den kemiske Formel PbSn_3 . Efter det S. 44, Lin. 19 f. o., nu oplyste, vilde det imidlertid have været rigtigere kun at sige, at Snel i sin Sammensætning omtrent svarer til nævnte kemiske Formel. Iøvrigt maa Snel ikke forveksles med Snellod, som er et Loddemateriale af en eller anden Tin-Blylegering.

Lignende Smeltekurver som i Fig. A vise ogsaa Legeringer af Tin og Vismuth, af Bly og Antimon (Haardtbly) og af Zink og Aluminium. For Legeringer af Vismuth og Antimon er Smeltekurven simpelt hen en enkelt Kurve. Andre Smeltekurver ere mere indviklede, og have f. Eks. to Minimumspunkter svarende til to eutektiske Legeringer, men desangaaende maa her henvises f. Eks. til *Osmonds* og *Charpys* S. 39 citerede Afhandlinger.

Medens Tin, Bly og Snel størkne med blank Overflade, da de størkne pludseligt, størkne de andre Tin-Blylegeringer med mat Overflade, da der først størkner en Del Krystaller, som svømme om i den eutektiske Legering, indtil denne størkner. Den Sajgring, der faas ved eutektiske Legeringer, ~~er mikroskopisk og~~ derfor umærkelig i Praksis. *S. 70*

Størkningen af en Tin-Blylegering er nærmest at sammenligne — se S. 40 nederst — med Størkningen af en Saltopløsning, hvor den eutektiske Legering svarer til Moderluden. Ved andre Legeringer haves lignende Forhold, idet der først størkner et enkelt Metal eller

viser sig under Mikroskopet overordentlig fin og

en Legering, der er en kemisk Forbindelse, senere den eutektiske Legering, — eller ogsaa storkner hele Legeringen med en eneste Slags Krystaller, — nemlig naar Smeltekurven simpelt hen er en enkelt Kurve, — men hver Krystal er da dannet indefra udad af kontinuerlig varierende Legeringer.

Som omtalt er alt Jærn og Staal at betragte som Legeringer. I disse Legeringer er Perlitten, som senere vil blive omtalt — se § 65 —, formentlig at betragte som den eutektiske Legering, medens Carbid er en Legering af Jærn og Kul, der er at betragte som en virkelig kemisk Forbindelse, hvorom ligeledes nærmere senere, — se nævnte Paragraf.

Af andre Legeringer, der maa antages at være virkelig kemiske Forbindelser, kan nævnes SbCu_2 , Ag_2Sn , SnCu_3 , CuZn_2 m. fl.

I det Hele kan man sige, at en Legering almindeligvis smelter ved lavere Temperatur end den, man under Hensyn til Blandingsforhold kan regne sig til efter Componenternes Smeltetemperatur. Som det ses af Smeltekurven S. 44, Fig. A, giver en Tilsætning af den tungere smeltelige Component en Nedgang af Smeltetemperaturen, og yderligere Tilsætning giver yderligere Nedgang, indtil der er tilsat 28 Dele Kobber, men derefter vil mere Kobber hæve Smeltetemperaturen.

Man har dog Legeringer, der smelte ved højere Temperatur end den tungest smeltelige Component, f. Eks. AuAl_2 , se Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 64.

Selvfølgelig benytter man sig ofte i Praksis af Legeringer i Stedet for af enkelte Metaller, netop fordi Smeltetemperaturen i Reglen er lavere.

Jo flere Metaller, en Legering bestaar af, des mere synker Smeltepunktet. Man kan ved at danne Legeringer af 3 à 4 Metaller skaffe sig et Smeltepunkt under 100°C. , saa at Legeringerne smelte ved at dyppes i kogende Vand. Eksempler herpaa er *Roses Metal*, der bestaar af 8 Dele Bly, 3 Dele Tin og 8 Dele Vismuth og smelter ved 95°C. , og *Woods Metal*, der bestaar af 8 Dele Bly, 4 Dele Tin, 15 Dele Vismuth og 3 Dele Cadmium og allerede smelter ved 68°C. Om flere letsmeltelige Legeringer se Industriforeningens Tidsskrift, 1892, S. 287. Om deres Anvendelse, se under »Lodning« i II Del.

54, Bestanddelenes Sammenblanding. Naar store Mængder af et Metal skulle legeres med mindre Mængder af et andet, plejer

man først at legere omtrent lige store Vægtdele af begge Metallerne, og dernæst at forene den dannede Legering med Overskuddet af det førstnævnte Metal.

Denne Metode er der særlig Anledning til at bruge, naar Metallerne Smeltetemperaturer ligge langt fra hinanden. Naar man nemlig skal legere en stor Mængde Tin med en ringe Mængde Kobber, kan man ved først at legere en ringe Mængde af Tinnet med Kobberet danne en Legering med lavere Smeltepunkt end Kobberet, saa at den øvrige Tinmængde kan legeres med den dannede Legering uden at behøve at varmes saa stærkt, hvorved Tinnets Iltning, hvorom der vil blive talt under Omtalen af Tin, og det deraf flydende Tab af det dyre Tin ikke bliver saa stort, som hvis alt Tinnet direkte legeredes med Kobberet. Ved Fremstillingen af Nysølv af Kobber, Zink og Nikkel tages lignende Hensyn for at undgaa en for stærk Sublimation af Zinken. Angaaende, hvorledes man skal bære sig ad i dette og nogle andre Tilfælde, giver *Ledeburs* S. 39 anførte Bog: *Die Legierungen*, 1890, S. 54—55, et Par og *Wüsts*'s sammesteds citerede Bog, S. 61—63, flere Oplysninger.

S. 41 er der givet nogle Anvisninger til Modvirkning af Sajgring ved Udstøbningen.

II. Oversigt over Metalarbejder og Metallerne og Legeringernes Egenskaber.

55. Arbejdsegenskaber og Brugsegenskaber. Om et Metal eller en Legering finder Anvendelse til teknisk Brug eller ej, afhænger dels af, om det er let at bearbejde, f. Eks. om det kan støbes, smedes, o. s. v., altsaa af de Egenskaber, Arbejdsegenskaber, som spille en Rolle ved Bearbejdningen, dels af, om det, naar det vel er forfærdiget til en Brugsgenstand, har Egenskaber, — Brugsegenskaber —, der gøre det egnet til den Brug, der skal gøres deraf, altsaa om det er billigt eller dyrt nok, om det er stærkt nok eller haardt nok til at modstaa Slid, om det kan taale Indvirkning af Luftarter eller Vædske, hvormed det vil komme i Berøring, om det har en passende Farve o. s. v. De fleste Egenskaber ere dog baade Arbejdsegenskaber og Brugsegenskaber, f. Eks. Sejghed, Haardhed m. fl. Styrken er nærmest en Brugsegenskab, men den er f. Eks. en Arbejdsegenskab ved Traadtrækning, idet f. Eks. Bly er for svagt til at trækkes til Traad.

Brugsegenskaberne ville blive omtalte ved de enkelte Metaller eller Legeringers Beskrivelse, men tildels dog tillige i de følgende Paragrafer, der kortelig ville omhandle Sammenhængen imellem et Metals Arbejdsegenskaber og Valget af de Arbejdsmaader, der i den mekaniske Industri anvendes for at fremstille Brugsgenstande deraf. Her skal med Hensyn til Brugssegenskaberne kun anføres, at Legeringernes Vægtfylde i Forhold til Enkeltmetallernes er højst forskellig¹⁾, og at de lede Varme og Elektricitet daarligere end Enkeltmetallerne.

Hvad Arbejdsegenskaberne angaa, vil der i de følgende Paragrafer, som omhandle de Arbejdsmaader, der anvendes i den mekaniske Industri, som sagt blive Lejlighed til at omhandle dem, sete i Sammenhæng med Arbejdsmaaderne, altsaa i en Belysning, hvori de ikke ere sete i Fysiken, hvorfra iøvrigt en væsentlig Del af dem ere kendte. Eksempelvis er det ved Formgivning ved Hjælp af skærende eller klippende Værktøj saaledes Haardheden, der er den vigtigste Egenskab, hvorfor ogsaa Haardheden af Metaller og Legeringer vil blive behandlet ved Omtalen af saadan Formgivning.

56. Oversigt over Metalarbejder. Metalgods faar i det væsentlige sin Form enten ved Støbning eller ved mekanisk Bearbejdning, saasom Valsning, Trækning, Smedning. Ved disse Processer naar Godset imidlertid ofte kun til at faa en Form, der nærmer sig den ønskede, saaledes at den endelige Form først naas ved at fjerne overflødige Dele med skærende eller klippende Værktøjer, hvorpaa endnu ofte følge nogle Slutnings- eller Fuldendelsesarbejder, der kun i ringe Grad eller slet ikke tilsigte nogen yderligere Formforandring, men gaa ud paa at forskønne Godsets Overflade eller gøre den mere modstandsdygtig mod Angreb af Vejrlig, Syrer, m. m. Tillige vil det ofte være nødvendigt at samle en Genstand af enkelte Metalstykker, saa at Metallernes mekaniske Teknologi foruden Afsnittene om Formgivning ved Støbning, Smedning, Valsning o. s. v., om Formgivning ved Skæring, Klipping o. s. v., samt om Fuldendelsesarbejder, indeholder et Afsnit om, hvorledes Metaldele samles.

¹⁾ Se *Ledebur*: Die Metallverarbeitung auf chemisch-physikalischem Wege, 8de Bd. af *Bolley*: Handb. der chem. Technologie, 1882, S. 9.

57. Formgivning ved Støbning (Støbelighed). Hvad Formgivning ved Støbning angaar, kan den kun anvendes ved de Metaller og Legeringer, som det ikke volder for mange praktiske Vanskeligheder ved Smeltning at gøre tilstrækkelig tyndflydende, og som ved Størkning kunne udfylde et Hulrum — Formen —, saa at de antage dets Façon som et sammenhængende tæt Legeme. Om de nærmere Betingelser, der maa stilles til et Metal, for at det i Praksis skal være støbeligt, ville en Del Oplysninger blive givne ved de enkelte Metaller og Legeringers Omtale og en samlet Oversigt i Afsnittet om »Støbning i Almindelighed« i II Del. Under Afsnittet om »Nogle Forhold ved Staals Udstøbning«, S. 25, ere i øvrigt netop flere herhen hørende Forhold berørte. Ligesom Staalet kan opløse visse Luftarter i sig, — se S. 25 —, saaledes kan Sølv opløse Ilt og egner sig slet til Støbning, fordi denne ved Størkningen kan give et porøst Indre, — se § 146. Ligesom smeltet Staal indeholder opløst Jærnforilte, kunne ogsaa forskellige andre smeltede Metaller opløse visse Mængder af deres Ilter — altsaa umetalliske Forbindelser — i sig. Saaledes kan Kobber indeholde Kobberforilte. Disse Forbindelser kunne dels skade Metallets Egenskaber, f. Eks. ved at gøre det skørt, dels som omtalt for Staalet give Luftudviklinger og Blærer. For at modvirke dette, kan man rense det smeltede Metal for Iltet ved at tilsætte et Metal eller Metalloid, som har stærkere Affinitet til Ilt, og hvis egen Iltforbindelse er uopløselig i det smeltede Metal og skiller sig ud. Ved Staalfremstillingen blev der givet Eksempler herpaa — Tilsætning af Ferromangan og Spejljærn m. m., — se S. 26, § 29 —, men et andet Eksempel afgiver f. Eks. Tilsætningen af Aluminium til Kobber ved Fremstillingen af Aluminiumbronze, hvorom i § 128.

58. Formgivning ved Delenes Forskydning (Sejghed, Styrke). Hvad Formgivning ved Delenes Forskydning ved mekanisk Bearbejdning angaar, altsaa ved Valsning, Trækning, Smedning, Presning, Trykning, Drivning, o. s. v., er den kun mulig ved de Metaller og Legeringer, der ere i Besiddelse af en vis Sejghed eller Plasticitet, som gør dem smedelige, strækkelige — se S. 9, Lin. 16 f. n. —, eller, som det ogsaa kaldes, smidige.

Man plejer i Reglen at kalde et Legeme des mere sejgt, jo større Formforandring man kan give det ud over Elasticitetsgrænsen, og indtil Brud sker, og ved Elastici-

tetsgrænsen forstaar man da den største Paavirkning ved Træk, Tryk, Forskydning, etc., der blot medfører en elastisk Formforandring, som atter forsvinder, naar Paavirkningen ophører, men endnu ingen blivende Formforandring, der bliver tilbage, naar Paavirkningen er ophørt. Et lidet sejt Legeme kaldes skørt.

Inden vi nærmere betragte Legemernes Sejghed, skal her oplyses forskellige Forhold vedrørende Elasticitetsgrænsen. For et Legeme i dets oprindelige Tilstand antager man nemlig i den nyeste Tid, at Elasticitetsgrænsen ligger ved 0, idet man mener, at selv en nok saa lille Paavirkning vil medføre en blivende Formforandring, og at det kun afhænger af Maaleapparaternes Finhed, hvor lille en blivende Formforandring man kan maale.

At det rimeligvis er saaledes, antog *Bauschinger*, fordi det kun ved meget haardt Staal, Værktøjsstaa, ikke var ham muligt straks ved en forholdsvis ringe Belastning at paavise begyndende blivende Længdeforandringer ved Trækforsøg og ved Maaling med et Spejlapparat, der kunde maale Forlængelser paa 0,0001 mm, — se hans Mitth, des mech. techn. Laboratoriums der techn. Hochschule München, 1886, Hefte 13, S. 14. For at Elasticitetsgrænsens Beliggenhed ikke ganske skulde afhænge af det anvendte Maaleapparats Finhed, foreslog *Wertheim*, at Elasticitetsgrænsen skulde defineres som den Paavirkning, der gav en lille blivende Forlængelse af 0,00005 af Længden, men en saa lille Forlængelse kan heller ikke nøjagtig bestemmes, og Metoden vilde desuden have andre Mangler, som fremhævet af *Styffe* i Jern-Kontorets Annaler, 1866, i hans bekendte Afhandling »Om jerns och ståls elasticitæt, tånjbarhet och absoluta styrka« S. 33, — jvnfr. midt S. 125, Lin. 5 f. n. *Styffe* foreslog selv en ny Maade at bestemme Elasticitetsgrænsen paa, men heller ikke denne har vunden Anklang.

Derimod har den franske Statskommission for Materialprøver vedtaget, at Elasticitetsgrænsen for Træk er den største Belastning, efter hvilken en 200 mm lang Maalelængde (herom midt S. 54) igen antager sin oprindelige Længde med en Nøjagtighed af 0,001 mm i Løbet af højst 15 Min.

Da Beliggenheden af Elasticitetsgrænsen efter den oprindelige Definition var saa afhængig af det anvendte Maaleapparats Finhed, foreslog *Fairbairn*, *Morin*, *Bauschinger* m. fl. ved Elasticitetsgrænse at forstaa den saakaldte Proportionalitetsgrænse, d: den Paavirkning, indenfor hvilken Formforandringerne efter *Hookes* Lov vare proportionale med Paavirkningerne. *Bauschinger* vilde altsaa lade Elasticitetsgrænsen falde sammen med den Paavirkning, som man mener i Praksis ved rolig virkende Kræfter bør være Grænsen for et Materiales Benyttelse, naar man vil undgaa Formforandringer,

der ere utilladelig store for den foreliggende Anvendelse. Herfor talte det, at indenfor en saadan Paavirkning havde man konstant Elasticitetskoefficient, en Størrelse, som spiller en Hovedrolle ved Konstruktionsberegninger. Det har da ogsaa i Praksis vundet en Del Indgang ved Elasticitetsgrænsen for smedelige Jærnsorter at forstaa deres Proportionalitetsgrænse, og de smedelige Jærnsorter ere jo de vigtigste Konstruktions- og Maskinmaterialier, som gøres til Genstand for en Beregning. Men Støbejern, Sten og Beton m. m. følge, som Forsøg have vist, ved visse eller alle Paavirkninger ikke *Hookes Lov*, saaledes som de smedelige Jærnsorter i alt Fald meget nær gøre, og de faa altsaa, naar Elasticitetsgrænsen opfattes som Proportionalitetsgrænsen, da ikke nogen Elasticitetsgrænse¹⁾.

Det ses saaledes, at der hersker et ikke ringe Virvar med Hensyn til Benyttelsen af Ordet Elasticitetsgrænse, saa at det vilde være ønskeligt, om der i Reglen ved dets Benyttelse blev tilføjet en Forklaring over, i hvilken Betydning det blev brugt. Englændernes »yield point« eller »apparent elastic limit« og Franskmandenes »limite d'élasticité apparente« er, hvad vi kalde Flydegrænse, se S. 56.

Man antager altsaa, at et Legeme i sin oprindelige Tilstand har sin Elasticitetsgrænse, — forstaaet som defineret S. 50 øverst —, ved 0, ∞ : at det straks ved mindste Paavirkning faar en blivende Formforandring, men nye Forsøg tale for, at Elasticitetsgrænsen bliver højere end Nul, naar Legemet belastes og aflastes, og at den ved nogle Gange gentagne Belastninger af samme Størrelse afvekslende med Aflastninger stiger — hæves —, og hvis nævnte Belastninger ikke ere for store, naar deres Størrelse.

Det ligger udenfor den mek. Teknologis Omraade at beskæftige sig med, hvorledes Proportionalitetsgrænsen kan hæves eller sænkes ved visse Paavirkninger. Herom maa henvises til den tekn. Mekanik, — se dog ogsaa S. 119, Lin. 16 f. o.

Derimod skal med Hensyn til Elasticitetsgrænsen bemærkes, at *Uchatius* i 1873 fandt, at den af ham for Bronze i dets oprindelige Tilstand fundne Elasticitetsgrænse lod sig hæve, naar man anstrængte Bronzen ud over denne Grænse ved at strække den, valse den koldt eller presse den, — se § 122. Selv om imidlertid Elasticitetsgrænsen, som det i den nyeste Tid antages, oprindeligt ligger ved 0, synes det dog, at *Uchatius* m. fl. har haft Ret i, at den hæves ved nævnte

¹⁾ Om Størrelsen af de meget smaa Formforandringer indenfor Proportionalitetsgrænsen maa her henvises til den tekn. Mekanik. *Bach* og *Schüle* have opstillet en i øvrigt gentagne Gange tidligere opstillet almindelig Lov for de elastiske Forlængelser for alle Legemer, — hvoraf *Hooke's* er et specielt, f. Eks. for smedeligt Jærn, gældende Tilfælde — se *Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing.* 1897, S. 249, og 1898, S. 694 og 855 —, men herimod har *Föppl* gjort Indvendinger i hans: *Vorlesungen über techn. Mech.*, Bd. III, 1897, S. 54.

Paavirkninger. *Bach* har nemlig baade for sejge og skøre Metaller konstateret, at de blivende Formforandringer tage stærkt af, naar den samme Belastning gentages afvekslende med Aflastninger, se f. Eks. hans: »Elasticität und Festigkeit, 3 Aufl., 1898, S. 12, 39 og 45. Han har saaledes vist det baade for Træk og Tryk for et Støbejernslegeme, se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingenieure, 1898, S. 35, og efter nogle Ganges vekslende Træk (henholdsvis Tryk) og Aflastning kunde hans Maaleapparat, naar Belastningen ikke var for stor, ikke mere paavise blivende Forlængelser (henholdsvis Forkortelser) ved Belastningerne, saa at Legemet kun viste samme elastiske Forlængelse (henholdsvis Forkortelse), for hver Gang Belastningen gentoges, og derfor kunde siges at være kommet i konstant Tilstand. Hvis der nu f. Eks. virkelig ingen blivende Forlængelser ere skete mere, er Elasticitetsgrænsen — forstaaet som forklaret paa S. 50 øverst — altsaa bleven hævet over 0 op til en Størrelse, svarende til det anvendte Træk. Men skønt dette er sandsynligt, er det dog muligt, at der stadig har været blivende Forlængelser, og at de blot have været saa overordentlig smaa, at det, trods de fine Maaleapparater, ikke har været muligt at maale dem.

Hvis Elasticitetsgrænsen forblev ved 0 ved gentagne Belastninger og Aflastninger (eller muligvis andre vekslende Paavirkninger), maatte man ved disse stadig faa nye blivende Formforandringer. Saadanne vil man imidlertid ogsaa kunne faa, naar Elasticitetsgrænsen som nævnt hæves, thi da en saadan Hævning i alt Fald kræver Belastningerne gentagne des flere Gange, jo større den skal være, maa det antages, at der er en Grænse, ud over hvilken Elasticitetsgrænsen ikke lader sig hæve, og hvis Belastningerne overskride denne Grænse, vil hver Belastning, som veksler med en Aflastning, give en blivende Formforandring. Betydningen heraf for Legemets Holdbarhed, vil først blive forklaret i § 106, da de herhen hørende Forhold hovedsagelig kun ere undersøgte for smedeligt Jærns Vedkommende.

Hvad selve Begrebet Elasticitet angaar, er der givet forskellige Definitioner derpaa. Almindeligvis betegnes derved et Legemes Evne til igen at indtage sin tidligere Form, naar den Kraft, der har tilvejebragt en Formforandring, ophører at virke, og et Legeme betegnes da som fuldkommen elastisk, naar det helt vender tilbage til sin oprindelige Form, og som ufuldkommen elastisk, naar dette ikke er Tilfældet. Hvis Legemet f. Eks. har været strakt, angives i sidste Fald Elasticitetsgraden for et vist Træk ved Forholdet mellem den Del af den derved tilvejebragte Forlængelse, som atter tabes, naar Trækket

ophører, og den hele Forlængelse, som Trækket foraarsagede, medens det virkede.

Naar Trækket nogle Gange gentages, saa at Elasticitetsgrænsen hæves op til Trækkets Størrelse, se S. 51, Lin. 12 f. n., er Legemet blevet fuldkommen elastisk.

Bach skelner — se: *Elasticität und Festigkeit*, 3te Aufl., 1898, S. 69 — mellem Elasticitetsgraden og Elasticitetens Størrelse, hvilken sidste er den elastiske Forlængelse pr. Længdeenhed, som en Forøgelse af Trækket med et Kg. pr. Tværnsnitshed foraarsager.

Föppl definerer — se hans Vorlesungen über techn. Mechanik, Bd. III, 1897, S. 43 — et Legemes Elasticitet som den Evne, det har til at opsamle Formforandringsarbejde i sig til Afgivning igen paa omvendt Maade. Han mener, at man herved bedre kan angive Elasticitetsgraden bestemt, nemlig ved Forholdet mellem det Formforandringsarbejde, som det som nævnt igen kan afgive, og det, som det modtog. Om *Kirsch's* Indvendinger mod *Föppl's* Definition og om andre Definitioner, se *Centralblatt der Bauverwaltung*, 1897, S. 170 og 204.

Hvad Elasticitetens mulige Aarsag angaar, skal her følgende anføres: *Hartmann* antager — se *Bulletin de la société d'encouragement*, 1897, p. 533 —, at Aarsagen til, at et Stykke Metal delvis vender tilbage til sin oprindelige Form efter en ubetydelig Formforandring er, at Molekylerne ved denne ere blevne polariserede: have faaet visse ny Egenskaber, og dermed en Tendens til at depolarisere sig ved at vende tilbage til deres oprindelige Stilling.

Rejtö mener — se: *Die innere Reibung der festen Körper* 1897, S. 7 —, at Elasticiteten skyldes den Elasticitet, som stærkt spændte Luftarter have, der findes indesluttede imellem Metallernes Molekyler, idet *Osmond* og *Werth* f. Eks. have vist, at smeltet Staal — se S. 26. Lin. 23 f. o. — indeholder Luftarter i store Masser. Imod *Rejtö's* Teori kan imidlertid indvendes, at alle Legemer jo ere mere eller mindre elastiske, uden at det er bevist, at de alle indeslutte mere eller mindre højt spændte Luftarter.

I øvrigt skal her bemærkes, at *Rejtö* skelner mellem nævnte Masse af Luftarter og det Overskud af Luftarter, som kan hidrøre fra, at visse Metaller i flydende eller glødende Tilstand absorbere Luft, som de ved Afkøling mulig ikke se Lejlighed til at afgive. Enten findes dette Overskud fint fordelt, eller ogsaa har det ved Størkningen faaet Tid til at samle sig i Blærer. S. 26, Lin. 23 f. o. er det, som nævnt, omtalt, at flydende Staal absorberer en stor Mængde Luft, som ved Afkølingen giver Blærer. Ved Staalets Fortætning — se S. 27, § 30 — antager nu *Rejtö*, at noget af denne Luftmængde uddrives, og at derved Molekylerne lejre sig tættere, og Materialet bliver homogenere. Ved langsomt virkende Tryk uddrives Luften bedre end ved heftige Stød, overfor hvilke Luftblærer virke som elastiske Buffere, — jvnfr. *Kick*: *Das Gesetz der proportionalen Widerstände*, 1885, S. 95. Ved Udglødning af Staalstøbegods, — se S. 28 —, faar det fint fordelte Overskud af Luft nogen Lejlighed

til at gaa bort, hvorved Spændingen i Godset bliver mindre, hvilket i øvrigt ogsaa skyldes en anden Aarsag, se S. 114, Lin. 9 f. n. Som *Osmond* og *Werth* have vist, absorberer Staal allerede megen Luft ved Rødgloedhede. Ved den pludselige Afkøling af rødglødende Staal, man har ved Hærdning, mener *Rejtö*, at denne fint fordelte Luft hindres i at slippe bort og giver en indre Spænding (— foruden den, der kan skyldes Volumenforandringer ved Hærdningen, se S. 103, § 92 —), som senere kan give Anledning til Hærderevner selv ved rolig Henliggen — se S. 103, Lin. 12 f. n. —, medens der ved Anløbningen — se S. 73, § 69 — foruden Forandringer i Kulstoffets Tilstandsform i Staalet og deraf følgende Forandringer i Haardhed og Sejghed — se S. 74 — tillige gives nævnte Overskud nogen Lejlighed til at slippe bort, og derved Staalet en mindre indre Spænding. *Rejtö* mener, at Hammerslagene ved *Outerbridges* Forsøg — se midt S. 92 — ligeledes virke ved at give noget af oft-nævnte Overskud Lejlighed til at undslippe, samt at haardtstøbt Gods — se S. 91 — indeholder stort Luftoverskud formedelst den pludselige Afkøling og derfor indre Spændinger, samt at den i Nordamerika og Østrig brugelige Udglødning af haardtstøbte Jærnbanevognhjul — se II Del — er virksom ved at lade Luftoverskuddet slippe bort, og at det samme gælder den undertiden brugelige Udglødning af Jærnstøbegods, der omtales S. 66, Lin. 21 f. n.

Vi gave S. 49 og 50 de almindelige Definitioner paa Sejghed og Skørhed.

Der eksisterer imidlertid baade forskellige Definitioner og Maader at maale Sejgheden paa. Man kan saaledes maale den ved den Forlængelse i %, som en vis Længde, Maalelængden, af en Trækprøve viser, efter at Brud er indtraadt, og medregner altsaa her, hvis Elasticitetsgrænsen er hævet over 0, den i øvrigt meget ringe elastiske Forlængelse indenfor Elasticitetsgrænsen, hvad der netop ikke var Tilfældet ved den nævnte almindelige Definition, men medregner, enten nævnte Grænse er hævet eller ej, paa den anden Side ikke den lille elastiske Forlængelse i Brudøjeblikket, — eller man kan maale den ved at dividere Prøvens oprindelige Tværsnit med det Tværsnit, dens Brud viser, idet den, før den bristede, har indsnøret sig der, hvor Bruddet vilde ske. At disse to Maader at maale Sejgheden paa kunne give forskelligt Resultat, vil der i § 100 blive givet Eksempel paa. Man har endog Staaltraad med 1 à 2 % Forlængelse, men over 60 % Indsnøring.

Rejtö skelner i sit paa forrige Side citerede Værk mellem Sejghed og Plasticitet. En Glidning af et Legemes Molekyler paa hinanden vil indtræde, naar en Kraft overvinder den indre Friktion mellem Molekylerne, men et Brud først, naar Cohæsionen imellem dem overvindes. Han ser nu bort fra den ringe Glidning, der allerede maa ske under de smaa elastiske Formforandringer —, egentlig ogsaa fra den, der sker under de smaa Formforandringer indenfor Flydegrænsen, hvorom S. 56, Lin. 11 f. n. —, Formfor-

andringer, som alle ere uden Interesse for den mekaniske Teknologi, og siger da, at saafremt Cohæsionen overvindes, før Glidning mellem Molekylerne indtræder, som f. Eks. Tilfældet er med en Støbejerns Trækprøve, kaldes Legemet skørt, men hvis derimod først den indre Friktion overvindes, saa at Glidning indtræder, er Legemet enten sejt eller plastiskt. I de plastiske Legemer er den indre Friktion uforandret, medens Legemet forandrer Form, og Formforandringen fordeler sig ikke regelmæssigt over Legemet, men giver f. Eks. en Trækprøve Indsnøring. I de sejge Legemer vokser derimod den indre Friktion under en Formforandring, idet ved denne Molekylerne glide tættere ind imod hinanden, og Formforandringen er regelmæssig. Efterhaanden naar da f. Eks. ved en Trækprøve den indre Friktion sin Maksimumsværdi, og fra dette Øjeblik af er Legemet plastiskt, og ved Trækprøven begynder da Indsnøringen. *Rejto* forstaar ved et Legemes Sejghed det indre Friktionsarbejde, der for hver Cubikcm. af Legemet maa overvindes under den regelmæssige Formforandring, og af denne Definition følger umiddelbart, at en Trækprøve af et sejt Metal under Trækket efterhaanden mister sin Sejghed, og at kolde mekaniske Bearbejdningsarbejder ligeledes formindske Sejgheden — se S. 58 nederst —, idet de gøre den indre Friktion større, saaledes at den ved et mindre Formforandringsarbejde kan gøres til Maksimum. Derimod siger *Rejto*, at en Udglødning, — hvorom S. 59, Lin. 16 f. o. —, gør den indre Friktion til Minimum og derved giver et sejt Metal dets højeste Grad af Sejghed. Ved Glødningen vide Molekylerne sig ud og puffe formentlig derved hinanden noget fra sig, uden ved Afkølingen at komme til at ligge saa tæt sammen igen.

Angaaende andre Maader at maale eller definere Sejgheden paa, maa henvises til *Kormarsch-Fischers* S. 6 citerede Haandbog, 1ste Bind, S. 119 o. f. samt til *Osmonds* Afhandling: *Sur la fragilité et la plasticité* i: *Commission des méthodes d'essai, première session*, tome III, 1895, p. 295.

De rene Metaller ere de sejgeste. Legeringerne ere i Reglen mindre sejge og smidige, end man efter deres Sammensætning skulde tro. En ringe Mængde mere Kulstof i Staal formindsker Sejgheden ikke lidet.

En farlig Fjende af Gulds, Sølv, Bly, Tins og Kobbers m. fl.'s Sejghed er Vismuth. Kun 0,05 % kan gøre disse Metaller ubrugelige for Anvendelser, der kræve en høj Grad af Smidighed. Ogsaa smaa Mængder Antimon og Arsen virke skadeligt. Ligeledes mindskes Zinks Sejghed ved en ubetydelig Mængde Tin, Kobbers af Kobberforilte o. s. v. Nyere metallografiske Undersøgelser synes at vise, at Sejghedstabet ofte skyldes Forandringer i Mikrostrukturen — se §§ 114 og 149.

Undertiden vil en Tilsætning til et Metal dog gøre det mindre skørt, nemlig hvis det rene Metal kan opløse sit eget Ilte, og en Tilsætning kan rense det for det opløste Ilte, som omtalt

midt S. 49. Det opløste Ilte virker nemlig som en Forurening til at mindske Sejgheden, men Tilsætningen kan mulig danne et Ilte, der skiller sig ud og saaledes ingen Skade gør.

Den Formforandring, der svarer til en vis Kraftforandring, kræver en vis Tid, hvilket Fænomen kaldes den elastiske Eftervirkning. Herom ville nogle Oplysninger blive givne i II Del, — se ogsaa den tekn. Mek. og *Christiansens* Lærebog i Fysik I, 1892, S. 332.

Naar et sejgt eller plastiskt Metal i fast Tilstand, f. Eks. Bly, presses ud af en Aabning i den Beholder, hvori det findes, vil dets Udtrædelse af Aabningen ganske kunne sammenlignes med en Vædskes Udflyden. Man siger i dette og andre Tilfælde, hvor et sejgt Metal lider en tydelig Formforandring, f. Eks. ved Smedning, Valsning, m. m., at det flyder, og det vil i det Hele ses, at der kun er en Gradsforskkel imellem faste Legemers og Vædskers Flydenhed. En Kanonkugle, der træffer en blød Panserplade, vil frembringe en lignende Flydning af det trufne Materiale, som en Kugle, der falder i Vandet, saaledes at det tilsideetrængte Staal ser ud, som om det var størknet efter at have skvulpet.

Om faste Legemers Flydning og den herhen hørende Litteratur se *Luegers* Lexikon der gesamten Technik, 1897, Bd. IV, S. 323 Artiklen: »Flieszen fester Körper«. Se ogsaa Indledningen i det foreliggende Arbejde S. 5, § 4.

En særlig tydelig Flydning viser sig, naar f. Eks. smedeligt Jærn, der ikke er koldt bearbejdet, eller Staal, der ikke er glødet og derefter kølet i koldt Vand, strækkes ud ved et Træk i dets Ender, og Proportionalitetsgrænsen allerede noget er overskreden, og da pludselig Jærnet lader sig strække betydeligt — ligesom »flyder ud« —, uden at man behøver at øge Trækkraften, ja undertiden endog, selv om man formindsker den lidt. Den Kraft, for hvilken denne Flydning indtræder, kaldes Flyde- eller Strækgrænsen. Naar Flydningen ikke sker pludselig, er en saadan Flydegrænse vanskelig eller umulig at bestemme. En tydelig Flyde- eller Stukkegrænse findes f. Eks. ved Blys Sammentrykning, lige som man har Flydegrænser for Bøjning o.s.v.

Flydningen er umærkelig ved Støbejærn og andre meget skøre Legemer. Et almindeligt Trækprøvediagram, der har et pludseligt Knæk ved Flydegrænsen, naar Flydningen sker pludselig, har intet saadant Knæk, naar Flydningen ikke sker pludselig. Flydningen sker ikke pludselig ved koldtvalset — se § 88 — eller koldt smedet Jærn eller Staal eller ved Jærn og Staalstænger, der ere smedede etc.

ved under 750^0 eller ved Staal, der er glødet og derpaa kølet i Vand — se *Charpy's* Undersøgelser, Stahl u. Eisen, 1895, S. 459 og 749. Bedst forklares disse Forhold maaske saaledes:

I Begyndelsen overvindes ved et Træk i en Prøvestang den indre Friktion mellem Molekylerne kun hist og her, og Forlængelserne ere derfor kun højst ubetydelige, men ved blødt Jærn og Staal overvindes Friktionen dernæst pludselig for den store Mængde af Molekyler, nemlig naar Flydegrænsen¹⁾ er naaet. Mærkelig nok bliver undertiden, — f. Eks. ved blødt Staal —, den til Stangens Forlængelse nødvendige Kraft mindre, lige efter at Flydegrænsen er overskreden. Undertiden har i øvrigt en Stang flere Flydegrænser.

Efter nogen Udstrækning af Stangen ud over Flydegrænsen vil der behøves en stadig tiltagende Kraft, indtil enten Brud sker, eller en Indsnøring sker, hvor Bruddet vil foregaa, og i sidste Tilfælde vil den til videre Udstrækning fornødne Kraft atter aftage, da der bliver et mindre Tværnsnit at paavirke.

At der efter nogen Udstrækning af Stangen ud over Flydegrænsen som nævnt vil behøves en tiltagende Kraft til yderligere Udstrækning, kan nu forklares ved *Rejtö's* S. 55, Lin. 9 f. o. anførte Anskuelse, at Friktionen imellem Molekylerne bliver større.

At koldtvalset Jærn eller Staal ikke har nogen bestemt Flydegrænse kan tænkes at ligge i, at Koldvalsningen har øget Friktionen mellem de ydre Molekyler, saaledes at den dér er større end for de indre Molekyler. Der er da ikke noget bestemt Øjeblik under Trækket, hvor dette overvinder den store Mængde Molekyler Friktion, men den overvindes lidt efter lidt indvendig fra udefter, og Kraften tiltager derfor stadig, indtil Indsnøring sker — (se i øvrigt *Osmonds* og *Werths* Forklaring S. 73, Lin. 12 f. o.).

Naar saadant koldtvalset Jærn eller Staal udglødes — se S. 59, Lin. 18 f. o. —, faar det paany tydelig Flydegrænse ved en Trækprøve.

At Staal, der er glødet og kølet i Vand, ikke flyder pludselig, ligger efter den her givne Forklaring simpelt hen i, at dets Stof er helt forandret, hvorom nærmere i § 66, saaledes at det enten er blevet helt skørt, eller Friktionen ikke mere overvindes for saa stor en Mængde Molekyler paa en Gang — (se i øvrigt *Osmonds* og *Werths* Forklaring S. 72, Lin. 13 f. n.)

En anden Hypotese til Oplysning om Flydningen ved Flydegrænsen er opstillet af *Thurston*, der mener, at indeslattede Blærer ved Flydningen blive strakte lange.

Angaaende Flydegrænsen se i øvrigt nederst S. 58 og øverst S. 59 samt S. 109 Lin. 6 f. o. og S. 116, Lin. 15 f. o.

Om den Maade, hvorpaa Formforandringer forplante sig gennem faste Legemer, give de saakaldte *Lüderske* Linier Oplysninger,

¹⁾ *Kirsch* siger, at det er Styrken mod Forskydning — die Schubfestigkeit —, som da overvindes — se *Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanst. zu Berlin*, 1887, S. 79, men ved »Schubfestigkeit« forstaas ellers den Forskydningsspænding, som medfører Brud. *Kirsch's* Undersøgelser over Flydningen ere fortsatte 1888, S. 37 og 1889, S. 9.

der ere Figurer, som under visse Forhold vise sig paa Legemernes Overflade. Ved Udstrækning af en flad Stang viser der sig saaledes, naar den er blankt poleret, et af to Systemer af symmetrisk skraa Linier bestaaende Net. Er Stangen rund, løbe Linierne i Skruegang ned ad den, — se Bulletin de la société d'encouragement, 1896, p. 1218 og 1897, p. 103. Linierne blive tydeligere, naar man ætser, medens Kraften virker, eller naar en Staalstang er svagt anløben. Har Stangen Glødskal paa, falder den, naar Flydegrænsen er passeret, af efter de nævnte Linier. Den Vinkel, hvorunder Linierne løbe, er karakteristisk for Materialet. Opereres med tynde Plader, faar man Korrespondance mellem Linierne paa den ene og anden Side af Pladen, saa at Linierne ikke skyldes en Overfladevirksomhed, men molekylære Virkninger, der strække sig gennem hele Metalmassen. Ved Lokning fremkommer der ogsaa visse Figurer, der vise, i hvilke Zoner Paavirkningen skrider frem. *Lüders* bemærkede de efter ham benævnte Linier allerede i 1859, nemlig ved Bøjning —, se *Dinglers* polyt. Journal, 1860, Bd. 155, S. 18 —, men først langt senere bleve de bemærkede paany, se f. Eks. *Tetmajer*: Mitth. der Anst. zur Prüfung von Baumaterialien am eidg. Polytechn. in Zürich, 3 Heft, 1886, S. 102 og Tavle VI, Fig. 5—7.

Nærmere om de *Lüderske* Linier findes i *Weddings* S. 13, Lin. 6 f. o., citerede Værk 1ste Bd., 2tes Buch, S. 564 og i Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1888, S. 39.

Rejtløs Teori om Formforandringer, — se hans S. 53 citerede Værk — stemmer smukt med de *Lüderske* Liniers Oplysning herom.

De mekaniske Bearbejdninger, der grunde sig paa Metallernes eller Legeringernes Sejghed, ske ofte i Rødgldhede, hvorved Metallernes Haardhed, der modsætter sig Bearbejdningen, er ringere.

Ved c. 525° begynder Rødgldhede i Mørke, c. 700° er svag, c. 900° lys Kirsebærrødgldhede, derover begynder Hvidgldhede.

Naar de mekaniske Bearbejdninger, der grunde sig paa Sejgheden, ske i kold Tilstand, bliver Metallet altid tættere. Den større Tæthed skriver sig imidlertid alene fra, at Hulrum i Godset blive trykkede flade, thi Metallerne selv lade sig i alt Fald kun sammentrykke i en ganske forsvindende Grad. Man siger imidlertid dog, at Metallet bliver komprimeret, da Vægtfylden bliver større, og endvidere vokser Haardhed og Stivhed samt Styrke, medens Sejgheden tager af, eller: Skørheden tager til. En uensartet Komprimering kan give Spændinger i Godset.

De nævnte kolde Bearbejdninger ville ligesom Strækning ud over Flydegrænsen hæve denne — se S. 110 nederst —, men gore samtidig Flydningen mindre pludselig, — se S. 56, Lin. 10 f. n. —. Koldsmedning sænker noget den ved Strækning hævede Flydegrænse, men ikke til oprindelig Højde.

Opvarmning til mindst 350 à 450° sænker den hævede Flydegrænse, især naar den paafølgende Afkøling har været hurtig.

Angaaende *Kicks* Forsøg over Volumenkonstans ved Sammentrykning maa henvises til *Kicks*: Das Gesetz der proportionalen Widerstände, 1885, S. 81.

Rejtø's Forklaring af, at Sejgheden tager af, er allerede meddelt S. 55, Lin. 20 f. o. Hans Forklaring af, at Haardheden tager til, vil fremgaa af S. 60, Lin. 2 f. n.

Ofte bliver Skørheden og Haardheden ved mekanisk Bearbejdning saa stor, at det er nødvendigt at søge at fjerne den igen, hvad der kan ske ved en Opvarmning, der maa være af forskellig Heftighed ved de forskellige Metaller og Legeringer. Ved Jærn er Opvarmning til Rødgldhede nødvendig¹⁾, hvorefter man, for at Sejgheden ikke skal tabe sig noget ved en paafølgende pludselig Afkøling (se § 100) — ved Staal med over 0,5 % Kulstof endog ganske, idet det vilde blive glashaardt (se § 66) — lader følge en langsom Afkøling, i daarlige Varmeledere. Processen kaldes da Udglødning og sker ved Opvarmning, f. Eks. paa Essen til Rødgldhede og paafølgende Henlægning i Trækulaske etc., se § 101.

Det følger af det her sagte, at hvis Bearbejdningen sker i den Temperatur, hvortil man maa varme for at faa den ved kold Bearbejdning tabte Sejghed igen, og hvis Afkølingen derefter sker langsomt, saa tabes der intet i Sejghed ved Bearbejdningen²⁾. Hvis Bearbejdningen derimod har været fortsat i en lavere Temperatur, eller hvis Afkølingen ikke har været langsom, saa kan den større og mulig uensartede Tæthed, Materialet har faaet, ikke forsvinde. Forskellige Metaller og Legeringer ere i øvrigt særlig skøre ved visse Temperaturer, hvorom senere.

Naar et sejt Legemes Formforandring naar en vis Størrelse, sker Brud. Metallernes eller Legeringernes Styrke spiller derfor en Rolle ved Formforandringsarbejderne, og f. Eks. ved Trækning er en vis Styrke mod Træk en Nødvendighed, som omtalt S. 47 nederst. Den tekniske Mekanik og Maskinlæren gøre Rede for de i Bygnings- og Maskinvæsen brugelige Metaller og Legeringers Styrkeegenskaber, 3: Styrke og Sejghed, idet f. Eks. Styrken eller Brudgrænsen mod Træk angives ved det største Træk i Kg. pr. □ mm oprindeligt Tværsnit, som en Træk-

¹⁾ For at tage et andet Eksempel kan anføres, at for meget tyndt Aluminiumblik eller -traad er kun Opvarmning til 150° nødvendig.

²⁾ At særlige Forhold dog kan gøre en Udglødning nyttig vil blive omtalt S. 116, Lin. 10 f. n.

prøve har udholdt. Her skal derom i al Almindelighed kun anføres, at et Metal plejer at blive stærkere ved at legeres indtil en vis Grad med et andet, men at det bliver svagere, naar det legeres endnu stærkere, og at denne Aftagen i Styrken hyppigt sker meget raskt, naar ikke det andet i og for sig har en højere Styrke. At man ofte foretrækker at anvende en Legering i Stedet for et enkelt Metal for at opnaa en større Styrke, vil der blive givet Eksempler paa under Omtalen af forskellige Legeringer. Men med den større Styrke faas en mindre Sejghed.

59. Formgivning ved skærende eller klippende Værktøjer (Haardhed). Hvad Formgivning ved Hjælp af skærende eller klippende Værktøjer angaar, saasom Høvling, Boring, Fræsning, Filing, Slibning, Mejsling, Klipning, Lokning o. s. v. kan den kun foregaa, naar de Metaller eller Legeringer, hvori der skal skæres eller klippes, ere i Besiddelse af mindre Haardhed end Værktøjet.

Haardheden angives i Reglen efter den saakaldte Mohs'ske Haardhedsskala, der opstiller en Del Stoffer efter Haardheden i følgende Orden:

Talk 1, Stensalt 2, Kalkspat 3, Flusspat 4, Apatit 5, Orthoklas 6, Kvarts 7, Topas 8, Korund 9, Diamant 10, og man bestemmer da et Stofs Haardhed eller Plads i Rækken ved at finde, hvilket af nævnte Stoffer, det netop ridser, og hvilket det netop lader sig ridse af.

Der er imidlertid bragt en Mængde Forslag frem for at føre Haardhedsmåling tilbage til en bestemt Enhed. *Martens* vil angive Haardheden som omvendt proportional med Bredden af den Streg, som et nærmere bestemt Diamantværktøj ridser under 20 g's Belastning. — se *Mitth. a. d. kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin*, 1890, S. 225. *Kick* anser Haardheden for proportional med Styrken mod Forskydning (Klipning), naar denne bestemmes ved et Klipningsforsøg, hvor Forsøgsemnet er fuldstændig hindret i at undvige til nogen Side, — se *Dinglers' polyt. Journal*, 1889, Bd. 273, S. 10 og Bd. 274, S. 405, samt Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 23. *Kick* støtter sin Paastand blandt andet paa, at f. Eks. Skellak og Tin, der ikke ridse hinanden og derfor ere lige haarde, netop ogsaa vise samme Styrke mod Forskydning, naar denne bestemmes som anført. Mod *Kicks* Maade at bestemme Haardheden paa har imidlertid *Martens* gjort forskellige Indvendinger, — se nysnævnte *Mitth.*, 1890, S. 277, og *Rejtö*, der mener, at den indre Friktion — se S. 54, Lin. 6 f. n. — er Maal for Haardheden, kan kun indrømme Rigtigheden af *Kicks* Bestemmelsesmaade, naar den anvendes paa Legemer med

samme $\%$ Forlængelse inden Indsnøring, altsaa f. Eks. paa skøre Legemer, hvor Forlængelsen er 0, — se hans midt paa S. 53 citerede Værk, S. 69.

I den seneste Tid har en af *Föppl* forsøgt Bestemmelsesmaade efter Fysikeren *Hertz's* Metode vakt ikke ringe Opmærksomhed — se Mitth. des mech. techn. Laboratoriums der techn. Hochschule, München, 25 Heft, 1897, S. 37, Annalen der Physik u. Chemie, 1897, Bd. 63, S. 103 og den tekniske Forenings Tidsskrift, 1896—97, S. 195. Han prøver en Staalplades Haardhed ved af den at udtage to Stykker paa c. 15 mm Bredde og afslibe og polere dem, saaledes at de paa den ene Side blive blankt cylindriske med 20 mm Radius. Dernæst lægger han dem ovenpaa hinanden, hvilende med de cylindriske Flader paa hinanden i ét Punkt, og belaster saa det øverste Stykke, til de trykke hinanden flade efter Cirkler af fra 1,5 til 4 mm Diameter. Da han nu ved Forsøg har godtgjort, at Affladningernes Areal omtrent er proportionalt med den anvendte Belastning, tager han Forholdet mellem en Belastning og en tilhørende Affladning som Haardhedsciffer. At der kun er omtrentlig Proportionalitet stemmer smukt med *Rejtö's* Teori, hvorefter Haardheden maales ved den indre Friktion, der jo ved et sejt Metal vokser med den frembragte Formforandring — se S. 55, Lin. 10 f. o. —, her Affladning.

En god Oversigt over de mange Forslag til Haardhedsbestemmelser giver Artiklen: Härtebestimmung i *Luegers* Lexikon der gesamten Technik, 1897, Bd. V, S. 65, ligesaa *Osmonds* Afhandling: »Sur la dureté, sa définition et sa mesure« i: Commission des méthodes d'essai, première session, tome III, 1895, p. 279.

Det haardeste Metal er hærdet Staal og navnlig hærdet Digelstaal — se S. 11. Men med dets Haardhed følger sædvanlig for stor Skørhed. I Reglen bruges det derfor ikke i hærdet — saakaldt glashaard Tilstand, — se Noten S. 70 — men gøres noget blødere ved den saakaldte Anløbning. Om Hærdning og Anløbning vil der imidlertid blive talt nærmere i det følgende: §§ 66—69 inkl. og 89—95 inkl.

Legeringernes Haardhed er forholdsvis stor, ofte større end den haardeste af Bestanddelenes. At der ved Sajgring kan fremkomme særlig haarde Partier, er der givet Eksempel paa S. 41, Lin. 11 f. o.

Om Haardhedens og dermed Skørhedens Tiltagen ved mekanisk Bearbejdning, navnlig i kold Tilstand, er der givet Oplysninger i forrige Paragraf, S. 58—59, hvor der ogsaa er omtalt, at Haardheden er mindre i Rødglødhede.

Efter *Rejtö's* Teori vil Staal ved mekanisk Bearbejdning kun kunne gøres haardere til en vis Grad, nemlig til den indre Friktion

har naaet sit Maksimum — se S. 55, Lin. 13 f. o. Yderligere Haardhed kan kun naas ved Hærdning.

Metallernes og Legeringernes Haardhed har i øvrigt ogsaa Betydning i anden Henseende end overfor Bearbejdningen, nemlig som Brugsegenskab, idet den betinger deres Evne til at modstaa Slid. At Legering af et for blødt Metal med blot en ringe Mængde af et andet kan gøre det modstandsdygtigere mod Slid, spiller ofte en vigtig Rolle, og herpaa vil der blive givet Eksempler under Omtalen af forskellige Legeringer. Men med den større Haardhed faas ofte en mindre Sejghed. Forholdene, som betinge nævnte Evne, ere dog ingenlunde helt klare og afhænge utvivlsomt meget af Mikrostrukturen, hvorom nærmere § 142.

60. Metaldeles Samling (Svejselighed). Hvad Samling af Metaldele angaar, anvendes foruden særlige Samlingsstykker saasom Skruer, Nitter m. m. ikke sjældent Svejsning eller Lodning.

Til Svejsning kræves, at Materialet er praktisk svejse-
ligt, d. klæbrigt imellem visse høje Temperaturer, der ikke
ligge hinanden for nær — se S. 10, § 9 —, saaledes at man ved
Hammerslag eller Presning kan faa to til Svejsetemperaturen
ophedede Metaldele til at klæbe sammen. I Virkeligheden blive
vel alle Metaller og Legeringer klæbrige ved passende Opvarm-
ning, men de fleste imellem saa snævre Temperaturgrænser, at
de ere praktisk usvejselige, undtagen maaske ved den elektriske
Svejsning, hvorved man nøje kan vedligeholde en vis bestemt
Temperatur indenfor meget snævre Grænser, hvad der ellers er
praktisk umuligt.

Det er strængt taget kun en inderlig Berøring, der bevirker
Svejsningen. Svejsning kan nemlig ske uden Opvarmning, naar to
Stykker af samme eller forskellige Metaller berøre hinanden under
et uhyre Tryk. Prof. *Spring* har af forskellige Metalpulvere paa
denne Maade skaffet faste Metalstykker — henholdsvis Legeringer —
se S. 40, § 49 — til Veje, — se f. Eks. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1881,
S. 187, og *Dinglers* polyt. Journal, 1882, Bd. 244, S. 168 —, idet
han først bortsugede Luften, som fandtes i Pulveret, og dernæst an-
vendte et Tryk af indtil 25,000 Atm. Men Opvarmning forøger
Svejseligheden ved at gøre Metallerne saaledes plastiske, at de bedre
berøre hinanden ved Slag eller Tryk, ligesom fremmede Stoffer og
Luftlaget mellem Metallerne da lettere uddrives.

Til Samling af Metaller ved Lodning udkræves, at de
kunne legere sig med det Metal eller den Legering, hvormed
Lodningen udføres.

61. Fuldendelsesarbejder. Hvad endelig Fuldendelsesarbejderne ved Metalgenstande for at forskønne dem eller gøre dem mere modstandsdygtige mod Angreb af Vejrlig, Syrer m. m. angaar, ere de saa mangeartede, at det vilde føre for vidt her at give nogen Oversigt over dem og de Egenskaber, hvorpaa de ere baserede. Her skal kun anføres, at Legeringerne Farve paavirkes mere eller mindre af forskellige Enkeltmetaller. Tin, Nikkel og Aluminium have den Egenskab selv i smaa Mængder at virke stærkt til at gøre den lys.

III. Jærnets og Staalets Egenskaber og Anvendelse.

Litteratur: De under Fremstilling af Raajærn anførte Værker, — dog samtlige Bind af *Ledeburs* store Haandbog, og af *Weddings* store Haandbog 1ste Bd.'s 1ste Bog: Die Eigenschaften des Eisens (2den Bog handler om: Die Prüfung des Eisens) — endvidere A. *Ledeburs* lille fortrinlige Bog: Eisen und Stahl in ihrer Anwendung für bauliche und gewerbliche Zwecke, 1890, og for Støbejærn: *Ledebur*: Das Roheisen mit besonderer Berücksichtigung seiner Anwendung für die Eisen-giesserei, 3te Aufl., 1891, og T. D. West: Metallurgy of Cast Iron, 1897, samt for Staal: *Howe*: Metallurgy of steel, New-York, 1890 og H. H. Campbell: The Manufacture and Properties of Structural Steel, New-York, 1896.

a. Fremmede Bestanddeles Rolle.

62. Fremmede Bestanddele i Almindelighed, Kulstofformerne. Som angivet S. 9, § 6 indeholder alt Jærn, som bruges i Tekniken, fremmede Bestanddele. Med Indholdet af disse vokser dets Haardhed og indtil en vis Grænse dets Styrke, medens Sejgheden tager af — se S. 55, Lin. 14 f. n. —, og Smeltetemperaturen synker.

Den vigtigste af de fremmede Bestanddele er Kullet, som hidrører fra Brændslet i Højovnen og mulig fra senere Behandlinger i Ovne.

Kullet optræder i Jærnet i 4 forskellige Former, nemlig som Grafit, Temperkul, Carbidkul og Hærtningskul¹⁾.

¹⁾ En femte Form er Diamant. Om hvorledes Kul kan udskilles som smaa Diamanter i Jærn, se Vulkan, 1897, S. 133.

63. **Grafit.** Kul, som findes krystallinsk udskilt, er Grafit. Grafitten findes kun i det saakaldte graa Raajærn, hvis graa Brud netop skyldes Grafit, der derimod ikke findes i det saakaldte hvide Raajærn eller i smedeligt Jærn. Ved Smeltning af det graa Raajærn opløser Grafitten sig i Jærnet; ellers maatte den formedelst sin Lethed i Forhold til Jærnet flyde ovenpaa dette¹⁾, saa at al Grafitten ved Størkning af Jærnet fandtes øverst i dette. Grafitten brænder ikke bort, naar det graa Raajærn længe glødes, selv ikke, naar Glødningen sker under Tilstedeværelse af Metaliter.

Til Herdfriskning og Pudling anvendes bedst hvidt Raajærn. Benyttes nemlig graat, vil Afkulningen ikke for en Del af Kulstoffets Vedkommende, nemlig Grafitten, kunne begynde allerede ved Nedsmeltningen — se S. 20 Note 2.

Hvis der i Raajærn er en Del Mangan til Stede, vil Grafitdannelse ved Størkning modvirkes, saa at altsaa Tilstedeværelse af Mangan begunstiger Dannelsen af hvidt Raajærn. Det modsatte gælder Silicium, der saa at sige forjager Kulstoffet fra at holde sig kemisk bundet med Jærnet og tvinger det til ved Størkning at udskille sig som Grafit. Naar der altsaa i det smeltede Jærn i Højovnen er meget Silicium og meget Kulstof til Stede, bliver der ved Størkningen udskilt mere Grafit, end hvis der kun er lidt Silicium til Stede. Som ganske fremmed Legeme svækker Grafit Styrke og Sejghed, jvnfr. dog S. 68, Lin. 19 f. o.

Medens Tilstedeværelsen af Silicium beforder Udskillelsen af Grafit, vil hurtig Afkøling af smeltet Raajærn virke i modsat Retning, saaledes at der ved hurtig Afkøling udskilles mindre end ved langsom, hvor det faar Tid til at udsajgre, — se S. 42, Lin. 7 f. n. —, og Raajærn faar derfor et lysere Brud ved hurtig end ved langsom Afkøling. Raajærn, hvori der kun netop er saa meget Kulstof og Silicium til Stede, som udfordres, for at der ved langsom Afkøling skal dannes graat Raajærn, bliver ved hurtig Afkøling hvidt, idet Grafitsajgringen derved næsten fuldstændig kan hindres. Heraf benytter man sig ved Fremstilling af haardtstøbt Gods, se S. 91.

64. **Temperkul.** Kul, som findes udskilt i amorf Tilstand, kaldes Temperkul. Det dannes i kulstofholdigt men mangan-

¹⁾ Dette sker kun i enkelte Tilfælde, hvor det smeltede Jærn er overmættet med Kulstof, se *Ledebur: Handb. der Eisenhüttenkunde*, 1894, 2te Aufl., 1ste Abth S. 272.

fattigt Jærn og Staal, naar dette glødes stærkt i flere Dage. Hvis der under Glødningen er Metaliliter til Stede, brændes efterhaanden det udskilte Temperkul, — i Modsætning til Grafit, se S. 64, Lin. 8 f. o. — bort ligesom det senere omtalte kemisk bundne Kulstof.

Om dette, forinden det kan brænde bort, først maa forvandle sig til Temperkul, vides ikke.

Benævnelsen Temperkul hidrører fra, at det i Praksis opstaar, naar Støbejærnsgegenstande »tempres«, hvorved forstaas to forskellige Fremgangsmaader. Ved den ene pakkes tynde i Sandformte støbte Støbejærnsgegenstande undertiden i Trækul, Aske, etc., der holde Luften ude, medens Genstandene udglødes i længere Tid, hvorved de blive mindre skøre og blødere at arbejde i, hvorom nærmere midt paa næste Side —, ved den anden forstaas Fremstillingen af hammerbart Støbegods — se nedenfor.

Nyere Undersøgelser over Temperkullets Dannelse findes i Stahl u. Eisen, 1897, S. 628. Deraf fremgaar f. Eks., at hvidt Støbejærn, for at Temperkul skal dannes, maa opvarmes i længere Tid til mindst 850° C. og afkøles langsomt f. Eks. i 8 Timer til 670°. Ogsaa i smedeligt Jærn kan der ved langvarig heftig Glødning dannes Temperkul. Saaledes omtales i Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 84 noget Staal, der havde 0,58 % Temperkul, hvoraf man kunde se, at dets forholdsvis ringe Styrke skyldtes langvarig Glødning.

Ved Fremstillingen af hammerbart Støbegods forvandles Støbejærnsgegenstande, som omtalt S. 9, Lin. 9 f. n., til smedeligt Jærn. Genstandene støbes af hvidt Raajærn, — da det graa Støbejærns Grafit som anført S. 64, Lin. 8 f. o. ikke vilde brænde bort —, og glødes lagte i Støbejærnsplotter og stærkt pakke med Metaliliter, f. Eks. pulveriseret Rødjærnsten og Hammer-skæl — Zinkaske kan ogsaa bruges — i adskillige Dage. Ved Glødningen udskilles Temperkul, og dette Kulstof brændes bort ved at gaa i Forbindelse med Metalilternes Ilt.

Bortbrændingen af Kul er stærkest yderst ude, mindre stærk længere inde, hvorfra dog Kulstof vandrer ud og fordeler sig i de ydre Lag, efterhaanden som disse blive kulstoffattigere. Da Processen dog er mindre fuldstændig dybere inde, egner den sig kun for tyndt Gods (under 25 mm i Tykkelse). Men for saadant Gods kan Metoden være særdeles nyttig, thi dels gøres mange Smaating, saasom talrige Symaskiner, Landbrugs-maskiner, Laase m. m., hammerbare, fordi de ellers vilde være for skøre, dels kan man ofte billigere og lettere af Jærn støbe Smaagenstande af kompliceret Form, f. Eks. Bidsler, Vognstangsbeslag

(saasom det forreste Beslag paa Vognstangen ved Tospændervogne) end smede dem, presse dem eller støbe dem af Staal. Ved at Genstandene gøres hammerbare, blive de smedelige og omtrent saa sejge, som om de vare smedede, saa at videre Formgivning kan ske ad mekanisk Vej.

Grovere hammerbart Gods, ved hvilket Afkulningen ikke er dreven synderlig vidt, kaldes i Reglen Temperstaalgods. Navnlig Hjul til mindre Jærnbanevogne, f. Eks. Grubevogne, laves i stort Antal som Temperstaalgods.

Angaaende Fremstillingen af hammerbart Støbegods, som her i Landet kun sker i Jærnstøberiet Tagensvej, kan i øvrigt henvises til *Wagner: Lærebog i Teknologi*, 1885, S. 383 og til en udførlig Beskrivelse i *Ledebur: Handb. der Eisenhüttenkunde*, 2te Aufl., 3te Abth., 1894, S. 978, samt *C. Rott: Die Fabrikation des schmiedbaren und Tempergusses*, 2te Aufl., 1892.

Bortbrænding af Kulstof sker i øvrigt ogsaa, uden at der er Metaliliter til Stede, f. Eks. naar Støbejærnsgegenstande ligge pakkede i Kvarssand og glødes længe og heftigt. Sandet giver da Luften Adgang til at bortbrænde Kulstoffet, men Virkningen er langsommere, hvorfor Støbejærnsgegenstande, der skulle gøres hammerbare, pakkes i Metaliliter. Hvis Genstandene blive glødede uden overhovedet at være pakkede i noget pulverformigt Materiale, ville de yderst i alt Fald delvis blive til Brandjærn, se § 77.

Undertiden udgløder man tynde Støbejærnsgegenstande, der ere blevne haarde ved Støbning i Sandforme, men man pakker dem da i Trækul, Aske, etc. — se S. 65, Lin. 11 f. o. — for at hindre Luftens Adgang. Ved Glødningen gaar da Hærtningskul over i Carbidkul, ved længere Glødning i Temperkul og gør det haarde Gods blødere og derved lettere at file i. *Rejto* mener, at nogen Spænding i Godset samtidig forsvinder, idet ved Udglødningen en Del spændte Luftarter slippe bort som omtalt midt S. 54.

65. Carbidkul og Hærtningskul. I Modsætning til Grafit og Temperkul findes det øvrige Kulstof i Jærnet som bundet Kulstof, α : i kemisk Forbindelse dermed, og enten som Carbidkul eller Hærtningskul.

Af disse findes Carbidkullet i ligefrem kemisk Forbindelse med Jærnet, og Forbindelsen hedder Carbid, som er F_3C . Efter metallografiske Undersøgelser er det imidlertid godtgjort, at Carbidet ikke blot optræder som tyndere og tykkere Aarer, der strække sig gennem Jærnet, — og i denne Skikkelse kaldes Carbidet Cementit, — men ogsaa paa en helt anden Maade, nemlig i det saakaldte Perlit, — som er omtalt S. 43, Lin. 14 f. o. og S. 46, Lin. 7 f. o. — og bestaar af mikroskopiske tynde Lameller af afvekslende Carbid og det saakaldte

Ferrit i bestemt Vægtforhold. Ved Ferrit forstås kulstoffrit og derfor blødt Jærn. Carbid findes i alt Jærn og Staal.

Hvorledes Cementitnettet kan gøres tydeligt under Mikroskopet er f. Eks. beskrevet i Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 65. Om Bestemmelser af Mængden af Carbidkul og Hærtningskul, se Stahl u. Eisen, 1897, S. 580.

At Carbidet Fe_3C virkelig er en kemisk Forbindelse og ikke blot en Legering, er nylig godtgjort af *Mylius*, *Förster* og *Schöne*, se Zeitschrift für anorganische Chemie, 1896, Bd. XIII, S. 38; i Staal fandt de, at Sammensætningen var 6,5 % C og 91,96 % Fe.

Perlitten er allerede opdaget af *Sorby*, se S. 43, Lin. 13 f. n. Ved Polering vise Carbidlamellerne sig i Relief, hvad der giver iriserende Virkninger, der minde om Perlemoder, hvorefter Navnet Perlit. *Sauveur* mener i Modsætning til *Osmond*, at Carbidlamellerne ere Cementit, og at Perlitten indeholder 0,8 % C, 5: at den bestaar af 12 Dele Cementit og 88 Dele Ferrit, — se Stahl u. Eisen, 1897, S. 303, medens *Osmond* og *Arnold* angive 0,89 % C. *Andrews* har skønnet, at der i en Kubiktomme af en Bessemerstaalskinne kunde være 64 Tusinde Millioner Carbidarealer, se Engineering, 1898, Vol. 65, p. 9. Om Lamellernes Tykkelse se Engineering, 1898, vol. 65, p. 452.

Hærtningskullet optræder derimod forbundet med alt det Jærn, der ikke findes som Ferrit eller i Perlit eller i Cementit, og danner sammen med dette Jærn det saakaldte Martensit, der formentlig maa opfattes som Jærnets Grundmasse. Herfor taler det, at det findes i alt Jærn og dér er i Forbindelse med Hovedmassen af alle fremmede Stoffer.

Navnet Martensit efter Prof. *Martens* i Berlin skyldes *Osmond*. *Howe* kalder det Hardenit formodentlig det store Haardhed, der dog er mindre end Cementittens, se Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 490. Den almindelige Antagelse er, at Martensitten kan indeholde Kul i vekslende Forhold. *Arnold* mener derimod, at det er en kemisk Forbindelse Subcarbid: Fe_{24}C , hvilket svarer til 0,89 % C, men *Sauveur* har nylig paavist, — se Stahl u. Eisen 1897, S. 580 —, at dets Kulstofindhold veksler fra 0,12 til 0,9 %, hvorefter *Arnolds* Mening altsaa skulde være urigtig. *Osmond* mener, at der yderligere eksisterer en Overgangsform Troosit mellem Ferrit og Martensit, se Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 493, samt *Sorbit*, se samme Steds p. 491 og endelig Austenit, hvorom S. 71, Lin. 16 f. o.

Cementit og Martensit ere i Besiddelse af stor Haardhed. Ved Støbning af Raajærn i Sandforme, der altid ere fugtige og derfor køle Jærnet ret hurtigt af i Overfladen, er det især Cementit,

der er Skyld i Dannelsen af den haarde Støbeskal og de særlig haarde Støbegrader — se II Del under »Støbning i Almindelighed« —, og ved Fremstillingen af haardtstøbt Gods — se nederst S. 64 og midt S. 91 — er det ligeledes især Cementit, der er Skyld i Overfladens store Haardhed, og ved Hærdningen af Staal med over 0,5 % C skyldes den opnaaede Haardhed i alt Fald væsentlig Martensit, altsaa Kulstoffets Tilstedeværelse som Hærdningskul, der heraf har sit Navn. Den pludselige Afkøling modvirker nemlig Udsajgring henholdsvis af Grafit i Overfladen ved Støbning i Sandforme og ved Fremstillingen af haardtstøbt Gods og af f. Eks. Perlit ved Hærdning af glødende Staal. I de første Tilfælde bliver den videre Afkøling langsom efter Størkningen.

Midt paa S. 71 vil der blive givet Oplysning om, hvorledes det hærdede Staals Haardhed varierer med Kulstofindholdet. Med Indholdet af bundet Kulstof stiger Jærns Styrke, men dog kun indtil en vis Grænse, medens Sejgheden stadig tager af. Det stærkeste Støbejern har ialt omtrent 0,4 à 0,7 % bundet Kulstof. Derfor bliver, skønt Grafit svækker, graat Raajærn stærkere og meget mindre skørt end hvidt. Det stærkeste Staal har c. 1 %. Stiger Kulindholdet i Staal yderligere, tager Styrken af, og Sejgheden er allerede ved nævnte Kulindhold kun ringe. Nogle Styrketal ville blive givne S. 92, Lin. 2 f. o. og S. 108, § 96.

I stærkt glødende Tilstand mener man, at alt Kulstof — Grafitten undtagen — er til Stede i Jærn som Hærdningskul, og ensformigt bundet til al den øvrige Masse. I smeltet Tilstand er endog Grafitten til Stede saaledes. Ved langsom Størkning kan altsaa Grafit udskille sig, — hvis vi have at gøre med graat Raajærn, — og efter Størkning kunne under videre langsom Afkøling forskellige Udsajgringer af Cementit, Ferrit og Perlit ske, der slet ikke foregaa eller i alt Fald væsentlig indskrænkes ved pludselig Afkøling. Naar efter Afkøling en stærk Glødning sker, kan Temperkul udsajgre som omtalt S. 65.

De ret udviklede Forhold ved Udsajgringerne ere ved de sidste Aars metallografiske Undersøgelser blevne oplyste paa flere hidtil uforstaaede Punkter. Især maa *Osmonds* Undersøgelser over Forholdene ved Staal fremhæves, — se f. Eks. i Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 480 hans Afhandling: Méthode générale pour l'analyse micrographique des aciers au carbone. Forholdene ved Staal lade sig formentlig bedst forklare ved Betragtning af Fig. B., der er taget efter *Osmonds* Afhandling i Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 73. Efter senere Oplysning af *Osmond* fortsætter Kurven CEB sig til et Punkt D.

I Fig. B angive Abscisserne Kulstofindholdet i Vægtprocent, Ordinatorne Temperaturgrader. Kurven DBEC er den, der angiver, over hvilke Temperaturer Staalet maa varmes, for at alt dets Kul

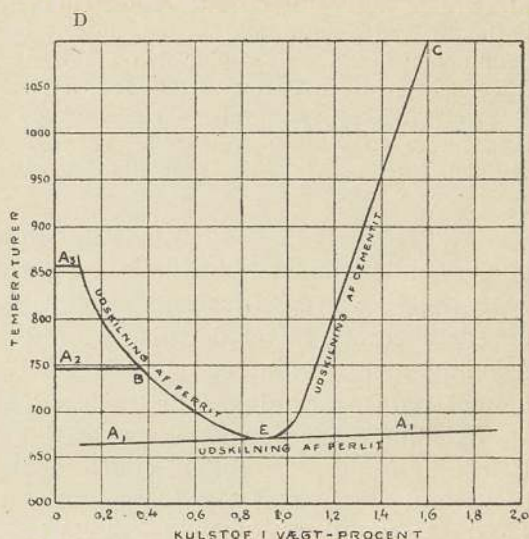


Fig. B. Staalets Transformationskurver.

Ved denne Passage sker under langsom Afkøling altsaa altid en Omdannelse af alt tilstedeværende Hærdningskul til Perlittens Carbidkul, og samtidig foregaar der en Varmeudvikling, som ligefrem kan blive synlig, ved at Staalet trods Afkølingen giver sig til at gløde stærkere. Dette Fænomen, den saakaldte *Recalescenz*, som *Barrett* i 1873 gjorde opmærksom paa, er særlig studeret af *Svenskeren Brinell*. Lignende Varmeudviklinger foregaa ved Passager over et Par Kurver A_2B og A_1B , hvilke Fænomener *Osmond* antager skyldes indtrædende allotrope Forandringer af Jærnet, hvorom nærmere S. 72.

Ved Opvarmning igen af det langsomt afkølede Staal ske de modsatte Processer ved i alt Fald meget nær de samme Temperaturer.

¹⁾ *Osmond* siger Jærn i en allotrop Tilstandsform, jvnfr. øverst S. 72.

De Punkter, hvori en Ordinatsvarende til et bekendt Kulstofindhold, skære Kurverne A_3BE , A_2BE , A_1EA_1 , kaldtes af *Osmond* Jærnets eller Staalets kritiske Punkter, af hvilke der altsaa ses at være 3, 2 eller 1, alt efter Kulstofindholdet. De ere af *Osmond* bestemte ved at udfinde, naar de ovenomtalte Varmedviklingsfænomener forekomme under den langsomme Afkøling. Ved hurtig Afkøling udebliver Varmedviklingen ved Passagen over de kritiske Punkter, hvilket synes at bekræfte, at de Omformninger, der ved langsomme Afkølinger fremkalde Varmedviklingen, ikke indtræde ved den hurtige Afkøling, — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 746. X

66. Hærdning. Ved pludselig Afkøling af tilstrækkelig kulstofholdigt, glødende Staal, der er varmet til mindst lidt over 700° (700° = svag Kirsebærrødgldhede), den saakaldte Hærdningstemperatur, bliver det glashaardt¹⁾, idet den pludselige Afkøling medfører, at en stor Del af Hærdningskullet (der er dannet ved Opvarmningen til Glødning, se S. 68, Lin. 19 f. n.) — ja, hvis man har varmet tilstrækkeligt, undertiden endog alt Hærdningskullet — forbliver som saadant i Staalet, der derfor i alt Fald for en stor Del kommer til at bestaa af det meget haarde Martensit, som altsaa er Skyld i den store Haardhed, som hærdet Staal kan have. Staal der er ret frit for andre fremmede Stoffer, maa indeholde c. 0,5 % Kul for at være kendelig hærdeligt, altsaa for at være haardt Staal, se S. 11 nederst. Da navnlig Digelstaal kan naa en stor Haardhed uden at blive altfor skørt, bruges særlig det til Værktøjer, hvorom nærmere S. 100, § 89 og S. 128, § 111.

Jo kulstofrigere Staalet er, des mindre stærkt gaar det an at varme for at hærde det, da man ved at varme for stærkt risikerer at forbrænde det, se S. 79, Lin. 12 f. o. Varmer man paa den anden Side ikke til den nødvendige Temperatur, henad 700° , — Hærdningstemperaturen —, faar man slet ingen Hærdning ved Dypningen i Vand. Hærdning af det kulstofrigeste Staal er derfor vanskeligst. Under den nærmere Omtale af det smedelige Jærns Egenskaber vil der S. 100 o. f. blive gjort Rede for, paa hvilke forskellige Maader Hærdningen kan foretages. Den Hærdningen vedrørende Proces Indsætning slutter med en Hærdning, som omtalt S. 24, § 26.

¹⁾ Trods denne Betegnelse kunne dog kun kulstofrigere Staalsorter i hærdet Tilstand ride Glas.

Ved Betragtningen af Fig. B, S. 69, kan man danne sig et Overblik over hvilke Stoffer, hærde Staal indeholder, om end meget endnu er uklart. Hvis Staal ikke varmes til over Linien A_1EA_1 ω : i Praksis til lidt over $700^\circ C.$, kan det overhovedet ikke hærdes. Hvis Staal indeholder 0,89 % C og varmes til over Punktet E, vil ved hurtig Afkøling intet Perlit dannes, og alt Kulstoffet findes da i Staalet som Hærdningskul. Det hærdede Staal bestaar da alene af Martensit. Hvis Kulstofindholdet er mindre, maa man varme stærkere, nemlig til over Kurven DBE, for at hele Massen skal vedblive at være Martensit efter en pludselig Afkøling. Varmer man noget mindre, vil man efter hurtig Afkøling have Ferrit og Martensit, altsaa en inkomplet Hærdning, som bliver næsten umærkelig for under c. 0,5 % Kulstof eller noget mindre. Er Kulstofindholdet større end 0,89 %, vil Staal, der varmes til en Temperatur over EC efter pludselig Afkøling indeholde Martensit, men, hvis det har over 1,3 %, desuden det saakaldte Austenit, der har den paafaldende Egenskab at lade sig ridse af en Synaal. Hvis derimod saadant Staal har været varmet til en Temperatur over Kurven CE, men derefter faar Lov at køle sig langsomt af, indtil Kurven CE er passeret, og saa køles hurtigt af, vil det indeholde Cementit. Formedelst Austenitudskilning vil hærde Staal kun indtil en vis Grænse kunne faa større Haardhed, jo kulstofrigere det er — se Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 69. Angaaende mange andre Forhold vedrørende Hærdning, kan henvises til: Commission des méthodes d'essai, première session, tome II, 1895, p. 65.

[Efter *Sauveur*, — se Stahl u. Eisen, 1897, S. 580, vil Ferrit- og Perlitudskillelse hindres fuldstændig lige ned til et Kulstofindhold af 0,12 %, og først ved et lavere Kulstofindhold vil Ferritudskillelse — stadig uden Perlitudskillelse — ske. Han oplyser imidlertid ikke, hvor stærkt han har varmet Staalet for Afkølingen].

De her gjorte Betragtninger synes at kunne forklare en Del fra Praksis kendte Forhold. Til Værktøjer, der særlig skulle taale Slag, f. Eks. Koldmejsler, vælges et Kulstofindhold af 0,7 à 0,9 %, — se S. 129, Lin. 12 f. o. —, hvorved nemlig det hærdede Staal kan blive et homogent Stof, Martensit, der lettere taaler Slagene end et mere kulstofrigt Staal, som i hærde Tilstand f. Eks. tillige indeholder det ganske vist haarde Cementit, men netop derfor lettere springer itu, nemlig langs Grænsefladerne mellem Martensit og Cementit. Saadant kulstofrigere Staal, f. Eks. med 1 à 1,2 % Kulstof, er derimod, — se S. 129, Lin. 10 f. o. — netop at fortrække til Drejestaal, Høvestaal etc, der ikke ere udsatte for Stød, og som bedre beholde deres Haardhed end Staal, der kun bestaar af Martensit, fordi dette, som det nedenfor skal forklares — se S. 73 § 69 —, let løber an ved Opvarmningen formedelst den af Arbejdet fremkaldte Friktion og derved bliver blødere, medens Indholdet af Cementit ikke løber an og altsaa beholder sin Haardhed.

67. Forskellige Hærdningsteorier. Der har mellem de Lærde hersket en stærk Strid om, hvad Aarsagen er til Hærdningen, ω : om det, — som Carbonisterne mene —, er Kulstoffets Overgang til

Hærdningskul ved Opvarmningen og Forbliven som saadant ved Afkølingen, som Haardheden skyldes. *Osmond* mener, at det langsomt afkølede Staal ikke ved at hærdes bliver haardt umiddelbart formedelst Kulstoffets Forvandling, da Kulstoffet selv dog aldrig kan tænkes at være saa haardt, at det kan frembringe Glashaardhed, men mener, at Aarsagen ligger i, at det bløde Jærn, eller, som han kalder det, α -Jærn, gaar over ved Opvarmningen til Glødhede til en allotrop Form, β -Jærn, der holder sig som saadan ved pludselig Afkøling og er haard, og han antager, at Kulstoffets Rolle kun er den, at det, naar det er til Stede i større Mængde, hjælper til at bevare β -Jærnet i denne Form, saa at et større Kulstofindhold gør Staalet lettere at hærde.

Nærmere beset mene »Allotropisterne« endog, at Jærnet eksisterer i Staalet i 3 forskellige Tilstandsforme, nemlig som α -Jærn, β -Jærn og γ -Jærn, af hvilke de to sidste begge ere haarde, men dog forskellige f. Eks. ved, at for γ -Jærn den elektriske Ledningsmodstand næppe tiltager mærkeligt med Temperaturen — se Stahl u. Eisen, 1897, S. 438. Ved Afkøling af Staal, der er varmet over Kurven A_3BE , sker da ved Overgangen over denne Kurve en begyndende Omdannelse af γ -Jærn til β -Jærn og ved Overgangen over Kurven A_2BE en begyndende Omdannelse af β -Jærn til α -Jærn. Begge Omdannelser ske ved nævnte Overgange kun i Ferritten og fortsættes i denne, efterhaanden som den udskilles, men foregaa i den øvrige Masse pludselig og først, naar Temperaturen er sunken til Linien A_1EA_1 , — se det kommende Oktoberhefte 1898 af »The Metallographist«.

Foruden Carbonisternes og Allotropisternes Teori for Hærdningen er der ogsaa opstillet andre, nemlig dels *Arnolds* Subcarbidteori — se S. 67, Lin. 11 f. n. — dels *Howes* carbo-allotropiske Teori — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 948 og Bulletin de la société d'encouragement, 1896, p. 235 — se ogsaa *Sauveurs* kritiske Bemærkninger i The Digest of Physical Tests, 1897, p. 220.

For *Osmonds* Teori om de allotrope Tilstandsformer, altsaa — bortset fra γ -Jærnet — α - og β -Jærnet taler, at udglødet Staal flyder stærkt, medens f. Eks. Staal, der er glødet og kølet pludselig i koldt Vand, ingen pludselig Flydning viser. *Osmond* og *Werth* mene nu, at ved Flydningen α -Jærn gaar over til β -Jærn, og at f. Eks. hærdet Staal ingen pludselig Flydning viser, fordi det i Forvejen indeholder saa meget β -Jærn. *Charpy*, som har udført en stor Mængde Trækprøver med hærdede og udglødede Jærn- og Staalstænger — jvnfr. S. 57, Lin. 2 f. o., mener med *Osmond*, at Aarsagen til Forskellen i Diagrammernes Udseende er, at de hærdede Stænger var af β -Jærn, medens de udglødede vare af α -Jærn, og finder *Osmond* og *Werths* Antagelse om Overgangen af α -Jærn til β -Jærn ved Flydningen bekræftet ved, at Jærnets Evne til at modtage blivende Magnetisme tiltager stærkt ved Flydningen ligesom ved Hærdning — se Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1895, S. 208. En Del af *Charpy's* Trækprøver have gaaet ud paa at vise, hvor stærkt og længe Staal maa varmes, for at efter en pludselig Afkøling Diagrammerne skulle have forandret saaledes Udseende, at de ingen pludselig Flydning

viser. Medens Charpy vel mener, at Forandringen af α -Jærn til β -Jærn er Skyld i Forandringen i Diagrammets Udseende, anser han det dog ikke for bevist, at den ogsaa er Skyld i Haardhedsstigningen ved Staalets Hærdning, — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 460. Angaaende en nyere Række Forsøg af Charpy maa henvises til Stahl u. Eisen 1895, S. 747. Imod Charpy's Tydninger af Knækkene i Diagrammerne har Howe gjort forskellige Indvendinger, — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 946 o. f.

Osmond mener i øvrigt, at de allotrope Forandringer af Jærnet ikke blot ske ved Hærdning og Flydning, men at ogsaa kold Bearbejdning af Jærnet forandrer α -Jærn til β -Jærn, se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1887, S. 112, og at dette er Grunden til, at heller ikke koldt bearbejdet Jærn flyder pludseligt, se S. 57, Lin. 16 f. n. Hvad Osmond kalder β -Jærn er aabenbart det samme som, hvad Rejto kalder Jærn med Maksimum af indre Friktion, jvnfr. f. Eks. S. 62 øverst.

Osmonds Teori om α - og β -Jærn (samt γ -Jærn) er, om den end synes at vinde Terrain, dog endnu ikke at betragte som bevist.

68. Fysiske Forandringer ved de kritiske Punkter. Samtidig med, at der ved de kritiske Punkter sker Forandringer i Sammensætningen af Jærn og Staal, sker der ogsaa fysiske Forandringer. Saaledes sker der under langsom Afkøling af glødende Staal ved Passage af Linien A_1EA_1 en Udvidelse. Svedelius gør i Jern-Kontorets Annaler, 1896, S. 202, Rede for Jærns og Staals unormale Længdeforandringer ved Opvarmning og Afkøling. En Volumenforøgelse finder Sted ved Hærdning, hvorom nærmere S. 103.

At der sker Forandringer i Styrkeforhold, magnetiske og elektriske Egenskaber, er allerede omtalt ovenfor.

69. Anløbning. Man beholder i Reglen ikke hærdet Staal glashaardt, thi Hærdningen har medført Spændinger i Staalet, som gøre det skørt, og Spændingerne eller Skørheden i Staalet fjernes bedst ved at opvarme det igen. Herved bliver det imidlertid blødere. Opvarmer man hærdet Staal, begynder allerede ved noget over 100° Grundmassen, som helt eller hovedsagelig bestaar af Martensit, at spalte sig, idet den bliver kulstoffattigere under Udskillelse af Carbid. Varmer man til Hærdningstemperaturen og køler raskt af, bliver Staalet hærdet paany, men varmer man ikke saa stærkt, vil det ved Varmningen udskille Carbid forblive udskilt, hvad enten man køler Staalet langsomt eller hurtigt af. Jo mindre man har ladet Varmen stige før Afkølingen, des mindre taber da det hærdede Staal af sin Haardhed, men des mindre ogsaa af sin Skørhed. Man varmer da i Praksis saa længe, som det gaar an, uden at der til den Brug, der skal gøres af Staalet, gaar for meget af Haardheden tabt. Man er ved at opvarme det hærdede Staal passende og afkøle det altsaa i Stand til, indenfor visse Grænser,

at skaffe det enhver ønskelig Haardhed, dog saaledes at det bliver des skørere, jo haardere man ønsker det.

Foregangene ved Anløbning ere langt fra opklarede fuldstændig. Naar Martensitten ved Opvarmningen begynder at spalte sig, bliver den hidtil tydelige Mikrostruktur ganske uklar, saa at et Mikrofotografi ser ud, som om et Viskelæder havde gjort det utydeligt. Det dannede Carbid er saa overordenlig fintfordelt — se Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 507 —, at det ikke lader sig skelne i Mikroskopet, og Strukturen synes at være en af de mest konfuse, som Staalets Metallografi opviser. Først ved c. 600° begynder i Staal med 0,45 % C Carbidet at samle sig omkring Ferrit-Korn. Aarsagen til, at Anløbningen gør Staalet blødere, er ikke oplyst. *Osmond* mener, at det ved Hærdningen dannede β -Jærn igen vender tilbage til Tilstanden α -Jærn, men Meningerne herom ere delte. *Rejlo* mener, at der foruden Forandringen af Tilstandsformer ved Anløbningen sker en Bortslipning af det, S. 53, Lin. 14 f. n. omtalte Overskud af Luftarter, som Staalet har beholdt ved den pludselige Afkøling, fordi de ikke fik Tid at undvige.

Naar man ønsker at træffe den passende Opvarmningsgrad for at skaffe det hærdede Staal en mindre Skørhed uden dog at gøre det for blødt, maa man inden Opvarmningen gnide Staalet blankt med en Stump Slibesten eller Smergellærred eller i Hammerskællene ved Amboltens Fod, thi da viser der sig ved Opvarmningen efterhaanden forskellige Farver hidrørende fra, at der dannes tynde Iltehinder, som tiltage i Tykkelse under Varmens Stigning. Staalet siges da at løbe an, og naar den rette Anløbsfarve er naaet, vil Staalet saavel ved hurtig som ved langsom Afkøling faa en til Farven svarende Haardhed. I Praksis køler man hurtigt af, da man ved langsom Afkøling risikerer en Tiltagen af Varmen, inden Afkølingen begynder, hidrørende fra, at Staalet mulig er varmere i Nærheden af det blanke Sted, hvor Anløbsfarven observeres, og en dertil svarende Haardhed ønskes, end paa dette Sted. Efter Anløbsfænomenet benævnes selve Processen, hvorved hærdet Staal berøves en Del af sin Skørhed og dermed af sin Haardhed, for Anløbning.

S. 105 vil der blive gjort nærmere Rede for, hvorledes Anløbning udføres i Praksis.

Angaaende den saakaldte dobbelte Hærdning vil Oplysning blive givet S. 108.

70. Udglødning af hærdet Staal. Naar hærdet Staal udglødes, α : varmes til Hærdningstemperaturen og køles langsomt

Se Side 108

af, bliver det saa blødt, som det kan faas, idet Udsajgringerne under Afkølingen hverken hindres eller modvirkes. En saadan Udglødning kaldes ogsaa en Afhærdning.

Naar en hærdet Panzerplade skal udglødes enkelte Steder, hvor Huller skulle lokkes igennem, kunne de paagældende Steder udglødes ved Anvendelse af en stærk elektrisk Strøm, se *Codron: Procédés de forgeage dans l'industrie*, vol. I., 1897, p. 543.

Andet smedeligt Jærn bliver kun næppe kendeligt blødere ved en Udglødning, hvis det inden denne har været glødet og kølet hurtigt af. Om en Udglødnings Virkning paa Staalstøbegods og andet smedeligt Jærn, se S. 114, § 101.

Om en Udglødnings Virkning paa Jærnstøbegods, se midt S. 66.

71. Mangan og Silicium. Disse Stoffer hidrøre henholdsvis fra Malmene og fra Tilslag eller Ovnfor. Manganet spiller navnlig en Rolle i Spejljærn og Ferromangan ved disse Stoffers Anvendelse som Tilsætninger ved Staalfabrikationen, se S. 32. Til den sure Bessemerproces er et stort Siliciumindhold nødvendigt — se S. 31 øverst —, hvorfor der dertil anvendes graat Raajærn, hvorimod der til Thomasprocessen er et stort Fosforindhold nødvendigt. Midt paa S. 64 er der talt om Mangans og Siliciums Indflydelse med Hensyn til Grafitudskillelse.

Paa Støbejærns Styrke, Sejghed, Haardhed og Svind efter Størkningen har Siliciumindholdet meget stor Betydning.

Siliciums Virkning paa Støbejærns Styrke er ikke helt simpel, idet det dels har en direkte Virkning, dels virker igennem sin Evne til at begunstige Udskillelse af Grafit, der vel svækker Jærnet, men forårsager, at Indholdet af Hærdningskul, der kan have endnu skadeligere Indflydelse paa Styrken — se S. 68, Lin. 19 f. o. —, bliver mindre. I stærkt og forholdsvis dog sejt Støbejærn bør der være en Siliciummængde s af 1 à 3 ‰, og en Kulstofmængde c bestemt af: $c + \frac{s}{1,5} = 4,2 \text{ à } 4,4 \text{ ‰}$ — se nærmere *Ledebur: Das Roheisen*, 3te Aufl., 1891, S. 51.

Da noget Silicium altid brændes bort ved Omsmelting, bør der være des mere deraf i Støberi-Raajærn, jo mere Affaldsjærn — og eventuelt Staalaffald — det skal bruges sammen med, og jo siliciumfattigere dette er, jvnfr. S. 93, Slutningen af § 82. Derfor vokser Raajærnets Værdi til en vis Grad med Siliciumindholdet.

Gode Oplysninger om Siliciums Indflydelse paa Styrke, Svind m. m. findes i *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 92—96.

Ferrosilicium eller Siliciumjærn er en Slags Raajærn med indtil 16 % Si, der ikke sjældent bruges som Tilsætning i Støberierne, idet man dermed kan forøge Jærnets Siliciumindhold, benytte hvidt Raajærn og muliggøre Anvendelsen baade af siliciumfattigt Støbejærns Affald og af Staalaffald — se S. 93, Slutningen af § 82 — o. s. v., se Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 261. Om Ferrosiliciums Anvendelse til Modvirkning af Blæredannelse i Staal er talt S. 26., Lin. 6 f. n.

Om Mangans Rolle ved Staalets saakaldte Udmattelse, se S. 124 Lin. 13 f. o.

72. Svovl. Dette Stof gør smedeligt Jærn og Staal rødskørt, α : skørt, naar det smedes eller vales i rødglødende Tilstand. Ved Valsningen faar rødskørt Jærn ofte ru Kanter, saa at saadanne kunne være et Tegn paa Rødskørhed. Svovl skal meget kunne være Skyld i den Svækkelse, som kaldes Jærnets og Staalets Udmattelse, og hvorom nærmere meddeles i §§ 105 og 106. Svovlet er ikke skadeligt som saadant, men det er det Jærnsulfid^{Jærnsulfid}ehvis Dannelse, det er Skyld i, som forarsager Rødskørheden og virker til Udmattelse. I Svejsejærn er allerede 0,02 % skadeligt, i Staal er 0,05 % skadeligt¹⁾.

Arnold siger herom — se *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 727 —, at Jærnsulfid^{Jærnsulfid} er saa letsmelteligt, at det holder sig smeltet i Staal længe efter, at Staalet i øvrigt er størknet, og det har ingen AdhæSION til Staalet. Mindst Skade gør det, naar det indtager Form af smaa Kugler, der kun gøre samme Fortræd som Blærer. Langt mere Skade gør det, naar Jærnet eller Staalet smedes eller vales i Rødglødhede. Ved denne Temperatur er Sulfid^{Sulfid}et halvt flydende og tværes ud til tynde Membraner, der indhulle Krystallerne og danne Grundlaget for de fine Revner, — Mikrorevner —, som ere væsentlig Skyld i Jærnets og Staalets Rødskørhed, idet de let give Anledning til Brud under de nævnte Arbejder, og som ligeledes have deres store Skyld i senere Udmattelse under Brugen, se S. 42, Lin. 15 f. o. og §§ 105 og 106. Udglødning modvirker Svovlets slette Indflydelse, hvis den, efter at have faaet Membranerne til at gaa over til Klumper, er tilstrækkelig til at sammensvejs i alt Fald nogle af de derved dannede Revner, — se *Andrews Afhandling i Engineering*, 1896, Vol. 61, p. 91.

73. Fosfor. Fosfor gør smedeligt Jærn og Staal koldskørt, α : skørt ved almindelig Temperatur.

¹⁾ Se henholdsvis *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 1ste Abth., 1894, S. 296 og *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 164.

Efter Åkerman skyldes Skørheden, at Fosforet gør Jærnet og Staalet tilbøjelige til ved Afkøling at antage en grov krystallinsk Struktur.

Skørheden indfinder sig ved mindre eller større Forforindhold, alt efter Indholdet af Hærdningskul. Medens 0,01 % P allerede lader sig mærke i kulstofrigt Staal, og der i Staal til Bygningsbrug i Reglen højst taaes 0,08 %, vil Svejsejærn kunne indeholde 0,3, ja 0,4 % uden at være ubrugeligt til almindelige Anvendelser. *Tilf.: Godt Støbejærn bør ikke indeholde over ca. 3/4 % P. da mere kan gaa det skis over på Slid og uensartet Opvarmning.*

Aarsagen hertil er efter Åkerman, at et større Kulstofindhold gør Jærnet og Staalet mere tilbøjeligt til Krystallisation og derved understøtter den ved Fosforindholdet fremkomne Tendens til grov Krystallisation.

I de sidste Aar stilles der ofte endnu strengere Krav til Staalet med Hensyn til ringe Fosforindhold. Saaledes foreslaar Campbell i "The Manufacture of Structural Steel, 1896", at der i det bedste Staal til Jærnbanebroer bør forlanges under 0,04 %, hvis det er fremstillet ved den basiske Proces, og under 0,06 %, hvis det er fremstillet ved den sure Proces, samt henholdsvis 0,05 og 0,08 %, hvis der af haardere Staal ikke forlanges bedste Kvalitet, idet der dog tillades 25 % mere, hvis Analysen foretages med Spaaner, der ere udborede i Midten af en Plade — jvnfr. S. 41 nederst og S. 42, Lin. 14 f. o. De danske Statsbaner forlange for Jærnbaneskinner, at Fosforindholdet ikke maa overskride 0,075 %.

I den seneste Tid har man fundet, at Fosforet findes i to forskellige Former i det smedelige Jærn, nemlig enten som Fosfidfosfor — i Jærnfosfid og Manganfosfid —, eller som Hærdningsfosfor — se Jüptners Undersøgelser, der ere refererede i Ingeniøren, 1897, S. 357 —, og mener, at det kun er det sidste, der er Skyld i Koldskørheden.

Hærdningsfosforet undviger som PH_3 ved Behandling med fortyndede Syrer, hvilket Fosfidfosforet ikke gør. Jüptners Undersøgelser ere senere bekræftede fra anden Side, se Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 340.

74. Chrom, Wolfram, Nikkel og Aluminium. Chrom og Wolfram gøre Digelstaal haardt, se S. 29, Lin. 15 f. o.

Nikkel bruges som Tilsætning til Staal. Nikkelstaalet er bekendt for sin Haardhed og Styrke.

Om Nikkelstaalets Egenskaber, se S. 87, Lin. 4 f. o. og flere Beretninger i Verh. des Ver. zur Beförderung des Gewerbefleisses, 1892—96, i Udtog i Mittheilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1896, S. 222, endvidere Bulletin de la société d'encourage-

ment, 1898, p. 260 og Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 29 og 206, samt 1898, S. 275.

Om Aluminiums Virkning i Staal er talt S. 26 nederst.

Om Aluminiums Benyttelse til Mitis er talt S. 29, Lin. 19 f. n.

75. Jærnförilte, Slagge. Jærnförilte kan opløse sig i smeltet Staal, se S. 26, Lin. 13 f. o. og give Anledning til Dannelse af Kulilte. Hvis det ved Staalfabrikationen ikke reduceres tilstrækkeligt ved passende Tilsætninger til det smeltede Staal, — se S. 32 —, gør det Staalet rødskørt.

Mere end 0,5 % Jærnförilte gør Staalet rødskørt. I Raajærn findes der ikke opløst Jærnförilte, — se midt S. 26 —, derimod i halvsmeltet Svejsejærn, — se midt S. 79.

Indblandet Slagge kan gøre Svejsejærn skørt — raaskørt — ved Behandling i Rødgldhede, altsaa rødskørt. Naar nemlig Slaggen ikke er flydende ved Smede- eller Valsetemperaturen, saa at den kan flyde bort ved Smedningen eller Valsningen, faar man ved tyndt Gods Kantrevner, — jvnfr. S. 76, Lin. 13 f. o.

Det er altsaa ikke Slagge, der flyder let ved Smede- eller Valse-temperaturen, der gør Skade, thi den bliver let presset ud, saa at rene Flader kunne svejses, men det er tør Slagge, der er skadelig.

76. Opløste Luftarter. En Del Oplysninger vedrørende Staal ere allerede givne S. 25 og 26, nogle vedrørende Raajærn ville findes midt S. 89. I II Del vil der i Afsnittet om Støbning i Almindelighed blive givet nærmere Oplysninger om Jærnets Evne til at opløse Luftarter, der kunne give Anledning til Blæredannelser.

S. 117, § 102 vil der blive omtalt, hvorledes Brint kan forårsage den saakaldte Bejdseskorhed.

b. Jærnets Forhold overfor Luft, Vand og Syrer, m. m.

77. Jærnets Forhold overfor Luften. I tør Luft af almindelig Temperatur angribes Jærn ikke.

Ved 200° Opvarmning løber det an og antager ved tiltagende Opvarmning efterhaanden Anløbsfarver — se midt S. 74 — nemlig: gul, rødbrun, violet, blaa og bliver dernæst graat, hvorefter det ved endnu stærkere Opvarmning begynder at gløde. Farverne hidrøre fra en tynd Iltehinde, der tiltager i Tykkelse. Ved Glødning bedækkes Jærnet med et tykkere Lag

af Jærnmellemilte — Glødskal. Ved Smedning af rødglødende Jærn springer det af som Hammerskæl, og springer i Hvidglødhede »Hitz« ogsaa uden Smedning heftigt af og med stærk Sprutten af hvide Gnister af brændende Jærn. At Hammerskællene springe af hidrører fra, at de ved Temperaturforandringer ikke følge Jærnets Udvidelser og Sammentrækninger.

Den ved Udstøbning af Raajærn og Støbejærn paa henholdsvis Pigjærn og Støbejærnsgegenstande dannede Glødskal kaldes Støbeskallen. Den bestaar ogsaa af Jærnilter, dannede i høj Temperatur.

Naar Svejsejærn, f. Eks. ved Uforsigtighed, bliver opvarmet for længe til Hvidglødhede, uden at det bearbejdes, bliver det hvad man kalder forbrændt, d: det forandrer sine Egenskaber, bliver groft krystallinsk og skørt. Staal forbrændes allerede ved lavere Temperaturer, og des lettere, jo kulstofholdigere det er, se S. 96, Lin. 3 f. n.

Formodentlig vil ved Forbrændingen Hammerskæl eller ved Svejsejærn Slagge bortbrænde Kulstof. Bliver Svejsejærnet varmet til halvtflydende Tilstand, kan det opløse Jærnforilte, der gør det rødskørt —, se S. 78, Lin. 12 f. o., og forbrændt kulstofrigt Staal kan blive rødskørt af sintrede Silikat Korn, medens de ved Opvarmningen dannede grove Krystaller gøre baade forbrændt Jærn og Staal skørt ogsaa ved almindelig Temperatur.

Disse almindelige Forklaringer af Forbrændingen synes nu at skulle blive heldig kompletterede ad metallografisk Vej, idet *Stead* ved Forbrænding af Staal med over 0,2 % C har fundet, dels at det blev grovkornet — se S. 94, Lin. 16 f. o. —, dels at der var sket Luftudviklinger, som havde givet Kornenes Overflader Blærer, Uvækster samt Iltehinder, der formindskede Sammenhængen, — se Stahl u. Eisen, 1898, S. 650. Naar ingen rigtig Forbrænding var sket, vare Kornene voksede uden at iltes. I bægge Tilfælde gjorde Opvarmning til over c. 750° Staalet finkornet igen, men uden at øge Sammenhængen i det rigtig forbrændte.

Ved forsigtig Udsmedning kan man hyppigt gøre forbrændt Svejsejærn godt igen, men Staal er ømfindtligere overfor for stærk Opvarmning og vanskeligere at gøre godt igen.

Der er angivet mange Midler for Staal dertil, eller til, som det kaldes, at regenerere det forbrændte Staal med, der næsten alle gaa ud paa at gløde det i kulstofholdige Stoffer, og som kunne hjælpe noget, naar Staalet ikke er altfor forbrændt; men er Staalet helt forbrændt, lader det sig ikke regenerere. Naar Staal opvarmes for længe eller stærkt, saaledes at dets Brud vel viser grove Krystaller, men det ikke under Opvarmningen har været saaledes udsat

for Luft eller kulsyreholdig Røg, at der er sket kemiske Forandringer med det, kaldes det dog forbrændt, da det er skørere end tidligere. I Virkeligheden er det kun overhedet, og bliver ved Udsmedning i Rødgloedhede godt igen. Man kan ogsaa 3 à 4 Gange forsigtig gløde det og hver Gang dyppe det i kogende Vand, — eller gløde det i kulstofholdige Stoffer, — se f. Eks. Vulkan, 1898, S. 55. Et Eksempel paa Skørhed formentlig hidrørende fra Overhedning vil findes S. 127, Lin. 14 f. n.

Hvad Støbejern angaar, kan Grafit i graat Støbejern ikke brænde ved Støbejernets Glødning.

Naar Jærnstænger, f. Eks. Støbejerns Ristestænger, udsættes for Maaneders og Aars Glødning, sker der foruden en Bortbrænding af Kulstof endvidere en stærkere og stærkere Iltning af Jærnet formedelst fri Ilt, Kulsyre og Vanddamp, lige til Jærntveilte, saa at slige Ristestænger etc. blive røde og svulme op, hvorved de kunne tiltage betydelig i Længde. Saadant Brandjern kan formedelst Sajgringer i den stærke Hede være helt lagdelt.

Om Sajgringer i saadanne Stænger se S. 43 øverst.

Om Raajærnets Forhold overfor Ilt ved Fremstillingen af smedeligt Jærn er der givet Oplysninger i det foregaaende.

Hvad Raajærns Forhold i smeltet Tilstand overfor Ilt angaar, skal følgende anføres:

Paa Overfladen af smeltet Raajærn ser man et ejendommeligt Spil, idet den Hinde af iltede Dele af Raajærnet, som danner sig ved Luftens Indvirkning, stadig bliver reven itu ved den Uro, der er i Jærnet formedelst Luftudviklingen, og dernæst straks samler sig igen. De fremkomne Brist vise sig som straalende Linier paa den mattere Hinde og give en ejendommelig Tegning, hvis Forgreninger ere forskellige for forskellige Raajærnssorter.

Ved Iturivningerne sammenskydes Hinden i smaa Hobe med bladformet Struktur, de saakaldte Lus, der ere over 5 mm i Diameter og let lade sig løsne fra Overfladen efter Størkningen. Under hver Lus er der i Reglen en Fordybning, som skyldes en Kulilteblære, dannet ved, at Lusens Ilt har indvirket paa det underliggende Jærns Kulstof. Lusene og dermed Fordybningerne kunne undgaas paa herdformet Gods (hvorom under Støbning i II Del) ved at strø Sand eller Trækul paa Overfladen af det i Formen hældte Jærn og derved modvirke dens Iltning. Lusene maa man

ikke forveksle med de smaa Kugler paa Overfladen af Støbejern, der skyldes udsajgrede Draaber af en letsmelteligere Legering, se S. 41, Lin. 13 f. n.

78. Jærnets Rusten¹⁾. Rust er et vandfattigt Jerntveilte-hydrat. Det kan selvfølgelig ikke dannes i tør Luft, derimod i fugtig, hvor Vanddraaber slaa sig ned paa Jærnet, men det menes almindeligt, at der tillige maa være Kulsyre eller en anden Syre eller visse Salte til Stede i Vandet for at faa Rustdannelse. Rusten danner sig ikke blot i fugtig Luft, men ogsaa i fugtig Jord, fugtigt Murværk og Træ, under Vand o. s. v.

Hvis Vandet kun er til Stede i Dampform og ikke som Vædske, fremkalder ingen Rustdannelse. Derfor holder Jærn sig godt i et almindeligt Værelse, idet Luften dér i Reglen er langt fra at være mættet med Fugtighed. Da Vand er nødvendigt for at fremkalde Rust, vil det være hensigtsmæssigt at anbringe en Skaal med Chlorcalcium, der er stærkt vandsugende, i et Skab etc., hvor Jærn- og Staatsager ønskes beskyttede mod Rust, — jvnfr. S. 83, Lin. 10 f. o. om Chlorcalcium i en tørt Dampkedel. Da Ilt er nødvendig for at fremkalde Rust, ruster Jærn ikke ved at ligge i Vand, der først er blevet kogt, saa at Luften deri er uddrevet, og dernæst har staaet hen uden Adgang til at optage Ilt igen. I Reglen angives dog, som nævnt, at Vand og Ilt ikke ere tilstrækkelige til at frembringe Rustdannelse, men at der enten maa være Kulsyre eller andre Syrer — selv svage organiske Syrer — eller visse Salte opløste i Vandet. Saaledes skal luftholdigt Vand, hvori der er frit Alkali eller Kalk, som kan binde eventuelt tilstedeværende Kulsyre ikke kunne frembringe Rustdannelse.

Fuld Enighed om, hvor vidt Kulsyre er nødvendig for at faa Rustdannelse, naar ikke nævnte andre Syrer eller Salte ere til Stede, er der imidlertid ikke, men dette Spørgsmaal har heller ikke synderlig praktisk Betydning. Efter *Spennrath* er det Stof, der fremkalder Rust, en Opløsning af Ilt i Vand, og han mener, at Kulsyres Tilstedeværelse er unødvendig. Forsøg af *Calvert* og af Prof. *Steenberg* have vist, at Ilt og Vand uden tilstedeværende Kulsyre vel give Rustdannelse, men kun en højst ubetydelig.

Valset Jærn ruster lettere end smedet, da Glødskallen, som beskytter mod Rust, er tyndere og mindre tæt paa det valsede Jærn end paa det smedede. Rust begynder særlig under porøse Steder i Glødskallen, eller hvor Jærnet er forbrændt eller — se

¹⁾ Af den store Litteratur vedrørende Jærnets Rusten skal her kun anføres: *Andés*: Der Eisenrost, Hartlebens chem. techn. Bibliothek, 1898, og det af den østrigske Ingeniør- og Arkitektforening udgivne Værk: *Schäden an Dampfkesseln*, Hefte 1 vedrørende Lokomotiv- og Lokomobilkedler, 1891, Hefte 2 vedrørende stationære Kedler, 1896.

S. 87, Lin. 7 f. o. — udsajgret eller Svejsejærn fuldt af Slagger. Rust bliver særlig ødelæggende derved, at den er porøs, saa at den fortættér Luft i sin Porer og ved Haarrørsvirkningen opsamler og fastholder Fugtighed. Hvor der derfor er begyndt en Rustdannelse, æder den sig let i Dybden og giver Gravrust, der ofte optræder saaledes, at der i Jærnet dannes dybe Furer eller vorteformede Fordybninger, som gøre Jærnet koparret. Man kalder en saa stærk Rustdannelse Tæring eller Corrosion.

Forholdet ved Jærnet er altsaa ganske anderledes end f. Eks. ved Bly og Zink, hvor det én Gang i Luften dannede, umetalliske Dække netop beskytter det underliggende Metal mod yderligere Ødelæggelse.

Medens Rust altsaa er rustdannende eller en »Rustbærer«, er dette ikke Tilfældet med de røde Malerfarver, der gaa under Navn af Todtenkopf, Jærnmønnie, Engelskrødt, Pariserrødt, Berlinerødt o. s. v. og ere vandfri Jærntveitte. De udrives nemlig med Linoliefernis, der hindrer dem i at fortætte Luft og opsamle Vand i deres Masse.

Paa det saakaldte brunerede Jærn, som nærmere vil blive omtalt i II Del i Afsnittet om Fuldendelsesarbejder, er der netop anvendt et Lag Rust til Rustbeskyttelse, men rigtignok et kunstig fremkaldt meget tæt Rustdække, hvori tilmed ofte er indgnedet Fernis eller Voks. Man brunerer f. Eks. Geværløb udvendig. Indvendig ere de stærkt udsatte for Rust, ved at Skuddene efterlade hygroskopiske Salte i Løbet.

Rustdannelser ske saa meget hurtigere, jo mere Ilt Vandet indeholder. Da Regndraaber under Faldet mætte sig stærkt med Luft, vil en Regn af kort Varighed fremkalde stærkere Rust end dagelang Nedsænkning af Jærn i Vand. Dybere under Vand ruster Jærn langt fra saa stærkt som lige i Vandfladen, og navnlig ruster det dér stærkt, hvis skiftende Vandstand snart bringer det over, snart under Vandfladen, thi naar det vaade Jærn kommer over Vandspejlet, vil det paa Jærnet siddende Vand let optage Luft og atter afgive den til Jærnet. Derimod har det dybe Vand ikke Adgang til at optage Luft til Erstatning for den, som det har afgivet til Rustdannelse. Almindelige Jærn-Vandrør ruste snart indvendig, men angribes dog langt mindre end Jærn-Returrør fra Dampovne o. desl., der afvekslende indeholde Vand og Luft og undertiden blive ødelagte

paa et Par Aar. Saadanne Returrør burde derfor maaske rettest laves af Kobber.

Dybt under Vand overtrækkes Jærnet med sort Jærnmellemiltehydrat.

Angaaende Corrosioner i Dampkedler kan anføres:

En Dampkedel, der er ude af Drift og i længere Tid staar fyldt med friskt Vand, vil indvendig ruste stærkt i Vandstandslinien. En Kedel bør derfor straks tømmes, renses og males, naar den er sat ud af Drift, og afspærres fra andre Kedlers Damprum, og i Kedlen bør hensættes Krukker med Chlorcalcium eller læsket Kalk.

En i Drift værende Dampkedel ruster indvendig især, hvor Føderøret udmunder og i Højde med Vandspejlet. Fødevandet fører nemlig, hvis der ikke arbejdes med Overfladekondensator, Luft med sig, der møder Kedelpladerne nær Føderørets Munding og uddrives ved Vandets Kogning, men den uddrevne Luft opløses delvis af det øverste Vandlag, saa at dette er luftholdigt nok til at frembringe Rust. Fødevandet bør derfor, for at undgaa Rustdannelse, helst være berøvet Luft ved stærk Forvarmning, for det sættes paa Kedlen, og tilføres i et stærkt opvarmet eller stærkt bevæget Vandlag. Om Føderørets Indledning i Kedlen, se iøvrigt *Borchs Maskinlære* I, 3die Udg., 1898, S. 215.

Ogsaa udvendig ere enkelte Steder af Kedlens Overflade særlig udsatte for Corrosioner. Saaledes ruster den foroven, naar man dækker den med fugtigt Grus eller vandsugende Materiale. Hvor Kedlen er i Berøring med fugtige Murtunger, er den ligeledes særlig udsat for Tæring, hvorfor der bør indskydes Jærnplader eller et Asbestmellemlag mellem Murtunger og Kedel. Midt under Kedlen bør man helst ingen Murtunge have, da der, naar Kedlen bliver kold, driver Vand, som fortætter sig paa den, ned ad den og gør Murtungen fugtig. Særligt ruster Kedlen naturligvis, hvor der er Utætheder, hvorigennem der siver Vand, og hvor Jærnet er forbrændt — se S. 79 — af Flammen fra Fyret.

Endnu nogle Aarsager til Corrosioner ved Dampkedler ville blive omtalte S. 84, Lin. 6 f. n., S. 88, Lin. 2 f. o. og 18 f. n. Endvidere maa desangaaende og angaaende Midler mod Rust i Dampkedler henvises til *Borchs Maskinlære*, I, 3die Udg., 1898, *Rasmussen*: Læren om Skibsdampmaskinen, 2den Udg., 1893, Industriforeningens Tidsskrift, 1890, S. 51 og navnlig det i Noten, S. 81 anførte Værk: *Schäden an Dampfkesseln*.

Skibsskruer (Drivskruer) af Støbejærn og Staal tæres hurtigt ved Bladtipperne paa Bladenes Forflader. Under Skruens Omdrejning skilles Luften i Søvandet ud deraf og søger fra Agterfladerne over Yderkanterne til Forfladerne, hvor Luften følger Skruen i en langstrakt Hvirvel, — se *Rasmussens* ovenfor anførte Værk S. 174. Denne Tæring findes ikke ved Drivskruer af andre Materialier saasom Bronze, Aluminiumbronze, Fosforbronze, Manganbronze og Delta-metal, hvorom senere — jvnfr. S. 87, Lin. 14—6 f. n.

Som omtalt S. 81, Lin. 7 f. o. er det formentlig nødvendigt, at der er Kulsyre eller andre Syrer eller visse Salte opløste til Stede, for at Rustdannelse skal ske.

Vist er det, at de fremme Rustdannelsen. Saaledes tæres Jærn meget let i kulsyreholdigt Vand. Der danner sig nemlig først kulsurt Jærnforilte, som er opløseligt i det kulsyreholdige Vand, men imidlertid med stor Begærlighed optager Luft og udskiller Rust, saaledes som man kan se det i enhver Beholder med jærnholdigt Vand, o: kulsyreholdigt Vand, hvori kulsurt Jærnforilte er opløst.

Ved nævnte Rusts Udskillelse vil der blive udviklet Kulsyre, som gør Vandet mere kulsyreholdigt, saa at mere Jærn kan blive angrebet, og Rustdannelsen tiltage.

Medens almindelige Jærn-Vandrør som nævnt S. 82 nederst snart ruste indvendig, udebliver dog Rustdannelsen, naar Vandet er særlig iltfattigt, idet Rørene da indvendig formodentlig kun iltes til Jærnmellemiltehydrat — jvfn. S. 83, Lin. 3 f. o. Stadsingeniør *Ambt* har ved Vandledningen i Næstved hindret en rimeligvis herfra hidrørende Udskillelse af Rust, naar Vandet blev tappet, ved at lade Vandværkets Pumper arbejde med aabne Snøfteventiler, hvorved Vandet blev saa iltholdigt, at Rørene paa et Par Dage rustede indvendig. Hvis Vandet ved denne Metode bliver for iltholdigt, bør man give det Lejlighed til at slippe nogen Luft løs efter Tapningen, før det kommer i Berøring med Jærn.

Endvidere kan som Eksempel nævnes, at Jærn rustet let i Kulrøg, hvis Svovlsyring nemlig let iltes til Svovlsyre af den i Luften tilstedeværende Ozon og salpetersyrlige Ammoniak. Navnlig er Lokomotivrøg, der tillige indeholder meget Vand, slem til at give Rustdannelse f. Eks. paa Broer og Viadukter. Under Gaderne i store Byer ruste Jærnrør lettere end paa Landet, fordi de i Hestegødningen tilstedeværende Salte skylles ned over Rørene. Jærn rustet ligeledes let nær Gødningsbunker og Ailegruber. I Søvand bidrage de derværende Chlorforbindelser meget til at fremme Jærnets Rusten, saa at Jærn rustet let deri.

Syreholdigt Fødevand er meget skadeligt for Dampkedler. Andre Eksempler findes midt S. 88.

De nævnte Syre- og Saltopløsninger frembringe ikke Rust, hvis der ikke er Luft til Stede, men dette er jo f. Eks. Tilfældet i Søvand.

Undertiden fremkalder man en Rustdannelse for at opnaa Tæthed, f. Eks. af Dampkedelnitninger. * Paa utæt Støbegods

paasmøres ofte en Salmiakopløsning. Forskellige Jærnkitsorters Bindeevne beror paa Rustfremkaldelse, hvorom i II Del.

Jærn kan som bekendt renses for Rust eller Glødskal med en fortyndet Syre, hvorom i næste Paragraf. Naar Syren imidlertid ikke derefter omhyggelig fjernes, vil Jærnet i Følge det foregaaende være endnu mere tilbøjeligt til at ruste end tidligere. Hvis det f. Eks. er Jærntraad, der ønskes bejdset for at fjerne Glødskallen, lader Syren sig nu vel omhyggelig fjerne ved Skylning i Vand og Neutralisering af Syreresterne med Kalkmælk, men hvis det f. Eks. er de enkelte Dele af en Jærnbros, der ønskes rensede for Rust, inden de sættes sammen og males, er den kemiske Rensning farlig, naar man ikke har at gøre med særlig paalidelige Folk, der drage Omhu for at fjerne ethvert Spor af Syre. En Syrerest vil tilmed hindre Malerfarves Adhæsion. Hellere maa man da nøjes med en mekanisk Rensning ved Skrabning samt Slibning med Smergel-lærred og Slibestensbrokker, selv om denne ikke kan naa at fjerne al Rust.

I den seneste Tid anbefales til større Jærnkonstruktioner meget den i Amerika opfundne Rensning med Sandblæst, d. s. med Sand, der ved en Injektørvirkning er revet med af en Luftstrøm og netop rigtig kan naa ind i alle Kroge, se Deutsche Bauzeitung, 1898, S. 3.

Det er imidlertid ikke Stedet her at komme nærmere ind paa Spørgsmaalet om, hvorledes Jærnkonstruktioner bør renses for Rust, ej heller paa det overordentlige vigtige Spørgsmaal om, hvilke Rustbeskyttelsesmidler man skal anvende ved Jærnbros og andre Jærnkonstruktioner til at overtrække Jærnet med. Disse Spørgsmaal henhøre nemlig nærmest under Material-læren men ville dog delvis blive behandlere i II Del i Afsnittet om Fuldendelsesarbejder.

Her skal blot anføres, at efter *Simons* Undersøgelser Rust under Malerfarve ikke alene skal skyldes mangelfuld Rensning for Malingen, men især, at Malerfarven oftest er hygroskopisk og udsat for Fugtighed svulmer op og bliver gennemtrængelig for den. Naar der da f. Eks. navnlig paa skjulte Steder af en Jærnbros etc. samler sig Draaber som blive hængende i længere Tid, vil der, ved at Jærnet ved Afkøling trækker sig mere sammen end Farvelaget, kunne opstaa en Luftfortynding og suges Fugtighed ind ikke blot gennem de ved Jærnets stærkere Udvidelse under Opvarmning opstaaede Revner i Farvelaget, men ogsaa gennem Farvelaget selv, — se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 305, S. 285. *Simons* Forsøg ere imidlertid skarpt kritiserede af *Andés* i: Der Eisenrost, 1898, S. 113.

Hvad Kalk, Cement og Gips's Virkning paa Jærn angaar, skal følgende anføres:

Jærndeale, der ere lagte i frisk Kalkmørtel, og især smedeligt Jærn, mindre Støbejærn, — se om Forskellen mellem disse Jærnsorters Tilbøjelighed til Rust nærmere nedenfor, Lin. 4 f. n. — blive angrebne i kort Tid, og Virkningen trænger hurtig i Dybden. Med de nærmest liggende Dele af Mørtelen danner Rusten formelige Skæl, der let løsne sig. Tilmed suge de begærlig Fugtighed fra den omliggende Mørtelmasse til Jærnet, saa at dette, hvis det er tyndt, hurtigt ædes igennem.

At det ikke gennemædte Jærn skulde blive mere krystallinsk og skørt — se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 216 —, maa vistnok betvivles.

Gibs skal i mindre Grad have lignende Virkning paa Jærnet.

Baade i Kalkmørtel og Gibs skal den ved Jærnets Rusten bevirkede Volumenforøgelse kunne medføre Sprængning af de paa-gældende Bygningsdele.

Derimod holder Jærn sig i Cementmørtel, ja synes ligefrem at beskyttes deraf, hvad der er af stor Betydning ved Monierkonstruktionerne. Selv en Paastrygning af en tynd Portlandcement-Vælling skal virke meget beskyttende paa Jærn.

I det i Noter, S. 81, citerede Værk, Schäden an Dampfkesseln, Hefte I, S. 9, anbefales en saadan Paastrygning til den ydre og indre Lokomotivkedeloverflade. I samme Værks Hefte II, S. 23, anbefales det at begrænse Dannelsen af vorteformede Gruber indvendig paa Dampkedelplader ved at smøre Portlandcement i dem, og der tilføjes, at hvis der findes enkelte dybere Gruber, kunne de udbedres med Nitter, men er der mange, maa Pladen udveksles med en ny. I Følge *Rasmussens* S. 83 citerede Værk, S. 349, kan man, naar Trykket i en Skibskedel er moderat, overstryge Inderskallens Plader med et ganske tyndt og Yderskallens med et tykkere Lag Cement, efter at man forinden har rensat og tørret Pladerne.

Faststampning af Ler om Jærnrør, der ere nedlagte i en Rende, skal — se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 216 — kunne virke fortærende paa Jærnet.

Jo flere fremmede Bestanddele, der ere i Jærnet, des vanskeligere plejer det at ruste. Støbejærn er saaledes mindre tilbøjeligt dertil end smedeligt Jærn. Det er undertiden paastaaet, at Bessemer- og Martinstaal skulle ruste lettere end Svejsejærn, men det er næppe Tilfældet.

Se herom den tekniske Forenings Tidsskrift, 1896—97, S. 245. Om nogle Aar kan der ventes offentliggjort Resultat af sammenlignende Forsøg med Dampkedelplader af de to Materialier, — se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 230. Nikkelstaal staar sig forholdsvis godt mod Rust, se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 278.

Hvis der i Jærnet er Slagge til Stede, eller er udsajgret afvigende Forbindelser, vil der i tilstedeværende Vand eller Opløsninger fremkomme galvaniske Strømme imellem Jærnets forskellige Dele, og det derved dannede Ilt er »in statu nascendi« endnu tilbøjeligere til at angribe Jærnet end ellers.

Endnu stærkere Strømme kunne faas, naar der er andre Metaller til Stede; og hvis Jærnet bliver positiv elektrisk, saa at den ved Vandets Dekomposition dannede Ilt kaster sig over Jærnet, vil Rustdannelsen da kunne befordres meget stærkt, hvorimod Rustdannelsen vil kunne hindres eller i al Fald hemmes, naar Jærnet bliver negativ elektrisk.

Ved at hænge Zinkblokke i en Dampkedel, kan saaledes Rustdannelse hemmes; ligeledes kan man, ved at forzinke — »galvanisere« — Jærnplader og Jærntraad, beskytte Jærnet mod Rust selv paa mindre Steder, hvor Zinkdækket tilfældig springer af. Derimod vil Fortinning eller Forkobring virke i modsat Retning, da Tin og Kobber blive negativ elektriske, naar de indtræde i en galvanisk Strøm med Jærn. Hvor Fortinning springer af, vil derfor Jærnet netop fortæres raskt, da tilstedeværende Fugtighed dekomponeres saaledes, at Iltten kaster sig over Jærnet. Men Fortinning sidder i Reglen fastere end Forzinking, der ofte let springer af, naar Jærnet bøjes.

Imellem en Skibsskrue af Bronze og Staalpladerne, hvormed et Skib er beklædt, vil der komme en galvanisk Strøm, der vil angribe Staalpladerne. Man kan sikre sig herimod ved passende Zinkbeskyttere, hvorom straks nærmere.

For at give Vandet frit Løb fra Skruenavet, sættes der paa dette uden om den Møtrik, der fæster Skruen til Skrueakslens Ende, en Hætte af Zink eller Bronze. Uden en saadan Hætte vil Skrueakslen, der er af Staal, blive angrebet af en galvanisk Virkning, hvis Skruen f. Eks. er af Bronze.

Hvis Hætten gøres af Zink, kan den da tillige tjene som Zinkbeskytter — se ovenfor. I Stedet for en Zinkhætte, fæstet til Skruenavet, kan som Zinkbeskytter ogsaa bruges en massiv Zinkspids, som skrues til Møtriken, der holder Skruen paa Plads, — se *Rasmussens* S. 83 anførte Værk, S. 175.

Destilleret Vand kan i en Kondensator angribe Kobberet og føre det ind i Kedlen, hvor det lejrer sig og frembringer grønne Pletter paa Kedelstenens Underside, og der optræder en lokal galvanisk Strøm, som angriber Jærnet, — se samme Værk, S. 354.

79. Jærnets Forhold overfor Syrer og andre Ætsemidler. Jærn behandles navnlig med Syrer, f. Eks. fortyndet Svovlsyre eller Saltsyre, for at renses, eller som det kaldes, bejdses. En saadan Bejdsning, der opløser Rust, Glødskal og lidt Jærn, foretages f. Eks. med Sager af Jærnblik inden Fortinning eller Forzinkning, ligeledes f. Eks. med Jærntraad, — jvfr. S. 85, Lin. 7 f. o. —, som man, inden den trækkes videre, ønsker at befri for Glødskal. Om Rensning af Jærnkonstruktioner, f. Eks. Jærnbroer se sammesteds.

Om den ved Bejdsning af Genstande af smedeligt Jærn eller Staal fremkommende Skørhed, Bejdseskørhed, der hidrører fra Brintudviklingen, ville Oplysninger blive givne i § 102, S. 117

I mange Tilfælde vil man i Praksis faa Jærnet angrebet af Syrer, hvor saadant kan være skadeligt eller ligefrem farligt. Syren virker dels direkte, dels ved at fremme Rustdannelse. Saaledes er der S. 34, Lin. 16 f. n. omtalt, at Kulrøg kan give Svovlsyredannelse og samtidig anført et Eksempel paa den skadelige Virkning, som svovlsyreholdig Røg kan have paa Omgivelserne. Brændes f. Eks. i Dampkedelfyr stærkt svovlholdige Kul, kan der komme Angreb af Svovlsyre ikke blot paa Kedlen selv, men f. Eks. paa en Jærnskorsten, hvis en saadan bruges. I Nærheden af menneskelige Boliger er der næsten altid Svovlbrinte til Stede, der af salpetersyrlig Ammoniak i Luften lader sig ilte til Svovlsyre, som derfor regelmæssig kan paa-vises i Rustdannelser, der opstaa under saadanne Forhold. Angaaende den skadelige Virkning, som Fedtsyrer kunne have, der opstaa ved at Fedtstoffer destrueres, kan henvises til et Eksempel i *Borchs Maskinlære* I, 3die Udg., 1898, S. 228.

Ved Anvendelsen af stærke Syrer og andre Ætsemidler kan man ofte komme til Erkendelse om Jærns Struktur og om Fejl deri, saasom usunde Svejsninger, Indhold af Slaggekorn, Blærer i Staal. Det nærmere om saadanne Ætseprøvers Udførelse henhører under Materiallæren.

Telmajer anbefaler til disse Prøver i Stedet for Syrer en Ætse-vædske, bestaaende af en Opløsning af Jod i en Jodkaliumopløsning.

80. Jærns Optræden i Legeringer. Her skal kun omtales saadanne Legeringer, hvori Jærn optræder i ringere Mængder end andre Metaller, da andre Jærnlegeringer, saasom alminde-

lige Jærn- og Staalsorter, Nikkelstaal, Chromstaal o. s. v. ere omtalte tidligere.

Haardzink er en Legering af Zink med indtil 6 % Jærn. Den danner sig ved længere Smeltning af Zink i en Jærnkedel. Derfor fortæres ret hurtigt Jærnkedler i Galvaniseringsanstalter, baade Støbejærnskedler og svejste Staalkedler, men de sidste springe ikke saa let. Haardzink anvendes til Legeringen Delta-metal, som — se § 119 — er en Legering af Kobber, Zink og indtil 2 % Jærn.

En ny Legering: Duranametall, hvorom i § 119, og flere andre indeholde ogsaa Jærn.

c. Raajærns og Støbejærns Egenskaber og Anvendelse.

81. Raajærn. Om de fremmede Bestanddeles Rolle er talt tidligere. Bruddet af Raajærn er altid krystallinsk, idet Metallet er udkrystalliseret ved Overgangen fra smeltet til størknet Tilstand efter Fremstillingen. Ved Smeltning viser der sig Flammer over Jærnet, der skyldes brændbare Luftarter — navnlig Brint og Kulilte —, som ere opløste i det smeltede Metal, og hvorom nærmere Oplysning vil blive givet i II Del i Afsnittet om Støbning i Almindelighed.

De vigtigste Sorter Raajærn ere hvidt og graat.

Som det hvideste kan Spejljærnet betegnes, der har sit Navn af sin storbladede Struktur, som viser blanke Spejle. Det indeholder 4 à 5 % bundet Kulstof, intet Grafit, sædvanlig 5 à 15 % Mangan. Nær Spejljærnet staar Ferromangan med endnu noget mere bundet Kul og meget mere Mangan, — almindeligvis 30 à 50 %. Om Spejljærnets og Ferromanganets Anvendelser er der talt i det foregaaende, f. Eks. S. 32.

Almindelig hvidt Raajærn har sjældent over 3½ % bundet Kulstof, næsten intet Grafit og ikke meget Silicium. Det kan derfor ikke bruges til Bessemerstaalfremstilling, men meget godt til Fremstilling af Svejsejærn, — se Note 2, S. 20 — endvidere til Martinstaalfremstilling og, naar det er fosforholdigt nok, til Thomasstaalfremstilling, — se S. 31 Lin. 17 f. n. Hvidt Raajærn har en Vægtfylde af c. 7,6, og dets Smeltepunkt ligger ved c. 1050 °. Det er haardere end det graa og modstaar derfor bedre Slid. Men det egner sig ikke til Støbegods, da

dette vilde blive altfor haardt for videre Bearbejdning og tilmed skørt. Kun til Støbegods, der senere skal gøres hammerbart, altsaa forvandles til blødt smedeligt Jærn, anvendes hvidt Raajærn — se S. 65. Det saakaldte haardtstøbte Gods, hvis Overflade ønskes meget haard, fremstilles dog ikke af hvidt Raajærn, som vilde gøre Godset skørt helt igennem, men af saadant graat Raajærn, der, ved at støbes ud i Coquil for at faa Overfladen til at storkne hurtigt, faar en Skal af hvidt Støbejærn, som forklaret S. 64 i Slutningen af § 63.

I øvrigt kan angaaende haardtstøbt Gods henvises til midt S. 91 og til *Rejto's* S. 54, Lin. 16 f. o. anførte Anskuelse.

Hvidt Raajærn flyder trægere end graat.

Graat Raajærn skylder udskilt Grafit sin mørke Farve. Man har det lysegraat og mørkere indtil næsten sort. Det anvendes navnlig til Fremstilling af Bessemerstaal efter den sure Proces — se S. 31 Lin. 2 f. o. —, Martinstaal, og til Støbning af Jærnstøbegods undtagen saadant, der senere skal gøres hammerbart. En passende Sammensætning — se S. 64, Slutningen af § 63 — kan gøre det egnet til haardtstøbt Gods. Det har, til Dels formedelst den udskilte Grafit, et større Volumen efter end før Størkningen og fylder derved Formen godt, og af samme Grund en mindre Vægtfylde end det hvide Raajærn, nemlig 7,2. En Kubikmeter vejer altsaa 7200 Kg. En Kubiktomme vejer da ubetydeligt over $\frac{1}{4}$ t , saaledes at man, naar man udmaaler den altid noget større Støbemodel (— større, fordi Jærnet svinder ved Afkølingen efter Størkningen —), kan regne, at der til et Stykke Støbegods af samme Form medgaar $\frac{1}{4}$ t Jærn pr. Kubiktomme Model. Naar Modellen er af Fyrretræ, vil Godset veje 16 à 18 Gange Modellens Vægt —, selvfølgelig forudsat at Modellen omtrent har Form som det ønskede Gods. Graat Raajærns Smeltepunkt ligger ved c. 1200°. Det er blødere end det hvide og mindre skørt.

Som omtalt paa S. 18, Lin. 5 f. o., støbes graat Pigjærn i Sandforme, men hvidt ofte i Støbejærnsforme. Grunden til, at graat støbes i Sandforme, er, at man ved at støbe det i Jærnforme aldrig faar et saa grovkornet Raajærn og risikerer en hvid Rand, og da mange Jærnstøberier — heri Landet vel endog alle — endnu ved Indkøb bedømme Raajærn efter Bruddet, — hvis de ikke slet og ret forlade sig paa, at det paagældende Jærnværks Agent har anbefalet Jærnet til den foreliggende Anvendelse —, vilde Salget vanske-

liggøres, naar man støbte graat Pigjærn i Jærnforme. Efter *Ledebur* — se Stahl und Eisen, 1898, S. 214 — burde Jærnstøberierne imidlertid købe Raajærn efter en kemisk Analyse, thi ingen nok saa dygtig Støbemester kan bedømme Raajærn tilstrækkeligt efter Bruddet. Hvis det blev Coutume at købe efter Analyse, kunde Støberi-Pigjærn støbes i Jærnforme, og herved vilde Jærnstøberierne opnaa, at Pigjærnet var frit for vedhængende Sand, at det var lettere at slaa itu for at faa passende Stykker til Omsmeltningen og navnlig, at det blev lettere smelteligt, (idet det nemlig vilde indeholde mindre udskilt Grafit, altsaa mere bundet Kulstof), og vilde medføre Brændselbesparelse ved Omsmeltningen.

82. Støbejærn. Støbejærn faas ved Omsmeltning af Raajærn og Udstøbning. Det har i Hovedsagen samme Egenskaber som det Raajærn, der omsmeltes, men under Omsmeltningen sker der dog forskellige kemiske Reaktioner ved Jærnets Berøring med Brændslet og Forbrændingsluftarternes Indflydelse, hvorved Indholdet af fremmede Stoffer kan forandres og dermed Egenskaberne. Som omtalt midt S. 18 og S. 19 øverst bliver det omsmeltede Jærn mere ensartet i sin Sammensætning end Raajærn, og ved Omsmeltningen kunne passende Blandinger af forskellige Sorter ske. Krystallerne blive ved Omsmeltningen mindre, Bruddet altsaa mere finkornet. Navnlig vil ved Støbning af haardtstøbt Gods i Coquil, hvor det yderste hurtigstørknende Lag ikke faar Tid til at udkrystallisere i store Krystaller, dette vise et hvidt, meget finkornet Brud, medens den øvrige Masse er graat Støbejærn.

Om haardtstøbt Gods se i øvrigt øverst S. 90. Eksempler paa haardtstøbt Gods og dets Fremstilling ville blive givne i II Del.

Se herom endvidere *J. v. Schütz*: Der Hartguss und seine Bedeutung für die Eisenindustrie, 2te Aufl., 1890, udgivet af Grusonwerk, Magdeburg, — ikke i Boghandlen.

Om Sajgringer i Støbejærn se S. 41, Lin. 13 f. n.

Om Støbejærns Svind ved Afkølingen efter Udstøbningen i en Form ville nærmere Oplysninger blive givne i II Del under Afsnittet om Metallernes Støbelighed.

Vægtfylden er c. 7,25, saa at en Kubikmeter gennemsnitlig vejer c. 7250 Kg.¹⁾

¹⁾ Efter: Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau, 1893.

Hvad Støbejernets Styrkeegenskaber angaar, skal her anføres, at Styrken mod Træk i Reglen bør være over 12 Kg. pr. $\square$ mm Tværsnit, samt erindres om, hvad der S. 75 nederst er sagt om Siliciums Indflydelse.

Pr. $\square$ mm Tværsnit er Støbejernet stærkere, naar det ved Bearbejdning har mistet Støbeskallen. Dels er nemlig den egentlige Støbeskal umetallisk, se S. 79, Lin. 8 f. o., og selv svagere end Jærnet, dels sidder der ofte Blærer under den, og dels er den yderste Jærnskorpe storknet hurtigt, indeholder derfor mest Hærdningskul og er altsaa haardest og skørest, saa at et Brud lettest begynder deri. Endelig ville, naar Støbeskallen fjernes, Støbespændinger, som ere opstaaede formedelst den ulige hurtige Afkøling af den yderste Jærnskorpe og det indre Jærn, forsvinde eller delvis ophæves.

Hvad det sidstnævnte Forhold angaar, kan særlig henvises til Zeitschr. des Ver. deutscher Ing., 1889, S. 140—43, hvor *Bach's* Forsøg omtales, der konstaterede, at navnlig Støbejerns Bøjningsstyrke tiltager, naar Støbejernsstænger afdrejes. — Her skal ogsaa anføres, at Støbejernsstænger ved *Outerbridges* Forsøg — se Stahl u. Eisen, 1896, S. 434 og i kort Udtog i den tekn. Forenings Tidsskrift 1896—97, S. 159, endvidere i Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 181 og Stahl u. Eisen, 1898, S. 212 — have vist sig at vinde i al Fald i Bøjningsstyrke ved at blive udsatte for Rystelser, f. Eks. Rasling et Par Timer i en Tromle i den Hensigt at faa dem rense for vedhængende Formsand —, hvilket *Outerbridge* tilskriver, at Rystelserne give moleculære Forskydninger, hvorved nogle af Støbespændingerne forsvinde, — medens *Rejlo* giver en anden Forklaring, se S. 54, Lin. 14 f. o.

At Udglødning undertiden kan gøre Støbejernsgenstande mindre haarde og skøre er omtalt midt S. 66.

I øvrigt maa angaaende Støbejernets Styrkeegenskaber henvises dels til den tekniske Mekanik og Maskinlæren, dels til Materiallæren, som ogsaa omhandler, hvilke Fordringer, der maa stilles til det efter den Brug, som i de enkelte Tilfælde skal gøres deraf, samt de Prøver: Bøjningsprøver, Slagprøver, Trækprøver, Trykprøver, m. m. samt kemiske Undersøgelser, der anstilles med Støbejernet for at bedømme, om det tilfredsstiller disse Fordringer.

Her skal dog oplyses, at nogle af *Bauschingers* sidste Varighedsforsøg, (om Varighedsforsøg nærmere i § 104) synes at vise — se hans: Mitth. aus dem mech. techn. Lab. der kgl. techn. Hochsch. München, 25 Heft, 1897, S. 18 —, at Støbejern — ligesom smedeligt Jærn, hvorm S. 118 — gaar itu for et mindre Træk end Brudgrænsen (om Brudgrænsen se S. 59 nederst), naar dette Træk

mangfoldige Gange har vekslet med Aflastninger, og ligeledes efter mangfoldige Frem- og Tilbagebøjninger gaar itu for en mindre Spænding i de mest anstrængte Fibre, end ved en enkelt Bøjning. Forklaringen er formentlig den samme som for smedeligt Jærn, se § 106.

I mange Tilfælde anvendes nu Støbejærn, hvor det af Hensyn til den Fare, dets Skørhed kan afstedkomme, absolut burde erstattes af smedeligt Jærn, saaledes til forskellige Flanscher og Stutser ved Dampkedler, — se *Dingler's* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 227.

I andre Tilfælde, hvor man har haft Mistro til Støbejærn, f. Eks. til Støbejærnsøjler under en Ildsvaade, have Forsøg godtgjort, at det staar sig forholdsvis godt, hvorom nærmere i »Ingeniøren«, 1895, S. 188, Vulkan, 1897, S. 105, Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 215 og »Vergleichende Versuche über die Feuer-sicherheit gusseisener Speicherstützen, Hamburg, 1897.

Hammerbart Støbejærn er omtalt S. 65.

Omsmeltningen af Raajærn til Støbning vil blive omtalt i II Del. Oftest benyttes ved Omsmeltning en Del gammelt Støbejærn; jvnfr. S. 75, Lin. 7 f. n. og S. 76, Lin. 5 f. o. Samme Steds er anført, at der ikke sjældent tilsættes Ferrosilicium, ligesom at der undertiden tilsættes Staalaffald, hvorved man kan faa stærkt Støbejærn, der af Reklamen stundom benævnes med det slette Navn Halvstaal; — se The Digest of Physical Tests, 1898, p. 99. Om Tilslag se II Del.

d. Smedeligt Jærns Egenskaber.

83. Struktur og Brud. Strukturen er egentlig krystallinsk kornet. Alt Staal fremstillet i flydende Tilstand viser en saadan Struktur, og det samme er Tilfældet med Svejsejærn, naar Bruddet tilvejebringes paa rette Maade.

Jo kulstofrigere det smedelige Jærn er, des mere finkornet er Bruddet. Navnlig har det kulstofrigeste Digelstaal et meget fint Brud. Fosfor, som gør Jærnet koldskørt — se S. 76 nederst —, gør Strukturen grovkornet, og et grovkornet Brud er hyppigt Tegn paa meget Fosfor og Koldskørhed, men kan endog findes ved sejgt, svenskt, herdfrisket Jærn.

Grovkornet Brud er altsaa ikke altid Tegn paa Skørhed, — jvnfr. S. 115, Lin. 12 f. o. —, men dog hyppigt, se S. 101, Lin. 13 f. n.

Ved mekanisk Bearbejdning af Jærnet i usmeltet Tilstand saasom Valsning, Smedning etc. bliver Bruddet mere finkornet. Navnlig faa Staalblokke, hvis Brud efter Støbning er meget

grovkornet eller snarere bladet-krystallinsk, efter Udvalsning eller Udsmedning for at tætte Blærerne — se S. 27, Lin. 19 f. n. — en temmelig finkornet Struktur.

Naar en Stang er bleven finkornet ved Bearbejdning og derefter opvarmes til Hvidglødhede og ikke bearbejdes paa ny, bliver Strukturen igen mere grovkornet. — Forbrændt Jærn har grovkornet Brud. Rigtig hærdet Staal bør have fint Brud.

Udmærkede Undersøgelser over Staals Strukturforandring med Temperaturen skyldes *Brinell*, som fandt, at Opvarmning uden Bearbejdning først begynder at forandre grov Struktur til fin ved Hærdningstemperaturen, og at pludselig Afkøling altid fikserer den Struktur, der haves i Afkølingsøjeblikket, — se nærmere Jern-Kontorets Annaler, 1885, S. 9. Efter *Stead* — jvnfr. S. 79, Lin. 19 f. n. —, vil Staal med over 0,2 % C ved tiltagende Opvarmning over c. 750° — men ikke før — efterhaanden blive grovere krystallinsk, medens kulstoffattigere Staal, der ved Bearbejdning i Kulden er gjort finkornet, bliver helt grovkornet ved længere Opvarmning til c. 700°, — se nærmere Stahl u. Eisen, 1898, S. 649.

Man har hidtil ment, at en Udglødning af Staalstøbegods gjorde Bruddet finere, men efter *Arnolds* metallografiske Undersøgelser blive Krystallerne tværtimod meget større, se S. 115, Lin. 10 f. o. I det Hele vil man vistnok let komme til andre Meninger om et Bruds Krystallers Grovhed eller Finhed, eftersom man betragter Bruddet under Mikroskopet eller med det blotte Øje, ∴ betragter primære Krystaller eller Krystalhobe, — jvnfr. en Bemærkning i § 101, S. 115 Lin. 9 f. o.

En ejendommelig Struktur, den saakaldte senede Struktur, viser sig ved fosforfattigt Svejsejærn, naar Bruddet sker ved at trække Jærnet over med en efterhaanden tiltagende Kraft, eller naar man brækker det ved at gøre et Mejselhug i den ene Side og bøje det, saa at Indhugget gaber. Man ser da talrige Taver eller Sener, der forløbe i den Retning, i hvilken Jærnet har været strakt ud ved Smedning eller navnlig ved Valsning, og især ere de tydelige, naar Jærnet brækkes som nævnt, da det saa spaltes imellem dem. En regelmæssig langsenet Struktur er ved Svejsejærn Tegn paa Sejghed. /

Den senede Struktur hidrører fra, at Jærnet er blevet strakt ved en Temperatur under Svejsetemperaturen, hvorved de enkelte Korn eller Krystaller ere blevne forskudte paa langs i Forhold til hinanden og derved have dannet Taver eller Sener, som i øvrigt medføre, at Svejsejærnet er en Del svagere og meget mindre sejgt paa tværs end paa langs, hvad der kan være en

slem Ulempe f. Eks. ved Plader, der altsaa daarlig taale Bøjning paa den ene Led. Da Slaggeindblandingen i Svejsejærn var flydende ved den Temperatur, hvori Krystallerne strakte sig og gløde paa hinanden, lettede den denne Glidning. Man faar derfor i Staal fremstillet i flydende Tilstand højst kun Antydninger af senet Struktur, fordi der jo i dette Staal ingen Slagge er. Skønt Senedannelsen er Tegn paa Sejghed, vil man dog ved rigtig Behandling og passende kemisk Sammensætning altid kunne fremstille Staal, der har lige saa stor Styrke som og er sejgere end Svejsejærn, eller er lige saa sejt som og stærkere end dette. Thi Staalet er det slaggefri, renere Materiale, uden Svejsesteder, der — se S. 99, Lin. 14 f. o. — svække Materialet.

Som nævnt viser den senede Struktur sig, naar Bruddet sker ved at trække Jærnet over med en efterhaanden tiltagende Kraft, hvad der f. Eks. er Tilfældet ved Overtrækning paa en almindelig Jærnprøvemaskine —, eller naar man brækker det ved at gøre et Mejselindhug i den ene Side og bøje det, saa at Hugget gaber. I begge Tilfælde gaar der forud for Bruddet en betydelig Formforandring eller Deformation af Materialet paa Brudstedet. Den Forskydning af Krystallerne, som har været Skyld i den senede Strukturs Dannelse, bliver ved disse Brudmetoder ligesom fortsat, saaledes at der foregaar en yderligere Senedannelse henholdsvis over hele Tværsnittet ved Overtrækningen og over en Del af Tværsnittet ved Bøjningen efter Mejselhugget, og ved Bruddet viser Senedannelsen sig derfor mere udviklet, end den egentlig er. Derimod viser Senedannelsen sig slet ikke eller næsten ikke, naar Bruddet tilvejebringes uden eller næsten uden Deformation¹⁾. Hvis man f. Eks. i en Stang af senet Jærn drejer en i Bunden meget skarpvinklet Rille, og dernæst trækker Stangen over, sker Bruddet næsten uden Forlængelse. Et saadant Brud af senet Jærn vil hyppigst vise sig kornet.

Det samme vil ofte være Tilfældet, naar senet Jærn under Brugen springer ved et Stød. Saaledes vise Damphammerstempelstænger, der springe, f. Eks. ved at Godset er lagt skævt under, endvidere Kædeled, Vognaksler m. m., der ligeledes ere sprungne ved et Stød, hyppigt et grovkornet Brud, og man har da ofte, hvor man vidste, at de paagældende Genstande

¹⁾ Jvnfr. Barba's Homogenitetsundersøgelser, se Ingeniøren, 1897, S. 325.

vare lavede af senet Jærn, f. Eks. fordi en Trækprøve i sin Tid inden Genstandenes Fremstilling havde vist senet Brud, taget Anledning til at tro, at Materialet ved de mange Rystelser og Stød, det havde været udsat for ved Brugen, var gaaet over fra at have senet Struktur til at blive groft krystallinsk. Som det nærmere vil blive forklaret i § 105, er imidlertid denne Anskuelse fejlagtig, og Aarsagen til det grovkornede Brud en anden, se S. 122 nederst.

Som bekendt kan man efter Lyden af et Hammerslag paa en Jærnbanevognhjulsbandage bedømme, om den er revnet, ligesom man, ved at hamre paa en Bjælke, kan høre, om den er hul, eller ved at knipse til et Glas høre, om det har Fejl.

For at finde Blærer i smedeligt Jærn eller Fejl i en Svejsning, Støbning m. m. kan man tage Mikrofonen til Hjælp, hvilket er gjort i den saakaldte Schiseophon (Revnesøger). Den har en lille Hammer, som drives pneumatisk fra en Gummibold og slaar paa Godset i ét Værelse, medens Iagttageren staar i et andet Værelse, hvor han ikke kan høre Slagene direkte, men kun høre dem i en Telefon, naar de træffe over et Sted med Fejl i, se Industriforeningens Tidsskrift, 1892, S. 101.

84. Vægtfylde. Smedeligt Jærns Vægtfylde er 7,6 à 7,85. En Kubikmeter Svejsejærn vejer i Reglen 7800 Kg., en Kubikmeter Staal 7850 Kg.¹⁾. Jo flere umetalliske Stoffer, Jærnet indeholder, jo mindre er Vægtfylden. Den stiger ved Trækning og endvidere i alt Fald ved kold Valsning og Smedning som nævnt S. 58, Lin. 8 f. n.

Den synker ved Staalets Hærdning, hvorom S. 103, Lin. 14 f. n.

85. Smedelighed. Jærnets Smedelighed og Valselighed, hvorved navnlig forstaas dets Smedelighed og Valselighed i Rødgldhede, afhænger af dets Sejghed, der stiger med dets Renhed. Jo mere Kulstof det indeholder, des vanskeligere lader det sig smede. Raajærn med dets store Kulstofindhold lader sig slet ikke smede. Kulstofrigt Staal varmes til Smedning kun til svag Kirsebærrødgldhede, da det ellers bliver forbrændt, se midt S. 79. Kulstoffattigere Staal taaler højere Temperatur, kulstoffattigere Svejsejærn lys Hvidgldhede.

¹⁾ Se de i Noten S. 91 citerede »Normalbedingungen«.

Om at Svovl i visse Mængder og Jærnilte i noget større Mængder gør Jærnet rødskørt, er der talt S. 76 og 78, sidstnævnte Sted tillige om Raaskørhed ved Svejsejærn.

Alt smedeligt Jærn er skørt, efter at det er hørt op at gløde, og overfor langsom Paavirkning navnlig, medens det er 200 à 300 ° varmt. Da denne Skørhed oprindelig især blev bemærket samtidig med, at ved Afkøling af det glødende Jærn den blaa Anløbsvarme kom til Syne, — ved c. 300 °, se S. 105 — kaldes den Blaaskørhed. Overfor Stød og Slag er den størst ved højere Temperatur — endog indtil 500 °. Derfor bør f. Eks. Staal, der smedes under Damphammer, være mindst 600 ° varmt, men kan være koldere ved Smedning med hydraulisk Presse, — se II Del.

Angaaende Blaaskørhed kan henvises til den i § 108 citerede Afhandling i Ingeniøren, 1895, S. 102, der handler om *Martens'* Undersøgelser, ved hvilke, naar Indsnøringen ved en Trækprøve var Maal for Sejgheden, denne blev funden at være mindst ved en Temperatur af c. 300 °. Af de der viste Kurver mener i øvrigt *Bach* at kunne slutte — se hans »Die Maschinenelemente«, 6te Aufl., 1897, S. 65, — at Blaaskørheden er størst ved 280 ° à 290 °. Dette svarer omtrent til violet Anløbsfarve. Efter *Rudeloffs* Undersøgelser — se midt S. 126 — er Skørheden størst ved noget lavere Temperatur. Efter nogle nye Undersøgelser over Blaaskørhed — se Industriforeningens Tidsskrift, 1897, S. 181 — fandtes Skørheden mod Bøjning størst ved bleggul Anløbsvarme. I Følge A. *Le Chatelier* — commission des méthodes d'essai, première session, tome II, 1895, p. 323, — er Skørheden mod Stød og Slag størst ved højere Temperatur, nemlig som nævnt indtil 500 °.

Smedning, medens Jærnet er blaaskørt, er langt farligere end Smedning i kold Tilstand. Ofte fremkommer der derved saa fine Revner, at de ikke bemærkes. Stænger, som i kold Tilstand og i Rødgldhede lade sig bøje 180 ° og slaa fladt sammen uden at revne det mindste, brække i Blaavarme, længe før en Bøjning paa 180 ° er naaet. Det i flydende Tilstand fremstillede Staal bliver ved Afkøling under Rødgldhede formentlig tidligere blaaskørt end Svejsejærn. Aarsagen til, at saadant Staal endnu i Forhold til Svejsejærn kun saa lidt benyttes i almindelige Smedeværksteder, er til Dels dets mindre Svejselighed, men ogsaa at Smedene behandle det som Svejsejærn, d: dels ikke bære sig rigtig ad ved Svejsning, hvorom nærmere i næste Paragraf, dels smede paa det, efter at det ikke gløder mere, og ikke behandle de haardere Staalsorter med nød-

vendig Omhu, og derved faa uventede Brud, som de give Materialet Skylden for, medens Skylden nærmest ligger i deres egen Ukendskab til, hvorledes det bør behandles.

En Del Oplysninger angaaende disse Forhold findes i Industrieforeningens Tidsskrift, 1891, S. 251.

I Kontrakter om Levering af Jærn- og Staaldele vil det være rigtigt at bestemme, at de ikke maa bearbejdes mellem f. Eks. 100 ° og tydelig Rødgldhede. Heller end at behandle dem imellem disse Temperaturer, maa man om fornødent bearbejde dem koldt.

Derfor maa man heller bøje Dampkedelplader koldt end bøje dem glødende med den Risiko, at Rødgldheden ikke bevares, indtil Bøjningen er sket — jvnfr. midt S. 112 og se Ingeniøren, 1895, S. 211. Ofte angives, at Staal er mere blaaskørt end Svejsejærn, saaledes f. Eks. mod Bøjning — se A. Le Chateliers S. 97 citerede Afhdlg., p. 323. Efter andre Forsøg synes det bløde Martinstaal at taale Bøjning i Blaavarme bedre end Svejsejærn og haardt Staal, se Stahl u. Eisen, 1894, S. 345. Rudeloff har ved forskellige Forsøg fundet Svejsejærns-Dampkedelplader mere blaaskøre end Staal-Dampkedelplader, og af disse atter Martinstaals-Dampkedelplader mindre blaaskøre overfor Bøjning end Thomasstaals, — se Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1889, S. 103 o. f. og 1890, S. 294.

Om andre Ulemper ved Blaaskørheden end dem, der vise sig ved Smedning, Valsning etc., vil der blive givet Oplysninger S. 126, Lin. 11 f. n.

86. Svejsselighed. Hvad Jærnets Svejsselighed angaar, er det reneste Jærn det mest svejselige. Derfor er Støbejærn¹⁾ og saadant Staal, som er rigt paa fremmede Bestanddele, usvejseligt. Staal med 1 % Kulstof plejer endnu at lade sig svejse, stundom endog Staal med 1,2 %. Svejsejærn er bedst svejseligt, da dets Svejsetemperatur ligger højest, hvorfor Slaggen ved dets Svejsning flyder let, i alt Fald ved Bestrøning med Sand. For svejseligt Staal fremstillet i flydende Tilstand ligger Svejses-temperaturen derimod lavere f. Eks. ved lys Rødgldhede, og ved denne Temperatur er Slaggen vanskeligere at faa til at flyde, selv ved Tilsætning af et »Svejsapulver« f. Eks. bestaaende af Boraks m. m. Til saadant Staals Svejsning maa altsaa an-

¹⁾ Her ses bort fra den elektriske Svejsning, ved hvilken ogsaa Støbejærn er svejseligt.

vendes en mindre stærk Opvarmning end til Svejsejærns, men meget raske Hammerslag, hvad mange Smede ere ukendte med. Da Staal imidlertid er vanskeligere at svejse, fremstilles store Staalsmedestykker i Reglen af endnu større Blokke, som smedes ned til passende Dimension saa vidt mulig uden Svejsninger, medens store Smedestykker af Svejsejærn tværtimod maa dannes af mange mindre Stykker ved Sammensvejsninger, — se f. Eks. *Hannover*: Aut. Forelæsnings tegninger, Pl. 41, Fig. 1—10.

Af Svejsejærnets Svejselighed gør man allerede Brug ved Behandling af Lupper og Katte, som omtalt S. 22 nederst. Ved den gentagne Strækning af de tynde Stænger drives Slaggen godt ud, — bedre end om man straks smedede Luppen ud i Form af en Brugsgenstand.

Da Svejssteder aldrig ere saa stærke som usvejste, findes der i alt Svejsejærn fra Luppernes og Kattenes Svejsning svage Steder, som ikke findes i Staal fremstillet i flydende Tilstand.

Saaledes kunde de tidligere brugte Jærnbaneskinner af Svejsejærn, med Hoved af Svejsestaal, i Tidens Løb revne i Svejsningerne.

87. **Smeltelighed.** Om smedeligt Jærns Smeltetemperatur er der givet Oplysninger i det foregaaende S. 20, Lin. 5 f. n. og S. 25, Lin. 2 f. o.

Navnlig *H. Le Chateliers* Undersøgelser med hans elektriske Pyrometer have medført, at Smeltepunkterne nu angives betydelig lavere end tidligere, — se *Comptes rendus*, 1892, vol. 114, p. 471, og *Industriforeningens Tidsskrift*, 1893, S. 201. Naturligvis ere Temperaturerne i Ovnene eller ved Udstøbningen højere end Smeltepunkterne.

88. **Haardhed.** Hvad det smedelige Jærns Haardhed angaar, er det rene Jærn blødest, og Haardheden vokser med Indholdet af fremmede Bestanddele, navnlig med Mængden af Hærtningskul, se S. 68. Det er ogsaa tidligere omtalt, at Chrom og Wolfram gøre Digelstalet haardt.

De wolframrigere Sorter Digelstaal ere saa haarde, at de ridse Glas, og de hærdes ikke før Brugen.

Ved saadan mekanisk Bearbejdning i kold Tilstand, der bevirker en Formforandring ved at forskyde Delene af smedeligt Jærn i Forhold til hinanden, saasom Valsning, Trækning, Smedning, Presning, Trykning og Drivning, stiger Haardheden og Stivheden og dermed Styrken,

medens Sejgheden aftager, altsaa Skørheden¹⁾ tiltager, saaledes som det S. 58 nederst er angivet at være Tilfældet ved alle strækbare Metaller. Undertiden benytter man sig af Bearbejdningen i kold Tilstand for at tilvejebringe en større Stivhed. Saaledes ere koldtvalsede Aksler tilsidst valsede koldt for at gøre dem mindre tilbøjelige til at vride sig (— samtidig spares iøvrigt ogsaa Afdrejningen —), og stundom bruger man at overhamre blødere Jærn i kold Tilstand — Stivhamring —, for at give det en vis Stivhed og dermed Fjederkraft, hvorved simple Fjedre kunne tilvejebringes af blødt Jærn. Langt oftere ønsker man at være af med den ved nævnte mekaniske Bearbejdninger fremkomme Haardhed og Stivhed eller den dermed forbundne Skørhed, og som Middel hertil anvendes da Udglødning, o: den S. 59 omtalte Glødning med paafølgende langsomme Afkøling, hvorom nærmere i § 101. Ved Mejsling, Klipning og Lokning bliver kun den Del af Materialet, der er Snittet nærmest, haard og skør, nemlig formedelst den Komprimering — se nederst S. 58 —, som Materialet faar paa begge Sider af Snitlinien. Navnlig spiller dette en Rolle ved Lokning, men da Virkningen med Hensyn til Skørhed her er vigtigere end med Hensyn til Haardhed, ville de herhen hørende Forhold blive nærmere behandlede under Omtalen af Styrkeegenskaberne, § 99.

Rejtos Forklaring af, hvorfor Sejgheden tager af ved kold mekanisk Bearbejdning og atter genvindes ved Udglødning, er angiven kortelig midt S. 55.

Af samme Grund tager Haardheden til — jvnfr. S. 60, Lin. 3 f. n. — ved mekanisk Bearbejdning, og af ved Udglødning.

89. Hærdelighed. Oversigt over Hærdning og Anløbning. Vi komme nu til, hvorledes man udfører Hærdning²⁾ og Anløbning. Jærn med 0,5 % Kulstof³⁾ og derover — altsaa Svejsestaal og haardt Staal, se S. 11, Lin. 4 f. n. — kan jo nemlig hærdes, se S. 11 øverst. Hærdningens Teori er allerede omtalt S. 70 o. f. Til skærende Værktøjer anvendes som omtalt samme Steds næsten udelukkende Digelstaal, til andre og

¹⁾ Om Skørhed ved Blaavarme etc., Blaaskørhed, se S. 97, Lin. 9 f. o.

²⁾ Af Litteratur kan fremhæves *Fr. Reiser: Das Härten des Stahles*, 2te Aufl., 1896.

³⁾ Staal fremstillet i flydende Tilstand er hærdeligt for et noget mindre Kulstofindhold end Svejsjærnet.

navnlig grovere Værktøjer ogsaa andet Staal. Som omtalt S. 48 i Slutningen af § 55 beror alle skærende Værktøjers Evne til at skære i andre Metaller paa deres Haardhed. Man beholder dog i Reglen ikke Værktøjer saa haarde som muligt, — kun File og faa andre Værktøjer beholdes glashaarde —, da Hærdningen som omtalt S. 73, Lin. 16 f. n. har medført en ubehagelig Skørhed; tværtimod anløber man næsten altid de hærdede Værktøjer for igen at berøve dem noget af Skørheden — se S. 74, Lin. 7 f. n. —, hvorved ogsaa noget af Haardheden gaar tabt, og oftest er det overhovedet kun den arbejdende Ende af det skærende Værktøj, som man hærder og anløber for at beholde den øvrige Del helt blød og dermed fri for Skørhed. Paa en Mejsel hærder og anløber man saaledes kun Eggen; paa en Skruestik ere kun Kæberne hærdet Staal. Ogsaa andre hærdede Genstande end Værktøjer anløbes i Reglen.

Hvis man efter at have smedet et Stykke Værktøj endnu har det tilstrækkelig varmt, kan man ved at lade det køle sig langsomt af — se midt paa S. 59, — blive af med de Spændinger, der i Reglen ere til Stede efter Smedningen, og som ellers kunne medføre, at Staalet springer efter Hærdningen. Hvis man ikke saaledes har undgaaet at faa Spændinger i Godset, bør man efter Smedningen fjerne nævnte Spændinger ved en Udglødning inden den Glødning, hvorefter man hærder ved at dyppe i Vand.

90. Opvarmning til Hærdning. Opvarmningen til Hærdning sker hyppigst paa den almindelige Esse — se *Hannover*: Aut. Forelæsnings-tegninger Pl. 28, Fig. 4 —, hvorefter man, naar en passende Varme er naaet, dypper i koldt Vand.

Efter *Brinells* af Fagersta bruks Aktiebolag 1898 udgivne Skema for Hærdning m. m. — jvfr. S. 94, Lin. 9 f. o. — bør man altid for at modvirke Skørhed sørge for fin Struktur i hærdet Staal. Er Strukturen bleven grov ved for stærk Opvarmning — se S. 94, Lin. 16 f. o. —, bør Staalet derfor køles langsomt, til det ophører at gløde, og saa varmes paany til Hærdning, jvnfr. sammesteds, Lin. 11 f. o.

Trækulsild er bedst, da den ikke giver Staalet Anledning til at lide ved at optage Svovl af Kullene. Hvis man skal hærde mange Smaating, varmes de paa en Jærnplade, man har gjort glødende i Essen, eller bedre ved at lægges i en Stump Jærnrør, der er lukket i den ene Ende, og som drejes om sin Akse under Opvarmningen paa Essen.

Fortrinlige til Opvarmningen af Værktøj, der skal hærdes, ere særlige Gasovne, hvor der blæses Luft fra en Blæser til Gasflammen, ad et Rør udenom Gasbrænderen, saa at Flammen, som brænder et lille muret Rum, bliver meget varm. Til smaat Værktøjs Op-

varmning har man ogsaa Bunsenbrændere med Skærme, der brede Flammen fladt ud.

Undertiden sker Opvarmningen i Muffelovne, der have et lukket Rum, en Muffel, som hedes udvendig fra. Saaledes varmes Synaale til Hærdning paa en Jærnskaal, der skydes ind i Muffen, og paa samme Maade kunne Staalpenne glødes til Hærdning.

En ensformig Glødning til Hærdning f. Eks. af Fræser faas ved at dyppe dem i glødende smeltet Bly eller glødende smeltede Salte som kalcineret Soda, Kogsalt, Chlorzink o. s. v.

Staaltraad, som skal hærdes, kan trækkes gennem glødende smeltet Bly, se *Dingler's* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 264.

Om Opvarmning til Hærdning ved Hjælp af en elektrisk Strøm, se Industriforeningens Tidsskrift, 1896, S. 410. Efter *Lagrange* og *Hoho's* System sker den elektriske Opvarmning af Staalet under Vand, hvorved Glødskal skal kunne undgaas, og ved at afbryde Strømmen efter et Par Sekunders Forløb skal man kun have faaet selve Overfladen glødende, der derpaa straks hærdes i det samme Vand, — se *Joly's* Technisches Auskunftsbuch, 1897, S. 340.

Medens ved denne Proces som nævnt Glødskal skal kunne undgaas uden særlige ekstra Foranstaltninger, ligesom Tilfældet er ved Opvarmning i glødende smeltet Bly eller Salte, maa saadanne Foranstaltninger undertiden tages ved de andre Opvarmningsmaader, f. Eks. naar Staalet er blankt eller har fine Forsiringer. Medallestempler glødes liggende i en Jærnskaal med Trækul omkring det nedadvendende Præg. File bedækkes inden Glødningen med en Hærdemasse f. Eks. af Kogsalt og Bærme. Bærmen virker ved sit Kulstofindhold. Saltet smelter ved Glødningen og danner et Lag paa Filen, der holder Luften ude, og som ved Dypningen forarsager stærkere Hærdning. Andre Metoder i samme Øjemed findes f. Eks. angivne i *Karmarsch-Fischers* S. 6, Lin. 5 f. o. citerede Værk, 2det Bd., S. 19.

91. Afkøling til Hærdning. Naar Opvarmningen til Hærdning er sket, dypper man almindeligvis Staalet i koldt — dog i Reglen ikke iskoldt — Vand, som man har i Essetruget.

I varmt Vand hærder Staalet mindre stærkt, i kogende slet ikke.

Om Anvendelse af disse Forhold, se S. 107, Lin. 16 f. n. og negativ Hærdning S. 108, øverst.

I Reglen bevæges Staalet rundt i Vandet for at bringe det i Berøring med større Masser af koldt Vand, eller det hærdes i en Vandstraale.

Ved at bevæge Staalet rundt i Vand, afkøles det i Virkeligheden uens og kan derfor kaste sig, se S. 103, Lin. 13 f. n. Det maa hellere

dyppes dybt lodret eller, hvis kun den nederste Ende skal hærdes, bevæges som angivet S. 104, Lin. 5 f. o.

Medaillestempler hærdes imellem to centrale Vandstraaler.

Undertiden gør man Vandet bedre ledende, f. Eks. med fortyndet Svovlsyre eller med Kogsalt, hvilket sidste bruges ved Hærdning af File. Herved faas noget større Haardhed. Ønskes Vandet mættet med Salt, hænger man en Kurv eller Sæk med Salt i Vandet. Ellers kan man med en Kartoffel prøve Vægtfylden (Saltholdigheden). Dypning i Kvægsolv giver endnu større Haardhed.

Ofte ønsker man en slettere Varmeleder end Vandet, f. Eks. Olie, eller anvender Vand med et Olielag paa, hvorved det rødglødende Staal først dyppes i Olien, og først dernæst naar ned i Vandet. Derved faas en ringere Haardhed og mindre Fare for den i næste Paragraf omtalte ved Hærdningen undertiden opstaaende Kastning samt Revner.

En herhen hørende Hærdning af Værktøjsstaal, der skal være i Brug i Schweiz, er omtalt i Industriforeningens Tidsskrift, 1892, S. 240.

Ved Hærdning af Synaale eller Staalpenne, der ere glødende som omtalt i forrige Paragraf, udrystes de glødende Naale eller Penne i et Kar med Olie eller Tran.

Damascenerklinger, — om Damast se S. 29 nederst — hærdes efter Sigende blot ved at svinge dem i Luften.

92. Formforandringer ved Hærdning. Ved Opvarmningen til Hærdning vider Staalet sig ud, og ved Afkølingen trækker det sig sammen, men formedelst Afkølingens Pludselighed faar det ikke Tid til at trække sig saa meget sammen, som det videde sig ud. Følgen bliver i alt en Volumenforøgelse. Volumenforandringerne kunne imidlertid medføre Kastning, eller maaske Revner og endog Sprængninger. Ofte ske Sprængningerne først efter nogen Tids Forløb.

Kastningen kan foruden fra en uensartet Opvarmning eller Afkøling ved Hærdningen hidrøre fra, at Staalets Dele ere ulige komprimerede ved den forudgaaede Smedning. Som omtalt S. 54, Lin. 8 f. o., mener *Rejto*, at ogsaa indesluttet, stærkt spændt Luft kan være en af Aarsagerne til Skørheden. En Staalstang udvider sig paa tværs ved Hærdningen, men trækker sig lidt sammen paa langs. Af Udvidelsen ved Hærdning kan man benytte sig, f. Eks. naar en Bolt er bleven løs i sit Hul, idet man da hærder Boltten, eventuelt tillige Hullet, hvorved Boltten igen kan komme til at sidde stramt.

For at hindre Kastningen og Revnerne dyppes Genstande, der paa forskellige Steder have meget uens Tykkelse, med den tykkeste Del nederst, f. Eks. Barberknive med Ryggen nedad.

En Del File dyppes skraat. Ellers dyppes Staalet som Regel lodret. Naar kun Enden skal hærdes, dyppes først denne, et Øjeblik efter dypper man lidt dybere, hæver lige saa meget og vedbliver med at bevæge Staalet op og ned, indtil det er koldt. Herved faas en jævn Overgang fra hærdet til uærdet Staal og derved mindre Risiko for Brud.

I øvrigt er Faren for Kastning og Revner mindre ved Anvendelse af mindre koldt Vand eller Olie.

Ved Hærdning af Gods med store Dimensioner bør der træffes særlige Forberedelser til, at Hærdebadet holdes paa en konstant Temperatur, trods den fra Godset tilførte Varme. Hvis Hærdebadet f. Eks. er Vand, der skal holdes paa 0°, kan man sørge for, at den tilførte Varme bruges til Smeltning af tilsat Is. Andre Eksempler ere givne i Industriforeningens Tidsskrift, 1890, S. 183 og 207.

93. Partiel Hærdning. Ønsker man et Stykke Gods af smedeligt Jærn blødt og sejt, men hærdet paa et enkelt Sted, kan man dér lægge Staal for, o: svejse hærdeligt Staal til og hærde dette.

Det duer kun lidet i Stedet herfor at indsætte det paagældende Sted med Kali — se S. 24, Lin. 14 f. n.

Ønskes hele Overfladen hærdet, bruges den S. 24 omtalte Indsætning.

Om *Harveys* Hærdemetode se S. 24, Lin. 9 f. n.

Ønskes en Staalgenstand kun haard i den ene Ende, kan man nøjes med at varme denne inden Dypningen i Vand, eller man kan varme hele Stykket, men kun dyppe Enden, eller hærde hele Stykket men anløbe alt, undtagen nævnte Ende.

Saaledes anløbes, naar en Fil er hærdet, dens Angel ved at dyppe denne i smeltet Bly. Er der ved en saadan Anløbning Fare for at komme til at anløbe ogsaa den Ende af Godset, der skal forblive hærdet, kan denne stundom beskyttes mod Varmen ved at stikkes i en Roe eller Kartoffel.

Ønskes en Staalgenstand derimod haard undtagen i Enderne, f. Eks. en Staalvalse hærdet saaledes, at dens Tapper forblive bløde, omvikles disse med Jærntraad for derved at fastholde

paaklasket Ler, der ved Dypningen af den glødende Valse kan hindre Tappernes pludselige Afkøling og derved deres Hærdning.

Et Savblad maa udglødes dér, hvor Hullerne for Befæstelsen skulle bores. Man fatter bemeldte Steder med en glødende Tang.

Et enkelt Tilfælde af partiel Hærdning vil blive omtalt S. 107, Lin. 6 f. n.

94. **Anløbning.** Som omtalt S. 101, Lin. 4 og 15 f. o. bliver omtrent alt Værktøj m. m. opvarmet efter Hærdningen for at fjerne noget af den Spænding og Skørhed, der ved Hærdningen er kommen i Materialet. Derved vise sig ved følgende Temperaturer følgende Anløbsfarver:

ved c. 225 °	C. gul
— c. 265 °	- rødbrun
— c. 285 °	- violet
— c. 300 °	- blaa,

og derefter graa indtil Glødning.

Gult anløber man f. Eks. Dreje- og Høvlestaal samt almindelige Bor og Fræser, rødbrunt Spiralbor, violet anløber man Koldmejsler, Lokkestempler, Saksekæber, blaat Skraamejsler og andre Mejsler til Hugning i glødende Jærn samt Savblade til Træ. Er et skærende Værktøj anløbet for lidt, er det for haardt, springer Eggen let, er det anløbet for meget, da er Eggen for blød og »lægger sig«.

Af Genstande, der ikke bruges til Bearbejdningen af Metaller, Træ etc., men som dog hærdes og anløbes, kan nævnes Staalpenne, der anløbes gule eller blaa, Synaale, der anløbes gule eller violette, Barberknive, der anløbes rødbrune, Penneknive, der anløbes violette, Bordknive, der anløbes blaa, Fjedre, der f. Eks. anløbes violette, o. s. v.

Svejsejern og Støbejern løbe ogsaa an ved Opvarmning, ligesaa uhardet Staal, men til de derved fremkommende Farver, som ere ens med de nævnte, svarer ingen forskellig Haardhedsgrad efter pludselig Afkøling. En stor Del Genstande anløbes imidlertid blot for at dekorere dem med den smukke blaa Anløbsfarve, saaledes f. Eks. en Del Traadstifter, Smaaskruer, Visere, Haarnaale, m. m.

Opvarmning til Anløbning sker, ligesom Opvarmning til Hærdning, sædvanlig paa Essen. Da Sodning skjuler Anløbsfarverne, er Trækulsild bedre end Stenkulsild. Naar den rette

Anløbsfarve viser sig, dypper man i koldt Vand, da en hurtig Afkøling er at foretrække som anført S. 74, Lin. 13 f. n. Hyp-pigst bruges for Dreje- og Høvlestaal, Bor og andre Værktøjer, der kun skulle skære med den ene Ende, den saakaldte Anløb-ning bagfra, c: man gløder den Ende af Staalet, der skal skære, dypper en halv eller hel Tomme af den glødende Ende i Vand, hvorved den hærdes, gnider den yderste Del blank — se midt S. 74 —, og lader Varmen fra den endnu glødende Del trække ud og anløbe den blanke Ende. Naar den rette Farve er naaet, dypes Staalet helt i Vand.

Følgende kan herved bemærkes: Naar Staalet er gnedet blankt som ovenfor nævnt, hvorved Glødskallen fjernes, som hidrører fra Glødningen for Hærdningen, bør man viske det blanke Sted raskt med Haanden eller en Stump Klud etc., inden man dypper i det kolde Vand, thi ellers vil det efter Dypningen vise sig at være af én Farve, men, naar man først da afvisker det, af en anden, se *Joshua Rose: The Complete Practical Machinist*, 19th edit., 1897, p. 223.

Ved Anløbning bagfra bliver Staalet naturligvis blødere bag Eggen, og altsaa blødere, efterhaanden som det slibes.

Ved »Anløbning indefra« bliver hele Overfladen haardere end det indre.

I Stedet for at anløbe over Essen kan man anløbe ved at holde Værktøjet mod et glødende Stykke Jærn.

Man kan ogsaa anløbe i de Gasovne og Bunsenbrændere, som man, som omtalt S. 101 nederst og S. 102 øverst, kan anvende ved Glødning til Hærdning. Man har endog automatiske Anløbemaskiner, se *Am. Mach.*, 1898, p. 399.

Af andre Maader at anløbe paa, kan mærkes følgende:

Fjedre dypes i Fedt eller Talg, og dernæst varmes Fjedren over Essen, til Fedtet eller Talget er godt i Brand. Saa dypes de i Vand. Man kalder det at »brænde dem af«.

Fjedrene bør ikke fattes med en Tang under Afbrændingen, thi Tangen afleder for megen Varme paa Berøringsstederne. De ophænges derfor rettest i en Jærntraad.

Til Afbrænding af større Fjedre anvendes bedst Tran, hvoraf 4,7 Potter blandes med 2 Ø Talg og $\frac{1}{4}$ Ø Bivoks; til smaa Fjedre bedst Svinefedtolie, som brænder i Flamme paa Overfladen, og hvori Fjedrene holdes. En enkelt lille Fjeder kan man anløbe ved at omvikle den med Jærntraad, der kan holde paa Svinefedtolie, som

man ad den Traad, hvori man bærer Fjedren, lader løbe ned til denne, medens den holdes over en svag Ild, saa at Olien brænder i et Minut.

Skal et Stykke Værktøj anløbes ensformigt over en større Længde, hvad der f. Eks. forekommer med en Snittap, kan man anløbe i en Muffel eller i eller paa et Sandbad. Ønskes Anløbning ved en ganske bestemt Temperatur, kan Genstanden lægges paa en Tin-Blylegering med netop denne Temperatur som Smeltepunkt, og som varmes til begyndende Smeltning. Files Angel anløbes som omtalt S. 104 ved Dypning i smeltet Bly. Undertiden anløbes i smeltede Salte, jvnfr. S. 102, Lin. 8 f. o.

Smaaskruer, der skulle anløbes som Dekoration, spredes ud paa en glødende Jærnplade.

Staalpenne anløbes i en Jærntromle, der drejes over en Kulild. Synaale anløbes f. Eks. i kogende Tran. Om en Hærdning af Save med efterfølgende Anløbning imellem varme Stempler, se nederste Stykke nedenfor.

Ved Slibning af hærdet Staal paa en tør Slibesten kan den opstaaede Varme foraarsage for stærk Anløbning af Værktøj, der er passende anløbet i Forvejen. En Bordkniv, som er hærdet og anløben, mister i Haardhed ved ofte at blive vasket i kogende Vand. Der skal nemlig kun en ringe Varme til kendelig at berøve den Haardhed, naar denne Varme anvendes hyppig.

95. Specielle Hærdemetoder. Forædlingsprocesser for Staal-gods. Af S. 102, Lin. 9 f. n. fremgaar, at Staalet hærder mindre stærkt, naar det køles mindre pludseligt af end i koldt Vand. Man benytter sig undertiden heraf for at spare Anløbning. Ved den saakaldte direkte Preshærdning, se Stahl u. Eisen, 1897, S. 900 — undgaas tillige Kastning. Det glødende Stykke, f. Eks. en Rundsav til Arbejde i koldt Jern, klemmes i en Presse mellem Stempler, der ere saaledes passende varme, at Hærdningen ikke bliver stærkere, end at Anløbning senere kan spares. Ved Klemningen hindres Kastning. Stemplerne holdes ved direkte Preshærdning enten kolde uden videre eller af gennemstrømmende Vand, eller varmede af gennemstrømmende Damp eller Olie, Hvis Stykket er en Rundsav, ønskes Midten ikke hærdet. Dette kan naas ved at give Stemplerne et stort Hul i Midten. Hvis Tænderne ere stukkede, ere Hullerne i Stemplerne unødvendige.

Ved en Metode, der ligner direkte Preshærdning noget, hærder man Save i Fedt og anløber dem mellem varme Stempler i en Presse.

Den saakaldte negative Hærdning er ligesom den nedenfor omtalte dobbelte Hærdning egentlig ingen Hærdning, men en Forædlingsproces. Den bestaar — se Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 1348 og Stahl u. Eisen, 1896, S. 200 — i at give støbte og smedede Staalgenstande en Glødning med saadan efterfølgende Afkøling, at ingen Hærdning kan ske, men en Strukturforandring og dermed en mindre Skørhed naas. Man køler f. Eks. i kogende Vand eller hurtigt til 600°C . og derefter langsomt. Den bruges undertiden i Frankrig.

I en Del franske Værksteder er i de senere Aar den saakaldte dobbelte Hærdning meget brugt for Genstande af halvhaardt Staal, som man ønsker at berøve Skørhed og derved f. Eks. gøre særlig modstandsdygtige mod Stød og Slag. Den bestaar i, at Genstanden først hærdes efter en Opvarmning til c. 800° og derpaa opvarmes til en Temperatur af c. 600° , α : under Hærdningstemperaturen, men betydeligt over den højeste ellers brugte Anløbnings-temperatur (jvnfr. S. 105, § 94), og derpaa køles pludseligt af, hvorved Genstanden altsaa ikke bliver hærdet paany. Ved Processen skulle Spændinger fra Hærdningen fjernes i høj Grad, hvorfor den navnlig anvendes til Kanoner, Panserplader og andre store Smedestykker af halvhaardt Staal, saasom Maskindele, samt for mindre Stykker som Fjedre, Granathylstre m. m. Saavidt vides, lader Processen sig endnu ikke tilfredsstillende forklare. Om dobbelt Hærdning se: Bulletin de la société d'encouragement, 1895, p. 715 og 1349 og Stahl u. Eisen, 1896, S. 200 og 1897, S. 49 samt Dinglers polyt. Journal, 1897, Bd. 305, S. 263 og Vulkan 1897, S. 141.

Om andre Forædlingsprocesser for Staalgenstande, f. Eks. *Coffins* Proces, der er en Slags Anløbning indefra — se S. 106, Lin. 20 f. n. — af uuhærdeligt Gods, se *Reiser*: Das Härten des Stahles, 2te Aufl., 1896, S. 123.

96. Det smedelige Jærns Styrkeegenskaber samt Fremstillingsmaadens og den kemiske Sammensætnings Indflydelse derpaa. Hvad det smedelige Jærns Styrkeegenskaber angaar, α : Styrken og Sejgheden, saa afhænge de af mange forskellige Forhold.

Som Middeltal forlanges for Svejsejærn til Bygningsbrug en Styrke mod Træk af 35 Kg. pr. $\square$ mm i Valseretningen og 29 Kg. pr. $\square$ mm i en Retning vinkelret derpaa, samt en Forlængelse af henholdsvis 12 % og 4 % for 200 mm Maalelængde (om Maalelængde se S. 54, Lin. 21 f. n.). Forskellen mellem Svejsejærns Styrke og Sejghed paa langs og paa tværs, er allerede forklaret S. 94 nederst.

Som Middeltal forlanges for blødt Staal til Bygningsbrug en Styrke mod Træk af 40 Kg. pr. $\square$ mm. nemlig f. Eks. for Staalbjælker paa længden en Styrke af ikke under 37 og ikke over 44 Kg.

Minimum
 Som ~~Middeltal~~ forlanges for samme Materiale henholdsvis i og vinkelret paa Valseretningen 20 % og 17 % Forlængelse for 200 mm Maalelængde.

Styrken mod Træk tiltager noget, jo hurtigere Trækket udøves, jvnfr. S. 56, Lin. 4 f. o.

Forlængelsen plejer derimod herved at aftage.

Flydegrænsen hæves herved stærkere end Brudgrænsen, se A. *Le Chateliers* midt S. 125 citerede Afhandling.

At Fremstillingsmaaden har Betydning, vil allerede fremgaa af det foregaaende, hvor det f. Eks. paa S. 95, Lin. 11 f. o. er omtalt, at Staalet er det renere, slaggefri Materiale, som med samme Styrke kan forbinde større Sejghed eller med samme Sejghed større Styrke end Svejsejærnet.

At den kemiske Sammensætning har Betydning, er allerede omhandlet i Kapitlet om fremmede Bestanddeles Indflydelse. Der er dér gjort Rede for Indflydelsen af Kulstof, Svovl, Fosfor, Nikkel m. m. paa Styrken.

Se ogsaa *Jüptner*: Beziehungen zwischen Zerreißfestigkeit und chem. Zusammensetzung von Eisen und Stahl, 1895, og *Fr. Toldt*: Die Chemie des Eisens, Tabellarische Zusammenstellung der dem Eisen beigemengten Elemente u. deren Einfluss auf die Eigenschaften dieses Metalles, 1898. En Del forskellige Formler, der ere opstillede til Bestemmelse af Staalets Styrke og Forlængelse, naar man kender Sammensætningen, findes i *Baumaterialienkunde*, 1897—98, S. 309.

97. Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af kold Formgivning ved Delenes Forskydning. Om den mekaniske Bearbejdning's Indflydelse paa Styrke og Sejghed er der ogsaa givet Oplysninger i det foregaaende. Saaledes er der S. 99 og 100, § 88 gjort Rede for, hvilken Indflydelse kold Behandling, saasom kold Valsning, Trækning, Smedning, Presning, Trykning og Drivning have paa Jærnets Styrke og Sejghed, ligesom ogsaa for den Indflydelse, som Mejsling, Klipning og Lokning have, hvorom nærmere S. 112, § 99. Ved Trækning kan Styrken stige stærkt, endog til over 200 Kg. pr. □ mm. Galvaniseret Staal-Telefontraad har f. Eks. en Styrke af c. 140 Kg.

Interessante Undersøgelser over Aarsagen til, at Jærnbanskinner blive skøre ved Brugen, ere allerede for mange Aar siden gjorte af *Smith* — se Stahl u. Eisen, 1897, S. 304 —. Han viste, at naar man underkastede Skinner, der havde været i Brug i nogen

Tid, en Faldprøve, vare de skøre, skønt de ved *Leveringen* havde taalt Faldprøven meget godt, og navnlig sprang de let, naar Hovedet vendte nedad. Tillige beviste han, at Skørheden kun sad i Hovedets Overflade, thi hævlede man denne bort i 3 mm Dybde, var Skinnen igen næsten lige saa modstandsdygtig, som, da den var ny. For et Par Aar siden har *Stead* — se sammesteds — gentaget disse Faldprøver og tillige undersøgt Skinnerne mikroskopisk. Han fandt alle de af ham undersøgte brugte Skinners Struktur forandret i Hovedet til en Dybde af 0,1 à 0,5 mm, nemlig gjort meget haardere, og antog da, at Skørheden, som de fik ved Brugen, havde sin Aarsag heri.

Hvis Skinnerne havde været brugt en Del, viste der sig mikroskopiske Revner i denne haarde Overflade. Men selv om Skinnen var brugt i forholdsvis kort Tid og derfor ingen Revner havde endnu, var Skinnen dog skør. I dette Tilfælde forsvandt Skørheden ved en Udglødning, medens man, hvis Revner allerede forefandtes, maatte fjerne det skøre Lag for at give Skinnerne deres oprindelige gode Beskaffenhed tilbage.

Stead forklarer den hele Foregang, som efterhaanden gør Skinnen skør og efter nogen Tids Brug fremkalder de mikroskopiske Revner og tilsidst kan fremkalde Brud, saaledes: Naar hurtige Tog bevæge sig over Skinnerne, løbe de ikke regelmæssigt, men bevæge sig i Hop hen over Skinnerne, hvorved disse paavirkedes ligesom af Hammerslag, der komprimere — se S. 58, Lin. 9 f. n. — den øverste Skæl og gøre den skør ved denne kolde Bearbejdning. Ved Bremsernes Brug vil endnu en Formforandring ske, der ogsaa fremkalder Skørhed, nemlig en Forskydning af Skinnehovedets Overflade, som sandsynligvis er stærkere end den i modsat Retning af Lokomotivets Drivhjul udøvede Forskydning. Saa længe Skinnehovedets Overflade er hvælvet, vil Materialet deri i øvrigt ogsaa forskydes sidelæns, men naar den ikke mere er hvælvet, ville Forskydningerne paa langs fremkalde Revnerne, der efterhaanden blive dybere og dybere og kunne medføre Brud, naar en løs Laske eller en daarligt lejret Svelle muliggør en Strækning af Skinnehovedets skøre øverste Lag. I øvrigt erklærer *Stead* selv, at hans Forklaring ikke er uangribelig, og det maa være Fremtiden forbeholdt at opklare de herhen hørende Spørgsmaal fuldstændigt. Om *Andrews* Undersøgelser over Aarsagen til Jærnbanseskinners Skørhed vil der blive givet Oplysninger i § 106 —, om deres Skørhed i Kulde i § 107.

Der er her, hvor der f. Eks. er omtalt den Indflydelse, som Trækning udøver paa Sejgheden hos et Metal, der trækkes til Traad, og hvor der i det Hele er Tale om Bearbejdninger, der medføre en Anstrængelse af Materialet ud over Flydegrænsen, — se S. 56 — Anledning til at erindre om, at nogle af Hovedresultaterne af de Forsøg, der ere anstillede for at finde, hvorledes Flydegrænsen forandrer sig ved nævnte Bearbejdninger samt ved Træk ud over Flydegrænsen og efterfølgende Aflastning, etc., ere anførte nederst paa S. 58. Da disse Forhold imidlertid til Dels henhøre under den tekniske

Mekanik, skal her i øvrigt henvises til de i den tekniske Forenings Tidsskrift, 1889—90, S. 81 givne Meddelelser og til de *Bauschinger'ske*: Mittheilungen aus dem mech.-techn. Laborat. der k. tech. Hoch. München, 13 Heft, 1886, hvorfra de ere tagne. Nogle Oplysninger om, hvorledes Elasticitetsgrænsen forandrer sig, ere givne S. 51, o. f., og om, hvorledes Proportionalitetsgrænsen forandrer sig, maa henvises til S. 51 Lin. 10 f. n.

98. Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af varm Formgivning ved Delenes Forskydning. Der er her endnu kun omtalt den Indflydelse, som kold Formgivning ved Delenes Forskydning har paa Styrkeegenskaberne. Indflydelsen forandrer sig imidlertid med Temperaturen. Ved Blaavarme etc. lider Jærnet som omtalt S. 97 et betydeligt Tab af Sejghed. I Rødgloedehede eller endnu stærkere Varme vil Behandlingen, saasom Smedning, Valsning etc., hyppigt medføre en Tiltagen i Styrken, uden at Sejgheden tabes i mærkelig Grad.

Svejsejærns Styrke og navnlig Sejghed er større i Valseretningen end vinkelret derpaa — se S. 94 nederst —, medens der ved Staal er ingen eller kun en ringe Forskel, jvnfr. § 96.

Eksempler paa Forandringer i Jærns og Staals Styrkeegenskaber ved Smedning, Valsning m. m. ved forskellig Temperatur findes hos *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 3te Abth., 1894, S. 676 o. f.

Ved Valsning eller Smedning af glødende, støbte Staalblokke vil — se S. 27, Lin 15 f. n. — Styrken tiltage, og samtidig Sejgheden stige i betydelig Grad¹⁾. Ved Udsmedning af større Aksler etc. af saadanne Blokke gaar man saa vidt, at Tværsnittet bliver 3 à 6 Gange saa lille som oprindeligt²⁾, hvorved man sikrere faar dem gennemsmedede. Man opnaar da en betydelig Forædling af Materialet. Ved mindre Genstande drives den ofte endnu videre.

Om *Rejtøs* Anskuelser angaaende, hvorledes et Overskud af Luften i Staals Blærer gaar bort under Udglødning og navnlig under Fortætningen, er talt paa S. 53.

Hvis man ikke ved Udsmedning anvender en tilstrækkelig svær Hammer, f. Eks. ved Udsmedning af en svær Aksel, vil kun Overfladen strække sig i Længden, medens Midten ikke følger med, saa at Akslens Ende viser en Hulhed i Midten og derved inderst inde

¹⁾ Resultaterne af Forsøg ved Fagersta bruks Aktiebolag i Sverrig findes hos *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 3te Abth., 1894, S. 680.

²⁾ *Codron*: Procédés de forgeage dans l'industrie, I, 1897, p. 168.

har en Tendens til Brud, se The Journal of the Franklin Institute, 1898, Vol. 145, p. 250.

Om Styrkeegenskaberne Forandring ved Forandring af Temperaturen maa i øvrigt henvises til §§ 107 og 108.

99. Indflydelsen paa Styrkeegenskaberne af Behandling med skærende og klippende Værktøj. Med Hensyn til Mejslings, Klipnings og Loknings Indflydelse paa Materialets Styrke og Sejghed anførtes midt paa S. 100, at det kun var Materialet nær Snittet, som blev skørt, og det tilføjedes, at denne Skørhed navnlig spillede en Rolle ved Lokning. Dampkedler, Dragere m. m. ville saaledes kunne blive skøre, hvis Nittehuller slet og ret kun blive lokkede. Skørheden er noget større ved Staal end ved Svejsejærn. Formedelst de Ulykker, som heraf kunne resultere, bør der i Leveringsbetingelser for Dampkedler, Jærnbroer, Jærntage m. m. forlanges, enten at slige Huller skulle bores, eller at de, hvis de lokkes, skulle lokkes 5 mm for smaa i Diameter og derefter bores op eller rives op til rigtig Størrelse, hvorved det skøre Materiale fjernes.

v. Tetmajer anser Udboring eller Oprivning af et Hul til 2 mm større Diameter for utilstrækkelig for Staal, se Ingeniøren, 1895, S. 211, jvfr. 1895, S. 231.

Ved en Dampkedels Fabrikation navnlig af Staal er det da bedst kun at bore nogle faa Heftehuller, før Pladerne bøjes koldt (se S. 98, Lin. 11 f. o.) eller, hvis de ere tykke, varmt, da selv borede Huller, om end især lokkede, kunne give Anledning til Brist under Bøjningen — se Johnson: The Materials of Construction, 1897, p. 533 og Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1892, S. 456 —, og de lokkede Huller navnlig, hvis Bøjningen sker saaledes, at den Side af Pladen, der var nederst ved Lokningen, og hvor Materialet om Hullet er blevet mest komprimeret, bliver konveks ved Bøjningen. Efter den kolde Bøjning sammenhæftes Pladerne, hvorefter de øvrige Huller bores i de sammenhæftede Plader. Derved kan Oprivning næsten ganske spares. Man maa ikke opdone Nittehuller, der ere forsatte for hinanden.

Om Kedlers Forfærdigelse, se i øvrigt næste Side samt S. 116 nederst og § 108 og Haeder: Bau und Betrieb der Dampfkessel, 3te Aufl., 1898, samt Krupps Regler i Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 99. Om Skibskedlers Forfærdigelse, se Rasmussen: Læren om Skibsdampmaskinen, 2den Udg., 1893, S. 499.

Men ogsaa ved Klipping og Mejsling er den omtalte Skørhed af Betydning. Afklippet Bygningsstaal maa derfor afhøvles eller affræses, naar undtages uvæsentlige Dele.

Ligeledes maa Prøvestykker til Trækprøver afhøvles eller af-
files i Kanten 5 mm dybt, hvis de ere afklippede af en Plade.

De tyske »Normalbedingungen« — se Noten S. 91 — forlange,
at alle væsentlige Dele af afklippet Bygningsstaal afhøvles eller af-
fræses i 2 mm Bredde.

Dampkedelplader bør efter Beskæring med Saks afhøvles for at
fjerne de skøre Kanter, der navnlig kunne revne, naar Pladen bøjes
saaledes, at den Side af Pladen, der var nederst ved Klipningen og
altsaa blev mest komprimeret og derfor skør, bliver konveks ved
Bøjningen.

At Revner let udgaa fra indadgaaende Hjørner er alt
længe konstateret ved Forsøg. Selv Drejegods svækkes meget
ved et indadgaaende Hjørne.

Angaaende Svækkelsen af Drejegods ved indadgaaende Hjørner,
som f. Eks. ved skarpt afsatte Tapper, se midt S. 120.

Men navnlig udgaa Revner let fra mejslede, indadgaaende
Hjørner, naar man ikke inderst i Hjørnet borer et Hul før Mejs-
lingen, thi ved Mejslingen faas ellers let Revner netop i Hjørnet,
hvor Materialet allerede formedelst sin Form er svækket¹⁾.

En opbertlet Rand paa en Dampkedel vil man undertiden være
nødt til at afmejsle, men man bør da ikke gøre dette ved først at
mejsle Hakker ned i Kanten i nogen Afstand fra hinanden og saa
bortmejsle det mellemstaaende Materiale, da der fra Hakkernes
Bund let kan udgaa Revner, som senere rive ud til Nittehullerne.
Efter Mejslingen bør man file²⁾.

I Forbindelse med den Skørhed, der kan opstaa ved Klip-
ning, Mejsling og Lokning, staar, at uforsigtig Stemning af en
Dampkedel, hvorved den underliggende Plade beskadiges, eller
Benyttelse af en Kopfsætter eller Knapmager (se II Del under
»Nitning«) paa saadan Maade, at Kedelpladen saares ved Af-
knibning af Nittehovedets Grad, eller Inddrivning af en Dorn i
sammenhæftede Kedelplader kan give Skørhed, der giver Anled-
ning til senere Brud, maaske Eksplosioner. I det Hele bør
Stemningen indskrænkes til det mindst mulige, hvilket vil kunne
ske, naar Pladerne allerede inden Nitningen passe nøje sammen,
og naar Nitningen er udført omhyggelig med nøjagtig flugtende
Huller.

¹⁾ Ingeniøren, 1895, S. 212.

²⁾ Se Zeitschr. des Ver. Deutsch. Ing., 1892, S. 456.

100. Hærdnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Hvad Hærdningens Indflydelse paa Styrkeegenskaberne angaar, er det allerede, S. 101, Lin. 6 f. o., omtalt, at Svejsestaal og haardt Staal — se S. 11, Lin. 4 f. n. — bliver skørt ved Hærdningen. Sejgheden formindskes altsaa og endog betydeligt, men Styrken stiger.

Ved blødt Staal — se S. 11, Lin. 4 f. n. — og ved Svejsejærn faas, naar man behandler dem, som om man vilde hærde dem, — skønt Haardhedens Tiltagen næppe er kendelig —, de samme Forandringer, om end i mindre Grad.

Dette gælder dog for blødt Staal kun, naar man angiver Sejgheden ved Hjælp af Forlængelsen, men i Reglen ikke, naar man angiver den efter den Indsnøring, en Trækprøve faar ved Bruddet. Det viser sig nemlig, at Indsnøringen er uforandret eller endog større, naar det bløde Staal er behandlet som til Hærdning, men Forlængelsen mindre. Ved Bøjelighedsforsøg vil det bløde Staal, efter at være behandlet som til Hærdning, derfor kunne vise sig sejgere end inden denne Behandling, nemlig naar det bedre kan indsnøre sig, hvad det netop særlig kommer an paa ved Bøjelighedsforsøg, — se *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 501 og *Ledebur: Handb. der Eisenhüttenkunde*, 2te Aufl., 3te Abth., 1894, S. 682. De saakaldte Hærde-Bøjelighedsprøver ere derfor gode til at bestemme, om Staal er tilstrækkelig blødt eller kulstoffattigt. Det vil af det anførte ses, at det ingenlunde er ligegyldigt, om man bestemmer det bløde Staals Sejghed af Forlængelse eller Indsnøring, hvilket der allerede S. 54, Lin. 11 f. n. blev gjort opmærksom paa.

101. Udglødnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Ved Udglødning kunne Styrkeegenskaberne i høj Grad forandre sig. Som omtalt S. 28, § 31, vil Staalstøbegods vinde baade i Styrke og særlig i Sejghed, altsaa forædles, naar det efter Støbningen, og uden at det er bearbejdet, udglødes i nogle Dage eller Timer alt efter Størrelsen, og heraf benytter man sig altid i Praksis. Aarsagen til Sejghedens Forøgelse ligger til Dels i, at Spændingerne, der ere fremkomne i Støbestykket ved dets enkelte Deles ulige hurtige Afkøling, derved aftage.

Om en anden af *Rejtö* angiven Aarsag, se 53, Lin. 2 f. n. *Ledebur* mener at have paavist — se hans *Handb. der Eisenhüttenkunde*, 2te Aufl., 1ste Abth., 1893, S. 280 og 3te Abth., 1894, S. 684, at en medvirkende Aarsag ligger i, at Hærdningskul ved Udglødningen gaar over til Carbidkul. *Arnold* siger derimod efter metallografiske Undersøgelser — se *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 727 og 731 —, at der er slet intet Hærdningskul i Staalstøbegods. Han tilføjer, at der heller ikke, som almindelig antaget, ved blødt

Staals Udglødning sker en Sprængning af store Krystaller i smaa, men at tværtimod Krystallerne blive større. At de efter en Trækprøve ganske vist vise sig mindre, beviser intet, da *Arnold* siger, at Grunden er, at det sejge udglødede Materiale Krystaller lade sig trække ud i Længden, før de briste, og ved Bruddet kun vise tynde Krystaller, medens det skørere udglødede Materiale brister, før Krystallerne forlænge sig. Tillige forveksles let i det udglødede Staal-gods Krystalgrupper eller -hobe med Krystaller — jvfr. en Bemærkning midt S. 94 —. *Arnold* har som sagt fundet, at Krystallerne tværtimod blive større ved Udglødningen og endvidere, at de blive mere geometriske i Formen, og at de derfor dels blive fri for indre Spændinger, dels faa mere Cohæsion. Endelig mener han, at Carbidet ved Glødningen med paafølgende langsom Afkøling samler sig mere som enkelte smaa Pletter i Metallet, der afbryde Sammenhængen mindre, end Carbidet gjorde inden Udglødningen. *Arnold* mener, at det efter denne Forklaring vil forstaas, hvorfor smedet Staal, som det straks skal omtales, ikke har samme Fordel af en Udglødning som Staalstøbegods. Ved Smedningen er nemlig allerede Cohæsionen imellem Krystallerne bleven forøget.

Om *Arnold* har Ret maa staa hen. At Krystallerne vokse, stemmer imidlertid med andre mikroskopiske Undersøgelser af Staal, f. Eks. *Steads*, — se S. 94, Lin. 16 f. o. — og *Osmonds* — se Commission d'essai, première session, tome II, 1895, p. 72 og med *Reisers* Angivelse i *Das Härten des Stahles*, 2te Aufl., 1896, S. 20.

Ved Udglødning af bearbejdet (valset, trukket, smedet, etc.) smedeligt Jærn, hvis Styrke er steget ved Bearbejdningen, medens Sejgheden formindskedes, ville omtrent de oprindelige Styrkeegenskaber igen vende tilbage, eller endog nogen Forædling naas, og en kort Udglødning er her tilstrækkelig ogsaa til at fjerne Spændinger fra en uensartet Komprimering, se S. 58, Lin. 6 f. n. Undertiden vil der dog intet eller saa godt som intet naas. Nærmere betragtet er Forholdet følgende:

Hvis Bearbejdningen er sket, medens Jærnet var koldt, altsaa har bestaaet i en Koldsmedning, i en Trækning af Jærn- eller Staaltraad, i Drivning af en Jærn- eller Staalplade eller i Trykning af samme paa Drejbænk — hvorom i II Del —, er Udglødningen ofte ganske nødvendig, da ellers yderligere Formforandring, f. Eks. efter nogen Trækning, vil være umulig for medelst den opstaaede Skørhed — se midt S. 100, — og ligeledes udglødes til sidst, hvis stor Bøjelighed eller Sejghed ønskes, som f. Eks. Tilfældet er ved Metal-Bindetraad.

Efter *Stead* ere, — se *Stahl u. Eisen*, 1898, S. 651 — i koldt trukken Traad Kornene bleve langagtige, men blive ved Udglødning igen ens store i alle Retninger, men mindre end oprindeligt.

Rejtos' Forklaring af, hvorfor Udglødning gør Sejgheden større, er anført midt S. 55.

I *Rasmussen*: Læren om Skibsdampmaskinen, 2den Udg., 1893, S. 423 staar omtalt, at man bruger at udgløde Kran- og Ankerkæder fra Tid til anden. Ved denne Fremgangsmaade, som ogsaa de danske Statsbaner anvende for deres Krankæder, kan rimeligvis naas, at det Sejghedstab, der er lidt, ved, at de enkelte Kædeled have koldsmedet hinanden, atter forsvinder.

Om Udglødnings Indflydelse paa Jærn- og Staaltraads fysiske Egenskaber nemlig dels Styrkeegenskaber, deriblandt Styrke mod Snoning, dels elektromagnetiske Egenskaber, f. Eks. Ledningsevne, kan henvises til Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1891, S. 109.

Naar smedeligt Jærn har været overanstrengt ved at strækkes ud over Flydegrænsen, vil Udglødning for en væsentlig Del gengive det dets Sejghed, — se *Johnson*: The Materials of Construction, 1897, p. 513.

Naar Jærnet derimod er bearbejdet, f. Eks. smedet i rødglødende Tilstand — se S. 59, Lin. 17 f. n. —, og glødede tilstrækkeligt endnu, da Smedningen var færdig, til at der egentlig kan ske en Udglødning ved den samme Varme, hvorved der blev smeddet, altsaa en Glødning paafulgt af langsom Afkøling, vil yderligere Udglødning være i alt Fald næsten uvirksom, — se sammesteds. Der vil derfor ved Udglødning af Jærnstænger eller Jærnplader, der aldrig have været behandlede koldt, og som efter Valsningen endnu glødede, kun kunne vindes synderligt i Sejghed, hvis de efter Valsningen ikke have kølet sig langsomt af.

Efter Udglødning af glødende valset Jærn findes som Middeltal Sejgheden lidt større, men enkelte Prøver kunne godt give et mindre Resultat, se f. Eks. *Ledebur*: Handb. der Eisenhüttenkunde, 2te Aufl., 3te Abth., 1894, S. 685, *Johnson*: The Materials of Construction, 1897, p. 501 og 511 og Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 108.

Endskønt der altsaa i mange Tilfælde ikke vil vindes synderligt ved Udglødning af valset og i øvrigt ubehandlet Jærn, er det dog sikrest at udgløde f. Eks. tykke Plader, der i kold Tilstand skulle bøjes stærkt, og navnlig bør de udglødes, hvis de have været lokalt opvarmede, eller der af anden Grund er kommet Spændinger i dem, — se herom S. 127 —, eller de have haarde Steder.

I Hamborger-Normerne af 1896 til Beregning af Materialtykkelserne ved nye Dampkedler staar saaledes, at Dampkedelplader med Svejsninger skulle udglødes, og i Zeitschr. des. Vereines deutscher Ingenieure, 1892, S. 456 vil man finde anført, at naar man ved Bearbejdning af Dampkedel-Staalplader med Mejsel eller paa Høylemaskine finder haarde Steder, bør disse Pladers Numre noteres,

og Pladerne senere udglødes og helst paa et saadant Tidspunkt, at yderligere senere Udglødning undgaas.

Som omtalt S. 79 nederst, vil man ved at varme blødt Staal for længe, selv om man ikke varmer for stærkt, dog kunne skade dets Sejghed, saa at den mindskes ved Udglødningen i Stedet for at tiltage, se S. 127, Lin. 15 f. n.

Ved at udgløde Jærn eller Staal, der er blevet skørere ved Lokning, se S. 112, Lin. 10 f. o., kan dets tidligere Styrke og Sejghed vindes tilbage.

Om Udglødnings Virkning paa hærdet Staal, er talt S. 74, § 70.

De Maader, hvorpaa Opvarmning til Udglødning kan ske, nemlig paa en Esse, i en Muffelovn eller Svejsovn, ad elektrisk Vej o. s. v., ville finde Omtale paa de respektive Steder i dette Værks II Del.

Ogsaa her maa ligesom ved Hærdning — som omtalt midt S. 102 — ofte særlige Foranstaltninger træffes for at undgaa Glødskaals Dannelsen. Man kan saaledes lægge Genstandene i et tæt tillukket Rør, hvorigennem der vedligeholdes en Strøm af en ikke iltende Luftart, — eller man kan lukke Røret tæt i den Ende, der først indstikkes i Ilden, og inden i denne Ende forud have lagt lidt Harpiks, som ved sin Fordampning uddriver Luften, før en løs Hætte paasættes i den anden Ende — se *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 171.

102. Bejdsnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Ved Bejdseskørhed forstaar man, som nævnt S. 88, Lin. 15 f. o., en Skørhed, som fremkommer ved at behandle smedeligt Jærn med fortyndede Syrer, der derved give en Brintudvikling. Den ejendommelige Aarsag til denne Skørhed er, at Jærnet formaar at optage Brint i sig in statu nascendi. Ved en maadeholden Opvarmning eller ved i længere Tid at ligge paa et tørt Sted i sædvanlig Temperatur afgiver Jærnet Brinten igen og mister atter Skørheden. Bejdseskørheden viser sig større ved Staal end ved Jærn og navnlig ved hærdet eller anløbet Staal, f. Eks. Staalfjedre. Bejdsningen svækker ikke Styrken.

Da Behandling af Jærn med fortyndede Syrer navnlig anvendes for at bejdse det, o: for ad kemisk Vej at rense Jærnet for Glødskaal, f. Eks. ved Traadtrækning — se S. 85, Lin. 7 f. o., og II Del —, har den derved opstaaede Skørhed faaet Navnet Bejdseskørhed, og viser sig navnlig, naar man bøjer bejdsede Traade og især tynde Traade. I Gruber, hvor Traadtove kunne komme i Berøring med syret Vand, kunne de derved blive ganske skøre, og Brud let ske, men naar de i nogen Tid faa Lov til at ligge hen, forsvinder Skørheden. Se i øvrigt den tekn. Forenings Tidsskrift, 1890—91, S. 210 og Baumaterialienkunde, 1896—97, S. 346.

103. Tværnittets Størrelses Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Om den Indflydelse, som Størrelsen af Tværnittet af en Stang har paa smeddet Jærns Trækstyrke pr. $\square$ mm Tværnit, skal her anføres, at Styrken bliver større, naar Tværnittet er mindre, da Materialet i saa Fald er mere bearbejdet ved Valsning eller Smedning, og at dette navnlig er Tilfældet ved Svejsejærn, som ved den stærkere Gennemarbejdning er blevet bedre rensat for Slagge.

Hvad Sejgheden angaar ved Stænger af forskellig Tykkelse, er den omtrent den samme.

For at sammenligne Forlængelsen for Stænger af forskellig Tykkelse maa imidlertid en forskellig Maalelængde — se S. 54, Lin. 21 f. n. — benyttes, hvorom maa henvises til Materiallæren. Se ogsaa den tekniske Forenings Tidsskrift, 1895—96, S. 158, Fig. 5.

104. Ofte gentagne Rystelsers, Støds og andre Anstrengelsers Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Efter en lang Række Varighedsforsøg, 2: Forsøg med Prøvelegemer, der i en Maskine underkastes stadig vekslende Anstrengelser af samme eller modsat Art, udtalte Wöhler i 1870 den Lov, at naar smedeligt Jærn blev anstrengt mangfoldige Gange med en vis Kraft, vilde derved Brud kunne indtræde, skønt den enkelte Anstrengelse med denne Kraft ikke kunde medføre Brud. Man havde alt tidligere bemærket, at flere lige store Anstrengelser af vekslende Art kunde tilvejebringe Brud, skønt den enkelte Anstrengelse af samme Størrelse ikke kunde, — f. Eks. at en Metaltraad brækkes lettere over, naar man bøjer den frem og tilbage —, men først ved Wöhlers Forsøg fik man med Tal belyst disse Kendsgerninger.

Om Wöhlers Forsøg findes et kort Referat i den tekniske Forenings Tidsskrift, 1879—80, S. 80 og en fortræffelig Oversigt i: Bach: Die Maschinenelemente, 6te Aufl., 1897, S. 56. Wöhlers første Varighedsforsøg ere omtalte paa S. 120, 2det Stykke i § 105.

Wöhlers Forsøg ere ofte senere blevne bekræftede, i Særdeleshed ved Bauschingers Varighedsforsøg i Prøveanstalten ved den kgl. tekn. Højskole i München. Ved Forsøgene er konstateret, at det smedelige Jærn har en forskellig Brudstyrke, eftersom det trækkes over ved et enkelt Træk, — det anvendte Træks Maksimum kaldes da — se S. 59 nederst — Brudgrænsen —, eller ved en stor Række Træk af stadig vekslende Størrelse, eller Træk vekslende med Tryk. Man maa med andre Ord regne med en forskellig Styrke, eftersom Jærnet anstreges paa den ene eller anden af disse Maader. Om de tilladelige Paavirkninger, Kon-

strukturen i disse Tilfælde bør regne med, giver den tekniske Mekanik og Maskinlæren Oplysning.

Dog skal her nogle Forhold desangaaende omtales nærmere:

Naar der indtræder Brud ved mangfoldige Paavirkninger, der stadig veksle mellem to Grænser, kalder man den højere Grænse Arbejdsstyrken for en mindste Paavirkning, der er lig den lavere Grænse. Er den lavere Grænse 0, kaldes Brudstyrken for Udsvingstyrken (tysk: Ursprungsfestigkeit). Er den lavere Grænse et lige saa stort Tryk som Trækket ved den højere Grænse, kaldes dette Svingningsstyrken.

Bauschinger fandt ved sine første i 1886 offentliggjorte Varighedsforsøg, at ved mangfoldige afvekslende Træk og Aflastninger, hvor Trækkene ikke overstige Proportionalitetsgrænsen — se S. 50, Lin. 6 f. n. —, ville ved fejlfrit Materiale selv 5 à 16 Millioner Gange Gentagelser ikke medføre Brud. Hvis Trækkene omtrent naa Proportionalitetsgrænsen eller naa lidt over den, hæves den, og hvis Paavirkningerne til Træk ere under den hævede Proportionalitetsgrænse, sker der heller intet Brud, men hvis Trækpaavirkningerne ere saa store, at Proportionalitetsgrænsen ikke lader sig hæve saa højt, sker Brud, — se den tekn. Forenings Tidsskrift, 1889—90, S. 81 og Ingeniøren, 1895, S. 187. Endnu et Resultat af disse Varighedsforsøg er omtalt i næste Paragraf.

Ved sine Varighedsforsøg, — se midt paa forrige Side —, var *Wöhler* allerede tidligere kommen til det Resultat, at naar der stadig veksledes imellem et større og et mindre Træk, blev Arbejdsstyrken større end Udsvingstyrken, og at denne igen var større end Svingningsstyrken. *Gerber* angav efter *Wöhlers* Resultater, at naar man afsætter de nedre Paavirkningsgrænser som Abscisser og Paavirkningsdifferenserne som Ordinatorer, faar man tilnærmelsesvis en Parabel. Der er herefter af forskellige opstillet en Mængde Formler til Beregning af den Paavirkning, man tør byde en Konstruktionsdel, naar man kender den største og mindste Anstrengelse, som denne Konstruktionsdel stadig vekselvis vil blive underkastet ved Brugen. *Bach* anbefaler imidlertid i sin Maskinlære — Die Maschinenelemente 6te Aufl., 1897, S. 68, — se ogsaa *Borchs* Maskinlære, 2den Del, 2den Udg., 1895, S. 2 — i Stedet for at benytte disse Formler, der alle give et forskelligt Resultat — se den tekniske Forenings Tidsskrift, 1889—90, S. 84 —, i Henhold til *Wöhlers* Forsøg med smedeligt Jærn at sætte Svingningsstyrke : Udsvingstyrke : Brudgrænse = 1 : 2 : 3, medens *Johnson* i The Materials of Construction, 1897, p. 545, sætter Forholdet til: $\frac{1}{3} : \frac{1}{2} : 1$. Jeg skulde ikke her være kommet nærmere ind paa disse Spørgsmaal, der henhøre under Maskinlæren og den tekniske Mekanik, hvis der ikke nylig efter *Bauschingers* Død var bleven offentliggjort nye Varighedsforsøg af ham for at finde Svingningsstyrken — se Mittheilungen aus dem mech.-techn. Laborat. der k. techn. Hochs. München, 25 Heft, 1897, S. 3, — hvoraf fremgaar, at Svingningsstyrken ikke er saa lav som hidtil

antaget, men ofte endog omtrent halvt saa stor som Brudgrænsen, og undertiden lige saa stor som den i samme Værk, Hefte 13, 1886 angivne Udsvingsstyrke. De samme Forsøg synes at vise, at Svingningsstyrken kan ligge under den oprindelige Proportionalitetsgrænse — se ogsaa American Machinist, 1897, p. 564. De konstatere ogsaa, at *Gerbers* Parabel er urigtig.

105. **Strukturens Forhold overfor de i forrige Paragraf nævnte Anstrengelser.** S. 96 øverst er det anført, at der ofte er fremsat den Anskuelse, at hyppigt gentagne Rystelser og Stød kunne forandre en senet Struktur til en grovkornet krystallinsk Struktur, som gør Svejsejærnet skørt. Denne Anskuelse syntes at finde Bekræftelse ved *Wöhlers*, S. 118, § 108 omtalte Forsøg.

De første paa Maskine udførte *Wöhlerske* Varighedsforsøg bestod i, at der i Huller i Enderne af en paa Stedet roterende vandret Aksel fæstedes dermed flugtende Jærnbanevognaksler, hvis frie Ender blev bøje af et Dynamometer, saaledes at Bøjningsretningen for hver Omdrejning vekslede i alle Retninger. Allerede herved blev det konstateret — 1860 —, at naar en Hammers Slag rystede Proven, skete Bruddet tidligere end ellers. I øvrigt konstateredes ogsaa herved den Svækkelse, som skarpt afsatte Tapper paa Akslen medførte. At saadanne ogsaa svække overfor enkelte Stød er der, saavidt mig bekendt, kun givet en nogenlunde tilfredsstillende Forklaring af af *Rejtö* i hans midt S. 53 citerede Værk S. 12. Om *Wöhlers* Forsøg, se i øvrigt Citaterne S. 118.

Endskönt *Wöhlers* Lov som omtalt har vist sig rigtig nok, var det dog derfor ingenlunde sikkert, at den havde sin Aarsag i, at Strukturen forandredes ved de i Loven nævnte ofte gentagne Anstrengelser. Tværtimod viste ved Forsøg af *Bauschinger* i 1878 Kædeled i en næsten 50 Aar gammel Kædebro efter Trækprøver samme Brududseende som nogle Kædeled, der vare forblevne ubenyttede ved Broens Bygning.

Lignende Forsøg af *Belelubsky* ere omtalte i *Dinglers* polyt. Journal, 1889, Bd. 273, S. 477.

Efter sine første Varighedsforsøg — se S. 118, Lin. 9 f. n. — udtalte *Bauschinger* i 1886, at »ofte gentagne, ja Millioner af Anstrengelser frembringe ingen Forandring i Jærnets og Staalets Struktur«.

Se i øvrigt Ingeniøren, 1895, S. 187. Til den nævnte Udtalelse føjede han, at der kun skete Strukturforandringer lige yderst i Brudfladerne og formodentlig lige i Brudøjeblikket.

Men selv efter denne Udtalelse har Spørgsmaalet, hvor vidt Jærn og Staal kunne blive groft krystallinske og derved skøre ved mangfoldige Gange gentagne Anstrengelser, saasom Træk, Tryk, Bøjninger, Stød og Rystelser under Anvendelsen, eller ej, — et Spørgsmaal der har den største Vigtighed, da Nedstyrtning af Jærnbroer, Ulykker ved Brud af Jærnbaneskinner og Jærnbanevognhjulbandager m. m. kunne blive Følgen af slig Skørhed —, affødt en overordentlig vidtløftig Diskussion.

En meget god Oversigt over, hvad der er eksperimenteret og skrevet desangaaende, giver en Afhandling af *Andrews* i *Engineering*, 1897, Vol. 63, p. 265—66.

Efter *Bauschingers* Forsøg bleve de fleste Sagkyndige ganske vist enige om, at Stød og Rystelser ikke tilvejebringe nogen Forandring i Jærnets og Staalets Struktur og Krystallisationsforhold, om end enkelte endnu fremdeles hævde i alt Fald Muligheden heraf. Men der behøves altsaa da en anden Forklaring, af, at man ved Varighedsforsøg og navnlig saadanne, hvor der anvendes ofte gentagne Anstrengelser af én Art vekslende med Anstrengelser af modsat Art, faar Brud for det halve af Brudgrænsen¹⁾ eller mindre — og af, at Vognaksler, Jærnbaneskinner m. m. ved de mange Bøjninger, Stød og Rystelser, de blive udsatte for, utvivlsomt efterhaanden kunne blive undertiden endog betydelig tilbøjelige til Brud α : faa en Svækkelse, der almindeligvis betegnes som Jærnets og Staalets Udmattelse (*Übermüdung*, *fatigue*) fra den Tid, da man antog, at den skyldtes en stedfunden Forandring i Strukturen.

106. Sandsynlig Forklaring af Jærnets og Staalets Udmattelse. En væsentlig Del af Forklaringen synes at kunne findes af de S. 50, Lin. 10 f. o. og de midt paa S. 52 omhandlede Forhold. Som dér anført antager man nemlig, at Elasticitetsgrænsen for et Legeme i dets naturlige Tilstand ligger ved 0, men at den ved gentagne Paavirkninger lader sig hæve til en vis Grænse. Hvis nu et Legeme udsættes for hyppigt gentagne Paavirkninger, der ere saa stærke, at Elasticitetsgrænsen ikke lader sig hæve til dem, men dog layere end den enkelte Paavirkning — Brudgrænsen, der for sig alene er nok til at til-

¹⁾ Endog maaske under den oprindelige Proportionalitetsgrænse, se S. 120 øverst.

vejebringe Brud, maa hver saadan fornyet Paavirkning give Legemet en yderligere blivende Formforandring, og tilsidst Brud indtræde.

At Brud maa skyldes Opsummeringen af de smaa blivende Formforandringer udtalte allerede *Bauschinger*, 1886, men rigtignok baseret paa den Opfattelse, at Proportionalitetsgrænsen var at betragte som Elasticitetsgrænse, se S. 50, nederste Linie.

Den samme Forklaring, som her er givet, gælder ogsaa for Støbejern, se S. 93, Lin. 4 f. o. og muligvis for mange andre Materialier.

Imidlertid forklare de her anførte Forhold vel, at Brud for forskellige Materialier kan indtræde for mindre Paavirkning end Brudgrænsen, men ikke hvorfor det i alt Fald for smedeligt Jærn undertiden indtræder efter forholdsvis faa gentagne Paavirkninger, undertiden slet ikke. Forklaringen heraf maa søges i Forskelligheder i Materialets Kvalitet, for smedeligt Jærn sandsynligvis navnlig i Tilstedeværelsen af de nedenfor omtalte især af *Andrews* undersøgte mikroskopiske Revner, Mikrorevner.

S. 96 øverst er omtalt, at selv om Bruddet af en Trækprøve af Damphammerstempelstænger, Kædeled, Vognaksler m.m., der have været underkastede en Mængde Rystelser og Stød, viser senet Struktur, viser et Brud, naar de springe under Brugen, dog ofte en grovkornet Struktur. Det samme gælder ogsaa Prøvelegemer fra Varighedsforsøg.

Aarsagen til de forskellige Brududseender er i bægge Tilfælde den samme. *Sorby*, Metalmikroskopiens Grundlægger, forklarede det forskellige Udseende, som et Brud fra en almindelig Trækprøve og ét fra en Varighedsprøve viser, paa følgende Maade¹⁾:

Ved Trækprøver med efterhaanden stigende Træk blive de enkelte Krystaller trukne ud i Længden og ligesom i en Spids, saaledes at Bruddet da viser sig senet — jvfr. midt S. 95. Ved ofte gentagne Anstrengelser, som hver især ikke paa én Gang kunne medføre Brud, løsne derimod Krystallerne sig fra hinanden uden synderlig forudgaaende Formforandring, indtil deres Sammenhæng i det svageste, mest spændte Tværsnit bliver saa ringe, at Brud indtræder ved yderligere, uforandret An-

¹⁾ *Glaser's Annalen*, 1887, S. 123.

strengelse. Bruddet sker da langs de enkelte Krystallers Begrænsningsflader og faar et krystallinsk, kornet Udseende.

Andrews har nærmere undersøgt de mikroskopiske Revner, der forplante sig videre og videre ind mellem de enkelte Krystaller, og har fundet, at den ødelæggende Virkning forstærkes, naar der allerede, inden Rystelserne etc. begynde, findes saadanne Revner; ja at den maaske ganske skyldes saadanne Revner, der f. Eks. i Staalet kunne hidrøre fra usvejste, fladtrykte Blærer eller fra Udskillelsen af mikroskopiske Ansamlinger af Jærnsulfid (se f. Eks. S. 76, § 72) eller andre umetalliske Urenheder ved Størkningen. Disse Mikrorevner, der i Reglen ikke lade sig se med blotte Øjne, og derfor ikke ere iagttagne af *Bauschinger* og mange andre, aabne sig efterhaanden ved Anstregelser, Stød og Rystelser, særlig naar disse ske i afvekslende modsatte Retninger, og kunne blive flere Tommer lange. Et Stød eller en Rystelse kan da let give Anledning til Brud ad den korteste Modstandsflade fra den ene til den anden.

Faren herfor er noget mindre ved Svejsejærn end ved Staal¹⁾, da der ved Svejsejærn er mere Chance for, at Mikrorevnernes Udbredelse vil standse ved Slaggeurenhederne, medens de i det renere Staal ikke standses i at gribe videre om sig ved at naa indesluttede Urenheder.

At Staal daarligere end Svejsejærn taaler varierende Paavirkninger synes ogsaa at fremgaa af Stahl u. Eisen, 1895, S. 60. Ved Forsøg med Materialet til den store Firth of Forth Bro blev det konstateret, at de varierende Paavirkninger svække Staalet des mere, jo hurtigere Variationen sker, — se sammesteds, S. 62.

I øvrigt skal her, hvad de nævnte Undersøgelser af *Thos. Andrews* i Sheffield angaar, anføres, at han kom ind paa dem i Anledning af et Skinnebrud, som i November 1895 bragte et skotsk Eksprestog til at forulykke. Af hans mange Afhandlinger om Emnet kan anføres: Microscopic internal flaws in steel rails and propeller shafts, Engineering, 1896, Vol. 61, p. 91, Microscopic internal flaws inducing fracture in steel i Engineering, 1896, Vol. 62, p. 35, 68 og 118 (udkommet i Særtryk hos E. og F. N. Spon, London), Microscopic observations on the deterioration by fatigue in steel rails, samme Tidsskrift, 1897, Vol. 63, p. 265 og 499, Vol. 64, p. 99, 249, 298 o. s. v. (endnu ikke sluttet) — se i øvrigt Fortegnelsen i Engineering, 1897, Vol. 63, p. 266. Han har paavist Revner, ofte flere engelske Tommer lange, men nogle meget tyndere end 0,0002" engl.,

¹⁾ Johnson: The Materials of Construction, 1897, p. 541.

se Engineering, 1897, Vol. 64, p. 99, andre synlige med det blotte Øje. I en Kubiktomme af en Skinne har han udregnet, at der var over 34 Millioner Mikrorevner, se Engineering, 1897, Vol. 63, p. 501. Efter sine mange Undersøgelser har han endog opstillet en Specifikation over, hvorledes Skinner skulle være for bedst at undgaa Katastrofer formedelst Mikrorevner. Dels mener han, at Martinstaal er at foretrække, da dets Fremstilling bedre lader sig kontrollere, dels og navnlig, at Kulstofindholdet bør ligge mellem 0,35 og 0,42 %, at Staalet bør indeholde saa lidt som mulig S, P, Si, og andre Urenheder, samt at Profilet bør være svært, m. m., se Engineering, 1897, Vol. 63, p. 504, endvidere at der er mindre Fare for Skørhed overfor Stød og Udmattelser ved et stort Indhold af bundet Kulstof, naar der kun er et ringe Manganindhold, saaledes at bægge tilsammen i en god Bessemerstaalskinne ikke bør overstige 1,2 %, se samme Tidsskrift, 1897, Vol. 64, p. 249 og 250. I Følge sammesteds, p. 299, griber ved et lavt Kulstofindhold og moderat Manganindhold Ferrit- og Carbidaftiklerne — se S. 66, § 65 — nemlig saaledes ind i hinanden, at der derved naas en god Sikkerhed imod Brud ved Vibrationer. Nogle andre Undersøgelser om Aarsagen til, at Jærnbanseskinner blive skøre ved Brugen, og hvori Mikrorevner ogsaa spille en Rolle, ere omtalte S. 110.

De nævnte mikroskopiske Revner ville sædvanlig slet ikke svække Materialet overfor de almindelige Trækprøver eller Bøjningsprøver, — jvfr. S. 27, Lin. 8 f. n. —, og man vil derfor ikke ved saadanne Prøver kunne konstatere, om Jærn eller Staal f. Eks. i en Bro er blevet svækket formedelst Udmattelse. Dette vil efter Andrews' Mening kun kunne konstateres ved en mikroskopisk Undersøgelse.

Ved at overtrække en Prøve af en Jærnbaneaksel, der viste en Revne, 0,02" engl. dyb, som tydeligvis betegnede et begyndende Brud, er det endog hændt, at Bruddet i Prøven, der var $1\frac{1}{8}$ " engl. i Diam., skete et helt andet Sted, — se Johnson: The Materials of Construction, 1897, Noten S. 127.

Andrews mener, at det hjælper noget imod Rystelsers skadelige Indflydelse paa Maskindele, etc. at lade dem hvile sig, — se om Lokomotivers Udhviling Engineering, 1897, Vol. 63, p. 499, — men dette maa vist dog betvivles.

Om endskønt der ogsaa fremdeles formedelst den ofte gentagne Paavirkning vil ske Ulykker ved Brud af Skinner, Jærnbaneaksler, Propelleraksler, Brokonstruktioner, Kanoner o. s. v., er der dog, hvis Andrews' Forklaring er rigtig, den Beroligelse, at saadanne Brud kunne modvirkes ved at søge at undgaa de Blærer, Ansamlinger af Urenheder etc., der da i alt Fald for en Del ere Skylden i disse Ulykker, og at de ville blive sjældnere med de stadige Fremskridt, som ske i Staaltilvirkningen.

107. Kuldens Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Vi komme endelig til Temperatures Indflydelse paa Styrkeegenskaberne og ville først betragte Kuldens. I stærk Kulde er i Reglen Jærn og Staal skørere end ved almindelig Temperatur, men Staal synes at blive mere skørt end Svejsejærn.

Forholdene ere endnu langt fra tilstrækkelig udforskede. En Del Oplysninger findes i Ingeniøren, 1895, S. 198 og vidtløftigere i Baumaterialienkunde, 1896—97, S. 169 o. f., hvoraf her skal anføres, at *Steiner* fandt, at baade Svejsejærn og Staal bleve skørere i Kulden, navnlig hvis der i Prøvestykkerne forud var gjort et Mejselhug, saa at de altsaa vare ligesom saarede før Prøverne, medens *Mehrlens* derimod ved Koldbøjningsforsøg med en enkelt af ham undersøgt Thomasstaalsort fandt, at ved en Temperatur af $\div 38^{\circ}$ C., $\div$ lavere, end den vilde forekomme i Praksis ved den Bro, hvortil Staalet skulde bruges, var der ingen tiltagende Skørhed af Betydning. *Rudeloff* har anstillet en stor Mængde Forsøg — se Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1895, S. 197 og 1897, S. 114. Paa S. 119 i sidstnævnte Afhandling anføres, at medens ved $\div 20^{\circ}$ C. Svejsejærn endnu ikke er bleven skørere, og Staal først begynder at blive det, er ved $\div 80^{\circ}$ C. Svejsejærn og navnlig Staal betydelig skørere end ved almindelig Varme. En Række Oplysninger om Forsøg ere endvidere meddelte i: Commission des méthodes d'essai, première session, tome II, 1895, p. 325 af A. *Le Chatelier*, der selv er kommen til det interessante Resultat, at Flydegrænsen ikke blot nærmer sig Brudgrænsen des mere, jo hurtigere Paavirkningen er — se S. 109, Lin. 7 f. o. — men ogsaa jo lavere Temperaturen er, saa at den f. Eks. ved under $\div 20^{\circ}$ og hurtig Paavirkning maaske naar Brudgrænsen, saaledes at en ringe Mangel paa Homogenitet da let foraarsager Brud, før Flydningen er begyndt.

En særlig Betydning har Staalets Skørhed i Kulde for Jærnbaneltrafikken. Naar Jærnbaneskiner, Hjulbandager og Aksler springe lettere om Vinteren end om Sommeren, skyldes dette i alt Fald til Dels Kuldens Indvirkning paa dem, om end Aarsagen for en væsentlig Del ogsaa er at søge i, at den frosne Jord er mindre eftergivende og altsaa stivere at køre paa, hvorved Stødene under Kørselen blive stærkere.

Denne sidste Aarsag blev fremsat af *Knut Styffe* i hans paa udmærkede Forsøg grundede allerede i Jern-Kontorets Annaler 1866 fremkomne Arbejde: Om jerns och ståls elasticitet, tånjbarhet och absoluta styrka — jvnfr. S. 50, Lin. 18 f. n. En tysk Statistik over, hvorledes Hjulbandager af de forskellige Staalsorter ere tilbøjelige til at springe i de forskellige Maaneder af Aaret, er omtalt i Ingeniøren, 1895, S. 210. *Tetmajer* mener, — se Mitth. der Anstalt zur Prüfung

von Baumaterialien am eidg. Polytechnikum in Zürich, 3 Heft, 1886, S. 236, — at et stort Indhold af Kul og Fosfor bidrager til at gøre Staalskinner skøre i koldt Vejr. At Fosfor gør Jærn og Staal skørt ved almindelig Temperatur er omtalt S. 76 nederst.

Svækkelse af Jærn og Staal i Kulden er i øvrigt tydelig iagttaget paa Nordpolsekspeditioner.

I »Paa Ski over Grønland«, 1890, S. 39, siger *Nansen* om nogle Staalstænger, der tjente som Styre-Køle under Slædemeder, at de ofte bleve afrevne af Stød i det ujævne Isterrain, især var dette Tilfældet, da vi kom op i Kulden, hvor Staalet blev skørt som Glas.«

108. Varmes Indflydelse paa Styrkeegenskaberne. Om Jærnets og Staalets formindskede Sejghed i Blaavarme, den saakaldte Blaaskørhed, er der givet Oplysninger øverst S. 97. Tabet i Sejghed strækker sig i øvrigt fra 20° til over 500° C., men er overfor langsom Paavirkning størst ved 200 à 300° C.

Angaaende Variationen af Staalets Styrkeegenskaber imellem $\div 20^{\circ}$ og 600° C. foreligger der udmærkede Forsøg af *Martens* — se S. 97 —, som ere refererede i Ingeniøren, 1895, S. 102 efter: Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1890, S. 159, og endvidere maa fremhæves nogle Forsøg, der ogsaa gælde Svejsejærn, dels *Rudolffs*, — se S. 97 og samme Mittheilungen, 1893, S. 317 — dels *Watertown Arsenal's* i Nordamerika, hvorom Oplysninger ere meddelte i *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 557 o. f. Angaaende Varmens Indflydelse paa Metallernes Styrkeegenskaber i det hele kan henvises til: *Commission des méthodes d'essai*, première session, tome II, 1895, p. 317.

Foruden de Ulemper, som det her nævnte Sejghedstab giver ved Jærnets og Staalets mekaniske Bearbejdning, kan anføres, at Brud af Tapper og Aksler, der løbe varme, ogsaa kan skyldes samme Aarsag¹⁾. Under Hensyn til den Blaaskørhed, som de i en Dampkedel nærmest Fyret værende Plader kunne faa ved Opvarmningen, bør man bruge seigere Materiale til saadanne end til dem, der ligge Fyret fjernere.

Herom findes Bestemmelser i de i 1895 ændrede Würzburger-Normer for Materialprøver med Dampkedelmateriale. Disse Normer tillade blandt Staalsorterne kun Anvendelse af Martinstaal til Dampkedler, — herom nærmere midt paa S. 133 — vel til Dels under Hensyn til dets formentlig forholdsvis ringe Blaaskørhed, — se midt S. 98.

Om Rødskørhed og Aarsagen dertil er talt S. 76, § 72 og S. 78, § 75.)

¹⁾ Se *Andreus'* Forsøg, som ere omtalte i *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 564.

Skørhed ved Opvarmning paa en Esse kan opstaa, naar Opvarmningen kun er partiel, saa at der fremkommer Spændinger formedelst de ulige Temperaturer paa forskellige Steder.

I »Regulations and Suggestions as to the Survey of the Hull, Equipments and Machinery of Steam Ships carrying Passengers, London, 1896« (de officielle engelske Regler og Raad vedrørende Skrog, Ekvipering og Maskineri for Dampskibe, der føre Passagerer) staar der S. 65 angaaende Plader til Staalkedler: »Lokal Opvarmning af Pladerne bør undgaas, da mange Plader ere bristede under Brugen, fordi de vare blevne saaledes behandlet. Hvis de ere blevne opvarmede lokalt, bør de bagefter omhyggelig udglødes«, — jvfr. S. 116, Lin. 8 f. n. Naar man f. Eks. opbertler en Rand paa en Dampkedelbund, idet Randen er gjort glødende, vil der efter Bertlingen opstaa Spændinger, fordi det kolde Jærn hindrer Randen i at trække sig sammen. Der bør derfor straks udglødes — se Stahl u. Eisen, 1895, S. 59. — En eventuel lokal Opvarmning bør foretages saaledes, at der over en bred Zone er en jævn Overgang i Varme til det opvarmede Sted og i denne Forbindelse kan det anføres, at man bør sørge for, at man, naar man stænker Vand paa Kullene paa Essen for at dæmpe Flammen — se II Del —, da ikke gør dette lige op ad de glødende Dele, — se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1892, S. 457.

Om Udglødnings Indflydelse paa Styrkeegenskaberne se S. 114, § 101.

Om den Skørhed, der opstaar ved Forbrænding af Jærn og Staal, er der talt midt S. 79.

Ligesaa S. 80 om Skørhed ved Overhedning af Staal. For langvarig Opvarmning kan, selv om den ikke er for stærk, fremkalde slig Skørhed, — jvnfr. S. 79 nederst. Saaledes maa Aarsagen til, at en Mængde Nitter ved en Bro paa Gotthardsbanen viste sig skøre, vist søges heri, idet de vare groft krystallinske uden kemiske Forandringer, — se Schweiz Bauzeitung, 1893, Bd. XXII, Nr. 3.

Paa S. 93 er der nævnt nogle Kilder med Oplysninger om Støbejernssøjlers og andre Jærnsøjlers Forhold under Ildsvaade.

Om at kulstofrigt Staal bliver skørt ved Hærdning er talt S. 73, § 69, og om at andet smedeligt Jærn kan miste nogen Sejghed ved hurtig Afkøling fra Rødgldhede, se S. 114 øverst.

109. Undersøgelser af og Fordringer til smedeligt Jærn. Ud over, hvad der i de foregaaende Paragraffer er oplyst om det smedelige Jærns Styrkeegenskaber, maa henvises dels til den tekniske Mekanik og Maskinlæren, dels til Materiallæren, som

ogsaa omhandler, hvilke Fordringer, der maa stilles til det efter den Brug, der i de enkelte Tilfælde skal gøres deraf, samt de Prøver: Trækprøver, Smedeprøver, Bøjelighedsprøver, Slagprøver, Ætseprøver, kemiske Undersøgelser og mulig i Fremtiden metallografiske Undersøgelser — se S. 43, § 51 —, der anstilles med smedelige Jærn- og Staalsorter for at bedømme, om de tilfredsstille disse Fordringer.

e. Smedeligt Jærns Anvendelse.

110. Svejsejærn og Svejsestaal. Midt S. 97 er allerede oplyst, hvorfor man i almindelige Smedjer foretrækker Svejsejærn for Staal fremstillet i flydende Tilstand. Til Smedning anvendes Svejsejærnet i Form af Stænger hyppigt med simpel Tværsnitsform. Siden Begyndelsen af 80erne begyndte det store Opsving i Benyttelsen af Staal til Bygningsbrug, og Dragere m. m. til Bygningsbrug fremstilles nu af Staal, — se øverst S. 130. Hvad Plader angaar, fremstilles alle haarde Plader af Staal, men bløde Plader af Svejsejærn eller Staal, dog mere og mere af Staal, f. Eks. Dampkedelplader, se midt S. 133. Om den Ulæmpe, at Svejsejærnsplader ere svagere og mindre sejge paa den ene Led, er talt nederst S. 94. Svejste Rør fremstilles efterhaanden ret ofte af Pladestrimler af Martinstaal — navnlig basisk — i Stedet for af Svejsejærn.

Til Nitter til Dampkedler anvendes stadig fortrinsvis Svejsejærn, vel fordi Faren er mindre, hvis man vedbliver at slaa paa en Svejsejærns Nitte, efter at Glødningen er ophørt, — se S. 97, Lin. 7 f. n. —, og samme Omstændighed kan begrunde Anvendelsen af Svejsejærns-Nitter f. Eks. ved Jærnbroer, navnlig paa Monteringsstedet.

Finkornsjærn — se S. 20, Lin. 9 f. n. — bruges til Nitter, Søm, Traad m. m.; det overtræffer senet Jærn i Styrke og Sejghed, men er ogsaa dyrere.

Svejsestaal bruges navnlig til Digelstaalfabrikationen, se S. 28, Lin. 9 f. n.

111. Digelstaal. Allerede paa S. 11 er omtalt, at Digelstaalet navnlig bruges til Værktøjer, og S. 29, Lin. 6 f. o., at det anvendes til en Del Faconstøbegods.

Hvad Anvendelsen til Værktøjer angaar, skal her i Tilknytning til, hvad der er sagt S. 101 øverst, meddeles følgende: Jo haardere Staalet bliver ved Hærdningen, des stærkere kan man anløbe uden at faa det for blødt, og des bedre bliver man af med Hærdeskørheden. Til Værktøjer, der ikke skulle taale Slag — jvnfr. S. 71, Lin. 15 f. n. — vælger man da kulstofrigt Staal, men det kulstofholdigere Staal er ikke blot dyrere, men ogsaa vanskeligere at hærde, se S. 70, Lin. 5 f. n. Man bruger da til Barberknive og meget haardt Værktøj Staal med 1,2 à 1,4 % Kulstof og anløber rødbrunt, til almindelige Dreje- og Høvlestaal samt File Staal med 1 à 1,2 % Kulstof og anløber de nævnte Staal gult, medens File beholdes glashaarde, til Bor, Koldmejsler og Saksekæber Staal med 0,7 à 0,9 % Kul og anløber violet, almindelige Bor dog gult og Spiralbor rødbrunt, til Skraamejsler Staal med 0,65 % Kul og anløber blaåt o. s. v.

Hvad Digelstaals Anvendelse til Staalstøbning angaar, da bruges det trods sin høje Pris til alle saadanne Maskindele, hvor det vigtigste er, at der naas en særlig høj Sikkerhedsgrad for Driften.

Desuden anvendes det til Smedestykker, hvor der stilles særlig høje Fordringer til Styrkeegenskaberne, fordi Digelstaalet er saa rent og med saadan Sikkerhed lader sig fremstille af en bestemt forlangt Beskaffenhed, at det er muligt at naa en meget høj Styrke, uden at der derfor maa gives Afkald paa den nødvendige Sejghed. Derfor anvendes det undertiden, hvor man almindeligvis nøjes med det billigere Martinstaal, f. Eks. til Aksler, saasom Skibsaksler, Jærnbanehjulbandager, Kanoner m. m. Til de her nævnte Anvendelser udstøbes Digelstaalet i Coquiller som Blokke, der senere behandles ved Smedning eller Valsning for at fortætte dem — se S. 27, § 30 — hvorefter Færdiggørelsen sker ved Drejning, Boring o. s. v.

Til Kanoner laver nu kun *Krupp* og et russisk Værk Blokke af Digelstaal, ellers bruges Martinstaal, — ja *Krupp* bruger maaske endda kun Digelstaal til Kærnerørene.

112. Bessemerstaal. Bessemerstaal (fremstillet efter den sure Proces) og Thomasstaal bruges derimod kun i ringe Mængde til Værktøj, nemlig til grovere Værktøj.

Det er saadant med over 0,5 % C, der anvendes til Værktøj; det samme bruges ogsaa til Fjedre.

Det allermeste Bessemerstaal og Thomasstaal har fra 0,08 til 0,45 % C. Den største Mængde Jærnbaneskiner — med

et Kulstofindhold af 0,35 % —, de danske basiske Darbyskinner (S. 33, Lin. 9 f. o.) — med et Kulstofindhold af 0,39 à 0,43 % — og en Mængde andet Jærnbane-materiel, f. Eks. Jærnbanesveller, laves heraf, ligesaa Bygningsstaal — med et Kulstofindhold af 0,08 à 0,15 % — saasom Dragere, Vinkeljærn, Plader, f. Eks. i uhyre Mængde til store Broer, hvortil navnlig det bløde Thomasstaal har fundet Anvendelse.

Om denne Anvendelse, se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1893, S. 1193. *Tetmajer* har til denne Anvendelse i 1886 betegnet Thomasstaal som »hochwerthig« i Sammenligning med Svejsejærn — se Ingeniøren, 1895, S. 231, men endnu i 1892 blev det forbudt til østrigske Statsbanebroer, jvnfr. midt S. 131 og Noten S. 131 nederst.

I Nordamerika forlanges der højere Kulstofindhold af Jærnbaneskinner, nemlig 0,45 % for lette Profiler og 0,55 à 0,65 % for moderne svære Profiler — se The Digest of Physical Tests, 1897, p. 279. Ligesa begynder man dér at anvende haardere Staal til Aksler m. m. I Engineering, 1898, Vol. 65, p. 275 omtales endog et Tilfælde, hvor en nordamerikansk Bane har forlangt 0,65 à 0,70 % Kul i Skinner. Saadant Staal maa behandles i Værkstedet med ganske særlig Forsigtighed. Om kulstoffoldige Skinners Egenskaber i Forhold til kulstoffattiges se Stahl u. Eisen, 1898, S. 897.

Til Tider har der i øvrigt været Ængstelse ved Benyttelsen af Thomasstaal til Skinner, — ligesom til Broer, se ovenfor —, hvilket imidlertid *Tetmajer* i 1894 har samlet Bevismateriale imod, — se Ingeniøren, 1895, S. 232.

Om andre Forhold vedrørende Jærnbaneskinner er talt S. 109 nederst og S. 124 øverst, om Kærne- og Randstaal S. 42, Lin. 10 f. o., om Blærer nær Overfladen S. 25 nederst, om Skørhed i Kulde, S. 125, Lin. 14 f. n.

Da man lettere faar en høj Grad af Smidighed, Letsmedelighed og Letsvejselighed ved den basiske Proces end ved den sure, har Thomasstalet været særlig banebrydende ved saadanne Anvendelser, hvor det navnlig kommer an paa disse Egenskaber. Saaledes bruges Thomasstaal nu i store Mængder til blød Traad, Plader under 5 mm's Tykkelse og almindeligt Stangjærn til Smedebrug.

Hvis man ved en Leverance af Bessemerstaal til Bygningsbrug etc. ikke har i Sinde at kontrollere Fosforindholdet, er der mere Sandsynlighed for, at det er tilstrækkeligt ringe i Staal, som er fremstillet ved den basiske Proces, end i Staal, fremstillet ved den sure.

Formedelst den store Produktion egner Bessemer- og Thomasstalet sig netop til alle de her nævnte Massefabrikata, men

bruges mindre til store Smedestykker og til Støbning af Staalstøbegods, hvor der ofte ønskes en bestemt kemisk Sammensætning til et enkelt Stykke Gods, hvilket lettere erholdes ved Martinprocessen, — se § 113.

En Sammenligning mellem Bessemer- og Thomasstaalets Anvendelighed i Forhold til Martinstaalets findes i næste Paragraf.

113. **Martinstaal.** Dette Staal kan heller ikke erstatte Digelstaalet til finere og bedre Værktøjer, men vel til grove Værktøjer, Fjedre, Maskindele, Kanoner m.m. samt Staalstøbegods, hvorom nærmere S. 134. Den store Masse Martinstaal bruges imidlertid til Sager, som tidligere bleve lavede af Svejsejærn, og hvortil der nu anvendes blødt Martinstaal, der i Sejghed og Styrke overtræffer Svejsejærnet og derfor har faaet en overordentlig Benyttelse til store Smedestykker, Bygningsstaalet af enhver Slags, Plader og andre valsede Produkter.

En Del Aar tilbage var man hyppig af den Mening, at Bessemer- og Thomasstaalet stod tilbage for Martinstaalet i Tilforladelighed ved Anvendelsen til Bygningsjærn. Man begrundede navnlig denne Anskuelse ved, at det hurtige Forløb af Bessemer- og Thomasprocessen, og den Mængde Luft, der blev blæst gennem Materialet, kunde give Anledning til, at det blev tarveligere. I 70'erne og 80'erne samt Begyndelsen af 90'erne syntes Forsøg¹⁾, der anstilledes, at bekræfte denne Anskuelse. Men siden da ere Bessemer- og Thomasprocesserne blevne meget fuldkomne, og navnlig har Thomasprocessen — (der leverer det meste tyske Staal, se S. 34, § 38) — gjort store Fremskridt. Nyere Styrkeforsøg have da ogsaa godtgjort, at overfor en rolig virkende Belastning maa de nævnte Materialier betegnes som lige gode. Man faar da ogsaa nutildags næsten aldrig uventede og uforklarlige Brud af de nævnte Materialier, naar de ved Materialprøver have vist sig tilfredsstillende.

Se herom »Ingeniøren«, 1895, S. 206 o. f. Nyere sammenlignende Styrkeforsøg ere f. Eks. omtalte i Centralblatt der Bauver-

¹⁾ Centralblatt der Bauverwaltung, 1889, S. 229 og 339, Deutsche Bauzeitung, 1890, S. 203, Stahl u. Eisen, 1889, S. 814, 1891, S. 804 og 901. Om Forsøgene, der medførte det S. 130, Lin. 11 f. o. omtalte Forbud, se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1892, S. 172.

waltung, 1891, S. 395 og Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1892, S. 81 og S. 778. I den anden af de her citerede Afhandlinger gøres der opmærksom paa, at ganske vist gaar Bessemer- og Thomasprocessen stormende hurtigt for sig, men derfor behøver det fremstillede Materiale ikke at blive mindre homogent end Martinstaalet, thi ved den heftige Blæsning rystes de forskellige Stoffer, der skulle reagere paa hinanden, grundigt imellem hinanden, saa at Materialet netop kan blive meget ensartet. Som en Fordel ved Bessemer- og Thomasprocessen anføres, at man i Reglen bedre kender Sammensætningen af Raamaterialet til disse Processer end af Affaldet af smedeligt Jærn til Martinprocessen.

Den første og den sidste af de her citerede Afhandlinger omhandle *Mehrtens'* sammenlignende Forsøg mellem Thomas- og Martinstaalets Anvendelighed til Brobygning, hvorved det prøvede Thomasstaal viste sig meget paalideligt og jævnyrdigt med det prøvede Martinstaal. Han har kun sammenlignet Styrken af disse to Staal-sorter, da det sure Bessemerstaal næsten ingen Anvendelse har faaet til store Jærnbroer, saaledes som det fremgaar af hans i Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1893, S. 1193 refererede Foredrag for Ingeniørkongressen i Chicago.

De citerede Styrkeforsøg have imidlertid ikke været Varighedsforsøg, men kun Trækforsøg, Bøjelighedsforsøg og Slagforsøg, c.: man kan af disse Forsøg ikke slutte, at samtlige her nævnte Staal-sorter ogsaa ere lige gode overfor ofte gentagne Anstrengelser. Der er jo en ikke ringe Sandsynlighed for, at der ved Blæsningen i Bessemer- og Thomaspæren dannes flere Blærer end ved Martinprocessen — se S. 38, Lin. 7 f. o. Naar disse Blærer senere blive plattrykte, gøre de ikke Staalet svagere overfor rolige Belastninger eller de her nævnte Forsøg, — se S. 27, Lin. 9 f. n., men derfor kan det dog være muligt, at de gøre det svagere overfor Paavirkninger, der udmatte Staalet, — se S. 121, Lin. 13 f. n. Denne Anskuelse næres f. Eks. af *Andrews*, se S. 123 øverst, der mener, at Udmattelsen i alt Fald delvis skyldes Mikrorevner. Da han antager, at man bedre kan kontrollere Fremstillingen af Martinstaal end af Bessemer- og Thomasstaal og derved modvirke Dannelsen af Mikrorevnerne, anbefaler han som omtalt S. 124, Lin. 7 f. o. Anvendelsen af Martinstaalet til Jærnbaneskiner. I øvrigt maa angaaende *Andrews* Udtalelser henvises til, hvad der allerede er meddelt S. 122—24. Om Mikrorevners Indflydelse til Udmattelse se ogsaa S. 110, Lin. 13 f. o.

Da det kun ved en lang Række Varighedsforsøg vil kunne konstateres, om virkelig Martinstaalet ved ofte gentagne Anstrengelser lider mindre end Bessemer- og Thomasstalet, og saadanne Forsøg endnu ikke foreligge, kan Spørgsmaalet om, hvilken af de nævnte Staal-sorter, der maa foretrækkes, hvor saadanne Anstrengelser forekomme, endnu ikke besvares. Der er

imidlertid intet, der taler for, at Martinstaalet modstaar saadanne Anstrengelser daarligere end de andre nævnte Staalsorter, saa hvor Martinstaalets højere Pris er af underordnet Betydning, og hvor man ikke har tidligere Erfaringer at støtte sig til, for at Anvendelsen af Bessemer- eller Thomasstaal er forsvarlig, vil Martinstaal være at foretrække.

I Nordamerika synes der — efter *Johnson: The Materials of Construction*, 1897, p. 142 — endnu at være en Del Mistillid til Bessemer- og Thomasstaalet, saaledes som der til Tider tidligere har været i Europa, — se midt paa S. 130. *Johnson* siger, at alle uopklarede Brud ere skete med disse Staalsorter og ikke med Martinstaal, endvidere at det sidste er mest homogent o. s. v. Noget af Aarsagen til denne Mistillid stammer imidlertid utvivlsomt fra, at omtrent alt amerikansk Bessemerstaal er fremstillet ved den sure Proces, da Thomasprocessen i sin Tid mislykkedes i Amerika og først i 1896 igen er bleven genoptaget med Held, — se samme Værk S. 138.

Hvad Dampkedelplader angaar, finder Martinstaalet større Anvendelse dertil end de andre Staalsorter, og Svejsejærnet gaar næsten fuldstændig af Brug.

Herfor taler Martinstaalets formentlige mindre Blaaskorhed, — se nederst S. 126 —, hvor der er omtalt, at de tyske Würzburger-Normer ikke tillade Anvendelsen af Bessemer- eller Thomasstaal til Dampkedelmateriale. De tyske Dampkedeltilsynsforeninger ere tilmed enige om, at kun basisk, blødt (ikke hærdeligt), sejt Martinstaal bør anvendes, — se *Dingler's polyt. Journal*, 1897, Bd. 306, S. 229. Samme-steds anføres, at der i Tyskland nu kun laves Svejsejærns Kedler, naar det udtrykkelig ønskes. Derimod finder i Dampkedler Svejsejærn Anvendelse til Nitter, men dertil ogsaa i alt Fald fortrinnsvis, jvnfr. S. 128 og *Krupps* S. 112 omhandlede Regler for Behandling af Dampkedelmateriale.

Til følgende Produkter finder da Martinstaalet Anvendelse fremfor Bessemer- og Thomasstaal, nemlig til store Smedestykker, saasom Kanoner og Panserplader (til de sidste navnlig med Nikkeltilsætning, se S. 77, Lin. 6 f. n.), Skibsaksler, Krumtapaksler til Dampmaskiner, specielt Lokomotivaksler, endvidere til mange andre Maskindele, hvortil Bessemerstaal sjældent anvendes, saasom andre Aksler, Plejlstænger, Stempelstænger m. m., endvidere til valsede Materialier, navnlig Skibsbygningsmaterialier, saasom Spanter, Plader m. m., men ogsaa andre Plader, f. Eks. til Dampkedler, Valsetraad (se herom

i II Del under »Traadtrækning«), Rør, Jærnbanehjul-Bandager, og endelig til Staalstøbegods, — jvnfr. S. 28, § 31.

Martinblokke til Kanoner støbes blandt andet af: Finspongs styckebruk og Bofors-Gullspång i Sverrig, Bochumer Verein i Tyskland, Creusot i Frankrig, *Armstrong* i England, *Société John Cockerill* i Seraing i Belgien, Bethlehem Iron Works i Pennsylvanien i Nordamerika, o. s. v.

Til Skibsbygning synes nu Nikkelstaalet at skulle vinde Indgang — se *Dinglers* polyt. Journal, 1898, Bd. 307, S. 175.

Panserplader laves i Stedet for af Staal eller som Compound-Panserplader (af Svejsejærn med et paastøbt Staallag) nu mest af Nikkelstaalet. Den ene Side kan hærdes efter *Harveys* Metode, — se S. 24 —, eller nyere Metoder af *Grambow* (D. R. P. Nr. 72547) eller *Schneider* i Creusot (Dansk Patent Nr. 32), hvorved Kulningen af Pladens ene Side sker med Kulbrinter i Stedet for med Kul.

Som Eksempler paa Kulstofindholdet i forskellige Anvendelser af Martinstaal kan anføres: Dampkedelplader 0,06 à 0,1 %, Bygningsstaalet 0,08 à 0,15 %, tynd Staalplade 0,25 %, Panserplader af Nikkelstaalet 0,28 %, Sporvejsskinner 0,4 à 0,45 %, Fjederstaalet 0,55 %, Borestaalet 0,6 %. Til forskelligt Værktøj, saasom Savblade, File m. m., tilsættes Nikkel eller Chrom, og Kulstofindholdet er da 0,7 à 1,3 %. Hvad endelig Staalstøbegods angaar, kan som Eksempler paa Kulstofholdigheden anføres: Eiffeltaarnets Sko 0,3 %, en Lavet 0,39 %, tyske Maskin- og Bygningsdele 0,4 %; en Tandkrans 0,49 %, store Tandhjul 0,55 %.

Om Staalstøbegods se Industriforeningens Tidsskrift, 1897, S. 242.

I øvrigt findes der i Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 107, en Mængde Eksempler paa, hvilket Kulstofindhold der bruges i mange Slags Staal til forskellige Anvendelser.

IV. De øvrige Metaller og Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

Litteratur: Se Litteraturangivelserne S. 39. Den dér anførte Bog af *Ledebur*: Die Legierungen o. s. v. er siden Trykningen af S. 39 udkommen i 2det Oplag. Endvidere: *F. Wüst*: Legier- und Löthkunst, 6te Aufl., 1895.

I følgende kemiske Værker findes adskillige Oplysninger, nemlig: *S. M. Jørgensen*: Mindre Lærebog i uorganisk Chemi, 2den Udgave, 1896, samt i *Muspratts* Chemie, 4te Aufl., en udmærket stor kemisk

Encyclopædi, hvoraf 5te Bind er udkommen i 1896, endvidere i *O. Dammer*: Handb. der chem. Technologie, 1895—98, et fortrinligt stort Værk i 5 Bind.

Nærmest om Fremstillingen af Metaller, altsaa Metallurgi, findes kortfattede Oplysninger i *Aug. Thomsen*: Forelæsninger over techn. Chemi, 1883, II, S. 273, og i et Slutningsafsnit af *Fr. Kolbeck* i *H. Ost*: Lehrbuch der techn. Chemie, III Aufl., 1898, samt en indgaaende Fremstilling i det store og udmærkede Værk: *C. Schnabel*: Handb. der Metallhüttenkunde, I, 1894 (om Fremstilling af Cu, Pb, Au, Ag) og II, 1896 (om Fremstilling af Zn, Hg, Bi, Sn, Sb, As, Ni, Pt, og Al m. fl.). *Dürres* S. 15 anførte Værk giver fortrinlige Oplysninger baade om Metallernes Egenskaber og om Fremstillingen, ligesaa *W. C. Roberts-Austen*: An Introduction to the Study of Metallurgy, 4th ed., 1897.

Endvidere anføres følgende specielle Værker:

P. Weiss: Le cuivre, 1894. *K. Künzel*: Über Bronzelegierungen, 1876. *F. Wagner*: Om Staalbronze, 1883. *Ch. Ed. Guillaume*: Recherches sur le nickel et ses alliages, 1898. — Die Anlagen der Aluminium-Ind.-Act. Gesellsch. in Neuhausen, 1890. *A. Lejeal*: L'Aluminium, 1894. *A. Minet*: Flere Værker under Navn af L'Aluminium, det sidste fra 1897 (jvnfr. S. 155 Lin. 17 f. n., S. 191, Lin. 19 f. o. og S. 195, Lin. 16 f. n.). *J. W. Richards*: Aluminium, 3th edit., 1896, udmærket Værk. *R. Köhler*: Das Aluminium, seine Eigenschaften, Verwendbarkeit u. Verwendung, 2te Aufl., 1898.

a. Kobbers og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Kobber.

114. **Kobberets Egenskaber.** Kobber fremstilles navnlig af svovlholdige Malme, især Kobberkis. Kobber eksisterer imidlertid ogsaa gediegent i Naturen.

Kobber gaar i Handelen som Blokke, Stænger, Plader, Traad og Rør.

Handelskobberet er aldrig helt rent, men forurenat især af Svovl, Arsen, Jærn, Bly samt Ilt som Kobberforilte, der har været opløst i det smeltede Kobber — se midt S. 49 —, men skiller sig ud ved Størkningen og fordeler sig fint deri. En større Mængde af dette Ilte gør Kobberet skørt, navnlig koldskørt.

Kobberforiltet hidrører fra den sidste Del af Fremstillingen, den saakaldte Raffinering, hvor en oksyderende Smeltning skal bortbrænde fremmede Bestanddele, hvorved man imidlertid først faar et meget kobberforilteholdigt, kold- og rødskørt — saakaldt raagart — Kobber og først ved en reducerende Smeltning bliver af med det

mest af Iltet og faar et strækkeligt — saakaldt hammergart — Kobber.

Metallografiske Undersøgelser af *Arnold* Have vist, at i Kobber med 0,2 % Kobberforilte danner dette et kornet Netværk, der strækker sig, ikke blot ind mellem de primære Krystaller, men ogsaa ind i disse, se *Engineering*, 1896, Vol. 61, p. 179 og jvnfr. S. 184, Lin. 10 f. o. — se ogsaa *Behrens'* S. 39 anførte Værk, S. 69.

Om fremmede Stoffers Indflydelse paa Kobber, se S. 55, Lin. 10—4 f. n. og *Vulkan*, 1898, S. 107.

Paa friske Brudflader er Kobberet lyserødt, med silkeagtig Metalglans. Det er det eneste røde Metal. Vægtfylden er 8,5 à 8,9. Prisen¹⁾ for Kobber i Blokke er ca. 1 Kr. 13 Øre pr. Kg., men svinger stærkt.

Kobber er langt blødere, sejgere og strækkeligere end Jærn, og Kobber behandles derfor meget i kold Tilstand, og Kobbersmeden strækker det, bøjer det o. s. v., ofte uden at varme det. Godt Kobber maa kunne lade sig bøje mange Gange frem og tilbage, før det brister. Efter kold mekanisk Bearbejdning bliver Kobberet imidlertid ligesom smedeligt Jærn efterhaanden mindre sejt. Oftest giver man det da dets Sejghed tilbage ved at gløde det svagt og køle det hurtigt af.

Efter *Martens'* Undersøgelser, se *Mitth.* aus den kgl. techn. Versuchsanst. zu Berlin, 1894, S. 62, begynder Kobbertraad, der er bleven haard ved Trækningen, allerede ved Opvarmning til 250° at blive blødere, og ved 3 à 400° bliver den næsten helt blød. Traaden blev efter Opvarmningen kølet i Vand.

Herefter kan man — se samme Steds S. 65 — ikke anse det for absolut udelukket, at haardt Kobber i et Kogekar kan forandre sine Egenskaber ved lang eller ofte gentagen Opvarmning til ca. et Par Hundrede Grader.

Efter samme Undersøgelser — se nævnte *Mitth.* S. 136 — bør man for at udgløde Kobber varme det til mindst 500° C., og efter samme *Mitth.* S. 108 gør det ingen stor Forskel paa den opnaaede Sejghed, om man, efter at have glødet Kobberet, køler det hurtigt af i Vand eller langsomt, f. Eks. i Aske. Det hurtigt afkølede synes snarest lidt haardere og mindre sejt.

Valsning af Kobberplader sker saaledes koldt, men imellem Valsningerne glødes Pladen, hvorved den bliver blød, og køles efter Glødningen i Vand, hvorved Glødskaflen springer af,

¹⁾ Denne og de følgende Priser ere Detaljpriser pr. Kg. i København i Slutningen af 1898. Prisen paa Kobberplade er c. 1 Kr. 28 Øre. Metalpriser kunne imidlertid svinge stærkt.

saaledes at denne ved den derpaa følgende Valsning ikke presses ned i Pladen og gør denne mindre modstandsdygtig mod Vejrlig eller ved Kobberforhudninger mod Søvand.

Ved Traadtrækning er Glødning mellem Trækningerne unødvendig, men den haardttrukne Traad kan gøres blød, efter at hele Trækningen er fuldendt.

Kobberets Styrke er højst forskellig, efter hvor stærkt det er bearbejdet. At et Indhold af Kobberforilte gør Kobberet skørere er allerede nævnt.

Tykke smedede eller valsede Stænger have en Styrke mod Træk af c. 23 Kg. pr. $\square$ mm. En Del Oplysninger om Styrkeegenskaberne findes i Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 174 og endvidere i Mitth. aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1894, S. 37. I sidstnævnte Værk, 1894, S. 135 er der anført nogle almindelig tilfældige Spændinger for Traad, Stænger etc. Se ogsaa i Jern-Kontorets Annaler, 1897, S. 97 et — nu antaget — Forslag af *Wahlberg* til nye Bestemmelser for Kobberleverancer til Sverrigs Statsbaner. — Angaaende Kobberets Styrkeegenskaber kan i øvrigt henvises til *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 251, samt tilføjes, at i Følge ganske nye Undersøgelser af *Rudeloff*, se nævnte Mitth., 1898, S. 212, vil ved Opvarmning til 500° Kobber, der er blevet haardt ved kold mekanisk Bearbejdning, ikke være stærkere end lige saa stærkt opvarmet udglødet Kobber, medens forskelligt Kobbermateriale's Sejghed varierer højst forskelligt, naar det opvarmes til over 300°.

I tør Luft staar Kobber sig godt.

I fugtig Luft overtrækkes Kobberet med et grønt Lag af basisk, kulsurt Kobberveilte, det saakaldte Ir, som ikke maa forveksles med Spanskgrønt, der er basisk, eddikesurt Kobberveilte. Irlaget beskytter det underliggende Metal. Kobbertage blive efterhaanden overtrukne med et saadant Lag, der danner en smuk Patina, — jvnfr. S. 149, Lin. 6 f. o.

Af Havvand angribes Kobber lidt efter lidt.

Kobber-Kogekar bør være fortinnede, da selv svage Syrer som Eddikesyre opløse Kobber.

Ved Opvarmning i Luften løber Kobberet an og bedækkes ved stærkere Opvarmning af Kobberforilte, det brune Dække paa nyt, ikke poleret Kobbersmedearbejde. Ved yderligere Opvarmning bliver det delvis til sort Kobberveilte, og springer ved Hamring, Bøjning eller Afkøling i Vand af som sorte Skæl, Kobberaske.

Ved Opvarmning til c. 1070° smelter Kobberet. Over det smeltede Kobber ses en grøn Flamme af Kobber, der brænder.

I *Dinglers* polyt. Journal, 1896, Bd. 300, S. 288, anføres 1076°, i Bulletin de la société d'encouragement, 1896, p. 231: 1054°.

Smeltet Kobber kan opløse forskellige Luftarter, og dels ved atter at afgive dem, dels ved Reaktioner i den smeltede Masse give Anledning til Luftudvikling — se midt S. 49. Af disse Grunde egner det sig daarlig til Støbning.

Saaledes indeholder det meste Kobber Spor af Svovl (som Svovlkobber) og en vis Mængde Kobberforilte, og i smeltet Kobber virker opløst Kobberforilte paa Svovlet og danner Svovlsyrning, som i den høje Temperatur indtager et stort Rumfang.

Naar det smeltede Kobber er hældt i Formen, vil det, efter at Temperaturen er sunken noget, »stige« i Formen, og bugne ud under den stedfindende Luftudvikling.

Man kan rense Kobberet for Kobberforiltet ved Tilsætninger af Aluminium, Silicium, Magnium, Fosfor, Mangan, ja selv Tin eller Zink, — jvnfr. S. 49.

De danske Statsbaner bruge saaledes, for at faa tætte Kobberstøbninger, en Tilsætning af 1 % Tin. Om Anvendelsen af Magnium i dette Øjemed se den tekn. Forenings Tidsskrift, 1893—94, S. 215.

115. Kobberets Anvendelse. Kobber anvendes mest til forskellige Kobbersmedearbejder, f. Eks. store Pander, Kogekar, Lokomotivkedlers indre Ildkasse og Stagbolte, Dampledningner m. m., endvidere til Kobberforhudninger, Kobbertage og som Traad, navnlig til Ledningstraad, f. Eks. for elektrisk Lys. Statstelefonen begynder nu at bruge haardttrukken Kobbertraad til ikke for tynde Ledninger i Stedet for Kobberbronzetraad, se S. 147, Lin. 15 f. n. Næst Sølv leder Kobber Varme og Elektricitet bedst. En betydelig Anvendelse har Kobber i Galvanoplastikken, — se II Del.

En mindre, men bekendt Anvendelse har Kobberplader i Kobberstikkunsten. Dertil behøves særlig fortrinlige Plader, fri for Utætheder — »Askepletter« — hidrørende fra Kobberforilte. Om Medailler af Kobber, se S. 149.

Kobberet anvendes i det Hele sjældnere end dets Legeringer. Det er temmelig blødt til at modstaa Slid; ved Legering bliver det haardere. Ved at legere det med Zink, Tin, Aluminium, Mangan m. m. bliver det egnet til Støbning hvortil især de to sidst nævnte Tilsætninger virke ved at befri

det for dets Indhold af Kobberforilte — se S. 49. Endelig ere Kobberlegeringerne sædvanlig billigere end Kobberet selv.

De vigtigste Kobberlegeringer ere de forskellige Kobber-Zinklegeringer, hvorimellem Nysølv, der dog vil blive omtalt under Nikkellegeringerne, samt Bronzerner. Kobberet bruges ogsaa til dermed at legere Guld og Sølv. Vore »Kobbermønter« ere af Bronze.

2. Kobber-Zinklegeringer.

116. Oversigt over Kobber-Zinklegeringerne. Zink, som lader sig i alle Forhold let legere med Kobber, uden at Sajgring af Betydning indtræder — se S. 43, Lin. 15 f. o. —, koster kun halvt saa meget som Kobber, og heri er der da allerede en væsentlig Aarsag til i mange Tilfælde at bruge Kobber-Zinklegeringer i Stedet for rent Kobber. Endvidere er deres Smeltetemperatur lavere, og de ere let støbelige. Zinktilsætningen forøger Haardheden og Styrken, men langt fra i den Grad, som f. Eks. Legering af Kobber med Tin. Paa den anden Side kan der tilsættes en meget stor Zinkmængde, før den berøver Kobberet en Del af dets Sejghed. Legeringerne ere rødskøre, undtagen de, der indeholde 35 à 40 % Zink, f. Eks. Yellowmetal.

Efter Forsøg af *Charpy* — se Bulletin de la société d'encouragement, 1896, p. 231, smelter en Legering med 69,5 Dele Cu ved 945° og med 60,2 Dele Cu ved 880°. Efter *Charpy* — se samme Tidsskrift, p. 199 — stiger en Kobber-Trækprøves Forlængelse ved en Zinktilsætning af indtil 30 %, og aftager først hurtigt ved yderligere Tilsætning. 40 % Zink gør endnu Legeringen smidig, men 50 % fuldstændig skør. Udmærkede fra den citerede Afhandling refererede Oplysninger om Kobber-Zinklegeringernes Smeltepunkt, Styrke, Sejghed, metallografiske Forhold m. m. findes i Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 171.

Mærkelig nok skifter Legeringernes Farve ikke jævnt, naar Zinktilsætningen stiger.

Den første Tilsætning gør Kobberet mørkere, først over 10 % Zink begynder at gøre Farven guldagtig, men yderligere Tilsætning gør den ingenlunde stadig lysere gul.

Ved til Kobber-Zinklegeringer, der skulle støbes, at give en Tilsætning af Tin¹⁾ faas større Haardhed og Styrke, men

¹⁾ Eller Aluminium, se Aluminiummessing S. 144, Lin. 4 f. n.

mindre Smidighed, medens en Blytilsætning letter Bearbejdningen med skærende Værktøj, da Legeringen derved bliver skørere, saa at Spaanerne lettere springe bort fra den Eg, hvortil de ellers stundom generende hæfte sig.

Kobber-Zinklegeringer — f. Eks. Messing — fremstilles altid ved Smeltning af Bestanddelene i en ildfast Digel, en saakaldt Grafitdigel, som den allerede er omtalt ved Digelstaalfabrikanationen, S. 28, Lin. 5 f. n. Den bestaar af ildfast Ler med en Grafittilsætning. Indholdet dækkes gerne med Kulpulver for at modvirke Iltning.

Grafitdigler kunne kun bruges et indskrænket Antal Gange, da de ved Brugen blive tyndere og tilsidst revne. Grafitten forhøjer Ildfastheden, forhindrer Diglen i at revne ved Brændingen og modvirker iltende Røgs Indtrængen gennem Digelvæggene — jvnfr. Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 120.

De letsmelteligste Metaller, som Tin, Bly og Zink, kunne smeltes i Jærn- eller Staalkedler — se S. 89 —, men de tungere smeltelige maa smeltes i ildfaste Digler, hvis det ikke gaar an at smelte dem i saadanne Ovne, som Kupol- og Flammeovne, hvor det smeltede Metal kommer i Berøring med Brændsel eller Røg. Dette gaar ikke an med Kobber-Zinklegeringerne, da Zinken derved vilde fordampe og iltes for stærkt.

Kobber-Zinklegeringerne komme, formedelst Zinkens Fordampning, gennemgaaende til at indeholde mindre Zink, end man skulde tro efter Bestanddelenes Sammenblanding.

En Digelovn ses i *Hannover*: Aut. Forelæsningstegninger, Pl. 15, Fig. 2. En dertil hørende Tang til Diglens Optagelse i Fig. 3. Om Messingstøbning se II Del.

Hvis man først smelter Kobberet og saa tilsætter Zinken som forvarmede Stykker, fordamper meget Zink i det varme Kobber. Man bør derfor heller komme baade Kobber og Zink i Diglen, nemlig i afvekslende Lag, og varme, til Zinken smelter. Den smeltede Zink opløser straks Kobber og efterhaanden mere og mere, saaledes at dels Temperaturen aldrig naar Kobberets Smeltepunkt, dels Zinkens Fordampning mindskes derved, at der straks danner sig en Kobber-Zinklegering, hvori Zinken beskyttes noget af Kobberet mod Fordampningen. Undertiden bruger man at tilberede Messing ved at smelte Kobberet sammen med Messingaffald. Naar Diglens Indhold er smeltet, tilsættes det manglende Zink, som da kommer i et Bad, der er mindre varmt end smeltet Kobber. Zinken bør tilsættes forvarmet. Alle koide Metaller fortætte Luft og navnlig Vanddamp

paa deres Overflade og i dens Porer. Naar et Stykke koldt Metal kastes i et smeltet Metal med højt Smeltepunkt, sker en voldsom Løftudvidelse, saa at man kan faa en Eksplosion, der slynger smeltet Metal ud i Lokalet. Derfor bør Metal altid være forvarmet, før det kommer i et smeltet Metal med et højt Smeltepunkt.

I øvrigt skal man altid ved Fremstillingen af en Legering, som f. Eks. Messing, være forsigtig med ikke at bruge for meget Affald af samme Legering — her Messingaffald. Det indeholder nemlig ofte en Del Ilt og kommer ved Omsmeltningen til at indeholde endnu flere, hvis man ikke sørger for at rense Metallet, se S. 49. I enkelte Tilfælde kan Benyttelsen af Affaldsmetal maaske have anden skadelig Indflydelse — se under Fosforbronze S. 154, Lin. 10 f. o. —, deriblandt ogsaa den, at der paa Affaldet undertiden sidder Lodde-metal — jvnfr. S. 142 nederst.

Vil man anvende opfejede Messingspaaner fra Drejning, Høvling o. s. v., bør de først renses for Jærnsaaen i et magnetisk Renseapparat, hvoraf man har adskillige Konstruktioner.

Hvor det gælder Fremstillingen af et Messingslaglod med et ønsket, meget bestemt, Zinkindhold, kan man gaa frem som angivet i *Dinglers* polyt. Journal, 1894, Bd. 293, S. 65, — jvnfr. 1898, Bd. 307, S. 94.

De vigtigste Kobber-Zinklegeringer ere: Tombak og Rødgods, Messing, Yellowmetal og Deltametal. Til Kobber-Zinklegeringerne høre ogsaa Nysølv, men dette vil finde Om-tale under Nikkellegeringerne.

117. Tombak og Rødgods. I Tombak, der er rødlig-gult, er der kun en ringe Mængde Zink. Det har en høj Grad af Smidighed. Da det imidlertid er dyrere end Messing, og man nutildags har endnu sejgere Messingplade, anvendes Tombak kun, hvor man har Brug for dets Guld farve, nemlig dels til uægte Bladguld, dels til pressede og paa Drejebænk trykkede Sager, der skulle tjene som imiterede Guldvarer, — enten galvanisk forgyldte, saakaldte »Talmivarer« — eller uden Overtræk, men de blive da hurtigt sorte.

Zinkindholdet er under 18 à 20 %, og der er ikke tilsat Bly eller Tin eller i alt Fald kun ubetydeligt, for ikke at skade Smidigheden. Vægtfylden er 8,5 à 9 %.

Følgende Analyser vise eksempelvis Tombaks Sammen-sætning:

	Kobber	Zink	Tin
Tombak til Smykker	86,4	12,2	1,1
Rødt Tombak	84	16	»
Blegt Tombak	80	20	»

Rødgods kalder man i Maskinteknikken støbte Maskindele saasom Pander til Lejer, Ventiler, Haner, Pumpecylindre m. m., af noget nær samme Sammensætning som Tombak, dog ofte med Tin og Blytilsætning — se S. 139 nederst og S. 140 øverst. Mindre Gørtlere spare vel gerne Tilsætningen af Tin, der er dyrere end Zink. De samme eller lignende Maskindele laves ofte af Bronze — det saakaldte »Metal« — hvorom midt S. 151, Forskellen er kun i det ene eller andet Tilfælde Tinindholdets Størrelse, og da det kan være yderst vanskeligt at skelne, om et foreliggende Stykke Gods er Rødgods eller Bronze, kalder Praktikerne ofte ogsaa støbte Bronzemaskindele for Rødgods.

Af Sammensætninger af Rødgods anføres eksempelvis:

	Kobber	Zink	Tin	Bly
Lokomotivpander	89,03	7,82	2,44	»
Stoppebøsser	90,24	6,38	3,57	»
Statuer	83	14	2	1

Paa Maskinbronzers Sammensætning vil der blive givet Eksempler senere. Som det ses, bruges Rødgods ogsaa til Statuer. Man har Manganrødgods, o: Rødgods, hvortil Mangan er sat som Mangan-kobber i lignende Øjemed som ved Manganbronze — se § 129.

118. **Messing.** Messing er tydelig gult. Det indeholder mere Zink end Tombak. Det kan dels støbes, dels vales koldt til Plade eller Blik, og trækkes til Traad, samt som Messing-plade eller -blik præges, presses, trykkes paa Drejebænk etc., samt bruges til billigt Elektroplet, se S. 159. Plade, Blik og Traad af Messing er naturligvis billigere end af Tombak. Til de sidst nævnte Anvendelser maa Zinkindholdet ikke være for stort, da derved Smidigheden aftager.

Zinkindholdet i Messing er i Reglen 20 à 50 %, til Valsning, Traadtrækning etc. ikke gerne over 37 %, men til Støbning sædvanlig 35 à 45 %. For meget Zink i Støbemessing bringer det til at svinde og suge for stærkt — jvnfr. S. 25, Lin. 15 f. o. —, saa at man let faar Hulrum og utæt eller maaske ligefrem revnet Gods.

Ikke sjældent giver man Støbemessing, ligesom Rødgods, en Tilsætning af Tin eller Bly i de S. 139 nederst og S. 140 øverst nævnte Øjemed, hvorved Messinget nærmer sig zinkrig Bronze.

Til Støbemessing kan man derfor sædvanlig anvende en Del gammelt Messing, da det Tin, der i Almindelighed som Lodninger findes derpaa, her ikke skader videre, hvad det vilde gøre, hvis

Messinget skulde være smidigt. Om Tilsætning af Aluminium i Stedet for Tin, se S. 144, Lin. 3 f. n.

Messings Vægtfylde er 7,8 à 8,7 %.

Som Eksempel paa Messingsammensætninger kunne følgende anføres:

	Kobber	Zink	Tin	Bly
Messingplade	68,1	31,9	»	»
Messingstatue	71,74	25,58	2,37	0,91
Støbte Messinghjul	60,66	36,88	1,35	»
Orlogsværftets Messing	75	25	»	»
do. Messingslaglod	50	50	»	»
Danske Statsbaners Messing	70	30	»	»
Danske Statsb. tungsmelteligere Slaglod	55	45	»	»
do. letsmelteligere Slaglod	45	55	»	»

Der kan selvfølgelig ikke være Tale om her at komme ind paa alle de mange eksisterende Legeringers Metallografi. Desangaaende maa henvises især til *Behrens'* og *Charpys* S. 39 og 139 anførte Arbejder. Men da Messing er en af de vigtigste Legeringer, skal her eksempelvis anføres følgende, der formentlig i Hovedsagen gengiver Meningen af *Behrens'* nævnte Værk S. 105—7:

Messing viser efter Udstøbning og Afkøling tydelige Krystaller under Mikroskopet. Naar man hamrer Messinget koldt, viser det mindre Krystaller, ligesom Tilfældet var ved Bearbejdning af smedeligt Jærn — se S. 93 nederst, og Grænselinierne blive utydelige. Krystallerne ere blevne strakte ud og slaaede flade samt her og der revne itu. Det ligger nær at tænke paa Prof. *Springs* S. 62, Lin. 12 f. n., omtalte Svejseforsøg, idet Forholdet ved Hamringen er, som om man fik en kold Svejsning af Krystallerne. Prøver af Messing, som *Spring* fremstillede ved Kompression af en Blanding af Kobber- og Zink-Filspaan, overgik haardttrukken Messingtraad i Stivhed. Naar man gløder det koldt hamrede Messing, komplettere Krystallerne sig igen, ligesom Tilfældet var med kulstoffattigt Staal — se S. 94, Lin. 18 f. o. —, men ere dog mindre end inden Udhamringen, og man kan da forestille sig, at Rekrystallisationen igen adskiller Krystallfladerne langs Svejsfugerne, og igen sætter dem i Stand til at glide langs hinanden, hvorved Messinget faar den tabte Bøjelighed og Strækkelighed tilbage. Ved at veksle mellem Bearbejdning og Glødning faar man efter det ovenstaaende stadig finere Krystaller og derved en høj Grad af Bøjelighed, hvad der f. Eks. spiller en stor Rolle ved Traadtrækning — jvnfr. S. 115 nederst.

Om en farlig, ikke ganske forklarlig, Corrosion af Messing-slaglodninger i Kobber-Damprør til Triple-Ekspansionsmaskiner, se *Engineering*, 1898, vol. 65, p. 468.

119. Yellowmetal, Deltametal m. m. Yellowmetal eller Muntzmetal er en Kobber-Zinklegering, der udmærker sig særlig ved ikke at være rødskør, saaledes at den er smedelig

i Rødgldhede. Den indeholdt oprindelig 60 % Cu og 40 % Zink og bliver navnlig brugt til Skibsforhudning og Skibsholte. Den anvendes af og til i Smedjerne.

Muntz opgav ogsaa Sammensætningen: 56 % Cu, 40,75 % Zn og 3,25 % Pb.

Deltametal er benævnt efter Forbogstavet i Opfinderen Dicks Navn. Det indeholder foruden Kobber og Zink tillige indtil 2 % Jærn, — se S. 89, Lin. 9 f. o. Ogsaa Deltametal kan saavel støbes som smedes i Rødgldhede, f. Eks. slaas i Sænker, hvorom i II Del, og benyttes, formedelst dets Styrke og Modstandsdygtighed imod kemiske Angreb — f. Eks. af Søvand — ikke lidt i Maskinbygningen i Stedet for det kostbarere Bronze. Det anvendes saaledes undertiden til Skibsskruer.

Om Skibsskruer af Deltametal se S. 83 nederst.

Vægtfylden er 8,6.

Som Eksempler paa Sammensætningen af Deltametal kan anføres:

	Kobber	Zink	Jærn	Mangan	Bly	Fosfor	Nikkel
Støbt . .	55,94	41,61	0,87	0,81	0,72	0,01	Spor
Smedet .	55,80	40,07	1,28	0,96	1,82	0,01	Spor

Da Zink og Jærn vanskelig legere sig til Haardzink, maa først en Del af Zinken smeltes og overhedes til Rødgldhede, og derpaa Jærnet opløses deri. Derved kan man efter Opfinderens Angivelse fremstille Haardzink med $8\frac{1}{2}$ % Jærn, og dette sammensmeltes med Resten af Zinken og de øvrige Metaller.

Almindeligt Deltametal har i støbt Tilstand en Styrke af 34 à 36 Kg. pr. □ mm, som ved Valsning kan stige til 60 Kg. med 20 % Forlængelse. Om Deltametallets Styrke og dens Formindskelse ved Opvarmning kan i øvrigt henvises til *Ostenfeld*: Teknisk Elasticitetslære, 1898, S. 255. Her skal dog oplyses, at man kan faa Deltametal stærkere, naar man opvarmer en Blok til dejgagtig Tilstand og udsprøjter den af et Hul i en Cylinderbund, saa at der fremstilles en Stang omtrent paa samme Maade, som pressede Blyrør fremstilles paa. Efter denne Metode — Strengpresning —, som er omtalt i Ingeniøren, 1896, S. 272, kan man faa et Materiale, hvis Styrke er 75 Kg. pr. □ mm, og som har en Forlængelse af 32,5 %. Metoden er bragt til Anvendelse ved Kobbervalseværket i Frederiksværk, baade med Deltametal og andre Legeringer.

Aluminiummessing faar man ved til det smeltede Messing efter Afskumning at tilsætte Aluminium i Stykker og røre godt om, samt lade Blandingen staa nogen Tid, før man støber ud. Aluminiumtilsætningen forøger Styrken, men formindsker Sejgheden. Er der

tilsat over 2 % Aluminium, kan Legeringen smedes i Rødgldhede. Aluminiummessing maa ikke afkøles hurtigt, da det saa bliver skørt, hvorimod langsom Afkøling forædler det. Angaaende en videnskabelig Eftervisning af Aluminiumtilsætningens Virkning kan henvises til Zeitschrift des Ver. deutsch. Ing., 1889, S. 959. En Tintilsætning vil dog ofte være at foretrække for en Aluminiumtilsætning. Om Aluminiummessing, se Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 243. Duranametal er en Slags Aluminiummessing med Jærn i, — se S. 89, Lin. 10 f. o. 5 Analyser gave i Middeltal 64,78 % Cu, 29,50 % Zn, 1,70 % Al, 1,71 % Fe og 2,22 % af Sn og Sb tilsammen. Det skal lade sig udmærket bearbejde i Rødgldhede, og staa sig fortrinligt mod kemiske Angreb. Dette sidste i Forening med stor Styrke og ikke ringe Sejghed skal f. Eks. have skaffet det en heldig Anvendelse til Hollænderknive. Om nærmere Oplysninger se *Dinglers* polyt. Journal, 1894, Bd. 293, S. 18 og Vulkan, 1896, S. 57. — Man har Manganmessing ligesom Manganrødgods, se midt S. 142.

3. Tinbronzer.

120. Oversigt over de forskellige Bronzer. Kobber-Tinlegeringerne gaa under Navn af Bronzer eller Malm, og de almindelige Tinbronzer bestaa kun af disse to Metaller.

Ved Tilsætning af Fosfor eller Silicium faas nyere Tinbronzer, der gaa under Navn af henholdsvis Fosforbronze og Siliciumbronze.

Man har imidlertid Kobberlegeringer, som ikke ere tinholdige, idet Tintilsætningen er erstattet af andre Tilsætninger, Aluminium eller Mangan, der ligesom Tintilsætningen gør Legeringerne haarde, stærke og støbelige —, men som dog gaa under Navn af Bronzer, nemlig henholdsvis Aluminiumbronze og Manganbronze.

De almindelige Tinbronzer ere imidlertid de tidligst kendte og mest benyttede.

Alt eftersom man af en Bronze vil fremstille en mindre eller større Mængde, sker Fremstillingen i en Digel eller paa en Flammeovns Herd.

Almindeligvis smeltes først Kobberet, og efter dettes Smeltning tilsættes da Tin og eventuelt Bly eller Zink eller begge Dele. Her er jo nemlig altid Tale om en stor Mængde Kobber og ikke om en ringe Mængde — se S. 47, Lin. 6 f. o. Skal Bronzen ogsaa indeholde Zink eller Bly eller begge Dele, sammensmeltes disse hensigtsmæssig med Tinnet, og Blandingen sættes til det smeltede Kobber.

Skal noget Affaldsbronze anvendes, smeltes dette sammen med Kobberet. Om de skadelige Virkninger, som det kan have at omsmelte Bronze for ofte, se § 127. Om Fremstillingen af Fosforbronze, Siliciumbronze, Aluminiumbronze og Manganbronze ville særlige Oplysninger findes S. 152—55.

121. Oversigt over de almindelige Tinbronzer. En Tintilsætning var allerede i Oldtiden et velkendt Middel til at forandre Kobberets Egenskaber. Den gør det, som nævnt, haardere og stærkere, men tillige skørere. At den ogsaa gør det støbeligere, er angivet S. 138, Lin. 2 f. n.

Hvad Tinbronzens Styrke angaar, skal anføres, at *Thurston* har fundet, at med 4 % Tintilsætning stiger Kobberets Styrke c. 16 %, med 17 % Tilsætning c. 30 %, men at en større Tilsætning efterhaanden formindsker den. Efter *Calvert* og *Johnsons* Undersøgelser har en Tinbronze med 7 % Tin allerede dobbelt saa stor Haardhed som rent Kobber, og med 20 % Tin er Haardheden omtrent Maksimum, nemlig 3 Gange Kobberets, men holder sig næsten uforandret eller er i hvert Fald, formedelst Legeringernes store Skørhed, ikke til at maale ved yderligere Stigning af Tinindholdet og aftager først igjen, naar det er blevet over 65 % ¹⁾. Det højst brugelige Tinindhold er 35 %, medens de 65 % altsaa ere Kobber.

For Tinbronze med 20 % Tin ligger Smeltepunktet efter *Howes* Angivelse ved 790 ° C.

At Tin farver Legeringerne forholdsvis stærkt lyse, stemmer med Bemærkningen S. 63, Lin 8 f. o.

Om Tinbronzernes Sajgring ere nogle Oplysninger givne S. 41, dels Lin. 9 f. o., dels midt paa nævnte Side. I Bronze, der ikke indeholder meget Tin, ser man tydelig paa Brudflader tinrige Pletter, de saakaldte Tinpletter, naar Afkølingen ikke har været hurtig nok, og saadanne Pletter ere ubehagelig haarde at arbejde i med skærende Værktøj.

Ved at afkøle støbt Bronze hurtigt, modvirkes saadan Sajgring, saa at man derved faar blødere og mindre skør Bronze end ved ~~hurtig~~ ^{langsom} Afkøling. Paa de samme Forhold beror det, at man undertiden anvender den saakaldte Anløbning af Bronze — se S. 41 — 2: Opvarmning til mørk Rødguldhede (ved tynde Stykker er Opvarmning til Tinnets Smeltetemperatur tilstrækkelig) og paafølgende pludselig Afkøling for at gøre Bronzen blødere og smidigere.

¹⁾ *Wüst* angiver i sit S. 33 citerede Værk, at Haardheden er Maksimum for c. 50 % Tin.

Hvis man varmer kulstofrigt Staal til passende Rødgldhede og køler det hurtigt af, bliver det som bekendt hærdet. Forhindring af Sajgring giver her stor Haardhed og Skørhed, men ved Bronzens Anløbning nogen Blødhed og Smidighed. Anløbning af Bronze skal efter *Ledebur* være mest virkningsfuld ved Bronzer med 18 à 22 % Tin, hvad der ogsaa stemmer med, at *Behrens* S. 83 i sit S. 39 anførte Værk siger, at Afkøling af rødgldende Bronze med 20 % Tin forøger Strækkeligheden noget. *Wüst* mener derimod, at Anløbningen af Bronzen er virkningsløs, hvilket han har funden dels ved Bronze med $33\frac{1}{3}$ % Tin, dels ved Bronze af 11 % Tin, 3 % Zink og 86 % Kobber. At dette vistnok er rigtigt fundet, men at Anløbning dog kan være virkningsfuld ved et Tinindhold af f. Eks. 19 % er imidlertid paavist metallografisk, se Baumaterialienkunde, 1897—98, S. 70.

For at Tinbronzer skulle være smidige nok til at bearbejdes — præges, trykkes paa Drejebænk o. s. v. — i almindelig Temperatur, maa de være meget tinfattige. Med et noget større Tinindhold lade de sig endnu bearbejde i glødende Tilstand.

Grænsen ligger henholdsvis ved 6 og 15 % Tin. Bronzer med 18 à 22 % Tin lade sig bearbejde i netop begyndende Rødgldhede, men hverken i højere eller lavere Temperatur, jvnfr. midt S. 148.

Man skelner mellem binære Bronzer, der kun indeholde Kobber og Tin, og ternære og kvaternære Bronzer, der indeholde i alt henholdsvis 3 eller 4 Bestanddele, nemlig foruden nævnte Metaller Bly eller Zink eller begge Dele. Om disse Tilsætningers Virkning vil der blive talt midt S. 149.

De vigtigste almindelige Tinbronzer ere:

Kanonbronze, Klokkebronze, Spejlbronze, Kunstbronze og Maskinbronze. Saakaldt Kobberbronze er enten en almindelig Tinbronze eller Siliciumbronze — se S. 154 —, alt eftersom den foruden c. $99\frac{3}{4}$ % Cu indeholder alene Tin eller tillige lidt Silicium. Kobberbronze anvendes af Statstelefonen og Kbhvns. Telefonselskab som Ledningstraad, — se dog S. 138, Lin. 13 f. n. Vore Jærnbanetelegrafledninger samt vore Statstelegrafledninger, undtagen de af det store nordiske Telegrafelskab benyttede gennemgaaende Ledninger, ere galvaniseret Staaltraad.

122. Kanonbronze. Støbte Bronzekanoner begyndte ved dette Aarhundredes Midte at blive farlige Konkurrenter til Digelstaalskanonerne (»Støbestaalskanonerne«, se S. 12, Lin. 6 f. o.), men nu fremstilles de saa godt som ikke mere.

Naturligvis gjaldt det ved Støbningen at faa et saa fortrinligt Materiale som muligt, navnlig at faa det stærkt og haardt og, for ikke at faa

det for skørt, at undgaa Iltning. Af stor Betydning saa vel for Fremstillingen som for Kendskabet til de smidige Materialiers Styrkeegenskaber i det Hele var *Uchatius's* Opdagelse, at man ved at anstrenge et saadant Materiale ud over Elasticitetsgrænsen, kan hæve denne, — se S. 51 nederst —, samt forøge dets Styrke og Haardhed. Han begyndte med at koldtvalse en Bronzestang og benyttede den derved vundne Erfaring til at anstrenge en Bronzekanon ved i dens Sjæl at inddrive det ene koniske Pressestempel efter det andet med hydraulisk Kraft, saaledes at hvert Stempel udvidede Sjælen noget mere. Saaledes anstrengt Materiale kaldtes, da det i Egenskaber kom til at ligne Kanonstaalet, for Staalbronze, et meget uheldigt Navn, da det forleder til at tro, at denne Bronze indeholder Staal. Nærmere Oplysninger om *Uchatius's* Forsøg findes i *Wagner*: Om Staalbronze, 1883 og *Dinglers* polyt. Journal, 1875, Bd. 217, S. 124, og 1877, Bd. 223, S. 242.

123. Klokkebronze. Bronzen maa være haard for at have Klang og ikke lide Formforandring under Knevlens Slag. Dog maa Bronzen ikke være for skør. Almindeligvis bruges ren Tinbronze.

Sammensætningen er 20 à 23 % Tin og 80 à 77 % Kobber. De danske Statsbaner bruge Fosforbronze til Klokker, se S. 153, Lin. 17 f. n. I kinesiske Gongons og Tamtams findes 20 % Tin til 80 % Kobber. De ere udsmedede i netop begyndende Rødgloedhede — jvnfr. S. 147, Lin. 20 f. o.

Tilsætninger skade Klang. Saaledes giver Sølv ikke »Sølverklang«, men daarligere Klang, og i ældre Klokker findes i alt Fald kun saa lidt Sølv, at de af Fromhed til Kirkeklokker skænkede Sølvpenge i Reglen ikke kunne være havnede i Bronze-Smelteovnen.

124. Spejlbronze. Anvendelsen er nu kun ringe, nemlig til enkelte optiske Apparater, f. Eks. Metal-Hulspejle. Bronzen maa være meget lys og indeholder derfor af alle Bronzer mest Tin. Den maa kunne lade sig polere meget blank.

Tinindholdet er 30 à 33 %. Tilsætninger, f. Eks. af Arsen og Nikkel medføre, at Bronzens blanke Flader lettere »løbe an«, d: faa et ilt- og svovlholdigt Overtræk, hvorved de miste deres spejlende Egenskaber.

125. Kunstbronze. Denne Bronze tjener til Statuer, Basrelieffer, Mønter, Medailler etc. Nutildags gør Støbejern, Zink eller Messing, formedelst deres Billighed, den ofte Rangen stridig til Kunstværker, men de kunne ikke fortrænge Bronzen, hvor der ønskes et virkeligt og varigt Kunstarbejde. Bronzen

lader sig nemlig bedre ciselere — α : behandle med Gravstik og Pensler, hvorefter i II Del —, staar sig godt mod Slid og kan i fri Luft antage en meget smuk Overfladefarve. Man forlanger almindelig, at Monumenter i fri Luft forvandle deres oprindelige, rødgyldne Farve til en varm brun Farve med et lysende, lysegrønt Overtræk af Ædelrust eller Patina. Dette Overtræk bestaar af basiske kulsure Forbindelser og skal selv efter Aarhundreders Forløb endnu lade alle fine Detailler fremtræde tydeligt.

I svovlbrinteholdig Luft eller Røg faas et sort Overtræk i Stedet for en grøn Patina, og Arsen i Bronzen har vistnok samme Indflydelse — se i øvrigt *Ledebur: Die Legierungen*, 2te Aufl., 1898, S. 81.

Om hurtig Fremstilling af en Patina ad kunstig Vej, se II Del.

Naar undtages, at man til Bronzemønter, f. Eks. de danske, bruger ternær Bronze, nemlig af Kobber, Tin og Zink, hvor Tinnet skal give Mønten Haardhed til at modstaa Slid, og Zinken forøge Legeringens Støbelighed, anvendes nu til Kunstbronze næsten altid kvaternær Bronze. Den heri anvendte Blytilsætning skal lette Ciseleringen — jvnfr. S. 140 øverst, — medens Zinktilsætningen dels skal gøre Legeringen billigere, dels modvirke Sajgring — se S. 43, Lin. 15 f. o. — forøge Støbeligheden og gøre Farven mere guldagtig. Bliver imidlertid Zinkindholdet meget stort og Tinindholdet meget lille, har man Rødgods eller Messing, — se S. 142 øverst og Lin. 4 f. n.

Indtil 1856 vare danske Kobberpenge af Kobber, men nu ere de af Bronze bestaaende af 95 Dele Kobber, 4 Dele Tin og 1 Del Zink og burde altsaa ikke kaldes Kobberpenge. Tinindholdet i Møntbronze varierer fra 3—5 %. Medaillebronze er f. Eks. af Kobber og 5 % Tin. Vor kgl. Mønt bruger dog til Medailler rent Kobber i passende tykke Plader, og bruner eller brunerer (α : bronze-farver) Medaillerne i et Bad af Spanskgrønt, Salmiak og Eddike, der frembringer et Lag Kobberforilte, se II Del.

Som Eksempel paa kvaternær Bronze kan anføres: $86\frac{2}{3}$ Kobber, $6\frac{2}{3}$ Tin, $3\frac{1}{3}$ Bly og $3\frac{1}{3}$ Zink. I gammel græsk Kunst blev der benyttet binær Bronze, hvor dog en Del af Tinnet hyppigt blev erstattet af Bly, som man ansaa for en tarveligere Tinsort. I det romerske Rige blev en Zinktilsætning indført, der virker paa Kobberet dels som Tin, men mindre kraftigt, saa at Legeringen kan taale mere uden at blive for haard og skør, dels ved som nævnt at gøre Legeringen billigere, modvirke Sajgring, gøre Legeringen mere guld-

agtig, forøge Støbeligheden og sænke Smeltetemperaturen. Zink kan derimod ikke anvendes i Bronzen, hvor man ønsker stor Haardhed, forenet med saa stor Sejghed som mulig.

I mange kinesiske og japanesiske Bronzer, der med kemiske Midler ere farvede sorte, finder man rigeligt Bly, da det letter denne Farvning.

Oldtidens Bronzestatuer, Lurerne i det oldnordiske Musæum etc. ere ofte støbte med en forbaysende Færdighed, navnlig undertiden med en overordentlig ringe Tykkelse i Godset. Man har til Tider troet, at saadanne Statuer m. m. maatte være drevne af Bronzeplade, men nøjagtige Undersøgelser have godtgjort, at dette i alt Fald kun har gjaldt de allerældste Arbejder fra Tider, da man endnu ikke forstod sig paa Støbningen, hvorimod de senere Værker fra Oldtiden vare støbte, og store Kunstværker ofte støbte i flere Stykker. Nærmere herom i *Johan Boghs* Foredrag: Tekniske Spørgsmaal i Oldtidens Kunst og Haandværk, Bergen, 1887. Om Bronzens Historie se *M. Hélène*: Le Bronze, 1890.

Antike Bronzer, saasom Statuer, Monter, Vaser m. m. vise ofte saakaldte Udblomstringer, der begynde med, at der viser sig enkelte lysegrønne Pletter, som brede sig ligesom Oliefarve paa et Blad Papir og ødelægge Bronzen baade ind- og udvendig, idet den svulmer op og forvandler sig til et amorft hvidlig-grønt Pulver. Saadanne Udblomstringer eller Dannelser af »vild Patina« ere til stor Skade for Oldsagssamlingerne, hvorfor der ogsaa er arbejdet adskilligt for at finde Midler til at hindre deres Udbredelse.

Snart danne Udblomstringerne sig langsomt, saa at de næppe brede sig i Maaneder, snart brede de sig hurtigt, saa at de f. Eks. i faa Maaneder ganske ødelægge en antik Mønt. Udblomstringerne vise, at Kobberet er gaaet over til basisk kulsurt Kobberveilte, men desuden ere Udblomstringerne altid chlorholdige, hidrørende fra, at de paagældende Antikker have været udgravede af saltholdig Jord. Særlig have ægyptiske Antikker vist sig slemme til Udblomstring. Opvarmning til 200° hjælper i alt Fald for en Tid mod Udblomstringerne, vel ved at fjerne Fugtighed. Der haves imidlertid adskillige andre Metoder til Konservering af antike Bronzer, af hvilke *Finkenens* bliver særlig rost. Angaaende denne og andre Metoder kan henvises til Artiklen: Konservering af Oldsager i *Luegers* S. 6 citerede Leksikon, 1ste Bd., S. 259 og *Dinglers* polyt. Journal, 1896, Bd. 301, S. 45.

Mærkelig er et Par italienske Forskeres Anskuelser om, at Udblomstringerne skulde skyldes en bestemt Bakterie, de have fundet i dem, — se *Dinglers* polyt. Journal, 1896, Bd. 301, S. 44. De støtte deres Anskuelser paa, at Opvarmning, som nævnt, stanser Udblomstringerne, hvilket de mene hidrører fra, at Bakterierne dræbes. Da det imidlertid ikke er lykkedes dem at inficere uangreben Bronze med Bakterien, er deres Anskuelse næppe berettiget.

126. Maskinbronze. Bronze anvendes i Maskiner, dels hvor Jærn vilde give Anledning til stærk Rustdannelse, f. Eks. Dele

af Saltvandspumper og Pumper for sure Vædske (Stempelstang, Cylinderforing, Ventiler m. m.), Skibsskruer m. m., dels hvor man ønsker selv at vælge, hvilken af to mod hinanden slidende Maskindele man ønsker mest slidt, enten fordi den lettest lader sig forny, eller fordi den let kan indrettes til at kunne efterspændes. Derfor fremstilles Pander til Lejer ofte af Bronze, hvis Haardhed nærmer sig Akslens, saa at Panderne dog ret godt modstaa Slid. Selvfølgelig maa man ved Bronzens Sammensætning ogsaa sørge for, at Friktionskoefficienten ikke bliver for stor.

Om Skibsskruer af Bronze se S. 83 og S. 87.

I Virkeligheden ere de Forhold, der betinge en Legerings større eller mindre Hensigtsmæssighed til Pander, ikke helt simple, hvorom nærmere midt S. 167, og specielt om Maskinbronzens Forhold S. 171, øverst.

Maskinbronze gaar i Reglen under Navn af Metal. Er dette tinfattigt, nærmer det sig det S. 142 omtalte Rødgods, og »Metal« gaar, som nævnt S. 142, Lin. 10 f. o., ofte ogsaa under Navnet »Rødgods«.

Nogle Eksempler paa Sammensætninger ere:

	Kobber	Tin	Zink	Bly
Ventiler, Haner, Pumpecylindre . .	88	12	3	»
Pander til Jærnbanevogne	79	8	5	8
Ekscentrikbøjler	90	10	2	»

Fordelen ved den anførte Blytilsætning for Pander til Jærnbanevogne vil blive forklaret S. 171, Lin. 7 f. o.

Endvidere anføres følgende Sammensætninger af Maskinbronzer, anvendte ved Orlogsværftet i København:

	Kobber	Tin	Zink
A. Forbindelsesstængers og Trækstængers Metalpander, naar disse ikke skulle have Slidflader af hvidt Metal	84	16	2
B. Styreplaner, Hovedlejers Metalpander og andre Pander, naar de ikke skulle have Slidflader af hvidt Metal; løse Gliderspejle, Glidere, Klodser i Kvadranter, og lignende Maskindele, der udsættes for Slid	86	14	2
C. Pakdaaser, Pakringe, Bøsninger, Ekscentrikbøjler, Luftpumpeforinger, Fødepumpeplungere, Metalpander med hvidt Metal, Haner, Ventiler, Metalklapper og lignende Maskindele, der ud-			

	Kobber	Tin	Zink
sættes for Slid, men hvor Trykket mellem Slidfladerne er lille.	88	12	2
D. Overdelen af Lejer, Dæksler til Føde- og Luftpumper, Møtrikker, Ventilkasser, Metalstempelstænger og lignende Maskindele, som skulle besidde Styrke	90	10	2
E. Flanger og Kraver til Rør, Mellemstykker og Forbindelsesrør, Rør, Brusere og lignende Maskindele, som skulle besidde stor Styrke . . .	94	6	2

127. Nyere Tinbronzer: Fosforbronze og Siliciumbronze. Ved Smeltning af almindelig Bronze opstaar baade Kobberforilte, der forbliver opløst deri, og Tinilte¹⁾ (delvis dannede ved Omsætning af opløst Kobberforilte og Tin), som rimeligvis forblive uopløste og kunne gøre Bronzen tyktflydende, saa at den ved Støbning fylder Formen daarligt. Ilterne forringe Bronzens Styrke og Sejghed. Benyttes Affaldsbronze ved Bronzens Fremstilling, bliver det dannede Produkt endnu slettere. En Tilsætning af Fosfor i Form af Fosforkobber eller Fosfortin renser Metallet for de nævnte Ilter — jvnfr. S. 49 — og modvirker deres skadelige Indflydelse. Tilsatte man rent Fosfor, vilde en stor Del deraf gaa tabt i Bronzens høje Smeltetemperatur. Produktet kaldes Fosforbronze. Det er haardere end Bronze, modstaar altsaa bedre Slid, staar sig bedre mod kemiske Indvirkninger og er tyndtflydende i smeltet Tilstand.

Fosforbronze er allerede fremstillet 1854, men først kommen til almindelig Anvendelse siden 1869, efter *Künzels* omfattende Forsøg — se *K. Künzels* og *F. Wagners* S. 135 citerede Værker. Fosfortin, f. Eks. med 8 % Fosfor, kan fremstilles ved at opløse Fosfor i smeltet Tin. Det bruges mindre end Fosforkobber, da ved dets Benyttelse en Del Fosfor gaar tabt. Fosforkobber, f. Eks. med 10 % Fosfor, lader sig fremstille ved Smeltning af Kobber med fosforsur Kalk, Kul og Kiselsyre i Hvidglødhede. Om en speciel Fosforbronzefremstilling se Vulkan, 1898, S. 75. Ofte indeholder Fosforbronze Zink, stundom indeholder den Bly, hvorom nedenfor.

Navnet Fosforbronze er ikke heldigt, da det forleder til at tro, at der er større Mængder Fosfor i Legeringen. Fosfortilsætningen skal kun virke til at reducere de nævnte Ilter, men der maa kun blive ubetydeligt Fosfor tilbage, da et stort Overskud af Fosfor vilde gøre Bronzen mere skør, end Ilterne vilde.

¹⁾ Tinforilte kan dog ikke bestaa ved stærk Opvarmning, idet det i alt Fald ved lys Rødglohdhed spaltes i Tin og Tintveille.

Man tilsætter ved Fremstillingen af Fosforbronze 1 à $3\frac{1}{2}\%$ Fosforkobber, — mindst, hvis dette er fosforrigt, og der anvendes megen Zink —, og i Fosforbronzen bør der da kun blive højest nogle Tusindedele Fosfor tilbage. Ved Smeltning i Digel maa man benytte en ny Digel og under Smeltningen holde Metallet bedækket med Trækul for at modvirke ny Iltning, efter at Rensningen for Ilter har fundet Sted. Før Udstøbningen maa man røre godt om. Naar man smelter i Flammeovn, plejer man først at tilsætte Fosforkobber efter de andre Stoffers Smeltning for at undgaa, at Fosforet fuldstændig brænder bort ved Røgens iltende Virkning.

Det vil let indses, at man ikke ved Analysering af, hvor meget Fosfor der er i Fosforbronze, kan finde, hvor meget Fosfor der har været anvendt ved Fremstillingen, da det meste jo bør være skilt ud efter at være gaaet i Forbindelse med Ilternes Ilt. I det Hele kan man i mange Tilfælde ikke fremstille Mage til en Legering blot efter en Analyse, thi Tilsætninger, der have været virksomme ved Fremstillingen, kunne være skilte ud inden Udstøbningen, og f. Eks. en Del Zink kan, som omtalt S. 140, Lin. 18 f. n., være fordampet. Herfra hidrører det, at Fabrikationen af visse Legeringer kan holdes hemmelig, til Trods for, at de let kunne analyseres.

Se f. Eks. Magnoliametal, S. 175.

Som Eksempler paa Sammensætninger af Fosforbronzer skulle følgende ved de danske Statsbaner anvendte anføres:

	Kobber	Fosforkobber med 5 % Fosfor	Tin	Bly
Lokomotivers og Dampmaskiners Pander	78	2	10	10
Haner	88	2	10	»
Klokker	78	2	20	»

hvorom i øvrigt kan henvises til Ingeniøren, 1898, S. 272. Til disse Legeringer bruge Statsbanerne at tilsætte Fosforkobberet efter de andre Stoffers Smeltning.

Fosforbronze har paa de tyske Baner i Almindelighed ikke vist sig heldigt til Aksel-Pander. Hvad den først nævnte Legering angaar, indeholder den imidlertid, som det vil ses, Bly. Forsøg af *Dudley* — se S. 171, Lin. 14 f. o. — have vist, at dette gør megen Nytte, idet Bronzer med indtil 15 % Bly have vist sig de sædvanlige Bronzer overlegne, enten disse indeholde Fosforkobber eller ej — jvnfr. S. 171, Lin. 20 f. o. Om Blyets Virksomhed se nærmere S. 171, Lin. 6 f. o.

I øvrigt gaar der i Handelen Fosforbronzetraad, ved hvis Fremstilling der aldrig har været anvendt nogen Fosfortilsætning, — se S. 154, Lin. 14 f. n.

Fosforbronze bliver daarligere egnet til at være Pandemetal, naar det omsmeltes. Man har hidtil troet, at Grunden var, at

Mængden af Fosfor deri efterhaanden brændte bort, og har efter *Clamer* — se *The Journal of the Franklin Institute*, 1898, vol. 146, p. 145, gengivet i *Baumaterialienkunde*, 1898—99, S. 66 — derfor plejet at fremstille ny Fosforbronze med ret meget Fosfor i, for at have det i Reserve til senere Omsmeltninger.

Efter metallografiske Undersøgelser mener nu *Clamer*, som har godtgjort, at der næsten intet Fosfor brænder bort ved Omsmeltnings af Fosforbronze, at Grunden til, at den bliver daarligere egnet til at være Pandemetal, er, at der efterhaanden ved Smeltningerne udkrystalliserer haarde fosforholdige Forbindelser, som derimod i ny Fosforbronze ere til Stede i opløst Tilstand. Om han heri har Ret, maa staa hen.

Formedelst sine gode Egenskaber, Styrke, Modstand mod Stød m. m. anvendes Fosforbronze f. Eks. til Lokomotivpander, Skibsskruer, Højovnsforme, o. s. v.

Om Styrken, se *Ostenfeld*: Teknisk Elasticitetslære, 1898, S. 254.

Om Fosforbronze til Lokomotivpander se S. 153, til Skibsskruer se S. 83 nederst.

En Siliciumtilsætning gjør omtrent samme Virkning som en Fosfortilsætning. Siliciumbronze anvendes næsten kun til Telegraf- eller Telefontraad. Hvad der kaldes Kobberbronzetraad er undertiden Siliciumbronzetraad — se S. 147, Lin. 14 f. n.

Siliciummet tilsættes som Siliciumkobber. Tinindholdet er ringe eller mangler ofte ganske, og i sidste Tilfælde er Benævnelsen Siliciumbronze egentlig ganske uberettiget, da Fabrikatet kun er rensat Kobber. Ethvert Overskud af Silicium svækker stærkt Traadens Ledningsevne, saa at man som Regel kun finder 0,02 à 0,05 % Silicium deri. I et tysk Traadtrækkeri fandt jeg endog Siliciumbronzetraad og Fosforbronzetraad fremstillet uden Anvendelse af nogen Silicium- eller Fosfortilsætning, idet man blot havde sørget for, at der kun anvendtes Kobber, ved hvis Fremstilling man havde gjort sig særlig Ulejlighed for at blive fri for Kobberforilte. — Om Siliciumbronzetraads Styrke, se *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 255. X

4. Andre Bronzer.

128. **Aluminiumbronze.** Denne Legering bestaar af Kobber og Aluminium. Dette sidste kan i fast Form sættes til det i en Grafitdigel smeltede Kobber. Det virker dels som Tin til at forøge Kobberets Haardhed og Styrke, dels som Fosfor til at gøre Kobberforilte uskadeligt — se S. 49 —, og et Overskud af Aluminium gør ikke nær den Skade som et Fosforoverskud i Fosforbronze. Aluminiumbronze kan, foruden at støbes, smedes i Kirsebærrødglødhede.

Om Aluminiumbronzes direkte Fremstilling, se S. 191, Lin. 12 f. o. 5 % Aluminiumtilsætning forøger Styrken til omtrent det dobbelte af Kobberets — nemlig til c. 44 Kg. pr. □ mm —, 10 % til næsten det 3-dobbelte. Tilsætningerne formindske Sejgheden, som allerede ved 11 % Aluminiumtilsætning er ubetydelig, og over 10 % Tilsætning forøger ikke Styrken synderlig yderligere — se Zeitschr. des Ver. deutsh. Ing., 1889, S. 959. Derfor bruges sjældent over 10 % Al. Aluminiumbronze med 7,5 % Al har en smuk guld-lignende Farve. Om Aluminiumbronzes Smedelighed se Vulkan, 1898, S. 115.

Efterhaanden som Aluminium synker i Pris, ville de nævnte Fordele ved en Aluminiumtilsætning uden Tvivl forøge Anvendelsen af Aluminiumbronze, f. Eks. i Maskintilvirkningen.

Mangler derved er, at det svinder ret stærkt ved Støbning, og at det, anvendt til Kunstgenstande, giver disse en grim, sort Patina. Det staar sig meget godt mod Søvand og bruges derfor med Fordel til Skibsskruer i Stedet for Tinbronze og til Skibsforhudning i Stedet for Tinbronze og Kobber, — jvnfr. S. 83 nederst og *Behrens'* S. 39 anførte Værk, S. 75. I øvrigt findes i Marine-Rundschau, 1898, S. 1485, Resultater af en stor Mængde Forsøg over Aluminiumbronzes og andre Bronzers m. m.'s Holdbarhed i Søvand, naar der opstaar galvaniske Strømme ved Berøring med Jærn, andre Bronzer m. m.

Den S. 135 anførte Brochure fra Aluminiumaktieselskabet i Neuhausen giver omstændelige Oplysninger om dette Firmas forskellige Aluminiumbronzer og deres Anvendelighed. Mange Oplysninger om Aluminiumbronzer findes i Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 214 og 242, efter et af *Minets* S. 135 omtalte Værker. Om deres Styrke se ogsaa *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 255. Om Aluminiumbørbronze, der skal være bedre støbelig end Aluminiumbronze, se Ingeniøren, 1896, S. 288.

129. Manganbronze. I denne Bronze, der bestaar af Kobber og Mangan, spiller det sidste en lignende Rolle som Aluminiumet i Aluminiumbronze. Men Manganet er for dyrt til, at Manganbronzen har vunden videre Udbredelse i Maskintilvirkningen.

Manganet tilsættes som Mangankobber, da Ferromangan er uanvendeligt, formedelst det store Jærn- og Kulindhold. Mangankobberet fremstilles ved at smelte Kobber med Manganiliter og Kul i en Digel ved meget høj Temperatur. En Artikel i Industriforeningens Tidsskrift, 1894, S. 403, giver forskellige Oplysninger om Manganbronzen, se ogsaa S. 83 nederst. I Reglen indeholder den lidt Jærn og Kul. Angaaende Manganbronzens Styrkeforhold kan henvises til *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 255, og angaaende Varmens

Indflydelse derpaa til Mitth. aus den kgl. tech. Versuchsanstalten zu Berlin, 1895, S. 29.

Den saakaldte Sølvbronze indeholder hovedsagelig Kobber, Mangan og Zink og skulde erstatte Nysølv, fordi Mangan er billigere end det kostbare Nikkel, — se Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 127, og *Dinglers* polyt. Journal, 1892, Bd. 283, S. 187. Om det anvendes nu, maa betvivles. Andre lignende Legeringer: Mangan-nysølv ere oftere forsøgte uden at finde varig Anvendelse. Om Manganin se midt S. 157.

b. Nikkels og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Nikkel.

130. Nikkelets Egenskaber. Det vindes af Svovl og Arsenforbindelser. Det kommer i Handelen i Form af Tærninger med henad $\frac{1}{2}$ " Sidelinie.

-nikkelet

Handels~~stillet~~ er aldrig helt rent. Dets Farve er graa. Det er meget strækkeligt samt svejseligt. Styrken er omtrent som Jærnets. Vægtfylden er 8,8. Prisen¹⁾ for Tærningennikkel er c. 3 Kr. 20 Øre pr. Kg. og vil næppe synke synderlig, dels da Nikkelmalme i Mængde kun findes faa Steder, dels da Udvindingen af Nikkelet er temmelig vidtløftig.

Nikkelet staar sig godt i Luften og mod de fleste Syrer. Dets Smeltepunkt ligger nær Svejsejærnets — ved c. 1500°.

I *Dinglers* polyt. Journal, 1896, Bd. 300, S. 288, anføres 1496°. Smeltet Nikkel skal kunne være meget tyndtflydende, se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 328.

Om Nikkelets store Evne til at farve en Legering lys, er talt S. 63, Lin. 8 f. o.

131. Nikkelets Anvendelse. Nikkel er først kommet i Anvendelse i dette Aarhundrede.

Ulegeret Nikkel er ikke anvendt i Praksis før c. 1879.

Ulegeret Nikkel bruges i nogle Lande til Mønter; i andre bruges Nikkel-Kobberlegeringer dertil.

¹⁾ Se Noten S. 136.

Siden Begyndelsen af 80erne bruge Østrig og Schweiz ulegeret Nikkel til Monter, medens Tyskland, Nordamerika (siden 1863) og andre Lande bruge en Legering af 25 Dele Nikkel og 75 Dele Kobber.

I den senere Tid begynder i øvrigt ulegeret Nikkel ogsaa at finde Anvendelse til Bordservice, og til Laboratoriumsdigler og Skaale i Stedet for de dyrere Platinredskaber samt til medicinske Instrumenter.

Om Nikkelopløsningers Anvendelse i Galvanoplastiken se II Del. Langt mere end Nikkel anvendes dets Legeringer, især de billigere Nikkel-Kobber-Zinklegeringer. Om Anvendelsen af Nikkel i Nikkelstaal er talt S. 77 nederst og S. 133—34.

2. Nikkel-Kobberlegeringer.

132. Nikkel-Kobberlegeringerne. Disse bruges foruden til Monter ogsaa til elektriske Modstande. Som Modstande anvendes dels Konstantan, der bestaar af 60 % Kobber og 40 % Nikkel, dels Manganin af 86 % Cu, 12 % Mn og 2 % Ni. Begge disse Legeringer ere mere konstante til nævnte Brug end Nysølvlegeringer, f. Eks. det neden for nævnte Nikkelin. Om Manganin se Industriforeningens Tidsskrift, 1894, S. 403. En Sammenligning mellem Nysølvlegeringers, Konstantans og Manganins elektriske Modstandsevner findes i Nyt Tidsskr. for Fysik og Kemi, 1897, S. 370.

Ellers er Anvendelsen af Nikkel-Kobberlegeringer ligesom af det ulegerede Nikkel kun ringe, da de ere forholdsvis dyre.

3. Nikkel-Kobber-Zinklegeringer.

133. Nikkel-Kobber-Zinklegeringerne. Endskønt at der i de fleste af disse er langt mere Kobber end Nikkel, anføre vi dem dog her under Nikkellegeringer. De ligne nemlig i Udseende langt mere Nikkel end Kobber. De vigtigste ere det saakaldte Nysølv.

Navnet stammer fra en Berlinerfabrik i dette Aarhundrede, men under Navn af Kinasølv ere Metalvarer af lignende Legeringer allerede i forrige Aarhundrede indførte fra Kina. Andre Fabriker bruge et af disse Navne eller selvlavede, en saksisk saaledes: Argentan, en Wienerfabrik: Alpaka, en Pariserfabrik: Christophle-metal, og en anden: Alfénide, især for galvanisk forsolvede Varer. Ogsaa andre Navne forekomme, og ligeledes specielle Navne for særlige Legeringer — se f. Eks. Nikkelin nedenfor.

Nysølv indeholder f. Eks. 55 Dele Kobber, 18 Dele Nikkel og 30 Dele Zink¹⁾, tilsammen 103 Dele, hvoraf altsaa de 3 Dele Zink gaa tabt ved Sammensmeltningen — jvnfr. midt S. 153. Nysølv er derfor nærmest at betragte som Messing, hvortil man har sat Nikkel, der giver Messinget større Haardhed, Styrke og Modstandsevne mod kemiske Indvirkninger, — ogsaa saadanne, som hidrøre fra Berøring med Spise- og Drikkevarer²⁾ — samt en lysere Farve, der gør det egnet til at forsølves.

Blød Nysølvtraads Styrke er c. 52 Kg. pr. □ mm, haardttrukken Traads c. 80 Kg.

Alt efter den Brug, der skal gøres af Legeringen, anvender man mere eller mindre af de tre Bestanddele. Kobber øger Smidigheden, der dog altid er mindre end Messingets, Zinken gør Legeringen lettere støbelig og billigere, men for meget Zink gør den for skør og skader dens Modstandsdygtighed mod baade mekaniske og kemiske Indvirkninger.

Eksempelvis kan anføres følgende Sammensætninger:

	Kobber	Zink	Nikkel	Jærn
Engelsk Nysølv til Bordservice	63,34	17,01	19,13	0,52
Wiener do.	55,6	22,2	22,2	„
Fransk do.	50,0	31,25	18,75	„

Forskellige andre Sammensætninger findes i Vulkan, 1898, S. 40.

Nysølv fremstilles altid ved Smeltning i Digler.

I Almindelighed smeltes noget af Kobberet med Nikkelet, det øvrige Kobber med Zinken, hvorved man faar Legeringer, hvis Smeltepunkter ikke ligge saa langt fra hinanden som Nikkelets fra Zinkens. Man undgaar herved nogenlunde Zinkens Iltning og Fordampning, — jvnfr. midt S. 140.

Nysølv udstøbes i Sand- eller Jærnforme som Plader, der udvalses og presses til Brugsgenstande eller trykkes paa Drejebænk, se II Del. Mest anvendes det til Bordservice, saasom

¹⁾ Den nævnte Legering er den mest sølvlygnende.

²⁾ Det staar sig mod kemiske Indvirkninger omtrent som 12-lødigt Sølv, Uden Forsølvning kan det dog ikke anvendes til Skaale etc., hvori Madvarer skulle opbevares, da syrlige Vædske ved Henstand opløse lidt, og alle Bestanddele give giftige Forbindelser.

Skeer, Gafler, Thepotter, Flødekander m. m., der forsølves galvanisk og under Navn af Elektroplet erstatte de dyrere Sølvsager. Naar Sølv slides af, ses det ikke saa meget, som naar Messinget griner igennem, hvor Sølv er slidt af det nu almindelige, billigere Elektroplet af galvanisk forsølvet, presset og trykket Messingarbejde.

En anden Anvendelse er Nysølvtraads Benyttelse til elektriske Ledningsmodstande.

Til dette Brug gaar Nysølv under Navn af Nikkelin, og har f. Eks. Sammensætningen 54 % Cu, 26 % Ni og 20 % Zn. En af Legeringerne hedder Rheotan. Da Nysølv forandrer sig med Tiden, giver man dog ofte ikke-zinkholdige Nikkellegeringer Fortrinet, saasom Konstantan og Manganin, se ovenfor. Nær Nikkelin staar de nye Modstandslegeringer Platinoid, der er wolframholdigt, og Superior. *Krupps* Kruppian — se *Electrotech. Zeitschr.*, 1893, S. 710 og 1894, S. 29 —, er derimod en Slags Nikkelstaal.

Man har Nikkel-Kobber-Zinklegeringer med forskellige Tilsætninger. Saaledes hvid Nikkelbrønde, hvori der er Tin, og som formedelst sin betydelige Styrke og Modstandsdygtighed mod Vejrliget anvendes til fysiske og musikalske Instrumenter, Spejlmatal, hvori der ligeledes er Tin, og som formedelst sin Hvidhed, Evne til at modtage Politur og Haardhed er fortrinligt til optiske Metalspejle, og Arguzoid af 55,78 % Cu, 13,41 % Ni, 23,20 % Zn, 4,03 % Sn, 3,54 % Pb og Spor af Jærn, som anvendes til Kunststøbesager og Jærnbanevogn-Haandtag etc.

Om Magniumtilsætninger til Nikkel og Nysølv se den tekniske Forenings Tidsskrift, 1893—94, S. 216.

At man har søgt at erstatte det dyre Nikkel i Nysølv med Mangan, hvorved faas Mangannysølv, er omtalt S. 156, Lin. 7 f. o. Tilsætninger af Sølv til Nysølv gøre ingen Nytte.

c. Zinks og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Zink.

134. **Zinkens Egenskaber.** Zinken vindes især af Zinkblende (Svovlzink) samt ædel og uædel Galmei, o: henholdsvis kul-surt og kiselsurt Zinkilte. Efter en Omsmeltning faas raffineret Zink.

Zinken gaar i Handelen i Blokke og som Plader.

Man skelner schlesisk og belgisk Zink.

Handelszinken er aldrig helt ren. En frisk Brudflade er blaalig hvid.

Strukturen er storbladet krystallinsk, naar Zinken for Støbningen har været varmet stærkt over Smeltetemperaturen, — ellers fin-kornet.

Vægtfylden er 6,8. Prisen¹⁾ for Zink i Blokke er c. 52 Øre.

Zinken er haardere end Tin, men forstopper dog en almindelig Fil, hvorfor det bør files med en Tinfil, der kun har enkelt Hug — se II Del. Zinkens Styrke er ikke betydelig.

Støbt Zinks Styrke er kun 2 Kg. pr. □ mm. Nærmere om Zinks Styrke i *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 252.

I almindelig Temperatur er Zink temmelig skørt, men lader sig dog valse og bliver derved smidigere. Naar det varmes til 120 à 150°, bliver det imidlertid betydelig smidigere og særlig egnet til Udvalsning. Ved 200° bliver det saa skørt, at det kan pulveriseres i en Morter. Ligesom det er størknet, er det ogsaa meget skørt.

I tør Luft og luftfrit Vand holder Zink sig godt. Under fugtigt Vejrligs Indflydelse overtrækkes Zinken med et Lag basisk kulsurt Zinkilte, der giver Zinkgenstande et glansløst, grimt Udseende, men i øvrigt beskytter det underliggende Zink mod Angreb. Zink staar sig heller ikke godt mod Syrer og kan ikke anvendes til Fade etc. for Madvarer, da det danner giftige Forbindelser.

Opløselige Salte i Murværk skulle kunne angribe Zink, se Vulkan, 1898, S. 104.

Zinks Smeltepunkt ligger ved 412°, og ophedes Zinken endnu adskillig stærkere, brænder dens Dampe til Zinkhvidt (Zinkilte), der danner en hvid Røg.

Efter *R. Coulsen* — se *Engineering and Mining Journal*, 1897, Vol. 63, p. 565 — fordamper Zink allerede kendelig ved almindelig Temperatur.

135. Zinkens Anvendelse. Til Trods for at Zinkens Egenskaber saaledes i det Hele ikke ere særlig rosværdige, anvendes

¹⁾ Se Noten S. 136. For Zinkplader er Prisen c. 59 Øre.

det dog meget. Skønt det er adskillige Gange dyrere end Jærn, bliver det dog, formedelst dets lettere Forarbejdning, foretrukket til Lampefodder og lignende Industrigenstande, Bygningsforsiringer m. m., og egner sig til sidstnævnte Brug og andre Genstande, der skulle opstilles i det Fri, f. Eks. Statuer, bedre end Jærn, da det, som anført, kun overfladisk angribes af Vejrliget. Samme Aarsag giver det en Hovedanvendelse til Tagrender, Nedløbsrender, Tagdækninger, Badekar, Klosetspande m. m. Om Zinkens Anvendelse til Galvanisering og Zinkblokke i Dampkedler er talt S. 87.

En vigtig Anvendelse har Zinken i galvaniske Batterier og i de grafiske Kunster til Zinkætsninger.

Om Zinks Anvendelse til Legeringer er talt ved Omtalen af Tombak, Messing, Nysølv m. m. Nærmere herom i næste Paragraf.

2. Zinklegeringer.

136. Zinklegeringerne. En Hovedanvendelse har Zinken til de i § 116 anførte Kobber-Zinklegeringer samt til de i § 133 anførte Nikkel-Kobber-Zinklegeringer, ligesom det ikke sjældent tilsættes til forskellige Bronzer.

Derimod anvendes kun lidet Legeringer, hvor Zink er Hovedmassen. Dels vilde disse overfor mange Anvendelser ikke blive smidige nok, da de blive endnu mindre smidige end det rene Zink, dels vilde de altid blive dyrere end det ulegerede Zink.

Undertiden bruges dog Zinklegeringer, nemlig Zink med en Kobbertilsætning, for at opnaa større Haardhed, nemlig til Pander for Lejer. De ere billigere end Rødgods og Bronze til nævnte Øjemed. Eksempelvis anføres Sammensætningen af et Par Slags Antifrikationsmetal:

Zink	Tin	Kobber	Antimon
85	»	5	10
80	14,5	5,5	»

Med Navnet Antifrikationsmetal betegnes dog ogsaa andre Legeringer til Pander, der skulle give ringe Tapfriktion og ringe Slid paa Akslen, se S. 167, Lin. 10 f. o. I § 142 vil der blive meddelt, hvad de nyeste Undersøgelser have oplyst om, hvorledes Mikrostrukturen skal være i saadanne Legeringer.

Zink svinder stærkt efter Størkningen og har derved Tilbøjelighed til at danne en Mængde fine Sugehuller — jvnfr. S. 25, Lin. 15 f. o. — lige under Overfladen. Ved den senere Bearbejdning komme de frem og kunne da, skønt de ofte ere mikroskopiske, dog under visse Forhold være generende. Ved senere galvanisk Bedækning med Nikkel m. m. fylde nemlig disse Porer sig med Opløsningen, saaledes at denne senere ved Afskylningen ikke ganske fjernes. Der bliver da Salte tilbage, som suge Fugtighed fra Luften, træde ud af Aabningerne og ved Angreb paa Metaldækket danne en mørk Plet. Ved at tilsætte en ringe Mængde Tin skal Zinkens Sugning efter Sigende mindskes eller forsvinde. Til Kunststøbning vides det dog, at ansete Zinkstøbere betragte denne Tilsætning som unødvendig, og mene, at Zinken uden den flyder let og støber sig godt nok.

Om Legeringen Haardzink og dens Anvendelse til Delta-metal ere Oplysninger givne øverst S. 89.

d. Tins og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Tin¹⁾.

137. Tinnets Egenskaber. Tin vindes af Tinsten, som er Tintveilde. Af Handelstinnen kan særlig nævnes Banka-Tin og engelsk Tin.

Banka-Tin fra Banka, nær Sumatra, er det reneste Tin. Engelsk Tin kaldes ofte Lamme-Tin efter Mærket: Et Lam med et Flag. Bekendt er ogsaa Malakka-Tin og australsk Tin.

Tin gaar i Handelen som Blokke, Stænger, Tinfole m. m. Handelstinnen er aldrig helt rent.

Saaledes kan det indeholde Tinilte, der dog rimeligvis ikke have været opløst til Stede i det smeltede Tin, saaledes som Jærnforilte i smeltet Staal eller Kobberforilte i smeltet Kobber, men i uopløst Tilstand have gjort Tinnen tyktflydende og efter Størkningen skørt.

Tin har en smuk hvid Farve. Det kan antage en stærk Glans, men taber den let formedelst sin Blødhed. Vægtfylden er 7,25. Prisen²⁾ er c. 1 Kr. 48 Øre.

¹⁾ I kemisk Henseende regnes Tin ligesom Antimon og Vismuth nu til Metalloiderne, i teknisk Henseende dog stadig til Metallerne.

²⁾ Se Noten S. 136.

Tin er det blødeste af de hidtil omtalte Metaller. Det forstopper en almindelig Fil, hvorfor det bedst files med en saakaldt Tinfil, jvfr. S. 160, Lin. 8 f. o. Tin er meget strækkeligt, lader sig f. Eks. udvalse til det velkendte Tinfolie, »Stanniol«.

Det støbte Metals Styrke mod Træk er gennemsnitlig kun 4 Kg. pr. □ mm. I stærk Kulde skal Tin være meget skørt og let falde fra hinanden ved Rystelser, ja ved lang Tids Henliggen i lav Temperatur blive Tingenstande saa skøre, at de kunne smuldres med Fingrene. Mulig skyldes Skørheden en Omlejring af Molekyleerne, mulig kun Spændinger, der opstaa ved uensartet Sammentrækning, — se *Behrens'* S. 39 anførte Værk, S. 51.

Nær Smeltepunktet er Tin meget skørt, hvorfor man let ved Hammerslag kan sønderdele en Tinblok i mindre Stykker, naar man varmer den, til Overfladen begynder at smelte.

Tinkorn, der gaa i Handelen, fremstilles netop ved at varme en Blok, til den er lige ved at smelte, og slaa den itu med Hammerslag.

Naar en Tinstang bøjes, knager den, fordi Krystallerne gnide mod hinanden.

Tin staar sig forholdsvis godt mod Luft og Vand samt mod kemiske Indvirkninger i det Hele, f. Eks. mod Angreb af Spise- og Drikkevarer.

Tinnets Smeltepunkt ligger ved c. 230°, og det smeltede Tin overtrækkes med en graa, til Dels i Regnbuefarver spillende, Hinde, nærmest bestaaende af Tinforilte. Ved Omrøring ilter den sig videre til graa »Tinaske«, der bestaar af Tintveilde og Tin og navnlig ogsaa dannes, naar det smeltede Tin glødes.

138. Tinnets Anvendelse. Hvis ikke Tinnet var saa dyrt, vilde dets mange gode Egenskaber sikre det en langt større Anvendelse. Det anvendes ikke meget i ren Tilstand. Til den bedste Fortinning, f. Eks. Fremstilling af meget blankt Hvidblik, 3: fortinnet Jærnblik, anvendes dog rent Tin, lige saa stundom til Støbning og Lodning. Ellers anvendes mest Tin-Blylegeringer i Stedet for Tin.

I det Hele anvendes Tin meget i Legeringer. Foruden Tin-Blylegeringerne maa særlig nævnes Kobber-Tinlegeringerne, der allerede ere omtalte. En ret stor Anvendelse har ogsaa Legeringer med Antimon og noget Kobber.

Antimon forøger navnlig Haardheden, Kobberet Styrken. De vigtigste Tin-Antimon-Kobberlegeringer ere Britanniametal og hvidt Metal.

Allerede 1 à 2 % Kobber forøger Tinnets Styrke.

Med Fosfor danner Tinnet Fosfortin, der er omtalt S. 152, og er et Rensningsmiddel for Tin og Tinlegeringerne.

2. Tin-Blylegeringer.

139. Tin-Blylegeringerne. Den almindeligste Tilsætning til Tinnet er Blyet, som er betydelig billigere, legerer sig let med Tinnet, kan sænke dets Smeltepunkt betydeligt — se S. 45 — og anvendt i ikke for stor Mængde kan gøre Tinnet noget haardere, skøndt det selv er endnu blødere end dette. Kandestøberen anvender derfor næsten aldrig rent Tin, men i billige Sager, f. Eks. Legetøj, endog næsten lige saa meget Bly som Tin. Hvor imidlertid de støbte Genstande skulle komme i Berøring med Spise- og Drikkevarer, bør der, formedelst Blyets Letopløselighed og dets Saltes Giftighed, kun anvendes en betydelig ringere Mængde Bly, og i nogle Stater — dog ikke her i Landet — er der til saadanne Anvendelser foreskrevet et Maksimumsblyindhold, i Tyskland f. Eks. højst 1 Del Bly paa 9 Dele Tin, 3: højst 10 % Bly. Køkkensager af Tin ere dog i høj Grad afløste af Stentøjs- og Porcelæns-sager samt af pressede Bliksager, og Kandestøberiet er derfor geraadet stærkt i Forfald.

Efter *Behrens'* S. 39 anførte Værk S. 52 kan man i Legeringer med selv under 1 % Bly mikroskopisk let paavise udsajgret Bly, saa at end ikke det i Holland tilladte ringe Blyindhold af højst 1 % sikrer fuldstændig mod Forgiftning.

Den letsmelteligste Legering er Snel — se S. 45 —, som smelter ved 181°. Den bestaar omtrent af 63 Dele Tin og 37 Dele Bly. Kandestøberne tage for Simpelheds Skyld i Reglen 2 Dele Tin og 1 Del Bly til deres »Sneltin«, som kan udstøbes i Blyforme formedelst den lave Smeltetemperatur — se II Del.

Af en nærliggende Legering, nemlig c. 65 Dele Tin og 35 Dele Bly støbes de saakaldte Tinbrillanter, en Slags Theatersmykker, paa en mærkelig Maade, hvorom i II Del.

Foruden til Støbning af Husgeraadsgenstande, Tinsoldater, Orgelpiber m. m. anvendes Tin-Blylegeringer især til saakaldt blød Lodning — hvorom i II Del —, nemlig som Snellod (Loddetin), samt til en Del Fortinning. Til den bedste anvendes rent Tin.

Som Eksempler paa saadant Loddematerials Sammensætning kan anføres, at de danske Statsbaner bruge til Loddetin enten 67 Dele Bly og 33 Dele Tin eller 50 Dele Bly og 50 Dele Tin, som giver et lettere smelteligt Lod. Snel er det lettest smeltelige Tin-Blylod. Man har imidlertid til Lodning m. m. endnu letsmeelteligere Legeringer, hvori findes f. Eks. Vismuth, som anført S. 46, Lin. 9—5 f. n., jvnfr. S. 196, Lin. 13 f. n.

I Tyskland maa Genstande, der komme i Berøring med Spise- og Drikkevarer, ikke loddess med en Legering med over 10 % Bly og ikke forsynes med en indvendig Fortinning med mere end 1 % Bly — se *Albrecht: Handb. der prakt. Gewerbehygiene*, 1896, S. 94.

3. Tin-Antimon-Kobberlegeringer.

140. *Britanniametal*. Saaledes kaldes de Legeringer af Tin, Antimon og Kobber, der bruges til Husholdningsgenstande, som i Reglen fremstilles af Blik, der presses, trykkes paa Drejebænk o. s. v., men ogsaa undertiden støbes. Britanniametalgenstande ere f. Eks. Kander, Kopper, Vaser, Skaale, Daaser etc., som i tidligere Aarhundreder bleve fremstillede af Tin-Blylegeringer. Af Britanniametal ere de mindre sundhedsfarlige og mere modstandsdgtige mod Slid. Farven er blaalig-hvid. Tinindholdet er betydeligt for at gøre dem smidige.

Som Eksempler paa Sammensætninger kan anføres:

	Tin	Antimon	Kobber
Engelsk Britanniametal	90,6	7,8	1,5
Blik til Trykning paa Drejebænk . .	93,7	3,8	2,5
En støbt Ske	88,4	8,7	2,9

En Blytilsætning vilde gøre Britanniametallet skørt.

141. *Hvidt Metal*. Dette bestaar hovedsagelig af Tin og Antimon, hvortil dog som Regel kommer en Kobbertilsætning. Det bliver udelukkende støbt og ganske særlig brugt til Pander i saadanne Lejer, hvori Akslen ikke udøver Stød eller meget

store Tryk. Hvor dette er Tilfældet, laves Panden sædvanlig helt af Bronze — »Metal«, se midt paa S. 151 — men ellers kan Anvendelsen af hvidt Metal eller Haardtbly — se midt paa S. 174 — som Pander eller som en indre Foring i Pander af Bronze, Støbejern eller Staalstøbegods være at anbefale. Hvidt Metal er nemlig saa blødt, at det er let at bearbejde og ikke slider meget paa Akslen, uden at det dog slides stærkt selv. Det er let at smelte, og Foringer deraf lade sig let forny. Smeltningen sker ved en saa lav Temperatur, at man kan støbe det direkte paa Stedet om en Aksel, som sidder paa rigtig Plads i Lejet eller imellem Panderne, altsaa uden Anvendelse af en særlig Form, men blot med Sideaabningerne lukkede af en Jærnplade tættest med Ler, der kan hindre Legeringens Bortflyden. Som Regel benytter man sig vel ikke heraf, men ved noget simplere Maskineri, f. Eks. Landbrugsmaskiner, anvendes denne Fremgangsmaade ofte og med stor Fordel. Paa den anden Side er der ved hvidt Metal den Ulempe, at en stor Friktion vil kunne bringe det til at smelte, og Stød i Lejet kunne støde Dele af Foringer løse.

Om Støbning af hvidt Metal paa Stedet om en Aksel, se Vulkan, 1897, S. 82.

Hvad Fremstillingen af hvidt Metal angaar, smelter man først Kobberet med Antimonet eller en Del af Tinnets i højere Temperatur, og forener saa den dannede Legering med den øvrige — jvnfr. S. 47, Lin. 6 f. o. Ved Fremstillingen af nedenstaaende Tabels sidste Legering smelter man 2 Dele Cu, hvortil først 4 Dele Sb og dernæst 12 Dele rent Sn tilsættes, og saa udstøbes Massen til 15 mm tykke Plader. Lige Dele af disse og af Tin smeltes derpaa sammen og udstøbes atter til Plader, som senere smeltes til Brug.

Som Eksempler paa hvidt Metal kunne følgende Sammensætninger anføres:

	Tin	Antimon	Kobber
Lejer for Hjul- og Skrueaksler	72,7	18,2	9,1
Babbitts Metal.	96	8	4
Orlogsværftets hvide Metal.	80	15	5
De danske Statsbaners tidligere Vognaksel-Pander eller Foringer i Vognaksel-Bronze-pander.	80	10	10
Compagnie de l'Ests Vognaksel-Pander . . .	83,33	11,11	5,55

Ofte ser man andre Sammensætninger, end den her under Navn af Babbitts Metal anførte, kaldte saaledes. Amerikanerne kalde alt

hvidt Metal Babbitts Metal. Om de sidste to Sammensætninger nærmere S. 170.

Hvidt Metal kan ogsaa bruges til andet end Pander, f. Eks. paa Stedet støbes i en slidt Møtrik, idet dennes Gænger afmejsles, og nye støbes i Møtriken, medens den holdes paa Plads om Skruen. Om hvorledes man kan sortere Spaaner af hvidt Metal fra Bronze-spaaner, ved at smelte det hvide Metal fra, se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 56.

Hvidt Metal og forskellige andre Legeringer, der anvendes til Metalpander, gaa ofte under Navn af Antifriktionsmetal. Om de Forhold, der særlig gøre et Metal egnet til at bruges til Metalpander eller til Udstøbning af saadanne, altsaa til at være et Pandemetal, eller som man ofte siger »et Lagermetal«, se næste Paragraf.

142. Om Pandemetallens („Lagermetallens“) Egenskaber og Mikrostruktur. Nærmere beset er Forholdet, naar en Aksel eller Tap løber i Pander, efter den almindelige Mening det, at saa længe Tappen er i god Stand og vel smurt, er Friktionen ved Anvendelse af en Smørelse paa det nærmeste den samme, ligegyldigt hvilket Metal Panderne ere lavede af, og Friktionen afhænger altsaa da kun af Smørelsen. Der danner sig nemlig et Lag Smørelse mellem Tap og Pander, saa at Gnidningen sker mellem dette Lag og henholdsvis Tap og Pander.

Men naar der bliver noget unormalt ved Tappens Gang i Panderne, komme disses Materiale til at spille en Rolle. Hvis der saaledes mangler Smørelse, komme Tap og Pander til at gnide direkte mod hinanden, og nogle Legeringer synes da mere tilbøjelige til at give Varmløbning end andre.

Hidtil har man imidlertid ikke været klar over, hvad det egentlig kom an paa ved de Legeringer, man burde anvende. Dette viser det store Antal Legeringer, der ere bragte i Forslag og Anvendelse som Pandemetaller eller Antifriktionsmetaller.

Det synes imidlertid som om metallografiske Undersøgelser skulle kaste Lys over, hvad det kommer an paa ved disse Legeringer.

Interessante Bemærkninger angaaende Betydningen af Pandemetallens Mikrostruktur giver *Behrens* paa S. 62 i hans S. 39 anførte Værk.

Charpy har nylig gjort et stort Antal Undersøgelser desangaaende¹⁾. Han har først fremsat følgende Tankegang: Ved smaa Tryk betragtes i Almindelighed Friktionskoefficienten som konstant²⁾, saa at Friktionen vokser proportional med Trykket. Ved større Tryk vokser Friktionskoefficienten temmelig stærkt, Fladerne slibe hinanden af og blive derved varme, og sluttelig begynde Fladerne at æde sig ind i hinanden, hvorved Friktionskoefficienten stiger meget hurtigt. Afslibningen begynder for et mindre Tryk, jo blødere Metallfladerne ere. Herefter skulde haarde Metallflader være bedst —, ogsaa fordi ved dem Friktionskoefficienten er mindst. At Metallflader ere haarde, kan da ogsaa bøde paa Manglen paa Smørelse, naar Metallfladerne ere i god Stand, og Trykket ensformig fordelt over større Flader og ikke koncentreret paa enkelte Punkter. Men saaledes er Tilfældet ikke i Praksis. En ny Aksel hviler kun i enkelte Punkter. Hvis nu Panderne ere af en haard Legering, giver denne ikke efter, hvoraf Følgen bliver, at de enkelte Punkter maa vedblive at optage hele Trykket, og derved kan da Lejet løbe varmt, og Tappen æde sig ind i Panderne. Dette undgaar man, naar Pandemetallet har en vis Plasticitet, idet Akslen da kommer til at ligge langt bedre an. Men Plasticiteten er ogsaa i Længden nødvendig, thi Panderne slides ikke regelmæssigt, rimeligvis formedelst Støv i Olien. Hvor en Aksel hviler i Pander paa forskellige Steder af sin Længde, er Plasticitet hos Pandemetallet særlig vigtig.

Det vil heraf ses, at man hos Pandemetallet baade maa fordre Haardhed og Plasticitet. Dette lader sig opnaa ved at anvende Legeringer, der bestaa af haarde Korn i en plastisk Grundmasse. Det har da ogsaa ved *Charpys* metallografiske Undersøgelser af en stor Mængde Pandemetaller vist sig, at alle de Legeringer, der have vist sig heldige i Praksis som Antifriktionsmetaller, have en saadan Struktur.

Charpy har f. Eks. undersøgt Legeringer af Bly og Antimon — saakaldt Haardtbly — jvfr. midt paa S. 174. Den eutektiske Legering, se S. 44, indeholder 87 % Bly og 13 % Antimon.

¹⁾ Recherches expérimentales sur les alliages métalliques, Bulletin de la société d'encouragement, 1898, p. 670 — oversat i Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1898, S. 1300.

²⁾ Se nærmere *Borchs* Maskinlære, 2den Del, 2den Udg., 1895, S. 31—32.

De Legeringer, der indeholde mindre end 13 % Antimon, bestaa af Blykrystaller, der ere inkorporerede i den eutektiske Legering, som findes i saa meget ringere Mængde, jo mere Bly, der er i Legeringen. Ved Trykforsøg viser det sig, at disse blyrige Legeringer ere meget plastiske, men naturligvis des mindre modstandskraftige, jo mere Bly de indeholde, saaledes at Styrken mod Tryk omtrent er proportional med den Mængde af den eutektiske Legering, som de indeholde. Disse blyrige Legeringer er der derfor ingen Mening i at anvende som Antifriktionsmetaller.

De Legeringer, der indeholde mere Antimon end den eutektiske Legering, indeholde det overskydende Antimon som haarde Korn. Saa længe Massen kun indeholder faa af disse Korn, og Trykket ikke er for stort, overføre disse det Tryk, de modtage af Tappen, til den plastiske, eutektiske Legering, og dette Forhold vedbliver, saa længe Antimonkornene ligge saa spredte, at de under Trykket ikke naa til at hvile mod hinanden, — og saa længe er Legeringens Styrke eller Modstandskraft mod Tryk ens med den eutektiske Legerings. Men naar der er over 30 % Antimon i Legeringen, berøre de haarde Antimonkorn hinanden under Trykket. Det bliver da dem, der bære Trykket, og dette kan ganske vist nu være ret højt, men Legeringen er nu skør og ikke mere plastisk og springer pludseligt, naar Trykket naar en vis Størrelse. Heraf følger, at de Legeringer af Bly og Antimon, der egne sig til at være Antifriktionsmetaller, bør indeholde c. 15 à 25 % Antimon, hvilket ogsaa stemmer med, hvad man har fundet praktisk. Ere de mere blyholdige, da ere de for bløde og give Anledning til, at Tappen æder sig ind i dem, og ere de haardere, da ere de for lidet plastiske, og desuden skøre for et nogenlunde stort Tryk.

Det gælder da efter *Charpys* Mening i enhver Legering, der bruges som Antifriktionsmetal, at have haarde Korn, som formindske Friktionen og Tendensen til Fasttædning, — men at have dem i forholdsvis ringe Antal, saa at Legeringen ikke bliver skør, og at have dem fordelte i en eutektisk Legering af passende Plasticitet og ikke for ringe Styrke mod Tryk.

Medens man hidtil kun enten ved længere Tids Brug af en Legering som Pandemetal eller ved Forsøg paa en Slidprøvemaskine har kunnet skaffe sig Oplysning om Legeringens Egenskaber som saadant, kan man efter *Charpy* først undersøge Legeringen ved en Trykprøve. Det vil derved vise sig, om Grundmassen er plastisk og ikke deformeres for meget for et

vist Tryk, ligesom det ogsaa derved vil vise sig, om Legeringen er skør. Dernæst kan man undersøge Legeringen mikroskopisk efter en Polering, hvor Polermidlet er blevet ført paa et elastisk Underlag. Et godt Antifriktionsmetal maa da vise haarde Korn i Relief. Ekstra kan man naturligvis, om man vil, gøre Forsøg over Friktionens Størrelse og Slidforsøg.

Efter *Charpy* kunne de her gjorte Fordringer til et Antifriktionsmetal som Regel langt lettere tilfredsstilles af ternære Legeringer end af binære, medens det paa den anden Side som Regel vil være overflødigt at gaa over til at bruge Legeringer, der indeholde endnu flere Metaller.

De danske Statsbaner bruge dels til hele Vognakselpander, dels til at udstøbe Pander med en Legering af 84 Dele Bly og 16 Dele Antimon, det saakaldte P-Metal —, hvorom nærmere S. 174 nederst —, og har efter Maskinchef *Busses* Erfaringer deraf haft lige saa gode Resultater som af en tidligere anvendt, langt dyrere Legering af 80 Dele Tin, 10 Dele Antimon og 10 Dele Kobber, undtagen overfor Stød, se Ingeniøren, 1898, S. 272. *Charpy* mener, at en Legering, der ogsaa indeholder Tin, vil være overlegen over Legeringer af Bly og Antimon alene, hvor disse ikke ere gode nok. Tinet formindsker ganske vist de haarde Kornes Haardhed, men tillige deres Skørhed, og det gør den eutektiske Legering mere modstandsdygtig mod Tryk. Efter *Charpys* Undersøgelser bør der i Legeringerne af Bly og Antimon være 10 à 20 % Tin, — mere af det dyre Tin er unyttigt —, og man kan da nøjes med 10 à 18 % Antimon. Her skal i øvrigt mindes om, at det bekendte Magnolia-Metal, hvorom nærmere S. 175 øverst, netop hovedsagelig indeholder Bly, Antimon og Tin. Han fremhæver i øvrigt, at et hvidt Metal, omtrent af samme Sammensætning som den ved de danske Statsbaner tidligere anvendte nys nævnte Legering, nemlig bestaaende af 83,33 Dele Tin, 11,11 Dele Antimon og 5,55 Dele Kobber, har givet fortrinlige Resultater ved det franske Jærnbaneselskab »Compagnie de l'Est«, idet Pander af saadant Metal, der vejede 7,56 Kg. og bar en 1ste Klasses Vogn, σ : 15 à 18 Kg. pr. □ cm, ved Slid paa en Vejlængde af 100,000 Km kun tabte c. 26 g. Der smurtes med russisk Mineralolie, og Panderne løb ikke nær saa ofte varme som Bronzepander. Naar man udstøber den nævnte Legering i en varm Form, viser den sig ved metallografiske Undersøgelser at bestaa af ret haarde Tærninger af den kemiske Forbindelse Sb Sn, meget haarde Naale (grupperede som seksgrenede Stjerner) af den kemiske Forbindelse Sn Cu₃ — se S. 46, Lin. 13 f. o. — og i øvrigt af en eutektisk Legering, og endvidere har den vist sig at være den Legering af de nævnte tre Metaller, som meget nær giver størst Styrke mod Tryk uden at være skør. — Legeringen er jo imidlertid som anført meget dyrere end P-Metal, og der angives ikke, hvor meget den har slidt Akslerne.

Charpy tilføjer, at Maskinbronzer (»Metal«) f. Eks. af Kobber og Tin have en Konstitution, der er de hvide Metaller modsat, idet Bronzerne bestaa af plastiske Kobberkrystaller, inkorporerede i en haard eutektisk Legering, der bestaar af Lameller af Kobber og den haarde kemiske Forbindelse Sn Cu_3 — se S. 46, Lin. 13 f. o. Legeringerne ere mere eftergivende, naar de tillige indeholde Bly, idet Blyet ikke legerer sig med Bronzen — jvnfr. *Behrens'* S. 39 anførte Værk, S. 3 —, men forårsager Blærer i Godset, formodentlig ved sin heftige Fordampning i den smeltede Masse, og synes at sætte sig som smaa Krystaller paa Blærerne Vægge. Med Blæredannelsen stemmer det ogsaa, at Vægtfylden efter Blytilsætningen bliver kendelig mindre end efter en Beregning.

Praktiske Forsøg af *Dudley* — jvnfr. S. 153, Lin. 10 f. n. og se *Dinglers* polyt. Journal, 1893, Bd. 290, S. 84 og Vulkan, 1895, S. 1214, hvor mange Pandemetaller ere anførte —, der i øvrigt bleve gjort med adskillige Pandemetaller, have da ogsaa vist, at Sliddet er mindre, naar Blyindholdet vokser indtil 15 %, saa at Legeringen f. Eks. bestaar af 77 Cu, 8 Sn og 15 Pb. At Bronzen til Lokomotiv-aksel-Pander bør indeholde Bly, stemmer ogsaa ganske med Maskinchef *Busses* Erfaringer for den S. 153 anførte Fosforbronze paa de danske Statsbaner — se Ingeniøren, 1898, S. 272 — og med nedenstaaende nye praktiske Erfaringer.

Men *Charpy* tilføjer nu, at Bronzerne vel have større Styrke mod Tryk end hvidt Metal, men at et stort Tryk vil drive Smørelsen bort, og at de da have mere Tendens til at lade Tapperne æde sig fast end hvidt Metal. Hvis nemlig Trykket i Lejet stiger, saa at Olien drives til Side, og Lejet løber varmt, vil en Pande af hvidt Metal kunne smelte og lade Akslen uskadt, medens en Bronzepande lader Kobber ligesom svejse sig til Akslen, hvorved denne faar en rynket Overflade.

Dette kan nu vel være rigtigt nok, men Smeltningen plejer man dog vistnok ellers netop at betragte som en Fare ved Anvendelsen af hvidt Metal, og det er for en Del under Hensyn til den, — for en Del ogsaa for at faa mindre Slid paa Akslen og en billigere Fremstilling —, at de danske Statsbaner bruge Bronze til Lokomotiv-aksel-Pander.

Naar *Charpy* herefter siger, at Bronze ikke er heldigt som Pandemetal, stemmer det vel med forskellige Erfaringer — se hans Afhandling p. 672 —, men synes dog at være i Modstrid med andre nye praktiske Erfaringer, f. Eks. fra de rekordsættende Iltog paa Strækningen Albany-Buffalo ($436\frac{1}{2}$ eng. Mil i 407 Minutter) og fra de hurtigste Oceandampere, idet man dér — se *Clamers* S. 154 citerede Afhandling i The Journal of The Franklin Institute 1898, vol. 146, p. 149, gengivet i Baumaterialienkunde, 1898—99, S. 69 — har kunnet holde Lejerne fortrinlig kolde. Sagen er formodentlig, at man i disse Tilfælde paa ingen Maade har turdet risikere, at Foringer af hvidt Metal bleve stødte løse eller smeltede, og at man

da har været nødt til at bruge Bronzer, nemlig af Kobber, Tin og Bly, men ogsaa har udstøbt dem saa homogene som muligt og har haft Lejerne meget nøjagtig tilpassede og i den fortrinligste Orden og meget omhyggelig smurte.

Det skal her tilføjes, at *Charpy* i den i Noten S. 168 citerede Afhandling, p. 685—691, har offentliggjort højst interessante Undersøgelser over de forskellige Udsajgringer, som ske i ternære Legeringer under Størkningen, og som meget smukt illustreres ved saakaldte Smeltelighedsflader. Disse Undersøgelser vare ikke offentliggjorte, da S. 45 i det foreliggende Arbejde gik i Trykken. Hvad dér er sagt, omhandlede derfor kun *Charpy's* Forsøg med binære Legeringer.

e. Blys og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Bly.

143. Blyets Egenskaber. Bly vindes især af Blyglads, som er Svovlbly. Bly gaar i Handelen som Blokke, Plader, Traad og Rør. Handelsblyet er urent.

Hyppigt er der Blylte deri, især naar det oftere har været omsmeltet. Blyltet forøger, ligesom andre Forureninger, dets Haardhed og Styrke.

Paa friske Brudflader er Farven graahvid. Vægtfylden er 11,3, altsaa betydelig højere end Zinkens (6,8), hvilket kan medvirke til, at Zink til forskellige Anvendelser foretrækkes for Bly, thi skønt Zink er adskillig dyrere pr. Vægtenhed, vil en Genstand af Bly næppe blive synderlig billigere end en lige saa stor Genstand af Zink, fordi den vejer næsten dobbelt saa meget. Prisen¹⁾ paa Bly i Blokke er ca. 28 Øre pr. Kg.

Blyet er let baade at støbe og bearbejde i usmeltet Tilstand, f. Eks. valse til Plader eller presse til Rør, og da det næst efter Jærn er det billigste af alle Metaller pr. Vægtenhed, har det en ret stor Anvendelse. Det er endnu blødere end Tin, blødere end noget andet Metal, der bearbejdes mekanisk, kan saaledes modtage Indtryk af Neglen og smitter af ved Berøring.

Det er endnu vanskeligere at file end Tin og Zink, men lader sig derimod nok raspe.

¹⁾ Se Noten S. 136.

Saver man i Bly, maa man helst lade Vand løbe til, da ellers Arbejdet bliver meget vanskeliggjort, ved at Spaanerne klæbe sammen.

Bly er saa sejt, at man kan bøje en Blyplade flere Gange frem og tilbage, før den gaar itu, men lige inden det smelter, er det ligesom Tin meget skørt.

I ulegeret Tilstand er Blyets Styrke meget ringe.

Støbt Blys Styrke mod Træk er kun 0,95 Kg. pr. □ mm. For valsede Plader er Styrken 0,83 à 1,73, for Blytraad 2,13 à 2,32 Kg. Om Styrken mod Tryk kan henvises til *Ostenfeld*: Tekn. Elasticitetslære, 1898, S. 253.

Det staar sig daarligt mod kemiske Indvirkninger. Mange forskellige Vædsker, selv almindeligt Vandværkssvand, formaar at opløse Bly, hvorfor man ofte anvender Blyrør, der indvendig ere fortinne. Da Blysalte ere giftige, er Anvendelsen af det rene Bly umulig til Husholdningssager, og selv i Legeringer Anvendelsen indskrænket — se midt S. 164 og S. 165, Lin. 13 f. o.

I fugtig atmosfærisk Luft overtrækkes Bly snart med en graa Skorpe af basisk kulsurt Blyilte, der gør Blysager grimme, hvor Tinsager bevare deres Glans. Laget af kulsurt Blyilte beskytter det underliggende Bly mod Angreb.

Blys Smeltepunkt ligger ved 330°, altsaa omtrent ved en Temperatur midt imellem Zinkens og Tinnets Smeltetemperaturer. Overfladen af det smeltede Bly bliver til gulgraa Blyaske, som er en Blanding af Blyilte og findelt Bly. I Glødhede brænder det med et hvidt Lys til Blyilte. I lys Rødgødhede koger det. Dampene ere giftige.

144. Blyets Anvendelse. Bly anvendes som Plader f. Eks. til Blykamre i Svovlsyrefabriker, elektriske Akkumulatorer, Tætning af Rørflanger, Underlag for Jærnsøjler o. s. v. Endvidere anvendes Bly som Blyfolie, Blyrør, Projektiler, Blyforme til kold Tinstøbning — se II Del — Plomber, Vinduesindfatninger, Samling af Støbejærns-Mufferør — se II Del —, Faststøbning af Jærnstænger i Sten samt til Forblyning af Jærnplader og Jærntraad o. s. v.

Bly anvendes ofte i legeret Tilstand, navnlig for at faa det haardere, og skønt det ved Legering bliver dyrere. Angaaende dets betydelige Anvendelse til Legeringer er allerede adskilligt nævnt i det foregaaende. Saaledes ere Tin-Blylegeringerne omtalte i § 139, S. 164. Vigtigt er ogsaa det saakaldte Haardt-

bly, der bestaar af Bly og Antimon, undertiden desuden med en Tilsætning og hvis Anvendelse til Pandemetal allerede er anført i § 142, medens det i øvrigt vil blive omtalt i næste Paragraf.

Bly med en ubetydelig Arsentilsætning anvendes til Hagl, som Arsentilsætningen gør haardere og mere kugleformige. Om Haglstøbning se II Del.

Bly anvendes ofte som Tilsætning til andre Legeringer, f. Eks. for at lette Bearbejdningen af Kobber-Zinklegeringerne — se S. 140 øverst — og Kunstbronze — se midt paa S. 149.

Om Fordelen ved en Blytilsætning i Pander af Maskinbronze og Fosforbronze se S. 171, Lin. 7 f. o.

2. Bly-Antimonlegeringer.

145. Bly-Antimonlegeringerne. En Antimontilsætning gør som nævnt Blyet haardere, men samtidig vokser Skørheden, saa at man højst anvender 25 Dele Antimon. Formedelst den opnaaede Haardhed kaldes Legeringerne Haardtbly.

Vil man have større Haardhed, end man kan naa med 25 Dele Antimon, eller vil man vel have stor Haardhed, men dog ikke for stor Skørhed, tilsættes tillige Tin, hvorved man faar Haardtblylegeringer, der danne Overgange til hvidt Metal.

Haardtbly anvendes dels til Typer (Skriftstøbegods), — det giver nemlig særdeles skarpe Afstøbninger ved at vide sig stærkt ud i Størkningsøjeblikket (jvnfr. om graat Raajærn midt S. 90) —, dels som Pandemetal, der er billigere end hvidt Metal.

Ved Fremstillingen af Haardtbly smelter man først en Del af Blyet, føjer Antimonet til, og naar disse Metaller have legeret sig med hinanden, sætter man Resten af Bly og eventuelt tilsidst Tin til. Eller ogsaa smelter man Antimonet for sig, smelter Bly og Tin sammen og hælder det smeltede Antimon til, naar den smeltede Tin-Blymasse er varmet til 500 à 550 °.

I det Hele smeltes Antimon, som skal bruges i Legeringer, ofte for sig og ikke sjældent under Boraks for at modvirke Iltning og forslagge de Ilter, der dog dannes. Boraks opløser disse Ilter — jvnfr. S. 182, Lin. 20 f. n. Statsbanernes Maskinafdeling smelter Bly og Antimon til det nedenfor anførte P-Metal under Boraks og kommer et Overskud af Antimon i Diglen — se Ingeniøren, 1898, S. 272.

Af Sammensætninger anføres:

	Bly	Antimon	Tin
P-Metal.	84	16	»
Magnoliametal.	78	16	6
Skriftstøbegods	75	23	2

S. 170, Lin. 14 f. o. er omtalt P-Metallets Anvendelse i de danske Statsbanevognes Aksel-Lejer. Tidligere er P-Metallet blevet meget anvendt til Jærnbanevognes Akselpander, men har næppe nu saa stor Anvendelse. Det er ganske vist billigt, men kræver en god Smøring. Det er for blødt til at taale Stødene i Lokomotivpander.

En Analyse af Magnolia-Metal, som er anført i Engineering, 1891, Vol. 51, p. 378, gav 77,5 à 78 Pb, 16 Sb, 5,75 à 6 Sn og smaa Mængder Cu og Fe. I samme Tidsskrift, p. 433, erklærede imidlertid Fabriken for Magnolia-Metal, at der i denne Analyse manglede de to vigtigste Ingredienser, hvilket kan være rigtigt, — jvfr. S. 153, Lin. 16 f. o. Maaske har den ment As og P, thi en Analyse i *Dinglers* polyt. Journal, 1890, Bd. 276, S. 476, gav: 77,67 Pb, 16,03 Sb, 5,89 Sn, 0,02 Cu, 0,3 Fe og Spor af As og P. Der er gjort en storartet Reklame for denne ret dyre Legering, men den er uden Tvivl ogsaa god, idet den dels har vist sig tilfredsstillende ved Brug og Forsøg — se *The Engineer*, 1891, Vol. 72, p. 251 og Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 231 —, dels jo indeholder Tin, saaledes som *Charpy* midt paa S. 170 anser det hensigtsmæssigt.

Sølvs og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Sølv.

146. **Sølvets Egenskaber.** Sølv forekommer ofte gediegent. I de vigtigste Sølvmalme forekommer dog Sølvet som Svovlsølv.

Sølv gaar mest i Handelen som Barrer, Korn og Traad. Her i Landet købe Sølvsmedene oftest Barrer af Prøvesølv, — hvorom nærmere nedenfor —, sjældnere af fint Sølv.

Som det vil blive forklaret senere, have de nemlig kun ringe Anvendelse for fint Sølv. Fint Sølv købes derfor af Sølvsmedene hyppigst kun i smaa Mængder og gaar da især i Handelen som Korn, der ere fremstillede ved at granulere Sølv, c: smelte det og udstøbe det i Vand under Omrøring med et Birkeris.

Til Ledere ved galvanisk Forsølvning købe dog Elektropletfabrikanterne fint Sølv i udvalgte Strimler.

Sølvets Farve er hvid. Det lader sig polere meget smukt blankt. Rent Sølv har næsten ingen Klang — jvnfr. midt paa S. 148 —, men faar nogen Klang ved at blive legeret.

Dets Vægtfylde er mindre end Blyets, nemlig 10,5. Den stiger ved Hamring og Valsning.

Prisen¹⁾ for Sølv er ca. 72 Kr. pr. Kg. Sølvet er i de sidste Aar svundet stærkt i Værdi.

Medens Forholdet mellem Sølv og Gulds Værdi i 1873 var: 1 : 15 $\frac{1}{2}$, er det nu 1 : 34.

Sølv er meget strækkeligt og smedes og vales derfor koldt. Imellem Valsningerne maa det glødes for at vinde sin hele Strækkelighed tilbage. Det lader sig udhamre til meget tynde Blade (ægte Bladsølv) og trække til meget fine Traade (ægte Sølvtraad).

Ved Legering bliver Sølv skørere. Sølv-Kobberlegeringerne ere dog meget smidige.

Derimod vil f. Eks. kun 0,05 % Vismuth fremkalde en tydelig Skørhed — jvnfr. S. 55, Lin. 9 f. n.

Sølvets Styrke mod Træk er noget mindre end Kobbers. Den er for støbt Sølv c. 7,5 Kg., for haardttrukken Traad 32 à 41 Kg. og for udglødet Traad 18 à 19,5 Kg. pr. □ mm.

Sølv staar sig godt i Luften og imod kemiske Indvirkninger, dog ikke saa godt som Guld. Hvis der saaledes er Svovlbrinte i Luften, f. Eks. ved Kysten hidrørende fra forraadnet Tang, løber Sølv an, d: det overtrækkes med et brunt Lag Svovlsølv. Sølvskeer, der bruges til Æg, overtrækkes ogsaa af Svovlsølv. Salpetersyre opløser som bekendt Sølv.

Naar man opbevarer Sølvgenstande i Papir, der er fugtet med eddikesurt Blylte, løbe de ikke an.

Sølvgenstande miste deres Glans ved hyppig Brug, idet den kogsaltholdige Sved paa Hænderne danner et Lag Chlorsølv, der dog kan fjernes ved Afvaskning med Ammoniakvand.

Oldsager af Sølv, fundne i Jorden, ere ofte skøre, fordi kogsaltholdigt Grundvand har omdannet dem delvis til Chlorsølv. Dette har man saaledes ofte iagttaget ved udgravede Sølvmonter. Om Metoder til at redde saadanne Sølvsager fra Undergang, se *Luegers* S. 6 citerede Leksikon, 1ste Bd., S. 260.

¹⁾ Se Noten S. 136.

Sølv smelter i svag Hvidglødhede, nemlig ved c. 962^{01}), og altsaa ikke lidt lettere end Kobber. Som omtalt midt S. 49 opløser det smeltede Sølv Ilt i rigelig Mængde og afgiver ved Størkning denne Luftart under heftig Sprutten, idet Ilten ved sin Udtrædelse af Sølvet river noget af den næsten størknede Overflade af Sølvet med sig, hvorved der frembringes en Gnistregn. Hvis Sølvet er legeret f. Eks. med Kobber, gaar Kobberet i Forbindelse med noget af den opløste Ilt, saa at Sprutningen modvirkes.

At legeret Sølv, naar det f. Eks. i Møntværkstederne udstøbes i talgbesmurt Forme, dog kan sprutte ret stærkt, skyldes Talgens heftige Gasudvikling.

En Kobbertil sætning modvirker vel den fra Iltafgivning hidrørende Sprutten, men man faar dog undertiden smaa Blærer i det med Kobber legerede Sølv. Blot $\frac{3}{4}$ à 1 % Zink er mere virksomt til at hindre Blærer end Kobbertil sætningen. Undertiden bruges derfor til Sølv baade en Kobber- og en Zinktil sætning.

Smeltet Sølv opløser af Ilt indtil 22 Gange sit eget Volumen.

Det størknede Sølv indeholder endnu noget Ilt, nemlig $\frac{7}{10}$ af sit Volumen, i sine Porer, hvilket man kan paavise ved at opvarme Sølvet i et lufttomt Rum, idet Sølvet da efterhaanden afgiver Ilten. *Behrens* siger i sit S. 39 citerede Værk, S. 44, at naar man hamrer eller valser langsomt afkølet rent Sølv, er det skørt som 4 % Bronze, men at Skørheden forsvinder, hvis man har tilsat lidt Zink eller 0,01 % Na, saa at Aarsagen til Skørheden maa søges i en Udskilning af Ilt i Fugerne mellem Krystallerne.

I samme Værk vises S. 40 det rene Sølv's Mikrostruktur. Dets primære Krystaller ere Tærninger med 0,05 à 2 mm Kantlængde, og som atter bestaa af sekundære Krystaller, angaaende hvis Ordning maa henvises til den nærmere Beskrivelse hos *Behrens*.

Sølvet er det Metal, der leder Elektricitet bedst, hvorfor dets Ledningsevne sættes til 100 og er Maal for de andre Metaller og Legeringers Ledningsevne.

Det legerede Sølv leder Elektriciteten mindre godt.

147. Sølvets Anvendelse. Rent Sølv anvendes sjældent. Det egner sig daarligt til Støbning, da det som nævnt optager megen Ilt i smeltet Tilstand. Det er for blødt til f. Eks. som Mønter at modstaa Slid. Det vinder i Haardhed og Styrke ved at legeres, og Prisen synker. Smaamønter af rent Sølv vilde desuden blive meget smaa. Derfor bestaa alle Sølv mønter og

¹⁾ Se *Dinglers polyt. Journal*, 1898, Bd. 309, S. 100.

næsten alle Sølvsmykker og Sølv-Husholdningssager ikke af rent Sølv, men ere Sølvlegeringer, nemlig hyppigst Sølv-Kobberlegeringer.

Fine drevne Sølvarbejder og ægte Sølvtraad til Tresser etc. ere dog af rent Sølv, hvilket ogsaa gælder Sølvlaget paa pletterede Genstande eller Elektroplet — se S. 159 og S. 175 nederst — og det yderste Lag paa hvidkogte Sølvgenstande — jvnfr. nedenfor, Lin. 8 f. n.

2. Sølv-Kobberlegeringer.

148. **Sølv-Kobberlegeringerne.** Om disses Smeltepunkter og Sajgring er der givet en Del Oplysninger S. 44—45.

Nærmere Underretning giver *Behrens'* S. 39 citerede Værk S. 2 samt S. 43—44. I tykke, støbte Blokke er, naar Sølvindholdet er større end i den eutektiske Legering, den yderste Del af Blokken sølvfattigere end den indre Del, medens det er omvendt, naar Sølvindholdet er mindre. Mærkelig nok synes nemlig Krystaldannelsen at være begyndt i Blokkens Midte, eller i alt Fald dér paa samme Tid som nær Overfladen, og den letsmelteligere eutektiske Legering er da trængt mod Blokkens Yderside. Hvis Sølv og Kobber netop ere legerede i det Forhold, der giver den eutektiske Legering, faar man dog slet ingen Sajgring i Blokken.

Behrens' Meddelelse stemmer med Erfaringer fra Tenene paa den kgl. Mønt. Til 2-Kr. anvendes — se midt S. 180 — Sølv, der er bedre end den eutektiske Legering, og dér findes det sølvholdigste Metal i Tenens Midte. Til 10-Ører anvendes derimod — se sammesteds — Sølv, der er daarligere end den eutektiske Legering, og dér findes det sølvholdigste Metal i Tenens Ydersider.

Sølv-Kobberlegeringerne ere, som omtalt i den foregaaende Paragraf, haardere og derfor mere modstandsdygtige mod Slid end rent Sølv, endvidere stærkere og billigere, og Sølvets Farve forandrer sig kun lidt ved en ringe Kobbertil sætning. Tilmed kan man fjerne Kobberet af den legerede Genstands Overflade ved den saakaldte Hvidkogning — se II Del —, der bestaar i at gløde Genstanden, saa at Kobberet i Overfladen iltes, og derpaa bejdse den med kogende, fortyndet Svovlsyre, der let opløser det dannede Kobbertil. Saaledes hvidkoges f. Eks. Sølvmøntblanketter ved at kommes glødende i fortyndet Svovlsyre.

Ved Glødningen naar man tillige at blødgøre Blanketterne inden Prægningen.

Det med Kobber legerede Sølv er ganske vist noget mindre sejgt end det rene Sølv, men lader sig dog godt bearbejde koldt. Det med Kobber stærkt legerede Sølv irrer i Luften — jvnfr. S. 137, Lin. 14 f. n. Det legerede Sølv sprutter ikke saa meget som det rene og egner sig derfor bedre til Støbning end det rene, der ikke giver skarpe Afstøbninger.

Om Betydningen af en Zinktilsætning for at faa tæt Støbegods er talt S. 177, Lin. 15 f. o.

I Sølvslaglod anvendes sædvanlig en Zinktilsætning til det med Kobber legerede Sølv, for at gøre Loddematerialet lettere smelteligt end de Sølvgenstande, der skulle sammenloddess.

For at fremstille Sølvslaglod sammensmeltes Sølv med Messing eller med Messing og Zink, f. Eks 5 à 7 Dele rent Sølv med 5 à 3 Dele Messingpladestumper.

Den omtalte undertiden brugte Zinktilsætning for at faa tæt støbt Sølv er unødvendig, naar man indsmelter gammelt Sølvtøj til Anvendelse til Støbningen, thi det gamle Sølvtøj har altid Lodninger, hvori der findes Zink.

En Sølv-Kobberlegerings Holdighed, Lødighed (Fin-gehalt), γ : Indhold af Sølv, blev tidligere bestemt ved at angive, hvor mange Lod rent Sølv, der var i

$$1 \text{ Mark Sølv} = c. \frac{1}{2} \text{ } \mathfrak{a} = 16 \text{ Lod}$$

af Legeringen, og det rene Sølv var altsaa 16lødigt, og det af Guardeinen med tre Taarne stemplede Københavns Prøvesølv var $13\frac{1}{2}$ lødigt.

Der var dog tilladt en Tolerance (set Remedium*) af $\frac{1}{4}$ Lod, γ : at Sammensætningen turde spille mellem $13\frac{1}{4}$ og $13\frac{3}{4}$ lødigt Sølv.

Nu angives Holdigheden i Promille, og det stemplede Sølvtøj holder 826 $\frac{0}{100}$, hvis det ikke udtrykkelig er stemplet som kun 11 lødigt.

I Følge Loven af 5te April 1888 angaaende Stemp-ling af Arbejder, forfærdigede af Guld eller Sølv, hvilken Lov traadte i Kraft den 1ste Januar 1893, maa Sølvsmedene kun stemple Sølvgenstande, hvis Holdighed er mindst 826 $\frac{0}{100}$ (= $13\frac{1}{4}$ lødigt, altsaa Københavns Prøvesølv); dog maa Skeer og Gaffer, der ere 11 lødige, stemples med »11 lødigt«. Stemplingen af Sølvgenstande skal bestaa dels af Bogstavet S, dels af Holdigheden udtrykt i $\frac{0}{100}$ (idet det dog tillades, at Genstanden mangler 2 $\frac{0}{100}$ i den i Stemplet angivne Holdighed) og dels af Sølvsmedens indregistrerede

Navnemærke. Ved Bestemmelsen af et Arbejdes Holdighed tages ikke Hensyn til:

1) det til Sammenlodningen benyttede Materiale, for saa vidt der til Lodningen ikke har været anvendt mere end, hvad der til samme er strengt fornødent.

2) de med Arbejdet forbundne, udvortes let kendelige, Genstande, der ere af andet Materiale end Sølv, for saa vidt der ikke ved Plettering eller paa anden Maade er givet dem Udseende af Sølv.

Indførte Genstande maa have Forhandlerens Navnestempel i Stedet for Sølvsmedens, men i øvrigt være stemplede som anført. De efter Loven stemplede Genstande kunne indsendes til Guardeinen for at forsynes med hans officielle Stempel.

Denne officielle Stempling bruges i stor Maalestok, idet f. Eks. Sølvskeer indsendes ufærdige og lavede med en ekstra Flig Sølv, som Guardeinen kan afklippe til Undersøgelse, Probering, ved en Titreranalyse, hvorom nedenfor. Sølvsmedene faa ved Guardeinens Stempling Sikkerhed for, at Holdigheden er den rette, og Publikums Sikkerhed er selvfølgelig større, naar Skeen bærer Guardeinens officielle Stempler: De tre Taarne og hans Navns Forbogstaver, end naar de kun bære et Stempel fra en Sølvsmed, der ikke kan udføre en Titreranalyse — se næste Side.

I Følge vor Møntlov have vi Guldmøntfod, saaledes at vore Sølvmønter kun ere Skillemønt. Deres Holdighed er:

For 2- og 1-Kronestykker 800 $\frac{0}{100}$

For eventuelle 50- og for 25-Ørestykker 600 —

For 10-Ørestykker 400 —

I 10-Ørerne er der altsaa mere Kobber end Sølv. Overfladen paa nye Sølvmønter er dog rent Sølv, idet Møntblanketterne ere hvidkogte som omtalt S. 178, Lin. 4 f. n.

I Firskillingerne var Holdigheden kun 250 $\frac{0}{100}$ og i Treskillingerne endog kun 187 $\frac{1}{2}$ $\frac{0}{100}$.

Vor Møntlov af 23de Maj 1873 traadte i Kraft den 1ste Januar 1875. I Følge dens § 10 er ingen forpligtet til af Skillemønt i én Betaling at modtage større Beløb end 20 Kr. i 1 og 2 Kronestykker, 5 Kroner i mindre Sølvmønt og 1 Krone i Bronzemønt. Ingen kan indsende Sølv til Møntning ved vor Mønt.

Om en Legering har den rette Sølvholdighed, bestemmes nøjagtigt ved en Titreranalyse og f. Eks. saaledes: En afvejet ringe Mængde af Legeringen opløses i Salpetersyre. Der tilsættes af en bestemt Kogsaltopløsning netop saa meget, som der, hvis Legeringen har den rette Sølvholdighed, behøves for at udfælde alt Sølvet som et hvidt, osteagtigt Bundfald af Chlorsølv. Hvis nu Legeringen ikke nøjagtig har haft den rette Sølvholdighed, vil der, efter at Bundfaldet er sunket til Bunds, fremkomme en hvid Chlorsølv-Sky

i Opløsningen, naar man — henholdsvis eftersom Legeringen har været mere eller mindre sølvholdig, end den skulde være (hvilket kan bedømmes af, om den ovenstaaende Vædske klarer sig mere eller mindre hurtigt) — tilsætter enten mere af Kogsaltopløsningen eller mere af en bestemt Opløsning af salpetersurt Sølvilte. Naar man af den ene af disse Opløsninger har tilsat saa meget, at en Draabe af den anden straks vil fremkalde nævnte Sky, kan man af den tilsatte Mængde af Kogsaltopløsningen let beregne Opløsningens Sølvindhold, og naar man herfra trækker den Sølvsmængde, der hidrører fra Tilsætningen af salpetersurt Sølvilte, faar man det oprindelige i Opløsning værende Sølvindhold bestemt.

I Montværkstederne prøver man, om Sølvindholdet ved en Støbning er det rette, ved at tage en Skeprøve af det i Diglen værende smeltede Sølv og granulere den — se S. 175, Lin. 4 f. n. — og afveje nogle af de derved dannede Korn samt opløse dem i Salpetersyre og titrere. Man faar paa denne Maade langt nøjagtigere Sølvindholdet at vide, end hvis man analyserer Indholdet af en udstøbt Ten, thi i en saadan kan der være ret stor Forskel paa Sølvindholdet foroven og forneden, i Midten eller paa Siderne, — jvnfr. S. 42, Lin. 11—13 f. n. og midt S. 178.

Efter Proberingen af Skeprøven er kun undtagelsesvis en Efterbesikning nødvendig. Ved Proberingen af Sølv et til 10-Ører skal der være 398 $\frac{0}{100}$ Sølv i Diglen, thi Holdigheden forfines da ved Hvidkogningen — se ovenfor — op til de 400 $\frac{0}{100}$, som 10-Ørerne skulle holde.

Ved Titreranalyse prøver Guardeinen ogsaa indsendt Sølvtoj — se ovenfor S. 180, Lin. 16 f. o.

I Stedet for at prøve en Genstands Sølvindhold ved en Titreranalyse, bruge Sølvsmedene, f. Eks. naar de købe gammelt Sølvtoj, den saakaldte Stregprøve, der dog kun tilnærmelsesvis kan vise Sølvholdigheden. Stregprøven bestaar i at gnide det paagældende Stykke Sølvtoj paa en saakaldt Probersten, α : en med fint Smergelpulver afslebet sort Kiselskifer, der er svagt indfedtet med Bomolie, og derpaa sammenligne Farven af den Streg, som Sølvtojet afsætter, med Streger af forskellige Probernaale, α : Sølvstifter af forskellig, men kendt Holdighed.

Med et passende Antal Stifter er den Fejl, der kan begaaes i Holdighedsbestemmelsen, c. 50 $\frac{0}{100}$, stundom endog 100 $\frac{0}{100}$. Hvis Genstanden slet ikke er Sølv, men en hvid Metallegering, ja selv hvis Genstanden er en Sølv-Kobberlegering, men indeholder en hel Del Zink, kan Stregprøven give Anledning til ganske fejle Skøn. Om forskellige Midler, hvorved forskellige Fejltagelser dog kunne undgaas, kan henvises til *Karmarsch-Fischers* S. 6, Lin. 6 f. o., citerede Værk, 2det Bd., S. 66. Sammesteds omtales ogsaa Sølvprøvning ved Afdrivning (Kupellation), der giver ret nøjagtige Resultater, dog ikke

fuldt saa gode Resultater som Titreranalysen, nemlig lidt for lave. Til denne for Sølv Vedkommende nu forældede Prøve sammensmeltes Sølv med Bly paa et Kapel (en lille Skaal, dannet af Benaske, der er brændt, pulveriseret og udludet) i en Muffelovn, hvorved det iltede Kobber og Bly »afdrives«, d. s. trænger sig ind i Kapellets porøse Masse, medens det rene Sølvs bliver tilbage som et Sølvkorn, man kan veje.

Sølv-Kobberlegeringerne fremstilles ved Sammensmeltning af Bestanddelene i en ildfast Digel, der varmes i en Digelovn, ganske som til Messingsmeltning — se S. 140.

Paa den kgl. Mønt kommer man Sølvbarrer og Kobberblokke kolde i Diglen og dækker dem med Trækulspulver og efter Smeltningen med hele Trækul. Inden Udstøbningen maa man røre godt rundt, da ellers en sølvholdigere Legering samler sig paa Diglens Bund. Til Omrøring bruges Grafitstænger eller Jærnomrørere, hvilke sidste fortares en Del ved at opløses i Kobberet, hvad der dog ikke skader Legeringen. Rent Sølvs opløser derimod ikke Jærn. Rent Sølvs kan derfor smeltes i Jærndigler.

Sølvsmedene købe Prøvesølv's Barrer, som de »legere op« eller »legere ned« ved Tilsætning af henholdsvis fint Sølvs eller Kobber, hvis de ønske en anden Holdighed. Undertiden smeltes vel Prøvesølv, og Kobber sættes først til, naar Sølv et er smeltet, for at faa det iltet saa lidt som muligt. Ofte benyttes da ikke Trækulspulver. Ved Omsmeltning af Sølvfilspaan eller Guldfilspaan og andet meget urent Affald af disse ædle Metaller bruges for at rense dem for uædle Metaller og for at faa de ædle Metaldele til at flyde bedre sammen, forskellige Tilsætninger — saakaldte Flussmidler — navnlig Boraks, der opløser Metalilte og danner en letflydende Slagge, fra hvilken Metalkorn let kunne skille sig ud og synke til Bunds. Ved disse Flussmidler bliver man dog kun fri for den Del af de uædle Metaller, der tilfældig ilter sig under Smeltningen. Ved Anvendelsen af Salpeter som Flussmiddel kan man derimod gennemføre Iltningen af de uædle Metaller saaledes, at Boraksen bedre skiller dem fra det ædle Metal. Ved Smeltning af meget urent Sølvs med Flussmidler kan man lade Massen størkne i Diglen, slaa denne itu og skille det paa Bunden størknede Sølvs fra det glasagtige Slaggedække og omsmelte. Derved faas et større Sølvudbytte end ved direkte Udhældning af Diglen, idet alt Sølv har faaet god Tid til at skille sig fra Slaggen.

Til Lettelse for at udfinde, hvor store Vægte Sølv eller Kobber, der skulle sammensmeltes med en forhaandenværende kendt Sølv-Kobberlegering for at opnaa en vis Sølvholdighed, kan anvendes Legeringstabeller samt Beregninger angaaende Værdi, Vægt og Gehalt af forskellige Landes Mønter, Omsætning af Karat og Lødig i $\frac{\text{‰}}{100}$, Kurs-Notering, Legeringsberegning, Omsætning af Lod Sølvvægt i Gram, Værdiberegning og Slaglød-Legeringer, udgivne af Jysk og Østifternes Guldsmedeforeninger, — beregnede af C. F. Heise, 1892.

Som Eksempler paa Sammensætninger af Sølv-Kobberlegeringer kan tjene de S. 180 nederst anførte Sammensætninger af danske Mønter, samt at Bordservice i Reglen er saa sølvholdigt, at det kan stemples efter Loven, $\therefore$ indeholder $826 \frac{1}{100}$ Sølv.

g. Gulds og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Guld.

149. **Guldets Egenskaber.** Guld forekommer næsten udelukkende gediegent og i Reglen legeret med Sølv.

Guldsmedene bruge næsten ikke Guldbarrer. De anvende til almindeligt Brug nye 20-Kronestykker, som ikke ere rent Guld, hvorom nedenfor. Hvis de skulle anvende renere Guld, f. Eks. til Bade til galvanisk Forgyltning, købe de oftest Strimler, der afklippes af Guldblik.

Saadant Guldblik er dog ikke helt rent, men af Finhed som Dukatguld — se S. 188, Lin. 4 f. n. — og indeholder altsaa f. Eks. $979 \frac{1}{100}$ Guld.

Guldets Farve er gul, og det lader sig polere meget blankt; Vægtfylden er 19,3. Guld er det dyreste i Tekniken anvendte Metal. Prisen er 2480 Kr. pr. Kg., idet der af et Kg. udmøntes 248 Stk. 10-Kr. eller 124 Stk. 20-Kr.

Om hvorledes Forholdet mellem Gulds og Sølv's Værdi er steget, se S. 176, Lin. 8 f. o. I en 10- eller 20-Kr. er der for henholdsvis 10 eller 20 Kr. Guld, jvnfr. S. 188 øverst.

Guld er i høj Grad strækkeligt og kan derfor vales og smedes koldt.

I Møntværksteder kan Udvalsningen af Guld-Tene fuldendes uden at afbrydes af Udgødninger.

Guld lader sig udhamre til tyndere Blade (ægte Bladguld) end noget andet Metal og ligeledes trække til meget fine Traade. Det meste Guldtraad er dog forgyldt Sølv- eller Kobbertraad.

Det fineste Bladguld er kun c. $\frac{1}{8000}$ mm tykt, det fineste Bladsølv c. $\frac{1}{4500}$ mm. Af de fineste ægte Guldtraade gaar der mere end 2000 m paa 1 g. Det tyndeste Guldlag paa forgyldte Sølvtraade er undertiden kun $\frac{1}{22000}$ mm tykt.

Forskellige Urenheder formindske betydeligt Guldets Strækkelighed. Dog beholder det selv ved store Tilsætninger af Kobber og Sølv eller begge Dele en betydelig Strækkelighed.

Smaa Mængder Jærn, Tin, Bly, Zink og Vismuth gøre det skørt. S. 55, Lin. 9 f. n. er allerede omtalt, at en saa ringe Mængde Vismuth som 0,05 % gør Guld skørt, og det anførtes, at nyere Undersøgelser syntes at vise, at Skørhed formedelst Urenheder ofte skyldes Forandringer i Mikrostrukturen. Angaaende dette Forhold skal for Guldets Vedkommende følgende hidsættes efter *Arnolds* og *Jeffersons* Afhandling i *Engineering*, 1896, Vol. 61, p. 178.

Under Mikroskopet viser det rene Guld sig at bestaa af større, primære Krystaller, der atter bestaa af en Mængde sekundære Krystaller (tilsyneladende Tærninger eller Oktaedre). Mulig vil en Gang en større Forstørrelse vise, at der ogsaa eksisterer tertiære Krystaller.

Store Krystaller ere nu ingenlunde et sikkert Tegn paa Skørhed, men Skørhed fremkommer, hvis Cohæsionen mindskes, ved at letsmeltelige Legeringer eller umetalliske Forbindelser danne Hinder imellem Krystallerne. Langsomt størknede Stænger af rent Guld have f. Eks. meget store, geometrisk komplette, primære Krystaller, men ere dog saa sejge, at det er meget vanskeligt at brække dem, selv ved stærke, gentagne Bøjninger.

Naar der sættes 0,5 % Sølv til Guldet, forandrer det ikke Strukturen. Tilsættes der 0,2 % Kobber, gør det ved svag Forstørrelse heller ingen Forskel. Tilsættes der derimod 0,5 %, ses enkelte røde sekundære Guld-Kobber Krystaller mellem de gule, sekundære Guld-Krystaller.

Tilsættes blot 0,2 % Bi, ville de primære Krystaller vise sig adskilte af tykke Hinder, formodentlig af en letsmeltelig Guld-Vismuthlegering, og de primære Krystallers geometriske Form er da ødelagt. Legeringen er meget skør, og det kan paavises, at det er Cohæsionen mellem Guldkrystallerne og nævnte Hinder, der er meget ringe, og ikke selve Guldkrystallerne, der ere skøre. At Cohæsionen er ringe, skyldes rimeligvis, at Hinderne, der størkne senere end Krystallerne, trække sig anderledes sammen. Det er imidlertid muligt, at Skørheden skyldes Hinderne selv eller maaske begge Dele.

Naar man varmer det saaledes med Vismuth legerede Guld til 500°, kan man let pulverisere Legeringen til Korn, og et Korn kan da godt hamres ud til Bladguld, hvorved man ser, at Cohæsionen ikke blot mellem Molekylerne, men ogsaa mellem de sekundære Krystaller er usvækket.

Andrews har senere gjort lignende Iagttagelser — se samme Tidsskrift, 1898, Vol. 66, p. 411 og 541 —, men af *Roberts-Austen* og *Osmond* er der udtalt nogen Tvivl om Hindernes Eksistens i det her anførte Tilfælde — se *Bulletin de la société d'encouragement*, 1896, p. 1147 og *Engineering*, 1898, Vol. 66, p. 756 —, selv om det

indrømmes, at de eksistere i andre Legeringer, f. Eks. af Guld og 0,2 % Bly, langsomt afkølet.

I denne Forbindelse skal anføres, at *Behrens* i sit S. 39 citerede Værk, S. 33, gør opmærksom paa, at naar man undersøger et Brud af en Legering, er man altid tilbøjelig til at tro, at man efter de forskellige Stoffer, som Bruddet viser under Mikroskopet, kan slutte sig til deres relative Mængde i Legeringen, medens Bruddet naturligvis mest har fulgt Legeringens skøre Dele.

Guldets Styrke mod Træk er noget mindre end Kobbers og omtrent som Sølvets, nemlig for støbt Metal c. 7,5 Kg., for haardttrukken Traad 20,3 à 33,2 Kg. og for udglødet 17,1 à 18,8 Kg. pr. □ mm.

Guld staar sig fortrinligt i Luften og mod kemiske Indvirkninger. Kun Chlor og Kongevand angriber Guld.

Guld smelter ved 1064⁰¹⁾, altsaa omtrent ved samme Temperatur som Kobber. Det smeltede Guld lyser med en havgrøn Farve, men iltes ikke.

Derimod fordampe ædle Metaller og ogsaa Guld, naar det er smeltet. Formedelst Guldets Kostbarhed opsamler man i Møntværksteder det fordampede Guld ved imellem Digelovn og Skorsten at indskyde en længere vandret Aftræks-Kanal, hvori det fordampede Guld fortættes og lejrer sig, — jvnfr. S. 187, Lin. 4 f. n.

150. Guldets Anvendelse. Guld anvendes meget sjældent ulegeret, hvortil de samme Grunde som for Sølv gøre sig gældende, og det i højere Grad.

Guld opløser ganske vist ikke i smeltet Tilstand Ilt saaledes som Sølv, saa for den Sags Skyld kunde det støbes, men det vilde dog være vanskeligt at støbe tæt til Brugsgenstande, da det altid ønskes i saa ringe Tykkelser. Det støbes derfor kun til Tene, jvnfr. S. 42, Lin. 13 f. n. I øvrigt kan Guld opløse Brint fra Vanddampe fra det ved Smeltningen anvendte Brændsels Forbrændingsprodukter.

Ved Legering af Guld opnaas de samme Forandringer af Egenskaberne som ved Legering af Sølv og i højere Grad.

Guld legeres langt overvejende med Kobber. Legeringen kaldes rød Karatering. Aarsagen til denne Benævnelse vil fremgaa af næste Paragraf. Alle Landes Guldmonter bestaa af Guld og Kobber, og det samme gælder hyppigst Guldsmykker. Ønsker man imidlertid en lysere Farvetone, tilsættes ogsaa Sølv

¹⁾ Se *Dinglers polyt. Journal*, 1898, Bd. 309, S. 100.

eller Sølv alene, og man faar da henholdsvis blandet eller hvid Karatering.

Kun det fineste ægte Bladguld og den fineste ægte Guldtraad ere af rent Guld, hvad der ogsaa gælder Guldlaget paa pletterede eller galvanisk forgyldte Genstande.

2. Guldlegeringer.

151. Guldlegeringerne. Disses Egenskaber fremgaa af det foregaaende. Deres Holdighed (»Fingehalt«), $\varnothing$: Indhold af Guld, blev tidligere bestemt ved at angive, hvormange Karat rent Guld, der var i

1 Mark Guld = c. $\frac{1}{2}$ $\mathfrak{A}$ = 24 Karat af Legeringen, og det rene Guld var altsaa 24 Karats Guld, og det af Guardeinen med tre Taarne stemplede Guld var mindst 14 Karats.

Nu angives Holdigheden i Promille, og stemplet Guld-tøj holder 585 $\frac{0}{100}$.

I Følge den S. 179, Lin. 9 f. n. anførte Lov maa Guldsmiden kun stemple Guld, hvis Holdighed er mindst 585 $\frac{0}{100}$, hvilket svarer til c. 14 Karat. Guldsmidens Stempling skal bestaa dels af Holdigheden udtrykt i $\frac{0}{100}$ (idet det dog tillades, at Genstanden mangler 2 $\frac{0}{100}$ i den i Stemplet angivne Holdighed) og dels af hans indregistrerede Navnemærke. I øvrigt gælde lignende Regler som anført for Stemplingen af Sølvgenstande S. 180.

I Følge vor Møntlov ere vore Guldmonter Holdighed 900 $\frac{0}{100}$. De bestaa af 900 Dele Guld og 100 Dele Kobber.

Som Følge af, at vi have Guldmontfod, skal vor Mønt modtage brugbart Guld til Slagning mod en ringe Udmøntningsafgift ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ $\frac{0}{100}$). Der modtages dog ikke for under $\frac{1}{2}$ Million Kroner Guld ad Gangen.

En simpel tilnærmelsesvis Bestemmelse af en Guldgenstands Guldindhold kan ske ved en Stregprøve ligesom ved Sølv. For imidlertid sikrere at sammenligne Stregerne, maa de behandles kemisk, f. Eks. med Salpetersyre, som opløser Sølv og Kobber.

Stregprøven er dog kun lidet tilforladelig, se *Karmarsch-Fischers* S. 6, Lin. 6 f. o., citerede Værk, 2det Bd., S. 74, hvor nærmere Oplysninger om den findes.

Bestemmelsen af Guldholdigheden af Digelindholdet sker her paa Monten ved Afdrivning (Kupellation), idet man afvejer en ringe Mængde Guld, sammensmelter den med 3 Gange saa meget Sølv og mere Bly, afdriver paa et Kapel i en Muffelovn, vejer det tilbageblivende Guld-Sølv Korn og valser det ud til en tynd Strimmel, der rulles sammen til en lille Rulle. Denne koges med chlorfri Salpetersyre, som opløser Sølv, hvorefter man vejer den resterende Guldrulle. Hvis den oprindelige Sølv-mængde i Guldet kun er ringe, vil Salpetersyren ikke løse Sølv op, naar man ikke som nævnt har begyndt med at forøge Provens Sølvindhold, thi der maa ved Opløsningen i Salpetersyre være en vis Sølv-mængde til Stede, for at Salpetersyren skal virke kraftigt opløsende, men saa løser den ogsaa alt Sølv op. Den resterende lille Guldrulle er svampet og meget skør, men sammensintrer ved en paafølgende Glødning, saa at man kan tage den med en Pincet, uden at den gaar i Stykker, og veje den.

Ved samme Metode prøver Guardainen ogsaa indsendt Guldtoj, — jvnfr. S. 180, Lin. 16 f. o.

Guldlegeringer kunne fremstilles ligesom Sølv-Kobberlegeringerne ved Smeltning i en ildfast Digel.

Paa den kgl. Mønt er der dog nogen Forskel fra Sølvsmeltningen. Saaledes gøres Diglen rødglødende, før Guldet kommer i, idet man paa den rødglødende Digel bedre kan se, om Diglen har Revner, end paa en kold Digel. Naar Guldbarrerne dernæst ere blevne saa varme, at deres nederste Ende begynder at smelte, sættes Kobberet til, saaledes at det kun er faa Minutter i Diglen, før det er smeltet. Derved undgaar man at faa for meget Kobber til i Guldet.

Guldet maa nemlig i det Hele behandles med stor Forsigtighed. Det er allerede omtalt, at den mindste Smule Vismuth gør det skørt, men det samme gælder Jærn, Tin, Bly og Zink. Hvis en Guldsmed omsmelter Guld-Filspaan, vil han ofte faa skørt Guld, selv om han har rensat Spaanerne for det meste Jærn med en Magnet.

Det er meget nødvendigt at røre godt om i Diglen, da Guld er saa tungt, og der derfor let lejrer sig en meget guldholdig Legering paa Bunden.

Naar man paa Monten har støbt en Ten og prøvet, om den kan foldes helt sammen, og det viser sig, at den ikke er strækkelig nok, omsmeltes den, og man tilsætter til Diglens Indhold en ubetydelig Mængde i Papir pakket Kobberchloridpulver, der mindsker Skørheden. Idet det kommer i, faar man en Opflamning, hvorved der fremkommer en livlig Fordampning, og fordampet Guld afsætter sig i den midt paa S. 185 nævnte Aftrækskanal.

Da det ved Fremstilling af en Guldlegering er saa vanskeligt at undgaa at faa Guldet skørt, bruge vore Guldsmede i Reglen til deres

Legeringer uslidte, danske 20-Kronestykker. En saadan indeholder nemlig for 20 Kr. Guld foruden Kobberet (10-Kronestykker indeholde for 10 Kr. Guld, men slides mere end 20-Kronestykker, da de cirkulere stærkere), og ved at brække den itu, faar Guldsmiden straks at vide, om den er skør. Ved Smeltningen kommer Guldsmiden først Gullet i Diglen, og naar det er smeltet, Kobber, hvis en lavere Holdighed ønskes. Dersom Guldfilspaan og andet urent Guldaffald omsmeltes, bruges forskellige Flussmidler ligesom ved Sølv — jvnfr. S. 182, Lin. 20 f. n. —, saaledes Salpeter for at ilte uædle Metaller. Ved forskellige Blandinger modificeres Guldets Farve, hvorom S. 189 øverst.

Til Lettelse for at udfinde, hvilke Mængder man skal tilsætte af Møntguld eller Kobber til en forhaandenværende kendt Guld-Kobberlegering for at opnaa en vis Holdighed, tjene de S. 182, Lin. 5 f. n., anførte Legeringstabeller.

Blandt Eksempler paa Sammensætninger af Guldlegeringer maa naturligvis som den almindeligst anvendte anføres den, der svarer til 14 Karat eller 585 $\frac{\text{‰}}{100}$, da det er den mindst guldholdige, som efter Loven tør stemples.

Man har i øvrigt Guld-Kobberlegeringer, der ikke indeholde mere end 250 $\frac{\text{‰}}{100}$ Guld; de kunne dog se ud som Guld, nemlig naar man har behandlet Overfladen paa en til Sølvets Hvidkogning — se S. 178, Lin. 7 f. n. — svarende Maade, saaledes at Kobberet er blevet opløst, f. Eks. ved at gløde Genstandene og bejdse dem med fortyndet kogende Salpetersyre eller Svovlsyre.

Vore Guldmonblanketter behandles vel paa lignende Maade, men under Glødningen ere de pakkede i Kulpulver, saa at Kobberet i Overfladen ikke iltes, og da de derefter kun behandles kolde med en yderst fortyndet Svovlsyreopløsning, løses næsten intet Kobber op. Man ønsker heller ikke, at Overfladen skal være af rent Guld, da det vilde slides for stærkt. Den svage Syre skal kun rense Blanketterne bedre, end Vand vilde gøre.

Ved den saakaldte Farvning af Guld, hvorom i II Del, bliver Genstandens Overflade angrebet, saa at ogsaa lidt Guld opløser sig, men noget deraf udfælder sig paa Overfladen.

Selv fine Smykker indeholde sjældent mere end 750 $\frac{\text{‰}}{100}$ Guld, hvilket svarer til 18 Karat. Dukatguld holder mindst 979 $\frac{\text{‰}}{100}$.

Ved Forfærdigelsen af Guld-Kunstsager anvendes ikke sjældent forskellige Guld-Legeringer ved Siden af hinanden, fordi de have forskellig Farve. Eksempelvis anføres følgende Sammensætninger:

	Guld	Sølv	Kobber
Højrodt Guld	50	»	50
blegrodt —	60	20	20
gult —	50	$37\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$
bleggult, næsten hvidt Guld .	$33\frac{1}{3}$	$66\frac{2}{3}$	»
grønt Guld	60	15	25

Til Fremstilling af Urdele, der skulle være haarde som Staal, uden at ruste, anvendes undertiden Guld-Palladiumlegeringer.

I Guldslaglod til Lodning af simple Guldager bruges lidt Zink.

h. Platins og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Platin.

152. Platinets Egenskaber. Platin forekommer altid gediegent.

Navnet Platin kommer af platina, det spanske Diminutiv af plata = Sølv.

Platin gaar i Handelen dels som en graa svampet Masse: Platinsvamp, dels som Barrer, Blik eller Traad.

Handelsplatinet er aldrig rent.

Det indeholder saaledes et Par Procent Iridium.

Platins Farve er næsten sølvhvid. Vægtfylden er 21,4.

Prisen¹⁾ er omtrent 1650 Kr. pr. Kg.

Det rene Platin er meget blødt og strækkeligt²⁾.

F. Eks. lidt Iridium formindsker Smidigheden.

Styrken mod Træk er for haardttrukken Traad 34 à 40 Kg. pr. □ mm, for glødet Traad 27 à 31,8 Kg. pr. □ mm.

Platin staar sig fortrinlig mod Luft, Fugtighed og kemiske Indvirkninger, idet det kun løser sig op i Chlor og Kongevand.

Platins Smeltepunkt ligger meget højt, nemlig ved 1806⁰³⁾, højere end Smeltepunktet for noget andet Metal, der bearbejdes mekanisk. Det smeltes derfor i en Knaldgasflamme. Men inden

¹⁾ Se Noten S. 136.

²⁾ Om rent Platin og dets Legeringer se Industriforeningens Tidsskrift, 1891, S. 214.

³⁾ Se Dingers polyt. Journal, 1896, Bd. 300, S. 288.

det smelter, bliver det klæbrigt indenfor saa vide Temperaturgrænser, at det kan svejses.

153. Platinets Anvendelse. Paa Grund af sin store Tungsmeltelighed og Modstandsevne mod kemiske Indvirkninger anvendes Platin til Digler, Skaale og Retorter i Laboratoriet, til Kedler til Svovlsyres Koncentrering, til fine Vægtlodder, Lynaflederspidsen og visse fysiske Apparater, saasom galvaniske Elementer, elektriske Kontakter m. m.

Da Platin ikke er saa smukt som Sølv og meget dyrere, anvendes det ikke til Smykker.

Platin anvendes noget til Legeringer, se næste Paragraf.

Platinsvamps Anvendelse i *Dobereiners* Brint-Fyrtoøj er bekendt fra Kemien. Platinsort, 3: fint, udfældet Platinpulver, bruges nu indvævet i Gasglødenet for at gøre Gasblussene selvantændende ved Gashanens Aabning — se Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 360.

2. Platinlegeringer.

154. Platinlegeringerne. Platin bliver haardere ved Legering. Normalmetre bestaa af en Legering af 9 Dele Platin og 1 Del Iridium, en Legering, der er haard, kun lidet forandrer Længde ved Temperaturforandringer og staar sig udmærket mod kemiske Indvirkninger. Om Normalmetre, se *Christiansen*: Lærebog i Fysik, 1892, 1ste Bd., S. 103. Enkelte andre Legeringer bruges til Urdele, der skulle være haarde, uden som Staalet at ruste eller være magnetiske eller forandre synderlig Længde ved Temperaturforandringer.

Ved Fremstillingen af Platinlegeringer smeltes først de andre Metaller, og dernæst tilsættes Platinet som Platinsvamp.

i. Aluminiums og dets Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

1. Aluminium.

155. Aluminiumets Egenskaber. Aluminium fremstilles af ren Lerjord ved Elektrolyse. Den rene Lerjord vindes især af Bauxit, et naturligt jærnholdigt Lerjordhydrat, men ogsaa af Kryolit, der er Natriumaluminiumfluorid.

Elektrolysen indledes med at bringe Kryolit til Smeltning, hvorved faas et ledende Bad, hvori der efterhaanden opløses Lerjord, som ved Strømmen spaltes i Aluminium og Ilt.

Metoden er fremgaaet af den af *Hérault* angivne direkte Fremstilling af Aluminiumbronze — se § 128 —, som nu ikke bruges mere. Ved denne anvendtes Kobber i Stedet for Kryolit. Man bragte Kobberet, der skulde tjene som negativ Pol, til Smeltning ved Hjælp af Strømmen. Dernæst fyldtes Lerjord efter, som smeltede ved Varmen fra det overhedede Kobber og derved blev ledende, og ved at hæve den positive Pol — et Bundt af Kulplader —, saa at Strømmen gik gennem den smeltede Lerjord, spaltedes denne i Aluminium og Ilt, og Aluminiumet forbandt sig med Kobberet til Aluminiumbronze.

Nu fremstilles Aluminiumbronze ligesom andre Legeringer hyppigst af rent Aluminium — se S. 154, Lin. 7 f. n. —, men betydelige Mængder med 15 à 35 % Cu fremstilles dog direkte, nemlig ved *Cowles' Proces*, hvorved man i en elektrisk Ovn blander Kobbergranulier (o: granuleret Kobber — jvnfr. S. 175, Lin. 4 f. n.), groft knust Korund og Trækul, som reducerer Korunden i den høje Temperatur. Den dannede Aluminiumbronze bliver, da den er for aluminiumrig — se S. 155, Lin. 7 f. o. — sammensmeltet med Kobber.

Om Aluminiums Fremstilling m. m. se i øvrigt den tekniske Forenings Tidsskrift, 1892—93, S. 165 og A. *Minet*: L'Aluminium, nouveaux procédés de fabrication, 2e edit., 1896.

Aluminium gaar i Handelen som Blokke, Plader eller Traad. De bedre Kvaliteter Handelsaluminium indeholde over 99 % Aluminium, da Aluminiumet mister sine gode Egenskaber i temmelig høj Grad, naar det er urent.

Farven er hvid, sølvagtig; dog bliver den med Tiden lidt blaalig.

Den blaalige Hinde kan afvadskes med meget fortyndet Salt-syre eller Flussyre.

Vægtfylden er kun 2,6, og Letheden betinger i mange Tilfælde Aluminiumets Anvendelse — se § 156 —, idet det er det letteste af alle til Brugsgenstande benyttede Metaller.

Prisen¹⁾ er c. 3 Kr. à 3 Kr. 60 Øre pr. Kg.

I 1855 kostede et Kg. Aluminium 1000 frcs. Den uhyre Prisnedgang siden da fremgaar f. Eks. af en Oversigt i Ingeniøren, 1898, S. 244, endvidere af Vulkan, 1898, S. 8, samt af Industriforeningens Tidsskrift, 1898, S. 277, hvor ogsaa Produktionens Fremgang anføres. Om den nuværende Produktion og Aluminiumets Anvendelse se ogsaa Engineering, 1898, Vol. 66, p. 21. Produktionsprisen er nu betydelig lavere end den laveste, som man i 1891 turde haabe at kunne naa ned til — se Industriforeningens Tidsskrift, 1892, S. 69.

¹⁾ Se Noten S. 136.

Aluminium er sejt og strækkeligt, lader sig valse, trække til Traad og udhamre til uægte Bladsølv. Urenheder formindske dets Strækkelighed. Dets Haardhed er væsentlig ringere end Kobberets.

Smidigheden formindskes f. Eks. ved smaa Mængder af Kobber eller Jærn.

Aluminium bliver smidigere ved at opvarmes — jvnfr. S. 59, Note 1 —, dog bør det ikke varmes over 450° .

Styrken mod Træk er for støbt Aluminium c. 10 Kg. pr. $\square$ mm, for koldt valset eller smeddet Aluminium indtil c. 25 Kg. pr. $\square$ mm. Efter tilstrækkelig Opvarmning synker det sidstnævnte Aluminiums Styrke til kun c. 9 Kg. pr. $\square$ mm, men Sejheden er samtidig bleven betydelig større — jvnfr. S. 59, Note 1.

Aluminium staar sig godt mod kemiske Indvirkninger. Det angribes ikke eller kun lidt af tør og fugtig Luft og rent Vand og slet ikke af Svovlbrinte. Selv i smeltet Tilstand ilter Aluminium sig kun lidt, idet en yderst tynd Overflade-Iltehinde beskytter det øvrige Metal.

Det opløses let af Saltsyre og af Alkaliopløsninger

Oplysninger om Opløseligheden i forskellige Vædske findes f. Eks. i det S. 135 citerede Værk af Fabrikken i Neuhausen. I *Dinglers* polyt. Journal, 1892, Bd. 283, S. 20 findes angivet Resultaterne af nogle tyske Forsøg over, hvorledes Aluminium staar sig overfor forskellige Madvarer, — Forsøg, der bleve anstillede for at undersøge Aluminiums Brugbarhed til Feltflasker. Det viste sig, at Aluminium blev saa lidt angrebet, at Benyttelsen deraf maatte anses for uskadelig. Samme Resultat fik franske Forsøg — se Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 195. I finfordelt Tilstand, som Bladaluminium, angribes det stærkere, f. Eks. allerede ret stærkt af kogende Vand. Aluminium angribes kun lidt af Havvand, naar ikke tilstedeværende Kobber, Messing etc. giver Anledning til galvaniske Strømme — jvnfr. S. 87, Lin. 9 f. o. og *Dinglers* polyt. Journal, 1895, Bd. 295, S. 62.

Aluminiums Smeltepunkt ligger ved c. 670° . Det er i smeltet Tilstand meget tyktflydende.

156. Aluminiumets Anvendelse. Aluminium blev inden 1855 omtrent ikke anvendt. Det berettes som en Mærkværdighed, at Frederik VII havde en Aluminiumhjælm. Aluminiums stærkt tiltagende Anvendelse er foruden i dets Modstandsdygtighed mod kemiske Indvirkninger og gode Bearbejdelighed — (kun

Støbning¹⁾, Lodning²⁾ og galvanisk Bedækning³⁾ volder Vanskelighed, — navnlig begrundet i dets Lethed. Til enkelte Anvendelser er det direkte Letheden, som spiller en Rolle, f. Eks. naar Aluminium anvendes til Feltflasker eller andre Feltudrustninger; i langt flere Tilfælde spiller Letheden en indirekte Rolle, idet der af Aluminium til en Brugsgenstand af en vis Størrelse og Godstykkelse bruges en mindre Vægt, — end hvis et andet Metal blev brugt —, saa at Genstanden kan blive billigere af Aluminium, selv om det andet Metals Pris pr. Kg. er betydelig lavere end Aluminiumets.

Aluminium anvendes til en stor Mængde Husgeraad, Bord-service etc., til Feltflasker, Bægere, Kikkerter og fysiske Apparater, Nøgler, Luftballondele, Baade, Cykeldele, Kunstsager o. s. v.

Om mere specielle Anvendelser skal anføres: Aluminium egner sig formedelst sin Klang godt til Klokker, — se f. Eks. Industriforeningens Tidsskrift, 1892, S. 267, hvor ogsaa adskillige andre Anvendelser anføres. Letheden vilde gøre det vel egnet til Mønter — jvnfr. Sir *Henry Bessemers* Forslag i *The Engineer*, 1892, Vol. 73, p. 192, om at bruge smaa Aluminiumplader i Stedet for Banksedler. Aluminium kan endvidere anvendes til Visitkort, til kunstige Lemmer, til Hestesko for Væddeløbsheste, som Erstatning for lithografiske Sten — se den tekn. Forenings Tidsskrift, 1897—98, S. 149, og i Stedet for Glasplader til Lystryk — se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 304, S. 93. Om Aluminiums Anvendelse til elektriske Ledninger i Stedet for Kobber, hvor der er megen Røg, se Ingeniøren, 1898, S. 254. Om endnu flere nye Anvendelser, se Vulkan, 1898, S. 40, *Engineering*, 1898, Vol. 66, p. 154 og den tekn. Forenings Tidsskrift, 1897—98, S. 140. Sidstnævnte Sted omtales blandt andet Anvendelsen til Fartøjer paa Floder og Søer.

Endskønt det ikke her er Stedet at gøre Rede for Metaller-nes Anvendelse i den kemiske Industris Tjeneste, maa her dog erindres om, hvad der oftere er fremhævet i det foregaaende,

¹⁾ Aluminium kan støbes og fylder Formens fine Dele, men suger stærkt — jvnfr. S. 25, § 28 — og giver ofte et blæret Gods, og Smeltningen kræver megen Omhu, for at ikke Aluminiumet skal forurenes af den Graft- eller Jærndigel, hvori Smeltningen i det mindre maa foretages. Renligst sker Smeltningen i den elektriske Ovn. Om Smeltningen i Digel, se Vulkan 1896, S. 98 og *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 24. Med *Rontgens* Straaler kan man opdage Blærer i Metaller og navnlig let i Aluminium — se Stahl u. Eisen, 1898, S. 1060.

²⁾ Lodningen er langt vidtløftigere end andre Metalleres Lodning — se Vulkan, 1896, S. 98 og II Del.

³⁾ Nylig skal det være lykkedes at plettere Aluminium med Kobber — se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 240.

nemlig at Aluminium fortræffeligt egner sig til at tilsættes til smeltet Staal, Kobber m. m. for at rense disse Metaller for opløste Ifter, — se f. Eks. S. 26 nederst og S. 49, Lin. 12 f. n.

Det er dette Forhold hos Aluminium, som Aluminiumbronze maa tilskrive sine gode Egenskaber.

At Aluminium er virksomt for at faa tætte Staalstøbninger, er som nævnt omtalt S. 26 nederst. En Aluminiumtilsætning er endda virksommere end Tilsætninger af Mangan i Form af Spejljærn eller Ferromangan, idet Aluminium nemlig ikke blot virker ved at reducere Jærnforilte og derved (foruden at modvirke Rødskeorhed — se S. 78, Lin. 9 f. o.) modvirke Kulilteudvikling, men tillige reducerer mulig alligevel dannet Kulilte.

Som omtalt S. 26 er der andre Luftarter end Kulilte, der danne Blærer i Staal, ja Blærerne indeholde mange Gange mere Brint, men naar Udviklingen af Kulilte modvirkes, modvirkes ogsaa opløst Brint i at frigøre sig ved Størkningen. Fra Kemien er det vel bekendt, at en Luftart, der stiger op gennem en Vædske, ofte virker til at uddrive den anden i Vædsken opløst Luftart. I flydende Staal, der altid indeholder meget opløst Brint, som det dels kan have optaget ved at komme i Berøring med Luft, dels ved at komme i Berøring med Forbrændingsprodukter (idet begge Dele indeholde Vanddamp, som dekomponeres af smeltet Staal eller hvidglødende Kul under Dannelse af henholdsvis Jærnforilte og Kulilte), beror det udelukkende eller væsentlig paa en Kulilteudvikling, om Brinten skal forblive opløst eller udskille sig. Aluminium virker nu som nævnt i særlig Grad hindrende for en Brintudvikling formedelst Kulilteudvikling, saa at en Aluminiumtilsætning i særlig Grad vil hjælpe, til at Staalet beholder Brinten opløst. Det samme gælder i mindre Grad om en Siliciumtilsætning i Form af Ferrosilicium, jvnfr. S. 26, Lin. 6 f. n. I øvrigt er det naturligvis kun den Brint m. m., der ikke naar at undvige, før Staalet storkner, der giver Blærer, og Blæredannelsen formedelst Frigørelse af Brint vedvarer endog efter Størkningen.

Aluminiums stærke Evne til at reducere Metalifter synes nu at skulle faa en helt anden Anvendelse. Ved Reduktionen frembringes nemlig en meget betydelig Varmemængde. Foruden at dette Forhold kan bruges til Fremstilling af adskillige, tungsmeltelige Metaller, hvad der ikke vedrører den mekaniske Teknologi, kan man drage Fordel af det til Fremstilling af høje Temperaturer for Metalbearbejdning, f. Eks. til Svejsning, Paasmeltning af smedeligt Jærn paa Smedegods m. m. — se Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., 1898, S. 1021 og Vulkan, 1898, S. 131.

Ved som ovenfor anført at bruge Aluminium som Tilsætning til andre Metaller for at reducere disses opløste Ifter, faas forskellige Aluminiumlegeringer, — f. Eks. Aluminiumbronze —,

der kun indeholde en mindre Mængde af Aluminium end af andre Metaller.

Andre Legeringer af denne Art ere Mitis — se S. 29 — og Aluminiummessing — se S. 144. Ved Smeltning af Messingaffald er Aluminium et udmærket Rensningsmiddel.

De i næste Paragraf omtalte Aluminiumlegeringer indeholde derimod Aluminium som Hovedmetal.

2. Aluminiumlegeringer.

157. Aluminiumlegeringerne. De vigtigste Aluminiumlegeringer ere de, der saaledes som Aluminiumbronze — se § 128 — indeholde Aluminium som Tilsætning, men de ere omtalte tidligere.

Dette gælder foruden Aluminiumbronze ogsaa Mitis og Aluminiummessing — se forrige Paragraf — samt disse Legeringers Fremstilling. Aluminiumzink til Galvanisering m. m. er omtalt i Vulkan, 1898, S. 131. Ferroaluminium, der bestaar af Jærn og 10 à 15 % Aluminium, og anvendes til Mitis, blev tidligere, da Aluminium var dyrt, benyttet som Tilsætning ved Staalstøbning, men er nu til de fleste Anvendelser fortrængt af Aluminiumet selv.

Legeringer, hvori Aluminium udgør Hovedmængden, ere hidtil af ringere Vigtighed.

Til Skibsbygning anvendes en Del Legeringer af Aluminium og c. 3 % Cu. Bedre end disse skulle Legeringer med 3 % Nysølv eller 2 % Titan staa sig mod Havvand. Herom kan henvises til et Udtog af et af *Minets* S. 135 nævnte Værker i Industriforeningens Tidsskrift, 1897, S. 371 og 376.

En Legering (Romanium) af Aluminium og lidt Wolfram og Nikkel roses til Cykeldele i Vulkan, 1897, S. 76. En Del andre Legeringer ere omtalte i Industriforeningens Tidsskrift, 1893, S. 211 og 1894, S. 406; sammesteds omtales Neuhausen-Fabrikens lette Aluminiumlegeringer, der kaldes *Aluman*, og bestaa af Aluminium, Zink og Kobber samt eventuelt Tin. Om Aluminium-Zinklegeringer til fine Støbninger, se den tekn. Forenings Tidsskrift, 1897—98, S. 199. Endelig omtales i *Dinglers* polyt. Journal, 1898, Bd. 307, S. 137 en Legering af 5 % Al, 10 % Mn, 10 % Si og 75 % Fe, der af nærmere angivne Grunde skulde være bedre til at skaffe Staalstøbninger tætte end Aluminium alene.

k. Andre Metaller og Legeringers Egenskaber og Anvendelse.

158. Almindelige Bemærkninger. Foruden de hidtil omtalte Metaller eksisterer der en Del andre, der ogsaa anvendes i den me-

kaniske Industri, men som ikke for sig alene finde Anvendelse, men derimod kun bruges som Tilsætninger til de hidtil omtalte Metaller for at modificere disses Egenskaber. De ere da ogsaa delvis omtalte ved disse Metaller. De vigtigste ere: Magnium, Cadmium, Vismuth, Antimon, Arsen, Mangan, Wolfram, Chrom og Kvægsølv. Flere af disse regnes i kemisk Henseende for Metalloider, jvnfr. Note 1, S. 162. Nu synes ogsaa Kobolt at skulle finde teknisk Anvendelse, se *Dinglers* polyt. Journal, 1897, Bd. 306, S. 286.

159. Magnium. Dette Metal er skinnende hvidt. Vægtfylden er 1,7. Metallet lader sig i opvarmet Tilstand presse til tynde Traade og Baand. Det smelter ved c. 800° og brænder med et blændende hvidt Lys, der er meget virksomt i kemisk Henseende. Det kan bruges til Rensning af Kobber, Nikkel, Nysølv for opløste Ifter, saaledes som det allerede er omtalt i det foregaaende (S. 138 og 159). Nærmere herom og om anden Anvendelse i den tekniske Forenings Tidsskrift, 1893—94, S. 215.

160. Cadmium. Dette Metal er ligeledes tinhvidt og stærkt skinnende. Vægtfylden er 8,6. Det er sejjere end Zink og lader sig trække til Traad. I Luften taber det langsomt sin Glands. Det smelter ved 320° , koger ved 770° og er let at destillere.

Det sænker betydeligt Bly, Tins og Vismuths Smeltepunkter og bruges derfor til meget letsmeltelige Legeringer, f. Eks. *Woods* Metal, S. 46, Lin. 7 f. n. Saadanne Legeringer kunne anvendes til Støbning af letsmeltelige Proppe eller Ringe til Dampkedel-Allarmapparater og Brandallarmeringsapparater.

161. Vismuth er ligesom de foregaaende Metaller stærkt glinsende. Dets Farve er svagt rødlig. Vægtfylden er 9,8.

Ved almindelig Temperatur er det skørt. Det staar sig godt mod Luft og Fugtighed. Det smelter ved c. 260° og koger ved Hvidglødhede, idet det brænder til et gult Ilte. Det anvendes ligesom Cadmium til Fremstilling af letsmeltelige Legeringer, f. Eks. *Roses* Metal S. 46, Lin. 9 f. n., og saadanne letsmeltelige Legeringer anvendes undertiden til Lodning, se II Del. Om Vismuth og dets Legeringer se Vulkan, 1898, S. 108.

Om Vismuths skadelige Indflydelse i visse andre Metaller er der ofte talt i det foregaaende, f. Eks. S. 55, Lin. 9 f. n. og S. 187, Lin. 16 f. n.

162. Antimon. Det er sølvhvidt, stærkt skinnende. Det sælges i Blokke. Vægtfylden er 6,7. Prisen¹⁾ er c. 59 Øre pr. Kg. Det er meget skørt og haardere end Kobber. Det staar sig godt mod Luft og Fugtighed. Det smelter ved c. 440° og ilter sig i smeltet Tilstand. Ved begyndende Hvidglødhede fordamper det og brænder til et hvidt Ilte.

Om dets Anvendelse som Tilsætning i Britanniametal, hvidt Metal og Haardtbly, saasom Skriftstøbegods og forskellige Pande-

¹⁾ Se Noten S. 136.

metaller, er der talt i det foregaaende, henholdsvis S. 165, S. 165 og S. 174. I alle de nævnte Tilfælde forøger det Haardheden.

163. Arsen. Det har kun ringe Anvendelse i den mekaniske Teknik, anvendes f. Eks. i Bly for at gøre Hagl haarde og runde, se S. 174.

164. Mangan. Det staar Jærn nær, anvendes dels legeret med dette Metal som Ferromangan, dels legeret med Kobber som Mangankobber. Begge Legeringer finde ligesom det stærkt manganholdige Spejljærn Anvendelse som Rensningsmidler — jvnfr. henholdsvis S. 26 og S. 155. I ren Tilstand fremstilles Mangan ikke i Industrien, da det under Iltning falder hen i Pulverform. Om Mangan i Raajærn se S. 64, om dets Virkning til Staals Udmattelse se S. 124.

165. Wolfram. Det er et tungt, graat Pulver med en Vægtfylde af 19. Smeltet ad elektrisk Vej bliver det sølvhvidt. Det anvendes i Form af Jærnwolframlegeringer til det meget haarde Wolframstaal (*Mushets* Specialstaal) se S. 29, § 33 og S. 99, Lin. 7 f. n.

166. Chrom. Dette sølvhvide Metal har en Vægtfylde af 6,8 og er meget haardt. Det bruges i Form af Jærnchromlegeringer til meget haarde Staalsorter, Chromstaal, se S. 29, § 33 og S. 99, Lin. 9 f. n.

167. Kvægsølv. Det er ved almindelig Temperatur en sølvhvid Vædske. Vægtfylden er 13,6. Ved almindelig Temperatur forandrer rent Kvægsølv sig ikke i Luften. Det størkner ved $\div 39,5^{\circ}$. Det koger ved 357° , og Dampene ere giftige. Nær Kogepunktet forvandler det sig langsomt til et rødt Ilte.

Dets Legeringer med andre Metaller kaldes Amalgamer. Guld- og Sølv-Amalgamer anvendes nu næsten ikke mere til Forgylning og Forsølvning — se II Del.

Til Elektrisermaskiners Gnidepuder bruges et Amalgam af f. Eks. 2 Dele Kvægsølv, 1 Del Tin og 1 Del Zink. Det fremstilles ved at rive fintdelt Tin og Zink i en Morter sammen med Kvægsølv.

Til Belægning af Spejlglass bruges undertiden et Tinamalgam af 30 Dele Kvægsølv og 70 Dele Tin.

Kvægsølv bruges stundom som Tilsætning til Pandemetaller, der arbejde under Vand, f. Eks. til Turbine-Sporlejer. 9 Dele Kvægsølv blive blandede med 24 Dele smeltet Tin, og til den endnu flydende Legering hældes langsomt 9 Dele Kvægsølv. Efter længere Tids Forløb bliver den flydende Masse til en stiv, sejg Grød, hvortil man sætter 108 Dele Tin, og saa sammensmeltes hele Massen. Kvægsølvet giver Legeringen en vis Smøreevne.

NAVNEREGISTER.

- Å**kerman, 77.
 Albrecht, 165.
 Ambt, 84.
 Andés, 81, 85.
 Andrews, 43, 67, 76, 110, 121, 123,
 124, 126, 132, 184.
 Armstrong, 134.
 Arnold 43, 67, 72, 76, 94, 114,
 115, 136, 184.

Bach, 51, 52, 53, 92, 118, 119.
 Barba, 95.
 Barrett, 69.
 Bauschinger, 5, 50, 92, 111, 118,
 119, 120, 121, 122, 123.
 Behrens, 39, 43, 136, 143, 147,
 155, 163, 164, 167, 171, 177,
 178, 185.
 Belebubsky, 120.
 Bessemer, 30, 193.
 Biedermann, 7.
 Borch, 83, 88, 119, 168.
 Brannt, 39.
 Brelow, 6.
 Brinell, 69, 94, 101.
 Bruun, 7.
 Busse, 170, 171.
 Bøgh, 150.

Calvert, 81, 146.
 Campbell, 63, 77.

 Charpy, 39, 45, 57, 72, 73, 139,
 143, 168, 169, 170, 171 172, 175.
 Christiansen, 56, 190.
 Clamer, 154, 171.
 Cockerill, 134.
 Codron, 75, 111.
 Coffin, 108.
 Coulsen, 160.
 Cowles, 191.
 Cowper, 17.

Dammer, 135.
 Darby, 32.
 Dick, 144.
 Dill, 6.
 v. Dormus, 42.
 Dudley, 153, 171.
 Dürre, 15, 135.
 Döbereiner, 190.

Fairbairn, 50.
 Finkener, 150.
 Fischer, 2, 6, 12, 55, 102, 181, 186.
 Føppl, 51, 53, 61.
 Förster, 67.

Gerber, 119, 120.
 Gilchrist, 31.
 Gintl, 6.
 Grambow, 134.
 Guillaume 135.

Haeder, 112.
 Hartig, 5, 6.
 Hartmann, 53.
 Harvey, 24, 104, 134.
 Heeren, 6.
 Heise, 182.
 Hélène, 150.

Hérault, 191.
 Hertz, 61.
 Hoho, 102.
 Hooke, 50, 51.
 Howe, 19, 43, 63, 67, 72, 73, 146.
 v. Hoyer, 4, 6.

Irminger, 14.

Jefferson, 184.
 Johnson, 75, 76, 114, 116, 117,
 119, 123, 124, 126, 133, 146.
 Joly, 6, 102.
 Jüptner, 77, 109.
 Jørgensen, 134.

Karmarsch, 2, 4, 6, 7, 55, 102,
 181, 186.

Kerl, 7.
 Kick, 5, 6, 53, 59, 60.
 Kirsch, 53, 57.
 Kolbeck, 135.
 Krupp, A., 39.
 Krupp, Fr., 28, 112, 129, 159.
 Künzel, 135, 152.
 Köhler, 135.

Lagrange, 102.
 Le Chatelier, A., 97, 98, 109, 125.
 Le Chatelier, H., 39, 43, 99.
 Ledebur, 5, 6, 13, 15, 19, 25, 39,
 41, 43, 47, 48, 63, 64, 66, 75,
 76, 91, 111, 114, 116, 134, 147,
 149.
 Lejeal, 135.
 Lueger, 6, 56, 61, 150, 176.
 Lüders, 57, 58.

Martens, 43, 60, 67, 97, 126, 136.
 Mehrrens, 125, 132.
 Minet, 135, 155, 191, 195.

Mohs, 60.
 Morin, 50.
 Muntz, 144.
 Mushet, 29, 197.
 Muspratt, 134.
 Mylius, 67.

Nansen, 126.

Odelstjerna, 37.
 Osmond, 26, 39, 43, 44, 45, 53,
 54, 55, 57, 61, 67, 68, 69, 70,
 72, 73, 74, 115, 184.
 Ost, 135.
 Ostenfeld, 137, 144, 154, 155, 160,
 173.
 Outerbridge, 54, 92.

Prechtl, 6.

Rasmussen, 83, 86, 87, 112, 116.
 Reiser, 100, 108, 115.
 Rejto, 5, 53, 54, 55, 57, 58, 59,
 60, 61, 66, 73, 74, 90, 92, 100,
 103, 111, 114, 116, 120.
 Richards, 135.
 Rieth, 7.
 Roberts-Austen, 15, 43, 135, 184.
 Rose, 46, 106, 196.
 Rott, 66.
 Rudeloff, 97, 98, 125, 126, 137.
 Röhrig, 6.
 Röntgen, 193.

Sauveur, 43, 67, 71, 72.
 Schnabel, 135.
 Schneider, 134.
 Schubarth, 7.
 Schüle, 51.
 v. Schütz, 91.
 Schöne, 67.
 Siemens, 20.
 Simon, 85.
 Smih, 1409.
 Sorby, 43, 67, 122.
 Spennrath, 81.
 Spring, 62, 143.
 Stead, 94, 110, 115.

Steenberg, 81.
Steiner, 125.
Styffe, 50, 125.
Svedelius, 73.

Tetmajer, 26, 58, 88, 112, 125,
130.
Thime, 5.
Thomas, 31.
Thomsen, 135.
Thurston, 39, 57, 146.
Toldt, 109.
Tolhausen, 7.
Tresca, 5.
Turner, 15.

Uchatius, 51, 148.
Ussing, 13.

Wagner, 15, 66, 135, 148, 152.
Wahlberg, 137.
Wedding, 13, 15, 43, 58, 63.
Weiss, 135.
Werth, 26, 53, 54, 57, 72.
Wertheim, 50.
West, 63.
Whitwell, 17.
Wilkens, 4.
Wood, 46, 196.
Wüst, 39, 47, 134, 146, 147.
Wöhler, 118, 119, 120.

SAGREGISTER.

- A**fdrivning, 181, 187.
 Affaldsbronze, 146, 154.
 Affaldsjærn, 35, se ogsaa Staal-affald, Støbejernsaffald, Svejsejernsaffald.
 Affaldsmessing, se Messingaffald.
 Afhærdning, 75.
 Akkumulator, 34.
 Aksler, koldtvalsede — se koldtvalset Jærn,
 — , Staal til, 129, 133,
 — , Udsmedning af, 111.
 — , se Varmløbning, Vognaksler.
 α-Jærn, 72, 74.
 Alfénide, 157.
 Allotropi hos Jærn og Staal, 69, 72.
 Allotropist, 72.
 Aluman, 195.
 Aluminium, 190.
 Aluminiumbronze, 145, 154, 155, 191, 194.
 Aluminiumborbronze, 155.
 Aluminiumlegeringer, 195.
 Aluminiummessing, 139, 144, 195.
 Aluminiumtilsætning til Kobber, 154.
 — til Messing, 139.
 — til Staal, 26, 29, 37, 49, 77, 194.
 Aluminiumzink, 195.
 Aluminium-Zinklegeringer, 195.
 Amalgamer, 197.
 Ankerkæder, Udgødning af, 116.
 Anløbemaskiner, 106.
 Anløbning bagfra, 106.
 — indefra, 106, 108.
 — af Bronze, 41, 146, 147.
 — af Staal, 73, 100, 105, se ogsaa Bor, Drejestaal, o. s. v
 Anløbsfarve, Anløbsvarme, 74, 97 105.
 Anstrengelser, ofte gentagne; deres Indfl. paa Jærns Styrke, 93, 118 o. f., 132.
 Antifriktionsmetal, 161, 167 o. f.
 Antimon, 196.
 Arbejdsegenskaber, 47.
 Arbejdsstyrke, 119.
 Argentan, 157.
 Arguzoid, 159.
 Arsen, 197.
 Askepletter, 138.
 Austenit, 67, 71.
Babbitts Metal, 166.
 Bandager, se Jærnbanevognhjul.
 Barberknive, Anløbning af, 105.
 — , Hærdning af, 104.
 — , Staal til, 129.
 Basisk Proces, 31, 37, 77.

- Bearbejdning, mekanisk, 1, 58 m. fl. St.
 — —, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 99, 109.
 Bejdseskørhed, 88, 117.
 Bejdsning af Jærn, 88.
 — — —, Indfl. paa Styrken, 117.
 Bertrand-Thiels Proces, 37.
 Bessemerpære, 30.
 Bessemerslagge, 35.
 Bessemerstaal, 10, 30, 129, 131.
 best iron, 12.
 best best iron, 12.
 β -Jærn, 72, 74.
 Blaaskørhed, 97, 126, 133.
 Blaavarme = blaa Anløbsvarme.
 Bladaluminium, 192.
 Bladguld, uægte, 141.
 — —, ægte, 183.
 Bladsolv, uægte, 192.
 — —, ægte 183.
 Blok, se Staalblok.
 Blokvalseværk, 34, 35.
 Bly, 172.
 Bly-Antimonlegeringer, 174.
 Blytilsætning, til Kobber-Zinklegeringer, 140, 142.
 — —, til Kunstbronze, 149.
 — —, til Maskin- og Fosforbronze, 153, 171.
 Blærer i Staal, 25, 26.
 Blærestaal, 24.
 Blæstvarmer, 17.
 Bor, Anløbning af, 105, 106.
 — —, Staal til, 129, 134.
 Bordknive, Anløbning af, 105, 107.
 Brandjærn, 43, 66, 80.
 Brint-Fyrtøj, 190.
 Britanniametal, 164, 165, 196.
 Bronze, 145 o. f.
 — —, binær, ternær, kvaternær, 147.
 — —, Fremstilling af, 145.
 — —, Holdbarhed i Søvand, 155.
 Bronzemønter, 149.
 Brud, Bronzes, 41.
 Brud, grovkornet, efter Rystelser og Stød, 95.
 — —, grovkornet, efter ofte gentagne Anstrengelser, 122.
 — —, Raajærns, 89.
 — —, smedeligt Jærns, 93.
 Brudgrænse, 59, 118.
 Brugsegenskaber, 47.
 Brunjærnsten, 13.
 Bunsenbrændere til Hærdning, 102, 106.
 Bygningsstaal, 130, 131, 134.
 Bøjelighedsprøver, 124, 128, se ogsaa Hærde-Bøjelighedsprøver.
Cadmium, 196.
 Carbid, 66, 69, 73, 115, 124.
 Carbidkul, 66, 69.
 Carbo-Allotropist, 72.
 Carbonist, 71.
 Cementeret Traad, 40.
 Cementering 23.
 Cementerovn, 23.
 Cementit, 66, 68, 69.
 Cementstaal, 23, 28.
 Charge, 34.
 Chlorcalcium mod Rust, 81, 83.
 Christophlemetal, 157.
 Chromstaal, 29, 77, 99, 197.
 Cohæsion, 54, 115, 184.
 Compound-Panserplader, 134.
 Converter, 30.
 Coquil, 25, 29, 34, 38, 90, 91.
 Corrosion af Aluminium i Søvand, 192.
 — — af forsk. Bronzer m. m. i do., 195.
 — — af Jærn og Staal, 82 o. f.
 — — af Messingslaglod, 143.
 Cowles' Proces, 191.
Damascenerklinger, 103.
 Damast, 29.
 Damphammerstempelstænger, Brud af, 95, 122.
 Dampkedelplader, 133, 134.
 — —, Blaaskørhed hos, 98.
 — —, se i øvrigt Dampkedler.

- Dampkedler, Blaaskørhed i, 126, 133.
 — , Fabrikation af, 112, 113, 116, 126, 127.
 — , Rust i, 83, 84, 86, 87, 88.
 — , Skørhed formedelst lokkede Huller, 112.
- Darbyprocessen, 32, 37.
 Darbyskinner, 33, 130.
 Deformation, Brud uden, 95.
 Deltametal, 143, 144.
 Diagram, Trækprøve —, 56, 72, 73.
 Diamant i Jærn, 63.
 Digel, se Grafitdigel.
 Digelovn, 140, 182.
 Digelstaal, 10, 28, 70, 93, 128.
 Digeltang, 29.
 Dobbelt garvet Staal, 24.
 Dobbelt raffineret Staal, 24.
 Dobbelt svejst Jærn, 22.
 Dorn, Svækkelse ved Inddrivning af en — (»Opdorning«), 113.
 Dragere, Skørhed formedelst Lokning, 100, 112.
 — , Staal til, 130.
 Drejestaal, Anløbning af, 105, 106.
 — , Staal til, 71, 129.
 Drivning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 99, 109.
 Drivskruer, se Skibsskruer.
 Dukatguld, 183, 188.
 Duranametal, 89, 145.
 Dødshoved, 27.
- E**fterbeskikning, 181.
 Eftervirkning, elastisk, 56.
 Ekscentrikbøjler af Metal, 151.
 Eksperiment, teknologisk, 5.
 Elasticitet, 52, 53.
 Elasticitetsgrad, 52.
 Elasticitetsgrænse, 49, 50, 51, 52, 121.
 Elasticitetskoefficient, 51.
 Elektrisk Ledningsmodstand ved Jærn og Staal, 72.
 Elektriske Modstande, Legeringer for, 157.
 Elektroplet, 142, 159, 175.
 Eutektiske Legeringer, 44.
- F**açongoods, se Staalstøbegods.
 Farve, Legeringers, 63.
 Farvning af Guld, 188.
 Feltflasker af Aluminium, 192.
 Ferrit, 67, 68, 71, 72, 124.
 Ferroaluminium, 29, 195.
 Ferromangan, 15, 26, 32, 37, 49, 89, 197.
 Ferrosilicium, 26, 37, 76, 93.
 File, Anløbning af Anglen paa, 107.
 — , Hærdning af, 101, 102, 104.
 — , Staal til, 129, 134.
 Fingehalt, 179, 186.
 Finkornsjærn, 20, 128.
 Fjedre, Afbrænding af, 106.
 — , Anløbning af, 105, 106.
 — , Bejdseskørhed ved, 117.
 — , Staal til, 129, 131, 134.
 — , stivhamrede, 100.
 Flanger af Metal, 152.
 Flussmiddel, 182, 188.
 Flydegrænse, 54, 56, 57, 58, 59, 110, 116.
 — , Variation i Kulde, 125.
 Flydning af faste Legemer, 5, 56, 58, 72.
 For i Bessemerpæren, 31.
 For i Martinovnen, 37.
 Forbrændt Jærn og Staal, 79, 94.
 Forkobring, 87.
 Form, Formhul, 16.
 Formforandring, blivende, 50.
 — , elastisk, 50.
 Forskydning, 57.
 Fortinning, 87, 165.
 Fortætning af Staalblokke, 27, 34, 53.
 Forvarmning af Blæseluft, 17.
 Forzinkning, se Galvanisering.
 Forædling, 27, 107, 111.
 Fosfidfosfor, 77.
 Fosfor i Jærnmalm, 15.
 — i smedeligt Jærn, 31, 76, 93, 130.
 — i Støbejærn, 43.
 Fosforbronze, 145, 152, 171.
 Fosforkobber, 152.
 Fosfortin, 152, 164.

Friktion, indre, 54, 57, 61.
Fræser, Anløbning af, 105.
— , Hærdning af, 102.

Galmei, 159.
 γ -Jærn, 72.
Galvanisering, 87, 89, 161.
Garvestaal, 24.
Garvning, 24.
Gas-Flammeovn, 28, 35, 36.
Gasovne til Hærdning, 101, 106.
Generator, 35.
Generatorgas, 35.
Gigtgas, 17.
Gigtgulv, 16.
Glashaardhed, 70.
Glidere af Metal, 151.
Glødskaal, 79.
Gongons, 148.
Graft i Jærn, 64, 68, 89, 90.
Graftdigel, 28, 140, 182, 187.
Granulering, 175, 181.
Gravrust, 82.
Guld, 183.
Guldlegeringer, 185, 186.
Guldmonter, 183 o. f.
Guld-Palladiumlegeringer, 189.
Guldslaglod, 189.
Guldtraad, 183.

Haarde Steder i Plader, 116.
Haardhed, 60.
— , Formindskelse af, ved Anløbning, 73.
— , Raajærns, 89.
— , smedeligt Jærns, 99.
— , Stigning af, ved Hærdning, 70 o. f.
— , se i øvrigt de enkelte Metaller.

Haardhedsskala, Mohs's, 60.
Haardtbly, 166, 168, 174, 196.
Haardtstøbt Gods, 54, 64, 68, 90, 91.
Haardzink, 89, 144.
Hagl, 174.
Halvstaal, 93.
Hamborger-Normer, 116.
Hammerbart Støbegods, 9, 65, 90.

Hammerskaal, 79.
Haner af Fosforbronze, 153.
— af Metal, 151.
Hardenit, 67.
Herdfriskning, 10, 20.
Hitz, 79.
Hjørner, Svækkelse formedelst indadgaende, 113.
Holdighed, 179, 186.
Homogenitet, Undersøgelser af, 95.
Hvidblik, 163.
Hvidglødhede, 58.
Hvidkogning af Sølv, 178, 180, 181.
Hvidt Metal, 164, 165, 196.
Hærde-Bøjelighedsprøver, 114.
Hærdelighed, 100.
Hærdemasse, 102.
Hærdemetode, Harveys, 24.
Hærdning, 11, 68, 70, 71, 100 m. fl., se ogsaa File, Fræser, o. s. v.
— , dobbelt, 74, 108.
— , negativ, 108.
— , partiel, 104.
— , Skørhed ved, 73, 101, 114.
— , Volumenforandring ved, 103.

Hærdningsfosfor, 77.
Hærdningskul, 66, 68, 70, 71, 75, 77, 114.
Hærdningstemperatur, 70.
Højovn, 15, 16.
Højovnsslagge, 15, 19.
Høvestaal, Anløbning af, 105, 106.
— , Staal til, 71, 129.

Indsnøring, 54, 57, 97, 114.
Indsætning, 24, 104.
Ingots, se Staalblok.
Ir, 137.
Iridium, 189, 190.

Jærnbanebroer, 77, 130.
Jærnbanehjulbandager, sprungne, 96, 121, 125.
— , Staal til, 129, 134.

- Jærnbaneskinner, 42, 77, 99, 109, 121, 123, 129, 130, 132, se Darbyskinner.
 — , i Kulde, 125.
 Jærnbanesveller, 130.
 Jærnbanevognaksler, se Vognaksler.
 Jærnbanevognhjul, haardtstøbte, 54.
 — , se Jærnbanehjulbandager.
 Jærnbroer, 77, 112, 121, 123, 130, 132.
 Jærnchromlegeringer, 29, 197.
 Jærnforilte i Staal, 26, 32, 78.
 — i Svejsejærn, 78, 79.
 Jærnfosfid, 77.
 Jærnglans, 13.
 Jærnhandel, 8.
 Jærnplader, 128.
 — , se Staalplader.
 Jærnpriser, 8.
 Jærnspat, 13, 14.
 Jærnsulfure, 42, 76, 123.
 Jærntage, Skørhed formedelst lokkede Huller, 112.
 Jærntraad, 128.
 — , se Staaltraad.
 Jærnwolframlegeringer, 29, 197.
 Kali, 24, 104.
 Kanonbronze, 147.
 Kanoner, Bronze til, 147, 148.
 — , Brud (Sprængning) af, 124.
 — , dobbelt Hærdning af, 108.
 — , Staal til, 129, 131, 133, 134.
 Kapel, 182.
 Karat, 186.
 Karatering, 185, 186.
 Kastning ved Hærdning, 103.
 Kat, 22, 99.
 Kemisk Sammensætnings Indflydelse paa smedeligt Jærns og Staals Styrke, 108.
 Kernestaal, 42.
 Kinasolv, 157.
 Kirsebærrødgldhede, 58.
 Klipping, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 100, 112.
 Klokkebronze, 147, 148.
 Klokker, 148, 153.
 Knapmager, 113.
 Knife, se Bordknive, Penneknive.
 Knusning af Malm, 14.
 Kobber, 135.
 — , Rensning af, 138.
 Kobberaske, 137.
 Kobberbronze, 147, 154.
 Kobber-Damprør, Corrosion af Lodningen i, 143.
 Kobberforhudning, 137, 138.
 Kobberforilte i Kobber, 49, 135.
 Kobbermønter, 139.
 Kobberstikplader, 138.
 Kobbertraad, haardttrukken, 137, 138.
 Kobberveilte, 137.
 Kobber-Zinklegeringer, 139.
 Koldmejsler, Anløbning af, 105.
 — , Staal til, 129.
 Koldskørhed hos Kobber, 135.
 — , hos smedeligt Jærn, 76, 93.
 Koldtvalset Jærn eller Aksler, 56, 57, 100.
 Kompensator, Skive —, 17.
 Komprimering, 58, 103.
 Konservering af Oldsager, se Oldsager.
 Konstantan, 157.
 Kopfsætter, 113.
 Krankæder, Udglødning af, 116.
 Kritiske Punkter, 70.
 Krumtapaksler, Staal til, 133.
 Kruppin, 159.
 Kryolit, 190.
 Kulde, Indflydelse paa smedeligt Jærns Styrke, 125.
 Kuljærnsten, 13, 14.
 Kulstof i Jærn og Staal, amorft, 64.
 — , bundet, 66.
 — , krystallinsk, 64.
 Kulstofformer i Jærn og Staal, 63 o. f.
 Kulstofindhold i Bessemerstaal, 129, 130.
 — i Digelstaal, 129.
 — i Martinstaal, 134.
 — i Raajærn, 89.
 Kunstbronze, 147, 148.

- Kupellation, 181, 187.
 Kupolovn, 10.
 Kvægsølv, 197.
 Kædeled, Brud af, 95, 120, 122.
 Kæder, Udglødning af, 116.

Lagermetal, se Pandemetal.
 Lamme-Tin, 162.
 Lancashirefriskning, 21.
 Lavetter, Staal til, 134.
 Ledningsmodstand, se elektrisk.
 Ledningstraad, 138.
 Legering, 39.
 — , Analysering af en, 153.
 Legeringstabeller, 182, 188.
 Lerjærnsten, 13, 14.
 Litteraturanvisninger, 5, 13, 15, 19, 39, 63, 134.
 Loddetin, 165.
 Lodning, 62.
 Lokal Opvarmning, Skørhed formedelst, 116, 127.
 Lokkestempler, Anløbning af, 105.
 Lokning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 100, 112.
 Lokomotivers Udhviling, 124.
 Lokomotivkedler, Indre Ildkasse til, 138.
 — , Stagbolte til, 138.
 Lokomotivpander af Bronze, 171.
 — af Rødgods, 142.
 Luppe, 21, 99.
 Luppemølle, 22.
 Lus, 80.
 Lüderske Linier, 57.
 Længdeforandringer, unormale, ved Jærn og Staal, 73.
 Lødighed, 179.

Maalelængde, 54.
 Magnetiske Forhold ved Jærn og Staal, 72.
 Magnetjærnsten, 13.
 Magnium, 196.
 Magnoliametal, 170, 175.
 Malm, 145.
 Malme for Jærntilvirkning, 13,
 — , se i øvrigt de enkelte Metaller.
 Mangan i Raajærn, 21, 22, 64.
 — , i Staal, 75, 76, 124.
 — , se Ferromangan.
 Manganbronze, 145, 155.
 Manganfosfid, 77.
 Manganin, 157.
 Mangankobber, 155, 197.
 Manganmalme, 14, 15.
 Manganmessing, 145.
 Mangannysølv, 156, 159.
 Manganrødgods, 142.
 Mark, kolnsk, 179.
 Martensit, 67, 70, 71, 73.
 Martin-Siemensk Ovn, 35, 36.
 Martinslagge, 38.
 Martinstaal, 10, 35, 126, 131.
 Maskinbronze, 147, 150.
 Maskindele, Martinstaal til, 134.
 — , se Stempelstang, Plejlstang o. s. v.
 Medaillebronze, 149.
 Medaillestempler, Hærdning af, 102, 103.
 Mejsler, se Koldmejsler, Skraameisler.
 Mejsling, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 100, 112, 113.
 Messing, 142.
 — , Fremstilling af, 140, 141.
 Messingaffald, 140, 141, 143.
 Messingslaglod, 141, 143.
 Messingspaaner, Rensning af, 141.
 Metal, 142, 151, se Mikrostruktur.
 Metalarbejder, Oversigt over, 48.
 Metallografi, 43, se i øvrigt Mikrostruktur.
 Metalmikroskopi, 43, se i øvrigt Mikrostruktur.
 Metalstænger, Strengpresning af, 144.
 Mikrorevner i Svejsejærn og Staal, 76, 110, 122, 132 o. f.
 Mikrostruktur, 43, 55.
 — , Bronzes, 147, 171.
 — , forbrændt Staals, 79.
 — , Fosforbronzes, 154.
 — , Gulds, 184.
 — , Haardtblys, 168.

- Mikrostruktur, hærdeet StaaIs, 71.
 — , Kobbers, 136.
 — , Kobber - Zinklegeringers, 139.
 — , Messings, 143.
 — , Pandemetallere, 167 o. f.
 — , StaaIs, 68, 74, 79, 110, 115.
 — , Sølv, 177.
 — , Sølv-Kobberlegeringers, 178.
 — , udglødet StaaIs, 115.
 Mitis, 29, 195.
 Model, 90.
 Muffelovn, 102, 117.
 Muntzmetal, 143.
 Mushets Specialstaal, se Wolfram-staal.
 Myremalm, 13, 14.
 Møntbronze, 149.

Nikkel, 156.
 Nikkelbronze, 159.
 Nikkelin, 159.
 Nikkellegeringer, 157.
 Nikkelmonter, 156, 157.
 Nikkelstaal, 77, 87, 133, 134, 159.
 Nittehuller, Fremstilling af, 112.
 Nitter, 128, 133.
 Normalbetingelser, tyske, 91, 113.
 Normalmeter, 190.
 Nysølv, 157.

Oldsager, Konservering af, 150, 176.
 Opdorning, Svækkelse ved, se Dorn.
 Opvarmning, lokal, se lokal Opvarmning.
 Overhedet Staal, 80.

P-Metal, 170, 174, 175.
 Packet, 22.
 Pakke, 22.
 Pakringe af Metal, 151.
 Pandemetal, 142, 151, 153, 161, 165, 166 o. f., 175, 196, 197.
 Panserplade, 24, 75, 108, 133, 134.
 Patina, 137.
 Penneknive, Anløbning af, 105.
 Perlit, 66, 67, 68, 69, 71.
 Pigjærn, 9, 18, 90.
 Plasticitet, 49, 54.
 — hos Pandemetaller, 168.
 Platin, 189.
 Platinlegeringer, 190.
 Platinoid, 159.
 Platinsort, 190.
 Platinsvamp, 189, 190.
 Plejlstænger, Staal til, 133.
 Preshærdning, direkte, 107.
 Presning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 99, 109.
 Pris, Jærns, 8.
 — , Kobbers, 136.
 — , se i øvrigt de enkelte Metaller.
 Probering, 180.
 Probernaal, 181.
 Probersten, 181.
 Propeller, se Skibsskruer.
 Propelleraksler, se Skrueaksler.
 Proportionale Modstande, Loven om, 5.
 Proportionalitetsgrænse, 50, 51, 119, 121, 122.
 Provesølv, Københavns, 179, 182.
 Puddelovn, 21.
 Puddelslagge, 22.
 Pudling, 10, 21.
 Pumpecylindre af Metal, 151.
 Pyrometer, elektrisk, 99.
 — , optisk, 99.

Raagart Kobber, 135.
 Raajærn, Egenskaber, 89.
 — , hvidt og graat, 89.
 — , Pris, 8.
 — , Udstøbning, 17.
 — , Verdensproduktion, 8.
 Raajærnsblander, 18, 30.
 Raaskinne, 22.
 Raaskørhed, 78.
 Raffinering, Kobbers, 135.
 — , StaaIs, 24.
 Randstaal, 42.
 Recalescenz, 69.
 Regenerativflammeovn, 28, 35, 36.
 Regenerator, 17.
 Regenerering af forbrændt Staal, 79.

- Remedium, 179.
 Rensning af Bronze, 152.
 — af Kobber, 138.
 — af smeltede Metaller og Legeringer i Almindelighed, 49.
 — af Staal, 49, 194.
 Returrør fra Dampovne, Rust i, 82.
 Revnesøger, se Schiseophon.
 Rheotan, 159.
 Risteovn, 14.
 Ristestænger, 80.
 Ristning, 14.
 Romanium, 195.
 Roses Metal, 46, 196.
 Rundsav, direkte Preshærdning af, 107.
 Rumfangskonstans, se Volumenkonstans.
 Rustbeskyttelsesmidler, 85, 86, 87.
 Rustdannelse, 81 o. f.
 — , Galvaniske Strømmes Virkning til, 87.
 — i Kulrøg, 84.
 — i Søvand, 84.
 — i Vandrør, Returrør, Dampkedler o. s. v., se disse Ord.
 — , Rensning for, 85.
 — under Vand, 82.
 Rystelsers Indflydelse paa smedeligt Jærns Styrke, 118 o. f.
 Rødguld, 58.
 Rødgods, 141.
 Rødjærnsten, 13.
 Rødkørhed hos Kobber, 135.
 — hos Kobber-Zinklegeringer, 139.
 — hos smedeligt Jærn, 76, 78, 126.
 Røntgens Straaler til Metalundersøgelser, 193.
 Rør, 128, 134.
 Sajgring, 25, 40, 41, 42, 43, 69, 80, 81, 146.
 Saksekæber, Anløbning af, 105.
 — , Staal til, 129.
 Saksestaal, 24.
 Samling af Metaldele, 62.
 Sammensætning, se kemisk Sammensætning.
 Savblade, Anløbning af, 107.
 — , Hærdning af, 105, 107.
 — , Staal til, 134.
 Schiseophon, 96.
 Scrap = Affaldsjærn, se derunder.
 Scrapproces = Martinproces, se dette Ord.
 Sejghed, 49, 54, 55, 58, 111 o. s. v.
 Siemensk Regenerativflammeovn, 28.
 Silicium i Raajærn, 64, 75, 89.
 — i Staal, 75.
 — i Støbejærn, 43, 75.
 Siliciumbronze, 145, 152, 154.
 Siliciumjærn, se Ferrosilicium.
 Siliciumkobber, 154.
 Skakten, 16.
 Skaktovn, 16.
 Ske, 18, 30.
 Skeprøve, 33.
 Skibsaksler, Staal til, 129, 133.
 Skibskedler, se Dampkedler.
 Skibsbolte, 144.
 Skibsbygning, Staal til, 133, 134.
 Skibsforhudning af Aluminium-bronze, 155.
 — af Yellow-Metal, 144.
 — af Kobber, 137, 138.
 Skibsplader, Hindring af Rust paa, 87.
 — , Staal til, 133, 134.
 Skibsskruer, Materialiet i, 83, 144, 151, 154, 155.
 — , Rust ved, 83.
 Skibsspanter, Staal til, 133.
 Skivekompensator, 17.
 Skraamejsler, Anløbning af, 105.
 — , Staal til, 129.
 Skriftstøbegods, 174.
 Skrueaksler, Hindring af Brud paa, 124.
 — , Hindring af Rust ved, 87.
 Skørhed, 50, 55, 61, m. m.
 — af smedeligt Jærn i Kulde, 125.
 — , se Blaaskørhed, Koldskørhed, Raaskørhed, Rødkørh.

- Slagge, 15, 19, 22, 35, 38, 78.
 Slaggecement, 19.
 Slaggehul, 16.
 Slaggesand, 19.
 Slaggeuld, 19.
 Slaglod, se Guldslaglod, Messing-
 slaglod, Sølvslaglod.
 Slid, 62.
 Smaaskruer, Anløbning af, 107.
 Smedejærn, 10.
 Smedelighed, smedeligt Jærns, 9, 96.
 Smedeligt Jærn, 9, 19.
 Smedestykker, store, 131, 133.
 Smedning, Indflydelse paa smede-
 ligt Jærns Egenskaber, 99,
 109, 111.
 — , se Udsmedning.
 Smeltekurve, 44.
 Smeltelighed, 99.
 Smeltelighedsflade, 172.
 Smeltepunkt, Raajærns, 16, 89, 90.
 — , Staals, 25, 99.
 — , Svejsejærns, 20, 99.
 — , se de enkelte Metaller.
 Smidighed, 49.
 Snel, 45, 164.
 Sneltin, 164.
 Snittap, Anløbning af en, 107.
 Sorbit, 67.
 Specialstaal, se Wolframstaal.
 Spejlapparat, 50.
 Spejlbronze, 147, 148.
 Spejljærn, 15, 26, 32, 37, 49, 89.
 Spejlmatal, 159.
 Spil paa smeltet Raajærn, 80.
 Sporvejsskinner, 134.
 Staal, 9.
 — , blødt, 11, 108, 114.
 — , direkte fremstillet af Malme,
 20.
 — , haardt, 11, 70.
 — , se Mikrorevner, Struktur,
 m. m.
 Staalaffald, 33, 75, 76, 93.
 Staalblok, 25, 34, 38, 42 o. s. v.
 — , se Fortætning, Forædling,
 Struktur, Udsmedning, m.
 m.
 Staalbronze, 148.
 Staalpenne, Anløbning af, 105,
 107.
 — , Hærdning af, 103.
 Staalplader, 130, 131, 134.
 — , se Dampkedelplader, Skibs-
 plader.
 Staalproduktion, Verdens, 8.
 Staalstøbegods, 25, 28, 29, 38, 128,
 131, 134.
 — , se Udglødning.
 Staaltraad, Hærdning af, 102.
 — , Udglødning af, 116.
 — , Staal til, 130.
 Staalvalsers Hærdning, 104.
 Stanniol, 163.
 Statuer af Messing, 143.
 — af Rødgods, 142.
 Stemning, Svækkelse ved uforsig-
 tig, 113.
 Stempelstænger, Metal til, 152.
 — , Staal til, 133.
 Stempling af ædle Metaller, 179,
 186.
 Stenbrækker, 14.
 Stigende Støbning, 27.
 Stivhamring, 100.
 Stoppebøsser af Rødgods, 142.
 Stregprøve, 181, 186.
 Strengpresning, 144.
 Struktur, Raajærns, 89.
 — , senet, 94.
 — , smedeligt Jærns, 94, 96,
 101, 120.
 — , Staalblokkens, 93.
 — , se Mikrostruktur.
 Strækgrænse, 56.
 Strækkelighed, 9.
 Stukkegrænse, 56.
 Styrke i Almindelighed, 49, 59.
 — , Kulstofs Indflydelse paa
 Jærns og Staals, 68, 109.
 — , mod Forskydning, 57.
 — , smedeligt Jærns, 11, 108
 o. f.
 — , Støbejærns, 92.
 — , se de enkelte Metaller og
 Legeringer.

- Støbegods, Hammerbart, se Hammerbart Støbegods.
 Støbegrad, 68.
 Støbejærn, 9, 91.
 Støbejærnsaffald, 75, 76, 93.
 Støbejærnsøjler i Ildsvaade, 93.
 Støbelighed, 49.
 Støbeskal, 79, 92.
 Støbeske, 33.
 Støbspændinger, 92.
 Støbestaal, 12.
 Støbning, 49.
 Støds Indfl. paa smedeligt Jærns Styrke, 118.
 Subcarbid, 67, 72.
 Sugning, 25.
 Superior, 159.
 Sur Proces, 30, 31, 37, 77.
 Svartmalm, 13.
 Svejsejærn, 10, 20, 108, 111, 125, 128.
 — , Mikrorevner i, 123.
 — , senet, 94.
 Svejsejærnsaffald, 23.
 Svejsselighed, 10, 62, 98.
 Svejsepulver, 98.
 Svejsestaal, 10, 20, 22, 23, 128.
 Svejssning, kold, af Pulvere, 62, 143.
 — , elektrisk, 62, 98.
 Svejsovn, 23, 117.
 Svind, 25, 42, 91.
 Svingningsstyrke, 119.
 Svovl i Jærnmalm, 15.
 — i Kobber, 138.
 — i Raajærn, 18.
 — i smedeligt Jærn, 76.
 — i Støbejærn, 43.
 Synaale, Anløbning af, 105.
 — , Hærdning af, 103.
 Sølv, 175.
 Sølvbronze, 156.
 Sølv-Kobberlegeringer, 176, 177 o. f.
 Sølvmonter, 176, 177 o. f. 180.
 Sølvslaglod, 179.
 Sølvtraad, 183.
 Søm, 128.
 Sømalm, 13.
 Talmivarer, 141.
 Tamtams, 148.
 Taphul, 16, 19.
 Tapper, Svækkelse ved skarpt af-satte, 120.
 — , se Varmløbning.
 Teknologi, almindelig, 3.
 — , eksperimental, 5.
 — , kemisk, 1.
 — , mekanisk, 1.
 — , speciel, 2.
 Telefontraad, Styrke, 109.
 — , Materiale, 138, 147, 154.
 Telegraftraad, 147, 154.
 Temperkul, 64, 68.
 Temperstaalgods, 66.
 Tempring, 65.
 Ten, 42, 178, 183, 187.
 Thomasprocessen, 31, 32.
 Thomasslagge, 35.
 Thomasstaal, 31, 32.
 — , Anvendelse af, 129, 130, 131.
 — , Forhold i Kulde, 125.
 Tilslag, 14, 31.
 Tin, 162.
 Tinamalgam, 197.
 Tin - Antimon - Kobberlegeringer, 165.
 Tin-Blylegeringer, 164.
 Tinbrillanter, 164.
 Tinbronze, 145, o. f.
 Tinfil, 160.
 Tinpletter, 146.
 Tinsten, 162.
 Titreranalyse, 180.
 Tolerance, 179.
 Tombak, 141.
 Traadtøve, Bejdseskørhed ved, 117.
 Transformationskurver, Staalets, 69.
 Treble best iron, 12.
 Troostit, 67.
 Trykning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 99, 109.
 Trækning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 99, 109.
 Trækprøvedigram, se Diagram.

- Trækprøver, Brududseende ved, 95, 96, 115, 122.
 — , Trækforsøg, 50, 54, 97, 113, 114, 124.
 — , uden Deformation, 95.
 Tværsnittets Indflydelse paa smedeligt Jærns Styrke, 118.
 Tyggemaskine, 14.
 Typer, 174.
 Tæring, 82.
 Tærningenikkel, 156.
 Tæthed, 58, 59.
 — ved Rustdannelse, 84.
 — , se Fortætning.
- U**chatiusstaal, 29.
 Udblomstringer paa Bronze, 150.
 Udglødning, 55, 59.
 — af hærdet Staal, 74.
 — af Kobber, 136, 137.
 — af smedeligt Jærn, 76, 100, 114 o. f.
 — af Staal inden Hærdning, 101.
 — af Staalstøbegods, 28 53, 114, 115.
 — af Støbejernsgenstande, 66.
 Udmattelse, Jærnets og Staalets, 42, 74, 117, 121, 132.
 Udsajgring, se Sajgring.
 Udsmedning af Staalblade, 99, 111.
 Udstøbning af Bessemerstaal, 33.
 — af Digelstaal, 29.
 — af Martinstaal, 37.
 — af Raajærn, 17.
 Udsvingsstyrke, 119.
- V**allonfriskning, 21.
 Valseknusemaskine, 14.
 Valselighed, smedeligt Jærns, 96.
 Valsetraad, 133.
 Valsning, Indflydelse paa smedeligt Jærns Egenskaber, 109, 111.
 — , se koldtvalset Jærn.
- Vand, jærnholdigt, 84.
 Vandrør, Rust i, 82, 84.
 Varighedsforsøg med smedeligt Jærn, 118 o. f. 132.
 — med Støbejern, 92.
 Varmeovn, 34.
 Varmedudligningsgrube, 34.
 Varmløbning, Brud af Aksler og Tapper ved, 126.
 Ventiler af Metal, 151.
 Vinkeljærn, Staal til, 130.
 Vismuth, 196.
 Vognaksler, Brud af, 95, 122, 124, 125.
 Volumenkonstans, 59.
 Vægtfylde, Raajærns, 89, 90.
 — , smedeligt Jærns, 96.
 — , Støbejærns, 91.
 — , se de enkelte Metaller.
 Værdi, Jærns og Staals, 8.
 — , se de enkelte Metaller.
 Værktøjer, Anløbning af, 105.
 — , Hærdning af, 101, 103, m. m.
 — , Staal til, 100, 128, 129, 131, 134.
 — , se File, Fræser, o. s. v.
- W**olfram, 195, 197.
 Wolframstaal, 29, 77, 99, 197.
 Woods Metal, 46, 196.
 Wootzstaal, 29.
 Würzburger-Normer, 126, 133.
- Y**ellowmetal, 139, 141, 143, 144.
- Z**ink, 159.
 — , Fordampning af, 140.
 Zinkbeskytter, 87.
 Zinkblende, 159.
 Zinkblokke mod Rust, 87.
 Zinklegeringer, 161.
- Æ**delrust, se Patina.
 Ætseprøver, 88.

RETTELSER.

- S. 27, Lin. 8 f. n. og midt S. 124: *Bøjningsprover*, læs: *Bøjelighedsprover*.
- S. 33, Lin. 3 f. o.: *der udhældes*, læs: *der, — efter at Jærnforille er reduceret ved Tilsætning f. Eks. af Ferromangan —, udhældes ...*
- S. 34, Lin. 3 f. o.: *der ofte findes ved ældre Anlæg, her bortfatder*, læs: *som sædvanlig benyttes til Converterens Tipning etc.*
- S. 34, Lin. 9 f. n.: *under*, læs: *inden*.
- S. 42, 76 og 123: *Jærnsulfid*, læs: *Jærnsulfure* og *Sulfid*, læs: *Sulfure*.
- S. 43, Lin. 11 f. n.: *Chernoff* udgaar.
- S. 45, Lin. 6 f. n.: *er mikroskopisk* og, læs: *viser sig under Mikroskopet overordentlig fin og er*.
- S. 46, L. 5 f. o. tilføjes: *Om Udsajgringsforhold ved ternære Legeringer se S. 172, Lin. 7 f. o.*
- S. 55, Lin. 7 f. o.: *Fiktion*, læs: *Friktion*.
- S. 77. Til § 73 tilføjes: *Godt Støbejern bør ikke indeholde over c. $\frac{3}{4}\%$ P, da mere kan gøre det skørt overfor Stød og uensartet Opvarmning.*
- S. 99, Lin. 17 f. n.: *elektriske*, læs: *elektriske og hans optiske*.
- S. 108 nederst tilføjes: *nemlig f. Eks. for Staalbjælker paalangs en Styrke af ikke under 37 og ikke over 44 Kg.*
- S. 109, Lin. 1 f. o.: *Middeltal*, læs: *Minimum*. Lin. 8 f. o.: *L.*, læs: *Le*.

