

BYGGEMATERIALER

METALLER, TRÆ, NATURSTEN, LERVARER,
MØRTLER, BETON, KUNSTSTEN, GLAS.

FREMSTILLING,
EGENSKABER, ANVENDELSE, PRØVNING.

AF

E. SUENSON

INGENIØR

PROFESSOR VED DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT

**1^{STE} BIND:
STYRKEPRØVER.
METALLER.**

ANDEN UDGAVE

KØBENHAVN

P. E. BLUHME'S BOGHANDEL

1920

Copyright 1920 by E. Suenson, Copenhagen.

DENNE Bog er bestemt til Brug ved Undervisningen i Materiallære paa den polytekniske Læreanstalt og er først og fremmest skrevet med dette Formaal for Øje.

Udover den Stofmængde, som fordres ved Examenen, er der imidlertid i Fodnoter og med smaat Tryk tilføjet en Del Oplysninger, der i Forbindelse med Sagregisteret vil kunne være til Nytte i det praktiske Liv og muliggøre Brugen af Bogen som Haandbog for Ingeniører, Arkitekter, Haandværkere og andre, der har med Byggevirksomhed at gøre.

Af Materialernes Fremstilling er der som Regel kun medtaget saa meget, som Forbrugeren har Interesse af at kende, og Omtalen af Materiallaboratoriernes Maskiner og andre Hjælpe midler er begrænset paa samme Maade.

Den nye Udgave har jeg delt i tre Bind, dels for at imødekomme de Ønsker, der er rettet til mig fra Læsere, der kun har Brug for en Del af Stoffet og derfor gerne vil have denne Del udskilt, Ønsker, som de nuværende Bogpriser i høj Grad opfordrer til at tage Hensyn til; dels fordi Udviklingen indenfor flere af de Omraader, Bogen spænder over, er meget livlig, og det Arbejde, en ny Udgave kræver, derfor saa betydeligt, at jeg behøver den jævne Fordeling af Arbejdet, som en Tredeling af Bogen medfører baade nu og ved mulige senere Udgaver.

Det foreliggende, første Bind er delt i tre Dele.

1ste Del omhandler de Styrke-, Elasticitets- og Sejghedsprøver med tilhørende Maskiner og Maaleinstrumenter, der har Betydning for Metalundersøgelser eller Materialundersøgelser i Almindelighed. I denne Del er der ingen store Forandringer; nogle nye Maskiner og Instrumenter er medtagne, og Tryk-, Bøjnings- og Kærslagprøver er omtalt noget udførligere end i første Udgave.

2den Del omhandler Jærnet; de væsentligste Ændringer her findes under Nikkelstaal, Elektrostaal, Jærnets kemiske Sammensætning, Struktur og Metallografi, Haardhedsprøver, Egenspændinger efter Koldstrækning, Udglødnings og Spændingsvariationers Virkning samt magnetiske Egenskaber; endvidere er en Del nye engelske, svenske, amerikanske og tyske Leveringsbetingelser for Staal medtagne. Rust og Rustmidler er behandlet mere indgaaende.

3die Del omhandler andre Metaller. Magnium er her medtaget, og Aluminium omtalt noget udførligere. Det samme gælder Metallernes kemiske Modstandsevne, og ved Omtalen af deres øvrige Egenskaber er der tilstræbt en

større Overskuelighed. For Legeringernes Vedkommende har jeg søgt at gennemføre en konsekvent Nomenklatur (§ 636), og Afsnittet Lejemetaller er helt omskrevet.

I Overensstemmelse med Bogens Opgave er Metallernes Fremstilling og Bearbejdelseegenskaber samt Fabrikationen af Metalvarer kun medtaget i det Omfang, som Behandlingen af Brugsegenskaberne kræver; de, der ønsker mere indgaaende Oplysninger, henvises til Professor Hannovers teknologiske Bøger.

For den Velvilie, hvormed man baade fra offentlig og privat Side er kommet mig i Møde med Oplysninger og har lettet mig Bogens Revision, bringer jeg min Tak.

København i Juni 1920.

E. SUENSON.

INDHOLD.

	Side
Materialprøvning og Leveringsbetingelser	1
1ste Del: Styrke- og Seighedsprøver 3	
I. Prøvemaskiner og Finmaaleinstru- menter	3
A. Prøvemaskiner	3
1. Düsseldorf Maskinen	3
2. Tinius Olsens Maskine	7
3. Werders Maskine	8
4. Hydrauliske Presser	9
5. Dynamometre	11
B. Finmaaleinstrumenter	12
1. Viserapparater	12
2. Spejlapparater	13
3. Mikrometerskruer	15
II. Trækforsøg	16
A. Arbejdslinier	16
B. Elastiske og blivende Formforan- dringer	21
C. Elasticitetslove	25
D. Indsnøring og Brudforlængelse	26
E. Arbejdsevne og Kvalitetstal	28
F. Sejghed	29
G. Prøvestængernes Form	30
H. Prøvestængernes Indspænding	34
III. Trykforsøg	35
A. Formforandringer	35
B. Brudmaade	36
C. Brudstyrke	38
D. Forsøgsregler	38
E. Tryk i flere Retninger	39
IV. Bøjningsforsøg	40
A. Belastningsmaade	40
B. Nedbøjningsmaaling	43
C. Arbejdslinie og Bøjningsstyrke	44
V. Bøjelighedsprøver	46
VI. Slagforsøg	48
A. Forsøg med store Slagværker	48
B. Kærslagprøver	51
2den Del: Jærn 54	
I. Oversigt over Jærnfremstillingen	54
II. Raajærn	55
III. Støbejærn	59
A. Fremstilling af Støbegods	59
B. Almindelige Egenskaber	62
C. Styrkeforhold	64
D. Anvendelse	67
E. Rør	68
F. Dansk Ingeniørforenings Betingelser for Levering af Støbejærns-Rør til Gas- og Vandledninger	73
G. Haardstøbt Jærn	74
H. Hammerbart Støbegods	75
I. Tempergods	75
IV. Smedeligt Jærn	76
A. Deforskellige Arter af smedeligt Jærn og deres Fremstilling	76
1. Indledning	76
2. Svejsejærn og Svejsestaal	77
a. Herdferskning	77
b. Pudling	77
c. Svejsejærnets Egenskaber og Anvendelse	79
d. Svejsestaal	80
3. Staal fremstillet i flydende Tilstand	81
a. Bessemerstaal	81
b. Thomasstaal	83
c. Martinstaal	84
d. Nikkelstaal	86
e. Digelstaal	87
f. Elektrostaal	88
g. Staalets Udstøbning	89
h. Staalets Egenskaber	92
B. Det smedelige Jærns Egenskaber	92
1. Vægt og Smeltepunkt	92
2. Kemisk Sammensætning	92
3. Struktur	94
a. Korn og Krystaller	94
α. Kornenes Dannelse	94
β. Kornenes Størrelse og Form	95
b. Makrostruktur	97
α. Strukturfejl	97
β. Svejsejærnets Struktur	98
γ. Staalets Struktur	99
c. Mikrostruktur og Metallografi	101
α. Metallografi	101
β. Kulstofformer i Jærnet	102
γ. Eutektiske Legeringer og fa- ste Opløsninger	103
δ. Smedeligt Jærns Struktur efter langsom Afkøling	104
ε. Smedeligt Jærns Struktur efter hurtig Afkøling	107
ζ. Raa- og Støbejærns Mikro- struktur	109
η. Jærnets forskellige Tilstands- former	110
4. Haardhed og Hærdelighed	111

	Side		Side
a. Haardhed	111	2. Baandjærn	162
b. Hærdelighed	112	3. Profiljærn	162
c. Haardhedsprøver	115	4. Plader	165
a. Ridseprøver	115	a. Tynde Plader og Blik	166
β. Kugletrykprøver	115	b. Tykke Plader	168
Med konstant Kraft	116	α. Plane Plader	168
Med konstant Indtryksdybde	117	β. Riffel-, Bukkel- og Tøndeplader	169
γ. Andre Indtryksprøver	118	5. Traad	169
δ. Bearbejdsprøver	118	a. Fremstilling og Egenskaber	169
5. Smedelighed	119	b. Prøvning	172
6. Svejselighed	122	c. Leveringsbetingelser	174
7. Styrke og Seighed	125	d. Tovværk	175
a. Den kemiske Sammensætnings Virkning	125	e. Fletværk m. m.	179
b. Fremstillingsmaadens Virkning	127	6. Kæder	179
c. Varmvalsningens Virkning	127	7. Rør	181
d. Koldstrækningens Virkning	128	a. Rørsorter	181
e. Egenspændinger efter Koldstrækning	131	α. Svejste Rør	181
f. Udglødnings Virkning	133	β. Sømlose Rør	183
g. Spændingsvariationers Virkning	135	γ. Nittede og Ioddede Rør	186
i. Temperaturens Virkning	137	b. Rørsamlinger	186
α. Høje Temperaturer	137	c. Rørprøvning	189
β. Lave Temperaturer	140	d. Leveringsbetingelser	190
j. Almindelige Elasticitets- og Styrkeforhold	141	α. Gas, Vand og lavspændt Damp	190
k. Tilladelige Spændinger	143	β. Højspændt Damp	191
8. Magnetiske Egenskaber	144	8. Jærnbodematerialer	193
9. Jærnpriser	145	a. Skinner	193
C. Prøver og Leveringsbetingelser for Jærn til Huse, Broer, Skibe og Kedler	146	b. Skinnetilbehør	196
1. Prøvernes Art	146	c. Det rullende Materiel	197
2. Træk- og Bøjelighedsprøvelegemers Udtagelse og Tildannelse	146	9. Staalstøbegods	198
3. Leveringsbetingelser for Hus- og Bromateriale	148	10. Værktøjsstaa	199
a. Tyske Normalbetingelser	148	V. Jærnets Rusten og Midlerne derimod	200
b. Engelske	151	A. Jærnets Rusten	200
c. Svenske	153	1. Rustens Egenskaber og Dannelse	200
d. Amerikanske	155	2. Jærnets Indflydelse paa Rustdannelsen	202
e. for		3. Omgivelsernes Indflydelse paa Rustdannelsen	205
Betonjærn	155	B. Rustmidler	208
4. Leveringsbetingelser for Skibsmateriale	156	1. Midlertidige Overtræk	209
a. Lloyds Registers Regler	156	2. Portlandcement	209
5. Leveringsbetingelser for Kedelmateriale	157	3. Tjære	210
a. Danske Forskrifter	157	4. Fernis	211
b. Tyske	157	5. Olie-maling	212
D. Handelsformer	159	a. Malingsbestanddele	212
1. Stangjærn	159	b. Valg af Pigmenter til Grundning og Dækmaling	214
a. Smedejærn	159	α. Grundning	214
b. Bygningsjærn	160	β. Dækmaling	215
c. Nittejærn	160	c. Malings Udførelse og Holdbarhed	219
		6. Lak	221
		7. Metalliske Overtræk	223
		a. Forzinkning	224
		b. Andre metalliske Overtræk	227
		8. Emaille	228

3die Del: Andre Metaller 229

I. Bly	229	D. Handelsformer	240
A. Egenskaber	229	1. Traad	240
B. Handelsformer	231	2. Plader	241
1. Rør	231	3. Rør	242
2. Plader, Traad, Blokke	233	4. Blokke og Stænger	243
II. Zink	233	IV. Aluminium	243
A. Egenskaber	233	A. Egenskaber	243
B. Handelsformer	235	B. Aluminiumlegeringer	245
III. Kobber	236	C. Handelsformer	246
A. Udvinding	236	V. Magnium	247
B. Alm. Egenskaber	236	VI. Tin	248
C. Elasticitet og Styrke	239	VII. Nikkel	249

	Side		Side
VIII. Kobberlegeringer	249	c. Støbebronzer	264
A. Oversigt over Egenskaberne	249	α. Maskinbronze	264
B. Zink-Kobber-Legeringer	252	β. Kanon-, Klokke-, Spejl- og Kunstbronze	266
1. Oversigt	252	d. Rensede Tinbronzer	267
2. Rødgods og Messingods	255	2. Bronzer uden Tin	268
3. Rødske Zink-Kobber-Legeringer	256	a. Aluminiumbronze	268
a. Tombak	256	b. Manganbronze	269
b. Messing	256	c. Nikkelbronze	269
c. Nikkel-Messing, Nysølv	257	IX. Lejemetaller	270
4. Smedelige Zink-Kobber-Legeringer	257	A. Egenskaber og Prøvning	270
a. Muntzmetal, Sømetal	257	B. De almindeligste Lejemetaller	271
b. Deltametal	258	1. Lejebronzer	272
c. Duranametal	259	2. Antifrikionsmetaller	272
d. Aluminium-Messing	260	a. Legeringer med Bly som Hovedmasse	273
C. Bronzer	260	b. Legeringer med Tin som Hovedmasse	273
1. Tinbronze	260		
a. Oversigt over Egenskaberne	260		
b. Smedelige Bronzer	263		
α. Bronzetraad	263		
β. Blik, Rør, Stænger, Mønter	264		

Sagregister 275

Forkortelser:

Et	Ec	Ed	Ef	Ev	= Elasticitetskoefficient ved Træk, Tryk, Bøjning, Forskydning, Vridning.
EGt	EGc	EGd	EGf	EGv	= Elasticitetsgrænse » » » » » »
PGt	PGc	PGd	PGf	PGv	= Proportionalitetsgrænse » » » » » »
FGt	FGc	FGd	FGf	FGv	= Flydegrænse » » » » » »
St	Sc	Sd	Sf	Sv	= Styrke » » » » » »
st	sc	sd	sf	sv	= Tilladelig Spænding » » » » » »
δ					= Brudforlængelse i 10 ⁰ .
φ					= Indsnøring » »
C					= Kulstof eller Celsiusgrader.
Bmk.					= Baumaterialienkunde.
D. A. f. E.					= Deutscher Ausschuss für Eisenbeton.
I. M.					= Internationalt Materialprøvningsforbund.
Ing.					= Ingeniøren.
K. M. A.					= Das königliche Materialprüfungsamt zu Gross-Lichterfelde West.
Mitt. ü. F.					= Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens.
T. F. T.					= Teknisk Forenings Tidsskrift.
U. I. E. E. S.					= University of Illinois Engineering Experiment Station.

Spændinger er angivet i at (= kg cm²) og Temperaturer i Celsiusgrader.

Rettelser til E. Suenson: Jærnbeton I, 1918:

Side 158, Linie 3 f. n. rettes 28 til 2,8.	
» 179, » 10 » » :	Efter sidste Lighedstegn rettes — c ³ til + c ³ .
» » » » 9 » » :	I første Brøk rettes — c ² til + c ² , i anden Brøk rettes — 2/3 c ² til + 2/3 c ² .
» 229, » 11 f. o. rettes 13,8 1,1 1,1 1,83 til 8,3 0,664 0,664 1,11.	
» » » » 13 » » :	rettes 1,83 til 1,11 og 2,87 til 1,74.
» 231, » 15 » » :	Brøkens Nævner rettes til 6,46.
» » » » 16 » » :	» » » » og 48,2 til 37,2.
» » » » 18 » » :	48,2 rettes til 37,2 og 1,25 til 0,96.
» » » » 23 » » » :	» » » » 9,79 » 7,55.

Materialprøvning og Leveringsbetingelser.

1. Den, der skal bygge, det være sig et Hus, et Skib, en Bro eller en Maskine, maa have Kendskab til Byggematerialernes Egenskaber. Ethvert Menneske lærer ved sine daglige Erfaringer de mest fremtrædende Egenskaber at kende, lærer at Træ er brændbart, Jærn stærkt og Glas skørt, og Haandværkeren har Lejlighed til i høj Grad at uddybe disse Erfaringer med Hensyn til det Materiale, han til Stadighed arbejder med.

For Ingeniøren er disse Erfaringer ikke tilstrækkelige, han maa ikke alene vide, at Jærn er stærkt, han skal ogsaa vide, *hvor* stærkt det er, for at kunne dimensionere sit Bygværk derefter, og paa samme Maade maa hans Kendskab til Stoffernes øvrige Egenskaber være bygget paa grundige Undersøgelser under saa enkle Forhold, at en Virknings Aarsag let kan konstateres, hvilket som Regel ikke er muligt ved de tilfældige Erfaringer, der gøres i Praksis, fordi her talrige Biomstændigheder gør sig gældende.

Videnskabelige Undersøgelser af denne Art foretages i vid Udstrækning i de mekaniske og kemiske Laboratorier Jorden over, og paa Grundlag af de saaledes vundne almenlydige Erfaringer er det, at Konstruktøren arbejder.

Mange af Materialernes Egenskaber er imidlertid saa variable, at der ikke kan siges noget almenlydigt om dem, og man er da henvist til selv at foretage Forsøg med det Materiale, man har i Sinde at bruge, eller at sende det hen til en Prøveanstalt, og der faa det undersøgt for Styrke, Sejghed, Slidfasthed, Frostsikkerhed, Ildfasthed eller hvad det nu er for en Egenskab, man ønsker belyst. For Danmarks Vedkommende har vi i den af *Dansk Ingeniørforening* oprettede *Statsprøveanstalt* i København, et Laboratorium, der paatager sig slige Undersøgelser¹⁾.

Gælder det en Sammenligning af to Stoffer, maa Undersøgelserne naturligvis foretages paa ganske ensartet Maade, for at Resultaterne kan blive oplysende, og i Erkendelsen af den store Betydning, det har for Teknikken, at Undersøgelser, der er foretagne paa forskellige Laboratorier, kan sammenlignes, er der af Teknikere Jorden over dannet et *internationalt Materialprøvningsforbund*, som fastslaar hvilke Principper, der skal lægges til Grund for Prøverne, og som stadig arbejder paa at fuldkommengøre Prøvemetoderne, saaledes at alle uvedkommende Virkninger holdes borte. Samtidig fastholdes saavidt muligt Forbundets Hovedprincip, at et Materiale skal prøves paa en Maade, der sva-

¹⁾ Se H. J. Hannover: Om Materialprøvningens Udvikling i Norden, Kbhvn. 1909.

rer til dets Paavirkning i Praksis. For dette Forbund, hvis Bestemmelser ofte vil blive omtalte, er der her i Bogen benyttet den forkortede Betegnelse *I. M.*

2. Foruden at give Konstruktøren Oplysninger har Materialprøvningen den Opgave at være Dommer mellem Køber og Sælger. Køb af store Varepartier sker jo meget tidt ved offentlig Udbydelse, saaledes at Leveringen overdrages den lavest bydende. Under disse Omstændigheder har Sælgeren forholdsvis ringe Interesse i at levere gode Varer; Køberen er derfor nødt til i Leveringsbetingelserne bestemt at formulere hvilke Krav, han stiller til Materialet, og ved Modtagelsen maa han prøve om disse Krav er opfyldte.

Til disse Prøver kan regnes Varernes Besigtigelse, der altid er nødvendig alene for at konstatere Kvantiteten, og som i mange Tilfælde kan give gode Oplysninger ogsaa om Kvaliteten.

Den Opgave at skrive en Leveringsbetingelse, der ikke fordrer for meget (hvorved Varerne fordyres) og heller ikke for lidt, og som uden at blive for voluminøs dog paa utvetydig Maade fastslaar Kvaliteten, er slet ikke let. Ved Siden af Kendskab til Handelsmarkedet er en detailleret Viden om de Prøver, man kan forlange, at Materialet skal udholde, nødvendig, en Viden, der er af ret formel Natur, forsaavidt som den er ganske unødvendig for den konstruerende Ingeniør.

I de fleste Lande er der derfor ved Forhandling mellem Forbrugerne paa den ene Side og Fabrikanterne paa den anden Side fastsat Leveringsbetingelser, der med rimeligt Hensyn til begge Parter fastslaar hvilke Fordringer, der kan stilles til de mest anvendte Materialer, saaledes at Forbrugeren ved Varernes Udbydelse blot behøver at henvise til disse Normalbetingelser.

Undertiden kan det være ugørligt at formulere sine Krav i Ord, og i saa Fald hjælper man sig paa den Maade, at man fremlægger en Prøve og foreskriver, at Leverancen skal svare til denne, eller ogsaa forlanger man, at der sammen med Tilbudet skal indsendes en Prøve paa det Materiale, der agtes leveret. Men under normale Forhold bør Fordringerne stilles bestemt, og der vil i det følgende under Omtalen af de enkelte Materialer flere Steder blive fremført Eksempler paa saadanne Leveringsbetingelser.

FØRSTE DEL.

Styrke- og Seighedsprøver.

I. Prøvemaskiner og Finmaaleinstrumenter.

A. Prøvemaskiner.

3. De Maskiner, der bruges til at undersøge Materialernes Styrke og Elasticitet, skal som Regel kunne udvikle en meget stor Kraft¹⁾ og maa samtidig være forsynede med Apparater, der maaler denne Kraft med en Nøjagtighed af 1—2%. Det er i Hovedsagen Maaden, hvorpaa Kraften maales, der adskiller Maskinerne fra hinanden, medens Kraftens Frembringelse enten sker ved et hydraulisk drevet Stempel eller en mekanisk drevet Skrue. Kraften skal virke rolig og uden Stød, og Maskinen maa være saaledes indrettet, at man let og sikkert kan undersøge, om dens Kraftangivelse er rigtig, en Undersøgelse, der maa gentages med regelmæssige Mellemløb.

Der findes Maskiner, som udelukkende er bestemt til henholdsvis Træk-, Tryk- eller Bøjningsprøver og udelukkende til et bestemt Materiale, f. Eks. Traad eller Cement, og nogle af disse Maskiner vil blive omtalt sammen med de paagældende Materialer. Her skal navnlig beskrives de saakaldte Universalmaskiner, der kan benyttes baade til Træk, Tryk og Bøjning, og hvis Bygning som Regel er meget kraftig, hyppigt svarende til en Maksimalydelse af 50^t.

Af disse Universalmaskiner bruges talrige Typer, af hvilke tre skal nævnes, nemlig en Maskine fra *Düsseldorfer Maschinenbau-Aktiengesellschaft*, der findes i *Polyteknisk Materiallaboratorium, Tinius Olsens* Maskine, der findes paa *Statsprøveanstalten* samt *Werders* Maskine.

1. Düsseldorf Maskinen.

4. Fig. 1 viser denne Maskine indrettet til **Trækforsøg**. Stangen, der skal prøves, er anbragt mellem to **Indspændingshoveder**, af hvilke det øverste kan tænkes fast ophængt i Maskinstativet. Det nederste Indspændingshoved, der ved to Stylinger er forhindret i at dreje sig, er i løs Forbindelse med den nedenunder værende Skruespindel, saaledes at det føres op eller ned sammen med denne. I Maskinstativets Fod ligger et vandret Tandhjul, som er Møtrik for Spindelen, og som er i Indgreb med en bagved liggende Snekke (Skrue uden Ende), der drives af en elektrisk Motor eller ved Hjælp af et Haandsving. Ved at lade Motoren løbe den ene eller den anden Vej kan man da efter Behag hæve eller sænke Spindelen og trække i Prøvestangen med en Kraft af indtil 50^t.

¹⁾ Til Prøvning af større Jærkonstruktioner har *Königliches Materialprüfungsamt* i Berlin en hydraulisk Maskine, der kan trykke med 3000^t og trække med 1500^t (*Ing.* 1912, S. 227). *Bureau of Standards* i Washington har en 4530^t hydraulisk Presse (*Tinius Olsen*), den største paa Jorden.

Med Motorens hurtigste Gang paatvinges der Stangen en Forlængelse af ca. 23 mm i Minuttet, med Motorens langsomste Gang ca. 7 mm i Minuttet. Ønskes en ringere Hastighed bruges Haandsvinget, der ved tilpas hurtig Drejning giver en Forlængelse af ca. 1,7 mm i Minuttet¹⁾.

5. Det Træk, der paa denne Maade frembringes i Prøvestangen, skal kunne maales, og det øverste Indspændingshoved er derfor ikke ophængt direkte i Ma-

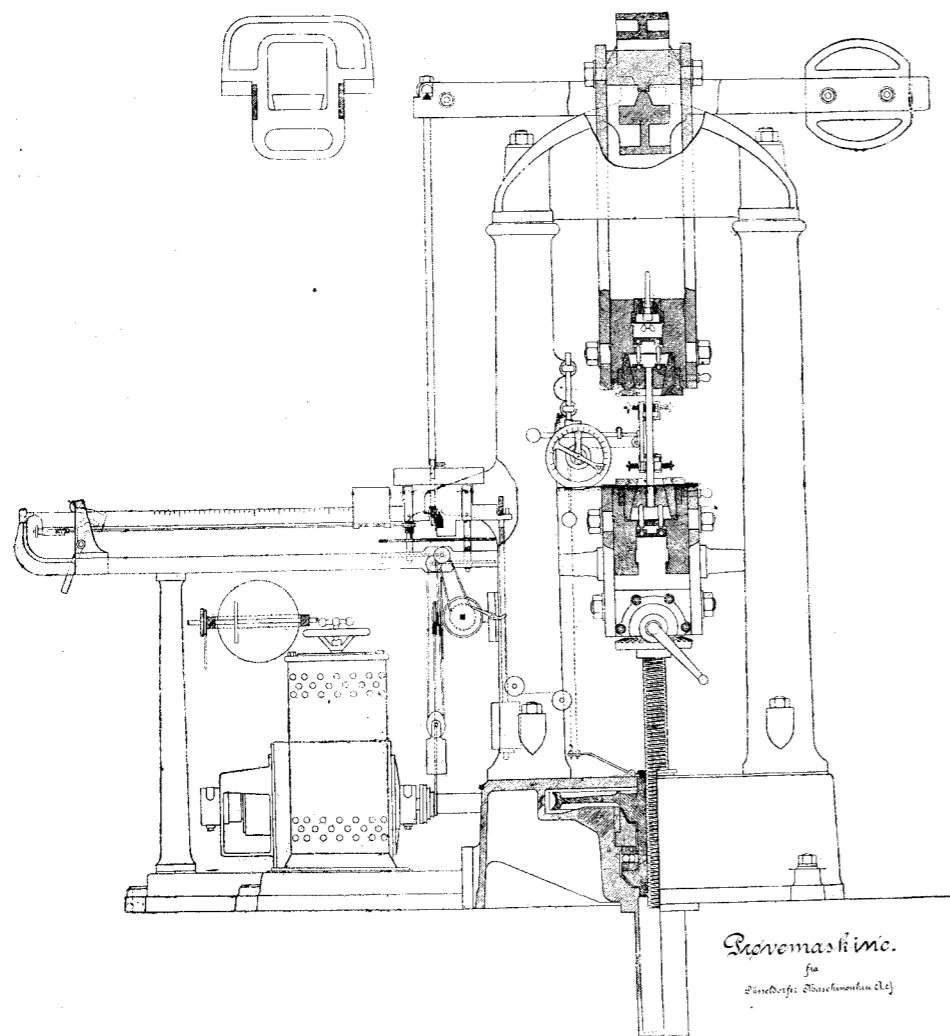


Fig. 1. Trækforsøg.

skinstativet, men derimod i en over dette anbragt uligearmet Vægtstang. Denne er rammeformet, idet den bestaar af to Stykker Fladjærn, der kun er forbundne i Midten og ved Enderne. Midterforbindelsen har to i hinandens Forlængelse liggende nedadvendte Knivsægge, der hviler paa Maskinstativet, og lidt tilhøjre derfor en opadvendt Knivsæg, der bærer Indspændingshovedet. Vægtstangens

¹⁾ De nævnte Tal angiver i Virkeligheden den Hastighed, med hvilken Spindelen bevæges, og da Bevægelsen ikke blot medfører en Strækning af Prøvestangen, men ogsaa af Spindel, Indspændingsdele, Lasker o. s. v., angiver de kun Prøvestangens Forlængelse under Forudsætning af, at Kraften ikke er i Stigen, men holder sig konstant.

højre Arm er altsaa ganske kort, medens dens venstre Arm er 100 Gange saa lang. I Enden af denne hænger en Trækstang, der fører Kraften videre til den lavere liggende eenarmede Vægtstang, hvorved den yderligere reduceres, saa at den kan afvejes ved Hjælp af en Løbevægt (Skydelod) paa denne. Begge de to Vægtstænger er forsynede med Kontravægte, saaledes at der er Ligevægt, naar Skydelodet staar ved Vægtstangens Nulmærke.

Ønsker man at frembringe et ganske bestemt Træk i Stangen, indstilles Skydelodet paa denne Last, hvorved Vægtstangen synker ned; derpaa sættes Maskinen i Gang og holdes i Gang, indtil Vægtstangen atter spiller ind.

6. Hvis man derimod stadig vil følge Kraftens Stigning, da maa man uafbrudt under Maskinens Gang tilvejebringe Ligevægt ved at skyde Loddet ud efter. Denne Indstilling kan Maskinen ogsaa selv besørge, idet Løbevægten er fastgjort til et Snortræk, der løber om to Skiver, een i hver Ende af Vægtstangen; den inderste Skive er i fast Forbindelse med et (øvre) Tandhjul og et (nedre) Snekkehjul, der sidder paa samme Aksel. Et tilsvarende Hjulpar sidder paa den modsatte Side af Vægtstangens Ophængningspunkt og i samme Afstand fra dette. De fire Hjul deltager altsaa i Vægtstangens Svingninger. De to Tandhjul er i Indgreb med hinanden, medens de to Snekkehjul er anbragt saaledes i Forhold til deres Snekker (der sidder paa Maskinstativet), at der kun bliver Indgribning, naar Vægtstangen forlader Ligevægtsstillingen, og da kun for een af Snekkernes Vedkommende. De to Snekker roterer i modsatte Retninger drevne fra Motorakselen, idet der dog som Mellemlid er indskudt et Par Friktionsskiver, ved Hjælp af hvilke man kan ændre Snekkernes Hastighed uafhængig af Motoren. Naar nu Motoren sættes i Gang, og Vægtstangen stiger som Følge af Trækket i Stangen, vil det bageste Snekkehjul komme i Forbindelse med sin Snekke og blive drejet rundt, og denne Bevægelse overføres gennem de to øvre Tandhjul til Skydelodet, saaledes at dette føres ud saa langt, at der atter bliver Ligevægt, og Indgribningen ophører. Skulde Loddet paa Grund af Inertien løbe lidt for langt, saa at Vægtstangen synker ned under Ligevægtsstillingen, da vil det andet Snekkehjul komme i Indgriben med sin Snekke og faa en Rotation i modsat Retning af før, saa at Loddet atter føres tilbage. Ved denne Ordning kan man altsaa stadig aflæse Trækket i Prøvestangen.

Naar Stangen trækkes over, synker Vægtstangen, og Loddet vander da straks indefter, men en lille Aluminiumsrytter, som Loddet har skudt foran sig, bliver siddende, saa man senere kan aflæse Maksimallasten, hvis man har forsømt det under Forsøget.

7. Vil man maale Stangens Forlængelse som Følge af Trækket, kan det ske ved Hjælp af det paa Maskinens

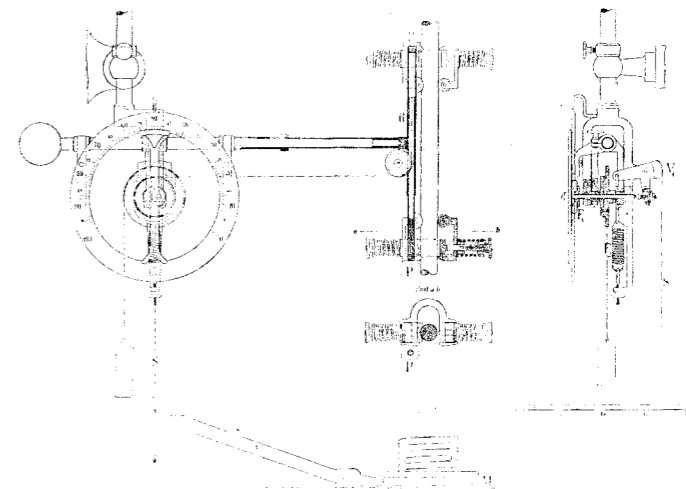


Fig. 2. Forlængelsesmaaler.

venstre Søjle anbragte Maaleapparat (Fig. 2). Paa Prøvestangen fastklemmes da to vandrette Plader, P , mellem hvilke der stilles to Rør R , det ene glidende inden i det andet. I det indre Rørs øvre Ende er fastgjort en Snor, som ved Hjælp af Lederuller er ført lodret ned til Maaleapparatets Arm og derfra vandret hen til dets Maalebue, hvor den er viklet om en Skive og holdes strammet

af et Lod. Ved denne Ordning vil Rørene stadig presses mod Pladerne, og disses Bevægelse i Forhold til hinanden kan aflæses ved Hjælp af en paa Skiven anbragt Viser, der angiver Bevægelsen (\circ : Maalelængdens Forlængelse) 3 Gange forstørret.¹⁾

8. Skal Maskinen bruges til **Trykforsøg** (Fig. 3), hænges der 4 lange Øjestænger op i det øverste Indspændingshoved, og forneden forbindes de med en svær Staalplade, med en kugleformet Fordybning i Midten. Den Tærning, der skal knuses, stilles paa en mindre Plade, hvis kugleformede Underside svarer til Fordybningen. Maskinens nedre Indspændingshoved fjernes, og et nyt med plan Underside anbringes, saaledes at det ligger mellem Øjestængerne oppe over Tærningen, forbundet med Spindelens Krydshoved ved lange Lasker. Naar Spindelen nu føres nedad, bliver Tærningen presset mellem de to Trykplader, og Kraften afvejes ganske som ved et Trækforsøg.

9. Skal Maskinen bruges til **Bøjningsforsøg** (Fig. 4), lægges Prøvehjælken op paa to svære Bolte, der hænger i Øjestængerne, og hvis indbyrdes Afstand kan varieres fra 30 til 100 cm,

idet Traverser af tilsvarende Længde holder dem ude fra hinanden. Lasten paaføres i Midten ved Hjælp af det samme Hoved, som bruges til Trykforsøg blot drejet 180° om en vandret Akse, hvorved man i Stedet for en Plade faar en Vulst, gennem hvilken Trykket overføres til Bjælken.

10. Det ovenfor omtalte **Maaleapparat** kan, naar det anbringes mellem Plader skruede paa det øvre Indspændingshoved og paa Trykhovedet, bruges

¹⁾ Viseren er ikke i fast Forbindelse med Skiven, men dennes Aksel er hul og omslutter Viserens, og der er saamegen Friktion imellem dem, at Viseren tages med, naar dens Bevægelse ikke er hæmmet f. Eks. ved at den berører Maalebuen. Viserens Aksel kan forskydes lidt i sin egen Retning, og den svage Bladfjer F_1 vil, saalænge den er eneraadende, holde Viseren lidt fjernet fra Maalebuen. Det er nu saaledes indrettet, at en Fjer, F_2 , stræber at presse Viseren ind mod Maalebuen, men hindres deri af Vægtstangen V_1 , der ved en Snor, S , er forbundet med en lille uligearmet Vægtstang V_2 , der sidder paa Maskinens Fodplade, og hvis korte Arm presser ned mod en Krave paa Skruespindelens Møtrik, M . Denne er som Følge af Trækket i Spindelen hævet en Kende og vil derfor synke lidt ned, i det Øjeblik Prøvestangen trækkes over. Derved slappes Snoren S , og Fjeren F_2 strammes, saa at Viseren presses ind mod Maalebuen, hvor den fastholdes og viser Prøvestangens (\circ : Maalelængdens) Brudforlængelse. Hvis denne Ordning ikke var truffen, vilde Viseren i Brudøjeblikket, naar Rørene farer ud af hinanden, blive ført med.

Rykket i den lille Vægtstang paa Maskinens Fodplade kan ogsaa bruges til at stille Løbevægten i Ro i Brudøjeblikket ved Hjælp af den anden paa Fig. 1 viste Snor, ved hvis Slappelse en Pal farer ind i et Palhjul og standser dets og dermed Snekkernes Rotation.

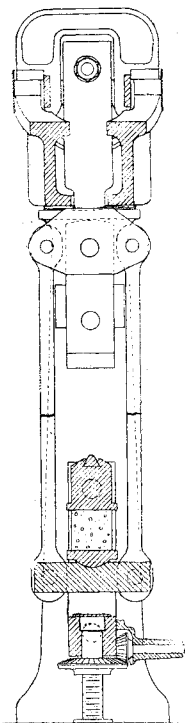


Fig. 3. Trykforsøg.

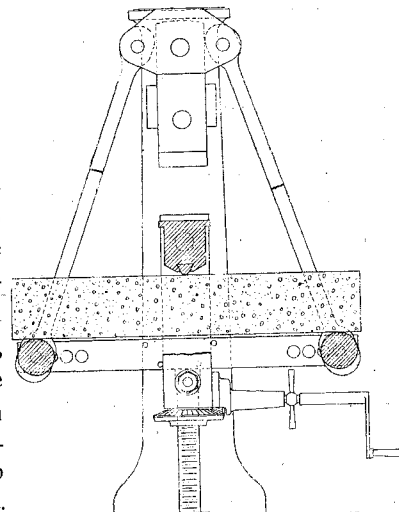


Fig. 4. Bøjningsforsøg.

til at maale henholdsvis Sammentrykningen og Nedbøjningen. I sidste Tilfælde faar man dog ikke den rene Nedbøjning, men tillige de lokale Indtryk i Materialet paa de tre Kraftoverføringssteder, Indtryk, der ved bløde Materialer, som Træ, kan være ret betydelige.¹⁾

11. I Stedet for at aflæse de sammenhørende Værdier af Kraft og Forlængelse (Forkortelse, Nedbøjning) hver for sig kan man ogsaa lade Maskinen selv optegne et **Diagram** (Materialets Arbejdslinie) \circ : en Kurve, hvis Ordinater er lig Lasten, og hvis Abscisser er lig Maalelængdens Forlængelse. Diagramapparatet (Fig. 5) bestaar af en lodret Tromle belagt med Papir, mod hvilket en Skrivestift trykker. Denne Skrivestift sidder paa en Stang, der styres af Bøjler paa Maskinstativet, og som ophænges i Maaleapparatets Snor i Stedet for det almindelige Lod. Naar Prøvestangen forlænger sig, vil Stiften da tegne en lodret nedadgaende Linie, hvis Længde er proportional med Forlængelsen. Imidlertid er Tromlen ved Hjælp af en Snorskive sat i Forbindelse med Løbevægten, saaledes at den drejer sig et Stykke, der er proportionalt med Løbevægtens Vandring altsaa med Kraften, og Skrivestiften kommer derved til at tegne den omtalte Kurve.]

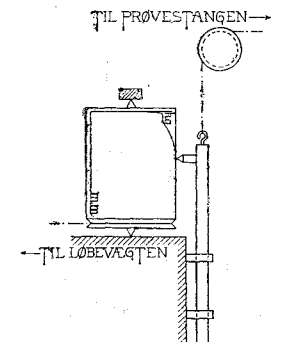


Fig. 5. Diagramapparat.

2. Tinius Olsens Maskine.

12. Denne Maskine er amerikansk med en Maksimallydelse af 50 t. Som den skematiske Fig. 6 viser, indspændes Prøvestangen foroven i en Støbejernsplade, der ved Hjælp af 4 Søjler er fast forbundet med en nedre Plade, og hele dette Stativ hviler paa 3 Vægtstænger, der atter hviler paa et Støbejernsstel, og som afvejer den Kraft, hvormed der trækkes i Stangen.

Den nederste Ende af Prøvestangen er indspændt i en Støbejernsplade, der er fast forbundet med 4 lange Trækstænger, som er skrueskaarne forneden og finder deres Møtrikker i 4 Tandhjul, der stemmer mod Maskinstativets Plade og ligger i lidt forskellig Højde, saaledes at de alle drives af et centralt siddende langt Drivhjul. Maskinen drives ved Remtræk fra en Motor, og Remskiven sætter ved Hjælp af en konisk Tandhjulforbindelse det lange Drivhjul i Bevægelse, hvorved de skrueskaarne Stænger bevæger sig nedad og trækker i Prøvestangen.

Trækket overføres, som ovenfor beskrevet, i Form af et Tryk til Vægtstængerne. Stativet har 4 Ben, af hvilke de to hviler paa den midterste Vægtstang, der er længere end de to andre og bagtil ender T-formet, mens de to andre Ben hviler paa hver sin af de korte Vægtstænger og i en saadan Afstand fra Omdrejningspunktet, at Omsætningsforholdet bliver det samme for alle tre Stænger. Grunden til at man ikke kan nøjes med een Vægtstang er, at det trykkende Stativ i saa Fald vilde stille sig skævt, naar Vægtstangen bevægede sig.

Stængernes fri Ender hviler i en Bøjle, og Trækket i denne føres gennem en ny, eenarmet Vægtstang op til den øverste toarmede Vægtstang, der bærer et bevægeligt Lod, hvis Stilling angiver Belastningens Størrelse.

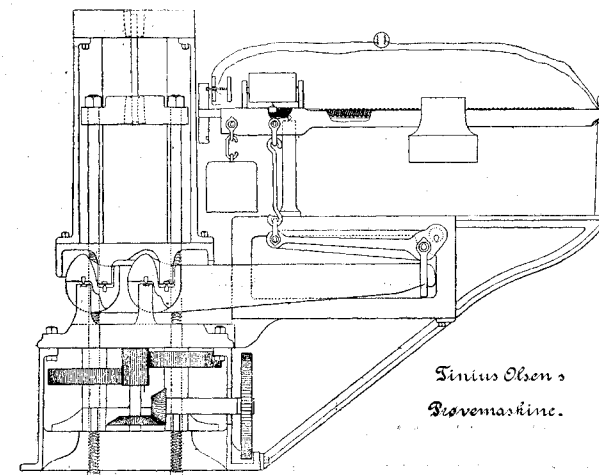


Fig. 6.

der bærer et bevægeligt Lod, hvis Stilling angiver Belastningens Størrelse.

13. Efterhaanden som Trækket i Prøvestangen vokser, maa **Loddet forskydes** udefter, og

¹⁾ Ved en saadan indirekte Benyttelse af Maaleapparatet maa man belaste Provelegemet lidt, inden Viseren stilles paa Nul, thi i modsat Fald er man udsat for, at Trykhovedet ikke er i Berøring med Legemet fra først af, saaledes at dets nedadgaende Bevægelse i Begyndelsen slet ingen Deformationer fremkalder.

denne Bevægelse besørger Maskinen selv. Vægtstangens Udslag er nemlig begrænset af to elektriske Kontakter, saaledes at der sluttes eet elektrisk Kredsløb, naar Vægtstangen berører den øverste, et andet, naar den berører den nederste. Oven i Vægtstangen ligger en Skrue, der paa Enden bærer en Skive med en inddrejet Rille. Ind i denne Rille rager der en lille Aksel, der stadig roterer drevet af Maskinen, og som ved Hjælp af to Elektromagneter snart kan trækkes ud mod Rillens ydre Rand, snart ind mod den indre Rand, hvorved Skiven og dens Skrue snart bevæges i een Retning, snart i den modsatte. Idet nu Loddet danner Møtrik for Skruen, vil det forstaaes, at en opadgaaende Bevægelse af Vægtstangen medfører, at Loddet flyttes udad, indtil der paany er Ligevægt, og en nedadgaaende Bevægelse af Vægtstangen fører Loddet indefter; Loddets Stilling vil altsaa i hvert enkelt Øjeblik angive Trækkets Størrelse, der direkte kan aflæses paa Vægtstangens Inddelinger.

14. Maskinens **Diagramapparat** er vist paa Fig. 7. Diagrammet tegnes paa et Stykke Papir, der er lagt omkring en Tromle, idet denne drejes proportionalt med Prøvestangens Forlængelse, samtidig med at Skrivestiften bevæger sig parallelt med Tromlens Akse, proportionalt med Belastningen. Tromlen sidder paa Vægtstangens korte Ende, og under den sidder Skrivestiften fastgjort til en Møtrik, der omslutter den i Vægtstangen liggende Skrue. Denne er her skrueskaaren i modsat Retning og med langt finere Gevind end paa den øvrige Del, saaledes at Skrivestiften bevæger sig proportionalt med Vægtloddet, men modsat dette og et langt kortere Stykke.

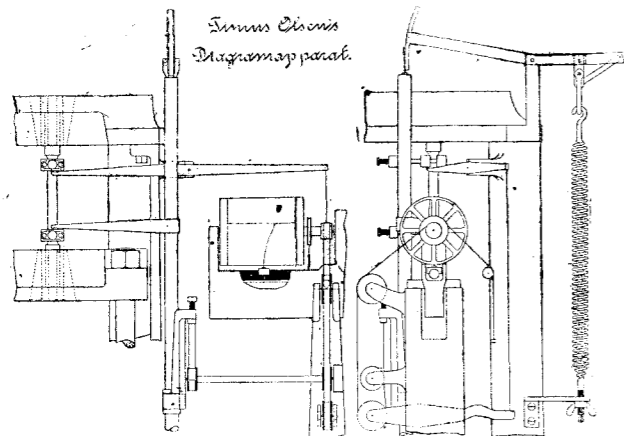


Fig. 7.

Prøvestangens Forlængelse overføres til Tromlen paa følgende Maade: Omkring Prøvestangen fastklemmes der to Ringe, hver i sin Ende af Maalelængden, og mod disse Ringe hviler et Par Staalfinger. Den nederste af disse sidder fast paa en ikke helt kontrabalanceret Jærnstang, der derfor synker ned, samtidig med at Prøvestangen forlænger sig. Bevægelsen overføres gennem et Nysølvbaand og en Skive til en vandret Aksel, paa hvis anden Ende der sidder en lignende Skive. Til denne er der fastgjort et Nysølvbaand, som over to Lederuller, en nedre og en øvre, føres op til Tromlen og holdes stramt ved Hjælp af et lille Vægtlod. Paa denne Maade drejer Tromlen sig altsaa proportionalt med det Stykke, den nederste Ring sænker sig.

Denne sænker sig imidlertid ikke blot som Følge af Maalelængdens Forlængelse, ogsaa Forlængelsen af det over Maalelængden værende Stykke kommer med, saavel som en eventuel Glidning af Prøvestangen i de øverste Bakker. Derfor maa det Stykke, den øverste Ring bevæger sig nedad, trækkes fra, og dette sker ved Hjælp af den øverste Staalfinger, der er udført som en lige-armet Vægtstang. Hvis den øverste Ring synker 1 mm, stiger Vægtstangens anden Ende et lige saa stort Stykke, og denne Bevægelse overføres ved Hjælp af en Nysølvtraad til den ene Arm af en lavere liggende Vægtstang, hvis anden Arm er halvt saa lang som den første og bærer den tidligere omtalte nedre Lederulle. Denne vil altsaa sænke sig $\frac{1}{2}$ mm, hvorved der løber $\frac{1}{2}$ mm Nysølvbaand af den og 1 mm Nysølvbaand paa den, saaledes at Tromlens Drejning netop formindskes med det Stykke, den øverste Ring sænker sig.

15. Skal Maskinen bruges til **Trykforsøg**, maa der laves en Opklodsning paa Bordet, paa hvilken Prøvestykket stilles, og de nederste Indspændingsbakker fjernes og erstattes med en Trykplade, medens Maskinens Virkemaade iøvrigt bliver ganske den samme som tidligere.

Ved **Bøjningsforsøg** indskydes en Jærnbjælke, paa hvis Ender der opstilles Understøtninger for Prøvebjælken, og denne belastes i Midten gennem en Rulle eller lignende, naar Maskinens nedre Krydshoved føres ned.

3. Werders Maskine.

16. Werders Maskine er vist skematisk i Fig. 8. Den er i Modsætning til de to foregaaende liggende, saa at Prøvestangen er vandret under Forsøget, og Kraften frembringes ved at pumpe Vand ind i en Cylinder, hvorved Stemplet S trykkes ud, førende Vinkelvægtstangen aL med sig. Denne Vægtstang vil derved dreje sig om Punktet o , men kan atter bringes i vandret Stilling ved at belaste Vægtskaalen V . Den korte Vægtstangsarm tvinges saaledes til at holde

sig lodret, og da den gennem Stangen G er forbunden med Prøvelegemet P , hvis anden Ende er fastholdt ved F , maa Prøvelegemet forlænge sig lige saa meget, som Stemplet har bevæget sig, og Trækket i Stangen bestemmes ved

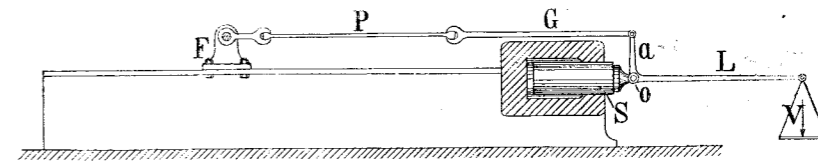


Fig. 8. Werders Prøvemaskine.

Hjælp af Lodderne paa Vægtskaalen. Da Vægtstangsarmene er henholdsvis 3 mm og 1500 mm (Figuren er rent skematisk), kan man med forholdsvis smaa Lodder afveje indtil 100^l, hvilket gerne er Maskinens Maksimalydelse. I Stedet for at afveje Kraften, kunde man maale Trykket i Cylinderen med et Fjermanometer, men i saa Fald vilde man ikke faa Friktionen mellem Stempel og Cylinder elimineret, og saadanne Dynamometre er desuden ikke helt paalidelige, da de kan forandre sig i Tidens Løb. Stangen G er ophængt saaledes, at den kun forskyder sig i sin egen Retning og uden Friktion. Hvorledes dette opnaas, fremgaar ikke af Figuren. Men man kan tænke sig Stangen ophængt i uendelig lange Tøve. Bukken F kan fjernes mer eller mindre fra Cylinderen og spændes fast hvor som helst, saa at Maskinen kan bruges til Prøvning af lange Kæder og Tøve. Dette er een af Fordelene ved denne Maskine.

4. Hydrauliske Presser.

17. Til Trykforsøg benyttes ofte hydrauliske Presser, der bestaar af to Trykplader, af hvilke den øverste kan fastspændes i forskellige Højder, medens den nederste, paa hvilken Prøvelegemet stilles, hviler ovenpaa Stemplet og derfor hæver sig sammen med dette og presser Legemet mod den øvre Plade.

Det hydrauliske Tryk kan frembringes ved Haand- eller Maskinpumpning, men man kan ogsaa hjælpe sig med Vandværksledningernes Tryk, naar der indskydes en **Multiplikator** (Fig. 9), som multiplicerer Trykket med Forholdet mellem det store og det lille Stempels Areal. Naar Tregangshanernes Stilling er som i Figuren, tømmes Vandet ud fra den store Cylinder, og Apparatet er derved forberedt til en ny Prøve.

Ved smaa Presser, som den nedenfor beskrevne *Amsler-Laffon'ske*, kan Trykket i den hydrauliske Cylinder maales med et aabent Kviksølvmanometer. Ved store Presser er Cylinderen forsynet med et Fjermanometer, der angiver Væsketrykket, og ved at multiplicere dette med Stempels Areal faas det totale Tryk, hvoraf dog Stempelfriktionen

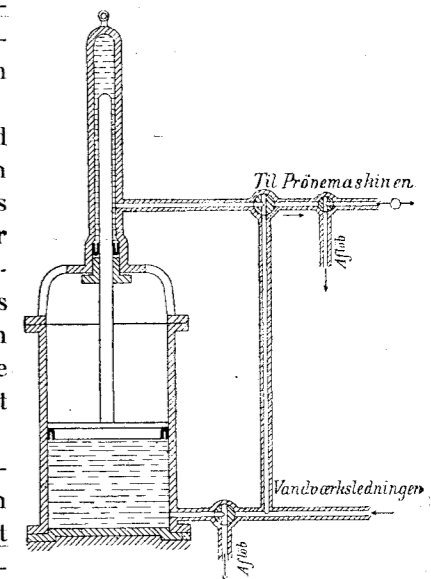


Fig. 9. Multiplikator.

sluger en mindre, ubekendt Del. Man plejer derfor fra Tid til anden paa Prøvelegemets Plads at anbringe et Kontrol-dynamometer og lave sig en Tabel over de effektive Tryk, som svarer til de forskellige Manometer aflæsninger.

18. **Amsler-Laffons 30^t Presse** (Fig. 10) bruges hovedsagelig til Prøvning af Cement. Prøvelegemet (hyppigst en Tærning) stilles paa Trykpladen, hvis

AMSLER-LAFFONS 30 TONS PRESSE.

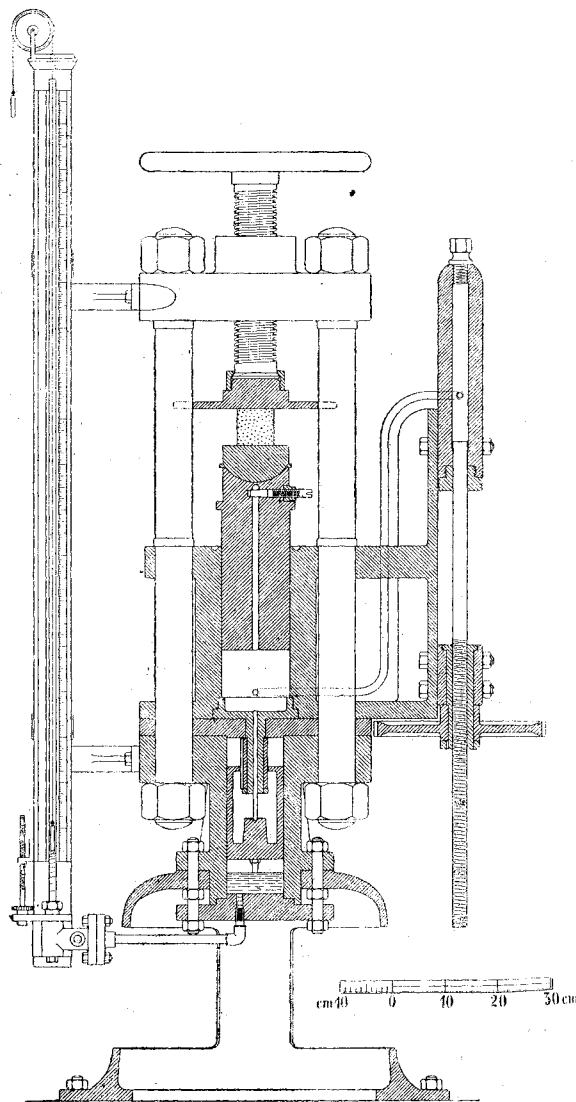


Fig. 10.

at presse direkte¹ paa Manometerets Kviksølv, presser paa et tyndt Stempel, der atter trykker paa et større Stempel; under dette er der først et Lag Olie og for Resten Kviksølv, der gennem et Rør staar i Forbindelse med det af gennemsigtigt Celluloid forfærdigede Manometer-rør. Kviksølvshøjden reduceres derved i et Forhold, der er lig med Forholdet mellem de to sidstnævnte Stempellers Arealer. Paa Kviksølvets Overflade svømmer et lille Lod, der ved en Traad

underside er kugleformet og lejret i Stemplets Kugleskaal, saaledes at Trykpladen indstiller sig efter Prøvelegemets Underside og giver et centralt Tryk, selv om Prøvelegemets Endeflader ikke er parallelle. Naar dette er centreret, drejes Skruen ned, hvorved den øvre Trykplade, der er løst forbunden med Skruen, men styret af Søjlerne, saaledes at den ikke kan dreje sig, presses mod Tærningen. Ved derpaa at drive Stemplet i Vejret, knuses Tærningen. Stemplet er nøjagtig indselet i Cylinderen, hvis Hulrum gennem et Rør staar i Forbindelse med den lille, øverst tilhøjre viste Cylinder, der, ligesom den store og Røret, er fyldt med Olie. Naar nu Tandhjulet, der er vist nederst tilhøjre, og som danner Møtrik for Skruen, drejes rundt, gaar denne ind i den lille Cylinder, og Olien her presses over i den store Cylinder, saa at dennes Stempel stiger.

Trykket i Cylinderen maales med et aabent Kviksølvmanometer, men ikke direkte, da Manometeret saa maatte være meget højt; først reduceres Trykket derved, at Cylinderens Olie, i Stedet for

over en Trisse foroven er kontrabalanceret af et andet Lod. I det Øjeblik Bruddet sker, synker Kviksølvet pludseligt, men Loddet bliver hængende og angiver Brudbelastningen, idet der langs Manometer-røret er anbragt to Skalaer, af hvilke den tilhøjre angiver det totale Tryk paa Prøvelegemet, den tilvenstre dette Tryk divideret med 50. De Cementtærninger, for hvilke Pressen fortrinsvis er bestemt, har nemlig et Tværnsnit af 50 cm², saa man direkte kan aflæse Brudspændingen i at. Afstanden mellem Delestregene svarer til henholdsvis 100 kg og 1 at.

Det mest karakteristiske ved den Amsler-Laffon'ske Presse er de indselede Stempler, der passer saa nøjagtig i Cylinderne, at Olien ikke kan passere Mellemrummet. Denne Konstruktion giver en langt ringere Friktion end de almindelige Stempelkonstruktioner, hvor Friktionen tilmed ofte er ujævn og f. Eks. lader sig ophæve et Øjeblik af en Rystelse. For yderligere at formindske Friktionen bliver det nederste, hule Stempel stadig drejet frem og tilbage om sin egen Akse ved Hjælp af et mekanisk Apparat.

5. Dynamometre.

19. Prøvemaskiner maa ret jævnlig justeres, for at man kan være sikker paa, at de angiver Kraften rigtig, og hertil bruger man i Reglen Dynamometre. Disse bliver een Gang for alle undersøgt med Vægtlodder¹⁾ eller i en Prøvemaskine, hvis Rigtighed man ad anden Vej har overbevist sig om, og der laves en Tabel over hvilke Kræfter, der svarer til Dynamometerets forskellige Deformationer, hvorefter det kan bruges til Kontrollering af nye Maskiner. Da Kræfterne, der skal maales, er meget store, bruger man som Dynamometer gerne en cylindrisk Staalstang (eller ved Trykforsøg en kort Staalcylinder), for hvilken man kender de sammenhørende Værdier af Belastning og Formforandring. Formforandringerne maales da med det i § 22 beskrevne Spejlsapparat, der tillader en meget stor Nøjagtighed i Aflæsningen.

Et Par svage Dynamometre skal omtales. En almindelig Pufferfjer, som den der bruges ved Jærnbanevogne, kan anvendes ved Tryk af indtil 2 t, men har forskellige Mangler; dels kan der opstaa Friktion mellem de enkelte Vindinger, og dels vil den elastiske Eftervirkning kunne mærkes, naar Sammentrykningen er stor.

Et kraftigere Dynamometer er den i Fig. 11 viste massive Staalring, der kan bruges ved Træk af indtil 15 t. Som Følge af Trækket forkortes den vandrette Diameter, og Forkortelsen angives stærkt forstørret af Viseren, der er indrettet som en Vinkelvægtstang, paa hvis korte Arm den diametrale Stang trykker. Dynamometret kan lige saa godt bygges til Trykforsøg, men samme Ring maa altid bruges paa samme Maade, da den faar blivende Deformationer ved Overgangen fra een Paavirkning til den modsatte.

Maaledaaser (Fig. 11,1) er en særlig Slags Kraftmaalere, bestaaende af et meget solidt Kar (1) tæt lukket med en tynd Membran (2) af Gummi eller 0,3 mm tykt Messingblik og fyldt med Olie samt i Forbindelse med et fintmækkende Manometer (3).

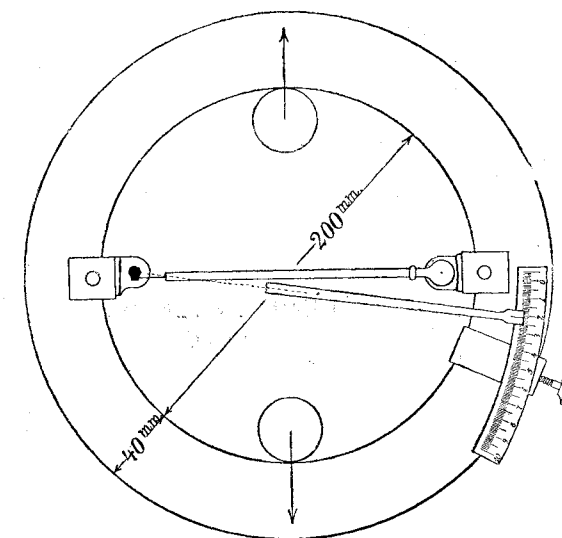


Fig. 11. Ringdynamometer.

¹⁾ Materialprøveanstalten i Berlin er indrettet paa at kunne belaste direkte med indtil 10000 kg.

Et Tryk P paa Daaselaaget vil uden nævneværdig Bevægelse af dette forplante sig videre gennem Vædsken og kunne aflæses paa Manometret. Da Daaselaaget understøtter Membranen undtagen paa en ganske smal Stribe langs Periferien, kan Membranen taale et Vædskestryk af indtil 100 at uden at overanstreges. Naar Maaledaaserne er fuldkommen tætte, maaler de meget nøjagtigt, idet den i Slutningen af § 18 nævnte Friktion er undgaaet, og den Fejlkilde, der er traadt i Stedet, nemlig Membranens Bøjningsmodstand, er uden Betydning. Maaledaasen kan f. Eks. bruges til at maale en Presses Tryk, idet man lader dens Underside være Pressens øvre Trykplade, men iøvrigt kan den indbygges i alle Slags Prøvemaskiner og erstatte disses Vægtstangssystemer eller Manometre.

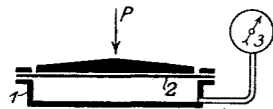


Fig. 11, 1)

B. Finmaaleinstrumenter.

20. Naar Materialernes Elasticitetsforhold skal undersøges, har man Brug for meget fintmærkede Maaleinstrumenter, som tydeligt viser den af Kraften frembragte Længdeforandring²⁾. Hertil bruges baade Viserapparater, Spejlapparater og Mikrometerskruer.

1. Viserapparater.

21. **Durand-Clayes og Bachs Formforandringsmaaler³⁾** kan bruges baade ved Træk- og Trykforsøg, men kun i staaende Prøvemaskiner. Det anvendes navnlig, naar Prøvelegemets Dimensioner er store f. Eks. til Elasticitetsforsøg med Beton og Sten.

Apparatet (Fig. 12) befastes til Prøvelegemet ved Hjælp af to svære Staalringe, een i den øvre og een i den nedre Ende af Maalelængden. Disse Staalringe bringes til at sidde fast, ved at man skruer 4 radiært stillede Skruer, for hvilke Ringen er Møtrik, ind mod Prøvestykket. Den øverste Ring bærer en Maalebue, i hvis Centrum en Aksel med en kontrabalanceret Viser er lejret. Rundt om denne Aksel er der lagt et tyndt, bøjeligt Metalbaand, hvis ene Ende er fastgjort til Akslen, medens den anden Ende er fæstnet til den segmentformede Afslutning paa en uligearmet Vægtstang, hvis Aksel ogsaa er lejret i Maalebuen, og hvis korte Arm bærer en nedadvendende Skaal; mellem denne og en lignende Skaal, der findes i Enden af en i den nedre Staalring anbragt Stilleskrue, er indskudt en Træstang. En Fjer, der ikke er vist i Figuren, bevirker, at den øvre Skaal altid er i Berøring med Træstangen. Før Forsøget begynder, stilles Viseren paa Nul ved Hjælp af Stilleskruen. Tryk-

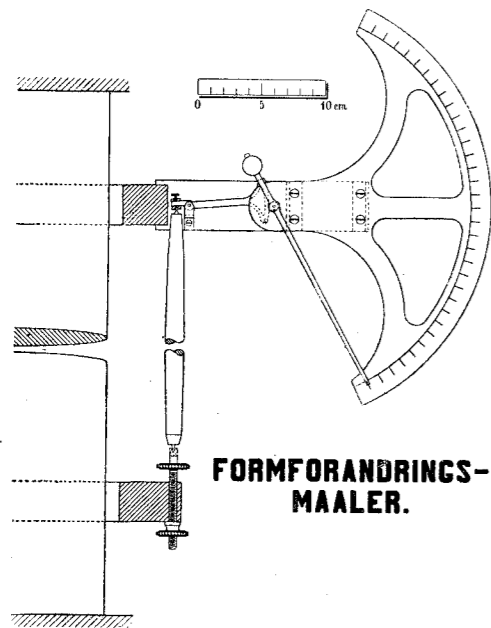


Fig. 12.

¹⁾ Efter Wawrzyniak: Handbuch des Materialprüfungswesens.

²⁾ Instrumenterne bør angive Længdeforandringerne med en Nøjagtighed af 0,0005 %.

³⁾ Instrumentet er opfundet af Durand-Claye og forbedret af Bach.

kes Legemet derpaa sammen, vil Staalringene nærme sig til hinanden, medens Træstangen beholder sin Længde, og Viseren vil følgelig gøre et Udslag, der viser Forkortelsen mange (gerne 600) Gange forstørret. Buen er inddelt i mm, man kan altsaa skønne $\frac{1}{10}$ mm, saa at en Forkortelse af Maalelængden paa $\frac{1}{6000}$ mm endnu er mærkbar. Er Maalelængden 750 mm, vil man derfor kunne paavise en Forkortelse paa $1 : (6000 \cdot 750) = 1 : 4500000$ af denne.

Man arbejder altid med to Apparater, eet paa hver Side af Prøvelegemet, og tager Middeltallet af Aflæsningerne for at eliminere de Smaafejl, der kan opstaa, ved at Legemet ikke er fuldstændig centralt paavirket, eller ved at Sammentrykkeligheden er større i den ene Side end i den anden.

Viserapparater har, i Modsætning til Spejlapparater, som Regel nogen Dødgang.

Berrys Extensometer er bygget efter samme Princip som det foregaaende, men det Hele er indesluttet i en Metalæske paa Størrelse med et Penalhus med Undtagelse af to Spidser, der stikkes ind i to paa Prøvelegemet anbragte Kørnpunkter (Afstand 10" engl.) og deltager i disses Afstandsforandring.

2. Spejlapparater.

22. **Martens Spejlapparat** er vist paa Fig. 13 I, anbragt paa en Prøvestang (§ 57) i en staaende Maskine. Det bestaar af to Maaleskinner, M , af Staal, der foroven ender i Ægge og forneden har en Kærv til Optagelse af de to Staalprismer, P , til hvilke Spejlene, S (Fig. 13 III), er befastede; ved Hjælp af Fjerklemmen F trykkes Maaleskinnerne fast ind mod Stangen, hvorpaa Spejlprismerne anbringes mellem denne og Skinnerne, saaledes at deres store Akse ligger vandret. Til Apparatet hører endvidere to Maalestokke A , og to Kikkerter K , med Traadkors. Billed II viser Apparatet i mindre Formindskelse (ca. $3\frac{1}{2}$ Gange) set fra Kikkerterne samt et vandret Snit mellem Fjerklemmen og Spejlene, dels set op mod hin, dels set ned mod disse; endelig viser Billed III Spejlbevægelsen i fordrejet Maalestok.

Trækkes der i Prøvestangen, saaledes at Maalelængden forlænger sig et Stykke λ , vil Prismerne dreje sig en Vinkel, v , bestemt ved Ligningen $\lambda = r \cdot \sin v$, hvor r er Længden af Prismets store Akse. Spejlet har da drejet sig den samme Vinkel, og den Lysstraale, som nu reflekteres ind i Kikkerten, danner følgelig Vinklen $2v$ med den oprindelig reflekterede Straale. Kaldes Differensen mellem Kikkertallæsningerne før og efter Drejningen a og Maalestokkens Afstand fra Spejlet L , haves $a = L \cdot \operatorname{tg} 2v$ og følgelig:

$$\frac{a}{\lambda} = \frac{L \cdot \operatorname{tg} 2v}{r \cdot \sin v} \text{ eller } a = 2 \cdot \frac{L}{r} \cdot \lambda,$$

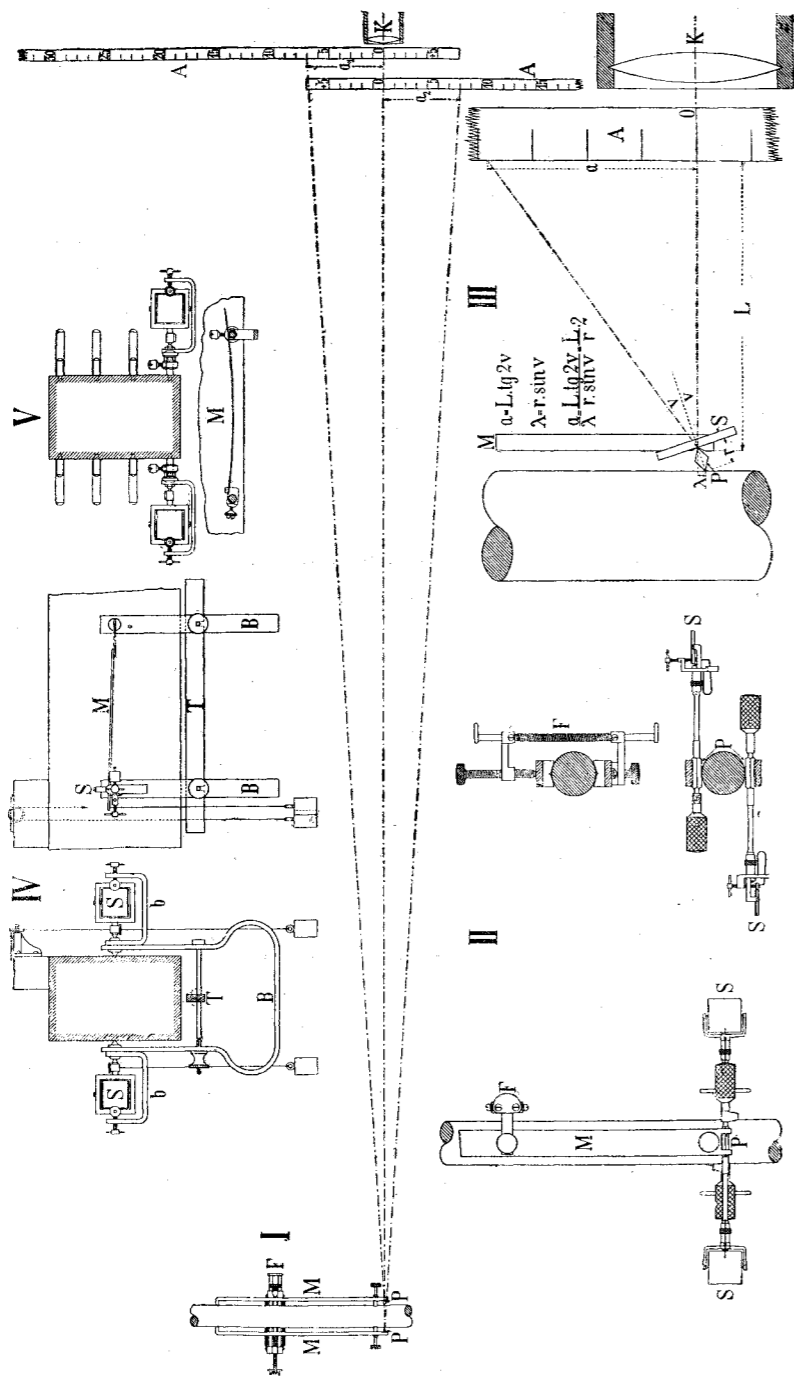
idet man for smaa Værdier af v har $\operatorname{tg} 2v \sim 2v$ og $\sin v \sim v$.

Er $r = 0,4525$ cm og $L = 113,1$ cm, faas $a = 2 \cdot \frac{113,1}{0,4525} \cdot \lambda = 500\lambda$, saa at For-

længelsen viser sig 500 Gange forstørret.

Man anvender altid to Apparater og tager Middeltallet af a_1 og a_2 , og her er det endnu nødvendiggere end ved Viserapparater. Hvis nemlig Stangen sammen med Spejlapparatet drejer sig en lille Vinkel om en vandret Akse, hvilket let kan ske, saa vil denne Vinkeldrejning addere sig til den, der skyldes Maalelængdens Forlængelse, og har man kun eet Spejlapparat, vil der altsaa komme en Fejl ind i Maalingen. Har man derimod to Spejle, der drejer sig

SPEJLAPPARATER.



[Fig. 13.]

i modsatte Retninger, naar Maalelængden forandrer sig, vil en Drejning af Stangen forminske a_1 lige saa meget som a_2 forøges, og Middeltallet vil altsaa være uafhængig af Stangens Bevægelser.

Hvis man, umiddelbart efter at have befæstet Apparatet, ser ind i Kikkerten, vil man se Maalestokken passere langsomt forbi, ganske som om Stangen forlængede sig. Man har nemlig opvarmet Maaleskinnerne ved at tage

paa dem, og idet de atter afkøles, trækker de sig sammen og drejer Spejlene. Efter at have paasat Apparatet maa man derfor vente 10 Minutter, inden man begynder Forsøget. Ved meget fine Maalinger bør man ogsaa holde Øje med Stuens Temperatur, idet en Ændring i denne hurtigere vil forplante sig til de tynde Maaleskinner end til den tykkere Prøvestang.

23. Bauschinger er den første, der har indført Spejlmaaling i Materialprøvnings Tjeneste, men hans Apparat egner sig mindre godt til Brug i staaende Maskiner. I Fig. 13 IV er dets Anvendelse til Maaling af en bøjet Bjælkes Formforandringer vist (§ 74). Spejlakserne er her lejrede i et Par Smaabøjler, b , der er fæstnede til den store Bøjle, B , og ved Hjælp af en skrueskaar Bolt presses dennes Kørnspidser ind i Bjælken. En lignende Bøjle anbringes i Maalelængdens Afstand fra den første, og ved Fastklemning af Trælisten T fikseres deres Stilling. Maaleskinnernes ene Ende er fastgjort til den ene Bøjle, mens den anden Ende ved Hjælp af et Lod presses mod en paa Spejlakslens siddende Ebonitrulle, saaledes at denne drejes, naar Maalelængden, som Følge af Bjælakens Belastning, forlænger eller forkorter sig. For at undgaa Glidning er Maaleskinnen belagt med Smergellæred.

Maalingen foregaar som ved Martens Apparat, kun er Maalelængdens Forlængelse, λ , her lig det afviklede Stykke af Ebonitrullens Periferi, altsaa $\lambda = rv$, hvor r er Rullens Radius og v dens Vinkeldrejning. De Bevægelser, Bjælken som Helhed udfører, elimineres ved at anbringe en af Maaleskinnerne over og den anden under den tilhørende Rulle.

I Fig. 13 V er vist en anden Befæstelsesmaade for Spejlapparatet; Bjælken er her forsynet med indskruede Stifter, paa hvilke Spejlbøjlerne og Maaleskinneholderne direkte fastklemmes¹⁾.

Roscher Lunds Spejlapparat udmærker sig ved sin Simplicitet, idet det aflæses uden Kikkert, men Omsætningsforholdet er kun 50—100. I Principet er det indrettet som Fig. 14 viser. Maalebuen A er ved en Arm fastgjort paa Maaleskinnen M , der desuden bærer et fast Spejl F . Det løse Spejl S sidder paa en saa kort Arm, at dets bageste Rand gaar en Kende ind bag den forreste Rand af F , ud for hvilket Sigtehullet K er anbragt. Gennem K ses Maalebuen samtidig i begge Spejle, og disse stilles lodret ved Hjælp af Stilleskruer, saaledes at de to Spejlbilleder bliver ens. Forsøget kan derefter udføres paa vanlig Vis, idet Nulstregens Spejlbillede i F ligger fast og erstatter Kikkertens Traadkors. Se iøvrigt *Teknisk Ukeblad* 1915, Nr. 20.

Kirschs Spejlapparat er omtalt i *I. M.* 1909, VIII 4. **Nedbøjningsmaaling** er omtalt i § 78.

3. Mikrometerskruer.

24. Disse bruges kun lidet til alm. Elasticitetsforsøg, thi da de maa berøres under Forsøget, kommer der let Fejl i Maalingen; derimod egner de sig til Maaling af Længdeændringer, naar Maalingerne foretages med store Tidsafstande, og specielt ved Maaling af Spændingerne i færdige Konstruktioner paa selve Byggepladsen. *Bureau of Standard, Washington* bruger den i Fig.



Fig. 15.

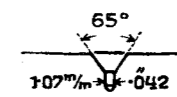


Fig. 16.

15 viste Skydelære, hvis kegledannede Spidser sidder paa et Par Rør, af hvilke det ene gli-

¹⁾ Denne Ordning er brugt af Prof. Föppl i München, men Stifterne arbejder sig let løse, og da jeg som hans Assistent i 1903 udførte nogle Forsøg, indførte jeg den i Fig. 13 IV viste Ændring. Se *Mitt. a. d. mech. techn. Laboratorium*, Heft 29.

der inden i det andet. Det indre Rør gaar omtrent i Bund, Afstanden kan maales med den i Enden af det andet Rør anbragte Mikrometerskrue. Til Skydelæren hører en Kontrolstang, i hvilken der er boret to Huller af den i Fig. 16 viste Form og med en Afstand, der svarer til Kørnspidsernes. Er det f. Eks. en Søjle i en Skyskraber, hvis Spænding skal maales, bores der i den to lignende Huller i en lignende Afstand lodret over hinanden, mens Søjlen er ubelastet, og med Skydelæren bestemmes Længdeforskellen mellem den paa Kontrolstangen afsatte Basis og den paa Søjlen afsatte Maalelængde. Ved nu at gentage de samme to Maalinger med visse Mellemrum, f. Eks. for hver to Etager Bygningen bliver højere, faar man Maalelængdens Forkortelse bestemt og kan beregne Spændingen, hvis Materialets Etasticitetskoefficient er kendt.

Den Kegle, der begrænser Maalehullet, har en Topvinkel paa 65°, mens Skydelærens Kegler kun er paa 55°; derved sikrer man sig imod, at Berøringen finder Sted lige i Genstandens Overflade, der let kan blive beskadiget. Apparatet maa bruges med ualmindelig Omhu og Færdighed, men naar denne er til Stede, kan Spændingerne bestemmes med en Nøjagtighed af ca. 20^{at}.

II. Trækforsøg.

A. Arbejdslinier.

25. Trækker man i begge Ender af en prismatisk Stang med Kraften P , saaledes at denne fordeler sig ensformigt over hele Tværsnittet F , saa vil der overalt i Stangen være en Spænding $\sigma = \frac{P}{F}$, og Stangen vil som Følgederaf forlænge sig. Som Spændingsenhed bruges gerne 1 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, for Metaller dog ofte 1 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ eller 1 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. Her i Bogen vil hyppigst blive brugt 1 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ eller 1^{at}, hvilket er det samme, idet en metrisk Atmosfæres Tryk er lig med 1 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$. Betegnelsen at er nemmere og giver ikke Anledning til Misforstaaelser saaledes som $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, der ofte afkortes til kg. Er Forlængelsen λ , og Stangens oprindelige Længde l , bliver Forlængelsen pr. Længdeenhed $\epsilon = \frac{\lambda}{l}$. Samtidig vil Stangens Tværsnit formindskes

noget (§ 39), men dertil tages der ikke Hensyn ved Beregningen af σ .

Maaler man sammenhørende Værdier af σ og ϵ og afsætter dem i et Koordinatsystem som henholdsvis Ordinats og Abscisse, faar man en Kurve, der kaldes Materialets Arbejdslinie, og som anskueliggør Forholdet mellem Spændinger og Forlængelser (Fig. 17)¹⁾.

Arbejdslinien er forskellig for de forskellige Stoffer, men vender dog altid Konkaviteten mod Abscisseaksen²⁾.

Iøvrigt kan man skelne mellem to Former for Arbejdslinien, en kort og en lang.

26. En kort Arbejdslinie er karakteristisk for de skøre Stoffer som Støbejern, Sten og Beton. Deres Arbejdslinie danner en jævnt krummet Kurve lige fra Begyndelsespunktet, og indtil Bruddet sker; og den totale For-

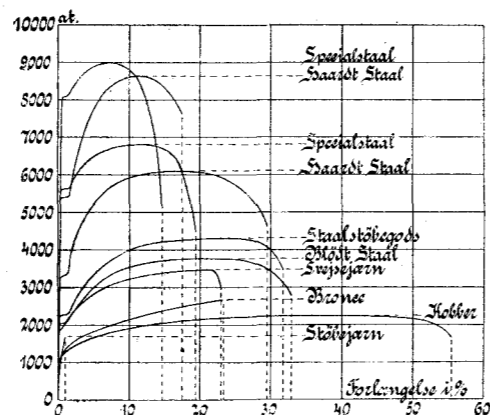


Fig. 17. Arbejdslinier for Metaller.

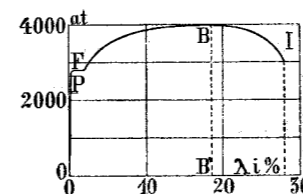
¹⁾ Kurverne er tegnede efter C. Bach; Die Maschinen-Elemente, Leipzig 1908, S. 65-93. Om Brugen af Diagramapparat, se § 11 og 14.

²⁾ Undtagelser danner Læder og Tøve samt - saafremt σ beregnes ved Hjælp af det formindskede Tværsnit - Kautsjuk.

længelse i Brudøjeblikket er yderst ringe¹⁾. Ogsaa Tværsnitsformindskelsen er forsvindende, og Bruddet sker efter en Plan vinkelret paa Prøvestangens Akse, uden at Stangens prismatiske Form ændres ved Indsnøring. Ved et almindeligt Trækforsøg, hvor man ikke gør Brug af fine Maaleinstrumenter, lader disse Formforandringer sig slet ikke, eller kun mangelfuldt konstatere, og man nøjes derfor med at bestemme Brudstyrken $S = \frac{P}{F}$, hvor P er Maksimallasten, og F er Stangens Tværsnit.

27. En lang Arbejdslinie finder man hos de seje Stoffer som Kobber, Svejsøjern og blødt Staal, og som Eksempel paa disse Materialers Forhold, vil vi gennemgaa det bløde Staals Arbejdslinie, der er vist i sin Helhed i Fig. 18 I, mens Fig. 18 II viser dens første Del i den 10dobbelte Maalestok for Forlængelsernes Vedkommende.

Belaster man en Stang af dette Materiale og maaler hvormeget 1^m af den forlænger sig, vil man finde følgende sammenhørende Værdier af Spænding og Forlængelse:



σ^{at}	0	210	420	630	840	1050	1260	1470	1680
λ^{cm}	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08

Forlængelserne er altsaa proportionale med Spændingerne, og dette gælder for alt smedeligt Jærn, naar blot Spændingerne ikke overskrider en vis Størrelse, **Proportionalitetsgrænsen** (PG), der omtrent er Halvdelen af Brudstyrken.

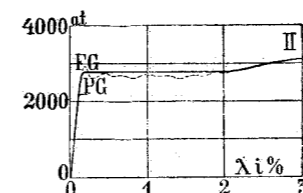


Fig. 18.

Ved Bestemmelse af PG lader man Spændingen stige med en bestemt Værdi (ca. 100^{at}) ad Gangen og undersøger hver Gang Længdeforandringens Tilvækst. Naar denne er mer end 0,0005% af Maalelængden større end de tidligere Tilvæksters Middeltal regner *I. M.* at PG er overskredet. Her er overalt Tale om de totale (elastiske + blivende, se § 33) Forlængelser; de elastiske Forlængelser har imidlertid ogsaa en PG , og den kan i enkelte Tilfælde ligge væsentlig højere end de toales, men som Regel falder de saa nær sammen, at der ikke i Literaturen skelnes imellem dem. Bæge Grænser kan have praktisk Betydning, men navnlig den elastiske, og der vilde derfor være Grund til fortrinsvis at bestemme denne, ogsaa fordi de elastiske Deformationer som Regel varierer mere jævnt end de totale; men Bestemmelsen kræver meget langvarige Forsøg, og derfor indskrænker man sig ofte til at bestemme PG i Overensstemmelse med *I. M.*s Definition. En Angivelse af, hvilken Grænse der menes, vilde være paa sin Plads.

Hvis Materialet er homogent, er Forlængelserne naturligvis ikke blot proportionale med Spændingerne, men ogsaa med den Stanglængde, paa hvilken de maales, Maalelængden l , og indenfor PG gælder derfor følgende Forandringslov:

$$\lambda = \alpha l \sigma \quad \text{eller:} \quad \frac{\lambda}{l} = \epsilon = \alpha \sigma,$$

hvor α er Formforandringskoefficienten. Da α er meget lille, indføres gerne $\alpha = \frac{1}{E}$, altsaa $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$, hvor E er den saakaldte **Elasticitetskoefficient**, der ses at være lig med Forholdet mellem Kraften pr. Arealeenhed og Forlængelsen pr. Længdeenhed. Hvis Stangen kunde udtrækkes til sin dobbelte Længde, uden at PG blev overskredet, vilde vi have: $\lambda = l$ eller $\epsilon = 1$, altsaa: $\sigma = E$;

¹⁾ F. Eks. for Støbejern 9 mm, for Granit 0,6 mm, for Beton 0,1-0,2 mm, alt for 1^m Maalelængde.

E bliver derfor lig med den Spænding, der vilde fordoble Stangens Længde. E kan findes ved Forsøg som det ovenstaaende. Indsætter vi f. Eks. $\sigma = 1680^{\text{at}}$ og $\lambda = 0,08^{\text{cm}}$ i Ligningen $\frac{\lambda}{l} = \frac{\sigma}{E}$, faas: $\frac{0,08}{100} = \frac{1680}{E}$ $\therefore E = 2100\ 000^{\text{at}}$.

Da Loven for Jærnets Varmeudvidelse ($\lambda = klt$) har ganske samme Form som Loven for Spændingsudvidelsen, og da Varmeudvidelseskoefficienten er 1 : 87000, ser man, at en Temperaturstigning paa 1° medfører samme Længdeudvidelse som ca. 24^{at} Spændingsforøgelse.

Materialer uden PG , hvis Arbejdslinie altsaa krummer sig lige fra Begyndelsespunktet, har ingen konstant Elasticitetskoefficient; man kan derfor kun tale om Elasticitetskoefficienten ved en bestemt Spænding, og selv dette Udtryk er tvetydigt, da nogle definerer E som $\frac{\sigma}{\epsilon}$, andre som $\frac{d\sigma}{d\epsilon}$, svarende til tq af Vinklen mellem Abscisseaksen og enten Korden fra Begyndelsespunktet til det betragtede Punkt eller Tangenten i dette Punkt. Her i Bogen vil den første Definition blive benyttet, thi den Elasticitetskoefficient, der bestemmes paa denne Maade, har man mest Brug for at kende ved elementære Beregninger.

Efter bægge Definitioner aftager E med voksende Spændinger, men i første Tilfælde aftager den langsommere end i sidste. Det ved $\frac{d\sigma}{d\epsilon}$ definerede E lider af den Mangel, at det ikke kan findes ved Forsøg, da man aldrig kan naa videre end til at faa Retningen af en Korde bestemt, og dennes Endepunkter maa ligge et godt Stykke fra hinanden, for at Bestemmelsen kan blive sikker.

Løvrigt gælder for E , hvad ovenfor er skrevet om PG , at der ikke tilbørligt skelnes mellem, om E er bestemt af de totale eller elastiske Forlængelser.

28. Indenfor PG er det bløde Staals Arbejdslinie altsaa ret, forøges Kraften, begynder den at krumme sig, idet Forlængelserne vokser hurtigere end Spændingerne, og naar Spændingen er naaet op paa ca. $\frac{3}{4}$ af Brudspændingen, kommer der et mer eller mindre skarpt Knæk i Arbejdslinien, idet Stangen pludselig begynder at forlænge sig meget stærkt, uden at det er nødvendigt at forøge Kraften. Arbejdslinien faar derved et vandret Stykke, og den Spænding, der fremkalder dette Fænomen, kaldes **Flydegrænsen** (FG). Den mærkes tydeligt, naar man forsigtigt bøjer et Stykke Baandjærn i Haanden.

Forlængelserne indenfor PG er saa smaa (for blødt Staal ca. 1^{mm} pr. m), at de kun kan paavises med Finmaalingsinstrumenter, og selv efter Proportionalitetsgrænsens Overskridelse er de ret ubetydelige. Det er først ved FG , at Forlængelserne bliver synlige for Øjet.

Som antydnet ved en punkteret Linie paa Fig. 18 II svinger Spændingen noget under Flydningen, og navnlig er den Spænding, ved hvilken den indre Friktion overvindes, saa at Flydningen begynder, væsentlig højere end den Spænding, der kræves for at vedligeholde Flydningen. Man taler derfor undertiden om en øvre Flydegrænse, ved hvilken Flydningen indledes, og en nedre Flydegrænse svarende til den mindste Ordinat til den punkterede Kurve. I Praksis er det den øvre Flydegrænse, der har Betydning.

En nøjagtig Bestemmelse af FG maa ske ved Finmaalning, men som Regel kan man nøjes med at bruge en Maalestok, der tillader at skønne en Forlængelse af $0,1\%$ af Maalelængden. Ved de bløde Jærnsorter behøver man slet ikke at maale, idet Flydegrænsen tydeligt viser sig ved, at Prøvemaskinens Vægtstang eller Manometer synker eller i længere Tid bliver staaende paa samme Punkt. Af Hensyn til de Materialer, der har en mindre udpræget FG , defineres den af $I. M.$ som den Spænding, ved hvilken den blivende Forlængelse er $0,2-0,5\%$ af Maalelængden. Naar FG bestemmes alene af Vægtstangens Bevægelser, bør Maskinens Gang være langsom, for at man ikke skal finde en for høj FG .

29. Hvis der er Glødskaal paa Prøvestangen, springer den af, naar Jærnet begynder at flyde, da den er skør og ikke kan forlænge sig saa meget¹⁾, og en blankt poleret Prøvestang bliver mat, naar den passerer FG . Ved mange Metaller f. Eks. Staal og Aluminium viser der sig, saafremt Stangen er poleret, et Næt af krydsende Linier, (Fig. 19), de saakaldte **Lüderske** eller **Hartmannske Linier**, der skyldes Forskydninger i Metallet. De er symmetriske om Stangens Længdeakse og danner en Vinkel $v = 50-65^{\circ}$ med denne, idet Vinklen er konstant for Stænger af samme Materiale. Ved Trykforsøg fremkommer lignende Linier, men under en Vinkel $90-v$ med Trykkets Retning. Naar Stangen er rund, fremtræder Liniernes som Ellipser, hvad enten den strækkes eller trykkes. Glødskaallen springer ofte af langs disse Linier²⁾.

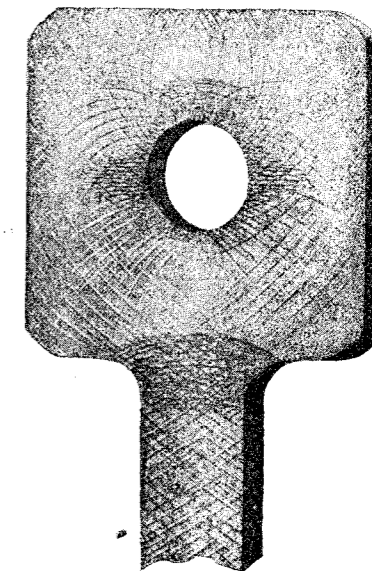


Fig. 19. Lüderske Linier.

Som Fig. 20 viser, er ethvert skraat Snit i Stangen paavirket af en forskydende Kraft: $P \cos v$. Er Stangens Tværnsitsareal F , bliver Arealet af den skraa Flade: $F \sin v$ og den forskydende Spænding pr. Arealen af denne Flade: $\tau = \frac{P}{F} \cdot \cos v \sin v = \frac{1}{2} \frac{P}{F} \cdot \sin 2v$, der bliver Maksimum for $v = 45^{\circ}$. Den

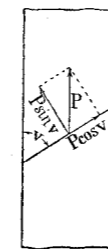


Fig. 20.

Modstand, Materialet gør mod Forskydningen, benævner man Materialets **indre Friktion**³⁾, som altsaa overvindes, naar Flydegrænsen naas. At Skridningerne ikke foregaar under 45° , men under en større Vinkel ved Trækforsøg og under en mindre Vinkel ved Trykforsøg, kan man forklare ved at forudsætte, at den indre Friktion formindskes, naar de to Skridningsflader trækkes fra hinanden, og at den forøges, naar de presses mod hinanden. Normalspændingen i Snitlet er: $\sigma = \frac{P}{F} \sin^2 v$, altsaa voksende med v , og Skridningen foregaar derfor under en Vinkel, ved hvilken τ ikke har sin Maksimalværdi, men hvor til Gengæld Fladerne er stærkere aflastede (Trækforsøg) eller mindre belastede (Trykforsøg), end de er for $v = 45^{\circ}$.

Skridningslinierne kan undertiden give Oplysning om Spændingerne i Konstruktionsdele, hvis Form er for sammensat til, at Spændingerne lader sig beregne. Overalt, hvor saadanne Linier viser sig, ved man nemlig, at Spændingen har naaet Flydegrænsen, og af Liniernes Forløb kan man slutte sig til Spændingens Retning.

Mellem de her behandlede seige Legemer og de i § 26 omtalte skøre Le-

¹⁾ FG skal baade ved Træk-, Tryk- og Bøjningsforsøg let og nøjagtigt kunne bestemmes, naar man forud overstryger Legemet med Gibs eller Kridt og maaler den Spænding, ved hvilken Laget begynder at blade af.

²⁾ Paa en rund Plade, der understøttes langs Omkredsen og belastes i Midten, fremkommer dels Radier, dels Cirkler og dels logaritmiske Spiraler. Særlig tydeligt viser Liniernes sig, hvis man inden Forsøget anløber Prøvestykket blaat og efter Forsøget smærgler det af.

Om Liniernes Fremkomst ved lavere Spændinger se § 34.

³⁾ Bestemt defineret er det den Spænding, der virker parallelt med Glidefladen og modsætter sig Glidningen.

gener er der altsaa en principiel Forskel. Hos de skøre Legemer er Forskydningsmodstanden større end Kohæsionen, saa Bruddet sker uden forudgaaende Forskydninger; hos de seje Legemer er Kohæsionen større end Forskydningsmodstanden, saaledes at der sker Forskydninger inden Bruddet. Det viser sig ogsaa ved direkte Forskydningsforsøg, at Forskydningsstyrken hos de skøre Legemer er større end Trækstyrken og hos de seje Legemer mindre end Trækstyrken. Den nævnte Forskel mellem skøre og seje Legemer er dog ikke absolut, men afhængig af Forsøgshastigheden; den indre Friktion er nemlig tilnærmelsesvis proportional med Formændringens Hastighed, og ved meget hurtige Forsøg (Slagforsøg) kan den ogsaa hos seje Legemer blive saa stor, at Kohæsionen ophæves, inden Friktionen overvindes; Bruddet sker da uden væsentlige Deformationen, og Bundfladen er plan.

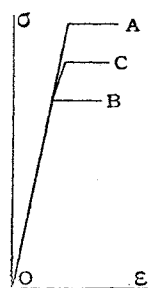


Fig. 21.

Ved meget blødt Staal falder PG og FG ofte næsten sammen, og det er næppe udelukket, at Proportionalitetsgrænsens Tilstedeværelse blot er en Følge af, at Stangen er uhomogen, saa at enkelte Dele flyder før de andre. Hvis f. Eks. Stangens indre Halvdel har Arbejdslinien OA (Fig. 21), og den ydre OB , vil Stangen som Helhed have Arbejdslinien OC . En ujævn Spændingsfordeling vil have samme Virkning; hvis f. Eks. Overfladen naaer Flydespændingen, før det Indre, maa det mærkes som en lille Afbøjning af Arbejdslinien (§ 289).

30. Flydningen forøger paa ukendt Maade den indre Friktion, og naar Stangen har flydt i nogen Tid, maa Lasten forøges for at fremkalde nye Forlængelser; Arbejdslinien stiger derfor atter, til en Begyndelse ret stærkt, men senere svagere og svagere, idet Forlængelserne vokser langt hurtigere end Kraften. Samtidig er Stangen bleven tyndere, navnlig under den sidste Del af Forsøget efter at Flydegrænsen er naaet, og til Slut begynder den at snøre sig sammen paa et enkelt Sted, og kort efter brydes Stangen midt i **Indsnøringen** (Fig. 26).

Paa Forhaand ved man ikke, hvor Indsnøringen kommer, det afhænger af, hvor Stangen er svagest, og ved meget homogene og seje Materialer, som f. Eks. blødt Staal og Bronze, kan man faa Indsnøring paa flere Steder. Disse Indsnøringer standser imidlertid atter, og kun en enkelt fortsætter sig indtil Brud¹⁾.

Ved Indsnøringen formindskes Stangens Bæreevne, og er den direkte belastet med Lodder, vil Bruddet følge lige ovenpaa Indsnøringen. Foregaar Forsøget derimod i en Prøvemaskine, der tvinger Stangen til at forlænge sig et konstant Stykke i hver Tidseenhed, og som angiver den hertil fornødne Kraft, saa vil man faa Arbejdslinien fortsat med en nedadgaaende Gren og kan bestemme den Last, der er tilstede i selve Brudøjeblikket²⁾. Denne Last har imidlertid ingen praktisk Betydning; ved **Brudspændingen** forstaar man altid **Stangens Maksimallast**, og den opgives pr. Arealeenhed af det oprindelige Tvær-snit, ikke af det indsnørede³⁾.

Prøver man at beregne den **virkelige** eller **effektive Spænding** paa Grund-

¹⁾ Dannelsen af flere Indsnøringer begunstiges, naar Forsøget udføres meget hurtigt (§ 35).

²⁾ Det er ikke altid, at Stangens Totalstyrke forringes ved Indsnøring; Manganstaals Arbejds-linie kan stige lige indtil Bruddet sker (§ 203).

³⁾ Brudgrænsen bør bestemmes med en Nøjagtighed af mindst 50 at. Som Regel er der ingen Grund til at angive Proportionalitets-, Flyde- og Brudgrænsen med større Nøjagtighed end 10 at, og det samme gælder den senere omtalte Elasticitetsgrænse.

lag af det i hvert enkelt Øjeblik tilstedeværende Tvær-snit, viser det sig, at den stiger under hele Forsøget, indtil Bruddet sker, og Brudværdien kan være indtil op imod dobbelt saa stor som den Værdi, der ovenfor er betegnet som Brudspænding (§ 604).

31. Som Trækforsøget og Arbejdslinien her er skildrede, passer de paa de seje Jærnsorter, Svejsejærn og blødt Staal. De andre seje Materialer vil ganske vist i Hovedsagen forholde sig paa samme Maade, idet de forlænger sig mer eller mindre stærkt og snører sig ind, før de brydes, men i den første Del af Arbejdslinien kan der være betydelige Afvigelser. Saaledes er **Flydegrænsen** kun skarpt markeret hos de bløde Jærnsorter og nogle Zink-Kobber-Legeringer, de andre Stoffer har en mere jævn Overgang mellem Arbejdsli-niens stejle og dens flade Del¹⁾; specielt gælder dette for alle Metaller (ogsaa Staal), der er udstøbt uden derefter at blive mekanisk bearbejdede. Det er ogsaa de færreste Stoffer, der har en PG , i Reglen (saaledes ved Zinkstøbe-gods, Kobber, Legeringer m. m.) vokser Forlængelserne fra Begyndelsen hurtigere end Spændingerne paa samme Maade som ved de skøre Stoffer²⁾. Til Gengæld er der enkelte skøre Materialer, som meget haardt Staal, der har en PG .

32. Mens Prøvestænger af valset Materiale som Regel bevarer deres glatte Overflade, naar de trækkes over (Svejsejærn bliver dog let rynket i Trækkets Retning), vil Legeringer af Kobber med Zink og Tin (Messing, Bronze), naar de prøves i støbt Tilstand uden at være bearbejdede, faa en **ujævn knudret Overflade**, der ser ud, som om den havde modtaget Indtryk af kraftige Ham-merslag. Dette Fænomen, der kun træffes hos seje, støbte Legeringer, skyldes en uensartet Tvær-sammentrækning; naar de nævnte Legeringer trækkes over i en stærkt ophedet Tilstand, hvor de ikke længer er smidige, optræder Fæno-menet ikke.

B. Elastiske og blivende Formforandringer.

33. Naar et Legeme paavirkes af en Kraft, undergaar det en Formforan- dring, der helt eller delvis forsvinder igen, naar Kraften ophører at virke. Forsvinder Formforandringen helt, kaldes den elastisk, og Legemet fuldkom- ment elastisk overfor vedkommende Kraft; er derimod en Del af Formforan- dringen blivende, kaldes Legemet ufuldkomment elastisk.

I forrige Afsnit har der kun været Tale om de totale Formforandringer, uden Hensyn til om de var elastiske eller blivende; i dette Afsnit skal der gøres nærmere Rede for Formforandringernes Natur.

Elasticitetens Fuldkommenhed kan defineres som Forholdet mellem den elastiske og den totale Formforandring og maa ikke forveksles med **Elasti- citetens Størrelse**. Naar en lille Spænding fremkalder en stor elastisk Formforandring, siges Materialet at have stor Elasticitet eller at være me- get elastisk, ganske uafhængig af, om det samtidig undergaar en stor blivende Formforandring eller ej. Elasticitetens Størrelse er altsaa omvendt proportional med Elasticitetskoefficienten.

34. De elastiske Formændringer skyldes elastiske Deformationer af de en- kelte Korn, mens de blivende Formændringer saavel kan skyldes blivende For-

¹⁾ Naar man alligevel taler om disse Stoffers FG , da er det i Henhold til *I. M.s* Definition (§ 28).

²⁾ Læder, der forholder sig omvendt, har heller ingen PG .

skydninger af Kornene i Forhold til hverandre som blivende Forskydninger i selve Kornene af den i Fig. 19 viste Art¹⁾. **Den elastiske Eftervirkning** gør sig i bægge Tilfælde gældende, saaledes at Kraften maa virke eller ophøre at virke nogen Tid, inden Legemet kommer i Ro, og navnlig foregaar de blivende Forskydninger, eller rettere sagt den sidste Del af dem, meget langsomt²⁾. Faar Kraften Lov til at virke tilstrækkeligt længe, vil de blivende Forskydninger naa den til Kraften svarende Maksimalværdi, saaledes at en Aflastning og en ny Belastning ikke yderligere fremkalder blivende Forandringer, før Belastningen overskrider den oprindelige Værdi. Den langvarige Belastning har altsaa gjort Legemet fuldkommen elastisk overfor den paagældende Kraft eller, som man ogsaa siger, overført Legemet i en konstant Tilstand.

Den elastiske Eftervirkning er af højst forskellig Varighed; haardt Værktøjsstaal antager straks den til Kraften svarende Længde, medens en Læderrem forandrer sig i Aarevis, idet Forandringerne dog stadig bliver mindre og mindre. Eftervirkningen vokser med Deformationens Størrelse og er særlig stor ved Flydegrænsen. Naar Metallerne prøves i høje Temperaturer, viser Eftervirkningen sig større end i normal Temperatur.

35. Paa Grund af disse Forhold har **Forsøgshastigheden** en større eller mindre Indflydelse paa Arbejdsliniens Form og dermed paa Styrke, Brudforlængelse m. m. Jo hurtigere man vil fremtvinge en vis Deformation, des mere vokser den indre Friktion, og des større Spænding kræves der til at overvinde den. Et velkendt Eksempel haves i Beg, der under Tyngdens Indflydelse langsomt flyder ud til en flad Kage, mens det springer som et skørt Legeme, hvis man hurtigt vil paatvinge det en Formforandring. Fig. 22 viser

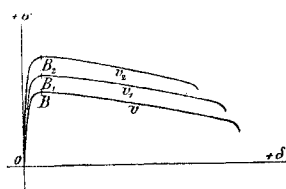


Fig. 22. 3)

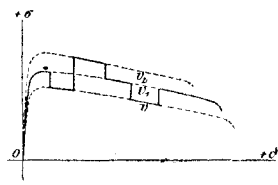


Fig. 23. 3)

Zinkblik's Arbejdslinier, naar det trækkes over ved tre forskellige Hastigheder v , v_1 og v_2 ; Brudstyrken stiger og Brudforlængelsen aftager med voksende Hastighed; lader man Hastigheden variere under samme Forsøg, faas en Arbejdslinie som den optrukne i Fig. 23.

Paa samme Maade har Forsøgshastigheden stor Indflydelse paa Styrken af Tin (ved et normalt Trækforsøg³⁾ bærer en Tinstang ca. 20 Gange mere end end ved et yderst langsomt Forsøg), Bly, Træ og Læder (§ 435), og det samme gælder for alle Metaller, naar Forsøget gøres ved høj Temperatur (over 2—300°, se § 600). Jærnets Flydegrænse og de tilstødende Dele af Arbejdslinien ligger ogsaa højere ved et hurtigt end ved et langsomt Forsøg, men paa Jær-

¹⁾ De sidstnævnte Forskydninger viser sig allerede under Flydegrænsen, saafremt Stangen under Forsøget er omgivet af et Syrebade, der da ætser stærkest langs disse Linier.

²⁾ Om Loven for Tidens Indflydelse paa Deformationernes Størrelse se K. M. A. 1917, S. 6.

³⁾ Martens: Materialienkunde S. 197.

⁴⁾ 1—2 % Forlængelse pr. Minut.

nets Styrke og Brudforlængelse har Forsøgsvarigheden kun ringe Indflydelse¹⁾.

36. De blivende Deformationer naar hurtigere deres Maksimalværdi, naar man i Stedet for en langvarig Belastning foretager flere kortvarige Belastninger og Aflastninger. Den første Belastning vil da fremkalde en relativ stor blivende Formforandring, der ved de følgende Belastninger forøges lidt, men for hver Gang bliver Tilvæksten mindre, indtil den tilsidst bliver Nul eller saa lille, at man ikke kan maale den. Som Eksempel skal angives Resultaterne af et Trykforsøg (ved Trækforsøg er Forholdet et ganske tilsvarende) med en 1^m lang Støbejernscylinder. I første Spalte er Spændingen angivet, i anden Spalte den totale Forkortelse, som Spændingen fremkaldte, i 3die den blivende Forkortelse, efter at Belastningen var fjernet og i 4de Spalte Differensen mellem de to, altsaa den elastiske Forkortelse. Man ser, at ved en Spænding af 200^a

skal der 4 Vekslinger til at opnaa den konstante Tilstand, ved 400^a 11 Vekslinger, og ved 600^a er den endnu ikke naaet efter 12 Vekslinger. Ved endnu flere Gentagelser vilde den sikkert kunne naaes for 600^a og endnu højere Spændinger, men tilsidst kommer der en Spænding, ved hvilken den konstante Tilstand ikke kan naaes, hver ny Belastning vil da fremkalde en ny blivende Formforandring, indtil Legemet tilsidst knuses.

Spænding i at.	Forkortelse i mm pr. m		
	Total	Blivende	Elastisk
0	0	0	0
200	0,2310		
0		0,0125	0,2185
200	0,2323		
0		0,0148	0,2175
200	0,2333		
0		0,0166	0,2167
200	0,2338		
0		0,0173	0,2165
200	0,2338		
0		0,0173	0,2165
400	0,5070		
0		0,0510	0,4560
Herimellem kommer 9 Vekslinger			
400	0,5200		
0		0,0658	0,4542
400	0,5200		
0		0,0658	0,4542
600	0,8110		
0		0,1030	0,7080
Herimellem kommer 10 Vekslinger			
600	0,8250		
0		0,1248	0,7002

Den konstante Tilstand er endnu ikke naaet.

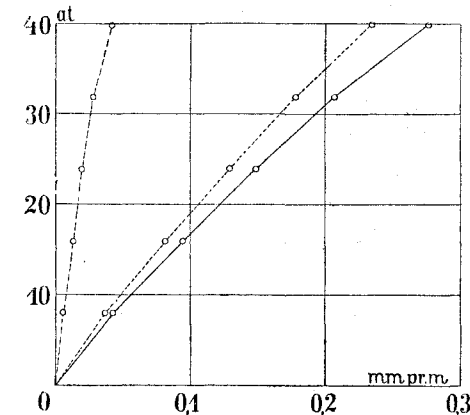


Fig. 24. Betons Tryk-Arbejdslinie.

Fig. 24 viser Slutværdierne fra et tilsvarende Forsøg med Beton.

De blivende Formforandringer udgøre en desto større Brøkdæl af de totale, jo større Spændingen er¹⁾, men selv i Brudøjeblikket er de hos Støbejærnet

¹⁾ Barba har med 16 mm Rundstænger af blødt Staal fundet Trækstyrken 3935^a og 3720 og Brudforlængelsen 32 og 34 % af Maalelængden (som var 10 cm), naar Forsøget varede henholdsvis 2 1/2 og 75 Minutter. I Praksis varierer Forsøgstiden ikke nær saa meget. Ved meget hurtig Overtrækning, f. Eks. i Løbet af 20 Sek., kan Brudforlængelsen blive større end normalt, men dette hidrører fra, at Stangen snører sig ind paa flere Steder (§ 30).

Angaaende Forsøgshastighedens Indflydelse i Almindelighed nævnes til „Ingeniøren“ 1910, S. 373.

²⁾ Af nogle Bachske Forsøg med Støbejern udledes følgende omtrentlige Værdier af de blivende Formforandringer udtrykt i % af de totale:

σ:	100	200	300	400	500	600 at
Tryk:	3,7	7,4	10,1	12,7	13,9	15,1
Træk:	3,1	7,5	11,2	15,4		

og de andre skøre Materialer for smaa til at faa praktisk Betydning; presser man Brudstykkerne af en overtrukken Støbejernsstang sammen, er Længden ikke bleven forøget med 1%, og for de andre skøre Stoffer er Brudforlængelsen endnu mindre (§ 26).

37. For at belyse Forholdene hos et sejt Materiale anføres Resultaterne af et Trækforsøg med en Stang af blødt Staal. Maalingerne er paabegyndte ved en Spænding af 204,5^{at} og indenfor hvert Spændingstrin er der belastet og aflastet saa ofte, at den konstante Tilstand er naaet, men i Tabellen er kun Slutværdierne indført.

Spændingsvariation i at	Forlængelse i mm pr. m		
	Total	Blivende	Elastisk
204,5— 613,5	0,199	0,003	0,196
204,5— 1022,5	0,399	0,007	0,392
204,5— 1431,5	0,597	0,011	0,586
204,5— 1840,5	0,795	0,014	0,781

Forholdet mellem de blivende og totale Formforandringer er her endnu mindre end ved Støbejernet, og selv ved en Spænding af 1840,5^{at}, en Spænding som man aldrig vilde byde Materialet i en Konstruktion, er den blivende Forlængelse saa lille, at den næppe kan faa praktisk Betydning.

Det maa dog bemærkes, at de blivende Forlængelser viser sig mindre hos valset end hos støbt Materiale og mindre hos koldtvalset end hos varmtvalset eller udglødet Materiale. Se ogsaa § 247.

I Reglen kan man fuldstændig se bort fra de blivende Forlængelser, saalænge Spændingen er under Proportionalitetsgrænsen¹⁾, men overskrides denne, begynder de at vokse hurtigere, og fra det Øjeblik Flydningen sker og indtil Bruddet, er næsten hele Længdetilvæksten blivende, og det samme gælder Tværsnittets Formindskelse.

38. Fuldkommen Elasticitet overfor alle Kræfter eksisterer kun hos Luftarter og Vædske, ikke hos faste Legemer. Disse er kun fuldkommen elastiske overfor Paavirkninger, der ikke overskrider en vis Grænse, **Elasticitetsgrænsen**, *EG*. Elasticitetsgrænsen er saaledes den Spænding, et Materiale kan taale uden at faa blivende Formforandringer. Dens Beliggenhed kan findes ved skiftevis at belaste og aflaste en Stang med stadig større Kræfter og efter hver Aflastning maale, om den har faaet en blivende Forlængelse. Elasticitetsgrænsens Beliggenhed afhænger følgelig af Maalingens Nøjagtighed, og med de allerfineste Maaleapparater kan der paavises blivende Forlængelser paa et saa tidligt Tidspunkt, at der næppe kan være Tvivl om, at *EG* ligger ved Nul, naar Materialet belastes første Gang, at altsaa selv den mindste Kraft fremkalder en blivende Formforandring. Kun haardt Værktøjsstaal danner en Undtagelse herfra. Men som nævnt ovenfor vil en langvarig eller hyppig gentagen Belastning hæve *EG* op til Paavirkningens Værdi, saafremt denne ikke er for stor. Det Punkt, hvortil *EG* kan hæves, synes at ligge mellem *PG* og *FG*. Elasticitetsgrænsens Beliggenhed afhænger altsaa af, om Legemet har været belastet før eller ikke, og en lignende Indflydelse har mekanisk Bearbejdelse; navnlig ved kold Valsning og Traadtrækning hæves *EG* stærkt.

¹⁾ Ved Bygningen af Glaspaladset i München var man bange for, at de lange Svejsjerns Trækstænger, der forbandt Tagstolene, skulde give sig mere, end Glastaget kunde taale, og strakte dem derfor inden Oplægningen.

For at faa en bestemt Definition paa *EG* uafhængig af Maaleinstrumentets Finhed har *I. M.* 1906 fastsat *EG* som den Spænding, der fremkalder en blivende Formforandring paa $\frac{1}{10000}$ % af Maalelængden. Firmaet *Fried. Krupp* sætter $\frac{3}{10000}$ %.

39. Formforandrings Indflydelse paa Vægtfylde og Temperatur.

Mellem Forlængelsen pr. Længdeenhed, ϵ , og Tværforkortelsen pr. Længdeenhed, μ , bestaar der et Forhold, der er forskellig for de elastiske og de blivende Formforandringer; for de første haves $\epsilon : \mu = \text{ca. } 3,5^1)$, for de sidste haves $\epsilon : \mu = \text{ca. } 2$. Naar en Stang strækkes, vil 1 cm^3 af den forandre sit Volumen til $V = (1 + \epsilon)(1 - \mu)^2$, der ved Bortkastelse af smaa Størrelser af 2den Orden bliver til:

$$V = (1 + \epsilon)(1 - 2\mu) = 1 + \epsilon - 2\mu.$$

Er Formforandringen ren elastisk, faas: $V = 1 + 3,5\mu - 2\mu = 1 + 1,5\mu$: en Volumenforøgelse.

Ved Trykforsøg skifter ϵ og μ Fortegn, saa at en elastisk Sammentrykning medfører en Volumenformindskelse.

Et Legemes Vægtfylde vil altsaa formindskes, naar der kommer Trækspændinger i det, og forøges, naar der kommer Trykspændinger i det. Ligesom hos Luftarterne er den elastiske Sammentrykning forbunden med Opvarmning og den elastiske Udvidelse med Afkøling. Ved at maale Temperaturændringerne i en bøjet Bjælke paa forskellige Steder kan den neutrale Akses Beliggenhed findes²⁾.

Er hele Formforandringen blivende, faas $V = 1 + 2\mu - 2\mu = 1$; en Stangs Volumen forandres altsaa ikke, selv om den trækkes over. Dette stemmer dog ikke helt, ved Traadtrækning bliver Metallernes Vægtfylde forringet, med mindre de udglødes efter Trækningen³⁾.

Den plastiske Formforandring fremkommer ved, at den indre Friktion i Materialet overvindes, og er altid forbundet med en Varmeudvikling baade ved Træk- og Trykforsøg.

Mens Støbejern ved et Trækforsøg afkøles lige indtil Bruddet sker, har de seige Metaller et meget skarpt Vendepunkt, hvor Temperaturen gaar over fra at falde til at stige, hvilket Punkt svarer til Flydegrænsen. Naar man maaler Stangens Temperatur under Forsøget og optegner den grafisk, fremtræder dette Punkt meget tydeligt.

C. Elasticitetslove.

40. Den Sammenhæng mellem Spændinger og Formforandringer, som Arbejdslinierne angiver, har det stor Betydning at kunne udtrykke i en Ligning, navnlig ved Beregning af Bjælker og statisk ubestemte Systemer som Jærnbetonkonstruktioner. Ligningen behøver ikke at passe paa hele Arbejdslinien, men blot paa den Del af den, der ligger under de Spændinger, man anvender i Praksis. Af saadanne Ligninger er opstillet mange.

Først fremsatte *Robert Hooke* 1679 Loven: *Ut tensio sic vis* (som Forlængelsen saaledes Kraften), det vil sige, at Spændinger og Formforandringer er proportionale ($\sigma = E\epsilon$). En simplere Lov kan ikke tænkes, men den gælder,

¹⁾ For smedeligt Jærn regner *Bach* $\frac{1}{3}$. Om Forholdene ved Tryk se § 61.

²⁾ *E. Rasch*: Methode zur Bestimmung elastischer und kritischer Materialspannungen mit Hilfe thermisch-elektrischer Messungen. *I. M.s* Kongressberichte 1909, VII, 3.

³⁾ Det første Træk vil dog som Regel forøge *Vf*, idet eventuelle Smaaporer i Metallet lukkes.

som vi har set, kun for smedeligt Jærn, Træ og et Par andre Stoffer og kun under en vis Spænding (Proportionalitetsgrænsen), for Støbejærn, Sten og Beton gælder den ikke, da disses Formforandringer vokser hurtigere end Spændingen. For disse Stoffer maa Ligningen blive mere kompliceret, og gentagne Gange er Ligningen $\epsilon = n\sigma^m$ stillet op. Ved passende Valg af de to Konstanter n og m i hvert enkelt Tilfælde er denne Ligning anvendelig paa en Mængde forskellige Stoffer og ogsaa paa smedeligt Jærn, idet den for $m = 1$ falder sammen med Hookes Lov, men den er altfor kompliceret til at bygge en Elasticitetsteori paa, og det samme gælder andre Formler, der er bragt i Forslag.

I Elasticitetslæren er man bleven staaende ved Hookes Lov, fordi den er saa simpel, og Elasticitetslærens Resultater gælder altsaa kun for smedeligt Jærn og et Par andre Stoffer og kun indenfor Proportionalitetsgrænsen og kan ikke umiddelbart anvendes paa Stoffer, for hvilke E er variabel, og slet ikke paa Forholdene ovenover Flydegrænsen. Elasticitetslærens Resultater maa derfor i de fleste Tilfælde korrigeres ved Forsøg.

Ved de skøre Legemer tages der dog undertiden Hensyn til E 's Variation ved i Stedet for $\sigma = E \cdot \epsilon$ at sætte $\sigma = (a - b \cdot \sigma) \cdot \epsilon$ eller $d\sigma = (a - b \cdot \sigma) \cdot d\epsilon$, hvor a er Elasticitetskoefficientens Begyndelsesværdi svarende til $\sigma = 0$ og b er en anden Konstant; se desangaaende min *Jærnbeton* 1918, S. 52, hvor det ogsaa er vist, at man kan faa et nyttigt Overblik over disse Legemers Forhold, navnlig i Brudøjeblikket, ved at regne med en parabolisk Arbejdslinie.

D. Indsnøring og Brudforlængelse.

41. Ved mange Stoffers Anvendelse spiller Sejgheden en Rolle, og et Maal for denne har man i Størrelsen af den Formforandring, som en Stang af Stoffet undergaar, inden den trækkes over. Baade Indsnøringen (Kontraktionen) paa Brudstedet (§ 30) og Brudforlængelsen er i denne Henseende vejledende og bruges bægge som Kvalitetsmaalestok. Stærk Indsnøring kan være forenet med ringe Brudforlængelse og omvendt.

42. Indsnøringen angives i Procent, idet man inden Forsøget maaler Stangens Tværnsnitsareal med en Skydelære eller Mikrometerskrue og paa samme Maade maaler Brudfladens Areal efter Forsøget. Kaldes de to Flader F og f , bliver Indsnøringen:

$$\varphi = 100 \cdot \frac{F - f}{F} \%.$$

Indsnøringens Størrelse giver kun Oplysning om Materialets Sejghed umiddelbart omkring Brudstedet, og hvis Stangen ikke er homogen, er den derfor en upaalidelig Maalestok, da tilfældige, lokale Forhold har stor Indflydelse paa den. I tidligere Tid bestemte man den altid, men nu angives den hovedsagelig kun for Kobber; i Leveringsbetingelser for smedeligt Jærn er den de fleste Steder gaaet af Brug dels af de nævnte Grunde, dels fordi Maalingen volder Vanskelighed ved rektangulære Tværnsnit, idet disse antager den i Fig. 25 viste Form.

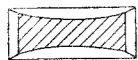


Fig. 25.

Fra svensk Side hævdes, at Indsnøringen er en meget mangelfuld Sejghedsmaalestok for Jærn, da den vokser med Fosforholdigheden, altsaa med Koldskørheden; ogsaa Hærdning vil ofte forøge den. I mange Tilfælde giver Kontraktionen dog værdifulde Oplysninger om Kvaliteten. Se *Stefan Gallik*: Über die Bedeutung und Wichtigkeit der Kontraktion bei Beurteilung der Qualität, insbesondere der Plastizität der Metalle (Materialprøvningskongressen i Bruxelles 1:06). Dens Størrelse afhænger af Prøvestangens Form i Længdesnit (§ 50) og Tværnsnit (§ 52); i Følge Forsøg af *Oswald Meyer* (Bmk. 1905 Side 341) er den for smedeligt Jærn med Tilnærmelse proportional med $\sqrt[4]{F} : \sqrt{U}$, hvor U er Stangens Omkreds. En Jærnsort, der som kvadratisk

Stang med $2 \cdot 2 = 4 \text{ cm}^2$ Tværnsnit, giver 60% Indsnøring, vil derefter som rektangulær Stang med $1 \cdot 4 = 4 \text{ cm}^2$ Tværnsnit kun give ca. $60 \cdot \sqrt[4]{8} : \sqrt[4]{10} = 53,6\%$. Kobberstængers Kontraktion er proportional med $\sqrt[4]{F} : \sqrt{U + 3\sqrt{F}}$.

Efter *Bauschinger* er Fladjærns Kontraktion uafhængig af Tværnsnittets Form og Størrelse, medens tykt Rundjærn giver mindre Kontraktion end tyndt. Forskellen er dog for ringe til at have praktisk Betydning. Om Temperaturen's Indflydelse se § 301.

43. Brudforlængelsen angives ligeledes i Procent. Før Forsøget indridses der paa Prøvestangen en ret Linie parallel med Stangens Akse, og paa denne Linie indridses en Centimeterinddeling, hvis Endestreger ligger i en Afstand fra hinanden, der ved runde Stænger gerne er lig med 10 Gange Diametere, dog afrundet til hele Centimeter. Efter Forsøget maales med en Skydelære Afstanden fra Endestregerne hen til Brudfladen. Er Summen af disse Afstande L og den oprindelige Afstand l , bliver Brudforlængelsen:

$$\delta = 100 \cdot \frac{L - l}{l} \%.$$

Forlængelsen er ikke jævnt fordelt over hele Stangens Længde, thi Indsnøringen medfører en stærk Forlængelse af de Dele, der deltager i den. Maaler man hver enkelt Centimeters Forlængelse, og afsætter den som Ordinater til en Kurve med Maalelængden som Abscisse, faar man et Billede som Fig. 26, hvor den største Ordinater ligger i Brudfladen, medens Kurven iøvrigt kan forløbe mer eller mindre symmetrisk til de to Sider²⁾.

Hvis Indsnøringen falder udenfor Maalelængden, faar man naturligvis et misvisende Tal for den procentvise Forlængelse, da man ikke faar den lokale Forlængelse med; og denne strækker sig over en saa stor Længde af Stangen,

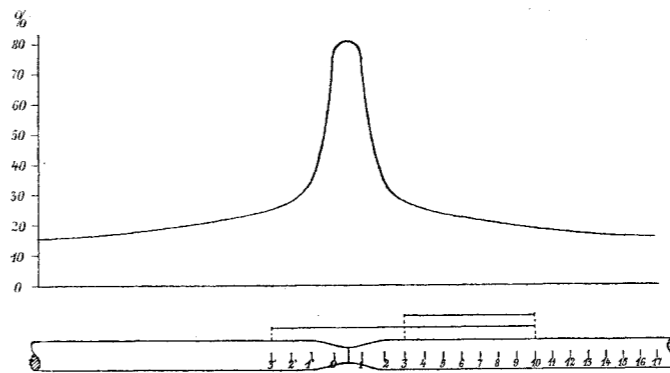


Fig. 26.

at man ikke er sikker paa at faa den med i dens Helhed, med mindre Bruddet falder i den midterste Trediedel af Maalelængden, idet det forudsættes, at Maalelængden har den normale Størrelse, hvorm nærmere i § 54. I de tyske Normalbetingelser for Levering af Bygningsjærn indrømmes der derfor Sælgeren Ret til at faa en Prøve kasseret og gentaget med et andet Prøvelegeme, naar den ved Brud indenfor en af Maalelængdens ydre Trediedele³⁾ har givet utilstrækkelig Forlængelse.

¹⁾ φ varierer noget med Tværnsnittets Form, idet den ligesom Kontraktionen tilnærmelsesvis er proportional med $\sqrt[4]{F} : \sqrt{U}$.

²⁾ Den mer eller mindre stærke Flydning fremkalder en tilsvarende, mer eller mindre stærk Opløselighed i Syrer. Hvis man efter Forsøget saver Stangen i Smaastykker og undersøger disses Opløselighed og afsætter den i et Koordinatsystem, faar man en Kurve, der ganske svarer til den i Fig. 26 viste (K. M. A. 1909, S. 107).

³⁾ *Lloyds Register* og de tyske *Dampkedelnormer* foreskriver Fjerdedele.

44. For at undgaa denne Kassering anvendes ofte, saaledes i Danmark, en **indirekte Bestemmelse** af Brudforlængelsen, der anbefales af *I. M.* Man kan nemlig med en for Praksis tilstrækkelig Nøjagtighed gaa ud fra, at der er **Symmetri omkring Brudstedet**, saaledes at man, hvis Bruddet falder i Maalelængdens Endestreg, kan nøjes med at maale Afstanden fra denne ind til den midterste Delestreg og multiplicere denne Afstand med 2. Falder Bruddet længere inde, maaler man naturligvis ogsaa Stykket paa den anden Side af Brudstedet direkte og kompletterer kun det manglende Stykke ad indirekte Vej. Er Maalelængden f. Eks. 20^{cm}, og Brudstedet beliggende som vist i Fig. 18, maaler man først fra Brudstedet til Punkterne 10 og 3' og adderer hertil Strækningen 3—10 som Erstatning for det manglende Stykke 3'—10'.

Brudforlængelsens Størrelse afhænger af Prøvestangens Form og Maalelængde (§ 51-4) og af Materialets Art (§ 25). Det smedelige Jærns Brudforlængelse afhænger saaledes af kemisk Sammensætning (§ 47, 272-5, 312), Fremstillingsmaade (§ 276, 310-1), Varmvalsning (§ 277), Koldstrækning (§ 279, 281, 290-1), Temperatur (§ 301) m. m.

E. Arbejdsevne og Kvalitetstal.

45. Arealet mellem Arbejdslinien og Abscisseaksen (Fig. 18I) angiver hele den Arbejds mængde, der er medgaaet til at trække Stangen over, og Arealet tilhøjre for *BB'* angiver den Arbejds mængde, der er tilført fra Indsnøringens Begyndelse, og indtil Bruddet sker. Denne Arbejds mængde medgaar til at frembringe Indsnøringen, medens den øvrige Del af Stangen ikke forlænger sig (snarere trækker sig sammen) i denne Periode, den bliver altsaa optaget udelukkende af det indsnørte Parti. Arbejdet inden Indsnøringen begynder, der er repræsenteret af Arealet *OPFBB'O*, er derimod kommet hver enkelt Volumeneenhed af Stangen tilgode, og Størrelsen $A = [OPFBB'O]$: *Fl* er derfor et Maal for den Arbejds mængde, som 1 ^{cm³} af Materialet er i Stand til at optage, inden det snører sig ind, og kaldes Materialets **Arbejdsevne**. For blødt Staal er Arbejdsevnen 6—800 ^{kgcm/cm³}, for Støbejern kun 8—14. Se ogsaa § 310.

Et Materiales Værdi til Byggebrug afhænger ofte af baade Styrke og Sejghed, men i Reglen opnaar man kun en stor Styrke paa Sejghedens Bekostning og omvendt. I jo højere Grad de to Egenskaber er forenede, des værdifuldere er Materialet, og Arbejdsevnen vilde derfor egne sig godt til Kvalitetsmaalestok, hvis blot den ikke krævede Arbejdslinien bestemt, noget man sjældent indlader sig paa i Praksis.

46. Derimod har man søgt paa en nemmere Maade at danne et **Kvalitetstal**, nemlig ved at multiplicere eller addere Brudspændingen og den procentvise Forlængelse, idet Brudspændingen da gerne udtrykkes i ^{kg/mm²}. Man sætter altsaa:

$$K = \frac{1}{100} S^t \cdot \delta \quad \text{eller} \quad K = \frac{1}{100} S^t + \delta.$$

Naar disse Kvalitetstal bruges i Leveringsbetingelser, er det gerne under den Form, at man foreskriver Minimalværdier for $\frac{1}{100} S^t$ og δ , men dog tillader, at een af Størrelserne synker indtil 1 under det forlangte, naar den anden Størrelse samtidig stiger saa meget, at Kvalitetstallet naaes. Denne Bestemmelse er meget praktisk, thi hvis man udtager forskellige Prøvestænger af samme Materiale, vil Styrken og Forlængelsen altid variere noget, men ved godt Materiale

vil Variationen foregaa paa den Maade, at Styrken stiger, naar Forlængelsen aftager og omvendt. Hvis Materialets Kvalitet derfor er lige paa Grænsen af det forlangte, vil Benyttelsen af Kvalitetstallet ofte kunne forhindre en Kassation.

At benytte Kvalitetstal ved Sammenligning af helt forskellige Stoffer vilde derimod være meningsløst; thi af to Materialer med samme Kvalitetstal kan det ene være stærkt og skørt, det andet svagt og sejgt, de kan derfor ikke bruges paa samme Maade, og man kan følgelig ikke tale om, at det ene er bedre end det andet.

47. Af de to Kvalitetstal er det første det fornuftigste, thi det angiver Arbejdsevnen under Forudsætning af, at Materialets Arbejdslinie er rektangulær, og det har vist sig, at Forholdet mellem Arealet *OPFBB'O* og Rektangelets Areal er ret konstant, saaledes at Kvalitetstallet er nogenlunde proportionalt med Arbejdsevnen.

Man har altsaa $A = c \cdot K$, hvor *c* ligger mellem 0,6 og 0,8 for de forskellige Metaller. I Følge *Bach* kan man sætte:

0,7—0,8 for Svejsejern (ved særlig sejgt Jærn over 0,8) 0,7 som Middeltal for sejgt Staalstøbegods
0,63 som Middeltal for sejgt, blødt Staal 0,65—0,7 » » » Kobber
0,6—0,75 for haardt Staal til Maskindele 0,8 » » » seig Bronze.

Tetmajers Kvalitetstal, der bruges i Schweiz, fremkommer ved Multiplikation af Brudspændingen i ^{t/cm²} med den procentvise Brudforlængelse og svarer altsaa til ovennævnte paa Faktoren 10 nær. Brobygningsstaa skal i Schweiz have Kvalitetstallet 90, i Østrig (1904) 100.

Som Eksempel paa, hvorledes Kvalitetstallet kan variere med Styrken, angives følgende Middeltal fra en meget stor Forsøgsrække med valset svensk Martinstaal:

Kulstof	%	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
<i>S^t</i>	at	3500	4000	5300	6200	7000	9000	10000
$\delta_{12,3}$	%	28,5	27	22	18,5	14,5	8	4
$\frac{1}{100} S^t \cdot \delta$ ^{kgcm/cm³}		1000	1080	1166	1150	1015	720	400

Man vil se, at Kvalitetstallet er størst for de middelstærke Staal-sorter.

F. Sejghed.

48. Styrkens og Sejghedens Betydning for Byggestofferne er gentagne Gange nævnt. Styrkens Betydning er selvindlysende, om Sejgheden skal her siges et Par Ord; at den betinges af, at Kohæsionen er større end Forskydningsmodstanden blev nævnt i § 29.

Sejgheden spiller ikke alene en Rolle ved Stoffernes Tildannelse (en Stang af smedeligt Jærn kan f. Eks. bøjes om til en Krog, det kan en Stang af Støbejern ikke), men ogsaa for deres Holdbarhed under visse Forhold, navnlig ved Stødpaavirkninger.

Hvis f. Eks. en Vægtskaal er ophængt i Enden af en lodret Stang, og der falder en Vægt, *G*, ned paa Skaalen fra en Højde, *h*, vil der pludselig blive tilført Stangen en Arbejds mængde Gh^1 , og Stangen vil derfor strække sig et Stykke λ , samtidig med at Kraften i den stiger fra Nul til f. Eks. *P*. λ og *P* maa være Koordinater til samme Punkt af Materialets Arbejdslinie og maa i Forbindelse med den begrænse et Areal af Størrelse Gh eller rettere $G(h + \lambda)$, idet Faldhøjden jo er bleven forøget med λ . Efter at denne dynamiske Ligevægtsstilling er naaet, vil Stangen atter trække sig sammen og svinge frem og tilbage, indtil den kommer i statisk Ligevægt under et Træk *G*, men her interesserer vi os kun for Maksimaltrækket *P*.

¹⁾ Idet der ses bort fra den Arbejds mængde, Skaalen og dens Ophængning konsumerer.

Hvis $G(h + \lambda)$ er større end hele det af Arbejdslinien indesluttede Areal, maa Stangen nødvendigvis springe, og ved Sammenligning af f. Eks. Støbejernets og Kobberets Arbejdslinier (Fig. 17), vil man straks kunne indse, at det sidste kan taale langt stærkere Stød end det første¹⁾.

49. Man maa dog vel lægge Mærke til, at ved de allerfleste Konstruktioner faar Materialet aldeles ikke Lejlighed til at udfolde sin Arbejdsevne. Har man en 60^{mm} bred Fladjærnsstang af blødt Staal, i hvilken der findes et 20^{mm} Nittehul, og ligger Flydegrænsen ved 2700^{at}, saa vil Materialet paa Siderne af Hullet begynde at flyde, naar Spændingen i den øvrige Del af Stangen kun er $2700 \cdot \frac{40}{60} = 1800^{\text{at}}$ σ : under Proportionalitetsgrænsen, og Stangen kan springe ved Nittehullet, inden det øvrige Materiale har naaet Flydegrænsen²⁾. En saadan Stang er altsaa skør, forsaavidt som den kun taaler en meget ringe Forlængelse, inden den brydes, og denne Skørhed kan faa Betydning, baade naar Stangen faar et Stød (Jærnbanevognes Koblinger), og naar den indgaar som Led i et statisk ubestemt System, der af en eller anden Grund, f. Eks. en Pilles Synken, maa undergaa en større Formforandring. Paatvinges der Stangen en Forlængelse af ialt f. Eks. 10^{mm}, vil denne Forlængelse, hvis Stangen har konstant Tværnsnit, fordele sig jævnt over hele Længden og ingen Skade gøre, men er Tværnittet indsnævret et Sted, vil næsten hele Forlængelsen ske der, saa at Stangen eventuelt brydes. Man ser heraf, at jo mere konstant en Stangs Tværnsnit er, des sejgere er den, alt overflødig Materiale nedsætter Sejgheden. Den nævnte Stang vilde saaledes blive sejgere, hvis den forsynedes med Huller i hele sin Længde.

G. Prøvestængernes Form.

50. Prøvestangens Længdesnit. Brudstyrken er lige saa lidt som Sejgheden en ren Materialegenskab, den afhænger ogsaa af Prøvestangens Form. Dette blev først paavist af Kirkaldy ved følgende Forsøg: Han lod af samme Svejsejernssort fremstille tre Prøvestænger (Fig. 27), een med Diameter 2,54^{cm}, en anden med Diameter 1,78^{cm} og en tredje med Diameter 2,54^{cm}, men med en inddrejet Rille paa Midten, saaledes at Diameteren her kun blev 1,78^{cm}. Trækforsøg med disse Stænger gav følgende Resultat:

Diameter:	Stat	φ %
2,54 ^{cm}	5025	40,71
1,78 ^{cm}	5020	36,02
2,54 og 1,78 ^{cm}	6910	13,77

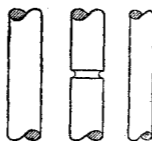


Fig. 27.

Som man ser, er Trækstyrke og Indsnøring omtrent ens for de to cylin-

¹⁾ Strængt taget er det ikke de almindelige Arbejdslinier, der skal sammenlignes, men derimod de Arbejdslinier, som en Stødkraft vilde give, og som antagelig er højere og kortere end de almindelige paa Grund af den elastiske Eftervirkning.

²⁾ I Virkeligheden er Spændingstilstanden i Nærheden af et Nittehul ikke saa simpel. Gaar man ud fra Hookes Lov og Superpositionsloven (§ 72), viser det sig, at Spændingen langs Randen af et cirkulært Hul i en Plade, der er uendelig lang og bred og paavirket i een Retning af en Træk- eller Trykspænding p , ligger mellem $3p$ og $-p$. Virker Spændingen p derimod i alle Pladens Retninger, bliver Spændingen ved Hullets Rand $2p$. Imidlertid ophæves disse Spændingsforskelle, naar Flydegrænsen overskrides (I. M. 1909, VIII, 10). Nogle Forsøg er omtalt i Ing. 1916, S. 284. Se ogsaa § 50.

driske Strænger, medens Trækstyrken af den inddrejede Stang (bestemt pr. cm² af det formindskede Areal) er væsentlig større end for de to andre. Den samtidige ringe Værdi af φ giver Forklaringen herpaa. Stangen kan nemlig ikke frit snøre sig ind paa Brudstedet, det omliggende Materiale modsætter sig det, og Bruddet finder derfor ikke Sted, før Spændingen er steget væsentlig over den normale Værdi¹⁾.

Denne Virkning fremkommer kun hos Stoffer, der snører sig ind paa Brudstedet, skøre Stoffer svækkes af en Kærv, thi saalænge Spændingen er under FG , vil den fordele sig ujævnt over det indkærvede Tværnsnit. Paa Grundlag af Hookes Lov og Superpositionsloven (§ 72) har Leon opstillet følgende, teoretiske Tilnærmelsesformel for en Stang med rektangulært Tværnsnit og med halvcylindriske Indkærvinger i to modstaaende Sider (Fig. 28):

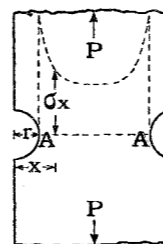


Fig. 28.

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{2} \left[\left(\frac{r}{x} \right)^4 + \left(\frac{r}{x} \right)^2 + 2 \right],$$

hvor σ_x er den sande Spænding i Afstanden x fra Kanten, mens σ er Middelspændingen paa Arealet AA ; ved Bunden af Kærven have altsaa $\sigma_r = 2\sigma$. Preuss har ved Forsøg med blødt Staal fundet $\sigma_r = 1,78$ à $2,14 \sigma$, og var Kærven ikke halvcirkulær, men spids, fandtes langt større Værdier²⁾. Saadanne Indkærvinger, og navnlig de spidse, har ofte givet Anledning til Brud i Praksis og er særlig farlige, naar Paavirkningen skifter mellem Træk og Tryk.

51. Foruden Brudstyrke og Indsnøring vil, som omtalt i § 49, ogsaa Brudforlængelsen i høj Grad paavirkes af saadanne Uregelmæssigheder³⁾, og det er derfor en Hovedregel for Trækforsøg med sejge Stoffer, at Prøvestængerne skal være cylindriske eller prismatiske paa hele Maalelængden og et Stykke uden for denne (Fig. 29); dette Stykke skal ved runde Stænger være

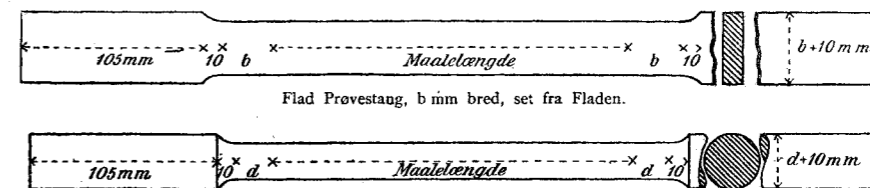


Fig. 29. Normale Prøvestænger med Hoved.

lig med Diameteren, ved rektangulære Stænger lig med den største Sidelinie; først i denne Afstand fra Endemærket maa Stangens eventuelle Hoved begynde eller Prøvemaskinens Kæber gribe fat⁴⁾.

¹⁾ En Rundstangs Styrke svækkes derfor ikke saa meget ved Skrueskæring, som man skulde formode. Naar Gængerne drejes af en Skrue af smedeligt Jærn, formindskes dens Styrke med indtil 16 %.

²⁾ Mitt. u F. Heft 154.

³⁾ Diegel har fundet, at hvis Stangdiameteren paa enkelte Steder er blot 1 % mindre end normalt, kan Brudforlængelsen synke til $\frac{1}{2}$ af den normale.

⁴⁾ Ved Overgangen fra den spinklere Midterdel til de sværere Hoveder opstaar der Trækspændinger 'vinkelret' paa Stangens Akse ligesom i Fig. 27. At disse kan medføre en Flækning af Stangen, naar denne er af Svejsejern, har jeg i et enkelt Tilfælde haft Eksempel paa.

Materialet maa helst prøves i den Tilstand, hvori det anvendes, Rundjærn f. Eks. med Glødskaflen paa; at dreje Stangen ned paa Midten, saa de i Fig. 29 viste sværere **Hoveder** opstaa, bruges som Regel kun ved skøre Materialer f. Eks. Støbejærn (§ 132) og haardt Staal, der ellers let springer paa Indspændingsstedet som Følge af Kæbernes Pres eller lige uden for Kæberne, hvor Trækket endnu ikke er jævnt fordelt, men størst langs Omkredsen, og hvor der desuden kan opstaa smaa, bøjende Momenter¹⁾.

Løvrigt gælder som Hovedregel, naar man ved Forsøg vil sammenligne forskellige Stoffer, at Prøvestængerne helst maa være geometrisk ens, og hvis dette er udelukket, geometrisk ligedannede. Afvigelse fra denne Regel er dog i mange Tilfælde af uvæsentlig Betydning.

52. Om Prøvestængens Tværsnit er cylindrisk eller rektangulært har ingen væsentlig Indflydelse paa Proportionalitetsgrænse, Flydegrænse²⁾, Brudgrænse, Elasticitetskoefficient³⁾ og Brudforlængelse⁴⁾, kun Indsnøringen paavirkes kendelig af Tværsnitsformen.

Bedst egnet til at bestemme alle de nævnte Størrelser er Stænger med cirkulært Tværsnit, fordi Kraften lettest fordeler sig ensformigt over et saadant, og fordi de muliggør en nøjagtig Maaling af Indsnøringen Runde Stænger maa derfor siges at give de rigtigste Værdier og foretrakkes, naar ikke andre Hensyn gør sig gældende.

I mange Tilfælde er man dog nødt til at bruge Stænger med rektangulært Tværsnit f. Eks. ved Prøvning af Plader, og for ogsaa her saavidt mulig at eliminere Tværsnitsformens Indflydelse, navnlig paa Indsnøringen, anbefaler *I. M.* at gøre Tværsnittets Bredde 3—4 Gange saa stor som Højden⁵⁾.

53. Maalelængden kan i Følge Sagens Natur kun faa Indflydelse paa Brudforlængelsen, men her er dens Indflydelse ogsaa meget stor. Brudforlængelsen sammensættes jo nemlig dels af den Forlængelse, der sker, inden Indsnøringen begynder, og som er ensformigt fordelt over hele Stangens Længde, dels af den lokale Forlængelse i Omegnen af Brudstedet. Hvis Maalelængden var uendelig stor, vilde den lokale Forlængelse ingen Rolle spille, og hvis Maalelængden kun var lig med det indsnørede Partis Længde, vilde den lokale Forlængelse være alt overvejende. Saaledes gav Forsøg med 26^{mm} Rundjærn følgende Brudforlængelser, naar Maalelængden varierede:

$l_{cm} =$	5	7	10	15	20	26
$\delta^0/_{10} =$	62,0	53,7	46,3	39,3	35,2	31,9

Hvis derfor den procentiske Forlængelse skal være et Maal for Materialets Sejghed og uafhængig af Stangens Dimensioner, maa den ensformig fordelte Forlængelse λ_c og den lokale Forlængelse λ_l altid staa i samme Forhold til

¹⁾ Saadanne vil naturligvis ogsaa opstaa, hvis Stangen er usymmetrisk om Trækkets Akse. Ved Trækforsøg med de i min *Jærnbeton* 1918, Fig. 49 til venstre viste Knudejærn kan der saaledes danne sig Tværridser i Glødskaflen ved Foden af Knuderne, saafremt den til Knudefoden svarende Linie paa den modsatte Side af Stangen falder i en Knude.

²⁾ *FG* findes højst ved runde Stænger.

³⁾ *Bauschinger* har fundet *E_t* noget større ved runde Stænger end ved flade og noget større ved store Tværsnit end ved smaa, men Afvigelserne har ingen praktisk Betydning.

⁴⁾ Se dog § 43.

⁵⁾ Hertil maa dog bemærkes, at Indsnøringen lader sig maale nøjagtigere paa et kvadratisk Tværsnit, som ogsaa giver rigtigere Værdier for Brudlasten. I Modsætning til *I. M.* lægger *K. M. A.* Hovedvægten paa Tværsnittets Størrelse og betegner alle Stænger, hvis Tværsnit er 3,14^{cm}², som Normalfladstænger, naar blot Forholdet mellem Sidelinierne ligger mellem 1 og 5.

hinanden. λ_c er kun afhængig af Materialet og Maalelængden l og kan derfor sættes lig $c_e l$, hvor c_e er en af Materialet afhængig Konstant; λ_l er derimod uafhængig af l , men afhænger foruden af Materialet af Stangens Tykkelse, og Forsøg har vist, at den er proportional med Tykkelsen, saa at man kan sætte $\lambda_l = c_l \sqrt{F}$, hvor F er Tværsnitsarealet og c_l en Materialkonstant. Den samlede Forlængelse bliver:

$$\lambda = \lambda_c + \lambda_l = c_e l + c_l \sqrt{F}, \text{ og Forlængelsen pr. Længdeenhed } \varepsilon = c_e + c_l \frac{\sqrt{F}}{l}.$$

Da c_e og c_l er rene Materialkonstanter, bliver Betingelsen for at Stænger af samme Materiale, men hvis Tværsnit er ulige store, skal give samme ε , at Maalelængden vælges saaledes, at $\sqrt{F} : l$ bliver ens i bægge Tilfælde.

Denne Lov er bevist ved mange Forsøg. Den er kun en speciel Form for den almindelige Lov, at geometrisk ligedannede Legemer af samme Materiale og paavirkede under samme Forhold af samme Spændinger ogsaa er ligedannede efter Formforandringen. Ligedannede Stænger af samme Materiale faar altsaa ligedannede Indsnøringer og dermed samme procentvise Brudforlængelse.

Man kan ikke af Brudforlængelsen paa een Maalelængde beregne Brudforlængelsen paa en anden, med mindre man kender Konstanterne c_e og c_l ; disse kan bestemmes ved et enkelt Forsøg, naar man maaler Brudforlængelserne λ_1 og λ_2 paa to forskellige Maalelængder l_1 og l_2 , der bægge maa være større end den Længde, over hvilken Indsnøringen strækker sig, idet man da har

$$\lambda_1 = c_e \cdot l_1 + c_l \cdot \sqrt{F} \quad \text{og} \quad \lambda_2 = c_e \cdot l_2 + c_l \cdot \sqrt{F},$$

hvoraf c_e og c_l bestemmes.

Konstanten c_e , der udtrykker Maalelængdens Forlængelse ved Indsnøringens Begyndelse, vilde være vel egnet til sammen med φ at karakterisere Materialet, idet disse Størrelser er Udtryk for to af hinanden og af Maalelængden uafhængige Egenskaber, i Modsætning til Brudforlængelsen, der baade afhænger af φ og l .

54. Som Normalstang bruges de fleste Steder en Stang af cirkulært Tværsnit med 2^{cm} Diameter og 20^{cm} Maalelængde, og for andre cirkulære Stænger skal Maalelængden følgelig være 10 Gange Diameteren, dog afrundes den altid til hele Centimeter.

For Stænger af anden Tværsnitsform vælges l saaledes, at $\sqrt{F} : l$ er det samme som for Normalstangen, altsaa: $\sqrt{F} : l = \sqrt{3,14} : 20 = 1 : 11,3$, $\therefore l = 11,3 \sqrt{F}$.

Loven om, at Prøvestængerne skal være ligedannede, overholdes ikke altid. Nogle Steder, f. Eks. paa Jærnværker, anvendes undertiden en konstant Maalelængde af 5, 10, 20^{cm} eller 8^{cm} engl. (20,3^{cm}). Andre Steder overholdes Loven vel for de tyndere Stænger, medens man bliver staaende ved en Maalelængde af 20^{cm} for alle Tværsnit over 3,14^{cm}².

Saadanne Stænger giver misvisende Værdier for Brudforlængelsen, og man bør derfor forsyne δ med en Indeks, der angiver Forholdet mellem Maalelængden og \sqrt{F} , altsaa skrive $\delta_{11,3}$, naar $l = 11,3 \sqrt{F}$ (eller rettere naar l er bestemt af denne Formel og derefter afrundet til hele Centimetre). Tidligere angav man gerne selve Maalelængden: δ_{10} , δ_{20} o. s. v. (eller i Millimeter δ_{100} , δ_{200} o. s. v.).

I Frankrig bruges vel ligedannede Prøvestænger, men Maalelængden er kun $8,2 \sqrt{F}$, altsaa ved runde Stænger $l = 7,235 d$. Saadanne Prøvestænger giver derfor større Brudforlængelse end de danske. Engelske Normalstænger er omtalt i § 338.

H. Prøvestængernes Indspænding.

55. Maskinens Træk maa overføres til Prøvestangen paa en saadan Maade, at denne ikke udsættes for **Bøjningsspændinger**, der navnlig ved skøre Materialer kan faa stor Indflydelse paa Resultatet. Prøvestangen maa derfor helst ikke være stift forbunden med Maskinens Indspændingshoveder, men der maa være indskudt et Slags Kuglehængsel, der vanskeliggør Overførsel af vridende og bøjende Momenter og tillader Prøvestangen selv at indstille sig i Kraftretningen. Man maa skælne mellem Indspænding i Kæber og Indspænding ved Hjælp af Hoved.

56. **Indspænding i Kæber** er vist paa Fig. 1 og i større Maalestok paa Fig. 30. I Maskinens Indspændingshoved er indskudt en Skaal (Fig. 1), hvis Bund er afdrejet efter en Kugleflade; i denne Skaal hviler et Omdrejningslegeme (Fig. 30) med en Udboring begrænset af to Kegleflader, paa hvilke de to Indspændingskæber glider. Kæberne i det øvre Hoved er ophængt i en eenarmet Vægtstang, med hvilken de løftes, saaledes at Prøvestangen kan føres op imellem dem, hvorefter de trykkes ned om den; paa lignende Maade anbringes Stangen mellem de nedre Kæber. Naar Maskinen sættes i Gang, og der kommer Spænding i Stangen, vil Kæbernes Tænder bide sig bedre fast i denne. Er Stangen rund, ombyttes Kæberne med andre, hvis Form er vist nederst paa Fig. 30. Naar Kæbeindspænding bruges, behøver Stængerne slet ikke at bearbejdes, de kan være prismatiske paa hele deres Længde; er Materialet skørt, kan det imidlertid hænde, at Stængerne springer i Indspændingen som Følge af Kæbernes Pres, og i saa Fald maa Tværsnittet paa Indspændingsstedet gøres større. Stænger af haardt Staal og lignende Materiale¹⁾ maa derfor tildannes som Fig. 29 viser.

57. Skal der gøres **Spejlmaalinger** paa Stangen (til Bestemmelse af *E*, *EG*, *PG* og til nøjagtig Bestemmelse af *FG*), er Kæbeindspænding ikke godt, da Stangen undertiden kan rutsche lidt i Kæberne, hvorved Spejlene rystes ud af deres Stilling. Til slige Forsøg bør Stangen have et Hoved, gennem hvis plane Underside Kraften overføres. For Düseldorf-Maskinens Vedkommende sker Indspændingen da ved at dreje Maskinens Indspændingshoveder 180° om en vandret Akse, saaledes at de to Kløer (Fig. 1) kommer til at vende mod hinanden. Stangen anbringes, som nedenfor beskrevet, mellem et Par Kugleskaale, og disse skydes forfra ind i Kløerne, som det er vist øverst i Fig. 1, blot i omvendt Stilling. I Kugleskaalen (Fig. 31) hviler et Kuglestykke med en Udboring; naar Stanghovedet er ført op igennem denne, lægges der to Halvringe under det, Dækslet sættes paa, og det hele skydes ind i Kløerne.

Fig. 31. Vil man ikke dreje Stangen saa stærkt ned, kan man skrueskære dens Ende (Fig. 32), og forsyne den med en Møtrik, der erstatter den delte Ring.

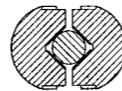
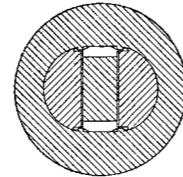
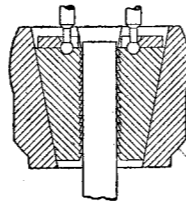


Fig. 30. Indspænding i Kæber.

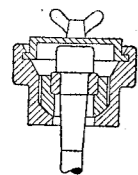


Fig. 31.

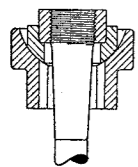


Fig. 32.

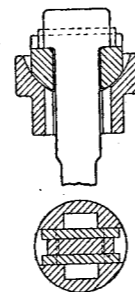


Fig. 33.

Ved Prøvning af flade Stænger med Hoved bruges et Kuglehængsel med saadanne Udskæringer, at Stangens Hoved kan føres op derigennem (Fig. 33), og finde Hvile, naar det drejes 90°; Stangen centreres ved Hjælp af et Par indlagte Udfyldningsstykker.

58. I alle de nævnte Tilfælde virker **Kuglehængslet** paa samme Maade: Hvis Stanghovedets Underside ikke staar vinkelret paa Stangens Akse, vil Kuglestykket dreje sig, indtil Trykket er omtrent jævnt fordelt, saa at det ekscentriske Træk, man ellers vilde faa, næsten undgaas. Nogen Friktion er der dog altid, og den vokser, efterhaanden som Trækket stiger; derfor bør man centrere Stangen omhyggeligt ved Indspændingen¹⁾. Ved meget skøre Materialer maa man tage særlige Forholdsregler (§ 132).

59. I visse Prøvemaskiner indspændes flade Stænger ved Hjælp af en Bolt, der stikkes gennem et Hul i Hovedet (Fig. 19); Hullet maa bores nøjagtigt i Stangens Akse.

Tynde Metaltraade befæstes ofte til en Rulle i hvert Indspændingshoved og vikles derpaa en Gang om Rullen. Friktionen vil da aflaste Indspændingsstedet, saa at Traaden ikke saa let springer der.

Om **Indspænding af Tove** se § 439.

III. Trykforsøg.

A. Formforandringer.

60. Trykker man et cylindrisk Legeme paa dets Endeflader, vil det forkorte sig, og **Forkortelserne** vokser i Reglen hurtigere end Trykket, medens der dog hos nogle Stoffer og deriblandt smedeligt Jærn, er Proportionalitet mellem Tryk og Forkortelse op til en vis Spænding, Proportionalitetsgrænsen; over denne vokser Forkortelserne hurtigere. Det yderligere Forløb af et Trykforsøg er forskelligt for de skøre og for de sejge Legemer. Ved de første vil Forkortelserne vokse i stærkere og stærkere Forhold, indtil Sammenhængskraften pludselig ophæves, og Legemet knuses (se § 36). Ved de sidste vil der komme et Punkt, Flydegrænsen, ved hvilket Legemet forkorter sig særlig stærkt, uden at Sammenhængen dog ophæves, til Trods for at Formforandringen er langt større end den, der fremkalder Brud ved de skøre Legemer.

61. Samtidig med at Legemet sammentrykkes, breder det sig i Tværretningen, stærkest paa Midten og aftagende hen mod Enderne, hvor Friktionen mellem Legemet og Trykpladerne forhindrer en **Tværudvidelse**. Fig. 34 viser et Snit i et oprindelig cylindrisk Legeme dannet af 5 ligetykke Blyskiver. Man ser, hvorledes Friktionen har holdt sammen paa Endeskiverne, medens Materialet i den midterste Skive, der har været mindst hindret i sine Bevægelser, er trængt ud til Siderne. Som Følge af at det indre Materiale saaledes presses ud ad, opstaar der tangentielle Trækspændinger i Legemets Overflade, baade i Trykkets Retning og vinkelret derpaa, og et fladt Prøvelegeme af et meget

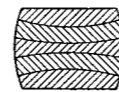


Fig. 34.

¹⁾ Kuglefladens Centrum maa helst ligge i samme Plan som Stanghovedets Underside, thi i modsat Fald kan den ovennævnte Drejning fremkalde en vandret Forskydning af Stangen bort fra dens centrale Stilling.

¹⁾ ogsaa haardtrukne Traade springer let paa Indspændingsstedet.

strækkeligt Materiale (et Stykke Vidskelæder) kan bringes til at revne i det vandrette Midterplan. Ophæves Friktionen, bliver Tværudvidelsen ens overalt, saaledes som det er paavist med Kobbercylindre: Er deres Endeflader ru, antager de Tøndeform, er de polerede, beholder de Cylinderformen, og er de filede i een Retning, bliver Tværnittene ovale, idet Friktionen er mindre parallelt med Strøgene end vinkelret derpaa.

De blivende Formforandringer ved Tryk foregaar ligesom ved Træk saaledes, at Legemets Volumen forbliver konstant, og Tværudvidelsen bliver derfor først rigtig stærk, naar Flydegrænsen overskrides. Om Skridningslinier se § 29.

Mangler Friktionen, vil Forholdet, m , mellem Længde- og Tværdeformation være det samme som ved Trækforsøg (§ 39). For de blivende Deformationer haves $m = \text{ca. } 2$, for det elastiske varierer m stærkt med Materialets Art og er for blødt Staal 3,5, for Beton indtil 8 (Jærnbeton 1918, § 111).

B. Brudmaade.

62. Brudmaaden afhænger dels af Prøvelegemets Form, dels af Materialets Seighed.

Udbøjningsbrud forekommer, naar Legemet er saa slankt, at det i ikke kan forblive retliniet under Forsøget, men bøjer sig ud til Siden. Slige Legemer kaldes Søjler. Ved Prøvning af korte Stykker Rør med ringe Vægtykkelse kan en ejendommelig Søjlevirkning indtræde, idet Røraksen forbliver retliniet, mens Rørvæggen folder sig, som naar man skyder en Harmonika sammen.

Styrken af slige Rør fandt Bach at være: $S_e = 4 \cdot \sigma_F \cdot \sqrt{t \cdot d}$, hvor σ_F er Flydegrænsen t , Vægtykkelsen og d Middeldiameteren.

63. Forskydningsbrud er den almindeligste Form for Brud i skøre Legemer, naar Slankheden er saa ringe, at en Udbøjning ikke finder Sted. Slige Legemer kaldes Prismer. Forskydningen sker enten langs en enkelt Flade (Fig. 35) eller langs flere Flader under Dannelse af de saakaldte Trykpyramider (Fig. 36).

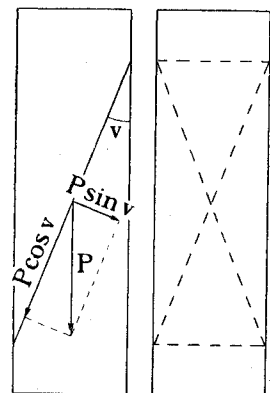


Fig. 35.

Fig. 36.

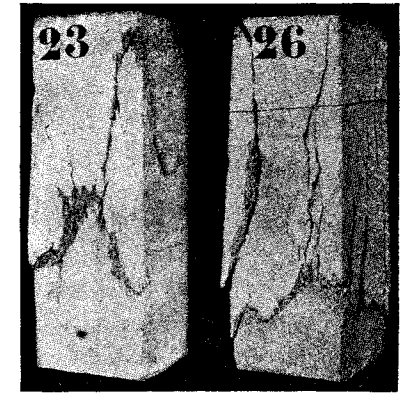
Er Prismets Tværnsnitsareal F , bliver Arealet af den skraa Flade: $\frac{F}{\sin v}$, og den forskydende Spænding pr. Arealenhet af denne Flade:

$$\tau = \frac{P}{F} \cdot \cos v \sin v = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{F} \cdot \sin 2v,$$

der bliver Maksimum for $v = 45^\circ$. Bruddet sker imidlertid under en mindre Vinkel, hvilket man forklarer ved at antage, at Forskydningsstyrken vokser med det Normaltryk, som presser de to Flader sammen. Normalspændingen i Snittet er $\sigma = \frac{P}{F} \sin^2 v$, altsaa aftagende

med v , og Bruddet sker derfor under en Vinkel, ved hvilken τ ikke har sin Maksimalværdi, men hvor til Gengæld Fladerne er mindre belastede, end de er for $v = 45^\circ$. Som Regel er Dobbeltpyramidens Højde 2—3 Gange Prismets

Sidelinie, $\text{tg } v$ altsaa $\frac{1}{2} - \frac{1}{3}$; i de saaledes bestemte Planer maa derfor Forskydningsmodstanden være mindst, og naar Prøvelegemets Højde, som ved Tærningforsøg, er saa ringe, at de naturlige Brudflader ikke kan danne sig, finder man følgelig en for stor Styrke. Fig. 37 viser et Fotografi af knuste Betonprismer.

Fig. 37. Knuste Betonprismer¹⁾.

64. Ved Tærningforsøg gør Friktionen langs Endefladerne sig gældende. Erfaringen viser, at Endefladerne bliver fuldstændig fastholdte, og da den Kraft, der søger at drive et Punkt af Endefladen udefter, maa vokse med Punktets Afstand fra Legemets Akse, maa Friktionen vokse paa samme Maade; den er fremstillet øverst i Fig. 38 som Ordinator til de to skraa Linier. Samtidig er Legemet paavirket af et jævnt fordelt Tryk, og sammensætter man i hvert Punkt dette med Friktionen, finder man, at Legemets Endeflader er paavirket af skraatrettede Kræfter, der alle gaar gennem samme Punkt. Kun det af de

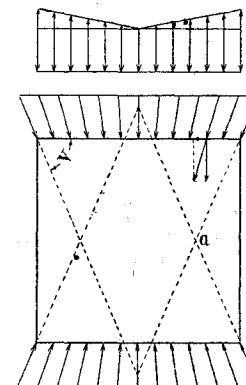


Fig. 38.

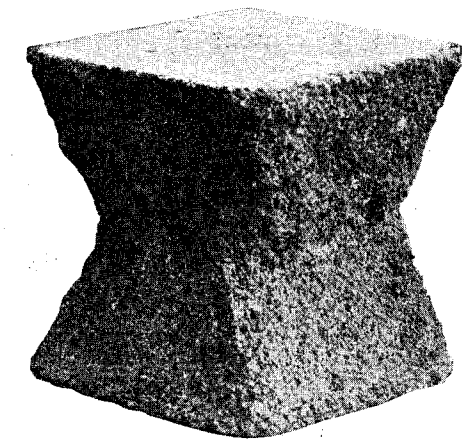


Fig. 39. Knust Tærning af Cementmørtel, (Normalprøvelegeme).

punkterede Pyramider begrænsede timeglasformede Legeme paavirkes altsaa direkte af Maskinen, og Paavirkningen er saadan, at den holder sammen paa Materialet. Stykkerne udenfor Timeglasset er derimod ikke direkte paavirkede, men paa Grund af Fladen ab 's Sammentrykning vil der opstaa saa store Forskydningspændinger i denne, at Legemet spalter her.

Ved Trykforsøg med Sten- og Betontærninger viser Bruddet sig, i Overensstemmelse med denne Forklaring, ved at de fire Sideflager løsner sig, mens der bliver et mer eller mindre sammenhængende Legeme, dannet af to Pyramidestubbe, tilbage (Fig. 39); er Prøvelegemet cylindrisk, faar man Keglestubbe²⁾.

¹⁾ Mörsch: Der Eisenbetonbau 1912, S. 123.

²⁾ Disse benævnes undertiden **Skridningskeglerner**. Vinklen v , **Virkningsvinklen**, kan synke til 50° ; den maa, hvis ovenstaaende Forklaring er rigtig, afhænge af Materialets Tværudvidelse. I Virkeligheden viser det sig ogsaa, at v bliver stor, naar Betonen er daarlig og porøs, saa at den sammentrykkes stærkt uden at vide sig ud i Tværetningen.

65. At Brudaarsagen er Forskydning, bekræftes ved Forsøg af den i Fig. 40 viste Art, der giver samme Styrke som Tærningeforsøg, idet Prøvelegemets større Bredde i Tværetningerne er uden Indflydelse paa Forskydningen i Fladerne *ab*.

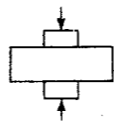


Fig. 40.

66. **Trækbrud** eller **Brud** som Følge af Tværudvidelsen kan forekomme i Stoffer med ringe Trækstyrke. Saaledes flækker høje Granitcylindre ofte i 2 eller 3 Stykker, og en Svejseljærns Cylinder med lodrette Fibre kan revne eensidigt, fordi Trækstyrken er ringe tværs paa Fibrene. Hvis man ved Forsøg med lave Legemer kunde ophæve Friktionen langs Trykpladerne, maatte man vente, at Bruddet vilde ske som Følge af Tværudvidelsen, og at Legemet vilde spalte sig i lodrette Prismer, og denne sidste Brudform er det virkelig ogsaa lykkedes *Föppl* at frembringe i mer eller mindre mangelfuld Skikkelse ved at smøre Trykfladerne, og samtidig fandt han Brudstyrken væsentligt ringere end ellers¹⁾, men sandsynligvis er dette Resultat ikke blot en Følge af Friktionens Ophævelse, men tillige en Følge af at Smøremidlet flyder ud og driver Prøvelegemets Endeflader med sig.

67. **Flydning** er den Form, hvorunder seige Stoffer ødelægges. Naar Spændingen har naaet Flydegrænsen, vil den som Regel ikke kunne stige højere; forøges Lasten yderligere, vil Legemet flyde ud i tilsvarende Grad, saaledes at Kraften divideret med det samtidige Tværnsnitsareal tilnærmelsesvis vil holde sig konstant under Resten af Forsøget. For slige Stoffer er Flydegrænsen at opfatte som Brudgrænse.

C. Brudstyrke.

68. Ved Brudstyrken forstaar man $P : F$, hvor P er Maksimallasten, F det oprindelige Tværnsnitsareal. Man skelner mellem Søjlestyrke, Prismestyrke og Tærningestyrke.

Søjlestyrken findes ved Legemer, der er saa slanke at de bøjer sig; den aftager hurtigt med voksende Slankhed²⁾. Om Rørs Styrke se § 62.

Prismestyrken findes ved Legemer, hvis Højde overstiger Trykpyramidernes (2—3 Gange Tværmaalet) uden at være saa stor, at Udbøjning indtræder. Den er ret uafhængig af Legemets Slankhed og giver Trykstyrken i dens reneste Form. For Beton er den 0,8 Gange Tærningestyrken³⁾.

Tærningestyrken findes ved Tærninger. Ved saa lave Prøvelegemer gør Friktionen langs Trykpladerne sig gældende. Fig. 41 viser Resultaterne af nogle Forsøg med Støbejernscylindre, hvis Diameter var 2^{cm}, medens Højden varierede fra 1 til 4^{cm}. Som Abscisser er afsat Forholdet mellem Højde og Diameter, som Ordinater Brudstyrken angivet i Procent af den 2^{cm} høje Cylinders.

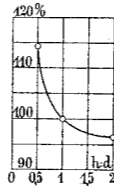


Fig. 41.

D. Forsøgsregler.

69. For at faa sammenlignelige Resultater, maa man bruge **ligedannede Prøvelegemer**. Ved Elasticitetsforsøg gøres Højden saa stor, at Maaleapparaterne kan anbringes, og at Maalelængden kommer saa langt fra Endefla-

¹⁾ Styrken af Cementtærninger var 50%, af Stentærninger 66—75% mindre.

²⁾ Ved Blycylindre indtræder Søjlevirkningen allerede, naar Højden er større end ca. 2,7 Gange Diameteren (*Mitt. ü. F.* Heft 141, S. 7).

³⁾ Se min *Jærnbeton* 1918, § 98. Den naturlige Højde af Dobbeltpyramiden synes for kvadratiske Betonsøjler at være 2 Gange Søjleens Sidelinie (*D. A. f. E.* Heft 21, S. 26). For cylindriske Prøvelegemer af Støbejern og blødt Staal med $h > ca. 3 d$ er Trykstyrken næsten uafhængig af $h : d$ og lig ca. 0,89 Gange Styrken for $h = d$.

derne, at Forkortelserne ikke paavirkes af Friktionen. Ved Styrkeforsøg har man hidtil i overvejende Grad brugt Tærninger¹⁾, men i Fremtiden vil antagelig Brugen af slankere Prøvelegemer, hvis Styrke er uafhængig af Friktionen brede sig.

Ved Prøvning af skøre Stoffer som Beton, Sten og Støbejern er det meget vigtigt, at Trykket virker **centralt**, da Brudstyrken ellers formindskes stærkt, og Trykfladerne maa derfor gøres plane enten ved Høvling eller Slibning eller ved Afretning med Cementmørtel. Fladerne maa desuden saa vidt muligt staa vinkelret paa Trykretningen, men Mangler i saa Henseende vil dog til en vis Grad uskadeliggøres, naar een af Maskinens Trykplader er lejret i en Kugleskaal, saaledes at den lægger sig an mod hele Prøvestykkets Flade, selv om denne ikke er vinkelret paa Trykretningen (Fig. 3 og 10). Den nedre Trykplade er forsynet med indridsede Kvadrater, hvis Midtpunkt falder i Trykaksen, saaledes at Legemet let centreres. Bliver Bruddet uregelmæssigt, er det som Regel et Tegn paa, at Kraften har virket ekscentrisk, men Uhomogenitet hos Materialet kan dog ogsaa have Skylden.

Medens skøre Legemer har en tydelig Brudgrænse, kan en saadan ikke paavises ved seige Stoffer, da Tværnsnittet her stadigvæk vokser. Ved disse opgives derfor Flydegrænsen som Brudgrænse.

E. Tryk i flere Retninger.

70. Det foregaaende viser, at Brudaarsagen ved Trykforsøg ikke direkte er Trykket, men derimod sekundære Træk- eller Forskydningsspændinger, og det vilde jo ogsaa være urimeligt at antage, at man ved et Tryk, altsaa ved at nærme Molekylerne til hinanden, skulde kunne bryde et Legeme, thi et Brud bestaar jo netop i, at Molekylerne fjerner sig fra hinanden. Faar et Legeme ligestore Tryk fra alle Sider, saa at Smaadelene intet Steds kan vige ud, saa kan det ikke knuses. *Föppl* har vist dette ved at putte smaa Kugler og Tærninger i en Staalcylinder, i hvilken de udsattes for et Vædsketryk af 3500^{at} uden at brydes (forudsat at de var homogene), medens de samme Legemer (f. Eks. Glas, Kalksten, Cement) ved et almindeligt Trykforsøg kun taaler en langt ringere Spænding²⁾.

En Tærning, der trykkes i to Retninger mellem Trykplader, bærer væsentlig mere end ved et normalt Forsøg, naar i bægge Tilfælde Pladerne er usmurte; ved Forsøg med smurte Flader findes derimod ingen Forskel paa de to Styrker.

Det første fremgaar ogsaa af det i Fig. 42 viste Trykforsøg med en 6^{cm} Gummitærning³⁾. *a* er dens Arbejdslinie, naar den frit kan udvide sig til alle fire Sider, *b*, naar den kun kan udvide sig til to Sider og *c*, naar den er helt indesluttet. Sammentrykningen i sidste Tilfælde skyldes hovedsagelig, at Tærningen ikke har været absolut indesluttet. Man ser heraf, at et tæt Legemes Elasticitet er betinget af, at det kun paavirkes i en enkelt Retning og frit kan forandre Form

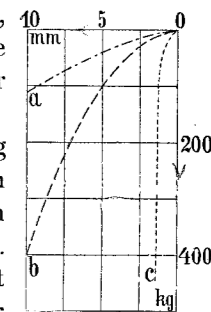


Fig. 42. Trykforsøg med Gummitærning.

¹⁾ eller, hvis Tværnsnittet ikke er kvadratisk, Legemer, hvis Højde er lig Kvadratroden af Tværnsnitsarealet. Cylindriske Prøvelegemer med $h = d$ er ogsaa almindelige.

²⁾ Anbringer man et Trækprøvelegeme i en saadan Beholder og trækker det over, mens det er under Tryk fra alle Sider, maa der anvendes samme Trækraft som ved et alm. Trækforsøg (*Ing.* 1904, S. 114).

³⁾ A. Martens: Materialienkunde für den Maschinenbau I, S. 10.

i Tværetningerne. Er Legemet derimod porøst, vil det kunne presses sammen uden at vide sig ud paa tværs (Kork).

71. Naar **skøre Legemer** udsættes for et tilstrækkeligt stort alsidigt Tryk, bliver de plastiske og kan undergaa store Formforandringer uden at brydes, idet Sidetrykket forhindrer en Adskillelse. *Kármán*¹⁾ har eksperimenteret med Marmorcylindre, der, samtidig med at de var i Pressen, blev udsat for et Vædsketryk paa deres cylindriske Overflade. Naar Vædsketrykket var tilstrækkelig stort, lod Legemet sig ikke knuse, selv om Pressens Tryk steg til det fire-dobbelte af, hvad der ellers krævedes, men det lod sig sammentrykke indtil 9% og antog Tøndeform ganske som et plastisk Materiale. En mikroskopisk Undersøgelse viste, at naar Sidetrykket var ringe, skete Bruddet som Følge af Forskydninger langs Kornenes Grænseflader; de større Sidetryk pressede derimod Kornene saa fast mod hinanden, at en Forskydning var udelukket, og de store blivende Deformationer var en Følge af talrige Glidninger langs Flader i de enkelte Korn, Glidninger som ikke i væsentlig Grad svækkede Sammenhængen; Prøvelegemer, der havde forkortet sig 6—9 %, blev bagefter knuste paa almindelig Maade og viste en Styrke, der kun var 15—20% under den normale.

72. Er et Legeme samtidig paavirket i flere Retninger, plejer man at forudsætte, at den resulterende Formforandring er lig Summen af de Formforandringer, hver Paavirkning tagen for sig giver; denne Lov kaldes **Superpositionsloven**. Paavirkes Legemet i tre paa hinanden vinkelrette Retninger af Spændingerne σ_x , σ_y og σ_z , vil disse, hvis de virker hver for sig, give følgende Længdeændringer (§ 61):

Længdeændring i:	<i>x</i> -Retningen	<i>y</i> -Retningen	<i>z</i> -Retningen
fremkaldt af σ_x :	ϵ_x	$-\epsilon_x : m$	$-\epsilon_x : m$
» » σ_y :	$-\epsilon_y : m$	ϵ_y	$-\epsilon_y : m$
» » σ_z :	$-\epsilon_z : m$	$-\epsilon_z : m$	ϵ_z

Den samlede Længdeændring i f. Eks. *x*-Retningen bliver da efter Superpositionsloven:

$$\epsilon = \epsilon_x - \frac{1}{m} \cdot (\epsilon_y + \epsilon_z) \quad \text{eller} \quad \epsilon = \frac{1}{E} \cdot \left(\sigma_x - \frac{1}{m} \cdot (\sigma_y + \sigma_z) \right),$$

saafremt Spændingerne ligger under *PG*, idet man da har $\sigma_x = E \cdot \epsilon_x$ o. s. v. Den sidste af de to Ligningers Gyldighed for blødt Staal under *PG* er bekræftet ved Forsøg (*Ing.* 1904, S. 111).

IV. Bøjningsforsøg.

A. Belastningsmaade.

73. Bøjningsforsøg benævnes her saadanne Forsøg, der tjener til Bestemmelse af et Materiales **Bøjningsstyrke** eller **Bøjningselasticitet** i Modsætning til Bøjelighedsprøver, der er rene Sejghedsprøver, ved hvilke den anvendte Kraft slet ikke maales. Som praktisk **Kvalitetsmaalestok** ved Materialleverancer benyttes Bøjningsforsøg, kun overfor Støbejern (§ 128-31) og Jærnbeton.

Til simple Styrkeforsøg uden Formforandringsmaalinger kan man bruge en **kort Prøvebjælke**, indspændende dens ene Ende og forlænge den anden ved Hjælp af en Vægtstangsarm, der yderst ude bærer en Vægtskaal. Armen forbindes med Bjælken ved Hjælp af en Bøjle og en Kile, som vist i Fig. 43. For at bestemme det bøjende Moment, som det tomme Vægtstangsapparat giver, kan man ombytte Bøjle og Kile og maale den Kraft, som skal til for at løfte den frie Ende. Er denne Kraft *P*, og Vægtstangsarmen 150 cm, bliver det bøjende Moment 150 *P*, der altsaa maa adderes til Momentet af den paaførte Last. Ved at anvende en inddelt Spand i Stedet for Vægtskaalen, kan man bruge Vand til Belastning²⁾.

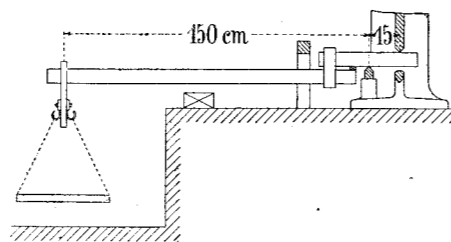


Fig. 43.

74. Den **almindeligste Forsøgsordning** er dog, at Bjælken understøttes ved Enderne og belastes med en Kraft paa Midten (Fig. 4) eller med to Kræfter *P* (Fig. 49) symmetriske om Midten, hvorved man opnaar, at det mellemliggende Bjælkestykke bliver paavirket af et konstant Moment uden Forskydninger. Paa denne Strækning kan man da (f. Eks. med Spejlsapparat, Fig. 13) maale Bjælkens Forlængelser og Forkortelser i forskellige vandrette Snit og bestemme den neutrale Akses Beliggenhed uden at være generet af den lokale Sammentrykning paa Kraftangrebsstedet. Da Momentet er ens paa hele Strækningen, vil Bruddet ske i det svageste Tværsnit, og man finder derfor gerne en ringere (og sandere) Styrke end ved Forsøg med 1 Midterkraft. En jævnt fordelt Last kan efterlignes ved en Række lige store Enkeltkræfter (Fig. 47).

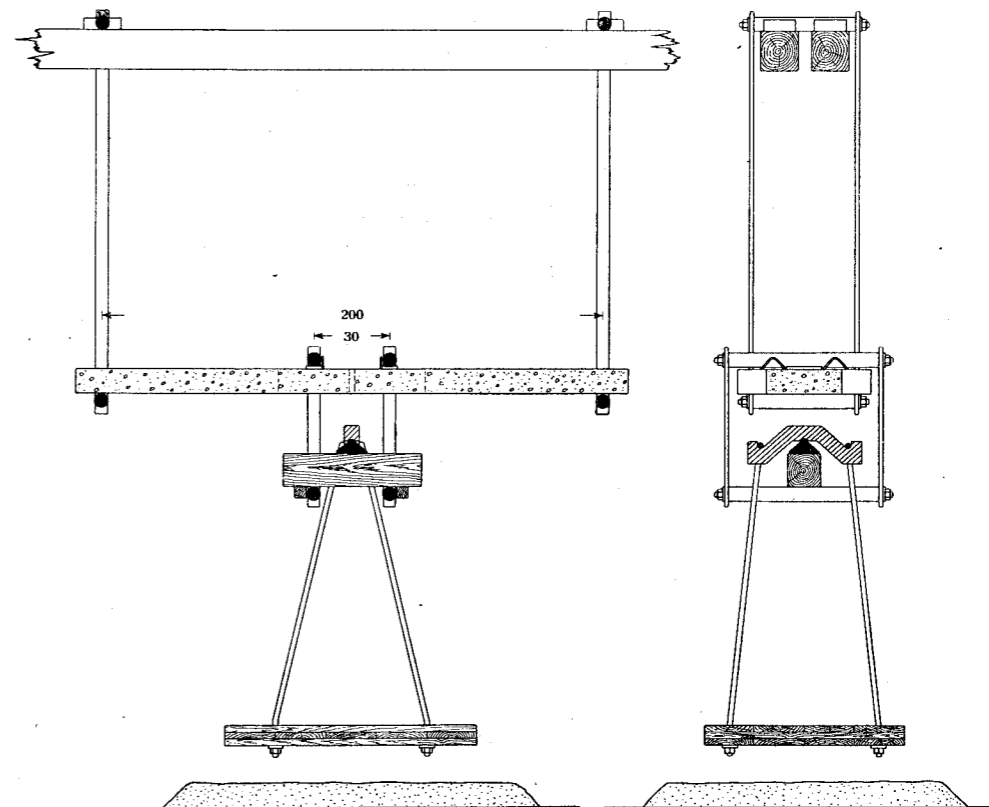


Fig. 44.

For at Bjælken skal blive paavirket til ren Bøjning, maa **Lejerne** være saaledes indrettede, at de ikke hindrer Bjælkens strakte Side i at forlænge sig, da der ellers opstaar et Horizontaltryk, som forøger Styrken. Bjælken lægges bedst paa Ruller, der er ophængt som Penduler (Fig. 44); lægges de direkte paa et fast Underlag, bliver Bevægeligheden meget ringe, naar Lasten kommer paa. Er Bjælkens Underside vindskaæv, vil den kun kunne hvile fuldt paa den ene Rulle, den anden vil den blot berøre med den ene Kant; først efterhaanden som Lasten forøges, vil der blive fuld Berøring under Indflydelse af det vridende Moment, som opstaar. Dette kan undgaas, naar hver Rulle anbringes i et Vuggeleje, der kan vugge lidt i en Plan vinkelret paa Bjælkens Akse, saaledes at Reaktionen bliver jævnt fordelt over hele Bjælkens Bredde; kan Lejerne ikke vugge, maa der skaffes fuldt Anlæg ved Hjælp af tynde Kiler.

¹⁾ *Mitt. u. F.*, Heft 118; lignende Forsøg har *Considère* og *Adams* og *Nicolson* udført.

²⁾ Dette Apparat er opfundet 1790 af *Ramus*, Direktør for *Creusot*.

De belastende Kræfter ude paa Bjælken kan overføres gennem lignende Ruller; Fig. 44 viser Forsøgsordningen for en flad Jærnbetonbjælke, hvis Form dog er ret ejendommelig, idet den under Rullerne er gjort bredere ved paastøbte Flige. Rullerne hviler paa Filtstrimler, der centrerer og fordeler Kraften over Bjælkens midterste Halvdel, og for at de ikke skal glide sammen, naar Bjælken bøjer sig, støttes de af indstøbte Rundjærn, bøjede i Bølgeform. Belastningsmaterialet anbringes paa Vægtskaalen, der er ophængt i en Rytter, der balancerer paa en afdrejet Staalkegle, hvis Spids gaar op i en kegleformet Udboring i Rytteren; derved opnaas, at Kraftens Angrebepunkt ikke flytter sig ved eensidig Belastning af Skaalen. Keglen staar midt paa en Træbjælke, der overfører Kraften til de to Pendullejer.

75. I Stedet for at ophænge Bjælken kan man ogsaa lægge den paa Lejer, naar blot det ene er tilstrækkelig bevægeligt. I Fig. 45 udøves Trykket gennem den øvre Staalkugle, som ligger midt over Bjælken og saaledes sikrer en central Paavirkning; et Stykke Firkantjærn og en Filtstrimmel fordeler Tryk-

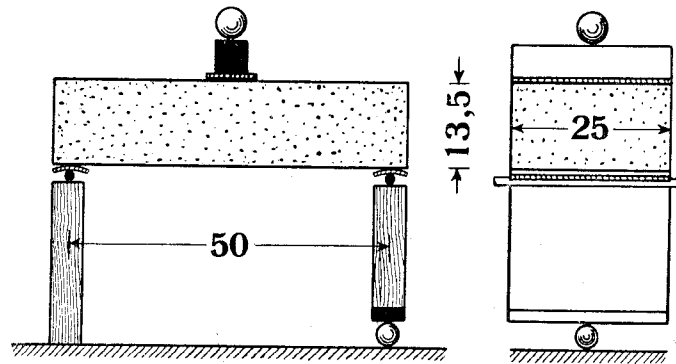


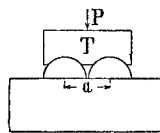
Fig. 45.

ket jævnt over Bjælken. Denne hviler paa Rundjærn dækkede af Filtstrimler; Rundjærnene er fastsømmede i 2 Plankestumper og har kun den Opgave at fiksere Reaktionernes Angrebepunkt. Planken tilvenstre danner det faste Leje og maa helst gøres væsentlig bredere i Spændviddens Retning

end tegnet, da Opstillingen derved bliver stabilere. Planken tilhøjre er beslaet med Fladjærn, der hviler paa en centralt liggende Kugle. Ved denne Opstilling maa bægge Reaktionen virke centralt, da der ellers ikke kan være Ligevægt, og samtidig er Horizontaltryk og vridende Momenter udelukket.

76. Er Kræfterne store og Materialet blødt, kan Rullerne trykke sig ind i Bjælken, hvilket navnlig er uheldigt, naar der virker en Enkeltkraft midt paa denne, idet Brudtværnsnittet forringes. Ved Prøvning af Træbjælker fordeler man derfor Trykket ved Hjælp af smaa Stykker haardt Træ (Fig. 51), men derved indføres en Fejl i Forsøget, da Trykfordelingen under Midterklodsen ikke kendes.

Denne Fejl har man søgt undgaaet ved at overføre Trykket gennem to Halvcylindre (Fig. 46); naar Bjælken bøjer sig, skal Cylindrene dreje sig i Trykstykket *T*, saaledes at Trykket vedbliver at være jævnt fordelt over deres Underflade. Ved denne Ordning bliver største Moment $\frac{1}{2} P(l-a)$. Paa Grund af Friktionen vil den forudsatte Drejning imidlertid næppe finde Sted; i alt Fald bør *T* have en plan Underside.

Fig. 46.
Trykfordelings-
stykke.

77. En Bøjemaskine med fordelt Last er vist paa Fig. 47. Prøvebjælken *B* bøjes her opad, en Ordning som er bekvem ved Prøvning af Jærnbetonbjælker, fordi man da let kan følge Revnedannelsen i Træksiden. Belastningen udøves af en Række hydrauliske Cylindre *C*, der gennem bøjelige Rørledninger *R* staar i Forbindelse med samme Trykledning, saaledes at Trykket er ens i samtlige Cylindre. Bjælkens Lejer bestaar af Ruller *L*, hvilende i Cylinderstykker *V*, der kan dreje sig i Tværstykkerne *T* og saaledes tillader Rullerne at indstille sig efter Prøvebjælkens Overflade. Tværstykkerne kan hæves og sænkes paa Skrueboltene *S* og danner sammen med disse og det nedre Tværstykke *N* en Ramme, der, for at udelukke Horizontaltryk kan svinge om Dornen *D*, der trykker mod den store I-Bjælke *I*, paa hvilken ogsaa de hydrauliske Cylindre hviler med forskydelige Pod-

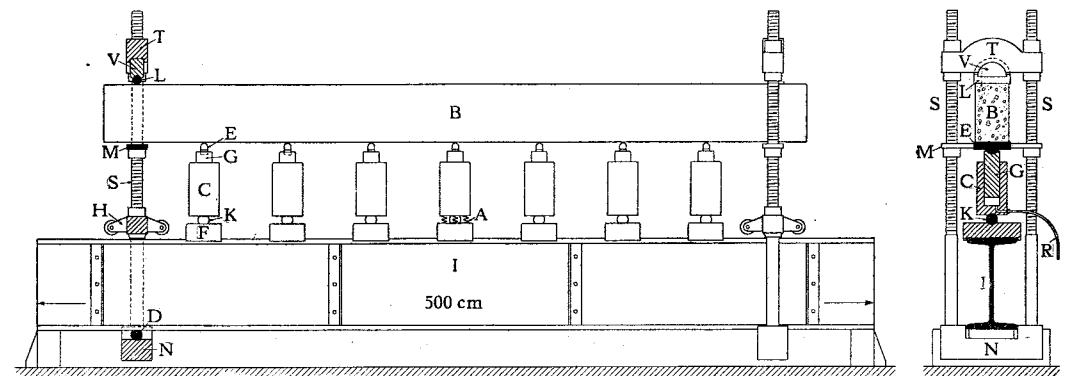


Fig. 47. Bøjemaskine med fordelt Last fra Gebrüder Amsler.

stykker *F* som Mellemlid. Kuglen *K* tillader Cylindrene at indstille sig i Trykkets Retning og at følge Bjælkeundersidens Forkortelser. De 4 Skrueffjere *A*, der kun er vist under den midterste Cylinder, hindrer en Væltning, naar Cylindren er ubelastet. Cylindrens Trykhoved *E* hviler i en cylindrisk Fordybning i Stemplet *G*, saa det kan indstille sig efter Prøvebjælkens Underside. Naar Cylindrene tømmes, vil Prøvebjælken synke ned og med den Skrueboltene *S*, indtil Hjulene *H* (ikke viste i Snittet) hviler paa I-Bjælken; samtidig sænkes Dornen *D*, saa hele Lejerammen kan køres tilside. Den forskydelige Tværskinne *M* kan bruges til midlertidig Understøtning af Bjælken. Hver Cylinder kan trykke med 20 t, men Maskinens øvrige Dele er kun dimensionerede for en Totallast af 105 t, altsaa 15 t pr. Cylinder, naar de alle 7 er i Brug.

B. Nedbøjningsmaaling.

78. Bjælkens Nedbøjning er lig med Forskellen mellem Midtærtværsnittets og Lejetværsnittenes Sænkning, idet Lejerne som Regel vil sænke sig noget under Indflydelse af de virkende Kræfter. Er Bjælken af haardt Materiale, er det uden Betydning, om Maalingen foretages paa dens Overside, Underside eller i dens neutrale Flade; er den derimod af saa blødt Materiale, at Belastnings- og Lejerullerne presser sig ind i den, maa Maalepunkterne vælges saaledes, at man ikke faar de lokale Indtryk med.

Er Nedbøjningen stor, saavel absolut som i Forhold til de nævnte Indtryk, kan man simpelt hen med en Millimeterstok maale Afstanden fra Bjælkens Underside op til en udspændt Snor eller en Lineal, der hviler paa Understøtningsslinierne. Eller man kan bruge det i § 10 beskrevne Apparat. Se ogsaa § 91.

Små Nedbøjninger kan maales ved Hjælp af den i Fig. 48 viste Nedbøjningsmaaler, som bestaar af en uligearmet Vægtstang, hvis korte Arm berører Bjælkens Underside, mens den lange Arm viser Nedbøjningen stærkt forstørret. Ved Hjælp af Skruen *s* kan Viseren stilles paa Nul, og Skruen sidder ikke direkte paa Vægtstangen, men paa den lodrette Stang i en Parallelogramforbindelse, da Omsætningsforholdet ellers vilde forandre sig, efterhaanden som Nedbøjningen vokser. Apparatet kan ved grovere Maalinger stilles paa et fast Bord, ved finere paa en forkrøbet Bjælke, der har Lejer fælles med Prøvebjælken.

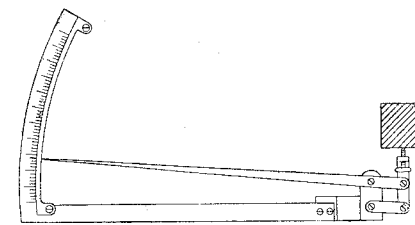


Fig. 48. Nedbøjningsmaaler.

Maaling paa Bjælkens Overside kan ske fra en Lineal *L* (Fig. 49) af Form som et trebenet Bord, der er stillet ovenpaa Bjælken, og i hvis Midte der er an-

bragt en Bøsning (Fig. 50), som styrer en Dorn D , der hviler midt paa Bjælken. Nedbøjningen y maales da med Mikrometerskrue¹⁾.

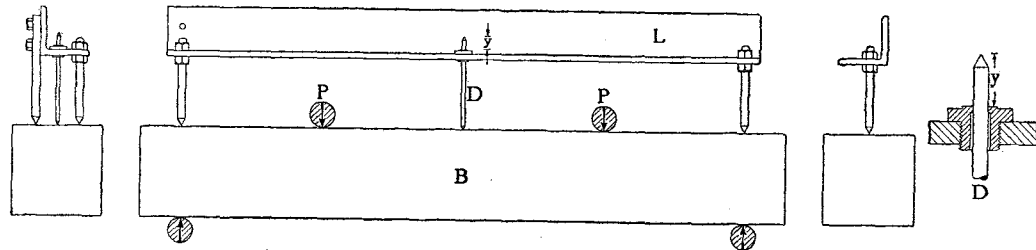


Fig. 49. Nedbøjningsmaaler.

Fig. 50.

Virker Kraften midt paa Bjælken, kan man enten maale mellem Lejetværnsnittenes Overside og Midtertværnsnittets Underside, eller ogsaa kan man i Bjælkens vandrette Midterplan afmærke tre Punkter paa hver Side, eet midtvejs og eet over hver Understøtning, og saa maale, hvormeget Midtpunktet sænker sig i Forhold til de to andre. Maalingen kan udføres med det i Fig. 51 viste Apparat²⁾, der bestaar af

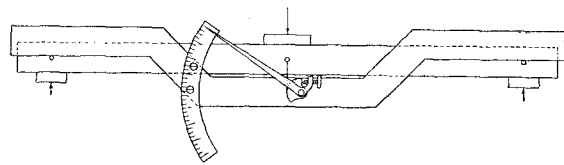


Fig. 51. Nedbøjningsmaaler.

en forkrøbbet Lineal med en Maalebue, i hvis Centrum en drejelig Aksel er lejret. Akslen er i fast Forbindelse med en segmentformet Plade, mens Viseren kan dreje sig om Akslen og stilles paa Nu ved Hjælp af en lille Skrué, hvis

Spids berører Pladen. Fra Pladen føres en Traad op til Bjælken, og naar denne bøjer sig, vil Viseren paa Grund af sin Vægt holde Traaden stram og vise Nedbøjningen 8 Gange forstørret. I de tre Punkter, hvis Bevægelse maales, kan enten indskrues Stifter eller fastklemmes Skruetvinger.

Om Griots Nedbøjningsmaaler, der navnlig bruges paa Byggepladser, se min *Jærnbeton* 1918, § 512. Til meget fine Maalinger bruges **Spejlapparat**³⁾.

C. Arbejdslinie og Bøjningsstyrke.

79. Afsætter man sammenhørende Værdier af Last og Nedbøjning i et Koordinatsystem, faar man Materialets **Bøjningskurve**, der ganske svarer til dets Trykkurve og altsaa ved smedeligt Jærn viser en Elasticitets-, en Proportionalitets- og en Flydegrænse samt undertiden en Brudgrænse. Ved sejgt Materiale sker der ikke et fuldstændigt Brud, men Bjælken mister sin Bæreevne og bøjer sig stærkt. Flydegrænsen er mindre udpræget end ved Træk- og Trykforsøg, navnlig naar Lasten bestaar af en Enkeltkraft, idet Flydningen da kun indtræder i de yderste Fibre under denne og først forplanter sig ud mod Lejerne og op mod den neutrale Akse, efterhaanden som Lasten forøges.

80. Ved et Materiales **Bøjningsstyrke** forstaar man den Spænding, der findes ved at indsætte Maksimalmomentet og Bjælkens Modstandsmoment i den almindelige Bøjningsformel, altsaa $S^b = \frac{M}{W}$. Da Formlen kun gælder indenfor Proportionalitetsgrænsen og kun under Forudsætning af, at Tværnsnittene for-

¹⁾ D. A. f. E. Heft 27, S. 1.

²⁾ G. Pinchot: Instruktion to engineers of timber tests (U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Circular 38 [Revised]), S. 52.

³⁾ Se f. Eks. Ing. 1914, S. 691.

bliver plane, har de beregnede Værdier naturligvis kun lidet at gøre med de Randspændinger, der virkelig er tilstede i Brudøjeblikket, men de letter dog en Sammenligning mellem forskellig Bøjningsforsøg.

Den **sande Spændingsfordeling** kan man faa et Begreb om ved at forudsætte, at Tværnsnittene forbliver plane under Bøjningen; Snittene AB og CD (Fig. 52) vil da gaa over i Stillingerne $A'B'$ og $C'D'$, Længden AC forkortes til $A'C'$, Længden BD forlænges til $B'D'$. Længdeændringen pr. Længdeenhed ϵ er altsaa proportional med Afstanden fra den neutrale Akse og kan fremstilles ved den rette Linie $E'F'$ (Fig. 53). Følger Materialet Hookes Lov, og er Elasticitetskoefficienten den samme for Træk og Tryk, kan $E'F'$ ogsaa fremstille Spændingerne, idet disse er proportionale med ϵ , og da Ligevægten kræver, at Trykspændingernes Sum er lig Trækspændingernes Sum,

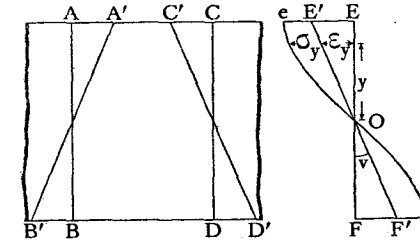


Fig. 52.

Fig. 53.

maa O ligge i Tværnsnittets Tyngdelinie. Er der ikke Proportionalitet, og kendes Materialets Arbejdslinier for Tryk og Træk, vil man paa disse kunne maale den Værdi af σ , der svarer til Længdeændringen ϵ_y i et vilkaarligt Punkt y (Fig. 53) og vil saaledes kunne tegne Spændingskurven ef . Da y og ϵ_y er proportionale, er Kurverne Oe og Of simpelthen Arbejdslinierne for Tryk og Træk. Er disse to Kurver forskellige, kan der ikke blive Ligevægt, med mindre O flytter sig bort fra Tyngdelinien. Er den til en given Vinkeldrejning v svarende Spændingssum mindre for Træksiden end for Tryksiden, maa O flytte op mod denne og omvendt; den neutrale Akse tiltrækkes altsaa af Bjælkens »stærkeste« Side, den mindst elastiske, den der giver sig mindst for en bestemt Spænding.

Den lineære Spændingsfordeling, som lægges til Grund ved Beregningen af S^b , er vist i Fig. 54 ved en ret Linie. I Brudøjeblikket er en saadan Spændingsfordeling kun tilstede i Bjælker af meget haardt Staal, der altsaa giver $S^b = S^t$. For Bjælker af Støbejern, Sten, Beton og lignende skøre Stoffer med ringe Trækstyrke og stor Trykstyrke vil Træksiden forlænge sig stærkt, naar Brudøjeblikket nærmer sig, mens Tryksiden forkorter sig i ringere Grad, fordi Trykspændingen er langt lavere end Trykstyrken. Den neutrale Akse rykker følgelig tilvejs, og i Brudøjeblikket er Spændingsfordelingen som den krumme Kurve angiver, hvorved Materialet omkring den neutrale Akse udnyttes i væsentlig højere Grad end Formlen forudsætter. For saadanne Stoffer er derfor $S^b > S^t$, og Forskellen er des større, jo mere Materialet

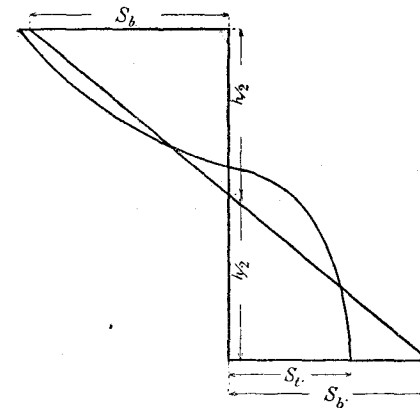


Fig. 54.

er koncentreret omkring den neutrale Akse; for Støbejernsbjælker med I-formet Tværnsnit er Forholdet $S^b : S^t$ saaledes ca. 1,4, med rektangulært Trærnsnit ca. 1,7 og med cirkulært Tværnsnit ca. 2,1; for rektangulære Betonbjælker findes $S^b : S^t = \text{ca. } 2$. Bjælker af smedeligt Jærn forholder sig paa lignende Maade, saaledes har valsede I-Bjælker $S^b = S^t$, medens for rektangulære Staalbjælker S^b stiger fra 1,01 S^t til 1,79 S^t , naar Kulindholdet synker fra 0,96 til 0,14 %.

81. Ved Prøvning af lange Bjælker med ringe Sidestivhed kan Bjælkens Tryk-side forholde sig som en Søjle og bøje sig ud til Siden; ved Prøvning af korte Bjælker med stor Bøjningsstyrke kan der ske Brud som Følge af Forskydning. Med saadanne Bjælker kan S^b naturligvis ikke bestemmes. De nævnte Forhold gør sig navnlig gældende ved I-formede Tværnit (§ 82).

82. **Valsede I-Bjælkers Styrke.** Ved talrige Forsøg med tysk N. P. Nr. 8 har jeg fundet $S^b = S_t$, idet Forsøgsmaaden var den i Fig. 4 viste med 1m Spændvidde. Under Maksimallasten gør der sig en Søjlevirkning gældende i Bjælkens Hoved, saa dette bøjer sig ud, men Udbøjningen bliver ved den nævnte Forsøgsmaade ikke eensidig, da Bjælkens Midte fastholdes af Trykhovedet, derimod antager Bjælkens Hoved, set fra oven, S-Form. Forsøg af Moore (U. I. E. E. S. Nr. 68) med længere og friere Bjælker gav mindre Værdier af S^b . Bjælkernes Hoved bøje sig nemlig ud til Siden for:

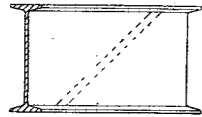


Fig. 55.

$$S^b \left(= \frac{M}{W} \right) = 2800 - 4,22 \cdot c \cdot \frac{l}{i},$$

hvor l er Bjælkens Længde i cm, i Inertiradius i cm m. H. t. Tværnittets lodrette Midterakse og c en af Belastningsmaaden afhængig Konstant (for jævnt fordelt Last er $c = \frac{2}{3}$, for 1 Enkeltkraft er $c = \frac{1}{2}$, se iøvrigt s. S. 19).

Faren for en Foldning af Kroppen kan undersøges ved at betragte en under 45° hældende Strimmel af denne (Fig. 55) som en Søjle indspændt i Flangerne og bestemme Faren for Udbøjning efter Euler, idet Trykspændingen i Søjlen sættes lig Forskydningsspændingen i Bjælken.

V. Bøjelighedsprøver.

83. En af de simpleste Maader at undersøge Metallernes **Sejhed** paa er ved en Bøjelighedsprøve, idet man bestemmer, hvor stærk en Bøjning en Stang kan taale, inden den revner paa den strakte Side.

Et Stykke l af Stangen vil efter Bøjningen have faaet Længden L paa Ydersiden, og hvis Stangen er højet efter en Cirkelbue samt under Forudsætning af, at den neutrale Akse ligger i Midten, og at Tværnittene er forblevne plane¹⁾, faas (Fig. 56):

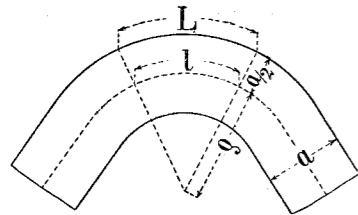


Fig. 56.

$$\frac{L}{l} = \frac{\rho + \frac{a}{2}}{\rho} \quad \text{og} \quad \frac{L-l}{l} = \epsilon = \frac{a}{2\rho}.$$

Hvis Stangen bøjes fladt sammen, bliver $\rho = \frac{1}{2}a$ og $\epsilon = 1$, hvilket vil sige, at de yderste Fibres Længde fordobles. De ovennævnte Forudsætninger passer imidlertid ikke helt, i Virkeligheden har man ved fuldstændig Sammenbøjning af smedeligt Jærn maalt Maksimalforlængelsen til 75—80 %.

Gælder det om at karakterisere Materialet ved Hjælp af en Bøjelighedsprøve, benyttes **Bøjelighedskoefficienten** $100 \frac{a}{2\rho}$, der altsaa angiver de yderste Fibres formelle Forlængelse i Procent af den oprindelige Længde; ρ er den Krumningsradius, ved hvilken Revnerne viser sig, og den maales i den neutrale Akse ved Hjælp af smaa Pladestykker med cirkelformede Udsnit paa 45°, hvis Radier varierer i Spring paa 2 mm.

Man kan ogsaa direkte maale den sande Forlængelse paa Træksiden, naar man forud inddeler denne. En Prøve af denne Art er indført af General Korobkoff. Den udføres med smaa prismatiske Jærnstykker (Fig. 57), hvis ene Ende fastspændes i en Skruestik, mens man sætter en Vægtstang paa den anden Ende og bøjer Prøvestykket, indtil det revner paa den strakte Side.

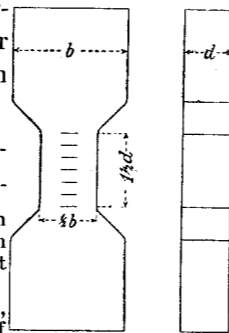


Fig. 57.

84. Paa Grund af **Tværdeformationerne** vil et kvadratisk Tværnit antage den i Fig. 58 viste Form (Træksiden øverst).

¹⁾ Bæge disse Forudsætninger synes at være rigtige, naar Deformationen ikke drives alt for vidt (Mitt. ü. F. Heft 113, S. 18).

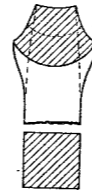


Fig. 58.

Baade Inder- og Ydersiden af Stangen synes at forme sig efter 2' Grads Parabler. Krumningsradius i Tværretningen (til den punkterede Midtlinie i Fig. 58) er omtrent lig 2ρ . Den neutrale Flade antager altsaa en saddelagtig Form. Det deformerede Tværnit er noget højere end det oprindelige.

Naar Bøjningen ikke drives alt for vidt, vil en Del af den være elastisk; har man bøjet Stangen til Krumningsradius ρ og derpaa overladt den til sig selv, vil den fjere tilbage, saa Krumningsradius bliver r , der tilnærmelsesvis kan bestemmes af Formlen

$$(Mitt. ü. F. Heft 113, S. 51): r = \frac{\rho}{1 - 3 \cdot \frac{FG}{E} \cdot \frac{\rho}{a} - 4 \cdot \left(\frac{FG}{E}\right)^3 \cdot \left(\frac{\rho}{a}\right)^3}$$

For $FG = 0$ findes $r = \rho$; jo højere FG ligger, des større bliver $r : \rho$. Forskellen mellem blødt og haardt Staal i denne Henseende mærkes tydeligt, naar man bøjer Kroge paa Betonjærn.

85. Rund- og Kvadratjærn prøves, som de er, medens man af Plader og Profiljærn udtager Strimler, hvis Bredder er 3—5 cm¹⁾. Stængernes skarpe Kanter bør afhøvels, da disse er særlig tilbøjelige til at revne. Hvis Strimlerne er udklippede med Saks, maa de høvels paa Siderne, saa at det beskadigede Materiale, hvori der hurtigt vilde danne sig Revner, fjernes. Om Udtagelsen se § 320-1.

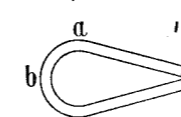


Fig. 59.

Prøven kan udføres med en almindelig Hammer og Ambolt, idet man først bøjer Prøvestykket i en Løkke (Fig. 59) og dernæst hamrer paa a , indtil der viser sig Revner ved b , eller indtil Løkken er hamret helt flad.

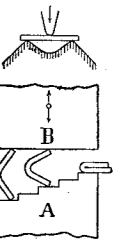


Fig. 60-61.

Paa Jærnværkerne, hvor der daglig udføres mange Prøver af denne Art, anvendes undertiden to Presser; i den ene (Fig. 60) gives der Stangen en foreløbig Bøjning, hvorpaa den med en Tang holdes ind mellem Ambolten A og Stemplet B (Fig. 61), der trinvis bøjer den sammen.

86. Da Materialets Anstrengelse afhænger af Krumningsradius, søger man ofte at holde denne konstant ved at bøje Stangen om en **Dorn** og lade Dornens Diameter variere med Prøvestangens Tykkelse, saa at Anstrengelsen bliver den samme for tynde og tykke Stænger. Ofte tages Dornens Diameter lig med Prøvestangens hele eller halve Tykkelse (Fig. 62 og 63).

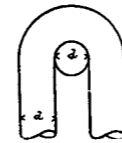


Fig. 62.

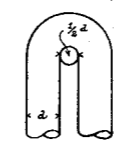


Fig. 63.

Ved større Jærnleveringer kræver Køberen gerne saadanne Bøjepøver foretagne, og enten forlanger han, at Stængerne skal kunne bøjes fladt sammen²⁾, eller ogsaa foreskriver han Tykkelsen af de Dorne, Stængerne skal kunne bøjes om uden at revne.

87. Tillige foreskrives gennem hvor stor en **Vinkel** Bøjningen skal udføres (Fig. 64), eller, hvad der er det samme, hvor stor en Del af Dornens Omkreds Prøvestangen sluttelig skal berøre. I Følge den ovenfor opstillede Formel skulde denne Størrelse ingen Indflydelse have paa Anstrengelsen, men den faar det indirekte, da ρ aftager, naar Vinklen vokser, navnlig naar der ikke anvendes Dorn, men ogsaa hvor en saadan bruges, da man ikke kan tvinge Stangen til helt at lægge sig ind til Dornen (se Fig. 65). Desuden vokser det paavirkede Steds Længde med Vinklens Størrelse, saaledes at der er mere Lejlighed til at finde Fejl i Materialet.



Fig. 64.

88. Bøjelighedsprøver kan udføres mere ensartet paa **Maskiner**, der i

¹⁾ Længden er gerne 15—30 cm.

²⁾ Naar Prøvestængerne bøjes helt fladt sammen, revner de undertiden paa den trykkede Side, men dertil tages der intet Hensyn.

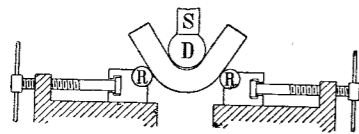


Fig. 65.

Stedet for Hammerslag anvender et jævnt Tryk, og saadanne Maskiner bruges derfor paa Materialprøveanstalterne. De kan være indrettede som Fig. 65 viser, hvor den omskiftelige Dorn, *D*, af det hydrauliske Stempel, *S*, drives ned mod Prøvestykket, der hviler paa Rullerne *R*. Disse kan skrues nærmere til hinanden, efterhaanden som Bøjningen skrider frem. Maskinen har dog den Mangel i Modsætning til den først beskrevne Bøjning uden Dorn, at Paavirkningen ikke er en ren Bøjning, idet der optræder direkte Træk paa Grund af Friktionen mellem Prøvestykket og henholdsvis Dornen og Lejerne.

En Bøjmaskine uden Dorn er vist i Fig. 66. Bægge Stangens Ender er indspændte. Indspændingshovedet *A* er i fast Forbindelse med Tandhjulet, der drives ved en Skrue uden Ende, og hvis Vinkeldrejning *v* kan aflæses. Indspændingshovedet *B* sidder paa et Vægtstangssystem, der er saaledes indrettet, at *B* ikke kan dreje sig, men kun forskyde sig i vandret og lodret Retning. Stangen *C* er nemlig stadig parallel med Trekantsiden *D*, og denne holdes i vandret Stilling af *E* og *F*. Man er her ganske fri for Ekstraspændinger, og da Bøjningsmomentet er konstant over hele Stangens fri Længde *l*, vil Stangen bøje sig efter en Cirkelbue med Radius $\rho = \frac{l}{v}$ for den

neutrale Linies Vedkommende. Efterhaanden som Bøjningen skrider frem, bliver ρ mindre, og man finder altsaa ved Forsøget det mindste ρ , der kan taales, uden at der kommer Revner.

89. Prøver for **Hærdelighed** omtales i § 242, for **Rødskørhed** i § 262 og for **Blaaskørhed** i § 263. Bøjelighedsprøver foretages ogsaa med **Rør** af smedeligt Jærn og da navnlig for at undersøge Svejsfugens Styrke, idet denne lægges ud til Siden, saa at de største Forskydningsspændinger optræder i den (§ 471).

Om Bøjelighedsprøver med **Traad**, se § 429.

90. Undertiden filer man en **Kærv** i Prøvestangens strakte Side for at fremtvinge Brud og faa Strukturen at se (Fig. 95 i § 217).

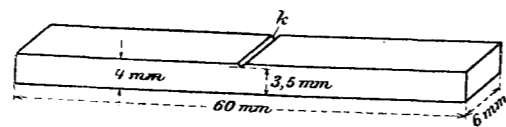


Fig. 67.

Af anden Art er den i de senere Aar benyttede Frem- og

Tilbagebøjning af smaa Prøvestænger med høvlet Kærv (Fig. 67), hvorved visse Arter af Skørhed (§ 100 og 264) fremtræder særlig tydeligt. Legemet indspændes i en Skruestik med skarpe Kanter (Fig. 68) og bøjes ved Hammerslag gennem en Vinkel af 90°, rettes derpaa op og bøjes paa ny til samme Side o. s. v., indtil Bruddet sker.

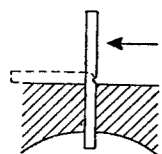


Fig. 68.

Denne Prøve er indført af *E. Heyn* (se f. Eks. *Mitt. ü. F.* Heft 112); ved Bøjetallet forstås det taalte Antal Bøjninger, idet Bevægelsen ned og op regnes for 2 Bøjninger. Kærvvinkelen er 90°. Ved tidligere brugte Prøver af denne Art (§ 276) bøjedes om en Dorn (Fig. 69). I Stedet for at indskærve Strimlen kan man ogsaa gennemlokke den (Fig. 70), for at se i hvor høj en Grad Materialets Sejghed forringes ved Lokning. Hvis Hullet bores i Stedet for at lokkes, skørner det ikke Materialet, men det paagældende Tværnit faar et mindre Modstandsmoment, hvorved Krumningsradius bliver mindre, og Flydningen sker hovedsagelig i dette Tværnit.

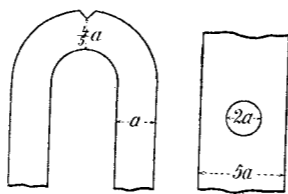


Fig. 69.

Fig. 70.

VI. Slagforsøg.

A. Forsøg med store Slagværker.

91. Om et Materiale er skørt eller ej viser sig som tidligere nævnt tydeligst, naar det faar et Stød eller Slag, og man nøjes derfor ikke altid med den Op-

lysning, som Brudforlængelsen ved et Trækforsøg giver, men underkaster ogsaa Materialet en Slagprøve. Et grelt Eksempel paa, hvor forskelligt et Materiale kan forholde sig overfor langsomt og hurtigt paatvungne Deformationer, afgiver Beg. (§ 35). Grunden hertil er, at den indre Friktion vokser med Forsøgshastigheden; ved et langsomt Forsøg er Friktionen mindre end Kohæsionen, og Materialet flyder derfor, inden det springer; ved et Slagforsøg kan Friktionen blive større end Kohæsionen, saaledes af Bruddet sker uden Flydning.

Forsøgene kan udføres som Trækforsøg (§ 94), men hyppigst bruges **Bøjningsforsøg**, og disse kan enten udføres med særlige Prøvestænger (Støbejern § 131) eller med hele Brugsstykker.

Det er navnlig Skinner, Hjul og Aksler til **Jærnbanebrug**, der undersøges paa denne Maade, fordi disse Dele ved Kørslen hen over Skinnestødene faar meget voldsomme Paavirkninger, som de erfaringsmæssig ikke altid modstaar, selv om Materialet har vist stor Brudforlængelse. Slagforsøget er saaledes en skrappere Prøve end Trækforsøget.

Prøven udføres gerne med **hele Brugsstykket**, idet man lader en Vægt falde ned paa den lodret staaende Hjulbandage eller paa Akselen eller Skinnestykket oplagt som Bjælke. Prøven kan enten være en **Styrkeprøve**, som naar det forlanges, at Stykket skal kunne taale et Slag af bestemt Energi uden at brydes, eller det kan være en **Sejghedsprøve**, som naar det forlanges, at man skal kunne bearbejde det saa længe med Slag af konstant Energi, at Formforandringen naar en vis Størrelse. Undertiden bruges en kombineret Styrke- og Sejghedsprøve (§ 488).

Saaframt Materialet ikke er for sejt til at brydes paa denne Maade, sker **Bruddet** gerne, som Fig. 71 viser. Da der er Symmetri omkring Faldlinien, kan Bruddet naturligvis lige saa godt ske efter en Flade (den punkterede), der er symmetrisk med den viste, og undertiden sker Bruddet efter bægge Flader, saa man faar 4 Brudstykker.

Nedbøjningen maales (som vist øverst tilvenstre paa Fig. 71) fra en Lineal, hvis Længde er lig Skinnens Spændvidde, og som har en Slidse til Styling af en Millimetermaalestok. Da Skinnens Overside deformeres ved Slagene, bruges et Paasætningsstykke, der har en Fordybning over det Punkt, hvortil Maalingensker.

92. Resultaterne af saadanne Slagforsøg lader sig vanskeligt **sammenligne**, thi gøres Slaget saa kraftigt, at Stykket springer, ved man ikke, om det muligvis ogsaa vilde være sprunget for et svagere Slag, og gøres Slaget saa let, at det f. Eks. maa gentages 10 Gange, før der sker Brud, saa vil den samlede Energimængde i disse 10 Slag ikke kunne jævnstilles med en lige saa stor Energimængde anvendt i et enkelt Slag, thi det Arbejde, der medgaar til Stykkets elastiske Formforandring, spildes i første Tilfælde 9 Gange. Overhovedet ved man ikke, hvor stor en Del af Slagets Energi, Prøvestykket optager, og hvor stor en Del, der gaar videre til dets Understøtninger. Var Prøvestykket ophængt i lange Skruefjere, vilde dets Paavirkning naturligvis blive langt ringere, end hvis det er fastere understøttet. Funderingsmaaden og Jordbundens Beskaffenhed er derfor vigtige Faktorer¹⁾.

Vil man sammenligne Virkningen af forskellige Slagværker, kan man benytte ganske ens Cylindre af ganske ens Kobber²⁾. Hvis disse sammentrykkes lige meget af Slaget, er Slagværkernes Virkningsgrad den samme.

¹⁾ I Amerika er der indført et Normalslagværk, hvis Ambolt er opstillet paa 20 kraftige Skruefjere (*Mitt. des I. M.* Bd. II, Teil I, S. 239).

²⁾ Disse Normalkobbere cylindre fremstilles af det bedste Rundkobber til Stagbolte og sælges af *K. M. A.*

93. For dog at skaffe en vis Ensartethed til Veje har I. M. opstillet følgende Principper for Slagværkers Konstruktion og Benyttelse (Fig. 71):

Faldklodsens skal være af Støbejern, støbt eller smedet Staal og bør i Almindelighed veje enten 1000 eller 500 kg, kun i særlige Tilfælde mindre¹⁾. Formen skal vælges saaledes, at

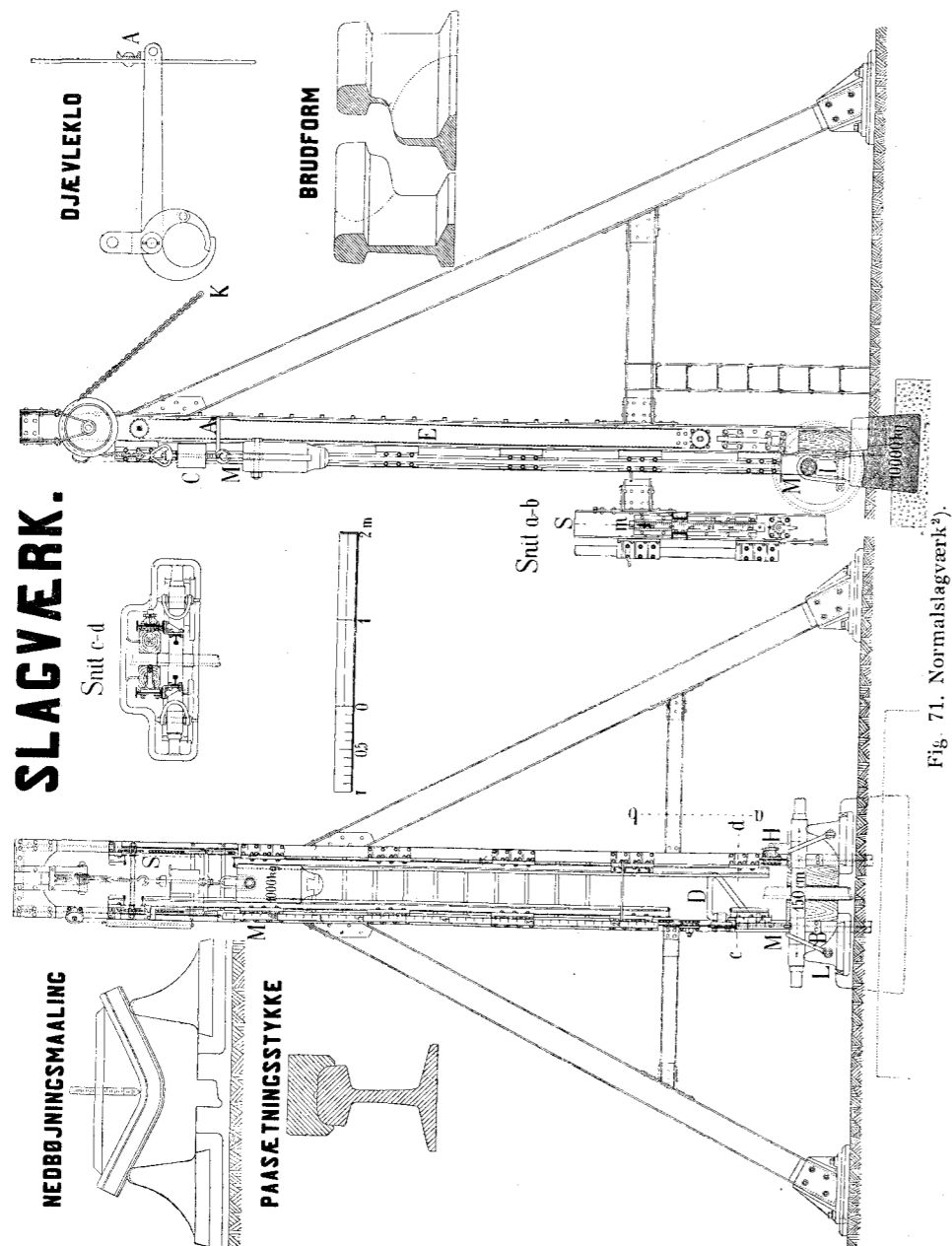


Fig. 71. Normal slagværk²⁾.

Tyngdepunktet kommer til at ligge saa lavt som muligt. Selve Hammerbanen skal være af smedet Staal, afrundet efter en Radius paa 150 mm og fastgjort med Svalehale og Kile. Den skal sidde absolut centralt i Forhold til Faldklodsens Tyngdepunktslinie, og bægge Parter maa være

¹⁾ Den hæves af en Motor ved Hjælp af Kæden K. C er en blyfyldt Kontravægt, der trækker den tomme Kæde ned. Naar Slagværket ikke bruges, hviler Faldklodsens paa Konsolen D; naar denne er ubelastet, svinger den ud af sig selv, saa Banen bliver fri.

²⁾ Figuren viser et Normal slagværk svarende til de Forskriiter, Foreningen af tyske Jærnbaneadministrationer har opstillet.

forsynede med saadanne Mærker, at man let kan overbevise sig om, at denne Betingelse er opfyldt.

Faldklodsens styres af lodrette Jærnskiner¹⁾, og Styringens Længde skal være større end 2 Gange Lysvidden mellem Skinnerne. Berøringsfladerne skal være saa glatte som muligt for at formindske Friktionen; Grafitmøring anbefales.

Faldhøjden bør ikke overskride 6 m, da større Faldværker vanskeligere kan have under Tag og ikke kan bygges saa nøjagtigt som lavere²⁾.

Faldklodsens Tyngdepunktslinie skal ligge i Styreskinernes Midtlinie, og denne maa være angivet ved særlige Mærker paa Ambolten. Ambolten skal være af eet Stykke Støbejern og mindst veje 10 Gange saa meget som Faldklodsens. Fundamentet skal være af stærkt Murværk og saa uelastisk som muligt. Størrelsen maa under ingen Omstændigheder være under 6 Gange Amboltens og maa iøvrigt afpasses efter Byggegrundens Beskaffenhed.

Naar Prøvestykket, som Tilfældet er ved Hjulringe, har en saadan Form, at der maa anbringes et Paasætningsstykke paa det til Optagelse af Slagene, skal dette Paasætningsstykke have en plan Slagflade og om muligt veje 20 kg; i alt Fald bør det ikke være tungere end nødvendigt³⁾.

Faldklodsens skal udløses paa en Maade, der ikke sætter den i Svingninger. Den i Fig. 71 viste Djævleklo anbefales⁴⁾. Der skal træffes saadanne Foranstaltninger, at Klodsens ikke kan falde uforvarende. Til Faldhøjdens Bestemmelse skal der være en i Centimeter inddelt Maalestok, MM, der kan forskydes op og ned, saa at Nulpunktet kommer i Højde med Prøvestykkets Overside⁵⁾.

Lejestykkerne, L, for Prøveobjektet skal være solidt befæstede til Ambolten⁶⁾, og der skal være anbragt saadanne Sikringer, B, at de uden at paavirke Forsøget hindrer en Udslyngning af Objektet.

Inden Prøven maa man overbevise sig om, at Styreskinerne staar lodret, og at der ingen Modstand er mod Faldklodsens Bevægelser samt indstille Prøvestykket saaledes, at dets Midtpunkt træffes af Hammerbanens Midtpunkt.

Baade Faldhøjden og Faldklodsens Vægt maa angives, da bægge Størrelser har Indflydelse paa Slagets Virkning.

94. Slag-Trækprøver kan udføres ved at indskruer Prøvestangens øvre Hoved (Fig. 72) i en solid Ramme og lade dens nedre Hoved bære en anden Ramme, paa hvilken Faldklodsens falder. Eller man kan dele Faldklodsens i en nedre og en øvre Klods, mellem hvilke Trækprøvestangen anbringes. Man lader det Hele falde, men standser den øvre Klods pludseligt; den nedre vil da med et Ryk rive Stangen over. Et Billede findes i I. M. 1912, IV, 7. Forsøg af den i Fig. 72 viste Art gøres f. Eks. med de Bolte, der fastholder Krigsskibes Panzerplader.

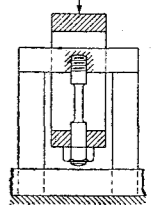


Fig. 72.

B. Kærslagprøver.

95. I de senere Aar undersøges ogsaa andre Materialer end Jærnbane materialer ved Slagprøver, og der er konstrueret Slagværker, der muliggør Bestemmelsen af det til Bruddet medgaaede Arbejde. Til disse Forsøg bruges ganske smaa Prøvestænger og tilsvarende smaa Hammere og Faldhøjder. Forsøgene er næsten altid **Bøjningsforsøg**, Trækforsøg bruges sjældent⁷⁾.

96. Prøvelegemerne er som Regel kvadratiske Stænger, f. Eks. 10·1·1^{cm}, der paa den strakte Side er **indkærvede** til halv Dybde (Fig. 73), saa at Bruddet

¹⁾ sædvanligvis Jærnbaneskiner (Snit c-d), der ved Hjælp af Støbestaalsvinkler er fastboltet til I-Jærnene.

²⁾ Energitabet ved Friktion m. m. er større ved smaa Faldhøjder end ved store (I. M. 1909, III, 8, Welikhow).

³⁾ I Figuren er en Hjulbandage indtegnet punkteret, den gaar ned i en Rille i Ambolten og fastholdes bagtil mellem to Trækklodser.

⁴⁾ Kloen aabner sig, naar den støder mod Anslaget A: dette bestaar af en Tværstang og kan indstilles i enhver Højde, idet det er fastgjort til to endeløse Kæder, der bevæges med Haandsvinget H.

⁵⁾ Maalestokkens Forskydning kan aflæses paa en fast Maalestok, der sidder tilhøjre for den bevægelige lige under Snit c-d. Maalestokken m (Snit a-b) er en formindsket Udgave af MM og har ligesom denne en fast Maalestok paa sin højre Side; naar MM er indstillet paa Objektets Overflade, forskydes m et dermed proportionalt Stykke. I Snoren S hænger et Lod med en Viser (sværtet paa Figuren), og naar Anslaget A bevæges med Haandsvinget H, overføres denne Bevægelse i reduceret Maalestok til S ved Hjælp af nogle Udvekslinger, saaledes at man ved at følge Viseren kan indstille A nøjagtigt. I Motorhuset findes en Gjentagelse af Maalestokken m med Viser samt en lille Faldklods, der gengiver den stores Bevægelse, saaledes at Maskinpasseren altid er paa det rene med, hvor Faldklodsens befinder sig i Forhold til Anslaget A.

⁶⁾ Lejebukkene kan vendes, saaledes at Spændvidden ændres fra 1,5 til 1 m.

⁷⁾ **Trækforsøg** (§ 94) har den Fordel fremfor Bøjningsforsøg, at Paavirkningen fordeler sig over hele Tværsnittet, og det viser sig ogsaa, at Resultaterne stemmer bedre med de ved rolige Trækforsøg vundne (I. M. 1909, III, 8).

sker uden stor Deformation. Uden denne Kærv vilde de seje Jærnsorter slet ikke knække, men blot bøjes stærkt. Selv indkærvede Stænger bøjer sig uden at brydes, naar Materialet er sejgt. Kærvbundens Form har stor Indflydelse (§ 50); som Regel fremstilles den ved Boring, hvorefter der saves ind til Hullet. Brugen af en skarp Kærv forringer i høj Grad Slagarbejdet.

Prøvelegemernes Bredde bør ligge mellem 0,5 og 2 cm, thi i saa Fald er Slagarbejdet pr. Bredde uafhængig af Bredden, mens det synker pludseligt og stærkt, naar Bredden bliver større (Ing. 1912, S. 630). Højden vælges som Regel lig Bredden; for Plader og andet Valsejern bør den dog være lig Pladetykkelsen, saaledes at Glødskaalen ikke fjernes; Kærven lægges i en Glødskaalside. Prøvestængernes Dimension bør altid anføres. Om den bedste Form for Prøvelegemer af hærdet Staal se Ing. 1914, S. 491.

For at faa sammenlignelige Resultater har I. M. paa Kongressen i København 1909 vedtaget at anbefale følgende Regler for Forsøg med indkærvede Stænger. Stængernes Tværsnit skal være 10 · 10 mm med en 5 mm dyb Kærv, hvis Bund er cylindrisk med $\frac{3}{2}$ mm Radius (Fig 73), og Lejerne skal være Kiler med 40 mm Afstand; som Regel bruges dog plane Lejeflader med 70 mm Lysafstand (Fig. 73), da man ellers maa anvende en urimeligt smal Hammer for ikke at risikere, at Prøvelegemets Brudstykker kommer i Klemme. (Naar Materialets Tykkelse tillader det, anbefaler I. M. at bruge Stænger, for hvilke alle de nævnte Maal er 3 Gange saa store, men det har senere vist sig, at de giver større Værdier af Brudarbejdet pr. cm² end de smaa, og at Forskellen vokser med Materialets Seighed (I. M. 1912, III, 1).)

97. Slagværkernes Konstruktion er meget forskellig.

Charpys Slagværk, der bygges i 3 Størrelser, af hvilke Fig. 73 viser det mindste, har Hammeren H ophængt som et Pendul mellem to Støbejernsopstandere, mens Prøvelegemet P er anbragt lodret under Ophængningspunktet. Ved Forsøgets Begyndelse fastholdes Hammeren i den punkterede Stilling M, fra hvilken den udløses ved den vinkelformede Spærhage S. Idet Hammeren passerer den lodrette Stilling, er dens Energi 10^{kgm}, heraf medgaar en Del til Knækning af Prøvelegemet, og Resten α maales ved Hammerens Udsving til den modsatte Side. Maalingen sker ved Slæbeviseren V, der, naar Hammeren svinger til venstre, fastholdes i Nulstillingen af Dornen D, men følger med Hammeren i Tilbagesvinget. Naar Hammeren er kommen i Ro i sin lodrette Stilling, angiver Viseren paa Gradbuen Udsvingets Størrelse, og den tilsvarende Energimængde α findes af en Tabel, hvorefter den til Prøvelegemets Knækning medgaaede Energimængde findes som 10— α ^{kgm}.

Ved Frémonts Apparat falder Hammeren lodret ned paa Prøvestykket, der er understøttet i begge Ender. Efter Bruddet støder Hammeren paa en Fjer, hvis Sammentrykning angiver den ubrugte Arbejds mængde.

Guillerys Slagværk har Hammeren siddende paa Fælgen af et Hjul, der roterer hurtigt i en lodret Plan, mens Prøvestykket ligger understøttet ved Enderne paa en Ambolt lidt udenfor Fælgen. Efter at Hjulets Hastighed er aflæst, skydes Ambolten ind mod Fælgen, saa at Hammeren træffer Prøvestangen, og efter Bruddet aflæses Hastigheden atter. Af Differensen mellem Aflæsningerne kan det anvendte Arbejde beregnes.

98. Forsøgsmaaden maa være ensartet for at give ensartede Resultater. Hvis Produktet af Hammervægt og Faldhøjde holdes konstant, vokser Brudarbejdet med Faldhøjden, og dette gælder naturligvis i endnu højere Grad, naar Hammervægten holdes konstant. Forskellen er

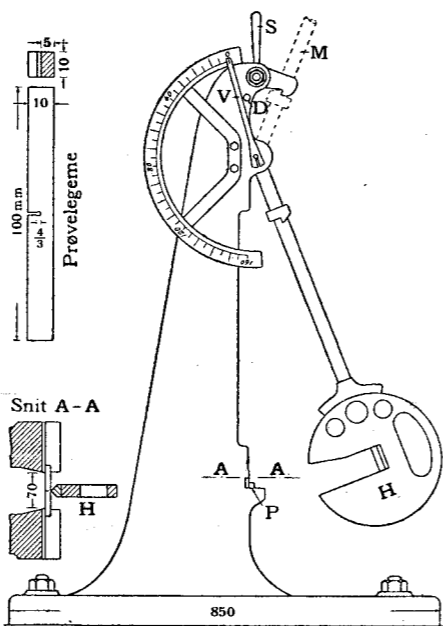


Fig. 73. Charpys 10^{kgm} Slagværk fra Schopper i Leipzig.

dog ringe, naar Faldhøjden ligger mellem h og $2h$, hvor h er den Faldhøjde, som netop giver Brud (I. M. 1912, IV, 5). Bruddet skal selvfølgelig (§ 92) frembringes ved eet Slag, og I. M. anbefaler at bruge en Faldhammer, hvis Bane er kileformet og afrundet med 2 mm Radius. Om Spændvidden se § 96; jo større den er, des mindre bliver naturligvis Brudarbejdet. Temperaturen skal om muligt ligge mellem 15 og 25 ° C og skal altid opgives. Den har en meget stor Indflydelse paa Brudarbejdet (§ 303).

99. Diagramapparater til Optegnelse af Faldhastigheden findes paa nogle Slagværker med lodret faldende Hammer. Er Hammerens Faldhastighed, naar den træffer Stangen, v_1 og efter Stangens Brud v_2 , Vægten G og Accelerationen g , vil det til Stangens Brud medgaaede Arbejde være: $\frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot v_2^2$. Hammeren har en Skrivestift, der tegner paa en Tromle, der roterer med konstant Hastighed. Diagrammet bliver da sammensat af to Parabler (Fig. 73,1), paa hvilke Hastigheden til ethvert Tidspunkt kan maales, idet man har $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Man behøver ikke at maale v umiddelbart før og efter Stødet; maaler man den i to Punkter a og b , der ligger h cm fra hinanden, haves i Punktet b Energien $\frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot v_b^2$, mens den ved frit Fald uden

Prøvelegeme vilde have været $\frac{1}{2} \cdot \frac{G}{g} \cdot v_a^2 + G \cdot h$. Differensen er altsaa medgaaet til at bryde Stangen. Diagramapparater af denne Art findes paa Amslers og paa Hatt-Turners Maskine (U. I. E. E. S. Nr. 98).

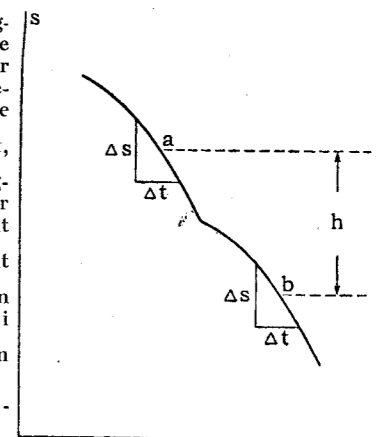


Fig. 73,1.

100. Brudarbejdet vokser med Materialets Seighed, thi jo stærkere Stangen deformeres inden Brud, des større Arbejde kan den optage. Ved Forsøg med polerede Stænger bliver Overfladen mat indtil en vis Afstand fra Kærven paa Grund af Flydningen, saaledes at man kan udmaale det Stangvolumen V , der har deltaget i denne og altsaa optaget Arbejdet A . Forholdet $A:V$ paavirkes ikke af Forholdet mellem Kærvens Dybde og Tværsnittets Højde, men vokser stærkt med Kærvbundens Krumningsradius. Som Regel indlader man sig ikke paa en Udmaaling af V , men nøjes med at opgive $A:F$, hvor F er Arealet af det indkærvede Tværsnit. Som Følge af denne uvidenskabelige Fremgangsmaade maa Prøvelegemerne være geometrisk ens, naar Resultaterne skal kunne sammenlignes¹⁾.

Brudarbejdet staar ikke i noget lovmæssigt Forhold til de ved rolige Trækforsøg vundne Resultater, og ensartede Prøvestænger udtagne af samme Materiale kan forholde sig meget forskelligt. Slagforsøget har derfor ikke kunnet trænge ind i Leveringsbetingelserne, men bruges ofte i Laboratorierne, fordi det i højere Grad end statiske Forsøg giver Oplysning om en vis Art Skørhed, der kan frembringe pludselige Brud navnlig af Aksler, og som dels hidrører fra Overhedning (§ 264), dels fra Smaarevner eller andre lokale Fejl, som ikke formaar at gøre sig gældende ved de almindelige Forsøg (§ 293). Det har i Praksis vist sig, at Nikkel- og Krom-Nikkel-Staal er seigere (driftsikrere) end Kulstofstaal, og Slagprøverne giver samme Resultat, mens de alm. Trækforsøg ikke viser denne Overlegenhed. Ogsaa ved Bedømmelsen af Staalstøbegods har Slagprøverne vist sig nyttige, idet de kan afsløre en Skørhed i Tilfælde, hvor Trækforsøget giver stor Brudforlængelse og Indsnøring.

Det Arbejde, der medgaar til Brydningen af en indkærvet Stang, er altid mindre end det, der medgaar til en ubeskadiget, selv om Brudfladens Modstandsmoment er det samme; thi i første Tilfælde er Nedbøjningen væsentlig mindre end i sidste.

¹⁾ Små Stænger giver lavere Værdier af $A:F$ end ligedannede store (I. M. 1912, IV, 1 S. 3 og Ing. 1915, S. 142).

ANDEN DEL.

Jærn.

I. Oversigt over Jærnfremstillingen.

101. Jærnet findes i Jorden kemisk forbundet med andre Grundstoffer, af hvilke det vigtigste er Ilten. Af disse Mineraler, Jærnets Malme, udvindes Jærnet, ved at Ilten bortbrændes med Kul. Produktet bliver dog ikke kemisk rent Jærn, thi Jærnet optager under Processen forskellige Stoffer, af hvilke **Kullet** spiller den største Rolle, da det hovedsagelig er dets Mængde, der bestemmer Jærnets Egenskaber; jo mindre Kul der er tilstede, des blødere er Jærnet. Vokser Kulholdigheden, bliver Jærnet hårdere og dermed skørere, saa det lettere springer for et Slag og vanskeligere lader sig bearbejde, navnlig i kold Tilstand. Derfor fremstilles det almindelige Bygningsjærn, som bruges til Jærnbroer, Gulvbjælker o. s. v. med kun ca. 0,1 % Kul, da Haardheden her ingen Nytté gør, mens Sejgheden og Bearbejdéligheden spiller en stor Rolle. Jærnbanskinner maa heller ikke være skøre, men for deres Vedkommende er man dog nødt til at gaa op til ca. 0,4 % Kul, for at de ikke skal slides for hurtigt, og Værktøj, der skal skære i andet Jærn, maa undertiden have et Kulindhold af over 1% for at blive hårdt nok.

102. Alt det omtalte Jærn kan smedes, hvilket vil sige, at det ved Glødning bliver blødt og plastisk, saa at man kan forme det ved Hammerslag. Jo mere Kul det indeholder, des vanskeligere er det at smede, og naar Kulmængden overstiger 2,2 %, kan det ikke smedes mer (se dog § 234). Jærn, der indeholder under 2,2 % Kul, kaldes derfor **smedeligt Jærn**, og det formes som Regel ved Smedning eller Valsning, sjældnere ved Støbning. Efter Fremstillingsmaaden deles det smedelige Jærn atter i Svejsejærn og Staal.

I Modsætning til det smedelige Jærn staa **Støbejærnet**, der indeholder over 2,2 % Kul, og som kun kan formes ved Støbning, ikke ved Smedning, da det ved Opvarmning smelter pludseligt uden først at blive blødt. Kakkellovne er f. Eks. støbt af saadant kulrigt Jærn.

Jærn, der staa paa Overgangen mellem det smedelige Jærn og Støbejærnet, finder ingen Anvendelse. Smedeligt Jærn til praktisk Brug, indeholder højst c. 1,5 % C, Støbejærn til praktisk Brug mindst c. 3 % C.

103. Før det 14de Aarhundrede kendte man kun smedeligt Jærn, og det blev udvundet direkte af Malmene¹⁾. I Danmark har saaledes Myremalmen været almindelig anvendt i Oldtiden og Middelalderen, idet man brugte Trækul som Brændsel; efterhaanden som Skovene ødelagdes, standsede denne Industri, men endnu ved Aar 1600 var den ikke helt uddød.

Den moderne Jærnindustri gaar en Omvej, idet den først fremstiller en meget kulrig Jærnsort, **Raajærn**, med 2,2—6 % C, der danner Raastoffet for den yderligere Fabrikation, idet det, alt efter Behandlingsmaaden, kan omdannes til Støbejærn eller smedeligt Jærn.

104. I det følgende benyttes de **Betegnelser for Jærn og Staal**, der ere vedtagne af »Dansk Ingeniørforening« 1895, og for hvilke de fremmede Benævnelser her vedføjes:

	Dansk	Svensk	Tysk	Engelsk	Fransk
Jærn	Raajærn	tackjärn	Roheisen	pig-iron ¹⁾	fer cru ²⁾
	Støbejærn	gjutjärn	Gusseisen	cast iron	fonte
Smedeligt Jærn	Svejsejærn	välljärn	Schweisseisen	wrought iron ³⁾	fer soudé
	Svejestaal	vällstål	Schweissstahl	wrought steel	acier soudé
	Blødt Staal	götjärn	Flusseisen	mild steel	acier doux
	Haardt Staal	götstål	Flussstahl	hard steel	acier dur
	Digelstaal	degelstål ⁴⁾	Tiegelstahl ⁵⁾	crucible steel ⁶⁾	acier creuset ⁷⁾
	Staalstøbegods	stålgjutgods	Stahlformguss	steel casting	acier moulé

¹⁾ el. raw iron el. crude iron. ²⁾ el. fonte cru. ³⁾ el. malleable iron el. soft iron

⁴⁾ el. gjutstål. ⁵⁾ el. Gussstahl. ⁶⁾ el. cast steel. ⁷⁾ el. acier fondu.

II. Raajærn.

105. **Jærnmalmene** er hyppigst Ilforbindelser; f. Eks. er den sorte Magnetjærnsten Jærnmellemilte (Fe_3O_4), det samme Stof, som danner sig paa Jærnets Overflade, naar det glødes, medens Rødjærnstenen er Jærntveilte (Fe_2O_3) og saaledes nærbeslægtet med Rust.

Ogsaa Jærnspat ($FeCO_3$) er en vigtig Jærnmalm. Af store Jærnmalmfelter findes der kun 4, to i Amerika og to i Evropa, nemlig Lothringen og Nordsværig. De nordsvenske Lejer (Kirunavara og Gellivara) dannes af Magnetstjærnsten af enestaaende Renhed (72 % Jærn).

Efter Brydningen sønderlaas Jærnmalmene og renses mekanisk for andre Bjærgarter. Undertiden rister man dem i Skaktovne, dels for at fjerne Svovl, dels for at gøre dem porøse og lettere behandlelige i Højovnen; dette er økonomisk, da Ristningen sker ved Hjælp af den billige Gigtgas (§ 106). Er Malmen jærnfattig eller rig paa Svovl og Fosfor, bliver den ofte knust, hvorefter det knuste Materiale udsættes for stærke magnetiske Paavirkninger, der udskiller de

¹⁾ I Ægypten brugtes der Svejsejærn allerede for 6000 Aar siden.

jærnholdige Dele, som derpaa briketeres for ikke at stoppe for Trækket i Højovnen. Den magnetiske Koncentrering (svensk *Anrikning*) foregaar gerne ved Gruben, og Produktet benævnes i Sverrig *Slig*; Briketteringen foregaar ved Jærnværket, idet den svagt fugtige Slig presses sammen og oventørres. Ved Ristning af Briketterne kan der yderligere fjernes Svovl. Det er ikke en enkelt Malm, der behandles i Højovnen, men mange forskellige Slags blandes sammen, saa man faar den ønskede Sammensætning. I Sverrig udgøres Hovedmassen af Magnetjærnsten og Blodjærnsten (Fe_2O_3), bægge ristede.

106. Malmenes Ilt fjernes ved Hjælp af Kul i store, cirkulære Schaktovne, Højovne (svensk *Masovne*), der gerne er 15—20^m høje (Fig. 74). Ovnens fyldes fra oven med vekslende Lag af Malm og Brændsel, der anbringes i den øvre Tragt, hvorpaa Lukket *L*, der omgiver Røgaftrekket *R*, sænkes med Vippen *V*.

Ovnmundingen benævnes **Gigten**, og Forbrændingsprodukterne **Gigtgas**; denne bortledes gennem Røret *G* og bruges til Drivning af Gasmaskiner og til Forvarmning af den senere omtalte Blæseluft. Det store, øvre Ovnrum kaldes **Schakten**, det mellemste, kegledannede Rum kaldes **Rasten**, og det nederste, cylindriske Rum kaldes **Stellet**; Ovnbunden benævnes **Herden**. Malme og Tilslag bliver gerne afvejede, mens Brændslet afmaales. De første fyldes i en stor Skovl, der hænger i en Bismar og kan føres hen over Ovnens.

Brændslet er hyppigst Cinders eller Koks, sjældnere Antracit, medens almindelige Kul er for svovlholdige¹⁾. I trærige Lande som Sverrig bruges Trækul, der egner sig udmærket dertil, da de er fuldstændig frie for Svovl og indeholder meget lidt Fosfor²⁾. Da Malmen er blandet med andre Bjærgarter, maa man forhindre disses kemiske Bestanddele i at forene sig med Jærnet og giver derfor Malmen en Tilsætning af slaggedannende Stoffer, det saakaldte **Tilslag**, der bestaar af Kalk (Kalksten og Dolomit) ved kiselsyrerige Malme og Kiselsyre (Lerskifer) ved kalkrige Malme.

I Ovnens nedre Del indblæses Luft fra Ledningen *B* gennem Hullerne *F*, hvorved Kullene forbrænder til Kulsyreanhydrid, der stiger tilvejs og ved Berøring med de glødende Kul omdannes til Kulilte. Det er denne Luftart, der afilter Malmene, idet den atter omdanner sig til Kulsyreanhydrid. Det saaledes opstaaede rene Jærn kan ikke smelte i den forhaandenværende Temperatur, men under dets videre Vandring ned gennem Kullene optager det Kulstof, hvorved Smeltepunktet synker, saa at Jærnet ender nede paa Ovnbunden som en flydende Masse, Raajærn³⁾. Samtidig har Tilslaget forenet sig med Urenhederne til en letflydende Slagge, der paa Grund af sin ringe Vægtfylde

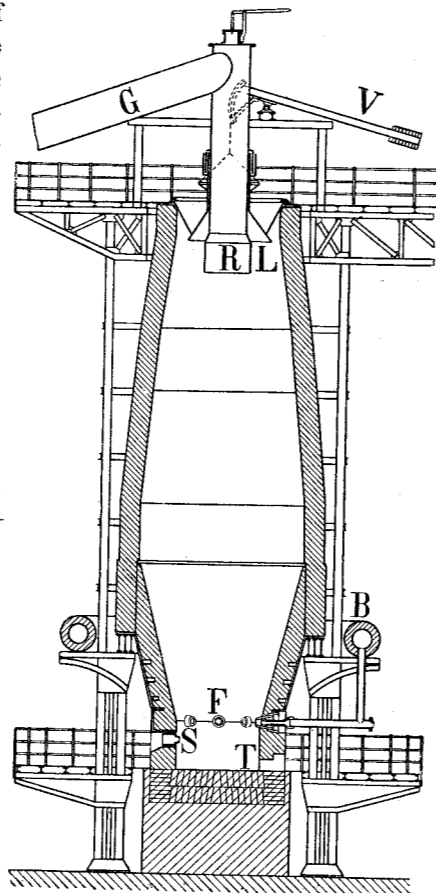


Fig. 74. Højovn.

¹⁾ og heller ikke haarde nok til at taale Trykket i Højovnen. Antracit er de allerrædste Kul, hvis Omdannelse er videst fremskreden, saa de bestaar af næsten rent Kulstof.

²⁾ Kun *Domnarfved* og *Oxelösund* (ved Nyköping), der bægge fremstiller almindeligt Bygningsstaal, bruger (de billigere) Koks.

³⁾ I gamle Dage var Ovnene saa lave, at Jærnet kun i ringe Grad fik Lejlighed til at optage Kul, og man fik derfor direkte smedeligt Jærn, men efterhaanden gjorde man Ovnene højere, og det kunde da hænde, at der dannedes flydende Raajærn, hvorved man lærte dette at kende. Lidt efter lidt forlod man saa den gamle Fremstillingsmaade.

lægger sig ovenpaa Raajærnet. Naar Slaggelaget har naaet en vis Højde, løber Slaggen ud gennem Aabningen *S*, medens Raajærnet udtømmes hver 4de—5te Time gennem Hullet *T*. Dette lukkes med plastisk Ler. Ovnens arbejder uafbrudt i Aarevis, og store Ovne producerer 250—400^t Raajærn i Døgnet.

Saaledes er Forholdene i Tyskland, hvor Brændslet er Cinders; i de svenske Trækulsovne er Produktionen kun 20—30^t, dels fordi Trækullene fylder meget, og dels fordi de kun har ringe Bæreevne. *Carnegie* Ovnene i *Pittsburg*, der bruger Antracit, har produceret indtil 830^t i Døgnet.

107. Elektriske Højovne bruges nu enkelte Steder¹⁾. De har store Kulelektroder, som danner Lysbuer forneden i Ovnens, og denne er saa bred forneden, at Slaggelaget kun bliver tyndt. Slaggen løber derfor ikke kontinuerligt af, men udtømmes sammen med Jærnet, idet en Tværdæmning øverst i Renden tvinger Slaggen ud i en Siderende, mens Jærnet løber under. Kulforbruget er kun 1/3 af det sædvanlige, da Varmen faas fra Elektriciteten²⁾.

108. Raajærnet kan enten straks behandles videre i flydende Tilstand og omdannes til Staal, eller det kan støbes ud til **Pigjærn** i Forme dannede ved at lave Fordybninger omtrent som lange Rugbrød i Gulvets Sandlag³⁾.

Raajærnet indeholder 2,2—6% C, der enten kan være til Stede i krystalinsk Form som Blade af **Grafit** eller kan have forbundet sig kemisk med Jærnet til Jærnkamid med 6,7% C (Fe_3C); det kemisk bundne Kulstof kaldes **Karbidkul**; i første Tilfælde haves graat, i sidste hvidt Raajærn. Desuden indeholder Raajærnet forskellige Stoffer, som stammer fra Malmene, Tilslaget eller Brændslet, og af hvilke de vigtigste er Silicium, Mangan, Fosfor og Svovl.

Silicium har større Affinitet til Jærn end Kullet og tvinger derfor dette til ved Stærkningen at udskille sig som Grafit og danner altsaa graat Raajærn. Det gør Jærnet tyndtflydende⁴⁾.

Mangan virker i modsat Retning og danner hvidt, tyktflydende Raajærn⁵⁾.

Fosfor gør Raajærnet tyndtflydende og haardt, skørt og svagt, og i smedeligt Jærn er det en meget farlig Indblanding. Tidligere var man ikke i Stand til at fjerne det og kunde derfor ikke oparbejde de fosforholdige Malme, men siden 1878 er det lykkedes ved Hjælp af Thomasprocessen. Til Støberibrug egner fosforholdigt Raajærn sig godt⁶⁾.

Svovl gør Jærnet tyktflydende og formindsker Styrken. Det stammer hovedsagelig fra Koksene⁷⁾.

Undertiden benævner man Raajærnet efter Højovnsbrændslet og taler om Koksraajærn og Trækulsraajærn, af hvilke det sidste er det rene og stærkeste⁸⁾.

¹⁾ De kom frem ved Aar 1900, i Sverrig 1908; de bruges f. Eks. i *Domnarfved*.

²⁾ Fødetragten kan være roterende, saa den fordeler Malmen jævnt i Ovnens.

³⁾ Navnet stammer fra det engelske pig-iron, s: Grise-Jærn, hvilken Benævnelse skyldes, at Jærnbarrerne ligger langs Støberenderne som diende Grise.

Raajærn til Martinprocessen udstøbes ogsaa i aabne, flade Jærnforme, hvorved man undgaar at faa Sand i Jærnets Overflade. Undertiden bruges en Støbemaskine, hvis Støbøjærnsforme er anbragt paa et drejeligt Bord eller paa et Transportbaand.

⁴⁾ Mængden af Silicium afhænger af Malmens Silikatindhold og af den Kalkmængde, der tilsættes for at forslagge den. Da der skal en høj Temperatur til at reducere Silikatet til Silicium — og kun det rene Metal optages af Jærnet — vil Jærnets Siliciumindhold stige med Ovnens Temperatur. Grafitmængden bliver størst ved 2,7% Si.

⁵⁾ Mangan har Vf. 7,39, smelter ved 1260° og koger ved 1900°. Det er haardere end alm. Staal.

⁶⁾ Fosforet stammer fra de Malmen ledsagende Bjærgarter. Den nordsvenske Magnetjærnsten er saaledes ofte blandet med Apatit. Fosforholdige Partier i graat Raajærn viser sig meget tydeligt under Mikroskopet, naar man sætter med en vilkaarlig Syre, idet de aldeles ikke angribes, men beholder deres Glans fra Poleringen. Hvidt Raajærn maa behandles med Salpetersyre af Vf. 1,2, der svagt farver Cementiten (§ 228) og ikke de fosforholdige Partier.

⁷⁾ Disse indeholder som Regel 0,7% Svovl i Form af Svovljærn (FeS).

⁸⁾ Det svenske Trækulsraajærn indeholder sædvanlig under 0,02% Svovl, ofte kun omkring 0,01% og mindre; Fosforholdigheden svinger mellem 0,012 og 0,025%. Det bruges ikke til Bygningsstaal, bortset fra at nogle enkelte svenske Værker fremstiller Vinkeljærn af det.

Raajærnets Karakter bestemmes dog navnlig af Malmens Silicium- og Manganindhold.

109. Hvidt Raajærn indeholder næsten ikke Grafit og Silicium, men ofte meget Mangan. Det har et hvidt, straalet eller bladet, sjældent kornet Brud. Det egner sig ikke til almindeligt Støbejærn, da det er tyktflydende og bliver skørt og haardt, saa det ikke kan files, derimod bruges det til Svejsjærn, basisk Staal og hammerbart Støbegods¹⁾.

Det almindelige, hvide Raajærn, der anvendes paa denne Maade, indeholder sjældent over $3\frac{1}{2}\%$ Kul, men tillige fremstilles nogle stærkt kul- og manganholdige hvide Raajærnssorter, **Spejljærn** og **Ferromangan**, af en Blanding af Jærn- og Manganmalme. Disse Raajærnssorter, der slet ingen Grafit indeholder, men af hvilke navnlig Ferromanganet er meget manganrigt, bruges kun som Tilsætninger ved Staalfabrikation²⁾.

110. Graat Raajærn indeholder næsten alt sit Kul i Form af Grafitblade (Fig. 105), der farver Jærnet graat. Naar man slaar graat Raajærn over, sker Adskillelsen langs alle Grafitbladene, og Brudfladen viser sig derfor mørkere end et filet Hak. Grafiten skiller sig først ud i Størkningsøjeblikket, og der sker da en Rumfangsforøgelse, saa at Jærnet presser sig ind i Formens Fordybninger og gengiver disse skarpt; Kullet er nemlig opløst i det smeltede Jærn, og som det hyppigst er Tilfældet med Opløsninger, er Opløsningens Rumfang mindre end Rumfanget af de to Stoffer for sig. Hvis man f. Eks. kommer 1 kg Kogsalt i 4 kg Vand, vil Vandet i Karret straks stige et Stykke svarende til Saltets Rumfang, men efterhaanden som Saltet opløses, vil Vandet atter synke, og naar alt Saltet er opløst, staar Vandet i den oprindelige Højde. Da det graa Raajærn tilmed er tyndtflydende, egner det sig godt til Støbejærn (§ 112, 121), og de støbte Genstande er seigere og blødere, end om der var anvendt hvidt Raajærn, og er derfor lettere at bearbejde. Strukturen er grovkornet.

Foruden Støbejærn fremstilles der ogsaa Staal af graat Raajærn, og det sker ved Processer, der netop er baserede paa det graa Raajærns Siliciumindhold³⁾.

Ferrosilicium er en særlig siliciumrig Raajærnsort, der bruges som Tilsætning til Støbejærn⁴⁾.

Halveret Raajærn staar paa Overgangen mellem graat og hvidt og har hvide og graa Korn mellem hverandre.

111. Højovnsslaggen, der navnlig bestaar af Kalcium- og Aluminiumsilikater, kan anvendes paa forskellig Maade. Leder man en kold Vandstraale ind i den flydende Slagge, granuleres den til Slaggesand, der i malet Tilstand anvendes til Slaggecement og som Tilsætning til Portlandcement.

Hvis man lader Slaggen falde ned som en tynd Straale og blæser en højspændt Dampstraale ind i den, faas **Slaggeuld** bestaaende af fine, hvide eller grøngraa Traade, der ender i et glasagtigt Korn. Den er udmærket varmeisolerende og bruges derfor til Isolering af Damprør og Isskabe, og da den tilmed er ildfast, egner den sig særlig til Isolering mod meget høje Temperaturer. En 2—3 cm tyk Plade af Slaggeuld, der er rødglødende forneden, kan uden Fare berøres

¹⁾ Det smelter ved 1050° og vejer 7600 kg/m³. Mikrostrukturen er omtalt i § 234.

²⁾ Spejljærnet indeholder 4—6% C og 8—18% Mn; det er meget hvidt og har et krystal-linsk, storbladet Brud. Under Mikroskopet viser det sig at bestaa af smaa Prismer med en pragtfuld blaa Farvetegning. Ferromangan indeholder 5,5—7,5% C og 30—87% Mn.

³⁾ Graat Raajærn indeholder $2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}\%$ C, det smelter ved 1200° og vejer kun 7200 kg/m³ paa Grund af den udskilte Grafit. Mikrostrukturen er omtalt i § 236 og Prisen i § 572.

⁴⁾ Den indeholder indtil 96 (hyppigst 50)% Si.

med Haanden foroven. Beholdere til glødende Koks er paa københavnske Gasværker fremstillede af to Lag Staalplader med Slaggeuld imellem.

I Sverrig støbes Slaggen ud i Jærnforme til **Byggeblokke**, der ligner en Mellemting mellem Glas og Beton. De bruges til tarvelige Bygninger paa Værket, er meget varmeledende og smuldrer let. Størrelsen er 25 · 30 · 60 cm.

III. Støbejærn.

A. Fremstilling af Støbegods.

112. Raamaterialet. Med Støbejærn betegner man Raajærn, der er omsmeltet og udstøbt til Brugsgenstande. Saadanne Genstande maa ikke være for skøre og skal i Reglen let kunne lade sig høvle og bore, og de fremstilles derfor af graat Raajærn, der i langt højere Grad end det hvide har disse Egenskaber. Endvidere egner det graa Raajærn sig bedre til Støbning end det hvide paa Grund af sit større Siliciumindhold, der gør Raajærnet tyndtflydende og faar det til at udvide sig i Størkningsøjeblikket, saa at Formen udfyldes fuldstændig.

Da Raajærnets kemiske Sammensætning veksler stærkt, kan det ikke direkte fra Højovnen udstøbes til Brugsgenstande, men som tidligere (§ 108) nævnt støbes der Pigjærn af det, der købes af Jærnstøberierne og der omsmeltes i en lodret Schaktovn, **Kupolovn**. Ved at blande flere Sorter Pigjærn og tilsætte gammelt Støbejærn og slaggedannende Stoffer er Jærnstøberen i Stand til at fremstille et Materiale af den Haardhed og Styrke, han ønsker. Til stærkt paa-virkede Dele som Dampcylindre tilsættes ofte noget Staalaffald for at forøge Trækstyrken, uden at Materialet bliver for haardt. Overhovedet egner en Staal-tilsætning sig udmærket til at regulere Støbejærnets Egenskaber, da det i Forhold til Støbejærnet kan betragtes som kemisk rent Jærn.

Jærnet udtappes fra Ovnene i store Skeer eller Kar, der bæres hen til Formen og tømmes i den.

I Danmark benyttes mest engelsk og skotsk Raajærn, af hvilke Sorter det skotske er det bedste og mest fosforfri, men langtfra kan maale sig med det svenske Trækulsraajærn. Fosforholdigheden vokser i Ordenen: svensk, skotsk, engelsk.

Til de danske Statsbaners **Bremseko** paa Lokomotiver bruges »blødt« Støbejærn, fremstillet af 30% Collness Nr. 1, 35% Airsome og 35% godt Maskinbrudjærn. Bremseko til Vogne forfærdiges af bedste Sort blødt, graat Raajærn. Bremsesaaler forfærdiges af godt, haardt Støbejærn.

Tilsætning af **Støbejærnsaffald** giver finkornet, stærkt Gods, navnlig naar Jærnet tilsættes i Form af Drejespaaner o. lgn. sammenpressede til Briketer, idet Briketerne i høj Grad befordrer Borthrændingen af Silicium. En saadan Tilsætning er navnlig fordelagtig, naar Godstykkelsen er stor, og Jærnet derfor er tilbøjeligt til at blive storkornet.

Forsøg har vist, at en ringe **Titantilsætning** (0,1—0,2%) i Form af Titanjærn (med 10—15% Titan) gør Jærnet mere letflydende og sinker Størkningen, saa Godset bliver bedre. Trækstyrken paa virkes ikke, men Bøjningsstyrken og Seigheden forøges (Ing. 1912, S. 16).

113. Formen maa være porøs, for at Luften kan slippe ud¹⁾; den laves af blandet Sand og Ler, der formes over en Model eller ved Afdrejning, og den bruges kun een Gang. Leret er nødvendigt for at gøre Sandet plastisk, saa det kan formes og bevare Formen, men gør iøvrigt Skade ved at formindske Porositeten, saa der tilsættes ikke mere end nødvendigt. Det almindelige Formsand der bruges til smaa, enkle Forme, er derfor lerfattigt, mens der til større og vanskeligere Formninger bruges mere lerholdigt Sand, »Masse«, der bedre taaler Jærnets Tryk og ikke beskadiges ved Støbningen og ikke mister sin

¹⁾ Helt nødvendigt er dette dog ikke; i Amerika støbes Rørformstykker i oplukkelige **Støbejærnsforme**. Naar disse forvarmes til 150°, og Røret udtages, mens det endnu er lyserrødt, fremkommer der ingen haard Støbeskal.

Plasticitet, selv om Formningen tager lang Tid, i Modsætning til almindeligt Formsand, der kun er plastisk i vaad Tilstand og derfor maa benyttes hurtigt, inden Vandet fordampes.

Formsandets Fugtighed bevirker, at Jærnets Overflade afkøles pludseligt, hvorved der dannes en meget haard Støbeskal, der kun kan fjernes med Mejsel, ikke med Fil¹⁾. Ved Masseforme bliver Støbeskallen ikke saa haard, thi de tørres inden Brugen, for at Porøsiteten skal blive større.

Endelig benyttes Forme af Ler (med kun lidt Sand), naar der stilles store Krav til Plasticitet og Modstandsdygtighed. For Eksempel bruges Ler undertiden til store Forme, der afdrejes med Skabelon, men Hovedanvendelsen er til store Kærner σ : de Formdele, der udfylder Genstandens (f. Eks. et Rørs) Hulheder og ofte maa bære frit paa længere Strækninger. For at faa den fornødne Porøsitet blandes Leret med Hestegødning.

114. Hvis Støbeformen dannes over en Model, skal denne atter fjernes, og som Regel maa Formen derfor være til at skille ad. Ved mange Støbninger er Modellen i eet Stykke, og dens Flader maa da have Slip σ : have en saadan Form, at de ikke skurer langs Formens tilsvarende Flader, naar denne og Modellen skilles. Til Forklaring skal Støbningen af et Svinghjul omtales. Det støbes i liggende Stilling, og Formen fremstilles, ved at en Ramme stemples fuld med Formsand, hvorefter Modellen trykkes ned deri, saa at kun Halvdelen er fri. Derpaa stilles en anden Ramme ovenpaa den første og stemples fuld. Modellen ligger altsaa med Halvdelen i hver Ramme, og den øverste maa løftes op, for at Modellen kan komme ud. Hvis nu Hjulringen og Navet var begrænset af Cylinderflader, saa vilde de under denne Bevægelse stadig skure langs Formens tilsvarende Flader og kunde let beskadige disse, hvilket undgaas, naar man lader de nævnte Deles Tykkelse aftage fra Midterplanen udefter og f. Eks. bruger Kegleflader til Begrænsning. Disse Forhold maa der tages Hensyn til ved Konstruktion af Støbejerns-genstande, thi har disse ikke »Slip«, fordyres de uden Nytte, idet Jærnstøberne maa bruge kostbare, sammensatte Modeller.

115. Hvis Formen er for tæt, kan Luften ikke slippe ud, den bliver i Godset som **Blærer**, og dette gælder baade den Luft, der findes i Formen, og den, der er opløst i det flydende Jærn og som udskiller sig ved Størkningen. Da Luften stiger til Vejrs i Jærnet, vil Blærerne meget ofte findes i Genstandens øverste Del lige under Overfladen, der ved sin Størkning har standset dem. Ved Afdrejning eller Afhøvling af Overfladen viser der sig derfor ofte Huller.

Ved Støbningen bliver de Dele bedst, der ligger nederst i Formen, da Blærerne stiger tilvejs herfra, og da Trykket her er størst, saa Jærnet bliver tæt og fuldstændig udfylder Formen. Genstandene støbes derfor altid med de vanskeligste Dele nedad; Mufferør støbes f. Eks. med nedadvendende Muffe, da denne er den vanskeligste Del af Røret og tillige skal være den stærkeste paa Grund af de kraftige Paavirkninger, den faar, naar der stemmes Bly ind i den.

Godsets øverste Partier bliver daarligst, thi her samler Blærer og Urenheder sig; Støbetappen (σ : Afstøbningen af Indfyldningshullet) er derfor oftest blæret. For at blive af med disse Blærer støber man Rør, Cylindre, Søjler o. s. v. med **Dødhoved** σ : støber dem længere, end de skal være, og skærer bagefter Forlængelsen, i hvilken Blærerne har samlet sig, af.

De nævnte Genstande bør altid støbes **lodret**, dels for at man kan anvende Dødhoved, dels fordi det da er lettere at bevare den lange Formkærnes centrale Stilling; ved liggende Støbning kan den let forskyde sig eller bøje sig paa Grund af Opdriften i det flydende Jærn, saa at Godstykkelsen bliver uensartet. Er Genstanden for lang til at kunne støbes lodret, maa den i det mindste stilles saa stejlt som muligt.

116. Mindre vigtige Sager som Lygtepæle støbes liggende, og Kærnen maa

¹⁾ Paa Stykker, der skal fræses, fjernes den undertiden med Syre.

da bæres af **Kærnestøtter**, en Slags Søm, der plantes i Yderformen. For at faa dem til at staa fast, komprimerer man først Formsandet paa det paagældende Sted ved at trykke en Bule ind i det, der paa Genstanden kommer til at vise sig som en rund Vorte, midt i hvilken Stiften sidder. Denne **syjser** sig ikke altid sammen med Støbejærnet, og der opstaar da et utæt Sted, hvilket er en yderligere Grund til ikke at støbe Rør liggende, navnlig ikke naar de skal udsættes for store Tryk.

117. Ved Støbning af høje Genstande som Rør, kan det hændes, at Jærnet ved det dybe Fald splittes i **Draaber**, der størkner, inden de naar Bunden, og ikke altid smelter igen, saa at de ses i det færdige Gods. Dette kan undgaas ved at trykke Jærnet op i Formen fra neden.

Ofte maa Formene fyldes fra flere Punkter samtidig, navnlig naar Jærnet skal passere lange, snævre, vandrette Kanaler f. Eks. Svinghjulsarme, ellers risikerer man, at Jærnet er halvstørknet, inden det naar sit Maal, saa at Formen ikke udfyldes helt, eller to hinanden mødende Strømme ikke smelter helt sammen (**kold Sammenløbning**)¹⁾.

Støbningen maa ske i eet Drag med stadig fyldt Indløbstragt; løber Tragten et Øjeblik tom, suges der Luft ind i Formen, Jærnoverfladen overtrækker sig med en Iltehinde og forbinder sig ikke intimt med det efterhældte Jærn.

118. Under Afkølingen **svinder** Støbejærnet, og der kan derved opstaa Hulheder, hyppigst i de inderste Partier, hvor Jærnet holder sig flydende, efter at Omgivelserne er størknede og derfor ikke kan formindske sit Volumen, uden at der opstaar Hulrum²⁾. Undertiden kan Overfladen, medens den endnu er blød, blive suget ind eller endog brydes, nemlig naar der under den ligger en større Blære, der vokser ved Omgivelsernes Svind, mens Luften i den samtidig afkøles, saa der opstaar et Undertryk.

Svindet kan desuden fremkalde **Svindrevner** i Godset, saafremt enkelte Dele af dette afkøles hurtigere end andre. Det kan saaledes hændes, at Svinghjulsarme trækker sig over, fordi de køler sig hurtigere end den svære Hjulring. Faren kan dog formindskes ved at bruge S-formede Arme, der i Stedet for at revne retter sig lidt ud. Store Svinghjul støbes af samme Grund undertiden med Navet delt i Sektorer, saa at hver Sektor kan følge den tilhørende Arms Længdeforandringer. Ved Afkølingen ser man da, hvorledes Sektorerne først fjerner sig fra hinanden paa Grund af Armenes Forkortelse, men senere atter gaar sammen, efterhaanden som Kransen svinder.

119. Den uundgaelige Forskel i Afkølingshastighed vil medføre, at der i alt Støbegods er større eller mindre **Egenspændinger** σ : Spændinger der holder hinanden i Ligevægt. Hidrører Forskellen fra en Forskel i Godstykkelsen, kan der gives almindelige Regler for Spændingernes Art. Straks efter Størkningen vil de spinkle Dele faa Trækspændinger, der fremkalder blivende Forlængelser af det glødende Jærn, men senere, naar de spinkle Dele er blevne kolde, vil de svære Dele svinde videre, og Enderesultatet bliver derfor **Trykspændinger** i de spinkle og **Trækspændinger** i de svære Dele. Disse **Egenspændin-**

¹⁾ Skal man støbe gammelt Jærn sammen med nyt — hvilket undertiden benyttes ved Reparation af kostbart Støbegods — maa der træffes særlige Foranstaltninger. Er en Valsetap brækket, kan man saaledes reparere Valsen ved at anbringe dens Brudflade som Bund i Tapformen og umiddelbart over den anbringe en Indløbsaabning og flere Udløbsaabninger. Det stærkt overhedede Jærn ledes ind gennem den første og ud gennem de andre saa længe, indtil Brudfladen begynder at smelte; derpaa tilstoppes Afløbene, saa at Formen fyldes. Om Tilstøbning ved Hjælp af **Thermit**, se T. F. T. 1912, S. 30.

²⁾ Svindets Størrelse er ca. $\frac{1}{100}$ i lineært Maal, men aftager med voksende Graffitindhold.

ger forøger Støbejernets Skørhed, idet de kan være saa store, at en ringe Forøgelse udefra bringer dem op paa Brudværdien. For at formindske dem maa man afpasse **Godstykkelsen**, der bør ligge mellem $\frac{3}{4}$ og 8^{cm} , efter Afkølingsforholdene, saaledes at Partier med stor Overflade gøres tykkere end Partier med lille; er Afkølingsforholdene ens, bør Godstykkelsen holdes konstant. Hvis den varieres, skal det være jævnt, saa at pludselige Tværsnitsændringer undgaas. Ofte maa man ty til at regulere Afkølingsforholdene (§ 154). Ved Støbning af et Svinghjul maa saaledes den svære Krans hurtig blottes, for at Luften kan køle den, mens de tynde Arme holdes dækkede. Slige Kunstgreb kan være af langt større Betydning for et Stykke Støbegods' Styrke, end Jærnets Kvalitet.

120. Jo langsommere Afkølingen sker, des mere grovkornet bliver **Strukturen**.

Efter Afkølingen **pudses** Genstandene, Støbetappen slaas af, de ved Formens Skilleflader fremkomne Støberande affiles, og Overfladen renses med Staaltraadsbørster. Smaagenstande pudses ofte med Sandblæst eller ved at fyldes i roterende Tromler.

B. Støbejerns almindelige Egenskaber.

121. Støbejerns **kemiske Sammensætning** er gennemsnitlig 94 % Fe, 3,5 % C, 2,5 % andre Stoffer.

Vil man have godt Støbegods, er det sikrest at analysere de forskellige Raajærnsorter og derefter bestemme Blandingsforholdet, men de fleste smaa Støberier nøjes med at bedømme Raajærnet efter Brudfladens Kornstørrelse og Beskaffenheden af den Iltehinde, hvormed Jærnet i smeltet Tilstand bedækker sig.

Raajærnet maa altid indeholde mere Silicium, end der ønskes i Støbejærnet, da en Del brænder bort. Ved gentagne Omsmeltinger af Støbejern bliver dette derfor efterhaanden hvidt, med mindre der tilsættes Ferrosilicium. Støberierne kræver derfor, at Raajærnet skal have en mørk, storkornet Brudflade, som Kendetegn paa at det er rigt paa Grafit og Silicium og kan taale gentagne Omsmeltinger.

Kulholdigheden er aldrig under 3 à 2,9 %, da kulfattigere Jærn ikke lader sig fremstille i Kupolovn; over 4 % C vil som Regel nedsætte baade Seighed og Styrke. Af kemisk bundet Kulstof findes gerne 0,5—0,8 %. **Fosfor** forøger Støbeligheden (§ 124) og forringer Seigheden (§ 122) og Ildfastheden (§ 123); det bedste Støbejern indeholder 0,3—0,5 %, men i det meste Jærn til Byggebrug er der 0,5—0,8 % og i mindre vigtige Genstande ofte 1 ja 1,5 %; i kunstfærdigt Gods kan man endog træffe op indtil 2 %. Se ogsaa § 112. Af **Mangan** maa der højst være 0,8 %, da Jærnet ellers bliver for hvidt. Mangan formindsker Magnetiseringssejnen (§ 126). Af **Silicium** findes der i Reglen 1,5—2,5 %; om Bortbrændingen se § 112. **Svovl** virker i samme Retning som Mangan, gør Jærnet hvidt, haardt og slet støbeligt. Det maa kun findes i ubetydelige Mængder, ikke saa meget af Hensyn til den færdige Genstand, der godt kan taale 0,2 %, men for Ud-støbningens Skyld, da blot 0,05 % gør Jærnet tyktflydende, saa Støbningen vanskeliggøres; Godset kommer let til at ligne en Schweizerost. Svovlet findes som Svovljærn, der ligger frit, og er finere fordelt i Rand- end i Kærnezonen. Efter visse amerikanske Forskrifter maa Svovlmængden højst udgøre 0,08 %, 0,10 %, 0,12 %, eftersom Godstykkelsen er 0—12,9 mm, 13—50,9 mm, 51 mm og mer. **Kobber** maa gerne findes, det forøger Seigheden. **Krom** forøger Haardheden, og Indholdet bør ikke overstige 0,2 %. **Titan** er nævnt i § 112.

For Lokomotivcylindre foreskrives i Amerika 1,25—1,75 % Si, højst 0,90 % Fosfor og højst 0,1 % Svovl. Til Automobilecylindre anbefales fosforfrit Støbejern med 2,8 % Grafit, 0,58 % bundet Kul, 1,78 % Si, 0,44 % Mn.

122. Brudfladens Farve kan variere fra mørkegraa til tinhvid efter Grafitindholdet; de Faktorer, der begunstiger Grafitudskillelsen (meget Silicium, langsom Afkøling) gør altsaa Farven mørk, mens de Faktorer, der hæmmer Grafitudskillelsen (meget Mangan, Fosfor, hurtig Afkøling) gør den lys. **Kornstørrelsen** varierer med Farven fra flere Millimeter for det mørkegraa til en yderst ringe for det hvide. Styrken vokser og Seigheden aftager med Hvidheden. Støbejern til Bygningsbrug bør derfor have en ret finkornet Struktur og blaagraa Farve; baade Farve og Struktur skal være ens overalt, kun i Nærheden af Støbeskallen maa Brudfladen være lysere og mere finkornet end ellers¹⁾.

¹⁾ Under Mikroskopet viser det storkornede, mørkegraa Støbejern lange og tykke Grafitlameller, mens de særligt stærke, finkornede Sorter indeholder mindre Grafit og har den i Form af tynde, uregelmæssige Lameller. Se yderligere § 234—7.

Støbejern er altid **skørt**, navnlig ved lave Temperaturer, men dog i større eller mindre Grad efter den kemiske Sammensætning. **Skørheden** vokser med Hvidheden, og navnlig Fosfor forøger Skørheden stærkt; ved Anvendelser, hvor et pludseligt Brud kan gøre Ulykker, maa Indholdet ikke overstige 0,8 %. Om der er en skadelig Fosformængde tilstede viser sig bedst ved Slagprøver. **Haardheden** vokser med Hvidheden (§ 127). Støbejerns **Vægt** sættes gerne til 7250 kg/m^3 ; jo mere Grafit og jo flere fremmede Stoffer det indeholder, des mindre vejer det¹⁾.

123. Ildfasthed. Smeltepunktet ligger ved ca. 1200°. Ved meget langvarig og stærk Glødning kan det kemisk bundne Kulstof brænde bort og Jærnet iltes til Brandjærn, der danner en blæret eller afskallende Masse. Dette sker hyppigt med Ristestænger. Ved disses Konstruktion maa der iøvrigt tages Hensyn til, at Støbejern ved stadig gentagne Glødninger faar en blivende Rumudvidelse paa 3—4 %. Naar Støbejern bruges i Ovne, hvor det stadig er udsat for 6—700°, varer det kun et Aarstid. I overhedet Damp iltes det paa lignende Maade. I alle de nævnte Tilfælde vil Iltningen navnlig gaa i Dybden langs de store Grafitblade, og hvidt Støbejern er derfor mere holdbart end graat (§ 154). Om **Varmeudvidelseskoefficienten** se § 306.

A. E. Outerbridge fandt, at en kvadratisk Stang med 25,4 mm Sidelinie og 376 mm Længde ved gentagne Opvarmninger voksede til en Bredde af 28,6 mm og en Længde af 419,1 mm, og at Vægtfylden gik ned fra 7,13 til 6,01; en enkelt Opvarmning til 788° forlængede Stangen 1,6 mm, en Opvarmning til 649° havde en langt ringere Virkning, og en Temperatur under synlig Rødgødhede havde en saa ringe Virkning, at han ikke prøvede paa at maale den. En Ristestang voksede under Brugen 11,4 pCt. i Længden og 37 $\frac{1}{2}$ pCt. i Tykkelsen. *Rugan & Carpenter* har fundet, at der foregaar en Iltning, og at Vægten stiger under Processen, samt at Væksten aftog med Jærnets Siliciumindhold, og for hvidt Støbejerns Vedkommende endog gik over til et Svind. Disse Resultater bekræftes af *William Campbell & John Glassfords* mikroskopiske Undersøgelser af Støbejern, der i længere Tid har været udsat for overhedet Damp af 425°; Støbejerns Formstykker i Rørledninger for overhedet Damp staa sig undertiden udmærket, mens de i andre Tilfælde kan bulne ud og revne. Man har søgt at forklare Skaderne alene ved Ledningens Temperaturspændinger i Forbindelse med den blivende Udvidelse, som langvarig Opvarmning fremkalder, men de nævnte Undersøgelser viser, at de skyldes en Iltning. Staal, hammerbart Støbegods og hvidt Støbejern iltes kun overfladisk, mens Iltningen hos graat Støbejern gaar i Dybden, følgende de store Grafitblade, og Ødelæggelsen vokser med Mængden af Silicium (*I. M.* 1912, II, 19).

Fosfor forringer Ildfastheden.

124. Støbeligheden vokser med Grafitmængden. Et stort Fosforindhold gør Støbejærnet letsmetteligt og tyndtflydende og derfor bedre egnet til Kunststøbning; slikt Jærn holder sig længe i halvtflydende Tilstand og udvider sig i Størkningsøjeblikket²⁾.

125. Kemiske Egenskaber. Støbejern ruster kun i ringe Grad, saalænge Støbeskallen er bevaret (§ 507), og saafremt Syreangreb er udelukket. Derimod virker syreholdigt Vand og Havvand stærkt opløsende (§ 514) og omdanner det til en porøs, blød Masse, som man kan skære i, idet Jærnet opløses, mens Grafiten bliver tilbage. Ved Bygningen af Københavns Frihavn fandt man Kanonkugler fra 1801, der næsten intet vejede, idet de hovedsagelig bestod af Grafit, og det samme gælder de Kugler, man har opfisket fra Slaget i Køgebugt³⁾. Vandrør, der ligger i syreholdig Jord, kan angribes paa samme Maade; i København er det ikke ualmindeligt, at gamle Vandrør, der i mange Aar har ligget i visse Dele af den gamle By, hvor Jordbunden bestaar af gammel Fyld, Affald og lign., viser sig grafitagtige og bløde. Angrebet skyldes formentlig at de organiske Stoffer raadner og udvikler Svovlbrinte, der iltes til Svovlsyre;

¹⁾ Vægten svinger mellem 7000 og 7600 kg/m³.

²⁾ Se iøvrigt om Fosforets Indflydelse *T. F. T.* 1915, S. 166.

³⁾ Een af disse Kugler, der havde ligget ca. 165 Aar i Havet, indeholdt 29,9 % Grafit.

ligeledes dannes Kulsyre og Salpetersyre. Hvis der som Følge af vagabonderende elektriske Strømme eller andre Aarsager kan finde Elektrolyse Sted, foregaar Angrebet overordentlig hurtigt.

Ogsaa Ledninger for varm Svovlsyring kan ødelægges stærkt.

Hvidt Støbejern angribes paa samme Maade som grafitholdigt, idet det dér er Cementitaarerne, der danner det modstandsdygtige Skelet, i hvis Mellemrum Omdannelsesprodukterne lejrer sig. Det graa Støbejern angribes dog stærkest, dels paa Grund af den elektriske Spændingsforskel mellem Grafit og Jærn (§ 515) og muligvis ogsaa som Følge af en Haarrørs-virkning langs Grafitbladene, hvorved det syreholdige Vand suges i Dybden.

126. Støbejerns **magnetiske Haardhed** (§ 315) svarer omtrent til Staalets, naar dette har ca. $\frac{3}{4}\%$ C; en Udglødning forringer den stærkt, hvilket formentlig skyldes Omdannelsen af Karbidkul (§ 108) til Temperkul (§ 224), idet det her som ved Staalet, maa antages at være Mængden af kemisk bundet Kulstof, der bestemmer Haardheden; hermed stemmer det ogsaa, at Mangan forøger og Silicium forringer den magnetiske Haardhed. Jærn med 25% Mangan er umagnetisk.

C. Støbejerns Styrkeforhold.

127. Støbejern følger ikke Hookes Lov, **Arbejdslinien** (Fig. 17, § 25) er krum lige fra Begyndelsespunktet, idet Formforandringerne vokser hurtigere end Spændingerne. Elasticitetskoefficienten aftager altsaa med voksende Spænding. For mindre Spændinger, som de bruges i Praksis, regner man gerne $E = 1000000$ at baade for Træk og Tryk, svarende til at Støbejerns Formforandringer er omtrent dobbelt saa store som smedeligt Jærns ved den samme Spænding. Se ogsaa § 154.

Der optræder lige fra Begyndelsen **blivende Formforandringer**, som er langt større end smedeligt Jærns ved de tilsvarende Spændinger (§ 36), men medens de hos dette Materiale vokser ganske enormt, naar Flydegrænsen naas og yderligere, naar Indsnøringen finder Sted, saa springer Støbejernsstangen uden at have passeret nogen Flydegrænse og uden Indsnøring, og den totale Forlængelse i Brudøjeblikket er kun ca. $0,9\%$ ¹⁾.

Støbejerns **Styrke** vokser med **Hvidheden** og betinges derfor ikke blot af den kemiske Sammensætning, men ogsaa af Afkølingens Hurtighed, altsaa af Formmaterialets Beskaffenhed og Godsets Tykkelse. Styrken vokser stærkt, naar Godstykkelsen aftager ²⁾.

Man bør derfor modvirke Afkølingsforholdenes Indflydelse ved at variere den kemiske Sammensætning, saaledes at der til tyndt Gods bruges siliciumrigere Jærn end til tykt ³⁾.

128. **Bøjningsforsøg** er udmærkede til at bedømme Støbejerns Godhed efter, da de ikke alene viser Styrken, men ogsaa ved Hjælp af Nedbøjningen angiver Sejgheden.

Stangtværnsnittets Form og Størrelse paavirker imidlertid Styrken og bør derfor fikseres. Stænger med samme Modstandsmoment giver des større S^b , jo mere Materialet er samlet om den neutrale Akse. Et cirkulært Tværnsnit har større S^b end et rektangulært, og dette større end et I-formet (§ 80). Desuden vokser S^b , naar Stangens Tværnsnitsareal aftager, da den hurtigere Afkøling forringer Grafitmængden ⁴⁾, og det er blevet foreslaet, at lade Prøvestængernes

¹⁾ Den blivende Brudforlængelse er ca. $0,55\%$ og Arbejdsevnen $8-14 \text{ kg/cm}^2$.

²⁾ Prøvestænger udtagne af svært Gods er ogsaa des stærkere, jo nærmere Overfladen de er tagne; denne Forskel er dog ikke stor.

³⁾ Ved at støbe en Kile og knække den paa langs kan man af Bruddet bedømme Haardhedens Vækst, og saaledes bestemme til hvor tyndt Gods Materialet kan anvendes, uden at det bliver for haardt for det bearbejdende Værktøj. Se ogsaa § 112.

⁴⁾ Støbejern, der som $3 \cdot 3 \text{ cm}^2$ Stænger gav $S^b = 3500$ at, gav som $1 \cdot 1 \text{ cm}^2$ Stænger $S^b = 4300$ at. Styrkens Aftagen med voksende Tværmaal standser dog ved et vist Tværmaal (6 cm for kvadratiske, 3 cm for cirkulære Stænger).

Godstykkelse variere i Forhold til Godstykkelsen hos de Genstande, der skal støbes af Jærnet. Cirkulært Tværnsnit er bedre end kvadratisk, da Materialet i sidste Tilfælde bliver mindre homogent paa Grund af Hjørnernes hurtige Afkøling, og da Vridningsspændinger undgaas. Diameteren (eller Sidelinien) er gerne 3 cm og Længen $5-10 \text{ cm}$ større end Spændvidden.

Ved Rystelser forøges S^b , fordi Støbespændingerne faar Lejlighed til at udjævne sig ved Smaabevægelser af Molekulerne ¹⁾.

Forsøgene gøres altid med ubearbejdede Stænger ²⁾, der støbes samtidig med de bestilte Varer ³⁾ og belastes i Midten ved et givet Fritliggende, og der er da foreskrevet en Minimumsværdi for Brudbelastningen og undertiden ogsaa for Nedbøjningen. Ved denne Belastningsmaade brækker Bjælken gerne i Midten, og Resultatet er derfor ikke saa afhængig af tilfældige Støbefejl som ved Trækprøver, hvor Bruddet altid sker i det svageste Tværnsnit; og Formalet er ikke at opdage Støbefejl, men at bestemme Materialets Styrke, naar det er fejlfrit støbt.

Af Stængernes Brudstykker kan der eventuelt uddrejes Legemer til Træk- og Trykforsøg.

129. De **Fordringer**, der stilles til Støbejernets Styrke og Sejghed, afhænger af Anvendelsen, som det fremgaar af efterfølgende Sammenstilling:

Stængens Sidelinie eller Diameter i mm	Spændvidde i cm	Brudbelastning paa Midten i kg	S^b at	Nedbøjning i mm	S^t at	Anvendelse
25 □	100	300	2880			Jærn til Rør (Dansk Ingeniørforening, § 149)
30 □	100		2200	18		Almindeligt Maskingods (Bach)
30 □	100	450	2500	15 ⁴⁾	1200	Jærn til Bro- og Hushygning i Sverrick (§ 376)
30 □	100	460	2556	19		Maskingods (Danske Statsbaner)
30 □	100	520	2889	17		Lokomotivcylindre (do.)
30 □	100		3000		1800	Alm. større Maskindele (Gebr. Sulzer i Winterthur)
30 □	100		3700		2100	Afspærringsventiler, Rør-, Pumpedele o. s. v. for højt Tryk (Gebr. Sulzer i Winterthur)
30 □	100		4000		2200	Dampcylindre (do.)
30 ○	60	460	2600	6		Jærn til Bro- og Hushygning samt Rør (Tyske Normalbetingelser, § 337 ⁵⁾)
30 ○	60		2800	7		Maskingods af Middelstyrke ⁶⁾
30 ○	60		3400	10		Maskingods af høj Styrke ⁶⁾ og Damprør (§ 480)

Statsprøveanstalten har undersøgt 29 Stænger med 25 mm Sidelinie og fundet $S^b = 2080-3450$ at i Middeltal 2880 at, for 16 Stænger var $S^b < 2880$ at; Nedbøjningen var $13-25 \text{ mm}$. 26 Stænger med 30 mm Sidelinie gav $S^b = 2310-2940$ at, i Middeltal 2670 at, for 3 Stænger var $S^b < 2500$ at; Nedbøjningen var $14-20 \text{ mm}$. Anstaltens Trækprøver med afdrejede Stænger har svinget mellem 1290 og 2540 at (Ingeniøren 1909, S. 307).

Leveringsbetingelser findes i § 337 og 376.

¹⁾ Stahl und Eisen 1904, S. 407 (Outerbridge).

²⁾ Hvis Støbeskallen fjernes, stiger baade Styrke ($10-20\%$) og Nedbøjning, da Støbeskallen er skørere og har en større Elasticitetskoefficient end det indenfor liggende Materiale. Støbte Plader lader sig derfor ogsaa bedre rette, naar først Støbeskallen er afhøvet.

³⁾ Ved stigende Støbning, der helst maa anvendes, bliver S^b større, end naar Formen fyldes fra oven. Udstøbningstemperaturen maa helst ligge mellem 1100 og 1200° ; forøges den, aftager Stængernes Styrke, og formindskes den, faas let Fejl i Godset. Stængerne bør være ganske kolde (mindst 2 Timer gamle), inden de afformes, i modsat Fald paavirkes Styrken af den Temperatur, ved hvilken de udtages (I. M. 1912, Bd. II, VI, 1). Formen maa helst være udelst, saa Støbe-grater undgaas; findes saadanne, bør deres Plan ligge vandret ved Forsøget.

⁴⁾ Desuden skal Bøjningsarbejdet (regnet lig $\frac{1}{2} \times \text{Lasten} \times \text{Nedbøjningen}$) mindst være 425 kgcm .

⁵⁾ De Prøvestænger, der bruges i Amerika og England, giver meget nær samme S^b og S^t , som den tyske Stang, naar Materialet er det samme (I. M. 1912, II Bd., VI, 4).

⁶⁾ Vedtagne 1908 af det tyske Materialprøvningsforbund.

130. Bøjningsstyrken S^b beregnes under Forudsætning af lineær Spændingsfordeling, saaledes for den første Stang i Tabellen:

$$S^b = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 300 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100}{\frac{1}{8} \cdot 2,5^3} = 2880^{\text{at}}$$

Den virkelige Trækspænding i Brudøjeblikket er imidlertid langt ringere, da Hookes Lov ikke gælder for Støbejern (se Fig. 54, § 80), men i Følge Forsøg af *Bach* bestaar der et konstant Forhold mellem de ubearbejdede, kvadratiske Stængers Bøjningsstyrke og de afdrejede Brudstykkers Trækstyrke. Dette Forhold er ca. 1,5, og Kravet om en Bøjningsstyrke paa 2880^{at} er derefter ensbetydende med at forlange $S^t = 2880 : 1,5 = 1920^{\text{at}}$ 1).

131. Støbejernets **Seighed** kan som nævnt bedømmes ved Stængernes Nedbøjning, sjældnere bruges **Slag-Bøjningsforsøg**.

Se § 122 og 149. Resultaterne er ikke ligeløbende med de statiske Bøjningsforsøg, hvoraf man dog næppe med *Frémont* (I. M. 1912, II Bd. VI,3) tør slutte, at de ikke egner sig for Støbejern. De er nylig optagne i *Bureau Veritas'* Regler og siges at gøre god Nytte.

132. **Trækstyrken** af almindeligt Støbejern til Maskindele ligger gerne mellem 1500 og 1800^{at}, men den kan stige til 2500, ja op imod 3000^{at}, naar der tilsættes Staalaffald. En saadan Tilsætning har derimod kun ringe Indvirkning paa Trykstyrken. De nævnte Styrketal gælder for afdrejede Prøvestænger; ubearbejdede Stænger bærer mindre, da Bruddet let begynder i den skøre Støbeskal. Ved Opvarmning bevarer Støbejern sin Trækstyrke op til en Temperatur af 3—400°, derefter aftager den 2).

Brudspændingen aftager, naar Stangens Tværsnit vokser, da Kraften saa har vanskeligere ved at fordele sig ensformigt, og overhovedet egner Trækforsøg sig ikke til praktisk Kvalitetsmaalestok, da Resultatet let paavirkes af Bøjningsspændinger og af tilfældige Fejl³⁾. Naar Trækstyrken bestemmes, er det gerne

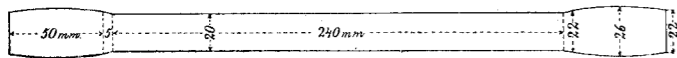


Fig. 75. Prøvestang af Støbejern.

med Brudstykkerne fra en Bøjningsprøve, og Statsprøveanstalten anbefaler da at tildanne dem som i Fig. 75 viser; de afrundede Hoveder skal sætte Stangen i Stand til at dreje sig lidt i Forhold til Kæberne, saa der intet Indspændingsmoment opstaar⁴⁾.

Trykstyrken er gerne ca. 5 Gange saa stor som Trækstyrken og ligger oftest mellem 7000 og 8500^{at}, men aftager stærkt med voksende Godstykkele⁵⁾. Trykprøver foreskrives sjældent, fordi Prøvelegemerne maa være meget smaa, naar en almindelig Maskine skal kunne knuse dem; udføres de, er det gerne

¹⁾ Naar Bjælken ogsaa er bearbejdet, stiger Forholdet til 1,7—1,8.

²⁾ I Følge *Rudeloffs* Undersøgelser af Støbejern med $S^t = 1300^{\text{at}}$ aftager Trækstyrken med stigende Temperatur indtil ca. 200°, derpaa stiger den igen for pludselig at synke ved ca. 400°; ved denne Temperatur begynder ogsaa Forlængelserne at vokse stærkt. *Bach* har for ekstra godt Støbejern med $S^t = 2362^{\text{at}}$ fundet Trækstyrken konstant indtil 300°. Styrkekurverne for begge Materialer findes paa Fig. 246.

³⁾ Bøjningsspændingerne kan skyldes, at Trækket ikke virker parallelt med Stangens Akse, og vil i saa Fald være størst ved Enderne, saa Bruddet sker der. Baade denne Fejlkilde og Virkningen af Støbefejl kan formindskes ved Brug af korte Prøvestænger, hvis Tværsnit aftager jævnt fra Enderne mod Midten (I. M. 1913, II Bd., Verhandlung S. 104).

⁴⁾ Prøvestængerne maa afsmergles, for at ikke Ridser fra Drejestalet skal nedsætte Styrken.

⁵⁾ Støbejern, der udstøbt i 1,25 cm Tærninger havde $S^c = 8260^{\text{at}}$, havde kun $S^c = 2550^{\text{at}}$, naar de smaa Tærninger blev udarbejdede af en stor med 10 cm Sidelinie. Efterhaanden som Støbejernet omsmeltes, vokser S^c betydeligt.

De svenske Bestemmelser for Jærntil Bro og Husbygning forlanger $S^c = 7000^{\text{at}}$ (§ 376).

med Cylindre eller Tærninger af 2,5—3^{cm} Tværmaal udtagne af Brudstykkerne fra en Bøjeprøve.

Forskydningsstyrken er gennemsnitlig 1,1 S^t . Forskydningsforsøg giver meget regelmæssige og med Bøjningsstyrken overensstemmende Resultater, og Prøvelegemerne behøver ikke at være større, end at de kan udbores af selve Brugsstykkerne, uden at disse ubrugeliggøres; de synes derfor velegnede til Undersøgelse af leveret Gods¹⁾.

133. **De tilladelige Spændinger** kan sættes til $\frac{1}{10}$ af Brudspændingerne. Foreligger der Bøjningsforsøg med kvadratiske Stænger kan man regne $s^b = \frac{1}{10} S^b$, $s^t = \frac{1}{15} S^b$, $s^c = \frac{5}{15} S^b$ og $s^f = \frac{1,1}{15} S^b$. Med $S^b = 2250^{\text{at}}$ faas saaledes: $s^b = 225$, $s^t = 150$, $s^c = 750$ og $s^f = 165^{\text{at}}$. s^b gælder dog kun for rektangulært Tværsnit, for cirkulært Tværsnit kan regnes 275^{at} og for I-formet og lignende Tværsnit, hvor det meste Materiale ligger langt fra den neutrale Akse, kun 180^{at}. Om Dimensionering af Rør se § 141.

Dansk Ingeniørforenings Husbygningsnormer (1916) sætter for Lejer og lign. Konstruktionsdele, naar Jærnet tilfredsstiller de tyske Normalbetingelser (§ 337): $s^c = 700$, $s^b = 250$, $s^f = 200^{\text{at}}$. For Søjler skal s^c divideres med $1 + 7 \cdot (l:i)^2$, hvor l er den fri Længde i Meter (den kan efter Omstændighederne sættes til 0,75 à 1 Gange den virkelige Længde) og i mindste Inertiradius i cm.

D. Støbejerns Anvendelse.

134. Støbejern er et meget benyttet Materiale paa Grund af dets Billighed og den Lethed, hvormed det udstøbes i de Former, man ønsker. Det anvendes saaledes til Rør for Gas, Vand og Damp, og i Maskinbygningen til Cylindre, Stativer, Svinghjul, Lejer, Ventiler m. m., i Husbygningen til Søjler, Rækværker, Ovne, Vinduesrammer, Konsoller, dekorative Led og Underlagsplader for Dragere, i Brobygningen til Søjler og Lejedele.

Paa Grund af dets ringe Træk- og Bøjningsstyrke egner det sig ikke til Bjælker, men til Søjler og andre trykkede Dele bruges det meget. Det er et noget upaalideligt Materiale, da man aldrig er sikret mod Støbefejl, og vigtige Lejedele samt Ventildele til Dampledning med højt Tryk eller overhødet Damp udføres derfor ofte som Staalstøbegods.

Ved at indstøbe Staalstænger i Støbejærnet kan man forringe dets Skørhed, noget man dog hidtil ikke har gjort praktisk Brug af undtagen ved Fremstilling af Bremseklodser.

Friederich Krupp, Grusonwerk forfærdiger saadanne (*Sargent Patent-Bremseklodser*) ved at omstøbe et Bundt Pladegitter (§ 415) med almindeligt Støbejern. Disse Klodser forener Støbejernets Bremseevne med større Slidfasthed og Brudstyrke. Bremseklodser bør være blødere end Hjulene, saa at Sliddet væsentligst falder paa Klodserne (§ 112).

135. **Støbejernssøjler** udmærker sig fremfor Søjler af Murværk ved at tage mindre Plads op og fremfor Søjler af Staal ved at være mere modstandsdygtige i Ildebrandstilfælde (§ 305); men man maa huske paa, at de er skøre, og ikke anvende dem paa Steder, hvor de kan blive paakørte eller blive udsatte for andre stærke Stød og Rystelser. De udføres gerne efter Tegning, saa man kan give dem hvilken Form man ønsker. I-formede Tværsnit har den Fordel, at Støbningens Godhed kan undersøges fra alle Sider, men som Regel anvendes cylindriske Rør, der giver de billigste Forme og den paalideligste Støbning; kun naar Søjlen skal have en særlig ringe Tværdimension i den ene Retning, bruges et rektangulært hult Tværsnit. Søjlerne bør støbes lodret, hvilket udtrykkeligt maa siges i Leveringsbetingelserne, og Længden maa da nødvendigvis overskride 6—7^m.

¹⁾ I. M. 1912, II Bd., VI, 3.

De runde Søjlers Diameter ligger gerne mellem 8 og 40 cm, og Godstykkelsen bør ikke være under 1 cm og ikke over 3,5 cm, i Regien gøres den lig eller større end $\frac{1}{10}$ af den udvendige Diameter. Iøvrigt henvises til de tyske og svenske Leveringsbetingelser (§ 337 og 376).

Søjlen Hoved og Fod kan støbes i eet med Søjlen, men ofte støbes de hver for sig, i alt Fald naar deres Sidelinie er over 80 cm, og Stødfalderne maa da afdrejes plant.

Den tilladelige Spænding er omtalt i § 133.

136. Ved Modtagelsen af en Støbejernsleverance bør hver enkelt Genstand efterses omhyggeligt overalt, saa man er sikker paa, at der ikke findes synlige Støbefejl. Overfladen bør derfor ikke være malet, men kun ferniseret; er den malet, bør Malingen afskrabes eller gennemskæres paa forskellige Steder, for at man kan overbevise sig om, at der ikke under den findes Huller fyldte med Kit. Ved Overhamring af Overfladen vil mulige Blærer under denne give sig tilkende¹⁾.

Støbejernets Sejghed kan undersøges ved **Hammerprøven** \circ : ved at slaa med Hammeren paa en retvinklet Kant, denne skal da modtage et Indtryk uden at springe af.

Iøvrigt henvises til de tyske og svenske Leveringsbetingelser (§ 337 og 376)²⁾.

E. Støbejernsrør.

137. Støbejernsrør bruges ved hydrauliske Anlæg og til Ledninger for Gas, Drikkevand, Spildevand m. m. og Damp.

Rørene er enten forsynede med en Muffe i den ene Ende (Fig. 76) eller med Flanger i begge Ender (Fig. 77). Muffeforbindelsen er ikke saa stiv som Flangeforbindelsen og anvendes derfor altid til Rør, der ligger i Jorden, og som til en vis Grad maa kunne følge dennes mulige Sætninger, da de ellers vilde knække.

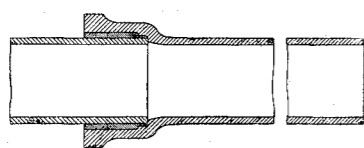


Fig. 76. Mufferrør.

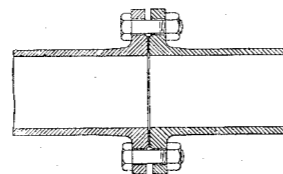


Fig. 77. Flangerør.

138. Flangerør samles med Skruebolte, idet der mellem de afdrejede Stødfalder anbringes et Tætningsmateriale f. Eks. Papskiver gennemtrængt af Blymønje³⁾.

Mufferrør samles ved at det ene Rørs Ende stikkes ind i det paafølgende Rørs Muffe, hvorpaa en Væge af Værk lægges ind i det ringformede Rum og bankes fast i Bunden, dels for at tætte, dels for at centrere Rørene; ligger disse vandret, anbringes der en Pølse af plastisk Ler omkring Spidsenden for at begrænse det ringformede Rum udadtil, og dette støbes fuldt af Bly gennem et Hul foroven i Pølsen, hvorpaa denne fjernes, og Blyet stemmes fast.

Utjæret Værk er at foretrække for tjæret, da det lader sig stemme fastere sammen. Lerpølsen kan kun bruges ved mindre Rør, ved større Rør anvendes et Tov indgnedet med Ler eller en firkantet Asbestsnor fastgjort til et Stykke Baandjærn, der spændes om Røret umiddelbart foran Muffen. Se ogsaa § 147 og 579.

¹⁾ Blærer kan ogsaa findes ved Røntgenfotografering (Ing. 1915, S. 672; 1917, S. 54; T. F. T. 1916, S. 36).

²⁾ Om amerikanske se *Mitt. des I. M.*, Bd. II, S. 250.

³⁾ Det er en Regel aldrig at anbringe Boltehuller i Rørraksens Vertikalplan.

I Stedet for smeltet Bly kan bruges **Bly-Uld**, der er i samme Form som Hampepølgarn, og som stemmes fast, efter at den indre Del af Fugen er fyldt med Værk paa vanlig Vis. Det er lettere og hurtigere at arbejde med end smeltet Bly, og Vægtmængden, der medgaar til en Samling, er kun $\frac{2}{3}$ af den normale, men til Gengæld bliver Tætheden næppe saa god (Ing. 1912, S. 170).

Cementmørtel kan ogsaa bruges til Samlingen (Ing. 1916, S. 173) og er langt billigere end Bly og kan ved Køkkenafløb være at foretrække, fordi den ikke, som Bly, ved Temperaturvariationer arbejder sig ud af Muffen; overfor vagabonderende, elektriske Strømme virker den som Isolator mellem de enkelte Rør; Cementsamlingen er lettere at adskille end Blysamlingen, idet man bortmejsler Cementen paa ca. $\frac{1}{6}$ af Omkredsen, hvorefter Rørene uden Vanskelighed lader sig skille ad. Til Gengæld mangler Cementmørtlen Blyets Plasticitet, som bevirker, at Blysamlingen holder tæt, selv om Grunden under Ledningen sætter sig i forskellig Grad. I Kalifornien har man gjort gode Erfaringer med Cementsamlinger fremstillede af sandfri, jordfugtig Cementmørtel; Muffebunden tættes paa sædvanlig Maade, og Cementen indføres i 3 Lag, der hver for sig stemmes fast med en lang Stemmer, hvorefter Samlingen omstøbes med en Vulst af Cementmørtel 1:1. Efter 1—2 Dages Forløb taaler den at udsættes for Vandtrykket.

Ved Samling af Støbejernsrør med saltglaserede Lerrør bruges altid Cementmørtel (1:2). Om Brug af **Jærnsaaner** se T. F. T. 1917, S. 194.

Undertiden er Spidsenden cylindrisk, undertiden ender den i en tykkere Ring, der skal forhindre, at Hampstrikken presses ind i Rørets Indre (Fig. 78). Indvendig i Muffen er der ofte en Rille, som, naar den fyldes med Bly, forøger Forbindelsens Modstandsevne mod Træk¹⁾.

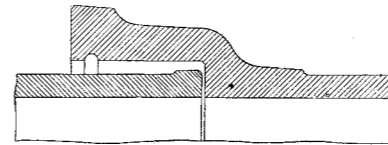


Fig. 78.

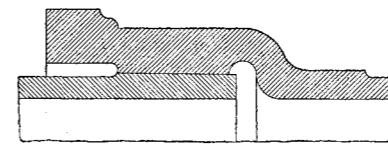


Fig. 79. Engelsk Gasrørsamling.

Den i Fig 79 viste Samlingsmaade med konisk afdrejede Flader, der bestryges med Mønje og slaas sammen med en Trækølle, bruges i England navnlig til Gasledninger. Den ydre Rille fyldes kun, hvis Samlingen viser sig utæt. Rørene er hurtige at lægge, men maa holdes i en ret Linie.

139. Hvor en Stikledning skal føres ud fra en Hovedledning, eller hvor denne skal forandre Retning, maa man have særlige **Formstykker**, der gerne er meget kortere end de almindelige Rør. Paa Grund af Støbningens Vanske-

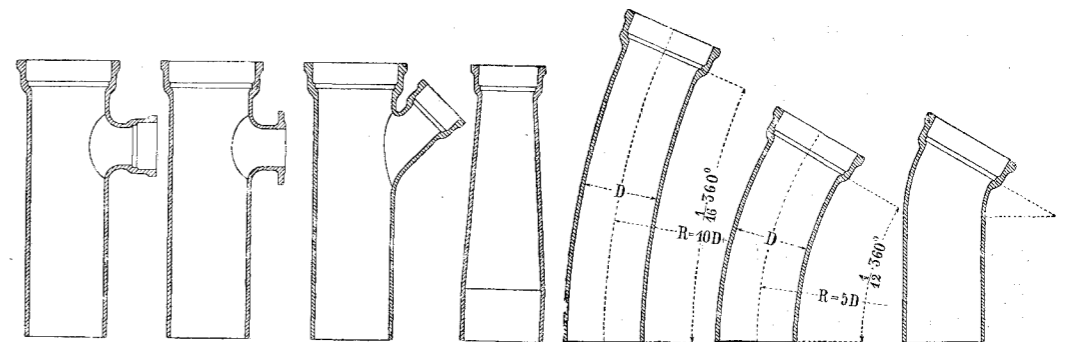


Fig. 80. Grenrør og Reduktionsrør.

Fig. 81. Bøjninger.

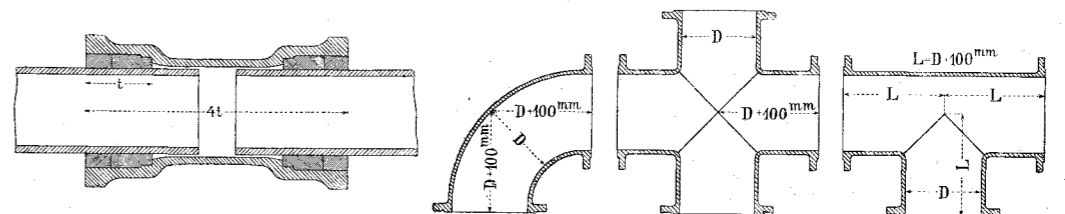


Fig. 82. Samlingsmuffe.

Fig. 83. Formstykker med Flanger.

¹⁾ Københavns Kommune prøver Samlingerne ved at underkaste Gasledningerne 1st Luftryk.

lighed forøges Godstykkelsen 15—20%, hvilket sker paa den indvendige Diameters Bekostning, for at ikke et Formstykkets Spidsende skal blive for tyk til at gaa ind i et normalt Rørs Muffe. Saaledes støbes **Gren-** eller **Stikrør** (Fig. 80), fra hvis Side der udgaar en Gren endende i en Muffe eller Flange; denne Gren har gerne mindre Diameter end Hovedrøret, og eftersom den staar vinkelret paa dette eller danner en spids Vinkel dermed, skelner man mellem Rør med lige Stik og Rør med skraa Stik. Hvor Ledningen skal gaa over fra et større til et mindre Tværnsnit, indlægges keglendannede Rør, saakaldte **Reduktions-** eller **Spidsrør** (Fig. 80). Endvidere haves **Bøjninger** med forskellige Krumningsradier og Centrivinkler (Fig. 81) samt **Samlingsmuffer** til Samling af to Spidsender (Fig. 82) og **Slutmuffer** til Lukning af en Spidsende. Hvor to Ledninger skærer hinanden under rette Vinkler, indlægges **Krydsrør** (Fig. 83).

140. Støbning. Støbejernsrør er en Specialitet, som kun særlig udrustede Støberier giver sig af med. I Danmark er der ingen Fabrikker af denne Art, saa vi er henvist til at købe Rørene i Udlandet. Før Krigen leverede Tyskland 40%, England 40% og Frankrig 7%. Formstykker af unormale Dimensioner støbes dog herhjemme efter Tegning. Støbejernsrør fremstilles nu næsten altid ved lodret Støbning, i alt Fald naar Lysningsdiametere er større end 7 cm. Liggende Støbning giver lettere porøst Gods (§ 116). Støbningen af et Mufferrør foregaar paa den Maade, at Formkassen, der her er et langt Rør, ophænges lodret i et Par Bjælker, saa at den nederste Aabning er tilgængelig. Indeni anbringes Modellen — et Støbejernsrør med løs Muffe — og det snævre ringformede Rum mellem denne og det ydre Rør lukkes forneden og fyldes med Formsand, der stemples fast med lange tynde Træstampere. Naar Rummet er fyldt, fjernes Muffen nedenfra og Modelrøret ovenfra, og den ydre Form er dermed færdig. Den indre Form, Kærnen, fremstilles af et gennemhullet Støbejernsrør, der bevikles med Halmbaand og beklædes med Masse eller Ler, der afdrejes. Kærnen anbringes midt i Formen, der lukkes forneden med en særlig Plade belagt med Masse, hvori Muffens Inderflade og Underkant er afdrejet med Skabelon. Formen er dermed færdig til Støbning.

Hullerne i Kærnerøret tjener til at aflede Luften, mens Halmbaandet ved sin Sammentrykkelighed formindsker Modstanden mod det støbte Rørs Sammentrækning. Ler- eller Masselaget gøres saa tyndt som muligt, dels for at spare Formarbejde, dels for at Luften kan passere det, og endelig for at det støbte Rør let kan trykke det i Stykker under sin Sammentrækning. Til Trods for disse Forsigtighedsregler kommer der dog tangentielle Trækspændinger i Røret. Stikker man en Ring af og saver den igennem langs en Frembringer, springer Enderne fra hinanden. Om Støbning i Jærnform se § 113.

141. Dimensioner. Støbejernsrør fremstilles ikke med mindre Lysning end 4^{cm}. Skal Rørene kunne taale store Tryk, og er Ledningen lukket ved Enderne, kan Godstykkelsen ved staaende Støbning beregnes af:

$$a = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{s^t + 0,4 p_i}{s^t - 1,3 p_i}} - 1 \right) D + 0,7 \text{ cm},$$

hvor s^t er den tilladelige Trækspænding (gerne 200^{at}), p_i det indvendige Overtryk i at og D Lysningsdiametere, medens de 0,7^{cm} tillægges for at dække over mulige Variationer i Godstykkelsen.

De almindelige Gas- og Vandrør støbes med større Tykkelse, end Formlen giver, thi ved Lægningen i Jorden bliver de ikke altid ens understøttede paa hele Længden, de kan komme til at bære mer eller mindre frit paa et Stykke, og de faar Stød under Transporten og ved Jordens Tilfyldning, ligesom Hensynet til Rust kræver en vis Godstykkelse. De støbes gerne efter Formlen $a = \frac{1}{60} D + 0,7 \text{ cm}$, og da de prøves paa Fabrikken med 20^{at} Vandtryk, regner man, at de kan bruges ved Driftstryk af indtil 10^{at}, svarende til $s^t = 264 \text{ at}$. I almindelige Vandledninger, hvor Trykket kun er 4—7^{at}, og i Gasledninger kunde Godstykkelsen godt reduceres noget, men man plejer ikke at gøre det. I Tyskland er der fastsat Normaldimensioner for dem, og disse Dimensioner,

af hvilke Godstykkelsen meget nær falder sammen med den, der findes af sidstnævnte Formel, bruges ogsaa i Danmark.

Lysningsdiametere er for Mufferrør 4—150 cm, for Flangerør 4—75 cm. Flangerørets Længde og Mufferrørets Længde uden Muffen, altsaa i bægge Tilfælde den nyttige Længde, vokser med Diameteren og er efter Normerne 2—4 m, men de fleste Fabrikker overholder dem ikke, idet de støber dem indtil 1 m længere. Saafremt Godstykkelsen formindskes (Spildevandsrør) eller forøges (Damprør), sker det altid saadan, at Rørets ydre Diameter og Muffens indre Diameter bevarer deres normale Størrelse.

De engelske Rør leveres i engelsk Maal, og de gængse Dimensioner er 1½, 2, 3 9, 12 Tommer. Længden er 9 Fod undtagen for 1½ og 2" Rør, der er 6 Fod lange.

142. Leveringsbetingelser findes i § 149. Rørene skal være fuldstændig lige og cylindriske med de ind- og udvendige Flader konaksiale; ved at maale Godstykkelsen forskellige Steder maa man ikke finde større Forskel end 2—3 mm. Det er navnlig vigtigt, at Muffens Inderflade og Spidsendens Yderflade er nøjagtig cylindriske i Forhold til Røraksen og ikke keglendannede paa en saadan Maade, at Blytykkelsen aftager ind mod Muffens Bund, thi i saa Fald presses Blyet let ud.

143. Rørens Tæthed er af meget stor Betydning, navnlig hvis de skal nedgraves i Jorden, og den undersøges derfor ved en Vandtryksprøve. Hertil kan benyttes den i Fig. 84 viste Presse¹⁾. Den bestaar af en Fundamentramme,

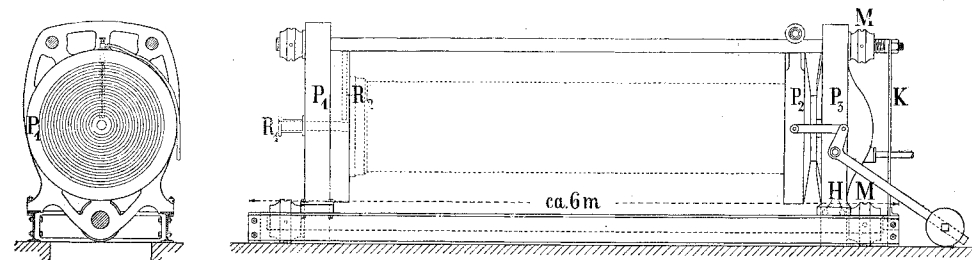


Fig. 84. Rørprøvemaskine.

hvortil en Støbejernsplade P_1 er fastgjort; gennem Pladen er stukket 3 lange Bolte, hvis frie Ender efter at være gaaet gennem Pladen P_3 , hviler i et let Kryds K . I P_3 findes en hydraulisk Presse, hvis Stempel bærer Pladen P_2 , der hænger i to Ruller paa de øvre Bolte. P_3 hviler paa H og kan sammen med P_2 skydes frem eller tilbage paa Rammen, eftersom Rørene er kortere eller længere. Røret anbringes mellem P_1 og P_2 , centreret ved Hjælp af Rillerne i P_1 og indspændes derpaa, ved at P_2 føres frem af den hydrauliske Presse. Rørets Anlægsflader tættes med Gummi eller Sejldug. Gennem R_1 pumpes der Vand ind i Røret fra en Trykpumpe, mens Luften, der, hvis den fik Lov at blive, kunde foraarsage en Eksplosion, undviger gennem Røret R_2 , hvis Sideaabninger er lukkede med Metalpropper med Undtagelse af den øverste af de indenfor Rørets Muffe værende Aabninger. Derpaa lukkes for R_2 , og naar Trykket er bragt op til 20^{at}, bankes Røret med en Hammer af 1^{kg} Vægt, hvorved der ikke maa vise sig Revner eller Utætheder. Saadanne Revner kan være opstaaede under Forsendelsen (inden denne har Fabriken prøvet Rørene), eller de kan danne sig ved Prøven, hvis der er store Støbspændinger i Godset. Kun ved en kraftig Hamring kan man sikre sig mod disse Spændinger. Efter Prøven føres P_2 tilbage af Kontravægtene C , af hvilke der findes een paa hver Side²⁾.

¹⁾ Den største af de Presser, som Københavns Kommune bruger til Prøvning af Gasrør.

²⁾ Naar Rørdiameteren er mindre end 50 cm, bruges gerne en mindre Maskine, hvori Røret fastspændes med en Skrue og ikke med hydraulisk Tryk.

144. Gas- og Vandrør bliver i Reglen asfalterede for at beskyttes mod Rust, hvilket enten sker paa Værket eller hos Forbrugeren; naar Rørene leveres ubeskyttede, er det lettere at opdage Fejl som f. Eks. Propper af smedeligt Jærn, der er indsatte for at fjerne Utætheder; se iøvrigt § 151 og 523. Rørene bruges til alle Jordledninger for Gas og Drikkevand, da de staar sig bedre mod Rust end Rør af smedeligt Jærn, samt undertiden til Husledninger af over 5^{cm} Vidde. Paa Steder, hvor en støbt Ledning skal føres gennem Murværk, bør man indskyde et Rør af smedeligt Jærn¹⁾ eller paa anden Maade sikre sig mod, at Støbejernsrøret knækker, naar Muren sætter sig.

Leveringsbetingelser findes i § 149.

I København er Gaslygtestikledninger de eneste Jordledninger, der udføres af smedeligt Jærn; de er nemlig for snævre ($\frac{3}{4}$ " til at støbes; de beskyttes mod Rust ved at lægges i Trækasser fyldte med Tjærebeton (tjæreblandet Sand); iøvrigt bruges støbte Mufferør med en Diameter af 2—42" for Gas og 2—24" for Vand; indenfor Husenes Murlinier bruges dog ogsaa $1\frac{1}{2}$ " Rør til Jordledninger for Vand.

145. Spildevandsledninger af Støbejern bruges paa Steder, hvor saltglaserede Lerrør ikke frembyder tilstrækkelig Sikkerhed. Som Regel asfalteres de, kun naar Vandet er meget syreholdigt, emailleres de indvendig. Godstykkelsen gøres ringere end i alm. Vandrør (§ 141).

Det har vist sig, at Afløb fra W. C. og alm. Husafløb ikke behøver at være emaillerede, men blot asfalterede. Asfalterede 10 cm Rør er ca. 40% billigere end emaillerede Rør af samme Vidde.

Kan der komme varmt Vand gennem Rørene (f. Eks. fra Haandvadske og Badekar), er Rillen paa Fig. 78 at anbefale, da Blyet let presses ud paa Grund af Temperaturforandringer.

De til Spildevandsledninger nødvendige Vandlaase og Interceptorer fremstilles ogsaa af Støbejern.

146. Dansk Ingeniørforenings Forskrifter anbefaler de i hosstaaende Tabel indførte

Dimensioner med en Tolerance af 0,5 mm for Godstykkelsen og 4% for Vægten. Mufferne og alle Formstykker skal have samme Form som foreskrevet for tyske Normal-Afløbsrør af 1905—8, de saakaldte D. N. A. Rør, men med Godstykkelsen afsæset efter de tilsvarende Rør.

147. Det københavnske Regu-

lativ af 1911 for Afløb fra Ejendomme stiller lignende Fordringer, kun skal Godstykkelsen for 10 cm Rør være 5 mm og Vægtene pr. m: 4,6, 6,3, 11,2 og 16,5 kg uden Muffe. Alle Ledninger i eller under Husene skal være af Støbejern indtil 50 cm udenfor Murenes Yderflader. Samlingen maa kun ske med Bly, og i færdig Tilstand skal Blytætningens Dybde være mindst 3, 3,5, 3,5 og 4 cm. Til Samling med glasserede Lerrør bruges Værk og Cementmørtel 1:2; hvor Lerrørets Spidsende skal indføres i Jærnrørets Muffeende, og Muffen ikke er vid nok, maa der indskydes et kort Jærnrør med videre Muffe. Rørene skal udvendigt være asfalterede, indvendigt enten asfalterede eller emaillerede efter Beskaffenheden af det Afløb, de fører. Til Afløbsrør fra W. C. skal i Reglen bruges 10 cm Rør, til indvendige Tagnedløbsrør mindst 10 cm Rør, til Ventilationsrør for W. C.-Vandlaase mindst 5 cm Rør. Alle Tilløb til Faldrør udføres med skraa Stik. Naar to Stik sidder paa modsatte Sider af et Faldrør eller dog er forsatte mere end 90° for hinanden skal Afstanden mellem dem, maalt i Faldrørets Retning, være mindst 40 cm (Dansk Ingeniørforenings Forskrifter tillader Brugen af dobbelte Grenrør, naar blot Grenenes Vinkel med Hovedrøret ikke overstiger 45°. Sideledningerne gives saa stærkt Fald som muligt og som Regel ikke under 5%).

148. Til Dampopvarmningsanlæg bruges Støbejernsrør (med Flange eller Muffe) til de større Ledninger, og de gøres da ofte 12,5—25% tykkere i Godset end normalt, af Hensyn til Temperaturspændinger (§ 141, 467). Iøvrigt stilles der de samme Fordringer til dem som til Gas- og Vandrør. Mufferørene samles med Rustkit (§ 517), da Blytætningen ikke holder sig, men ogsaa Rustkit-samlingen lider stærkt ved Rørenes Længdeforandringer under de skiftende

¹⁾ I København skal de støbte Gasledninger standse 1 m fra Muren.

Temperaturer, og som Regel bruges derfor ikke Mufferør, men Flangerør til Dampledninger.

Til Dampledninger med over 8^{at} Tryk eller med overhedet Damp (§ 123) egner Støbejernsrør sig ikke, navnlig ikke naar Vidden er stor. Desangaaende henvises til den tyske Ingeniørforenings Normaler af Aar 1912 for Rørledninger til Damp af høj Spænding (§ 480), hvilke Normaler anbefales af Dansk Ingeniørforening.

F. Dansk Ingeniørforenings Betingelser for Levering af Støbejerns-Rør til Gas- og Vandledninger¹⁾.

§ 1.

149. Det til Rørene anvendte Jærn skal være godt, blødt Støbejern med et fintkornet, blaagraat Brud. Rør over 70 mm Diameter skulle være støbte med Dødhoved efter udvendigt og indvendigt afdrejede Jærnmodeller i lodret stillede Forme af tørt Sand, uden synlige Støberande eller andre Ujævnheder.

Rørene skulle være tætte og homogene i Massen uden Blærer, usunde Steder eller andre Støbefejl saavel i Rørlegemet som i Muffen. Rør, hvori der er indsat Propper eller lignende for at bøde paa Støbefejl, er Modtageren berettiget til at kassere. De skulle med Lethed lade sig bearbejde med Fil, Bor og Mejsel og skulle kunne forsynes med skarpe Skruegænger i borede Huller. Et Slag med en Hammer mod en retvinklet Kant, stærkt nok til at efterlade et Indtryk, maa kunne taales, uden at Kanten springer af.

Rørene skulle være fuldstændig lige og cylindriske, deres ydre og indre Flader skulle være koncentriske, saa at Godstykkelsen intet Steds varierer mere end 2 à 3 mm fra mindste til største Godstykkelse. Muffens indvendige Diameter maa kun være 3 mm større og $1\frac{1}{2}$ mm mindre end den normale. Spidsendens udvendige Diameter maa kun være 3 mm mindre og $1\frac{1}{2}$ mm større end den normale.

Muffen skal være forsynet med en indvendig Rille til Fastholdelse af Blyet.

Rørene skulle paa Muffens Yderflade være mærkede med Støberiets Fabriksmærke.

Forsaa vidt Fabrikationen kontrolleres i vedkommende Støberi, har den kontrollerende Ingeniør, der overværer Rørenes Udstøbning, Ret til paa et af ham fastsat Tidspunkt at forlange udstøbt særlige Prøvestykker til de nedennævnte, mekaniske Undersøgelser over Støbejernets Kvalitet. Saafremt disse Prøvestykker ikke tilfredsstiller de nedenstaaende Fordringer, ville alle Rørene fra den paagældende Støbning blive kasserede.

1. En kvadratisk Prøvestang med 25 mm Sidelinie skal, uden at være efterbehandlet, med et Fritliggende af 1 m kunne bære en jævnt anbragt Belastning paa Midten af 300 kg.
2. En kvadratisk Prøvestang med 40 mm Sidelinie og 200 mm lang skal, anbragt over to Staalægge med 160 mm Afstand, uden at brydes kunne taale Slaget af en Faldvægt paa 12 kg med 400 mm Faldhøjde, som rammer Prøvestangen midt mellem Understøtningerne.

§ 2.

150. Rørenes Godstykkelse og altsaa Vægten pr. Længdeenhed maa ikke være mindre end angivet i »Normaltabelle des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner für gusseiserne Flanschen und Muffenrohre«²⁾. — Blytykkelsen, d. v. s. den halve Differens mellem Muffens indre Diameter og Spidsendens ydre Diameter, maa ikke være mindre end angivet i samme Tabel. Med Hensyn til Længden af Rørene anbefales det ligeledes at følge de i ovenfor nævnte, tyske Normer angivne »Nyttelængder«, d. v. s. Længden fra Rørets Spidsende til Bunden af dets Muffe. For flere af de sædvanlige Rørdimensioners Vedkommende støbe forskellige Fabrikker Rørene med $\frac{1}{2}$ —1 m større Nyttelængde end efter de anførte Normer, hvorom særlig Overenskomst i paakommende Tilfælde bliver at træffe.

§ 3.

151. Naar Rørene forlanges forsynede med Overtræk, skulle de i varm Tilstand, efter at de ere udtagne af Formen og fuldstændig rensede, inden de have faaet Tid til at ruste, forsynes saavel indvendigt som udvendigt med et fuldstændigt tæt, glat, ensformigt og blankt Overtræk af

¹⁾ Københavns Belysningsvæsenes Betingelser er meget nær sammenfaldende med disse; af Afgørelser anføres: Jærnet skal smeltes i Kupolovn. 75 mm Rør og derover skal støbes med Muffeenden nedad. Godstykkelsen maa højst variere 2 mm. Rør med konisk Muffeindre (§ 142) kasseres. Spidsenden skal have Vulst. Rørenes Endeflader og Muffens Bundflade skal staa vinkelret paa Aksen. Rørene maa ikke være forsynede med Overtræk af nogen Art. Leverandøren skal betale Udgifterne ved Prøvningen, saafremt over 10% af Rørene viser sig at være kassable; ved Afgørelsen af disse 10% medregnes ikke de Rør, der har lidt synlig Overlast under Transporten her til Landet, naar de erstattes med fejlfri Rør. Overvægt udover $2\frac{1}{2}$ % paa hvert enkelt Rør betales ikke.

²⁾ Tyske og amerikanske Betingelser findes i *Mitt. des I. M.* Bd. II, Teil I, S. 250.

³⁾ For Tiden garanterer Værkerne hverken Maksimums- eller Minimumsvægt.

Asfalt, Tjære eller lignende. Dette Overtræk maa ikke blive blødt i Solvarmen eller skalle af ved Gnidning, Slag med en Hammer eller Bearbejdning med Bor og Mejsel.

§ 4.

152. Modtageren er berettiget til at efterse alle Rør og udskyde dem, der lide af synlige Fejl, derunder saadanne, der have tilproppede Huller, og veje Resten. Han er endvidere berettiget til at vrage ethvert Rør, hvis Vægt er over 3% mindre end efter Tabellen (se § 2). Det samme gælder alle de Rør, ved hvilke der ved Eftermaalning viser sig større Variation i Godstykkelse eller Diameter end tilladt efter § 1.

Modtageren er endvidere berettiget til at underkaste Rørene en Prøve med et indvendigt Tryk af 20 at, idet Rørene fyldes med Vand, og Trykket tilvejebringes ved Hjælp af en Tryk-pumpe, medens Røret samtidig udsættes for en let Bankning med en Hammer af 1 à 2 u's Vægt. Rør, der ved denne Prøve viser Revner eller Utætheder, er Modtageren berettiget til at vrage.

Paa Trykpumpen eller den til Trykprøven særlig konstruerede Maskine skal findes anbragt et Manometer samt en Sikkerhedsventil, der aabner sig, naar det foreskrevne Tryk er naaet.

(Det fornødne Prøvetryk retter sig dels efter det særlige Brug, for hvilket Rørene ere bestemte, dels efter disses Diameter. Ved almindelige Gas- og Vandrør bør Prøvetrykket for Rør under 24" (600 mm) dog ikke sættes lavere end til 20 at Vandtryk.)

§ 5.

153. Med Hensyn til Formen for og Dimensionerne af de sædvanlig brugte Formstykker henvises til de ovenfor nævnte tyske Normer. Ved Beregningen af Vægten af Formstykker (Vægtfylden regnet til 7) skal der gives et Tillæg til den Vægt, der svarer til den normale Godstykkelse for den paagældende Dimension, af 20% ved Bøjninger og 15% ved andre Formstykker.

Naar Formstykkernes Godstykkelse gøres større end de tilsvarende lige Rørs, skal Tillæget i Godstykkelse ske ved at formindske den indre Diameter, saaledes at Formstykkernes Spidsenders ydre Diameter og deres Muffers indre Diameter blive nøjagtig den samme som for de tilsvarende lige Rør.

Vægttolerancen fastsættes ved Formstykker til 6% af den stipulerede Normalvægt¹⁾.

G. Haardstøbt Jærn.

154. Mens man sædvanlig ønsker graat, blødt Støbejern, der let lader sig høvle og dreje, er det undertiden vigtigere at faa et haardt Materiale, der ikke slides saa meget, og man bruger da haardstøbt Jærn (haardt Støbegods, Coquillegods), der kun adskiller sig fra almindeligt Støbejern ved at være blevet hurtigt afkølet; Grafitten faar da ikke Tid til at udskille sig, saa der dannes haardt, hvidt Støbejern. Det er altid kun Overfladen, der ønskes haard, det Indre, der ikke slides, skal helst være sejt, altsaa graat, og bliver det af sig selv, da man ikke kan faa det Indre hurtigt afkølet. Haardstøbningen, der viser sig ved det hvide, straaledede, meget finkornede Brud, strækker sig i Reglen 15—35 mm ind, sjældent mer.

Den pludselige Afkøling opnaar man ved at udstøbe i Jærnforme, der hurtigt bortleder Varmen, og ønsker man kun en Del af Overfladen haard, f. Eks.

et Hjuls Køreflade, lægges der kun Jærn ind i Formen paa dette enkelte Sted (c i Fig. 84,1), mens man iøvrigt anvender en almindelig Sandform. Hvis man vilde bruge hvidt Raajærn i Stedet for graat, vilde Genstanden helt igennem blive af hvidt, skørt Støbejern.

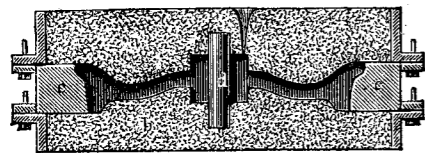


Fig. 84,1.

Haardstøbning bruges til Tipvognshjul, til Valser i Jærnværker og Møller og undertiden til Hjærtestykker og Panserplader. Hjul, der er fremstillede paa denne Maade, har meget store Egenspændinger (§ 119), og hvor Driftsikkerhed fordres, maa disse formindskes, hvilket sker ved at tage Hjulene ud af Formen saa varme som muligt og anbringe dem i opvarmede Gruber, hvor Afkølingen sker meget langsomt.

¹⁾ Københavns Belysningsvæsen betaler kun Overvægt af indtil 6% og prøver Formstykkernes Tæthed ved et indvendigt Lufttryk paa 1 at. E. S.

Ogsaa Ristestængers Overside haardstøbes, naar der stilles særlige Fordringer til deres Modstandsdygtighed mod Ild (§ 123). De bøjer sig da mindre og har i Begyndelsen en glattere Overflade, men Smeltepunktet er lavere. Dog gaar der mange Ristestænger i Handelen under Navn af Coquillegods, som kun er af almindeligt Støbejern¹⁾.

Til mange Anvendelser fortrænges det haardstøbte Gods nu ofte af det dyrere, men stærkere og sejere Staalstøbegods²⁾.

En Overfladehærdning af graat Støbejern kan ogsaa ske ved at gløde Genstanden i kvælstofrige Pulvere og afkøle i Vand eller ved at opvarme den i Luften til Rødgødhede og afkøle i fortyndet Salpetersyre. Den hærdede Overflade angribes næppe af Filen og er meget slidfast (Stahl und Eisen 1907, S. 769).

H. Hammerbart Støbegods.

155. Hammerbart Støbegods, ogsaa kaldet adouceret Jærn, anvendes ved Masseproduktion af mange mindre Genstande, der ikke maa være skøre, og som vilde blive for dyre, hvis de skulde støbes af et andet Metal, eller hvis de skulde smedes eller presses.

Til Fremstillingen benyttes hvidt eller halveret Raajærn blandet med Affald af smedeligt Jærn. Efter Støbningen, der sker fra en Digelovn, nedpakkes Genstandene med iltende Stoffer, som findelt Rødjærnsten (Fe_2O_3), Hammerskæl (Fe_3O_4) eller Zinkaske, i Støbejernspotter og holdes i Glød ved ca. 1000° i 2—5 Dage, hvorved en Del af det kemisk bundne Kulstof³⁾ omdannes til det saakaldte Temperkul (§ 237), der delvis brænder bort; derpaa afkøles de langsomt. Som Følge af Afkulningen bliver Jærnet sejt, saa det kan smedes og bøjes, men Processen trænger kun 10—12 mm ind og egner sig derfor bedst for tyndt Gods. Trækstyrke og Brudforlængelse kan gennemsnitlig sættes til henholdsvis $\frac{3}{4}$ og $\frac{1}{6}$ af blødt Staal⁴⁾.

Da Grafitten ikke, men kun det bundne Kulstof, lader sig bortbrænde, maa Genstandene støbes af hvidt Raajærn, og dette maa være saa kulfattigt som muligt og meget rent, da alle Urenheder nedsætter Sejgheden⁵⁾.

Blandt Anvendelserne kan nævnes: Smaadele til Cycler og Landbrugsmaskiner, Skruenøgler, Beslag til Døre og Vinduer, Stormkroge, Gaffelkroge til Stormstænger, Laasdele, Fittings til trukne Rør (§ 466) m. m.

Hammerbart Støbegods bør være tæt og have en glat Overflade. Det skal i kold Tilstand kunne bøjes og rettes ved Hammerslag uden at knække⁶⁾.

Ligesom det haardstøbte Jærn fortrænges nu ogsaa det hammerbare Gods ofte af Staalstøbegods.

I. Tempergods.

156. Naar Støbejernsgenstande er blevne haarde ved for hurtig Afkøling, kan de atter blødgøres ved en Udgødning med paafølgende langsom Afkøling, og Produktet benævnes da Tem-

¹⁾ Undertiden bruges valset Jærn eller Staalstøbegods, men saadanne Ristestænger er sjældent saa gode, da de nemt bliver krumme og brænder sammen med Slaggen fra Brændslet og da let rives ud, naar Risten renses.

²⁾ For haardstøbte Stænger fra Friederich Krupp, Grusonwerk angives Styrken til $St = 22-2800$ at og $S^b = 37-4400$ at. E^t er af Bach fundet lig ca. 1800000 at.

³⁾ i Cementiten (denne spalter sig: $Fe_3C = 3Fe + C$).

⁴⁾ Brudforlængelse og Indsnøring er højst 6%; $S^t = 25-3200$ at.

⁵⁾ Inden Glødningen er Sammensætningen 2,8—3,5% C, 0,4—0,9% Si, 0,2—0,4% Mn, 0,08—0,15% P og ofte indtil 0,4% S. Ved Glødningen formindskes Kulstofmængden til 0,3—1%, mens Sammensætningen iøvrigt forbliver uforandret.

⁶⁾ Om Afkulningen er tilstrækkelig dybtgaaende kan ses under Mikroskopet, idet et Snit vinkelret paa Overfladen viser et mer eller mindre tyndt Lag af kulfattigt Jærn, der fremtræder lyst

pergods. Man gløder Genstanden i flere Timer, hvorved en Del af dens bundne Kulstof omdannes til Temperkul (§ 237), og den tætte, hvide Struktur ændres til en graa, kornet. Det dannede Temperkul bortbrænder kun lige i Overfladen, da iltende Stoffer mangler. Godsets Brudflade viser derfor en sort Kærne omgivet af en smal, lys Rand. For at Jærnet ikke skal blive afkullet og omdannet til Brandjærn, beskytter man det mod Luften ved at pakke det med Aske eller Kulpulver i en Jærnbeholder. En saadan Tempring anvendes navnlig til Genstande, der støbes direkte fra Højovnen.

Betegnelsen Tempergods (Temperjærngods og Temperstaaigods) bruges dog ogsaa for større Genstande, der er behandlede ganske som hammerbart Støbegods, men som paa Grund af deres Godstykkelse hovedsageligt bestaar af almindeligt Støbejærn. Som en Følge af deres Størrelse udstøbes de fra Kupolovn i Modsætning til det hammerbare Støbegods. Som Eksempler paa Styrkeforholdene anføres for Temperjærngods: $S^t = 3210 \text{ at}$, $\delta = 1,3 \text{ ‰}$, for Temperstaaigods: $S^t = 3890 \text{ at}$, $\delta = 0,4 \text{ ‰}$. Styrkens Afhængighed af Temperaturen er vist paa Fig. 146 (efter Rudeloff) for et Materiale med $S^t = 3220 \text{ at}$, $\delta_{90} = 0,8 \text{ ‰}$ og $\varphi = 1,5 \text{ ‰}$.

IV. Smedeligt Jærn.

A. De forskellige Arter af smedeligt Jærn og deres Fremstilling.

1. Indledning.

157. Jærn er smedeligt, naar Kulstofprocenten er under 2,2 (se dog § 234), men der fabrikeres meget sjældent Jærn med 1,5—2,2 ‰ C, saa almindeligt smedeligt Jærn indeholder 0,0—1,5 ‰ C¹⁾.

Indeholder Jærnet under 1 ‰ C, bliver det ved Glødning ikke blot plastisk, men ogsaa klæbrigt, saaledes at to Stykker kan smedes sammen til eet eller svejses, og ligesom Smedeligheden er Svejseligheden des større, jo mindre Kulindholdet er.

Er der over en vis Mængde Kulstof i Jærnet, kan det **hærdes**, hvilket vil sige, at det bliver haardere, naar det i glødende Tilstand dyppes i koldt Vand; Hærdeligheden vokser med Kulindholdet. En saadan Hærdning foretages med det meste Værktøj.

158. Det smedelige Jærn fremstilles af Raajærn ved at bortbrænde mer eller mindre af dettes Kulstof tillige med Fosfor, Svovl, Silicium og andre Urenheder. Den Temperatur, ved hvilken Bortbrændingen sker, har stor Indflydelse paa Produktet.

Før 1855 var den Temperatur, man kunde tilvejebringe, ikke meget højere end Raajærnets Smeltepunkt, og da Jærn smelter des lettere, jo flere Forureninger, der er i det, saa var Følgen, at efter Haanden som Kullet brændte bort og Raajærnet omdannedes til smedeligt Jærn, blev Massen mere og mere tyktflydende og tilsidst dejgagtig. Jærn, der er fremstillet paa denne Maade, kaldes **Svejsejærn** eller, saafremt det er hærdeligt, **Svejsestaal**.

Senere er det lykkedes at udføre Processen ved en saa høj Temperatur, at det dannede smedelige Jærn holder sig flydende, lige indtil Processen er forbi, og saadant Jærn kaldes **Staal**, hvadenten det er hærdeligt eller ej.

Svejsejærn og Svejsestaal fremstilles enten ved Herdferskning eller Pudling, mens det i flydende Tilstand fremstillede Staal tilvirkes ved Bessemer-, Thomas-, Martin-, Digel- eller Elektroprocessen. Disse Processer vil blive beskrevne i det følgende.

¹⁾ Elektrolytjærn kan fremstilles med 99,99 ‰ Fe, basisk Martinstaal med 99,95 ‰ Fe.

2. Svejsejærn og Svejsestaal.

a. Herdferskning.

159. Herdferskning kan foretages paa en almindelig aaben Herd, der ligesom en Smedeesse har en Fordybning, til hvilken der blæses Luft fra en Blæsebælg.

Paa Grubens Bund lægges Hammerskæl eller andre jærnilteholdige Stoffer, derover Trækul og øverst hvidt Raajærn omgivet af Trækul. Det smeltede Raajærn driver gennem Kullene ned paa Grubens Bund, men iltes paa Vejen af Blæseluften, der bortbrænder noget af Kullet og ligeledes ilter noget Jærn, Mangan og Silicium til Jærnilte, Manganilte og Kiselsyre, der tilsammen danner en mer eller mindre letflydende Slagge. Raajærnet iltes ikke blot af Blæseluften, men ogsaa af Hammerskællene og de dannede Jærnilter, men alligevel er det Jærn, der samler sig paa Herdens Bund, sjældent tilstrækkeligt afkullet til at være smedeligt, og efter at være størknet og noget afkølet tages det derfor op og slaas i Stykker, med hvilke Ferskningen gentages. Man faar derved en dejgagtig Klump, **Luppe**, af hvilken Slaggen udhamres under en Damphammer, og som derpaa behandles videre, som det senere vil blive beskrevet under Pudling.

Stenkul kan ikke benyttes til Herdferskning, da Svovlet i dem gaar over i Jærnet og gør det rødskørt, hvilket vil sige, at det skilles ad, naarder smedes paa det. Da tilmed Produktionsevnen er meget lille, spiller Metoden ingen Rolle i de fleste Lande. I det skovrige Sverrig bliver derimod alt Svejsejærn fremstillet ved Herdferskning, og da det svenske Raajærn som Trækulsraajærn er meget rent, bliver ogsaa Svejsejærnet overordentlig rent og sejgt.

b. Pudling.

160. For England spillede det naturligvis en stor Rolle at kunne bruge Stenkul til Jærnudvindingen, og da disse ved direkte Berøring med Jærnet gav et urent, ubrugeligt Produkt, gik man over til at bruge en Flammeovn

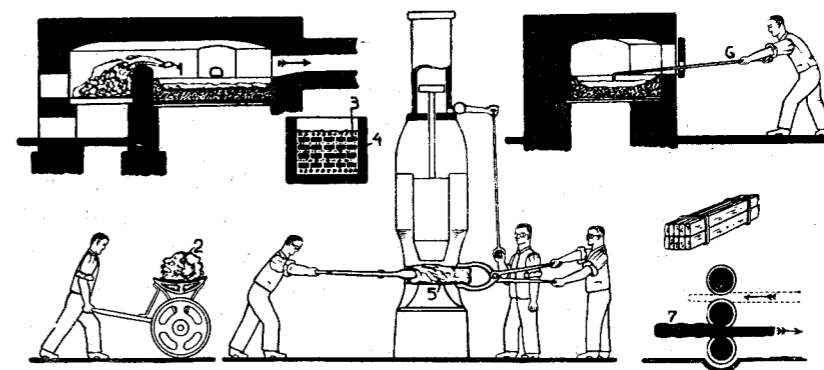


Fig. 85. Svejsjærnsfremstilling¹⁾.

(Fig. 85, 1 og 6), hvor Kullenes Forbrænding sker paa et særligt Ildsted, mens kun deres Flamme ledes hen over Herden (1), der ligger i Røgafrækket fra Ildstedet.

¹⁾ Billedet er med Arkitekt Ad. Henselins Tilladelse fremstillet efter een af dennes Vægplaner.

Fra en Aabning paa Siden af Herden bedækkes denne med Hammerskæl (Fe_3O_4) og gamle Puddelslugger [der indeholder Jærnilte (Fe_2O_3)], og ovenpaa lægges ca. 300^{kg} Raajærn, hvorpaa Aabningen lukkes med en Hejsedør, og der tændes op paa Ildstedet. Naar Raajærnet er smeltet, begynder Afkulningen og Urenhedernes Iltning, idet Flammens Ilt virker ganske som Blæseluften ved Herdferskning. Gennem et Hul i Hejsedøren rører man rundt i Massen med lange Jærnstænger (6) for at faa nyt Jærn op i Overfladen og faa Jærnilter blandet ind i Massen, hvor de omsætter sig til Kulilte, der bobler op gennem Jærnet og forbrænder paa Overfladen. Efter denne Omrøring har Processen faaet Navn¹⁾. I Løbet af ca. 2 Timer bliver Massen saa sejt, at man ikke mere kan røre i den, og saa skydes den sammen i **Lupper**, voksbløde Svejseljærnsklumper, der vejer omtr. 40^{kg} og ligner store, sorte Vadskesvampe (2).

Mens Silicium og Mangan let forslagges, er det modsatte Tilfældet med Svovl og Fosfor, der først brænder bort, efter at Jærnet er stærkt afkullet. I Almindelighed pudler man derfor, indtil Kulholdigheden er under 0,1 %, hvorved man faar Jærn, der er meget blødt og overordentlig let lader sig udsmede og svejse.

Pudling er langt hurtigere og billigere end Herdferskning, men Produktet er daarligere paa Grund af de Forureninger, Jærnet optager fra Stenkulflammen. Naar undtages Sverrig, der slet ikke driver Pudling, fremstilles Svejseljærnet næsten overalt ved denne Fremgangsmaade.

161. De glødende Lupper føres lige fra Ovnen hen under en Damphammer (5 i Fig. 85), der presser dem sammen til parallelpipediske Blokke, hvorved en stor Del af Slaggeindholdet trykkes ud. Blokkene bringes derpaa til Valseværket (7), hvor de udvalses til flade, firkantede Stænger, **Raaski²⁾ner**²⁾.

Ved denne saavel som ved de senere Valsninger drives Slaggen ud af Jærnet paa samme Maade som Vand drives ud af Vadsketøj med en Vridmaskine. Da nemlig Aabningen i Valserne er mindre end Blokkens Tværsnit, vil Jærnet faa et stærkt Sidetryk, der forhindrer den letflydende Slagge i at slippe med igennem; den samler sig derfor foran Valserne, og da Jærnet stadig føres frem, bliver Forholdet, som om at Slaggen gennemstrømmede det paalangs. Side-trykket tvinger endvidere Blokken til at forlænge sig, og da Slaggen adskiller de enkelte Jærnkorn fra hinanden og forhindrer en Sæmmensvejsning, vil hvert Jærnkorn for sig blive udvalset til en tynd Traad. Jo mere Slagge, der er i Luppen, des stærkere bliver denne Traad- eller **Senedannelse**.

162. De nævnte Raaskinner er endnu gennemtrængt af Slagge, og fra Overfladen strækker der sig dybe Gruber ned i dem. De hugges derfor i Stykker, der stables sammen i Blokke, saakaldte Katte eller Pakker (vist paa Fig. 85 over 7), der efter at være ombundne med Jærntraad og opvarmede til Svejskede svejses sammen under en Damphammer og derpaa udvalses paany til **dobbelt svejste** Stænger³⁾. Denne Proces gentages ofte flere Gange, og Jærnet bliver for hver Gang bedre, idet det bliver tættere ved at Slaggen ud- drives og de adskilte Jærndeले sammensvejses uden dog at miste den senede

¹⁾ to puddle = at rode i Mudder.

²⁾ Tværsnittet er gerne 2,5 · 10cm.

³⁾ Undertiden blander man gammelt Jærnaffald i Kattene mellem Raaskinnerne, og hvis dette Affald er af en anden Karakter end Svejseljærnet (f. Eks. Staal fremstillet i flydende Tilstand), bliver Forbindelsen ikke intim, og ved en Trækprøve vil denne Mangel paa Homogenitet da ofte vise sig tydeligt.

Struktur, som det har faaet ved de første Valsninger, naar der var megen Slagge tilstede.

De engelske Jærnværker klassificerer deres Jærn i *best*, *best best* og *best best best iron*, efter hvor stærkt det er bearbejdet paa denne Maade, men *best iron* fra eet Værk kan godt være en finere Kvalitet end *best best* fra et andet.

Baade Stænger og Plader fremstilles ved Valsning som beskrevet. Ved Fremstilling af Aksler bliver den sidst dannede Kat ikke udvalset, men faar sin endelige Form ved Smedning.

c. Svejseljærnets Egenskaber og Anvendelse.

163. Svejseljærnet er den Jærnsort, der bedst lader sig smede og svejse, og bruges navnlig, hvor der stilles store Krav i disse Retninger¹⁾. Ved Modtagelsen bør man derfor undersøge disse Egenskaber. Om Leveringsbetingelser se § 324, 377, 397 og 480. Det indeholder altid noget Slagge, men for meget bør der ikke være. Strukturen omtales i § 216. Kulindholdet (§ 165, 169, 240) er for ringe, til at Materialet kan hærdes.

Svejseljærnet anvendes først og fremmest i Smedierne, til hvilken Brug det kommer i Handelen som Stænger af rundt, kvadratisk eller rektangulært Tværsnit. Endvidere bruges det ofte til Nitter, Bolte og Traadsøm samt til Kæder og Rør, forsaavidt disse Varer fremstilles ved Svejsning. Bortset fra Slaggen, der er mekanisk iblandet, er Svejseljærnet den Handelsvare, der kommer det kemisk rene Jærn nærmest, og det foretrakkes derfor, hvor der ønskes stor elektrisk Ledeevne eller Magnetiseringsevne.

Tidligere, da man ikke kendte det bløde Staal, anvendtes Svejseljærnet ogsaa til Dampkedelplader, Bygningsjærn og Jærnbanseskiner, men nu bruges udelukkende Staal paa Grund af dets meget lavere Pris og større Styrke; kun særlige Konstruktionsled, der nødvendigvis maa svejses, fremstilles af herdfersket Svejseljærn (§ 268).

Om Trækforsøg se § 25 og 32, Arbejdsevne § 47, Trykforsøg § 66, Trækstyrke § 169, 276, 302, 308, 310, Trykstyrke § 309, tilladelig Spænding § 313-4.

164. Herdfersket Jærn (**Trækulsjærn**) indføres til Danmark udelukkende fra Sverrig og er af fortrinlig Kvalitet med ringe Fosfor- og Slaggeindhold og derfor overordentlig seigt. Kun dette bør bruges, naar man ønsker et i Henseende til Styrke paalideligt Materiale (§ 396-7 og 377).

I Sverrig fremstilles kun senet Jærn, og det bedste indeholder næppe 0,01 % P. Pakketering bruges ikke; efter at Lupperne er damphamrede, deles de i Stykker af passende Størrelse, der direkte udsmedes (sjældent) eller udvalses til de ønskede Stænger. I Steiermark pakketeres.

De forskellige Ferskningsmaader kan afvige lidt fra hverandre; den i Sverrig benyttede kaldes Lancashire Ferskning, og det svenske Jærn gaar derfor ofte under Navn af Lancashire Jærn. Det i Dannemora ved Vallouferskning fremstillede Svejseljærn bruges kun som Raastof ved Fremstilling af Digelstaal og Blærestaal.

Navnlig som Følge af Cellulosefabrikerens Vedforbrug er Trækulproduktionen aftagende, og Prisen stærkt stigende. Sverrigs Produktion af Svejseljærn er derfor i Aftagende. Det meste bruges til Digel- og Blærestaal; en Del sælges til Orientens Smede, som behøver et let behandleligt Materiale.

I Udlandet gaar det svenske Svejseljærn ofte under Navnet *Norway Iron*.

165. Puddeljærn indføres til Danmark fra England, Tyskland og Belgien og kan ikke maale sig med Trækulsjærnet. Det er ofte fuldt af Slagge og kan revne, naar det bøjes stærkt.

Til de bedste Sorter af engelsk Svejseljærn hører Lowmoor-, Bowling-, Farnley- og Yorkshire-Jærn.

¹⁾ Om Blaaskørhed se § 302, om Varmeudvidelse § 306.

Man skelner mellem senet Svejsejærn og Finkornsjærn. **Senet Svejsejærn** er den almindelige Kvalitet med 0,04—0,1% C og med matgraat, senet Brud. Det er meget blødt og lader sig overordenlig let udsmede og svejse. **Finkornsjærn** er en kulrigere Kvalitet (0,1—0,25% C) med lysegraat, finkornet Brud. Det er haardere og ikke fuldt saa smedeligt og svejseligt, men til Gengæld stærkere. For at opnaa den større Kulholdighed maa man af de i § 160 og 167 nævnte Grunde bruge Raajærn, der er rigt paa Mangan og fattigt paa Svovl og Fosfor. Paa Grund af dets ringe Slaggeindhold er Jærnkornene sammensvejste til en homogen Masse, i hvilken der ingen Traade ses. Materialet er dyrere end det senede og bruges navnlig til Boite og Traadsøm.

166. Undertiden smelter man Svejsejærn sammen med lidt Ferroaluminium i Digler og støber Smaagenstande af det, der benævnes **Mitisgods**. Det bruges til Genstande, hvis Form er vanskelig at smede, og som vilde blive for skøre ved at laves af Støbejærn, f. Eks. Skruenøgler, Hestesko, Hanke. Dele af Cykelstel o. s. v. Saadanne Sager kan, naar Godstykkelsen er ringe, ogsaa fremstilles som hammerbart Støbegods. Større Genstande støbes sjældent af Mitis, men af blødt Staal. Mitis kan smedes og svejses. Aluminiumindholdet kan f. Eks. være 0,25%.

Det saakaldte Haberland Svejsejærnsformgods er Mitisgods.

d. Svejsestaal.

167. Svejsestaal kan fremstilles ganske som Svejsejærn, altsaa ved Herdferskning eller Pudling, naar man bruger manganrigt Raajærn. Manganet for-sinker nemlig Afkulningen, da det kan opløse mere Kul end Jærnet, saa at man kan pudle lige saa længe som ellers og faa Urenhederne brændt bort, medens der bliver en Del Kul tilbage. Da imidlertid Fosfor og Svovl først fjernes ved fuldstændig Afkulning, vil Svejsestaal, der fremstilles paa denne Maade, gerne indeholde disse skadelige Stoffer.

Staallupperne behandles ganske som Svejsejærnsupperne, men Processen kaldes her Garvning eller Raffinering og i Stedet for best og best best iron benævnes Produktet **Garvestaal** eller **raffineret Staal** (§ 317) og dobbelt garvet eller dobbelt raffineret Staal.

Det nævnte Svejsestaal fremstilles formentlig kun ved Pudling og kaldes derfor ogsaa **Puddelstaal**. Det adskiller sig fra alle andre Staalsorter ved sit store Slaggeindhold.

168. Som nævnt er det meget nemmere at fremstille rent Svejsejærn ved Herdferskning og Pudling end rent Svejsestaal, og da man bagefter er i Stand til ved **Cementering** at tilføre Svejsejærnet Kulstof, kan man paa denne Maade fremstille fortrinligt Svejsestaal. Cementeringen sker ved, at flade Stænger af meget rent Svejsejærn¹⁾ sammen med Trækulspulver pakkes ned i lange murede Kister (Fig. 85, 3 og 4) og glødes i en Ovn²⁾. Kullet vandrer derved ind i Jærnet og omdanner dette til Staal, det saakaldte Cementstaal eller Blærestaal³⁾. Det sidste Navn skyldes Udseendet; der er nemlig altid noget Slagge i Svejsejærnet, og Slaggen bestaar navnlig af Jærnilter, som naar Kullet kommer til, danner Kulilte, der presser Overfladen op i store Buler. Blærestaallet garves (raffineres) derpaa ganske som det almindelige Puddelstaal, og Produktet betegnes paa ganske samme Maade.

169. Paa Grund af sit større Kulindhold har Svejsestaallet andre **Egenskaber** end Svejsejærnet. Det er haardere og kan hærdes, og Strukturen er finkornet, des finere, jo større Kulholdigheden er. **Smedeligheden og Svejseligheden** er heller ikke saa store som Svejsejærnets. Trækstyrken er større og Brudforlængelsen mindre end Svejsejærnets⁴⁾.

¹⁾ hyppigst svensk.

²⁾ i 1 à 2 Uger ved ca. 1000°.

³⁾ Kulindholdet er 0,8—1,5%. Brudfladen er storkrystallinsk.

⁴⁾ Grænsen mellem Svejsejærn og Svejsestaal sættes af I. M. ved ca. 0,3% C, i Tyskland ved St = 4200 at (Prøvestangen skal være udglødet).

Svejsestaal anvendes kun, hvor man har Brug for dets Haardhed og Slidfasthed og navnlig til Værktøj (§ 496) kun undtagelsesvis til Plader og Traad¹⁾. Det allermeste Svejsestaal (hvad enten det er fremstillet direkte af Raajærnet eller som Cementstaal) finder dog slet ikke umiddelbar Anvendelse, men omsmeltes i Digler til Digelstaal (§ 188).

170. Overfladehærdning. Undertiden fremstilles Genstande, der slides meget, af Svejsejærn eller blødt Staal, hvorpaa Overfladen eller en Del af denne omdannes til haardt Staal. Man slipper derved nemmere fra Tildannelsen, og Stykket bliver seigere og billigere, end om det var af haardt Staal helt igennem. Fremgangsmaaden, der anvendes i Maskin- og Smedeværksteder, kaldes **Indsætning** og adskiller sig kun fra Cementering ved at være i nogle faa Timer, saa at Kulstoffet kun trænger ind i det yderste Lag. Naar den glødende Genstand derpaa kastes i koldt Vand, vil dette yderste Lag blive hærdet. Den langvarige Glødning gør Materialet storkornet, og hærdes det i denne Tilstand, bliver det skørt; man skal afkøle det langsomt og derpaa gøre det finkornet ved en fornyet Opvarmning til ca. 900° og saa hærde det ved en mer eller mindre pludselig Afkøling fra denne Temperatur. Indsætning bruges f. Eks. til Cykleaksler, til Møtrikker, der ofte løses, samt til Genstande, der skal poleres, idet den finkornede Struktur og større Haardhed giver højere Glans. Ofte foretrækkes Svejsejærn for blødt Staal. De danske Statsbaner forlanger, at Hærdningen skal gaa 3—5 mm ind. I Stedet for Trækul kan man ogsaa bruge Ferrocyankalium (et gullighvidt Pulver, der gerne benævnes »Kali«) til Indsætning. Genstanden kan pakkes med Pulveret i et Rør af smedeligt Jærn, paa hvis nederste Ende der er svejst en Muffe, og det hele opvarmes paa en Esse til Kirsebærrødgødhed — ikke stærkere, thi saa bliver Røret porøst for Kaliet.

I de senere Aar bruges i stigende Grad særlige **Nikkel og Krom-Nikkel-Staal**, der, undertiden uden Indsætning, ved Hærdning bliver haarde alene i Overfladen, og som er et langt paa-lideligere Materiale end alm. indsat Staal (§ 183).

En nyere Fremgangsmaade til Overfladehærdning er opfundet af **Vickers**. Genstanden anbringes i Vand med kun den Del ragende op, der skal hærdes; denne bringes i Glød med en lit-Acetylen-Flamme, og samtidig tilføres Jærnet Kulstof, hvorefter Genstanden hurtigt dykkes ned. Hærdningen gaar normalt 1,5—5 mm i Dybden. Metoden egner sig navnlig til stort Gods (T. F. T. 1914, S. 157). Er Materialet tilstrækkelig kulholdigt, kan man nøjes med at føre en hed Flamme hen over Overfladen, saa at denne ophedes stærkt; det kolde Jærn indenfor vil da saa hurtigt bortlede Varmen, at der sker en Hærdning (Ing. 1914 S. 522).

3. Staal fremstillet i flydende Tilstand.

a. Bessemerstaal.

171. Ved Bessemerprocessen²⁾ sker Raajærnets Rensning og Afkulning paa en Maade, der i det ydre afviger meget fra Svejsejærnets Fremstilling.

Man begynder med at smelte Pigjærnet i en Kupolovn³⁾, men derfra flyder det over i en pæreformet Beholder, **Konverteren** (o: Forvandleren), hvori dets yderligere Behandling foregaar. Da de forskellige Højovnstapninger kan afvige en Del fra hverandre i kemisk Henseende, sammenblandes Pigjærn fra forskellige Tapninger, saaledes at den for Processen gunstigste Sammensætning fremkommer.

Hvis Bessemerværket selv har Højovne, kan Omsmeltningen spares, idet man regulerer Sammensætningen ved at samle alt det Raajærn, en Højovn producerer i Løbet af et Døgn (gerne 200⁴⁾), i kæmpemæssige Beholdere, **Raajærnsblandere**, hvori Jærnet holder sig flydende i 24 Timer⁴⁾. Derved faas ogsaa en jævn Tilførsel af Jærn til Konverteren (der skal flere Højovne til at føde een Konverter), og ved den forholdsvis lange Henstand i Raajærnsblanderen udskiller det meste Svovl sig som Svovlmangan, der flyder ovenpaa og kan fjernes⁵⁾.

¹⁾ Blandt mere specielle Anvendelser skal nævnes Ringe til Artillerihjul. Den svenske Stat brugte forud Puddelstaal til sine Jærnbanevognaksler, fordi dets senede Struktur hæmmede Udviklingen af Udmattelsesrevner.

²⁾ Opfundet 1856 af Englænderen **Henry Bessemer** og gjort praktisk brugbar af Svenskeren **Göhranson**.

³⁾ Flammeovne bruges sjældent mere.

⁴⁾ Man har Raajærnsblandere, der rummer 1200 t.

⁵⁾ I Sverrig tages Jærnet fra en Højovnstapning gerne direkte i Støbeskeen og fyldes fra denne direkte i Pæren; Raajærnsblander bruges sjældent.

172. Konverteren (Fig. 86 A) ligner nærmest en stor Pære, i hvis opadvendende spidse Ende der findes en Aabning paa den ene Side. Den er bygget af Jærnplader og indvendig foret med en Blanding af malet Sandsten og ildfast Ler. Midt paa Siderne har den to udvendige Tappe, med hvilke den hviler i Lejer, saa at den kan svinges om i vandret Stilling (B) til Fyldning eller Tømning, mens den under Processen staar lodret. Den ene Tap er hul, og gennem den er der ført en Blæseledning, der udmunder i et Rum mellem Konverterens Bundplade og Bundfor; fra denne Vindkedel farer Blæsten ud i Beholderen gennem Huller i Bundforet.

Vognen E fyldes fra Raajærnsblanderen og trækkes af et Lokomotiv op ad en stigende Bane, til den kommer ud for den paagældende Konverter. Denne fyldes i liggende Stilling med Raajærn, hvorpaa Blæsten sættes til, og Konverteren rejses op i Stillingen A. Idet Luften nu under voldsom Larm blæses op gennem Jærnet og videre ad Rørfanget C til Skorstenen, vil Kullet bortbrænde, og Mangan, Silicium og noget Jærn vil ilte sig og danne Slagge, men til Trods for at Jærnets Renhed og Smeltepunkt stiger, vil det holde sig flydende, idet Siliciets Iltning foregaar under stærk Varmedvikling. Processen kræver derfor graat, siliciumrigt Raajærn¹⁾.

173. Ud af Beholderens Munding staar der en Regn af Gnister og en lang Flamme, der efterhaanden bliver svagere, og af hvis Farve man kan bedømme Afkulningens Fremskridt. Naar Flammen har faaet det rette Udseende, kippes Konverteren om, saa Slaggen kan løbe af. Man afkuller praktisk talt fuldstændig (0,03—0,1 % C), baade af Hensyn til Siliciets Bortbrænding og fordi det volder Vanskelighed at stoppe Blæsten ved en bestemt Kulholdighed (se dog § 175); skal Staalet være kulrigere, kan man bagefter tilsætte netop den Kulmængde, der ønskes. Det er af stor Betydning, at Blæsningen ikke fortsættes for længe, thi i saa Fald vil en stor Del af Jærnet blive iltet, hvilket betyder et direkte Spild og en Ferringelse af det resterendes Kvalitet.

Selv ved rigtig Blæsning dannes der imidlertid en Del **Jærnforilte**, der opløses i Staalet, og hvis man paa dette Stadium afbrød Processen og støbte Staalet ud, vilde Jærnforilten under Udstøbningen og Afkølingen omsætte sig med det Kulstof, der endnu er til Stede, og danne Kulilte, som vilde forblive i Godset som Blærer, mens det uomdannede Jærnforilte vilde forringe Produktets Smedelighed. Man kaster derfor tilsidst noget knust Ferromangan ned i Konverteren, og da Manganets Affinitet til Ilt er større end Jærnets, afilter det Jærnforilte og er ikke saa tilbøjelig som dette til atter at afgive sin Ilt til Kullet²⁾. Uden Mangantilsætningen vilde Produktet være ganske ubrugeligt, det vilde være fuldt af Huller og vilde revne ved Udvalsningen. Den ringe Mangantilsætning har en næsten magisk Virkning, Staalet bliver mere flydende, og Luften undviger.

174. Har man **afkullet** stærkere end ønskeligt, gør ogsaa Ferromanganets Kul sin Nytte, men større Kulmængder kan ikke tilføres paa denne Maade uden at overfylde Staalet med Mangan, og ved Fremstilling af kulrigt Staal erstatter man derfor Ferromanganet med smeltet Spejljærn (§ 109) eller drysser Cinderspulver i Staalet, mens det udhældes af Konverteren (**Darbyprocessen**)³⁾.

¹⁾ Særlig egnet til Processen er Raajærn med 3,5—4 % C, 2—3 % Si, 3—4 % Mn samt mindre end 0,05 % S og 0,1 % P. Temperaturen i Konverteren er over 1600°; den tager som Regel 8—10 t.

²⁾ Ogsaa noget Svovl bortskaffes i Form af Svovlmangan, der er tungt opløseligt i Staalet. Af Mangan tilsættes der indtil 1,5 %.

³⁾ Darbyprocessen (opfundet 1889) bruges ogsaa ved Thomas- og Martinprocessen.

Efter Tilsætningen svinges Konverteren lidt frem og tilbage, hvorved Stofferne fordeler sig i Jærnet, og dette koger op igen paa Grund af de kemiske Processer.

175. I **Sverrig** bruger man dog at standse Blæsningen, naar den ønskede Kulholdighed er naaet; derefter tages en Prøve, der udsmedes, hærdes og bøjes. Kulholdigheden kan da bedømmes efter Antallet af taalte Bøjninger (blødt Staal) eller Brududseendet (haardt Staal). Betingelsen for, at denne Fremgangsmaade kan anvendes, er at Raajærnet indeholder meget Mangan, hvilket gerne er Tilfældet med det svenske Raajærn. Manganet hæmmer nemlig Afkulningen, saaledes at der kan blæses i f. Eks. 25 Min., uden at der gaar formeget Kul bort. Ved Storproduktionen i England og Tyskland skal det gaa hurtigere, hvorfor den ovenfor beskrevne Fremgangsmaade anvendes.

176. Bessemerprocessens **Varighed** regnet fra Blæsningens Begyndelse er kun 20—30 Minutter; naar de er forløbne, tippes Beholderen om og tømmes i Støbeskeen F, der af Kranen G svinges ud over de kredsstillede Forme, hvori Staalet udstøbes til Blokke, der udvalses til Jærnbaneskinner, Bygningsjærn m. m.

Hvad Bessemerprocessens Opfindelse betød for Jærnindustrien, danner man sig et Begreb om, naar man hører, at der til Fremstilling af 9^t smedeligt Jærn ved Herdferskning, Pudling og Bessemerproces med enkelte Apparater medgaar henholdsvis 6 Døgn, 3 Døgn og 25 Minutter. Det er denne mægtige Produktionsevne, der har bragt Bessemerprocessen frem, men paa den anden Side umuliggør Processens Hurtighed en finere Regulering af Kulholdigheden. Blot Blæsningen fortsættes nogle faa Sekunder for længe, vil Staalet blive overfyldt med Jærnforilte, og selv under normale Forhold er det vanskeligt at bortskaffe al Ilten.

Hvis der er **Fosfor** i Raajærnet, vil det iltes til Fosforsyre, der ikke optages af de kiselsyrerige Slagger; vilde man fjerne den, maatte man gøre Slaggen basisk ved et tilstrækkelig stort Kalktilslag, som imidlertid vilde forene sig med Foret til Kalksilikat, saa at Foret ødelagdes uden at Fosforet blev forslaget. Fosfor kan derfor ikke fjernes ved Bessemerprocessen, det forbliver i Staalet og gør det koldskørt: skørt ved almindelig Temperatur. Det anvendte Raajærn maa derfor være omtrent fosforfrit.

Bessemerstaalet bruges navnlig til **Masseartikler**, særlig til Jærnbaneskinner, Sveller, Lasker og Underlagsplader, i mindre Grad til Profiljærn og Plader til Bygningsbrug samt til grovere Værktøj (§ 496).

Staal med over ca. 0,45 % C fremstilles i England og Tyskland sædvanligvis ikke ved Bessemerprocessen.

b. Thomasstaalet.

177. For at man kan fremstille Staal af fosforholdigt Raajærn, maa Konverterforet foruden at være ildfast ikke angribes af Kalktilslaget. Et saadant Forbestaaende af sintret Dolomit (en Blanding af Magnium- og Kalciumkarbonat) æltet sammen med Tjære blev først opfundet i 1878 af *Thomas*, og Opfindelsen var af mægtig Betydning for Staalindustrien, da ca. 90 % af Jordens Jærnmalm er for fosforholdige til at kunne anvendes ved Bessemerprocessen¹⁾.

Fremgangsmaaden er som ved denne (Fig. 86), men der gives gennem Tragten D et Tilslag af 14—18 % brændt Kalk, som optager Fosforet, og den dannede Slagge, Thomasfosfat, er et værdifuldt Gødningsstof paa Grund af den fosforsure Kalk, den indeholder.

For at alt Fosforet skal blive fjernet, maa Staalet fuldstændig afkalles²⁾, og

¹⁾ I Sverrig fremstilles Thomasstaalet i Domnarfvad og Oxeløund.

²⁾ En grafisk Fremstilling af de kemiske Processers Forløb findes i *Hannover*: Haandbog i Metallernes mek. Teknologi, S. 153.

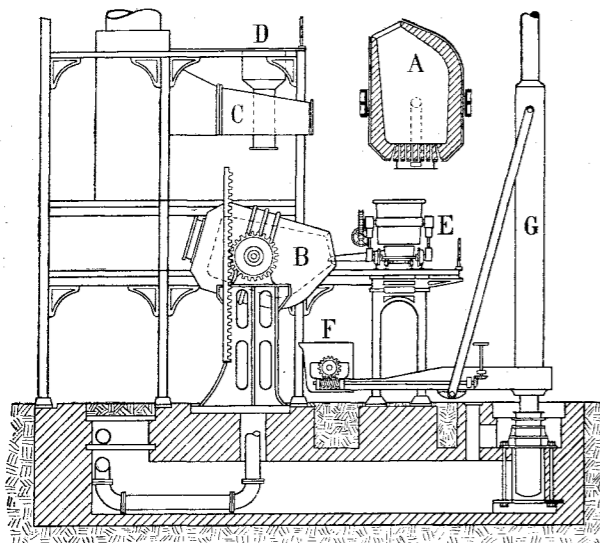


Fig. 86. Thomasværk (1:200)⁵).

178. Thomasstaalet **anvendes** som Bessemerstaalet, men foretrakkes ofte for dette, navnlig til Bygningsjærn, da man er mere sikker paa, at det er fosforfrit, og da det er billigere^{⁵)}. Det i Danmark benyttede Bygningsjærn er næsten udelukkende basisk. Thomasstaalets Seighed (§ 276), Smedelighed og Svejselighed er større end Bessemerstaalets, og i Modsætning til dette bruges det derfor til blød Traad, Plader under 5^{mm} Tykkelse og almindeligt Stangjærn til Smedebrug.

c. Martinstaalet.

179. Overalt, hvor Staal bruges, fremkommer der ogsaa meget **Affald**, dels ved Genstandenes Tildannelse og dels ved deres Kassering paa Grund af Brud eller Slid. For at dette Affald skal kunne udnyttes til Staalfabrikation, kræves der en meget høj Temperatur, der er saa meget vanskeligere at skaffe til Veje, som Staalet selv ingen Varmekilder indeholder. Før 1865 kunde man kun fremstille den fornødne Temperatur i smaa Digler, men paa dette Tidspunkt lykkedes det Martin at gennemføre Processen i stor Stil ved Anvendelse af en **Siemensk Regenerativflammeovn** med Gasfyring (Fig. 87).

Den lukkede Herd, *H*, har paa sin ene Langside en Indsætningsdør, paa den anden et Hul, gennem hvilket det færdige Staal kan flyde ud. Ved Herdens ene Ende udmunder 5 Kanaler, af hvilke de tre (*L*) fører atmosfærisk Luft, de to (*G*) Generatorgas, som paa Grund af Herdrummets høje Temperatur^{⁴)} antæn-

¹⁾ Det sikreste er ogsaa at undersøge Fosformængden i den sidst udstøbte Blok af hver Blæsning (*Ing.* 1895, S. 210). Konverteren faar først Kalktilslag, saa Raajærn, saa Blæst; naar den begynder at ryge, tippes om, saa Slaggen kan løbe af, derefter Tilslag af Kalk og forvarmet Ferronangan, Blæsning og Udtømming.

²⁾ Bedst egnet til Thomasprocessen er Raajærn med 2—3% P, 2% Mn, højst 0,5% Si og 0,1% S. Thomaskonverteren tager gerne 8—35 t.

³⁾ I og for sig er Processen dyrere paa Grund af det dyrere For, den længere Blæsetid og Prøvedtagningen, men Slaggens Værdi i Forbindelse med den ringere Pris paa fosforholdigt Raajærn, vil dog som Regel bringe Prisen ned under Bessemerstaalets. Slaggens Værdi er saa stor, at den nedsætter Staalprisen med ca. 10 M. pr. t.

⁴⁾ Temperaturen i Martinovnen er 17—1800° C.

⁵⁾ Efter *H. Ledebur*: Handbuch der Eisenhüttenkunde, 3. 1908.

Tilbagekulningen sker som ved Bessemerprocessen. Man sikrer sig Fosforets fuldstændige Fjernelse ved at udtage en Prøve under Blæsningen, udsmede den, afkøle den i Vand og knække den. Af Brududseendet kan man da afgøre, hvor stor en Luftmængde, der endnu skal blæses igennem for at fjerne den sidste Rest af Fosfor¹⁾.

Efter Forets Sammensætning benævnes Bessemerprocessen ofte den **sure Proces**, Thomasprocessen den **basiske Proces**. Mens det ved den første er Siliciets Iltning, der bevirker Temperaturstigningen, er det ved den sidste Fosforets²⁾.

des, idet den møder Luften. Flammen stryger derpaa hen over Herden og suges ud gennem 5 tilsvarende Kanaler i Herdens anden Ende.

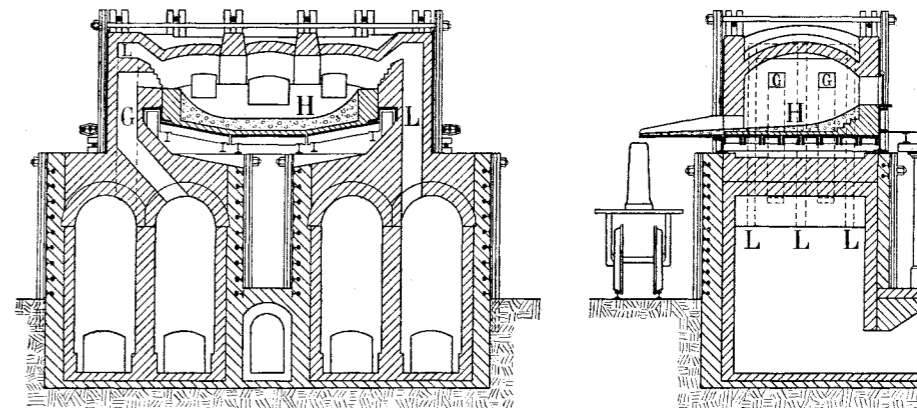


Fig. 87. Siemens' Regenerativflammeovn.

De 10 Kanaler staar i Forbindelse med 4 Kamre, der er stablet fulde af ildfaste Sten, og Kamrene paa den ene Side staar i Forbindelse med Skorstenen, mens der til de to andre føres henholdsvis Gas og Luft, men ved at dreje nogle Spiæld kan man bytte om og føre Luft og Gas til de første Kamre, mens de sidste sættes i Forbindelse med Skorstenen. De ildfaste Sten opvarmes af Spildevarmen, og naar Cirkulationsretningen ændres, hvilket sker omtrent hver Time, vil de atter afgive deres Varme til Gassen og Luften, saa at disse kommer stærkt forvarmede til Herden.

180. Efter at Herden er opvarmet, lægges der Pigjærn derind, og naar dette er smeltet, indbringes Staalaffaldet og undertiden ogsaa noget Jærnmalm for at faa særlig kulfattigt Staal¹⁾.

Raajærnets Kul omdannes til Kulilte, der bobler op gennem Massen, saa at denne synes at koge, og naar Kogningen er ophørt, er det Tegn til, at Kulstoffet er bortbrændt, og man tager da med en Ske en lille Prøve af Staalet og undersøger, om det er tilstrækkelig frit for Kul og Fosfor²⁾. Er dette Tilfældet, udføres Tilbagekulningen som ved Bessemerprocessen, hvorpaa Herden tømmes gennem Udløbsaabningen, og Staalet udstøbes enten til Blokke, der vales, eller direkte til Brugsgenstande, det saakaldte Staalstøbegods.

Herdens For er ligesom Konverterens enten basisk eller surt, eftersom Raajærnet er fosforholdigt eller ej, og i første Tilfælde tilsættes ogsaa her brændt Kalk. Den basiske Proces er at foretrække ved Fremstilling af Materiale, der skal smedes eller vales, og ogsaa til Staalstøbegods bruges den i stigende Grad³⁾.

¹⁾ Raajærnet kan ogsaa tages flydende fra Højovnen. Staaltilsætningen udgør 40—90% af hele Chargen, hvis Størrelse kan være indtil 100 t og hyppigst er 20—40 t. Næsten alle brugte Sporvejsskinner og de fleste Jærnbanseskinner nyttiggøres paa denne Maade.

²⁾ Dette kan bedømmes ved en Smedeprøve, men ved moderne Anlæg foretages en Analyse, idet Prøven sendes med pneumatisk Post til Laboratoriet, hvor Kulindholdet bestemmes i Løbet af 5—10 Minutter, idet en lille, afvejet Staalmenge lægges i et lille Porcelænstrug, der anbringes i en elektrisk Ovn, hvor Kullet brændes til Kulsyre, hvis Mængde bestemmes.

³⁾ I Storbritannien er de basiske Staalprocesser i Fremgang. I 1911 ansloges 1/3 af Staalproduktionen til at være basisk. Den basiske Martinproces kræver intet stort Fosforindhold i Raajærnet, saaledes som Thomasprocessen, da den ikke er baseret paa Varmeudviklingen ved Fosforets Forbrænding.

Da Processen varer 5—8 Timer, er der god Tid til at tage Prøver, og Staalets Kulindhold kan derfor reguleres finere end ved Bessemerprocessen.

181. Martinstaalet er gerne lidt dyrere end Konverterstaalet¹⁾, men er ogsaa et **paalideligere** Materiale (§ 276), og i de sidste Aar fremstilles det i større Mængder end Konverterstaalet. Siden 1908 fremstilles der Martinstaal i Danmark af *Burmeister & Wain*.

Martinstaalet **bruges** for det første ligesom Konverterstaalet til almindeligt Valsegods som Plader, Profil- og Rundjærn, naar man vil sikre sig et godt Materiale; til Dampkedler og Skibe kræves ofte Martinstaal, og til Jærnbroer og Jærnbetonkonstruktioner leverer Værkerne det undertiden af egen Drift for sikkert at kunne opfylde de stillede Styrke- og Seighedsfordringer²⁾. Men desuden bruges det til Genstande, der skal undergaa store Formforandringer under Forarbejdelsen, eller af hvilke der fordres en ganske bestemt Kulholdighed, saaledes til de allerfleste Maskindele og store Smedestykker, f. Eks. Skibsakslar og Skibsskruer, Aksler og Bandager til Lokomotiv-, Sporvogns- og Jærnbanevognshjul, andre store Maskinaksler, Kanoner, Panzerplader, endvidere til Rør og Traad samt til Staalstøbegods. Det bløde, basiske Martinstaal indeholder meget faa fremmede Bestanddele og er meget svejseligt, hvorfor det mere og mere fortrænger Svejseljærnet i Smedierne.

d. Nikkelstaal.

182. En særlig Sort Martinstaal er Nikkelstaalet, der faas ved Tilsætning af metallisk Nikkel. En passende Tilsætning forøger Styrken uden, som Kulstoffet, at forringe Seigheden, og navnlig forøges Styrken overfor skiftende Spændinger, hvorfor Nikkelstaalet i stigende Grad bruges til Aksler og lignende Maskindele. Af Hensyn til de højere Spændinger, man tør byde det, bruges det ogsaa noget i Brobygningen. Ved en passende Nikkeltilsætning kan Staalets Varmeudvidelse (§ 186) og Magnetiserbarhed (§ 315) ophæves, og dets kemiske Modstandsevne forøges (§ 506), saaledes at man f. Eks. kan fremstille rustfri Kedelrør (§ 185). Men Nikkelstaal er dyrt³⁾.

183. Mikrostrukturen omtales i § 233, hvor det ogsaa nævnes, at Staalets Egenskaber ikke afhænger af Nikkelmængden, men af Forholdet mellem Nikkel- og Kulmængden. Som Regel er Kulmængden ret ringe, og for saadant Staal gælder de følgende Oplysninger.

I Tyskland er der siden 1910 bygget en Del Broer af Nikkelstaal med $2\frac{1}{2}\%$ Ni ($St = 56-6500 \text{ at}$, $FG = \text{ca. } 3500 \text{ at}$, $\delta = 20\%$), men det meste Nikkelstaal indeholder $3-7\%$ Ni og $0,2-0,5\%$ C. Disse Legeringer har en høj EG og en dermed følgende stor Holdbarhed overfor Spændingsvariationer, hvilket formentlig hænger sammen med deres finkornede Struktur. De bruges derfor i stigende Grad til Maskindele med vekslende Paavirkninger som store Dampskibsakslar, Tender-, Sporvogns- og Automobilakslar, Krumtapakslar (§ 491), Stempelstænger (i Flyvemaskinernes »Gnome-Motor er baade Cylindre, Stempler og Stempelstænger af Nikkelstaal), Hjul og Rammestykker til Lokomotiver, Geværløb, Kanonrør, Kanonskærme og Panzerplader (der tillige indeholder Krom, som dog nu undertiden erstattes med Molybdæn). Brobygningsstaal med $3,5\%$ Ni, ca. $0,3\%$ C, $< 0,6\%$ Mn og $< 0,1\%$ Si ($St = 56-7000 \text{ at}$, $FG = 33-3900$, $\delta = 19-15\%$) har længe været brugt i Amerika, navnlig til Nitter, Bolte og strakte Gitterstænger. Nikkelstaal egner sig ogsaa godt til Støbegods, da det har et lavt Smeltepunkt, flyder let og ikke giver mange Blærer; endvidere egner det sig til Overfladehærdning ($0,05-0,15\%$ C, $1-6\%$ Ni) (§ 170, 312); derimod har man maattet opgive at bruge det til Jærnbaneskinner, da det faar Tværrivner under Valsningen. Iøvrigt er Smedeligheden god, naar Nikkelindholdet er under 10% . Om Svejseligheden se § 266. En Legering med 7% Ni er modstandsdygtig overfor Alkalier.

184. Legeringer med $8-20\%$ Ni bruges ikke, fordi de er skøre; Styrkens og Skørhedens Maksimum ligger ved et Indhold af $10-20\%$ Ni (med 16% Ni kan man have $St = 12000 \text{ at}$), Haardhedens ved 20% ; Staal med $5-20\%$ Ni lader sig vanskeligt bearbejde.

¹⁾ I Tyskland er Martinstaalet ca. 5 M. dyrere pr. t end Thomasstaalet.

²⁾ Til danske Jærnmønter bruges Martinstaal.

³⁾ En Tilsætning af blot 1% Ni forøger Prisen med mindst 30% . Om en Reagens til Paavisning af Nikkel se Ing. 1913, S. 114. Om Udgødnings Virkning paa Nikkelstaal se § 291.

185. Derimod bruges Legeringer med $25-35\%$ Ni til Dampturbinernes Skovle, der er udsat for et meget stærkt Slid og Rustangreb, som kun dette Staal kan modstaa (med 35% Ni haves $St = 7-8000 \text{ at}$ og $\delta = 25-35\%$); til store Dampturbineskiver bruges ogsaa kun Nikkelstaal (Krupp anbefaler: $St = 9000 \text{ at}$, $EG = 6500$, $\delta = 12\%$). Den kemiske Modstandsdygtighed, der vokser med Nikkelindholdet, udnyttes ogsaa ved Fremstillingen af rustfri Kedelrør; saadanne fremstilles af Krupp med 25% Ni (§ 312), af Bethlehem Steel Company med 30% Ni (§ 506). Endvidere bruger Krupp 30% Nikkelstaal (det saakaldte **Kruppin**) til elektriske Modstande. Disse nikkelrige Legeringer er tunge (Vf. 8,8), har en lav Flydegrænse og er meget seige og derfor modstandsdygtige mod Stød (til Ventiler i Flyvemotører bruges $22-24\%$ Ni, ca. $0,5\%$ C og undertiden noget Krom), ligesom de egner sig udmærket til Fremstilling af pressede Sager; men de lader sig vanskeligt bearbejde med skærende Værktøj, fordi Spaanen er seig (§ 258). Deres Elasticitetskoefficient aftager hurtigt med voksende Nikkelindhold til et Minimum ved 36% Ni¹⁾, for derefter hurtigt at vokse; paa ganske samme Maade varierer Varmeudvidelsen. For Nikkelstaal med $25,5\%$ Ni og $0,46\%$ C fandt Bach: $FG = 2500 \text{ at}$, $St = 6400 \text{ at}$, $\delta = 43\%$, $\varphi = 63\%$. Vf. 8,8.

186. Nikkelstaal med 36% Ni kaldes **Invar**, fordi dets Volumen kun i meget ringe Grad paavirkes af Temperaturen; medens Kulstofstaal udvider sig $1:100000$ af sin Længde ved 1° Opvarmning, er Invars Udvidelse ved normale Temperaturer kun $0,08-0,02$ Gange saa stor. (I høje Temperaturer er Forholdet et andet; mellem 250 og 500° er Udvidelsen saaledes $1,3$ à $1,8:100000$ pr. Grad (K. M. A. 1910, S. 382). Invar bruges derfor til nøjagtige Staalmaalebaand, Maalestokke, Urpenduler og Fjervægte. Men Volumnet er ikke konstant, det forandrer sig en lille Smule i Aarenes Løb (**sekulære Forandringer**), idet de ved Fremstillingen opstaaede Spændinger mellem Smaadelene efterhaanden udligner sig. For at fremskynde Ligevægtstilstandens Indtræden bliver de tynde (ca. $1,7 \text{ mm}$) Invartraade, der bruges til Basismaalinger, først kogt i Vand, derpaa belastet i et Døgn med 60 kg og sluttelig gennemrystede; baade Varmebehandlingen og Rystelserne begunstiger Smaadelenes Formændringer, men Traadene forlænger sig dog aarlig en Brøkdel af en Mikron pr. m.

Nikkelstaal med $42-46\%$ Ni undergaa ingen sekulære Forandringer og bruges til Hovednormaler for Maalestokke. Det har samme Udvidelseskoefficient som Glas og Platin (ca. $0,86:100000$) og bruges i Stedet for Platin til Indsmeltning i Glødelamper, hvorfor det undertiden kaldes **Platin**. Endvidere bruges det i stor Udstrækning af Krupp til Skibspanzerplader paa Grund af dets umagnetiske Egenskaber (§ 315). Foruden de nævnte Legeringer fremstiller Krupp en Sort (med 28% Ni), der udvider sig som Støbejern og ikke ruster; den bruges til Ventilæder i Ventilhusene, naar Temperaturen er stærkt vekslende.

For alle de i denne § nævnte Staalsorter angives $St = \text{ca. } 6000$, $FG = \text{ca. } 3000$, $\delta = \text{ca. } 25\%$.

187. Ogsaa **Krom-** og **Krom-Nikkel-Staal** fremstilles i Martinovn. Om dets lave Værdier af E^t se K. M. A. 1917, S. 65, om Styrken se § 312.

e. Digelstaal.

188. Staal, der skal bruges til **Værktøj**, maa være meget ensartet, saa at man ikke ved Værktøjets Slibning snart kommer til haardere og snart til blødere Partier. Vanskelighederne ved at fremstille saadant Staal ved Garvning bragte i 1730 *Benjamin Huntsman* paa den Tanke, at omsmelte Staalet i Digler og derved homogenisere det. Senere er Processen bleven udviklet af *Krupp* til Brug ved Fremstillingen af **store Genstande**²⁾.

Den nødvendige høje Temperatur frembringes nutildags ved Gasfyring i en Siemensk Regnerativ-Flammeovn, og Diglerne er af ildfast Ler blandet med Grafitpulver. Raamaterialet er oftest Cementstaal, sjældnere almindeligt Svejsestaal eller Martinstaal. Diglernes Indhold er, i Modsætning til hvad der finder Sted ved de andre Fremstillingsmaader, ikke i umiddelbar Berøring med Ildens Luftarter, og af Slagge dannes der kun ganske lidt; det er hovedsagelig kun de smaa Mængder Oxyder, som forslagges ved dertil egnede Tilslag. Digelstaal indeholder derfor hverken Gas eller Slaggede, og da den kemiske Sammensætning praktisk set ikke ændres under Processen, er man i Stand til ved rigtigt Valg af Indsatsen at faa Staal med netop de ønskede Egenskaber.

189. Digelstaalet udstøbes enten direkte til Brugsgenstande eller ogsaa til

¹⁾ Med 25% Ni er $E^t: 1812000 \text{ at}$, med $34-36\%$ Ni: 1470000 at (K. M. A. 1910, S. 382).

²⁾ Krupp har fremstillet Digelstaalsblokke paa 85 t .

Blokke, af hvilke der dels udsmedes Maskindele o. lgn., dels udvales tynde Stænger, der anvendes til Værktøj.

Digelstaalet er ca. 3 Gange saa dyrt som Martinstaalet, da Omsmeltingen koster Penge, og Diglerne ofte springer. Dets Hovedanvendelse er til **Værktøj** (§ 496); dernæst bruges det til saadanne **Maskindele**, af hvilke der kræves den størst mulige Driftssikkerhed, og overhovedet hvor man ønsker en stor Styrke uden at ville give Afkald paa den sædvanlige Sejghed (f. Eks. til Kanoner, Maskin- og Skibsakslar, Hjulbandager til Jærnbanevogne o. s. v.; disse Genstande bliver dog hyppigere og hyppigere fremstillede af det billigere Martinstaal). Endvidere finder Digelstaal Anvendelse til særlig udmærket **Traad**, af hvilken der fabrikeres Kabler til Hængebroer og Luftbaner samt Cykeleger. Som **Staalstøbegods** er Digelstaal endnu blærefattigere end Martinstaal, og dets Styrke og andre Egenskaber kan reguleres med endnu større Nøjagtighed.

Meget Værktøj, der tidligere fremstilledes af Digelstaal, fremstilles dog nu af Martin- og Elektrostaal.

Om Styrke og Sejghed se § 276, 298, 308, 311-2.

f. Elektrostaal.

190. I de senere Aar bruger de vandfaldsrige Lande i stigende Grad elektriske Ovne til **Staal fremstilling**. Raastoffer og Fremgangsmaade er i det væsentlige som ved Martinprocessen, blot at Ovnen opvarmes af den elektriske Strøm, saa at Staalet ikke kommer i Berøring med Forbrændingsprodukter; Ferskningen (Afkulning og Rensning) sker ved en Malmtilsætning.

Disse Ovne bruges endnu kun i ringe Grad til Ferskning af Raajærn, men derimod til **Efterbehandling** (Raffinerings) af flydende Konverter- eller Martinstaal, hvis Egenskaber kan forbedres i væsentlig Grad ved denne Proces, der meget nær svarer til Digelstaalprocessen. Saadant Elektrostaal finder samme Anvendelse som det bedste Martinstaal.

De elektriske Ovnes Hovedanvendelse er dog til Fremstilling af Værktøjstaalet, navnlig Volfram- og Molybdænstaal. Hertil bruges som Regel smaa Lysbueovne (Fig. 88), der rummer 1200 kg, og hvis Kuleelektroder er anbragt saa højt, at Lysbuen dannes ovenover Badet, der opvarmes gennem Luften og ved Straaling og saaledes ikke kan optage Kul fra Elektroderne.

Raamaterialet er Valseemner (§ 402) med Tilsætning af Volframjærn o. s. v. Indsætningen sker fra en Sidedør og Tømningen sædvanligvis ved at tippe Ovnen. Staalet udstøbes i Blokke, der vales eller smedes til Stænger.

191. Samtlige elektriske Ovne arbejder med Vekselsstrøm og udmærker sig ved, at Temperaturen let kan reguleres. Der haves forskellige Konstruktioner. *Kjellins* Ovn har en ringformet Rende til Materialet, og i dette induceres en elektrisk Strøm, der smelter det. Af *Lysbueovne* haves de 3 i Fig. 88-90¹⁾ viste Typer. I *Rennerfells* Ovn (Fig. 88) dannes Lysbuerne mellem Kuleelektroder ovenover Staalet og Slaggen, der saaledes opvarmes gennem Luften og ved Straaling. I *Héraults* Ovn (Fig. 89) gaar Lysbuerne og Strømmen fra den ene Elektrode gennem Luften til Badet og videre gennem Luften til den anden Elektrode. I *Girods* Ovn (Fig. 90) gaar Strømmen fra den øvre Elektrode gennem Luften ned til en Bundelektrode i Badet. Mindre brugt er de saakaldte *rene Modstandsovne*, hvis Elektroder ikke danner Lysbuer, men er i direkte Berøring med Badet eller med særlige Varmelegemer i Ovnen; i disse Ovne bliver Staalet varmere end Slaggen, mens Forholdet er omvendt i Lysbueovnene.

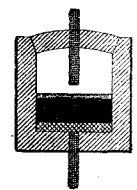
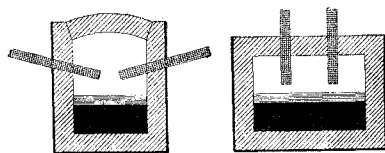


Fig. 90. Girod.

¹⁾ Efter *Odelstierna*: Jærnets Metallurgi.

g. Staalets Udstøbning.

192. Staalet kan direkte støbes ud til Brugsgenstande, og denne Fremgangsmaade anvendes ofte til Genstande af mere sammensat Form, der da benævnes **Staalstøbegods** (§ 493). Men i Almindelighed udstøbes Staalet til 4-kantede eller 8-kantede, pyramidestubformede **Blokke**¹⁾, der ved Valsning eller Smedning faar deres endelige Form som Skinner, Dragere, Aksler o. s. v. Af Skinner o. lgn. udvales der flere af hver Blok (§ 485), men ellers maa Blokkenes Vægt afpasses efter den færdige Genstands Størrelse²⁾. Formene er af Støbejærn og kaldes **Coquiller**; de fjernes, saasomt Blokken er størknet, og denne anbringes derpaa i $\frac{3}{4}$ Time eller længere i en Ovn for at udjævne Varmeforskellen mellem det hede Indre og det koldere Ydre og føres derpaa til Blokvalseværket.

Paa Grund af Forhold, der omtales i det følgende, er den øverste Del af Blokken mer eller mindre mangelfuld, og ved Fremstilling af vigtige Ting bør kun de nederste to Trediedele bruges³⁾, Resten afklippes med en Saks, som Blokken passerer inden Udvalsningen. Skal Blokken smedes ud, f. Eks. til en Aksel, lader man ofte Overdelen blive siddende for at benytte den som et Skaft, Kranen kan fæste om under Udsmeltingen, og fjerner den først bagefter.

193. Seigring. I det flydende Staal er Forureningerne jævnt fordelt, og da Formens Bund og Sider er af Jærn, afkøles Staalet saa hurtigt, at det størkner langs disse som en homogen Skal. Denne Skal beskytter Blokkens Indre mod Afkøling, saa at Staalet her har Tid til at følge sine Tilbøjeligheder til Seigring o: til at

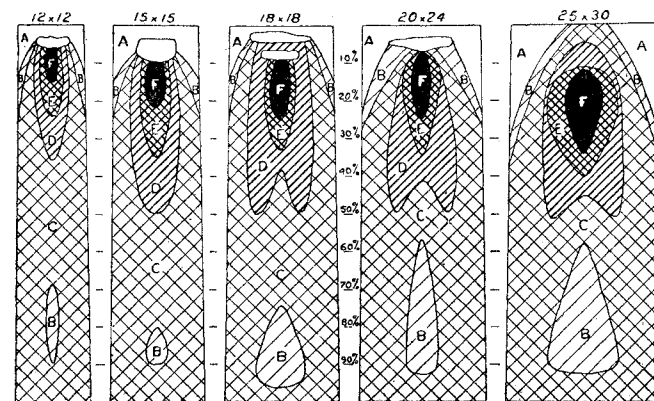


Fig. 91. Fosforets Fordeling i Bessemerblokke. Fosforholdigheden er stigende fra de med A mærkede Dele til de med F mærkede. Blokkenes Tværmaal er givet i engelske Tommer.

Fosforets Fordeling⁴⁾, men de andre Urenheder fordeler sig paa lignende Maade.

Naar Blokken udvales f. Eks. til en Jærnbaneskinne, vil dens Længde blive mange Gange forøget og dens Tværnit mange Gange formindsket, men Lagdelingen holder sig (§ 220).

194. Blæredannelse. Det smeltede Staal indeholder store Luftmængder,

¹⁾ engelsk: ingot, svensk: göt.

²⁾ Vægten ligger gerne mellem 2 og 18 t.

³⁾ Dette overholdes gerne ved Fremstilling af Hjulringe til Lokomotiver, Panserplader, Kanoner og store Staalakslar, mens Værkerne ved Fremstilling af Jærnbaneskiner er tilbøjelige til at udnytte Blokken i højere Grad for at undgaa det meget Affald. *Robert W. Hunt* advarer herimod og siger, at Affaldet kan bruges til Lasker og Underlagsplader, da disse med Fordel kan fremstilles af haardt Staal og ikke behøver at være saa fejlfri som Skinnerne (*I. M.* 1912, X, 10).

⁴⁾ Efter *M. H. Wickhorst* (*I. M.* 1912, X, 11).

navnlig Brint og Kulilte. Brinten skriver sig fra den Vanddamp, der danner sig i Ovnene ved Forbrændingen, og som i Berøring med det hede Jærn splatter sig i Brint og Ilt. Brinten opløses direkte af Jærnet, mens Ilten sammen med den fra den atmosfæriske Luft optagne Ilt danner Ilter, der dels optages af Slaggen og dels forbliver i Staalet, hvor de efterhaanden reduceres af Kullet under Dannelse af Kulilte, en Proces, der fortsætter sig lige indtil Størkningen. Naar Staalet størkner, formindskes dets Evne til at opløse Luft overordenlig stærkt, og baade Brinten og Kulilten vil da undvige og samle sig i Blærer, der stiger op gennem Blokken. Er Staalet fremstillet ved Konverterprocessen, vil det i særlig Grad indeholde Luft, som det har optaget under Blæsningen, og overhovedet er Luftudviklingen langt større ved Staal end ved Støbejærn paa Grund af Staalets højere Temperatur. Noget af den Luft, der stiger op langs Væggene, vil blive standset under Vejs ved at det omgivende Staal størkner, og der vil derfor altid sidde talrige Blærer noget indenfor Blokkens Sider. Den Luft, der stiger op gennem Blokkens Midte, vil først blive standset, naar Blokkens øverste Flade er størknet, men saa vil der ogsaa samle sig mange Blærer under denne. Disse Blæredannelser er ikke særegne for Staal, de finder Sted i de fleste Legemer, naar de gaar over fra flydende til fast Form (jvnf. Luftblærer i Is).

195. For at modvirke Blæredannelse sætter man inden Udstøbningen Mangan til Staalet. Mangan har nemlig en meget stor Affinitet til Ilt, saa at kun en ringere Del af denne vil danne Kulilte. Paa samme Maade virker Silicium. Ved en rigelig Tilsætning af Mangan og Silicium kan man ganske undgaa Blærer, men til Gengæld svinder Staalet stærkt.

Aluminium virker endnu stærkere end de nævnte Stoffer; efter *Brinells* omfattende Undersøgelser af surt Martinstaal kan Blærefrihedsgraden udtrykkes ved Størrelsen $D = Mn + 5,2 Si + 90 Al$, hvor *Mn*, *Si* og *Al* betyder Staalets procentiske Indhold af det paagældende Stof. Med de ved Forsøgene anvendte Materialer og Støbe forhold gav $D = 2$ blærefri Blokke. Aluminium bruges navnlig til Staalstøbegods og kastes i granuleret Form ned i Coquillerne. Se ogsaa § 166.

Naar man trykker Staalet op i Formen fra nedenunder, i Stedet for at hælde det ned i den, formindskes baade Luftoptagelsen og Udsejgringerne (§ 220).

Da store Blokke afkøles langsommere end smaa, vil de i længere Tid tillade Luften at undslippe, men til Gengæld begunstiges Sejgringen.

196. De Blærer, der bliver tilbage i Blokken, fladtrykkes under Valsningen, og som Regel sammensvejses Væggene, idet Luften i Blærerne virker reducerende, saa Væggene holder sig metalliske. Men er der Blærer nær Overfladen, kan Luften i dem under Valsernes Tryk bryde igennem Overfladen, saa denne faar Revner, gennem hvilke den atmosfæriske Luft kan trænge ind og ilte Væggene, der da ikke kan sammensvejses¹⁾.

Trods alle Bestræbelser for at drive Luften ud af Staalet bliver der dog store Mængder tilbage, enten i Form af Ilter eller Smaablærer eller opløst i det faste Staal. Ved at opvarme tynde Traade og Blik af almindelig Handelskvalitet til 1100° i lufttomt Rum fandt *Boudouard*, at 1 cm³ Jærn afgav ca. 6 cm³ Luft, hvoraf de 40 Rumprocent var Brint, de 20 Kulilte og Resten Kvælstof samt en ringe Mængde Kulsyre.

¹⁾ Normalt ligger Blærerne ikke saa yderligt, men visse Forhold, f. Eks. at Staalet udstøbes meget hedt, kan medføre en saa stærk Luftudvikling langs Formens Vægge, at der opstaar Strømninger, der fører hedt Staal indefra ud til Væggene og koldere Staal fra disse ind til Midten; derved udlignes Temperaturforskellene, og Størkningen vil ikke skride jævnt fremad udefra ind efter, men der vil ret pludselig størkne en tyk Skal; Blærerne langs Overfladen kan da ikke som ellers undvige indefter, men maa blive, hvor de er.

197. Svindhulheder opstaar i Blokkenes øverste Del (de hvide i Fig. 91), da Staalet under Afkølingen fra smeltet til kold Tilstand svinder indtil 2% lineært. Det første Svind bevirker blot, at Staalet synker i Formen, men naar den størkne Skorpe i Blokkens Top har naaet en vis Tykkelse, vil den blive staaende som en Hvælving over det flydende Staal, der stadig synker sammen efterladende et tomt Rum under Hvælvingen. Senere vil ogsaa den ny Overflade størkne, og der kan da atter danne sig en Hulhed som i den midterste Blok paa Fig. 91. Dette Spil kan gentage sig flere Gange, og da Størkningen samtidig skrider frem fra Siderne, vil Hulrummene aftage i Størrelse nedefter, og det hullede Parti vil danne en Tragt ned i Blokken. I Hulrummene vil den udskilte Luft samle sig, men under Afkølingen opstaar der et Undertryk, og det kan da hænde, at den ydre Luft presser Hvælvingerne ind, saa der dannes en **Sugetragt** fra oven ned i Blokken.

Dette sker hyppigere ved Staal end ved Støbejærn, der ikke suger saa stærkt, da Temperaturen er lavere, og da Grafitudskillelsen medfører en Udvidelse.

198. Svindhulheder optræder navnlig i saadanne Blokke, som er gjort blærefri ved store Tilsætninger af reducerende Stoffer, som det bruges ved Staalstøbegods, vigtigt Smedegods, Staal til Koldvalsning m. m. For at undgaa Svindhulheder i saadanne Blokke, maa man hindre Toppen i at størkne for tidlig, hvilket kan ske paa forskellige Maader. I Sverrig støber man Blokkene med den brede Ende opad og forhøjer Formen med et Hoved af ildfast Ler, hvori Staalet længe holder sig flydende, saa at Svindhulheder i Blokkens Midte fyldes af sig selv¹⁾. En anden Fremgangsmaade er at varme Coquillens Top med et Gasbaal. En tilsvarende Virkning opnaas i Amerika paa en billigere Maade, nemlig ved at forbinde Coquillerne saaledes med hinanden, at naar den ene er fyldt, løber Overskuddet ovenud og hen til den næste. Man hælder da hele Tiden Staalet ud paa den første Coquil, saa det hedeste Staal vil passere Hovederne paa de alt støbte Blokke og holde dem varme, inden det naar den tomme Coquil. Varmen tages altsaa indirekte fra Blokkenes Underdel, hvor der ingen Brug er for den, og tilføres Overdelen.

En af *Harmet* angiven Fremgangsmaade bestaar i at drive et hydraulisk Stempel ned i Coquillen under stort Tryk (f. Eks. 600^{at}), mens Staalet størkner. Staalet vil da sammenpresses i samme Grad som det svinder, og ogsaa Blæredannelse hindres af det store Tryk, saa Blokken bliver tæt i hele sin Udstrækning, men selve Staalets Kvalitet forbedres ikke. Metoden bruges til Blokke, af hvilke der skal udsmedes Kanoner eller store Aksler.

I Staalstøbegods, der ikke har Blokkenes regelmæssige Form, vil Svindhulhederne danne sig, hvor Godset er sværest, da Staalet der holder sig længst flydende, saaledes at de tilgrænsende, størkne Dele kan suge det til sig. Over saadanne, svære Partier anbringer man derfor et Dødhoved (§ 115), fra hvilken Genstanden kan suge Staal til sig.

Det vil forstaas af det foregaaende, at Svindhulhederne ikke er en nødvendig Følge af Svindet, men skyldes, at Svindet paa et givet Tidspunkt ikke er ens overalt. Jo kortere Tid, der forløber mellem Størkningens Begyndelse og dens Afslutning, des mindre vil Hulrummene blive; Støbning i en kold Metalform vil saaledes begunstige Dannelsen, mens Støbning i en forvarmet Metalform eller i en Form af ildfast Ler vil hæmme den.

¹⁾ Denne Fremgangsmaade bruges f. Eks. til Staal med over 0,25% C, der er gjort blærefrit ved Tilsætning af Ferrosilicium (50% Si).

h. Staalets Egenskaber.

199. Staalet, hvis Egenskaber omtales udførligere i det følgende Afsnit, er praktisk talt slaggefrit (§ 219) og mere homogent end Svejsejærnet; det kan efter Ønske fremstilles kulfattigt med lignende Egenskaber som Svejsejærn, eller kulrigt med lignende Egenskaber som Svejsestaal og benævnes i første Tilfælde blødt Staal, i sidste Tilfælde haardt Staal.

Det **bløde Staal** er ikke hærdeligt, men kan smedes og svejses, om end ikke i samme Grad som Svejsejærn; mens dette kan bearbejdes ved næsten enhver Temperatur uden at lide derunder, maa Staalet behandles mere forsigtigt. Varmes det for stærkt, bliver det let forbrændt, og smedes der paa det i for ringe Varme, kan det paa anden Maade tage Skade. I endnu højere Grad end for Smedning gælder for Svejsning, at den maa ske indenfor snævre Temperaturgrænser for at lykkes. Derimod er Staalets Styrke og Brudforlængelse væsentlig større end Svejsejærnets og omtrent ens i Valseretningen og vinkelret derpaa. Paa Grund af disse Egenskaber anvendes det bløde Staal overalt, hvor der ikke forlanges en særlig høj Grad af Smedelighed og Svejse- lighed, og til Genstande, der ikke er særlig udsatte for Slid. Det er overho- vedet den Jærnsort, der fremstilles i størst Mængde.

Det **haarde Staal** er hærdeligt og udmærker sig ved sin store Styrke og Slidfasthed, men er baade i kold og varm Tilstand vanskelig at bearbejde og mer eller mindre skørt. Det bruges paa Grund af Haardheden og Slidfast- heden til Jærnbanseskiner og Værktøj og paa Grund af Styrken til Konstruk- tioner, der skal være lette, som Maskiner, Automobilstel m. m.

I. M. sætter Grænsen mellem blødt og haardt Staal ved 0,3% C, men naar man taler om blødt Staal i Almindelighed, tænker man nærmest paa Staal med under ca. 0,15% C; i Amerika sættes Grænsen mellem *soft Steel* og *half-hard Steel* sædvanligvis ved ca. 0,2% C. Ofte trækkes Grænsen ved en bestemt Trækstyrke (§ 310).

B. Det smedelige Jærns Egenskaber.

1. Vægt og Smeltepunkt.

200. I tekniske Beregninger sættes Svejsejærnets Vægt til 7800 kg/m³, mens Svejsestaalet og de øvrige Staal-sorter regnes at veje 7850 kg/m³.

Vægtfylden er des større, jo mere Jærnet er komprimeret ved Valsning, Smedning og anden varm Behandling, der driver Slaggen ud af Svejsejærnet og sammentrykker Staalets Blærer¹⁾.

Kemisk rent Jærn smelter ved ca. 1530°, og for hver Procent Kulstof, Jær- net optager, synker Smeltepunktet ca. 100°, saaledes at de kulrigeste Staal-sorter smelter ved ca. 1350° og Svejsejærnet ved ca. 1500°.

2. Kemisk Sammensætning.

201. Der vil i de følgende Afsnit blive gjort rede for, hvilken Indflydelse de fremmede Stoffer i Jærnet har paa dets Egenskaber, mens de i hosstaa- ende Tabel gengivne Analyser kun skal give et Grundbegreb om de Mængder, hvori Bestanddelene ofte forekommer; at de kan være ujævnt fordelt vil ses af § 220.

¹⁾ Kold Bearbejdelse, som Traadtrækning, vil derimod nedsætte Vægtfylden (§ 39). Volfram- staalets Vf. kan overstige 9,6 (§ 497), Nikkelstaal med 25% Ni kan have Vf. 8,8.

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
Skinner af Bessemerstaal	0,40—0,50	0,30—0,35	0,60—1,00	0,06—0,10	0,03—0,06	Spor
— - Thomasstaal	0,25—0,48	0,00—0,01	0,56—0,95	0,04—0,10	0,02—0,05	
— - Martinstaal	0,36	0,16	0,98	0,04	0,05	
Plader af blødt Bessemerstaal . .	0,2	Spor	0,35	0,059	0,05	Spor
— - haardt —	0,62	0,28	1,05	0,07	0,06	0,07
— - Thomasstaal	0,077	0,002	0,64	0,074	0,052	0,15
— - blødt Martinstaal	0,09	0,02	0,37	0,04	0,05	
— - haardt —	0,62	0,14	0,89	0,04	0,05	
Stangjærn af Martinstaal	0,11	0,06	0,64	0,04	0,05	
— - Schlesisk Svejsejærn	0,02—0,10	0,06—0,17	0,04—0,16	0,26—0,37		
Traad af Martinstaal	0,11	0,01	0,45	0,05	0,035	
— - blødt Staal	0,05	0,01	0,29	0,032	0,056	
— - haardere Staal	0,19	0,01	0,50	0,062	0,020	

Kulstoffets Forekomstformer omtales i § 224, dets Mængde i § 240, dets Virkning i alle de Afsnit, der behandler Jærnets Egenskaber.

De øvrige Stoffers Forekomstformer, Mængde og Virkning skal kort om- tales her.

202. **Aluminium** bruges som Afltningsmiddel for at hæmme Blæredannelsen (§ 195), men samtidig begunstiges Dannelsen af Sugetragt; det øger S^t og mindsker δ . Det dannede Aluminium- ilte (Al_2O_3) er tungt smelteligt og samler sig i Staalet som tynde Hinder, der gør det rødkørt. Aluminiumtilsætninger egner sig derfor bedst for Staalstøbegods. Hvis man til Jærn- og Staal- gods sætter mere Al end nødvendigt til Iternes Reduktion, bevirker det en Udskillelse af Kul i Form af Grafit. Se ogsaa § 166.

Silicium forekommer i flere Forbindelser med Jærnet, den almindeligste er Fe Si. Silicium virker som Kulstof, men svagere, det forringer Svejse ligheden, forøger Styrken og indenfor visse Grænser ogsaa Haardheden, men dets vigtigste Virkning er at forringe Blæredannelsen (§ 195). I Digelstaal er der gerne over 0,25% Si, Staalstøbegods kan indeholde indtil 0,6% Si, men ellers er Mængden ringere, i basisk Staal under 0,1%, i surt op til 0,5% (§ 201). Da Si forøger Skørhe- den, bør der i blødt Bygningsstaal ikke være over 0,1%. Svejsejærn indeholder højst ca. 0,1%. Om dets Indflydelse paa de elektriske og magnetiske Egenskaber se § 315. Om Rust- og Syre- angreb se § 506. Siliciumrigt Staal bruges til Fjere.

203. **Mangan** sættes til Staal for at hæmme Blæredannelse (§ 173, 195) og forekommer i en med Kulindholdet stigende Mængde (§ 201), der gerne udgør 0,3—1%, undertiden indtil 1,5%; Svejsejærn indeholder dog højst 0,2%, og i Digel-Værktøjstaal er der normalt mindre end 0,4%. Det forøger Haardhed og Styrke, forringer Seighed, og i blødt Bygningsstaal bør der ikke være over 0,5%. Manganet findes som Karbid og Sulfid. **Karbidet** (Mn_3C) har samme Krystalform som Cementit (§ 226) og optages af denne, saa der dannes manganholdig Cementit. **Sulfidet** (MnS) findes i alt Staal, og er der nok Mangan, vil alt Svovlet bindes paa denne Maade; da dette er en Fordel, bør Staalet mindst indeholde 4 Gange saa meget Mangan som Svovl. Sulfi- det samler sig gerne i smaa Draaber, der ses under Mikroskopet som en lys, blaa-graa Masse; det gør Staalets Korn mindre, men samtidig bidrager det til at gøre det rødkørt (§ 261) og faa det til at revne ved Hærdning. Sulfidet smelter ved 1315°.

Ved Tilsætning af store Manganmængder faas det saakaldte **Manganstaal**, der udmærker sig ved Haardhed og Slidfasthed i Forbindelse med Seighed, men som kun vanskeligt kan smedes og valsens og praktisk talt ikke kan bearbejdes koldt undtagen ved Slibning. Det bruges derfor mest til Støbegods (Grave- og Knusemaskiner, Tipvognshjul), men dog ogsaa til Smede- og Valse- gods, der er stærkt udsat for Slid (Værktøj (§ 497), Maskindele, undtagelsesvis Jærnbanseskiner (§ 483)). Da der ikke kan bores i det, egner det sig til Pengeskabe og Bankbokser, og under Krigen har det været anvendt til de engelske Troppers Hjelme. Det rustes vanskeligt og brugs derfor til Spunsvægge i Havvand (§ 506). Karakteristisk for Manganstaal er, at det bliver sejgt ved hurtig Afkøling; efter Støbning og langsom Afkøling kan det være saa skørt som Glas, men naar det udglødes og afkøles i Vand, kan det faa en Brudforlængelse, der svarer til blødt Staalets, samtidig med at Trækstyrken er 3 Gange dets; en saadan Behandling er derfor almin- delig. For Staal med 13% Mn og 1,3% C fandt *Bach*: $S^t = 9160^{at}$, $\delta_{11,3} = 29,9\%$, $\varphi = 22,6\%$, $H_{3000} = 230$ (§ 251), Vf = 7,9; der var ingen tydelig FG, og Arbejdslinien var stigende indtil Brud (§ 30). Haardheden paavirkes ikke af Afkølingsmaaden, idet Manganet (naar Mængden staar i det rette Forhold til Kulmængden) paatvinger Staalet Austenitstruktur (§ 233), selv ved langsom Afkøling. Staalet er derfor (§ 238) lidet magnetisk (§ 315). Manganindholdet er sjældent under 7%, hyppigt bruges 10—13% Mn og 1—2% C; Fremstillingen sker ved at sætte Ferromangan

eller rent Mangan i smeltet Tilstand til Staalet, naar det udtømmes af Bessemer- eller Martin-ovnen; ved at bruge rent Mangan opnaar man kulfattigere og dermed lettere behandleligt Materiale.

Kobbers (§ 201) Indflydelse paa Rustdannelse omtales i § 504.

204. Svovl, der ikke har forenet sig med Mangan (§ 203) findes hovedsagelig som Jærnsulfid (FeS), der med Jærnet danner Legeringer, af hvilke den eutektiske (§ 225) indeholder 30,8% Svovl (84,6% FeS) og smelter ved 985°. Jærnet med under 30,8% S er en Legering af rent Jærnet (Ferrit) og dette Eutektikum, og er der kun en ringe Mængde tilstede, samler det sig mellem Jærnkornene som spredte Smaadraaber, der under Mikroskopet viser sig som smaa, gulgraa Pletter, runde i støbt Staal, aflange i valset; men i større Mængder omgiver det Jærnkornene som en Hinde, hvorfor det virker langt skadeligere end Mangansulfidet og gør baade Staalet rødskørt (§ 261) og forringer det kolde Staals Trækstyrke og Brudforlængelse. Svejsejærnet bør højst indeholde 0,01% S, blødt Staal, der skal smedes, højst ca. 0,05% (§ 339 og 380), haardt Staal taaler noget mere (§ 201). Koldtbearbejdigheden med skærende Værktøj forøges af en vis Svovlmængde, og svovlholdigt Martinstaal bruges paa lignende Maade som fosforholdigt (se nedenfor). Om Svovlets Indflydelse paa Rustdannelse se § 504. En simpel Fremgangsmaade til Bestemmelse af Svovlholdigheden er nævnt i § 221.

Fosfor forekommer opløst i Ferriten, der farves des stærkere af Syrer, jo større Fosforindholdet er. Er dette stort, optræder Jærnsulfid (Fe_3P), der som et Nætværk spreder sig mellem Jærnkornene og gør Staalet meget koldskørt (§ 274). Ogsaa Kornstørrelsen og Haardheden forøges af Fosfor. Fosforindholdets Størrelse er omtalt i § 201. I blødt Staal til Byggebrug bør højst være 0,1% P, og er Konstruktionen udsat for Stød og Slag højst 0,08% (§ 339 og 380); de danske Statsbaner modtager ikke Skinner med over 0,075% P. I blødt Staal til Dampkedler bør der højst være 0,04%. Svensk Svejsejærnet indeholder som Regel kun 0,01–0,04% P, mens alm. Svejsejærnet indeholder 10 Gange saa meget. Fosforets skærende Virkning vokser med Jærnets Kulholdighed, i kulfattigt Jærnet er Fosfor ikke nær saa skadeligt som Svovl, og en vis Fosformængde kan endog gøre Gavn ved at lette Koldtbearbejdelsen med skærende Værktøj; fosforholdigt Martinstaal med højst 0,1% C bruges f. Eks. til Skruebolte, der fremstilles paa hurtigt-gaaende Bænke og til Fremstilling af koldtpressede Møtriker. Et Par % P forøger Smedeligheden og Svejseligheden, men ogsaa Jærnets Tilbøjelighed til at blive forbrændt. Om Fosfors Indflydelse paa Rustdannelse se § 504, om dets Udsejninger se § 193.

It forekommer baade som Oxydul (FeO) og Oxyd (Fe_2O_3), og er i begge Tilfælde meget skadelig, da den er ledsaget af Blærer og gør Jærnet baade kold- og rødskørt.

205. Af Stoffer, der kun sættes til særlige Staalsorter, skal nævnes:

Nikkel, der er omtalt i § 182.

Krom sættes til Martin- og Digelstaal for at forøge Haardhed og Styrke; samtidig forringes Smedeligheden og Svejseligheden. Staal med over 1% Krom kan ikke svejdes. Kromstaal plejer at indeholde 1–2% Krom og 0,8–2% C og bruges i hærdet Tilstand (Austenitstruktur, § 230). Paa Grund af dets Haardhed og høje Elasticitetsgrænse er det særlig egnet til Fjere, panserbrydende Projektiler og Panserplader; desuden bruges det til Knusemaskiner, og *Krupp* fremstiller et Kromstaal, der ikke kan gennembrydes ved Flammeskæring og derfor egner sig for Pengeskabe. Til Kuglelejer (§ 312) er Kromstaal det mest brugte paa Grund af dets gode Hærdelighed. Kromnikkelstaal bruges til Panserplader og tyndvæggede, trukne Rør (*K. M. A.* 1917, S. 65) til Automobilstel. I Automobilindustrien bruges mest lufthærdende Kromnikkelstaalsorter med 0,2–0,6% C, 3–7% Ni, 0,15–1% Cr og undertiden 0,1–0,2% Vanadium. Særlig slidfast er Staal med 0,5–0,6% C, 2,5% Ni og 0,5% Cr. Kromstaal bruges ogsaa til permanente Magneter (§ 315). Om dets Brug til Værktøj se § 497. Om Rustangreb se § 506.

Volfram (Tungsten) forøger Haardheden stærkt. For hærdet Staal med ca. 0,6% C fandtes Kugletrykhaardheden H_{3000} (§ 251) at stige fra 600 ved 0% Volfram til 780 ved 2% Volfram, og ved større Tilsetninger (indtil 9%) holdt Haardheden sig paa samme Højde. Volframstaal bruges til permanente Magneter (§ 315) og til Værktøj (§ 497). Om Rustangreb se § 506, om Fremstilling § 190.

Molybdæn virker som Volfram, men stærkere, og sættes til Værktøjstaal (§ 190, 497). Rent Molybdæn bruges i Metaltraadslamper til de radiære Traade, mellem hvilke Glødetraaden er udspændt.

Vanadium er — næst efter Kul — det Stof, der stærkest paavirker Staalets Egenskaber; der tilsættes aldrig over 0,3%. Det renser Staalet for It og forøger Styrken og Svejseligheden. Det sættes ofte til Nikkel- og Kromstaal for at forøge Styrken, Seigheden og Haardheden. Vanadium-Krom-Nikkel-Staal bruges til Panserplader og Automobiler (Stel, Aksler m. m. se under Krom). Vanadium sættes ogsaa til Værktøjstaal (§ 497). Om Rustangreb se § 506.

3. Struktur.

a. Korn og Krystaller.

α. Kornenes Dannelse.

206. Metallerne er i smeltet Tilstand homogene, men bliver ved Størkningen krystallinske. Til en Begyndelse danner der sig talrige Smaakrystaller (for Jærnets Vedkommende Oktaedre) rundt omkring i Massen, og disse vokser sig

efterhaanden saa store, at de møder Nabokrystallerne og maa forme sig efter disse, hvorved de mister deres regelmæssige Begrænsning. En saadan Krystal kaldes et Korn. Da Krystallerne har ligget og svømmet rundt, er deres Akseretning tilfældig og forskellig fra Nabokrystallerne; man siger, at de er forskelligt orienterede, og man kan faa det at se ved at betragte en poleret og derefter ætset Flade under Mikroskop. Ætsemidlet danner nemlig Furer i Kornene, de saakaldte **Ætsfigurer**, der dels løber i forskellig Retning dels er ulige dybe, eftersom Krystallerne ligger paa den ene eller paa den anden Maade, og Kornene fremtræder derfor med forskellig Tegning og mer eller mindre lyse. Korn af forskellig kemisk Sammensætning adskiller sig tydeligt fra hverandre, men er Sammensætningen ens, kan man undertiden kun ved Hjælp af Ætsfigurerne afgøre, om der foreligger et enkelt Korn eller en Samling af saadanne.

207. De ved Størkningen dannede Krystaller kaldes **Størkningskrystaller** eller **primære Krystaller**. De dannes og vokser ligesom Isblomsterne paa en Rude og har disses grantræagtige Bygning, hvorfor de ogsaa benævnes Grantrækrystaller. Hos Kobber og mange andre Metaller bevares de helt eller delvis under den videre Afkøling og danner altsaa Kornene i det kolde Metal; ved hurtig Afkøling bevares de helt, ved langsom Afkøling kan nogle af Kornene forene sig til større.

Jærnet og forskellige andre Metaller forholder sig anderledes, idet der sker en **Omkristallisation** under Afkølingen; den sker, mens Jærnet endnu er glødende og indenfor et Temperaturinterval, hvis Beliggenhed afhænger af Jærnets Kulholdighed. Naar den paagældende Temperatur er naaet, forener Størkningskrystallerne sig til en homogen Masse, i hvilken der dannes nye Krystaller. Det er, som om der skete en ny Størkning, idet der rundt i Massen dannes sig forskelligt orienterede Smaakrystaller, der vokser i Størrelse indtil de støder paa Nabokrystallerne. Det er disse nydannede Krystaller, der danner Kornene i det kolde Jærnet. Fig. 140 i § 292 viser Staal, der ved en ejendommelig Behandling har faaet Striber af grove Korn i den finkornede Grundmasse. Fig. 141 viser i stærkere Forstørning Kornenes Udseende i blødt Staal.

β. Kornenes Størrelse og Form.

208. Kornstørrelsen afhænger af den termiske og mekaniske Behandling, som Metallet har gennemgaaet, samt af den kemiske Sammensætning.

209. Afkølingshastighed. Størkningskrystallerne Størrelse afhænger af den Hastighed, hvormed Størkningen sker, idet de kun ved langsom Afkøling faar Tid til at vokse sig store. Metaller, der ikke krystalliserer om, bliver derfor storkornede ved langsom og finkornede ved hurtig Størkning. Forholdene under den yderligere Afkøling har dog ogsaa Betydning, idet Krystallerne har Tilbøjelighed til at slutte sig sammen og antage samme Orientering som Nabokrystallerne, og disse Sammenslutninger vil kunne foregaa, saalænge Metallet endnu har en vis Temperatur. Ved langsom Afkøling vil Størkningskrystallerne derfor vokse, mens en hurtig Afkøling vil fikserer den øjeblikkelige Størrelse. Et finkornet Metal bliver grovkornet, naar det opvarmes til en høj Temperatur under Størkningspunktet; et grovkornet Metal kan derimod kun gøres finkornet ved Smeltning og hurtig Størkning.

Hos Jærnet og andre omkristalliserende Metaller er det kolde Metals Korn-

størrelse derimod uafhængig af Størkningens Hastighed og alene betinget af den Hastighed, hvormed Metallet føres gennem det Temperaturinterval, indenfor hvilket Omkrystallisationen foregaar; holdes Jærnet længe paa den nævnte Temperatur, bliver det storkornet, afkøles det hurtigt, bliver det finkornet. Fig. 92 viser efter Heyn meget kulfattigt Staal, der er afkølet fra 1120 til 680° i henholdsvis 1¼ Min. og ca. 7½ Time. Naar koldt Jærnet opvarmes, indtræder samme Fænomen; ved at opvarme Jærnet til noget over Omkrystallisationstemperaturen og vælge en passende Afkølingshastighed er man i Stand til efter Behag at formindske eller forøge Kornstørrelsen indenfor visse Grænser¹⁾.

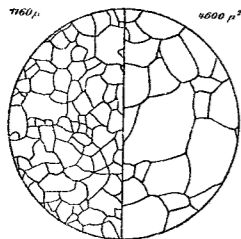


Fig. 92. Blødt Staal afkølet fra 1120 til 680° i 1¼ Min. | 7½ Time. Forstørr. 58 Gange lineært.

Det samme gælder for andre Metaller og Legeringer, i hvilke der foregaar en Omkrystallisation efter Størkningen, idet det er de nydannede Krystaller, som man giver mer eller mindre Tid til at vokse. I urene Metaller, f. Eks. kulholdigt Jærnt, findes Urenheder ofte jævnt fordelt i Størkningskrystallerne, mens de under Omkrystallisationen udskiller sig i særlige Korn. Ogsaa disse Korn bliver ved hurtig Afkøling smaa og ligger da spredt i Massen, mens ved langsom Afkøling Urenhederne faar Tid til at samle sig i større Korn.

210. Varmvalsning. Hvis et Metal vales eller smedes, formindskes Kornene. Under Valsernes Tryk antager de nemlig en langstrakt, fra Krystallens stærkt afvigende Form, som er dem unaturlig, hvorfor de deler sig efter Længden i mindre Krystaller af naturlig Form. En støbt Staalblok har som Følge af den langsomme Afkøling meget store Korn, men for hver Valsning bliver de mindre. Valsning og Smedning er derfor ikke blot formgivende Processer, men af stor Betydning for Metallens Kvalitet. Undertiden sker der pludselige Brud paa Konstruktionsdele, navnlig udgaaende fra Bunden af Skruegænger eller andre skarpe Hjørner; hvis saadanne Brudflader viser sig storkornede, er Aarsagen som Regel urigtig Varmebehandling ved Fabrikationen, og specielt at Smedningen eller Valsningen er afsluttet, mens Materialet endnu var for varmt.

Den Strækning af Kornene, som Valsningen medfører, faar altsaa ikke blivende Betydning, da Kornene straks deler sig i mindre af normal Form. Kun hvis Valsningen foregaar i saa svag Glødhede, at Omlejringerne ikke kan foregaa, vil Kornene blive noget langstrakte, som det f. Eks. kan iagttages i Valsetraad.

Hvis Metallet ikke er rent, men bestaar af forskellige Bestanddele, der i Valssetemperaturen er ulige bløde, kan der opstaa en Lagdeling, som imidlertid intet har med Kornformen at gøre. Den findes navnlig hos slaggerigt Svejsjærnt, men kan ogsaa forekomme i Staal. Ved Trækforsøg med Prøvelegemer udtagne tværs paa Valsretningen af store Differdingerbjælkens Flanger og Krop, har jeg paa Brudfladen truffet en svag Lagdeling. Fig. 92,1 viser efter Rosenhain, hvorledes Ferrit og Perlit (§ 226) kan ligge i Striber i valset Staal.

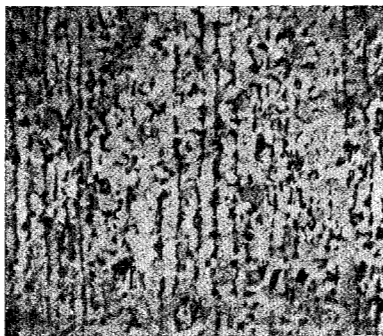


Fig. 92,1. Lagdelt Ferrit (lys) og Perlit (mørk) i valset Staal.

211. Koldstrækning. Kornenes Begrænsning er uregelmæssig (Fig. 92), men Udstrækningen er, gennemsnitlig taget, ens i alle Retninger; har Kornene

¹⁾ En stærk Forurening af Korngrænserne kan dog undertiden forhindre Omkrystallisationen.

en bestemt Længderetning, er det som Regel (se dog § 210) et Bevis paa, at Materialet har været paavirket op over Flydegrænsen; i Traad er Kornene saaledes langstrakte i Traadens Retning. Ved stærk Strækning vil Kornene desuden dele sig i kortere, saa deres absolute Længde er intet Maal for Strækningsgraden. Koldstrækning gør altsaa Kornene mindre, og en overtrukket Stangs Brudflade viser derfor ikke Metallens oprindelige Kornstørrelse.

De koldstrakte Korn befinder sig i en metastabil Ligevægt, der vedligeholdes af Metallens indre Friktion. Naar denne formindskes ved Opvarmning, antager Kornene atter deres oprindelige Form og Størrelse; udglødet Traad har saaledes normale Korn (§ 290-2).

212. For Kobbers Vedkommende er disse Forhold undersøgt af H. Baucke (I. M. 1912, II, 14). I Trolleytraad ligger Kornenes Længde mellem $\frac{1}{10}$ og $\frac{1}{20}$ mm, mens Bredden kun er $\frac{1}{4}$ heraf. Ved Opvarmning forsvinder denne Langstrakthed, efterhaanden som Temperaturen stiger, og gaar man op over 1000° (Overhedning), bliver Bredden større end Længden, og Kornstørrelsen kan stige til op imod 1 mm. Den første Virkning af Opvarmningen er dog en Kornformindskelse, ved hvilken Længden aftager, mens Bredden næsten ikke forandres; 90 Timers Opvarmning til 200° formindskede Længden til $\frac{1}{3}$. Kornene deler sig altsaa efter Længden til de er blevne lige store i alle Retninger, og derpaa forener de sig til større Korn. At denne Forening navnlig sker i Tværetningen kan muligvis forklares ved, at Kornene er i intimere Berøring her. Naar Kobber i maanedsvis holdes paa en Temperatur af 100-450°, faar det en lignende Struktur som ved Overhedning. I valsede Plader til Fyrkasser er Kornlængden gerne under $\frac{1}{10}$ mm og lig 1,1 Gange Bredden; hvis Bredden bliver større end Længden, er det et Tegn paa Overhedning. Koldtrukket Kobbers Tilbøjelighed til at blive storkornet vokser, naar det under Opvarmningen er i Berøring med udglødet Kobber.

213. Kemisk Sammensætning. Det Temperaturinterval, indenfor hvilket Jærnet omkrystalliserer, er des snævrere, jo større Jærnets Kulindhold er, og Krystallerne i kulrigt Jærnt vil derfor, selv ved langsom Afkøling, ikke faa Tid til at vokse sig store. Blødt Staal og navnlig Svejsjærnt har saaledes store Korn, mens haardt Staal er mere finkornet, og det haardeste Værktøjsstaal har en saa jævn Brudflade, at Kornene ikke kan ses, og Udseendet minder om graa Silke eller graa Kalksten. Fosfor forøger derimod Kornstørrelsen.

Mangan, Silicium, Volfram, Krom og Svovl formindsker ligeledes Kornstørrelsen. Naar Kulindholdet bliver over 2%, forøges Kornstørrelsen atter, men saa er Jærnet heller ikke smedeligt.

b. Makrostruktur.

a. Strukturfejl.

214. Naar det smedelige Jærnt er fejlfrit, vil en sleben eller poleret Flade slet ikke vise nogen Tegning, naar den betragtes med det blotte Øje; ved Jærnets Makrostruktur forstaar man den Struktur, en Brudflade viser. Denne vil dog kun vise den sande Struktur, saafremt Bruddet er sket pludseligt, uden at Kornene har faaet Lejlighed til at deformere sig; er Materialet blødt, maa man derfor file en Kærv ind i Stangen fra alle Sider og knække Stangen med et Slag. Om Kornstørrelsen er talt i § 208-13. Grove Korn er gerne lyse og funkende, mens fine Korn er matte. Strukturfejl kan dels være af fysisk Natur, som naar Jærnt indeholder Huller, sammenvalsede Blærer, Slagge og Svejssteder, og dels kan den være af kemisk Natur, som naar Jærnt indeholder Udsejgringer af Kul, Svovl og Fosfor. Den fysiske Uhomogenitet kan ses paa en Brudflade eller paa en sleben Flade, og i sidstnævnte Tilfælde fremhæves den ofte ved Syreætsning (§ 215 og 471); den kemiske Uhomogenitet kan kun ses paa en sleben og ætset Flade, idet Ætsemidlet dels angriber Bestanddelene i forskellig Grad og dels udfælder sig stærkere paa nogle end paa andre.

For Jærnets Anvendelse er Homogeniteten af stor Betydning; ikke blot Styrke og Sejghed, men ogsaa elektrisk Ledeevne og Slidfasthed (Jærnbane-skiner) vokser med denne. Uhomogent Materiale er navnlig farligt i Profiler, hvis Bæreevne er betinget af en ringe Materialmængdes Kvalitet, som Tilfældet er med T-formede Bjælker, naar den lodrette Flig er strakt. Endvidere ruster uhomogent Materiale lettere end homogent.

215. Ætsning. Inden Ætsningen maa den slebne eller polerede Flade renses for Fedt ved Afvaskning med en Tot Bomuld dyppet i Alkohol, Benzin eller Æter. Svejseljærn og blødt Staal ætzes bedst med Kobberammoniumklorid (10 g af Handelsvaren opløses i 120 cm³ Vand), der farver kul- eller fosforrige Steder mørke. Har man Jærnet i Form af en afsavet Skive, er Fremgangsmaaden som ved Fremkaldelse af en fotografisk Plade, idet Jærnet med den blanke Side opad hurtig lægges ned i Vædsken, der holdes i Bevægelse for at undgaa Koncentrationsændringer. Vædsken vil udskille svampet Kobber paa Jærnet, og efter ca. 1 Minuts Indvirkning tages dette rask op og lægges i en vandfyldt Skaal, hvor Kobberet afvaskes med en Tot Vat; derpaa afskylles Fladen yderligere, overhældes med Alkohol og tørres rask ved at trykkes (ikke gnides) mod et blødt Haandklæde. Kobberammoniumklorid sværter ogsaa Perlit (§ 226) og egner sig derfor ikke til Paavisning af Fosfor i Staal med mer end ca. 0,3 % C. Til saadant Staal kan bruges (Oberhoffer): 500 cm³ dest. Vand, 500 cm³ Ætylalkohol, 0,5 g Tinklorid, 30 g Jærnklorid og 50 cm³ koncentreret Saltsyre. Overhovedet er Kobberammoniumklorid ikke egnet til Ætsning af haardt Staal, da Kobberet sætter sig saa fast, at det ikke kan fjernes igen. Derimod kan 1 cm³ Saltsyre (Vf. 1,19) opløst i 100 cm³ absolut Alkohol bruges til alle Jærnsorter; uhaardt Materiale ætzes i 3–15 Minutter, haardt Staal i 5–60 Minutter. Haardt, uhaardt Staal ætzes ofte med en mættet Pikrinsyreopløsning og i ca. 20 Sekunder.

β. Svejseljærnets Struktur.

216. Svejseljærnets Struktur er navnlig betinget af Slaggeindholdet og Senedannelsen.

Slaggerne ses som sorte Striber i det lysegraa Jærn (Fig. 93-94); de svæk-

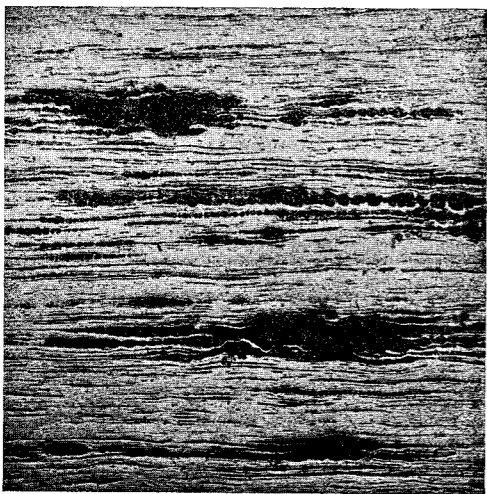


Fig. 93¹⁾. Svejseljærn fra den gamle Knippelsbro. Snit parallelt med Valseretningen, 18 Gange forstørret. Det sorte er Slagge, det hvide Jærn (Ferrit).

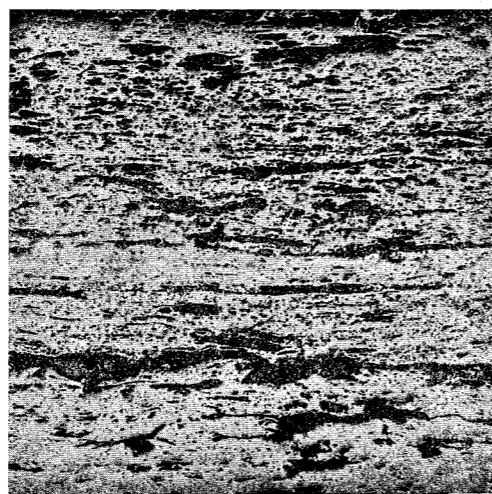


Fig. 94¹⁾. Som Fig. 93, men Snittet er lagt vinkelret paa Valseretningen.

ker Jærnet, og Mængden bør derfor være saa ringe som muligt; den er dog altid saa stor, at man derigennem kan kende Svejseljærn og Svejsestaal fra Staal fremstillet i flydende Tilstand²⁾. Store Slaggemængder gør Jærnet raa-

¹⁾ Mikrofotografierne er tagne af Ingeniør Wiese, Statsprøveanstalten.

²⁾ Som Regel er der over 1 % (hyppigt 1–2 %) Slagge i Svejseljærn og under 0,2 % i Staal. Slaggen forringer Elasticitetens Fuldkommenhed; indspænder man en Svejseljærnsstang i den ene Ende og lader den svinge, vil den kun svinge ca. $\frac{1}{3}$ af den Tid, som en Stang af blødt Staal svinger) I. M. 1912, II Bd., V, 3).

skørt α : skørt baade i kold og varm Tilstand. Raaskørt Jærn har en uensartet Brudflade, idet grove Korn af lys Farve veksler med fine Korn af mørkere Farve.

217. Den **senede Struktur** hos Svejseljærnet er en Følge af Slaggeindholdet. Dette bevirker, som tidligere (§ 161) nævnt, at Jærnkornene valeses ud til tynde Traade, hvis Forbindelse i Tværetningen ikke er intim. Trækstyrken og Brudforlængelsen er derfor væsentlig større, naar Trækket virker i Valseretningen, end naar det virker vinkelret derpaa. Dette Forhold maa der undertiden tages Hensyn til, saaledes bør Svejseljærns Kedelplader lægges med Valseretningen vinkelret paa Kedlens Akse.



Fig. 95. Bøjelighedsprøve med indkærvet Svejseljærn.

For at faa Traadene at se, kan man enten flække Stangen paa langs eller file eller mejsle en Kærv i en af Stangens Sider og bøje Stangen, saaledes at Kærven gaber; sejt Jærn vil da flække paa langs, som Fig. 95 viser, og den konvekse Flade vil se ud som et regelmæssigt Traadbundt, mens det haardere Finkornsjærn og Staalsorterne vil revne tværs igennem eller i alt Fald kun vise svag Senedannelse; den Senedannelse, som blødt Staal under-

tiden kan vise ved den beskrevne Prøve, er kun tilsyneladende, idet den fremkommer under Prøven, ved at Jærnkornene forlænger sig, naar Flydegrænsen overskrides.

Skønt den senede Struktur forringer Tværstyrken, betragtes den ikke som en Fejl, thi den medfører en stor Sejghed. Sker der Brud i en enkelt Sene, forplanter det sig ikke gennem Slaggehinden til Nabosenerne (Fig. 95); Forholdene er tilnærmelsesvis som i et Staaltraadstov, hvor Traadene er uafhængige af hverandre.

218. Brudfladens Udseende gør det let at kende Svejseljærn fra blødt Staal ved et Trækforsøg. Mens Staalet har en regelmæssig Brudflade (§ 219), er den hos Svejseljærn gerne uregelmæssig, stortakket, og ofte er der ligesom Sprækker i den, idet de enkelte Senebundter ikke har forlænget sig ensartet og derfor er blevne skilt ad. Paa Grund af den ringe Forskydningsstyrke parallelt med Senerne kan Stængerne revne paa langs, og de enkelte Senebundter springe hver for sig og ikke i samme Tværnsnit. Godt Svejseljærn har en finkornet, blaagraa Brudflade uden Glans, men i daarligt Svejseljærn er der ofte mørke oxyderede Partier, hvor der slet ingen metallisk Forbindelse har været. Er Jærnet meget fosforholdigt, vil det brydes uden nævneværdig Forlængelse og Indsnøring, og Brudfladen vil være plan med store, flade, lystskinnende Korn. Undertiden er Fosforet ikke jævnt fordelt, men samlet i enkelte Sener, **Haardhedsaarer**, og ligger disse i Prøvestangens Overflade, vil der ved en Træk- eller Bøjelighedsprøve komme Tværrevner i dem, fordi de ikke kan forlænge sig saa meget som Omgivelserne. Paa Brudtværnsnittet viser disse Aarer sig som skarpt begrænsede, kornede Pletter.

γ. Staalets Struktur.

219. Staal, der er fremstillet i flydende Tilstand, indeholder kun forsvindende Mængder Slagge¹⁾ og er ikke senet, hvorfor **Brudfladen** ved et Træk-

¹⁾ Som Regel under 0,2 %; Elektrostaal kan være helt slaggefrit. Slaggepartiklerne kan trods deres Lidenhed medføre Træthedsbrud (§ 293). De findes i det smeltede Staal som flydende Kugler, der er for smaa til at stige tilvejs, da deres Opdrift ikke er i Stand til at overvinde Friktionen (Fig. 113). Se ogsaa § 223.

forsøg er langt regelmæssigere end hos Svejseljærnet. Blødt Staal med en Trækstyrke omkring 4000^{at} kan undertiden brydes efter en Kegleflade (Fig. 96), men ellers er Grundformen den i Fig. 97 viste Keglestub. Bruddet kan naturligvis lige saa godt ske langs den med Hensyn til den plane Del af Brudfladen symmetriske Kegleflade, og i Reglen er det saadan, at hver af Brudstykkerne beholder en Del af den fremstaaende Rand (Fig. 98). Brudfladen er finkornet, blaa-graa og mat ligesom hos Svejseljærnet, men gerne noget lysere. Undertiden er der en vis Metalglans over Keglefladerne, formentlig hidrørende fra at Bruddet langs disse for Størstedelen er sket langs Kornenes Glideflader, mens den plane Del af Bruddet hovedsagelig er sket langs Korngrænserne.

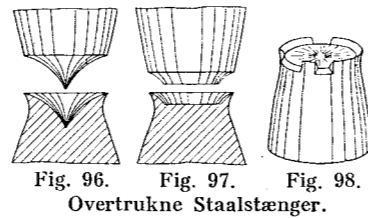


Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.
Overtrukne Staalstænger.

Undtagelsesvis kan der være een eller flere Smaasprækker i Brudfladen hidrørende fra sammenvalede Blærer, der aabner sig under Indsnøringen eller i Brudøjeblikket. Hvis Prøvestangen stammer fra den øverste Del af en Blok med store Blærer eller Sugetragt, kan det hændes, at den revner paa langs helt igennem, fordi den fladtrykte Hulhed skiller den ad i to Dele, der forlænger sig ulige meget.

Den Keglestub, der fremkommer ved det bløde Staals Brud, aftager i Højde efterhaanden som Staalets Kulholdighed vokser. Hos Staal af 5—6000^{at} Styrke er kun den alleryderste Del af Brudfladen skraa (Fig. 98) og samtidig bliver Brudfladen ofte straalet fra Centrum udefter og viser nogen Metalglans. Staal af ca. 7000^{at} Styrke og derover brydes gerne helt plant, og Brudfladen har samme Udseende som ved et pludseligt Brud.

220. Staal indeholder som Regel ingen fremmede makroskopiske Bestanddele, men til Gengæld kan det have **Udseigringer**, og disse viser sig ved **Ætning af et slebet Snit**, idet de svovl- og fosforrige Steder angribes særlig stærkt.

Et ætset Tværnsnit af en seigret Blok (Fig. 91) vil have det i Fig. 99 viste

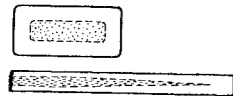


Fig. 99 og 100.

Udseende. Indenfor en Skæl af renere Staal. **Randstaalet**, ligger det mer eller mindre urene Midterparti, **Kærnestaalet**. Naar Blokken udvales til en Plade, en Skinne, et I-Jærn eller andet Valsegods, vil Forskellen bibeholdes; Fig. 100 viser et Snit tværs paa en Plades Længderetning, Fig. 101 Snit i et I-Jærn. I et Tværnsnit, der svarer til Blokkens nederste Del, vil der ingen Forskel være mellem Rand- og Kærnestaalet¹⁾, men jo mere man nærmer sig Blokkens anden Ende, des mere udpræget bliver Forskellen (Fig. 91).

Forskellen viser sig ogsaa ved kemiske Analyser og ved Trækforsøg med Stænger udtagne dels fra Kærnen, dels fra Randen, idet Randstaalet er sejgt



Fig. 101.

¹⁾ med mindre der er anvendt stigende Støbning, thi i saa Fald fordeler Udseigringerne sig mere ensartet over hele Blokkens Højde.

med normal Trækstyrke, mens Kærnestaalet er skørt med stor Trækstyrke¹⁾. Skellet mellem de to Zoner følger gerne Profilets Kontur i større eller mindre Afstand fra denne; hvis det paa et enkelt Sted berører Konturen, vil der meget let udgaa Brud fra dette Punkt, saaledes som det gentagne Gange er blevet paavist paa knækkede Jærnbaneskiner. Naar afdrejede Maskindele, Bolte og Aksler, brækker er Grunden ofte, at Kærnezonen er bleven blottet ved Afdrejningen.

221. Forureningerne er ikke jævnt fordelte i Kærnestaalet, enkelte Lag er mørkere end de andre (Fig. 102-103). Hvis Striberne ikke er rette Linier, maa Materialet være undergaaet en kold Formforandring; den i Fig. 102-3 viste Pladestrimmel er saaledes øjensynlig klippet af, og det i Fig. 104 viste Snit gennem et Nittehuls venstre Side røber straks, at Hullet er lokket, ikke boret. Da

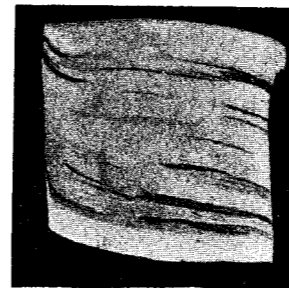


Fig. 102.
Tværnsnit i stærkt forurenede Staalplade. $\frac{3}{4}$ Størrelse.

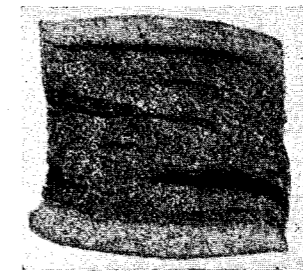


Fig. 103.

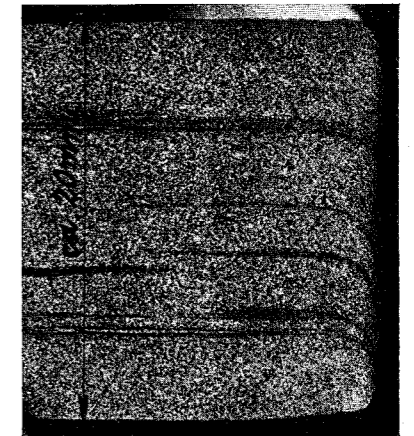


Fig. 104.
Tværnsnit i lokket Staalplade.

selv det bedste Materiale plejer at være noget sribet, er man altid i Stand til at afgøre, om Materialet har været udsat for kold Bearbejdelse (§ 284).

Fig. 102—04 er fra C. Bach & R. Baumann: Autogene Schweissung (Mitt. üb. Forschungsarbeiten, Heft 84). Fig. 102 er ætset med Kobberammoniumklorid, mens Fig. 103 er et Svovltryk af samme Stykkes Bagside, frembragt ved at trykke den slebne Flade ca. 1 Minut mod et Stykke Bromsølvpapir, der er dyppet i ca. 5% Svovlsyre; et saadant Svovltryk gengiver navnlig de svovlholdige, men ogsaa de fosforholdige Partier mørke, idet Bromsølvet omdannes til Svovlsølv og Fosforsølv. Ved andre Metoder kan man faa Aftryk alene af de svovlholdige Partier [Heyn & Bauer: Metallographie II, S. 130 (Sammlung Götschen)].

Det er bedst at ætse med Kobberammoniumklorid. Skulde Stykket være helt frit for Udseigringer, maa man tage Mikroskopet til Hjælp; Ferritkornenes Deformation vil da tydelig vise sig. Iøvrigt vil det deformerede Materiale fremtræde mørkere end det øvrige paa Grund af dets større Opløselighed i Syrer (§ 43).

c. Mikrostruktur og Metallografi.

α. Metallografi.

222. Metallografi kaldes den Videnskab, der behandler Metallernes Struktur og de Forhold, der betinger denne.

¹⁾ Eksempelvis skal anføres følgende Trækforsøg med en Skinne:

	FG ^t at	St at	δ %	φ %		
Randstaal } fra Fodende	2850	5000	22,0	33,2		
Kærnestaal }	2880	5000	21,5	26,7		
Randstaal } fra Topende	3050	5180	20,5	39,3		
Kærnestaal }	3570	6400	5,0	5,0		
En anden Skinne gav:						
Randstaal	2550	4930	26,0	43,0		
Kærnestaal	3270	5800	4,0	3,5		
og ved Analyse fandtes:						
	C	Mn	Si	P	S	Cu
Randstaal	0,294	0,442	0,012	0,028	0,018	0,134
Kærnestaal	0,504	0,500	0,016	0,062	0,048	0,152

Et Metals eller en Legerings tekniske Brugbarhed er nøje knyttet til dets **Mikrostruktur** α : til det Billede, en Flade af Metallet fremviser, naar den ses i stærk Forstørring.

Trækprøver, Bøjelighedsprøver o. lign. giver Oplysning om, hvor vidt en bestemt Egenskab er til Stede eller ej, men siger intet eller lidet om Aarsagen til Metallens Forhold. En kemisk Analyse kan ofte paavise en uheldig Sammensætning af Materialet, men en forkert mekanisk eller termisk Behandling røber den ikke. En mikroskopisk Undersøgelse giver derimod Oplysning om alle disse Forhold, idet Metallens Behandling eller kemiske Sammensætning altid sætter sine Spor i Mikrostrukturen.

Metalmikroskopien spiller ikke blot en Rolle i Videnskaben, ogsaa i Praktis fortrænger den mere og mere de makroskopiske Strukturundersøgelser og de kemiske Analyser, hvilke sidste den er langt overlegen paa Grund af sin Hurtighed, Billighed og Umiddelbarhed.

Til slige metallografiske Undersøgelser maa der ofte anvendes en meget stærk Forstørring, og Prøvestykket maa derfor poleres, saa at alt kommer i samme Plan¹⁾. Den polerede Flade bliver derefter gerne behandlet paa en saadan Maade, at de forskellige Bestanddele træder tydeligere frem. Dette kan ske ved Ætsning (§ 215) eller ved Fremkaldelse af Anløbsfarver; har Bestanddelene forskellig Haardhed, vil en forsigtig Efterpolering mod en Kautsjukskive faa de bløde Partier til at træde tilbage.

223. Allerede en Mikroskopering af den blot polerede Flade giver Oplysning om Metallens **Tæthed**. Hos Støbejern og støbte Legeringer vil man ofte finde talrige fine Porer, der forklarer Vanskeligheden ved at støbe fuldkommen tætte, hydrauliske Cylindre. Er Metallet forurenede af iltede Dele, **Slagger**, ses disse som mørke Pletter i Grundmassen, hyppigst smaa, men hos Svejsjern (Fig. 93-94) ofte store og talrige²⁾. Ogsaa de forskellige Stoffer i en Legering kan som Regel ses paa den polerede Flade.

Vil man derimod have de enkelte **Korn** af samme Stof til at træde frem, maa Fladen **ætses** (§ 215). Inden Ætsningen vil et rent, ulegeret Metal blot virke som et Spejl, men efter Ætsningen kan man i Mikroskopet iagttage de enkelte Korn og af deres Størrelse slutte sig til Metallens Egenskaber. Jo mindre Kornene er, og jo mere deres Form fjerner sig fra Krystallernes Regelmæssighed, des bedre er Metallens tekniske Egenskaber.

I al Almindelighed kan man sige, at jo mindre man faar at se i Mikroskopet, altsaa jo mere homogent Metallet er, des bedre egner det sig til praktisk Brug. Hvis derimod de forskellige Bestanddele ligger tydeligt adskilte med skarpe, regelmæssige Grænser, er det næsten altid et Tegn paa Skørhed; f. Eks. medfører Støbejernets Grafitblade en saadan Skørhed³⁾.

β . Kulstofformer i Jærnet.

224. Jærnets Kulstof kan forekomme i 3 Former: Karbidkul, Grafit og Temperkul.

I smedeligt Jærnt optræder Kullet ikke frit, men kun i kemisk Forbindelse med Jærnet. Forbindelsen, der indeholder 93,33% Fe og 6,67% C svarende til Formelen Fe_3C , kaldes Jærnkcarbide og Kullet **Karbidkul**. Da alt Kullet

¹⁾ Poleringen kan ske med Polerrødt eller nemmere med særlig præpareret Lerjord.
²⁾ Ved valsende eller smedede, slaggefattige Materialer maa man altid undersøge et Længdesnit, thi i Tværsnittet er Slaggepletterne saa smaa, at de let overses. Eftersom Staalet er under- eller overeutektisk, findes Slaggepartiklerne gerne i Ferriten (Fig. 113) eller i Cementiten. Se iøvrigt *Walter Rosenhains* Beretning til *I. M.* 1909.
³⁾ Det samme gælder det meget haarde Staals Cementitaarer.

findes som Jærnkcarbide, af hvis Vægt det udgør $\frac{1}{15}$ (6,67%), kan Jærnets Karbidmængde findes ved at multiplicere Kulstofprocenten med 15. Staal med 1% C indeholder saaledes 15% Karbid.

I Raa- og Støbejern optræder Kullet desuden frit som selvstændige Korn, der kan ses under Mikroskopet, og som bliver tilbage, naar Jærnet opløses i Syrer; dette Kul har ingen Indflydelse paa Jærnets Haardhed. I alm. Raa- og Støbejern forekommer det fri Kul som **Grafit** α : krystallinsk Kulstof i Form af tynde Blade. Under Mikroskopet ses de kun i Tværsnit, altsaa som



Fig. 105. Graat Raajern. 500 Gange forstørr. Grafit (sort), Cementit (hvide Baand) og Perlit (stribet Grundmasse)¹⁾.

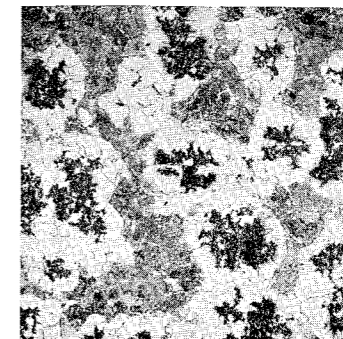


Fig. 106. Tempergods. 75 Gange forstørr. Temperkul (sort) omgivet af Ferrit (hvid); den graa Grundmasse er Perlit²⁾.

Streger, da de Blade, der ligger i selve den betragtede Plan, er fjernede ved Poleringen³⁾. Grafitten udskiller sig, naar Jærnet størkner (§ 236), og lader sig ikke brænde bort selv ved langvarig Glødning. En saadan Glødning (Tempring) vil derimod bringe Jærnkcarbide til at spalte sig, saa det udskiller amorft (uregelmæssigt formet) Kulstof, **Temperkul**, og denne Kulstofform findes derfor i Tempergods og hammerbart Støbejern, og kun der.

En tredje Form for frit Kulstof er **Diamant**, som man kan faa dannet ved at smelte Jærnet i en elektrisk Ovn sammen med Kul og hælde det flydende, kulrige Metal ud i koldt Vand. Ved Overfladens pludselige Størkning og Sammentrækning udsættes den indre Masse for et saa stort Tryk, at Kulstoffet kan udskilles i draabeflydende Tilstand.

γ . Eutektiske Legeringer og faste Opløsninger.

225. To Stoffer, der ikke forbinder sig kemisk, kan sammensmeltes til en saakaldet **Legering**⁴⁾, hvis Bestanddele enten er opløst i hinanden eller ligger Side om Side mer eller mindre fint fordelt. Stofferne kan sammensmeltes i et vilkaarligt Vægtforhold, men der er ofte eet bestemt Vægtforhold, der udmærker

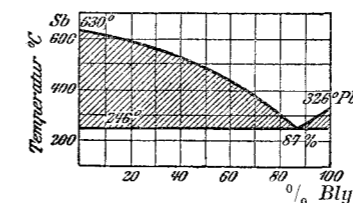


Fig. 107. Antimon-Bly-Legeringer-nes Tilstandsdiagram.

sig fremfor de andre, og den paagældende Legering kaldes den **eutektiske**, idet den har det laveste Smeltepunkt⁵⁾; kun denne har et bestemt Smeltepunkt, de andre har et Smelteinterval, idet de begynder at smelte ved samme Temperatur som den eutektiske, forsaavidt Sammensætningen ikke er meget afvigende fra dennes, men kræver en højere Temperatur for at smelte helt. Fig. 107 viser Forholdene for Legeringer af Antimon og Bly. De begynder at

¹⁾ Efter *Goerens*: Metallographie.
²⁾ Efter Ing. *Wiese*, Stalsprøveanstalten.
³⁾ Grafitten kendes paa sin Vægtfylde (2,25) og sin Evne til ved Iltning at danne Grafitstyrer.
⁴⁾ Ordet stammer fra det italienske *lega* = Forbindelse.
⁵⁾ Eutektisk er græsk og betyder letflydende.

smelte ved den nedre vandrette Linie (246°), men er først helt smeltede, naar Temperaturen har naaet den øvre Kurve. Indenfor de skraverede Arealer er Legeringerne altsaa halvsmeltede, grødagtige, kun den eutektiske Legering med 87% Bly smelter pludseligt ved 246°. Størkningen foregaar i Analogi med Smeltningen, saaledes at den eutektiske Legering størkner pludseligt, mens de andre Legeringer begynder at størkne ved en højere Temperatur og afslutter Størkningen samtidig med den eutektiske. Den eutektiske Legering udmærker sig endvidere ved at Bestanddelene er særlig fint fordelte, mens der i de øvrige Legeringer optræder store Korn eller Aarer af det Stof, der er i Overskud (Fig. 107,1).

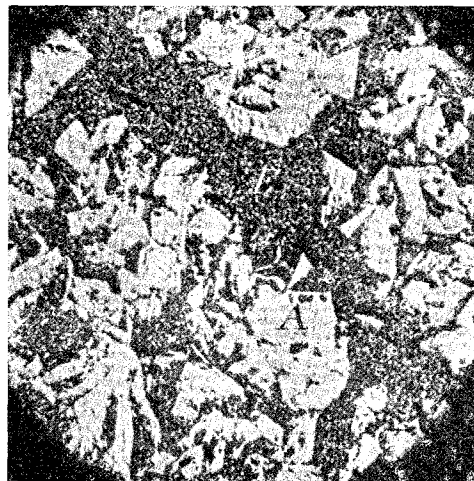


Fig. 107,1. Legering af 70% Bly og 30% Antimon. Den hvidprikkede Grundmasse er den eutektiske Legering (87% Pb og 13% Sb); Antimonoverskuddet har udskilt sig som store Korn (hvide).

Saalænge Legeringen er smeltet, kan man gaa ud fra, at Stofferne er opløste i hinanden¹⁾, det er først ved Størkningen, at de krystalliserer ud hvert for sig. En saadan Adskillelse finder dog ikke altid Sted, undertiden forbliver Stofferne opløste i hinanden og udkrystalliserer sammen i ensartede **Blandingskrystaller**, man siger da, at der foreligger en **fast Opløsning**²⁾. De faste Opløsninger er som Regel kun stabile ovenover en vis Temperaturgrænse, afkøles de yderligere, udskiller Bestanddelene sig, og denne Udskillelse sker paa lignende Maade som ved Størkning, og ogsaa her kaldes den Legering eutektisk, hvis Bestanddele udskiller sig pludseligt og fint fordelt.

Man skelner undertiden mellem et **Eutektikum** og et **Eutektoid**; det første er dannet ved Størkning, det andet ved Omkrystallisering.

Hvis to Stoffer A og B danner en kemisk Forbindelse C, vil denne forholde sig som et selvstændigt Stof og danne Eutektika med saavel A som B, saaledes at Smeltekurven faar et Maksimumspunkt ved det Vægtforhold mellem A og B, der svarer til Forbindelsen, og et Minimumspunkt (Eutektikum) paa hver Side.

I Metallografien kaldes de forskellige Tilstandsformer for **Phaser**, naar de er af en saadan Natur, at Stoffet ved mekaniske Midler kan udskilles eller tænkes udskilt fra Omgivelserne. Bly og Antimon har saaledes hver 3 Phaser, den faste, den flydende og den dampformede; en Bly-Antimon-Legering bestaar i smeltet Tilstand kun af een Phase, fordi de to Stoffer er opløste i hinanden og ikke kan skilles mekanisk; i fast Tilstand bestaar den af de to Phaser, Bly og Antimon; en smeltet Bly-Zink-Legering deler sig som nævnt i forfærdige Fodnote i to Lag, forsaavidt Temperaturen er lavere end en vis Værdi; under denne Temperatur er der altsaa to Phaser, over den kun een.

8. Smedeligt Jærns Struktur efter langsom Afkøling.

226. I smedeligt Jærnt er alt Kullet kemisk bundet i Form af Jærnkarnid (Fe_3C) (§ 224). Den Form, hvori Karnidet forekommer, afhænger af Jærnets Kulholdighed og Temperatur, som vist grafisk i Fig. 108, hvor Kulholdigheden er afsat som Abscisse og Temperaturen som Ordinat, hvorved hvert Punkt af

¹⁾ Dette gælder f. Eks. Legeringer af Zink og Kobber, Tin og Kobber, Nikkel og Kobber, Mangan og Kobber, Mangan og Jærnt, Nikkel og Jærnt m. fl.; disse danner i alle Blandingsforhold homogene Opløsninger, mens der er andre Metaller, der kun er delvis opløselige; ved Sammensmelting af Bly og Zink opstaar saaledes to Lag, nederst zinkholdig Bly og øverst blyholdig Zink; Sammensætningen af de to Lag varierer med Temperaturen og bliver ens ved tilstrækkelig stærk Opvarmning.

²⁾ To Metaller kan kun danne faste Opløsninger, forsaavidt de har samme Krystalform, i modsat Fald vil de ved Størkningen udkrystallisere hvert for sig.

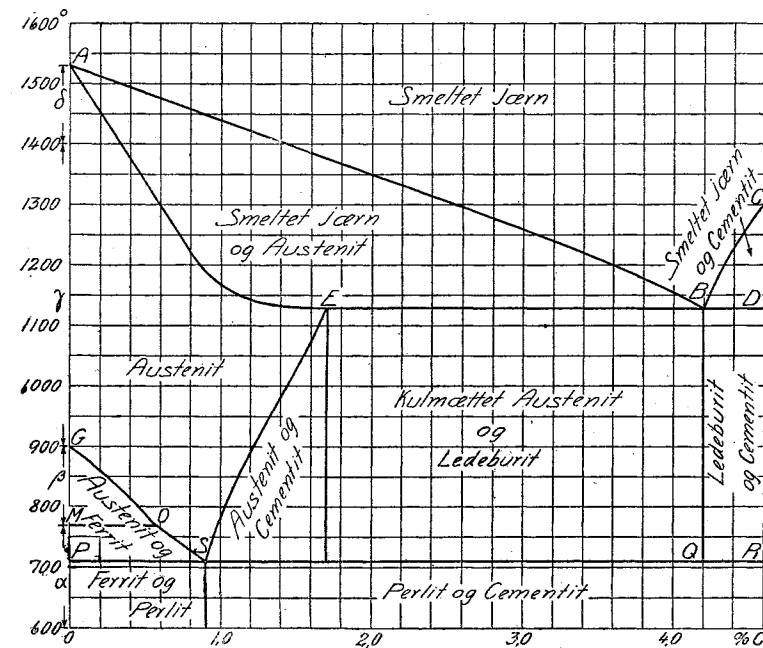


Fig. 108. Tilstandsdiagram for rene Jærnt-Kulstof-Legeringer¹⁾.

ningen; denne faste Opløsning, hvis Kulholdighed er den samme som Jærnets, kaldes **Austenit** (§ 230). Naar Temperaturen er sunket til Kurven AB, begynder Austenitkrystallerne at udskille sig, og naar Temperaturen har naaet Kurven AE, er alt det smeltede Jærnt omdannet til fast Austenit.

Det kan vises, at **Vægtforholdet** mellem smeltet Jærnt og Austenit i et vilkaarligt Punkt indenfor Feltet AEB er lig med Forholdet mellem Punktets vandrette Afstande fra Kurverne AE og AB. Paa samme Maade kan Jærnets Sammensætning indenfor de senere omtalte Felter bestemmes.

Jærnt med under 1,7% C vil altsaa umiddelbart efter Størkningen bestaa af mer eller mindre kulholdig Austenit, og ved pludselig Afkøling kan denne Tilstandsform fikseres (§ 230); hvis Afkølingen derimod sker saa langsomt, at Austeniten faar Tid til at følge sin Tilbøjelighed, vil den, naar Temperaturen er sunket til Kurven GOSE, tilstræbe et Kulindhold af ca. 0,9%, og eftersom Kulmængden er mindre eller større, vil den udskille henholdsvis kulfrit Jærnt (**Ferrit**) eller frit Jærnkarnid (**Cementit**). Disse Udskillelser fortsætter sig indtil Austeniten indeholder ca. 0,9% C, hvilket er Tilfældet, naar Temperaturen er sunket til Linien PSR (710°); ved denne Temperatur vil alt det endnu opløste Karnid udskille sig som Cementit, men denne Gang som tynde Lameller. Under Mikroskopet ses Ferriten og Cementiten liggende Side om Side som fine Streger med Perlemorsglans over, og Aggregatet kaldes derfor **Perlit** (Fig. 113).

227. Det smedelige Jærnt kan betragtes som **Legeringer af Ferrit og Cementit**, og den eutektiske Legering er Perlit. De øvrige Legeringer benævnes under-(hypo-) eller over-(hyper-)eutektiske, eftersom de indeholder mindre eller mere Kul end Perliten.

De undereutektiske Legeringer (0—0,9% C) bestaar af Ferrit og Perlit; kulfrit Jærnt indeholder kun Ferrit, med voksende Kulholdighed stiger Perlitmængden, indtil den ved 0,9% C udgør hele Massen. Fig. 109-11 viser, hvorledes Forholdet mellem Mængderne af Perlit (sort) og Ferrit (hvid) vokser med Kulholdigheden.

¹⁾ Om nogle Rettelser i Diagrammet hidrørende fra nye Undersøgelser se § 234 og 233.

Planen kommer til at repræsentere en Jærnsort af bestemt Kulholdighed og ved en bestemt Temperatur. Den Temperatur, ved hvilken Størkningen begynder, varierer med Kulholdigheden og er angivet ved Linien ABC, medens Linien AED angiver Størkningens Afslutning. I det smeltede Jærnt er Karnidet opløst, og hvis Jærnt indeholder under 1,7% C, forbliver Karnidet opløst under Størk-

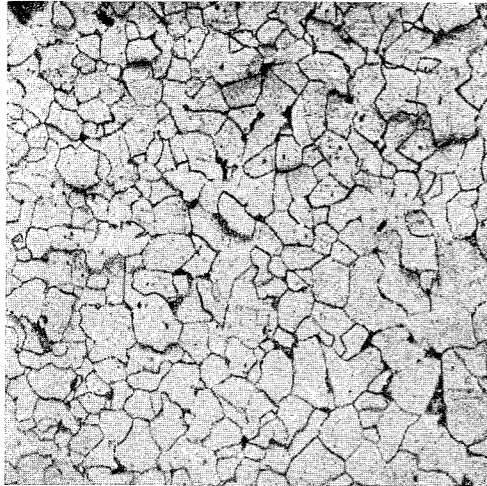


Fig. 109¹⁾. Staal med 0,05 % C²⁾. 150 Gange forstørret. Ferrit (hvid) med lidt Perlit (sort²⁾).

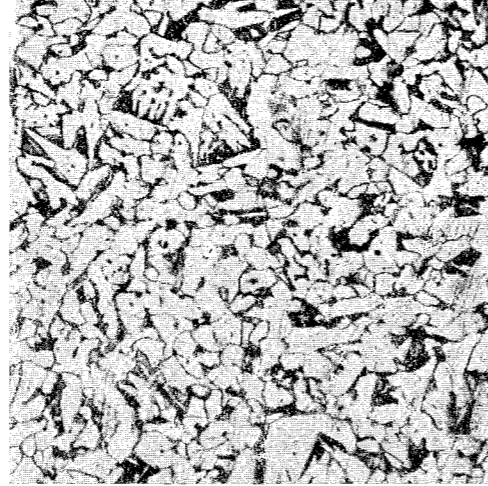


Fig. 110. Staal med 0,25 % C³⁾. 150 Gange forstørret. Ferrit (hvid) og Perlit (sort²⁾).

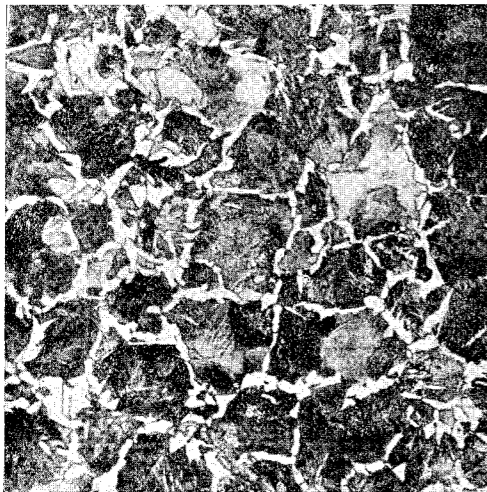


Fig. 111. Staal med 0,55 % C⁴⁾. 150 Gange forstørret. Perlit (sort²⁾) med noget Ferrit (hvid).

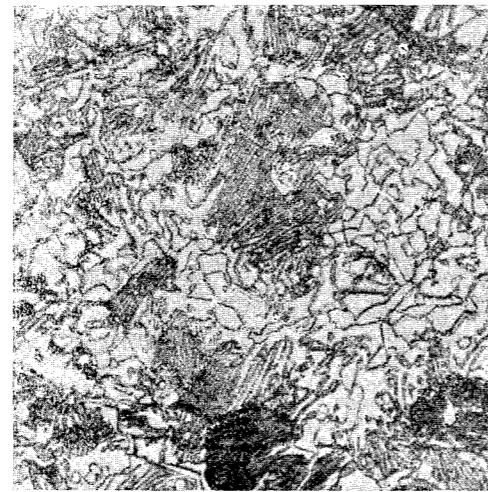


Fig. 112. Staal med 1,35 % C⁵⁾. 300 Gange forstørret. Cementit (hvid) og Perlit (graa).

De overeutektiske Legeringer (0,9—1,7 % C) bestaar af Perlit blandet med des mere Cementit, jo større Kulholdigheden er (Fig. 112).

Jærn med over 1,7 % C vil blive omtalt i § 234.

De nævnte Strukturer fremkommer kun ved langsom Afkøling; dog har Afkølingshastigheden ingen Betydning udenfor de Temperaturgrænser, mellem hvilke Kurverne GOSE og PSR ligger, saaledes at man uden Hensyn til Jærnets forudgaaende termiske Behandling kan fremkalde Strukturerne ved at opvarme til noget over Kurven GOSE og derfter afkøle langsomt.

228. Ferrit er kulfrit Jærn og meget blødt. Dets Trækstyrke er ca. 2800^{at}. Det udgør Hovedmassen af Svejsejærn og blødt Staal. Det Indu-

¹⁾ Mikrofotografierne Fig. 109—114 skyldes Ing. Wiese, Statsprøveanstalten.

²⁾ Perlits Struktur viser sig først ved stærkere Forstørrelse.

³⁾ Martinstaal fra Domnarfvat Staalværk (Mærke 0,10). 0,05 C, 0,44 Mn, 0,045 P, 0,020 S.

⁴⁾ » » » » (Mærke 0,30). 0,25 C, 0,41 Mn, 0,027 P, 0,020 S.

⁵⁾ » » » » (Mærke 0,50). 0,55 C, 0,41 Mn, 0,040 P, 0,020 S.

⁶⁾ Staal fra Danemora (Mærke Nr. 8). 1,35 C, 0,33 Mn, 0,045 Si, 0,016 P.

stripprodukt, der kommer Ferriten nærmest, er Svejsejærn, naar man ser bort fra Slaggen.

Cementit er Jærnkamid (Fe_3C) og optræder som Korn (Fig. 112) eller Aarer (Fig. 105), der udgøre Jærnets haardeste Partier og derfor bliver ophøjede ved Poleringen og tydeligt ses i Mikroskopet. Haardheden er 6 efter Mohs' Skala, saa den ridser Glas og springer itu under et Hammerslag. Den er let at kende fra Jærnets øvrige Bestanddele, da den ikke ridses af en hårdet Staalnaal.

Opløses Jærnet i 10 % ig Svovlsyre uden Luftadgang, bliver Cementiten uopløst tilbage, derimod opløses den af varm koncentreret Saltsyre under Kulbrinteudvikling og uden at efterlade Kul. Den dannes navnlig ved langsom Afkøling af Jærnet, men forekommer dog ogsaa i haardstøbt Jærn. Navnet skyldes dens Forekomst i Cementstaal.

Perlit er som nævnt den eutektiske Legering af Ferrit og Cementit og indeholder ca. 0,9 % C. Perliten i Fig. 113 er særlig grov og fremtræder tydeligt trods den svage Forstørrelse. Som Regel viser Strukturerne sig først ved en langt stærkere Forstørrelse, og i de alm. Struktur billeder (Fig. 109—11) optræder Perliten som sorte Korn. Om Haardheden se § 231.

Lamelformen er en Følge af den pludselige Udskillelse og er unaturlig for Cementiten. Hvis Staalet under Afkølingen passerer Linien PSR saa langsomt, at Temperaturfaldet kun er $\frac{1}{2}^{\circ}$ i Minuttet, vil Cementiten udskille sig i Ferriten som smaa Kugler, hvorved man faar saakaldet kornet Perlit, der ligeledes opstaar, naar lamellar Perlit opvarmes til en Temperatur tæt under PSR og holdes paa denne Temperatur i flere Timer. Den største Blødhed og Seighed, som Staal med givet Kulindhold kan opnaa, faar det, naar Perliten gøres kornet, og den paagældende Varmebehandling bruges derfor til Staal, der skal valses koldt, saavelsom til Staalstøbegods.

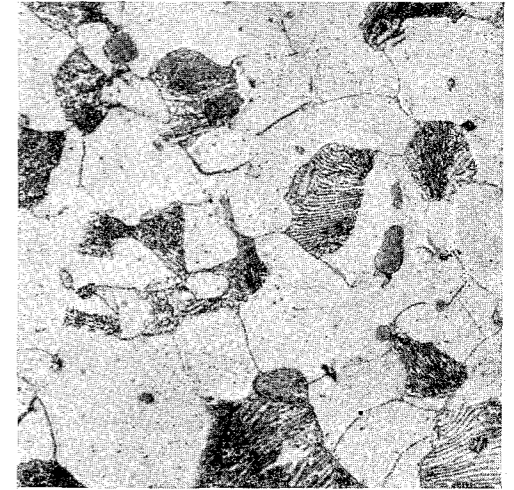


Fig. 113. Perlit og Ferrit i Banden af Temperstaalstøbegods. De smaa, ensartede mørke Korn er Slaggepartikler. 75 Gange forstørret.

ε. Smedeligt Jærns Struktur efter hurtig Afkøling.

229. Ved hurtig Afkøling af glødende Jærn faar Austeniten ikke eller kun delvis Lejlighed til at spalte sig, saaledes at Jærnets Tilstandsform i Afkølingsøjeblikket fikseres. Austeniten faar ikke Tid til at udskille Ferrit eller Cementit, men der vil dog foregaa en Forandring med den, saaledes at den fikseres i Form af Martensit, en meget haard Masse, der fremtræder under Mikroskopet med en ensartet Struktur (Fig. 114) af fine Naale almindeligvis krydsende hverandre under 60° .

Et Stykke Staal, der befinder sig over Kurven GOSE (Fig. 108) vil saaledes ved pludselig Afkøling komme til at bestaa af den haarde Martensit, det »hærdes«.



Fig. 114. Martensitstruktur frembragt ved at afkøle Staal med 0,4—0,5 % C i koldt Vand fra ca. 1000° . 900 Gange forstørret.

Er Jærnets Beliggenhed i Afkølingsøjeblikket mellem Kurverne *GOSE* og *PR*, vil det i større eller mindre Mængde indeholde enten Ferrit eller Cementit, og den pludselige Afkøling vil da kun kunne fikseres Resten som Martensit.

Er Jærnets Temperatur ved langsom Afkøling bragt ned under 710° , saa er dets Struktur fikseret, og om den videre Afkøling foregaar langsomt eller hurtigt er uden Indflydelse paa den. De Strukturelementer, der fremkommer, eftersom Jærnet hærdes ved en højere eller lavere Temperatur er direkte indskrevne paa Fig. 115. Figuren er dog noget forældet, efter nyere Forsøg er Kurvernes Forløb som Fig. 108 angiver.

Eksempelvis har man fundet, at en Staalsskinne med 0,31 % C og 0,63 % Mn under Mikroskopet fremviste 80 Arealprocent Ferrit og 20 % Perlit. Efter at være hærdet ved 760° havde Perliten forvandlet sig til Martensit. Ved en Hærdetemperatur af 800° var Martensitarealet vokset til 44 %, og ved en Hærdetemperatur af 900° var al Ferriten forsvunden.

Staal med 0,9 % C behøver kun at opvarmes til noget over 710° for at kunne hærdes fuldstændig, mens baade kulrigere og kulfattigere Staal maa opvarmes stærkere.

Det meget kulfattige Bygningsstaal kan aldeles ikke hærdes, da den Smule Kul, det indeholder, ikke kan danne haard Martensit. Men saadant Staals Kornstørrelse vil paavirkes af Afkølingens Hastighed indenfor Feltet *abce* (§ 209).

230. Austenit er en homogen, fast Opløsning af Jærnkarnbid i Jærn. Den kan være mer eller mindre mættet, som Maksimum indeholder den 1,7 % C. Forbindelsen er kun stabil i høje Temperaturer, ved Afkøling ændrer den sig, og denne Ændring kan, selv ved meget pludselig Afkøling, ikke forhindres fuldstændig, med mindre Jærnet indeholder lidt Nikkel eller Mangan. Disse Stoffer hæmmer Ændringen, saaledes at man ved en pludselig Afkøling kan faa Austeniten fikseret i dens oprindelige Form γ : som en lys Masse, der er næsten lige saa blød som Ferrit, men som i Modsetning til denne ikke paavirker Magnetaalen. Rent Kulstofstaal kan ikke afkøles saa hurtigt, at den rene Austenit fikseres, selv naar Staal med ca. 1,5 % C afkøles i Isvand fra en Temperatur af over 1100° , vil en Del af Austeniten antage Martensitform (Fig. 116).

Ved mindre voldsom Afkøling gennemløber Austeniten en Række Tilstandsformer, af hvilke den første er Martensit, derefter følger Troostit, Osmondit, Sorbit og sluttelig Perlit, og alle disse Strukturformer kan fikseres ved passende Valg af Afkølingsforholdene.

231. Martensiten (Fig. 114) dannes ved Afkøling i koldt Vand af saavel haardt Staal som Støbejærn. Jo hurtigere Afkølingen sker (indenfor den nævnte Grænse), des mere dannes der, og des haardere bliver Jærnet.

Martensitens Haardhed vokser med dens Kulindhold til et Maksimum ved 0,9 % C γ : naar dens Kulindhold er som Perlitens; samtidig bliver dens Naale mindre og utydeligere. Denne kulmættede Martensit benævnes ofte **Hardenit**. Dens Haardhedstal efter *Brinell* (§ 251) er over 700, mens Martensit med 0,45 % C har Haardhedstallet 590; efter langsom Afkøling er de to Legeringers Haardhedstal henholdsvis 210 (Perlit) og 160 (Ferrit + Perlit). Ved større Kulindhold aftager Hærdeligheden atter, idet der saa sammen med Martensiten optræder noget Austenit. Om Afkølingen sker fra et Punkt, der ligger mer eller mindre højt over Kurven *GOSE* er uden Betydning for Haardheden, men jo højere Punktet ligger, des større bliver Kornene. Betingelsen for at faa ren Martensit er ikke blot, at Hærdningen sker fra et Punkt ovenover nævnte Kurve, men ogsaa at Afkølingen er saa hurtig, at enhver Ferrit- eller Cementit-Udskillelse hindres.

232. De øvrige Mellemløber opstaar ved langsommere Afkøling, f. Eks. naar man dyppe det glødende Staal i hed Olie, og endvidere fremkommer de, naar pludseligt afkølet Staal med Martensitstruktur, altsaa hærdet Staal, opvarmes til en eller anden Temperatur under 710°

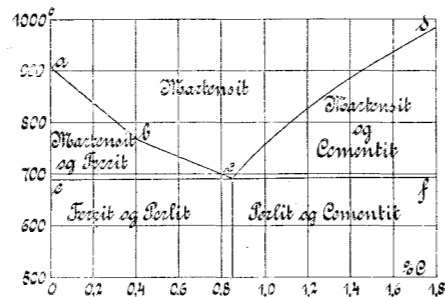
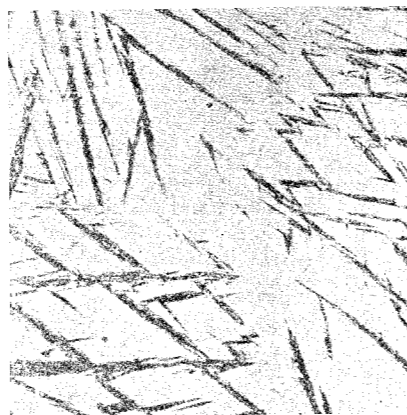


Fig. 115.

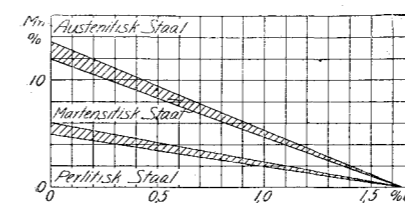
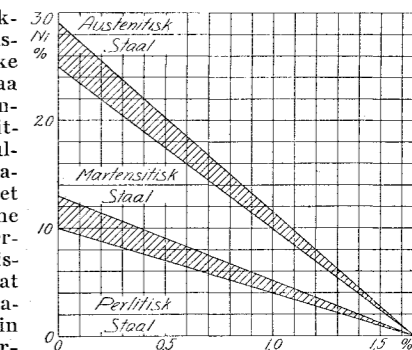
Fig. 116. Staal med 1,5 % C afkølet i Isvand fra 1100° . 50 Gange forstørret. Austenit (lys) delvis omdannet til Martensit (mørk). Efter *Goerens*.

(anløbes) og derpaa atter køles raskt. Alle de nævnte Tilstandsformer er nemlig **metastabile** i normal Temperatur; Bestanddelene er i en unaturlig Ligevægt og tilstræber en Omløjring, som imidlertid ikke kan foregaa i det kolde Staal, i alt Fald ikke med en Hastighed, der har praktisk Betydning, men som lettes, naar Staalet opvarmes.

Naar Staal med ca. 0,9 % C anløbes ved ca. 400° , opstaar saaledes **Osmondit**, der udmærker sig ved sin store Opløselighed i fortyndet Svovlsyre. Ved stærkere Opvarmning faas Overgangsformer mellem Martensit og Osmondit, der kaldes **Troostit** og ofte træffes i hærdet Værktøjsstaal, og ved svagere Opvarmning faas Overgangsformer mellem Osmondit og Perlit, der benævnes **Sorbit**. Jo mere Strukturen nærmer sig til Martensitens, des haardere er Staalet, jo mere den nærmer sig til Perlitens, des blødere er det.

Jærnets mikroskopiske Bestanddele benævnes henholdsvis **Metaraler** (Grafit, Cementit, Ferrit, Austenit) eller **Aggregater** (Martensit, Osmondit, Troostit, Sorbit, Perlit), eftersom de i kemisk Henseende er homogene eller ej.

233. Nikkel- og Manganstaal. Ved at sætte Nikkel, Mangan og forskellige andre Metaller (§ 497) i passende Mængde til Kulstofstaal er man i Stand til at sænke Kurven *abcd* (Fig. 115) helt ned til Stuetemperatur, saa at Staalet ogsaa ved langsom Afkøling beholder Jærnkarnbidet opløst og faar Martensit- eller endog Austenitstruktur. Tilsætningerne virker des kraftigere, jo kulrigere Staalet er, som det vil ses af hosstaaende Diagrammer, der viser den Struktur, Staalet faar, naar det er smedet og afkølet paa normal Maade. Vægtprocenterne af Nikkel (Mangan) og Kul er afsat som henholdsvis Ordinater og Abscisser, saaledes at hvert Punkt af Planen svarer til sin Staalsort. Efter-

Fig. 118. Manganstaals Strukturdiagram efter *Guillet*.Fig. 117. Nikkelstaals Strukturdiagram efter *Guillet*.

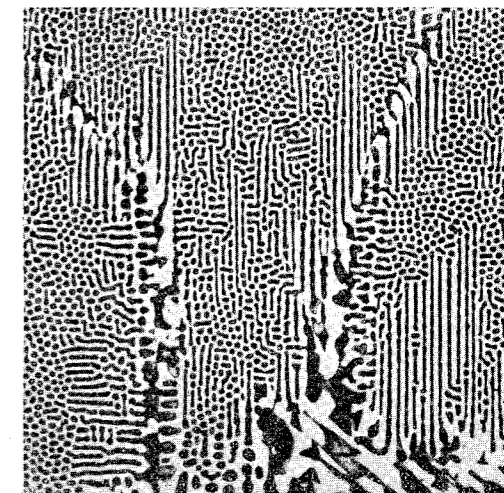
staalet ligger i det øverste, mellemste eller nederste Felt, faar det henholdsvis Austenit-, Martensit- eller Perlitstruktur (herunder Perlit + Ferrit og Perlit + Cementit). F. Eks. vil Nikkelstaal med 0,3 % C (Fig. 117) og under 8,2 % Ni bestaa af Perlit og Ferrit, mens 10,6–20,5 % Ni vil gøre det martensitisk og dermed haardt og skørt, og over 23,8 % Ni vil gøre det austenitisk. De skraverede

Felter svarer til Staal, hvis Struktur er en Blanding af Nabofeltternes. Af Fig. 118 fremgaar, at Mangan virker dobbelt saa stærkt som Nikkel.

7. Raa- og Støbejærns Mikrostruktur.

234. Hvidt Raajærn. Jærn med under 1,7 % C vil som nævnt i § 226 umiddelbart efter

Størkningen danne en ensartet Masse af mer eller mindre kulmættet Austenit. Ligger Kulindholdet mellem 1,7 og 4,2 %, vil der udskille sig kulmættet Austenit under Størkningen; derved stiger Kulholdigheden af det resterende flydende Jærn, og naar Temperaturen er sunket til 1145° , vil det indeholde 4,2 % C. Størkningen sker da pludseligt, idet Jærnkarnbidet udskiller sig indsluttende fine Partikler af kulstofmættet Austenit. Dette Cementiteutektikum kaldes **Ledeburit** og ses paa Fig. 119. Det smelter fuldstændig ved 1145° , altsaa ved en lavere Temperatur end alle andre Jærn-Kulstof-Legeringer. Ledeburiten er i Modsetning til Austeniten ikke smedelig, og da den begynder at optræde ved 1,7 % C, trækkes Grænsen mellem smedeligt Jærn og Raajærn undertiden her; Grænsen afhænger imidlertid ikke blot af Kulholdigheden, men ogsaa af Jærnets øvrige Bestanddele. Den mørke Bestanddel i Fig. 119 er kun Austenit, saafremt Afkølingen er sket hurtigt; ved langsom Afkøling vil Austeniten gennemløbe de i § 230 omtalte Tilstandsformer og ende som Perlit, mens Cementiten ikke forandres; langsomt afkølet Ledeburit bestaar altsaa af Perlit og Cementit. Da Perlitens Struktur først viser sig ved stærkere Forstørning, kan Fig. 119 lige saa godt fremstille langsomt som hurtigt afkølet Materiale.

Fig. 119. Ledeburit (Cementiteutektikum). 75 Gange forstørret. Cementit (lys) og mættet Austenit (mørk). Hurtigt afkølet¹⁾.

¹⁾ Paa Fig. 108 er Størkningslinien tegnet ved 1130° , men *Ruer & Goerens* har nylig ved Forsøg med meget rene Legeringer fundet 1145° . Det tilsvarende Grafiteutektikum (§ 236) størkner ved 1152° .

²⁾ Mikrofotografierne Fig. 119–21 skyldes Ing. *Wiese*, Statsprøveanstalten.

235. Jern med 1,7—4,2 % C (under-eutektisk Jern) vil efter Størkningen som nævnt bestaa af kulmættet Austenit + Ledeburit. Austenitkrystallerne, der har udskilt sig under Størkningen (primære Krystaller), ligger altid samlede i mer eller mindre grantræagtige Figurer og benævnes derfor Grantræskrytaller. Strukturen er nøjagtig den samme som den i Fig. 120 viste, og den bliver ens ved hurtig og langsom Afkøling, bortset fra at ved langsom Afkøling vil Austeniten, baade den grove og den i Ledeburiten værende, omdannes til Perlit, hvilket dog kun kan ses ved stærkere Forstørring.

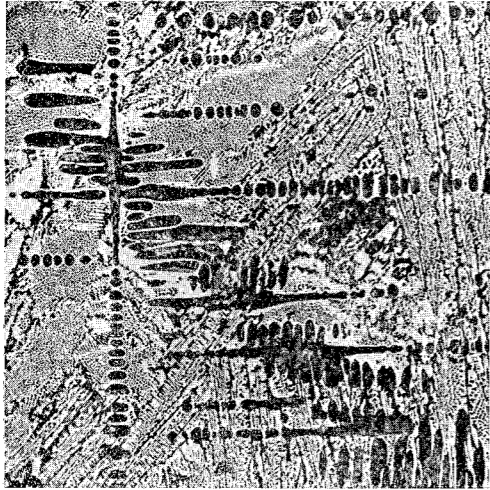


Fig. 120. Alm., hvidt Raajærn. 75 Gange forstørret. Mørke Grantræskrytaller af Perlit (omdannet Austenit) i en Grundmasse af Ledeburit. 4,21 % C, 0,158 % Si, 1,02 % Mn.

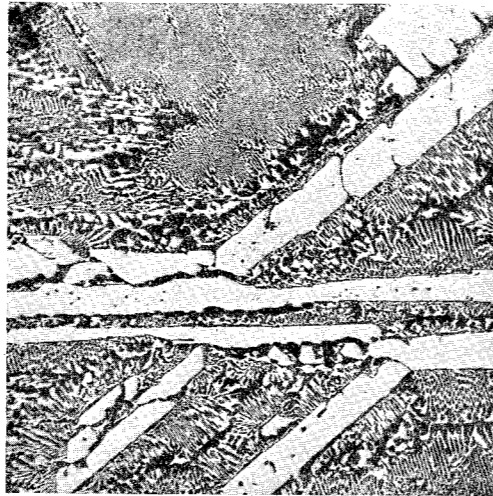


Fig. 121. Spejljærn. 35 Gange forstørret. Cementit (lys) i en Grundmasse af Ledeburit.

Er der over 4,2 % C i Jærnet (overeutektisk Jærn), vil Størkningen begynde langs Linien BC (Fig. 108) og med Udskillelse af Korn eller Aarer af Cementit, mens Resten størkner ved 1145° i Form af Ledeburit (Fig. 121).

236. Graat Raajærn. Cementit er i høje Temperaturer ubestandig og vil under visse Forhold omsætte sig efter Ligningen $Fe_3C = C + 3Fe$, saaledes at Kulstoffet udskilles i Form af Grafit, og dette gælder saavel den grove Cementit i det overeutektiske Jærn som den fine Cementit i Ledeburiten. Den grove Grafit, der derved dannes, stiger for Størstedelen til Vejrs i det tunge Metal og samler sig paa Overfladen, mens den fine Grafit først danner sig i Størkningsøjeblikket og indtager Cementitens Plads i Ledeburiten. Denne Omdannelse af Cementit til Grafit sker dog kun, naar der er en vis Siliciummængde tilstede og ved langsom Afkøling, indtil Størkningen er sket. Samtidig vil Austeniten forandre sig, og siliciumrigt (o: graat) Raajærn vil derfor under normale Afkølingsforhold komme til at bestaa af Perlit, Grafit og fri Cementit (Fig. 105), mens meleret Raajærn baade indeholder Grafit og Ledeburit. Se ogsaa § 234, Fodnoten.

237. Hammerbart Støbejærn. Ogsaa Cementiten i det størknede Jærn vil spalte sig, hvis den længe holdes glødende, men Kullet udskilles da ikke som Grafit, men som amorft (uregelmæssigt formet) Kulstof, der benævnes **Temperkul**. Navnet skriver sig fra Tempringsprocessen, ved hvilken man gør Støbejærn, der er haardt og skørt paa Grund af stort Cementitindhold, blødt ved Glødning og Iltning af det udskilte Temperkul. Fig. 106 viser saadant Jærn efter langvarig Glødning. Cementiten har spaltet sig i Temperkul (sort) og Ferrit (hvid), mens den graa Grundmasse ved stærkere Forstørring viser sig som Perlit. Temperkul forekommer kun i Tempergods og hammerbart Støbejærn, men ikke i Cementstaalet eller overhovedet i smedeligt Jærn.

η. Jærnets forskellige Tilstandsformer.

238. Jærnet har ligesom visse andre Stoffer den Egenskab at kunne optræde i forskellige, faste Tilstandsformer, skønt den kemiske Sammensætning er uforandret. Denne Egenskab kaldes **Allotropi**; Diamant og Grafit er saaledes allotrope Former af Kulstof. Undertiden betragtes de allotrope Ændringer som Ændringer i Molekulernes Antal af Atomer.

Afkøles et smeltet Metal, og maales Temperaturen med konstante Tidsmellemrum, faas en jævnt faldende Kurve (Fig. 122), indtil Størkningen begynder i b; under denne udvikles der saa megen Varme, at Temperaturen holder sig konstant, indtil hele Massen er størknet, derefter synker den som Regel atter jævnt (cd). Man siger, at Kurven har et **Holdepunkt** ved Størkningstemperaturen.

Jærnets Afkølingskurve viser imidlertid Holdepunkter ikke blot ved Størkningen (der for kemisk rent Jærn foregaar ved ca. 1530°), men ogsaa ved ca. 1400, ca. 900, 768 og 710°. Ved disse Temperaturer maa der derfor foregaa lignende om end mindre udprægede Tilstandsændringer end dem, der foregaar, naar Jærnet gaar over fra at være flydende til at være fast.

Til de forskellige Tilstandsformer, der betegnes med græske Bogstaver (se Fig. 122), svarer der forskellige Egenskaber; saaledes kan kun δ- og γ-Jærnet opløse Kulstof, og medens α-Jærnet tiltrækker Magnetnaalen mer eller mindre stærkt, er dette ikke Tilfældet med de andre Former. Naar Jærnet opvarmes, forsvinder Magnetiseringsvevnen pludseligt ved en Temperatur, der svarer til Kurven MOSR (Fig. 108), og i stærke Felter mærkes Svækkelsen ved væsentlig lavere Temperaturer. Magnetiske Kraner kan derfor ikke bruges til Løftning af glødende Jærn. Efter de nyeste Maalinger ligger Linien MO noget højere end i Figuren, nemlig ved ca. 785°. Se ogsaa § 315.

For kulstofholdigt Jærn findes en lavere Beliggenhed af Holdepunkterne end for rent Jærn. For hver % C, Jærnet optager, synker Smeltepunktet saaledes ca. 100°, mens Holdepunktet ved 900° synker ca. 20° for hver % C. Disse Holdepunkter svarer til Kurverne GSE og PR paa Fig. 108 og forklarer de Strukturændringer, der sker ved disse Temperaturer. Austeniten bestaar af γ-Jærn, den i Feltet GOM udskilte Ferrit af α-Jærn, der forvandler sig til α-Jærn, naar Kurven MO passerer; den under MO udskilte Ferrit bestaar ligeledes af α-Jærn. Overgangen fra β- til α-Jærn medfører ingen Strukturændring, men kun en Ændring af de magnetiske Egenskaber, og da denne fortsætter sig indenfor α-Jærnet ved yderligere Afkøling, er det tvivlsomt, om man i Virkeligheden staar overfor to forskellige Tilstandsformer eller blot overfor en, hvis magnetiske Egenskaber varierer med Temperaturen.

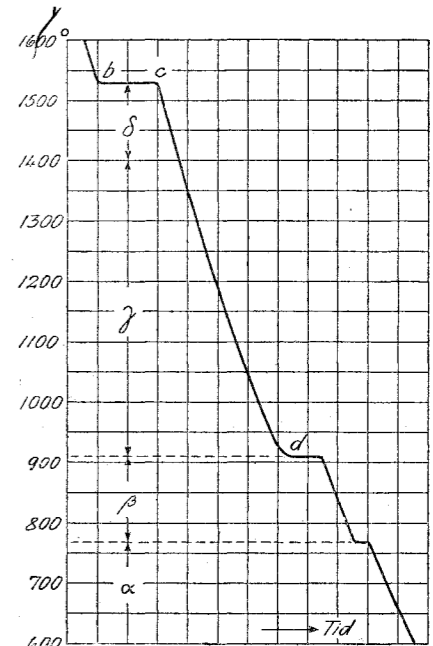


Fig. 122. Rent Jærns Afkølingskurve.

4. Haardhed og Hærdelighed.

a. Haardhed.

239. Jærnets Haardhedsgrad har stor Betydning for dets Anvendelse. Jærn til Byggebrug skal gerne være blødt for nemt at kunne lade sig høvle, dreje, bore, lokke og file; det Værktøj, hvormed disse Operationer foretages, skal derimod være haardt, saa det ikke for hurtigt slides og bliver sløvt, og Jærnbaneskinner skal ligeledes være haarde af Hensyn til Sliddet.

Sammen med Haardheden vokser imidlertid Skørheden, og da denne altid er en uheldig Egenskab, bruger man ikke haardere Staal end strengt nødvendigt af Hensyn til Anvendelsen.

Haardheden afhænger navnlig af den kemiske Sammensætning samt af Afkølingsmaaden. Blødest er det kemisk rene Jærn, enhver Iblanding forøger Haardheden omend i meget forskellig Grad efter Iblandingens Natur.

240. Kullet er det Element, der har den største Indflydelse paa Haardheden, og det skyldes dets Indflydelse paa Jærnets Struktur. Kulfrit Jærn bestaar af blødt Ferrit, med voksende Kulindhold maa Ferriten vige Pladsen for den haardere Perlit, indtil den ved 0,9 % C er helt fortrængt, og i kulrigere Jærn forsvinder Perliten til Fordel for den endnu haardere Cementit, alt under Forudsætning af langsom Afkøling (§ 227-8).

Hvorledes Kulholdigheden varierer med Anvendelsen fremgaar af følgende Oversigt:

¹⁾ Holdepunkterne ved 1400 og 710° ses ikke paa Figuren; det første er nylig opdaget, det sidste findes kun hos kulholdigt Jærn.

- 0 — 0,3 % C: Jærn til Hus-, Bro-, Skibs- og Kedelbygning.
 0,3—0,6 - - : Maskindele og Jærnbanseskinner.
 0,6—1,5 - - : Værktøj og Fjere.

For svensk Staals Vedkommende gengives følgende mere specialiserede Tabel:

Kulindh. i %	Anvendelse	Kulindh. i %	Anvendelse
0,00—0,10	Telefon- og Telegraftraad, Mønter.	0,65—0,75	Tove til Elevatorer, Plovjærn, Spader Slædemeder, Hamre, Knapmagere.
0,00—0,15	Almindelige Træskruer, klippede Søm.	0,65—0,80	1ma Pansergranater.
0,10—0,25	Tove til Skibsbygning, Kedelplader, Skibsplader, Tagblik, almindeligt Smedearbejde for Grov- og Vognsmede.	0,70—0,85	Mejsler til koldt Jærn.
0,10—0,30	Sammensvejsede Vognaksler.	0,75—0,90	Traad til Musikinstrumenter, Spiral-fjere, Forskærekniive, Hamre og Stenværktøj.
0,10—0,40	Valsede Bjælker o. lign.	0,80—0,90	Almindelige Save.
0,15—0,30	Kedelrør.	0,85—1,00	Mejsler til varmt Jærn.
0,25—0,35	Tove af uhardet Staal, Panserplader.	0,90—1,00	Kirurgiske Knive, Rundsave, Økser.
0,30—0,50	Kanonskærme, Kanoner, hele Vognaksler, smedede eller støbte, stærke Maskindele, som skal taale Stød, Cyklerør.	0,90—1,05	Raspe.
0,40—0,60	Jærnbanseskinner, Hjulringe, Jordhakker.	0,90—1,15	Spiral-Fjere til Jærnbanevogne og Taarnure.
0,45—0,65	Tove af hardet Traad.	1,00—1,10	Lommeknive, Baandsave.
0,50—0,60	Vognaksler til Krigsbrug, Geværpiber, 2da Pansergranater, Cirkelsave til varmt Jærn.	1,00—1,20	Snittøj, Rivaler, Bor, Fræsere.
0,50—0,75	Fjere, som hærdes i Vand, Vognfjere, Bærefjere til Jærnbanevogne.	1,05—1,15	Grovfile, Lokstempler, Staal til Økseægge.
0,60—0,70	Nittestempler.	1,10—1,25	Penneknive, Mejemaskiner.
0,60—0,75	Bordknive, Leblade.	1,15—1,30	Forfile.
0,60—0,90	Snedkerværktøj.	1,20—1,30	Fjere til Taffel- og Lommeure.
		1,20—1,40	Drejestaal, Høvestaal, hærkede Dorne, Lokringe, Matricer, Trækkejærn.
		1,25—1,35	Barberknive.
		1,30—1,45	Sletfile.
		1,35—1,50	Skrabere til Metal.

Svejsejærn er blødere end blødt Staal.

Krom, Volfram og Vanadium forøger Haardheden stærkt og sættes til Digelstaal, der skal bruges til Værktøj og Panserplader (§ 205).

Nikkel, der baade sættes til Martin- og Digelstaal, forøger ligeledes Haardheden og gør ikke Staalet saa skørt som en forøget Kultilsætning (§ 182). Ogsaa **Mangan** giver stor Haardhed; Manganstaal bruges til Stenknusere og Penge-skabe (§ 203).

241. Slidfastheden synes i højere Grad at paavirkes af Mangan- og Silicium- end af Kulindholdet (*Nusbaumer: Untersuchungen über die Abnützung der Metalle, I. M. 1909, S. 27*). Med et højt Brinellsk Haardhedstal (§ 251) følger gerne stor Slidfasthed, men der er saa mange Afvigelser fra Regelen, at Prøven bliver upaalidelig. Om Jærnbanseskinneres Slid se § 483, om en Slidprøvemaskine se § 699, om Slidbeprov, se *Ing.* 1914, S. 694.

b. Hærdelighed.

242. Naar kulrigt Jærn glødes og derpaa afkøles pludseligt, bliver det haardere, fordi Ferriten og Perliten forsvinder og erstattes af den haardere Martensit (§ 229—31). Til Martensitens Dannelse kræves der en vis Kulmængde, derfor vil kulfattigt Jærn ikke paavirkes af en pludselig Afkøling.

Ved det kulrige Jærns Hærdning stiger ikke alene Haardheden, men ogsaa Skørheden; Proportionalitets-, Flyde- og Brudgrænse hæves, Brudforlængelsen aftager, og Strukturen bliver mere finkornet (§ 274).

Hærdeligheden er en for Jærn-Kulstof-Legeringerne karakteristisk Egenskab; andre Metaller og Legeringer bliver ikke haardere ved pludselig Afkøling, og visse Specialstaal med stort Indhold af Nikkel eller Mangan heller ikke (§ 233).

Almindeligt Staal til Byggebrug maa ikke kunne hærdes, thi det er ofte nødvendigt at varme det for Tildannelsens Skyld, og en tilfældig, mer eller

mindre hurtig Afkøling kunde da gøre det skørt lige saa vel som den Afkøling, der finder Sted efter Valsningen. Man sikrer sig mod saadan Hærdeskørhed ved at gøre en Bøjeprøve med Materialet efter først at have glødet det ved ca. 800° og afkølet det hurtigt ved Omrøring i Vand af 15 — 30° C. Prøvestangen skal da kunne taale en vis Bøjning uden at revne.

Hos **Værktøjsstaal** er Hærdeligheden derimod en udmærket Egenskab, thi den muliggør, at Værktøjet kan forarbejdes i forholdsvis blød Tilstand og saa hærdes efter Fuldendelsen.

Haardhedstilvæksten ved Hærdningen er for rent Kulstofstaal størst ved 0,9 % C (§ 231) og for almindeligt, urent Staal størst ved ca. 0,8 % C. Ved ca. 0,15 % C begynder den at kunne spores¹⁾, og Jærn med over 0,4 % C er udmærket hærde ligt (Fig. 125).

243. Hærdningens Udførelse. Glødningstemperaturen bedømmes ofte med Øjet (kirsebærtil rosenrød efter Kulindholdet), men Pyrometermaaling er langt at foretrække. Ved underetek-tisk Staal maa man for at undgaa den bløde Ferrit og faa fuldkommen Hærdning opvarme til over Kurven *abc* (Fig. 115). Ved overeutektisk Staal behøver man kun at overstige Kurven *cf*, thi Cementiten er haardere end Martensiten og derfor gavnlige, naar blot ikke Mængden er saa stor, at den danner et sammenhængende Nætværk, thi i saa Fald bliver Staalet meget skørt. Af Hensyn til at Staalet ikke skal blive forbrændt (§ 265), varmer man ikke væsentlig stærkere end paakrævet, navnlig ikke naar Staalet er kulrigt. Den i Praksis brugte Temperatur ligger ca. 50° over Kurven *abcf*. For svensk Staal med 0,4, 0,9 og 1,4 % C angives saaledes henholdsvis 850, 800 og 750°.

244. Afkølingen sker hyppigst i kuldslaet Vand. Naar undereutektisk Staal hærdes paa denne Maade faas Martensit, men ved noget langsommere Afkøling kan ogsaa de andre Mellemformer Troostit, Osmondit og Sorbit danne sig (§ 232); deres Haardhed aftager i den nævnte Orden. Selv ved normal Hærdning vil der altid, undtagen ved meget tynde Stykker, danne sig noget Osmondit i Kærnen, fordi Afkølingen her er mindre pludselig. Man kan ogsaa køle Staalet i varmt Vand, Olie, Tran, smeltet Metal (Telefontraad hærdes i smeltet Bly (§ 424)), ved at svinge det i Luften (Damascenerklinger) eller klemme det mellem Jærnplader. Virkningen vokser med Afkølingens Hurtighed, altsaa med Kølemidlets Varmefylde, Fordampningsvarme, Varmeledningsevne og Tyndflydenhed, samt naar dets Temperatur aftager. Haardt Vand hærdner stærkere end blødt. Staalet skal være rent og bør bevæges i Kølemidlet for at komme i Berøring med kolde Dele af dette, og for at der ikke skal sætte sig Dampblærer paa det. Ønskes størst mulig Haardhed (Mejsler, Dreje- og Høvestaal) hærdes i 18—20° varmt Vand blandet med et Par % Kog-salt eller Svovlsyre, hvorved Virkningen forøges. Har Værktøjet fremstaaende Tænder (Fræsere, Snitværktøj) mildnes Fremgangsmaaden, ved at man kun lader det blive i Vandet, til Glødning er ophørt, og derpaa lægger det i Olie. Ønskes i højere Grad Elasticitet end Haardhed (Fjere), eller er Genstanden meget spinkel (tynde Savblade), sker selve Hærdningen i Olie eller til Nød varmt Vand. En Virkning, der ligger mellem Vandets og Oliens, opnaas ved at hælde lidt Olie ovenpaa Vandet, saa at Staalet ved Dypningen overtrækkes med en tynd Oliehinde (Knivblade, mange Stempler). En lokal Hærdning af f. Eks. en Hammers Baue eller et Prægestempels Arbejdsflade kan opnaas ved at rette en Vandstraale mod Stedet: Værktøjet som Helhed bevarer da sin Sejghed. Tynde Blade som Rundsave og Barberknive, der ikke maa kaste sig, hærdes ved at presses mellem kolde Støbejærnsplader.

Om Overfladehærdning se § 170.

245. Hærdespændinger. Staal, der hærdes, faar ikke Tid til at trække sig saa meget sammen som Staal, der afkøles langsomt; det faar en blivende Udvidelse, hvorved der opstaar Egenspændinger (§ 119), som bliver des større, jo mindre ensartet Afkølingen sker, og som derfor navnlig kan blive farlige i Genstande af stærkt varierende Tykkelse, idet de giver Anledning til, at Genstandene kaster sig eller revner (§ 288,1).

Den blivende Udvidelse kan f. Eks. udgøre 3% i lineært Maal. Ved at afkøle Staal med $St = 5650at$ fra en Temperatur af 600° i Vand af 25° fandt *Heyn*, at de opstaaede Egenspændinger var Tryk i Randzonen (2980 at) og Træk i Kærnezonen (4200 at) (*K. M. A. 1917, S. 23*). Under tiden fremkommer Revnerne først efter nogen Tids Henliggen. Selv om Spændingerne ikke fremkalder Revner, kan de bevirke Formforandringer, der fortsætter sig i Aarevis. Egenspændingerne kan imidlertid fuldstændig ophæves, naar man opvarmer det hærkede Staal i et Oliebad, der holdes paa 150° i 10 Timer, og Haardheden ændres kun i ringe Grad ved denne Proces, der bruges til at gøre Maaleværktøj spændingsløst, saa det ikke forandrer sig i Tidens Løb.

¹⁾ Ved *Brinells* Haardhedsprøve viser der sig en tydelig Haardhedstilvækst allerede ved 0,1 % C (se Fig. 125).

246. Anløbning. Kulrigt Staal, Værktøjsstaal, bliver ved Hærdningen **glas-**haardt og derfor meget skørt; i denne Tilstand er f. Eks. File og Maaleværktøj¹⁾. Det meste Værktøj kan imidlertid nøjes med en mindre Haardhed, og man afhælder det derfor atter delvis ved en Opvarmning, den saakaldte Anløbning, der ikke blot fjerner Spændingerne, men ogsaa gengiver Staalet noget af dets gamle Sejghed og Blødhed. Det hærdede Staal er nemlig ikke i den til Luftens almindelige Temperatur svarende Tilstand; dets Smaadele er i en Slags ustadig Ligevægt, der opretholdes ved Massens fuldstændige Fasthed, og naar denne forringes ved Opvarmning, begynder Smaadelene straks at omlejre sig²⁾.

Jo stærkere man varmer anden Gang, des mere forsvinder Haardheden, og naar den passende Haardhed er naaet, fikserer man denne ved at dyppe Staalet i koldt Vand. Haardheden afhænger altsaa af Opvarmningstemperaturen, og denne bedømmes efter Anløbsfarverne.

Naar smedeligt Jærn opvarmes, vil Overfladen, hvis den er blank, ilte sig til Jærnmellemilte, hvorved den farves, og Farven forandrer sig, efterhaanden som Iltlaget bliver tykkere: efterhaanden som Temperaturen stiger. Ved ca. 225° bliver den saaledes gul, ved ca. 265° rødbrun, ved ca. 285° violet og ved ca. 300° blaa³⁾.

Blaa Anløbning repræsenterer den svageste Grad af Hærdning og bruges f. Eks. til Træsæve, Sabler og Urfjere.

Violet Anløbning svarer til større Haardhed og bruges f. Eks. til Træbearbejdningens værktøj.

Gul Anløbning endelig, der staar nærmest ved Glashaardheden, bruges til chirurgiske Instrumenter, Barberknive og Værktøj til Metalbearbejdning.

Haardhedens Variation med Anløbningstemperaturen ses af Tabellen i § 254. Mikrostrukturens Variation er omtalt i § 232.

I Stedet for først at gøre Staalet glashaardt og derpaa afhærde det delvis, kan man ogsaa direkte frembringe den ønskede Haardhed ved at afkøle det glødende Staal i et Olie- eller Metalbad af en Temperatur, der svarer til den paagældende Anløbsfarve.

Smaat Værktøj kan anløbes ved **Afbrænding**: ved at dypes i Olie og ophedes, til Olien bortbrænder (ca. 350°); det opnaar derved Fjerhaardhed.

247. Ved den saakaldte **Forædlingshærdning** (§ 424) af Konstruktionsstaal er det ikke Formaalet at opnaa Haardhed, men at regulere Styrkeegenskaberne, idet man hærder og anløber ved en saadan Temperatur, at man faar det ønskede Forhold mellem Styrke og Sejghed. Denne Behandling forøger Homogeniteten og Elasticitetens Fuldkommenhed, hvorved Materialet bliver mere modstandsdygtigt overfor Vibrationer (§ 298).

Man opvarmer til 780—850°, køler i Vand eller Olie og anløber ved 300—600°. Mens udglødet, kulfattigt Staal ved Spændinger under Flydegrænsen ikke faar nævneværdige, blivende Deformationer og altsaa flyder pludseligt, vil samme Staal i hærdet Tilstand ved smaa Spændinger faa store blivende Deformationer, samtidig med at Flydegrænsen hæves, saaledes at Flydningen altsaa indtræder mere jævnt, og det samme gælder, hvis Staalet er svagt anløbet (200°); hvis man derimod anløber ved den nævnte høje Temperatur, vil man ikke blot faa en højtliggende Flydegrænse, men de blivende Deformationer vil holde sig smaa helt op til Spændinger, der ligger over det udglødede Staals Flydegrænse.

Brudforlængelsen, der for glashaardt Staal er Nul, stiger jævnt med Anløbstemperaturen og bliver størst ved fuldstændig Udglødning. Ogsaa S^t stiger med Anløbstemperaturen, men naar

¹⁾ og Spidsen af panserbrydende Granater.

²⁾ Naar hærdet Staal koges nogle Dage i Vand, vil saaledes en Del af Haardheden forsvinde.

³⁾ Opvarmer man til over 300°, forsvinder først den blaa Farve og Staalet bliver graat, men ved ca. 500° begynder det at gløde, dog saa svagt, at det kun kan ses i Mørke; ved 700° er Farven tydelig mørkerød, 800° mørk kirsebærrød, 1000° lys do., 1100° mørk orange, 1200° lys do., 1300° hvid.

et Maksimum, der for Staal med 1% C ligger ved ca. 350°, hvorpaa den atter falder. Anløbning ved denne Temperatur giver altsaa størst Styrke, gaar man højere op, faar man større Sejghed, men paa Styrkens Bekostning.

c. Haardhedsprøver.

248. Bedømmelsen af et Materiales Haardhed kan ske paa forskellige Maader. Staal til Byggebrug bedømmes gerne efter Trækstyrken, idet man regner, at Grænsen mellem blødt og haardt Staal ligger ved $S^t = 4500-5000^a$ (§ 310).

Værktøjsstaal bedømmes rent praktisk ved at tildanne et Stykke Værktøj og se, hvorledes det staar sig i Brugen. Jærn, der skal bearbejdes, bedømmes undertiden efter det Arbejde, der medgaar til at bore eller lokke i det (§ 258).

En bestemt Maalestok for Haardhed lader sig vanskeligt opstille, da Haardhed ikke er nogen bestemt defineret Egenskab, og ordner man Stofferne efter deres Modstand mod henholdsvis at ridses, plattrykkes eller bores, kommer man til forskellige Rækker.

α. Ridseprøver.

249. Paa Prøveanstalten ved Berlin (K. M. A.) bruges en Ridseprøve med en Diamant, der er tilspidset efter en Kegel med ca. 90° Topvinkel. Prøvestykket ligger paa en Slæde, der kan forskydes frem og tilbage under Diamanten, og denne sidder paa Enden af en Vægtstangsarm, der ved Hjælp af en Løbevægt kan belastes mer eller mindre (Fig. 123). Man laver flere

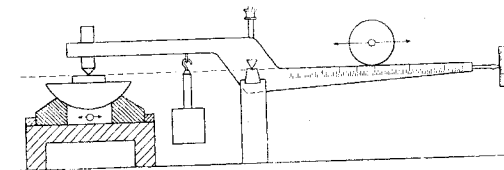


Fig. 123. Ridseprøve.

Ridser under forskellige Belastninger, og som Haardhedstal benyttes den Belastning i Gram, der giver Ridsen en Bredde af 0,01 mm. I efterfølgende Tabel¹⁾ er sammenstillet Haardhedstallene for forskellige Stoffer, dels fundne paa denne Maade, dels efter Mohs' Skala:

	Haardhedstal		Haardhedstal	
	i Gram	Mohs'	i Gram	Mohs'
Bly	16,8	1½	Nikkel	55,7
Skellak	15,0—17,8		Haardt Staal	70,8—76,5
Tin	23,4—28,2	2—3	Bronze af 61,8 Cu + 38,2 Sn	110,0 4—5
Kobber	34,3—39,8	3	Glas	135,5 5—5½
Zink	42,6		Meget haardt Staal	137,5—141,0 6—6½
Messing	44,7—52,8			

Prøven er vel egnet til at paavise Haardhedsforskelle i hærdet Staal, men viser ikke den Haardhedstilvækst, som følger med Koldstrækning; for haardtrukne og udglødede Traade findes samme Haardhedstal (§ 280). Ved Ridseprøven maaler man nemlig Materialets Kohæsion, og denne paavirkes ikke af Koldstrækning, der blot hæver Flydegrænsen og derved forøger Forskydningsmodstanden.

β. Kugletrykprøver.

250. Kugletrykprøver har fundet langt større Udbredelse end den foran nævnte. De udføres med en hærdet Staalkugle (Fig. 124) med $D = 10$ eller 5 mm, der trykkes ned i Materialet med saa stor en Kraft, at Flydegrænsen

¹⁾ Martens: Materialienkunde, Side 243.

overskrides, og der opstaar en blivende Fordybning (Fig. 248 i § 699). Divideres P med Indtrykcirkelns Areal $f = \frac{1}{4} \pi d^2$, finder man Middelværdien σ af den Trykspænding, der har fremkaldt Flydningen. Varieres P , vil f vokse langsommere end P , saaledes at σ ikke holder sig konstant, men vokser med P altsaa med Indtrykkets Dybde. Flydningen forøger nemlig Materialets Haardhed, og jo dybere Kuglen presses ind, des større Modstand møder den (§ 280). For at faa sammenlignelige Resultater, bør man derfor holde ikke blot D , men ogsaa h konstant, saa at Indtrykkene bliver geometrisk ens, og bruge P som Maal for Haardheden (§ 254).

Prøver med konstant Kraft.

251. Brinell, der har indført Kugletrykprøven, gaar den for Udførelsen langt nemmere Vej at holde D og P konstante, saa at h vokser med Blødheden. De blødere Materialer bliver derved prøvede i en mere deformeret og haardere Tilstand end de haardere, og for at forringe den Fejl, der derved opstaar, dividerer han ikke med f , men med Kuglekalottens Areal $f_k = \pi \cdot D \cdot h$, der vokser hurtigere med P end f , og den saaledes bestemte Spænding, der udtrykkes i kg/mm^2 , bruger han som Haarhedstal:

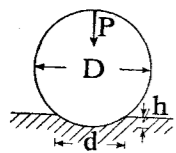


Fig. 124.

$$H = \frac{P}{f_k}$$

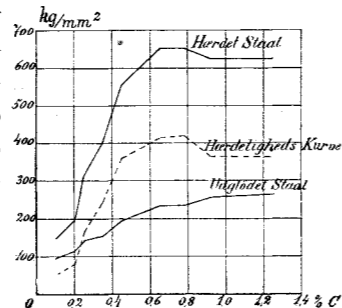


Fig. 125.

Brinell anvender en Kugle med $D = 10 \text{ mm}$, og Kraften, hvormed der trykkes, er 3000 kg for Jærn, 500 kg for blødere Metaller; dens Størrelse kan angives ved en Indeks (H_{3000}).

Hvorledes Haardhedstallet vokser med **Kulholdigheden** i Følge Brinells Undersøgelser viser den nederste Kurve i Fig. 125, der gælder for udglødet Staal. Den øverste Kurve angiver Haardheden af det samme Staal i hærdet Tilstand, mens den punkterede Kurve viser Haardhedstilvæksten ved Hærdningen og Hærdeligheden, der ses at være størst ved $0,8\% \text{ C}$. Haardhedstallet vokser med faldende **Temperatur** og kan i flydende Lufts Temperatur være dobbelt saa stor som i Stuevarme.

Haardhedstallets Variation i høje Temperaturer er vist paa Fig. 145 for basisk Martinstaal med $S^t = 3593 \text{ at}$; senere Forsøg har dog givet et Maksimum ved 250° (I. M. 1912, VII, 3).

252. Haardhedstallets Forhold til Trækstyrken er omtrent ens for alle undersøgte Metaller, der indsnører sig, førend de brydes, derimod ikke for skøre Metaller, som Støbejærn. For de første kan man tilnærmelsesvis sætte $S^t = 35 H$. Navnlig for Jærn med under $\frac{1}{2}\% \text{ C}$ er Overensstemmelsen saa god, at man undertiden vil kunne spare Trækprøven og nøjes med den nemme Kugleprøve, der ikke kræver nogen væsentlig Bearbejdelse af Prøvestykket. Helt kan Kugleprøven aldrig erstatte Trækprøven, da den ikke giver Oplysning om Brudforlængelsen samt om Blærer og andre Fejl.

For udglødet Jærn, hvis Haardhedstal er mindre end 175 (svarende til $S^t < \text{ca. } 6300 \text{ at}$), er Koefficienten henholdsvis 36,2 og 35,4, eftersom Kuglen er trykket ind i Valseretningen eller i Valseretningen, mens den for udglødet Jærn af Haardhed større end 175 er henholdsvis 34,4 og 32,4. For Jærn med under $\frac{1}{2}\% \text{ C}$ vil man, selv om Stykket ikke er udglødet, kunne benytte Koefficienterne med en gennemsnitlig Fejl af kun $4,4\%$. For ulige haarde Staal-sorter, dels ud-

glødede dels hærdede, fandt *Grard* (I. M. 1912, III, 2): $S^t = 28$ à $32 H$. For ulige koldstrakte Traade af Kobber og Bronze fandt *Müller* (Mitt. ü. F. Heft 211) $S^t = 26$ à $35 H$. *Bach* fandt for udglødet, blødt Staal 38, for hærdet Fjerstaal 36.

253. Prøvens Udførelse. Prøvestykkets Tykkelse maa ikke være under $2,5 \text{ mm}$, Indtrykcirkelns Afstand fra Kanten ikke under 14 mm eller $2,5 d$, Overfladen skal være nogenlunde glat, men behøver ikke at poleres.

Er Kuglens Diameter D og Indtrykkets Dybde og Diameter henholdsvis h og d , maales d med et Traadmikroskop, hvorefter h beregnes af $\frac{1}{4} d^2 = h(D-h)$, og derefter den krumme Overflade af $f_k = \pi \cdot D \cdot h$. Ved Beregningen af h gaar man altsaa ud fra, at Indtrykkets Krumningsradius er lig Kuglens, mens den i Virkeligheden er lidt større, da Kuglen faar en elastisk Deformation. Ved *Martens* Apparat (§ 254) maales derimod h direkte. Bruges andre Værdier af D og P end de normerede, faas andre Haardhedstal. Er D givet, vil H vokse med Trykket, er Trykket givet, vil H vokse med aftagende D . I sidste Tilfælde er Variationen saaledes, at $H \cdot \sqrt[3]{D}$ holder sig konstant (I. M. 1909, II, 4). Til Bly bruges undertiden $P = 500 \text{ kg}$ sammen med $D = 20 \text{ mm}$, til hærdet Staal $P = 1000 \text{ kg}$ sammen med $D = 5 \text{ mm}$. Prøven egner sig iøvrigt ikke for hærdet Staal, da der let kommer en ringformet Revne omkring Indtrykket; smaa Haardhedsforskelle i saadant Staal eftervises bedst ved Ridseprøven. Om Prøvens Brug til Jærnbaneskiner se § 488.

Indtrykkets Hastighed har Indflydelse paa Resultatet; ved Slagforsøg kommer man derfor til en anden Klassifikation af Materialerne end ved statiske Forsøg (Mitt. ü. F. Heft 104), og ved disse bør man overholde en bestemt Tid, f. Eks. 1 eller 3 Minutter. Et simpelt Slagapparat til Haardhedsbestemmelse i Værksteder er vist i *Ing.* 1916, S. 245.

Prøver med konstant Indtryksdybde.

254. Er Kuglediameteren givet, vil Indtryksdybden h vokse langsommere end P , men for smaa Værdier af h har man dog meget nær $h = c \cdot P$, hvor c er en af Materialet afhængig Konstant. Fremfor at arbejde med konstant P er det derfor rationellere at arbejde med et konstant lille h . Som Haardhedstal kan man da bruge den Værdi af P ($P_{0,05}$), der kræves til at trykke en Kugle med 5 mm Diameter $0,05 \text{ mm}$ ned i Stoffet. *Martens* har konstrueret et Apparat, med hvilket $P_{0,05}$ let bestemmes, og har fundet følgende Haardhedstal:

Nr.	Metalsort	Haardhedstal	Sammensætning
1	Bly, rent	5	
2	Tin, rent og urent	7 og 14	
3	Antimonbly, hurtig afkølet	15-19	6-23 % Sb
4	Antifrikationsmetaller, do.	17-30	
5	Hvidt Lejemetal, langsomt afkølet	21	83,1 Sn+11,1 Sb+5,4 Cu.
6	Aluminium	25	
7	Magnium	26	
8	Hvidt Lejemetal, hurtig afkølet	26	som Nr. 5.
9	Antimon	27-33	
10	Fyrkasse-Kobber, udglødet ved 900°	30	
11	— — — — — 500°	43	
12	Støbt Messing	61	69,4 Cu+27,1 Zn+1,2 Sn+1,1 Pb+1,1 Fe.
13	Kobber udtaget af en Fyrkasse	81	samme Kobber som 10 og 11.
14	Lejebronze, støbt i Sand	83	83,6 Cu+16,0 Sn+0,2 Zn+0,07 Pb+0,2 As. f 0,07 C + 0,06 Si + 0,10 Mn + 0,010 P
15	Kulfattigt, blødt Staal	98	+ 0,019 S + 0,015 Cu.
16	Lejebronze, støbt i Kokil	136	samme Legering som 14.
17	Smedet Værktøjstaal	277	1,03 C + 0,26 Si + 0,19 Mn + 0,02 P + 0,03 S.
18	— — — — — $6-700^\circ$	260-277	
19	Værktøjstaal, ved 900°	446	
20	hærdet i Vand og derpaa anløbet ved en Temperatur af:	595	
21	— — — — — 400°	1060	
22	— — — — — 275°	2285	
23	— — — — — 200°	2775	
24	— — — — — 100°	2775	
	ikke anløbet	2775	

255. Man kunde ogsaa i dette Tilfælde bruge Brinells Fremgangsmaade og dividere P med Kuglekalottens Areal, men det vilde blot være en Omvej, eftersom Brinell regner sig til dette Areal ud fra D og h . Og dertil kommer, at Brinell i Udtrykket $f_k = \pi \cdot D \cdot h$ indfører den ube-

lastede Kugles Diameter, mens Indtrykkets Krumningsdiameter D' er større, som Følge af Kuglens elastiske Deformation; da Brinell arbejder med konstant P altsaa konstant $D : D'$, bliver hans Tal indbyrdes sammenlignelige, men her, hvor P varierer, vilde de ikke blive det.

γ. Andre Indtryksprøver.

256. Man kan ogsaa bedømme Haardheden efter Længden af det Indtryk, en **Mejsel** som Fig. 126 gør, eller Diameteren af det Indtryk, en **Kørner** som Fig. 127 giver, bægge Dele under et bestemt Tryk; men disse Metoder har den Ulempe, at Værktøjet efterhaanden slides og ikke kan fremstilles igen med akkurat samme Form og Haardhed.

Af de to Prøver er **Ludwigs Kegleprøve** (Fig. 127) den rationelle, idet Haardhedstallet $P : f_k$, hvor P er Trykkraften, f_k Arealet af den kegleformede Fordybningsoverflade, er uafhængig af P , altsaa af Indtrykkets Dybde. Kaldes denne, der regnes fra den oprindelige Overflade, h , haves, idet Keglens Topvinkel er $90^\circ : f_k = 4,44 h^2$.

Kørneren kan være forbunden med et Viserapparat, der viser h 10 Gange forstørret. Da Nulstillingen ikke altid lader sig bestemme utvetydigt, gøres to Forsøg med henholdsvis P og $4P$; de tilhørende Aflæsninger vil da være $h + x$ og $2h + x$, hvis Differens er den søgte Størrelse h (Ing. 1908, S. 212).

Föppl undgaar Brug af Værktøj, idet han prøver ethvert Stof med Stoffet selv. Han lader to smaa Plader afdreje cylindrisk paa den ene Bredside, polerer dem og sværter den ene med Sod, derpaa lægges de over Kors (Fig. 128) og trykkes sammen med en vis Kraft, hvorved der fremkommer en cirkelformet Afplattung, hvis Areal temmelig nøjagtig er proportionalt med Kraften. Ved at dividere denne med Arealet faas Haardheden udtrykt i kg/mm^2 . Saalænge Afplattungens Diameter er mindre end 1,5–2 mm, er der ikke Proportionalitet til Stede, og heller ikke ved større Diameter er Proportionaliteten fuldkommen. Man maaler derfor Diameteren ved forskellige Belastninger og tager Middeltallet af de Forsøg, hvor Diameteren laa mellem ca. 2 og 4 mm. Cylindrenes Radius er 2 cm, gøres den større, finder man lavere Tal. Rudeloff har anvendt samme Metode, førend Föppl offentliggjorde den.

257. Shores Haardhedsmåler (Skleroskop, Rebondimeter) bestaar af en lille, indenfor et Glasrør frit faldende Staalhammer med en svagt hvælvet Diamantbane; man lader Hammeren, der vejer ca. 2,6 g, falde ned paa Prøvelegemet, og Tilbagespringets Størrelse bruges som Maal for Haardheden, thi jo blødere Materialet er, des dybere trænger Hammeren ind, og des mere Arbejde konsumeres ved blivende Deformation. I Virkeligheden er Tilbagespringet et Maal for Elasticiteten, der i Alm. er proportional med Haardheden, men ikke altid; hærdet Staal vil saaledes ved blaa Anløbning blive blødere, uden at Elasticiteten ændres; udglødet Kobber er meget uelastisk, og det ringe Tilbagespring, man faar fra det, giver intet Begreb om dets Haardhed. Det samme fremgaar af **Fréminvilles** Forsøg med en 16^{mm} Staal kugle vejende 16 g og faldende fra 1^m Højde paa forskellige Stoffer. Tilbagespringet var for:

Støbejern	35–50 ^{cm}	Marmor	50 ^{cm}
Blødt Staal	30–38 »	Glas	89 »
Kautsjuk	40 »	Hærdet Værktøjstaal	93 »

Kautsjuk skulde herefter være hårdere end blødt Staal. Men Shores Apparat bruges dog meget og gør god Nytte som Kontrolapparat ved Massefabrikation af hærdet Værktøj og lign. Til videnskabelig Brug er det mindre vel egnet, da Skalaens Inddelinger er vilkaarlig valgt, saa Haardhedstallene ikke kan defineres fysisk og en Justering ikke finde Sted.

δ. Bearbejdelsesprøver.

258. Bearbejdelsesprøver kan udføres med en **Boremaskine**, idet man bestemmer den Huldybde, Boret efter 100 Omdrejninger frembringer i Prøvestykket A og sammenligner den med det tilsvarende Tal for Normalplader N , fremstillet af et eller andet velkendt og ensartet Materiale. Virkningen af Borets tiltagende Sløvhed elimineres ved først at bore i N , derpaa i A og slut-

telig atter i N ; Middeltallet for de to Boringer i N sammenlignes da med Tallet for A . De Tal, der vindes paa denne Maade, staar ikke i noget simpelt Forhold til Kugletrykhaardheden; Aluminium med $H_{200} = 38$ er saaledes sværere bearbejdeligt end blødt Staal med $H_{3000} = 100$. Bearbejdigheden er nemlig ikke blot afhængig af Haardheden, men ogsaa af Sejgheden; Kugletrykhaardheden er et Maal for den Modstand, Værktøjet møder, naar det skærer sig ind mellem Spaanen og Arbejdsstykket, men Værktøjet møder endnu en Modstand, naar det skal skubbe den afskaarne Spaan tilside; er Spaanen skør, knækker den let, er den sejt, forbliver den sammenhængende, og Værktøjet maa rulle den op foran sig, hvortil der medgaar et betydeligt Arbejde.

259. Lokkeprøver kan ogsaa give værdifulde Oplysninger. Til at lokke et rundt Hul, d mm i Diameter, i en a mm tyk Plade kræves der en Kraft: $k \cdot a \cdot d \cdot \pi$, hvor k vokser med Hastigheden, men iøvrigt varierer paa følgende Maade med Materialet: Blødt Staal 60–70, Svejsejern 40–60, do. i mørk Rødgldhede 12–20, Kobber 25–40, Zink 9–15, Tin 2–3, Bly 1,5–2,4.

Staal, der skal bearbejdes, bedømmes ogsaa efter Trækstyrke og Brudforlængelse, idet man af disse to Størrelser ved Hjælp af empiriske Formler kan beregne det arbejdende Staals Skærehastighed (Ingeniøren 1909, Side 295).

5. Smedelighed.

260. Naar det smedelige Jærn opvarmes tilstrækkelig stærkt, gaar det jævnt over i en dejagtig Tilstand, i hvilken det let kan formes ved Smedning, Valsning, Presning o. s. v. i Modsætning til Støbejern, der pludseligt smelter analogt med Stearin.

Smedeligheden er dog afhængig af Kulholdigheden (§ 102 og 234), idet den aftager med voksende Kulindhold; Jærn, der skal undergaa store Formforandringer i glødende Tilstand, bør derfor være saa kulfattigt som muligt¹⁾.

261. Rødsjørhed. Er Jærnets Plasticitet mangelfuld, saaledes at det revner ved Udsmedningen, kalder man det rødsjør. Rødsjørhed bevirkes navnlig af et for stort Indhold af Svovljærn (FeS), der som en Hinde omgiver Jærnkornene og i normal Temperatur virker sammenkittende, men i Smedetemperaturen er halvsmeltet, saa Jærnkornene skilles ad (§ 204)²⁾.

Rødsjør Jærn kan ikke udvalses til spinkle Profiler, fordi Jærnet skilles ad under Valsningen, men Jærnbanseskiner kan f. Eks. godt være rødsjøre, og selv om de tilsyneladende er sluppet godt fra Valsningen, kan de indeholde mikroskopiske Revner, der senere kan give Anledning til Brud. Svovlet findes hovedsagelig i Kærnestaale, og herfra bør derfor Prøvestykkerne tages til Undersøgelse for Rødsjørhed.

Blødt Staal, der skal smedes, bør højest indeholde 0,05 % S, hårdt Staal taaler noget mere og Svejsejern højest 0,01 %. Staalet indeholder nemlig altid Mangan, og der dannes da Svovlmangan (§ 203) i Stedet for Svovljærn, og Svovlmanganet er i Rødgldhede plastisk og taaler derfor bedre Smedningen. Svejsejern er derimod praktisk talt manganfrit.

Rødsjørhed kan foruden af Svovl ogsaa fremkaldes af for meget Jærnforilte i det bløde Staal (§ 265) og formegen basisk Slagge i Svejsejærnet, idet saadan Slagge ikke bliver tilstrækkelig flydende ved Smedetemperaturen. Ogsaa Aluminium forringer Smedeligheden, mens Kobber ikke gør Jærnet rødsjør, i alt Fald kun i Forbindelse med Svovl.

Rødsjør Jærn har en mørkegraa Farve med svag Glans og en traadet Struktur.

Et ejendommeligt Tilfælde af Rødsjørhed blev iagttaget hos et Svejsejærns Anker, der havde ligget indemuret i Christiansborg fra ca. 1735 til 1918: til Trods for, at der oprindeligt var udsmedet Øje paa det, uden at det havde lidt, viste det sig efter Udtagningen stærkt rødsjør.

¹⁾ Om Fosfor se § 204, om Nikkel se § 183.

²⁾ Eutektiket Fe, FeS smelter ved 985° . Rødsjørheden optræder dog ogsaa ved lavere Temperaturer og hidrører da fra Omkrystallisationer i Svovljærnet (ved 898 og 768°), hvorved Jærnkornene sprænges fra hverandre.

262. Smedelighedsprøver. Til Bedømmelse af Jærnets Smedelighed anbefaler I. M. følgende Prøver, der alle skal udføres i Rødgldhede. Se ogsaa § 399.

Udsmedningsprøve (Fig. 129). Prøvestrimlernes Bredde tages tre Gange saa stor som Tykkelsen. De udsmedes med Hammerpennen, indtil Bredden eller Længden er bleven $1\frac{1}{2}$ —2 Gange større. Hammerpennen maa staa vinkelret paa den Retning, Udbredelsen skal ske i, og dens Afrundningsdiameter skal være 15 mm. Som Maal for Udsmedningsevnen opgives $100 \frac{L}{l}$ eller $100 \frac{B}{b}$, hvor L og B er den udsmedede Længde eller Bredde i det Øjeblik, der kommer Revner. For godt Materiale bør Udsmedningsevnen mindst være 150.

Stukkeprøve. Prøvelegemerne skal helst være Cylindre med Højden lig to Gange Diameteren. Højden smedes ned, indtil Cylinderen revner i Kanten, og man opgiver Højdeforskellen i % af den oprindelige Højde. Stukkeprøver gøres hovedsagelig med Rundjærn til Nittebrug, og ved godt Materiale bør Højdeforskellen mindst være 67 %.

Lokkeprøve. Prøvestykkernes Bredde bør være over 5 Gange Tykkelsen. De lokkes paa en Ambolt med et Stempel, hvis Diameter er lig Prøvestykkets Tykkelse, og man undersøger, hvor nær ved Randen Lokningen kan udføres, uden at der kommer Revner. Som Kvalitetsmaalestok bruges Forholdet mellem Prøvestykkets Tykkelse og den dobbelte Afstand mellem Hullets Rand og Prøvestykkets Kant. Temperaturen bør være ca. 650°. Se ogsaa § 372 og 399.

Opdorningsprøve. Prøvestykkerne, hvis Bredde skal være ca. 5 Gange Tykkelsen, gennemhulles (i lys Rødgldhede) med en Lokhammer (Fig. 130), saaledes at Hullets Diameter omtrent er lig med to Gange Prøvestykkets Tykkelse. Derpaa drives Hullet op med en kegleformet Dorn, indtil der kommer Revner. Dornens Diameter skal vokse med 1 mm for hver 10 mm af Længden. Saafremt det er nødvendigt, maa Prøvestykket gentagne Gange opvarmes og Dornen afvekslende indrives fra bægge Sider for at undgaa skarpe Rande paa den ene Flade. Som Kvalitetsmaalestok bruges $100 \frac{D}{d}$, hvor d og D er henholdsvis det

oprindelige og det opdornede Huls Diameter. For godt Materiale bør Tallet mindst være 150. Se ogsaa § 372. For Fladjærn (Martinstaal) med Bredden b foreskriver det danske Orlogsværft $d = \frac{1}{3} b$ og $D = b$; Rundjærn nedsmedes, før Hullet lokkes, til halv Tykkelse, og efter Lokningen dornes Hullet op til Rundjærnets Diameter.

Foruden disse Prøver bruges ogsaa **Bøjelighedsprøver** ved ca. 600°, og for Vinkeljærn til Dampkedelbygning foreskrives ofte en særlig Prøve, der består i, at Fligene enten bøjes sammen eller rettes ud, indtil der kommer Revner; denne Prøve gøres med et 10 cm langt Stykke af Vinkeljærnet (Fig. 131).

263. Blaaskørhed. Ved den Temperatur, som fremkalder den blaa Anløbsfarve, er Jærnet skørere end normalt. Det forholder sig i denne Temperatur, ligesom kulrigere Staal forholder sig i kold Tilstand (§ 280), og hvis man ved Smedning strækker Overfladen, vil det indre kun i ringe Grad følge efter, saa der opstaar store Egenspændinger, der holder sig ved Afkølingen og bibringer Staalet en varig Skørhed, der kan give Anledning til pludseligt Brud under Brugen¹⁾.

Paa Grund af disse Forhold maa man aldrig fortsætte med Smedningen, efter at Jærnet er hørt op at gløde; er Genstanden ikke færdig, maa den varmes paany. Blaaskørheden viser sig nemlig lige op til 500° i alt Fald ved Staalet, mens Svejsejærn endnu kan bearbejdes ved en noget lavere Temperatur uden at tage Skade; overhovedet er Svejsejærn ikke nær saa ømfindtlig som Staal, fordi dets senede Struktur hæmmer Fremkomsten af Egenspændinger samt Udbredelsen af eventuelle Revner. Blaaskørheden forsvinder ved en Temperatur af 180°, men for at være paa den sikre Side foreskriver man ofte, at Jærnet ikke maa bearbejdes mellem 100° og tydelig Rødgldhede. Ved Hamring maa man i endnu højere Grad end ved Presning og Valsning sørge for

¹⁾ Desuden er det blaavarme Staal paa en Maade uhomogent, idet Plasticiteten varierer stærkt med Temperaturen, som aldrig er ens i alle Punkter; dette begunstiger Dannelsen af de nævnte Egenspændinger (K. M. A. 1917, S. 12).

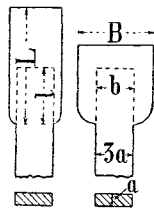


Fig. 129.

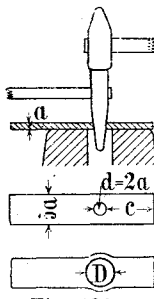


Fig. 130.

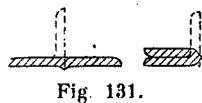


Fig. 131.

at afbryde Processen, inden Jærnet er blevet for afkølet, da Hamringens Virkning i overvejende Grad er overfladisk. Se iøvrigt § 302-3¹⁾.

Den ved en eventuel Bearbejdelse opstaaede Skørhed kan fjernes ved en Udglødning.

264. Overhedning. Hvis Jærnet glødes for stærkt eller for længe uden at bearbejdes, tager det Skade. Man skelner mellem Overhedning og Forbrænding.

Overhedning medfører ingen kemisk Forandring, men viser sig ved, at Jærnet paa Grund af den langvarige Glødning bliver storkornet (§ 209) og dermed koldskørt. Paa en Brudflade fremtræder Kornene da kantede eller bladede og med stærk Glans. En saadan Overhedning kan f. Eks. finde Sted for Dampkedelpladers Vedkommende, naar de kommer i Glød paa Grund af Vandmangel (§ 292). Skørheden kan fjernes ved at gøre Kornene smaa, hvilket bedst sker ved en Oversmedning, hvorved Kornene sønderdeles, men $\frac{1}{2}$ Times Udglødning ved en Temperatur over Kurven GOSE (Fig. 108) med paafølgende Afkøling i Luften har næsten samme Virkning. En Overhedning kan indtræde saavel ved kortvarig Hvidglødning som ved langvarig Rødgldning²⁾. Skørheden paavises bedst ved en Kærvelslagsbøjeprobe (§ 90) og kendes fra Fosforskørhed, ved at

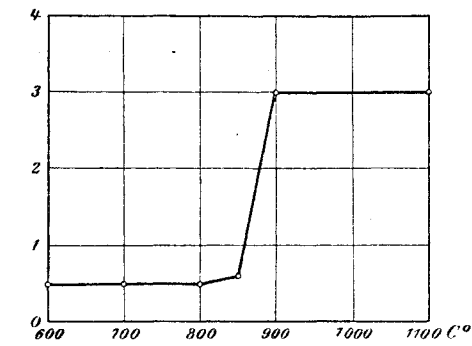


Fig. 131,1.

en Udglødning ved 900° bringer den til at forsvinde³⁾. For overhedet, blødt Staal fandt Heyn de i Fig. 131,1 som Ordinator angivne Bøjetal (§ 90), naar Staalet efter Overhedningen blev udglødet $\frac{1}{2}$ Time i de som Abscisser afsatte Temperaturer.

Paa Grund af disse Forhold er det vigtigt, at Smedningen eller Valsningen ikke afsluttes, førend Omkrystallisationen er endt. Af økonomiske Grunde kan Valsværkerne undertiden være tilbøjelige til at afslutte Valsningen ved en altfor høj

Temperatur, og Kornene vil da bagefter faa Tid til at vokse sig store, saaledes at Jærnet bliver skørt.

Under Mikroskopet viser overhedet Staal ofte den saakaldte **Widmanstättenske Struktur**, der ligner Martensitstrukturen (Fig. 114) deri, at Bestanddelene er afsondrede i afbrudte Striber, der skærer hverandre under 60°; men Striberne er her langt grovere og bestaar af Perlit i en Grundmasse af Ferrit (se Prof. Hannovers Afhandling i T. F. T. 1917, S. 141).

265. Forbrænding indtræder, naar Glødningen er saa stærk og langvarig, at Jærnet forandres kemisk. Kullet brænder bort, og Jærnet iltes. Overfladen smelter og bliver blæret af de udviklede Luftarter, og endelig kan der trænge smeltet Jærnmellemilte (Hammerskæl)⁴⁾ ind i de dannede Hulrum, hvor det

¹⁾ Jærnets større eller mindre Blaaskørhed kan undersøges ved Hjælp af en Bøjelighedsprøve ved en Temperatur af ca. 300°.

²⁾ Efter Heyns Mening indtræder Overhedning af kulfattigt Staal kun ved Temperaturer over 1000°. Han har gjort Forsøg med meget rent, blødt Staal og paavist, at en Temperatur af 1100° kun taales i 6 Timer, ved længere Glødning blev det skørere og skørere, mens 14 Dages Udglødning ved en Temperatur mellem 700 og 890° ikke gjorde det skørt, til Trods for at det blev meget storkornet. I Modstrid hermed angiver Stead, at naar Svejsejærn og blødt Staal med under 0,15 % C dagevis glødes ved 500—700°, bliver Kornene ikke blot enormt store, men Materialet tillige skørt. Muligvis spiller Jærnets Koldstrækningsgrad en Rolle. Se desangaaende § 292.

³⁾ Til Eks. fandt Statsprøveanstalten for noget blødt Martinstaal, at Brudarbejdet var $18,3 \text{ kgm/cm}^2$ i ubehandlet Tilstand, og 3,3 efter at det var overhedet ved 3 Timers Glødning ved 1100° og derefter luftafkølet. Naar det overhedede Staal glødedes paany, denne Gang ved 700° og i $\frac{1}{2}$ Time, fandtes efter Luftafkøling $4,5 \text{ kgm/cm}^2$, mens den samme Behandling ved 900° gav $16,2 \text{ kgm/cm}^2$ (Ing. 1916, S. 491).

⁴⁾ Smelter ved ca. 1350°.

reduceres til Jærnforsilte, der gør Jærnet rødsikkert, saa det skilles ad, naar man smeder paa det. Saadant Jærn er blivende ødelagt.

Ved meget langvarig (dagvis) Glødning kan det smedelige Jærn ligesom Støbejærn blive omdannet til **Brandjærn**, en skør, styrkeløs Masse, der, saalænge Omdannelsen ikke er trængt helt ind, ligger som en tyk Skorpe uden om den endnu bøjelige Kærne.

Paa Grund af disse Forhold maa man ved Udglødning af smedeligt Jærn aldrig varme saa stærkt som til Svejsede.

Den Temperatur, ved hvilken Jærnet tager Skade, og som man derfor maa holde sig i en passende Afstand fra ved Udsmedningen, ligger des lavere, jo lavere Smeltepunktet, altsaa jo større Kulholdigheden er¹⁾. For det kulfattige Svejsjærn ligger den meget højt, og det bliver derfor vanskeligt forbrændt.

Staal er mere ømfindtlig, og Staalnitter maa derfor ikke opvarmes til Hvidglødhede, men kun til orangerød Varme.

6. Svejselighed.

266. For de fleste Metaller er der en Temperatur, i hvilken de bliver klæbrige, saa at de kan svejses. Men for at Svejseligheden skal faa praktisk Betydning, maa den være til Stede indenfor Temperaturgrænser, der ikke er alt for snævre. Smedeligt Jærn svejses des lettere, jo mindre Kulstof det indeholder; findes der over 1% er det praktisk talt usvejseligt²⁾. Det bløde Staal svejses vanskeligere end Svejsjærnet, da dets Svejsetemperatur ligger indenfor snævrere Grænser end Svejsjærnets.

Skal Svejseligheden være stor, bør man bruge Svejsjærn og ikke foreskrive større Styrke end 3400^{at}, da man ellers frister Jærnværkerne til at blande haardt Staal mellem Svejsjærnet ved Paketeringen. En Indblanding af Puddelstaal er ganske vist uskadelig, da det svejser sig intimt til Svejsjærnet, men med alm. Staal indgaar dette kun en overfladisk Forbindelse, der let ophæves ved skiftende Paavirkninger.

267. Svejsningen udføres ved at opvarme Stykkerne til stærk Glødhede, lægge dem ovenpaa hinanden og smede dem sammen, efter at først Berøringsfladerne er bestrøede med et Flusmiddel, f. Eks. Sand, der forvandler det paa Overfladen dannede Jærnilte til en flydende Slagge, som presses ud ved Hammerslagene³⁾. Selv om Svejsningen er mønsterværdigt udført, bliver de to Stykkers Forbindelse ikke intim, der er altid en tydelig Skilleflade (Fig. 132-34), som under Mikroskopet viser sig at være mer eller mindre



Fig. 132. Længdesnit af Staal svejst til Staal.

¹⁾ Saaledes angives for svensk Staal:

Kulholdighed	0,40	0,65	0,90	1,10	1,30	1,40%
Smedetemperatur	1000	950	900	850	800	750°

²⁾ Et større Siliciumindhold (over 0,3%) formindsker Svejseligheden, mens Fosfor forøger den. Jærn med 1% Nikkel lader sig temmelig godt svejse, men Svejseligheden aftager hurtigt med voksende Nikkelindhold.

³⁾ Sandet maa naturligvis være saa fint, at det forener sig med Iterne. Paa Brudfladerne af en gammel Svejsjærnsbolt (fra en ca. 1735 udført Murankerforbindelse paa Christiansborg), der tilfældigt fik et Slag, hvorved den sprang uden Deformation, fandt jeg talrige Sandkorn; navnlig var der paa det Slaget diametralt modsatte Sted saa mange, at der ingen Jærnforbindelse var, saa at Kornene har virket som en Kærve.

rig paa Slagge. Man skelner mellem **Lapsvejsning**, hvor Stykkerne overdækker hinanden noget (Fig. 132-34), og **Stuksvejsning**, hvor de støder stumpt sammen, hvilket giver en daarligere Forbindelse.

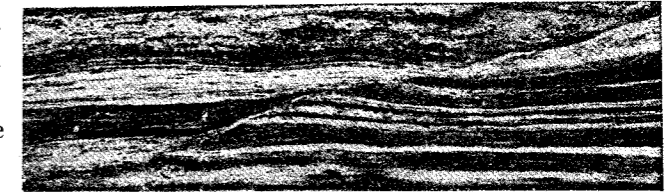


Fig. 133. Længdesnit af Svejsjærn svejst til Svejsjærn.

Mens Svejsjærn gøres helt hvidglødende, bør Staal svejses ved en Temperatur mellem Rød- og Hvidglødhede, højst ved begyndende Hvidglødhede, for at det ikke skal blive overhedet (§ 264). Opvarmningen bør

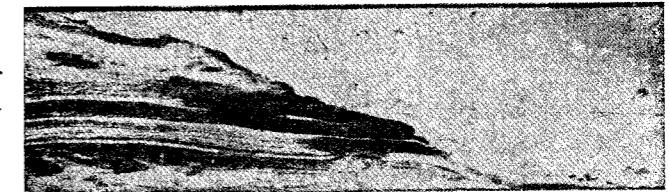


Fig. 134. Længdesnit af Svejsjærn svejst til Staal.

foretages i en kraftig Ild, saa at Staalet kun behøver at være kort deri, og Svejsningen skal ske ved kraftige, rask paa hinanden følgende Slag, saa at Operationen er forbi, inden Staalet er blevet for koldt. Staal maa derfor helst svejses under Damphammer¹⁾. Da Smedningen forringer Tykkelsen, maa man inden Svejsningen eventuelt opstykke Enderne, saa at Svejsstedet i Begyndelsen er tykkere. Imidlertid bliver der paa hver Side af Svejsstedet en ca. 15^{cm} lang Strækning, som udsættes for den høje Temperatur uden at blive tilstrækkelig bearbejdet; disse Strækninger bliver derfor storkornede og skøre. Vil man undgaa dette, maa Svejsstedet udglødes ved en Temperatur af 900°, Kornene bliver da alter smaa.

Om nyere Svejsemetoder se § 269-71.

268. Svejsstedets Styrke. Et Materiales Svejselighed kan man prøve ved at svejse en Stang sammen af to kortere, idet man sørger for, at Tværnittet paa Svejsstedet bliver det samme som paa den øvrige Del af Stangen, og saa underkaste Stangen en Træk- eller Bøjelighedsprøve og sammenligne dennes Resultat med det usvejste Materiales. Skrappere er en Slagbøjeprøve, udført saaledes at Bøjningsspændingerne kommer til at staa vinkelret paa Svejsfladen. Selv om Stangen er nok saa ypperlig svejst, vil den ved denne Prøve vise sig det naturlige Materiale langt underlegen²⁾. For alle Prøverne gælder, at Udfaldet ikke blot afhænger af Materialet, men ogsaa af Udførelsen.

Ogsaa ved rolige Trækforsøg viser Svækkelsen sig. Brudforlængelsen af en svejst Stang er altid mindre og oftest meget mindre end af en usvejst, fordi Overhedningen har gjort Materialet skørt. Bruddet sker som Regel udenfor Svejsstedet paa de ubearbejdede Strækninger, der er særlig storkornede, og man maa regne med, at Trækstyrken er 30% mindre end normalt. F. Eks. fandt *Bach* for blødt Staal til Jærnbeton:

	FGt	St	$\delta_{11,3}$		FGt	St	$\delta_{11,3}$
30 mm Rj. { usvejst:	2620 at	4090 at	28,7%	20 mm Rj. {	usvejst:	3010 at	4490 at
svejst:	2570	3430	6,3		svejst:	2800	2,0

¹⁾ Se iøvrigt *Bauschingers* Svejsforsøg i Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium in München, Heft XII.

²⁾ *Frémont* fandt under Brug af smaa Prøvelegemer 8.10.40 mm udtagne paa den nævnte Maade, at usvejste Prøvelegemer af blødt Staal ($St = 4000$ at) ved et Slag paa 50 kgm blev bøjet helt sammen uden at revne, og at Prøvelegemer af Svejsjærn ($St = 35-4000$ at) revnede ved et Slag paa 26-32 kgm. For alle de svejste Prøvelegemer var Slagarbejdet langt ringere, som Regel aabnede Svejsfugen sig ved Slag, der ikke naede op paa 1 kgm (*I. M.* 1912, VIII, 1).

Paa Grund af disse Forhold plejer man at forbyde Svejsning i Brokonstruktioner og lignende Steder, hvor et Brud kan medføre Ulykker. Hvor Svejsning ikke kan undgaas, og hvor det er af Betydning at faa den godt udført, maa man hellere end at benytte blødt Staal bruge svensk Svejsjærn, og hvert enkelt Svejssted bør besigtiges ved Modtagelsen.

269. Elektrisk Modstandssvejsning er en nyere Fremgangsmaade, ved hvilken de to Flader, der skal svejses, lægges ovenpaa hinanden imellem Elektrodeparret, der presses mod dem. Ved Strømmens Gennemgang opvarmes Materialet til Svejskede, og Fladerne svejses sammen under Trykket, idet en Iltning er udelukket. Denne Metode bruges navnlig til Plader og kaldes Punkt-svejsning, da Svejsningen kun sker i enkelte Punkter; den er hurtigere, billigere og stærkere end Nitning. Skal Forbindelsen være luft- og vandtæt, bruges Liniesvejsning, ved hvilken Elektroderne ikke er Spidser, men cirkulære Skiver, der køres hen ad Svejsesømmen; saaledes kan Rør lapsvejses¹⁾. Ved Stuksvejsning, der f. Eks. bruges til Cykel- og Automobilfælg og til Kædeled, benyttes de to Parter selv som Elektroder og indspændes i Bakker, ved Hjælp af hvilke de presses mod hinanden²⁾.

270. Autogen Svejsning er snarere en Sammensmeltning end en Svejsning. De Flader, der skal svejses (stuksvejses), tilspidses og opvarmes til Smeltning med en reducerende Stikflamme, hvorefter der paasmeltes nyt Jærn fra en Traad, der stikkes ind i Flammen. Svejsstedet bliver ved denne Metode ikke oversmedet, hvorfor Skørheden bliver særlig stor, og desuden kan der opstaa indre Spændinger paa Grund af den lokale Opvarmning. Saadanne Stykker bør derfor altid udglødes³⁾. Iøvrigt er selve Sammensmeltningen ofte meget mangelfuldt udført, og man maa derfor være i højeste Grad varsom med at bruge autogen Svejsning og under alle Omstændigheder kun lade den udføre af øvede Folk. Den bruges f. Eks. ved Udbedring af Revner i Dampkedler (§ 392) og ved Fremstilling af vanskelige Formstykker. I Stedet for at lave dem som Jærn- eller Staalstøbegods, sammensvejses de af Plader, hvorved der ofte spares betydelige Beløb eller opnaas andre Fordele.

Af Forsøg med autogen Svejsning er nogle nævnt i Noter til Fig. 102. Forsøg af Moore (U. I. E. E. Nr. 98) med Ilt-Acetylen-Svejsning af blødt Staal udført af særlig øvede Folk gav til Resultat, at Stængerne paa Grund af det tilførte Materiale fik en Fortykkelse paa Svejsstedet. I denne Tilstand fandtes Trækstyrken (den totale Kraft) at være ens for svejste og usvejste Stænger, naar disses Tykkelse var 13^{mm} og derunder, mens tykkere Stænger svækkedes ved Svejsningen; og afhøvedes Svejsstedet til normal Tykkelse, var Styrken højst 75% af de usvejste Stængers. Ved Slagforsøg var de svejste Stænger kun ca. halvt saa stærke som de usvejste. Ved de nævnte Forsøg skete der ingen Efterbehandling. En Oversmedning efter Svejsningen forøgede Styrken, mens en Udglødning ved 800° forringede den. Varighedsforsøg førte til lignende Resultater. Det maa altsaa i alle Tilfælde anbefales at gøre Svejsstedet rigelig tykt.

Se iøvrigt Hannover: Autogen Svejsning og Skæring (T. F. T. 1915, S. 39). Daarlig Svejsning kan paavises ved Røntgenfotografering (Ing. 1915, S. 672; 1917, S. 54).

Om Thermit-svejsning se § 616.

271. Elektrisk Lysbuesvejsning staar Autogensvejsningen nær, idet man danner en Lysbue mellem Svejsstedet og en bevægelig Jærnelektrode, som derved smelter og flyder ind mellem de to Stykker, der skal svejses, og som overdækker hinanden (Lapsvejsning). Lysbuesvejsning er at foretrække for autogen Svejsning, dels fordi Opvarmningen er mere lokal og altsaa fremkalder ringere Egenspændinger, dels fordi Jærnet iltes i ringere Grad; hertil bidrager

¹⁾ Savblade kan ogsaa svejses paa denne Maade, naar Overlapningen gøres ganske ringe, idet Elektroderne Tryk da vil kunne bringe Svejsesømmen ned paa normal Tykkelse.

²⁾ Elektroteknikeren 1911, S. 21.

³⁾ Under Mikroskopet viser det smeltede Staal sig som Ferrit, mens det tilstødende Materiale, saafremt det er hærdelet, er omdannet til Martensit. Ved Udglødning forsvinder Martensiten.

særlige Overtræk, som man giver Elektroderne, og som beskytter det smeltede Staal. Under Krigen har denne Svejsmaade fundet Anvendelse til Skibsbygning i Stedet for Nitning, og den godkendes af Klassifikationssekskaberne; Stuksvejsning maa ikke bruges. Metoden finder ogsaa Anvendelse til Udbedring af Huller i Støbegods.

Ved Reparation af Støbejern kan den bevægelige Elektrode være af Kul (Bernados Metode). Man omgiver det mangelfulde Sted (som først er mejslet eller boret op) med en Form, og efter at det er gjort glødende med Lysbuen, kastes smaa Jærnstykker ned paa Svejsstedet, hvor de i den stærke Varme hurtigt smelter. Lader man Kulelektroden være den positive Pol, vandrer der Kulpartikler over paa Svejsstedet, som derved bliver haardt, ved modsat Strømretning bliver det blødt. Ved Reparation af Staalstøbegods, Smedegods og Rør af smedeligt Jærn bruger man en Stang af Staal eller Svejsjærn (hvis Objektet er af dette Materiale) som bevægelig Elektrode, og denne er da altid den positive Pol (Slavianoffs Metode). I Stedet for at udgløde Genstanden efter Svejsningen bringer man den ofte i Glød før Svejsningen (i en Trækulsild) og udfører Reparationen paa det glødende Stykke, som derefter faar Lov at afkøle sig langsomt.

7. Styrke og Seighed.

a. Den kemiske Sammensætnings Virkning.

272. Af Jærnets forskellige Iblandinger har Kulstoffet størst Indflydelse paa Styrken og stor Indflydelse paa Seigheden. Fig. 135 viser Resultaterne af forskellige Trækforsøg, idet Kulholdigheden er afsat som Abscisse og Trækstyrken, Brudforlængelsen eller Indsnøringen som Ordinat. Kurven *b* viser Trækstyrken, som den er funden af Howe, *c* som den er funden af Kerpely med valset Fladjærn af Martinstaal, *d* som Kerpely har fundet den med valset 20^{mm} Rundjærn, mens *e* angiver de til *d* svarende Forlængelser; endelig viser *a* Indsnøringen efter v. Jüptner. Se ogsaa § 47.

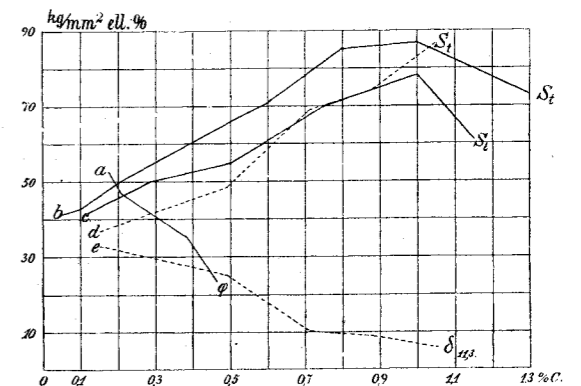


Fig. 135.

Som man ser, stiger Styrken jævnt med Kulholdigheden og har et Maksimum ved ca. 1% C, altsaa ved en til den eutektiske Legering svarende Kulholdighed (§ 226), hvorpaa den aftager. Flydegrænsen stiger paa samme Maade uden senere at falde.

Staalets Styrke kan derfor tilnærmelsesvis udtrykkes som en Funktion af Kulstofprocenten, *c*, naar denne er under 1%; saaledes angives for svensk Staal:

$$\begin{array}{lll} \text{Udglødet:} & FGt = 1600 + 2200 c \text{ at} & St = 2700 + 4800 c \text{ at} & \delta = 39 - 30 c \text{ \%}; \\ \text{Ikke glødet:} & FGt = 1400 + 3600 c \text{ at} & St = 2600 + 7500 c \text{ at} & \delta = 37 - 33 c \text{ \%}. \end{array}$$

273. Forskrifter om Maksimalstyrke. Det kulrige Jærns store Styrke har dog kun en begrænset Betydning for Tekniken, thi med Kulmængden vokser ogsaa Haardheden og Skørheden, mens Smedeligheden aftager; det kulrige Jærn er altsaa vanskeligt at tildanne og skørt under Brugen. Derfor anvender man kun de stærke Jærnsorter, naar en Vægtbesparelse er vigtig som i Maskiner og Automobilstel¹⁾, eller naar stor Slidfasthed kræves, og man gaar aldrig videre end strengt nødvendigt. Tvært imod sikrer man sig mod at faa leveret for kulrigt Staal ved at foreskrive en Maksimalstyrke og kasserer det, naar det er

¹⁾ Til Jærnbroer med meget stor Spændvidde, hvor den bevægelige Last er ringe i Forhold til den hvilende, bruges undertiden Staal af større Styrke, navnlig til de trykkede Led.

for stærkt, selv om Brudforlængelsen er som forlangt. Dette gør man, 1) for at Staalet ikke skal blive for haardt at arbejde i, 2) for at en tilfældig hurtig Afkøling (i Tilfælde af Varmbearbejdning) ikke skal gøre det skørt, 3) for i al Almindelighed at sikre sig mod pludselige Brud¹⁾. For en overfladisk Betragtning kunde det synes urimeligt af denne sidste Grund at kassere et Materiale, hvis Arbejdsevne er større end krævet, men i Virkeligheden er der god Mening i det. Naar man f. Eks. for almindeligt Bygningsstaal foreskriver $S' = 37-4400^{\text{at}}$ og $\delta_{11,3} \geq 20\%$, saa er de 20% en Minimumsværdi, som man ikke venter at komme ned paa; som Regel vil Staalet blive leveret med $\delta = 25 \text{ à } 30\%$. Leveres Staalet nu med $S' = 5000^{\text{at}}$ og $\delta = 20\%$, saa er Kvaliteten altsaa væsentlig skørere end ventet, og en Kassation berettiget. Selv om Staalet leveres med $S' = 5000^{\text{at}}$ og $\delta = 25 \text{ à } 30\%$, kan en Kassation forsvares, thi Brudforlængelsen er kun Udtryk for en bestemt Form af Seighed, og ligesom Fordringen om en vis Brudforlængelse kan forøges med Fordringer om en vis Indsnøring eller en vis Kærsvlagseighed, kan det ogsaa være rigtigt at forøge den med Fordringen om en vis Maksimalstyrke.

Det er kun for Staal, man behøver at foreskrive en Maksimalstyrke. Svejsejærn risikerer man ikke at faa leveret for kulholdigt.

Ved Fremstilling af Staal, der baade skal være stærkt og sejt, bruges en **Nikkeltilsætning** som omtalt i § 182.

274. I Modsætning til den Skørhed, Kulstoffet fremkalder, og som er en normal Egenskab hos Jærnet, staar **Koldskørheden**, der skyldes et for stort **Fosforindhold**, hvilket altid er en Fejl. Fosforrigt Jærn kan være lige saa skørt som Støbejærn overfor Stød og Slag; det springer uden Deformation, og Brudfladen er lys med stærk Glans og viser store, flade, skællede Korn. Stødene behøver ikke at være særlig stærke, talrige smaa Stød kan frembringe den samme Virkning. Ogsaa af kold Lokning og lignende voldsom Paavirkning beskadiges fosforrigt Jærn langt mere end fosforfattigt.

Fosforindholdet kan bestemmes ved en kemisk Analyse, der dog som Regel ikke udføres for Bygningsjærnets Vedkommende, men kun for Jærnbaneskinner og Genstande, der ligesom disse er udsatte for Slag (§ 204).

Svejsejærn kan taale væsentlig mere Fosfor end Staal uden at tage Skade, og Fosforskørheden træffes derfor hyppigst hos Staalet. Blødt Staal, der er fremstillet ved een af de basiske Processer, er altid mindre koldskørt, end naar det er fremstillet ved en sur Proces. For det svenske Staals Vedkommende behøver man dog ikke at frygte Koldskørhed, selv om det er fremstillet surt.

Fosforets Virkning vokser med Kulindholdet (§ 204) og er langt større, naar Jærnet er pludseligt afkølet, end naar det er langsomt afkølet. Nedenstaaende Forsøg er gjorte med Svejsejærn af forskelligt Fosforindhold. Af hver Sort blev et Stykke afkølet i Luften, et andet i Vand af 20° fra en Temperatur af 1100° .

$P\%$	S' at		$\delta\%$		$\varphi\%$	
	udglødet	hærdet	udglødet	hærdet	udglødet	hærdet
0,02	3720	4540	31,5	20,7	55	53
0,65	4300	2600	15,0	0,3	16	0
0,74	4400	660	20,0	0,0	36	0

Koldskørhed kan foruden af Fosfor ogsaa fremkaldes af et for stort **Svovlindhold**, idet der, som omtalt under Rødsjørhed, udenom Jærnkornene danner sig Hylstre af Svovljærn, der er et skørt Stof. Ligeledes vil de mulige Revner, det rødsjøre Jærn har faaet ved Valsningen, bevirke Koldskørhed.

Ogsaa Silicium (§ 202), Mangan (§ 203) og Aluminium (§ 202) formindsker Seigheden.

275. Man har undertiden bemærket, at Staaltraadstove, der benyttedes i Gruber med surt Vand, blev skøre, og det samme gælder Staaltraad, der syre-

¹⁾ Ogsaa andre Motiver kan være medbestemmende, saaledes for Jærntraad til Kabelarmring Hensynet til Rust, og til at Kablet ikke skal blive for stift, hvorved dets Oplægning i Ringe vanskeliggøres.

beities for at fjerne Glødskaal. Denne saakaldte **Beitieskørhed**, der navnlig optræder ved kulrigt Staal, skyldes **Brint**, som legerer sig med Jærnet. Ogsaa Jærn, der udglødes i en utæt Gasovn, kan optage Brint, der atter undviger, hvis Jærnet afkøles langsomt, men derimod bliver i det og gør det skørt, hvis Afkølingen sker pludseligt. Brinten forringer Bøjeligheden, mens Trækstyrken ikke paavirkes. Den uddrives ved Opvarmning eller længere Tids Lagring.

Jærn, der opvarmes til $8-900^\circ$ i Brint, afkølles stærkt og bliver skørt som Glas. Ved normal Syrebeitsning kan Jærnet absorbere 12 Gange sit eget Volumen af Brint. En Opvarmning til ca. 200° er i Reglen tilstrækkelig til at fjerne Beitieskørhed, hvorved denne kendes fra anden Skørhed.

b. Fremstillingsmaadens Virkning.

276. Med Fremstillingsmaaden varierer Jærnets fysiske og kemiske Ensartethed og dermed dets Styrke og Seighed.

Svejsejærnets senede Struktur medfører saaledes en større Styrke og Seighed i Valseretningen end i Tværretningen, og dets Styrke aftager med voksende Slaggemængde.

Staalsorterne har omtrent samme Styrke i Valseretningen og i Tværretningen, og deres Styrke og Seighed afhænger hovedsagelig af Kulindholdet, men dog ogsaa af Fremstillingsmaaden, idet denne har Indflydelse paa, hvor stærkt Staalet er forurenat af Slaggepartikler, Jærnilter, Blærer, Svovl, Fosfor m. m. Den Seighed (Brudforlængelse), der kan opnaas i Forbindelse med en vis Kulholdighed (Styrke), stiger saaledes i Ordenen Bessemerstaal, Thomasstaal, Martinstaal, Digelstaal. Staal af ringe Styrke lader sig let fremstille tilstrækkeligt sejt ved samtlige Processer, men Staal af stor Styrke bør fremstilles ved Martin- eller Digelprocessen, for at Seigheden ikke skal blive ringere end nødvendigt (§ 176 og 311).

Den østrigske Ingeniør- og Arkitektforening har anstillet en meget omfattende Række Forsøg til Sammenligning af **Thomasstaal** og **Martinstaal** af ens Sammensætning med det Resultat, at naar Trækstyrken var den samme, var ogsaa Brudforlængelsen, Indsnøringen og Bøjeligheden ens, saafremt denne sidste bestemtes med ukærvede Strimler. Derimod var Martinstalets Modstandsdygtighed overfor statiske og dynamiske Bøjelighedsprøver med indkærvede Stænger dobbelt saa stor som Thomasstalets.

Paa Basis af disse Forsøg anbefales det at underkaste blødt Staal til Brobygning en Bøjelighedsprøve ved Hjælp af Længdestrimler, der paa Høvlmaskiner er forsynede med en vinkelformet Kærv paa 60° og af Dybde mindst lig $\frac{1}{10}$ af Strimlens Tykkelse. Disse Prøvestænger skal kunne taale at bøjes 25° omkring en Dorn, hvis Diameter er lig den 3dobbelte Stangtykkelse, uden at faa gennemgaaende Tværvner.

Engelske Forsøg med Plader af surt og basisk Martinstaal har ikke vist nogen Forskel. Svejsejærn staar sig endnu bedre end Martinstaal overfor dynamiske Bøjelighedsprøver med indkærvede Stænger.

c. Varmvalsningens Virkning.

277. At Svejsejærn forbedres ved gentagne Udvalsninger er tidligere nævnt, og det samme gælder Staalet. Jo mere Blokken udsmedes eller udvalses, des mere forsvinder den oprindelige, storkrystallinske Struktur, Materialet bliver mere finkornet (§ 210), tættere og homogenere, og baade Styrke og Seighed stiger derved. Saaledes fandtes for en ubearbejdet Blok $S' = 4000^{\text{at}}$, $\delta = 5\%$, og efter at Blokken var udsmedet under Damphammer: $S' = 5000^{\text{at}}$, $\delta = 15\%$. Smedegods bør derfor fremstilles af Blokke, der er væsentlig sværere end Godset, saaledes at en kraftig Nedsmedning er nødvendig.

For blødt Staal ligger den for Seigheden gunstigste Valsetemperatur ved ca. 625° . Plasticiteten er da passende, hverken for stor eller for ringe, og naar

Kornene strækkes under Valsernes Tryk, deler de sig straks efter Længden, hvorved den finkornede Struktur opstaar. Ved Valsning i lavere Temperatur kan Kornene ikke dele sig, de forbliver deformede, og dermed følger en ringere Seighed. Ved Valsning i alt for høj Temperatur er Jærnet for blødt til at tage fuld Nytte af Valsningen, og efter denne kan der indtræde Overhedning (§ 264), hvorved Seigheden forringes.

Mens Seigheden lider baade ved for varm og ved for kold Valsning, vil Styrken og navnlig Flydespændingen stige med aftagende Valsetemperatur.

Paa Grund af disse Forhold faar Valsegodsets Tværnsnitstørrelse Indflydelse paa Kvaliteten. Da spinkle Profiler afkøles hurtigere end svære, kommer de let ned under den kritiske Temperatur, inden de er færdige, mens svære Profiler ofte forlader Valserne i meget varm Tilstand¹⁾. Spinkle Profiler faar derfor stor Styrke og ringe Brudforlængelse, svære Profiler ringe Styrke og ringe Brudforlængelse, mens den bedste Kvalitet (god Styrke, stor Brudforlængelse) findes i middelstore Profiler, naar disse da ikke har en særlig vanskelig Form, der sinker Valseprocessen²⁾.

Fig. 136 viser Resultaterne af nogle Forsøg Oswald Meyer har udført med Rundjærn af forskellig Diameter, alle udvalsedede af samme Charge Thomasstaal³⁾. Man ser, at Brudgrænsen og navnlig Flydegrænsen hæves med aftagende Diameter, mens Forlængelsen forholder sig omvendt. Arbejdsevnen er derimod konstant.

Seigheden kan undertiden nedsættes af Egenspændinger (§ 285) hidrørende fra ulige hurtig Afkøling f. Eks. af et I-Jærns Flanger og Krop.

d. Koldstræknings Virkning.

278. Ved Koldstrækning forstaas en Paavirkning, der bibringer et koldt Metal betydelige, blivende Formforandringer, altsaa belaster det op over Flydegrænsen. Blivende Formforandringer skyldes, som nævnt i § 34, Forskydninger langs Kornenes Glideflader; hvert enkelt Korn deformeres, paa samme Maade som naar man trykker et Spil Kort skævt. Ætses koldstrakt Materiale, viser det under Mikroskopet Streger, der er parallele indenfor hvert enkelt Korn, men skifter Retning fra Korn til Korn. Stregerne er Snit i Glidefladerne, i hvilke Sammenhængen er løst, saa at Syren angriber stærkere. Disse Forskydninger paavirker i høj Grad Metallens Egenskaber.

En Belastning under Proportionalitetsgrænsen medfører som Regel en lille blivende Formforandring, men er praktisk set uden Betydning, derimod vil en Belastning mellem Proportionalitets- og Flydegrænsen hæve den første og des mere, jo højere Paavirkningen var. En Belastning mellem Flyde- og Brudgrænsen vil fuldstændig forstyrre Ligevægtstilstanden, saa at der kan gaa Aar, før den atter bliver stabil, og man maa derfor skelne mellem Flydningens øjeblikkelige og dens endelige Virkninger. Den øjeblikkelige Virk-

¹⁾ for Tiden vel nok i for varm Tilstand.

²⁾ Undtagelsesvis kan Temperaturen ved meget hurtig Valsning stige som Følge af Friktionen.

³⁾ Baumaterialienkunde 1905, Side 358.

ning er, at Proportionalitetsgrænsen synker stærkt, ofte til Nul, mens Flydegrænsen hæves op til Paavirkningens Værdi, men i Tidens Løb hæver begge Grænser sig op over denne Værdi, og Brudstyrken stiger. At Grænserne hæves, er en Følge af, at Flydningen forøger den indre Friktion, saaledes at der kræves en større Spænding til at fremkalde de Forskydninger, der betinger Flydningen og den senere Indsnøring (§ 29 og 424). At nogle af Virkningerne ikke straks viser sig hænger sammen med de ved Flydningen opstaaede Egenspændinger, der i Tidens Løb ændrer sig (§ 289).

Et Trækforsøg, der afbrydes ved en kortvarig Aflastning og derpaa fortsættes, vil altsaa give samme Arbejdslinie som et kontinuerligt Forsøg, mens en langvarig Aflastning vil medføre, at den resterende Del af Arbejdslinien hæves i Forhold til den første Del.

Flydegrænsens Hævning op over Paavirkningens Værdi kan ved haardt Staal ske saa hurtigt, at en umiddelbart efter Aflastningen foretagen Belastning viser den (Mitt. ü. F. Heft 113, S. 20, Walther), men som Regel fremtræder den først efter 24 Timers Forløb, og den fortsætter sig i Maaneder og rimeligvis Aar. Proportionalitetsgrænsen naar først efter flere Dages Hvile Paavirkningens Værdi. Ved Kobber, Zink og Bronze finder en lignende Hævning af begge Grænser Sted.

En Jærnplade, der forbelastes tværs paa Valseretningen og derpaa prøves i Valseretningen, viser samme Egenskaber, som om Forbelastningen var sket i Valseretningen, med mindre Flydningen har været meget ringe, thi i saa Fald ligger PG ogsaa efter en Hviletid lavere end oprindelig.

Den øjeblikkelige Hævning af Flydegrænsen viser sig, naar man indspænder en Jærntraad i en Skruestik og bøjer den ved et Tryk paa dens fri Ende. Det bøgende Moment er størst paa Indspændingsstedet, og her bøjer Traaden sig, saasnart Flydegrænsen er naaet. Derved hæves Flydegrænsen, og ved Tilbagebøjningen vil Bøjningen (Flydningen) ikke ske, hvor Momentet er størst, men lidt længere ude, hvor Flydegrænsen har sin oprindelige Værdi.

Hvis enkelte Steder af en Trækprøvestang har været udsat for kold Behandling, vil disse Steder ofte blive synlige, naar Flydegrænsen naas, fordi de forlænger sig mindre end Omgivelserne. Indvalsedede eller indstemplede Mærker og Firmanavne, der er blevne fjernede ved Afhøvling, kan saaledes atter træde frem, naar Flydegrænsen passerer.

279. Naar man gør Trækforsøg med overtrukne Stænger af samme Materiale, viser det sig, at de alle har faaet samme Proportionalitetsgrænse, ligegyldigt om den oprindeligt laa højt eller lavt, og samtidig er Styrken bleven større, mens Seigheden mindre. At Brudforlængelsen aftager, er en Selvfølge, saafremt Maalelængden afsættes efter Stangens første Flyden, altsaa efter at den har faaet en betydelig blivende Forlængelse, men selv om man regner denne med, med andre Ord: foretager en almindelig Trækprøve, som blot afbrydes, noget efter at Flydegrænsen er naaet, og tilendebinges efter en vis Hviletid, vil man finde en mindre Brudforlængelse (og større Styrke), end hvis Forsøget gøres i eet Træk.

280. Disse Forhold har stor praktisk Betydning, thi Jærnet kan ikke undergaa nogen kendelig, blivende Formforandring i kold Tilstand uden en mer eller mindre lokal Overskriden af Flydegrænsen, hvorved altsaa Styrken forøges, mens Seigheden tager af¹⁾. Ved de fleste Anvendelser af Jærnet er denne Seighedsformindskelse farlig, men i enkelte Tilfælde drager man Nytte af den.

Ved en kold Overhamring af blødt Jærn kan man saaledes forøge dets Stivhed og Fjerkraft (§ 402), og ved en kold Valsning eller Trækning af Aksler,

¹⁾ Ransome og andre har fundet, at man ved at sno en Jærnstang koldt kan forøge dens Styrke med indtil 53%.

Stempelstænger og Skruespindler, bliver disse stivere mod Vridning (komprimeret Akselstaal § 422).

Ogsaa ved Kobber, Bronze og Messing viser det samme Fænomen sig, f. Eks. har *Uchatius* forøget Bronzekanoners Styrke ved at udvide dem med en Dorn.

Virkningen paa Jærnet af kold Bearbejdelse kan være saa stor, at Flydegrænsen hæves næsten helt op til Brudgrænsen, og Virkningen er des større, jo haardere Jærnet er.

Den mest intensive kolde Bearbejdelse, som anvendes i Industrien, er den som Metallerne undergaar, naar de trækkes til Traad, og den største Styrke, et Metal kan opnaa, er derfor den, det har i Traadform (§ 290 og 623).

Grunden til at Styrken stiger er, at den indre Friktion bliver større ved Flydningen, saaledes at Indsnoringen forringes. Materialets Kohesion forringes ikke, thi den virkelige Brudspænding (§ 30) er ens for tykke og tynde Traade uden Hensyn til Strækningsgraden (§ 604). Heri ligger Forklaringen paa, at **Kugletrykhaardheden** stiger meget stærkt med Strækningsgraden, mens **Ridsehaardheden** ikke ændres.

281. Hvis den kolde Bearbejdelse er meget voldsom som ved **Lokning, Klipping og Mejsling**, bliver Materialet omkring det bearbejdede Sted overordentlig skørt og tilbøjelig til at revne, hvis det ikke allerede er revnet ved Bearbejdelsen. Denne Skørhed gør ofte Ulykker; saaledes sprængtes 1904 en Petroleumsbeholder i Antwerpen, fordi Nittehullerne var lokkede; mens Materialet i Pladernes Midte var udmærket, viste Trækprøvestykker udtagne langs Nittesømmene kun den halve Styrke og omtrent ingen Forlængelse.

Det er hændt, at **I**-Bjælker med lokkede Huller i Flangerne er revnede ved blot at falde fra en ringe Højde, naar de læssedes af Vognen.

Virkningen af kold Bearbejdelse er større paa blødt Staal end paa Svejsejærn og vokser med Kulindholdet, men navnlig er **fosforholdigt** Staal overordentlig ømfindtligt. Man har Eksempler paa, at saadant Staal, der i normal Tilstand kunde bøjes betydeligt uden at revne, sprang næsten uden Deformation, fordi Prøvestrimlen var klippet i Kanten.

Skørheden strækker sig kun indtil et Par Millimeter fra det Sted, hvor Værktøjet har arbejdet, og forsvinder, hvis det paagældende Materiale fjernes.

Af nogle Kalnjærnsflige (Profil IV), der var skilt fra Kroppen ved Klipping, lod jeg een afhøve paa alle Sider, mens den anden prøvedes ubehandlet; Kroppen blev prøvet efter Afdrejning; Resultaterne var:

Kroppen, afdrejet:	$FG^t = 2750 \text{ at}$,	$St = 4570 \text{ at}$,	$\delta_{11,3} = 25,4 \%$,	$\varphi = 55 \%$
Flig, ikke høvlet ($7 \cdot 20 \text{ mm}^2$):	$\gg = 3480 \gg$,	$\gg = 4050 \gg$,	$\gg = 2,7 \gg$,	$\gg = 0 \gg$
\gg , høvlet ($5,5 \cdot 10 \text{ mm}^2$):	$\gg = 3320 \gg$,	$\gg = 5040 \gg$,	$\gg = 23,5 \gg$,	$\gg = 52 \gg$

At Klippingen kun i ringe Grad har hævet FG og at den har forringet St er formentlig en Følge af, at Fligen kun klippedes langs een Side, hvilket har medført en ekscentrisk Paavirkning ved Trækforsøget.

282. Ved vigtige Konstruktioner som Broer, Dampkedler og lignende maa man derfor ikke anvende saadan voldsom kold Bearbejdelse uden bagefter at fjerne det beskadigede Materiale i en Dybde af mindst 3 mm ved Høvling eller Fræsning, og Nittehullerne skal bores, ikke lokkes. Fra disse Forskrifter bør der kun afviges ved uvæsentlige Konstruktionsled f. Eks. Fyldeplader.

Ved Tildannelse af Prøvestænger maa man naturligtvis omhyggeligt undgaa enhver Virkning af denne Art.

Da Boring er 2—6 Gange saa dyr som Lokning og meget langsommere, er Skibsværfter og Brobygningsfabriker lidet tilbøjelige til at bore; i Amerika

bruges altid Lokning, og som Regel er det kun ved Jærnbanebroer og store Jærnkonstruktioner, at Hullerne bagefter bores op. I Virkeligheden er Faren ved at lokke næppe saa stor, som man har villet gøre den til, idet den glødende Nitte besørger en delvis Udglødning (§ 290) af det skørnede Materiale.

De svenske Normalbestemmelser (§ 365) kræver alle Huller borede, naar Godstykkelsen t er $> 16 \text{ mm}$. Er $t \geq 16 \text{ mm}$, maa Hullerne lokkes med en Diameter, der er mindst 3 mm mindre end den endelige, og derpaa bores op. I Husbygnings- og lign. Konstruktioner, der ikke udsættes for stærke Rystelser, kan Køberne tillade fuld Lokning, saafremt $t < 10 \text{ mm}$; og hvis Nitteforbindelsen ikke beregnes for Kraftoverføring, som i Afstivningsjærn og Fyldeplader, kan man tillade det, naar blot $t \geq 16 \text{ mm}$. Huller i **I**- og **□**-Bjælkers Flanger, skal altid bores til fuld Diameter, med mindre Lokningen udføres i særlige, til saadanne Bjælker konstruerede Maskiner. Ogsaa Boring kan undertiden medføre Skørhed, f. Eks. ved Udboring af store Bolte (*J. M.* 1912, II, 11).

283. Klipping erstattes nu ofte af **Flammeskæring**, idet man bortsmelter Jærnet i en Bredde af 1—2 mm. Metoden brugtes første Gang i Hannover 1890 af Indbrudstyven Brown, der anvendte Knaldgas (2 Maal Brint + 1 Maal Ilt), og denne Gas er stadig den mest brugte; Flammens Temperatur er ca. 2000° , Snithastigheden ca. 15 cm i Minuttet. Den sjældnere brugte Ilt-Acetylen-Flamme forøger Kulindholdet stærkt i en Afstand af indtil 5 mm fra Randen, har altsaa en lignende Virkning som Klipping, hvorfor der bør afhøves 5—10 mm (*J. M.* 1912, II, 11). Se ogsaa § 409.

284. Undersøgelse for Koldstrakthed. Tror man, at der er sket Forømmelser med Hensyn til Forskrifterne, kan det paavises ved en **Ætseprøve**, idet alt Materiale, der har været Genstand for en stærk Deformation i kold Tilstand, angribes stærkere af Syrer end de ikke overanstrengte Steder (§ 221).

Blødt Staal, der har været paavirket op over Flydegrænsen, opløses lettere af fortyndet Svovlsyre end ikke overanstrengt Staal (§ 43, 288, I og 290). Traadtrækning uden Udglødning forøger Opløseligheden meget stærkt, og Forøgelsen er i Begyndelsen omtrent proportional med Længdeforøgelsen, indtil denne har naaet ca. 300% , derefter stiger Opløseligheden kun svagt. Ved Udglødning fjernes Forskellen i Opløselighed atter, og en Opvarmning til kun 100° kan tydelig mærkes. Da en blivende Forlængelse af blot 2% paavirker Opløseligheden, vil denne sikkert kunne give Oplysning om, hvorvidt et Konstruktionsled har været overanstrengt eller ej. Stukning paavirker Opløseligheden paa samme Maade som Strækning (*E. Heyn & O. Bauer*: Der Einfluss der Vorbehandlung des Stahls auf die Löslichkeit gegenüber Schwefelsäure; u. s. w. Mitteilungen aus dem K. M. A. 1909, S. 57. En god, sammentrængt Oversigt findes Side 132, Stykke 16 og 17).

Ved at ætse afslidte Mønter kan man fremkalde et Billede af Præget (*Ingeniøren* 1909, S. 379).

Skal man afgøre, om et Stykke Staal er overanstrengt eller ej, vil den bedste Fremgangsmaade være at udtage to Prøver, udgløde den ene og derefter sammenligne deres Opløselighed. Dennes Vækst med Strækningsgraden er et Fænomen, der kun træffes hos Jærn og Tin. For Aluminium (§ 617), Kobber (§ 597) og Bly er Forholdet lige omvendt. En anden Fremgangsmaade er at gøre Trækforsøg og bestemme Forholdet $FG : St$, der vokser med Koldstraktheden; er denne kun lokal, som naar man har højet en Stang og atter rettet den ud, paavirkes Forholdet dog ikke, idet den øvrige Del af Stangen har sin normale FG ; derimod røber det koldstrakte Sted sig ved, at det bevarer sin Tykkelse og ikke deltager i Flydningen. Endelig kan en mikroskopisk Undersøgelse af Kornenes Langstrakthed anvendes, men den røber kun en stærk Overanstrengelse.

e. Egenspændinger efter Koldstrækning.

285. Egenspændinger kaldes saadanne i et Legeme forekommende Spændinger, der ikke holdes i Ligevægt af ydre Kræfter, men af andre Spændinger indenfor samme Legeme; de opstaar, naar en Del af Legemet hindrer Resten i at antage sin naturlige Længde. En overfladisk Temperaturændring eller et overfladisk Svind vil saaledes fremkalde Egenspændinger (Støbespændinger

§ 119, 140, Hærdespændinger § 245, Valsespændinger § 277), og det samme vil en overfladisk Koldstrækning gøre.

I koldt overhamrede Stænger er de ydre Lag tværet ud i Forhold til de indre, derfor er der Trykspændinger i Overfladen og Trækspændinger i Kærnen (§ 402)¹⁾. I Traad og koldt trukne Stænger er Forholdet omvendt, thi som Følge af Gnidningen i Trækhullet, vil Trækspændingen under Trækningen vokse fra Traadens Akse udefter, og naar Trækket ophører, vil derfor Randzonen stræbe at forkorte sig mere end Kærnezonen, hvorved der kommer Trækspændinger i Overfladen og Trykspændinger i Kærnen. Til at begynde med er Trækspændingerne størst noget under Overfladen, men under den Spændingsudjævning, som finder Sted ved Lagring, kan Trækspændingen blive størst i Overfladen og større end den tidligere var indenfor denne.

286. Maaling af Spændingerne. Naar man afdrejer en Stang med Egen-spændinger, fjerner man en Del af disse, hvorved Stangens Længde forandres, og af Længdeforandringen kan Spændingernes Størrelse beregnes. Ved at maale Stangens Længde for hver afdrejet Millimeter kan man finde Spændingernes Fordeling over hele Stangens Tværsnit, hvorved man kommer til Billeder som det i Fig. 137 viste, hvor Trækspændingerne er afsat oppefter og Trykspændingerne nedefter. Som Abscisser er ud fra Midteraksen afsat, ikke Spændingens Afstand fra Stangens Akse, men $\frac{1}{8}\pi d^2$, hvor d er Diameteren i den Cylinderflade, hvori Spændingen optræder. De skraverede Arealer viser saaledes den totale Trækkraft og den totale Trykkraft i Stangen, hvilke to Kræfter naturligvis maa være lige store.

Spændingerne kan være endnu større end i Fig. 137, ofte nær Brudværdien.

I en koldt trukken Stang af Nikkelstaa fandtes Trækspændinger paa indtil 3510 at i de ydre Lag og Trykspændinger paa indtil 3810 at i Stangens Midte; i en Kedelplade fandtes Trykspændinger indtil 2100 at paa den ene Side og Trækspændinger indtil 1380 at paa den anden (K. M. A. 1911, S. 407 og 410).

287. Spændingsudjævning. I Tidens Løb vil Spændingerne udjævne sig noget; saaledes at Summerne bliver mindre, derfor lagrer man Fjere, navnlig saadanne, der bruges til Fjervægte, undertiden ogsaa koldttrukne Rør af Messing og Bronze. Spændingsudjævningen begunstiges ved Opvarmning; en Opvarmning til ca. 250° kan fuldstændig fjerne Spændingerne, og en svagere Opvarmning har ogsaa en betydelig Virkning. Man er derved i Stand til at fjerne Egen-spændingerne uden i væsentlig Grad at sænke den hævdede Brud- og Flydegrænse.

288. Ringspændinger. Egen-spændingerne i koldt trukne Stænger optræder ikke blot i Længderetningen, men ogsaa som Ringspændinger, og en lokal Ophævelse af disse som Følge af mekanisk eller kemisk Indgreb kan fremkalde en Flækning. En Stang af Muntzmetal blev ved kold Trækning bragt ned fra 28 til 25^{mm} i Diameter og derpaa dyppet i en Kvægsølvnitratopløsning, hvorved der efter 10 Minutters Forløb med et Knald dannede sig flere Længderevner som Følge af Træk-Ringspændingerne i Overfladen. Et andet Stykke, af hvilket Kærnen blev boret ud inden Dypningen, revnede ikke.

¹⁾ I. M. 1912, II, 1, S. 47.

²⁾ Legeringens Sammensætning var 57,8 Cu + 40,8 Zn + 1,4 Pb; ved Koldstrækningen havde Stangen forlænget sig 26% (K. M. A. 1917, S. 8, Heyn).

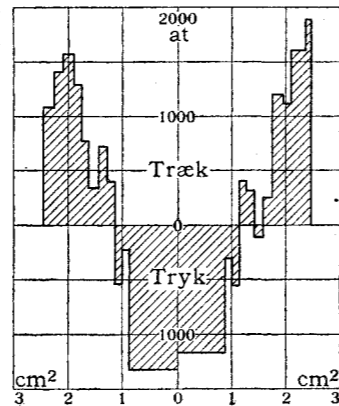


Fig. 137. Egen-spændinger i koldt trukken Rundstang af Messing maalte 5 Dage (tilvenstre) og 2 Aar (tilhøjre) efter Trækningen²⁾.

Se K. M. A. 1917, S. 7. Samme Fænomen kan indtræde, naar Kobberlegeringer med Egen-spændinger males med Zinnoberfarve, der er fernisfattig, saaledes at der kan komme Fugtighed til Kobberet. Zinnoberets Svovlkvægsølv vil da med Kobberet danne Svovlkobber og frit Kvægsølv, der virker paa samme Maade som Nitratet.

288,1. Elektrolytiske Virkninger gør sig gældende ved de ovennævnte Sprængninger. En Metalstang, hvis ene Ende er koldtvalsset og altsaa har Egen-spændinger, mens den anden er udglødet, altsaa spændingsfri, vil, naar den lægges i en Elektrolyt, fremkalde en elektrisk Strøm, idet den koldtvalsete Ende danner den positive Pol; og i al Almindelighed gælder den Regel, at naar samme Metal forekommer i to ulige stabile Former og er i Forbindelse med en Elektrolyt, vil den mindst stabile Form danne den positive Pol. Endvidere synes det, som om Strømmen søger at føre Metallet over fra den metastabile Form til den stabile, idet den fremkalder Revner i Metallet, saa at Spændingerne ophæves¹⁾. H. Baucke sleb hærdede Staalkugler flade og ætsede Tværsnittet, hvorved der fremkom Revner paa Kryds og tværs, der udløste Hærdespændingerne (§ 245). Revner i Kedelplader, der er optraadt saa hyppigt i dette Aarhundrede, fordi man har forøget Damptrykket, Temperaturen og Fyringens Intensitet, forklares ved, at Pladerne, der er bragt i en metastabil, ukrySTALLinsk Tilstandsform ved Valsning, efterhaanden vender tilbage til den krystallinske Form²⁾.

289. Trækarbejdsliniens Form paavirkes af Egen-spændingerne. Lad OR og OK (Fig. 138) være Arbejdslinierne for Randzonen og Kærnezonen i en koldttrukken Stang, naar der ingen Egen-spændinger er; Kærnezonen er forudsat stærkest strakt, saa at dens Flydegrænse ligger højest. Stangen som Helhed vil da have Arbejdslinien ORM, saafremt Arealerne af de to Zoner er lige store (§ 29), hvilket vi for Simpelt Skyld vil forudsætte. Men er der paa Forhaand en Trækspænding σ' i Randzonen og en Trykspænding σ'' i Kærnezonen, vil de sande Spændinger, svarende til et vist af den ydre Trækkraft fremkaldt ϵ , være fremstillede ved Linierne O'R' og O''K' (σ' er tegnet lig σ'' , i Overensstemmelse med at de to Arealer er forudsat lige store), og Stangen som Helhed, vil da ikke faa Arbejdslinien ORM, men OPM'.

En Stang uden Egen-spændinger vil ved et Trækforsøg faa saadanne, naar Flydegrænsen overskrides, fordi Flydningen ikke er lige stærk i alle Dele af Tværsnittet. En Staalstang blev af Heyn belastet indtil FG og derpaa aflastet, hvorved den blivende Forlængelse viste sig at være 0,1%. $\frac{1}{4}$ Aar senere undersøgte Egen-spændingerne, og i den yderste $\frac{1}{2}$ mm fandtes da en Trykspænding af 540 at, ellers Trækspændinger. I disse Forhold maa man søge Forklaringen til de i § 278 omtalte Bevægelser af PG.

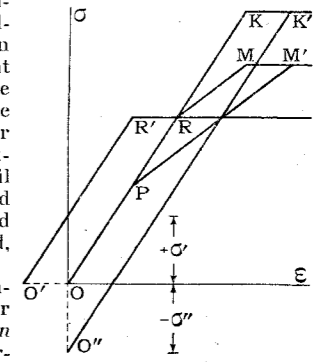


Fig. 138.

f. Udglødnings Virkning.

290. Den Styrke og Skørhed, Jærnet faar ved Koldstrækning, kan for Størstedelen fjernes ved en Opvarmning. Virkningen vokser med Temperaturen og Varmebehandlings Varighed. Selv en svag Opvarmning kan mærkes, naar den har været langvarig, men først ved ca. 400° begynder Blødgørelsen for Alvor, og for at faa fuld Virkning maa man opvarme til over Omkrystallisationslinien i Fig. 108. Nogle Timers Udglødning ved 7—800° med paafølgende, langsom (timevis) Afkøling i Ovn vil frembringe Minimum af FG^t og S^t³⁾ og Maksimum af φ og δ . En saadan Udglødning bruges ved Traadtrækning, naar Traaden er bleven for skør til at kunne trækkes videre, eller naar den færdige Traad ønskes blød og bøjelig, og overhovedet benyttes en Udglødning overfor alle Genstande, der ved Fremstillingen har mistet en større Del af deres Sejghed, end Hensynet til deres Anvendelse tillader. Ved Glødningen deler de langstrakte Korn sig først i kortere, og ved længere Tids Glødning forsvinder de gamle Korngrænser, og nye Korn af normal Form og Størrelse danner sig (§ 211). Denne Omkrystallisation kan for Jærnets Vedkommende kun finde Sted i høje Temperaturer (§ 209), mens den for bløde Metaller som Bly og Tin allerede foregaar i Stuetemperatur; disses Korn deler sig

¹⁾ Paa denne Maade kan hvidt Tin omdannes til graat (§ 628).

²⁾ I. M. 1912, II, 20.

³⁾ samt af PG^t, Kugletrykhaardhed og Opløselighed i Syre. PG kan undertiden hæves stærkt ved en Udvarmning og naa et Maksimum efter Udvarmning ved 400°; dette skyldes en Udjævning af Egen-spændingerne. Udglødning forøger Vægtfylden (§ 39). At Opvarmningen ikke maa være saa stærk eller langvarig, at Jærnet bliver overhødet eller forbrændt, er nævnt i § 264-5. Om Udglødnings Indflydelse paa Svingsstyrken se § 298.

under selve Koldbearbejdelsen, saa de ikke bliver langstrakte. Som Eksempel paa Trækning og Udglødnings Virkning anføres følgende Forsøg med Valsetraad af blødt Staal:

	FG	St	δ %	FG:St
Inden Trækningen	2430	4060	18,8	0,60
Efter 3. Træk	7380	7680	0,8	0,96
» paafølgende Glødning	2950	4340	18,7	0,68

Bach fandt ved Forsøg med en Kulsyreflaske af Martinstaal, der ikke var bleven udglødet efter Fremstillingen, og som derfor eksploderede:

	St at	δ %	FGt at
I Leveringstilstanden:	8429	4,8	utydelig, nær ved St
Efter Udglødning:	5770	22,5	3922

Udglødning anvendes ogsaa med andet Formaal end det at fjerne Virkningen af Koldstrækning. Saaledes udgløder man Staalstøbegods og Smedegods og lader det afkøle langsomt i Ovn for at undgaa Egen-spændinger, hidrørende fra at Overfladen og de spinkle Dele køles hurtigere end det indre og de svære Dele. Svejste Stykker udglødes (§ 267 og 270-1) for at fjerne Egen-spændinger og Virkning af Overhedning (§ 264).

291. Udglødning af koldstrakt Materiale bør være saa længe, at Omkrystallisationen bliver fuldstændig, og Afkølingen bør ikke ske saa pludseligt, at Materialet hærdes, men iøvrigt vil en hurtig Afkøling gennem Omkrystallisationsintervallet virke gavnligt ved at gøre Kornene smaa og dermed Materialet sejgt. For blødt Staal synes $\frac{1}{2}$ Times Glødning ved 900° og Afkøling i Luften at give Maksimum af Kærvelsøjhed, mens langsom Afkøling i Ovn giver større Korn og mindre Sejghed. Den ovenfor nævnte, langsomme Ovnafkøling, der er gavnlig for Undgaaelse af Egen-spændinger, er altsaa ikke den bedste for Strukturen; muligvis kan man opnaa bægge Fordele ved at køle hurtigt til 710° og derpaa langsomt. Se ogsaa § 228.

En Udglødning reducerer ikke Flydegrænsen helt til dens oprindelige Værdi; efter Udglødning af haardtrukken Staaltraad fandtes FG at ligge 30 % højere end i Valsetraaden, der var Udgangsemnet; en højtliggende FG tyder derfor paa stærk, kold Deformation inden Udglødningen (Mitt. üb. F. Heft 119, S. 41). Udglødet Materiale flyder pludseligere end koldstrakt (§ 247). Heller ikke St reduceres altid fuldstændig ved Udglødning; hos udglødet Kobbertraad ligger den saaledes ca. 200 at højere end hos Udgangsemnet.

Undertiden kan Koldstrækningen være saa voldsom, at Materialet beskadiges varigt (§ 402). Varmtvalset Staal, der i udglødet Tilstand havde St = 10000 at, viste efter 3 Gange Koldvalsning og Udglødning St = 6200 at og efter 5 Gange Koldvalsning og Udglødning St = 5800 at (Hanemann & Lind i Stahl & Eisen 1913, Nr. 14).

Ved Udglødning af Nikkelstaal kan undertiden FG og St hæves og δ formindskes.

Opløseligheden i Syrer forringes ved Udglødning (§ 284), fordi de elektriske Spændingsforskelle ophæves (§ 288,1).

292. Timevis Udglødning ved en Temperatur under 700° har i Følge Sauveurs Undersøgelser (T. F. T. 1913, S. 203) en meget ejendommelig Indflydelse paa koldstrakt, blødt Staals Kornstørrelse. En Stang blev højlet koldt som Fig. 139 viser og derpaa udglødet ved 650° i 7 Timer, hvorefter det med A mærkede Stykke blev savet ud og gennemsavet paa langs. Fig. 140 viser det polerede Længdesnit 3 Gange forstørret. Det Materiale, der ligger omkring den neutrale Flade, og som kun er svagt deformeret, ses at være finkornet, og det samme gælder det stærkt strakte og det stærkt sammentrykkede Materiale i Stangens Yderside og Inderside, hvorimod to Bælter, der har undergaaet en



Fig. 139.

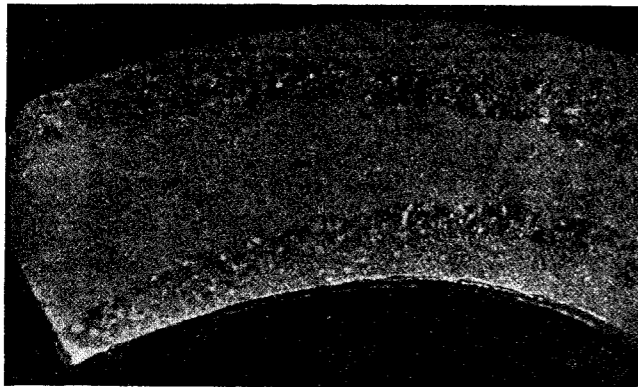


Fig. 140. Snit i koldt bøjet Staalstang, der efter Bøjningen er udglødet svagt og længe. 3 Gange forstørret.

middelstærk Deformation, fremtræder meget storkornede. Ved Torsion, Forskydning, Kugleindtryk viste det samme Fænomen sig; en Udglødning ved den nævnte lave Temperatur, altsaa under det termiske Forvandlingspunkt, fik de Ferritkorn, der var undergaaede en middelstærk Deformation, til at vokse. Den kritiske Deformation bestemtes ved Trækforsøg; Flydegrænsen laa ved ca. 2460 at, men en Belastning til 3339 at med paafølgende Opvarmning forøgede ikke Kornstørrelsen, medens en Belastning til 3515 at gav en stærk Forøgelse; en Belastning til 3690 at var igen uden Virkning. Den kritiske Spænding synes altsaa at ligge ca. 1000 at over Flydegrænsen. Det er dog næppe Spændingen, men derimod Forlængelsen, der er bestemmende. Stead har

tidligere bemærket, at kulfattigt Staalblik, der var udvalset ved en Temperatur under det kritiske Forvandlingspunkt, blev meget skørt, naar det bagefter opvarmedes til den samme Temperatur, forudsat at Tykkelsen var over 1,24 mm (Nr. 18 B. W. G.). Sauveur forklarer nu dette ved, at det tyndere Bliks Strækningsgrad har oversteget den Værdi, der betinger Kornenes Vækst.

I gamle Kedelplader har jeg truffet storkornet Struktur langs bægge Overfladerne og fine Korn i Midten. Dette skyldes formentlig, at de ydre Lag er blevene koldstrakte ved Pladens Bøjning, og at Pladen efter Indbygningen i Kedlen har været i Glød paa Grund af Vandmangel.

g. Spændingsvariationers Virkning.

293. Hvis man skiftevis strækker og trykker en Stang eller bøjer den frem og tilbage, kan den brydes ved en Spænding, der er mindre end Brudspændingen ved et alm. Forsøg. Denne Gentagelsens Virkning gør man Brug af, naar man knækker en Jærntraad ved Frem- og Tilbagebøjning eller en Sten ved gentagne Slag.

Brud som Følge af gentagne Paavirkninger forekommer navnlig i Aksler og svingende Maskindele, hyppigst udgaaende fra Bunden af Skruenganger eller skarpe Hjørner; hvis et saadant naar ind i den skøre Kærnezone, eller der er en lokal Forurening (§ 219) eller Fejl i Bunden af det, kan der let danne sig en fin Revne, som efterhaanden breder sig tværs gennem Kornene (Fig. 141), indtil Bruddet pludseligt sker. Saadanne Brud kaldes Trætheds- eller Ud-mattelsesbrud. Hvis Paavirkninger veksler mellem Træk og Tryk som i roterende Aksler, kan de to Flader, mellem hvilke Træthedsevnen har dannet sig, være hamret glatte af Trykspændingerne og derved kendes fra den øvrige Del af Fladen, der er revnet pludseligt.



Fig. 141. Træthedsrevne i Traad af blødt Staal. 100 Gange forstørret¹⁾.

294. Træthedsbrud kan imidlertid ogsaa forekomme i Legemer, der ikke er indkærvede eller har unormale Fejl, og Fænomenet kan da have to forskellige Aarsager, der bægge staar i Forbindelse med de blivende Formforandringer.

¹⁾ Traaden dannede Armering i et af Store Nordiske Telegrafskabs Kabler, der laa ud for Munden af Tsien Tang Kiang Floden, og som i Løbet af 6 Mdr. sprang 10 Gange og efter Optagelsen viste plane Brud uden Indsnoring. Bruddene kan muligvis forklares ved, at Kablet har hængt over to undersøiske Klipper, og at den fra Floden kommende udadgaaende Mudderstrøm har paavirket det paa samme Maade, som Violinbuen paavirker Strengen, nemlig ført det med sig, indtil Spændingen bliver saa stor, at det svipper tilbage for atter at blive grebet af Mudderstrømmen, og saa fremdeles; paa denne Maade kan Spændingsvariationernes Antal i Løbet af kort Tid blive betydeligt (se Ing. 1912, S. 264).

Hvis Paavirkningen skifter mellem en lavere og en højere Trækspænding, der er saa stor, at **Elasticitetsgrænsen** ikke kan hæves op til den, vil der ved hver ny Belastning optræde ny blivende Formforandringer, indtil Bruddet sluttelig sker. Jo større Maksimalspændingen og Svingningsintervallet er, des før sker Bruddet. Minimalspændingen kan være Nul (§ 299) eller en mindre Trykspænding, uden at Forholdene forandres. *EG* synes at kunne hæves til en Værdi, der ligger mellem *PG* og *FG*, og denne Værdi maa altsaa ikke overskrides, hvis Materialet skal kunne taale uendelig mange Spændingsvariationer, den er at opfatte som **Brudgrænsen** under de nævnte Forhold.

Hvis Paavirkningen derimod skifter mellem lige store Træk og Tryk, kan de blivende Formforandringer ikke summere sig op, thi Trykspændingen op hæver den af Trækspændingen frembragte blivende Forlængelse, men der vil ske **Glidninger** frem og tilbage inde i Kornene, indtil Sammenhængen ophæves, og Bruddet sker. Den Spænding, der under disse Forhold kan taales til Stadhed, synes at ligge ved *PG* eller lidt derunder, i Overensstemmelse med at det er ved denne Grænse, at de blivende Deformationer begynder at faa Betydning (§ 296-8).

295. For at belyse disse Forhold har *Wöhler*, *Bauschinger*, *Martens*, *Roos* af *Hjelmsäter* o. a. foretaget saakaldte **Varighedsforsøg** med Jærnstænger, der Millioner af Gange bøjedes frem og tilbage eller paa anden Maade belastedes og aflastedes. Til saadanne Forsøg bruges ofte en af *Wöhler* udtænkt Maskine, der i en nyere Udførelsesform er vist i Fig. 142¹⁾. *S* er Prøvestangen fastklemmt i Enden af Akslen *A* ved Hjælp af Kilerne *K* og det paaskruede Dæksel *D*. Akslen sættes i Rotation gennem Remskiven *R* og hviler i Lejerne *L* (Maskinen er symmetrisk om Remskivens Midte og prøver to Stænger samtidig); Prøvestængerne belastes med Vægte *Q*, der hænger i Kuglelejer, saa Vridning næsten er udelukket. Omdrejningstællere anbringes ved Prøvestængernes frie Ender, saaledes at de standser, naar den paagældende Stang knækker. Maskinen kan f. Eks. gøre 2500 Omdrejninger i Minuttet.

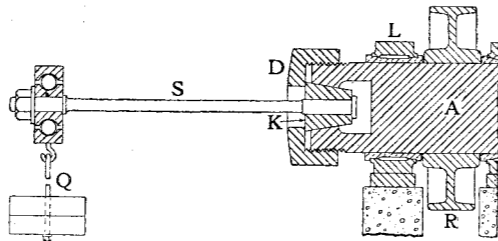


Fig. 142.

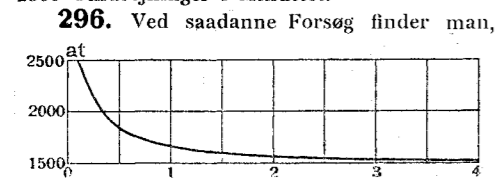


Fig. 143. Svingningsstyrken af udglødet, blødt Staal (0,1% C). Abscisser: Mill. Omdrejninger.

Sammenholder man alle *Wöhlers* og *Bauschingers* Forsøg med Svejsejærn og Staal, bliver Svingningsstyrken 0,41 *S_t*. *Martens* fandt (*K. M. A.* 1914, S. 58) ved Bøjningsforsøg med Staal af variabel Styrke, idet han lod Spændingen skifte mellem ± 3000 at, at naar denne Spænding var mindre end henholdsvis *PG*, 0,85 *FG* og 0,45 *S_t*, varede det meget længe, førend Stangen knækkede.

297. Ved Træk-Tryk-Forsøg med Spænding over Elasticitetsgrænsen fandt *Bairstow* og *Hopkinson* de i Fig. 144 viste Formforandringer. Ved den første Belastning gaar Arbejdslinien fra *O* til *A* (ikke tegnet); derved frembringes en blivende Forlængelse *OB*, saaledes at Aflastningskurven bliver *AB*; det paafølgende Tryk ophæver den blivende Forlængelse og fremkalder en blivende Forkortelse *OD*, saaledes at den ny Trækarbejdslinie bliver *DA*; de blivende Formforandringer svinger altsaa mellem *B* og *D*. Længden af denne Strækning vokser med Spændingens Størrelse, men ved en given Spænding bliver den konstant efter faa Vekslinger, selv om Spændingen ligger nær ved Kurven i Fig. 143. Bruddet frembringes altsaa ikke ved en Summation af de blivende Formforandringer, men derimod ved disses Vekslen. Der foregaar en Gliden frem og tilbage langs de i § 278 omtalte Glidflader, indtil Bruddet sluttelig sker langs disse. Den med Glidningerne følgende Varme-

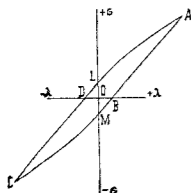


Fig. 144.

¹⁾ Se *I. M.* 1912, V, 2 b samt *Nusbaumer*: Bemerkungen über einige Versuche mit abwechselnden Spannungen, S. 31 (*I. M.* 1909). En lignende Maskine er vist i *K. M. A.* 1914, S. 52.

udvikling er paavist af *Martens*, og naar Opvarmningen har været stærk, er Bruddet altid sket mer eller mindre hurtigt (*K. M. A.* 1914, S. 57). I Begyndelsen er Smaarevnerne i de enkelte Korn uafhængige af hverandre, men efterhaanden slutter de sig sammen til en gennemgaaende Revne; de opstaar i Ferriten og gennemtrænger først senere Perliten og Cementiten.

298. Jærnets Art og Varmebehandling har stor Indflydelse paa Svingningsstyrken. Ved at indspænde Stænger i den ene Ende og lade dem svinge paa samme Maade som Kneblen i et elektrisk Ringeapparat fandt *Boudouard* (*I. M.* 1912, V, 3), at jo kulfattigere Staalet var, des flere Svingninger taalte det, og Svejsejærn taalte betydelig flere end selv ekstra blødt, basisk Martinstaal. Udglødet Digelstaal taalte langt flere end hærdet, men en Hærdning med paafølgende Anløbning (§ 247) virkede overordentlig gunstig, idet Digelstaal med 1% C i udglødet Tilstand svingede i 3 Timer 25 Min. (369000 Gange), i hærdet Tilstand 5 Min. (9000 Gange), i hærdet og anløbet Tilstand var Bruddet endnu ikke indtraadt efter 26 $\frac{1}{2}$ Time (2862000 Gange). Iøvrigt er Meningerne om en Udglødnings Virkning delte; *Gardner* fandt, at Staal med Martensstruktur var særlig holdbart. Koldstrækning forringer Holdbarheden (se dog § 603).

Nikkel- og Krom-Nikkel-Staalets Holdbarhed er nævnt i § 100, Puddelstaals i § 169.

299. Hvis man kun lader Stangen svinge ud til een Side, saa at Spændingen svinger mellem Nul og en Maksimalværdi (Træk, Tryk eller Bøjning), ligger Brudspændingen højere. Den Spænding, der i dette Tilfælde kan taales til Stadhed, kaldes **Udsvingsstyrken**. Eksempelvis har *Wöhler* fundet, at Svejsejærn, hvis almindelige Brudgrænse var 3250 at, havde Udsvingsstyrken 2200 at og Svingningsstyrken 1170 at, mens *Bauschinger* ligeledes for Svejsejærn fandt Tallene 3480, 2000 og 1770 at, altsaa ganske andre Forhold. Sammenholder man bæggens Resultater med saavel Svejsejærn som Staal, bliver Udsvingsstyrken 0,55 *S_t*.

Hvis man lader Spændingen svinge mellem to vilkaarlige Værdier med samme eller modsat Fortegn, kaldes den Spænding, der til Stadhed kan taales, for **Arbejdsstyrken**; Svingnings- og Udsvingsstyrken er altsaa specielle Værdier af Arbejdsstyrken. For denne gælder i al Almindelighed, at den ligger des højere, jo snævrere Svingningsintervallet er, og at en Overskridelse vil føre des hurtigere til Brud, jo stærkere Overskridelsen er.

300. Hvis Stængerne ikke er prismatiske, men har **pludselige Tværnsitsforandringer** (skarpe Hjørner, Skruegænger), forringes Arbejdsstyrken meget betydeligt; for Stænger med poleret Overflade ligger den højere end for blot afdrejede. **Spændingsvariationernes Hastighed** spiller ingen nævneværdig Rolle, saalænge deres Antal ikke overstiger ca. 2000 pr. Minut, men ved større Hastighed forøges Arbejdsstyrken, fordi de blivende Formforandringer ikke faar Tid til at udfolde sig fuldt; Stykket *DB* (Fig. 144), og dermed Glidningerne, bliver kortere.

Brududseendet ved Varighedsforsøg er ofte ejendommeligt. Saafremt Maksimalspændingen ligger nær ved Materialets statiske Brudgrænse, faas Brud med Indsnøring, men ellers faas en plan eller uregelmæssig Brudflade, paa hvilken man som Regel kan se, hvor Bruddet er begyndt, idet Fladen er straalet fra Brudpunktet og et Stykke ind i Stangen, mens den øvrige Brudflade har normalt Udseende; Grænselinien mellem de to Flader er ellipseagtig. At Brudfladen kan være glathamret er omtalt i § 293. **Brudforlængelsen** varierer, men svarer omtrent til den Forlængelse, den samme Spænding vilde give ved et roligt Trækforsøg. Det kan saaledes kun være i selve Brudtværnsnittet, at Formforandringerne udvikler sig indtil Brud.

Man har i tidligere Tid ment, at Spændingsvariationerne gjorde Jærnet storkrystallinsk og skørt, men en saadan gennemgaaende Strukturforandring finder ikke Sted, thi Brudstykkerne fra et Varighedsforsøg indsnører sig og forholder sig paa ganske normal Maade, naar de underkastes en almindelig Trækprøve. Man har ogsaa gjort Trækforsøg med Dele af en 40aarig Bro, uden at finde noget unormalt, og Forsøg med 30aarige Kedler af Martinstaal har vist, at Materialet var ganske uforandret (*Ing.* 1912, S. 303). Derimod har man ved stærkt anstrengte Dampkedelplader af Svejsejærn fundet en Formindskelse af Brudforlængelsen paa 33-75% efter 4-8 Aars Brug, men dette skyldes formentlig enten en Overskridelse af Flydegrænsen eller Overhedning (§ 264).

i. Temperaturens Virkning.

a. Høje Temperaturer.

301. De første nøjagtigere Forsøg over Jærnets Styrke ved højere Varmegrader er udførte af Prof. *Martens* i Berlin¹⁾. Han gjorde Trækprøver med Martinstaal af tre forskellige Haardhedsgrader, og Resultaterne findes i Fig. 145 for det blødeste Materiale, der i udglødet Tilstand havde $S' = 3840$ at og $\delta = 30,4\%$; de to andre forholdt sig omtrent paa samme Maade.

Man ser, at **Styrken** i Begyndelsen aftager med voksende Temperatur til et Minimum, der ligger ved 50°, men derpaa vokser stærkt og ved 250°

¹⁾ Mittheilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1890. En Oversigt over Forsøgsapparater og Resultater ogsaa for andre Metaller findes i *I. M.* 1909, VI, 1.

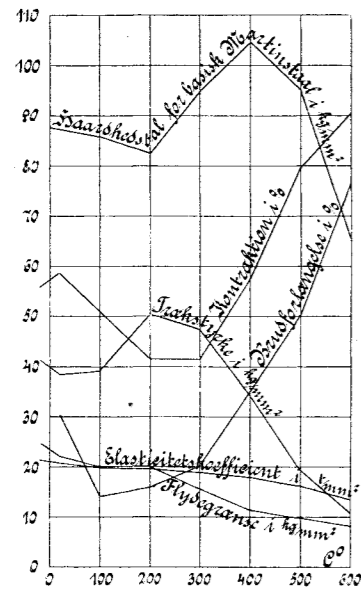


Fig. 145.

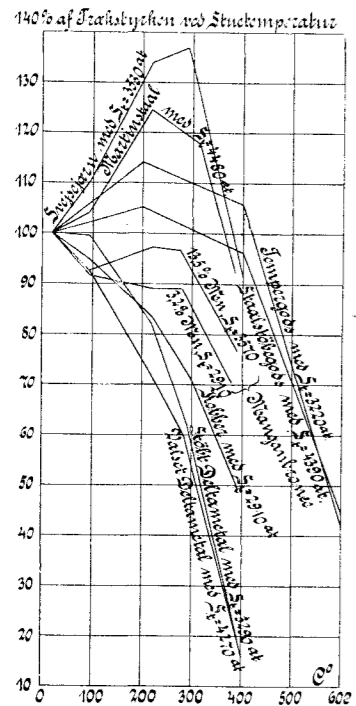


Fig. 146.

naar et Maksimum, der ligger 34 % over Styrken ved Stuetemperatur. Derfra falder den hurtigt og jævnt, og ved 375° haves atter den normale Styrke, ved 600° kun 1000^{at}. Disse Styrkeforhold er enestaaende for Jærnet; alle andre Metaller og Legeringer adskiller sig fra det derved, at Styrken med voksende Temperatur aftager mer eller mindre hurtigt uden først at stige som Jærnets.

Flydegrænsen falder jævnt med voksende Temperatur¹⁾, men lader sig iøvrigt vanskelig bestemme ved Temperaturer over 300°, da den udviskes, og Arbejdslinien faar en jævn Krumning²⁾. Gaar man den modsatte Vej og gør Trækforsøg ved Temperaturer under Frysepunktet, saa bliver Flydegrænsen mere udpræget, ja haardt Staal, som ved normal Temperatur ingen Flydegrænse har, det flyder, naar Forsøget gøres i Kulde.

Proportionalitetsgrænsen er omtrent konstant indtil 200°, men aftager derpaa, først hurtigere saa langsommere. **Elasticitetskoefficienten** synker jævnt med Temperaturen, men dens Forandringer er ikke store. Den Forlængelse, der svarer til en Spænding af f. Eks. 100^{at}, er altsaa ikke meget større ved 600° end ved Stuetemperatur. Først naar Temperaturen stiger over 600°, og Jærnet gløder, synker *E* raskt. **Den elastiske Eftervirkning** vokser med Temperaturen (§ 35).

Brudforlængelsen synker straks ned til et Minimum ved ca. 150° og stiger derpaa stærkt med Temperaturen.

Indsnøringen ses at forholde sig ganske omvendt af Styrken. Den har et Maksimum ved normal Temperatur, men synker derpaa raskt og naar sit Minimum ved 300° for saa atter at stige meget hurtigt. Indsnøringens Variation forklarer Styrkens, thi naar Indsnøringen hæmmes, maa Styrken stige (§ 50).

Virkningen af Temperaturen Stigning er altsaa i store Træk, at Materialet først bliver stærkt og skørt, senere svagt og sejgt, og dette gælder ikke blot Martinstaal, men ogsaa andet Staal³⁾, Staalstøbegods og Svejsejærn. For alle de nævnte Materialer er Styrkens Variation (efter Rudeloff) angivet paa Fig. 146 i % af Styrken ved Stuetemperatur.

302. Kurverne paa Fig. 145 forklarer Jærnets **Blaaskørhed**. Den blaa

¹⁾ Kaldes Styrken ved 20° *S*^t er i Følge Bach for Ildplader ved 20°: $FG^t = 0,71 - 0,88 S^t$, ved 200°: $FG^t = 0,66 - 0,78 S^t$ og ved 300°: $FG^t = 0,39 S^t$. Den tilladelige Spænding i Dampkedler bør naturligvis fastsættes med Hensyntagen til disse Tal. For Beholderplader fandt Bach ved 20°: $FG^t = 0,62 - 0,90 S^t$, ved 200°: $FG^t = 0,55 - 0,74 S^t$ og ved 300°: $FG^t = 0,48 - 0,56 S^t$ (T. F. T. 1912, S. 141).

²⁾ For gamle Kedelplader har Bach fundet, at Flydegrænsen udviskes, allerede naar Temperaturen kommer op over 100—200°.

³⁾ undtagen meget nikkelrigt.

Anløbsfarve viser sig som bekendt ved ca. 300°, og netop ved denne Temperatur ses Staalet at være paa sit skøreste Punkt, idet baade Forlængelsen og Indsnøringen er ganske smaa, mens Styrken har sit Maksimum. Mange Akselbrud kan muligvis forklares ved, at Akslerne er løbne varme og blevne blaa-skøre. At Svejsejærn bedre end Staal taaler at smedes i Blaa-varme, skønt det ved Trækforsøg viser den samme Skørhed, er omtalt i § 263.

303. De nævnte Forsøg er gennemførte paa almindelig langsom Maade; ved endnu langsommere Forsøg kommer man til samme Resultat, i alt Fald saalænge Temperaturen ikke overskrider ca. 300°; hvis man derimod gennemfører Forsøget hurtigt, f. Eks. i ca. 1/2 Minut, viser det sig, at alle Kurverne forskydes vandret til højre. Styrkens Minimum og Maksimum beholder altsaa deres Størrelse, men de naaes først ved højere Temperaturer. Denne Forskydning vokser med Forsøgshastigheden, og ved meget hurtige Forsøg, f. Eks. Slagforsøg, flyttes Seighedens Maksimum fra Stuetemperatur op til ca. 200°, og dens Minimum flyttes fra 2—300° til 4—500°. Ved **Kærvs slagprøver** med ekstra blødt Thomasstaal fandt Charpy¹⁾:

Temperatur i C°	-80	-18	30	97	200	290	350	425	500	600
Slagarbejde i kg/cm ²	0,1	1,8	17	> 39	> 45	23	19	17	20	> 45

Ved **Frem- og Tilbagebøjning** (§ 429) af Traad (blødt Staal) har det ogsaa vist sig, at Traaden taaler langt flere Bøjninger ved 150—200° end ved højere og lavere Temperaturer²⁾.

304. Martens Forsøg gaar kun til 600°; lader man Temperaturen stige til 800°, altsaa **Rødgldhede**, er Styrken ikke større end Bly og Tins σ : et Par Hundrede *at*.

305. Der har foreløbig kun været Tale om Træk- og Bøjningsforsøg. Varmens Indflydelse paa Modstandsevnen mod **Tryk** har navnlig Betydning for de **Søjler**, der bruges til Husbygning, og da smedeligt Jærn og Støbejærn her konkurrerer med hinanden, har man foretaget sammenlignende Forsøg for at afgøre, hvilke der først mistede deres Bæreevne i Varmen. **Bauschinger** har foretaget saadanne Forsøg med runde Støbejærnsøjler og Smedejærnsøjler sammennittede af Profiljærn. De blev lagt vandret over et Baal og sammentrykkede i Længderetningen med en Belastning, der svarede til, hvad man vilde byde dem i Praxis.

Smedejærnsøjlerne Modstandsevne afhang meget af Profilet, idet et korsformet Profil af 4 Vinkeljærn (Fig. 147), der kun var sammennittede paa enkelte Steder, meget hurtigt bøjede sig ud til Siden, mens et lukket Profil som Fig. 148 med fortløbende Nitterækker holdt sig længere. Udbøjningen skete i det seneste samtidig med den første svage Glødning, men i Reglen lidt før 600° og altid til den Side, hvor Ilden var, som Følge af den stærkere Varmedudvidelse der. Sprøjtes der samtidig fra den anden Side, vil denne Virkning naturligvis forstærkes. Noget egentlig Brud indtraadte aldrig, der opstod ikke engang Ridser, men Bæreevnen mistedes omtrent ganske, saa de Konstruktioner, der understøttedes af Søjlen, maatte nødvendigvis styrte sammen.

Støbejærnsøjlerne bevarede i langt højere Grad deres oprindelige Egen-

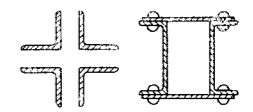


Fig. 147.

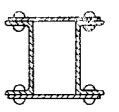


Fig. 148.

¹⁾ I. M. 1906, A, 17f. Forsøg med forskellig Kulholdighed og forskellig Slaghastighed viser samme Beliggenhed af de paagældende Maksima og Minima (I. M. 1909, III, 4).

²⁾ K. M. A. 1917, S. 13.

skaber, de bøjede sig ganske vist ogsaa noget henimod Ilden, men ikke meget, ikke engang naar de glødede paa hele Længden, og man saa rettede en Vandstraale mod Midten. Der kunde ved denne Behandling opstaa Ridser, hvilket dog ikke altid skete, men selv om der kom betydelige Revner, vedblev Søjlen at bære sin Last, og ved Afkølingen rettede den sig ud igen og var efter Forsøget fuldkommen retliniet.

Kun naar Søjlerne havde Kuglelejer i bægge Ender og glødede paa hele Længden og blev besprøjtede energisk i Midten, bøjede de sig saa stærkt ud, at de brækkede. Omvendt forøgede en Indspænding af Enderne Modstandsevnen, navnlig mod Sprøjtning. Det er aabenbart af stor Betydning i Ildebrandstilfælde, at Brandvæsenet saavidt mulig undgaar at sprøjte midt paa Søjlerne i længere Tid. (Mitth. aus dem Mech.-techn. Laboratorium in München, Heft XII og XV).

306. Varmudvidelseskoefficienten er størst for Svejsejærn, derefter kommer blødt Staal, haardt Staal og Støbejærn. Kaldes Udvidelseskoefficienten for k , vil en Stang af Længde l ved at opvarmes fra 0 til t° forlænge sig et Stykke $\lambda = ktl$, hvor k dog ikke er helt konstant, men noget voksende med Temperaturen, som efterfølgende Tabel viser. Se: Mittheilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens Heft 9, hvor de paagældende Materialers kemiske Sammensætning og Elasticitetsforhold ogsaa findes.

Materiale:	$k \cdot 10^5$	Gyldig
Alm. Støbejærn til Maskiner	0,9794 + 0,000566 t	0—500°
Særlig godt Støbejærn	0,9816 + 0,000611 t	0—500°
Haardt Staal	1,1181 + 0,000526 t	0—500°
Blødt Staal	1,1475 + 0,000530 t	0—500°
Svejsejærn	1,1691 + 0,000470 t	0—500°
Kobber	1,6070 + 0,000403 t	0—625°
Bronze	1,7044 + 0,000434 t	0—500°
Messing	1,7487 + 0,0008767 t	0—375°
Aluminium	2,3536 + 0,0007071 t	0—500°
Nikkelstaal se § 185—86.		

β. Lave Temperaturer.

307. Som ovenfor omtalt er det smedelige Jærns Styrke i normal Temperatur nær ved et Minimum. Ved lavere Temperaturer stiger Styrken atter, og denne Stigning fortsætter sig saa langt vor Viden gaar ∞ : til $\div 80^\circ$. Samtidig hæves Flydegrænsen, mens Brudforlængelsen og Indsnøringen aftager, saa at alle Tegnene paa Skørhed er tilstede.

I kolde Egne kan denne Skørhed være meget generende. Nansen beretter, hvorledes Slædemederne sprang som Glas, naar han kom op i Kulden, og lignende Iagttagelser har man gjort paa Jærnbaneskiner. Man har en Statistik fra Kanada, i Følge hvilken der dér falder 1 Skinnebrud om Sommeren paa 30—45 om Vinteren; dette skyldes sikkert for en Del, at Jorden er frossen og mindre elastisk, men at Skinnerne selv har en stor Andel i dette Forhold er direkte paavist ved Slagforsøg dels i normal Temperatur og dels i lav Temperatur (§ 303). I Frostvejr maa man varme Damphammeres Stempler, ellers springer de let.

308. Rudeloff har foretaget en hel Del Trækforsøg i lav Temperatur med følgende Resultater:

t°	Stat	$\delta_{90} \%$	$\varphi \%$	t°	Stat	$\delta_{90} \%$	$\varphi \%$		
Valset	— 80	4320	20,2	32,0	Blødt Nittejærn	— 80	4270	23,8	32,6
Svejsejærn til Byggebrug	— 20	4160	21,7	32,7		— 20	4170	26,2	34,9
	+ 20	4020	21,3	33,2		+ 20	3970	27,7	39,9
Smedet Svejsejærn	— 80	4030	23,3	47,8	Digelstaal	— 80	8410	13,9	36,2
	— 20	3790	21,9	43,0		— 20	8160	16,8	38,6
	+ 20	3710	21,3	46,4		+ 20	7930	17,1	37,9
Valset Thomasstaal til Skibsbygning	— 80	4620	26,2	60,9	Fjerstaal	— 80	8440	10,9	23,8
	— 20	4550	29,5	61,8		— 20	8420	14,0	24,1
	+ 20	4340	30,2	61,3		+ 20	7720	16,0	28,8
Valset Martinstaal til Skibsbygning	— 80	4520	23,4	61,9					
	— 20	4360	33,3	61,6					
	+ 20	4040	32,8	62,7					

j. Almindelige Elasticitets- og Styrkeforhold.

309. Arbejdsliniens Form og Beliggenheden af dens karakteristiske Punkter afhænger af Jærnets Sammensætning, Fremstillingsmaade og Bearbejdningsstilstand.

Blødt Staals **Trækarbejdslinie** er omtalt i § 27, og for Svejsejærnet er Formen en ganske tilsvarende (Fig. 17). Det kulrige Staal har derimod en højere og kortere Arbejdslinie, des højere og des kortere jo større Kulholdigheden er (Fig. 17).

For **Tryk** er Arbejdslinien den samme som for Træk indtil noget over Flydegrænsen. Proportionalitetsgrænse, Flydegrænse og Elasticitetskoefficient er derfor ens for bægge Paavirkninger. Trykstyrken lader sig derimod vanskeligt opgive, thi ved Trykforsøg sker der sjældent noget egentligt Brud, men kun store Deformationer. I trykkede Konstruktionsled maa Spændingen holdes i en passende Afstand fra Flydegrænsen, thi en Flydning vil som Regel ikke kunne taales.

Bøjningsstyrken afhænger af Materialets Sejghed og Bjælkens Form, som omtalt i § 80—82.

Forskydningsstyrken er gennemsnitlig 0,8 Gange Trækstyrken.

310. I det følgende vil vi kun beskæftige os med Forholdene ved **Træk** og kun i al Almindelighed, mens der senere vil blive givet Oplysning om de forskellige Fabrikaters Styrke.

Hosstaaende Tabel giver en Oversigt over forskellige Jærnsorters Styrke- og Elasticitetsforhold (se ogsaa § 47):

	Svejsejærn	Blødt Staal	Haardt Staal	Uhærdet Fjerstaal ¹⁾	Hærdet Fjerstaal ²⁾
St i at.	3300—4000 ¹⁾	3400—4500	4500—20000	omkring 10000	indtil 17000
FGt i at.	1800—2800	2000—3000	3000—		
PGt i at.	1300—1700	1800—2400 ²⁾	2500—3000	5000 og mere	7500 og mere
$\delta_{11,3}$ i $\%$	10—20	20—30	0—20		
Arbejdsevne i kgcm/cm^2	200—700	600—800	For sejt Materiale > 800		
Et i at ³⁾	2000000	2100000	2200000	2200000	2200000

Grænsen mellem blødt og haardt Staal trækker det tyske Materialprøvningsforbund ved $St = 5000$ at, Grænsen mellem Svejsejærn og Svejsestaal ved $St = 4200$ at; i bægge Tilfælde skal Prøvestængerne være udglødede ved 850° . Se ogsaa § 199 og 248.

Tabellens Tal gælder for Jærnet, naar det er udvalset i almindelige Profiler. Ved ringere Bearbejdelse af Materialet ligger Brudgrænsen og navnlig Proportionalitets- og Flydegrænsen lavere⁵⁾. Omvendt vil stærk Bearbejdelse, som Traadtrækning, hæve alle Grænserne (§ 290). Elasticitetskoefficienten er derimod uafhængig af Bearbejdelsen og ændres ikke, naar Staalet hærdes.

¹⁾ Vinkelret paa Valsretningen haves $St = 2800—3500$.

²⁾ Undertiden ligger det bløde Staals Proportionalitetsgrænse ved Nul.

³⁾ Tallene gælder for Elasticitetskoefficienten ved Træk, Tryk og Bøjning. Ved Forskydning regnes $Et = 0,385 Et$, hvilken Værdi findes af Ligningen $Et = \frac{1}{2} \frac{m}{m+1} Et$, naar m sættes lig $\frac{1}{3}$.

⁴⁾ Fjere fremstilles baade af alm. Martinstaal (§ 311 og 492) og Specialstaal (§ 312) f. Eks. Nikkelstaal (§ 186), Siliciumstaal (§ 202) og Kromstaal (§ 205). Om Fjeres Lagring se § 287, om Styrke i lave Temperaturer § 308, om Kulholdighed § 240, om Koldvalsning § 402.

⁵⁾ Ved at tage Prøver af kvadratiske Stænger med 6 cm Sidelinie fandt man for Svejsejærn $FGt = 0,5 St$, for blødt Staal $FGt = 0,54 St$, idet FGt laa henholdsvis mellem 1400 og 1900 og mellem 1900 og 2700. Det samme fremgaar af følgende Forsøg med almindeligt Monierjærn, udførte paa Statsprøveanstalten:

Diameter	FGt	St	FGt : St	$\delta \%$
5,0 mm	3770	4440	0,85	20,2
5,2 »	3750	4860	0,77	16,0
9,0 »	3070	4240	0,72	22,4
9,2 »	3190	4370	0,73	24,0

314. Dansk Ingeniørforenings Husbygningsnormer (1916) fastsætter følgende tilladelige Spændinger:

For **Staalstøbegods og smedet eller valset haardt Staal**, der tilfredsstiller de tyske Normalbetingelser (§ 335), regnes ved Træk, Tryk og Bøjning med 1200 at.

For **Svejseljærn** regnes som for blødt Staal (se nedenfor), men 10% mindre.

For **blødt Staal** regnes paa følgende Maade:

Træk. Den tilladelige Trækspænding st fastsættes som en vis Brøkdel ($\frac{1}{n}$) af den Minimums-Trækstyrke St , der foreskrives af Normalbetingelserne i det Land, hvor Jærnet er fremstillet (i Tyskland og Sverrig $St = 3700$ at, i England $St = 4400$ at). Hvis der stilles betryggende Garanti for en afvigende Kvalitet, kan dog den garanterede Værdi af St lægges til Grund.

Sikkerhedskoefficienten n og de tilsvarende tilladelige Trækspændinger st for tysk og engelsk Jærn er for:

Etageadskillelser og Trapper (Bjælker, Dragere, Søjler):

ved nøjagtig Beregning: $n = 3$	$st = 1200$	} tysk	$st = 1450$	} engelsk
» unøjagtig » : $n = 3,5$	$st = 1050$			

Andre Jærnkonstruktioner (Tagværker, Jærnskeletbygninger o. l.):

ved nøjagtig Beregning: $n = 2,5$	$st = 1450$	} tysk	$st = 1750$	} engelsk
» unøjagtig » : $n = 3$	$st = 1200$			

De høje Spændinger maa kun bruges, naar Beregningen udføres saa nøjagtigt som muligt, d. v. s. for Bjælker og Dragere bl. a. med den virkelige teoretiske Længde (fra Midte til Midte af Understøtning) og den nøjagtige (eventuelt uensformige) Belastningsfordeling, for Søjler under Hensyn til den eventuelt optrædende Ekscentricitet, for Tagværker o. a. Konstruktioner med den farligste Kombination af Vind- og Snetryk, o. s. v.

De lave Spændinger skal bruges, naar Beregningen gennemføres mindre nøjagtigt, d. v. s. for Bjælker f. Eks. med den frie Aabning i Stedet for den teoretiske Længde og uden Hensyn til en noget uensformig Fordeling af Belastningen, for Søjler uden Hensyn til Ekscentriciteten, naar denne kun er tilfældig og lidet udpræget, for Hovedspærfag, hvor Vindtrykket ved en Hældning af Tagfladen $\frac{h}{s} \leq 0,4$ behandles som et Tillæg til Snebelastningen, o. s. v.

Bøjning. Her regnes som for Træk. For Bjælker, der ikke er indstøbte i Beton, maa den beregnede Nedbøjning ikke overstige $\frac{1}{400}$ af Spændvidden ($E = 2100000$ at).

Forskydning. De tilladelige Spændinger er for:

Forskydning i Alm. og for Nitter og afdrejede Skruebolte	0,8 st
» for uafdrejede Bolte	0,6 »
Tryk paa Hulranden for Nitter og afdrejede Bolte	1,6 »
» » » » uafdrejede Bolte	1,2 »

Tryk. Naar der ikke er Fare for Udbøjning, sættes den tilladelige Spænding til $sc = 0,8 st$. Om Tryk paa Hulranden se ovenfor.

Søjler og Trykstænger af tysk Jærn dimensioneres efter følgende Formler, hvori P betyder Trykket i kg, l Søjleis frie (d. v. s. virkelige, naar ikke andet motiveres) Længde i m, $F_0 = P : sc$, F_{fuldt} (F_{nytt}) og I_{fuldt} (I_{nytt}) Søjleis fulde (nyttige) Tværnsitsareal og Inertimoment i cm^2 og cm^4 , $\zeta = (F_{fuldt})^2 : I_{fuldt}$.

For mindre Længder (d. v. s. naar $\frac{1}{3} \zeta l^2 \leq F_0$) skal man have:

$$\left. \begin{array}{l} F_{fuldt} \\ F_{nytt} \end{array} \right\} \geq F_0 + \frac{1}{3} \zeta l^2, \text{ eftersom Nittesvækkelsen } \left\{ \begin{array}{l} < 12\% \\ \geq 12\% \end{array} \right.$$

For større Længder (d. v. s. naar $\frac{1}{3} \zeta l^2 > F_0$) skal man have:

$$\left. \begin{array}{l} I_{fuldt} \\ I_{nytt} \end{array} \right\} \geq \frac{n}{2100} Pl^2, \text{ eftersom Nittesvækkelsen } \left\{ \begin{array}{l} < 12\% \\ \geq 12\% \end{array} \right.$$

Bruges engelsk Jærn, skal Faktoren $\frac{1}{3}$ overalt erstattes med $\frac{2}{5}$.

8. Magnetiske Egenskaber.

315. Jærn, der hurtigt og med ringe Energिताb lader sig magnetisere og afmagnetisere, kaldes **magnetisk blødt** og bruges til Elektromagneter, medens Jærn, der vanskeligt lader sig magnetisere, men til Gengæld bevarer Magnetismen, naar den magnetiserende Kraft forsvinder, kaldes **magnetisk haardt** og bruges til permanente Magneter. Den magnetiske Haardhed følger i Hovedsagen samme Love som den mekaniske, vokser med Kulholdigheden og yderligere ved Hærdning, forøges ved Koldstrækning, i svagere Grad ved Varmvalsning (Graden afhænger af Valsetemperaturen) og forringes ved Udglødning.

Som nævnt i § 238 findes Magnetiseringsevnen kun hos α -Jærn, ikke hos β -, γ - og δ -Jærn. I Temperaturer over Kurven *MOSR* (Fig. 108) er Jærnet derfor umagnetisk, og denne umagnetiske Tilstand kan helt eller delvis bevares, hvis Afkølingen foregaar saa hurtigt, at Omdannelsen til α -Jærn ikke faar Tid til at ske. Naar Staalet legeres med Nikkel eller Mangan, hæmmes Omdannelsen, saaledes at disse Staalarter ogsaa ved langsom Afkøling kan forblive umagnetiske. Dette gælder saaledes de Staalarter, der i Henhold til Fig. 117—18 har Austenitstruktur, f. Eks. kulfattigt Staal med ca. 25% Ni eller ca. 12% Mn. Se ogsaa § 186.

Til **Elektromagneter**, Dynamoankere og Transformator-kærner bruges udglødet, kulfattigt Staal eventuelt legeret med Silicium. Indtil 4% Si forringer ikke den magnetiske Blødhed, og Silicium gør Gavn ved at forringe Staalets elektriske Ledeevne og dermed det Energिताb, der finder Sted ved Hvirvelstrømme i Ankere og Kærner. Derfor opbygges de nævnte Dele undertiden af Staalblik med indtil 0,1% C og 1—4% Si, saakaldt *legeret Blik*; er Siliciumindholdet 1—ca. 1,5%, kaldes Blikket undertiden *halvlegeret*; det første bruges navnlig til Transformator-kærner, mens man gerne nøjes med det billigere, halvlegerede til Ankere. Mens Ledningsmodstanden hos elektrolytisk Jærn er 0,12 Ohm pr. m Længde og m^2 Tværnsnit, stiger den med 0,11 Ohm for hver % Si, der tilsættes. Alt Dynamoblik maa behandles forsigtigt, saa Koldstrækning undgaas.

Til **permanente Magneter** bruges altid hærdet Staal, enten kulrigt Kulstofstaal eller Specialstaal med Volfram eller Krom. I den første Tid efter Magnetiseringen forsvinder en Del af Magnetismen, men senere er Tabet ubetydeligt, og Magneter til Maaleapparater, der skal have en konstant Styrke, lagres derfor inden Brugen; Lagringstiden kan forkortes, hvis man gennemryster Magneten eller holder den længe opvarmet ved en Temperatur af 90—100°.

9. Jærnpriser.

316. De Jærnvarer, der omtales i denne Bog, sælges efter Vægt, og Prisen pr. Ton afhænger dels af Jærnets Kvalitet, dels af Omkostningerne ved at bringe det i den ønskede Form og dels af Transportudgifterne.

For de forskellige Valseværksprodukter noteres der gerne en **Grundpris** (der stadig svinger efter Markedet¹⁾) for hver Kvalitet, og i denne Grundpris er Valsningen indbefattet, forsaavidt denne ikke volder særlig Vanskelighed. Er der derimod ekstra Ulejlighed forbundet med Fremstillingen, forøges Grundprisen med en **Overpris**, der ligeledes angives pr. Ton. Jærnplader af en bestemt Kvalitet har saaledes en Grundpris, der gælder saalænge Pladens Vægt, Bredde og Areal ikke overskrider bestemte Grænser, der ligger des højere, jo tykkere Pladen er. Overskrides een af disse Grænser, eller er Pladen ikke rektangulær, maa der betales Overpris. Runde Plader er f. Eks. 20% dyrere end rektangulære (§ 419). Paa samme Maade gælder Grundprisen for Stang- og Profiljærn af en given Kvalitet kun op til en vis Længde, **Normallængden** (§ 396 og 409), og for Rundjærn kun ned indtil en vis Diameter, paa tyndere Jærn er der Overpriser²⁾.

Jærnets Pris forøges betydeligt, naar Jærnhandleren ikke kan dirigere Jærnet direkte fra Værket til Forbrugeren, men først skal tage det hjem paa sit **Lager**, og man maa derfor helst bestille Jærnet saa tidlig, at Værket kan faa Tid til at udvalse det. Det tyske Jærn kommer gerne herop med Skib; tager man det med Bane fordyres det lidt, men til Gengæld kan det leveres hurtigere, og det lider ingen Overlast, hvilket f. Eks. kan have Betydning for tyndt Rundjærn. Meget langt Jærn maa altid tages med Bane, da det ikke kan rummes paa Skibet.

317. For at give et Begreb om, hvad Jærn kostede før Krigen, anføres efter *Joly: Technisches Auskunfthuch* 1908 Priserne i Reichsmark pr. 100kg paa forskellige Jærnvarer i Tyskland:

	M.		M.
Rundjærn (16—60 mm)	14	Haardt Staal, smedet	28—30
I-Jærn	14	Bukkplader (< 1m ²)	34
Riffelplader	15	Kedelplader af Svejseljærn	35—40
Plader til Brobygning	14—16	Staal til Maskinaksler (13—100 mm)	47
Kedelplader af blødt Staal	18	Staalstøbegods	46—95
Svejseljærnstraaad (4—5 mm)	20—25	Digelstaalsplader til Værktøj	50—120
Forzinket Jærntraad (4,2 mm)	26	Raffineret Staal	60—120
Sort Bølgeblik (1 mm)	27	Hurtigdrejestråal	250—700

¹⁾) : eftersom Efterspørgslen (hvadenten denne skyldes virkeligt Forbrug eller Spekulation) er større eller mindre.

²⁾) Overprislisterne er dog ikke bindende for Valseværkerne, i Virkeligheden handles der i hvert enkelt Tilfælde om Prisen.

I Danmark er Prisen paa tysk Jærn undertiden lavere end i Tyskland, idet Værkerne, i Stedet for at trykke Priserne i deres eget Land, sælger deres Overproduktion billigt i de Lande, hvor de konkurrerer med andre Nationer.

C. Prøver og Leveringsbetingelser for Jærn til Huse, Broer, Skibe og Kedler.

1. Prøvernes Art.

318. Af de mange i 1. Del og under Jærnets Egenskaber omtalte Prøver er det hovedsagelig kun Træk-, Bøjeligheds- og Smedelighedprøver, der finder Anvendelse ved Bedømmelsen af Jærn til de i Overskriften nævnte Anvendelser. Angaaende de Fordringer, der stilles, henvises til de efterfølgende Leveringsbetingelser for Stang-, Profiljærn og Plader, mens Prøvning af Traad, Kæder, Rør og Jærnbanematerialer vil blive omtalt under disse Varer.

Trækprøver og Bøjelighedsprøver udføres med alt Materiale.

Stukkeprøver udføres med alt Nittejærn og enten i rødvarmt Tilstand (Broer, Huse og Skibe) eller i kold Tilstand (Kedler, af Hensyn til den for Vandtæthed nødvendige Efterstemning i kold Tilstand).

Bøjeligheds- og Smedelighedsprøver anbefaler *I. M.* at udføre i Overensstemmelse med efterfølgende Tabel:

Anvendelse		Materialets Tilstand ved Bøjelighedsprøven		Smedelighedsprøver	
Blødt Staal	Huse	Almindeligt	koldt, blaavarmt, saaret ¹⁾	hærdet	
	Broer		koldt, blaavarmt, saaret	hærdet	
	Skibe	Nitter	koldt, rødvarmt,	hærdet	
	Kedler	Plader		hærdet	Alle 4 Smedelighedsprøver { Udsmednings- og Opdorningsprøven ²⁾
Vinkeljærn ²⁾			hærdet		
Nitter			hærdet		
Svejseljærn	Huse	Almindeligt	koldt, rødvarmt	Udsmedningsprøven { Udsmednings- og Opdorningsprøven	
	Broer	Nitter	koldt, rødvarmt		
	Skibe		koldt, rødvarmt		
	Kedler	Plader	koldt, blaavarmt, rødvarmt		
		Vinkeljærn ²⁾	koldt, rødvarmt		
	Nitter	koldt			

2. Træk- og Bøjelighedsprøvelegemernes Udtagelse og Tildannelse.

319. **Trækprøvelegemernes Form** er omtalt i § 50—4. Tværnittet maa helst være stort, men dog ikke større end Prøvemaskinens Trækkeevne tillader (Statsprøveanstalten : 50⁴⁾).

Rundjærn skal have Totallængden $12d + \text{ca. } 23^{\text{cm}}$ og kræver som Regel slet ingen Tildannelse, med mindre der skal gøres Spejlmaalinger paa dem; i saa Fald maa de afdrejes efter Fig. 29, § 51. Denne Form maa det ogsaa anbefales at give Stænger af skørt Materiale, da man saa lettere undgaar Brud i Indspændingen. Hovedernes Diameter maa ikke overskride 40^{mm} (Statsprøveanstalten). Til Elasticitetsforsøg maa det anbefales at bruge Normalrundstænger (20^{mm} Diameter) forsaavidt ikke andre Hensyn gør sig gældende. Er Jærnet

¹⁾ ∅: indkærvet eller lokket.

²⁾ Det anbefales desuden at gøre den i Fig. 131 viste Smedelighedsprøve.

³⁾ Disse Prøver udføres dog som Regel ikke.

for svært til at prøves som Helhed, bør Prøvelegemet udtages ekscentrisk, saa det ikke udelukkende kommer til at indeholde Kærnestaal (se Fig. 150 i § 341).

Flade Prøvestænger giver man samme Tykkelse som den Plade eller det Profiljærn, hvoraf de tages, og Bredden gøres 3—4 Gange saa stor (§ 52). Er Pladen meget tyk, fører denne Regel til for store Tværnsnit, og Prøvestangen udtages da paa Højkant, saaledes at dens Bredde svarer til Pladens Tykkelse, mens Tykkelsen gøres lig $\frac{1}{3}$ heraf; det kan da hænde (nemlig naar Materialet er meget stærkt eller Prøvemaskinen svag), at Tværnittet bliver urimeligt lille, i hvilket Tiltælde man maa se bort fra de nævnte Regler og vælge et mere kvadratisk Tværnsnit. Derimod skal der altid sidde Glødskal paa to af Stangens Sider, enten Bredsiderne eller Smalsiderne. Det maa i Reglen anbefales at forme Stængerne efter Fig. 29, men er Materialet blødt, kan Hovederne dog ofte undværes, og er Stangen udtaget paa Højkant, maa de undværes. Hovedets Tværnsnit maa ikke overskride $30 \cdot 70^{\text{mm}}$ (Statsprøveanstalten).

Bøjelighedsprøvelegemernes Form er omtalt i § 85.

320. **Prøvelegemernes Udtagelse** bør ske saaledes, at man ikke ødelægger mere Materiale end nødvendigt; af Profil- og Stangjærn bør Prøvelegemerne saaledes udtages ved Enderne. Legemerne maa dog ikke udtages paa Steder, hvor Kvaliteten skønnes at være bedre end normalt. Se ogsaa § 342 og 367.

Antallet af Prøvelegemer omtales i § 344, 349—50, 367, 375, 387—90, 393—5.

Ved Prøvning af **Plader** tages Prøvestængerne ved Kanterne i Længde- og Tværretningen; er Pladen utilskaaren, maa Stangen dog ikke tages af de yderste 30^{mm} , der kan være af en daarligere Kvalitet¹⁾.

Stang- og Profiljærn prøves sædvanligvis kun i Længderetningen, med mindre Profilet har en stor Udstrækning i Tværretningen. Udtages flere Stænger af samme Stykke, bør man tilstræbe at faa hele Tværnittet repræsenteret, saaledes som Fig. 149 viser. Af I-Jærn bør Prøvestængerne først og fremmest tages i Flangerens Længderetning, dernæst paa langs og tværs af Kroppen og endelig paa tværs af Flangerne. Bestaar Leverancen af enkelte, meget store Stykker, maa eet eller flere af dem bestilles med saa stor en Overlængde, at Prøverne kan udtages. Visse Automobilfabriker prøver hver enkelt af de Dele, hvis Brud kan gøre Ulykker, f. Eks. Vognakserne. Hver enkelt smedet Aksel leveres da med en Overlængde, der saves af og prøves. Lokomotivhjul og lignende Stykker Staalstøbegods, hvis Driftssikkerhed er vigtig, støbes med vedhængende Prøvestænger (Taloner), der afsaves i Modtagerens Nær værelse.

321. **Prøvelegemernes Tildannelse.** Som Regel ønskes Materialet prøvet i **Leveringstilstanden**, og i saa Fald maa Prøvestængerne skilles koldt fra den paagældende Konstruktionsdel og, hvis yderligere Tildannelse er nødvendig, bearbejdes koldt ved Savning, Fræsning, Høvling, Drejning, Boring, Slibning eller Filing. Det arbejdende Staal maa ikke stoppe et Sted paa Maalelængden, da der derved kan fremkomme en Tendens til Brud paa Stoppestedet. Er Prøvestængerne udtagne eller bearbejdede ved Klipping, Lokning eller Mejsling, skal der ved

¹⁾ Ved man, hvilken Ende af Pladen der svarer til Blokkens Top, bør Prøvestængerne udtages der. Se ogsaa § 388 og 393.

Savning, Fræsning, Høvling eller en af de andre ovenfor nævnte Arbejdsmaader fjernes 5 mm af Randene paa den prismatiske Del af Stangen.

Prøvestængerne skal være ganske lige; Prøvestrimler, der klippes af Plader, maa om fornødent hindres i at krumme sig ved at være spændte i en Presse. Skulde Krumning dog indtræde, eller tages Prøvestængerne fra krumme Stykker, maa de rettes koldt i en Presse eller med en Kobberhammer.

Prøvestængerne maa aldrig udglødes før Forsøget, med mindre der er truffet særlig Aftale derom (nemlig i Tilfælde, hvor Brugsstykket kommer til Anvendelse i udglødet Tilstand), og Udglødningen skal da ske ved ca. 800°, og den paafølgende Afkøling skal foregaa langsomt. I slige Tilfælde skal en eventuel Krumning rettes varmt, idet man dog ikke maa gaa højere end til mørk Rødguld (ca. 650°), og bagefter skal den nysnævnte Udglødning foretages.

Saafernt man vil undersøge en Kedelplades oprindelige Egenskaber, efter at den er bearbejdet eller allerede indbygget, maa Prøvestængerne saavidt muligt tages fra saadanne Steder, der ikke ved Bearbejdelsen har faaet en uensartet Tykkelse, og som er forblevne plane. Er man henvist til at bruge et krumt Pladestykke, skal det fraskilles ved Boring og Mejsling eller med Rundsav, og alle de tidligere nævnte Forsigtighedsregler maa iagttages.

3. Leveringsbetingelser for Hus- og Bromateriale.

322. Ved Køb af Jærntil danske Byggeforetagender er man som Regel henvist til at bruge de Leveringsbetingelser, som gælder i Landet, hvor Jærnet fremstilles. De tyske, engelske, svenske og amerikanske Normalbestemmelser gives mere eller mindre fuldstændigt i det følgende.

En Sammenstilling af tyske, engelske og amerikanske Betingelser findes i I. M. 1909, VIII, 1. Se ogsaa § 311 og om Nikkelstaal § 182-3.

a. Tyske Normalbetingelser

for Levering af Jærnkonstruktioner til Bro- og Husbygning,

opstillede af de tyske Arkitekt- og Ingeniørforeningers Forbund, Foreningen af tyske Ingeniører og Foreningen af tyske Jærnfabrikker. Ændrede i Aaret 1910 under Medvirksomhed af det tyske Materialprøvningsforbund og Foreningen af tyske Bro- og Jærnbbygningsfabrikker.

I. Prøvernes Udførelse.

323. Materialet bedømmes ved Træk-, Bøjeligheds- og Bearbejdningsprøver. Prøvestænger med synlige Fejl maa ikke benyttes. Trækprøvestængerne skal skilles koldt fra det til Undersøgelse foreliggende Jærntil og bearbejdes koldt. Virkningen af eventuel Klipping, Lokning eller Mejsling skal omhyggelig fjernes. Udglødning maa ikke finde Sted, med mindre Brugsstykket selv skal udglødes. Valsehuden skal om mulig forblive paa Prøvestængerne. Prøvestængerne skal i Reglen have en Maalelængde af 20 cm og et Tværnit af 3-5 cm². Er Tværnittet (F) mindre, skal Maalelængden (l) bestemmes af Formlen $l = 11,3 \sqrt{F}$; for runde Stænger, hvis Diameter er mindre end 20 mm, skal Maalelængden følgelig være 10 Gange Diameteren. Tværnittet skal holdes konstant indenfor Maalelængden og 10 mm til bage Sider af denne. Hvis Bruddet falder udenfor Maalelængdens midterste Trediedel, og Brudforlængelsen viser sig for ringe, skal Forsøget gentages. Trækprøvemaskinernes Rigtighed maa let og sikkert kunne undersøges.

Til Bøjelighedsprøver benyttes Strimler af 30-50 mm Bredde eller Rundjærnstænger af en til Anvendelsen svarende Tykkelse. Prøvestykkerne skal fraskilles koldt. Strimlernes Kanter afrundes.

II. Materialernes Godhed.

§ 1. Svejseljærntil.

324. Jærntil skal være tæt, godt stukkeligt og svejseligt, hverken kold- eller rødsikkert og maa ikke have Længderevner, men skal vise en glat Overflade uden Kantrevner, aabne Svejsfuger eller andre mangelfulde Steder.

Af hver 100 Stykker kan der tages 3 Prøver, saavidt mulig af Affaldet ved Enderne. Hvis

de tilfredsstillende, saa gælder disse 100 Stykker for antagne. Hvis en af de 3 Prøver er utilfredsstillende, kan der i Stedet for af samme Materialmængde udtages 2 nye. Der- som een af disse heller ikke svarer til Fordringerne, saa kan Materialet kasseres.

A. Trækprøver.

325. Disse skal mindst give:

	Staat	δ %
1. Stangjærntil, Profiljærntil og saadanne Plader, som hovedsagelig kun paavirkes i Længderetningen ¹⁾ . Prøves kun i Valseretningen	Indtil 10 mm ²⁾ tykke	3600 12
	10-15 » ²⁾ »	3500 12
	15-25 » ²⁾ »	3400 12
2. Plader med udpræget Længderetning og som hovedsagelig skal optage Bøjningsspændinger f. Eks. Kropplader i Pladejærnsdragere	I Længderetningen	3500 10
	I Tværreretningen	2800 3
3. Plader uden udpræget Længderetning og som hovedsagelig er paavirkede af Spændinger i forskellige Retninger, f. Eks. Knudeplader	I Hovedvalseretningen	3500 10
	I Tværreretningen	3000 4
4. Rundjærntil til Nitter, Bolte o. lign. i Længderetningen	Indtil 25 mm ²⁾ tykt	3800 18
	25-40 » ²⁾ »	3600 15
5. Zoresjærntil i Længderetningen		3300 6

B. Andre Prøver.

1. Stangjærntil, Profiljærntil og Plader.

326. a) Bøjelighedsprøver. Længdestrimler skal kunne bøjes sammen i Vinkel over en Runding med 13 mm Radius, uden at der paa Bøjestedet viser sig Brud i Jærntil. Den Vinkel v , som det ene Ben skal taale at gennemløbe, er i Grader

	ved Bøjning i kold Tilstand:			
Jærntykkelse i mm:	8-11	12-15	16-20	21-25
v i Grader:	50	35	25	15

	ved Bøjning i mørk kirsebærrød Tilstand:	
Jærntykkelse:	indtil 25 mm incl.	over 25 mm
v i Grader:	120	90

b) Udsmedningsprøver. En 3-5 cm bred Strimmel af et Vinkeljærntil, et Fladjærntil eller en Plade, koldt adskilt, skal i rødvarm Tilstand kunne udsmedes til den $1\frac{1}{2}$ dobbelte Bredde, uden at Jærntil viser Spor af Adskillelse. Hammerpenen skal holdes parallel med Valseretningen og være afrundet med 15 mm Radius.

2. Nittejærntil.

327. a) Bøjelighedsprøver. Nittejærntil skal kunne bøjes koldt og med Hammer slaas sammen til en Sløjfe, hvis Lysning er lig med Rundjærntils halve Diameter, uden at der viser sig Spor af Adskillelse i Jærntil.

b) Stukkeprøver. Et Stykke Nittejærntil, hvis Længde er 2 Gange Diameteren, skal i varm Tilstand, i en Varmegrad der svarer til Anvendelsen, kunne sammenstykkes til $\frac{1}{3}$ af sin Længde uden at revne.

§ 2. Blødt Staal.

328. Staalet skal have en glat Overflade uden Afbladninger og Blærer og maa hverken have Kantrevner eller mangelfulde Steder.

Er der aftalt en Undersøgelse af hver Smeltning, skal alle Stykkerne bære Smeltningens Nummer. Af hver Smeltning kan der udtages 3 Stykker til de nedennævnte Prøver; dog højst eet Stykke for hver 20 eller paabegyndte 20 Stykker.

Er der ikke aftalt en Undersøgelse af hver enkelt Smeltning, kan der af hver 100 Stykker udtages 5 til Prøvebrug, højst dog eet Stykke for hver 2000 kg eller paabegyndte 2000 kg af det samme Valseprofil.

I bægge Tilfælde skal saavidt muligt Prøvestængerne tages af Affaldet ved Enderne.

Tilfredsstillende alle Prøvestykkerne de stillede Fordringer, gælder det tilhørende Materiale for antaget. Hvis over Halvdelen af de udførte Prøver giver et daarligere Resultat end forlangt, kan Materialet kasseres, ellers kan der for hver utilfredsstillende Prøve udtages 2 nye Prøvestænger af de til den paagældende Materialmængde hørende uprøvede Brugsstykker. Hvis en af de nye Prøvestænger heller ikke tilfredsstillende Fordringerne, kan Materialet kasseres.

De enkelte Brugsstykker, som ved de nævnte Prøver har vist sig at være af daarligere Materiale end forlangt, kan kasseres. Dog har Sælgeren Ret til ved yderligere Prøver at paavise deres Brugbarhed.

¹⁾ For Plader til Beholdere og Skibe opstiller Foreningen af tyske Jærnfabrikker:

1. Kvalitet: I Længderetningen: $S = 3500$ at, $\delta = 7\%$ i Tværreretningen: $S = 2850$ at, $\delta = 5\%$.
2. » : » : $S = 3150$ at, $\delta = 5\%$ - » : $S = 2750$ at, $\delta = 3\%$.

²⁾ Denne Tykkelse indbefattet.

Flydegrænsen skal bestemmes ved Vægtstangens Synken. For hver 3,18 mm Stangen er tykkere end 19 mm, maa δ være 1 mindre end ovenfor angivet. For hver 1,59 mm Stangen er tyndere end 11,1 mm maa δ være 1 mindre end ovenfor angivet.

4. Leveringsbetingelser for Skibsmateriale.

384. Skibe bygges altid under Kontrol af et Klassifikationsselskab som Norsk Veritas, Lloyds Register, Bureau Veritas og Germanischer Lloyd, hvis Fordringer er omtrent ens. Disse Selskaber kontrollerer Materialet paa selve Jærnværket ved Hjælp af Inspektører, og hvis Prøverne er tilfredsstillende, stemples hver enkelt Plade eller Profiljærn med Selskabets Mærke.

Om de almindeligste Styrkefordringer se § 311. I det følgende gengives de engelske Regler; de amerikanske findes i § 378. En Sammenstilling af tyske, engelske og amerikanske Regler for baade Skrog og Kedler findes i *I. M. Bd. II, 1910—13, S. 249.* De Prøver, *I. M.* anbefaler, findes i § 318. Om tyske Svejsejærnsplader se § 325, Nitteformer § 399—400, Vultsjærn § 408, Staalstøbegods § 494.

a. Lloyds Register of Shippings Regler.

385. Af disse Regler, der gælder for Skibe med tilhørende Kedler og Maskiner, hvis Bygning kontrolleres af det store engelske Klassifikationsselskab, gengives kun Hovedpunkterne. Reglerne er i nær Overensstemmelse med de engelske Normalbestemmelser (§ 338), og der bruges samme Slags Prøvelegemer. Reglerne omfatter Valse-, Smede- og Staalstøbegods, der alt skal fremstilles af Martinstaal.

Valsegods.

386. Styrkefordringerne er:

	St at	δ_{\min} for Tykkelser		Prøvelege- mets Form
		$\geq 9,5\text{mm}$	$< 9,5\text{mm}$	
Staal til Skroget:				
Plader i Almindelighed	4410—5030	20 %	16 %	A
„ , der skal bertles koldt	4090—4720	20 -	16 -	A
Profiljærn	4410—5200	20 -	16 -	A
Nittejærn	3940—4720	25 (30)		B (F)
Staal til Kedlerne:				
Kedelskalplader, der ikke skal bertles . .	4410—5030	20 %	17 %	A
Kedelskalplader, der skal bertles eller svejses samt Plader om Ildstedet . . .	4090—4720	23 -	20 -	A
L- og T-Jærn samt Jærn til Længde-Stag- bolte	4410—5030	20 (24)	17 (21)	A eller B (F)
Jærn til Stagbolte omkring Ildstedet . .	4090—4720	23 (28)	20 (25)	B (F)
Nittejærn (se ogsaa § 399)	4090—4720	25 (30)		B (F)

387. Trækprøvernes Antal. Af Plader og Profiljærn til Skroget udtages 1 Prøvelegeme for hver Støbning, og 2 hvis Støbningen overstiger 25 t. Udvalgte Staal af samme Støbning i flere Tykkelser, skal disse prøves hver for sig saafremt Tykkelsesforskellen $\leq 3,8$ mm. Af Nittejærn til Skroget udtages 1 Prøvelegeme for hver 10 t eller paabegyndte 10 t, dog mindst 1 for hver Støbning.

Alle Kedelplader trækprøves, og vejer de over 2,5 t, tages en Prøve fra hver Ende. Af Profil- og Rundjærn til Kedlerne udtages mindst 1 Prøvelegeme for hver 15 eller paabegyndte 15 Stænger (for Rundjærn med $d \geq 44$ mm erstattes Tallet 15 med 50) dog mindst 2 Prøvelegemer af hver Støbning.

388. Bøjelighedsprøver med Plader og Profiljærn udføres i Overensstemmelse med § 345-6. De Plader, der skal bertles koldt, skal alle underkastes en Bøjelighedsprøve i uhærdet Tilstand. Nitte skal underkastes de i § 350 nævnte Prøver. Af Kedelplader vejende over 2,5 t udtages et Prøvelegeme fra hver Ende; det ene prøves uhærdet, det andet hærdet. Af Stagboltejærn udtages to Prøvelegemer for hver 15 Stænger af samme Støbning; det ene prøves uhærdet, det andet hærdet.

Smedegods.

389. Smedegods fremstilles af Martinstaalblokke, hvis Tværnsnitsareal mindst skal være 5 Gange saa stort som det smedede Stykkes mindste Tværnsnitsareal og mindst 1,5 Gange saa stort som det smedede Stykkes største Tværnsnitsareal. Efter Smedningen skal vigtige Stykker udglø-

des. Prøvestykker udtagne i Længderetningen fra en Del, der ikke er smedet unormalt stærkt ned, skal underkastes Træk- og Bøjelighedsprøver. For hvert Stykke Smedegods gøres mindst 1 Prøve af hver Art, uden Hensyn til om Stykket anvendes som Helhed eller deles i mindre Dele. Trækprøvelegemerne skal uden Smedning adrejes til Formen C, D eller E (§ 338), og Styrken skal ligge mellem 28 og 32 tons pr. square inch (4410—5030 at), mens Brudforlængelsen skal være saa stor, at den adderet til Styrken mindst giver Summen 57 (altsaa $\delta = 29-25\%$). Bøjelighedsprøvelegemerne skal uden Smedning afhøves til 19 mm tykke og 25 mm brede Strimler med Hjørnerne afrundede (1,6 mm Radius) og skal kunne taale at bøjes 180° om en 13 mm Dorn.

Staalstøbegods.

390. Godset skal være fremstillet af Martinstaal og vel udglødet. Bøjelighedsprøver udføres kun med Materialet i uhærdet Tilstand. For hvert Stykke gøres mindst 1 Træk- og 1 Bøjelighedsprøve; er Formen kompliceret, gøres mindst 2; bruges Staal fra flere Smeltninger til samme Stykke, gøres mindst 4, idet nogle Prøvelegemer tages saa nær Toppen, andre saa nær Foden som muligt. Trækprøvelegemer af Formen C, D eller E (§ 338) skal have $St = 4090-5510$ at og $\delta \geq 20\%$. Bøjelighedsprøvelegemerne skal have den under Smedegods nævnte Form og skal kunne taale at bøjes 120° om en 25 mm Dorn. Godset som Helhed skal kunne taale at falde paa haard Jord fra en Højde af 2—3 m efter Omstændighederne; efter denne Prøve undersøges Godset for Revner, idet det hænges op og overhamres med en Hammer vejende mindst 3 kg. Hvis Staalstøbegodset bruges til Konstruktionsdele, der normalt fremstilles af Støbejærn, bortfalder Træk- og Bøjelighedsprøverne.

5. Leveringsbetingelser for Dampkedelmateriale.

391. Skibskedler bygges under Tilsyn af Skibsklassifikationsselskaberne og efter disses Regler (§ 385).

Landkedler skal tilfredsstillende Bestemmelserne i Landkedeltilsynsloven og de i Medfør af samme givne Forskrifter. Disse Forskrifter er samlede i

a. Bekendtgørelse angaaende Tilsynet med Dampkedler paa Landjorden (1920).

392. Af denne Bekendtgørelse er følgende Materialbestemmelser uddragne.

Kedlens Materiale og Bygning skal være i Overensstemmelse med de af Direktoratet for Arbejds- og Fabriktilsynet godkendte Regler. Til disse hører de paa det paagældende Tidspunkt gældende af Lloyds Register of British and Foreign Shipping (§ 385), af Bureau Veritas, af Germanischer Lloyd og af den tyske Rigsregering givne Normalregler (§ 393).

Ingen Dele af en Kedels Hedeflade maa være af Støbejærn¹⁾ eller Messing; Messing maa dog bruges til Kedelrør med indvendig Diameter ≥ 100 mm.

Huller i Yderskallens Samlinger skal være borede eller, dersom de lokkes, være opborede til en Diameter, der er 3 mm større end det lokkede Hul. Saafremt Huller lokkes i andre vigtige Dele, skal disse derefter udglødes.

Autogen- og Lyshuesvejsning maa ikke anvendes ved Stag, Støttebolte eller Afstivninger og er ikke tilladt paa Dele af Kedlen (Yderskal, Endebunde o. lgn.), hvor Materialet er udsat for Træk eller Bøjning²⁾. Dog er Sammensvejsning af Smaarevner (ved Nittehuller og Kedelrør) og mindre Utætheder tilladt.

Ved Tryk af over 8 at maa Dampledningerne ikke være af Støbejærn, bortset fra korte T-Stykker o. lgn. paa Rør af ikke over 125 mm Diameter. Kobber-Dampledningerne af over 100 mm Diameter skal ved Tryk af over 8 at bevikles med Staalbaand eller lign. Til overhødet Damp af 250° og derover maa Kobberrør ikke bruges.

b. Tyske Materialforskrifter for Landdampkedler³⁾.

393. Plader af blødt Staal underkastes Træk- og Hærdebøjeprove. Pladerne prøves een og hver, saafremt de er af Konverterstaal eller ligger i 1ste Ildkanal eller har større Trækstyrke end 4100 at. Af de øvrige Plader prøves 50 %, og af disse 50 % underkastes kun Halvdelen Trækprøve og den anden Halvdel Hærdebøjeprove. Prøvelegemerne kan enten udtages i Valse- retningen eller i Tværretningen. Hvis der blandt de til Prøvning udvalgte Plader er nogle, hvis Længde overskrider 4,5 m, skal der af disse udtages to Trækprøvelegemer, eet paa langs ved Pladens Fodende og eet paa tværs i Midten af den modstaaende Smalside. Martinstaalplader skal være mærkede FI, naar $St \leq 4100$ at og FII, naar $St > 4100$ at (F = Flammeovn), Plader af Thomasstaal skal paa tilsvarende Maade være mærkede TI og TII. De Fordringer, der stilles, er i alle Tilfælde ens for Længde- og Tværstrimler, og det forudsættes, at Prøvestængerne indeholder Materialet i udglødet Tilstand.

¹⁾ Dette gælder ikke for smaa Lavtryksskedler (Damptryk ≤ 1 at).

²⁾ Dette Punktum gælder ikke for Lavtryksskedler (Damptryk ≤ 1 at).

³⁾ Udstedte 1908, ændrede 1913 og 1914. Forskrifterne gengives kun i Uddrag og med Udeladelse af Fordringerne til Svejsejærn undtagen for Rørenes Vedkommende.

manøvrere under Valsningen. Man kan dog naa meget vidt i Retning af Pladestørrelse, naar man vil betale, hvad det koster¹⁾.

Plader kan inddeles i tynde Plader og tykke Plader²⁾.

a. Tynde Plader og Blik.

411. Tynde Plader er under 5^{mm} tykke, og er Tykkelsen under 3^{mm}, benævnes de ofte Blik. Ved Udvalsningen følges forskellige Lærer³⁾, men det er klogest at opgive Tykkelsen i mm for at undgaa Misforstaaelser. Om Leveringsbetingelser se § 331.

Compoundplade sammenvælses af en tynd, haard og en tyk, blød Staalplade og bruges til Træsæve, der derved kaster sig mindre ved Hærdningen og lettere lader sig slibe. Efter Tændernes Fremstilling oliehardes, hvorved Bladet kaster sig, men ved den paafølgende Anløbning mellem Støbejernsplader retter det sig atter; derefter planslibes Bladet mellem et Par Slibesten, der arbejder som et Par Valser, og sluttelig rettes eventuelle Skævheder med Hammer.

412. Plant Blik. Tyndt Blik vales i flere Lag adskilt af Savsmuld eller blot af Glødskaalen. Varmvalsning bringes ned til 1 undertiden $\frac{1}{2}$ mm.

Blik bedømmes i Reglen efter Bøjelighedsprøver i kold Tilstand, undertiden i hærde Tilstand; saaledes kan der foreskrives, at det skal kunne taale en dobbelt Foldning (Fig. 173).



Fig. 173.

Har Blikket sin naturlige Overflade, kaldes det **Sortblik**⁴⁾, men ofte er det beskyttet mod Rust ved et metallisk Overtræk af Tin, Zink, Bly, Kobber eller Nikkel.

Hvidblik α : **fortinnet Blik** bruges f. Eks. til Køkkentøj (§ 568, 632).

Til Tækning bruges **forzinket Blik** (§ 560) og undertiden ogsaa **forblyet Blik** (§ 569). Bægge Dele er billigere end Hvidblik, men Rustbeskyttelsen er heller ikke saa god. De giver billigere og stærkere Tage end Zinkblik, men er sværere at false og ikke saa varige. Tykkelsen er 0,5—0,7 mm.

I Stedet for at give Pladerne et Overtræk ved Neddypning i det smeltede Metal kan man ogsaa svejse en Plade af det ædlere Metal paa den ene eller paa begge Sider af Jærnpladen. Saadant **sammensvejet Blik** fremstilles af mange forskellige Metaller og benævnes **Wachwitzmetal**.

Gennemhullet (perforeret) Blik med Huller af forskellig Form bruges til Sigter og til at omgive Varmeapparater med.

Legeret Blik til Dynamoer omtales i § 315.

Koldtvalset Blik af blødt Staal bruges til Presning af Projektiler. Om koldtvalset Baandstaal se § 402. Vanadiumstaal bruges undertiden til Beklædning af Flyvemaskiners Vinger

413. Bølgeblik (Fig. 174) er Plader, der er gjort bølgede ved Valsning og Presning, for at Bæreevnen skal blive større. Forholdet mellem Højde og Bredde (Fig. 176) er meget variabelt og tages des større, jo mere Blikket skal bære. Det leveres ogsaa i bøjet Form⁵⁾ (Fig. 175) til Fremstilling af hvælvede, fritbærende Tage. Det er næsten altid forzinket⁶⁾.

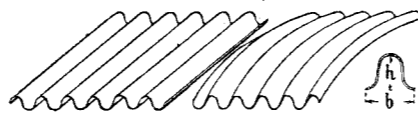


Fig. 174.

Fig. 175. Fig. 176.

Bølgeblik bruges til Jalousier og Tækning samt undertiden til Ydervægge og Porte for Skure⁷⁾.

¹⁾ Krupp har saaledes leveret Kedelplader af indtil 26,8 m Længde og 29500 kg Vægt, og Svejseljærns Panserplader har man fremstillet af indtil 160000 kg Vægt og indtil 550 mm tykke.

²⁾ Af de i Danmark brugte Plader kommer omtrent Halvdelen fra England og Skotland (navnlig Skibs- og Kedelplader) og Halvdelen fra Tyskland samt nogle fra Sverrig.

³⁾ Hyppigst bruges *Stubs Gauge*, men i England ogsaa *New Birmingham Gauge* (§ 425).

⁴⁾ Det føres paa Lager i Størrelser fra 610 · 457 mm til 2440 · 1220 mm og i Tykkelser paa 0,4—3 mm.

⁵⁾ med 2—14 m Radius.

⁶⁾ For 1 mm tykt Blik vil Forzinkningen forøge Vægten med 10—15 % og Prisen med ca. 25 %.

⁷⁾ Meget tykt og højt Bølgeblik brugtes forud til Brodæk og svært belastede Etageadskillelser.

Det leveres i enhver Længde op til ca. 6 m (Længdesnittet er retliniet, mens Tværnittet er bølget). Tykkelsen varierer fra 0,4 til 6 mm, Bølgebredden fra 2,5 til 30 cm og Bølgehøjden fra 1—12 cm. Tyskland har i 1915 indført Normaldimensioner (B. u. E. 1916, S. 208). Gængse Dimensioner er Tykkelserne 0,5—2 mm (incl. Zinket) og $b = 2h = 1,5$ à 10 cm. Pris se § 317. Om Brunering se § 570.

414. Beklædningsplader (Pandeplader) til Tage (Fig. 177), 0,81 m brede og 1—2,5 m lange, forzinkede, føres paa Lager i Tykkelserne Nr. 22 og 24 Stubs Gauge. De bruges en Del til Afløsning af Straatage, da de er lette nok til at ligge paa samme Underlag, men ved Kysten holder de kun en halv Snes Aar.

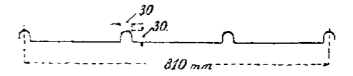


Fig. 177.

Askor-Tagplader, der fremstilles af A/S Emanuel Jensen & H. Schumacher, er Blikstykker paa 0,25 m², gjort rillede ved Presning og langs Randene forsynede med False, ved Hjælp af hvilke de samles til et tæt Tag. Alle Fladerne er dækkede med naturlig Asfalt, hvori er presset et Lag Korksmuld, og Oversiden er yderligere forsynet med et Lag farvet Asbest-Cement (hvidt eller rødt). Et saadant Tag vejer kun 18 kg/m² inkl. Lægter og er mere varmeisolerende end et Tag af alm. Plader.

415. Pladegitter (Strækmetal) (Fig. 178) fremstilles paa den i Fig. 179 viste Maade, ved at et Stempel eller en Kniv med bølgeformet Æg trykkes ned i en blød Staalplade, saa at der opstaar Spalter adskilte ved et kort Stykke, og de saaledes afskaarne Jærnstrimler presses et Stykke ned. For hver Bevægelse af Stemplet flyttes det en halv Maske-

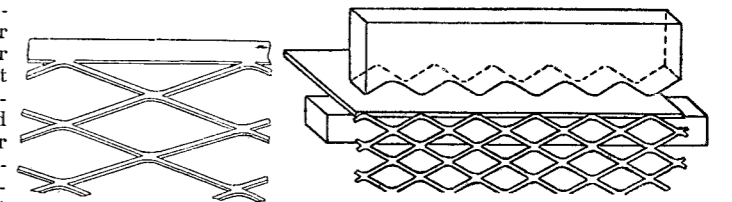


Fig. 178.

Fig. 179.

længde til Siden, hvorved Spalterne bliver forsat for hinanden og Pladen omdannet til et Næt. Maskebredden (den korte Diagonal) varierer fra 6 til 150 mm, Pladetykkelsen fra 0,44 til 4,8 mm, Bredden af Jærnstrimlerne fra 2,0 til 6,4 mm, medens selve Pladegitteret kan være indtil 4,875 m langt eller bredt.

De svære Dimensioner bruges til Indlæg i Jærnbeton og til Indhegninger.

De spinkle Dimensioner (Nr. 1, 26, 81 og 82), der ogsaa benævnes **Lathing**, bruges til Forskalling af Vægge og Lofter og til Beklædning af Dragere og Søjler. Det kan kun bære frit paa 35 cm og lader sig ikke stramme saa godt som Rabbitznæt; strammer man det i een Retning, slappes det i den modsatte. Største Dimension efter Maskelængden er 2,44 mm, efter Maskebredden 0,685 m. Se Ing. 1901, S. 209 og T. F. T. 1901—2, Hefte 12.

Ribbet Lathing (Self-Sentering) (Fig. 180) med ca. 9 cm mellem Ribberne kan bære frit paa en større Længde.

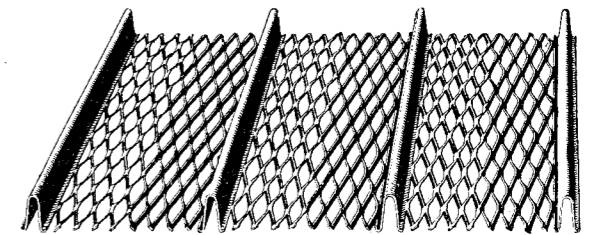


Fig. 180.

416. Sildebensjærn (Fig. 181) er ganske tyndt Blik, der er opskåret og spilet ud som vist; det frembyder en udmærket Flade at pudse paa og bruges paa samme Maade som Lathing. Det leveres gerne sortlakeret; se ogsaa § 505.

Trussit (Fig. 182) er faldet Sildebensjærn og bruges som Mørtelhærer i Tage og stærkere Vægge, hvorved Udgiften til Forskalling spares. Ligger Trussiten vandret, maa den understøttes for hver 50 cm. Man støber da Mørtelen ud ovenpaa og behandler bag efter Undersiden. Den fremstilles i Plader, der er 39,4 cm brede (paa tværs af Falsene), 244 cm lange og ca. 2,2 cm tykke. I Vægge lægges Falsene vandret med 5 cm Overlæg ved Enderne og med forløbne Stød; de vandrette Samlinger tilvejebringes ved enkelt Indgribning. Pladerne anbringes mellem lodrette 3 mm Jærntraade, der udspændes mellem Øskner i Gulv og Loft; der fastgøres eet Traadpar ved hver af Væggens Ender og iøvrigt med 1 m Afstand. Derpaa udkastes og pudses med Blandingsmørtel. Væggene gøres som Regel 5 cm tykke.

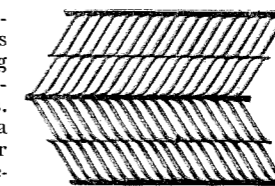


Fig. 181.

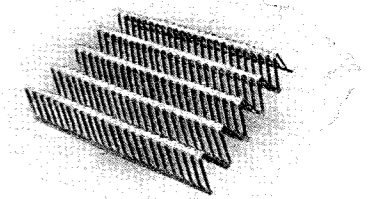


Fig. 182.

b. Tykke Plader.

a. Plane Plader.

417. Til Dampkedler, Pladejernsdragere, Skibe, Vandbeholdere m. m. bruges Plader af 5—40 mm Tykkelse; sværere Plader anvendes sjældent.

Til Beholdere for Vand og lign., hvor Pladetykkelsen mere fastsættes af Hensyn til Rust end af Hensyn til Styrke, spiller Pladernes Kvalitet en underordnet Rolle (§ 325), mens Dragere og Dampkedler maa være af et godt Materiale, og navnlig maa de Kedeldele, som direkte paavirkes af Ilden, eller som skal ombertes eller svejses, fremstilles af de allerbedste Plader ogsaa af Hensyn til den Føringelse af Sejgheden, som de høje Temperaturer medfører. Den forskellige Temperatur i Kedlens enkelte Dele fremkalder allerede under normale Forhold betydelige Udvidelser og Sammentrækninger, der forøges ved Varmestuvning i de af Kedelsten dækkede Plader. Det er derfor ganske nødvendig, at de til Kedelbygning brugte Materialer er meget sejge baade i kold Tilstand og ved Drifttemperaturen, saaledes at de kan taale Deformationerne og strække sig uden at springe. Til Dampkedler og Skibe bruges hyppigst Martinstaal, sjældnere Thomasstaal, mens man i Brobygningen ofte bruger Konverterstaal.

Kedelplader af Martinstaal føres paa Lager i Størrelser fra 610 · 1830 mm til 1830 · 4065 mm og 6—13 mm tykke, Skibs- og Beholderplader i Størrelser fra 610 · 1830 mm til 1830 · 4065 mm og 1525 · 6250 mm og 3—13 mm tykke.

418. Om Fosforholdighed se § 204, Pris § 317, Prøvning § 318. Om Flydegrænsens Beliggenhed se § 301. **Leveringsbetingelser** findes i § 323—30, 338—74, 377—82, 386—8, 393.

I Følge de Leveringsbetingelser for Svejseljærn og Staal, som Foreningen af tyske Jærnfabrikanter har opstillet, skal Plader af 5 mm Tykkelse og derover leveres noget længere og bredere end forlangt. Overmaalet maa ikke overskride $\frac{1}{2}$ % med den Indskrænkning, at det skal være:

for Plader under 20 mm Tykkelse	mindst 10 mm og højst 25 mm
» » af 20 mm Tykkelse og derover	15 mm » 30 mm

Tykkelsen skal maales med Mikrometerskrue, og Maalepunkterne skal ligge mindst 40 mm fra Randene og mindst 100 mm fra Hjørnerne. Forskellen mellem den mindste og største Tykkelse maa ikke overskride de i efterfølgende Tabel angivne Tal (mm).

Pladens Bredde i mm	Den forlangte Pladetykkelse i mm			
	5—6,9	7—9,9	10—19,9	20 og mer
indtil 1500	1,2	1,1	1,0	0,9
1501—2000	2,0	1,8	1,7	1,6
2001—2500	2,8	2,5	2,4	2,2
2501—3000			2,9	2,8
3001 og mer			3,4	3,2

Overskrider Plader af:

5— 6,9 mm Tykkelse en Bredde af 2000 mm og en Længde af 6000 mm	
7— 9,9 » » » » 2500 » » » » 7500 »	
10—19,9 » » » » 3000 » » » » 9000 »	
20 og fler » » » » 3250 » » » » 10000 »	

saa maa de tages, som de falder ud, naar blot det tyndeste maalte Sted ikke er tykkere end forlangt. Ved Valsning af meget brede Plader er det nemlig uundgaeligt, at Valsernes Udbøjning kan mærkes, saaledes at Pladen bliver tykkere (indtil ca. 2 mm) paa Midten end ved Siden, hvor Tykkelsen maales.

419. For Plader af blødt Staal af 5—40 mm Tykkelse (bæge inkl.) har »Verband der deutschen Grobblech-Walzwerke« opstillet følgende Overpris-Liste (December 1902):

Grundprisen gælder for følgende normale Maal og Vægte:

Ved en Tykkelse (mm) af ¹⁾ :	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—15	15—25	25 og mer
Bredde (Diameter) (mm) indtil	1600	1700	1800	1900	2000	2200	2400	2700
Areal (m ²) indtil:	6	7	8	9	10	12	15	20
Vægt (kg) indtil:	500	600	700	800	900	1250	2500	3500

Enhedsvægten for Plader regnes til 8 kg/m² ved 1 mm Tykkelse.

¹⁾ Det første Tal inclusive, det sidste Tal eksklusive.

Overpriser for Maal og Vægt: Naar de normale Maal og Vægte overskrides, beregnes Overpriser:

For hver paabegyndt 25 mm Overskridelse af den normale Bredde eller Diameter			
» » » 0,1 m ² » » det » Areal			
» » » 100 kg » » den » Vægt			

Særlig Overenskomst om Overprisen træffes:

- 1) for retvinklede Plader mindre end $\frac{1}{4}$ m²; Overprisen er mindst 10 % af Grundprisen;
- 2) for Plader, der paa Grund af usædvanlig stor Længde i Forhold til Bredde og Tykkelse er særlig vanskelige at fremstille.

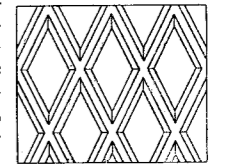
Overpriser for Form. Runde og halvrunde Plader betaales med en Overpris af 20 %.

Andre Plader af særlig Form beregnes som retvinklede Plader, idet der fradrages et vist Beløb for hver 1000 kg af Affaldet. Herfra undtages Formplader af højst 1000 mm Længde og højst 1000 mm Bredde (Knudeplader), for hvilke særlig Overenskomst træffes.

Plader med skraa Snit af ialt 70 mm Længde og med en Buehøjde af højst 50 mm betragtes ikke som Formplader.

β. Riffelplader, Bukkelplader, Tøndeplader.

420. **Riffelplader** (Dørkplader) (Fig. 183) er paa den ene Side forsynede med ophøjede Riffler, der krydser hverandre, og som fremkommer ved, at den ene Valse har tilsvarende Fordybninger. Rifflerne er 1,5—3 mm høje og 4—5 mm brede. Pladetykkelsen er 4—25 mm og maales uden Fremspringene. De faas indtil 1,5 m brede og indtil 450 kg tunge, en almindelig Dimension er 3 · 0,9 m. Rifflede Plader bruges, hvor Pladen foruden at være bærende ogsaa skal danne Slidlag og derfor ikke maa være glat, saaledes til Trappetrin, Gulv i Maskinrum, Fortov paa Broer m. m. Statsbanerne bruger 5 mm Riffelplader mellem Skinnerne paa aabne Broer. Pris i § 317, Prøvning i § 331.



Paa Københavnske Lagere føres Riffelplader i Størrelser fra 610 · 1830 mm til 1500 · 3000 mm og i Tykkelser fra 5 til 10 mm.

Bukkelplader (Fig. 184) er i glødende Tilstand presset op til en Krydshvælving med 4—8 cm brede, flade Rande og af kvadratisk (indtil 1,5 · 1,5 m), rektangulær (indtil 0,8 · 2,3 m) eller trapezoidal Form; Tykkelsen er 5—10 mm, Pilhøjden $\frac{1}{10}$ af den korteste Side. De benyttes til Brodæk, idet de fastnittede til I-Bjælker langs alle fire Sider. Pris i § 317.



Fig. 183.

Er h Pilhøjden, a Tykkelsen og l den korteste Side, alt i cm, kan en staaende Bukkelplade med $2\frac{1}{2}$ dobbelt Sikkerhed bære et Hjultryk paa 60 ha/l Tons. Til Brodæk bruges de dog mest hængende, da de saa bærer mest og afvandes lettest (gennem et 4—5 cm vidt Hul).

Tøndeplader har Form som Tøndehvælvinger med $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ Pilhøjde og 6—8 cm brede Rande, langs hvilke de nittes. De faas 4—10 mm tykke og af Størrelse fra $\frac{1}{2}$ · $\frac{1}{2}$ m til 2 · 3 m. De bruges ligesom Bukkelplader, men bærer ikke saa meget og er vanskeligere at afvande.

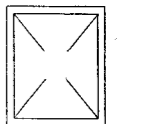


Fig. 184.

5. Traad.

a. Fremstilling og Egenskaber.

421. Traad fremstilles baade af Svejseljærn og Staal, ved at Materialet først vales ned til 3 à 6 mm (Valsetraad) og derpaa i kold Tilstand trækkes gennem stadig snævrere Huller i Plader af meget haardt Digelstaal¹⁾. Traaden bliver derved sliv og blank, og Styrken stiger overordentlig stærkt, saaledes at den største Styrke, et Metal overhovedet kan bringes op til, er den, det har i Traadform. Baade Styrken og den medfølgende Skørhed kan for Størstedelen fjernes ved Udglødning (§ 290-1), og man maa derfor skelne mellem **haardtrukket Traad**, der bruges, hvor Styrken eller Stivheden spiller en Rolle (Telegraf- og Telefontraad til store Spændvidder, Traadtove, Cykeleger, Traad til Klaverstrænge og Trækforbindelser i Flyvemaskiner²⁾, Traadstifter, Træskruer, Kroge, Fjere, Sy- og Haarnaale o. s. v.) og **udglødet Traad**, der bruges, hvor Bøjeligheden har Betydning (Telegraftraad til smaa Spændvidder, Hegnstraad, Traad til Armering af Kabler, Flasketraad, Blomstertraad, Bindetraad til Jærnbeton, Traad til Traadvæv o. s. v.).

¹⁾ Der smøres med Sæbepulver, og er Traaden tynd, dyppes den i Kobbersulfat, hvorved den overtrækkes med Kobber, der virker som ekstra Smøring. Inden Trækningen bliver Valsetraaden renset for Glødskaal i et Svovlsyrebad og for Syre i varmt Kalkvand, hvorefter den tørres.

²⁾ Hertil bruges Klavertraad af indtil 3 mm Tykkelse.

Overfladen er blank paa den haarde Traad og sort paa den udglødede, hvis denne da ikke som Blomstertraad er poleret efter Glødningen. Ofte forsynes Traaden med et Overtræk af Zink (Hegnstraad, Telegraftraad, Traad til Tove, § 562), Tin (Flasketraad § 568), Kobber (Møbelljere), Bly, Nikkel eller Messing (§ 569).

Vægtfylden aftager ved Trækning og stiger ved Udglødning (§ 39), **elektrisk Ledeevne** (§ 214, 433, 623) ligesaa. **Kornformen** er omtalt i § 210-2, **Beitsekørhed** i § 275. Af **Rust** angribes haardtrukne Traade stærkere end udglødede (§ 508, 505, 435).

422. Komprimeret Akselstaal er runde Stænger, der ved Trækning eller Koldvalsning er gjort stivere mod Vridning (§ 280) og samtidig har faaet en nøjagtig Diameter og glat Overflade, saaledes at Afdrejning spares.

Saadanne Aksler krummer sig imidlertid, naar der udarbejdes en Kilegang i dem, og dette skyldes Egenspændingerne (§ 285). Staal med 0,25 % C og 20 mm i Diameter kan have $FG^t = 6000$, $S^t = 6600$, $d_{11,3} = 11$ %. Lagerdimensioner er 6—102 mm, Længde indtil 8,5 m.

423. Traadmaterialet er som Regel Konverter- (§ 178), Martin- (§ 181) eller Digelstaal (§ 189), og Kulholdigheden kan variere fra 0,05 til 0,8 % og mer¹⁾ (§ 201 og 240), alt efter den Bøjelighed, Styrke og Slidfasthed, man ønsker.

Blødt Staal bruges til Hegnstraad, Kabelarmatur, Søm og til Tovværk af hvilket der ikke kræves særlig Styrke samt til korte Telegraf- og Telefonledninger af hvilke der kræves en saa ringe Ledeevne, at Hensynet til Styrken bliver bestemmende for Dimensionerne.

Haardt Staal anvendes til Tovværk, der skal være stærkt uden at blive for svært, eller som slides meget, og naar det i særlig Grad kommer an paa Styrke og Paalidelighed, bruges Digelstaal, saaledes til Tove for Hængebroer og Elevatorer, til lange Transmissionstove (for at forringe Vægten), til Tove for Trisseværker (hvilke Tove maa være særlig bøjelige og derfor tynde); endvidere til Klaver- og Teglværkstraad og Telefontraad til store Spændvidder.

Vanadiumstaal (§ 205) bruges undertiden til Liner i Flyvemaskiner.

Svejsjern bruges ikke meget mere (§ 163, 165, 169); dog anvendes det, hvor Svejseligheden har Betydning og f. Eks. til Træskruer, fordi det er blødere at arbejde i end Staal, samt i Tilfælde, hvor stor magnetisk Blødhed ønskes. Om Rustdannelse se § 505.

Nordiske Kabel- og Traadfabrikeres Traadtrækkeri i Middelfart oparbejder udenlandsk Valsestraad, hyppigst Thomasstaal (til Hegnstraad, Tovværk, Søm o. s. v. er Kulholdigheden ca. 0,15 %, til Møbelljere ca. 0,3 %), sjældnere Martinstaal, Digelstaal og Svejsjern.

424. Styrken hos Traad af samme Materiale vokser med aftagende Diameter (§ 290 og 623). Saaledes angiver *Karmarsch* ($d =$ Traaddiameteren i mm) for:

	Bedste Jærntraad ²⁾	Alm. Jærntraad ²⁾	Haardt Staal
Haardtrukket	$6370 + \frac{1590}{d}$	$4580 + \frac{2290}{d}$	$6370 + \frac{2670}{d}$
Udglødet	$3310 + \frac{380}{d}$	$2870 + \frac{640}{d}$	$5730 + \frac{380}{d}$

Grunden hertil er muligvis, at Egenspændingerne er større i tyk end i tynd Traad (§ 285). Den største Styrke, som Traad af blødt Staal kan opnaa, er 6500 à 8000 at, afhængig af Materialets Art. Hvis større Styrketal kræves, bliver Traaden fremstillet af haardt Staal og efter næstsidste Trækning underkastet en **Forædlingshærdning** (§ 247) ved at trækkes gennem et Bad af glødende Bly og derefter gennem Olie, der hærder, og sluttelig gennem mindre hedt Bly, der anløber. Saadan Traad bruges til stærkt Tovværk og Telefonledninger³⁾ og er seigere end uhærdet Traad af samme Styrke.

¹⁾ Til Synaale bruges Staaltraad med 0,8—1,2 % C.

²⁾ Svejsjern eller blødt Staal.

³⁾ Processen finder Anvendelse paa Traad med over 0,45 % C.

Hvis man dividerer Brudkraften ikke med Traadens oprindelige Tværsnit, men med det indsnørede, findes Spændingen i Brudøjeblikket konstant for samme Materiale uden Hensyn til, om Traaden er haardtrukket eller udglødet¹⁾.

Sammen med Styrken hæves *EG* (§ 38) og *FG* (§ 278).

Som Eksempler paa hvilken Styrke, der kræves af Traad til bestemt Brug, anføres (se ogsaa § 432-4 og 444):

Staal	Forzinket, udglødet Traad af blødt Staal til Telegraf- og Hegnsbrug og til Tovværk for Sejlskibes staaende Rigning ²⁾ .
4000—4300	Forzinket Traad af blødt Staal (Diameter: 9,65, 7,62, 5,15, 4,19, 2,41 mm) til Armering af <i>Store nordiske Telegrafskabs</i> Kabler ³⁾ . Se ogsaa § 273.
3940—4720	Svensk Trækulsjærntraad.
5000	Traad af blødt Staal til almindelige Transmissionstove.
6000—6500	Forzinket Staaltraad (2,41 mm) til Armering af <i>Store nordiske Telegrafskabs</i> Kabler ⁴⁾ ; forzinket Staaltraad i <i>Jacob Holm & Sønners</i> Tovværk for Dampskibes staaende Rigning (engelsk Materiale, <i>J-Kvalitet</i> ⁵⁾).
8190	Minimums- og Middelværdi for Traad til kabelslaaet Staaltraadstovværk for den tyske, kejserlige Marine (§ 439).
10000 og 12500	Fortinnet Bæretraad af Staal (Frederiksbergs Sporveje), Digelstaaltraad (uforzinket, 0,5—1,6 mm) i <i>Felten & Guilleumes</i> Elevatorstove og Tove i Trisseværker.
12000	Digelstaaltraad til Brokabler (4—6 mm tyk, $d_{200} = 4-5$ %, $EG^t = 6-7000$ at); forzinket Digelstaaltraad til Telefonledninger.
12000—14000	Trækledninger til Statsbanernes Bomme (4 mm forzinket Telefontraad).
13000	Staaltraad i <i>Jacob Holm & Sønners</i> Tovværk til Fortøjning, Varpning, løbende Rigning, Kraner, Elevatorer og til deres Flagliner og Liner til Dampfløjter, Ventiler m. m. (engelsk Materiale, <i>S-Kvalitet</i> ⁵⁾).
14200	Uforzinket Staaltraad i <i>Felten & Guilleumes</i> Krantove (0,5—1,6 mm).
14000 og 18000	Staaltraad i særlig stærke og bøjelige Elevatorstove fra <i>Jacob Holm & Sønner</i> (engelsk Materiale).
18900	Digelstaaltraad til Ophejsningstove fra <i>Felten & Guilleume</i> .
11500—20000	Amerikansk Plov-Staaltraad ⁶⁾ .
15750—21650	Plov-Staaltraad til Kran- og Ophejsningstove fra <i>Ferdinand Wolff</i> i Neckarau Mannheim.
20000	

425. Traad benævnes som Regel ikke direkte efter Diameteren, men efter Nummeret i en **Traadlære**, af hvilke der haves forskellige Systemer. I England benyttes nu *New British Imperial Standard Wire Gauge*, ogsaa kaldet *Legal Standard Wire Gauge*, som kort betegnes med *W. G.*¹⁾; i Amerika bruges mest *Brown & Sharpe Wire Gauge*, i Nordtyskland *Stubs Gauge*, der ofte benævnes *Birmingham Wire Gauge* (*B. W. G.*), en tvetydig Betegnelse, da den ogsaa, og rigtigst, bruges for den gamle *B. W. G.*, som nu er gaaet af Brug. Derimod bruges den tyske Millimeter-Traadlære, hvis Numre angiver Diameteren i Tiendedele af Millimetre (Nr. 20 = 2 mm), vistnok kun sjældent; i Frankrig og Sydtyskland bruges *Jauge de Paris*, der for Traadstifter anvendes hele Tyskland over. I omstaaende Tabel vil man finde, hvilken Diameter (i mm) der i de forskellige Lærer svarer til et bestemt Nummer. Den tyske Traadlæres Numre er følgende: 100, 94, 88, 82, 76, 70, 65, 60, 55, 50, 46, 42, 38, 34, 31, 28, 25, 22, 20, 18, 16, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, $\frac{5}{3}$, 5, $\frac{4}{3}$, 4, $\frac{3}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{1}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{2}{6}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{2}{2}$, 2, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$; Brøktregene skal læses som Kommaer, Traad Nr. $\frac{2}{1}$ har altsaa Diameteren 0,24 mm.

426. Foruden cirkelrund Traad haves **Profiltraad** (Façontraad, Dessintraad) med mange forskellige Profiler som halvrunder (til Splitter), ovalt, ottetalsformet, kvadratisk, rektangulært, 3-, 6- og 8-kantet, samt Traad til Fremstilling af Paraplystel, Brillen, Staaldrev i Uhre m. m. De saakaldte Traadsøm eller Traadstifter fremstilles af Søjern, som er kvadratisk Traad.

¹⁾ *Mitt. üb. F.* Heft 119, S. 50.

²⁾ Traad fra *Nordiske Kabel- og Traadfabriker* bruges af *Jacob Holm & Sønner* paa denne Maade.

³⁾ Diameteren maales paa den forzinkede Traad, og Tolerancen er $\pm 2\frac{1}{2}$ %. Paa en Længde af 152 mm skal Traadene kunne taale henholdsvis 5, 9, 12, 15 og 30 Snoninger. Den tyndeste Traad skal have en Brudforlængelse af mindst 16 % (gennemsnitlig 18 %) maalt paa 254 mm.

⁴⁾ Traaden skal have en Brudforlængelse af mindst 3 % (paa 254 mm) og skal kunne taale 3 Bøjninger (§ 429) omkring en Dorn med samme Diameter som Traaden.

⁵⁾ Nævnte Firmas Kvalitetsbetegnelser *J* og *S* er tilfældigt valgte.

⁶⁾ Tove til Trækning af Damppløve fremstilles af Traad med indtil 26000 at Styrke, nærmest af Hensyn til Sliddet, idet Tovene slæber hen over Pløjeorden. Saadan stærk Traad benævnes Plov-Staaltraad, selv om den finder anden Anvendelse.

⁷⁾ Mellemnumre indskydes ved simpel Interpolation, Nr. 15 $\frac{1}{4}$ svarer saaledes til 1,78 mm.

Lærrens Nr.	New British Imp'l Standard W. G. Legal Standard W. G. Traad og Rør					Tysk Pladelære	Lærrens Nr.	New British Imp'l Standard W. G. Legal Standard W. G. Traad og Rør					Tysk Pladelære
	mm	mm	mm	mm	mm			mm	mm	mm	mm	mm	
7/0	12,70						24	0,56	0,56	0,63	6,4	0,51	0,50
6/0	11,78						25	0,51	0,51	0,56	7,0	0,45	0,44
5/0	10,97	12,70					26	0,46	0,46	0,50	7,6	0,41	0,38
4/0	10,16	11,53			11,7		27	0,42	0,41	0,44	8,2	0,36	0,30
3/0	9,45	10,80	12,70		10,4		28	0,38	0,36	0,40	8,8	0,32	
2/0	8,84	9,65	11,31		9,3		29	0,34	0,33	0,35	9,4	0,29	
0	8,23	8,64	10,07		8,3		30	0,31	0,31	0,31	10,0	0,25	
1	7,62	7,62	8,97	0,6	7,3	5,5	31	0,29	0,25	0,28	Jauge de Paris		
2	7,01	7,21	7,99	0,7	6,5	5,0	32	0,27	0,23	0,25	Nr.	mm	
3	6,40	6,58	7,12	0,8	5,8	4,5	33	0,25	0,20	0,22	P. 0	0,50	
4	5,89	6,05	6,35	0,9	5,2	4,25	34	0,23	0,18	0,20	P. 1	0,46	
5	5,38	5,59	5,65	1,0	4,62	4,00	35	0,21	0,13	0,18	P. 2	0,42	
6	4,88	5,15	5,03	1,1	4,11	3,75	36	0,19	0,10	0,15	P. 3	0,38	
7	4,47	4,57	4,48	1,2	3,66	3,50	37	0,17	0,14	0,12	P. 4	0,34	
8	4,06	4,19	3,99	1,3	3,26	3,25	38	0,15	0,11	0,11	P. 5	0,31	
9	3,66	3,76	3,55	1,4	2,91	3,00	39	0,13	0,087	0,087	P. 6	0,28	
10	3,25	3,40	3,18	1,5	2,59	2,75	40	0,12	0,078	0,069	P. 7	0,27	
11	2,95	3,05	2,83	1,6	2,30	2,50	41	0,11	0,062	0,055	P. 8	0,25	
12	2,64	2,76	2,52	1,8	2,05	2,25	42	0,10	0,049	0,049	P. 9	0,23	
13	2,34	2,41	2,24	2,0	1,83	2,00	43	0,09	0,043	0,039	P. 10	0,22	
14	2,03	2,10	1,99	2,2	1,63	1,75	44	0,08	0,034	0,034	P. 11	0,20	
15	1,83	1,83	1,78	2,4	1,45	1,50	45	0,07	0,027	0,027	P. 12	0,18	
16	1,63	1,65	1,59	2,7	1,29	1,38	46	0,06	0,024	0,024	P. 13	0,17	
17	1,42	1,47	1,41	3,0	1,15	1,25	47	0,05	0,021	0,021	P. 14	0,16	
18	1,22	1,24	1,26	3,4	1,02	1,13	48	0,04	0,018	0,018	P. 15	0,15	
19	1,02	1,07	1,12	3,9	0,91	1,00	49	0,03					
20	0,91	0,89	1,00	4,4	0,81	0,88	50	0,025					
21	0,81	0,81	0,89	4,9	0,72	0,75	51						
22	0,71	0,71	0,79	5,4	0,64	0,63	52						
23	0,61	0,63	0,71	5,9	0,57	0,56							

b. Prøvning af Traad.

427. I Følge det internationale Materialprøvningsforbunds Bestemmelser skal Traad underkastes Træk-, Vridnings- og Bøjelighedsprøver.

Ved **Trækprøven** bestemmes Styrke og Brudforlængelse.

Om Indspænding se § 59. Den fri Længde og Maalelængden bør mindst være henholdsvis 75 og 50 Gange Traadtykkelsen. I Reglen bruges en Maalelængde af 15 cm. Statsprøveanstalten bruger 20 cm, naar intet andet forlanges.

428. Ved **Vridningsprøven** indspændes Traadens Ender i to Patroner (Fig. 185). Den ene Patron er befæstet til et Haandsving, mens den anden er forhindret i at dreje sig ved en Styring, der saa lidt som muligt maa hindre Traaden i at forkorte sig. Antallet af de Snoninger, der behøves til at vride Traaden over, er et Maal for dens Seighed.



Fig. 185.

Vridningsprøven egner sig ogsaa udmærket til at paavise Materialets Ensartethed; er Traaden homogen, vil den sno sig ganske regelmæssigt over hele Længden, er der derimod haardere Steder i den, vrides disse ikke.

Om Leveringsbetingelser se § 432-4, 439 og 441.

Den frie Længde bør mindst være 75 *d*, hvilket dog ikke altid overholdes for de tykkere Traades Vedkommende, idet man arbejder med en konstant fri Længde af 15 eller 20 cm for alle Diametre. Undertiden strammer man Traaden med en Vægt. Snoningernes Antal bestemmes ved forud at ride en lige Streg i Traadens Længderetning og bagefter tælle det Antal Vindinger *n*, der falder paa Maalelængden *l* cm. Er Traadens Diameter *d* cm, vil to af Traadens Overfladepunkter, der ligger i en Frembringer, 1 cm fra hinanden, have forskudt sig et Stykke $n\pi d:l$ i Forhold til hinanden, forudsat at Traaden er homogen (α : Vridningsvinklen pr. Længdeenhed konstant), og at de oprindelige Radier ogsaa er retliniede efter Forsøget. Denne Størrelse — Forskydningen pr. Længdeenhed — benævnes **Torsionskoefficienten** og er under de nævnte Forudsætninger et absolut Maal for Materialets Anstrengelse uafhængig af Diameteren. Snoningernes Antal kan derimod ikke bruges til Sammenligning af forskellige Traade, med mindre *d:l* holdes konstant.

429. Til **Bøjelighedsprøver** kan det i Fig. 186 viste Apparat benyttes.

Traadens ene Ende indspændes mellem et Par cylindriske Dorne i en Skruestik ved Hjælp af Vægtstangen *V*, mens den anden Ende stikkes ind i en Tværbolt *B* paa Armen *A*, der kan drejes om Akselen *C*. Bolten er forskydelig paa Armen og fastspændes i en Afstand fra Indspændingspunktet lig 15 Gange Traadtykkelsen; den maa ikke være i fast

Forbindelse med Traaden, saaledes at denne strækkes¹⁾. Armen bevæges skiftevis til højre og venstre, saaledes at Spændingerne paa Bøjningsstedet stadig veksler mellem Træk og Tryk, og Bevægelsen fra den lodrette Stilling til den vandrette og tilbage til den lodrette regnes for een Bøjning.

Antallet af de Bøjninger, en Traad kan taale, er proportionalt med Dornens

TRAAD-BØJEAPPARAT.

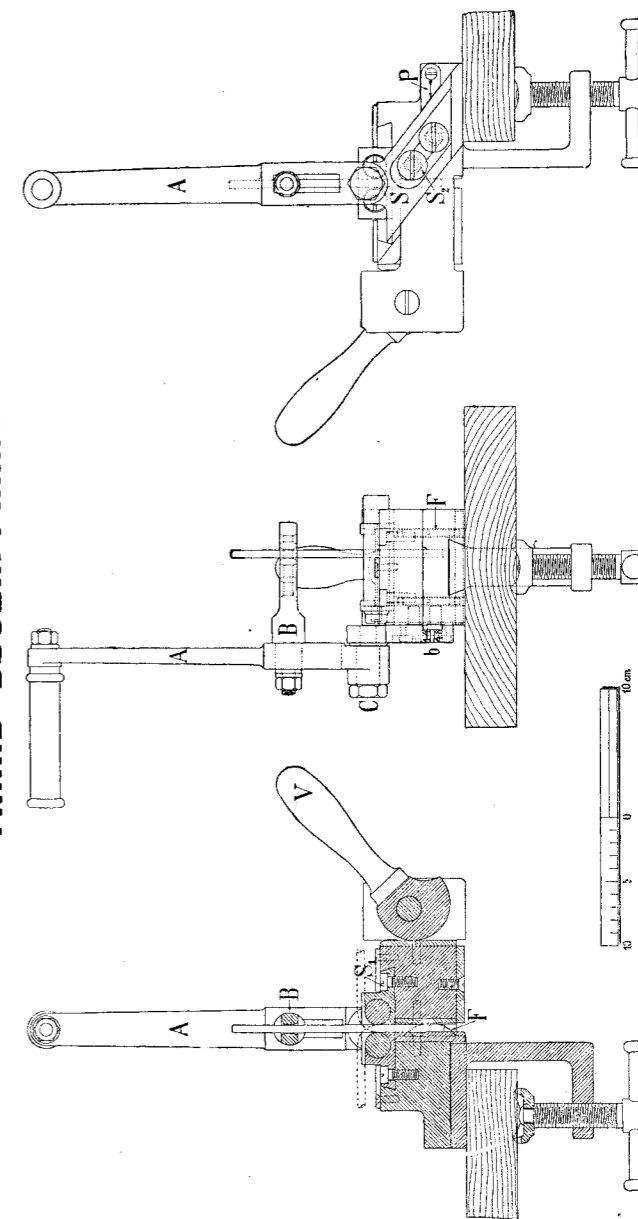


Fig. 186. Traadbøjeapparat fra Tarnogrocki i Essen a. d. Ruhr.

¹⁾ *Tinius Olsen* fabrikerer en Maskine, paa hvilken Bøjelighedsprøven kan udføres, samtidig med at Traaden strækkes med en vilkaarlig Last, altsaa netop den Paavirkning som Traadene i et Transmissions- eller Ophejsningstov udsættes for.

Diameter, og *I. M.* anbefaler at tage denne lig 4 Gange Traadtykkelsen. For Nemheds Skyld nøjes man dog gerne med to Sæt Dorne og bruger 10^{mm} Diameter til 3 eller 4^{mm} Traad og derunder, og 20^{mm} Diameter til sværere Traade. Se ogsaa § 433-4, 439 og 441. Temperaturen Indflydelse er nævnt i § 303.

Fig. 186 viser Apparatet med 20^{mm} Dorne; ved at fjerne Skruerne S_1 kan de sammen med deres Indfatning udtages og ombyttes med 10^{mm} Dorne. Højdebeliggenheden af den vandrette Plan, der tangerer Dornene, ændres ikke ved denne Ombytning. Skæringspunktet mellem Traadens Akse og Tværboltens Akse, naar denne er i sin øverste Stilling, vil beskrive en Cirkelafvikler, mens Tværboltens Akse beskriver en Cirkel. De to Punkter følges altsaa ikke ad, og der vil kunne opstaa smaa Træk- eller Trykspændinger i Traaden, som imidlertid reduceres til et Minimum, hvis Omdrejningspunktet *C* vælges saaledes, at den nævnte Cirkel og Cirkelafvikleren skærer hinanden, naar Traaden er i sin lodrette og vandrette Stilling. *C* bør derfor kunne forskydes, naar Traadens Diameter varierer, hvilket er opnaaet ved at lejre Akselen i Slæden *S*, der kan forskydes i skraa Retning, naar Boltene S_2 løsnes. Beliggenheden af *C* er nøjagtig bestemt for 6^{mm} og 2^{mm} Traad; Forbindelseslinierne mellem de to Punkter danner en Vinkel paa ca. 38° med den vandrette, og langs denne Linie bevæger Slæden sig. Slædens rette Stilling ved Prøvning af 1^{mm} og 8^{mm} Traad findes ved at bringe henholdsvis den øvre og den nedre af de to Tværstreger *b* udfor Pilen *P*. For at Bøjningsvinklen i alle Tilfælde skal blive saa nær som muligt 90°, er den Tværbolt, der fører de tynde Traade (1-4^{mm}), tyndere end den, der fører de tykke. De to Bladfjere *F* aabner Skruestikken, naar *V* drejes tilbage.

Opviklingsprøver bruges ogsaa; Traaden skal kunne taale at vindes i tætsluttende Vindinger omkring en Traad af samme Tykkelse uden at spalte eller brække; er Traaden udglødet, maa den ikke i nævneværdig Grad fjere tilbage. Er Traaden forzinket, maa Zinklagnet gerne skulle af ved denne Prøve.

430. Efter *Frémonts* Mening er hverken Vridningsprøven eller Bøjelighedsprøven særlig egnet til at kendetegne skøre Traade, thi de prøver hovedsagelig Randzonen, mens Skørheden findes i Kærnezonen. Han anbefaler derfor en **Slagbøjeprøve** med indkærvede Traade (*I. M.* 1912, X, 2).

c. Leveringsbetingelser for Traad.

431. Telegraf-, Telefon- og Hegnstraad leveres i ringformede **Nøgler** med paaskreven **Vægt**, der i Reglen forlanges at skulle ligge mellem 96 og 104 kg eller 48 og 52 kg. Traaden maa intet Steds være svejst. Er de enkelte Nøgler undtagelsesvis samlet af flere Traadstykker, skal Samlingerne være smukt og holdbart udførte ved Bevikling og Britannialodning (Navnet betegner Forbindelsesmaaden og har intet med Britanniametal at gøre). Overfladen skal være glat uden Revner, Ridser eller Fliser.

432. Hegnstraad fremstilles af blødt Staal (§ 421, 423) og er gerne 5^{mm} tyk og forzinket. Den kan være trukket eller valset, men maa ikke have Valserande. Tværnittet skal være omtrent cirkulært. Den underkastes Træk-, Vridnings-, Bøjeligheds- og Opviklingsprøver (§ 429), desuden undersøges Forzinkningens Godhed (§ 562); Statsbanernes Fordringer findes i hosstaaende Tabel. Om Rustdannelse se § 505.

433. Telegraftraad fremstilles af blødt Staal (§ 421, 423). Den skal være trukket og nøjagtig cirkelrund. Den prøves som Hegnstraad, men desuden undersøges Ledningsmodstanden. Statstelegrafens og Statsbanernes Fordringer findes i hosstaaende Tabel, hvor ogsaa Fordringerne til Kobber- og Bronzetraad er medtagne. Om Hærdning se § 424, om Kulindhold § 240.

434. Foreningen af tyske Jærnfabrikanter har 1901 opstillet følgende Leveringsbetingelser:

For forzinket, udglødet Telegraftraad af blødt Staal:

Trækstyrke: mindst 4000 at.

Vridningsprøve. Traadens fri Længde 15 cm.

Traad af	6	5	4	3	2,5	2	1,7 mm Diameter
skal kunne taale	16	19	23	28	30	32	38 Snoninger.

Bøjelighedsprøve.

Traad af	6	5	4	3	2,5	2	1,7 mm Diameter
skal kunne taale	6	7	8	8	10	14	16 Bøjninger

omkring en Dorn med 10 5^{mm} Radius.

For forzinket Telefontraad af haardt Staal:

Trækstyrke: 13-14000 at. Brudforlængelse paa 500 mm Maalelængde: mindst 5 %.

Bøjelighedsprøve. Dornens Radius: 5 mm.

Traad af	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6 mm Diameter
skal kunne taale	4	6	7	8	10 Bøjninger.

Materiale	Diameter og Anvendelse	Diameterens tilladte Afvigelse	Trækstyrke	Total Brudlast	Brudforlængelse paa 15 cm Maalelængde	Antal Snoninger paa 15 cm	Antal Bøjninger om 20 mm Dorn	Mindste Ledningsvevne ⁶⁾	Største Ledningsmodstand pr. km ved 15° for Jærnstrom	Forbruger
	mm	mm	at	kg	%			%	int. Ohm	
Blødt Staal ¹⁰⁾ (forzinket).	5,1 ¹⁵⁾	+ 0,1	4000			13	5 ¹⁸⁾			14)
Blødt Staal ¹⁰⁾ (forzinket).	4,6 ¹⁶⁾					20	7 ¹⁸⁾		9	
Blødt Staal ¹⁰⁾ (forzinket).	4,5 ¹⁾		40-4800 ¹⁷⁾			20 ⁷⁾	18)		8,5	Statstelegrafvesenet
Blødt Staal ¹⁰⁾ (udglødet).	1,5 ²⁾	+ 2 %								
Hærdet Staal (forzinket).	3,0 ⁸⁾		12-14000 ⁹⁾			5	18)		25	
Kobber (haardttrukket).	8,21 ⁴⁾		4000					97		4)
do. do.	5,0 ¹¹⁾		4100	805		18		97	0,88	Statstelegrafvesenet
do. do.	4,5 ¹¹⁾		4200	668		20		96	1,09	
do. do.	4,0 ¹¹⁾	+ 0,05	4300	541	højest 1,5	22		95	1,40	
do. do.	3,5 ¹¹⁾		4400	423		24		94	1,85	
do. do.	3,0 ¹¹⁾		4500	318		26		93	2,54	
do. (fortinnet, udgl.)	1,5 ²⁾	+ 0,1								
Bronze	3,0 ⁵⁾		6100	431		26		64	3,69	
do.	2,5 ¹²⁾	+ 0,05	5500	270	højest 1,5	28		80	4,25	
do.	2,0 ¹³⁾		6500	204		30		60	8,86	
do.	1,5		6500	115		32		60	15,71	
do.	2,0	+ 1 %	5800					75		9)
do.	1,25		8000					35		

d. Tovværk.

435. Næsten $\frac{1}{8}$ af alt det smedelige Jærn, der fremstilles, laves til Traad, og største Parten af denne bruges til Tovværk, der finder Anvendelse, hvor Hampetove vilde blive for dyre og tunge. Jærntraadstove vejer kun ca. $\frac{1}{9}$ af, hvad en Kæde med samme Styrke vejer, men de er mindre varige og beskædiges stærkt af Rust¹⁹⁾; Tove, der skal bruges i fri Luft, fremstilles derfor af forzinkede Traade.

Hampetove bruges i Maskinbygningen til Ophejsning og Transmission og fremstilles runde, kvadratiske, trekantede og flade. Vejrfastheden er størst for Manillahamp og kan forøges ved Imprægnering med varm Tjære. Styrken af nye Tove er 700-900 at, men synker under Brugen temmelig hurtigt til det halve; Tjæringen formindsker Styrken med ca. 100 at. For Ophejsnings-

¹⁾ Denne Traad er brugt til omtrent alle Telegrafledninger; til vigtigere, internationale Ledninger i Danmark brugtes tidligere 5,5^{mm} Jærntraad, men nu 3^{mm} Kobbertraad. ²⁾ Bindetraad; den forlanges vel udglødet. ³⁾ Bruges til mindre vigtige Telefonledninger (Oplandsledninger og Abonnentledninger paa Landet) og til Barduner. ⁴⁾ Trolleytraad til Frederiksberg Sporveje. Tværnittet skal være 53^{mm}². ⁵⁾ Specielt for Telefonanlægget paa Island. ⁶⁾ Flydegrænsen skal mindst være 80 % af Brudgrænsen. ⁷⁾ For hver 100 at højere Brudstyrke end 4000 fordres $\frac{1}{2}$ Snonning mindre. ⁸⁾ I Procent af rent Kobbers. ⁹⁾ Københavns Telefon-Aktieselskab. ¹⁰⁾ Traaden benævnes blot »Jærntraad«. ¹¹⁾ Bruges til mellembyes Telefonledninger. Se ogsaa Note 1). ¹²⁾ Brugtes tidligere til mellembyes Telefonledninger. ¹³⁾ Bruges undertiden til Telegrafledninger Fremføring gennem Byer og undertiden til mindre vigtige Telefonledninger (Oplandsledninger). ¹⁴⁾ De danske Statsbaner. ¹⁵⁾ Hegnstraad. ¹⁶⁾ Telegraftraad. ¹⁷⁾ Flydespændingen skal mindst være 0,7 S¹. ¹⁸⁾ Endvidere foreskrives Opviklingsprøven (§ 429).

¹⁹⁾ Naar Traad rustet, formindskes ikke blot Styrken, men ogsaa Sejgheden. Muligvis skyldes dette lokale Rustgrubers Kærsvirkning.

tove sættes Sikkerhedsgraden gerne til 8. *E^t* er for Manillahamp ca. 5000 at. Statsprøveanstaltens Forsøg med Hampetove findes i *Ing.* 1909, Side 309.

Læderremmes Styrke ved alm. Forsøgshastighed er 250—450 at, men ved langvarig Belastning (flere Maaneder) kan Styrken synke til $\frac{2}{3}$ af de anførte Værdier. Naar en ny Rem belastes, faar den store blivende Forlængelser, der atter delvis forsvinder, naar Remmen lagres. De elastiske Forlængelser er ogsaa større for en ny Rem end for en gammel og vokser langsommere end Spændingen (§ 25), saaledes at *E^t* er variabel. Ved almindelige Driftspændinger kan sættes for nye Remme *E^t* = 1250 at, for gamle Remme: *E^t* = 2250 at. Ved svagt spændte Remme er *E^t* mindre, ved stærkt spændte større. Brudforlængelsen er 4—25 $\frac{0}{10}$. Man kan forlange *S^t* \geq 250 at, samt at Remmen under en Last af 160 at i Løbet af en Time højst maa forlænge sig 13,5 % paa 5 cm Maalelængde. Naar Remmen klemmes sammen i Haanden med Haardsiden udad, maa denne ikke revne, og klemmes den sammen med Haardsiden indad, maa denne ikke blive bølgel. Om andre Leveringsbetingelser og Forsøg se *T. F. T.* 1919, S. 116 (*Holstein*) og *Ing.* 1909, S. 309 (*Statsprøveanstalten*).

436. Ved Fabrikation af Transmissions-¹⁾ og Ophejsningstove gælder det om at forene Styrke og Bøjelighed i saa høj Grad som muligt. Bøjeligheden opnaar man ved at bruge tynde Traade, der snos i eet eller flere Lag udenom en Hampesnor, **Sjælen**, og af de saaledes fremstillede **Dukter** eller **Parter** (Fig. 187 a—c) fremstilles Tovet ved at sno 5 til 10 uden om en ny Hampesjæl (Fig. 189—91).

Ofte erstattes Dukternes Hampesjæl med Jærntraade (Fig. 187 d—m), hvorved faas et mindre bøjeligt, men stærkere Tov, der ikke forlænger sig saa meget under Brugen og derfor egner sig til Kraftoverføring paa store Afstande. I Kabler til Hængebroer er der slet ikke Hamp, idet Kærnen ogsaa dannes af en Jærntraadsdukt.

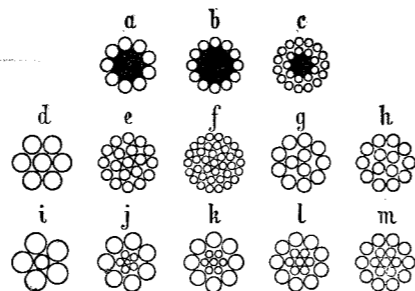


Fig. 187.

Naar Traaddiameteren holdes ensartet (d, e og f), kommer der 6 Traade uden om Kærnetraaden, og derefter kommer der 6 Traade til i hvert Lag (svarende til 2π).

Snoningsretningen i Dukter med flere Traadlag (Fig. 187 c) er gerne modsat i de enkelte Lag, for at disse ikke skal presse sig ind i hinanden. Som Regel er Snoningsretningen ogsaa modsat i Dukterne og Tovet (**Krydsslag**), men ved Transmissionstove er den undertiden ens (hvilket i Tyskland benævnes **Albertslag**, i England **Langs Patent**), da Tovet derved faar en jævnere Overflade og berører Tovskiven i flere Punkter, saa at Sliddet formindskes. Saadanne Tove er imidlertid tilbøjelige til at sno sig op, naar Enden er fri, og egner sig derfor kun til Ophejsningstove, saafremt Byrden er styret (Elevatore).

Stigningsvinklen maa være ens for alle Traadene, da de ellers faar forskellige Spændinger, naar Tovet belastes. Svag Stigning giver Bøjelighed og bruges ved Fortøjningstrosser; stærk Stigning giver Stivhed. Brugen af en enkelt Kærnetraad (Fig. 187 d) medfører at denne anstreges mere end de øvrige Traade, da den er mindre snoet; dette kan modvirkes ved at udgløde den eller ved at erstatte den med flere sammensnoede Traade (Fig. 187 g—h og Fig. 193). Se ogsaa *Ingeniøren* 1906, S. 289.

437. Almindelige Tovformer. Traadtykkelsen ligger gerne mellem 0,3 og 2,6 mm, og der kan være fra 12 til 432 Traade i et Tov. Styrken kan svinge mellem 4000 og 26000 at (§ 424); mens man til Barduner, der ikke behøver at være bøjelige, bruger tykke Traade af ringe Styrke (Fig. 188), bruger man til Ophejsningstove tynde Traade af stor Styrke (Fig. 189—93), og Materialet er da gerne Digelstaal af Hensyn til dettes større Sejghed.

Tovene benævnes ofte efter deres Omfang i engelske Tommer. Fig. 188—91 viser forskellige 2" Tove af dansk Fabrikat (*Jacob Holm & Sønner*) men samme Typer leveres i mange andre Dimensioner fra $\frac{1}{2}$ " til 6" i Omfang, idet man lader Traadens Diameter variere paa samme Maade som Tovets.

¹⁾ Til Transmission kan Jærntraadstove kun bruges, naar Kraftoverføringen er horizontal. Tovskiverne maa ligge nøjagtigt i samme lodrette Plan og i en indbyrdes Afstand af mindst 16 og højst 100 m.

Fig. 188 er et 6-slaaet Tov til Skibes staaende Rigning (Styrke: 14,8 t, Traad: 1,78 mm), Fig. 189 en 6-slaaet Fortøjningstrosse (Styrke: 8,3 t, Traad: 1,02 mm), Fig. 190 et 6-slaaet Krantov

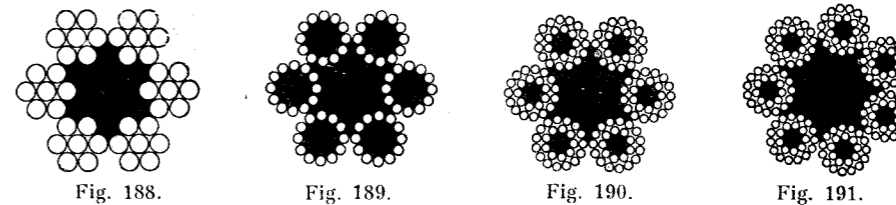


Fig. 188.

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191.

(Styrke: 12 t, Traad: 0,91 mm) og Fig. 191 et 7-slaaet Krantov (Styrke 11 t, Traad: 0,81 mm); de to sidste er i Forhold til deres Styrke særlig bøjelige (*special flexible*). Styrketallene gælder for Traad med *S^t* = 14200 at, til Fig. 188 og 189 bruges ogsaa Traad med *S^t* = 8200 at.

Fig. 192 er et 6-slaaet Elevatorov (Diameter: 14 mm, Styrke: 8,4 t, Traad: 0,86 mm), Fig. 193 et mere bøjeligt, 9-slaaet Elevatorov (Diameter 14 mm, Styrke: 9,7 t, Traad: 0,81 mm); disse Tove fremstilles af Traad med *S^t* = 18900 at og efter *Langs Patent* (§ 436).

Tynde Flagliner er gerne 6-slaaede med 3—12 Traade i Dukten.

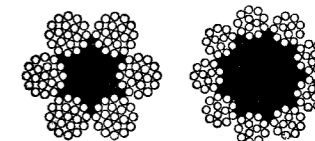


Fig. 192.

Fig. 193.

438. Særlige Tovformer. Kabelslaaede Tove bruges, hvor den størst mulige Bøjelighed ønskes. Hver Dukt er da selv et Tov, der f. Eks. bestaar af 6 sekundære Dukter udenom en Hampesjæl. Kabelslaaet Tovværk bruges undertiden i svære Taljer og som Fortøjningstrosser. De sekundære Dukter benævnes **Kordeler**. Bøjeligheden kan yderligere forøges ved at erstatte hveranden Kordel med en Hampesnor.

Hampeklædte Transmissionstove har hver Dukt omgivet med Hamp, hvorved Jærntraaden slides mindre, og Friktionen mod Tovskiven bliver større, saa at der kan overføres mere Kraft gennem Tovet.

Trekantede Tove bruges undertiden til Tovskiver med kileformet Rille paa Grund af deres bedre Anlæg.

Flade Tove er mere bøjelige end runde, men slides hurtigere.

Ellipseformede Dukter (Fig. 194) bruges undertiden til Transmissionstove, da de berører Tovskiven i flere Punkter, hvorved Sliddet formindskes.

Lukkede Tove (Fig. 195) bestaar af tykke Traade, dels runde, dels med specielle Former, der griber saaledes ind i hverandre, at en Traad ikke kan springe frem af Tovet, selv om den brydes, og at de indre Traade er godt beskyttede mod Fugtighed. Det sker imidlertid ikke saa sjældent, at der springer flere Traade ved Siden af hverandre, og i saa Fald holdes de ikke tilbage, og Tovet er da ubrugeligt. I et alm. Traadtov kan der godt fremkomme mange Traadbrud, uden at Tovet behøver at kasseres. Disse Tove anvendes, hvor Overfladen skal være særlig glat f. Eks. til Luftbaners Løbetove, eller hvor en særlig stor Styrke er nødvendig, saaledes navnlig til Hængebroer, men ogsaa til Ophejsningsapparater, naar man vil sikre sig mod Opsnoning. Diameteren ligger gerne mellem 20 og 45 mm, og Traadene har en Styrke af 5600 at, men ved Brokabler har man været oppe paa en Diameter af 132 mm og benyttet Digelstaaltraad af indtil 20000 at Styrke.

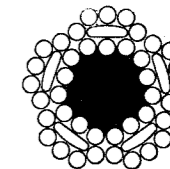


Fig. 194.

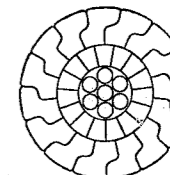


Fig. 195.

Usnoede Tove til Hængebroer fremstilles i Amerika ved at omvikle et Bundt parallelle Traade med tynd Traad; der bruges 4—6,5 mm tykke Digelstaaltraade med *S^t* = ca. 12000 at og $\delta = 4 \frac{0}{10}$, og den tilladelige Paavirkning sættes til 3000—3500 at. Kraften lader sig imidlertid vanskeligt fordele ensformig over et saadant Tov, hvis Traade ikke er snoede.

439. Ved Undersøgelse af Jærntraadstove prøves de enkelte Traade som tidligere beskrevet, og desuden prøves hele Tovets Trækstyrke.

Af Traad til kabelslaaet Jærntraadstovværk forlanger *den tyske kejserlige Marine*:

Traadtykkelse (uforzinket)	0,55	0,60	0,65	0,79	0,99	1,17	1,30 mm
Brud- } (mindst (St = 10000 at)	24	28	33	49	77	108	133 kg
Styrke } (Middeltal (St = 12500 at)	30	35	41	61	96	134	166 kg
Antal Snoninger paa } (mindst	14	13	12	9	8	7	6
25 cm Længde } (Middeltal	36	33	31	23	20	17	15
Antal Bøjninger } (mindst	11	10	9	7	5 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{1}{2}$	4
Dornradius: 5 mm } (Middeltal	16 $\frac{1}{2}$	15	13 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	8	6 $\frac{1}{2}$	6

440. Ved Prøvning af hele Tovets Trækstyrke skal Prøvestykkets frie Længde helst være 30 Gange Tovets Tykkelse, dog mindst 50 cm. Inden Prøvestykket skilles fra det øvrige, bør det

i bægge Ender paa en Længde af mindst 2,5 cm omvikles fast med Traad, for at de enkelte Dukter ikke skal forskyde sig i Forhold til hverandre. En almindelig Indspænding kan ikke bruges, da Trækket saa ikke bliver overført til de indre Traade, i alt Fald ikke naar Tovet er over 15 mm tykt.

Man gaar bedst frem som vist paa Fig. 196, idet man stikker Tovenden ind i et konisk Jærnhylster, trævler den op, fortinner den og bøjer Traadene om, hvorpaa den støbes fast i Hylstret med en letsmeltelig Legering af 4 Kadmium + 4 Tin + 8 Bly + 15 Wismut (Woods Metal) eller 9 Bly + 1 Wismut + 2 Antimon. Fortinningen skal bevirke, at Legeringen hæfter bedre. Indspændingslængden tages 10—12 Gange saa stor som Tovtykkelsen.

Naar Tovets Tykkelse ikke overskrider 15 mm, kan det ogsaa indspændes mellem Klembakker, men disse maa da være mindst 20 cm lange, og Tovets Riller maa udfyldes med Kobbertraad paa Indspændingslængden, der derpaa omvikles med tynd Traad.

I Kataloger over Jærntraadstove opgives som Tovets Brudstyrke Summen af de enkelte Traades Brudstyrke. I Virkeligheden er Tovets Styrke ca. 9 % ringere¹⁾.

441. Varigheden af Transmissionstove er under normale Forhold 2—3 Aar. Den er i mindre Grad afhængig af de Træk- og Bøjningsspændinger, man hyder Tovet, end af Traadens Ødelæggelse ved Fladtrykning og Slid dels inde i Tovet, hvor Smørelsen (§ 519) presses ud under Trykket, dels og navnlig i Overfladen, der gnider mod Tovskiven; her bliver Traadene skøre, saa de lidt efter lidt knækker. Jo rundere og jævner Tovets Overflade er, des større bliver Slidfladen og dermed Varigheden; krydsslaede Tove er derfor mindre varige end Tove, hvis Snøringsretning er lig Dukternes. De stærkeste Traade lider mest, derfor fraraader *Gebrüder Sulzer* Brugen af Plov-Staaltraad og anvender Digelstaaltraad, der i en Tykkelse af 0,7—0,8 mm har $S_t = 14000$ at og kan taale 100 Vridninger pr. 25 cm og 10 Frem- og Tilbage-Bøjninger om en 10 mm Dorn. Traade i Tovværk til Spil eller Tovbaner kan undertiden ved voldsom Friktion opvarmes saa stærkt, at de hærdes ved Afkølingen, og de knækker da let, naar de udsættes for stærk Bøjning. Under Mikroskopet viser saadanne Traade Martensit-Struktur.

442. Eftersyn. Paa Grund af de nævnte Forhold ved man aldrig, i hvilken Tilstand Tovet er, og saafremt et Brud kan gøre Ulykker, maa Tovet jævnlig (ved Bjærgværkselevatoreer daglig) efterses. Da det trætter Øjnene at lede efter brudte Traade, og da snavsede Tove ved et saadant Eftersyn først maa renses, anbefales det i Stedet at tage en Tot Hamp i Haanden og lade Tovet langsomt glide igennem; Traadenderne vil da gribe fat i Hampen. En anden Fremgangsmaade er at lade Tovet indgaa som Kærne i et Induktionsapparat, idet det trækkes gennem et kort Hylster med to Beviklinger. Gennem den ene sendes Vekselstrøm, i den anden indskydes et registrerende Vekselstrømsvoltmeter. Naar en brudt Traad passerer gennem Hylstret, kan Tovets ringere Virkning mærkes paa Voltmeteret (*J. M.* 1912, IX, 1).

443. Ved Dimensionering af Ophejsningstove til Mennesketransport holdes Summen af Tovets Træk- og Bøjningsspænding gerne under $\frac{1}{10}$ af Traadens Styrke, mens man ved Godstransport gaar 50 % højere op. De bedste Digelstaalstove (§ 424) hyder man altsaa 2000 henholdsvis 3000 at. Er Trækraften P , Traadenes Antal n og Diameter d , bliver Trækspændingen $P : n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$; er Tovets Diameter a , og løber det over en Skive, saaledes at Tovaksens Krumningsradius bliver ρ , opstaa der yderligere en Bøjningsspænding (§ 83): $a \cdot E : 2\rho$; i bægge Tilfælde er der set bort fra, at Traadene ligger i Skruelinier; undertiden tager man Hensyn hertil ved i Udtrykket for Bøjningsspændingen at indføre Faktoren $\frac{3}{8}$ (*Ing.* 1915, S. 605). I Danmark skal Elevatorstove beregnes med 10 dobbelt Sikkerhed, naar Elevatoren kun bruges til Godstransport; bruges den ogsaa til Personbefordring, skal der være to Tove, hvert beregnet for hele Belastningen med 10 dobbelt Sikkerhed (*T. F. T.* 1910, S. 202).

444. De svenske Normalbestemmelser (§ 365) fordrer Jærntraadstove til Spil o. lgn. fremstillede af seghærdet Traad med $S_t = 12000-14500$ at, kun i særlige Tilfælde maa der gaas op til $S_t = 17000$. For 114-, 162-, 222- og 366-traadede Tove af sædvanlig Standardkonstruktion med 6 Dukter slaaede omkring en Hampesjæl bør Forholdet mellem Traadens Diameter d og den mindste Diameter D af de Skiver eller Tromler, om hvilke Tovet løber, være som følger:

For Elevator- og andre Tove med temmelig kontinuerlig Drift	} {	naar $S_t = 12-14500$	$D = 800 d$
		» $S_t = -17000$	$D = 1000 d$
For Tove med mere sporadisk Drift	} {	» $S_t = 12-14500$	$D = 450 d$
		» $S_t = -17000$	$D = 500 d$

Trækspændingen beregnes af Formelen:

$$\sigma = \frac{P}{n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2} + \beta \cdot E \cdot \frac{d}{D}, \quad \text{hvori } \begin{cases} E = 2150000 \text{ at} \\ \beta = \frac{3}{8}, \text{ naar } D = 800-1000 d \\ \beta = \frac{1}{4}, \text{ » } D = 450-500 d \end{cases}$$

σ maa ved Haanddrift være højst $\frac{1}{3}$, ved Motordrift højst $\frac{1}{4}$ af Tovets Brudspænding; er denne ikke direkte bestemt, regnes den til 90 % af Traadens. Personelevatoreer skal have 2 bærende Tove, hvert beregnet for hele Lasten, som ovenfor angivet. Afstivningsbarduner dimensioneres med Sikkerhedsfaktoren $\frac{1}{4}$. Samtlige Sikkerhedsfaktorer indbefatter dynamiske Virkninger.

¹⁾ Statsprøveanstaltens Forsøg med Jærntraadstove findes offentliggjorte i *Ingeniøren* 1909, S. 309.

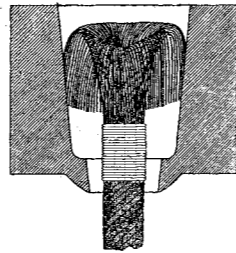


Fig. 196.

e. Traadfletværk m. m.

445. Traad bruges ogsaa til Traadfletværk, der hovedsagelig anvendes til Indhegninger og gaar i Handelen i Ruller. Mest benyttet er det i Fig. 197 viste **6 kantede Fletværk**, hvis Traade i Reglen er uløseligt sammensnoede, men ogsaa blot kan være højede om hinanden, som vist ved a , saa at Forbindelsen kan løses uden Overklipping. Saadanne Næt bliver dog altid forzinkede efter Fremstillingen, og Forbindelsesmaaden, taber derved i Betydning.

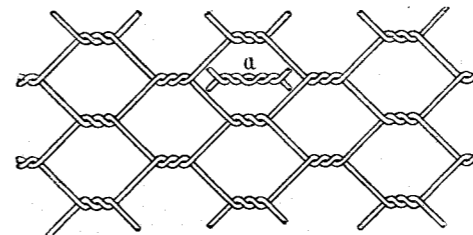


Fig. 197.

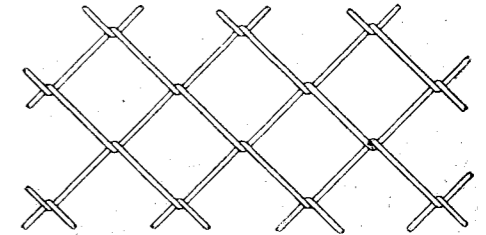


Fig. 198.

Fig. 198 viser et Stykke **Spiralfletværk**, hvor Traadene kun er snoede een Gang om hinanden. Det fremstilles af Traad, der forud er forzinket eller fortinnet.

Undertiden begrænses den Slags Indhegninger oventil af en **Pigtraad** dannet af to runde sammensnoede Traade,

af hvilke den ene med visse Mellemrum bærer smaa tilspidsede Traadstykker (Fig. 199 a). Ved Ditrigon-Pigtraaden (Fig. 199 b) omslutter disse Traadstykker bægge Traadene, der er trekantede.

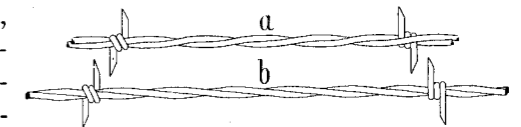


Fig. 199.

Rabitznæt er et løst Væv af forzinket 1 mm Jærntraad med kvadratiske 20 mm Masker. Det bruges til Udspænding mellem Loftsbjælker eller Vægstolper for at danne en Flade, hvorpaa der kan pudses.

6. Kæder.

446. Kæder er varigere end Tove, men tungere (§ 435).

Almindelige Kæder har ovale Led, der fremstilles af Rundjærn, ved at dette klippes i Stykker, der bøjes og svejses sammen. Jærndiameteren d kan variere fra 0,5 til 10 cm. Til spinkle Kæder ($d \geq 2$ cm) har man Maskiner, der besørger Afklipping og Bøjning samtidig. Er $d > 2,5$ cm, maa Bøjningen ske i Rødgldhede. Kædeleddene lapsvejses, og ved 18 mm Kæder og derunder ligger Svejestedet gerne i Leddets Ende, ved sværere Kæder i Leddets Langside. Da Svejestedernes Haardhed er større end de usvejste Partiers, er det i første Tilfælde af Vigtighed, at Leddene ved Fabrikationen vendes saaledes, at skiftevis to svejste og to usvejste Ender mødes, thi derved forringes Sliddet. Svejsningen maa foretages med stor Omhu, da en enkelt daarlig Svejsning gør Kæden ubrugelig. Svejsningen sker som Regel for Haanden; maskinsvejste Kæder er mindre paalidelige. Materialet er enten Puddeljærn eller blødt Martinstaal med $S_t \leq 3500$ at og $d_{200} \leq 15-18 \%$. Bruges Martinstaal, bør Kæden udglødes efter Svejsningen. **Kortleddede** Kæder med de i Fig. 200 viste Dimensioner vejer $2,25 d^2$ kg/m og bruges

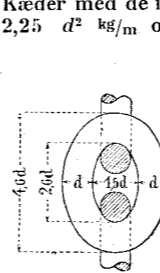


Fig. 200.

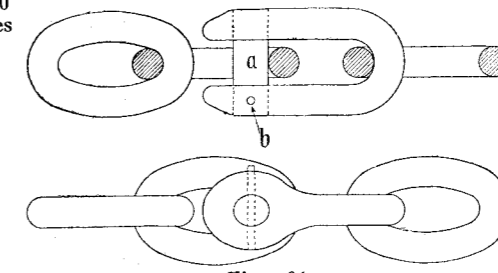


Fig. 201.

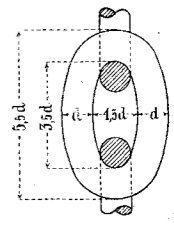


Fig. 202.

der skal løbe over smaa Ruller. **Langleddede** Kæder med de i Fig. 202 viste Dimensioner vejer $1,92 d^2$ kg/m og er billigere end de kortleddede, men ikke saa bevægelige og faar større Bøjnings-

spændinger, naar de vikles om en Tromle; de bruges derfor ikke saa meget til Ophejsning, men f. Eks. som Transportkæder og til Forankring af Sømærker. *Kalibrerede Kæder*, der bruges i Forbindelse med Tandhjul, faar deres nøjagtige Dimensioner ved Sænksmedning, og hvert enkelt Led eftergaaes og maales.

Hvis en Kæde springer, kan Brudstykkerne samles med en *Kædelaa* (Fig. 201), som man altid bør have i Reserve; Dornen *a* stikkes ind gennem Hullerne og fastgøres med Stiften *b*.

Kreaturlænker er langledede, og hvert Led bliver gerne vredet noget om dets Længdeakse, hvorved oppnaas, at Lænken faar en rundere Overflade og lettere trækkes gennem en Ring, uden at Leddene vender sig paa tværs og spærrer. Leddene samles i Enden ved elektrisk Svejsning (§ 269).

447. Til *Ankerkæder* bruges Led, hvis Langsider er afstivet mod hinanden med en Stolpe (Stræber); med de i Fig. 203 viste Dimensioner vejer Kæderne $1,98 d^2 \text{ kg/m}$. De er 20% dyrere end de aabne Kæder, men lettere at holde i Orden og stærkere, navnlig taaler de en større Prøvebelastning uden at deformeres. Den tilladelige Paavirkning sættes derfor 50% højere, end naar Stolperne mangler (§ 451).

448. *Spiralsvejste Kæder*. En ny Maade at fremstille Kæder paa er opfundet af *Alfred Marion*, Bruxelles. Et Stykke fladt Svejsjern opvarmes til Svejskede og indføres i et Valseværk, hvor det vikles op og svejses sammen, som Fig. 204 viser; andre Valses afrunder Ringen, saa den faar cirkulært Tværsnit, og presser den derpaa sammen til oval Form, samtidig med at Tværafstivningen indsættes. Saa snart Leddet er færdigt, indfører Maskinen et nyt Stykke Fladjern i det dannede Led og saaledes fortsættes. Ved disse Kæder er der ingen Fare for Brud paa Grund af daarlig Svejsning; baade Styrke og Brudforlængelse overstiger væsentlig de haandsvejste Kæders (*The Engineer*, 26. Marts 1909).

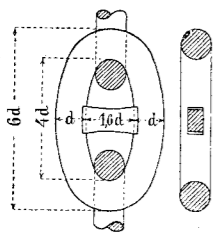


Fig. 203. Ankerkæde.

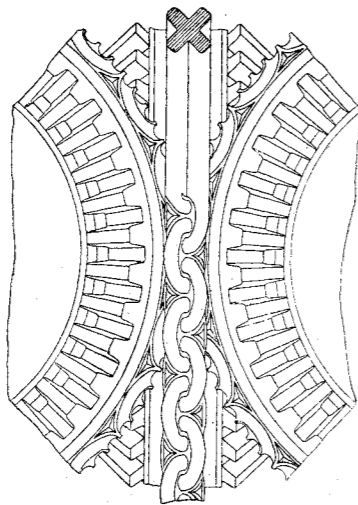


Fig. 205. Klattes Valsekæde.

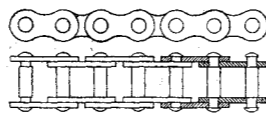


Fig. 206. Galls Kæde.

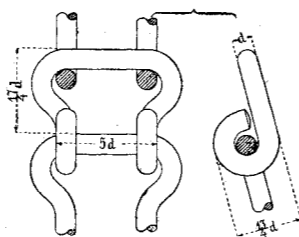


Fig. 207. Vaucansons Kæde.

449. *Valsekæder* fremstilles af en korsformet, glødende Stang ved Hjælp af 4 Valses udformede som koniske Tandhjul, der indgriber i hverandre, hvorved man først faar en kædelignende Stang (se Fig. 205), hvor den forreste Valse er fjernet, hvis enkelte Led derpaa adskilles og efterbehandles. Saadanne usvejste Valsekæder er opfundne af *Klatte* og har en Længde af ca. 50 m. De fremstilles af blødt Staal og er langt stærkere ($S^t = \text{ca. } 6000 \text{ at}$) og sejgere end de svejste. Se *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* 1894 S. 944, 1895 S. 1146 samt *Stahl und Eisen* 1894 S. 660, 1895 S. 564, 1896 S. 152.

Galls Kæde (Fig. 206), der kun er bøjelig i een Plan, bruges navnlig til stærke Kraner og som Drivkæde.

Af *Traad* fremstilles forskellige Slags Kæder, saaledes den i Fig. 207 viste *Vaucanson'ske* Kæde, hvis Bæreevne angives til $4 d^2 \text{ kg}$ (*d* i mm), og som navnlig bruges til Drivkæde.

450. *Prøvning*. Naar en Kæde er gjort færdig, bliver der hugget 3–5 Led af den ene Ende til Bestemmelse af Trækstyrken. Er denne tilfredsstillende, bliver hele Kæden prøvebelastet med 2–2,5 Gange Driftslasten enten under eet eller, naar den er for lang, i Længder paa 25 m. Ved denne Prøve, som er nødvendig for at konstatere Svejsningernes Paalidelighed, maa Kæden ikke faa nogen nævneværdig, blivende Formforandring.

De *svenske Normalbestemmelser* (§ 365) forlanger, at kortleddede Kæder uden Stolper skal leveres prøvebelastede med 2,25 Gange Driftslasten og kalibrerede Kæder med mindst 2 Gange Driftslasten.

Den *tyske kejserlige Marine* forlanger, at Kæder med Tværafstivning skal have en Trækstyrke af 2700 at og skal prøvebelastes med 1800 at, mens Kæder uden Afstivning skal holde 2400 at og

prøvebelastes med 1350 at. *Germanischer Lloyd* forlanger af Ankerkæder med Afstivning, naar Jærnets Diameter er mindre end eller lig 38 mm: $S^t = 2700 \text{ at}$, Prøvelast 1800 at, og naar Diameteren er større: $S^t = 2530 \text{ at}$, Prøvelast: 1800 at; samt af Krankæder o. lgn. uden Afstivning: $S^t = 2400 \text{ at}$, Prøvelast: 1200 at. Trækstyrken bestemmes ved at dividere Kraften med $2 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$. Prøvestykket behøver kun at indeholde 3 Led.

451. Dimensionering. For en ny, kortleddet Kæde uden Stolper, omhyggeligt haandsmedet af godt Jærn (§ 446), kan den tilladelige Trækspænding sættes til 637–650 at, saafremt Rulle- eller Tromlediameteren mindst er $20 d$ ved Haanddrift og mindst $30 d$ ved Motordrift, og saafremt den største Last, *P*, som Kæden er beregnet for, kun sjældent forekommer; Kædelledenes Tykkelse kan derefter bestemmes af Formlen $d \text{ cm} = \sqrt{P}$, hvor *P* indføres i Tons. Til denne Værdi af *d* lægges ofte indtil $0,3 \text{ cm}$ af Hensyn til Slid og Rust og af Hensyn til de Udgledninger, det fra Tid til anden kan anbefales at foretage for at opdage mulige Brudrevner. Naar Maksimallasten ofte forekommer, sættes $s^t = 500 \text{ at}$ eller $d = \sqrt{1,25 P}$. For maskinsmedede Kæder bør de tilladelige Spændinger formindskes med 12%. Til Kæder for Dampspil, der benyttes meget, og til Kæder, der er udsatte for stærke Ryk, gaar man op til $d = \sqrt{2 P}$. For kalibrerede Kæder, der ikke for hurtigt maa strække sig og slides, saa de bliver unøjagtige, sætter *Bach* $d = \sqrt{1,6 P}$. Ankerkæder med Afstivning dimensioneres efter Formlen $d = \sqrt{\frac{2}{3} P}$, svarende til $s^t = 955 \text{ at}$. For Galls Kæde kan Sikkerhedsfaktoren sættes til 5.

7. Rør.

a. Rørsorter.

452. Rør fremstilles baade af Svejsjern og Staal¹⁾. Efter Fabrikationsmaaden skelnes mellem svejste, sømløse, loddede og nittede Rør²⁾. Den ydre Rørdiameter er et Multiplum af $\frac{1}{16}$ engl. Tom., hvilket overholdes af alle Fabriker, da Gevindskæringen skal kunne udføres med samme Værktøj uden Hensyn til Rørets Oprindelse; derimod er der ingen faste Regler for Vægtykkelsen, og den til en given ydre Diameter svarende Lysvidde varierer derfor med Fabriken. Rørene benævnes imidlertid efter Lysvidden, idet man dog af Hensyn til dens variable Karakter ofte afrunder Tallet til det nærmeste Multiplum af 5 mm.

α. Svejste Rør.

453. Disse fremstilles ved at sammenbøje en lang, glødende Pladestrimmel til Rørform og sammensvejse Kanterne. Hvis Svejsningen er foretaget saaledes, at Kanterne støder stumpt mod hinanden, kaldes Røret *stuksvejst*, er de derimod lagt over hinanden, kaldes det *lapsvejst* (§ 267). Stuksvejste Rør bliver let utætte i Fugen, navnlig naar de bøjes, mens lapsvejste Rør er tættere og stærkere, men ogsaa dyrere. Pladestrimlen sammenbøjes ved at trækkes gennem et Hul, og Stuksvejsningen udføres ved en ny Trækning gennem et snævrere Hul, mens Lapsvejsningen udføres ved at stikke en Jærnstang med en sværere Dorn paa Enden gennem Røret, der derpaa oversmedes maskinelt eller føres gennem et Valseværk. De to Slags Rør benævnes derfor ogsaa undertiden henholdsvis trukne og valsedede Rør, men ofte bruges Betegnelsen trukne Rør ensbetydende med svejste Rør. Da der kræves en temmelig svær Stang til at holde Dornen paa Plads, kan Rør med under 51 mm Lysvidde kun faas stuk-svejste³⁾. Saadanne smaa Rør fremstilles ogsaa ved *Kilesvejsning*, der sammen med de to andre Meto-

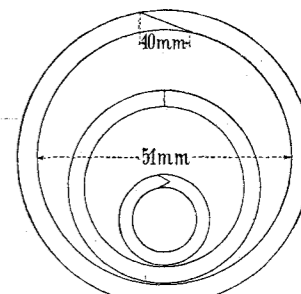


Fig. 208.

¹⁾ Om Kulholdigheden se § 240.

²⁾ Om elektrolytisk udfældede Rør se *Elektrotekniker* 1917, S. 168.

³⁾ Kun undtagelsesvis gaar man ned til 38 mm. Om elektrisk Svejsning se § 269 og 465.

der er vist paa Fig. 208. Mens der ved Stuk- og Lapsvejsning anvendes henholdsvis en retvinklet og skraa Afhøvling af Pladekanten, er her den ene Side høvlet kileformet, den anden indkærvet, hvorved en meget solid Samling opnaas¹⁾.

Efter Anvendelsen og Kvaliteten deles de svejste Rør i Gas- og Vandrør, Dampvær og Dampkedelrør.

454. Gas- og Vandrør, ogsaa kaldet lette Rør, bruges til alm. Husledninger for Gas og Vand, idet disse Ledninger er for snævre til at udføres af Støbejern²⁾. Til Jordledninger bruges derimod støbte Rør, der paa Grund af deres Tykkelse og Støbeskal staar sig bedre mod Rust. Overgangen fra de støbte til de svejste Rør sker lidt udenfor Muren, da man ved at føre det støbte Rør gennem Muren kan risikere, at det revner ved eventuelle Sætninger i Murværket (§ 144). Desuden bruges Gas- og Vandrør til Rækværker o. lgn.

Rørene er gerne stuksvejste³⁾, og Ydersiden er som Regel sortmalet, men til Vandledninger fremstilles Rørene ogsaa forzinkede (§ 561) eller forede med enten Bly eller Tin.

Rørene fremstilles med de Side 188 angivne Dimensioner samt med Lysvidderne $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{4}$ og $\frac{2}{4}$ Tom. engl. (3, 6, 57 og 70 mm). Vægtykkelsen og Længden (4—7 m) varierer, eftersom Rørene er fra den ene eller den anden Fabrik. $\frac{1}{2}$ " Rør er gerne 2—3 mm tykke, 3" Rør 4—5 mm tykke. Se ogsaa I. M. 1909, VIII, 6 samt angaaende Vægten § 474. Om Rørsamlinger se § 466, Leveringsbetingelser § 471-7.

Under særlige Forhold bruges langt større Rør. Stockholms Vandværk har saaledes tværs under Mälaren lagt 60 cm lapsvejste Rør af Martinstaal med 13 mm Vægtykkelse og indtil $13\frac{1}{4}$ m lange. Rørene samledes med vandtætte Kugleled, der tillod en Drejning (Ing. 1915, S. 543).

455. Dampvær, ogsaa kaldet svære Rør, adskiller sig fra Gas- og Vandrør ved en 1—2 mm større Vægtykkelse og en tilsvarende mindre Lysvidde samt ved at være lapsvejste, saafremt Diameteren er større end 50 mm.

De er gerne rød- eller brunmalede⁴⁾. De faas i samme Dimensioner som Gasrørene og helt op til 305 mm (12" engl.).

Dampvær bruges til Opvarmningsanlæg af Hensyn til deres større Tæthed og Varighed overfor Rustangreb.

Af samme Grund benyttes 19 mm Dampvær som Stikledning til Gadelygter. Om loddede Rør se § 465, om Rørsamlinger § 467-8, Leveringsbetingelser § 471-7.

I Henhold til Dansk Ingeniørforenings Forskrifter maa Husspildevandsledninger af smedeligt Jern kun anvendes med Myndighedernes særlige Tilladelse, og der skal da bruges Dampvær, som asfalteres indvendig og asfalteres eller males udvendig. Formstykkerne skal være hammerbare og af den for Støbejerns-Afløbsrør foreskrevne Form (§ 146).

456. Dampkedelrør (Røgrør, Ildrør, Kogerør, Vandvær) har en forholdsvis ringe Vægtykkelse, men er til Gengæld fremstillet af et udmærket Materiale og særlig omhyggeligt lapsvejste. De bruges fortrinsvis til Rørkedler (Lokomotiver, Lokomobiler, Dampskibe, faststaaende Rørkedler) og til Dampledninger. Deres Evne til at modtage og afgive Varme vokser i høj Grad med Fladernes Glathed⁵⁾.

Til Skibskedler bruges undertiden en haardere Kvalitet end den normale for at formindske Rustdannelsen; denne kan helt undgaas ved Anvendelse af Nikkelstaal (§ 312, 185). Iøvrigt bruges sømløse Rør i stigende Grad, navnlig i Skibe.

¹⁾ Se *Ingeniøren* 1909, Side 441.

²⁾ I København er alm. Husledninger 19 mm, Ledninger til Badeværelser 25 mm, til Brandhaner 51 mm.

³⁾ Naar Diameteren \geq 51 mm, leveres de ogsaa lapsvejste.

⁴⁾ Der har været Dampvær, formentlig amerikanske, i Handelen, malede med en mere karmesinrød Farve, formentlig Anilinfarve, der ødelægger en senere paaført Dækmaling (Ing. 1915, S. 122).

⁵⁾ *Mitt. ü. F.* Heft 108-9.

Dampkedelrør leveres med de i hosstaaende Tabel givne **Dimensioner** (se ogsaa § 461-2 og 482):

Ydre Diameter		Normal Vægtykkelse	Vægt pr. m	Ydre Diameter		Normal Vægtykkelse	Vægt pr. m.
engl. Tom.	mm	mm	kg	engl. Tom.	mm	mm	kg
$1\frac{1}{2}$	38	$2\frac{1}{4}$	1,97	$5\frac{1}{4}$	133	4	12,65
$1\frac{5}{8}$	41,5	»	2,17	$5\frac{1}{2}$	140	$4\frac{1}{2}$	14,90
$1\frac{3}{4}$	44,5	»	2,32	$5\frac{3}{4}$	146	»	15,56
$1\frac{7}{8}$	47,5	»	2,49	6	152	»	16,22
2	51	$2\frac{1}{2}$	2,97	$6\frac{1}{4}$	159	»	17,00
$2\frac{1}{8}$	54	»	3,15	$6\frac{1}{2}$	165	»	17,65
$2\frac{1}{4}$	57	$2\frac{3}{4}$	3,65	$6\frac{3}{4}$	171	»	18,31
$2\frac{3}{8}$	60	3	4,20	7	178	»	19,08
$2\frac{1}{2}$	63,5	»	4,45	$7\frac{1}{2}$	191	$5\frac{1}{2}$	24,93
$2\frac{3}{4}$	70	»	4,90	8	203	»	26,60
3	76	»	5,35	$8\frac{1}{2}$	216	$6\frac{1}{2}$	33,20
$3\frac{1}{4}$	83	$3\frac{1}{4}$	6,35	9	229	»	35,30
$3\frac{1}{2}$	89	»	6,78	$9\frac{1}{2}$	241	»	37,20
$3\frac{3}{4}$	95	»	7,30	10	254	»	39,50
4	102	$3\frac{3}{4}$	9,01	$10\frac{1}{2}$	267	7	44,50
$4\frac{1}{4}$	108	»	9,56	11	279	$7\frac{1}{2}$	49,60
$4\frac{1}{2}$	114	»	10,10	$11\frac{1}{2}$	292	»	52,10
$4\frac{3}{4}$	121	4	11,46	12	305	»	54,70
5	127	»	12,03	$12\frac{1}{2}$	318	8	60,50

Rørene leveres ogsaa med større Vægtykkelse, og om det ønskes med udvidede eller indsnævrede Ender (Fig. 228-29). Længden er 4—6 m. De større Rør (102 mm og derover) leveres ogsaa med mindre Vægtykkelse til Brug ved Luft-, Varmtvands- og Dampopvarmningsanlæg samt til almindelige Dampledninger med ringe Tryk. Om Rørsamlinger se § 469 og 478-82, om Prøvning § 471-2.

457. Angaaende det ydre Vædsketryk, der skal til for at trykke Kedelrør flade, har Stewart anstillet Forsøg og fundet, at lapsvejste Rør af Bessemerstaal kunde taale:

$$6100 \frac{a}{D} - 97,5 \text{ at, naar } \frac{a}{D} > 0,023, \text{ og } 3530000 \left(\frac{a}{D}\right)^3 \text{ at, naar } \frac{a}{D} < 0,023$$

a er Vægtykkelsen, D den ydre Diameter. Formlerne giver Middeltal af Forsøg med 6,1 m lange Rør med $D = 50$ à 305 mm. Ved mindre Rørlængder vokser Modstanden noget (se *Tekn. Forenings Tidsskrift* 30te Aargang, Side 253 og *Carman*: The collapse of short thin tubes (Illinois Eng. Exp. St. Bul. 99).

458. Til Ildkanaler i Dampkedler bruges undertiden vide Rør, hvis Vægges Længdesnit er bølgel. Saadanne Rør (*Fox, Morrison*) er mere modstandsdygtige mod ydre Tryk end de alm., selv om Vægtykkelsen er ringere, de fjærer bedre i Længderetningen og har $\frac{1}{7}$ større Ildpaavirkningsflade.

Spiralsvejste Rør har Svejsfugen liggende i en Skruelinie. De fremstilles af sejt Martinstaal eller Svejsjern og egner sig navnlig til større Dampledninger med stort Tryk.

Den ydre Diameter ligger mellem 157 og 622 mm, Vægtykkelsen mellem 2,5 og 6 mm, og hvert Rør leveres med 3—4 forskellige Vægtykkelser efter Driftstrykket. Dette kan for 157 mm Rør være indtil 30 at, for 622 mm Rør indtil 15 at. Inden Forsendelsen underkastes de et Prøvetryk lig 1,5 Gange Driftstrykket. I Reglen leveres de asfalterede, men de kan ogsaa faas oliemalede eller forzinkede. Normallængden er 10 m. Om Samlingsmaader se § 470.

Til de allerede nævnte Anvendelser maa endnu føjes Master samt Gas- og Vandledninger. I sidste Tilfælde beskyttes de mod Rust med tjæret Jute ligesom Muffestaalrør (§ 463).

Højtryksrør til Manometre, hydrauliske Presser o. s. v. er ligesom Dampkedelrørene særlig omhyggeligt svejste, men tillige tykkere. Tykkelsen bestemmes efter Trykket. Om Samlingsmaader se § 470. De fremstilles med følgende Lysvidder (se ogsaa § 462):

$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2" engl.
6	10	13	16	19	25	32	38	44	51 mm

β. Sømløse Rør.

459. Disse fremstilles af en Hulcylinder af blødt Staal, der indsnævres og strækkes ved Valsning eller Trækning.

Selve Hulcylinderen kan støbes i en Form med Kærne, naar Kærnen er saaledes beskaffen, at den ikke hindrer Cylindrens Svind, men man plejer at

undgaa Kærnen ved at støbe i roterende Forme, der løber saa hurtigt, at Staal presses op mod Væggen.

Denne Metode bruges f. Eks. i Frankrig. Rørene støbes liggende, 2 m lange og 20 cm i ydre Diameter; deres endelige Dimensioner faar de ved Valsning. Materialet er blødt Martinstaal med $S_t = 38-4000$ at og $\delta = 30\%$; blødere Materiale gør Rørene porøse. Disse sømløse Rør bruges af alle Frankrigs store Jærnbanselskaber til Lokomotivrør og finder desuden Anvendelse til andre Dampkedler, Jagtgeværer, Cykel- og Automobilstel.

I Sverrig har man brugt at støbe alm. Blokke, hvis flydende Indre udhældtes, naar der var størknet en tilstrækkelig tyk Skal langs Formens Vægge. Materialet var Martinstaal. Efter Opvarmning afsavedes Blokkens Bund, og Røret fuldendtes ved Valsning og Trækning. Metoden (**Styrting**) brugtes til Cykelrør og Geværløb, men var for dyr, da Halvdelen af det flydende Staal hældtes ud, og er nu opgivet.

Ved **Ehrhardts Metode** (Fig. 209) anbringes en glødende Blok med kvadratisk Tværnsnit i en cylindrisk Form, hvorpaa en cylindrisk Dorn presses ind i den; det saaledes dannede tykke Rør fuldendes ved Trækning¹⁾.

Mannesmann udvalser ved en særlig Fremgangsmaade tykke Rør af glødende, massive Staalstænger, og undertiden fuldendes Røret efter samme Princip. Det er en meget voldsom Behandling af Materialet, og Rørenes Sejghed bliver mindre end ved de andre Metoder²⁾. De Ehrhardtske Rør maa derfor foretrækkes til Kedelrør.

Endelig kan man **presse** Røret op af en cirkulær Martinstaals Plade, der i 4-5 Operationer, hver Gang under fornyet Opvarmning, presses op til en høj Krukke, der behandles videre paa Trækkebænk.

Paa denne Maade fremstilles Kulsyreflasker og lignende vide Rør i Amerika.

460. Hulcylindrenes Strækning og Indsnævring kan ske ved **varm Presning** (Fig. 210), idet man anbringer en Dorn i den for Enden lukkede Cylinder og presser bægge Dele gennem stadig snævrere Trækhuller.

Cylindrene kan ogsaa **vals** ned paa samme Maade som Rundjærn, kun anbringes der mellem Valserne en Dorn omtrent som ved Lapsvejsning (§ 453).

Koldt trukne Rør fremstilles af Hulcylindren ved at sammenhamre dens ene Ende (Fig. 211) og trække den gennem stadig snævrere Trækhuller, hvis Midte er udfyldt med en Dorn (Fig. 212). Mellem hver Trækning udglødes Røret.

Denne Fremgangsmaade bruges i *Fagersta* til bl. a. Cykelrør. Hulcylindrene faas fra *Sandviken*, hvor de fremstilles efter Mannesmanns Metode. Koldtrækning bruges ogsaa i England, og Materialet er svensk Martinstaal. Hulcylindren maa paa det nærmeste have samme Diameter som det færdige Rør. Inden Trækningen glødes og syrebejtes; efter sidste Trækning olieres Rørene indvendig for ikke at ruste, hvorpaa de pakkes i Trækasser.

461. Almindelige sømløse Rør bruges navnlig til Cykel- og Automobilstel, men desuden i Lokomotiv- og Skibskedler, til Dampledninger og hydrauliske Ledninger, hule Vogn- og Transmissionsaksler, Telegraf- Telefon- og Flagstænger (ved en særlig Valsemetode bringes Diameteren til at aftage trinvis opefter), Søjler ombord i Skibe, Strømaftagere paa de københavnske Sporvogne, Borerør³⁾, Kulsyreflasker og Rør af hærdelig Digelstaal til hult Værktøj (f. Eks. Bor).

Leveringsbetingelser. Til de danske Statsbaners Lokomotiver forlanges Kedelrør af blødt Staal med $S_t = 34-4000$ at og $\delta \leq 25\%$. De skal forfærdiges uden Svejsning ved Presning eller

¹⁾ Se T. F. T. 1901-2, 9. Hefte.

²⁾ Der bruges Martin- eller Digelstaal, Svejsjærn er for svagt til at taale Processen.

³⁾ Borerør faas med Lysvidder paa $\frac{3}{4}-6$ " engl. (19-152 mm).

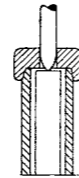


Fig. 209

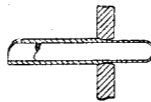


Fig. 210.

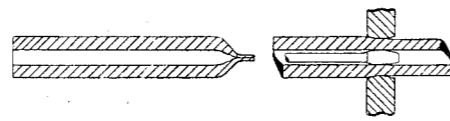


Fig. 211.

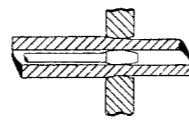


Fig. 212.

Valsning og derefter følgende Trækning af allerbedste Materiale (Kvalitet: Cykelrør) og maa i kold Tilstand kunne taale Opdrorning og Indsnævring til en 10 mm større eller mindre Diameter (Fig. 228-29) samt Indvalsning i Rørvæggen uden at vise Tegn til Ridser eller Revner. Et Rørstykke paa 50 mm Længde maa kunne taale at slaas fuldstændig plad sammen (Fig. 226) under Damphammer i alle Retninger, uden at der viser sig mindste Tegn til Brud eller Revner. Rørene maa være aldeles glatte baade ud- og indvendig, og der maa ikke findes Glødskal eller Rust paa dem.

462. Om Mannesmanns Rør skal der i det følgende gives nogle nærmere Oplysninger.

Kedelrør fremstilles af Martinstaal med $S_t = 38-4200$ at i ganske samme Dimensioner som de svejste Kedelrør, dog kun op til 305 mm i Diameter. Længden er 4-5,5 m; for Længder over 5,5 m forlanges Overpris. Rørene leveres ogsaa med større Vægttykkelse (naar Diameteren er 51 mm eller derover) og, om det ønskes, med udvidede eller indsnævrede Ender (Fig. 228-29). Inden Salget prøves de med 50 at Overtryk. Vægttykkelsen af de blot valsedede Rør varierer en Del, hvilket kan undgaaes, naar Rørene trækkes efter Valsningen; saadanne kalibrerede eller Præcisions-Rør leveres med indtil 216 mm ydre Diameter og indtil 8 mm Vægttykkelse; de bruges til Kogerør, men er naturligvis væsentlig dyrere end de almindelige.

Højtryksrør fremstilles med 30-216 mm Lysvidde og 3-13 mm Vægttykkelse; Prøvetryk: 25-525 at.

Koldt trukne Rør til Cykler o. lgn. fremstilles af det bedste svenske Staal og med den ydre Diameter lig 10-12-14 . . . 38-40 mm. Rør med mellemliggende Diametre leveres til samme Pris som det nærmeste større Rør. Hvert Rør faas med Vægttykkelserne 0,5-0,6-0,7 . . . 1,9-2,0 mm. I alm. Cykler er Vægttykkelsen kun 0,5 à 1,5 mm.

463. En særlig Art sømløse Rør er Muffestaalrør (Fig. 213), der bruges til Jordledninger for Gas og Vand paa Steder, hvor Støbejærnsrør ikke er paalidelige nok; de vejer en Del mindre end de støbte Rør, er derfor billigere at transportere og gaar ikke i Stykker som disse, samt lader sig bøje ved Lægningen, men de er ca. 20 % dyrere. De samles med Bly ligesom støbte Rør¹⁾. Til Beskyttelse mod Rust er de asfalterede ind- og udvendig og desuden indhylles de i tjæret Jute.

Mannesmann fremstiller Rørene med følgende Dimensioner (de føres dog ogsaa i engelsk Maal $1\frac{1}{2}-10$ " i Diameter og indtil 47 Fod lange):

Lysvidde	Vægttykkelse	Muffevidde	Muffetykkelse	Muffedybde	Vægt pr. m incl. Jute	Lysvidde	Vægttykkelse	Muffevidde	Muffetykkelse	Muffedybde	Vægt pr. m incl. Jute
mm	mm	mm	mm	mm	kg	mm	mm	mm	mm	mm	kg
40	3	60	7	81	3,85	100	4	123	7 $\frac{1}{2}$	97	11,6
50	3	71	7 $\frac{1}{2}$	85	4,9	125	4	148	7 $\frac{1}{2}$	100	14
60	3	81	7 $\frac{1}{2}$	88	5,5	150	4 $\frac{1}{2}$	174	7 $\frac{1}{2}$	103	19
70	3 $\frac{1}{4}$	91 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	90	6,5	175	5	200	7 $\frac{1}{2}$	106	25,5
75	3 $\frac{1}{2}$	97	7 $\frac{1}{2}$	91	7,8	200	5 $\frac{1}{2}$	227	8	110	30
80	3 $\frac{1}{2}$	102	7 $\frac{1}{2}$	92	8,6	225	6 $\frac{1}{2}$	254	8	110	40
90	4	112 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	94	10,5	250	7	282	8 $\frac{1}{2}$	113	53

Nyttelængden er normalt 5-10 m, paa Bestilling kan de faas længere. De prøves med 75 at Tryk.

Københavns Belysningsvæsen har følgende Leveringsbetingelser for 75 mm Muffestaalrør: Rørene skal være asfalterede udvendigt og være beviklede med et Lag tjæret Jute eller lign., fuldstændig forbunden med Røret. Rørene skal være fuldstændig lige og cylindriske, og deres Endeflader vinkelrette paa Rørets Akse. Længden af Rørene skal være 5 à 7 m. Muffen eksklusive, efter Leverandørens eget Valg, men skal være nøjagtig den samme for alle Rør. Den til Blyet bestemte Fuge skal være mindst 7,5 mm bred og 90 mm dyb. Vægten ønskes helst 924 kg pr. 100 lb. m, men ogsaa Rør af anden Vægt kan tilbydes. Med Hensyn til Vægttolerance, Vandtrykprøve, Ætseprøve for Sømløshed, Styrke og Bøjelighed følges Ingeniørforeningens Normer (§ 473). Tilbudet skal være ledsaget af en nøjagtig Tegning af Rørene og en mindst $\frac{1}{2}$ m lang Prøve, der kan vise Beviklings Art.

464. Sømløse Ribbe Staalrør er forsynede med to Længderibber i samme Plan; stilles denne lodret, kan de bære sig selv paa en stor Længde trods deres ringe Vægttykkelse; de kan ogsaa bruges som Søjler. De fremstilles af sejt Martinstaal, 6-10 m lange, 130-220 mm i indvendig Diameter og 3-10 mm tykke.

¹⁾ Om Samling ved autogen Svejsning se Ing. 1915, S. 606.

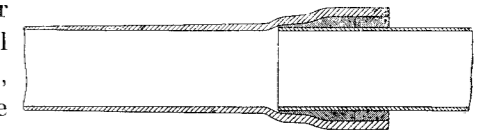


Fig. 213.

γ. Nittede og loddede Rør.

465. Rør sammennittede af Jærnplader bruges, naar Diameteren er saa stor eller de virkende Kræfter saa betydelige, at Støbejern ikke kan bruges. Blandt Anvendelserne skal nævnes Vandtilførselsledninger for Turbiner, Blåseledninger samt dykkede Vandledninger (under Vandløb). Saadanne Rør (indtil 3 m i Diameter) fremstilles nu ogsaa ved autogen eller elektrisk Svejsning.

Rør, hvis Fuge ikke er svejst, men loddet sammen med Slaglod, bruges ofte til Cykelstel og kan endvidere benyttes til Dampledninger med lavt Tryk (Varmeledninger), idet de samles med paasatte Støbejernsflanger.

Kabelrør til Beskyttelse af Elektricitetsledninger i Huse er spinkle Blikrør med ydre Diameter 7, 11, 13, 16 eller 19 mm; Vægtykkelsen bør mindst være 1 mm for $d \leq 16$ mm og mindst 1,5 mm for $d > 16$ mm. Man skelner mellem aabne og lukkede Rør. De aabne Rør er blot sammenbøjede uden Samling af Randene; de taaler ikke at bøjes og bør kun bruges i tørre Rum og ikke skjules i Puds, Panel eller lign. De lukkede Rør er stuksvejste eller laploddede og bruges til Indstøbning i Beton, eller naar Ledningen paa anden Maade skjules. De laploddede Rør er de dyreste. Samlingen sker med Skruemuffer eller glatte Skydemuffer; de sidste giver ingen stiv Forbindelse og holder ikke Fugtighed ude, hvorfor de ikke kan bruges ved Indstøbning i Beton eller Indlægning i Puds. I tynde Ydermure eller Tage er Rørene udsatte for Afkøling, og da deres Indre er i Forbindelse med Stuens Luft, kan der, hvis denne er varm og fugtig, i Rørene danne sig Fortætningsvand, der før eller senere gennemtrænger Isoleringen og fremkalder Kortslutning. Saadanne Steder og paa fugtige Mure er Blykabel at foretrække. Rørene sælges sort lakerede, og der findes forskellige Systemer, Simplex, Perfecta m. fl.

b. Rørsamlinger.

466. Gas- og Vandrør er skrueskaarne i Enderne og samles ved løse Muffer, idet Tætning tilvejebringes med Hamp og Mønjekit eller Blyhvidt. Foruden Mufferne haves mange andre Forbindelsesstykker (**Fittings**) (Fig. 214). *a* og *r* er *Bøjninger*, der bruges, hvor en Ledning skal

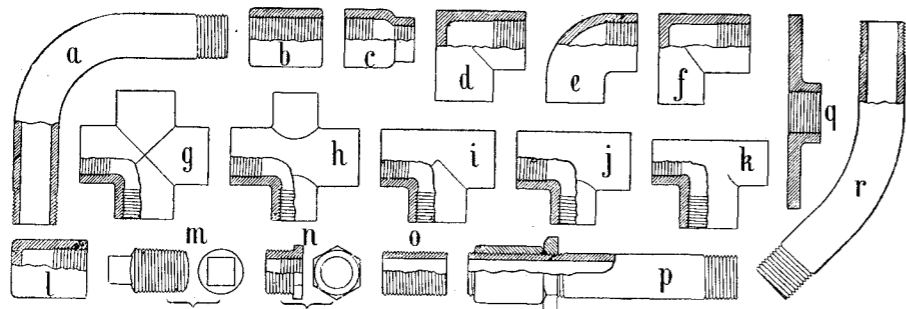


Fig. 214.

bøje af under 90 eller 45°; *b* er en *alm. Muffe*, *c* en *Formindskelemuffe*, der bruges, hvor Ledningens Dimension skal formindskes; *d* er en *skarp Vinkel*, *e* en *rund Vinkel*, *f* en *Formindskevinkel*, de bruges alle som Erstatning for Bøjninger; *Krydset g* og *Formindskekrydset h* bruges, hvor der samtidig udgaar to Stikledninger fra en Hovedledning; *Teet i* og *Formindskeksteet j* bruges ved Afgang af enkelte Stikledninger, *Teet k*, hvor en Ledning forgrener sig i to. Hvor en Ledning ender blindt, bruges *Slutmuffen l*, til midlertidig Lukning *Proppen m*, der nemt kan skrues ud igen. *n* er en *Nippelmuffe*, som indskrues i *Teet i* erstatter Formindskeksteet *j*; *o* er en *Nippel* til Samling af Vinkler, Kryds og Teer. *Langgevindet p* er et kort Rørstykke med langt Gevind i den ene Ende og med en særlig formet Muffe og Kontramotrik; det faas i forskellige Længder og indbygges i Ledningen, hvor denne nemt skal kunne adskilles, nemlig ved at Muffen skrues over paa Langgevindet som vist; naar Muffen er skruet fast paa Naborøret, skaffes der Tæthed ved dens højre Ende ved at skruer Kontramotriken stramt imod den, idet begge de to Flader er skaalformede til Optagelse af Tætningsmateriale. Endelig haves *Flanger q*, der skrues paa Rørenden, og i hvilke der kan bores Huller til Forbindelsesbolte.

I Stedet for Langgevind bruges ogsaa *Rør-Muffekoblinger (Unions)*, hvis Form hyppigst er som Fig. 215 viser med Læder- eller Gummipakning. Sjøldnere bruges Formen Fig. 216, der er fri for den forgængelige Pakningsring, men hvis Kegleflader, der er belagte med Rødgods, til Gengæld let ødelægges af Sand og Snavs. Rørkoblinger bruges dog mest til Kobber-, Messing- og Bronzerør, og i saa Fald er de helt af Rødgods eller Bronze og bliver ikke skruede, men loddede paa Rørenderne.

Fittings til 51 mm Rør og derover er altid af smedeligt Jærn. Til mindre Dimensioner bruges derimod ofte hammerbart Støbegods (§ 155), da det

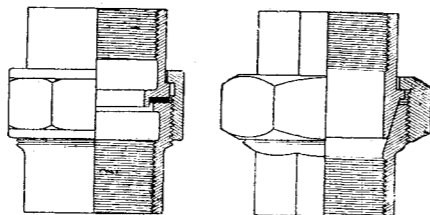


Fig. 215—16.

er billigere. Saaledes tillader Københavns Kommune Brugen af støbte Fittings, naar Rørdiameteren er 13 mm eller derunder. De skal kunne slaas flade paa en Ambolt uden at revne.

467. Dampør kan samles med Muffer og andre Fittings svarende til Gasrørene, men de er sværere end disses og altid smedede. Tætningen foretages med Mønje. Samlingen sker hyppigst med Flanger, der giver en stivere og derfor tættere Forbindelse end Mufferne, men medfører den Ulempe, at Rørenes Afstand fra Væggen bliver større. Flangerne paaskrues Rørenes skrueskaarne Ender (uden Tætningsmateriale), hvorefter disse yderligere vales fast med Rørudvider.

Københavns Stadsingeniør tillader Brugen af Støbejerns Flanger til Varmtvandsledninger, mens de til Dampledninger skal være af smedeligt Jærn. De forlangte Flangedimensioner er indførte i Tabellen Side 188, hvor ogsaa Fordringerne til Kobberør og disses Bronzeflanger er medtagne. Fig. 217 og 219 viser de normale Flanger for henholdsvis Staal- og Kobberør, mens Fig. 218 viser et normalt T-Stykke, for hvilket $l = d_1 + 100$ mm, $g = \frac{1}{3}(d_1 + d_2) + 10$ mm, $s = d_1 : 25 + 10$ mm. Boltehuller maa ikke anbringes i Flangerens lodrette Diametralplan. De senere Aars Erfaringer gaar dog ud paa, at Staalflangerne let bøjes under Tilspændingen, saaledes at Støbejernsflanger er at foretrække ogsaa til Dampledninger, men de bør da gøres ca. 5 mm tykkere end de for Varmtvandsledninger bestemte. Endvidere har de i Fig. 217—9 tegnede Styrelister og Noter vist sig overflødige; man bruger i stigende Grad plane (altsaa ens) Flanger, hvilket er væsentlig billigere.

Om Materialet til Bronzeflanger se § 683 og 690.

468. Perkinsrør er svære, lapsvejste Svejsærør, der har været brugt til Højtryks-Varmeanlæg med varmt Vand. De fremstilles kun i to Dimensioner, nemlig med en Lysvidde af 16 og 22 mm ($\frac{5}{8}$ og $\frac{7}{8}$ engl.) og ca. 5 mm Vægtykkelse. De samles uden Pakningsmateriale paa den i Fig. 220 viste Maade. Den ene af de to Rørender skærpes, den anden files flad, og de skrueskæres modsat og samles med en Muffe, som er højreskaaren i den ene Ende, venstreskaaren i den anden, hvorved den skærpede Rørende presses lidt ind i den flade.

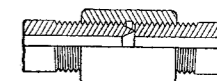


Fig. 220.

469. Dampkedelrør. Naar Rørene bruges til **Dampledninger**, samles de indbyrdes med Flanger af Staalstøbegods eller presset blødt Staal, og som enten kan være løse eller faste. De løse Flanger klemmer om Rørenes ombertlede Rande (Fig. 221) eller om Kantningsringe, der er svejste (Fig. 222—3 og 231, Nr. 1—4), valsedede (Fig. 231, Nr. 5—6) eller nittede (Nr. 7—8) til Rørene. Ringene kan have plan Bagside (Fig. 222—3 og 231, Nr. 1, 3, 5, 7) eller konisk Bagside (Nr. 2, 4, 6, 8); Forsiden kan have inddrejede Noter til Fastholdelse af Pakningen (Fig. 222), men hyppigere indlægges denne mellem plant afdrejede Flader (Fig. 231). Ogsaa Styrelister (Fig. 223) er ved at gaa af Brug. Kantningsringen og den løse Flange kan udføres i eet Stykke som en fast Flange, der enten skrues (Fig. 217), vales (Fig. 231,

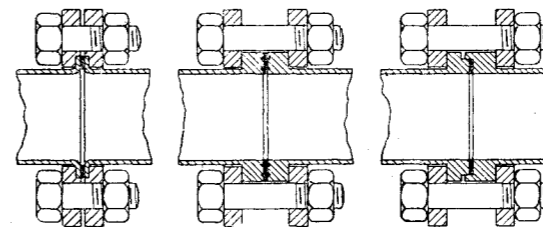


Fig. 221.

Fig. 222.

Fig. 223.

Nr. 9) eller nittes (Nr. 10) til Røret. Se iøvrigt § 481—2. Til Dampledninger i **Skibe** foretrækkes nu ofte en Samling, der ligner den i Fig. 231, Nr. 9 viste, men Flangehullet er lidt snævrere (ca. 0,2 mm) end Rørets glatslebne Ende, og Flangen presses paa, hvorefter Rørenden vales ned i en i Flangens ydre Del værende Forsenkning. Desuden nittes Røret fast til Flangehalsen. Der bruges intet Pakningsmiddel, men Flangerne planslibes, saaledes at hele deres Flade virker som Tætningsflade. Forbindelsen er baade bedre og billigere end de tidligere brugte.

Naar Rørene bruges til **Dampkedler**, befestes de paa forskellige Maader til disses Vægge, f. Eks. ved Indskruing, Nitning eller Fastvalsning. Den sidste Metode i Forbindelse med Ombertling bruges ved Lokomotiver, og hvis Ildkassen ikke er af Kobber, indlægges mellem denne og Røret en Kobberstrimmel for at tætte.

Skal Rørene bøjes, sker det i glødende Tilstand, efter at de er fyldte med Sand og lukkede for Enderne.

470. Spiralsvejste Rør samles paa forskellige Maader: ved ombertlede Kraver og løse Flanger af smedeligt Jærn (for Luft og Varmeledninger med ringe Tryk), ved paanittede Flanger af smedeligt Jærn eller Støbejern, ved paa loddede eller paasvejste Kraver af smedeligt Jærn og løse Flanger af samme Materiale, samt endelig ved Hjælp af tilvaldede Muffer for Spændinger af indtil 5 at.

Højtryksrør (Mannesmannske) samles ved at Rørenderne ombertles to Gange (Fig. 224), og i den ringformede Not lægges der en Guttapercha- eller Gummiring og udenom den en Kobberring, hvis Tværsnit er korsformet, saaledes at Gummiringen og de to Rørender hver gaar ind i sin Kvadrant; naar Rørene derpaa spændes sammen mellem løse Flangeringe, dannes der en Forbindelse, der kan taale samme Tryk som Rørene.

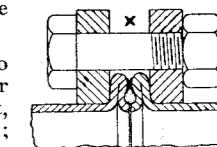


Fig. 224.

Muffestaalrørs Samling er omtalt i § 463, **Kabelrørs** i § 465, **Kugleled** i § 454.

denne udføres Slagforsøgene, efter at Grenenes Underside er indkærvede ved et 1 mm bredt og dybt Savsnit. Brudarbejdet maa f. Eks. ikke være mindre end 16 kgm pr. cm² af de to indkærvede Tværnit (I. M. 1912, X, 3).

d. Leveringsbetingelser for Rør.

472. Rør til Ledninger for Damp med under 8^{at} Spænding og for Gas og Vand købes gerne efter Dansk Ingeniørforenings Leveringsbetingelser (§ 473), der for Damp rør til højere Spænding anbefaler at bruge den tyske Ingeniørforenings Normer (§ 478). Tidligere er omtalt Leveringsbetingelser for Dampkedelrør (§ 395 og 461) og Mufferrør (§ 463).

α. Dansk Ingeniørforenings Betingelser for Levering af Rør af smedeligt Jern til Damp-, Gas- og Vandledninger¹⁾.

§ 1.

473. Rørene skulle være lige og cylindriske, fri for Rust og uden synlige Fejl. Rørenes udvendige Diameter skal være omtrent den samme for svære og for lette Rør, saaledes at samme Fittings kunne anvendes til begge Arter Rør. Alle Gevind skulle være renskaarne og af passende Længde. Det anbefales, at Gevindet beskyttes ved en Muffe²⁾. Naar ikke andet bestemmes, skal Gevindet være efter Whitworths System. Leverandøren er paa Forlangende pligtig til at opgive, fra hvilken Fabrik Rørene ere leverede.

§ 2.

474. Vægten af Rørene uden Samlingsstykker skal mindst være:

Nominel Lysvidde	engl. Tom. mm	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
		9,5	12,7	19,0	25,4	31,7	38,1	50,8	63,5	76,2	88,9	101,6	114,3
Vægt i kg/100 m	Lette Rør	86	116	175	247	331	414	581	749	924	1099	1259	1434
	Svære »	96	135	207	287	389	491	698	908	1115	1322	1529	1736

Modtageren er berettiget til at vrage ethvert Rør, hvis Vægt er over 5% mindre, end Tabellen udviser. Modtageren er berettiget til at underkaste Rørene en Prøve med et **indvendigt Tryk** af 20^{at}, idet Rørene fyldes med Vand, og Trykket tilvejebringes ved Hjælp af en Trykpumpe, medens Røret samtidig udsættes for en let Bankning med en Hammer af 1 à 2 \bar{u} Vægt. Rør, der ved denne Prøve viser Revner eller Utætheder, er Modtageren berettiget til at vrage³⁾.

§ 3.

475. Naar der forlanges lapsvejste Rør, gælder dette for 2" Rør og opefter. For lapsvejste Rør er Modtageren berettiget til at fordre, at der ikke ved **Ætseprøve** kan paavises en stuksvejst Fuge. Naar der forlanges sømløse Rør, er han berettiget til at fordre, at der ikke ved en Ætseprøve kan paavises nogen Svejsfuge. Prøven udføres med mindst 2 vilkaarligt udtagne Rør af hver Dimension. Hvert af disse Rør benyttes ogsaa til Prøverne i § 4.

§ 4.

476. Rørene skulle forfærdiges af blødt, seigt Materiale. Eftervisningen heraf sker ved en Trækprøve med Materialet og en Bøjningsprøve med Rørene.

a. **Trækprøven** udføres for 1 1/4" Rør og derover med Strimler, udtagne parallelt med Længderetningen. Strimlerne skulle være 30 mm brede paa en Længde af 220 mm og med jævne Overgange til de 35 mm brede og 115 mm lange Hoveder. De rettes i mørk Rødgledhede med en Trækhammer. Der udtages 2 Strimler af hvert Prøverør, een fra Midten og een fra den ene Ende. Strimlerne maa ikke indeholde Svejsfugen. For Rør under 1 1/4" foretages Trækprøven med 450 mm lange Rørstykker, hvis Ender lukkes med Propper. Materialet skal ved disse Prøver vise en Brudgrænse af mindst 3300^{at} med 12% Forlængelse paa 200 mm Længde.

b. **Bøjningsprøven** udføres koldt med Rørstykker, fyldte med fint Sand og lukkede for Enden med Træpropper. Rørstykkerne bøjes over Klodser med den nedenfor angivne Krumningsradius.

For **Damp**rør: Klodsens Krumningsradius = 3 Gange Rørets nominelle indvendige Diameter.

For **Gas**- og **Vand**rør: Klodsens Krumningsradius = 4 Gange Rørets nominelle indvendige Diameter.

2" Rør og derover skulle kunne taale at bøjes i en Vinkel paa 120°, medens mindre Rør skulle kunne taale at bøjes 90°, uden at Røret viser nogen synlig Skade. Under Prøven skal for

¹⁾ For Damp rør, bestemte til 8^{at} Spænding og derover, anbefales det at bruge den tyske Ingeniørforenings Normer (§ 478). Et nyt Forslag findes i I. M. 1909, VIII, 6.

²⁾ Gasrør til Københavns Belysningsvæsen skal leveres i Længder paa 12—17 Fod og være forsynede med Muffe i den ene Ende. Gevindet i den anden Ende skal være beskyttet ved Bevikling eller paa anden Maade. E. S.

³⁾ Man kan som Regel gaa ud fra, at Rørene med Lethed bestaar denne Prøve, saafremt de har bestaaet den nedenfor angivne Bøjningsprøve. E. S.

svejste Rør Svejsfugen ligge yderst til Siden, s: saa fjernt som muligt fra den Plan, der indeholder Rørets Akse og Bøjningsretningen. Alle Prøverørene udtages af Leverancen ved Modtagerens Foranstaltning.

§ 5.

477. Prøverne foranstalles udførte af Modtageren og betales af samme, forsaavidt de tilfredsstillende Betingelserne, i modsat Fald betales de af Leverandøren.

β. Den tyske Ingeniørforenings Normaler af Aar 1912 for Rørledninger til Damp af høj Spænding.

1. Normalernes Gyldighedsomraade med Hensyn til Rørdiameter og Dampspænding; Prøvetryk.

478. Normalerne gælder for Rør af 25—400 mm Diameter ved et Driftsovertryk af indtil 20^{at} og ved en Dampetemperatur af indtil 400°.

Rørledningens enkelte Dele bør prøves i normal Temperatur med 2 Gange det højeste Driftstryk og under Prøven bankes med en Hammer.

2. Flangeforbindelsernes Trykflade.

479. Ved Flangeforbindelsernes Dimensionering antages den Flade, paa hvilken Dampen trykker, at strække sig helt ud til Tætningsringens Yderside.

3. Materialer.

480. a. **Støbejern.** Ved indtil 8^{at} Tryk maa Støbejern bruges til Rør, Formstykker og Ventillegerer af enhver Diameter.

Ved 8—13^{at} maa det bruges til Ventillegerer og Formstykker af enhver Diameter, men kun til Rør af indtil 150 mm Diameter.

Ved 13—20^{at} maa det overhovedet ikke bruges undtagen til Ventiler af indtil 50 mm Diameter. Støbejern skal have en Bøjningsstyrke af mindst 3400^{at} og mindst 10 mm Nedbøjning, idet Prøven udføres med 30 mm cylindriske Stænger med Støbeskallen paa og med 0,6 m Spændvidde.

b. **Bronze.** Alm. Bronze maa bruges til Ventillegerer og Formstykker ved Temperaturer indtil 220°, saafremt den i Stuetemperatur har $\sigma \geq 2000$ ^{at} og $\delta \geq 15\%$. Ved Temperaturer over 220° maa kun bruges Legeringer, hvis Styrkeegenskaber ved den paagældende Temperatur er undersøgte.

c. **Blødt Staal, Svejsjern, Staalstøbegods.** Boltene og Rørvæggene kan fremstilles af blødt Staal eller Svejsjern; Flangerne af blødt Staal, Svejsjern eller Staalstøbegods. Ventilerne fremstilles af Staalstøbegods, Formstykkerne af Staalstøbegods, blødt Staal eller Svejsjern, med mindre Støbejern eller Bronze foretrakkes og er tilladt (se ovenfor). Som Styrkefordringer anbefales: For **blødt Staal**: $\sigma = 36-4500$ ^{at}, $\delta_{11,3} \geq 20\%$, for **Svejsjern** i Længderetningen: $\sigma \geq 3400$, $\delta_{11,3} \geq 12$, i Tværretningen: $\sigma \geq 3200$, $\delta_{11,3} \geq 8$, for **Staalstøbegods**: $\sigma \geq 3800$, $\delta_{11,3} \geq 20$ (gælder for Taloner, sammenstøbt med Genstanden).

Stuksvejste Rør (saakaldte Gasrør) bør ikke bruges.

4. Rørsamlinger.

481. a. **Flanger og Kantningsringe.** Vinkelflanger (Fig. 231, Nr. 9 og 10) er tilladte ved alle Rørdiameter og ved Tryk indtil 20^{at}. At forbinde Flange og Rør alene ved Lodning er ikke tilladt; en Forskydning af Flangen paa Røret skal hindres ved Svejsning eller Nitning (Nr. 10), ved Indvalsning (Nr. 9), ved Paaskrøning eller ved Ombertling. Indvalsning med Valseapparater er hensigtsmæssig, men fordrer ved større Vægtykkelser end 8 mm maskinelle Indretninger. Hvis saadanne savnes, er Nitning at anbefale. Kantningsringe (Nr. 1 og 2) svejste til Rørets Yderflade maa bruges ved Diameter indtil 250 mm; Svejsetrykket skal tilvejebringes ved maskinelle Indretninger. At svejse Kantningsringe eller Flanger til Rørets Endeflader (Nr. 3 og 4) kan kun anbefales ved saa vide Rør, at Svejsesømmen kan bearbejdes fra begge Sider. De Flader, med hvilke Flangerne trykker paa Kantningsringene, kan være plane (Nr. 1, 3, 5, 7) eller koniske (Nr. 2, 4, 6, 8). (De i Fig. 231 viste Samlingsmaader med de i Tabellen indførte Dimensioner har ved Forsøg vist sig paalidelige, saaledes at de kan anbefales. Ved Samlingerne Nr. 5, 6 og 9 er Rørene fastgjort til Flangerne alene ved Indvalsning, hvilket har vist sig tilstrækkeligt, naar Flangerne er af blødt Staal eller Staalstøbegods; og naar Indvalsningen sker paa rette Maade (se ovenfor). De tegnede Rilleformer er kun at opfatte som gode Eksempler; skarpe Kanter og Former, der kræver en unødigt stærk Deformation af Rørvæggen, bør undgaaes.)

b. **Flangediameter, Boltens Plads.** For 80 mm Rør og derunder stemmer Flangediameteren og Boltens Afstand fra Røraksen med de Maal, der gælder for Støbejerns Flangerør med ringe Tryk; for større Rør er Maalene større.

c. **Tætning.** De glatte Kantningsringe og Flanger forudsætter Brugen af et til det høje Tryk og den høje Temperatur svarende Tætningsmateriale. De foreskrevne Dimensioner er saa store, at de ogsaa tillader Brugen af Fjer og Not.

484. Form og Dimensioner. Jærnbaneskiner er i Danmark altid Vignoleskinner (Fig. 232); for Hovedbanernes Vedkommende var Vægten tidligere 37 kg/m, men nu indføres Skinner af Vægt 45 kg/m; i Belgien er man gaaet op til 52,7 kg/m.

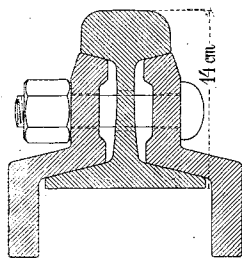


Fig. 232. Statsbanernes 45 kg Skinne.

For Skinnestødernes Holdbarhed er det af Betydning, at der er brede Anlægsflader for Laskerne, og at disse Flader har samme Hældning for Hoved og Fod af Hensyn til Tilspændingen. Da Skinnestødene er Sporrets svage Punkt, er lange Skinner at foretrække. Bortset fra mulige Transportvanskeligheder er Længden kun begrænset ved Hensynet til, at Temperaturfugen ikke maa blive for stor, og mens man paa aaben Mark, hvor en Temperaturstigning af 80° er tænkelig, ikke overskrider en Længde af 15—18 m, gaar man i Tunneler, hvor i alt Fald Solbestraaling er udelukket, højere op, undtagelsesvis til 24 m. I Tyskland og Belgien er Normallængden henholdsvis 15 og 18 m; i Danmark er af Hensyn til Skibstransporten største Længde 15 m.

Staalskiner til Tipvogne føres paa Lager i København i 5 m Længde og af følgende Dimensioner:

Højde i mm	50	50	55	65
Vægt i kg/m ca.	4,5	5,0	4,5	7,0

Til Sporveje anvendes gerne Rilleskiner eller Phønixskinner (Fig. 233) med en Vægt af 40—45 kg/m og 15 m lange. $S^t = 6-7000$ at.

I Chicago er man begyndt at bruge en tvedelt Rilleskinne (Romapac-Skinne), hvis Hoved kan ombyttes med et nyt, naar det er slidt (Ing. 1912, S. 255).

Af de Skinner, der brugtes i Danmark før Krigen, leverede England 50 %, Belgien 20 % og Tyskland 12 %.

485. Udvalning og Afkortning. Udvalningen, ved hvilken Blokken sædvanlig passerer gennem 15 Kalibre, udføres i eet Træk uden Mellemlødninger. Naar Skinne forlader Valserne, skal den endnu være lys rødglødende¹⁾. Skinnerne forsynes med Aars- og Maanedstal for Valsningen samt med Nummeret paa den Staalblæsning, af hvilken de er udvalgte. Skinnestrengen, hvis Længde er ca. 80 m, deles med Rundsav, idet der tages Hensyn til Svindet under Afkølingen (§ 409); da dette er større for det svære Hoved end for den tynde Fod, bliver Skinne under Afkølingen lagt i sin naturlige Stilling paa et buet Underlag (Pilhøjde 1:100 à 1,5:100), saa at Tyngden modarbejder Svindet. Under Afkølingen rettes Skinne med Træhammere, og efter Afkølingen rettes den fuldstændig ved Hjælp af Skruepresser, navnlig fjernes mulige skarpe Knæk paa denne Maade, der imidlertid kan fremkalde Skørhed, hvorfor man i den seneste Tid har søgt at rette Skinnerne helt i glødende Tilstand ved at lade dem passere 3 Par lodrette Valser, der samtidig giver dem den ovenfor omtalte Krumning, saa at de kan afkøles paa et plant Underlag. Sluttelig affræses Enderne, saa at Skinnerne faar den rette Længde, og Endefladerne bliver plane og vinkelrette paa Skinneaksen. Længdetolerancen er gerne + 3 mm ($\frac{1}{8}$ engl.). Hullerne for Laseboltene skal bores, og alle Grater fra Bearbejdelsen skal fjernes, da de kan hindre Lasepladernes Tilspænding. Skinnerne skal efter Udvalningen være glatte, rene, tætte og fejlfri; Sammenhamring af Revner eller lignende Efterarbejder med det Formaal at skjule Fejl bør ikke finde Sted.

486. Homogenitetens Betydning. Staalet skal være af ensartet Haardhed og Kvalitet. Haardheden maa ikke variere langs Kørefladen, da denne saa slides bølgeformig, som det navnlig kendes fra Sporvejsskiner.

At den øverste, seigrede Del af Blokken bør afklippes inden Udvalningen er nævnt i § 192. Naar Kærnezonen er meget uren, plejer Randzonen at være særlig ren og

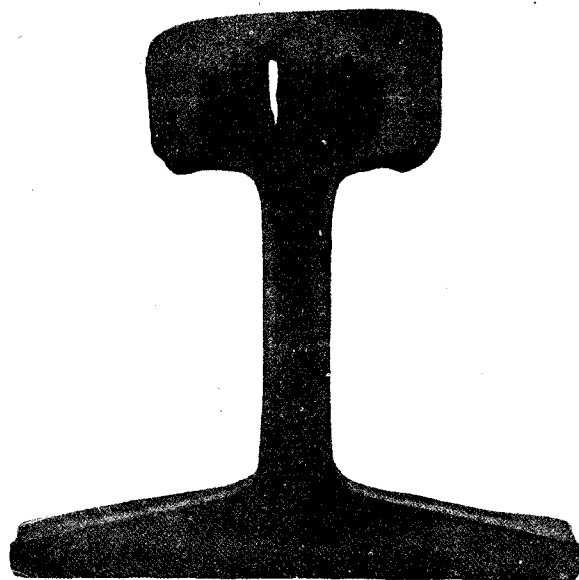


Fig. 234.

¹⁾ Ved Forsøg af M. H. Wickhorst (I. M. 1912, X, 11) havde Udvalningstemperaturen ingen Indflydelse paa Skinnernes Modstandsevne overfor Slag og heller ikke paa Trækstyrken og Flydegrænsen, men Brudforlængelsen og navnlig Indsnøringen aftog med voksende Udvalningstemperatur, mens Kornstørrelsen voksede (§ 277).

blød, den flyder ud under Hjulenes Tryk og søger at trække Kærnematerialet med sig, hvorved dette kan revne (Fig. 234).

Forsøg af M. H. Wickhorst (I. M. 1912, X, 11) (Fig. 235) viser, hvorledes Bessemerskinners

Brudforlængelse varierer, eftersom Materialet stammer fra Blokkens Top- eller Fodende. Brudforlængelsen $\delta_{4.5}$ er afsat som Ordinaten, mens Abscisserne angiver Materialets Afstand fra Blokkens Topende udtrykt i pCt. af Blokkens Højde (se Fig. 91). Kurven IV gælder for Trækprøvestænger fra Skinnehovedets Midte, Kurven III for Trækprøvestænger fra Hovedets Hjørner og fra Foden (paa disse Steder var Materialet ens, og Kurven giver Middeltallene), Kurverne I og II er fundne ved Slagforsøg med hele Skinnestykker, idet henholdsvis Hovedet og Foden modtog Slagene; den strakte Sides Længdeakse var inddelt i Stykker paa 25,4 mm, og efter Brud maales Forlængelsen af det Stykke, der havde forlænget sig mest. Slagforsøg med nedavendt Hoved er øjensynlig mere fintmærkende end de almindelige og anbefales derfor fremfor disse; samme Resultat er Frémont kommen til.

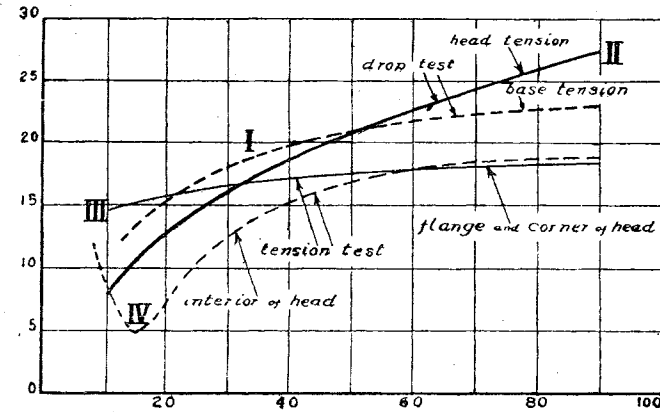


Fig. 235.

487. Seighedsforringelse under Brugen. Den Koldvalsning, Skinnerne undergaar under Kørslen, skørner Kørefladen, og under uheldige Forhold kan der danne

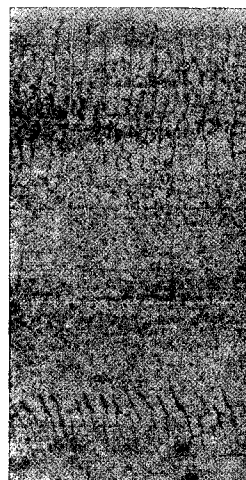


Fig. 236.

sig fine Tværrerter (Fig. 236), der, omend undtagelsesvis, kan være indtil 8 mm dybe, og som er den hyppigste Aarsag til Skinnebrud. Af de knækkede Skinner, Mesnager har haft til Undersøgelse, var mindst 75 pCt. behæftede med denne Fejl; af Resten var nogle knækkede som Følge af Revner i Kroppen, men det var for det meste Skinner med synlige Fabrikationsfejl, og som derfor burde have været kasserede. Ved Bøjeforsøg med de førstnævnte Skinner viser disse en væsentlig ringere Styrke (indtil 50 pCt.), naar Hovedet faar Trækspændinger, end naar det faar Trykspændinger, og de af Hjultrykkene fremkaldte negative Momenter over Svellerne kan derfor blive skæbnesvangre. Revnernes Opstaaen skyldes formentlig de samme negative Momenter i Forbindelse med den vandrette Kraft fra Drivhjulene eller fra de afbremsede Hjul, der river Overfladen i Stykker.

I alle Tilfælde er Revnernes Opstaaen betinget af, at Materialet i Kørefladen er blevet skørt ved, at Hjulenes Tryk og Gliden har paavirket det op over Flydegrænsen. Det er en Kendsgerning, at Skinnebrud hyppigst optræder paa Strækninger, hvor der bremses.

I mange Tilfælde kan Tværrerterne ses uden særlig Præparering af Skinne, men som Regel er det omgivende Materiale tværet ud over dem, saa der er dannet et ca. $\frac{1}{10}$ mm tykt, tæt og meget haardt Overfladelag, der først maa afslibes; naar man derefter sætter Skinne nogle Minutter med svag Saltsyre eller almindelig Handels-Svovlsyre opspædt med 10 Maal Vand, saa vil selv de fineste Ridser træde tydeligt frem. Ønsker man dem endnu tydeligere, kan man derefter afgnide Overfladen omhyggeligt og overpensle den med en 3 pCt.ig Tannin- eller Gallussyreopløsning, som man lader indtørre, hvilket varer 3—4 Minutter. Ved Syrens Virkning paa Ifterne danner der sig i alle Revnerne en blåsort Vædske, og hvis man derpaa gnider Overfladen blank med en tør Klud, faar man et meget skarpt Billede. Undersøgelser af denne Art til Sikring mod Skinnebrud kan foretages paa selve Sporet i en Pavse mellem to Tog. Overingeniør Sabouret har indført den Forbedring i Stedet for Gallussyre at bruge godt flydende (eventuelt lidt opvarmet) Tryksværte; naar den Sværte, der ikke trænger ind i Revnerne, tørres

Martinstaal til Bandagerne paa Vognhjul, Tenderhjul og Lokomotivernes Løbehjul, men Digelstaalet til Lokomotivernes Drivhjulbandager. K. S. bruger Specialstaalet til baade Motor- og Bivogne. Styrkefordringerne er følgende (se ogsaa § 311):

	Staal	$\delta_{11,3} \%$	$\varphi \%$
Blødt Bandagestaalet (Martinstaal) til Vognhjul, Tenderhjul og Lokomotivernes Løbehjul (D. D. S. B.)	54—6000	∇	18
Haardt Bandagestaalet (Digelstaalet) til Lokomotivernes Drivhjulbandager (do.)	70—7600	∇	16
Specialstaalet til Bandager paa Motor- og Bivogne (K. S.)	∇ 7500	∇	15 ∇ 30
Hjulstjærner af Svejsjærn (D. D. S. B.)	∇ 3500	∇	18
» » » (K. S.)	∇ 3500	∇	15
» » » Martinstaal (D. D. S. B.)	34—4000	∇	25
» » » (K. S.)	∇ 3500	∇	25
Støbte Hjulstjærner ¹⁾ (D. D. S. B.)	38—4500	∇	20
Martinstaal til Fjere (uhærdet) (D. D. S. B.)	76—8200	∇	10

Bandagerne behandles med Slag af 3000 kg^m Energi, indtil den oprindelige, indre Diameter er bleven formindsket med 12% for Martinstaaletsbandagerne, 12—15% for Specialstaaletsbandagerne og med $x\%$ for Digelstaaletsbandagerne, hvor $x = \frac{D}{100} - \frac{a-65}{10}$ og $D =$ Løbekredsens Diameter, $a =$ Bandagegykkelsen, bægge i mm. Før dette Punkt naas, maa ingen Revner eller Ridser vise sig. Der prøves eet Stykke for hver 50, dog mindst eet Stykke af hver Smeltning; svarer de ikke til Fordringerne, kasseres alle til den Smeltning henhørende Stykker.

9. Staalstøbegods.

493. Som Staalstøbegods (§ 192) fremstilles Genstande, der skal være stærkere eller lettere eller mere slidfaste, end de kan blive i Støbejærn, og som paa Grund af deres Form vanskeligt lader sig til danne ved Valsning eller Smedning.

Blandt saadanne Dele skal nævnes: Presse-cylindre til store Tryk, Maskindele, Spande til Muddermaskiner, Pælesko, Skibssagterstævne, Hjul (§ 492), Hjærtestykker, Stykker af kompliceret Form til Brobygning. Endvidere bruges Staalstøbegods til Ventiler o. lgn. for overhedet Damp (§ 480-1) til Erstatning for Bronze, som ikke taaler den høje Temperatur (§ 684).

Genstande støbt af Staal er ofte dobbelt saa dyre, som naar de er af Støbejærn, og da kun faa Værker giver sig af med Fremstillingen (i Danmark: *Burmeister & Wain* og *Varde Staalværk*), kræves der som Regel en lang Leveringsfrist.

Da Staalstøbegods hverken smedes eller vales, er det meget vigtigt at undgaa Blærer deri, derfor benytter man i Reglen Digelstaalet (§ 189), dog ogsaa hyppigt Martinstaal, men sjældent Konverterstaalet, der paa Grund af Gennemblæsningen indeholder særlig megen Luft. Blæredannelsen er alligevel stærkere end i Støbejærn (§ 194), og Overfladen derfor ofte hullet. Navnlig volder Udstøbning af kulfattigt Staal Vanskelighed ²⁾. Større Huller kan tilsmeltes med Staal ad elektrisk Vej, hvorefter man maa udgløde Stykket for at fjerne de ved den lokale Opvarmning opstaaede Spændinger ³⁾.

Ved Udstøbningen bruges hyppigt et Dødhoved, der fjernes efter Støbningen (§ 198). Formene er i Reglen af ildfast Ler blandet med Grafit, sjældnere af Jærn. Naar Formen er fjernet, bør man udgløde Genstanden og afkøle den

¹⁾ En Stang med Tværsnit 12·24 mm skal kunne bøjes koldt 120° om en Dorn af 24 mm Diameter, uden at der viser sig Revner paa den udvendige Side.

²⁾ Derfor indeholder Staalstøbegods mindst 0,2% C. Blærer kan opdages ved Røntgenfotografering (*Ing.* 1917, S. 54). Om Brug af Nikkelstaalet se § 183, Manganstaalet § 203.

³⁾ Naar man polerer Genstandenes Overflade paa Svejsstedet og ætser med 20%ig Salpetersyre, kan man se, om Stykket er udglødet eller ej. Mens nemlig det ismeltede Materiale er i Form af Ferrit og forbliver hvidt ved Ætningen, vil det gamle Materiale farves mørkt, saafremt det ikke er udglødet, idet det da bestaar af Martensit, Troostit eller Sorbit; ved Udglødningen omdannes disse Strukturformer derimod til Perlit.

langsomt for at bortskaffe de Spændinger, der er fremkomne ved den uregelmæssige Afkøling (§ 290), og for at ophæve den Hærdning, som den hurtige Afkøling langs Formsiderne har bevirket; derved stiger baade Styrke og Seighed.

Genstandens Overflade, der har været i Berøring med Formens Grafit, er gerne kulrigere end det indre, men ved Udglødningen kan den fuldstændig afkølles til Ferrit, der under Mikroskopet ses som en tyndere eller tykkere Skal. Ferritlagets Tilstedeværelse er derfor et Bevis paa, at Stykket er udglødet, og af Lagets Tykkelse i Forbindelse med den indre Masses Struktur kan man bedømme, om Udglødningen er udført paa rette Maade.

494. Om Leveringsbetingelser for Staalstøbegods se § 335, 375, 390 og 480). Godset undersøges sjældent kemisk (§ 202), men der gøres Trækprøver med Taloner, støbte sammen med Genstandene og derefter afdrejede. Endvidere anbefales Kærslagprøver (§ 100). Kulholdigheden og dermed Haardheden kan varieres efter Ønske. For alm. blødt Materiale kræves gerne $S^t \leq 3700$ at, $\delta_{11,3} \leq 20\%$. Særlig haarde og slidfaste Dele fremstilles af Manganstaalet (§ 203).

Bach angiver: $E^t = 2150000$ at, PG^t mindst 2000 at, FG^t mindst 2100 at, $S^t = 35-7000$ at. Om Arbejdsevnen se § 47. Vægten regnes i Almindelighed til 7850 kg/m³. Den tilladelige Spænding er omtalt i § 313-4.

Firmaet *Krupp*, der har drevet Staalstøbningen op til stor Fuldkommenhed og opnaaet lignende Styrketal og Forlængelser som ved smedet Staal, fremstiller 5 forskellige Sorter, som leveres med fuldkommen tæt og homogent Tværsnit, uden Spændinger og Svindrevner, med blød Overflade uden haard Støbeskal:

1. Materiale til Dynamoer og Elektromotorer.
2. Materiale til Skibe, Skibsmaskiner, Lokomotiver og alm. Maskiner. Her skelnes gerne mellem tre Sorter, for hvilke S^t (og δ_{min}) er henholdsvis 37—4400 at (20%), 40—5000 at (18%) og 50—6500 at (12%).
3. Specialstaalet med $S^t = 6000$ at, $\delta = 18\%$, $\varphi = 55\%$.
4. Materiale til Hjærtestykker, Skivehjul, Tandhjul o.s.v.
5. »Haardtstaalet« til Konstruktionsdele som skal være meget slidfaste og frembyde stor Sikkerhed mod Brud.

Der *Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabrikation*, paa hvis Værker det første Staalstøbegods blev fremstillet, leverer det med en Trækstyrke af 35—7000 at og skelner mellem:

1. Materiale, der skal være slidfast:
 - a. Skivehjul og Hjærtestykker ($S^t = 55-6500$ at, $\delta_{maks} = 6\%$, $\varphi_{maks} = 10\%$).
 - b. Tandhjul, Kasser for Aksellejer, Glidebakker for Lokomotiver o.s.v. ($S^t = 50-5500$ at, δ og φ ubetydelige).
2. Materiale, der ikke direkte slides, og af hvilket man i mindre Grad forlanger Haardhed end en vis Seighed; saaledes Hjullegemer, der skal forsynes med særlige Bandager, Lavetdele, Skibsidele (Stævne, Ankere, visse Maskindele) o.s.v. ($S^t = 35-4000$ at, $\delta_{maks} = 30\%$ (paa 200 mm), $\varphi_{maks} = 50\%$). Kvadratiske Stænger med 32 mm Sidelinie udtagne af dette Materiale lader sig i kold Tilstand bøje sammen til en Vinkel paa ca. 135°.
3. Presse-cylindre ($S^t = 50-5500$ at, δ og φ ubetydelige) For disse Cylindre sættes den tilladelige Spænding til $s^t = 1200$ at.

10. Værktøjstaalet.

495. Værktøjstaalet gaar i Handelen som runde, firkantede eller ottekantede Stænger, af hvilke Værktøjet udsmedes. En Staalsorts Anvendelighed til Værktøj beror først og fremmest paa den Haardhed, den faar ved Hærdningen (§ 242-4) og den Hastighed, hvormed Staalet kan arbejde uden at blødgøres af Gnidningsvarmen, men dernæst paa det hærdede Staalets Seighed og endelig paa, hvor let det lader sig smede inden Hærdningen. I hvor høj en Grad disse Egenskaber er tilstede prøves ved at smede et Stykke Værktøj af det og se, hvorledes det staar sig under Brugen. Trækprøver o. lgn. anvendes sjældnere. De elastiske Egenskaber er omtalte i § 34 og 38. Om Pris se § 317. Materialet er enten Kulstofstaalet eller Specialstaalet.

496. Kulstofstaalet maa være meget kulrigt for at opnaa fornøden Haardhed (§ 240, 242). Bruddet er meget finkornet (§ 213).

Svejsstaalet lader sig lettere smede og bevarer en større Seighed end de andre haarde Staal-sorter, men bliver til Gengæld ikke særlig haardt. Det bruges derfor til Værktøj, af hvilket der ikke kræves særlig Haardhed, og som har en kompliceret Form, saaledes til Tømmer-, Snedker-, Sadelmager- og Skomagerværktøj samt til Leer (§ 240) og Sakse. Undertiden fremstilles Værktøjet af Svejsjærn, hvortil der svejses et Stykke Svejsstaalet, af hvilket den arbejdende Del udformes (»Staalet lægges for«).

Konverter- og Martinstaal udmærker sig fremfor Svejsstaalet ved at blive haardere ved Hærdningen, men er til Gengæld mindre sejt og sværere at til danne. Det svejses vanskeligt, og er Kulindholdet over 1—1,2% er det praktisk set usvejseligt, hvorfor det ikke egner sig til at

»lægges for«. Det gaar i Handelen som Stænger og Plader, der ofte har Kulholdigheden indstemplet. Det anvendes særlig til Værktøj, der skal arbejde i bløde Metaller og Jord (Spader og Plove); undertiden til Stenhuggerhamre (§ 240). De gjorte Bemærkninger gælder naturligvis kun haardt Staal; Skrueøgler og lignende Værktøj laves ofte af blødt Staal med indsatte Hoveder. Svensk Martinstaal faas rundt og kvadratisk i alle Dimensioner fra $\frac{1}{4}$ " til 12" og med 0,1—0,3—0,5—0,7% C. Svenske Martinstaals Plader bruges til Træsæve.

Digelstaalet kan hærdes haardere end nogen af de andre Staalsorter, kaster sig ved Hærdningen mindre end disse og forbliver dog sejere end Konverter- og Martinstaal (men ikke saa sejt som Svejsestaal). Til Gengæld er det overordentlig vanskeligt at smede, og Digelstaalsstænger fremstilles derfor med lige saa mange forskellige Tværnit, som der er Værktøjsformer, saa at Køberen slipper med det mindst mulige Tildannelsesarbejde, og med Stængerne følger gerne Oplysninger om deres Bestemmelse og Behandling. Paa Grund af Digelstaals Dyrhed bruges det kun, naar Værktøjet skal være meget haardt, saaledes til Værktøj, der skal arbejde i Sten og Jærn, til File (§ 240, 246), visse Hammere, Lejekugler, Amboltbaner (Banen paasvejses), Fjere o.s.v. Det indeholder ofte 0,75—1,5% C. I Priskuranter benævnes Digelstaal ofte Støbestaal, et Navn, der skriver sig fra tidligere Tid, da Konverter- og Martinprocessen ikke kendtes.

Uchatius-Staal er et særligt Værktøjsstaal, der fremstilles i Digler af en Blanding af granuleret Raajærn, pulveriseret Jærnmalm og pulveriseret Trækul. Naar Raastofferne er meget rene, kan Produktet være fortrinligt.

497. Specialstaal eller legeret Staal kalder man saadanne Staalsorter, der ved Legering med Mangan, Volfram, Krom m. m. har faaet Egenskaber som det alm. Kulstofstaal ikke er i Besiddelse af (§ 312). Naar disse Stoffer tilsættes i passende Mængde, vil de sænke Kurven *abcd* i Fig. 115 og forsinke Omdannelsesprocesserne saa meget, at Hærdningen kan ske ved Afkøling i en Luftstrøm (**selvhærdende Staal**), ja Kurven kan endog sænkes til Stuetemperatur, saaledes at al Karbidet forbliver opløst, og man faar Martensitstruktur ved alm. langsom Afkøling (**naturhaardt Staal**). Specialstaal er hyppigst Digel- eller Elektrostaal (§ 190).

Digelstaal med større **Manganindhold** bruges til svære Smedehamre, Knapmagere, Sænker, Matricer og Skraamejsler (§ 203, 233).

Volframstaalet, der først er fremstillet af *Mushet*, er et fortrinligt og meget anvendt Værktøjsstaal, men overordentlig vanskeligt at bearbejde. Det er naturhaardt, ridser Glas i uhaerdt Tilstand og bruges saadan, da det ved Hærdning vilde blive altfor skørt. Det udsmedes ved jævn Rødvarme. Volframindholdet er gerne 2—5%, undertiden indtil 12% (§ 205). Volframstaals Vf. kan overstige 9,6, idet Volframs Vf. er 19,3—20,2.

Ogsaa **Kromstaal**et er som Regel naturhaardt. Kromindholdet ligger mellem 0,4 og 2% (§ 205).

Hurtigstaal. Hvis man lader hærde Værktøjsstaal arbejde for hurtigt, vil Gnidningsvarmen overføre det fra den metastabile til den stabile Tilstandsform (§ 232), saa Haardheden forsvinder; derved begrænses Værktøjmaskinernes Hastighed. Det er derfor en stor Fordel, hvis Overgangen først sker i høje Temperaturer, og ved at legeret Staal med særlige Stoffer er det lykkedes at fremstille de saakaldte Hurtigstaal, der endnu ved begyndende Glødhede forbliver i den metastabile, hærde Tilstand i Modsætning til Kulstofstaalene, der mister Haardheden ved ca. 300°. Til disse Staalsorter hører *Taylor-White-Staal*, *Böhlers Rapidstaal*, *Poldi Staal*, *Vingo Rapidstaal* o. s. v. De indeholder baade Volfram og Krom (0,6—0,8% C, 4—6% Cr, 15—20% Volfram). I Stedet for Volfram tilsættes ogsaa 6—15% Molybdæn, hvorved Sejgheden og Varigheden forøges. I 1906 lykkedes det *Taylor* ved til Krom-Volfram-Staal at sætte en ringe Mængde **Vanadium** at komme op paa en Skærehastighed af 30 m pr. Minut i middelhaardt Staal (§ 205).

Hurtigstaalene er selvhærdende og ikke saa haarde som Kulstofstaalene; Hærdningen sker ved Opvarmning til Hvidglødhede og Afkøling i en Luftstrøm eller i Talg. Medens Hovedreglen for Kulstofstaals Hærdning er ikke at varme stærkere end nødvendigt, skal Hurtigstaalene opvarmes saa stærkt, som det er muligt uden at forbrænde dem. Se ogsaa *Ing.* 1909, S. 287.

En ny Foreteelse paa Hurtigstaals Omraade er det saakaldte **Stellit**, der slet ikke indeholder Jærn, men bestaar halvt af Kobolt og halvt af Molybdæn, Krom og Volfram. Det bruges i støbt Tilstand uden at være smedet eller hærde, blot slebet, og kan arbejde med 3 Gange Hurtigstaalenes Hastighed.

V. Jærnets Rusten og Midlerne derimod¹⁾.

A. Jærnets Rusten.

1. Rustens Egenskaber og Dannelse.

498. Naar Jærn samtidig er i Berøring med Ilt og Vand, rustet det \therefore det omdannes til vandholdigt Jærntveilt ($2Fe_2O_3, 3aq$).

Rust er et rød- eller gulbrunt, porøst, let smuldrende Stof med en Vægtfylde af ca. 4. Rusten optager altsaa omtrent et dobbelt saa stort Rumfang

¹⁾ Dette Emne er godt behandlet i *K. S. Irgens*: Jern, Staal, Rust, Maling, Kristiania 1913.

som det Jærn, hvorfra den er dannet, og Sten, der er forbundne med Jærndybler, kan derfor sprænges, naar disse rustet. Rusten æder sig meget hurtigt ind i Jærnet, naar først Processen er indledet, idet det porøse Stof optager Ilt fra Luften og overfører den til det underliggende Jærn. Forsøg har vist, at Rustdannelsen det andet Aar er 50% større end det første Aar. Derfor vil Jærn, der er i Brug, ruste mindre end Jærn, der ligger stille hen, hvilket f. Eks. kan iagttages paa Jærnbanseskiner¹⁾. Det er dette Forhold, der betinger Rustens Farlighed i Modsætning til de Iltelhinder, hvormed Kobber, Bly og Zink overtrækkes, og som beskytter det underliggende Metal mod yderligere Iltning.

499. Elektrolyse. Rustens Dannelse kan forklares ved en elektrolytisk Virkning. Naar Syrer, Baser og Salte opløses i Vand, spalter deres Molekyler sig i to Atomgrupper, der kaldes Ioner, og af hvilke den ene er ladet med positiv, den anden med negativ Elektricitet. Elektricitetsmængderne er lige store, saa naar Ionerne er forenede i Molekylet, er dette uelektrisk.

F. Eks. vil

Saltsyre	spalte sig i en positiv H-Ion og en negativ Cl-Ion,
Klorнатrium	» » » » » Na » » » » Cl » ,
Natriumhydroxyd	» » » » » Na » » » » OH » .

I alle Syrer er H den positive Ion, i alle Baser er OH den negative Ion. De nævnte Stoffer kaldes Elektrolyter, fordi deres Opløsning, i Modsætning til f. Eks. en Sukkeropløsning, leder den elektriske Strøm. Sendes en elektrisk Strøm gennem en saadan Opløsning, vil de positive Ioner vandre til den negative Pol og der afgive deres Ladning, mens de negative Ioner vandrer til den positive Pol og aflader sig. Denne Proces kaldes Elektrolyse. Ved Elektrolyse af f. Eks. Saltsyre vil H- og Cl-Ionerne gaa henholdsvis til den negative og positive Pol, og naar de dér har afgivet deres Ladninger, faar de deres naturlige Luftform og bobler op.

Hvis man forbinder to forskellige Metaller med en Metaltraad og hænger dem ned i Syre, vil Strømmen komme i Gang af sig selv, idet det mest elektropositive Metal opløses og sender positive Metalioner over til den negative Pol, mens det selv tiltrækker de negative Ioner i Syren. For at Metallet skal kunne overgaa til Ion-Tilstanden (\therefore opløses), maa der være en Kilde, fra hvilken Ionerne kan tage deres positive Ladning. Er Elektrolyten syreholdig, tager de den fra Brintionerne, som derved overgaa til Atomformen og bobler op. Er Elektrolyten derimod neutral eller alkalisk, vil Metallets Ioner tage Elektriciteten fra selve Elektroden, som derved bliver negativ elektrisk, saa at den galvaniske Virkning ophører. Destilleret Vand forholder sig som en ganske svag Syre med Ionerne H og OH, og man har fundet, at selv ganske rent Vand til en vis Grad er spaltet, saa det indeholder nogle frie H-Ioner.

500. Den elektrolytiske Rustteori. Det Jærn, der finder teknisk Anvendelse, er altid uhomogent og kan betragtes som en Samling af Smaadele, der i elektrisk Henseende er forskellige (§ 502). Naar derfor et Stykke Jærn lægges i en sur Elektrolyt, vil der opstaa mange smaa Kredsløb, idet de elektropositive Smaadele i Overfladen opløses og udsender Jærn-Ioner, der tager deres positive Ladning fra de frie H-Ioner og forener sig med Vandets Hydroxyl-Ioner efter Ligningen: $Fe + 2H_2O = Fe(OH)_2 + 2H$. Det dannede $Fe(OH)_2$ er opløseligt i Vand, men vil, saafremt der kommer Ilt til, udfældes i Form af $2Fe_2O_3, 3aq$ \therefore Rust. Opløsningens Hurtighed vokser med Antallet af frie H-Ioner og er derfor ringe i rent Vand og voksende med Syreholdigheden. I stærkt alkaliske Opløsninger er der ingen frie H-Ioner, saa her fortæres Jærnet ikke; i svagt alkaliske Opløsninger vil der derimod ligesom i rent Vand findes frie H-Ioner, saa at Jærnet angribes; det er kun naar Hydroxyl-Ionerne har naaet en saadan Koncentration, at der ingen frie Brint-Ioner kan eksistere, at Rustdannelse er ganske udelukket (§ 516-7).

Hvis Jærnet indeholder Brint (fra Syrebeitsning), vil det være særlig disponeret til at ruste, og omvendt vil Jærn, der har været i Berøring med stærke Iltningmidler som Kaliumdikromat og Blykromat være beskyttet for nogen Tid; de Stoffer, der frembringer denne passive Tilstand i Overfladen, kaldes **Inhibitorer**, idet de hæmmer Rustdannelsen, men kun for en Tid. Lægger man f. Eks. en blank Staalstang nogle Timer i en stærk Opløsning (5—10%) af Kaliumdikromat ($K_2Cr_2O_7$) og derefter vadsker den godt, vil den først efter længere Tids Forløb begynde at ruste. Se ogsaa § 514.

501. Ofte er der mellem Jærnet og dets Omgivelser en **elektrisk Spændingsforskel**, der ganske vist (selv i Havvand) er for ringe til at dekomponere Vandet, men som driver den i Vandet opløste Ilt hen til den positive Pol, og er det Jærnet, der danner denne, vil det ruste stærkt. Er Jærnet samtidig i Berøring med Kobber og Fugtighed, vil det derfor hurtigt ødelægges, og paa lignende Maade virker Nikkel, Bly og Tin omend i ringere Grad. Zink bliver

¹⁾ Ved Jærnbanseskiner har man set de yderste 1,6 mm blive forvandlet til et 3 mm tykt Rustlag i Løbet af 7 Aar.

derimod positivt elektrisk i Forhold til Jærn og tiltrækker Ilten, saa Jærnet skaanes. Man anbringer derfor »Zinkbeskyttere« af valset Zink omkring Bronzeventilflanger udenbords paa Skibe for at beskytte det omgivende Jærn, og inde i Skibskedler hænger man ofte Zinkblokke op, der paa lignende Maade modarbejder de galvaniske Strømme mellem Bronzedele og Jærndeले.

Zinkets Virkning er ikke blot at tiltrække Ilten, men naar Zinkatomerne opløses og dannes til Ioner, der tager deres positive Ladning fra de frie Brintioner, vil disse danne et beskyttende Lag af Brintblærer paa Jærnet. Efterhaanden som Zinkoverfladen iltes, aftager Virkningen, og den kan ende med at gaa i modsat Retning. Man bruger valset Zink, da støbt Zink smuldrer hen og falder af, hurtigere end det fortæres. Zinkets Virkning er naturligvis betinget af, at det er i metallisk Forbindelse med Jærnet. Undertiden bruges Støbejærn i Stedet for Zink.

Kedler og Kondensatorer i Skibe beskyttes ogsaa ved *Cumberlands* Metode. Han anbringer en fra Kedlen isoleret Elektrode i Vandet og sender en svag, elektrisk Strøm gennem denne over ti Kedelvæggen (*Ing.* 1917, S. 248).

De elektriske Strømme kan ogsaa danne sig mellem forskellige Jærnsorter. Svejseljærnsnitte i Staalkonstruktioner er saaledes særlig tilbøjelige til at ruste, da de bliver positivt elektriske i Forhold til Staalet. I Dampkedler bør man derfor bruge samme Materiale til Plader og Nitter, mens Forholdet er uden Betydning ved Konstruktioner, der males.

Hvormeget disse Strømme har at sige kan ses af følgende Forsøg med en lille Plade af blødt Staal: Ved at ligge 22 Dage i fersk Vand tabte den 0,08 g i Vægt, men var den samtidig i Berøring med Støbejærn kun 0,04 g. Blev der ledet Luft gennem Vandet, var Rustdannelsen henholdsvis 0,19 g og 0,14 g.

502. Stoffernes Stilling i Spændingsrækken er ikke konstant, men afhængig af Vædsken, der forbinder dem. Gennemsnitlig kan man dog angive Rækkefølgen saaledes:

+	Zink	Kvægsølv	Bor	Brom
Kalium	Jærn	Platin	Volfram	Klor
Natrium	Nikkel	Guld	Molybdæn	Fluor
Baryum	Kobolt	Brint	Vanadium	Kvælstof
Kalcium	Bly	Silicium	Krom	Svovl
Magnium	Tin	Titan	Arsen	Ilt
Aluminium	Kobber	Antimon	Fosfor	÷
Mangan	Sølv	Kulstof	Jod	

En kemisk Forbindelse af to Grundstoffer vil staa mellem disse i Spændingsrækken, saaledes vil alle Iltter — ogsaa Rust — være elektronegative i Forhold til det paagældende Grundstof.

Rent Jærn er elektropositivt i Forhold til kulholdigt, og kulfattigt Jærn elektropositivt i Forhold til kulrigt. Ferrit er saaledes elektropositiv i Forhold til Perlit, og denne elektropositiv i Forhold til Cementit; findes to af disse Stoffer sammen, vil der opstaa Elektrolyse, mens ren Perlit ikke giver Anledning til saadan, fordi dens Ferrit og Cementit er for fint fordelt. Loven om at kulfattigt Jærn er elektropositivt i Forhold til kulrigt slaar dog ikke altid til, idet Virkningen af de øvrige Stoffer i Jærnet kan gøre sig stærkere gældende end Kulletets Virkning; Støbejærn er saaledes elektropositivt i Forhold til blødt Staal (§ 501). Se ogsaa § 505-6.

Messing af 31 % Cu + 69 % Zn har samme Potential som Jærn, mens kobberligere Messing er elektronegativt, kobberfattigere elektropositivt i Forhold til Jærn.

Metallernes Stilling i Spændingsrækken paavirkes af deres Varmebehandling (§ 508) og af Koldstrækning (§ 288,1).

Bliver Jærnet negativt elektrisk eller saa svagt positivt elektrisk, at Spændingsforskellen ikke overskrider 0,2 Volt, vil det ikke kunne ruste. Er Spændingsforskellen større, afhænger det af Elektrolytens Natur, om Jærnet rustet eller ej.

2. Jærnets Indflydelse paa Rustdannelsen.

503. Homogenitetens Betydning. Alt teknisk Jærn er uhomogent, idet Kul og Urenheder er ujævnt fordelt. Til denne kemiske Uhomogenitet svarer der en elektrisk; Jærnets Overflade er en Samling af Mikroelementer, der i Forbindelse med surt Vand danner talrige, smaa, elektriske Strømme, som fører Ilten til de elektropositive Pletter og fremkalder Rust dér. Har Pletterne en betydelig Udstrækning, og er de stærkt elektropositive, faas lokale Rustpletter, der efterhaanden gaar i Dybden (Gravrust, Fig. 237). Naar Rustangre-

bet er jævnt fordelt, skyldes det, at Pletterne er mikroskopiske, eller at Polerne stadig skifter Plads, formentlig som Følge af at de elektropositive Pletter, efterhaanden som de rustet, bliver mindre elektropositive og tilsidst negative (§ 502).

Jærnets Modstandsdygtighed vokser derfor i første Linie med Homogeniteten. I hærdet Staal er Kullet jævnt fordelt, og det rustet derfor mindre end uhærdet¹⁾. I Almindelighed vil Staals Kærnezone være rigere paa Svovl og Fosfor end Randzonen, og en Brudflade vil da ruste hurtigst i Kærnezonen, hvorved man kan narres til at tro, at der i Forvejen har været et indre Brud.

504. Den kemiske Sættning Indflydelse er mere afhængig af de fremmede Stoffers Mængde end af deres Art, idet et stort Indhold af fremmede Stoffer som Regel hæmmer Rustdannelsen (Nikkelstaal, Manganstaal), mens et ringe Indhold fremmer den. De smaa Mængder Mangan, Silicium, Svovl, Fosfor o. s. v., som forekommer i almindeligt Staal gør saaledes Skade, og Aarsagen er, at de er ujævnt fordelt og danner Mikroelementer.

Svovl er stærkt rustfremmende, da det medfører en Udskillelse af Svovlmangan, hvorved Staalet bliver uensartet. Et passende Kobberindhold ophæver Svovlets Virkning; allerede 0,04 % Cu kan mærkes, og 0,15 % vil som Regel være tilstrækkeligt; hvad der tilsættes over 0,25 % har ingen Virkning. Følgende Forsøg af *F. H. Williams* viser dette:

Af Jærn med	0	0,078	0,145	0,263 % Kobber,
bortrustede	1,85	0,89	0,75	0,74 %.

Man har derfor foreslaaet at forlange et Indhold af mindst 0,1 % Cu i Staal, der er udsat for Vejrliget.

Fosfor er ligesom Svovl elektronegativt i Forhold til Jærn, og da det er ujævnt fordelt, fremmer det Rustdannelsen.

505. Blødt Staal rustet i Følge praktisk Erfaring langt lettere end **Svejseljærn**, og det forklæres ved, at Svejseljærnets enkelte Traade er omgivne af beskyttende Slaggehinder og ved Staalets store Indhold af Mangan, der ikke er jævnt fordelt og derfor giver Anledning til elektriske Strømme. Iagttagelser af denne Art er navnlig gjorte paa Hegnstraad i Nordamerika. I Danmark har man gjort lignende Erfaringer, nemlig at de gamle Svejseljærnskeibe var langt varigere end de moderne Staalskeibe. Svejseljærn vilde derfor være at foretrække for blødt Staal til Hegnstraad og lign., hvor Hensynet til Rust er vigtigere end Hensynet til Styrke og Seighed.

At Svejseljærn rustet stærkt, naar det rører ved Staal, er nævnt i § 501.

I Amerika fremstilles dog nu Staal af overordentlig Renhed, og hvis Modstandsdygtighed nærmer sig til Svejseljærnets, hvorfor det benævnes **Ingotiron**. Det indeholder kun 0,06—0,16 % Urenheder. Eksempelvis anføres hosstaaende Analyser:

Alm. Staal	0,110 % C	0,470 % Mn	0,048 % S	0,094 % P	Spor af Si,
Ingotiron	0,020 »	Spor »	0,021 »	0,005 »	Spor »

Efter 24 Døgn Henliggen i fortyndet Svovlsyre (5 pCt.) var Vægttabet for de to Staalsorter henholdsvis 14,41 pCt. og 0,21 pCt. Denne Forskel skyldes de galvaniske Strømme, der danner sig mellem det urene Staals forskellige Bestanddele; imidlertid er Syreangreb eet og Rustdannelse et andet, og med Hensyn til Rustsikkerhed er Materialet næppe saa overlegent som ovenstaaende Tal lader ormode. Det bruges undertiden til Sildebensjærn.

Staalstøbegods' Forhold omtales i § 515.

Haardt Staal rustet i Følge visse Forsøg stærkere end blødt, men Meningerne er delte.

For særlig rent Staal (under 0,2 % Mn) fandt *Hadfield*, at Rustangrebet i fersk og salt Vand voksede jævnt med Kulholdigheden; denne varierede fra 0,03 til 1,63 %. I fortyndet Svovlsyre var Opløseligheden størst ved 0,8 % C (*T. F. T.* 1916, S. 126). Andre Erfaringer gaar i modsat Retning.

¹⁾ I alt Fald har man fundet, at Mejsler, der henlaa i Søvand, ikke rustede paa den hærdede Del nærmest Eggen, mens den uhærdede Del og navnlig Grænselinien rustede stærkt.

Heyn og Bauer slutter af deres Forsøg, at Jærnsorten er af underordnet Betydning for Rustangrebets Styrke i Ledningsvand og destilleret Vand, men af stor Betydning i syreholdigt Vand, hvor Syreangrebet er des mindre, jo renere Jærnet er (bortset fra Specialstaalsorter) (K. M. A. 1911, S. 408).

506. Af Specialstaalene er navnlig **Nikkelstaal** overordentlig modstandsdygtigt (§ 185), ligesaa Manganstaal.

Prof. Howe angiver forskellige Jærnsorters Vægttab paa Grund af Rust ved følgende Tal, det Svejsejærnets Vægttab er brugt som Enhed:

	Saltvand	Flodvand	Vejrlig
Svejsejærn	100	100	100
Blødt Staal	114	94	103
Nikkelstaal (3% Ni)	83	80	67
do. (26% Ni)	32	32	30

Manganstaal rustet kun i ringe Grad, hvorfor man har brugt det til Spunsvægspæle, der skal rammes i Havvand. Det er dog kun store Manganmængder, der fremkalder denne Virkning; de smaa Mængder, der findes i almindeligt Staal, fremmer Rustdannelsen, men saaledes, at de manganrige Partier rustet mindst.

Jærn med over 10% Silicium rustet næsten ikke, og med 20% Si er det næsten uopløseligt i Syre. Naar Si forekommer i smaa Mængder og ujævnt fordelt, som det gerne er Tilfældet i almindeligt Staal, vil det derimod virke rustfremmende.

Volfram, Vanadium og Krom er ligesom Silicium elektronegative i Forhold til Jærn og vil som ujævnt fordelte Forureninger fremme Rustdannelsen, mens de jævnt fordelt hæmmer den.

Poldi-Anticorro er et lidet rustende Specialstaal, der bruges til Geværlob for røgfrit Krudt.

507. Støbejærn rustet i samme Grad som smedeligt Jærn, naar Fladerne er bearbejdede; derimod virker Støbejærnets Støbeskal beskyttende; Støbejærnsrør kan henligge mange Aar i Jorden uden at tage væsentlig Skade. Se ogsaa § 125 og 514-5.

Støbeskallen har nemlig optaget Silicium fra Formsandet og er derved blevet modstandsdygtigere. Hvidt Støbejærn rustet mindre end graat. Amerikanske Erfaringer med Varmtvandsledninger af Støbejærn og Blødt Staal gaar ud paa, at Rustangrebet er lige stærkt i begge Arter, eller i alt Fald kun lidet stærkere i de støbte Rør (I. M. 1912, XXIV, 4).

508. Jærnets termiske og mekaniske Behandling har Indflydelse paa dets Plads i Spændingsrækken og dermed paa Rustdannelsen. Hvis Smedningen afbrydes, mens Jærnet endnu er hvidglødende i Stedet for at fortsættes til Rødgldhede, kan Jærnet blive overhedet og dermed negativt elektrisk i Forhold til det ikke overhedede Jærn, saa at dette rustet stærkt paa Overgangsstedet, saafremt der er Vand tilstede. Denne Aarsag er f. Eks. blevet paavist paa nogle Galloway-Rør, der rustede stærkt langs Svejsfugerne. Naar smedeligt Jærn belastes over Flydegrænsen bliver det positivt elektrisk i Forhold til ubelastet Jærn, saaledes at en overanstrengt Konstruktionsdel er særlig udsat for Rust¹⁾. Haardtrukket Traad rustet lettere end udglødet (§ 288,1). Man har Eksempler paa, at Bunde i korniske Kedler er rustede særlig stærkt der, hvor Afstivningerne ender, naar disse er førte for nær hen til Ildkanalen. Dennes Varmedvidelse maa under disse Forhold optages af den ringe Del af Bunden, der er uafstivet, og som derfor anstreges meget. Den Spændingsforskell, som Jærnets Forarbejdelse medfører, kan udlignes ved en Udglødning, og Jærn, der er stærkt udsat for Rustangreb, som saltvandsførende Rør i Skibe, bør derfor udglødes efter Fremstillingen.

509. Overfladens Beskaffenhed. Polerede Flader rustet vanskeligere end ru, da der er færre Angrebepunkter. Ujævne Overflader befordrer i høj Grad Rustdannelsen, og navnlig vil Huller virke som elektropositive Centre, saa de rustet dybere. Derfor bør Kedelrør være ganske glatte, og ved Udbankning af Kedler maa man ikke bruge skarpt Værktøj, der kan sætte Mærker i Pladerne. Valset Jærn rustet lettere end smedet, fordi dets Glødeskal er tyndere.

¹⁾ Rundjærn til Jærnbeton, der højes koldt, rustet stærkt paa Bøjestederne; her er dog sikkert Glødeskallens Afspringen en medvirkende Aarsag.

510. Lokal Tæring. Det er et almindeligt Fænomen baade ved smedeligt Jærn og Støbejærn, at Rustangrebet ikke er ligelig fordelt, men at Rusten æder sig ind som Furer eller runde Fordybninger, og Forklaringen maa søges i, at Jærnet er uensartet i kemisk, elektrisk eller mekanisk Henseende, samt at Rusten fremskynder Fortæringen af det underliggende Jærn, idet dette er elektropositivt i Forhold til Rusten (§ 502-3). Angrebet kan f. Eks. fremkaldes af Slagge eller indvalset Glødeskal i Jærnets Overflade eller af oliemaledede Mærker paa en Dampkedels Inderside¹⁾. Kulkassesiderne ombord i Skibe lider ofte af lokale Tæringer paa Grund af galvaniske Virkninger mellem de fugtige Kul og Staalet. Befinder Jærnet sig i Vand (Fig. 237), kan de lokale Rustpletter ogsaa skyldes Dannelsen af Luftblærer de paagældende Steder (§ 513). Se ogsaa § 516.

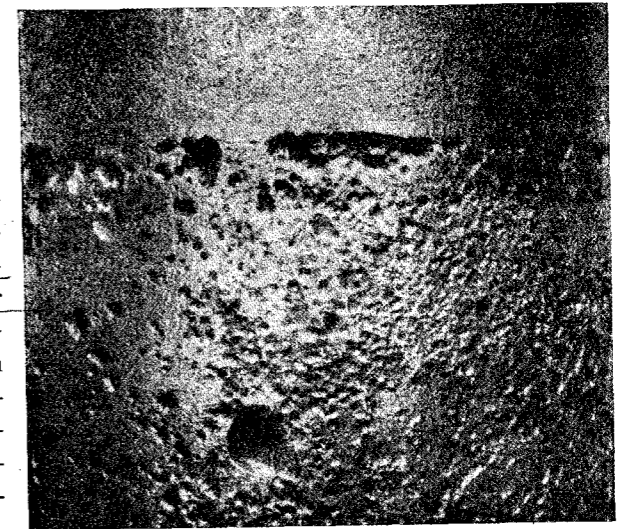


Fig. 237. Rør angrebet af iltholdigt Fødevand.

Medens Ilten vandrer til den elektropositive Plet, vil den dér dannede Rust have en Tendens til at vandre i modsat Retning og aflejre sig ved Plettens Rand. Paa en i Forhold til Omgivelserne stærkt elektropositiv Plet vil der saaledes danne sig et Krater omgivet af en Rustvold, mens der omkring en elektronegativ Plet (f. Eks. et Stykke Glødeskal) vil danne sig en ringformig Grube adskilt fra Pletten ved en Rustvold.

3. Omgivelsernes Indflydelse paa Rustdannelsen.

511. Rustangrebets Styrke er i høj Grad afhængig af Jærnets Omgivelser. Ilt og Vand er naturligvis nødvendige, for at Jærnet skal ruste, og Vandet skal være tilstede som Vædske, i Dampform angriber det ikke.

512. I Luften angribes Jærnet kun, naar der er Fugtighed tilstede, som kan slaa sig ned paa Jærnet, hvorfor man i Udstillingsskabe med Jærngensstande holder Luften tør ved Hjælp af Klorkalcium. Findes der Syredampe, rustet Jærnet meget hurtigt. Ved Forbrænding af svovlholdige Kul dannes Svovlsyring, der gennem Fabriks- og Lokomotivskorstene føres ud i Luften sammen med Kulrøgen og dér iltes til Svovlsyre, der slaa sig ned paa Jærnet. I London tilføres der daglig Luften omkring 5000^t Svovlsyre, og Luftens Indhold af Svovlsyring kan lokalt stige til op imod 3%. Jærnbroer over Jærnbanner er derfor meget vanskelige at beskytte, og det samme gælder Jærndelene i Banegaardshaller og i Jærnbanetunneler. Ogsaa Kulsyreanhydrid bevirker en stærkt forøget Rustdannelse, men dog ikke i saa høj en Grad som Svovlsyring; Luftens normale Indhold af Kulsyreanhydrid er kun 0,03%. Kogsalt befordrer Rustdannelsen; Jærngensstande, der berøres med Haanden, rustet saaledes let paa Grund af det overførte Kogsalt.

¹⁾ Ing. 1913, S. 418.

Ammoniumnitrat virker stærkt rustfremmende, stærkere end Fosfatet, Kloridet og Sulfatet; det dannes i Luften under Tordenvejr og optages af Regnvandet, der saaledes kommer til at virke særlig angribende, og i Modsætning til hvad der ellers er Tilfældet, kan Nitratopløsningen fremkalde Rust, selv om den er fri for opløst Ilt.

513. Rent Vand angriber kun, naar der er Ilt tilstede, og Angrebet vokser med Mængden af den opløste Ilt. Destilleret Vand angriber væsentlig stærkere end almindeligt Drikkevand, fordi det indeholder mere Ilt. Derfor virker Dug, der fortætter sig paa Jærn, ogsaa stærkt rustfrembringende. Fjernes Ilten (f. Eks. ved Kogning) er selv Havvand uskadeligt. Husledninger for Drikkevand, der er sammensat af lodrette og vandrette Strækninger, kan undertiden angribes stærkt indvendig paa disse sidste, fordi Luften samler sig dér. En Vandtafningsbane, der kun sjældent bruges, vil gerne give rustrodt Vand, straks naar den aabnes. Dette skyldes utvivlsomt den i det vandrette Ledningsstykke ved Hanen opsamlede Luft. Derimod vil strømmende Vand være langt mindre rustdannende end stillestaende, thi da Ilten føres med af Vandet, har de galvaniske Strømme ingen Magt over den.

Vandets Angreb afhænger af Temperaturen. Destilleret Vand angriber stærkest ved ca. 60° (ca. 4 Gange saa stærk som ved almindelig Temperatur), derfra aftager Angrebet atter og naar et Minimum ved 100°. I tropiske Farvande ruster Jærnskibe stærkere end i kolde.

Dampkedler og Damprør er meget tilbøjelige til at ruste, hvilket skyldes Vandet og den høje Temperatur, ikke Dampen, da tør Damp ikke fremkalder Rust; Kedelrør kan under Brugen ruste saa tynde, at de buler ud under Damptrykket. I Nærheden af Luftblærer eller paa Overgangen mellem Luft og Vand ruster Jærnet stærkt, fordi den forbrugte Ilt straks erstattes enten fra Blæren eller Luften uden først at skulle diffundere et længere Stykke Vej; derfor er det i Dampkedler navnlig de Steder, der angribes, hvor Fødevandets Luft udskilles og afsætter sig som Blærer (Fig. 237). Paa Dele, der ligger frit i Vandet, som Trækstænger og Rør, samler Blærerne sig paa Oversiden, der derfor fortrinsvis ruster. Fødevandet bør følgelig have den mindst mulige Lejlighed til at optage Luft paa Vejen til Kedlen, overhovedet vil alle Forholdsregler, der formindsker Vandets Iltindhold, ogsaa formindske Rustdannelsen.

Et virksomt Middel mod Rustdannelse i Kedler er at bruge en Fødevandsvarmer, der bortskaffer den i Vandet opløste Luft. Varmtvandsledninger ruster langt mindre, naar Vandet opvarmes i et aabent Kar, der tillader Luften at undslippe, end naar Opvarmningen sker i et lukket Kar.

Destilleret Vand angriber 3½ Gange saa stærkt, naar det er luftholdigt, som naar det er udkogt. Hvis man kommer Trækulspulver i Vandet, vil det absorbere Ilten og reducere Rustdannelsen til 22—24 % af den normale (K. M. A. 1908, S. 9). I høj Grad beskyttende virker Kromsalte (§ 514).

Vandets Ilt kan fjernes ved Tilsætning af Natriumsulfit, og i saadant Vand ruster Jærnet ikke; først naar Vandet har indsuget ny Ilt og al Sulfiten er omdannet til Sulfat, begynder Angrebet.

En Oliehinde paa Vandets Overflade beskytter ikke mod Rust, da Olie er stærkere iltabsorbierende end Vand.

Undertiden beskytter man Dampkedler ved til Vandet at sætte Zinkoxyd-Natron eller kulsurt Zinkoxyd (den tyske Krigsmarine).

514. Syreholdigt Vand kan virke paa to Maader; for det første vil det omdanne Jærnet til Jærnsalte under Brintudvikling, og dette er ingen Rustdannelsesproces; men er der Ilt i Vandet, vil det desuden forstærke Rustdannelsen; Kulsyre virker saaledes stærkt rustfremmende.

Dette gælder navnlig, naar Vandet er blødt, i mindre Grad naar det indeholder betydelige Kalkmængder. I Varde viste de trukne Vandrør sig stærkt tilstoppede i 1911 som Følge af det meget bløde og meget kulsyrerige Vand; ogsaa Støbejernsrørene var stærkt angrebne paa Steder,

hvor Asfaltlaget manglede (Ing. 1915, S. 726). Mod saadant Angreb beskytter veludført Forzinking. Se ogsaa T. F. T. 1915, S. 193.

Fortyndet Svovlsyre (1:100) angriber blødt Staal, Svejsejærn og Støbejærn i Forholdet 1:2:100. Svovlsyrlingholdig Vanddamp angriber 54 Gange saa stærkt som ren Vanddamp, hvilket spiller en Rolle for Sukkerkogeriernes Dampledninger (§ 125).

Hvis Vandet indeholder Kobbersalte, vil Kobberet udfældes paa Jærnet, og en tilsvarende Jærnmængde gaa i Opløsning (K. M. A. 1911, S. 409).

En ejendommelig Virkning har **Kromsyren** og dens vandopløselige Salte navnlig af Kalium og Natrium, idet svage Opløsninger beskytter ikke blot Jærn, men ogsaa Tin, Kobber og Kobberlegeringer mod Iltning uden paa anden Maade at angribe dem, saaledes at Metallet kan holde sig blankt Maaneder eller Aar igennem, ogsaa naar det er i Berøring med andre Metaller. Der er endog Tale om en vis Fjernvirkning, idet Jærn, der dypper ned i en saadan Opløsning, er beskyttet indtil en vis Højde over dens Overflade. Muligvis vil disse Opløsninger med Fordel kunne bruges ved Centralvarmeanlæg med varmt Vand og paa anden Maade.

Særlig virkningsfulde er Opløsninger med 1 % Kaliumkromat (K, Cr O₄) eller 5 % Natriumbikromat (Na, Cr, O₂). Saltene virker kun i Forbindelse med Fugtighed og egner sig derfor ikke til Pigmenter i Oliefarve, derimod kan man emulgere deres Opløsninger med Fedt, hvorved man faar Salver, der, brugt til Indfedtning af blankt Jærn, virker stærkt beskyttende; bedst egnet er Natriumbikromatet, der er ret hygroskopisk og derfor holder sig fugtigt. Et Præparat af denne Art er *Passivol*, der dels faas som Fedt, dels som en Vandfarve-Pasta til Strykning af indendørs Jærnkonstruktioner og dels som en Opløsning, der sættes til Vand, hvori Jærndele opbevares. Kromsaltenes Virkning ophæves af forskellige andre Salte; saaledes er de uden Virkning i Havvand. Se ogsaa § 500.

Vand fra dybtliggende, vandførende Lag, der sædvanlig indeholder megen Kulsyre og undertiden flygtige Svovlforbindelser, virker stærkt tærende, og **Borerør** af smedeligt Jærn kan ganske ødelægges i Løbet af faa Aar, mens støbte Rør kan have en betydelig Varighed.

Ved det københavnske Vandvæsens Boringer bliver der derfor sænket et asfalteret Støbejernsrør ned i Borehullet, hvorefter Borerøret trækkes op til Brug andetsteds. Forzinkede Borerør af smedeligt Jærn menes at ødelægges lige saa hurtigt som uforzinkede.

515. I Havvand, der jo indeholder baade Kogsalt og Klormagnium, fortæres Jærnet langt hurtigere end i fersk Vand (§ 506), dels paa Grund af disse Stoffers direkte ædende Virkning, og dels fordi de forstærker de galvaniske Strømme. Saltvandsførende Rør i Skibe fortæres overordentlig hurtigt (§ 508), og 4 cm Bolværksbolte kan ruste helt over i Løbet af 20—25 Aar, svarende til en Tæring af ca. 1 mm om Aaret. For Jærnskibes Holdbarhed spiller baade Hastigheden og Temperaturen en Rolle; hurtigtgaaende Skibe i tropiske Farvande ruster 3 Gange saa stærkt som langsomt gaaende Skibe i tempererede Farvande; dette hænger sammen med, at de hurtigtgaaende Skibe sætter et stærkere Sprøjt op, og naar Vendet saa tilmed fordamper hurtigere, bliver der et Lag af hygroskopiske Salte tilbage, der giver en stærk Elektrolyse. Havvandets Iltindhold spiller ogsaa en Rolle, saaledes ruster Jærnskibe navnlig i Vandlinien.

Støbejærn og Staalstøbegods er porøsere end valset og smedet Jærn, derfor kan Vandet trænge ind i det, og Elektrolyse finde Sted gennem hele Massen, ikke blot paa Overfladen. Støbejærn ødelægges særlig hurtigt (§ 125), fordi den elektriske Spændingsforskel mellem Grafit og Ferrit er meget betydelig¹⁾.

Andre Metaller, der ødelægges af Havvand er Bly (§ 574) og Aluminium (§ 617), mens Zink (§ 587) og navnlig Tin (§ 630) og Nikkel (§ 635) staar sig bedre. Kobber (§ 597) og dets Zinklegeringer (§ 641) f. Eks. Muntzmetal (§ 658) angribes stærkt, med mindre de som Sømetal (§ 660), Deltametal (§ 663) og Duranametal (§ 663) er beskyttede ved et lille Indhold af Tin eller andre Stoffer. Meget modstandsdygtig er Bronze (§ 671).

516. I stærkt alkaliske Opløsninger ruster Jærnet ikke, men i svagt alkaliske kan det godt ruste (§ 500), og Rustdannelsen er da altid lokal (Gravrust).

Stærke Opløsninger af **Natronlud** (Natriumhydroxyd, NaOH) eller **Soda** (Na₂CO₃) indeholder næsten ingen Ilt og binder tilmed Kulsyren, saa i disse Opløsninger ruster Jærnet ikke, og man beskytter derfor undertiden Dampkedler,

¹⁾ 0,95—1,0 Volt maalt i 1 % ig Kogsaltopløsning.

der er ude af Drift, ved at fylde dem med en Sodaopløsning, men Fremgangsmaaden kan dog næppe anbefales, thi er Opløsningen for tynd, virker den ikke beskyttende, men tværtimod rustfremmende¹⁾, og er den for stærk, kan der opstaa galvaniske Virkninger mellem de forskellige Metaller i Kedlen, som nævnt nedenfor under Kedelsten. Kalkmælk bruges undertiden paa samme Maade, men den bedste Fremgangsmaade er at tørre Kedlerne ved Hjælp af Varme og sætte Bakker med ulæsket Kalk eller Klorkalcium ($CaCl_2$) ind i dem og derpaa tillukke alle Aabninger; de nævnte Stoffer vil da opsuge den Fugtighed, der alligevel trænger ind i Kedlen.

Kedelstensdannelse modarbejdes undertiden, ved at man sætter særlige Stoffer til Kedelvandet. Disse Stoffer bestaar ofte hovedsagelig af Natriumkarbonat, som, hvis der er Gibs i Vandet, omdannes til Svovlnatrium; efterhaanden som Kedelvandet fordamper, bliver Svovlnatriumopløsningen stærkere og foranlediger stærke elektrolytiske Virkninger. Dens skadelige Virkninger viser sig særlig stærkt i visse Lokomotivkedler paa de Staalnitter, der forbinder Kedelpladen med Kobber-Rørvæggen. Disse Nitters Hoved bliver hurtigt angrebne af den tilførte Hl. Om Natriumsulfid se § 513.

517. Mørtlerne virker rustbeskyttende, saafremt de reagerer alkalisk. Dette gælder Cementmørtel²⁾; Jærn, der er indstøbt i tæt Beton, rustet ikke (§ 520). Kalkmørtel beskytter kun, saalænge den er frisk og alkalisk³⁾; i Tidens Løb vil Jærndeale, der er indmuret med Kalkmørtel, ruste stærkt og sprænge Murværket. Jærnankre og lign., der anbringes i Murværk, bør derfor enten forzinkes eller omgives med Cementmørtel⁴⁾. Jærnet angribes dog ikke i tør Kalkmørtel⁵⁾. Gibsmørtel angriber meget stærkt, og Jærn faststøbt i Svovl fortæres i Tidernes Løb.

Rustkit, hvormed man tætter Huller i Støbegods og forbinder Jærn og Sten indbyrdes eller med hinanden (§ 148), fremstilles af Jærnfilspaaner blandede med stærkt rustfremmende Stoffer som Svovl, Salmiak og Kogsalt.

Til Trykvindkedler paa Vandledninger bruges: 35 kg rustfri Jærnfilsaaner, 2 kg Salmiak og 1 kg Svovl, der udrøres med Eddike til en Grød; eller 10^l Stenkulstjære, 1,2^l Svovlpulver og noget Melkalk. En Jærnkit, der taaler højere Temperaturer, har Sammensætningen: 4^l Jærnfilsaaner, 2^l Ler og 1^l Porcelænspulver udrørt i en mættet Kogsaltopløsning.

B. Rustmidler.

518. Der er i § 500-1, 504, 506, 513-4 og 516-7 lejlighedsvis omtalt nogle Midler, der under særlige Forhold kan tjene til at formindske Rustdannelsen, men under almindelige Forhold er der kun eet paalideligt Middel mod Rust, og det bestaar i at give Jærnet et **Overtræk**, der er tilstrækkelig tæt til at udelukke de rustfrembringende Stoffer og tilstrækkelig modstandsdygtigt overfor

¹⁾ En Tilsætning af under 1 % Soda fremkalder meget stærke lokale Tæring (K. M. A. 1910, S. 419), og Tilsætningen bør derfor være lidt større. Af Natriumhydroxyd bør tilsættes 0,1 %, og Beskyttelsen er da bedre end ved 1 % Soda; ogsaa her lokaliseres Angrebet, naar Opløsningen er for svag (Ing. 1916, S. 362). En Tilsætning af Kogsalt ophæver Sodaens beskyttende Virkning.

²⁾ Kommer man Cementpulver i en Flaske med Vand og ryster den, til Cementpulveret er bundet af, vil Jærn, som anbringes i Vandet, ikke ruste.

³⁾ Mættet Kalkvand virker rustbeskyttende, mens fortyndet Kalkvand fremkalder lokale Angreb, uden at Tæringen dog er væsentlig stærkere end i destilleret Vand (I. M. 1912, XXIV, 5).

⁴⁾ eller beskyttes paa anden Maade; ved Genopbygningen af Christiansborg fandtes et omkring Aar 1735 indmuret Anker indviklet i Birkebark.

⁵⁾ I 1912 nedslag jeg Kalkpuds fra et Loft i den mindre Løngang fra Christiansborg over Tøjhusgade. Pudsen var udført omkring 1740, og Tagrørene var fastgjorte til Loftsforskallingen med 1 mm tyk Jærntraad, der dog formentlig var forzinket. Nogle Steder var Regnen sivet igennem fra Utætheder i Taget, og her var Traaden rusten, undertiden overrustet, men hvor Pudsen var tør, var Traaden saa godt som ubeskadiget.

kemiske og mekaniske Paavirkninger. Det beskyttende Overtræk kan være af højst forskellig Natur efter Jærngenstandens Anvendelse og Størrelse og efter de Krav, der stilles med Hensyn til Varigheden og Udseendet.

1. Midlertidige Overtræk.

519. Indfedtning bruges meget som et foreløbigt Beskyttelsesmiddel (ved Lagring, Forsendelse o. lign.) for Genstande, der ved Brugen skal være ubeskyttede. Eksempelvis beskyttes blanke Maskindele og høvlede Partier af Støbegods paa denne Maade, men aldrig Flader, der senere skal males, da Maling ikke binder paa fedtet Jærn. Ved Bestilling af Jærnvarer forlanges saaledes ofte, at »alle de høvlede og afrettede Flader skal udgaa fra Fabrikken vel indsmurte med Blyhvidt og Talg«.

Denne Masse fremstilles ved at røre 50—100 % Blyhvidt ud i den smeltede Talg og spæde op med Linolie. Talg blandet med Grafit bruges til Beskyttelse af Agerbrugsredskaber om Vinteren og til Traadtove. Talg bruges ogsaa alene ligesom **Svinefedt**, **Bomolie**, **Kautsjukolie** (5: Kautsjuk opløst i Terpentinel), **Vaselin** m. m. Alle de organiske Fedtstoffer og navnlig Talgen bliver nemt harske, og de derved dannede fri Fedtsyrer angriber Jærnet. I den senere Tid bruges derfor mere Vaselin og andre mineralske Fedtstoffer opløst i Terpentin eller letflydende Petroleumdestillater. Samtidig er der dog fremkommet nogle organiske Indfedtningsmidler, **Mannocitin** (opløst Uldfedt), og **Ferronat** (samme Stof med Tilsætning af brændt Magnesia, der binder de fri Fedtsyrer), der ikke bliver harske, og binder bedre til Jærnet end Vaselin. Om **Passivolt**-Fedt, der indeholder Kromsalte, se § 514. Kalkmælk emulgeret med Fedt virker stærkt rustbeskyttende. Intet af de nævnte Stoffer giver dog mere end en foreløbig Beskyttelse. De bliver nemt skrabe af, regner af i det fri og smelter i Solen. Mest modstandsdygtige er de, der indeholder et fast Stof som Blyhvidt eller Magnesia.

Kalkmælk benyttes undertiden til midlertidig Beskyttelse af syrebeitset Jærn (særlig Plader) under Forsendelse, idet man tillige opnaar at neutralisere mulige Syrerester. Men naar Kalken er omdannet til Karbonat, ophører Beskyttelsen (§ 517). I Jærnbanel tunneler stryger man Skinnerne med Kalkmælk og bruger Kalkstensballast.

2. Portlandcement.

520. Portlandcement blandet med Grus (Cementmørtel, Beton) beskytter mod Rust, naar Laget er tilstrækkelig tykt og tæt. Herpaa beror Jærnbetonkonstruktionernes Varighed og Betons Anvendelse til Udfyldning af Vandsække og andre Hulheder i Jærnkonstruktioner. Bunden i Staalskibe afrettes indenbords med Beton af smaa Skærver.

Paastrygning af rent Cement i tynde Lag udføres undertiden paa Dampkedler baade ud- og indvendig; naar Pladernes Rustgruber fyldes med Cement, standser Tæringen. I Udlandets Literatur anbefales saadanne Strygninger som fortræffeligt egnede ogsaa til Beskyttelse af Jærnbroer og lign., men mine egne Erfaringer gaar i modsat Retning.

Et Cementovertræk af denne Art skal have vist sig meget holdbart paa en Bro over Niagara. Med Hensyn til Fremgangsmaaden hed det sig tidligere, at Jærnet helst maatte være rustent, hvorved Adhæsionen forøges, men nu forlanges en ren, metallisk Overflade, hvilket utvivlsomt er en Forbedring. Cementen, der skal være langsomt størknende, udrøres med Vand eller bedre med skummet Mælk (der synes at forøge den hærdnede Cements Seighed) til en Vælling, der stryges paa med Kost. Et tyndt Lag beskytter ikke, der maa derfor anvendes 4—5 Strygninger, og hvert Lag skal være størknet, inden det næste paaføres.

Jeg har ladet nogle store, rustne Jærnbjælker paa Christiansborg behandle paa denne Maade baade med og uden Mælk, men de rustede videre og sprængte Cementlaget af. Paa rustfrit Jærn vil Metoden sandsynligvis give bedre Resultater, men næppe gode.

Ved Husbygning stryges Jærnbjælkerne Ender undertiden med Cement, inden de indmures, hvilket er en overflødig Foranstaltning, da Bjælkerne altid er mønjemalede og saaledes godt beskyttede (§ 535).

3. Tjære.

521. Tjæring er et billigt Rustmiddel, og hvis Tjæren er fri for Vand og Syrer, virker den udmærket, i alt Fald hvor den ikke er udsat for stærk Sol. De nævnte Stoffer kan fjernes ved Kogning eller neutraliseres med brændt Kalk eller Cement, hvoraf der altid bør tilsættes lidt; bliver Tjæren derved for tyk, kan den opspædes med Petroleum, Nafta eller Terpentiniolie. Saavidt muligt maa baade Tjæren og Jærnet være varmt ved Strygningen.

Der kan ikke oliemales ovenpaa Tjære og heller ikke ovenpaa ægte Asfalt, da Stofferne er opløselige i Olie og trænger ud i Dæklaget. De asfalterede Afløbsrør i Huse maa derfor behandles paa en særlig Maade.

Tidligere strøg man med Skellak, inden Malingen, men undgik dog ikke helt at faa brune Skjolder, hvorfor man nu er gaaet over til at bruge Aluminiumbronzepulver udført i Lak og Terpentin (§ 555).

522. Stenkulstjære bruges mest, f. Eks. til Skibsbunde, Sluseporte, Forløjningstønder m. m. baade i fersk og salt Vand samt til støbte Rør¹⁾.

Kultjærens Indhold af frit Kulstof varierer lige op til 50 %; det bliver tilbage, naar Tjæren opløses i Benzol eller Svovlkulstof. Kullet gør Tjæren trægt flydende, men samtidig (mærkeligt nok) mere flygtig; er der for meget, bliver Laget ujævnt og mindre vandtæt, men indtil 20 % virker gavnligt. **Vægtfylden** ligger gerne mellem 1,10 og 1,25, og afhænger hovedsagelig af Mængden af frit Kulstof, saa at man tilnærmelsesvis kan sætte $c = (f - 1) \cdot 160 - 10$, hvor c er Kulstofprocenten og f Vægtfylden. Om Kulmængdens nøjagtige Bestemmelse og om Tjæreanalyser se T. F. T. 1914, S. 124 (Rygner).

Raa Kultjære indeholder altid to skadelige Stoffer: **Ammoniakvand** og **Naftalin**. Vandet formindsker Tjærens Evne til at klæbe paa Jærnet og gør den blød i Varme, mens Ammoniakken vil danne Salte, som forsæber Tjæreolien, saa at Tjærelaget lettere opløses og bliver porøst; Naftalinen vil efterhaanden fordampe, hvorved Laget sprækker. Desuden vil Tjæren ofte indeholde forskellige Syrer.

Centrifugeret Tjære. Vandet og de skadelige, flygtige Stoffer kan fjernes ved Destillation, saa man beholder en seig Beg, der derefter fortyndes med en eller anden Olie, men ofte indskrænker man sig til at opvarme Tjæren til 40° og centrifugere Vandet bort. Centrifugeret Stenkulstjære fra Københavns Gasværker koger ved ca. 90°, og Prisen pr. Ton er normalt 1,25 Gange Kulprisen pr. Ton.

Calcineret Tjære. Vandet og Syrerne kan som nævnt ogsaa uskadeliggøres ved Tilsætning af brændt Kalk eller Cement; Tjære, der er behandlet paa denne Maade, kaldes ofte calcineret. Et Kultjærepreparat, der siges at have givet gode Resultater paa Steder, hvor Jærnet er udsat for Gasarter og syreholdigt Vand, tillaves saaledes: 100 kg Tjære koges godt, saa at Vand og Kulbrinter fordamper, hvorefter 20—25 kg brændt, ulæsket Kalk sigtes og udrøres i Tjæren, der yderligere holdes varm et Par Timer; derefter tilsættes 20—25 kg Cement, der røres godt rundt. Det tørre, rene Jærn stryges to eller flere Gange med den varme Masse, og naar Dæklaget er tørt, overbørstes det med tør Cement.

523. Støbejernsrør med Tjæreovertræk benævnes **asfalterede**. Efter at være pudsede, rensede og trykprøvede nedlægges de mindst 5 Minutter i den hede, indkogte Tjære; Muffens Indre og Spidsens Ydre stryges i Forvejen med Kalkmælk, for at de kan holde sig fri for Tjæren. Større Rør dypes ikke, men opvarmes til 100—150° og overstryges 3 Gange med den varme Tjære. I Reglen blander man Tjæren med noget brændt og pulveriseret Kalk, der neutraliserer Tjærens Syrer og gør Overtrækket blankt. Saaledes behandlede faar Rørene et blankt, tæt Overtræk, der holder sig godt i Jorden, ikke skaller af ved Stød og ikke bliver blødt i Solvarme, saaledes som ren Tjære. Vandrør behandles baade ud- og indvendig, Gasrør kun udvendig, fordi Gas, der er rig paa Benzoldampe, kan opløse Begen, saa denne flyder af som en seig Vædske. Se ogsaa § 144 og 521.

En Blanding af 8 kg Tjære, 2 kg Kalk og 1 kg Terpentiniolie anbefales. Til Vandrør maa Massen ikke indeholde Stoffer, der er opløselige i Vand, eller som kan give Vandet Smag. Skal Gasrør behandles indvendig, maa man bruge ægte Asfalt eller Petroleumsgoudron.

Københavns Belysningsvæsen forlanger Rørene leverede uden Overtræk, for at Afpropninger

¹⁾ I Jærnbantunneler tjæres Laskeboltens Møtrikker.

af utætte Steder med Propper af smedeligt Jærn ikke skal skjules. Efter at Rørene er prøvede, renses de for Rust og tjæres udvendigt med varm Tjære, der spædes op med Benzol.

524. Trættjære maa ligesom Kultjære koges, hvorved Vand og Eddikesyre fjernes. Laget gøres vandtæt og hindres i at løbe af ved Mætning med tør Cement efter Strygningen. I Stedet for Cement kan ogsaa bruges Mønje, ligesom man kan blande Tjæren med Cement eller Mønje eller bægge Dele; bliver Massen for tyk, kan den fortyndes med Linolie eller Petroleum. Disse Tjæremalingers store Fordel er, at de holder sig bløde og elastiske og følger Jærnets Udvidelser; Trættjære er nemlig kun halvtørrende i Modsætning til Kultjære og Linolie, der bægge tørrer ind til en skør Hinde.

525. De nedenfor nævnte tjæreagtige Rustmidler omtales nærmere i § 547. Se ogsaa § 556. **Siderosten-Lubrose** er et tysk Fabrikat af Oliegastjære uden Farvepulver. Den er let at stryge, men Arbejdet maa udføres omhyggeligt, da der ellers kommer smaa Blærer. Den giver et smukt, sort, blankt Overtræk, der navnlig udmærker sig ved dets Bøjelighed og dets Modstandevne mod Svovlsyrlingluft og Klorbrinteluft. Den bruges dog mere til Beton end til Jærn. I Havvand staar den sig godt. **Antiferugin** er en tjærelignende Farve med samme Egenskaber som den foregaaende, og som desuden staar sig godt mod Kogsaltopløsninger. **P & B Komposition** for elektriske Anlæg er et hæsligt lugtende, amerikansk Fabrikat, der dækker godt, men er meget vanskelig at stryge og giver en grim, ujævn Overflade. Den er overordentlig modstandsdygtig mod Kogsaltopløsninger og Svovlbrinteluft, ligesom den staar sig godt mod Akkumulator-syre. **P & B Armaturfærbis** dækker godt og er let at stryge. **P & B Ruberinefarve** dækker godt, men er ret vanskelig at stryge og giver en noget ujævn Overflade. Den er betydelig mere bøjelig og slidfast end de to andre.

4. Fernis.

526. Fernisering udføres med Linoliefernis. **Linolie** vindes af Hørfro og ilter sig i Luften til et fast Stof.

Linolie er en Forbindelse af Glycerin og organiske Syrer; den indeholder ogsaa lidt fri, vegetabilisk Syre, men det maa højst være 1 %₁₀. Mængden maales ved Jødtallet, som angiver, hvormange %₁₀ Jod Olien kan optage, og som bør være ca. 180. Naar Linolie behandles med Alkalier, vil Syrerne danne Salte eller Sæber, mens fri Glycerin udskilles.

God Linolie skal blive haard (ikke klæbende) i Løbet af 3—5 Dage, naar den i et tyndt Lag stryges paa en Glasplade, der henstilles i Lyset ved en Temperatur af ca. 15°.

Linolie har hidtil været den eneste Olie, der var tilstrækkelig tørrende og syrefri og kunde skaffes i de fornødne Mængder, men i den senere Tid begynder **Soyabønneolie** at trænge sig frem. Den er lidt mørkere end Linolie, men i kemisk Henseende er det vanskeligt at skelne dem fra hinanden; den tørrer langsommere, men bliver mere elastisk og vandtæt.

Den raa Linolie ilter sig langsomt, men Iltningen kan fremskyndes ved at opløse noget Blyilte eller Manganilte i Olien. Man koger derfor Olien med de paagældende Metalilter, og den saaledes tilberedte Olie kaldes **Fernis** eller **kogt Linolie**¹⁾. Fernisen optager Ilt fra Luften, hvorved den bliver fast, »tørrer«, idet den omdannes til en iltrig Syre, der kaldes **Linoxyn**²⁾.

Jo større Indholdet af Metalilter er, des hurtigere sker Tørringen; god Fernis, udstrøget i et tyndt Lag, skal være klæbefri efter højst 24 Timers Forløb, og man kan godt faa Ferniser, der tørrer i Løbet af 5—6 Timer. En altfor hurtigtørrende Fernis er ubekvem at arbejde med, da den stivner allerede under Strygningen. Tørringen kan fremskyndes ved umiddelbart inden Strygningen at tilsætte særlige Tørringsmidler, **Tørrelse** eller **Sikkativer**, men Fernishindens Holdbarhed lider derunder.

Sikkativerne, der er Opløsninger af Bly- eller Mangansæber i Terpentiniolie, bevirker, at Fernishinden let revner og hurtigere forvitrer. De bør derfor kun i ringe Mængde sættes til Fernis og Oliefarve, der skal bruges i det fri. Navnlig er Manganoxyd uheldigt, da det fremkalder en hurtig Tørring af Overfladen, hvorved Gennemtørringen vanskeliggøres; Blyoxyd fremkalder en mere jævn Tørring gennem hele Hinden og er derfor at foretrække undtagen til fin, hvid Maling, som den gør gullig. Af Blyoxyder bruges baade Blyglød (PbO) og Mønje, af hvilke Mønje er mindst egnet, da den fremkalder Skørhed.

Om Brug af Sikkativer se § 529.

¹⁾ Fernis kan ogsaa tilberedes paa andre Maader, men dette er den almindeligste. Kogningen bør fortsættes saa længe, at Vægtfylden bliver mindst 0,939.

²⁾ Ved Iltningen stiger Vægten med ca. 20 %₁₀. Varme og Lys (navnlig ultraviolette Straaler) fremmer Iltoptagelsen; i Mørke foregaar Tørringen temmelig langsomt. Metalliternes Virkning er en katalytisk.

Iltningen ledsages af en mer eller mindre stærk Varmedvikling. Ved et Forsøg paa Statsprøveanstalten blev en Tot Bomuld gennemvædet men en særlig hurtigtørrende Fernis og henlagt paa et Bord i Laboratoriet; efter 3 Kvarters Forløb gav den sig til at ulme og ryge og forkullede fuldstændig. Det er derfor næppe udelukket, at f. Eks. Tvist mættet med Fernis kan tænde sig selv og foraarsage Ildløs.

Den tørrede Fernis' Hovedbestanddel er som nævnt en Syre, og gammel Fernis kan derfor fjernes med Opløsninger af Alkalier (f. Eks. Sæbelud).

527. Den hærdnede Fernishinde er gennemsigtig og i Begyndelsen kautsjukagtig og elastisk, saaledes at den kan følge med Jærnet ved Temperaturforandringer uden at revne, men efterhaanden som Iltningen skrider frem, forringes Elasticiteten. Hinden beskadiges let paa Grund af sin Blødhed, og den er ikke helt vandtæt; i Berøring med Vand indsuger den dette og bliver blæret eller knudret.

Hinden er nemlig noget porøs, da Fernisen under Iltningsprocessen afgiver Kulstof og Brint i Form af Kulsyre og Vand. Ved at blande 2% Gummi i Fernisen forøger man i høj Grad dens Vandtæthed, og Vandindsugningen forringes til en Brøkdel af den normale. Fernis har ogsaa en Evne til at opsuge frie Brintioner og vil derfor virke rustfremmende, hvis Hinden beskadiges; denne Egenskab kan ophæves ved Iblanding af et rusthæmmende Farvestof.

Haardheden og Vandtætheden forøges, naar der blandes et fast Stof i Fernisen, hvorved man faar de saakaldte Oliefarver. Det er disse, der bruges til Beskyttelse af Jærn i fri Luft, mens ren Fernis kun bruges indendørs, og selv der kun i særlige Tilfælde. Dog bruges den til Strykning af Støbegods, der først besigtiges hos Modtageren, fordi dens Gennemsigtighed gør det let for denne at opdage Støbefejl, selv om disse er skjulte med Kit. (»Alle ikke afrettede Flader paa Støbejerns Genstande skal renses omhyggeligt og stryges 1 Gang med ren Linolieferniss«). Efter Besigtigelsen og Opstillingen males der da ovenpaa Fernisen. Men ellers er det en Hovedregel, at Jærn ikke maa udsættes for Vejrliget, førend det er dækket med rigtig Maling.

Nogle mener ganske vist, at man altid bør grunde med ren Fernis men herimod taler det ovenfor nævnte. Desuden kræver Fernis lang Hærdningstid, inden der oliemaales ovenpaa den, da Malingen ellers kan opløse den, saa den bliver blæret eller løsner sig. Vil man grunde med Fernis, bør den være varm, letflydende og hurtigtørrende.

528. Fernis fremstilles foruden af Linolie ogsaa af **billigere Olier**, der blandes med Harpikser og flygtige Vædsker, men disse Stoffer kan som Regel ikke maale sig med Linolieferniss, hvad Vejrfasthed angaar.

5. Oliemaling.

a. Malings Bestanddele.

529. Fernisen. Til Oliemaling bruges Linolieferniss, hvori et Farvepulver (Pigment) er udrørt. Fernisen skal helst være ren Linolieferniss uden Tilsætning af Sikkativer eller Terpentiniolie, der vel fremmer Tørringen, men ogsaa medfører, at Malingen snart bliver skør og revner, saa den tilsidst kan gnides af. Det er meget vigtigt, at Fernisen er god; er der Mineralolie i den, tørrer den ikke.

Terpentiniolie er flygtig og fremmer derfor Tørringen, saaledes at Malingen kan paastryges i tykkere Lag; dette er for det første uheldigt, og for det andet vil Farvelaget blive porøst ved Terpentinioliens Fordampning, saaledes at det, i alt Fald i fri Luft, ikke vil være holdbart, med mindre det lakeres. Et saadant Farvelag, der er for pigmentrigt i Forhold til Fernismængden, siges at være for **magert**. Paa lignende Maade som Terpentiniolie virker Benzin, Benzol og Nafta. Se ogsaa § 553 og 555-7. Skal Arbejdet af een eller anden Grund forceres, kan det

blive nødvendig at tilsætte Sikkativer, men man bør da 3-4 Dage forud foretage nogle Prøvestrygninger med ulige store Tilsætninger, og deraf bestemme hvor ringe en Tilsætning man kan nøjes med.

530. Pigmenternes Rivning og Fernisbehov. Pigmentet sælges enten tørt eller som »reven« Maling : blandet med raa Linolie til en tyk Deig. Fabrikationen foregaar i Farvemøller, der først finmaler Pulveret og derpaa sammenriver det med Olien mellem to Sten. Købes Pulveret tørt, maa man selv rive det med Olien, men den maskinelle Rivning giver en intimere Blanding. Den revne Maling bliver saa, naar den skal bruges, udrørt med den fornødne Fernismængde. Jo mere Pigmentet rives og sønderdeles, des mindre Fernis kræver det, des større bliver dets Sprede- og Dækkeevne, des hurtigere tørrer Farven, des glansfuldere bliver den, des ringere bliver dens Gennemtrængelighed for Vædsker og Luftarter, og des bedre beskytter den derfor.

Den Oliemængde, der kræves til Rivningen, og den Fernismængde, der kræves til Udrøringen, er meget forskellig for de forskellige Pigmenter. Saasædes kræver:

100 kg Kønrog	ca. 300 l Olie og ca. 400 l Fernis,
» » Zinkhvidt	» 22 l » » » 85 l » ,
» » Blyhvidt	» 10 l » » » 40 l » ,
» » Blymønje	» 26 l » .

Ved Bedømmelsen af disse Tal maa man huske, at Pigmenternes Vægtfylde er meget forskellig.

Som Regel bør man ikke bruge en fernisfattigere Farve ovenpaa en fernisrigere, idet den overliggende haarde Maling da let vil sprække. En af Grundene til, at Blymønje egner sig saa godt til Grunding, er, at den kræver saa lidt Fernis. Paa den anden Side maa der ikke bruges mere Fernis til Dækfarven (hverken paa Jærn eller Træ) end vedkommende Pigment kræver, thi den overflødige Fernis kan opløse Grundmalingen, saa denne bliver blæret eller løsner sig.

531. Pigmenternes elektrokemiske Natur spiller en stor Rolle, thi Fernisens Porer vil i fri Luft indsuge Vand og Syre, og Betingelsen for en elektrolytisk Virkning mellem Jærn og Pigment er dermed til Stede. Nærmest Jærnet bør man derfor kun bruge Pigmenter, der er rusthæmmende (inhibitive).

For direkte at undersøge Pigmenternes rustfremmende eller rusthæmmende Virkninger har amerikanske Forskere udført 50 forskellige Pigmenter i Vand, i hvilket der stilledes blankt Jærn, og hvorigennem der ledes Luft; herved viste alle stærkt basiske Pigmenter, f. Eks. Blymønje og Blyhvidt sig stærkt rusthæmmende. At Kromatpigmenter (f. Eks. Kaliumkromat) virker beskyttende, naar de er syrefri (hvilket ikke altid er Tilfældet, da mange udfældes af sure Opløsninger), har længe været kendt, og ogsaa her viste et basisk Blykromat (*American Vermillion*) sig beskyttende. Derpaa blev Pigmenterne udrørt i een og samme Fernis og strøget paa Staalplader, der opstilledes i *Atlantic City* til Observation. Ved disse Forsøg viste Zinkoxyd, Baryt, Gibs og ren Linolieferniss (3 Lag) sig meget daarlige, medens Blyforbindelser og Kromater stod sig godt, navnlig *American Vermillion*, Kromgrønt, Bly- & Zinkkromat, Zinkkromat, Zink- & Barymkromat, sort Jærnoxyd og sublimeret Blyhvidt (*J. M.* 1912, XXIV, 1).

532. Pigmenternes fysiske Egenskaber. Malings Dækkraft eller Uigennemsigtighed afhænger af Forskellen mellem Pigmentets og Fernisens Straalebrydningsevne. Ved **Spredeevnen** forstaar man Malings Evne til at kunne stryges ud over et større eller mindre Areal, naar Strygningen udføres paa almindelig Maade, og Konsistensen er, som den skal være; om det udstrøgne Lag er mer eller mindre gennemsigtigt er i denne Forbindelse uden Betydning. Spredeevnen er meget forskellig og vokser som Regel med den Mængde Olie, som Pigmentet kræver. Zinkhvidt har saaledes betydelig større Spredeevne end Blyhvidt (§ 538), og de rene Stoffer større Spredeevne end de forfalskede. Med 1 kg rent Blyhvidt kan man f. Eks. stryge et ca. 1,5 Gange saa stort Areal som med den almindelige, forfalskede Handelsvare. Er Spredeevnen for stor, bliver Laget for tyndt, er den for lille, bliver det for tykt. Som Regel opnaas et godt Resultat ved at sammenblende et Pigment med stor og et Pigment med ringe Spredeevne.

Farvelagets **Elasticitet** bør være saa stor, at Laget ikke revner, fordi Malingen svinder eller som Følge af Jærnets Temperaturudvidelser. I uelastisk Maling viser Revnerne sig ofte som et fint Nætværk, der er stærkt fremtrædende ved Brug af rent Zinkhvidt, men ogsaa forekommer i Blyhvidt og Blymønje. Ved Sammenblanding af flere Pigmenter (f. Eks. Blyhvidt, Zinkhvidt

og et Silikat) kan man forøge Elasticiteten. En simpel Prøve paa Elasticitet og Vedhængning er at dykke en malet Plade først i koldt og saa i varmt Vand og derefter prøve den med en Hammer.

533. Forfalskede Pigmenter. De Farvepulvere, der gaar i Handelen, er ofte stærkt forfalskede, saaledes at de maaske kun indeholder $\frac{1}{3}$ af det Stof, hvis Navn de bærer, og Prisen er ikke altid reduceret i samme Forhold; man bør derfor lade Farvepulveret analysere ikke blot forud, men ogsaa under Arbejdet. Pigmentet maa som Regel ikke reagere alkalisk, da det saa vil forsøbe Olien (§ 526), hvorved Malingen ødelægges. Flere af de Farvestoffer, der bruges til Forfalskning af hvid Maling, har denne Egenskab, der viser sig ved, at Malingens Overflade i Tidens Løb bliver kridtagtig og afsmittende. Malingens **Vedhængning** paavirkes af Pigmentet, saaledes vil visse Zink- og Blyfarvestoffer give en lidet fastsiddende Maling og derfor kræve en Tilsætning af andre Stoffer som Kiselsyre, Silikater eller Baryter. **Kiselsyre** tilsættes i Form af malet Kvarts, der udrørt i Olie er næsten gennemsigtig, men som sammen med Blyhvidt og Zinkhvidt danner en meget stærk Maling med god Spred- og Vedhængningsevne. **Tungspat** (BaSO_4 , Vf. 4,5) forøger tillige Syrefastheden; se ogsaa § 540-1. Ogsaa **Kridt** bruges som Tilsætning navnlig til Blyhvidt og lignende Pigmenter, hvis Fernisbehov er ringe; ved Kridttilsætningen kan Fernisforbruget og dermed Malingens Varighed forøges. En ringe Kridttilsætning kan ogsaa gøre Gavn ved at neutralisere den fri Syre, som ofte findes i Linolien. Store Kridttilsætninger kan ikke bruges i hvid Maling, da Kridt bliver graat, naar det blandes med Olie. Undertiden er der **Gibs** (ubrændt) i Handelspulverne, hvilket er uheldigt, da den let ioniseres, naar Malingen bliver vaad, og da virker rustfremmende; desuden kan den indeholde Svovl, og dens Dækkraft er meget ringe, da Gibs bliver gennemsigtig i Olie. Gibsholdig Maling bliver i Tidens Løb kridtagtig i Overfladen og afsmittende. Se ogsaa § 531.

Det hævdes fra mange Sider, at disse forskellige Fyldstoffer ikke burde forekomme i Handelspulverne, da man ikke kan kontrollere, om Prisen er forringet i Forhold til Tilsætningens Størrelse, og saaledes let bedrages. Fyldstofferne forringer Dækkraften, saa man bruger mere Farve, og et tykt Farvelag revner lettere end et tyndt og skaller lettere af. For den lille Forbruger er det dog bekvemt at kunne købe Farven strygefærdig.

b. Valg af Pigmenter til Grundning og Dækmaling.

a. Grundning.

534. Malingen maa for at blive holdbar og dækkende paaføres i flere tynde Lag, og i Reglen anvendes to forskellige Farver, en Grundfarve og en Dæklarve.

Til Grundningen maa kun bruges Pigmenter, der er rusthæmmende¹⁾ eller i alt Fald neutrale, og da Luften kun i ringe Grad faar Adgang til Grundmalingen, er det heldigt, om Pigmentet kan bidrage til Fernisens Iltning. **Grafit** er vel egnet til Grundning, men hyppigst bruges de nedennævnte Pigmenter.

535. Blymønje (Pb_3O_4), der let kendes paa sin ejendommelige, røde Farve, er det bedste og mest brugte Pigment til Grundning, hvilket skyldes dens ringe Fernisbehov (§ 530) og dens elektrokemiske Natur (§ 531). Den forbinder sig kemisk med Fernisen til en haard og modstandsdygtig Skal, der hæfter meget fast til Jærnet. Den er det eneste Pigment, der (i Forbindelse med Linoliefernise) taaler til Stadighed at være under Vand, og bruges derfor til Skibsbunde (§ 546); al anden Oliemaling bliver blæret og løsner sig tilsidst helt fra Jærnet²⁾. Blymønje er ogsaa udmærket egnet til Beskyttelse af Jærn, der indmures i Murværk (§ 520) eller indstøbes i porøs Beton; i fri Luft maa den derimod altid dækkes med en anden Farve. Om Forsøgsresultater se § 547.

Blymønje købes som et fint Pulver (Vf. 8,7), der direkte (uden Rivning) kan udrøres i Fernisen; ved Henstand i udrørt Tilstand bliver Farven hurtig tyk. U. S. A.'s Marinenedepartement forlanger, at Pulveret skal indeholde mindst 94 % Pb_3O_4 , højst 0,1 % metallisk Bly og iøvrigt bestaa af PbO . De svenske Normalbestemmelser (§ 365) kræver mindst 28 % PbO (idet $\text{Pb}_3\text{O}_4 = 2\text{PbO} + \text{PbO}_2$). Det danske Orlogsværft kræver ca. 30 % PbO_2 og Frihed for Salpeter- og Svovlsyre i væsentlige Mængder. Man kan træffe forfalsket Mønje, der alene bestaar af Tungspat farvet med Anilin. Til Grundning af Panamakanalens Sluseporte forlangtes Sammensætningen

¹⁾ Til disse hører Blyhvidt, Blymønje og i særlig Grad Zinkkromat og Kromoxyd; de sidstnævnte bruges kun som Tilsætning til neutrale Farvepulvere. Se ogsaa § 531.

²⁾ Bortset fra Blymønje kan man derfor til Undervandsmaling kun bruge Lak (§ 553) som Bindemiddel.

16kg ren Mønje, 4,5kg raa Linolie, 0,28^l Terpentin og 0,28^l Sikkativ (*Ing.* 1912, S. 244). Blymønjes ringe Fernisbehov (§ 530) og store Tørreevne gør Malingen hurtig haard og skør (§ 526), bristende (§ 532) og porøs; undertiden bør den derfor blandes med et andet Farvestof som Blyhvidt, Zinkhvidt eller Magniumsilikat, der forøger Oliemængden og gør Malingen mere elastisk og lettere at stryge samt hindrer Mønjen i at udskille sig af Olien. Ogsaa Grafit tilsættes (§ 543). Mønjen store Vf. gør den mere tilbøjelig end lettere Farvestoffer til at løbe ned ad lodrette Flader, saaledes at Laget bliver tyndest foroven.

Blymønje egner sig ikke til Dæklarve, da den forholdsvis hurtig forvitrer under Vejrligets Indflydelse; navnlig bør den ikke bruges til Dæklarve paa Broer over Jærnbaner, da Lokomotivrøgens Svovlbrinte omdanner den til Svovlbly under Rumudvidelse; ogsaa ammoniakholdig Luft (som den forekommer i Stalde og paa Gasværker) angriber stærkt.

Malersvende, der til Stadighed arbejder med Blymønje eller Blyhvidt, kan efterhaanden blive forgiftede, idet Blysaltene ophober sig i Organismen. Om Grundningens Udførelse se § 549. Om Mønje i Tjæremaling se § 524.

Naar Mønje æltes med en ringe Mængde Fernis, faas **Mønjekit**, der, udsat for Luften, i Løbet af kort Tid tørrer til en stenhaard Masse og bruges til Kitning af Ovenlys og Fuger i Jærnkonstruktioner (§ 549) og som Tætningsmiddel ved kold Nitning (§ 401). Undertiden tilsættes ogsaa Blyhvidt, Pibeler o. lgn.

536. Jærnmønje, der ikke er andet end Jærntveilt (Fe_2O_3), og hvis Farve er mørkere og brunligere end Blymønjes, bruges undertiden i Stedet for denne. Den er billigere og ikke giftig, og i visse Lande, f. Eks. Belgien, benyttes den overalt, men den kan indeholde fri Svovlsyre, der fremmer Rustangrebet, og i Danmark er man derfor som Regel bange for at bruge den. Tyske Jærnbjælker er ofte malede med Jærnmønje eller med en Blanding af lige Dele Jærn- og Blymønje. Det vilde muligvis være praktisk at grunde første Gang med Blymønje og anden Gang med Jærnmønje, da Farveforskellen vil røbe en ufuldstændig Strygning. Under Vand bør Jærnmønje aldrig bruges.

Jærnmønje fremstilles ved Brænding af Rødjærnsten eller andre Jærnmalm og kommer navnlig fra Belgien. Denne naturlige Jærnoxid, hvis Vægtfylde varierer fra 3,5 til 5,2 efter Malmens Art, danner som Regel et godt Grundstof for rusthæmmende Maling, men Oxydet fremstilles ogsaa af Ferrosulfat, der faas som Biprodukt ved Svovlsyrefabrikation, og denne kunstige Jærnoxid, hvis Vægtfylde kun er 2,6—3,1, indeholder gerne lidt Svovlsyre, der gør den uegnet til Maling paa Jærn. Man bør sikre sig mod Svovlsyre ved at koge Pigmentet i Vand og til Afkoget sætte Klorbaryum, hvorved der ikke maa fremkomme et hvidt Bundfald (af BaSO_4). Pigmentet indeholder undertiden Ler, der tiltrækker Fugtighed, saa Malingen forbliver blød (Lerindholdet maa aldrig overstige 20 %). I Tyskland forlanges gerne et Jærntveiltindhold af mindst 80 % i Belgien og Holland 60 %. Pulveret skal være fint; man kan prøve det ved at udrøre det paa en Glasplade til en tynd Grød; hvis man ikke med Fingeren kan føle noget Korn i denne Grød, er Finhedsgraden fuldkommen tilstrækkelig. God Jærnmønje har stor Dækksevne og Varighed, men tørrer langsomt og bliver ikke slet saa haard som Blymønje, da den kræver langt mere Fernis. Det synes at have Betydning for dens Varighed, at Dæklarven har samme Varmeudvidelseskoefficient. Indenbords i Skibe bruges den (ogsaa i Danmark) hyppigere end Blymønje og ofte baade som Grund- og Dæklarve (ialt 3 tynde Lag). I Holland har man gjort daarlige Erfaringer med den som Dæklarve overhovedet. Se ogsaa § 542 og 547.

537. Aluminiummønje bestaar af 60 % Lerjord, 30 % Jærnsesquioxid og noget Titansyre og Kiselsyre. Den har stor Dækkraft og er bestemt til at erstatte Blymønje, men Erfaringer foreligger endnu ikke.

β. Dækmaling.

538. Dækmalingen maa naturligvis ogsaa helst indeholde rusthæmmende Pigmenter, men i første Linie skal den dog være vandtæt eller vandskyende og kunne taale Omgivelsernes kemiske Indvirkning. Endvidere skal den være haard og slidfast¹⁾, af stor Dækkraft, saa der ikke bruges for meget af den og af et taltalende Udseende²⁾. For at opnaa alle disse Egenskaber maa man

¹⁾ I denne Henseende er Bly- og Zinkpigmenterne mangelfulde, derfor tilsættes altid andre Stoffer, af hvilke de bedste er Magnium- og Aluminiumsilikat. Disse vil desuden bevirke, at Pigmenterne i den færdig tilberedte Maling ikke synker til Bunds og hærder, og de Farver, der sælges strygefærdige, indeholder derfor altid en Del af dem.

²⁾ Skal Overfladen have Glans, maa man enten bruge en Emaillefarve (§ 545) eller lakere den almindelig Maling (§ 557).

mindeligste. Opløseligheden opnaas ved Iblanding af Kobberforbindelser. Der stryges 2 Gange med en rusthindrende og 1 Gang med en grødehindrende Maling, og hvert Farvelag maa tørre ordentlig, inden det næste paaføres eller Skibet sættes i Vandet, og for at Skibet ikke skal behøve at ligge paa Bedding, maa Skibsmaling i endnu højere Grad end anden Maling være hurtigtørrende. I koldere Farvande kan Malingen holde sig 12—18 Maaned, i Troperne ofte kun 4—6. I Tyskland er man siden 1906 ophørt at bruge Blymønje paa Grund af dens Giftighed, skønt dens Fortræffelighed i øvrigt er almindelig anerkendt. Om Spirituslakker se § 554.

547. Forsøg med forskellige Pigmenter. Man har ofte forsøgt at bestemme de forskellige Malerfarvers Modstandsevne overfor forskellige Paavirkninger, men Resultaterne er lidet overensstemmende. *Statsprøveanstalten* har foretaget en lang Forsøgsrække og berettet derom i *Ingeniøren* 1906, Side 1—41, hvor man ogsaa vil finde en meget fyldig Oversigt over tidligere Forsøg og over Rustspørgsmaalet i Almindelighed. Statsprøveanstaltens Resultater lader sig ikke gengive kortfattet, men der er i hosstaaende Tabel søgt tilvejebragt et Overblik ved at tildele hver Farve en Karakter for dens Modstandsdygtighed overfor hver enkelt Paavirkning, idet den eller de Farver, der stod sig bedst, har faaet *ug*, mens de øvrige Karakterer er fastsat i Forhold til denne efter bedste Skøn. Karaktererne har kun relativ Betydning; naar Juulmanns grønne Farve har faaet *ug* for dens Modstandsevne mod kogende Vand, betyder det ikke, at denne Farve er udmærket modstandsdygtig, men blot at den staar sig bedre end de andre. De Karakterer, een og samme Farve har faaet for dens Modstandsevne mod forskellige Paavirkninger, kan slet ikke sammenlignes; Juulmanns grønne Farve var ødelagt efter 42 Timers Kogning, mens der gik 10 Døgn, førend Akkumulatørsyren begyndte at angribe den, og dog er Karaktererne henholdsvis *ug* og *tg*. Ikke desto mindre vil Tabellen formentlig kunne hjælpe til hurtigt at udfinde hvilke Farver, der kan være Tale om at anvende i et givet Tilfælde, hvorefter man maa søge nærmere Oplysninger om dem.

	Evne til at modstaa de nedenfor nævnte Paavirkninger eller Stoffer														
	Tørringsevne	Bøjning om Dorne	do. do. efter Ophedning til 150—160°	Svovlbrintluft	Svovlsyrlingluft	Klorbrintluft	Røggas af 200°	Gasværksluft	Vanddamp fra kogende Vand	Vanddamp af 2 at	Luft, Kulsyre og Vanddamp ved c. 80°	Kogende Vand	Akkumulatørsyre (c. 20% H ₂ SO ₄)	Kogsaltopløsning (3%)	Slid af faldende Sand
Blymønje	g	tg	g	mdl	slet	mdl	slet	tg	mg	slet	mdl	mdl	slet	g	ug
Blyhvidt	mg	mdl	mg		slet	slet			g	slet	g	tg	slet	g	
do. paa Jærnmønje . . .		mdl	mg		tg	mdl	tg		mg	slet	g	g	tg	mdl	
Grafs Skælpanserf. . . .	g	mg	mg	g	tg	tg	tg	g	ug	mg	mdl	slet	slet	slet	ug
Juulmanns brune Farve .	g	g	g	g	slet	tg	mdl		tg	ug	g	slet	tg	mdl	ug
do. graa Farve	mg	mdl	mdl		slet	tg	mdl		g	slet	g	tg	mdl	slet	
do. grønne Farve	mg	tg	mg		slet	tg	mdl		g	tg	g	ug	tg	slet	
Hvid Emaillefarve Acc. ¹⁾	ug	mdl	mg	mg	g	tg	slet		mdl	slet	mdl	slet	mg	slet	tg
do. do. L. J. R. ²⁾	mg	tg	g	ug	mdl	mdl	slet		slet	slet	mdl	tg	mdl	mdl	tg
do. do. fra Stelling . . .	mg	slet	g		slet	slet	tg		mdl	mdl	tg	g	g	mdl	tg
Nauton (§ 554)	mg	g	mg	slet	tg	tg	slet		mdl	slet	mdl	g	slet	mdl	g
Solinol	tg	slet	mdl		slet	tg	slet		mdl	slet	tg	slet	tg	g	g
Solicum	mdl	ug	g		slet	tg	slet		mdl	slet	tg	slet	slet	slet	tg
Siderosthen (§ 525)	mg	mg	g		ug	mg	slet		mdl	slet	slet	mdl	slet	slet	tg
P & B Comp. f. elektr. Anl.	mg	slet	slet	mg	tg	tg	slet		tg	slet	tg	tg	mg	ug	tg
do. Armaturfernis (§ 525)	mg	slet	g	slet	mdl	mdl	mdl		slet	slet	mdl	mdl	mdl	tg	tg
do. Ruberinefarve (»)	mg	g	tg	g	g	tg	mdl		tg	slet	tg	mg	g	mdl	ug
Dixons Sle. Grafitt. No. 4		tg	mg	g	mdl	g	ug		tg	slet		slet	tg	slet	ug
Bitumastic Solution (§ 556)					slet				slet		slet		ug	mdl	ug
Tysk Jærnmønje	mg				slet	g		ug	mg				mdl	slet	
Matthies' Skælbrokatf. . .					tg	g	mdl		mg		ug		tg	mdl	
Antiferugin (§ 525)	slet				mg		mdl		slet	slet	mdl	slet	mdl	mg	tg
Bessemerfarve	mg				tg	tg	tg		mg	mg	mdl				ug
Zoncafarve (§ 544)	mg				slet	g			mg	g	mg				ug

Om andre Forsøg se § 531.

¹⁾ Fabrikeres af Rosenzweig & Baumann i Kassel til Brug i Akkumulatørrum; er i særlig Grad syrefast.

²⁾ Fabrikeres af samme til Brug i Syge- og Badeværelser og lignende Steder, der skal holdes meget rene.

c. Malingens Udførelse og Holdbarhed.

548. Jærnets Rensning. For at Malingen skal beskytte Jærnet, maa dette være frit for Rust, løs Glødskal, Snavs og Smøreolie. Er der Rust under Malingen, fortsætter Rustdannelsen sig og sprænger Malingen af. Jærnet maa derfor først renses enten mekanisk eller kemisk, og denne Rensning maa ske, inden de enkelte Jærndeale samles. Paa nyvalset Jærn sidder Glødskallen gerne fast, men efter nogen Tids Henliggen springer den ofte af som Følge af Temperaturvariationer og Rustdannelsen. Undertiden venter man derfor med Malingen, til dette er sket. Man plejer dog ikke at nære Betænkelse ved at lade den Glødskal sidde, som ikke lader sig slaa af med en Hammer eller fjerne ved Skrabning eller Børstning. Skibe lader man ofte løbe af Stabelen med umalet Bund, og først, naar de iøvrigt er færdige, dokker man dem og maler dem. Den elektrolytiske Virkning mellem Jærnet og Glødskallen vil da have løst denne, saa det allermeste kan skrubes og børstes af. Derefter vadskes Overfladen med fersk Vand.

Til **mekanisk Rensning** bruges File, Skrabere, Staaltraads-Kradsbørster, Pimpsten, Smergellærred o. s. v. eller Sandblæst, der virker udmærket, men er dyr¹⁾. Rensningen maa helst ske uden Brug af Petroleum eller Olie, thi hvis disse Stoffer ikke fjernes helt, forhindrer de Malingens Adhæsion.

Ved den **kemiske Rensning** børster man først med Staaltraads-Kradsbørster, bejdses saa med fortyndet Saltsyre, neutraliserer med Kalkmælk og skyller med varmt Vand, hvorved Jærnet bliver varmt, saa at det hurtigt tørrer og er varmt til Malingen. En grundig Rensning lader sig lettere udføre ad kemisk end ad mekanisk Vej, men den kemiske Rensning kræver meget paalidelige Folk, thi bliver der en Syrerest tilbage, vil denne angribe Jærnet stærkt²⁾.

Der bør lægges megen Vægt paa en omhyggelig Rensning; den er af større Betydning end Valget af Farve.

549. Strygningen. Efter Rensningen maa Jærnet grundes saa hurtigt som muligt, da det i mindre end en Time kan angribes af Rust, selv om det ikke kan ses med det blotte Øje. Jærnet maa være ganske **tørt**, thi kommer der Vand til Malingen, inden denne er tørret, sker der en Emulsion af Olien, og Farven bliver da ikke rigtig haard. Endvidere maa Jærnet helst være **varmt** (eventuelt kan det varmes over en Koksild³⁾), thi i saa Fald hæfter Farven bedre, og man er sikker paa, at der ikke fortætter sig Vand paa Malingen.

Jærnets **Varmeudstraalingsevne** er ganske vist ikke stor, men den **forøges** ved Malingen, saaledes at det i klare Nætter kan afkøle sig under Lufttemperaturen og blive bedugget. Malingen maa derfor udføres midt paa Dagen, mens Jærnet er varmere end Luften; begynder man for tidlig, risikere man at fremkalde et Nedslag paa Grund af Malingen, eller at der sidder Dug paa den gamle Maling, og slutter man for sent, faar Farven ikke Tid til at tørre inden Aftenens mulige Dugdannelsen. Af samme Grund maa Farven altid være hurtigtørrende. Bedst er det naturligvis at male i et lukket Rum, hvor man er sikret mod baade Regn og Dug. Hvadenten Strygningen udføres under Tag

¹⁾ Se om Sandblæst *Ing.* 1916, S. 171.

²⁾ Selv om al Syre fjernes, vil den absorberede Brint (§ 500) befordre Rustdannelsen; den kan fjernes ved en svag Opvarmning. De svenske Normalbetingelser (§ 365) tillader ikke kemisk Rensning.

³⁾ Brugen af Petroleum- eller Gasolinlamper maa fraaades, da Forbrændingen ofte er ufuldstændig, saa der fortætter sig en Oliehinde paa Jærnet. I lavere Temperaturer end 2° bør der ikke males.

eller under aaben Himmel, maa man tilstræbe, at der ikke falder **Støv** i Malingen, navnlig ikke i Dæklaget.

Naar Malingen foretages meget omhyggeligt, bliver det varme Jærn efter Rensningen strøget med varm Linolie eller en letflydende Linoliefernis for at fylde de fine Revner og Fuger, som man ikke kan faa den tykkere Farve ind i, og derpaa atter aftørret, hvorefter Grundingen finder Sted¹⁾.

Til Grundingen bruges som tidligere nævnt hyppigst Blymønje udrørt i en hurtigtørrende Linoliefernis. Da Malingen skal presses ind i alle Jærnets Smaafordybninger, maa Farvetilsætningen ikke være for stor; Malingen skal være letflydende, ellers bliver Fladens Ujævnheder ikke udfyldte, og den indsluttede Luft vil ved en Temperaturstigning give Blærer; da en tyk Farve er vanskelig at arbejde med, kan man rolig overlade Malersvendene at bestemme Pigmentindholdet. Blærer i Malingen kan ogsaa skyldes Fugtighed i Pigmentet.

Grundingen af en Bro- eller Tagkonstruktion sker i Værkstedet, inden de enkelte Dele er samlede; først stryges alle de Flader, der ikke er tilgængelige efter Samlingen, og naar Farven er tørret, stryges de atter, denne Gang sammen med alle de øvrige Flader. Efter at derpaa de nødvendige Nitninger er foretagne, og Nittehovederne rensede for Rust og grundede, og alle Fuger fyldte med Mønjekit (§ 535), er Konstruktionen færdig fra Værkstedet og kan forsendes efter et Par Dages Tørring. Efter Opstillingen males alle de tilgængelige Dele endnu en Gang med Blymønje og derpaa to eller tre Gange med en Dækfarve.

Navnlig den første Grundning maa foretages med stor Omhu, da Jærnets Bevarelse hovedsagelig beror paa dennes gode Udførelse. Hvert Farvelag skal være fuldkommen tørt, inden det næste paaføres, da det ellers kan opløses af den friske Fernis og blive blæret eller løsne sig; helst maa der hengaa 8 Dage mellem hver Strygning. En tyk Farvehinde beskytter bedre end en tynd, men den maa stryges paa i tynde Lag for ikke at revne eller skalle af.

550. I Stedet for at paaføre Malingen med Pensel, kan man ogsaa sprøjte den paa med **Trykluft**, der river den med sig i Form af en fin Taage. Ved denne Metode bliver Farveforbruget større, og overhovedet har den næppe andre Fordele end at være hurtig.

Hvis Malingens Tørring fremskyndes ved Hjælp af **Varme**, virker det overordentlig gunstigt paa den. Man bruger denne Fremgangsmaade til **Jærnbanevogne**, der efter hver enkelt Strygning køres ind i et til 45—50^o ophedet Skur, hvor de forbliver 5—8 Timer. Farverne kommer derved til at sidde bedre fast, bliver haardere og mere modstandsdygtige mod Vejret.

551. Kontrol. En god Maling skal sidde fast, være haard, ikke Spor af klæbrig, uden Revner, Blærer eller rynkede Partier; Jærnet skal være fuldstændig dækket af Grundfarven, og denne maa ikke skinne igennem Dækfarven.

Revner i Dækmalingen kan skyldes, at Grundmalingen er for fed (§ 557) eller Dækmalingen for skør (§ 532 og 540). Blærer kan skyldes Fugtighed i Pigmentet, for megen Fernis (§ 530), indsluttet Luft (§ 549) eller indsuget Vand (§ 527 og 535). Rynker kan ligeledes skyldes indsuget Vand (§ 527) eller at Malingen er paaført i for tykke Lag (§ 539).

552. Malingens Varighed. Enhver Oliemaling ødelægges i Tidens Løb og maa fornyes mer eller mindre ofte, ellers ruster Jærnet. Ødelæggelsen skyldes baade fysiske og kemiske Angreb.

¹⁾ En saadan Behandling med syrefri Linolie, 50—60^o varm, der faar Lov at sidde 8—24 Timer, inden den gnides af, har vist sig at forøge Malingens Varighed. Hvis man, som nævnt i § 527, grunder med Fernis, bortfalder naturligvis den her omtalte Afgnidning.

Jærnets **Temperaturudvidelser** kan fremkalde Ridser i Farvelaget, gennem hvilke Vand og Luft trænger ind, Farven kan **slides** af ved Brugten, ved Færdsel eller Sandflugt, og **Vand** kan trænge ind i den og faa den til at blære op og skalle af¹⁾. Af Hensyn til Vandets Virkning er det af megen Betydning i Friluftskonstruktioner at undgaa vandsamlende Hulheder; smaa Hulrum kan fyldes med en Jærnplade, Cementmørtel eller Asfaltkit, store Hulrum kan fyldes med Beton, eller der kan bores Huller i dem, saa Vandet kan løbe bort. Hulrum, der er saa snævre, at deres Maling ikke kan fornyes, bør altid fyldes, selv om de ikke danner Vandsække. Kogende Vand ødelægger enhver Oliefarve i Løbet af ganske kort Tid. Medens Oliemaling ødelægges ved langvarigt Ophold under Vand eller i fugtig Luft, vil en vekselvis Udsættelse for Væde og Sol forøge Holdbarheden.

Større Betydning end den fysiske har dog rimeligvis den **kemiske Ødelæggelse**, ved hvilken man maa skelne mellem Stoffer, der angriber Pigmenterne, og Stoffer, der angriber Fernisen. Syrer og sure Luftarter angriber de allerfleste Pigmenter²⁾. Alkaliske Vædsker og Luftarter angriber ogsaa visse Pigmenter, men gør dog navnlig Skade ved at forsæbe Fernisen. I daarligt ventilerede Rum, hvor der brændes Gas, kan Ammoniakens Virkning iagttages, og endnu tydeligere, naar man hælder Ammoniakvand paa gammel Maling, idet denne da kan kradses af efter nogle Minutters Forløb³⁾. Renser man malede Flader med Sæbe eller Soda, fjerner man ikke blot Snavset, men ogsaa noget af Malingen⁴⁾. Ogsaa Stenkulsrøgens Askebestanddele, der som fint Støv lægger sig paa Malingen, virker stærkt ødelæggende, idet Regnen udluder de alkaliske Bestanddele. Særlig Malingen paa Broer over Jærnbaner ødelægges meget hurtigt, udsat som den er for Lokomotivrøgens Luftarter og Varme og Kulpartiklernes Slid.

Men ganske bortset fra de nævnte, stærkt virkende Stoffer, vil Malingen ødelægges af Luften i Tidens Løb, idet Fernisen bærer Spiren til Ødelæggelsen i sig selv. Efterhaanden som Iltningen skrider frem under Luftens og eventuelt Pigmentets Indvirkning, vil Fernisen blive saa haard og skør, at den til sidst sammen med Farvekornene lader sig gnide af som Støv. Inden det er kommen saa vidt, og inden der viser sig Rustpletter paa Malingen som Følge af dens Ødelæggelse, maa den fornyes.

Om Varighedsforsøg se § 547.

6. Lak.

553. Bestanddele. Lakker er Opløsninger af Harpikser (f. Eks. Skellak, Kopal, Rav) eller lignende Stoffer (f. Eks. Asfalt, Celluloid). Opløsningsmidlet kan være Spiritus, Benzin (vindes af Raapetroleum), Benzol (vindes af Stenkulstjære), Terpentiniolie eller Linolie (fede Olielakker). Ligesom Linoliefernis kan de med eller uden Pigment bruges som Rustmidler. De tørrer hurtigere end Oliemaling, og undertiden beskytter de bedre og bliver blankere. Tørringshastigheden aftager i Ordenen: Spiritus, Benzin og Benzol, Terpentiniolie, Linolie. De Lakker, der udelukkende bestaar af Harpiks og et flygtigt Opløsningsmiddel, er lidet holdbare og egner sig ikke til udenørs Brug. De nedennævnte Lakker er i Hovedsagen ordnede efter Opløsningsmidlet, dog er

¹⁾ Havvand og Kogsaltopløsninger synes ikke at angribe nær saa stærkt som rent Vand.

²⁾ Svovlsyrning angriber saaledes Zinkhvidt, Svovlbrinte de blyholdige Pigmenter, og Kulsyreanhydrid forener sig med Zinkhvidt og Kalk.

³⁾ Da Velandabroen (en svensk Jærnbros) skulde indstøbes i Beton, blev Malingen fjernet ved Paastrygning af en tynd Deig bestaaende af 3—4 kg Soda, ca. 10 l ulæsket Kalk og det fornødne Vand. Efter 3—4 Timers Forløb løsnede Malingen sig (*Ing.* 1914, S. 640).

⁴⁾ Mindre skadelig end Sæbevand er 1 Maal Ammoniakvand (sSalmiakspiritus) fortyndet med 12 Maal Vand.

dyre og maa ved de hyppigst brugte Metoder paaføres i et Kar, der er stort nok til at rumme Genstanden. Desuden er der en elektrisk Spændingsforskel mellem Jærnet og de Metaller, der bruges til Overtrækket, og naar dette beskadiges, saa Jærnet blottes, vil der opstaa galvaniske Strømme, som frem-skynder Ødelæggelsen af enten Jærnet eller Overtrækket. Disse Strømmes Betydning kan let eftervises; dyppes rent Zink eller Jærn i svovlsyreholdigt Vand ($2\frac{1}{2}\%$), foregaar Angrebet ganske langsomt, og det samme er Tilfældet i Begyndelsen, naar man dypper en vel forzinket Jærntraad; men saasnart Zinklaget er gennemædt paa enkelte Punkter, begynder den galvaniske Virkning, og er Forzinkningen slet udført, begynder den straks, og man kan da fra Minut til Minut paavise Traadens Vægttab. I det her nævnte Eksempel er det Zinket, der fortæres, fordi det er mere elektropositivt end Jærnet, men de fleste andre Metaller forholder sig omvendt (§ 502) og egner sig derfor mindre godt til Beskyttelse af Jærn udendørs.

a. Forzinkning.

560. Zink er det til Beskyttelse af Jærn mest brugte Metal. Forzinkningen kan udføres 1) i Kar med smeltet Zink, 2) i Tromler med Zinkstøv, 3) i Tromler med Zinkdamp, 4) ved Paasprøjtning af Zinkstøv, 5) ad galvanisk Vej. Metoderne 1—4 benævnes varm Forzinkning i Modsætning til 5, der benævnes kold Forzinkning. Den første Metode er langt den almindeligste, idet de andre først er fremkomne i dette Aarhundrede. I Danmark bruges den uheldige Betegnelse Galvanisering ofte ensbetydende med Forzinkning uden Hensyn til Fremstillingsmaaden.

Zinket forbinder sig godt med Jærnet, og selv om Zinklaget beskadiges, vil Jærnet ikke ruste paa det blottede Sted, da det er elektronegativt i Forhold til Zinket. Dette Forhold gør sig ogsaa gældende ved Sluseporte og lignende Konstruktioner i Havvand, der fremstilles af forzinkede Jærnplader; skønt Nitterne er ubedækkede, beskyttes de mod Rust af det omgivende Zink, der til Gengæld fortæres hurtigere¹⁾.

Zinklagets Varighed vokser med dets Tykkelse og Renhed; er det stærkt forurenat (af Bly, Jærn, Kadmium m. m.), vil Elektrolysen hurtigt ødelægge det, og det kan ogsaa blive elektronegativt i Forhold til Jærn.

Forzinkning bruges til Plader, Traad, Bolte, Søm, Spande, Beslag m. m. Det er det billigste Metalovertræk og beskytter godt baade i fersk og salt Vand²⁾ samt i Luften, naar der ikke er Svovlsyring eller Klorbrinte tilstede³⁾. I en røgfylt Atmosfære ødelægges Zinket hurtigt. Om dets Varighed se § 587.

561. Ved **Smelteforzinkning** beitses Jærnet blankt i fortyndet Saltsyre, og dyppes ned i det smeltede Zink⁴⁾ ovenpaa hvilket der findes et Lag Salmiak blandet med lidt Olie; Olien bevirker, at Zinket ikke sprutter, naar det vaade Jærn stikkes ned, og Salmiakken hindrer Dannelse af Zinkilte. Zinket hefter sig paa Jærnet, idet der i Berøringsfladen først dannes et Lag Haardzink ($FeZn_3$)⁵⁾. Efter Optagelsen rystes det overflødig Zink af, og Resten udkrystalliserer ved Afkølingen i en straalet, blomstret Tegning.

¹⁾ Den Radius, indenfor hvilken Zinket beskytter, er større i det stærkt ledende Havvand end i Luften, hvor den under normale Forhold regnes til ca. 5 mm.

²⁾ Om Zinkets forholdsvis store Opløselighed i destilleret Vand se K. M. A. 1907. S. 196.

³⁾ Kulsyre og Salpetersyring angriber kun overfladisk.

⁴⁾ Temperatur: 450—500°.

⁵⁾ Dette synes at være elektronegativere end baade Zink og Jærn.

Smelteforzinkning har forskellige Mangler. 1) Zinkbadet vil, efterhaanden som det bruges, opløse mere og mere Jærn, og dette jærnholdige Zink ødelægges let ved Elektrolyse¹⁾. 2) Syre fra Beitsningen kan blive hængende ved Jærnet, saa der nærmest dette dannes Zinkchlorid, som fremkalder Elektrolyse, ved hvilken Zinklaget omdannes til Zinkoxyd, der viser sig som smaa hvide Pletter i Overfladen og efterhaanden falder af som et hvidt Pulver. 3) Zinklaget vil under Afkølingen svinde mere end Jærnet, saa der danner sig fine Revner ind til dette, og i disse Revner opstaa Elektrolyse²⁾. Jo tykkere Zinklaget er, des mindre Sandsynlighed er der for gennemgaaende Porer ind til Jærnet og dermed for elektrolytisk Virkning mellem de to Metaller. 4) Det dannede Lag Haardzink er skørt og forringer Genstandens Seighed, hvilket navnlig mærkes paa Traad (§ 562) og Rør.

Smelteforzinkede Staalrør kan være skøre som Støbejærn, og Indersiden er meget mangelfuld dækket, navnlig naar Diameteren er lille. Ubeskyttede Borerør menes at være lige saa længe som forzinkede (§ 514). Mod kulsyrerigt, blødt Drikkevand beskytter Zink godt (§ 514).

562. Traad forzinkes ved at trækkes gennem et langt Kar med smeltet Zink, som det forlader gennem en Asbestpakning, der stryger det overflødig Zink af og glatter Overfladen. Zinklaget er derfor altid tyndere paa Traad end paa Plader og lign., der ikke afstryges, og ved Behandling af Hegnstraad drives Afstrygningen undertiden saa vidt, at Rustbeskyttelsen bliver næsten illusorisk. Telegraftraad afstryges mindre stærkt og trækkes langsommere gennem Badet, saa paa den er Zinklaget tykkere (§ 567).

Ved Forzinkningen forringes Styrken noget, fordi det yderste Jærnlag omdannes til Haardzink, en skør Legering, der revner paa et tidligt Tidspunkt og altsaa ikke kommer til at virke med, naar Traaden rives over³⁾. Forzinket Traad bruges i stor Udstrækning som Telegraf- og Hegnstraad. Man forlanger, at den overalt skal være nøjagtig cirkelrund med glat Overflade uden Ridser eller andre Ujævnheder, og den skal kunne vikles i tæt til hinanden sluttende Skruevindinger om en Cylinder, hvis Diameter er 10 Gange Traadens, uden at Zinklaget skaller af eller revner. Zinklagets Tykkelse bedømmes ved at dyppe Traaden i en Kobbersulfatopløsning og bestemme, hvor lang Tid der medgaar til Zinkets Opløsning.

Statstelegrafen bruger en 4,5 mm Jærntraad, en 3,0 mm Staaltraad og en 1,5 mm udglødet Jærntraad, alle forzinkede, til hvilke der stilles de ovennævnte Fordringer, samt at Diameteren højst maa være 2% mindre eller større end forlangt. De to første skal kunne dyppes 7 Gange, den sidste 6 Gange, hver Gang 1 Minut i en Opløsning af 1 Del Kobbersulfat i 5 Dele Vand ved 15° C, uden at Traaden faar et sammenhængende Overtræk af Kobber, idet dog Traaden forsigtigt afskylles efter hver Neddypning. Traadstykket kan passende tages 15 cm langt og maa renses omhyggeligt. Opløsningen hældes i et Glas, saa den staar ca. 8 cm over Bunden. Traaden føres raskt ned i Vædsken, og efter nøjagtig 1 Minut tages den raskt op, dyppes i rent Vand og tørres af med en Tot Vat. Til Statsbanernes Telegraf- og Hegnstraad stilles de samme Fordringer, kun kræves 6 Dypninger.

563. **Tørforzinkning** (Zinkcementering, Sherardisering) bruges undertiden til Smaagenstande. Efter Rensning med Sandblæst pakkes de i Zinkstøv i en Jærntromle, der under stadig Omdrejning opvarmes i en Gasovn til en Temperatur, der ligger 150—200° under Zinkets Smeltepunkt, hvorved der dannes først Haardzink og ovenpaa et Lag rent Zink. Efter Afkøling blæses det løse Støv af Genstandene. Tromlen skal lukkes lufttæt, saa der ikke dannes Zinkilte, der gør Overtrækket mat. De danske Jærnmønter bliver efter Udstansningen, men inden Prægningen, behandlede paa denne Maade (paa Dansk Galvaniseringsfabrik), men saa kort Tid, at der intet egentlig Zinklag danner sig, men kun Haardzink. Et tykkere Zinklag vilde vanskeliggøre Prægningen. Tørforzinkning giver et jævner Lag end Smelteforzinkning.

¹⁾ Badet indeholder gerne 1—4% Jærn. Jærnets Opløselighed i Zink aftager med voksende Kulindhold.

²⁾ Zinklagets Varighed er derfor ikke uafhængig af Jærnets Beskaffenhed, men større paa Traad af Svejsejærn end paa Traad af blødt Staal.

³⁾ For de tykkere Sorter er Styrkeformindskelsen 2—3%, for de tyndere op til 10%.

564. Dampforzinkning udføres paa tilsvarende Maade, men Forzinkningstromlen er af Traadvæv og omgivet af en ydre Cylinder, i hvilken Zinket opvarmes til Fordampning. Genstandene kommer kun i Berøring med Dampene, og for at disse ikke skal forbrænde til Zinkilte, ledes der Brint eller en anden reducerende Luftart gennem Tromlen. Metoden har hidtil spillet en underordnet Rolle.

565. Den af den schweiziske Kemiker *Schoop* opfundne **Paasprøjtning** af det smeltede Metal (navnlig Zink) sker med et pistollignende Apparat (Metallisator), i hvis Løb der bagfra indføres en Metaltraad, der i Munden smeltes af en hed Gasflamme. En Luftstrøm, der ledes gennem Løbet under højt Tryk, forstøver det smeltede Metal og slynger det mod Genstanden med saa stor Kraft, at Partiklerne hænger fast og flyder sammen. Metoden er overordentlig hurtig og kan bruges til Genstande af vilkaarlig Størrelse og Materiale; f. Eks. kan Støbejerns Skibsskruer dækkes med Tombak, Gibsstatuetter med Messing eller Bronze, Glasplader med Bronze o. s. v. Alle Metaller, der kan trækkes til Traad, lader sig paasprøjte. For at faa en inderlig Forbindelse mellem Overtrækket og Genstanden maa dennes Overflade først gøres ru med Sandblæst. Laget bliver imidlertid ret porøst og derfor mindre egnet til Rustbeskyttelse. Støvtaagen er kun 70° varm, saa den kan bruges til »Metallisering« af Papir og Træ. Der eksperimenteres med at beskytte Træ mod Pælcorm og Pælekrebs ved paasprøjtet Zink eller Kobber. Ved særlige Forholdsregler kan man hindre Metallaget i at fæstne sig, saa man faar en Metalafstøbning af Genstanden.

566. Ved **galvanisk, elektrolytisk eller kold Forzinkning** udfældes Metallaget af en Opløsning¹⁾, og Laget kan gøres langt tyndere, end det ellers er muligt, hvilket netop ofte er Grunden til at denne Metode benyttes, hvorfor man maa være varsom med at tillade den. Tykke Lag lader sig slet ikke paaføre ad denne Vej, uden at Overfladen bliver ujævn og krystallinsk. Zinklaget bliver heller ikke saa rent, som man kunde vente, da det optager Bestanddele fra Elektrolyten. Til Gengæld har Metoden forskellige Fordele fremfor Smelteforzinkning. 1) Svindrevner i Zinklaget undgaas, 2) Haardzinkdannelsen og den medfølgende Forringelse af Jærnets Seighed undgaas, 3) selv 1/4" Rør kan forzinkes tilfredsstillende indvendig, 4) Zinklaget sidder bedre fast.

Naar Laget er tilstrækkelig tæt, og Forzinkningen i det Hele vel udført, regnes den galvaniske Metode for bedre end Smeltemetoden, men den udføres paa ulige gode Maader, og undertiden viser den sig underlegen, ogsaa hvad Fastsiddens angaar. Den har været brugt paa Jærnkonstruktioner af indtil 17 m Længde.

Galvanisk forzinket **Jærnblik** taaler bedre Falsning og Bertling og er glattere end varmt forzinket, hvilke Egenskaber for en Del skyldes Lagets ringe Tykkelse (§ 567).

Metoden bruges f. Eks. til **Søm**, idet disse fyldes i en Beholder af gennemhullet Plade, der ophænges i Zinkopløsningen. Til Trods for at Beholderen holdes i stadig Bevægelse, er det svært at faa Zinklaget lige tykt overalt, og navnlig paa bredhovede Søm til Paptage bliver Hovedets Underside mangelfuldt dækket, hvorfor *Nordiske Traad- og Kabelfabriker* er gaaet over til at forbløje slige Søm, (§ 569).

567. Prøvning af Forzinkningens Godhed. Zinklaget bør have en Tykkelse af 0,08—0,1 mm og skal altsaa forøge Genstandens Vægt med 0,6—0,7 kg pr. m² af Overfladen. Tykkelsen kan bestemmes ved at opløse alt Zinket i Syre og dividere Vægten af det opløste Zink med Vægtfylden og Genstandens Overfladeareal. Se ogsaa § 562.

Fortyndet Svovlsyre (2% ig) blandet med lidt Arsensyreanhydrid (2g As₂O₃ pr. l) opløser Zink under voldsom Brintudvikling, men angriber kun i ringe Grad Jærn. Om Blandingens Fremstilling se *K. M. A. 1914, S. 458*. Lægges forzinket Jærn i denne Syre, og tages det op, saasnar alt Zinket er opløst, vil der intet Jærn gaa i Opløsning, og Zinklagets Tykkelse bestemmes derfor let (Vf. 7,1). Syren opløser ikke det rene Jærn, saalænge der endnu er Zink tilstede, men findes der et Lag Haardzink, vil ogsaa dette gaa i Opløsning. Da Haardzinket kun danner sig ved varm Forzinkning, ikke ved kold, kan man ved at undersøge Syren for Jærn afgøre Forzinkningsmaaden (*K. M. A. 1914, S. 464*). Hvis der ved Opløsningen danner sig sorte Fnug i Syren og et sort Nedslag paa Jærnet af arsenholdigt Bly, er det et (dog ikke helt paalideligt) Tegn paa, at Forzinkningen er udført varmt. Som Middeltal af mange Forsøg fandtes galvanisk paa-

¹⁾ Denne kan være neutral eller svagt sur og skal være meget ren; nævneværdige Mængder af Jærn eller andre Metaller, der er elektronegativere end Zink, gør Overtrækket svampet.

førte Zinklag kun at være 0,015—0,021 mm tykke, mens varmt paaførte Zinklag havde en Tykkelse af 0,122 mm paa Rør, 0,055 mm paa Plader og 0,020 mm paa afvdskede Traade.

Zinklagets Tykkelse kan ses paa et Tværnit, naar Jærnet gøres blaat ved Anløbning.

b. Andre metalliske Overtræk.

568. Fortinning udføres ved Neddypning i smeltet Tin. Tin har en meget ringe Opløsningstendens (§ 630), og selv en ganske tynd Hinde er forholdsvis varig; imidlertid er der yderst fine Huller i Tinlaget, og efter nogen Tids Forløb begynder Jærnet at ruste, og Rustdannelsen vil da skride meget hurtigt frem paa Grund af Tinnets Elektronegativitet. Overtrækket er smukt blankt og taaler Bøjning bedre end Zink, men det er dyrere. Det bruges navnlig til tyndt Jærnblik (Hvidblik), Jærn- og Kobbertraad; Flasketraad er f. Eks. fortinnet.

Til Fortinning af **Køkkentøj** bør bruges Tin med højst 1% Bly af Hensyn til Blysaltenes Giftighed. Samme Krav stilles til Fortinningen paa danske, justerede Maalekar. Køkkentøj o. lgn., der er sammenloddet af Hvidblik, kan ikke fortinnes paa ny, da Loddemetallet smelter. Til Fortinning af **Kobbertraad**, der isoleres med vulkaniseret Gummi, maa Tinnet være absolut frit for Bly, da der ellers dannes Blyulfat, som ødelægger Gummiet (§ 601).

De smaa **Hagesøm**, der bruges til Fastgørelse af Telefonledninger paa Vægge, er fortinnede. Efter Optagelse af det smeltede Tin fyldes de i en Centrifuge, der slynger det overflødig Tin af. Denne Fremgangsmaade kan kun bruges ved Fortinning og Forblyning, ikke ved Forzinkning, da Zinkets Smeltepunkt ligger for højt (*Ing. 1912, S. 436*). Om fortinnede **Blyrør** se § 580.

569. Forblyning udføres som Fortinning, og ogsaa her er Jærnet elektronegativere end Overtrækket. Bly er særlig egnet til Beskyttelse mod Svovlsyre- og Saltsyredampe, endvidere er det billigt (Forblyning er dog dyrere end Forzinkning), sidder meget fast og forringer ikke Jærnets Styrke. De to sidste Egenskaber har navnlig Betydning for Blik og Traad, der skal bøjes. Forblyet Jærnblik bruges til Aftræksrør for Gasovne og til Tage paa Gasværker og kemiske Fabriker eller paa Bygninger i Nærheden af saadanne Anlæg, der frembringer mange Syredampe.

Overfor Kulsyre- og Ammoniakangreb yder Forblyning bedre Beskyttelse end Forzinkning.

Til Skifersøm og Tagpapsøm bruger *Nordiske Kabel- og Traadfabriker* i Stedet for Zink Bly med 10% Zink (§ 566). Zinket tilsættes for at gøre Farven lys. Ogsaa Bly med 15% Tin bruges til Forblyning.

570. Fornikling udføres ad galvanisk Vej og bruges til Cykler, Vaaben, chirurgiske Instrumenter m. m. (§ 635). Overtrækket er smukt, men dyrt, og hvis det ikke er tykt, hvad det f. Eks. sjældent er paa almindelige Cykler, egner det sig ikke til Brug udendørs.

Kobolt, som er det Metal, der i kemisk Henseende staar Nikkel nærmest, har under Krigen været brugt i Stedet for dette (*T. F. T. 1915, S. 185; Ing. 1916, S. 462*).

Forkobbling udføres galvanisk og kan ikke bruges udendørs, men f. Eks. til Møbelfjere. Ogsaa Aluminium kan forkobbles.

Messingering udføres paa samme Maade og er lige saa uholdbart, men bruges til Lamper og lignende Husgeraad, der skal se ud som Messing.

Aluminering udføres efter *Schoops* Metode og bruges navnlig til at beskytte Jærnkar mod Syreangreb. Da Aluminium kun ilter sig lidet i høje Temperaturer, bruger man det i Amerika til at beskytte Jærn og Kobber mod at blive forbrændt. Jærnrør kan f. Eks. beskyttes mod Flammer, Kobberkontakter mod elektriske Gnister. Processen, der benævnes **Kalorisering**, bestaar i at Genstandene opvarmes i roterende Tromler til 700 à 950° i en Blanding af Lerjord, Aluminium og ca. 1% Klorammonium, hvorved Overfladen omdannes til en aluminiumrig Legering, der taaler Opvarmning til 1000° uden at ilte sig (*T. F. T. 1915, S. 180; Ing. 1915, S. 626*).

Ved **Brunering** forstaar man en kunstig Omdannelse af Jærnets Overflade til Jærnmellemilte (Fe₂O₃), altsaa Dannelse af en kunstig Glødskal. Processen sker i en Flammeovn med Generatorfyring ved en Temperatur af 600—650°, og efter dens mindre eller større Varighed bliver Lagets Tykkelse 0,1—0,5 mm. Overtrækket er ikke meget bøjeligt, men har f. Eks. paa Tag-Bølgeblik vist at holde sig godt. Springer den elektronegative Glødskal af, vil Jærnet imidlertid ruste stærkt.

En anden Slags Brunering, der bruges til Geværløb, frembringes ved at ætse og indgnide Jærnet med forskellige Stoffer (f. Eks. Antimonklorid), men skal iøvrigt ikke omtales nærmere.

8. Emaille.

571. Ved Emaillering forstaar man Genstandenes Bedækning med en let-smeltelig Glasmasse; denne skal hæfte godt til Jærnet og have samme Udvidelseskoefficient for ikke at springe af, og maa tillige se godt ud. Disse Egenskaber kan ikke opnaas paa een Gang, og man paafører derfor to Emaillag af forskellig Sammensætning, yderst et Dæklag og inderst et Grundlag, hvis Udvidelseskoefficient ligger mellem Jærnets og Dækmassens. Grundmassen sammensmeltes af Feldspat, Kvarts, Soda m. m., pulveriseres, udrøres i Vand og smøres paa Genstanden, der derpaa opvarmes saa stærkt, at Massen brænder fast uden dog at smelte. Dækmassen fremstilles og paaføres paa lignende Maade, men indeholder tillige Metalitter, der giver Emaillen den ønskede Farve og nedsætter Smeltepunktet, saa at Massen bliver flydende ved Brændingen.

Emaillen maa ikke faa Ridser, naar Genstanden skiftevis dypes i kogende og koldt Vand. God Emaillering beskytter udmærket, og overfor ammoniakholdige Dampe er den det eneste paalidelige Rustmiddel, men den kan naturligvis ikke bruges til større Genstande. Den anvendes til Gadeskilte, Køkken-tøj, Klosetskaale og indvendig paa støbte Kloak- og Vandrør, naar disse skal føre syreholdigt Vand (§ 145).

Emaille-Vægbeklædning er Zinkblik belagt med Emaille i et Mønster, der efterligner glasserede Vægfliser. Det bruges undertiden i Toiletværelser, men Emaillen afskrabes let.

TREDIE DEL. Andre Metaller¹⁾.

I. Bly.

A. Egenskaber.

572. **Fysiske Egenskaber.** En frisk Snitflade er blaalig hvid med stærk Glans, men bliver i fugtig Luft hurtig matgraa, idet Blyet ilter sig. Næst efter Jærn er Bly det billigste Metal. **Prisen** i Kroner pr. 100^{kg} ved Køb i støbte Blokke og i store Partier er følgende²⁾:

	normalt ²⁾ 1920	normalt ²⁾ 1920
Alm. Støberi-Raajærn	4,3	16
Bly	22	93
Zink	42	119
Kobber (elektrolytisk)	107	252
Aluminium	125	323
Tin	251	702
Nikkel	322	445
Sølv	7200	22600 ³⁾
Guld	248000	248000
Platin		2780000 ⁴⁾

Til Blyets vigtigste Egenskaber hører dets Blødhed og lave Smeltepunkt, dets Vejrfasthed og store Vægt.

Blyets **Blødhed** (§ 249, 253-4) er saa stor, at det kan skæres med en Kniv og smitter af paa Papir⁵⁾, ligesom det kan svejses koldt. Det lader sig derfor nemt i kold Tilstand (§ 290) udvalse til Plader og presse til Traad og Rør. Blødheden er undertiden generende; saaledes kan Blybeklædninger vanskeligt anvendes paa alment tilgængelige Steder, da de flaaes af og stjæles; Rotter kan gnave i Blyrør, og Larver, der lever i Træ, kan gennembore Blyplader. Skørhed træffes kun hos daarligt Bly.

Muligvis kan Bly dog blive skørt, naar det vedvarende er udsat for Rystelser (se *Elektroteknikeren* 1909, Side 21 og 1910, Side 20). Se ogsaa § 573.

Styrkeforholdene fremgaar af efterfølgende Tabel; Forsøgshastigheden har stor Indflydelse paa Styrken. Trykflydegrænsen er stærkt afhængig af Forholdet mellem Provclegemet's Højde og Tværsnit (§ 68); Tabellens Værdier gælder for støbt Bly (*Bach*). Det højeste Tal angiver den Spænding, ved hvilken Blyet flød ud; ved den lave Spænding var Flydningen endnu ikke begyndt.

	S ^t at	δ ^o / ₁₀₀	E ^t at	FG ^c at	
Valsede Blyplader	83—173		50000	Tærning med 8 cm Sidelinie	50—72
Støbt Bly	95—125			Cylinder med h = 2d (d = 3,5 cm)	46—51
Haardtby (§ 576)	300		70000	» » h = d (do.)	59—69
Blytraad (blød)	108—170	8,7		» » h = 0,28d (do.)	105—126
do. (haard)	213—232			» » h = 0,0938d (d = 16 cm)	100—150
				Tærning af Haardtby med 8 cm Sidelinie	250—300

Om tilladelig Spænding se § 577.

¹⁾ Den kemiske Definition af Metaller var tidligere Grundstoffer med Metalglans, nu derimod Grundstoffer, der danner Baser, i Modsætning til Ikke-Metaller, der danner Syrer.

²⁾ Priserne gælder *job* (s: frit ombord i) engelsk Havn og er velvilligst meddelt af Ingeniør H. Pade. *Londoner-Noteringen* findes til Stadighed i *Den tekniske Forenings Tidsskrift*; Priserne i Lstr. pr. engl. ton omregnes til Kr. pr. 100^{kg} ved Multiplikation med 100 · 18,2 : 1016 ≈ 1,8, naar Kursen er normal. I Priserne 1920 er der regnet med Kurs 20.50.

³⁾ Den officielle Pris noteres i pence pr. oz. (= ¹/₁₆ lb.) for Standard Sølv, hvis Renhed er 925⁰/₁₀₀₀. Prisen ovenfor er omregnet, saa den gælder for rent Sølv.

⁴⁾ I Slutningen af Aaret 1919 var Prisen kun 15—20 Kr. pr. g.

⁵⁾ Blyanter har dog aldrig været fremstillet af Bly, men før 1779 forveksledes ofte Blyglans og Grafit.

Bly vindes af Blyglans (Svovlbly) ved Ristning og Kulning som Værkbly, hvoraf Handelsblyet fremstilles ved Omsmelting. Vægten svinger mellem 11250 og 11445 kg/m³ efter dets mindre eller større Renhed, for godt Bly er den mindst 11300. Temperaturudvidelsen er 2,848 mm pr. 100 m for 1° Opvarmning. Elektrisk Ledeevne se § 623.

573. Forhold i Varme. Bly er et udmærket Støbemateriale og bruges til Faststøbning af Jærn i Sten, til Udstøbning af Stenfuger og til Samling af Støbejernsrør; saadanne Samlinger maa dog efterstemmes, da Blyet trækker sig sammen i Størkningsøjeblikket. Svovl og Gibs, der ogsaa bruges til Faststøbning, udvider sig derimod og kan sprænge svage Sten.

Blyets Smeltepunkt ligger ved 327°, og i smeltet Tilstand overtrækker det sig hurtigt med en Iltehinde, der først er graa, derpaa bliver gul og endelig rød (Mønje). I Rødgloedehede fordampes det. I Nærheden af Smeltepunktet er det skørt og kan let slaas i Stykker, hvis Brudflade viser en krystallinsk, traadet Struktur. Naar Bly i ugevis holdes paa en Temperatur af 100°, bliver det storkrystallinsk og skørt (K. M. A. 1913, S. 365).

574. Kemiske Egenskaber. Af Syrerne angriber fortyndet Svovlsyre og Saltsyre ikke (§ 569), men Klor angriber, og Bly er derfor ikke holdbart i Havvand (§ 580-1).

Bly, der har været i Berøring med Klor, synes ogsaa at have mistet Vejrfastheden, idet Iltningen da gaar i Dybden, saa Blyet ødelægges i Løbet af faa Aar (Ing. 1912, S. 689). Blyets elektriske Potential er omtalt i § 501-2.

Tør Luft angriber ikke Bly, men i fugtig Luft ilter det sig (§ 572). Den dannede Iltehinde beskytter imidlertid det underliggende Metal, saa Bly maa siges at være vejrfast.

Luftfrit Vand angriber ikke, med luftholdigt (navnlig blødt) opløser en ikke ubetydelig Mængde, og da Blyets Salte er giftige, bliver Drikkevandsledninger gerne forfinede eller svovlede indvendig (§ 577, 580).

Ilttholdigt Vand danner Blyoxyd (PbO), og hvis Vandet reagerer alkalisk, opløses det under Dannelse af Blyhydroxyd (Pb(OH)₂); alkalisk Vand angriber derfor Blyet under Vægtformindskelse. Angrebet vokser med Vandets Blødhed, destilleret Vand angriber langt stærkere end Drikkevand; indeholder dette over 70 mg CaO pr. l (middelhaardt Vand), kan det uden Fare ledes gennem ubeskyttede Blyledninger, idet disse overtrækker sig med et tyndt Lag CaCO₃, men det er dog kun tilraadeligt, saafremt man har Sikkerhed for, at Haardhedsgraden ikke vil blive mindre; i Sheffield har man haft en omfattende Blyforgiftning, hidrørende fra at Vandværket indførte humussyreholdigt Vand fra nye Borehuller (Ing. 1917, S. 38).

Angaaende Virkningen af kulsyreholdigt Vand foreligger der modstridende Iagttagelser, hvilket muligvis staaer i Forbindelse med Blyets Renhed. For Bly med ca. 0,1% Urenheder fandt Heyn (D. A. f. E. Heft 8), at Tilstedeværelsen af Kulsyre hæmmer Angrebet, idet Blyet overtrækkes med en beskyttende, mørk Hinde; destilleret Vand angriber saaledes meget stærkt, naar det er kulsyrefrit, og næsten ikke, naar det er kulsyremættet. I Modsætning hertil angiver Ing. H. C. J. Hansen (Ing. 1919, S. 618), at et Stykke Kabelrør (tinholdigt?), der henstilles i et aabent Glas med destilleret Vand i alm. Stueluft opløses under Dannelse af en Mængde Blykarbonatkrystaller, der navnlig afsætter sig i Vandlinien. Saadanne Rør ødelægges ofte af Fortætningsvandet i Stalde, og Omdannelsesproduktet er da ogsaa hovedsageligt basisk Blykarbonat og kun i ringe Grad Nitrat; Angrebet maa derfor skyldes Kulsyren og ikke Vandets Indhold af Salpetersyrling og Ammoniak. Ogsaa fra anden Side angives, at ilttholdigt Vand angriber stærkere, naar det tillige er kulsyreholdigt (Ing. 1916, S. 661; 1917, S. 37).

Er der tvekulst Natron eller tvekulst Kalk i Vandet, opløses Blyet ikke, men overtrækkes blot med en hvid Hinde.

Mørtelvand ødelægger stærkt, naar det er luftholdigt og alkalisk (Cementmørtel, frisk Kalkmørtel). De gennemhullede Betonblokke, gennem hvilke Telefonkablerne trækkes, maa imprægneres med Kunstasfalt, da der ellers i fugtig Jord kan dannes Kalkvand, der angriber Blyet. Angrebet viser sig som runde Pletter, hvor Blyet mer eller mindre dybt er omdannet til en hvid, porøs Masse, der yderst let lader sig skrabe ud. Gibs- og Gibssandmørtel angriber kun meget svagt og egner sig derfor forholdsvis godt til Indmuring af Blyrør.

Kalkhydrat angriber des stærkere, jo mere koncentreret Opløsningen er, mens Karbonatet forholder sig omvendt. Meget svage Gibsopløsninger angriber overordentlig stærkt, men Angrebet aftager hurtigt med voksende Koncentration.

Blyplader, der bruges til vandrette Isolationslag i Mure, beskyttes undertiden med Kulpulver mod Iltning. Man har Eksempel paa, at slige Blyplader helt har iltet sig til PbO, rimeligvis fordi, der ikke har været Kulsyre tilstede (D. A. f. E. Heft 8, S. 8).

575. Anvendelse. Blyrør bruges paa Grund af deres store Bøjelighed til Ledninger med mange Bøjninger (navnlig Spildevandsledninger) og som Hylstre for elektriske Kabler. Blyplader bruges paa Grund af deres kemiske Modstandsdygtighed til Tækning, Isolering mod Fugtighed og Beskyttelse mod Svovlsyreangreb. Da Bly kan angribes af Cement, bruger man som vandstandsende Lag i Beton (f. Eks. i Broer, Tunneler og Gruber) ofte tyndt Blyolie indklæbet mellem to Lag Tagpap, saa det ikke kommer i Berøring med Betonen (Siebels Asfalt-Bly-Isolering § 582). Endvidere bruges Blyplader paa Grund af deres Blødhed i Stedet for Mørtel som trykfordelende Mellemlag mellem ujævne Flader. Se iøvrigt § 577—84. Forblyning er omtalt i § 569.

576. Haardt bly er en Legering af Bly og Antimon, der forener Blyets Letstøbelighed med større Haardhed. Det bruges til Aksellejer (§ 704), Rør (§ 577), Typer, Akkumulatorgittere m. m.

Med 12—23% Sb er Haardheden ca. 4 Gange det rene Blys (§ 254). Legeringerne maa afkøles hurtigt, ellers synker det tunge Bly tilbunds. Denne Tilbøjelighed er svagest hos den eutektiske Legering (87% Bly), der bruges til Typer. Til Dæksler over Smørehuller bruges 90 Pb + 10 Sb (smelter ved ca. 350°). Til Understøbning af Drageres Lejeplader bruges undertiden Bly med 5—10% Sb. Tilstandsdiagrammet findes i § 225 og 704. Om Styrken se § 572.

Tin-Bly-Legeringer er ogsaa haardere end rent Bly. Deres Tilstandsdiagram findes i § 632, Fig. 243. Bly med 3% Tin bruges til visse Blyrør (§ 580-1); samme Haardhed, som denne Legering har, faar Blyet, naar det legeres med 0,04% Magnium.

B. Handelsformer.

1. Blyrør.

577. Fremstillingen sker ved Strengpresning. Blyet udstøbes i en Cylinder med et ringformet Bundhul, og naar det netop er størknet, presses det ud gennem Hullet ved hydraulisk Tryk; jo koldere Blyet er, des tættere bliver Rørene. De kan fremstilles i meget store Længder og leveres da oprullede paa Tromler. De laves baade af blødt og haardt Bly (med kun 1—3% Antimon). Lysvidden varierer fra 3 til 300 mm, Vægtykkelsen fra 1 til 10,5 mm, og Rør af samme Lysvidde kan faas med forskellige Vægtykkelser. Mest brugt er Rør, hvis Vægtykkelse er ca. 1/10 af Diameteren. Største Længde varierer fra 1,6 til 77 m.

Baade de bløde og haarde Rør leveres efter Ønske ufortinnede, forfinede ud- og indvendig eller eet af Stederne, eller svovlede indvendig med Svovlnatrium, hvorved der dannes sig et Lag af Svovlbly, som fuldstændig forhindrer, at Vandet bliver blyholdigt. Er Diameteren lig eller mindre end 7 mm, kan de ikke faas med indvendigt Overtræk.

Styrken overfor Vædskestryk er $S^t = 110-180$ at (blødt Bly), og synlige Deformationer indtræder ved 0,4 à 0,7 S^t . Rør af haardt Bly er stærkere og mere elastiske. Den tilladelige Spænding ved Temperaturer under 30° sættes gerne til 35 og 50 at henholdsvis for blødt og haardt Bly. Snævre, tykvægede Rør kan bruges ved Vædskestryk af indtil 37 at.

Anvendelse. Blyrørsledninger er langt lettere at lægge end Jærnrørsledninger paa Grund af Rørenes store Længde og Bøjelighed. De bruges til Ledninger med mange Bøjninger, navnlig til indendørs Spildevandsledninger, men ogsaa til visse Dele af Gasledninger, nemlig paa fareløse Steder og naar Diameteren er ringe, saaledes ved Maaleren; endvidere bruges de til Kabelhylstre og i visse Lande til Drikkevandsledninger. Til de nævnte Anvendelser bruges blødt Bly, mens Rør af haardt Bly foretrakkes til Dampledninger.

578. Spildevandsrør. De af Dansk Ingeniørforening anbefalede Dimensioner, der er identiske med de i Preussen obligatoriske, og de af Københavns Kommune foreskrevne findes i efterfølgende Tabel; paa enkelte Steder tør Vægtykkelsen dog være indtil 0,2 mm mindre end angivet i Tabellen, naar blot Rørenes Vægt ikke forringes.

Spildevandsledninger	Dansk Ingeniørforening				København		
Lysvidde i cm	2,5	3	4	5	3	4	5
Mindste Vægtykkelse i mm	3	3,5	4	4	3,5	4	4,5
» Vægt i kg/m	3	4,2	6,3	7,7	4,1	6,1	8,5

Til Skylleledning fra W. C. Cisterner bruges 3 cm vide Rør.

579. Rørsamlinger sker nemt ved Lodning med en Legering af 65% Bly og 35% Tin, efter at Rørenderne først er ombertlede og tilfilede (Fig. 238), saaledes at Keglerne passer saa

nøje som muligt sammen. Uden om det Hele lægges der en Vulst af samme Legering, der gerne »svøbes« om (o: formes) med en tyk Klud, men ogsaa kan støbes. Loddefladerne maa forud skræbes blanke, mens de tilstødende Bælter over og under Vulsten smøres med et Stof, der hindrer Loddet i at binde der. For at faa en glat Inderflade maa det spidse Rør tilfiles lidt skraat indvendig, og det bertlede Rør bør lige under Loddestedet indsmøres, for at ikke mulig indtrængende Loddetin skal fæstne sig. Hvor en Ledning forgrener sig, bruges en lignende Samling.

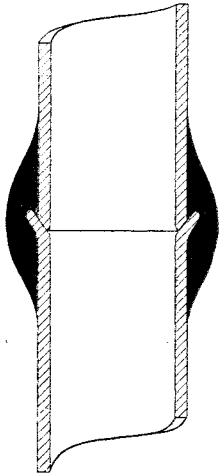


Fig. 238.

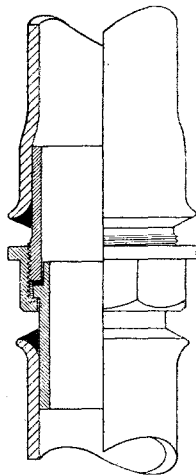


Fig. 239.

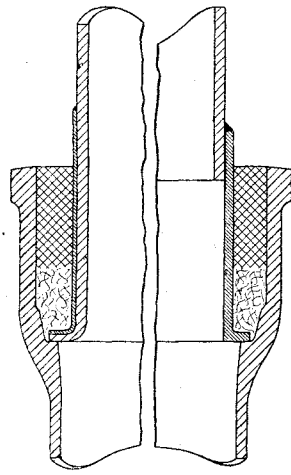


Fig. 240.

Skal Forbindelsen kunne løses, bruges en **Rør-Spidskobling** (Metalforskrøning, Caplining) af Messing (Fig. 239), der i Modsætning til Rør-Muffekoblingen i Fig. 215 omsluttet af Rørenderne. De smaa Rørstykker bør være afdrejede og fortinnede paa de ydre Loddeflader. Denne Forbindelse bruges dog sjældent til indbyrdes Samling af Blyrør, men derimod ved disses Tilslutning til en Gasmaaler eller en Vadskekumme, og Rør-Spidskoblingen sælges derfor gerne uden den øvre Rørstump, idet denne udgør en Del af den paagældende Genstand.

Blyrør samles med Støbejernsrør ved Blyforstøbning, idet der til Enden af Blyrøret fastloddet et **Kravestykke** (Ferrule) af Messing, mod hvilket Blyforstøbningen sker. Fig. 240 viser to forskellige Former for denne Forbindelse. Til venstre er Blyrøret trukket igennem et presset Kravestykke og banket ud over Kraven, hvorefter der foroven er foretaget en Lodning med Loddetin og Loddebolt. Kravestykkets opadvendende Endeflade og den tilstødende Del af Inderfladen burde være fortinnede, men er det aldrig. Til højre er brugt et støbt Kravestykke, der blot er loddet til Blyrøret, hvilket giver en langt daarligere Forbindelse; Loddefladen er afdrejet og burde være fortinnet. I København maa denne Forbindelse ikke bruges.

Skal Blyrøret forbindes med et glaseret Lerrør eller et Fajancerør, gaas frem paa ganske samme Maade, kun udstøbes der ikke med Bly, men med Cementmørtel 1 : 2. Skal en Fajance-Afløbstud forbindes med et Blyrør, bruges et kort Mufferrør af Kobber eller Messing; gennem dette trækkes Blyrøret og kræves ud i Muffens Bund, hvorpaa Rørene sammenloddet. I Muffen faststøbes Tuden med Cementmørtel 1 : 2.

580. Drikkevandsrør. I mange Lande bruges Blyrør ogsaa til Husledninger for Drikkevand og er da gerne indvendig fortinnede, dog ikke altid, thi naar Vandet har en passende Sammensætning (§ 574), vil der i Tidens Løb danne sig en beskyttende Hinde, saa at der derefter kun opløses ganske forsvindende Blymængder. Til saadanne ubeskyttede Vandrør bruges undertiden en betydelig Tintilsætning, hvorved Rørene bliver mere modstandsdygtige mod kemiske Angreb samt haardere og tættere. Ubeskyttede Blyrør kan angribes saa stærkt af aggressivt Vand, at Væggen i hele sin Tykkelse omdannes til PbO.

Vil man have et tykt Tinlag indvendig, kan man bruge de saakaldte **Kapperør**, der har en Godstykkelse af 4—6,5 mm, hvoraf de inderste 0,5 mm er Tin. De laves ved at støbe et kort, tykt Blyrør og indenfor det et Tinrør og saa presse det Hele ud gennem Mundstykket. De bruges til Drikkevandsledninger og faas med 1—4 cm Lysning. I København bruges 13 mm Kapperør til Forbindelse mellem Vandledning og W. C. Cisterne.

Armerede Blyrør (Felten & Guilleumes Kabelrør, Fig. 241) finder under særlige Forhold Anvendelse til Vandledninger. De bestaar af et 4 mm tykt Blyrør med betydelig Tin-Tilsætning, og derudenom kommer en asfalteret Hampebevikling, en 6 mm tyk Armering af skrueagte Façontraade af Digelstaal, et nyt, asfalteret Hampelag, hvorpaa det Hele er beviklet med forzinket Jærntraad. Lysvidden er 5,2 cm. Saadanne Rør kan bære sig selv paa et langt Stykke, og Traadene har en saadan Form, at Røret ikke kan klemmes sammen selv for store udvendige Tryk. Rørene har i Københavns Havn været anvendt som Vandforsyningsledning til Mellemfortet og Prøvestenen, men viste sig ikke holdbare, formentlig paa Grund af Havvandets Angreb.



Fig. 241.

581. Kabelhylstre bruges til Beskyttelse af Traadene i underjordiske Telefon- og Lyskabler (Vægttykkelse 1,5—3,6 mm) og undertiden ogsaa til Husledninger (Telefonledninger i København, Ledninger paa fugtige Steder) og her anvendes ogsaa i nogle Tilfælde en Tintilsætning. Blyrør til Telefonkabler indeholder saaledes gerne 3 % Tin, hvorved Rørene bliver mere modstandsdygtige mod Sammentrykning, hvilket paakræves ved Telefonkabler, fordi de indenfor liggende Traade let kan presses sammen. Til Havkabler bruges Bly ikke, da det angribes af Klor. Om Angreb i Stalde se § 574.

2. Plader, Traad, Blokke.

582. Blyplader støbes, og vales i kold Tilstand tyndere. De fremstilles indtil 10 mm tykke, indtil 3,25 m brede og indtil 15 m lange. De forsendes i Ruller.

De bruges til **Tækning** af monumentale Bygninger og til sammensatte Tage, til hvilke de egner sig særlig godt, da de nemt kan bøjes efter Tagets Form og loddet sammen; de maa dog helst falses. Blytage er ikke saa varige som Kobbertage, men billigere. Pladerne maa være ret tykke, hvorved Taget bliver tungt, og Blyets lave Smeltepunkt er en Ulempe i Hdebrandstilfælde. Det egner sig bedst til flade Tage, paa meget stejle Tage er det svært at faa til at hænge paa Grund af Blyets Tyngde og Blødhed. Pladerne er gerne 2,5—3 m lange, 0,5—1,0 m brede og 1,5—3,5 mm tykke.

Til **Isoleringslag** mod Jordfugtighed bruges 1,6 mm tykke Plader (§ 574). Til Isolering af Kanalbroer bruges gerne 3 mm tykke Plader. For at de ikke skal ødelægges kemisk, maa Blyet være meget rent (højest 0,02 % Urenheder), og loddet de, maa det kun være med Bly. Som nævnt i § 575 har **Siebels Asfalt-Bly-Isolering** fundet stærk Anvendelse som Isoleringslag i Beton, og det bruges ogsaa som vandret Isoleringslag i Husmure. Det bestaar af 2 Lag 2 mm tykt Tjærepap med et tyndt Lag Blyfolie imellem; de tre Lag er sammenklebede med Træcement. Blytykkelsen er 0,1, 0,15, 0,2 eller 0,3 mm. Den tyndeste Kvalitet bruges kun til Husmure og leveres i indtil 10 m lange oprullede Stykker af Bredde 10, 13, 15, 20, 25, 26, 30, 38, 40, 45, 50, 52, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90 og 100 cm; ved Stødene anvendes en simpel 2—5 cm bred Overdækning. De tykkere Kvaliteter faas i Ruller af 1 m Bredde og 10 m Længde og bruges ved vanskelige eller vigtigere Isoleringer; ved Stødene flækkes Lagene og skydes ind i hinanden efter at være smurt med Træcement, saa Overdækningen bliver ca. 8 cm. Undertiden falses Blypladerne sammen, f. Eks. ved Bygningen af Nødtørftshuset i Nyhavn, hvor Isoleringen med den tykkeste Kvalitet kom til at koste 6,75 kr/m², mens Isolering med 2 mm tykke, sammenloddede Blyplader var kommen paa 16,5 kr/m² (se *Ingeniøren* 1906, Side 345). En Tegning af Samlingen findes i *Ing.* 1915, S. 720. Ved Udførelsen af vandrette Isoleringer maa man paase, at der ikke tabes Søm og lign., som kan gennemtrænge Blyet, naar der trædes paa dem.

Blyfolie (meget tynde Plader) bruges til Indpakning.

583. Blytraad fremstilles som Rør (§ 577). Den faas rund i alle Tykkelser mellem 0,5 og 15 mm saavelsom med andre Profiler, f. Eks. I-formet til Indfatning af Ruder. Den bruges til Pakning mellem Jærnrørsflanger og som Bindetraad i Gartnerier.

584. Blyblokke af indtil 140 kg Vægt bruges som Raamateriale til Støbning (Kunstsager, Vandlaase, elektriske Akkumulatorer), til Samling af støbte Jærnrør, Faststøbning af Jærn i Sten, til Projektiler og Hagl, til Legeringer, til Farver (Blyhvidt, Blymønje, Sølvglød [PbO]), til Forblyning af Jærnblik og Jærntraad (§ 569) o. s. v.

Af Bly til *Københavns Gasværker* forlanges: Blyet skal være rent, blødt og strækbart. Det skal have en Vægtfylde af mindst 11,3 og maa ikke være sprødt. Blyet ønskes leveret i Blokke paa 40—55 kg. Blokkene maa ikke være omsmeltede, men skal leveres med det originale Mærke. Leverandøren skal opgave, fra hvilken Mine Blyet agtes leveret, og skal paa Forlængende fremskaffe Minens Attest for, at Blyet er leveret fra den. *Det danske Orlogsværft* forlanger en Renhed af 99,5 %.

II. Zink.

A. Egenskaber.

585. Fysiske Egenskaber. En frisk Snitflade er graahvid med et svagt blaat Skær og Sølvglans, men bliver i fugtig Luft hurtig matgraa.

Zinkets Betydning berøer hovedsagelig paa dets Vejrfasthed i Forbindelse med Støbelighed, Valselighed og lav Pris (§ 572).

I støbt Tilstand er det skørt og kan let knækkes med en Hammer, hvorved Brudfladen viser sig bladet med stærk Glans. Støbt Zink kan derfor ikke anvendes, hvor Styrken spiller en væsentlig Rolle, og det kan ikke udvalses i kold Tilstand. Ved Temperaturer mellem 100 og 160° er Zinket derimod

smidigt og lader sig **valse**, **strengpresse** og **trække**, hvorved den bladede Struktur forvandles til en finkornet, og efter en saadan Behandling er Zinket ogsaa i kold Tilstand sejt og kan drives. Smidigheden er dog betinget af Renheden og nedsættes navnlig af et Jærindhold. Naar Zinket udsættes for Rystelser, bliver det atter krystallinsk og skørt (§ 589).

Styrkeforholdene fremgaar af følgende Tabel:

	S ^t at	δ ^o / _o	E ^t at	S ^c at	S ^f at
Støbt Zink	198—263				
Valsede Zinkplader . . .	1200—2500	12—18	150000	1000	960
Zinktraad	1500—1800		do.		
Pressede Stænger	1800—2100	22—44			

se ogsaa § 589.

EG og PG ligger ved Nul (§ 31 og 278). Pladernes Trækstyrke er størst vinkelret paa Valse-retningen, mens Brudforlængelsen forholder sig forskelligt. Iøvrigt har Forsøgets Varighed stor Indflydelse paa Styrken (§ 35).

Styrken af Zinkplader i højere Temperaturer er i Følge *Martens* (Mittheilungen aus den königl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1889, Ergänzungsheft IV):

I Valseretningen:			I Valseretningen:		
t ^o	S ^t at	δ ^o / _o	t ^o	S ^t at	δ ^o / _o
19	1370	12,2	27	1530	12,6
80	860	27,8	80	890	31,0
120	560	66,7	120	700	52,1
150	370	112,7	150	430	90,2
170	560	22,1	170	550	12,1
200	410	9,0	200	440	5,4

Kugletrykhaardheden P_{0,05} (§ 254) er for støbt Zink 31 og 39 kg efter henholdsvis langsom og hurtig Afkøling (*K. M. A.* 1915, S. 169). Se ogsaa § 249.

Zink **vindes** nu oftest ved Afristning af Zinkblende (Svovlzink, ZnS) eller af ædel Galmei (Zinkspat, ZnCO₃), som ristes og derved mister sin Kulsyre, hvorpaa det dannede Zinkoxyd reduceres til Zink ved Glødning med Kul. Det kan ogsaa direkte udsmeltes af Malmen i en elektrisk Ovn. Af Urenheder indeholder det navnlig Bly (1—2 %), Jærn og Kadmium (§ 589). Det kan renses ved Elektrolyse. **Vægten** er i Almindelighed for støbt Zink 6860 kg/m², for valset 7200. **Temperaturudvidelsen** er 3,108 mm/100 m pr. Grad.

586. Forhold i Varme. Zink smelter ved en lav Temperatur, er meget letflydende og udvider sig i Størkningsøjeblikket, hvorfor det ved **Støbning** giver skarpe Aftryk. Varmeudvidelsen er tre Gange Jærnets og større end noget andet Metals. Den stærke Varmeudvidelse i Forbindelse med Støbegodsets ringe Styrke bevirker, at store Genstande med svær Godstykkelse er tilbøjelige til at revne baade som Følge af Støbspændinger og som Følge af almindelige Temperaturvariationer. Genstandene støbes derfor altid tyndvæggede og, saafremt de er store, adskilte i flere Dele, der senere sammenloddet. Paa denne Maade er det ogsaa lettere at holde Støbetemperaturen lav, et Forhold, som er af stor Betydning, da Godset ellers bliver porøst og forurenat af Zinkilte, der gør det skørt. I smeltet Tilstand forbinder det sig med Jærn til en skør Legering, **Haardzink** (FeZn₃).

Zinkets store Seighed ved 100—160° er nævnt i § 585.

Zinkets **Smeltepunkt** ligger ved 419°. I Hvidglødhede fordampes det, saa det kan renses ved Destillation; det koger ved 920°. Varmes Zinket over 200°, er det saa skørt, at det kan pulveriseres i en Morter. Om Styrke og Seighed i høje Temperaturer se § 585.

587. Kemiske Egenskaber. I **Syrer** opløser Zink sig med stor Lethed til giftige Salte¹⁾, og Jorden kan indeholde Bestanddele, der angriber det. Det uddriver Jærnet af alle Jærnsalte og omdannes af Svovlbrinte til hvidt Svovlzink. Endvidere angribes det stærkt af **Alkalier**.

I fugtig **Luft** bliver Overfladen hurtig matgraa, idet den overtrækkes med et basisk Karbonat, der imidlertid beskytter det underliggende Metal. Paa samme

¹⁾ Opløseligheden er dog væsentlig ringere for rent end for urent Zink.

Maade forholder Zink sig overfor destilleret **Vand**, Vandværks- og Havvand¹⁾.

Derimod er Zink paa Grund af dets **elektropositive Egenskaber** (§ 502) meget tilbøjeligt til at fremkalde galvaniske Strømme, naar det er i umiddelbar Berøring med Kobber eller Jærn, og der er Regnvand tilstede, som meget ofte indeholder Spor af Svovlsyre stammende fra Skorstensrøgens Svovlsyring, og Zinket vil da meget hurtigt fortæres de paagældende Steder. Kuldele, der falder ned paa Zinktage har samme Virkning, og saadanne Tage er derfor lidet holdbare i Industribyer. I en udpræget Industriby som Chicago bruges Zinktage slet ikke og heller ikke i de amerikanske Byer ved Havet, hvor Søluften befordrer Elektrolysen. I København er Zinktagenes Varighed formentlig kun ca. 20 Aar²⁾. Af Hensyn til Elektrolysen maa Zinkplader (til Tækning eller Beklædning af Pæleender) befastes med Zinksøm eller forzinkede Jærnsøm, ligesom Tagrendeholdere og lignende maa være forzinkede. Hvor en Berøring med andre Metaller ellers vil finde Sted, kan man indlægge Blystrimler som Mellemed. Omvendt bruger man, hvor Jærn kommer i Berøring med Kobberlegeringer (f. Eks. ved Bronzehaner og dslg.), at anbringe en Zinkstrimmel, som da vil tæres i Stedet for Jærnet (§ 501).

Mørtlerne angriber mer eller mindre stærkt, f. Eks. ødelægges det af frisk Cementmørtel, hvorfor Beton, der skal beklædes med Zink, først stryges med kunstig Asfalt eller dækkes med Pap. Der er derimod næppe noget til Hinder for at indstøbe forzinket Jærn i Beton, thi Cementen og Zinket synes at indgaa en kemisk Forbindelse, der virker sammenkittende³⁾. Forzinket Jærn rustet meget hurtigt i Gibs- og Gibssandmørtel, naar denne befinder sig i det fri. I **Kalkmørtel** holder Forzinkning godt under normale Forhold, men ikke naar Mørtelen til Stadighed er vaad. Til Indmuring af Zinkrør egner Kalk- og Blandingsmørtel sig forholdsvis godt.

588. Zink **bruges** til Tækning, Tagrender, Beholdere, Rør og andre Sager, der udsættes for Vand eller Vejrlig, samt til dekorative Led som Balustrer, Søjlekapitæler m. m., hvilke Genstande fremstilles ved Støbning eller Drivning. Over Halvdelen af Zinkproduktionen bruges til Forzinkning (§ 560).

B. Handelsformer.

589. Det meste Zink kommer fra Belgien og Schlesien (mindre rent) og gaar i Handelen som Plader, Bølgeblik, Stænger, Traad, Søm og Blokke. Om Vandror af Zink se *T. F. T.* 1915, S. 148.

Pladernes Tykkelse angives efter en Lære med 26 Numre:

Belgisk Zinkpladelære.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tykkelse i mm	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,58	0,66	0,74
Vægt i kg/m ²	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	2,16	2,52	2,88	3,24	3,60	4,18	4,75	5,33
Nr.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Tykkelse i mm	0,82	0,95	1,08	1,21	1,34	1,47	1,60	1,78	1,96	2,14	2,32	2,50	2,68
Vægt i kg/m ²	5,90	6,84	7,78	8,71	9,65	10,6	11,5	12,8	14,1	15,4	16,7	18,0	19,3

Den schlesiske Lære afviger kun fra den belgiske for de 4 første Numres Vedkommende.

¹⁾ *D. A. f. E.* Heft 8, S. 5. I Vand dannes navnlig Hydroxyd, Zn(OH)₂. De hvide Pletter, som Zinkklicheer faar ved Henliggen i fugtig Luft, bestaar formentlig ogsaa af dette Stof. I Følge *Pettenkoffers* Undersøgelse af et Zinktag i München var Blikkets Vægt i Løbet af 27 Aar kun formindsket med 0,042 kg/m² (svarende til en Tykkelse af 0,006 mm).

²⁾ Angrebne Tage kan man reparere ved med Linoleumstjære at klæbe Tvistlærred over de angrebne Steder og derefter overstryge hele Taget med Linoleumstjære.

³⁾ *D. A. f. E.* Heft 8, S. 11.

der har Tykkelserne: 0,1 — 0,143 — 0,186 — 0,228 mm og Vægtene: 0,72 — 1,03 — 1,34 og 1,64 kg/m². Løvrigt kan man faa Zinkplader af indtil 7 mm Tykkelse.

Pladerne skal være ensfarvede, tæt og fejlfrit udvalsedede og skal mindst veje som ovenfor angivet. Har Pladerne Tilbøjelighed til at flække, kan det skyldes Udsejring af Bly.

De bruges meget til Tækning (hyppigst Nr. 11 og 12, sjældnere Nr. 13 og 14) paa Grund af deres Lethed (et Zinktag paa Træforskalling vejer kun 40—50 kg/m² excl. Hovedspær) og Billighed. De gængse Maal er 0,65 · 2 m, 0,8 · 2 m og 1 · 2 m. Paa Grund af Zinkets store Varmeudvidelse maa man sørge for, at Pladerne frit kan udvide sig i Solskin; man plejer at lodde de vandrette Sømme og false de hældende, mens fuldstændig Lodning bevirker, at Fladen efterhaanden bliver bøjet.

Zinkplader bruges ogsaa til Beklædning af Pæleender, for at de ikke skal raadne, og til Tagrender (Nr. 13—15), Nedløbsrør (bør ikke være under Nr. 12), Tagvinduer og Beholdere, hvilke Genstande fremstilles ved Lodning. Ved Trækning, Drivning eller Presning fremstilles Gesimser, Konsoller, Beklædninger, Rosetter og lign. til Dekorationsbrug, samt Dugrender.

Polerede Zinkplader (2 mm tykke) til Klichéer indføres for Tiden fra Amerika.

Bølgeblik bruges til Tage (et Bølgeblikstæg vejer ca. 15 kg/m²) og Ydervægge for Skure og faas baade plant og bøjet (Fig. 175). Hyppigere anvendes dog forzinket Jærnblik.

Stænger fremstilles ved Valsning eller Strengpresning. En lav Pressetemperatur er gunstig for St og δ , men kræver meget rent Zink. Kærslagsegheden hos pressede Stænger er meget ringe.

Traad har været brugt under Krigen til Elektricitetsledninger, men skørnes i Tidens Løb (§ 585). Om Ledeevne se § 623.

Zinkblokke gaar i Handelen som smaa 2,5—4 cm tykke Plader, der bruges til Støbning af Statuer, Vaser, Kandelaber, Balustrer, Søjlekapitæler o. s. v.; de sidstnævnte Genstande anvendes ofte til Beklædning af Jærnkonstruktioner og kan ad galvanisk Vej forsynes med et bronzelignende Overtræk. Endvidere bruges Blokkzink til Legeringer og til Forzinkning af Jærn. Blokkene bør vise et storkrystallinsk Brud og mindst indeholde 98,5 % Zn (§ 585).

III. Kobber.

A. Udvinning.

590. Gedigent Kobber forekommer ved Lake Superior i Nordamerika, og 4 % af Verdensproduktionen skriver sig herfra, mens næsten hele Resten, nemlig 94 %, udvindes af svovlholdige Kobbermalme navnlig **Kobberkis** (CuFeS₂); denne udgør Hovedmalmen i de norske, svenske og grønlandske Gruber. De fleste Kobbermalme giver kun 2—3 % Cu, mens den grønlandske giver 6—7 %; selv Malme, der kun giver 1/2 % Cu, kan det undertiden betale sig at udnytte, idet man først udvinder Svovlsyre af dem og derefter uddrager Kobberet af Affaldet. De danske Svovlsyrefabrikker indførte saaledes før Krigen fra Norge og Spanien ca. 50000 t Kobberkis aarligt og solgte Affaldet (ca. 72 % med 2—5 % Cu) til Kobberværker i Helsingborg og Hamburg. Ved Svovlsyrefabrikationen ristes Malmen, hvorved Jærnet iltes, og Svovlet brænder til Svovlsyrling, der videre omdannes til Svovlsyre. Kobberets Udvinning af den saaledes delvis afsvovlede Malm sker ved en Nedsmeltning, hvorved Kobberet samler sig paa Herdens Bund i Form af urent Cu₂S, der benævnes Kobbersten eller Raasten, dækket af en Slagge, der optager Størstedelen af Jærnet. Kobberstenen bliver derefter rensed enten ved gentagne Ristninger og Smeltninger eller ved Gennemblæsning i en Bessemerpære, hvorved man faar **Sortkobber** eller Raakobber, der endnu er urent (90 % Cu) og skørt, og som derfor maa raffineres.

591. Raffineringen kan ske ved at smelte Sortkobberet med Silikater i en Flammeovn (Raffinerovn) under rigelig Lufttilførsel, hvorved Urenhederne ilter sig til Luftarter eller Slagge, men samtidig iltes noget af Kobberet til Kobberforilte, der gør Produktet koldskørt. Mod Slutningen af Processen spærrer man derfor af for Luften og rører rundt i Kobberet med en frisk Birkegren. Vanddampene fra denne stiger op gennem Massen og river Svovlsyrling med sig, samtidig med at Træet forkalles og reducerer Kobberforiltet. Processen kaldes **Poling** af det engelske *pole* (= Stang). Det rensede Kobber støbes til Blokke, der gaar i Handelen eller i glødende Tilstand føres til Valseværkerne; det indeholder højst 99,5 % Cu.

Naar **gammelt Kobber** (paa hvilket der ofte sidder Loddemetal) skal benyttes til Pladevalsing, raffineres det paa samme Maade. Man kan ogsaa tilsætte 0,05—0,1 % Magnium, der rensar Kobberet fuldstændig for Ilt.

Raffineringen af det allerreste Sortkobber (ca. 75 % og specielt alt i Bessemerpære fremstillet) sker imidlertid ad **elektrolytisk** Vej. Derved faas Kobber, der er kemisk rent, praktisk talt, og samtidig indvindes ofte en Del Sølv og Guld; til Valsning og Trækning bruges nu altid saadant Elektrolytkobber.

592. I Stedet for at udsmelte Kobberet af Malmen som beskrevet, kan man ogsaa behandle disse med Salt- eller Svovlsyre, der opløser Kobberforbindelserne, hvorefter man lader Kobberet udfælde sig paa Jærnaffald; denne Fremgangsmaade bruges i Spanien (Cementkobber).

B. Almindelige Egenskaber.

593. Fysiske Egenskaber. Kobberet, hvis røde Farve adskiller det fra andre teknisk vigtige Metaller, udmærker sig navnlig ved stor **Seighed**. Det

er af Naturen blødt og ganske uelastisk og lader sig i kold Tilstand med stor Lethed hamre, valse, drive og trække til Traad. Derved bliver det imidlertid haardt, stift og elastisk, og det maa udglødes for atter at blive blødt (§ 596). I udglødet Tilstand har Kobber en **Trækstyrke** af ca. 2200 at, men ved kold Bearbejdelse kan den stige til 3300 at og endnu højere (§ 600). Det lader sig let polere, men **Polituren** holder sig ikke paa Grund af Metallens Blødhed (§ 249, 254 og 669). Næstefter Sølv er Kobber den bedste **Leder** for Varme og Elektricitet (§ 623), og det bruges derfor i stor Udstrækning til elektriske Ledninger. Dets Ledeevne, saavel som dets Seighed baade i Kulde og Varme, vokser med Renheden (§ 594).

Vægtfylden kan svinge mellem 8,7 og 8,95; i støbt Tilstand regnes gerne 8800 kg/m³, i valset 8900 kg/m³. Vægtfylden nedsættes ved kold Bearbejdelse, men hæves atter ved Udglødning. **Prisen** er omtalt i § 572, **Varmeudvidelsen** i § 306. Om **Leveringsbetingelser** se I. M. 1909, VIII, 3 og 1912, XI, 2 samt § 606, 610-11, 613.

594. Urenheder i Kobber. Da Udvinningen bestaar i en skiftende Kulning og Iltning, er Kobberet undertiden forurenet af enten **Kul** eller **Ilt**. Er Kulningen dreven for vidt, bliver Kobberet skørt, navnlig rødskørt og faar en gulrød Laksefarve og en takket, meget blank Brudflade. Er Iltningen dreven for vidt, saa der er dannet Kobberforilte (overgart Kobber), bliver Kobberet koldskørt og faar en tæt, mat Brudflade af brunrød (teglstensrød) Farve. Rent Kobber har derimod en rosenrød, finkornet (for bearbejdet Kobber fibret) Brudflade med Silkeglans. Kobberforiltet er i fast Tilstand upopløseligt i Kobberet, det findes derfor legeret med det, og den eutektiske Legering indeholder 3,4—3,5 %. Under Mikroskopet viser det sig som blaalige Pletter, der i støbt Kobber er runde, i valset Kobber uregelmæssigt langstrakte. Kobberveilte kan ikke findes, da det straks reduceres til Kobberforilte af det overskydende Kobber.

Handelskobberet indeholder 0,4—0,7 % fremmede Metaller (Jærn, Bly, Arsen, Antimon, Vismut, Zink, Nikkel, Sølv) og undertiden Svovl samt som nævnt Kobberforilte eller Kul. Over 0,15 % Bly giver Rødskørhed, over 0,3 % Koldskørhed. 1/4—1/2 % Arsen forøger Styrken og forøger Modstandsevnen overfor Svovlsyreangreb (Røg) og høje Temperaturer; Ildkasser, Støttebolte og Rør til Lokomotivkedler maa derfor helst indeholde den nævnte Arsenmængde. Arsenets gavnlige Virkning beror formentlig paa, at det hindrer Kobberet i at blive krystallinsk; over 1/2 % Arsen giver Koldskørhed. Arsenindholdet kan bestemmes ved Mikroskopering (I. M. 1912 II, 11). Over 0,02 % Vismut giver Rødskørhed, over 0,1 % Koldskørhed. **Nikkel** virker som Arsen, indtil 0,9 % forøger Modstandsevnen i høje Temperaturer og forøger Styrken uden at forringe Seigheden.

595. Forhold i Varme. I høje Temperaturer ilter Kobber sig, hvorfor Plader og andre varmt fremstillede Varer har Overfladen dækket af brunt Kobberforilte (Cu₂O); Iltlaget medfører, at Kobber **vanskelig svejses**¹⁾. Samling af Kobberstykker sker hyppigst ved **Lodning med Messing**²⁾.

Iltningen gaar imidlertid, selv ved ret stærk Glødning, ikke i Dybden, og Kobber taaler derfor bedre end andre Metaller vedvarende Ildpaavirkning og bruges til Brændestempler til Mærkning af Træ (§ 594). Ved en Temperatur, der ligger noget under Kobberets Smeltepunkt, vil dog Overfladens Kobberforilte trænge ind i Metallet og omdanne det til en uelastisk, skør Masse. Saadant **forbrændt Kobber** har en mørkerød Brudflade, og dets Struktur er helt forandret; Krystallerne, der i normalt Kobber er mikroskopiske, kan i forbrændt Kobber ses med det blotte Øje. Ved Fastlodning af Flanger paa Kobberrør er man nødt til at have en Temperatur af ca. 1000°, og det vil altsaa her være af stor Betydning, at Arbejdet sker saa hurtigt som muligt, for at Røret ikke skal blive skørt paa Loddestedet. Flere Oplysninger om Kornstørrelsen findes i § 207 og 212.

I smeltet Tilstand indtager Kobber begærligt Ilt under Dannelse af Cu₂O,

¹⁾ Det kan svejses elektrisk (T. F. T. 1917, S. 7) eller autogent; i sidste Tilfælde maa man hindre en Iltning ved som Ismeltningsmateriale at bruge Fosforkobber eller ved at besmøre Overfladerne indtil 5 cm fra Svejsedet med en Pasta, tilberedt af et af de almindelige, boraxholdige Svejsapulvere (T. F. T. 1918, S. 79).

²⁾ der imidlertid angribes af syreholdigt Vand, hvorfor Autogensvejsning i visse Tilfælde kan være at foretrække (T. F. T. 1918, S. 79).

der straks opløses, men atter udskilles under Størkningen (§ 594) og gør Kobberet skørt. Da det desuden er trægt flydende og giver blæret Gods, er **Støbeligheden** ringe.

Smedeligheden i Rødguldhed er god.

Smeltepunktet ligger ved 1084°.

Ved en Temperatur noget under Smeltepunktet er Kobberet saa skørt, at det kan pulveriseres med en Hammer, og det samme er Tilfældet i Rødguldhed, hvis Kobberet indeholder for meget Vismut eller Bly (§ 594).

Det kolde Kobbers store **Seighed** holder sig op til en Temperatur af ca. 200°, men saa sker der en stærk Forringelse af baade Brudforlængelse og Indsnøring, der gør det uskikket til Brug i højere Temperaturer. Om Styrken se § 600.

596. Udglødning af koldstrakt Kobber sker i Praksis ved 5—700°, men allerede en svag Opvarmning (f. Eks. til 60°) kan undertiden mærkes paa Styrkeegenskaberne; Varmens Virkning er dog ringe, indtil en Temperatur af 2—300° er naaet, saa bliver den pludselig meget stor, og næsten hele Blødgørelsen sker ved denne Temperatur, saaledes at en stærkere Opvarmning kun har en ret ringe Indflydelse. Fuldstændig Blødhed opnaas dog først ved en højere Varmegrad, i alt Fald naar Glødningen har normal Varighed (ca. 1/2 Time), og i Praksis gaar man som nævnt op til 5—700°. Om Afkølingen sker hurtigt eller langsomt er ligegyldigt. Jo højere Udglødnings-temperaturen er, desto hurtigere blødgøres Kobberet, men desto kortere Tid kan det ogsaa taale Heden uden at blive **overhedt**: storkornet og skørt; ved Opvarmning til 500° blødgøres Kobberet i Løbet af 26 Minutter og tager ingen Skade selv ved 30 Timers Glødning; gaar man derimod op over 1000°, vil allerede en 7 Minutters Glødning gøre Bøjeligheden mindre. Stærkt koldstrakt Kobber taaler Varmen i længere Tid end blødt, idet det først skal overgaa i den bløde Tilstandsform, inden Overhedningen indtræder. Overhedet Kobber kan forbedres ved at oversmedes i Rødguldhed eller ved kold Bearbejdelse med paafølgende Udglødning. Om **forbrændt** Kobber se § 595.

597. Kemiske Egenskaber. Kobber angribes ikke i tør Luft, men i fugtig Luft og navnlig Søluft overtrækkes det med grønt Ir, der imidlertid beskytter det underliggende Metal, saa at Angrebet ikke gaar i Dybden. Dette Forhold i Forbindelse med den smukke, grønne Farve, der navnlig let fremkommer i Byer ved Havet, begrunder Kobberets Benyttelse til Tækning¹⁾. I Havvand opløses det langsomt; Træskibe holdes fri for Begroning ved Beklædning (Forhudning) med Kobberplader (§ 607).

Den klæbrige Vædske, med hvilken Bløddyrerne fæster sig paa Skibet, forbinder sig med Kobberet til Kobberchlorid, der er opløseligt i Vand, saa Dyret falder af. Til Forhudning bruges ogsaa Messing (§ 649), Muntzmetal (§ 658-9), Tobin-Bronze (§ 663), Tin-Bronze (§ 678) og Aluminiumbrønde (§ 693).

Frisk Cementmørtel angriber omtrent lige saa stærkt som Havvand, men Angrebet finder i begge Tilfælde kun Sted i Nærværelse af Luft (D. A. f. E. Heft 8, S. 4). Overfor Svovlsyreangreb (Røg) og høje Temperaturer virker et Arsenindhold beskyttende (§ 594). At Kobber i Dampkedler kan angribes af sodaholdigt Kedelvand er nævnt i § 516. Saltsyre, fortyndet Svovlsyre og Ammoniak angriber kun Kobber i Forbindelse med atmosfærisk Luft. Urenset, fugtig Acetylen angriber stærkt (Beskyttelsesmiddel: Fornikling).

Koldstrakt Kobber opløses i ringere Grad end udglødet af fortyndet Svovlsyre (modsat Jærn); Forskellen er kun ringe, men udnyttes dog i Praksis, idet man gør Ildkasseplader modstandsdygtigere ved Overhamring (§ 607).

Kobbers elektriske Potential er omtalt i § 502.

598. Blandt Kobberets **Anvendelser** skal nævnes: Ledningstraad, Kogekar, Blik til Tækning og Skibsforhudning, Stagbolte og Rør. Endvidere benyttes det som Slaglod til Jærn, men iøvrigt er det ikke heldigt at lade Kobber være i Berøring med Jærn, da dette ødelægges. Det meste og det bedste Kobber bruges ikke rent, men legeret med andre Metaller som Tin, Zink, Aluminium

¹⁾ Ir er et basisk Kuprikarbonat $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. I en Industriby som København er Irlagets Vejrfasthed næppe saa stor, som det almindeligvis antages. At det ikke er uvæsentlige Mængder, der føres bort af Regnvandet, kan ses paa de Betonfliser, der ligger i Gaarden mellem Christiansborg og Slotskirken; disse er i Løbet af kort Tid blevne farvet grønne af Vandet fra Kirkens Kobbertag.

og Nikkel. Legeringerne er i Modsætning til det rene Kobber støbelige samt haardere (mere slidfaste).

C. Elasticitet og Styrke.

599. Forsøgsregler. Trækforsøg er vel egnede til at bedømme Kobbers Kvalitet efter; de bør først og fremmest gøres med udglødede Stænger, saa kan man desforuden prøve Materialet i Leveringstilstanden og derved bestemme Haardhedsgraden. Udglødningen bør ske ved 6—700° uden Luftadgang og i Løbet af 5 Minutter, og ogsaa Afkølingen bør foregaa uden Luftadgang. Afkølingshastigheden er uden væsentlig Betydning.

Ved Prøvestykkernes Udtagelse maa kun benyttes skærende Værktøj, og en paafølgende Udretning skal saavidt muligt undgaaes og maa under alle Omstændigheder udføres forsigtigt og helst med Træ- eller Kobberhammer. Skal Kobberet prøves i Leveringstilstanden, maa Udretningen naturligvis ske koldt, skal det derimod prøves i udglødet Tilstand kan det rettes varmt, men det skal alligevel udglødes bagefter.

Da Prøvestykkets Behandling ved Tildannelsen har stor Indflydelse paa Forsøgsresultatet, maa den sidste Bearbejdelse foretages med stor Omhu; navnlig maa Dreje- eller Høvlestalet aldrig tilspændes eller standse indenfor Maaletlængden, da dette kan bevirke, at Bruddet sker det paagældende Sted, og der maa kun tages en tynd Spaan. Prøvestængerne skal sletfilles i Længderetningen og derpaa aftrækkes med fint Smergelpapir, og flade Stænger skal afrundes lidt paa Kanterne.

Trækforsøg bør foretages ved en Temperatur mellem 5 og 30°, og Stængen bør forlænge sig ca. 5% pr. Minut. For svagt trukne Traade fandt *le Chatelier*, at S^t steg 10%, naar Forsøgsvarigheden reduceredes fra 60 til 1/10 Minut.

Kolde Bøjelighedsprøver bør foretages med Plader og Blik og ikke ved lavere Temperatur end 10°. Ved varme Bøjelighedsprøver skal Stængerne opvarmes i en Glødeovn til Kirsebærrødguldhed (ca. 600°).

Slagbøjeprover med indkærvede Stænger er vel egnede til at bedømme Sejgheden efter (*I. M.* 1912, IV, 9).

600. Forsøgsresultater. For udglødet Kobber ligger Proportionalitetsgrænsen ved Nul, saa at Arbejdslinien (Fig. 17) krummer sig lige fra Begyndelsen, og der indtræder straks blivende Formforandringer. Ved kold Bearbejdelse kan baade *PG* og *EG* hæves, des mere jo intensivere Bearbejdelsen er. *EG* kan hæves til ca. 1000 at, *PG* til ca. 600 at, ja ved Traadtrækning indtil ca. 1200 at. Elasticitetskoefficienten kan for saaledes behandlet Kobber sættes til 11—1200000 at og for Traad til 1300000 at. Nogen egentlig Flydegrænse, Mage til Jærnets, findes ikke, idet Arbejdslinien har en jævn Overgang fra den stejle til den flade Del, men Betegnelsen bruges alligevel ofte enten om det Punkt, hvor Krumningen er skarpest eller mere ubestemt om et eller andet Punkt, hvor man finder, at Forlængelserne begynder at vokse særlig hurtigt. Hvad enten man definerer Flydegrænsen paa den ene eller paa den anden Maade, vil den og Brudgrænsen samt Forholdet mellem dem (*FG*:*S^t*) hæves ved kold Bearbejdelse, og i langt højere Grad end Tilfældet er ved Jærn; samtidig aftager naturligvis Sejgheden. *FG* er den samme for Tryk som for Træk. For støbt Kobber er $S^t = 1700-1950$ at (§ 670), mens udglødede Plader og Stænger gerne har $S^t = 20-2300$ at, $\delta = 35-50\%$ og $\varphi = 45-60\%$ (§ 42); man kan forlange $S^t \geq 2200$ at og $\delta_{11,3} \geq 35\%$ for Plader og Blik og 40% for Stænger og Traad, og tolerere at S^t synker 100 at, naar δ samtidig stiger 2%.

Om Arbejdsevnen se § 47. Forskydningsstyrken kan sættes til 0,8 S^t . Undertiden findes Trækstyrken af udglødet Kobber større, indtil 3000 at, men i saa Fald er der vistnok Tin i (Bronze).

Iøvrigt vil Styrkeforholdene blive nærmere omtalt under de enkelte Fabrikater.

Den **tilladelige Trækspænding** afhænger meget af Kobberets Anvendelse; *Bach* anbefaler ved rolig Belastning 600 at og ved Belastninger skiftende mellem 0 og et Maksimum 300 at. Ved Vindkedler i store Brandsprøjter (stærkt overhamrede Kobberplader) gaar man op til 800 at og mer, ved Centrifuger plejer man ikke at overskride 500 at. Se ogsaa § 605 og 610.

Temperaturens Indflydelse. Styrken aftager med voksende Temperatur.

Rudeloff har undersøgt 10 mm Rundkobber med

$$S^t = \begin{cases} 3400 \text{ at} \\ 2380 \text{ at} \end{cases} \quad \delta_{90} = \begin{cases} 6,1\% \\ 44,9\% \end{cases} \quad \varphi = \begin{cases} 50,7\% \\ 64,0\% \end{cases}$$

henholdsvis i haardtrukket og udglødet Tilstand. Han fandt følgende Forholdstal, idet Styrken ved +20° er sat lig 100:

Temperatur i °C.	-80	-20	20	100	200	300	400	500	600
S^t { haardtrukket	104	103	100	94	81	65	38	20	11
{ udglødet	103	107	100	87	74	66	53	30	18

Som man ser, er Brudstyrken omtrent konstant mellem -80° og +20° og synker derpaa. For det haardtrukne Kobber er Faldet størst, da der sker en delvis Udglødning under Forsøget, saa at bæge Virkninger adderes. I Fig. 146 er Styrkens Variation med Temperaturen vist for et andet af *Rudeloff* undersøgt Stykke Rundkobber med $S^t = 2910$ at, $FG = 2690$ at, $\delta_{90} = 14,9\%$, $\varphi = 54,6\%$ og $E^t = 1200000$ at.

Ved Dimensionering regner man undertiden Styrken af udglødet Kobber konstant indtil 120°, og iøvrigt $S^t = 2200 \div 5 \cdot (C - 120)$, hvor C er Temperaturen i C°.

Flydegrænsen for det haarde Kobber forholder sig ganske som dettes Brudgrænse, mens det

608. Prøvning. Kobberplader bør underkastes Trækprøver samt kolde og varme Bøjelighedsprøver. En udglødet Strimmel bør kunne bøjes 180° omkring en Dorn med Diameter lig Plade-tykkelsen og atter rettes uden at revne.

For valsede Plader i Leveringstilstanden findes gerne: $FG = 5-600$ at, $St = 22-2300$ at, $d = 35-40$ %, $\varphi = 45-50$ %, men ved vedvarende kraftig Hamring kan Styrken blive indtil 1,5 Gange saa stor, og Brudforlængelsen reduceres til $\frac{1}{5}$ af den oprindelige Værdi, samtidig med at Flydegrænsen hæves nær op mod Brudgrænsen.

Naar Tykkelsen er under 5 mm, plejer man ikke at foreskrive Trækprøver; Kvaliteten kan i Stedet bedømmes ved Bøjelighedsprøver, som de bruges overfor Traad (§ 429). Bøjeligheden er størst hos Strimler, der danner 30° med Valsereetningen og mindst hos Strimler, der danner 90° med denne (Mitt. ü. F. Heft. 211, Müller).

3. Kobberrør.

609. Loddede Rør bruges mest og fremstilles ved at bøje en Pladestrimmel omkring en Rundjærnsstang, lægge Randene over hinanden og lodde dem sammen med Messing, hvorefter Røret underkastes en Trækning for at glatte. Længden kan være indtil 6 m, Lysvidden 3-350 mm og Vægtykkelsen 0,75-8 mm. Skønt der ofte er Blærer i Lodningen, plejer Loddestedet at være det stærkeste, naar man skærer Prøver ud paa tværs af Røret og trækker dem over ved alm. Temperatur; for meget tykvæggede Rør (f. Eks. 8 mm) gælder dette dog ikke altid. Men Materialet langs Loddestedet er ofte skørt som Følge af Overhedning, og til Ledninger for højspændt eller stærkt overhedet Damp bruges derfor sømløse Rør.

Sømløse Rør fremstilles hyppigst af Plader, der presses op til korte Rør, som fuldendes ved Trækning. Dimensioner findes i § 467. Rørene kan ogsaa udvalses af en Stang efter Mannesmanns Metode; saadanne Rør faas med 3-350 mm Lysning, 1-8 mm Vægtykkelse, og ca. 5 m lange. De er ikke fuldt saa stærke og glatte indvendig som heltrukne, engelske Rør. Endvidere kan man støbe korte, tykke Rør, der trækkes lange og tynde, men da der kommer Blærer ved Støbningen, bliver Rørene let utætte. Man kan ogsaa direkte udfælde Kobber i Rørform, naar man ved særlige Forholdsregler ophæver den krystallinske Struktur, som Kobber faar ved Udfældning; *Elmore* lader Røret rotere om dets Akse i Badet, mens en Agatsten glider frem og tilbage i Aksens Retning og jævner Kobberet, efterhaanden som det udfældes; Metoden bruges meget baade i England og Tyskland, men Rørene (indtil 2500 mm vide og indtil 6 m lange) er for bløde til at udsættes for højspændt Damp. *Cowper-Coles* har opnaaet en lignende Virkning alene ved at give Røret en særlig Rotationshastighed, men denne Fremgangsmaade er ikke slaaet igennem (se *Elektrotekniker* 1909, S. 131; 1916, S. 173).

610. Anvendelse. Kobberrør gaar i Handelen i haardtrukket Tilstand, med mindre de forlanges udglødede. De bruges til Ledning af Vædske, der angriber Jærn (f. Eks. i Bryggerier og kemiske Fabrikker) og til saadanne Dele af Dampledninger, der skal være stærkt krumme og kunne fjere, derimod kun undtagelsesvis til lige Dampledninger (undertiden i Skibe for at spare Vægt).

Ekspansionsbøjninger af Kobber bruges ikke alene til Kobberledninger, men ogsaa til Jærnedledninger.

Til Dampledninger bør Kobberrør ikke bruges, naar Dampens Temperatur er over 250°, thi Trækstyrken ved 350° er knapt $\frac{1}{5}$ af den sædvanlige, hvis Paavirkningen er vedvarende. Se ogsaa § 392. Den tilladte Spænding sættes gerne til 200 at; naar et Rørbrud ikke kan forvolde større Skade, gaas undertiden op til 300 at. For loddede Rør kan man kun regne med 150 at, og de bør som nævnt ikke udsættes for højspændt Damp. De tyske Byggeforskrifter for Dampkedler sætter $st = \frac{1}{10} St$, hvor St bestemmes under Hensyn til Temperaturen efter Ligningen i § 600.

Efter den tyske Krigsmarines Forskrifter skal Vægtykkelsen a ved Diameter D og Damptryk p bestemmes af:

$$a = \frac{pD}{400} + 0,15 \text{ for } 100 \text{ mm Rør og derunder,} \quad a = \frac{pD}{400} \text{ for } 125 \text{ mm Rør og derover,}$$

og Rørene skal saavidt muligt være trukne. Rør med 125 mm Lysvidde og derover skal, naar de bruges til Damp af 8 at Tryk, omvikles saaledes med forzinkede Staaltraadstove, at Tovvingerne berører hverandre, og at et Brud i een af Vindingerne ikke medfører, at Nabovindingerne bliver løse. Beviklingen skal stryges godt med Linoliefernis. For Tovets Tykkelse gælder følgende Maal:

Rørets Lysvidde i mm	125-150	155-200	205-250	255-300	305-350	355-400
Tovets Omfang i cm	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0

Til Samling af Kobberrør bruges enten Rør-Muffekoblinger (§ 466) eller Flanger. Flangerne kan være af Bronze, Rødgods eller Messing og er da loddede paa eller valsede fast ved Hjælp af Rørudvider (se *Ing.* 1897, S. 322), men man kan ogsaa ombertle Rørenderne og klemme dem sammen mellem Flanger af Støbejærn.

Til *Københavns Kommunes* Dampopvarmningsanlæg forlanges Rør uden Længdesøm, og de skal samles med Metalunions loddede med Slaglod til Rørene, eller med paaloddede Rødgodsflanger med neddrejet Styrelist, eller med Støbejærnsflanger, om hvilke Rørene bertles. Med Hensyn til Rørenes og Flangeres Dimensioner henvises til Tabellen i § 467.

Statsbanerne bruger trukne, uloddede Kobberrør til Rørledninger i Førerhuset.

611. Prøvning. Efter den tyske Krigsmarines Forskrifter skal Rørene i kold Tilstand og fyldt med Harpiks uden at revne kunne bøjes 180° om en Dorn, hvis Diameter er lig med eller $\frac{1}{2}$ Gange saa stor som Rørets ydre Diameter, eftersom denne er ≤ 40 mm eller > 40 mm.

En mere almindelig Fordring er, at Rørene i saavel varm (fyldte med Sand) som kold (fyldte med Harpiks) Tilstand skal kunne taale Bøjning om en Dorn, hvis Diameter er 3 Gange Rørets. Endvidere skal de kunne slaas fladt sammen uden at revne. Det danske Orlogsværft forlanger hvert Rør prøvet med et saa stort indre Vandtryk, at Trækspændingen bliver ca. 150 at, og for hver Ton af Leveringen udtages et Trækprøvelegeme paa langs eller paa tværs, eftersom Lysvidden ≥ 100 mm eller > 100 mm; Prøvelegemet rettes varmt og udglødes i Kirsebærrødgødhede, Tværsnittet skal være ca. 314 mm², og der kræves $FG = 450$, $St = 2100$ at, $d_{200} \geq 25$ %; Rør til højspændt Luft leveres haardtrukne og skal efter Udglødning have $FG = 870-950$, $St = 2050-2370$ at, $d_{50} \geq 25$ %.

4. Blokke og Stænger.

612. Kobberblokke. Til Udvalsning bruges i Danmark mest elektrolytisk rensat Kobber fra Amerika; det købes som Blokke à ca. 70 kg, dels lange *wire-bars* til Stænger og Traad, dels flade *cakes* til Plader. Til Legeringer bruges her i Landet mest ovenraffineret Røraaskobber (f. Eks. til vore Mønter); det legerer sig lettere end Elektrolytkobber; Blokkene (*ingots*) kan f. Eks. veje ca. 25 kg (ca. 45 · 8 · 8 cm).

613. Kobberstænger fremstilles af smaa Blokke ved Valsning, og man skelner mellem Kvadrat- og Rundkobber. De bør underkastes Trækprøver, Bøjelighedsprøver i kold og varm Tilstand samt Stukkeprøver. Af Rundkobber til Stagbolte i Lokomotiver plejer man at forlange: $St = 2200$ at, $d = 38$ %, $\varphi = 45$ %, samt at 18 cm lange skrueskaarne Stykker skal kunne sammenbøjes, saa at Enderne berører hinanden, uden at revne.

Ved kold Valsning eller Overhamring kan Styrken stige til 3200 at og Brudforlængelsen aftage til 12 %. Det danske Orlogsværft forlanger $FG = 2000$, $St = 2500$, $d_{11,3} = 10$ %.

IV. Aluminium.

A. Egenskaber.

614. Fysiske Egenskaber. Aluminiums Farve er skinnende tinhvid, men faar et blaaligt Skær under Luftens Indvirkning. Dets Betydning for Tekniken skyldes navnlig dets **ringe Vægt**, gennemsnitlig 2650 kg/m³). Metallet er **smidigt** og lader sig i kold Tilstand valse, trække og presse, og det bruges næsten kun i denne koldstrakte Tilstand. **Haardheden**, der svarer til Zinks (§ 254 og 621), stiger ved saadan Behandling, men en Opvarmning ned-sætter den atter. Trods den ringe Haardhed er det meget tungt at arbejde i (§ 258). Urenheder formindsker Sejgheden, og Aluminiumet bør derfor være saa rent som muligt.

Da **Styrken** kun er ringe, navnlig overfor skiftende Paavirkninger, bruges rent **Aluminium** lidet til bærende Dele.

	FGt at	St at	$d_{11,3}$ %	φ %
Støbt	300-450	600-1200	3-25	10
Koldt valset Blik (1,6 mm)	1800	1880	6	39
do. udglødet	550	900	35	66

$Et = 675-750000$ at. Se iøvrigt § 623. Med voksende Temperatur aftager St hurtigt (ved 100° er den $\frac{3}{4}$, ved 300° $\frac{1}{4}$ af Styrken ved 20°), samtidig med at d og φ vokser.

Strukturen er des finere, jo stærkere Aluminiumet er bearbejdet. Støbt Aluminium har en grovfibret Brudflade, mens den hos valset Aluminium er finfibret eller finkornet med Silkeglans. **Varmeudvidelseskoefficienten** findes i § 306.

615. Udvinning og Pris. Aluminium er det Metal, der forekommer i størst Mængde paa Jorden, dog aldrig gedigent, men navnlig som Aluminiumilte, der sammen med Kiselsyre udgør en Bestanddel af mange Stenarter²⁾. Paa

¹⁾ 2560 for støbt, 2680 for valset, 2700 for trukket Aluminium.

²⁾ Den faste Jordskorpe indeholder ca. 7,81 % Al og kun 5,46 % Fe.

Grund af Jordens Aluminiumsrigdom er Prisen hovedsagelig afhængig af Omkostningerne ved Udvindingen, og den er derfor sunket overordentlig, efterhaanden som man har fundet billigere Udvindingsmetoder.

Udvindingen sker nu ved at lade en stærk elektrisk Strøm gaa over fra en kulforet Digel til en Kulpol, der dypper ned i den, mens Diglen er fyldt med Lerjord (Aluminiumilte) og Kryolit (Natriumaluminiumfluorid). Strømmen smelter Indholdet, og Lerjorden adskilles i Al og Ilt, af hvilke det første udtappes fra Diglens Bund, mens det sidste forener sig med Kulpolen til Kulilte, der brænder over Diglen.

I 1855 kostede 1 kg Al ca. 720 Kr., i 1856 ca. 270 Kr., i 1892 ca. 15 Kr. og i 1908 ca. 1,80 Kr. (§ 572).

616. Forhold i Varme. Aluminium ilter sig saa lidt i høje Temperaturer, at det bruges til Overtræk paa ildpaavirket Jærn (§ 570), men Iltehinden vanskeliggør Lodning (§ 617) og Svejsning¹⁾. Heller ikke i smeltet Tilstand ilter det sig i væsentlig Grad, men det egner sig dog ikke til Støbning, da det er tykflydende, sugende og let bliver blæret; skal det støbes, maa det legeres med andre Metaller (§ 619). I endnu højere Temperaturer virker det stærkt reducerende paa Iltforbindelser, og det bruges derfor ofte som Tilsætning til Støbejern, Staal og Kobber, idet Luftudviklingen ved Støbningen formindskes, og Legeringerne renses.

Opvarmes en Blanding af pulveriseret Aluminium og et pulveriseret Metalilte til en meget høj Temperatur, vil Aluminiets forene sig med Iltet, altsaa brænde til Lerjord (Al_2O_3), og naar først Forbrændingen er indledet, vil denne bevirke en saa stærk Varmedudvikling, at Temperaturen stiger til ca. 3000°. Nederst i Diglen lægger det smeltede Metal sig, øverst Lerjord. Paa denne Maade kan man billigt fremstille meget rene Metaller. Opfindelsen skyldes Dr. *Goldschmidt* i Essen, der kalder den pulveriserede Blanding **Thermit**. Den bruges ikke alene som ovenfor nævnt, men ogsaa til Svejsninger, Smeltninger o. s. v., kort sagt overalt hvor man har Brug for den høje Temperatur. Thermiten bestaar da af Aluminium og Hammerskæl, og det rene, hede Jærn lader man flyde ned over den Genstand, der skal opvarmes; hvis Jærnet ikke maa blive siddende, kan man slaa det af efter Størkningen. Metoden bruges f. Eks. til Samling af Sporvejskinner.

Trækstyrken paa Svejestedet er kun Halvdelen af den normale og Brudforlængelsen ganske lille. Naar Gitterstænger i Jærnkonstruktioner er blevne slappe, kan de strammes ved at stukkes paa Midten, der opvarmes med Thermit. Stukningen frembringes ved Hjælp af Spændeskruer, der spændes saa meget, at Spændingsmaalere (*Manet-Rabut*) anbragte paa bægge Sider af Stukkestedet viser den ønskede Spænding (*K. M. A. 1909, S. 390*). Se ogsaa § 117.

Smeltepunktet ligger ved 658° (næppe synlig Glødhede). **Udglødning** ved 3–400° fjerner Virkningen af Koldstrækning.

617. Kemiske Egenskaber. I Luften overtrækkes Aluminium med en tynd Iltehinde²⁾, der giver det et blaaligt Skær. Iøvrigt staaer det sig godt i Luft, rent Vand, Kogsaltopløsninger og Svovlbrinte, og det paavirkes næsten ikke af Salpetersyre og fortyndet Svovlsyre, derimod angribes det af Klor (Søluft), opløses let af Saltsyre og Alkaliopløsninger³⁾ og ødelægges hurtigt i Havvand. Da det er stærkt elektropositivt (§ 502), taaler det ikke Berøring med andre Metaller og egner sig derfor ikke til **Lodning**.

Hvis Aluminiumtraad i fri Luft samles ved Lodning eller ved Klemmer af et andet Metal, maa Forbindelsesstedet isoleres mod Fugtighed. Ogsaa selve Lodningen volder stor Vanskelighed, da Metallet ved Loddetemperaturen dækker sig med en tynd Iltehinde. Prof. *Thaulow* har i *Ing.* 1913, S. 189 angivet et Loddemiddel, og der findes forskellige patenterede (*T. F. T. 1915, S. 50*); deres elektrokemiske Forhold kan undersøges ved at lægge Loddet i Vand; der maa da ikke fremkomme Luftblærer i de første 48 Timer.

Koldstrækning indvirker stærkt paa Metallets Modstandsevne. Udglødet (ved 400°) Aluminium angribes meget svagt af destilleret Vand (Aluminiumsledninger for saadant er brugt paa Bispebjerg Hospital) og endnu svagere af Ledningsvand. Angrebet er jævnt fordelt og bestaar i Dannelse af hvidt Aluminiumhydroxyd. Tyndt koldtvalset Aluminiumblik, som det bruges til

¹⁾ Det svejses som Regel autogent (*T. F. T. 1915, S. 50*).

²⁾ Denne kan afvaskes med fortyndet Flussyre (0,2%) eller meget fortyndet Saltsyre.

³⁾ Kogekar af Aluminium maa derfor ikke vaskes med Soda eller Sæbe.

Kogekar, kan derimod ødelægges stærkt af Ledningsvand, idet Angrebet er uensartet og stærkest paa de mest koldstrakte Dele, hvorved Omdannelsesprodukterne kan virke sprængende, saa at Blikket spalter i Kanten, eller Overfladen buler sig op (*K. M. A. 1911, S. 1*). Opløseligheden i fortyndet Svovlsyre er derimod større for udglødet end for koldstrakt Aluminium (altsaa modsat Jærn).

Al kan forkobbres ad galvanisk Vej. Om Alkohols Indvirkning se § 618.

618. Anvendelse. Aluminium bruges som Tilsætning til Støbejern og Staal samt til visse Dele af Automobiler¹⁾ og Luftske²⁾, til Elektricitetsledninger, Mønter, Husgeraad, Udforing af Bryggerkar³⁾ og Indpakkingsfolie⁴⁾. Det meste Aluminium anvendes dog ikke rent, men legeret med andre Metaller.

B. Aluminiumlegeringer.

619. Rent Aluminium har trods dets ringe Vægt et ret begrænset Anvendelsesomraade paa Grund af dets ringe Støbelighed og Bearbejdighed og slette Styrkeegenskaber. For at bøde paa disse Mangler legerer man det med Kobber, Zink og Magnium.

Af dette sidste Metal bør der ogsaa til de andre Legeringer sættes $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ %, thi det renses for ilter og gør Legeringen mere flydende.

620. Kobber-Aluminium-Legeringer. Aluminiums Styrke forøges stærkt ved Tilsætning af noget Kobber, uden at Vægtfylden forøges synderligt; saadanne Legeringer bruges i Amerika til støbte Dele af Flyvemotorer⁵⁾. Til valsedede og trukne Dele bruges **Duralumin**, der til en vis Grad forener Aluminiums Lethed og kemiske Modstandsevne med det bløde Staals Styrkeegenskaber.

Legeringen er opfundet af en tysk Ingeniør, *Alfred Wilm*, og fremstilles i Tyskland af *Dürene Metalwerke*, i England af *Vickers Sons & Maxim*. Den indeholder 3,3–5,5% Cu, 0,2–1,0% Mn, 0,3 Fe og 0,5–3,0% Mg; Vægtfylden er 2,75–2,84. Smeltepunktet ligger ved ca. 650°; den elektriske Ledningsmodstand er større end Aluminiums. Styrken synker jævnt med stigende Temperatur, og Legeringen egner sig derfor ikke til Brug i højere Temperaturer end 150°. Det modstaar Svovl og Salpeterdampe bedre end andre Aluminiumlegeringer. Prisen er 50% højere end Aluminiums.

Legeringens naturlige Haardhed, der skyldes Kobberet og Manganet, er 2,75 Gange Aluminiums og kan forøges ved en Hærdningsproces svarende til Staalets, men som frembyder den Ejendommelighed, at Brudforlængelsen ikke aftager, og at Virkningen (Haardhedens og Styrkens Vækst) ikke indtræder straks, men først i Løbet af et Døgn; muligvis skyldes dette Egenspendinger, der opstaar ved Hærdningen og senere udligner sig. Hærdeligheden skyldes Magniet.

Der forhandles 5 forskellige Legeringer; for den blødeste og haardeste fandtes:

	Stat	FGtat	δ %	φ %	H kg/mm ²
Blød Plade, 7 mm tyk	3600	1900	25,0	34	98
Koldtvalset Plade, 2 mm tyk	4750		4,0	12	139
Blød Plade, 7 mm tyk	4590	2590	17,5	21	125
Koldtvalset Plade, 2 mm tyk	6210	5410	3,0	11	174

H er Brinells Haardhedstal bestemt med en Kugle af Diameter $d = 0,25$ cm og for et Tryk $P = 1000 d^2$; for blødt Patronmæssig er $H = ca. 60$.

I støbt Tilstand frembyder Materialet ingen Fordele, det bruges i Form af Stænger, Plader, Traad og smedede Stykker f. Eks. til Patronhylstre, Luftske (Zeppelinernes Skrog), pressede Klokker til elektriske Ringeapparater (det har i Modsætning til Aluminium en smuk Klang) m. m.

Om Aluminium legeret med store Kobbermængder se § 693.

¹⁾ F. Eks. til Vognfaddingerne, der i amerikanske Fabriker samles af indtil 2 m² store og 3 mm tykke Plader.

²⁾ F. Eks. til Motorernes Krumpaphuse.

³⁾ Mens Aluminiumkar nok kan bruges til Fremstilling af alkoholiske Vædsker, egner de sig ikke til Opbevaring af saadanne, da Metallet angribes og giver Vædskan en ubehagelig Smag. Opbevaring af Mælk medfører ingen Ulemper.

⁴⁾ Endvidere til danske, fint justerede, pladeformede Vægtlodder paa 5,2 og 1 Milligram (for Apotekere, Guldsmede m. m.) og til justerede Maalekar.

⁵⁾ De indeholder 7–8% Cu og noget Magnium og kan opnaa $S_t = 19$ –2200 at i støbt Tilstand.

VI. Tin.

628. Fysiske Egenskaber. Tinnets Farve er hvid med Sølvglans. Metallet er blødere end Zink, Aluminium og Kobber (§ 249 og 254) men en Del haardere end Bly. Det er smidigt (navnlig ved en Temperatur af 100°) og kan hamres og udvalses til ganske tynde Plader (Tinfole eller Stanniol).

Strukturen hos støbt Tin er krystallinsk, og en Tinstang knager ved Bøjning, idet de enkelte Krystallflader glider paa hinanden; men Krystallerne ses ikke paa en Brudflade, denne er uregelmæssig. Ved Valsning ophæves den krystallinske Struktur, i alt Fald i Overfladen, og Materialet bliver sejgt, men det synes, som om Krystallerne atter danner sig ved Henliggen, saaledes at Materialet igen bliver skørt (*T. F. T.* 1910, S. 210). Se ogsaa § 290.

Styrken er ringe; for støbt Tin er $St = 200 - 400$ at (§ 35) og $Et = 400000$ at. Om **Haardheden** se § 669. **Varmeudvidelsen** er 1,93 mm/100 m pr. Grad. **Udvidningen** sker af Tinsten (Tintveilt, SnO_2), der med Kul reduceres til Tin. **Prisen** er høj (§ 572).

Tinnet forekommer i to **allotrope Former** en hvid og en graa. Det hvide Tin er kun stabilt i høje, det graa i lave Temperaturer, Grænsen ligger ved +18°. Under +18° er det hvide Tin metastabilt, men det er meget trægt til at forandre sig, naar det ikke hjælpes kunstigt paa Gled (§ 288,1) eller Temperaturen er meget lav. Det graa Tin fylder mere end det hvide, og ved Omdannelsen falder Metallet hen til et Pulver. Dette er gentagne Gange sket i meget kolde Lande med Genstande af rent, støbt Tin, f. Eks. Blokke, Plader, Orgelpiber og Knapper. Fænomenet benævnes **Tinpest**. En Omdannelse af graat Tin til hvidt er kun mulig i Temperaturer over 18° og omvendt. Se ogsaa *T. F. T.* 1909, S. 17. Ved en Temperatur af 161° skifter det hvide Tin Krystalform; paa Grund af de stedfindende Volumenændringer høres det som en svag Dikken.

Vægtfylden af det hvide Tin er 7,2 i støbt og 7,3—7,5 i valset Tilstand, af det graa Tin kun 5,76.

629. Forhold i Varme. Tin smelter ved en lavere Temperatur end noget andet af de alm. Metaller, men er tyktflydende og uegnet til Støbebrug, medmindre det legeres (navnlig med Bly).

Smeltepunktet ligger ved 232°. I Nærheden af Smeltepunktet er Tinnet meget skørt og kan ved Hamring sonderdeles i de i Handelen gaende Tinkorn.

630. Kemiske Egenskaber. Tin er meget modstandsdygtigt baade i Luft og Vand og opløses ikke af svage Syrer; derfor fortinner man Jærn, Kobber og Bly (§ 580).

Tinnets Opløselighed vokser ved Koldstrækning (§ 284). Godt Tin bevarer sin blanke Overflade i Luften i Modsætning til Tin med mange Urenheder (Arsen, Bly, Jærn, Kobber, Vismut, Nikkel, Zink). Tin, der udstøbes paa en glat Sten, skal efter Afkøling vise sig spejlblankt, ikke mat, paa den Side, der berørte Stenen.

Smeltepropper af Tin i Kedler maa være af et meget rent Materiale, selv et ganske ringe Zinkindhold kan befordre Dannelsen af Iiter og sammen med disse danne et Skelet i Tinnet, der bliver siddende, naar det rene Tin smelter og saaledes forhindrer Proppens Virkning (*T. F. T.* 1915, S. 180).

631. Anvendelse. Rent Tin bruges undertiden til Stanniol og til Fortinning (§ 568), ellers bruges som Regel legeret Tin.

632. Bly-Tin-Legeringer. Tin bruges kun sjældent i ren Tilstand, men derimod legeret med større eller mindre Mængder Bly, hvorved faas et billigere, haardere og lettere smelteligt Materiale. Saadanne Tinblylegeringer bruges til Støbning af Husgeraad og Orgelpiber, til **Lodde-metal**, det meste Stanniol og tarveligere Hvidblik. Til Genstande, der kommer i Berøring med Madvarer, maa Blytilsætningen ikke være for stor af Hensyn til Blysaltenes Giftighed.

I Tinlegetøj kan der være indtil 50% Pb, mens der i Køkkentøj højst maa være 10% (paabudt i Tyskland). Til danske, justerede Maalekar maa Loddemetallet højst indeholde 10% Bly. Til andre Anvendelser kan Loddemetallet indeholde indtil 65% Pb.

Fig. 243 viser Legeringernes Tilstandsdiagram (efter *Hanemann*) i Analogi med Fig. 108. Den eutektiske Legering **Snel** indeholder 36% Pb og størkner ved 181°; den er haardere og stærkere ($St = 700$ at) end de øvrige Legeringer. Alle Legeringernes Brudforlængelse er langt ringere end de rene Metaller. Om tinfattige Legeringer se § 576.

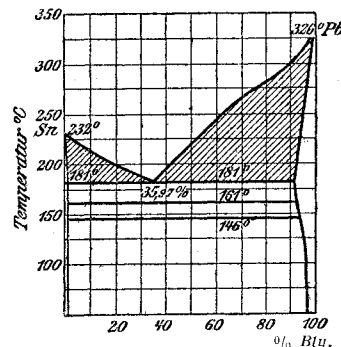


Fig. 243.

633. Antimon-Tin-Legeringer. **Britanniametal** er en blaalighvid Legering af Tin og Antimon; det er haardere end Tinnet og dets Blylegeringer, mere sølvagtigt og kan blive blankere. Det egner sig godt til støbte Ornamente, da det giver skarpe Afstøbninger. Det er smidigt og udvalses let til Blik, der f. Eks. bruges til Tromlen i Gasmaalere med Vand og til Køkkensager og Gaffer i Stedet for de sundhedsfarlige Tinblylegeringer. Vf. er 7,32—7,36. Det indeholder 70—94% Tin og 4—15% Antimon samt undertiden indtil 5% Kobber, indtil 5% Zink og indtil 9% Bly. Køkkensager bør være blyfri. Til Tinknapper bruger det danske Orlogsværft 90 Sn + 4 Sb + 4 Cu + 2 Pb.

Antimontinnets Tilstandsdiagram ses paa Fig. 251 i § 706, hvor Legeringens Anvendelse til Lejemetal er omtalt. Fig. 248 viser et Mikrofotografi.

634. Handelsformer. Tinnet og dets Blylegeringer gaar i Handelen som Tinfole, Rør, Blokke, Stænger og Korn (§ 629).

Tinfole (Stanniol, »Sølvpapir«) sælges i Ruller paa 5—6 kg. Tykkelsen er 0,2—0,008 mm. Der udvalses flere Lag paa een Gang, idet de enkelte Lag er adskilte ved Petroleumshinder. Det bruges f. Eks. til Beskyttelse af Træ mod Straalevarmen fra Varmeapparater.

Tinrør bruges undertiden til Vandledninger, samt til Gasledninger paa fareløse Steder, naar Diameteren er lille. Lysningen er 4—50 mm, Godstykkelsen 1,5—3 mm. Den tilladelige Spænding sættes gerne til $st = 60$ at.

Tinblokke bruges til Støbning, til Fortinning af Jærn og Kobber og til Legeringer, hvortil det meste Tin anvendes. Blokkenes Vægt er indtil 60 kg, og Tinnet benævnes efter Hjemstedet: Bangka-, Bilitong-, Malakka-, australsk og engelsk Tin. Paa Malakkahalvøen driver det østasiatiske Industri- og Plantagekompagni en Tinmine, Pong Minen. Bangkatin er det bedste og rene (99,6—99,9% Sn og bruges til Kunstsager (f. Eks. af Kayser, Berlin). Engelsk Tin (Lammetin) indeholder gerne 99,3—99,5% Sn. Bøhmisk, sachsisk og peruansk Tin er urene Sorter.

Tintraad kan presses ligesom Blytraad, men ikke trækkes, da Styrken er for ringe.

VII. Nikkel.

635. Nikkel vindes af Svovl- og Arsenforbindelser gennem temmelig vidtløftige Processer som Nikkelforilte (NiO), der æltes sammen med Sirup og skæres ud i smaa Tærninger med 1—3 cm Sidelinie, der ved Glødning reduceres til Nikkel og bringes i Handelen i denne Form. Prisen er omtalt i § 572.

Nikkels Farve er sølvhvid med et gulligt Skær; det kan poleres meget blankt og staar sig godt mod Luften, Vand, fortyndede Syrer og Alkalieopløsninger. Haardhed (§ 249) og Styrke er omtrent som Jærns, og det er ligesom dette svejseligt og kan ogsaa svejses til Jærn og Staal (Plettering). Det er meget strækkeligt og kan vales, smedes og trækkes til Traad. Vf. 8,8. Ved Temperaturer under 320° er Nikkel magnetisk.

Det smelter ved 1451° og er i smeltet Tilstand tyktflydende. For støbt Nikkel er $PGt = 360$ at, $FGt = 910$ at, $St = 3050$ at, $\rho = 17 \frac{1}{10}$, $Et = 1687000$ at, for valset er $St = 5000$ at.

Det bruges til Madgryder, Husgeraad (Køkkentøj af Nikkel staar sig betydeligt bedre end Køkkentøj af Aluminium baade i kemisk og mekanisk Henseende) og Monter (Schweiz, Østrig) samt til Fornikling af Jærn, Zink, Kobber, Messing (§ 654) og Bronze, dels for at beskytte disse Metaller mod Iltning, dels for at forskønne dem og dels for at give de blødere af dem en haardere Overflade (§ 570). Nikkeltraad bruges til Bevikling af elektriske Ovne (*Ing.* 1912, S. 245).

Det meste Nikkel bruges dog til Legeringer, navnlig som Tilsetning til Kobber (§ 696), Messing (§ 656) og Staal (§ 182). Det har en stor Evne til at farve en Legering lys (§ 696). **Platin-bronze** til Kikkerter bestaar af 72 Ni, 14 Pl, 14 Sn.

VIII. Kobberlegeringer.

A. Oversigt over Legeringernes Egenskaber.

636. Ved at sammensmelte to eller flere Metaller faar man en Legering (§ 225), hvis Egenskaber ofte afviger betydeligt fra Modermetallernes. F. Eks. egner hverken Tin eller Kobber sig til Støbning, mens en Legering af dem (Bronze) er et fortrinligt Støbemateriale. Støbelighed er i det Hete taget en fremtrædende Egenskab hos de fleste Legeringer og en vigtig Aarsag til deres Anvendelse, thi af de billigere Metaller (Jærn, Bly, Zink og Kobber) er kun Bly og Zink letstøbelige, og de er i mange Tilfælde for bløde og svage; Jærn er vanskeligere at støbe og svært at bearbejde og har tillige den Fejl at ruste. Legeringer, der forener Letstøbelighed med smuk Farve, kemisk Modstandsdygtighed, Haardhed og Styrke, udfylder derfor et Hul i Metallerens Række.

Naar nogle særlige Lejelegeringer og de til Luftfartøjer benyttede Aluminiumlegeringer undtages, indeholder de i Ingeniørteknikken anvendte Legeringer alle Kobber som Hovedbestanddel, thi Bly og Zink alene kan ikke præstere den fornødne Styrke, og Jærn egner sig ikke til at legeres med dem.

Med Hensyn til **Legeringernes Benævnelse** er Sprogbrugen vakkende. Her i Bogen er det Princip saavidt muligt gennemført, at Hovedbestanddelen nævnes sidst og det Stof, der er mindst af, først. Antimonbly indeholder saaledes mere Bly end Antimon, Nikkelstaa mere Staal end Nikkel, Krom-Nikkelstaa mere Nikkel end Krom; i Magnium-Aluminium- og Aluminium-Magnium-Legeringerne er Hovedbestanddelen henholdsvis Aluminium og Magnium. Hvad specielt Kobberlegeringerne angaar, da falder de i to store Grupper, Messing (Zink-Kobber) og Bronze (Tin-Kobber, Aluminium-Kobber, Mangan-Kobber, Nikkel-Kobber). Hvis man til Messing føjer en 3. Bestanddel, er det almindelig Sprogbrug at benævne Legeringen efter denne (Nikkel-Messing, Aluminium-Messing), hvorved man forbliver i Overensstemmelse med ovennævnte Princip. Da Bronze efter moderne Sprogbrug (se § 665) omfatter en hel Række Kobberlegeringer, benævner man Bronzernerne efter det Metal, de indeholder foruden Kobber, f. Eks. Tin-Bronze, Aluminium-Bronze; i disse S sammensætninger er Ordet Bronze altsaa ensbetydende med Kobber, men iøvrigt gennemføres Principet; Mangan-Tin-Bronze indeholder saaledes mindst Mangan og mest Kobber.

Fremstillingen sker gerne i smaa Digler, rummende indtil 50 kg.

Mikrostruktur. *Henry le Chatelier* har vist, hvorledes man, ved at udstøbe to Metaller paa hinanden, i Berøringsfladen faar dannet en Række Legeringer, hvis S sammensætning varierer jævnt, naar man gaar fra det ene Metal gennem Berøringsfladen til det andet. Ved en mikroskopisk Undersøgelse af et Snit vinkelret paa Berøringsfladen vil man derfor faa et Overblik over Mikrostrukturen af samtlige de Legeringer, som de to Metaller er i Stand til at danne (*I. M.* 1912, II, 12).

637. Smeltepunktet ligger gerne lavere end det Tal, man regner sig til af Blandingsforholdet og Enkeltmetallernes Smeltepunkt og endog lavere end det laveste af disses. Legeringerne smelter ikke pludseligt, saaledes som de rene Metaller; nogle af Bestanddelene smelter før de andre, saaledes at Massen bliver grødagtig, inden den bliver flydende. Ved Smeltepunktet forstaar man det øvre Smeltepunkt, ved hvilket Smeltningen er fuldstændig (§ 225).

638. Støbelighed er som nævnt en af Legeringernes vigtigste Egenskaber. At Støbeligheden er god vil sige, at man uden at træffe særlige Foranstaltninger kan smelte og udstøbe Legeringen til blærefrit og homogent Gods.

Homogeniteten bliver størst, naar Legeringens Blandingsforhold svarer til den eutektiskes (§ 225); er Forholdet stærkt afvigende, har Legeringen ofte Tilbøjelighed til Seigring α : til ved Størkningen at udskille det Stof, der er i Overskud, og lagdele sig. Saadanne Udskillelser hæmmes ved hurtig Afkøling, og da en saadan tillige hindrer, at Krystallerne i homogent Gods vokser sig store, hvorved Styrken forringes, bør Størkningen altid fremskyndes det mest mulige. Blandt andet af denne Grund er et lavt Smeltepunkt et Gode; ogsaa Blæredannelsen forringes med Støbetemperaturen.

De fleste Metaller **ilter** sig i smeltet Tilstand, og ved Størkningen kan de dannede Oxyder udskille sig i Metallet og gøre det skørt, eller Ilten kan udskille sig og gøre det blæret. Dette er Grunden til, at de rene Metaller sædvanligvis ikke egner sig til Udstøbning. For at gøre dem støbelige maa man rense dem for Ilt ved at tilsætte et Stof, hvis Affinitet til Ilt er større end Metallets, og hvis Iltforbindelse ikke opløses, men stiger tilvejs og danner

Slagge. Kobber bliver saaledes støbeligt ved Tilsætning af blot 1% Zink eller Tin.

De hyppigst brugte Legeringsemner er nedenfor opstillede i en saadan Orden, at et forudgaaende Stof kan bruges som Rensningsmiddel for et efterfølgende:

Magnium, Aluminium, Silicium, Fosfor, Mangan, Jærn, Nikkel, Zink, Tin, Kobber, Bly, Sølv, Guld.

Legeringer til hydraulisk Brug kan ikke aflies med Aluminium, da det dannede Al_2O_3 er tungt smelteligt og i Stedet for at stige op i Slaggen samler sig i Metallet som tynde Hinder, langs hvilke Vandet siver, naar Trykket overstiger 16—20 at.

639. Haardheden kan være mange Gange større end det haardeste af Raastoffernes. Hvis man til et rent Metal sætter selv en ubetydelig Mængde af et Stof, der danner Blandingskrystaller (§ 225) med Metallet, stiger Haardheden overordentlig stærkt, ligesom naar man sætter Kul til Jærn. Med Haardheden vokser Slidfastheden, Klangfuldheden og Evnen til at modtage en varig Politur. En Tintilsætning forøger Kobberets Haardhed i langt højere Grad end en Zinktilsætning.

640. Styrke og Seighed. Naar et stærkere Metal legeres med et svagere, vokser det førstes Styrke med Tilsætningens Størrelse til et Maksimum, hvorefter Styrken atter aftager. Kobberets Styrke forøges ved en Zinktilsætning, i højere Grad ved en Tintilsætning og i endnu højere Grad ved en Aluminiumtilsætning. Legeringer, der svinder stærkt efter Størkningen, kan have store Egenspændinger (§ 285), saaledes at Støbegodsets tilsyneladende Styrke ikke staar paa Højde med den Styrke, som en Prøvestang viser.

Sammen med Brudgrænsen hæves Flydegrænsen, men hurtigere, og naar Brudgrænsen har naaet sit Maksimum, vedbliver Flydegrænsen at stige, saa at de to Grænser tilsidst falder sammen.

Brudforlængelsen forholder sig som Hovedregel omvendt af Styrken, dog har mange kobberige Legeringer en større Brudforlængelse end ulegeret Kobber, fordi dettes Kobberforilte reduceres af det andet Metal.

641. Den kemiske Modstandsdygtighed overfor Salpetersyre og Havvand er som Regel større hos Kobberlegeringerne end hos det ulegerede Kobber, mens dette staar sig bedre i Ild¹⁾. Ved det kemiske Angreb spiller elektrolytiske Virkninger mellem Legeringernes Bestanddele en vigtig Rolle f. Eks. i Messing mellem Kobber og Zink, hvorved Zinket fortæres (§ 658, 654). Naar Messing er i Berøring med et elektronegativere Metal og Fugtighed, er det ogsaa Zinket, der fortæres, saa det tilsidst helt forsvinder af Legeringen.

Langt modstandsdygtigere end Zink-Kobber-Legeringerne er Tin-Kobber-Legeringerne (Bronze § 671), og ogsaa de førstes Holdbarhed kan i væsentlig Grad forøges ved Tilsætning af lidt Tin (§ 660, 662-3).

642. Evnen til at lede Elektricitet er som Regel langt mindre hos Legeringerne end hos de rene Metaller (om disse se § 623). Naar Kobber legeres med Mangan eller Nikkel, forringes Ledeevnen saa stærkt, at Legeringerne bruges til elektriske Modstande; selv en ringe Tilsætning af Arsen, Fosfor eller Aluminium formindsker Kobberets Ledeevne i høj Grad.

Ledeevnen forringes altid meget stærkt, saafremt de to Stoffer opløser sig i hinanden og danner Blandingskrystaller; under disse Forhold vil selv den sletteste Leder blive endnu slettere ved

¹⁾ Til Højovnenes Blæstforme kan man saaledes kun bruge (smedet) Kobber, mens Renderne, gennem hvilke Slaggen løber af, fremstilles af Rødgods (§ 650).

at legeres med en god Leder. Danner Stofferne derimod blot en mekanisk Blanding, som Tilfældet er, naar man legerer to af Metallerne Bly, Tin, Kadmium og Zink, vil en Traad af en saadan Legering tilnærmelsesvis have samme Ledeevne, som hvis de paagældende Metalmængder var samlede i hver sin Traad og derpaa lagt sammen.

For alle Metaller og Legeringer gælder, at haardtrukne Traade leder daarlignere end udglødede. Metallernes Ledningsmodstand falder med Temperaturen og menes at være Nul ved det absolute Nulpunkt (Ing. 1912, S. 245).

643. Magnetiske Egenskaber. Tidligere kendte man af ferromagnetiske Stoffer α : Stoffer, hvis Magnetisme er af samme Natur som Jærnets, kun Jærnet, dets Legeringer og nogle af dets kemiske Forbindelser samt Nikkel og Kobolt, men 1904 opdagede *Heusler* at visse, ikke ferromagnetiske Metaller kunde danne ferromagnetiske Legeringer. Til disse saakaldte *Heuslerske* Legeringer hører visse Legeringer af Mangan-Tin, Mangan-Aluminium, Mangan-Aluminium-Kobber og Mangan-Tin-Kobber.

B. Zink-Kobber-Legeringer.

1. Oversigt.

644. Mikrostruktur. Kobber og Zink legerer sig fortræffeligt med hinanden, men Legeringernes Egenskaber varierer stærkt med Blandingsforholdet.

Fig. 244 viser Tilstandsdiagrammet (efter *Hanemann*) i Analogi med Fig. 108; det er meget indviklet, men man ser dog, at Smelteintervallet (de skraverede Arealer) er yderst ringe; Legeringerne størkner altsaa ret pludseligt, hvilket forklarer deres ringe Tilbøjelighed til Seigring. Kobber og Zink opløser sig i hinanden og størkner i Form af 6 forskellige Slags Blandingskrystaller (§ 225), der betegnes med græske Bogstaver, og af hvilke nogle forandrer sig under den videre Afkøling. Efter langsom Afkøling indeholder Legeringer med 0—36,5% Zink kun α -Krystaller af samme Zinkindhold som Legeringen og er altsaa homogene; en Legering med 36,5% Zn bestaar af zinkmættede α -Krystaller. Legeringer med 36,5—47,5% Zink indeholder desuden et $\alpha\gamma$ -Eutektoid; ved 47,5—60,6% Zink findes dette Eutektoid sammen med γ -Krystaller.

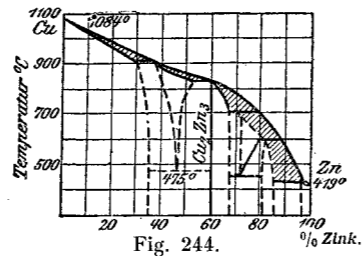


Fig. 244.

Angaaende Koldvalsning og Udglødnings Indflydelse paa Mikrostrukturen se *I. M.* 1912, II, 15.

645. Fysiske Egenskaber. Farven er rødlig gylden eller ren gul. Den røde Kobberfarve taber sig efterhaanden som Zinkmængden stiger, og ved 30% Zink er Farven lysest gul; de noget zinkrigere Legeringer faar atter en rødlig Tone.

Indtil 14% Zn gør Farven brunligrød (mørkere end Kobber), 14—20%: brungul, 20—30%: lysegul, 30—48%: rødgul, 48%: guldgul, 68%: hvidlig, 70%: graa, 75%: lys blaagraa.

Prisen vokser med Kobberindholdet, da Kobber er 2—3 Gange dyrere end Zink.

Haardheden af de i Praksis brugte Legeringer vokser med Zinkmængden. Hvor det særlig kommer an paa Haardhed, anvender man ikke disse Legeringer, men Bronze (§ 249 og 254).

Kugletryk-Haardheden af Støbegods er størst ved 62% Zn. Bearbejdelsahaardheden angives at være størst ved 50% Zn og da ca. 2 Gange Kobberets.

Kobberets store Seighed i kold Tilstand bliver endnu større ved en Zinktilsætning. Seigheden er størst ved ca. 30% Zink, og Legeringer, der skal vales koldt eller trækkes til Traad og Rør, indeholder derfor sjældent over 35% Zink, som Regel kun 20—30%¹⁾. Ved Bearbejdelsen bliver Materialet haardt og skørt, og det maa derfor udglødes mellem de enkelte Valsninger eller Trækninger. Messingrør og andre stærkt koldstrakte Messingvarer kan have store Egenspændinger (§ 288), der kan give Anledning til Revnedannelse blot ved et overfladisk Angreb af Ætsemidler, Vand eller Atmosfærilier; samtidig med at Røret revner, deformeres det som Følge af Spændingernes Udløsning;

¹⁾ Legeringer med 50% Zn er fuldkommen skøre, med 45% Zn kan de endnu bearbejdes koldt.

lignende Forhold træffes hos Tin- og Aluminiumbronze. Denne Tilbøjelighed forsvinder ved en Udglødning.

Styrken vokser med Zinkmængden til et Maksimum ved 45% Zn og falder derpaa pludseligt. De nævnte Love for Seighed og Styrke gælder saavel for Støbegods som for udglødet Valsegods. For koldtvalset og derpaa fuldstændig udglødede Plader fandt *Charpy*:

Zinkindhold i %	0	10,1	18,4	30,2	40,4	44,7	49,7
S^t at	2180	2410	2680	2890	3840	4800	1000
$\delta_{8,2}$ %	31,6	36,0	41,4	56,7	35,2	18,3	2,0

Den zinkrigeste Legering kunde ikke vales, og Stangen blev derfor udfræsset og udglødet. For Støbegods med 20, 30, 45 og 49% Zn fandt *Kudriumow* $S^t = 2400, 2700, 4000$ og 2300 at samt $\delta_{14,9} = 46, 56, 19$ og 3%; derimod angiver *Mallet*:

Zinkindhold i %	10—11,5	12,7—25,5	34—66	68,5
S^t at	1850	2000	1600	320

Bach har ved Forsøg med støbt Messing fundet: $PG^t = 650$ at, $S^t = 1671$ at, $\delta = 13$ %, $\varphi = 17,4$ %/at, $E^t = 802000$ at; Stangen havde ved et tidligere Forsøg været belastet med 526 at, hvorved fandtes:

$$\epsilon = \frac{1}{947000} \sigma^{1,085}. \text{ For valset Materiale findes lignende Værdier af } E \text{ som for støbt.}$$

Charpy har for støbt Messing med 33% Zn fundet $S^t = 3270$ at, $\delta_{8,2} = 66,3$ %, $\varphi = 58$ %; Legeringens Styrke i højere Temperaturer er vist paa Fig. 246 (§ 684). Se ogsaa § 647.

Støbt Messings Knusningsstyrke kan f. Eks. være 725 at.

646. Forhold i Varme. Om Smedelighed se § 648. Alle Legeringerne kan støbes, desto bedre, jo mere Zink de indeholder, thi Zinket sænker Smeltepunktet og gør den smeltede Masse letflydende. Hvis det er af Vigtighed at faa tæt Gods, bør Zinkindholdet dog ikke være for stort, thi med Zinkmængden vokser Svindet, saaledes at der i zinkrige Legeringer nemt opstaar Svindhulheder, selv om man bruger Dødhoved og andre forebyggende Midler.

Mens Kobber smelter ved 1084° og Zink ved 419°, er **Smeltetemperaturen** for deres Legeringer i Følge *Lucas* (se ogsaa Fig. 244):

Kobber i %	90,5	80,3	69,5	60,2	51,0	39,7	31,0	25,1	20,4
Zink i %	9,5	19,7	30,5	39,8	49,0	60,3	69,0	74,9	79,6
Smeltepunkt i C°	1020	1000	945	880	852	812	790	700	592

Der maa altid kommes mere Zink i Diglen end det færdige Produkt skal indeholde, da 5—8% af Zinkmængden brænder bort.

647. Tilsætninger til Zink-Kobber-Legeringer. Indtil 0,9% Bly er uskadeligt, da det optages i Blandingskrystallerne og virker som Zink, men overskydende Bly udskiller sig i selvstændige Krystaller og nedsætter Styrke, Seighed og navnlig Smedelighed; i Smedetemperaturen smelter det, og Smedningen driver det ud i Draabeform. Kugletrykhaardheden $P_{0,05}$ (§ 254), der for støbt Messing af 66,7 Cu + 33,3 Zn er 38, stiger ved en Blytilsætning og naar 52 ved 2% Bly, derpaa falder den atter, og ved 8—12% Bly holder den sig konstant paa 42. Bearbejdeligheden med skærende Værktøj af samme Messing bestemt som beskrevet i § 258 er ved 0, 1, 2, 6 og 12% Bly henholdsvis 3, 18, 25, 37 og 42 mm; Messing, der skal bearbejdes med skærende Værktøj, giver man derfor en lille Blytilsætning. Blyfri Legeringer maa fremstilles af elektrolytisk raffineret Zink, da det ovenraffinerede gerne indeholder 1,5—2% Mangan forbedrer de mekaniske Egenskaber og den kemiske Modstandsevne. Om Aluminium se § 664. Jærn virker som Mangan og optræder i særlige Krystaller, hvis Sammensætning formentlig er $FeZn_{10}$; det indføres i Legeringen ved at opløse Spejljærn i det smeltede Zink. Se ogsaa § 661. Om Nikkel se § 656. Om Tin se § 660. Magnium tilsat i ganske smaa Mængder (0,05—0,1%) virker stærkt forædlende ved at fjerne Iltene; for saaledes rensset Messing med 38% Zn udstøbt i Jærnform fandtes $S^t = 35—4000$ at og $\delta = 35—40$ %; ved Udstøbning i Sandform blev $\delta^{1/3}$ mindre.

648. Inddeling. Legeringerne kan inddeles i 3 Grupper:

1. Legeringer, der udelukkende bruges til Støbegods (Rødgods og Messinggods). De indeholder 5—45% Zink samt ofte noget Tin og Bly.

Over 45% Zn (indtil 55) bruges kun til Messingslaglod (der maa have et lavere Smeltepunkt end det Messing, der skal loddes).

2. Legeringer, der er rødskøre, men som i kold Tilstand er smidige og kan vales og trækkes. Hertil hører alle Legeringer med 0—37% Zn og deriblandt alm. Messing. De maa hverken indeholde Tin eller Bly, som vilde forringe Seigheden. Disse Legeringer kan kun bearbejdes koldt og kan ikke bruges til Genstande, der er udsat for høje Temperaturer som Dampkedeldele og lignende, da de mister deres Styrke og Seighed i Varmen.

Legeringerne er i alt Fald rødskøre, naar Zinkindholdet er over $1\frac{1}{2}\%$ (efter nogle Kilder 12%). Ved til Messing at sætte Nikkel m. m. faas Nysølv og Arguzoid.

3. Smedelige Legeringer med 37—45 % Zn. Til disse hører Muntzmetal, Deltametal m. fl., der alle indeholder omkring 40 % Zn samt for de flestes Vedkommende desuden smaa Mængder af andre Metaller. Disse Legeringer kan smedes og vales i Rødgødhede, og deres Styrkeegenskaber er ofte særlig fremragende og bevares i forholdsvis høje Temperaturer, hvorfor disse Materialer finder stor Anvendelse i Maskinbygningen til Dele, der skal taale stærk Varme. Paa Grund af deres store Zinkindhold bliver de dog let forbrændte, naar de opvarmes til Smedning, og der viser sig da hvide Dampe af Zinkilte. De maa derfor smedes i mørk Rødgødhede. Jo mere Zink Legeringerne indeholder, ved en desto lavere Temperatur indtræder den forbrændte Tilstand, og den viser sig ved, at Genstanden bliver skør, mens Trækstyrken ikke paavirkes synderligt. Mange Legeringer af denne Art er patenterede og benævnes af Reklamegrunde »Bronze« (§ 662-3).

Den franske Marine anvender disse Legeringer ved Siden af Staalstøbegods, naar Dampspændingen er over 15 at, og forlanger:

	EG ^t at	S ^t at	$\delta\%$
ved 15°	1200	3500	18
» 215°	1500	2500	20

Til de smedelige Legeringer slutter sig Aluminiummessing, hvis Zinkindhold er ringere end de øvrige.

Ogsaa Legeringer med over 72 % Zn er smedelige, saafremt de er fuldkommen blyfri.

649. Leveringsbetingelser. Hosstaaende Tabel giver en Oversigt over de Fordringer, den tyske Krigsmarine stiller til Zink-Kobber-Legeringer; Flydegrænsen (»Elastizitätsgrenze«) er den Spænding, der fremkalder en blivende Forlængelse paa 0,2 % af Maalelængden; ν er den Vinkel, gennem hvilken kolde Prøvestænger skal kunne bøjes omkring en Dorn, hvis Diameter er 2 Gange Stangens Tykkelse; i den med T betegnede Spalte er angivet, om Materialet skal prøves i Lange-

Legering	Sammensætning	FG ^t at	S ^t at	$\delta_{11,3}\%$	ν°	T	Vf.
Alm. Messinggods til underordnede Dele	66 $\frac{2}{3}$ Cu + 33 $\frac{1}{3}$ Zn		1500	10	45 ¹⁾	L	
Bedste — - vigtigere Dele	70 Cu + 30 Zn	600	2000	15	45 ¹⁾	L	
Tyndt Messingblik til Blikkenslagerarb.	72,5 Cu + 27,5 Zn		3600	20	180 ²⁾	L	8,55
Marinemessing I, Plader,	70 Cu + 29 Zn + 1 Sn	2000	3600	10	180 ²⁾	L	8,50
do. , do.			3000	20		gl	
do. , Stænger			4000	20	180	L	
do. , Rør			3500	25		gl	
Messingplader til Skibsforhudning, 1—1,5 mm tykke	Mindst 62,5 Cu, ca. 37 Zn, højst 0,8 Pb		4000	20	180 ⁴⁾	gl	8,42
Sømetal (Marinemessing II), Plader	62 Cu + 37 Zn + 1 Sn	1200	4000	20	180 ⁴⁾	gl	8,40
do. (blødt) , Stænger			3500	30	180	L	
do. (halvhaardt) , do.			3000	4000	18	90	
Muntzmetal, Plader	60 Cu + 40 Zn	800	4000	20	180 ⁴⁾	gl	8,37
do. , Stænger, blødt			3000	40	180	L	
do. , do. , halvhaardt			2000	4000	20	90	
do. , Rør	58-60 Cu + 40-42 Zn		3500	25		gl	8,37
Deltametal, Duranmetal o. s. v., Plader	55,5-59 Cu + 37-42 Zn + Fe, Mn, Al, Pb o. s. v.	1200	4000	20	180 ⁴⁾	gl	8,40
do. (blødt) , Stænger			3500	30	180	L	
do. (halvhaardt) , do.			3000	4500	20	90	

ringstilstanden (L), eller om Prøvestængerne først skal glødes (gl); Vf. er Vægtfylden. Andre Leveringsbetingelser findes i § 648 (smedeligt Messing), 650-1 (Støbegods), 654-5 (alm. Messing) og 659 (Muntzmetal).

¹⁾ Prøvestængerne er kvadratiske med 3 cm Sidelinie.

²⁾ Blikket skal kunne bøjes fladt sammen uden Dorn.

³⁾ Naar Tykkelsen er 10 mm eller mindre, skal Pladen kunne bøjes fladt sammen uden Dorn, er Pladen tykkere, bruges Dorn.

⁴⁾ Naar Pladetykkelsen er over 10 mm, skal Dornens Diameter være 4 Gange Tykkelsen.

2. Rødgods og Messinggods.

650. De Legeringer, der bruges til Støbegods, indeholder 5—45 % Zink samt ofte noget Tin (indtil 4 %) og ca. $\frac{1}{2}\%$ Bly. Tinet sættes til for at forøge Haardheden og Styrken, mens Blyet letter Genstandens Afdrejning ved at gøre Spaanen skør. Da bægge disse Stoffer forringer Seigheden, maa de ikke findes i Materiale, der skal vales koldt eller trækkes; saadant Materiale sammenmeltes af rent Kobber og Zink, mens der til Støbegods ofte sættes gammelt Messing med Loddemetal paa; i de fleste Leveringsbetingelser forlanges dog ogsaa af Støbegods, at det skal være blyfrit.

Rødgods kalder man de kobberige Legeringer, hvis Farve er rødlig. De bruges navnlig til Støbning af smaa Maskindele (Armaturredle), der ikke udsættes for Slid eller andre mekaniske Paavirkninger, og som man derfor ikke vil udføre af Bronze, men som dog ønskes af et seigere og tættere Materiale end almindeligt Messing. Naar der stilles større Fordringer til Haardhed, Styrke og Modstandsdygtighed i Varme, formindskes Zinkmængden og forøges Tinmængden, og der er derfor en jævn Overgang mellem disse Legeringer og kobberig Maskinbronze (§ 685). Da man ikke paa Genstandene kan se Tinindholdets Størrelse, bruges Betegnelsen Rødgods — og det samme gælder Betegnelsen Metal — hyppigt for alle de Zink-Kobber- og Tin-Kobber-Legeringer, der indeholder over 80 % Kobber, og hvis Farve derfor er rødlig (§ 682).

Rødgods indeholder gerne 7—17 % Zn og 0—3 % Sn samt undertiden noget Bly. Vf. er ca. 8,6. Rødgods til Slaggeforme indeholder 5 % Zn og 1—4 % Sn. Rødgods' Brug til Fittings er omtalt i § 466, dets Egenskaber i § 644-7.

Messinggods kalder man de zinkrige, lysegule Legeringer, der bruges til Dørgreb og Beslag, til alle Haner og Ventiler paa Gas- og Vandledninger samt til mindre Maskindele, der ikke udsættes for Varme. De nævnte Genstande indeholder gerne mellem 30 og 35 % Zink; i zinkrigere Gods opstaar der nemt Svindhulheder (§ 646). Til Haner og Ventiler for større Tryk er Messing overhovedet ikke tæt nok (§ 223).

Statsbanevognenes Dørhængsler er udfæsedede af Messinggods med sammensætningen 70 Cu + 30 Zn.

Til Gas- og Vandledningsanlæg forlanger Københavns Stadsingeniør blyfrit Messing med højst 35 % Zn; til Rigshospitalet forlangtes til samme Brug: 66 Cu + 34 Zn og intet Bly. Anboringshaner paa Vandledninger har dog Bronzetolde (§ 685).

Vf. er ca. 8,7. Ved Legeringernes Fremstilling maa der tages Hensyn til at noget Zink brænder bort. En københavnsk Gørtler har meddelt mig, at han støbte nævnte Haner af 64 Cu + 36 Zn, mens han til spinkle Galanterivarer, der er udsatte for at knække, brugte et mere bøjeligt Messing fremstillet af 67 Cu + 33 Zn.

651. I Leveringsbetingelser for Rødgods og Messinggods saavel som for Bronzegods forlanges, at de støbte Genstande skal have en regelmæssig Struktur, fri for Hulrum og andre Fejl. De anvendte Metaller skal være ny og af de reneste Handelsmærker. Zinkindholdet skal ligge mellem 97 og 103 % af det forlangte, Indholdet af de andre Stoffer mellem 98 og 102 %; Indholdet af fremmede Stoffer maa ikke overstige 0,6 % af Legeringens Vægt, hvilket svarer til den Renhed, hvormed de ulegerede Metaller gaar i Handelen; af Arsen, Vismut og Antimon maa der kun findes Spor.

Stænger til Træk- og Bøjelighedsforsøg støbes samtidig med Genstandene og, hvis disse er store, i eet med dem. Brudfladernes Farve og Kornstørrelse skal være ganske ensartet. De overtrukne Stængers Udseende er omtalt i § 32.

Undertiden underkastes Genstandene en Klangprøve, idet de hænges frit op og slaas fra alle Sider med en Hammer. Er Klangen ikke klar, tyder det paa Støbefejl, og man kan da bore ind paa de tvivlsomme Steder og maale Hulrummets Størrelse ved at fylde Vand paa.

Godsets Tæthed kan bedømmes ved en Vandtryksprøve.

Angaaende de Fordringer, der kan stilles til Styrke m. m. se § 649.

3. Rødskøre Zink-Kobber-Legeringer.

a. Tombak.

652. Tombak indeholder 8—18% Zink og som Regel 1% Tin, mens Resten er Kobber. Det har en guldliggende rød Farve, men bliver hurtigt sort i Luften. Det er strækkeligere end Kobber og samtidig billigere; det bruges hovedsagelig til forgyldt Traad, forgyldte pressede Galanterivarer, uægte Bladguld (indtil $\frac{1}{90}$ mm tykt) o. lgn. For Blik er Vf. 8,8, for Traad: 9.

b. Messing.

653. Messing indeholder 20—35% Zn, sjældent mere, og har en lysegul Farve. Det er udmærket støbeligt, kan vales koldt og trækkes til Traad ligesom Tombak og er billigere; da det desuden ser godt ud og ikke ruste, bruges det meget til Genstande, af hvilke der ikke kræves særlig stor Styrke eller Haardhed. Det ilter sig ikke saa let som Kobber og behøver derfor ikke at pudses saa tidt; ofte ferniseres det dog for ikke at irre.

Foruden som Støbegods gaar det i Handelen i Form af Plader, Stænger, Traad og Rør.

Smeltepunktet ligger ved 900—1000°. Om Varmeudvidelseskoefficienten se § 306. Vf. er 8,5—8,7. Messing med over 0,02% Vismut er koldskørt og kan ikke vales uden at faa Revner.

654. Handelsformer. Messinget udstøbes til Tavler, der derpaa vales til Plader, eller af hvilke der skæres Strimler, som vales til Stænger eller trækkes til Traad. Valsningen sker koldt ligesom Trækningen, og mellem hver Valsning maa Pladen udglødes, hvorved den bedækkes med en sort Hinde af Kobbertveite. Pladerne kommer i Handelen som sorte, bejtsede, skræbete paa den ene eller paa begge Sider eller polerede. Tykkelsen er 1—17 mm, Bredden 30—65 cm og Længden f. Eks. 2 m. Tyndt Messingblik leveres enten i Ruller eller sammenfoldet. I første Tilfælde er Tykkelsen 0,12—0,4 mm, Bredden 12—46 cm aftagende med voksende Tykkelse og Længden ca. 6,5 m. I andet Tilfælde er Tykkelsen 0,3—2 mm, Bredden 18—26 cm og Længden 1—5,5 m.

Messingplader bruges f. Eks. til Beslag, Rør og Blikkenslagerarbejde og indeholder gerne under 30% Zn. Det bedste tyske Messingblik, der f. Eks. bruges til Musikinstrumenter, indeholder ca. 20% Zn. 30—40% Zn findes kun i tarveligt Blik til Legetøj og Genstande af meget enkel Form. Skal Blikket sammenloddet med Slaglod, maa Zinkindholdet være ringe, da Loddetstedet ellers ikke bliver stærkt. Uægte Bladguld indeholder 18—25% Zn, Patronmessing 28—33% Zn (Leveringsbetingelser i J. M. 1912, II, 15).

Af Messingplader med $t \leq 5$ mm forlanger det danske Orlogsværft $\min St = 3600 \text{ at}$, $\min \delta_{300} = 20\%$. Pladerne skal kunne højes fladt sammen.

Tyndt Messingblik ødelægges meget hurtigt i fugtig Luft.

Messingstænger fremstilles i talrige Profiler f. Eks. Vinkler, Trinskiner, dekorative, profilerede Lister m. m. Vanskelige Profiler, der ikke kan koldtvalsede eller trækkes, fremstilles ved Strengpresning (§ 657) af Muntzmetal. Se Kataloget fra Kobbervalseværket i Kbhvn.

Messingtraad faas baade haard og blød. For haardtrukken Traad med d mm Diameter er $St = 5480 + \frac{1020}{d}$, for udglødet Traad: $2870 + \frac{700}{d}$. For haardtrukken Traad er $PGt = \text{ca. } 0,25 St$ og $Et = 1000000 \text{ at}$; den bruges bl. a. til Fremstilling af Messingskruer og Knappenaale. Vf. er 8,69. Se ogsaa § 561.

Messingrør har enten en Ioddet Fuge, eller ogsaa fremstilles de sømløse ved Støbning med paafølgende Trækning. Til Rør af Muntzmetal anvendes Strengpresning som beskrevet i § 657 med den Forskel, at den forud støbte, glødende Blok indsættes i Cylinderen, og at Stemplet er forlænget med en Dorn, der gennemløkker Blokken og under den paafølgende Udpressning af denne danner Kærnen i Presse-cylinderens Bundaabning; efter Presningen eftertrækkes Rørene paa normal Maade. Messingrør leveres gerne haardtrukne, men kan uden Fordyrelse faas udglødede. De bruges f. Eks. til Kondensatorer, der køles med Havvand, og er da gerne fortinne paa begge Sider. De indeholder 30—40% Zink, den ydre Diameter er 17—22 mm, Vægttykkelsen 0,75—1,5 mm.

Forniklede Rør bruges ofte som Til- og Afledningsrør for Vadskekummer. Om Rørsamlinger se § 466. Det danske Orlogsværft forlanger af Messingrør, at de skal have Sammensætningen 70 Cu + 30 Zn og være vel udglødede; Enderne skal i kold Tilstand kunne opdornes, saa Diameteren bliver 5% større, uden at der maa vise sig Spor af Ridser; kolde, harpiksfyldte Rør skal taale Bøjning om en Dorn, hvis Diameter er $\frac{4}{5}$ Gange den ydre Rørdiameter; Vandtryksprøve som for Kobberrør (§ 611).

Om Rør af Muntzmetal og Sømetal se § 649.

Fjerende Messingrør, hvis Væg er hølget i Længdesnit, bruges til Dampslanger f. Eks. ved Rensning af Kedelrør for Sod.

655. I Leveringsbetingelser for Plader, Stænger og Rør af Messing stilles de samme Fordringer til Renhed og nøjagtig Overholdelse af Sammensætningen som i Leveringsbetingelser for støbte Varer, kun skal Zinkindholdet ligge mellem 99 og 102% af det forlangte, og Indholdet af de andre Stoffer mellem 99,5 og 101%. Pladernes Trækstyrke undersøges kun, naar Tykkelsen er 3 mm eller mer. Plader af 4 mm Tykkelse og derunder bør i kold Tilstand efter at være udglødte kunne hamres ud til en Kuglekalot (Fig. 245), hvis Diameter er 25 Gange Pladetykkelsen, og hvis Højde er $12\frac{1}{2}$ Gange Pladetykkelsen. Se ogsaa § 649, 654.

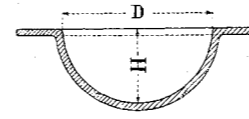


Fig. 245.

c. Nikkelmessing, Nysølv.

656. Nysølv, Argentan, Alfenide, Alpaka, Christoflemetal, Kinasølv er altsammen Messing, der ved en Nikkeltilsætning er gjort lyst og sølvglende. I Kina, hvorfra Legeringen stammer, kaldes den Pakfong o: Hvidkobber. Smidigheden vokser med Kobberindholdet, der i Almindelighed udgør 50—66%. Vægtfylden er 8,4—8,7. Det er ikke fuldt saa strækkeligt som Messing og vanskeligere at støbe, men stærkere og haardere og kan poleres meget blankt. Det er mere modstandsdygtigt baade mod Luft og Syrer. Det bruges hovedsagelig til Genstande, der skal ligne Sølv, særlig naar de skal forsølves (Plet), og saadanne Varer indeholder undertiden 2% Sølv. Den mest sølvglende Legering sammensmeltet af 55 Cu + 30 Zn + 18 Ni, men Sammensætningen varierer en Del (12—26% Ni); det anvendes baade i støbt Form, som Blik (der kan drives) og som Traad.

Nysølvtraad, der bruges til elektriske Ledningsmodstande, kaldes ofte **Nikkelintraad** og kan f. Eks. have Sammensætningen: 54 Cu + 20 Zn + 26 Ni. Da Modstanden ændrer sig i Tidens Løb og paavirkes stærkt af Temperaturen, foretrækkes dog ofte de mere konstante, zinkfri Nikkelbronzer (§ 696). For blød Nysølvtraad er $St = 5200 \text{ at}$, for haard: 7200—8000 at.

Arguzoidmetal er en engelsk, nysølvagtig Legering, der bruges til Jernbanewaggonhaandtag og støbte Kunstsaager. Den bestaar af 55,8 Cu + 23,2 Zn + 13,4 Ni + 4,0 Sn + 3,5 Pb + Spor af Fe. Den udmærker sig ved større Støbelighed end almindeligt Nysølv.

4. Smedelige Zink-Kobber-Legeringer.

a. Muntzmetal og Sømetal.

657. Fysiske Egenskaber. Muntzmetal eller Yellowmetal er ikke andet end Messing med saa meget Zink, at Legeringen ikke er rødskør (§ 648). Sammensætningen er gerne 60 Cu + 40 Zn samt undertiden lidt Bly og Tin. Muntzmetal er for zinkrigt til at give godt Støbegods; det anvendes til varmtvalsede Varer, som Plader, Stænger (§ 654) og Rør (§ 649, 654). Mens Pladerne vales varmt, bliver Stængerne ofte fremstillede ved Strengpresning, idet Legeringen lige fra Smeltediglen hældes ned i en liggende Cylinder, og naar den her er afkølet tilstrækkeligt, presses den ved hydraulisk Tryk langsomt ud gennem Cylindrens Bund, der har en Aabning svarende til det ønskede Profil. Metoden udmærker sig fremfor Valsning ved sin Hurtighed (Valsningen maa ske i flere Trin) og ved at kunne bruges til underskaarne Profiler (§ 654). Samtidig faar Materialet en meget stor Styrke.

Ved til Muntzmetal at sætte smaa Mængder Tin, Jærn, Mangan eller Aluminium faas et Utal af patenterede Legeringer, af hvilke Deltametal m. fl. omtales senere.

Styrken af Muntzmetal svarer til blødt Staa.

En Legering med 40% Zn (Romametal) er undersøgt af Charpy med følgende Resultat:

I støbt Tilstand	$St = 3870 \text{ at}$	$\delta_{8,2} = 32,3\%$	$\varphi = 35\%$
I valset og udglødet Tilstand	$St = 3770 \text{ at}$	$\delta_{8,2} = 33,6\%$	$\varphi = 30\%$

Disse Legeringers Styrke i højere Temperaturer findes paa Fig. 246 (§ 684). Se ogsaa § 649. **Sammensætningen** 62,58 Cu + 38,42 Zn + indtil 1,5 Pb og iøvrigt kun Spor af andre Metaller forlanges af det danske Orlogsværft. Se ogsaa § 649 og 659. **Smeltepunkt:** 920°.

658. Kemiske Egenskaber. Naar Muntzmetal stadig er i Berøring med Havvand, opløses Zinket paa Grund af galvaniske Virkninger mellem Legeringens Bestanddele, og den gule Farve bliver efterhanden rød, idet Legerin-

gen sluttelig reduceres til en Blanding af Kobber og Zinkoxyd. Varigheden forøges betydelig ved en lille Tintilsætning (§ 660). Ved Metallens Anvendelse til Skibsfordudning kan det iøvrigt være en Fordel, at det fortæres hurtigere end Kobber, idet Skibene bedre holdes fri for Begroning, men det gælder om netop at træffe den rette Zinkmængde, saa Varigheden heller ikke bliver for kort.

Prøveanstalten ved Berlin har fundet, at Messingrør (ubekendt Sammensætning) blev angrebet 11,5 Gange stærkere af Vand fra Nordsøen end af alm. Drikkevand. Destilleret Vand angreb slet ikke.

659. Anvendelse. Muntzmetal bruges meget i Skibsbygningen, navnlig til Forhudning, da det er billigere end Kobber, samt til Skibsbolte, Rør og Rørplader i Kondensatorer, Pumpestænger, Skibsbeslag m. m. Af de valsede eller pressede Stænger uddrejes mindre Bolte, Tapper, Møtrikker, Forskrutninger, Ventilspindeler, samt Skruer, Spindeler, Stopstifter o. s. v. til støbte Messinghaner.

Ogsaa Messinglodder fremstilles af dette Materiale. De almindelige danske Vægtlodder (1—500 g) forlanges fremstillede af en Legering, der indeholder mindst 60% Cu og højst 40% Zn; for at gøre Lodderne mere modstandsdygtige mod Syrer iblandes noget Deltametal. Lodderne skal uddrejes af Stænger fremstillede ved Strengpresning eller paa anden Maade, der giver lige saa godt og tæt Materiale.

Overhovedet benævnes det ofte Messing, f. Eks. af Statsbanerne, der køber Messingstænger, der skal være smedelige i varm Tilstand og have Sammensætningen 58—62% Cu og højst 1% fremmede Metaller (hovedsagelig Bly) samt St = 4000 at, $\varphi = 30\%$ og $d = 38$ og 18% henholdsvis for udglødet og ikke udglødet Materiale.

660. Sømetal (Naval brass, Marinemessing) adskiller sig fra Muntzmetal ved at indeholde lidt Tin, der forøger Modstandsevnen overfor Havvand. Det bruges til Bolte og Tapper ved alle udenbords Søforbindelser i Skibe. Sammensætningen kan f. Eks. være 62 Cu + 37 Zn + 1 Sn (se Tabellen i § 649).

For Støbegods af Sammensætning: 55 Cu + 43 Zn + 2 Sn fandt Thurston St = 4570 at. Indtil 0,7% Tin kan optages i Blandingskrystallerne, mens overskydende Tin danner særlige Blandingskrystaller med Kobberet. Denne nye Bestanddel er haard og skør og nedsætter i høj Grad Smedeligheden, men angribes kun i ringe Grad af Havvand, som derimod virker stærkt opløsende paa det i § 644 omtalte $\alpha\gamma$ -Eutektoid; da den nye Bestanddel dannes paa Bekostning af dette Eutektoid, der med voksende Tintilsætning efterhaanden helt forsvinder, vil et passende Tinindhold give en Legering, der er kemisk modstandsdygtig, men mindre smedelig end de tinfri.

b. Deltametal.

661. Fysiske Egenskaber: Deltametal er Muntzmetal tilsat lidt Jærn og Mangan, der forøger Styrken, Tætheden og den kemiske Modstandsevne. Det er et bleggult til guldgult Metal, der lader sig behandle paa alle mulige Maader: I støbt Tilstand er det fuldstændig tæt og samtidig meget stærkt og strækkeligt; man har støbt Presse-cylindre, der ved 5—600 at Vandtryk endnu ingen Gennemsvedning viste; i mørk Rødgødhede kan det smedes (§ 648), vales og strengpresses, og i kold Tilstand kan det vales og trækkes til Traad.

Deltametal er først fremstillet af Dick (fra Düsseldorf, men virkende i England), Strengpresningens Opfinder, efter hvis Forbogstav det er opkaldt. Han tilsatte oprindelig Jærnet i Form af Haardzink (den Zinkrest der bliver tilbage i Forzinkningskarret, og som har optaget Jærn fra de neddyppede Genstande), men dets Jærnindhold varierer meget, saa nu bruger man Ferromangan.

Sammensætningen varierer med Anvendelsen: 55 à 60 Cu + 43 à 39 Zn + 1 à 1,5 Fe + 1 Pb + 1 Mn. Smeltepunktet ligger mellem 900 og 1000°, og Vægten mellem 7800 og 8600 kg/m³. Om Leve- ringsbetingelser se § 649.

Styrken er større end Muntzmetals. Det tyske Deltametal-Selskab Alexander Dick & Co. i Düsseldorf-Grafenberg har ladet forskellige af deres Legeringer undersøge i Berlin med følgende Resultat:

		St at	$d\%$	$\varphi\%$	Et at
Legering I	støbt	5220—6090	5,7—12,9	10,5—15,1	1040—1080000
	valset	6750—7040	19,2—22,8	22,0—29,0	
Legering II	støbt	4300—4820	16,0—23,4	48,0—54,0	
	valset	5450—6620	15,4—21,2	42,0—48,0	
Legering III	støbt	3570—3980	22,8—42,9	25,1—37,2	
	valset	4270—4710	31,3—40,0	32,0—53,0	

Rudeloff har fundet for:

Støbt Deltametal: FGt = 970 at, St = 3290 at, $d_{10} = 21,2\%$, $\varphi = 24,8\%$, Et = 978000 at
Valset do. : FGt = 1480 at, St = 4270 at, $d_{90} = 39,2\%$, $\varphi = 37,5\%$, Et = 882500 at

Styrken af disse Legeringer ved forskellige Temperaturer ses paa Fig. 146.

Runde Stængers Styrke er meget afhængig af Diameteren. Saaledes fandtes (K. M. A. 1909, S. 392):

Diameter i cm	1,5	2	2,5
FGt at	4270	3840	3060
St at	5190	4900	4300
FG : S	0,82	0,78	0,71
$d\%$	13,2	14,7	28,1

Smedede Stænger viste sig stivere mod Vridning end pressede; saaledes fandtes for Stænger med Tværsnit 18 × 12 mm²:

Smedede: Ev = 390000 at	PGv = 950 at	FGv = 1470 at
Pressede: Ev = 365000 »	PGv = 630 »	FGv = 1140 »

I øvrigt finder man følgende Angivelser af Styrken:

I raa, støbt Tilstand: St = 3400—3750 at, $d = 19\%$.

Støbt og oversmedet: PGt = 1800 at, St = 3600 at.

Støbt og koldtvalset: Et = 997700 at, PGt = 2200 at, FGt = 3530 at, St = 5880 at, $d = 12,3\%$,

$\varphi = 17,4\%$, St = 9540 at, PG ved Vridning: 1030 at, Vridningsstyrke: 4070 at.

Støbt, koldtvalset og udglødet: St = 4000—5500 at (gennemsnitlig 4300 at), $d = 40—14\%$.

Haard Traad: St = 8000—9840 at.

662. Kemiske Egenskaber og Anvendelse. Metallene irer ikke, staar sig godt i syreholdigt Vand og Havvand og bruges derfor til Stempelstænger for Skibsluftpumper, Skibsskruer, Skibsbeslag og lignende Ting, der er udsatte for Saltvand; endvidere bruges det ofte i Skibsbygningen som Erstatning for smedeligt Jærn, hvor dets magnetiske Egenskaber vilde genere. Ligeledes anvendes det i Elektroteknikken.

Til Københavns Kommunes Dampopvarmnings-, Gas- og Vandanlæg forlanges Spindeler, Skruer og Bolte i Metalventiler og Metalhaner uddrejede af valset Deltametal.

Deltametal er stærkere, sejere og billigere end Bronze og bruges derfor undertiden i Maskinbygningen som Erstatning for Bronze, hvor dennes Haardhed ikke er nødvendig, f. Eks. til Skovle i Centrifugalpumper, Lejeskaale, Stempelstænger, Tandstænger, Tandhjul og Skruespindeler.

Paa Vitznau-Rigi-Banen og Pilatus-Banen har Tandhjul af Deltametal staaet sig godt.

662,1. Parsons Manganbronze, der har været brugt siden 1876, har Deltametallets Egenskaber og Sammensætning. Legeringen er meget syre- og slidfast og bruges til Skibspropeller og Skovle i Centrifugalpumper med syre- eller sandholdigt Vand. For Støbegods angives St = 5200 at, $d = 21\%$. Am. Soc. for Testing Materials foreskriver 55—60% Cu, 39—45% Zn, < 0,2% Fe, < 0,2% Sn, < 0,5% Mn, < 0,5% Al. Aluminium bør kun forekomme i Støbegods, ikke i Valsegods.

Rübelbronze er Muntzmetal, hvori en Del af Kobberet er erstattet med Fe, Mn, Al og Ni. Dens kemiske Modstandsdygtighed i Forbindelse med Seighed i høje Temperaturer gør den egnet til Brug i overhødet Damp.

c. Duranametal.

663. Duranametal indeholder baade Jærn og Tin. Det har en varm, gylden Farve, modtager en høj Politur og er meget modstandsdygtigt mod kemiske Angreb. I Rødgødhede lader det sig smede (§ 648) lige saa let som Svejsjærn (men ikke svejse), i kold Tilstand noget vanskeligere. Det anvendes i Torpedo- og Skibsbyggeriet samt til Kunstsmedearbejde; endvidere bruges det til Støtdebolte i Lokomotivkedler, da det bevarer sin Trækstyrke op til 250—300°. Det leveres i Form af Plader (der kan drives), Stænger, dekorative Lister og Traad.

Stribeck har undersøgt Duranametal fra Durener Metalwerke. Det havde Sammensætningen 58,65 Cu + 39,61 Zn + 0,97 Sn + 0,42 Pb + 0,34 Fe + 0,01 S og svarede altsaa nærmest til Deltametal. Styrkeprøven gav: FGt = 1780 at, St = 4080 at, $d = 31,8\%$, $\varphi = 35,7\%$. Det viste sig anvendeligt ved Temperaturer indtil 300°.

Tidligere var Zinkindholdet langt ringere f. Eks. 64,78 Cu + 29,50 Zn + 1,70 Al + 1,71 Fe + 1,10 Sn + 1,12 Sb.

I øvrigt opgives følgende Styrketal for valset eller smedet Materiale:

	FG ^t at	S ^t at	$\delta_{100}^{\circ}/_{0}$
Haardt Duranometal	5200	6300	9
Halvhaardt do.	4200	5100	12
Blødt do.	3500	4000	31
Helt blødt do.	1400	3200	50

Smeltepunktet ligger ved 950—1000°, Vægten er 8300—8500 kg/m³. Om Leveringsbetingelser se § 649.

Den amerikanske **Tobin-Bronze** har lignende Egenskaber og Sammensætning (60 Cu + 39 Zn + 0,80 Sn + 0,46 Fe + 0,0015 P + 0,00 Pb, (se I. M. 1912, VII, 1). Den har samme Styrke som blødt Staal, men en noget ringere Brudforlængelse. Den bruges i Skibsbygningen til Forhudning, Skrueaksler og Bolte. **Stone-Bronze**, der bruges til Skibsskruer og Støttebolte i Lokomotiver, og **Bull-Bronze** indeholder ogsaa ca. 40% Zn samt 1½—2% (Fe + Sn).

d. Aluminium-Messing.

664. En Aluminiumtilsætning forøger i høj Grad Messingets Haardhed og Styrke, formindsker Seigheden og gør den kemiske Modstandsdygtighed større. Materialet svarer nærmest til Deltametall, hvis Jærn er erstattet med Aluminium. Støbegodset bør afkøles langsomt; det er meget blørefrit, men ikke destomindre uegnet til hydrauliske Cylindre af den i § 638 nævnte Grund. *Tetmajer* har fundet for støbt *Neuhausener* Aluminium-Messing med 60—65% Cu.

Al i %	0,25	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
S ^t at	3000	4000	4500	4800	5200	6000	6900
$\delta^{\circ}/_{0}$	61	50	39	30	20	7,5	6,5

Over 4% Al tilsættes sjældent, da Legeringen bliver altfor skør og haard.

Jo mindre Aluminiumindholdet er, ved desto lavere Temperatur kan Legeringen smedes. 64 Cu + 33 Zn + 3 Al lader sig smede i mørk Rødvarme og anvendes til Maskin- og Skibsbygning.

C. Bronzer.

665. Bronze var tidligere udelukkende en Betegnelse for Tin-Kobber-Legeringer, men i den nyere Tid fremstilles bronzelignende Legeringer af Kobber og enten Aluminium eller Mangan, og disse Legeringer benævnet henholdsvis Aluminium- og Manganbronze; det er derfor praktisk at kalde de gamle Bronzer Tinbronzer, naar man vil undgaa Forveksling. De saakaldte »Patentbronzer« er i Reglen smedelige Zink-Kobber-Legeringer og bærer altsaa deres Navn med Urette (§ 648).

1. Tinbronze.

a. Oversigt over Egenskaberne.

666. Tinbronzerne er udprægede Støbematerialer, kun de aller tinfattigste kan præges og valsede, og disse benyttes kun, hvor der stilles ganske særlige Fordringer til Stoffet. Man kan derfor være sikker paa, at alt, hvad der under Navn af Bronze gaar i Handelen af pressede Galanterivarer, kun er Messing.

Bronzernes Anvendelse er navnlig betinget af deres Støbelighed, Haardhed og Klangfuldhed.

Bestanddele. Bronzen er den ældste kendte Kobberlegering, den benyttes af Oldtidens Grækere, der fremstillede den alene af Kobber og Tin og saadan Bronze bruges stadig, naar særlig Haardhed og Styrke ønskes. En Zinktilsætning forringer disse Egenskaber, men bruges nu om Stunder ofte, da den forøger Bronzens Støbelighed og forringer Prisen.

Om Bly se § 702. Arsen forøger Haardhed og Skørhed (K. M. A. 1911, S. 110).

Farven afhænger af Tinmængden; efterhaanden som denne vokser, bliver

den kobberrøde Farve gulere og gulere, og de tinrige Bronzer, som bruges til Klokker og Spejle, har et graat Brud.

Farven angives at veksle paa følgende Maade med Tinmængden: 1—10% Tin: rød eller rød-gul, 12: orangegul, 15: ren gul, 20: gulhvid, 20—50: gulhvid—hvid—graahvid, 50—65: graahvid, over 65: hvid og tinagtig.

667. Støbelighed. Blot 1% Tin gør Kobberet støbeligt, og Støbeligheden er fælles for alle Bronzerne uafhængig af Sammensætningen, men med Tinmængden vokser Tilbøjeligheden til **Seigring** α : Tilbøjeligheden til ved Afkølingen at skille sig ad i Legeringer af forskellig Sammensætning, hvorved Bronzen bliver storkrystallinsk, skør og faar haarde Partier, der vanskeliggør Bearbejdelsen. For at faa et homogent og finkornet Materiale maa man tilvejebringe en hurtig Størkning, og ogsaa den yderligere Afkøling maa helst være hurtig.

Bronzen maa ikke være varmere ved Støbningen end nødvendigt (Smeltepunktet ligger ved 780—900°, med 20% Sn ved 790°), da den derved faar længere Tid til at sejgre i. Seigringen er stærkest i svært Gods paa Grund af dettes langsomme Afkøling og viser sig særlig tydeligt hos Bronzer med ca. 10% Tin; naar en saadan Bronze er afkølet langsomt, ser man paa dens rødlike Brudflade lyse »Tinputletter« af en tinrigere Legering; men ogsaa tinfattige Legeringer som Møntbronze maa afkøles hurtigt. Hurtig Størkning forøger Haardhed og Trykstyrke og virker derfor heldigt paa Lejebronzer (K. M. A. 1911, S. 91). Langsomt afkølet Bronze kan forbedres ved **Anløbning** α : en fornyet Opvarmning til mørk Rødgldhede med paafølgende hurtig Afkøling. Ved tyndere Stykker er en Opvarmning til Tinnets Smeltepunkt (232°) tilstrækkelig. Anløbningen virker stærkest paa Bronzer med 18—22% Sn.

For at undgaa **Iltning** ved Legeringens Fremstilling maa Kobberet smeltes for sig og Tinnets (eller en tinrig Kobberlegering) for sig, da Tinnets vilde ilte sig for stærkt, hvis det længe skulde holdes opvarmet til Kobberets Smeltepunkt. Tinnets ilter sig til Tinsyreanhydrid (SnO₂), der ikke opløser sig i den smeltede Legering og heller ikke stiger tilvejs, men derimod samler sig i tynde Hinder, der driver rundt i Legeringen og gør denne trægtflydende og efter Størkningen skør. Disse Dannelser er ogsaa Grunden til, at Bronzen bliver daarligere ved Omsmeltning. For at modvirke Iltningen strøs der Trækulspulver ovenpaa det smeltede Metal.

Kobberforilte (Cu₂O) kan ikke være tilstede, saalænge der er metallisk Tin, thi det vil straks omsætte sig efter Ligningen: 2 Cu₂O + Sn = SnO₂ + 4 Cu. Omsmeltningen gør Bronzen porøs og forringer S^t, δ og Slagstyrken (K. M. A. 1911, S. 92).

668. Smedeligheden i glødende Tilstand aftager raskt med voksende Tinindhold; Bronzer med mer end 15% Tin er rødske og bearbejdes kun koldt.

I helt mørk Rødgldhede, men hverken ved højere eller lavere Temperatur, kan Bronzer med 18—22% Tin bearbejdes (§ 686).

669. Haardhed. Bronzerne er haardere end Messing og slides derfor mindre, hvilket er Grunden til deres Anvendelse i Maskinbygningen til Lejer m. m. Ved Ridseprøver paa Berlinerlaboratoriet har man fundet følgende Haardhedstal (§ 249, 670):

Kobberindhold i %	100	93	91	89	84	73	68	62	48	35	21	15	12	10	0
Tinindhold i %	0	7	9	11	16	27	32	38	52	65	79	85	88	90	100
Haardhedstal	34—40	68	82	78	83	100	102	110	83	63	22 og ¹⁾ 49	30 og ¹⁾ 45	38	36	23—28

Haardheden vokser altsaa med Tinmængden til et Maksimum ved ca. 40% Tin, men af Hensyn til Skørheden bruges Bronzer med over 33% Tin saa godt som aldrig, og i Reglen er Tinindholdet langt ringere. Haardheden er dog ikke blot afhængig af Sammensætningen, men vokser stærkt med Størkningens Hurtighed; en Bronze bliver saaledes langt haardere ved Udstøbning i Metal-

¹⁾ bløde og haarde Steder.

alle har en Vægtfylde af 3 og 50% Ledevne. Styrken af disse Legeringer kan ved Trækning bringes op til henholdsvis 3000, 4000 og 4400 at.

677. I Leveringsbetingelser stilles kun Fordringer til det færdige Produkts Egenskaber, mens det overlades til Fabrikkerne at bestemme Sammensætningen, og da disse søger at hemmeligholde Fremstillingsmaaden, faar man vanskeligt at vide, om der er tilsat Silicium og Fosfor eller ej.

Statstelefonen anvender $1\frac{1}{2}$, 2 og $2\frac{1}{2}$ mm Kobberbronzetraade, til hvilke der stilles de under Jærntraad (§ 433) nævnte Fordringer.

Københavns Telefon-Aktieselskab anvender $1\frac{1}{4}$ og 2 mm Bronzetraade; $1\frac{1}{4}$ mm Traad bruges i København, 2 mm Traad paa Landet; for den sidste er Spændvidden i Alm. ca. 60 m, for den første 100—125 m og sjældent over 200 m (Ing. 1901, S. 129). Disse Traades Styrke m. m. findes i § 433; desuden forlanges, at Traaden skal have en fuldkommen glat og nøjagtig cirkelrund Overflade, som ikke paa noget Sted maa have Revner, Sprækker eller Riller. Løse Fliser maa ikke forekomme i Overfladen. Materialet skal være fuldkommen homogent. Traaden skal kunne taale at højes om sin egen Diameter og derefter at rettes ud igen, uden at Revner eller Sprækker i Overfladen derved fremkommer. Traaden maa ikke blive skør i Kulde. Den tynde Traad leveres i Ringe paa dels 6 dels 12 kg med en indvendig Diameter af 22 cm, den tykke Traad leveres i Ringe paa 50 kg med 45 cm Diameter. Hver Ring skal indeholde een Traadlængde uden Splidsning.

β. Blik, Rør, Stænger, Mønter.

678. Bronzeblik af 95 Cu + 5 Sn bruges til Skibsfordudning; det udvælges i svag Glødhede. Om Aluminiumbronzese se § 693.

679. Bronzerør fremstilles enten efter Mannesmanns Metode eller med loddet Fuge; de leveres gerne haardtrukne og kan da ligesom Messingrør have Egenspændinger, der senere fremkalder Revner. De bruges til Kondensatorer, der køles med Havvand, undtagelsesvis til Vandleddninger, der skal se godt ud, samt til Rækværkslister, og er da ofte forstærkede ved et indlagt Jærnrør. Dimensionerne er som Kobberrørs. De fremstilles ofte af Fosforbronzese (§ 689). Om Rørsamlinger se § 466.

Den tyske Krigsmarine forlanger af fugefri Bronzerør Sammensætningen: mindst 97 Cu, ca. 2,0 Sn, højst 1% fremmede Stoffer; Vægtfylden skal være 8,70, Styrke og Forlængelse af udglødede Prøvestænger: $S_t = 2200$ at, $\phi = 30\%$; Kondensatorrør skal mindst indeholde 98 Cu, ca. 1,45 Sn og højst 0,3% fremmede Stoffer (Jærn, Fosfor o. s. v.) Se ogsaa § 685.

680. Bronzestænger udvælgte af Fosforbronzese kan indeholde indtil 7% Tin, ligeledes trukne Bøsninger (A. M. A. 1910, S. 344). De valsede Stænger bruges, hvor Muntzmetal ikke er godt nok. Saaledes til specielt stærke Skruer (f. Eks. til Gliderspejle), Forskrninger og Ventilspindeler ved højt Tryk (til Dieselmotorer), Bolte i Eksentrikbevægelsen for Skovlhjul paa Skibe.

Bilgenbronzese er en Specialbronzese med høj Flydegrænse og meget modstandsdygtig overfor Havvand. Stænger af dette Materiale skal i Følge den tyske Krigsmarines Forskrifter have Sammensætning: 97 Cu + 2 Sn og højst 1% fremmede Stoffer¹⁾; i Leveringstilstanden forlanges: $FG_t = 2300$ at (se § 649) og $S_t = 4000$ at; saafremt Flydegrænsen ikke bestemmes, maa Brudforlængelsen højst være 8%; Materialet bruges f. Eks. til Møtrikker paa Kondensatorrør.

681. Møntbronzese maa af Hensyn til Prægningen være temmelig blød og dog slidfast; til de danske, tyske, østrigske, franske og engelske »Kobbermønter« bruges 95 Cu + 4 Sn + 1 Zn. Zinkindholdet skal lette Støbningen af de tynde Plader, som først fremstilles. Medaillebronzese Vægtfylde er 8,78.

c. Støbebronzese.

α. Maskinbronzese.

682. Alm. Egenskaber. Maskinbronzese udmærker sig fremfor Messing ved sin større Styrke og Haardhed, og ved at Haardheden let kan afpasses efter Anvendelsen, ved at Tintilsætningen varieres. Dette er en særlig Fordel, naar Bronzen anvendes til Lejer, idet Haardheden kan bringes nær op til Akselens og dog holdes saa langt under dennes, at Sliddet hovedsageligt falder paa Lejet, som lettest lader sig forny. Endvidere taaler Bronzegods bedre end Messingods Varme og bruges derfor til Haner, Ventiler o. lgn. paa Damp- og Varmtvandsledninger.

Det i § 650 omtalte Rødgods staar paa Overgangen til Maskinbronzese, idet det undertiden indeholder en i Forhold til Zinkmængden betydelig Tinnmængde. Grænsen mellem de to Legeringer trækkes naturligst saaledes, at Rødgods kommer til at omfatte Legeringer med mere Zink end Tin, Maskinbronzese Lege-

¹⁾ nemlig Bly og Jærn.

ringer med mere Tin end Zink¹⁾. Mellem Anvendelsen af zinkfattigt Rødgods og tinfattig Maskinbronzese er der iøvrigt ingen principiel Forskel, de bruges bægge til mindre, støbte Maskindele (Armaturodele), der ønskes haardere, stærkere, modstandsdygtigere mod Havvand og bedre i Stand til at taale Varme end Messing.

683. Tinindhold. Da Tinnet forringer Bearbejdigheden og Seigheden og er meget dyrt, tilsættes der ikke mere, end Hensynet til den forlangte Modstandsdygtighed kræver; Genstande, der kun i ringe Grad udsættes for mekaniske eller kemiske Paavirkninger²⁾, indeholder gerne 5—7% Tin og 2—4% Zink, og denne Sammensætning bruges ogsaa til Genstande, der skal loddes med Slaglod (f. Eks. Rørflanger), og som derfor skal have et højt Smeltepunkt.

Hvor Kravene til Slidfasthed og Modstandsdygtighed mod Havvand er større, bruges 8—10% Tin og 2—6% Zink, hvilke Legeringer endnu let lader sig bearbejde. Blandt Anvendelserne skal nævnes: Maskinarmatur, Ventiler, Skydere, Haner, Møtrikker, Stempelstænger og andre Dele, af hvilke der gaar Slid, men hvor Trykket mellem Slidfladerne kun er ringe.

Større Tinnmængder bruges som Regel kun til Lejer med store Tryk, hvor Slidfastheden er af overvejende Betydning. Saa-danne Lejebronzese vil blive omtalt i § 701.

684. Forhold i Varme. Da Bronzese er det almindelige Materiale til støbte Dele af Dampledninger (f. Eks. Flanger, Haner, Ventiler, Ventilhuse), og da man i de senere Aar er tilbøjelig til at forøge Dampspændingen eller bruge overhedet Damp, er det af stor Betydning at kende Bronzernes Modstandsevne i høje Temperaturer³⁾. Paa Fig. 246 er vist, hvorledes Styrken varierer med Temperaturen for to af Bach undersøgte Bronzese⁴⁾. Baade Styrke og Brudforlængelse holder sig omtrent konstante indtil 200° for derpaa bægge at synke raskt. Andre Forsøg har givet lignende Resultater, og Tinbronzese kan derfor ikke bruges, naar Dampens Temperatur er meget over 200° (hvilket svarer til 15^{at} Tryk, naar Dampen er mættet⁵⁾) og ikke til stærkt overhedet Damp (man heder indtil 400°). Se ogsaa § 480.

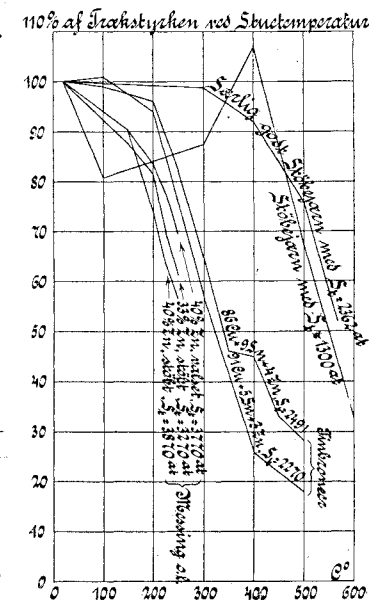


Fig. 246^{o)}.

¹⁾ Baade Gørtlere og andre kalder dog ofte den alm. Maskinbronzese for Rødgods og bruger kun Betegnelsen Bronzese for de tinnrige Lejelegeringer. Metal er en Fællesbetegnelse for Bronzese og Rødgods.

²⁾ Til disse Genstande hører ogsaa Statuer og andre Kunstsager.

³⁾ Om amerikanske Forsøg med forskellige Legeringer se I. M. 1912, VII, 1.

⁴⁾ Den nøjagtige Sammensætning var:

91,35 à 94,49 Cu + 5,45 à 5,50 Sn + 2,75 à 2,87 Zn + 0,273 à 0,280 Pb + 0,025 à 0,030 Fe og 85,95 à 87,00 Cu + 8,88 à 9,75 Sn + 3,64 à 4,30 Zn + 0,350 à 0,498 Pb + 0,036 à 0,090 Fe + 0,015 à 0,040 P. I normal Temperatur var Styrkeforholdene henholdsvis: $S_t = 2395$ at, $\phi_{11,3} = 36,3\%$, $\phi = 52,1\%$ og $S_t = 2491$ at, $\phi_{11,3} = 17,4\%$, $\phi = 22,5\%$. Ved Overtrækning i normal Temperatur fik Stængerne en ujævn Overflade (§ 32), ved højere Temperaturer blev Fænomenet mindre udpræget, og ved 400° forsvandt det ganske.

⁵⁾ Den franske Marine forbyder Brugen af Tinbronzese, naar Damptrykket er over 15 at.

⁶⁾ For den svageste Tinbronzese er S fejlagtig angivet til 2270 i Stedet for til 2395 at. De to Bronzese er henholdsvis den kobberfattigste og den kobberrigeste, som den tyske Krigsmarine bruger (§ 685).

Endvidere bruges Fosforbronze til Genstande som er udsatte for kemiske Angreb, som Torpedoer, Skibsskruer og Skibsplader.

Støbegods af Fosforbronze kan ligesom alm. Bronzegods indeholde store Zinkmængder, men som Regel er det zinkfrit med ca. 10% Tin, har altsaa Kanonbronzens Sammensætning.

Til Belysning af Styrkeforholdene anføres:

Støbegods	St = ca. 2400 at
Udvalset Materiale	St = 7000—10000 at
do. do. udglødet	St = 3500—4000 at, $\delta = 37-46\%$

690. Den tyske Krigsmarine forlanger af Fosforbronze til Undervandsdele af Torpedoarmeringen og til Vinger i Centrifugalpumper Sammensætningen: 89 Cu + 10 Sn + 1 Fosforkobber (med 10% P) samt FGt = 1000 at, St = 2000 at, $\delta_{11,3} = 15\%$, $v = 45^\circ$ (se § 649), en anden Bronze, der bruges paa lignende Maade samt til Ventilkegler, skal have Sammensætningen: 87 Cu + 12 Sn + 1 Fosforkobber (med 10% P) og FGt = 1000 at, St = 2000 at, $\delta_{11,3} = 12\%$, $v = 12^\circ$.

De danske Statsbaner anvender 88 Kobber + 10 Bangkatin + 2 Fosforkobber (med 5% P) til Beslag i 1ste Klasses Kupeer, Laase og Dørgreb samt til Lokomotivernes Haner, Ventiler og Smørevaser samt til Flanger for Kobberør. Kobberindholdet maa højst afvige +2% Tinindholdet +1%, og der maa højst være 1% af andre Stoffer. Samme Legering bruges til Beslagdelene i københavnske Sporvogne. Om Lejebronzer se § 699.

691. Krupps Staalbronze til Skibsskruer m. m. er vistnok en Fosforbronze; den fremstilles i 3 Kvaliteter:

Blød	St = 5100 at	$\delta = 3\%$	$\varphi = 32\%$
Haard	St = 5800 at	$\delta = 16\%$	$\varphi = 18\%$
Mærke L. D.	St = 7400 at	$\delta = 19\%$	$\varphi = 19\%$

692. Siliciumbronze bruges langt sjældnere end Fosforbronze og næsten kun til Telegraf- og Telefontraad og Ledningstraad for elektriske Sporveje. Den maa kun indeholde Spor af Si, da dette i høj Grad nedsætter Ledevnen. Se iøvrigt § 675.

Mangan-Tinbronze, bestaaende af 94,5—95,5% Cu, 4—4,5% Sn, 0,5—1 Mn% og højst 1% fremmede Stoffer, bruges af Statsbanerne til Sidesøjtebolte i Lokomotivkedler. Der fordres St = 3000 at, $\delta = 40\%$, $\varphi = 65\%$ ved alle Temperaturer mellem 20 og 200°. Til Tapstøttebolte bruges blødt Staal.

2. Bronzer uden Tin.

a. Aluminiumbronze.

693. Aluminium forøger i højere Grad end Tin Kobberets Haardhed og Styrke¹⁾, og samtidig er de kobberrige Aluminiumbronzer langt seigere end Kobber²⁾, men Seigheden aftager hurtigt igen, efterhaanden som Aluminiumindholdet vokser, og Bronzer med over 10% Al er for skøre til at kunne bruges.

De Legeringer, der finder Anvendelse, indeholder 3—10% Al. De er ligesom Fosforbronze smedelige i Rødglødhede³⁾, og da de har en smuk gylden Farve⁴⁾ og lader sig polere meget blanke, bruges de til Kunstsmearbejde og under-

¹⁾ For støbt Neuhausener Aluminiumbronze angiver Tetmajer:

Al %	5,5	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5
St at	4400	5000	5750	6200	6400	6800	8000
$\delta\%$	64,0	52,5	32,0	19,0	11,0	1,0	0,5

Efter amerikanske Forsøg er Bronzerne meget modstandsdygtige mod Vibrationer. Om Egen-spændinger se § 645.

Aluminiumbronze taaler ikke saa høje Temperaturer som Tinbronze, allerede mellem 80 og 150° lider den et stort Tab i Styrke.

²⁾ Paa Aarhusudstillingen 1909 udstillede A/s Nordiske Kabel- og Traadfabrikker et Par Buster, hver for sig drevne af en plan Plade.

³⁾ Smedningen forøger Styrken; for oversmedet Bronze med 8% Al har man fundet: FGt = 6000 at, St = 8000 at, $\delta = 20\%$.

⁴⁾ Med 5—7% Al er Farven som Guldets, og saadanne Legeringer bruges meget til Kunstgenstande, med 7—15 Al er Farven gullig, med 15—20% sølvhvid og med over 20% blaalighvid. Den 10% Legering har Vf. 7,6.

tiden til Vaabendele. Endvidere bruges de til Traad (§ 676) og Blik, mens de er mindre egnede til Støbegods (§ 694).

Aluminiumbronzerne staar sig bedre end de tilsvarende Tinbronzer mod Salte, Syrer og Søvand og bruges derfor til Skibsforhudning¹⁾. Ferskt Vand angriber stærkere end Søvand; til Beklædning af Husfaçader bruges Blik med 10% Al, hvis Udseende hurtigt bliver grimt, hvis Blikket ikke ferniseres.

Om Aluminium legeret med smaa Kobbermængder se § 620.

694. Støbelighed. Aluminiumet reducerer fuldstændig Kobberforiltet, og Aluminiumbronze taaler derfor bedre end Tinbronze Omsmeltning, men det dannede Aluminiumilte gør selv Skade (§ 638), og man maa saa vidt muligt hindre den smeltede Legering i at ilte sig og hindre, at Overfladens Iltehinde blandes ned i Legeringen. En Titantilsætning virker i høj Grad rensende. Smeltepunktet ligger ved 1100° (10% Al).

Legeringerne seigrer ikke og bliver derfor homogenere end andre Bronzer. I støbt Tilstand bruges de til smaa Maskindele, der skal være stærkere og haardere, end de bliver ved at fremstilles af Tinbronze, derimod ikke til store Genstande, thi disse bliver gerne utætte, fordi Aluminiumbronze svinder dobbelt saa meget som Tinbronze med samme Kobberindhold; Aluminiumbronzes lineære Svind er 1,8—2%. Til hydrauliske Cylindre egner Legeringen sig ikke af den i § 638 nævnte Grund. Som Lejemetal bruges undertiden 10% ig Aluminiumbronze med Vf. 7,65, St = 50—6500 at, $\delta = 10-20\%$.

b. Manganbronze.

695. Manganbronze indeholder gerne 3—6% Mangan, der virker paa samme Maade som Aluminium. Den egner sig ligesom Aluminiumbronze til Smedebrug²⁾ og bruges ogsaa til Støbegods, skønt Manganet hæver Kobberets Smeltepunkt, og Godsets Svind foranlediger store Egenspændinger.

Manganbronzen udmærker sig navnlig ved at bevare sin Styrke i forholdsvis høje Temperaturer (Fig. 146) og har derfor til Trods for Manganets høje Pris (Manganbronze er ca. 4 Gange saa dyr som Tinbronze) i de senere Aar fundet stigende Anvendelse til Støttebolte i Lokomotivkedler, hvortil en Bronze med 5—6% Mn egner sig bedst.

Den franske Marine anvender Manganbronze ved Dampspændinger over 15 at (197°). I tyske Undervandsbaadsmotorer brugtes den for at forringe Vægten.

For valset Manganbronze har Rudeloff fundet:

Mn i %	FGt at	St at	$\delta_{90}\%$	$\varphi\%$	Et at
3,2	1360	2910	37,6	67,7	1190000
5,35		3590	40,0	72,7	
7,3		3540	34,2	66,7	
9,4		3250	37,1	69,8	
13,5	1400	3570	30,9	43,7	940000

Styrkens Variation med Temperaturen for den første og den sidste af disse Bronzer er vist paa Fig. 146. For støbt Manganbronze angives: St = 2550 at, $\delta = 19\%$.

Bethlehem Steel Company fremstiller to smedelige Manganbronzer, en blød med St = 4200 at og en haard med St = 5340 at. Undertiden tilsættes halvt saa meget Aluminium som Mangan. En saadan Bronze fra Isabellahütte til Støbning af Stopbøsninger og lignende Dele for Dampmaskiner til overhødet Damp havde

ved 15°	St = 2600 at	$\delta = 9\%$
» 300°	St = 2570 at	$\delta = 14\%$

Om Parsons Manganbronze se § 662,1.

c. Nikkelbronze.

696. Nikkel-Kobber-Legeringerne er meget lyse; saaledes indeholder de tyske, belgiske brasilianske og nordamerikanske Nikkelmønter kun 25% Nikkel, mens Resten er Kobber. Legeringerne er meget haarde, i Særdeleshed Møntlegeringen; Prægningen er derfor vanskelig, men

¹⁾ Samt til danske, fint justerede, pladeformede Vægtlodder (for Apotekere, Guldsmede m. m.) paa 500 til 10 Milligram.

²⁾ 9% ig Manganbronze kan endnu udvales.

Mønterne bliver til Gengæld slidfaste og lader sig vanskeligt eftergøre. Den samme Legering (20—25% Ni) bruges til danske Vægtlodder, der skal justeres fint. Af andre Legeringer skal nævnes **Saltvandsbrønde** (45% Cu + 33% Ni + Sn + Zn + Bi), der i særlig Grad taaler Havvand, **Konstantan** (50-60 Cu + 50-40 Ni) og **Manganin** (84-86 Cu + 12 Mn + 4-2 Ni, Vt. 8,3), der begge bruges til elektriske Modstande. Det amerikanske **Monellmetal**, der af *Oxford Copper Co.* udsmeltes direkte af Malmene, indeholder 70 Ni + 29 Cu + 1 Fe, kan baade støbes, smedes og trækkes og er meget syre- og alkalifast. For støbt Materiale angives $FG = 3000$, $St = 6500$ at, $\delta = 45\%$, for varmt valset $FG = 4630$, $St = 6850$ at, $\delta = 40\%$, og en Opvarmning til 550° sænker kun FG til 3700. Smeltepunkt 1360° . Navnet bruges imidlertid ogsaa for Legeringer af anden Sammensætning; den amerikanske Liste over Standard-Legeringer angiver saaledes 60 Ni + 40 Cu. I Leveringsbetingelser for Støbegods finder man som Minimalværdier $FG = 22-2500$, $St = 41-4800$, $\delta = 25\%$ og for Stænger, Rør o. lign. $FG = 3500$, $St = 5600$, $\delta = 10\%$. Blandt mange Anvendelser skal nævnes Krigsskibsskruer (68 Ni + 30,5 Cu + 1,5 Fe) og Traaddug til Papirmaskiner.

Fig. 247 viser Nikkel-Kobber-Legeringernes Tilstandsdiagram (efter *Hanemann*) i Analogi med Fig. 108. Samtlige Legeringer bestaar af ensartede Blandingskrystaller, hvis Sammensætning er Legeringens (β -Krystaller); dog vil der i Legeringer med over 55% Ni foregaa en Omkrystallisation under Afkølingen, hvorved de umagnetiske β -Krystaller helt eller delvis omdannes til magnetiske α -Krystaller. Omkrystallisationstemperaturen stiger fra 0° ved 55% Ni til 320° ved 100% Ni.

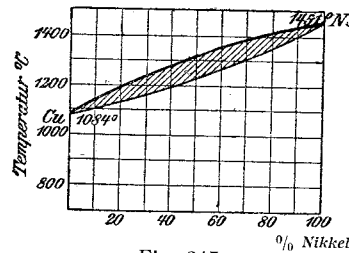


Fig. 247.

IX. Lejemetaller.

A. Egenskaber og Prøvning.

697. Friktion mellem smurte Flader. Et vel tilpasset og vel smurt Lejes Funktionering er uafhængig af Lejemetallet. Friktionen afhænger kun af Smøremidlet, idet dette fuldstændig adskiller Tap og Pande. Friktionens Størrelse er lig med den Kraft, der bringer det ved Tappen hæftende Fedtlag til at glide paa det ved Panden hæftende¹⁾. Disse Forhold ændres, hvis Smørelsen presses ud af Lejet, og dette vil ske saafremt Lejetrykket overstiger en vis af Rotationshastigheden og Smøremidlets Viskositet (Flydenhed) afhængig Værdi.

Efter *Reynolds* Teori vil en Vædskehindes Evne til at bære være omvendt proportional med Tykkelsens Kvadrat; tynde Oliehinder har ved Forsøg vist sig at kunne bære indtil 650 at uden at presses ud. Selv en Lufthinde kan bære, naar Rotationen er meget hastig. *Kingsbury* lod Tap og Pande i et usmurt Leje indgaa som Led af en Ringeledning; ved langsom Gang ringede Klokken, og man hørte Panden skrabe paa Lejet, men ved hurtigere Gang ophørte denne Lyd, og Klokken tav, som Følge af at Tap og Pande nu var helt adskilte af Lufthinden. Smøremidlets Viskositet vokser med Trykket, og ved store Tryk maa der derfor bruges tyktflydende eller faste Smøremidler, ellers presses Smørelsen ud²⁾.

698. Friktion mellem usmurt Flader. Selv om Smørelsens Viskositet er passende, kan der ske en lokal eller momentan Udpresning. Et nyt Leje passer aldrig helt til Akslen, i Begyndelsen hviler denne kun paa enkelte Punkter, i hvilke Trykket da stiger saa stærkt, at Smørelsen presses ud, indtil de paagældende Forhøjninger er slidt bort. Lignende lokale Trykstigninger kan ogsaa indtræde senere, hvis Akslen slaar i Lejet, eller hvis der kommer Sandskorn ind i dette.

¹⁾ Om Lejefriktionens Størrelse se *T. F. T.* 1915, S. 167 (*Holstein*).

²⁾ Den ringe Friktion ved Skøjteløbning skyldes en Vandhinde, der danner sig under Skøjtens Tryk og atter fryser, naar dette ophører (*T. F. T.* 1918, S. 78).

Naar Smørelsen presses ud, kommer Tap og Pande til at slide paa hinanden, og Pandemetallets Egenskaber faar da Betydning. Naar to usmurt Metalflader glider paa hinanden, er Friktionen pr. cm^2 lig $f \cdot \sigma$, hvor σ er Trykket i at, mens f er Friktionskoefficienten. Saalænge σ er lavere end en vis kritisk Værdi, er f paa det nærmeste konstant, men naar denne Værdi overskrides, vokser f overordentligt stærkt, samtidig med at den stærke Afslibning begynder. Den kritiske Værdi af σ vokser med Metallets Haardhed, og denne bør derfor staa i et passende Forhold til Lejetrykket. Jo haardere Metallet er, des mindre slides det, men des lettere løber det varmt og angriber Akslen; navnlig i Begyndelsen, inden Fladerne har slidt sig sammen, spiller Lejemetallets Egenskaber en vigtig Rolle; er Lejemetallet haardt (Bronze), sker Tilpasningen alene ved en Afslibning, mens der hos de blødere Metaller tillige sker en Flydning, hvorved Panden former sig efter Tappen; jo mindre Tap og Pande angribes under denne Flydning, des bedre egner Metallet sig til Lejemetal.

699. Prøvning af Lejemetaller. At Haardheden er tilstrækkelig stor kan paavises ved en Kugletrykpøve; Prøvelegemet maa ikke være for lille (ved 10 mm Kugle og 2-500 kg Tryk mindst $15 \cdot 15 \cdot 6$ mm), og Trykket maa ikke virke for kort Tid (mindst 3 Min.); Haardheden stiger med Afkølingshastigheden; for Antifriktionsmetallerne findes gerne $P_{0,05} = 17-30$, mens den for Bronze kan stige til 136 (§ 254). Eet og samme Prøvelegeme kan give forskellige Haardhedstal, eftersom Kuglen træffer haarde eller bløde Korn (Fig. 248). At Seigheden er tilstrækkelig kan paavises ved alm. Trykforsøg med Smaacylindre, idet man maaler Spænding og Sammentrykning dels ved Flydegrænsen dels ved Revnelasten. Skal Metallet bruges i høj Temperatur, bør det prøves i denne; mange Antifriktionsmetaller indeholder Eutektika, der smelter ved ca. 180° , og som udpreses i Draabeform, naar Tryk og Temperatur er tilstrækkelig høje.

Slidfastheden kan prøves paa *Derihons* Mølle (Fig. 249), idet Prøvelegemet indsættes i Fatningen V, der med et konstant Tryk presses mod den polerede Rand af en roterende Staaalskive O, der dypper ned i Olie.

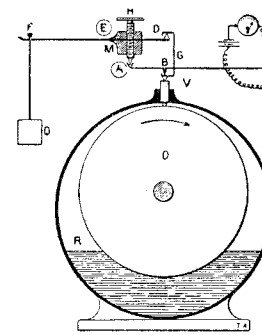


Fig. 249.

De viste Vægtstænger, der tjener til at holde Trykket konstant og maale Sliddet, skal ikke omtales nærmere her. Efter et vist Antal Omdrejninger bestemmes Prøvestykkets Slidtab ved Vejning eller Maaling. Ved Forsøg af denne Art viser det sig, at Slidfastheden ikke staa i noget simpelt Forhold til Haardheden, men at en passende Seighed forøger den. Ved Forsøg med Tinbrønde fandt *Portevin & Nusbaumer* (*J. M.* 1912, III, 4), at Slidfastheden forringes, naar Tinindholdet stiger fra 6 til 10% , og navnlig forringes, naar dette overstiger 10% ; Forringelsen er særlig stor, naar Trykket er stort. Ogsaa Fosforbrønde Slidfasthed aftog med voksende Tinmængde, men Fosforet har en egaliserende Virkning, forøger de tinriges og formindsker de tinfattiges Slidfasthed, saaledes at Tinprocenten ikke faar saa meget at sige. Naar Bronzen afkøledes i Vand fra 700° , forøgedes Slidfastheden stærkt.

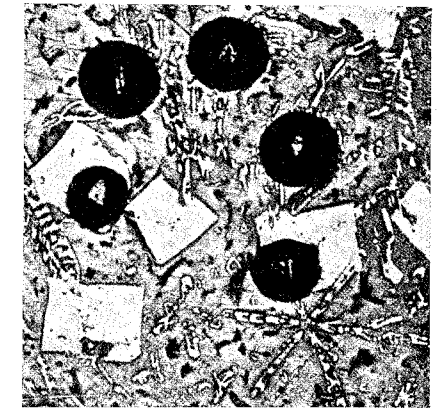


Fig. 248. Kugleindtryk i kobberholdigt Antimontin (§ 708). De hvide Firkanter (Sb Sn) og hvide Stængler (Cu_3Sn eller Cu Sb_2) er haarde, den graa Grundmasse er blød. 50 Gange forstørret. Efter *Reinglass: Legerungen*.

B. De almindeligste Lejemetaller.

700. Oversigt. I Maskinbygningens første Tider, da man endnu brugte tykke Træaksler med Jærntapper, var Lejerne af **Pokkenholt** eller hærdet Staal, og Pokkenholdt anvendes endnu til Lejer under Vand. Lejer af hærdet

Svejselighed 157, 202, 204-5, 266-71 §
Svejsestaal, se Staal
Svejssteders Styrke 268
Svejsning, autogen 270, 465, Bernados 271, elektrisk 269, 271, 465, i Lysbue 271, med Thermit 616, Slavianoffs 271
Svensk Staal, se Staal
Svinefedt 519
Svingningsstyrke 296-300
Svovl og Jern 106, 108, 121, 204, 517
Svovltryk 221
Søjl af Støbejern 134-6, af Staal 305, 314, 406-9, 461, 464
Søjlestyrke 68, 314
Søjlevirkning i Bjælker .. 81-2
Sølpapir, se Stanniol
Søm, se smedeligt Jern
Sømetal 660

T

T-Jern, se smedeligt Jern
Tackjern 104
Tagblik 240, 412-4, 569, 570, 582, 587, 589, 597, 607
Tagmaling 544
Tagrender 589, 607
Talg 519
Taloner 320
Tamtams 686
Tandhjul .. 494, 662, 686, 689
Taylor-White-Staal, se Staal
Telefonkabler 581
Telefon- og Telegraftraad, se Traad
Tempergods 156
Temperaturindflydelse ved Slagforsøg 98, 303
Temperkul 224, 237, 155
Terpentinolie 529
Terpentinolielak .. 553, 555, 557
Tetmajers Kvalitetstal 47
Thermit 616
Thomasstaal, se Staal
Tilladelig Spænding for
Blyrør 577
Bronze 670
Kobber 600
Kæder 451, 447
smedeligt Jern 313-4
Støbejern 133, 141
Tjørør 634
Tovværk, Traad 443-4, 435, 438, 605
Tilslag ved Jernfremstilling 106, 112, 176
Tin 628-34, i Messing 600
Tin-Bly-Legeringer 576
Tinbronze 666-92, 701-2
Tinius Olsens Provemaskine 12
Tinpest 628
Tinpletter 667
Tinsten 628
Titan i Støbejern 112
Titanhvidt 541
Tjære, se Kultjære og Træjtjære
Tjærebeton 144
Tjærefernis 556
Tobinbronze 663

Tombak 652
Torsionskoefficient 428

Tovværk

Albertslag 436
Arbejdslinie 25
Brokabler .. 423-4, 436, 438
Bronzetraads Tove 675
Dimensionering 443
Dukt 436
Elevator, se Hejsetove
Hampetove 435
hampeklædt 438
Hejsetove 421, 423-4, 435-8, 442-4
Jerntraadstove 240, 275, 421 -4, 435-44
kabelslaaet 438
Kordel 438
Krydsslag 436
Langs Patent 436
Liner 423-4, 437
Luftbaner 438, 441
lukkede Tove 438
Manillahamp 435
Part 436
Sjæl 436
Skibstove .. 240, 424, 436-9
special flexible 437
Staaltraadstove, se Jerntraadstove
tilladelig Spænding, se dette
Transmissionstove 423-4, 435 -6, 438, 441

Traad

af Aluminium 623
» Aluminium - Magnium 627
» Bly 583
» Bronze 673-7
» Deltametal 661
» Duranametal 663
« Jern 290-1, 275, 310, 317, 396, 421-45
» Kobber 599, 601-6
» Magnium 624
» Magnium - Aluminium 623
» Messing 652-4, 645
» Monellmetal 696
» Nikkel 635
» Nysølv 656
» Staal, se Jern
» Svejsjern .. 317, 423-4
» Tin 634
» Tombak 652
» Zink 589
Armatruraad 421, 423-4
Bejtsning 421
Bejtseskørlighed 275
Bimetaltraad 601
Bindetraad .. 421, 433, 583
Blomstertraad 421
Dessintraad 426
Dobbelbronzetraad 676
Egenspændinger 285
elektrisk Ledeevn 421
Façontraad 426
Flasketraad 421
Fletværk 445, 421
Forzinkning 562
Hegnstraad 431-2, 562
Hærdning 424
Kabeltraad 273, 293
Klavertraad 240, 421

Traad

Kornform 210-12
Kæder 449
Leveringsbetingelser, se dette
Mikrostruktur ... 210-2, 441
Nikkelintraad 656
Pigtraad 445
Plovstaaltraad 424, 441
Profiltraad 426
Prøvning 303, 427-30, 432-4, 439

Rustangreb 421
Styrke 424, 562
Telefon- og Telegraftraad 431, 433-4, 562, 589, 601-6, 674 -7, 692
tilladelig Spænding se dette
Trolleytraad 603, 605, 692, 433
Træthedbrud 293
Udglødning 290-1, 421
Valsetraad 210, 421, 432
Vægtfylde 421
Traadet Struktur, se Svejsjern, senet
Traadfletværk, se Traad
Traadlærer 425
Traadstifter 421
Traadstove, se Tovværk
Traadvæv, se Traadfletværk
Trolleytraad, se Traad
Troosit 230, 232
Trukne Rør, se Rør
Trussit 416
Trykforsøg 60-72
Tryk, flersidigt 70-2
Trykprøvelegemers Form 68-9
Trykstyrke 68
Trækforsøg 4, 25-59, 94-5, 427, 318
Trækprøvelegemers Fremstilling 319-21
Trækstyrke 25, 30, 35, 50-2, 278 -80, 293, 301

Trækulsjern, se Jern
Træskruer 240, 421, 423
Træthedbrud 293
Træjtjære 524
Tungspat 533
Tungsten, se Volfram
Tværforkortelse 39, 84
Tværudvidelse 39, 61, 84
Typer 576
Tærningstyrke 64-5, 68
Tæthed hos Metaller 223
Tøndeplader, se Plader
Tørrelse, se Sikkativ

U

U-Jern, se smedeligt Jern
Uchatiusbronze 686
Uchatiusstaal, se Staal
Udglødning 596, se smedel. J.
Udmattelsesbrud 293
Udsmedningsprøve, se Smedeprøver
Udsvingstyrke 299
Ultramarin 542
Undereutektisk 227, 235
Underlagsplader, se Plader
Unions, se Rør-Muffekoblinger
Universaljern, se Plader, kantvalsede
Universalvalseværk 406

V og W

Wachwitzmetal 412, 607
Valsede Rør, se Rør
Valseemner 402
Valsespændinger 277
Valsetraad, se Traad
Valsning, se Smedning
Valsning af Skinner 485
Vanadiumstaal, se Staal
Vandrør, se Rør
Vandsække 552
Varighedsforsøg .. 295-300, 603
Varmeudvidelse 306
Vaselin 519
Venetiansk rødt 542
Werders Maskine 16
Vickers Overfladehærdning 170
Widmannstättensk Struktur 264
Vignoleskinner 484
Vingostaal, se Staal

§

Vinkeljern, se smedeligt J. §
Virkelig Spænding 30
Virkningsvinkel 64
Viserapparater 21
Vognlak 557
Volframium 676
Volfram-Kobber-Zink-Aluminium 676
Volframstaal, se Staal
Woods Metal 440
Vortejern, se smedeligt Jern
Vorteplader, se Plader
Vridningsprøver 428
Vulstjern, se smedeligt Jern
Vægtfylde af spændte Met. 39
Vålljern 104
Værktøjsstaal, se Staal

Y

Yellowmetal, se Muntzmetal

Z

Zaponlak 558
Z-Jern, se smedeligt Jern
Zink 585-9, 412, 687
Zink-Aluminium 621
Zinkbeskyttere 501
Zinkblende 585
Zinkcementer 563
Zinkhvidt 540
Zink-Kobber-Legeringer 644-64
Zinkspat 585
Zoncafarge 544, 547
Zores-Jern, se smedeligt Jern

Æ

Ætsning 215
Ætseprøver, se smedeligt Jern
Ætsfigurer 206