

TECHNOLOGIE KOVOVÉHO PRŮMYSLU.

KNIHA I.



Jnv.
ČS 15695

NAUKA O MATERIÁLU.

NAPSAL

PROF. ING. ERNEST SVOBODA

PŘI ČESKÉ STÁTNÍ PRŮMYSLOVÉ ŠKOLE V PLZNI.



S 30 OBRAZCI V TEXTU A 5 TABULKAMI.



K II 15695

V PRAZE
NÁKLADEM ČESKÉ GRAFICKÉ AKC. SPOLEČNOSTI „UNIE“
1911.

Veškerá práva jsou vyhrazena.

Tiskem „Unie“ v Praze.

ÚVODEM.

Technologie jest praktickou vědou obecnou, zabývající se pravidly či normami správné a účelné práce hmotové, se kterou se všude v průmyslu, setkáváme.

Práci hmotovou rozumí se tu ona, jež se koná na hmotě a při níž, po rozumu technologie, theorie, praxe a hospodářství na vzájem se doplňují.

Z nauk přírodních je povědomo, že každá hmota zaujímá v určitém čase v prostoru určité místo, že má určitý zevní tvar a určitou hmotovou podstatu; zkušenost oproti tomu učí, že každé hmoty lze se zmocnit, jinam ji dopravit a její vnější tvar i vnitřní podstatu měnit.

Tím dospíváme k technologiím zvláštním, speciálním, jako jsou: *technologie dopravy, mechanická a chemická.*

V technologii touto knihou započaté, pojednává se o změnách vnějšího tvaru hmot v průmyslu kovovém užívaných a s tím spojených pracích, k nimž zapotřebí určité síly vnější, tak zvané mechanické, která mimo ony hmoty se nalézá a v ně prostřednictvím nástrojů účinkuje; proto technologie kovového průmyslu jest částí obecné *technologie mechanické.*

K správnému pochopení a dokonalému porozumění této technologie jest v prvé řadě nezbytno seznati technické vlastnosti hmot v kovovém průmyslu užívaných, částečně i jejich způsoby dobývání a výroby, v řadě druhé poznati různé nástroje v jejich složení, úpravě a účinku; tím současně vzniká další rozčlenění sem spadající obšírné látky v nauku o materiálu a nauku o nástrojích.

Zmíněná práce hmotová, konaná dle určitých zákonů a pravidel, poskytuje i zákonitý výsledek, který v průmyslu nazýváme výrobkem či towarem.

V technologii kovového průmyslu připadá největší úkol železu, které průběhem tisíciletí stalo se pro lidstvo kovem nepostradatelným; bez železa nelze si ani dnešní kulturní vyspělost lidstva představit.

Uhlí a železo jsou první činitelé života průmyslového, vývoj jejich dobývání a praktického využití jsou vlastně dějiny živnostenského rozvoje.



Železem umožněna čilá doprava přes souš i moře, železem přenášíme bleskurychle slovo do dálky, železem předeme a tkáme chránící nás oděv, ořeme plodnou půdu, meleme dozrálé žito, dobýváme a zpracujeme nerostné poklady země; ba robíme z něho i hrozné zbraně, jimiž v kratičké době ničí se vše, co neúnavná píle průmyslová za dlouhý čas vytvořila.

Tato všestrannost v použití železa má svůj původ v jeho široce měnitelných vlastnostech, v bohatství železných rud v přírodě a ve snadnosti, s jakou sur. železo z nich se dobývá.

Dle výpočtu přírodopytce C l a r k e - a obsahuje kůra zemská 25·3% křemíku, 7·26% hliníku, 5·08% železa, 3·51% vápníku a 0·21% uhlíku.

Cena ročně z rud vytaveného sur. železa jest více než 1·5-násobná a cena z něho vyrobeného železa kujného a oceli více než 5·5-násobná roční světové těžby zlata a stříbra; lze ji pak odhadovati při železe surovém na 3·3, při ostatních výrobcích na 12 miliard ročně.

Technologie kovového průmyslu jest po velké části *technologii železa* a průmysl železářský jest ze všech průmyslových odvětví nejdůležitější; železo a uhlí ovládají svět.

Technologie tímto svazkem započatá, práce to mnohaletá v cizině i doma, rozdělena v tyto oddíly:

I. Technické železo.

II. Kovy technicky důležité a jich slitiny,
které tvoří knihu prvou, pojednávající o materialu.

III. Slevání kovů,
jež bude tvořiti knihu druhou*), po ní dojde na

IV. Zpracování kovů na základě tvarebnosti
(kování, válení, lisování, tažení).

V. Ruční zrábění kovů.

VI. Zráběcí stroje na kovy.

Dílo psáno jest pro potřebu strojnických inženýrů.

V PLZNI, v září 1910.

Ing. Ernest Svoboda.

*) Oddíl III., obsahující slevárnictví, jest již k tisku připraven.

Oddíl I.

Technické železo.



I. Historie železa.

Kdo po prvé železo z rud dobýval, není známo; u všech starých národů jeho objev spadá do doby předhistorické a propleten jest mythologií. Tvrzení archeologů, že dobu železnou předcházela doba bronzová, zdá se býti sporné z různých důvodů technických. Pravděpodobnější tvrzení jest to, že se vyskytlo současně s mědí, ačkoli tato v přírodě častěji v podobě ryzí se nalézá, kdežto při železe tento stav jest zvláštností.

Rudy železné, mající zcela nepatrnou podobu s kovem, byly již za dávných dob misty velmi hojné a snadno přístupné, staří pak znali kovové železo z nich dobývati; dle dnešních vědomostí byly to chudě uhlikaté ocele, a tvrdé kujné železo, jichž výroba z určitých druhů rud jest velmi jednoduchá, nevyžadujíc hlubších znalostí metallurgických*).

Již v knihách Mojžíšových (*Mos. I. 4. 22.*) činí se zmínka o železe a uvádí se Tubalkain 3000 před Kr. jako zkušený pracovník v rudách i železe; toto místo, jakož i různé předměty železné, nalezené v hrobkách královských dokazují, že Egypťané výrobu železa znali a ji patrně od Foiničanů se naučili.

U Homera (asi 1015 před Kr.) nalézáme železo jako kov pro průmysl a orbu důležitý a udává se tam jeho *kalitelnost*. Dle sdělení Hesioda (asi 800 před Kr.), který dle vlastní zprávy žil v době železné, užívali Egypťané při stavbě pyramid nástrojů železných. Aristoteles (330 před Kr.) vypravuje, že ve *Skythii* výběrné železo robili z písku říčního**).

V Itálii dobýváno železo již před založením Říma, jak toho dokladem jsou nálezy z doby předetruskické; za doby římské světovlády hojně užíváno a to jak pro výzbroj vojska, tak i k výrobě náradí k zpracování půdy; dle historiků bylo to železo ze *Štyrska*.

Železné jámy na *Elbě* a v zemích *alpských* (*norické železo*) vynikaly již 400 let před Kr.; zkouňovaly se tu v krajinách lesnatých železné rudy bohaté železem na otevřených výhních na kujné železo a tím vznikl cech

*) Divocí národové centrálné Afriky znají buď jen nástroje z tvrdého dřeva a kamene anebo povědoma jest jim výroba železa, měď jest jim však neznáma. K dobývání železného vlku z rud stačí teplota 700—800° a z něho dá se postupným kováním a svářením dobýtí čistší kujné železo.

**) Podobný železný písek nalezen v poslední době v Japau a obsahuje 80—90% železa.



lesních kovářů. Tento způsob výroby trval na mnohých místech až pozdě do středověku, jím byla *prvá perioda* v rozvoji železářství ukončena.

Pro *druhou periodu* jest příznačným *foukání* vzduchu do pecí; výhně pozměnily se ve vyšší pece *kusové* či *vlčí* a tím vznikly nízké šachtovky, které předcházely *pecem vysokým*; k pohonu dmychadel užíváno vodních sil a proto železářny zakládány v údolích na vodotocích.

Zde sluší zmíniti se o cechovním železářství s přísnými regulemi v bývalém vévodství *Nassavském* v Německu, v poříčí řek Sieg a Lahn, kde hory poskytovaly výborné rudy podnes hledané (*Siegerland*), lesy na nich dřevěné uhlí a říčky z nich vyvěrající, provozovací sílu; sem patří i náš bývalý železářský průmysl na *Rokycaňsku*, kde již roku 1473, jak v letopisech zaznamenáno, *Strašice* na *Klabavce* kromě jiných tří částí, skládaly se také z městečka se železnými hutěmi.

Agricola, praotec dnešní metallurgie (*De re metallica* 1561), surové železo již znal, jeho výrobu popisuje, ale zvláštního jména proň neměl.

Vytavování železa z rud chudších, tížeji redukovatelných, vyžadujících vyšší teploty, vedlo k pecem šachtovým, jež nazvány vysokými; *vysoká pec* vznikla v XIV. století v Německu a za palivo sloužilo dřevěné uhlí, odtud rozšířila se do Francie a Švédska, Anglie i Ruska. V roce 1300 pracovaly již vysoké pece na Harzu a v Elsasku; za *Karla IX.* (1600 až 1607) povolání do Švédska *Francouzi* a *Valoni*, za *Gustava Adolfa* (1611—1632) Němci, a byla zde výroba surového železa ve velikém rozkvětu a dokonalosti.

Třetí a poslední *perioda* počíná koncem století XVIII. a dokonána ve 100 letech, v ní *zkušenost* a *věda* vzájemně se pojí a doplňují; hlavní mezníky této peridy krátce zde vytčeny, ku mnohým později bude blíže přihlédnuto.

- 1722. *Réaumur*, cementování švédského železa.
- 1740. *Abraham Darby*, vysoká pec na kok v *Coalbrokedallu*.
- 1750. *Huntsman*, kelímková ocel.
- 1760. *Smeaton*, válcové železné dmychadlo.
- 1769. *Watt*, parní stroja tím dán podnět ku zakládání vysokých pecí ve středu rudných a uhelných ložisek.
- 1784. *Cort a Parnell*, puddlování kujného železa v peci plamenné.
- 1785. *W. Wilkinson* postavil první kontinentální vysokou pec na kok v *Creusot-u* ve Francii a
- 1796. na radu bratra jeho postavil hrabě *Reden* první vysokou pec na kok v *Gleiwitz* v pruském Slezsku.
- 1790. *Wilkinson* zavedl ku přetavování surového železa kuplovnu.
- 1820. *Birkinshaw* zavedl válení kolejnic pro železnici.
- 1829. Založeny železářny *vítkovické* arcivévodou *Rudolfem*, arcibiskupem v *Olomouci*, a povolání tam angličtí puddlaři. *Neilson* zavedl foukání horkého větru do vysoké pece.

1831. Postavena první vysoká pec na kok ve Vítkovicích.
1835. Zavedeno puddlování oceli v Korutanech.
1837. Ve Vítkovicích válen první tuzemský železniční materiál pro severní dráhu.
1839. Fabre du Faur užil kychtového plynu k ohřívání větru. Nasmyth parní kladivo.
1842. Ve Štyrsku (sv. Štěpán) užito plynového topení pro puddlovny.
1855. Bessemer provedl zkujňování sur. železa větrem v konvertoru.
1856. Siemens vynalezl regenerativní plynové topení.
1860. Haswell zavedl do praxe kováč lis ve Vídni.
1865. Bratři Martin-ové zkujnili sur. železo v peci plamenné.
1867. Lürmann zavedl při vysoké peci struskovou formu.
1878. Thomas a Gilchrist zkujnili fosforaté sur. železo v konvertoru.
1890. Siemens-Martin-ův materiál užít v podobě konstruktivního materiálu řačnového (ocelová litina).
1900. Využitkování kychtového plynu jako hnací síly motorické.
1905. Do technické praxe zavedena elektro-ocel ve větším rozsahu; proces Héroult-ův a Kjellin-ův.

II. Výměr technického železa.

Chemicky čisté železo jest kov barvy stříbrově šedé, měkký, těžce tavitelný a svářitelný, připravuje se velmi nesnadno; kdyby se i snadno dobývalo, nemělo by valné ceny praktické, jelikož mu chybí právě ty vlastnosti, jež na kovů technickém požadujeme, a nastala by nutnost s jinými kovy a prvky je *legovati*.

Všechny druhy technického železa složeny jsou v podstatě z prvku železa a řady přimíšenin, jež provázejí sur. železo samovolně ze železných rud při jeho výrobě a při hutnických procesech se vůbec anebo jen částečně dají odstraniti, anebo přidávají se z úmyslně, aby vlastnosti železa v určitém smyslu byly pozměněny a získán byl materiál dobře technicky vyhovující.

Hutnicky vyrobené železo jest *slitina* prvku železa s uhlíkem, vlivem výrobních procesů přiměšují se samovolně anebo přidávají zúmyslně prvky jiné, z nichž nejdůležitější jsou *metalloidy* (nekovy): *křemík* (Si), *fosfor* (P) a *síra* (S), pak *kovy*: *mangan* (Mn), *měď* (Cu), *nikl* (Ni), *volfram* (W), *chrom* (Cr), *molybden* (Mo), *vanad* (V) a *titan* (Ti).

Tyto přimíšeniny tvoří se železem slitinu anebo jsou v něm rozpuštěny, a to buď v poměrech omezených nebo neomezených; neomezeně leguje se se železem *Ni*, omezeně *Si*, neomezeně rozpouští *Mn*, omezeně *C*. Výjimkou může vzniknouti i chemická sloučenina, na příklad cementit.



J ü p t n e r - ova siderologie, založená na vědeckých výzkumech technického železa z doby nejnovější, považuje toto za ztuhlý roztok různých prvků v chemicky čistém železe, který dle účinkujícího tlaku, teploty a doby při tuhnutí vykazuje různé pevné přeměny allotropické.

Železo surové dobývá se ve vysoké peci ze železných rud prostřednictvím paliva a tavidla, z něho vyrábějí se všechny ostatní druhy *technického železa* rozmanitými procesy hutnickými.

Nejhlubší vliv na fyzikální vlastnosti technického železa má *uhlík*, jeho poměrné množství činí vlastně ze železa chemicky čistého různé kovy, které již ode dávna, kdy železo v průmyslu zdomácnělo, označovány byly jako *ž e l e z n á l i t i n a*, *k u j n é ž e l e z o* a *o c e l*. Dnešní dobou toto třídění více nepostačuje a v příložené seřadě podáno rozdělení obšírnější, kde zároveň přihlíženo k tomu, zdali to materiál kujný či ne a jaké jsou příslušné procesy výrobní; v této seřadě obsažen jest přehled dnešní praktické metallurgie železa.

I. Železo surové 2·3—4·0% C

jest nekujné, snadno celkem tavitelné, ohřáto na určitou teplotu teče a dá se slévati.

- A) *Sur. železo šeré*, obsahující hlavně uhlík grafitický,
celkové množství uhlíku 3·5—4·0%
chemicky vázaného uhlíku 0·3—0·4%
teplota tavení 1100—1300° C
měrná váha 6·635—7·572

- B) *Sur. železo bílé*, obsahující jen nepatrné množství uhlíku grafitického,
celkové množství uhlíku 2·3—5·0 %
teplota tavení 1050—1200° C
měrná váha 7·056—7·889

1. *Sur. železo zrcadlové (zrcadlina)*,
celkové množství uhlíku 4—5%
množství manganu 6—20%
2. *Sur. železo paprskové*,
celkové množství uhlíku 3—4%
množství manganu 1—5%

- C) *Ferromangan*
obsahující 6·6—7·7% uhlíku
30—80% manganu

- D) *Ferrosilicium*
obsahující asi 15% křemíku.

II. Železo zkujněné 0·04—2·3% C

v něm zahrnuto kujné železo i ocel, jest obtížněji tavitelné, při ohřevu měkne a stává se tvarebným.

- A) **Železo kujné**, jež kalením jen nepatrně tvrdne,
obsahuje uhlíku 0.04—0.6‰
teplota tavení 1800—1600° C
měrná váha 7.352—8.100

1. *svarové*

dobývá se ve tvaru kašovitém a prostoupeno jest částicemi strusky,

2. *plávkové*

dobývá se ve stavu tekutém a jest strusky prosto.

Dle výroby rozeznáváme při železe svarovém:

železo *puddlované* a *paketované*,

při železe plávkovém:

železo *besseserské*, *thomasovské* a *martinské*.

- B) **Ocel**, jež kalením značně tvrdne,

obsahuje uhlíku 0.6—2.3‰

teplota tavení 1600—1300° C

měrná váha 7.4—8.08

jest opět *svarová* a *plávková*, dle výroby pak:

řišovaná, *puddlovaná*, *cementová*;

besseserská, *martinská*, *kelimková*.

⊗ 1. **Železo a uhlík.**

Uhlík v technickém železe vyskytá se v různých tvarech, dle staršího podání jako chemicky vázaný a grafitový; ale již R i n m a n (1865) rozlišoval uhlík chemicky vázaný na cementový a zákalný. Novějšími výzkumy shledáno, že se tam vyskytuje ve více stavech allotropických.

L e d e b u r, jeden z prvních technologů železa, rozeznává v technickém železe: grafit, uhlík karbidní, žihavý a zákalný.

a) *Grafit či uhlík krystalový.*

Vylučuje se rovnoměrně rozložen v podobě lesklých krystalků, listků, mezi zrnky železa při tunutí a ochlazení určitým pochodem vycezovacím a proto se pravívalo, že jest v železe mechanicky vázaným. Tímto *vycezováním* rozpadá se železo tekuté na g r a f i t a chuději u h l í k a t o u s l i t i n u; aby vylučování grafitu bylo hojnější, má býti v železe přítomen k ř e m í k (podobně účinkuje hliník), pozvolné chladnutí jemu prospívá.

Pokud jest lázeň dostatečně tekutá, vyplyne uvolněný grafit na povrch jako spělý a vytváří tak zvaný šum.

Mangan a síra jakož i rychle chladnutí znesnadňují tvoření se grafitu v železe.

b) *Uhlík karbidní.*

Tento tvoří zvláštní uhlikatou slitinu železa, která bohatší na uhlík než veškeré tekuté železo, jest přibližně stálého složení, totiž 7.2‰ C, 92.8‰ Fe,

což by odpovídalo sloučenině Fe_3C^*); vzniká při ochlazení do jasně červena zahřátého železa as při $1050^\circ C$, od ostatní hmoty se odděluje a proniká ji ve způsobu jemné síťoviny.

Karbid železa dá se chemicky vyloučiti v podobě šedočerného prášku, který pod mikroskopem se objeví jako stříbrolesklá zrnka veliké tvrdosti a křehkosti; v dnešní praxi hutnické označuje se názvem *cementit*.

Skoro každé uhlíkaté železo obsahuje uhlík karbidní, jeho množství jest v souvislosti s celkovým množstvím uhlíku a ostatními přímíšeninami, jakož i způsobem chlazení za vyšší teploty homogenní slitiny železa. Při vyšších teplotách existuje cementit jen za zvláštních okolností; při $1130^\circ C$ se rozkládá a vzniká eutektická či dobře tekutá slitina, obsahující 4.3% uhlíku (viz str. 15.).

Zmíněná teplota jest zároveň nejnižší tavící teplotou všech uhlíkatých slitin železa.

Velmi rychlé tuhnutí zamezuje tvoření karbidu, mangan a křemík stěžují jeho vylučování.

c) Uhlík žhavý či temperový.

Při souvislém, mnoho dnů trvajícím žhání uhlíkatého železa chudého na mangan při teplotě vyšší, než jakou chce uhlík karbidní, a nižší, než vyžaduje grafit, vzniká uhlík ž h a v ý v podobě bez tvarého grafitu. Při poněkud větším množství zjeví se na lomu v podobě černých teček buď rovnoměrně rozdělených či místy spolu splývajících, jak temperový uhlík nalézáme v kujné litině. Při teplotě temperovacího procesu váže se s kyslíkem na kysličník uhelnatý.

Při zchlazení železa ve vodě, karbidní uhlík svůj stav mění, žhavý a grafitový však ne, a proto zahrnuje se žhavý do uhlíku grafitického.

d) Uhlík zákalný.

Nalézá se v železe stejnoměrně rozpuštěn, ale v proměnlivém množství, nejvíce v kalené oceli; každé tekuté železo obsahuje jen uhlík z á k a l n ý. Při tuhnutí železa vycezuje se nejprve uhlík grafitový, později karbidní a při déle trvajícím žhání temperový; zákalný tvoří pak zbytek ostatních do celkového množství uhlíku.

Ohřeje-li se pak železo, tyto tři stavy uhlíku obsahující, na teplotu tavení, rozpouští se nejprve grafit, pak karbid. Pozvolným chlazením přibývá grafitu a karbidu, ubývá uhlíku zákalného, žháním ubývá ho ještě více a v žhavý se mění.

Jméno zákalný dáno mu proto, že na jeho množství závisí tvrdost kalené oceli, zvláště nástrojové, méně železa kujného. Na teplotu as $750^\circ C$ zahřátá a pak rychle schlazená ocel sklově tvrdne, obsahujíc velké množství

*) Moissan-em byl připraven poměrně čistý a obsahoval $6.4-6.2\%$ C, theorie by žádala 6.67% .

uhlíku zákalného; při opětném ohřevu mění se část jeho v karbid a proto ocel měkne (popouštění oceli).

Karbidní a zákalný uhlík při rozpouštění železa ve vroucích kyselinách prchají v podobě uhlovodíků a označují se proto jako uhlík chemicky vázaný; s jeho množstvím stoupá tvrdost železa, bílé sur. železo jest tvrdší než ocel a tato tvrdší než kujné železo, šeré sur. železo měkčí než bílé a ocel a to tím více, čím bohatější jest na grafit.

Žiháním tvrdost všech druhů technic. železa se umenšuje, jelikož uhlík zákalný se mění v karbidní a dlouho trvajícím žiháním karbidní v temperový.

Uhlík zákalný zvětšuje tvrdost, ale umenšuje houževnatost železa; podobně, jen že v míře daleko menší, účinkuje uhlík karbidní; grafitový uhlík, jako cizí hmota do železa vložená, umenšuje pevnost, stejně žihavý, ale v míře jen nepatrné.

Velké množství uhlíku chemicky vázaného pevnosti škodí a proto u želez bohatě uhlíkatých nepatrné množství grafitu pevnosti a houževnatosti prospívá. Šeré sur. železo není daleko tak křehké jako bílé, ale křehčí než ocel; ocel jest pevnější, ale i křehčí než kujné železo.

Druh technického železa	U h l í k			
	grafitický	karbidní	zákalný	celkový
Temně šeré sur. železo (2·77 Si, 0·8 P, 0·02 S, 1·3 Mn)	3·33	0·44	0·00	3·77
Světle šeré sur. železo (1·02 Si, 0·59 P, 0·095 S, 0·28 Mn)	2·40	0·73	0·17	3·30
Obyčejné bílé sur. železo (0·72 Si, 0·2 S, 0·10 Mn)	0·16	1·88	0·54	2·58
Zrcadlové bílé sur. železo (0·30 Si, 11·11 Mn)	0	3·09	1·41	4·50
Ferromangan (2·07 Si, 46·54 Mn)	0	3·06	1·64	4·70
Chlazená litina (0·83 Si, 0·88 P, 0·1 S, 0·15 Mn)	0·19	2·43	0·58	3·20
Bílé sur. železo (0·87 Si, 0·10 Mn)				
a) ve stavu obyčejném	0	} neurčeno	} neurčeno	2·82
b) žíhané po 108 hodin při 900° C	1·55			2·29
Ocelová řačonová litina (0·28 Si, 0·20 Mn)				
a) nežíhaná	0	0·62	0·36	0·98
b) žíhaná po 12 hodin při 800° C	0·01	0·92	0·16	1·09
Kujná ocel nástrojová (0·11 Si, 0·20 Mn)				
a) přirozeně tvrdá	0	0·71	0·22	0·93
b) zakalená a ve vodě schlazená		0·38	0·65	1·03
c) popuštěná do modra při 290° C	0	0·67	0·36	1·03
Měkké železo plávkové bez křemíku (0·58 Mn)				
a) zchlazené na vzduchu	0	0·17	0·05	0·22
b) zchlazené ve vodě, jest nekalitelné ...	0	0·17	0·04	0·21

Žiháním stoupá houževnatost vždy a za všech okolností a při těch družích, jež obsahují více uhlíku zákalného, zvětšuje se i pevnost.

Příložená tabulka z díla *Le debur-ova* osvětluje číslicemi právě projednanou kapitolu. V sloupci uhlík grafitický, udán grafitový a temperový dohromady, veškerá čísla udávají množství v ‰, při chlazené litině analysována část bílá.

2. Strukturní součásti železa.

Sorby poukázal již 1864 na to, že hutnicky vyrobené železo složeno jest z více strukturních částí, asi jako žula, jež po náležité úpravě lze pod mikroskopem bezpečně rozpoznati, a tím byl dán základ ku kovové *mikroskopii* (mikrografii), které se hned v praxi nevyužilo, až teprve ku konci uplynulého století, kde se z ní vyvinula *metallografie*, tvořící dnes důležitou kapitolu nauky o kovovém materiálu; mikroskop a pyrometr staly se pomocnými nástroji v hutnictví.

Jemná struktura železa a oceli zjeví se toliko na hladce vyleštěných plochách rovinných a proto pruby pro mikroskopická šetření jest zvláště k tomu účelu upravití. Prvým stupněm je tu polírování povrchu a tu již odrazem světla vznikají rozdíly mezi jednotlivými součástmi: jsou-li rozdíly co do barvy a tvrdosti značné, pokračuje se dále a plochy leptají se zředěnou kyselinou dusičnou, solnou atd. Leptem vynikne struktura tím, že vyčnívající okraje hmot krystalických se odstraní a vzniknou hlubší místa anebo, že se vyvolají různé oxydačné stpně jednotlivých součástí; leptání nesmí však býti prováděno do té míry, až by vznikaly korrose. Při užití různých kyselin, obdržíme sice různý vzhled plochy, ale není rozdílu ve velikosti a tvaru strukturních částí.

Dnešní metallografie vyšetřuje zákony o vzniku slitin kovových, změny, jimž materiál vlivy venkovskými, jako tavením, ohřevem, kalením, kováním, válením podlehl a z těch odvozuje souvislost fysikálních i mechanických vlastností s jich složením; metallografie odhalila již celou řadu dříve záhadných úkazů při technickém železe a jiných slitinách.

Metallografie, pokud běží o hutnicky vyrobené železo, nazývána jest *Jüptner-em siderologií*; zakladem byly tu práce *Osmondovy*, v nichž pokračováno od *Roberts-Austena*, *Charpyho*, *Le Chatelier-a*, *Sauveur-a*, *Heyn-a*, *Jüptner-a* a jiných.

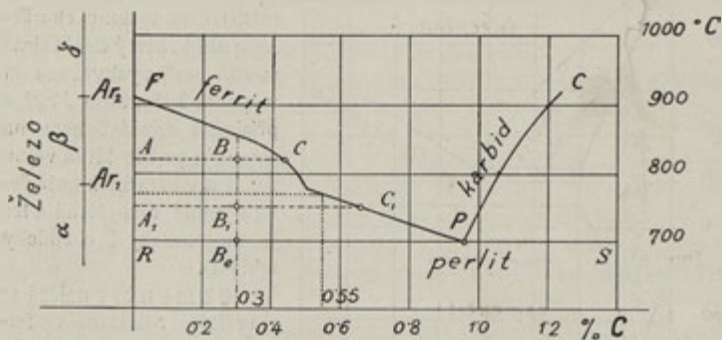
Železo naskytá se dle *Osmonda* ve třech modifikacích, krystalujících v soustavě krychlové a to jako *železo $\alpha \beta \gamma$* ; ochlazujeme-li nerušeně čisté takoržka uhlíku prosté technické železo (ferrit) z teploty 1000° C, tu nastává při 910° pivní, při 780° druhé zřetelné uvolnění tepla, které se zjeví ustálením v postupujícím ochlazování a dá se dobře určití.

Při druhém ustálení stává se železo dříve nemagnetické magnetickým; uvedené dva body vymezují ony modifikace železa a v poměru jak uhlíku

v železe přibývá body ty se snižují, jak zjevuje obr. 1. Modifikace železa α dá se zvyšováním teploty převést v β a γ .

Železo α (a l f a) vůbec stabilné, magnetické, cementit v sobě nerozpouštějící, vzniká ochlazením pod 780° (mezni bod Ar_1); železo β (b e t a) jest stabilné mezi 780° až 910° jest nemagnetické a naskytá se při pozvolném chlazení v tomto intervallu teplotném a může již obsahovati něco uhlíku v roztoku; železo γ (g a m m a) jest stabilné nad 910° (mezni bod Ar_2), nemagnetické, ale rozpouštějící uhlík i cementit a může dle stávající teploty rozpouštět 0.9 až 2.0 C.

Roberts - Austen vyšetřil modifikace roztoku uhlíku v železe a to jak při ohřevu, tak i při chladnutí a výsledky sestavil v podobě diagramu (obr. 1.), který byl r. 1900 doplněn Bakhuis-Rozeboom-em



Obr. 1.

na základě teorie roztoků dle Gibbs - ovy nauky o fásích; teorie tato však ve mnohém se zkušeností při železe učiněnou nesouhlasí.

Diagram ten znázorněný na obr. 2. sestojen jest v pravoúhlé soustavě souřadnicové, kde úsečky značí % uhlíku, pořadnice teploty; křivky modifikací železa jeví se jako spojnice kritických bodů.

K roztoku uhlíku v železe sluší připomenouti na rozdíl od obyčejných roztoků, že uhlík je rozpustný v železe i při pevném stavu roztoku; v bodech kritických, které jsou dvojího rázu, totiž kalesscentní, vyšetřuje-li se roztok při ohřevu a rekalescentní, když při chladnutí objevuje se více či méně znatelné utajení nebo uvolnění tepla, tak že lze je přesně elektrickým pyrometrem určit.

Ačkoli uhlík teplotu tavení železa snižuje (dle pokusů jest toto snížení pro jedno % uhlíku asi 100°C), nemá pod teplotou 1130° další přibývání uhlíku žádného vlivu; teplota tavení čistého železa (ferritu) dle Le Chatelier - a 1804°C .

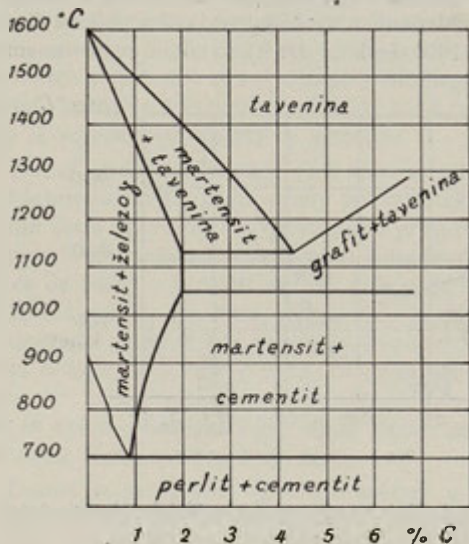
Eutektickou slitinou (eutektikum) je ta, která ze všech slitin stejného % složení má nejnižší teplotu tavení a tento bod leží při železe

na 1130° C a přísluší 4·3 % uhlíku; při této teplotě počíná tvoření se cementitu. —

Při železe bílém vylučuje se již při tuhnutí karbid, při šerém grafit, aniž by byl nutným druhý kov přimíšený.

Při 700° nastává opět značné ustálení, tu stává se karbid v železe nerozpustný a roztok rozpadá se v mechanickou směs železa a karbidu (ferritu a cementitu), jež nazývána perlit, jelikož při šikmém osvětlení poskytuje perleťovou irisaci.

Strukturní součásti technického železa, objevené při mikroskopickém šetření, jsou: *ferrit, cementit, perlit, martensit, sorbit, troostit, austenit, hardenit*.



Obr. 2.

Ferrit jest téměř čisté volné železo a tudíž nejměkčí část technického železa; uhlík, který čisté železo mění v ocel, vyskytá se tam v podobě karbidu Fe_3C a příslušná součást nazvána cementit; jest to látka velmi tvrdá a v ostatní hmotě železa jemně rozptýlená a lze ji mechanicky i chemicky oddělit.

Cementit nalézá se v určitém rozložení ve ferritu, totiž na jeden jeho objem připadá sedm objemů ferritu, a tím vzniká nová část perlit, jevící se pod mikroskopem jako jemná směs krystalků ferritových

rozpozná dle lamellovitě struktury.

Množství cementitu, jež ve ferritu rozpustno, jest určité a nalézáme je v oceli, obsahující jen perlit, která má asi 0·95% uhlíku; je-li cementitu málo, obsahuje dotyčné železo perlit a volný ferrit a přes kritické množství 0·95 C máme v železe volný cementit, který jest v perlitové hmotě rozptýlen.

Zahřeje-li se železo, obsahující cementit, na určitou teplotu, rozpouští se on ve volném železe a jestli tento pevný roztok rychle na normální teplotu zchladíme vznikne nová strukturní součást, která v německé literatuře nazvána na počest Martens-e, který do metallografie zavedl mikroskop, martensitem; pozvolným ochlazováním lze zviatně martensit přeměnit v perlit, cementit a ferrit.

Martensit jest tvrdším ferritu i perlitu, ale měkčím cementitu; dle starších názorů byl to uhlík zákalný.

Žihá-li se však železo, obsahující při teplotě nad 700° volný cementit po delší dobu při vyšší teplotě, rozpadá se jeho karbid na ferrit a uhlík temperový, z čehož vyplývá, že čistý cementit při teplotě 1000° není stabilním; při teplotě pod 700° nemůže se při čistém železe nikdy z karbidu vyloučiti uhlík (**W ü s t**).

V zakalené oceli s větším množstvím uhlíku (až do 1.8%) nalézáme v základní hmotě volný cementit v podobě *martensitu*, který se pozná pod mikroskopem dle bezbarvých navzájem se křižujících jehlic; přes toto množství objeví se uhlík v podobě grafitické, jako součást mechanicky přimíšená.

Méně jsou význačné a jen za určitých okolností zjevují se zbývající strukturné součásti tak:

s o r b i t vyskytá se někdy jako průvodce perlitu;

t r o o s t i t zdá se býti přechodem ferritu v martensit a shledá se v oceli zakalené do modra popuštěné a dále v materiálu nedosti dokonale anebo pozvolně zakaleném;

a u s t e n i t naopak nalézá se v silně přehřáté ($1100-1200^{\circ}$) a pak v ledové vodě zchlazené oceli, a mnozí se domnívají, že to roztok uhlíku v železe γ ; je-li uhlíku 0.95% , nazývána tato součást **h a i d e n i t**.

Zaneseme-li do diagrammu na obr. 1. na příklad ocel na kolejnice složení 0.55 C , 0.16 Si , 0.85 Mn , nalezneme pro slitinu čistě uhlíkatou 0.55 C horní mezní bod Ar_2 na 770° , skutečný pokus však ukáže 660° ; toto snížení způsobuje mangan. Z toho lze dovoditi, proč mnohé ocele, obsahující větší množství cizích přímíšenin lze s dobrým výsledkem kaliti při teplotách, než jaké přísluší ocelím čistě uhlíkatým.

Při zrcadlně leží uvedený horní mezní bod Ar_2 již v obyčejné teplotě a podobně tomu při speciálních ocelích nástrojových, tak zvaných samovolně kalitelných, které i při značném zahřátí na 500° i více tvrdost neztrácejí.

Vyšetřujeme-li na témže diagramu ocel, obsahující 0.3% C a zchládíme-li ji rychle z teploty podle křivky Ar_2 , poskytne strukturu martensitickou; zchládíme-li však teprve počínaje teplotou 820° , obdržíme mimo ferrit příslušící bodu A, ještě pevný roztok, odpovídající bodu C, poměr

obou částí vyjádřen podílem $\frac{BC}{BA}$. Zchládíme-li však tuto ocel až z teploty

750° , zvětší se množství krystalů ferritových a to v poměru $\frac{B_1C_1}{B_1A_1}$ a dosáhne

při teplotě eutektické největší hodnoty rovné $\frac{BeP}{BeR}$, čímž přejde postupně

martensit v perlit.

S a u v e u r na základě svých výzkumů (1906) dochází k tomuto závěrku:



Ihned po ztuhnutí taveniny železa s uhlíkem, ať tohoto množství jákékoli, obsahuje tato grafit a pevný roztok uhlíku v železe γ — austenit; dalším zchlazováním rozpadá se austenit. Konečné součásti slitin obsahujících pod 2% C, jsou ferrit a perlit nebo perlit a cementit.

Martensit a troosit jsou jen stavy přechodné, první odpovídá roztoku uhlíku v železe β , druhý v železe γ .

Teplota	Množství uhlíku v ‰						
	0.14	0.17	0.39	0.50	0.95	1.30	2.08
650	<i>f</i> 87 <i>p</i> 13	<i>f</i> 81 <i>p</i> 19			<i>f</i> sledy <i>p</i> 100	<i>p</i> 77 <i>c</i> 22	<i>p</i> 73 <i>c</i> 27
710—720	<i>m</i> 26 <i>f</i> 74	<i>m</i> 21 <i>f</i> 79	<i>m</i> 63 <i>f</i> 37	<i>m</i> 68 <i>f</i> 32	jen <i>m</i>	<i>m</i> 81 <i>c</i> 19	<i>m</i> 77 <i>c</i> 23
730—750	<i>m</i> 37 <i>f</i> 63	<i>m</i> 23 <i>f</i> 77	<i>m</i> 68 <i>f</i> 32	<i>m</i> asi 100 <i>f</i> sledy	„	—	<i>m</i> 77 <i>c</i> 23
790—800	<i>m</i> 38 <i>f</i> 62	<i>m</i> 49 <i>f</i> 51	<i>m</i> 100	<i>m</i> asi 100 <i>f</i> sledy	„	<i>m</i> 85 <i>c</i> 15	<i>m</i> 80 <i>c</i> 20
900	<i>m</i> 100	<i>m</i> 100	„	<i>m</i> 100	„	<i>m</i> 87 <i>c</i> 15	<i>m</i> 81 <i>c</i> 18
1000—1049	„	„	„	„	„	—	<i>m</i> 83 <i>c</i> 17

V přiložené tabulce udáno strukturní složení železa technického při různých množstvích uhlíku a různých teplotách; čísla značí ‰ podíl zorného pole v mikroskopu jednotlivou strukturní částí zaujímaný, a dále *p* perlit, *f* ferrit, *c* cementit, *m* martensit a troosit (srovnej s Tab. III.).

Pokud běží o tvrdost jednotlivých strukturních součástí, jest zajímavá tabulka, obsahující pokusy C o o k - o v y, který k tomu užil mikroskle-

Součást	m a t e r i á l u	průměrná tvrdost	poměr
Ferrit	železa elektrolytického	460	1
„	„ „ zchlazeného ...	990	2.15
„	nekalené zkoušky (průměr)	610	1.03
„	železa obchodního	686—1643	1.5—3.6
Perlit	železa obsahujícího 0.13 a 1.52% C	842—4711	1.8—10.3
„	„ „ 0.35 a 0.86% C	1745—2150	3.8—4.2
Sorbit	uhlíkové oceli s 0.48 a 0.58% C	24.000—24.650	52.0—53.6
Troosit	„ „ s 0.58% C	40.564	88.2
Martensit	železa obsahujícího 0.20 a 1.52% C ...	17.896—120.330	38.9—261.6
Austenit	bílého sur. železa s 3.24% C	47.590	103.4
Cementit	„ „ „ „	125.480	272.8

rometru J a g g a r - o v a , kde čítá se počet obrátek tetraedrického hrotu diamantového při rovnoměrné rychlosti točivé a stalém zatížení, potřebný ku zhotovení díry určité hloubky; výsledky jím získané obsaženy v tabulce na str. předch.

Pokračování v metallografii nalézá se v oddílu II. na str. 161.

3. Železné rudy.

Železné rudy jsou přirozené sloučeniny železa, jež se hornicky dobývají; hutnicky zpracují se jen ty, jež obsahují určité množství železa, aby jeho vytavování se ještě vyplácelo. Toto minimální množství nelze obecně určití, vliv tu mají: cena rudy a paliva v místě zhutňování, výše mzdy, složení rud; dle zkušenosti páčí se ono asi na 30%, může však za zvláštních okolností, kdy složení rud jest velmi příznivé, klesnouti na 25%.

Ryzí železo nalézající se v povětronicích, nemá pro hutnictví významu; jest to slitina čistého železa s niklem, manganem a kobaltem.

Rudy, obsahující látky, jež přešedše do vytaveného železa, činí toto méně cenným, jsou vyloučeny; jsou to měděné kyzy, rudy zinečnaté, rudy obsahující arsen, chrom a někdy síru.

Pro hutnický proces má při rudách význam jich redukovatelnost a tavitelnost, čímž se tuto rozumí slinutí a struskovatění jich nezredukovanych součástí.

Po stránce chemické jsou železné rudy po většině kyslíkaté sloučeniny železa a to: oxydy, hydroxydy a karbonaty. Z nejdůležitějších rud sluší zaznamenati tyto:

Červená ruda železná (hematit, krevel) jest bezvodý oxid Fe_2O_3 , obsahující až 70% Fe , bývá prosta fosforu s nepatrným množstvím manganu; zpracuje se výhodně na sur. železo šeré nejlepších vlastností (hematitové).

Hnědá ruda železná (limonit, hnědel) jsou to vodnaté kysličníky složení $Fe_2O_3 (OH)_6$, obsahující až 60% Fe ; jich složení jest velmi proměnlivé, tvoříce přechod mezi bezvodými kysličníky a uhlíčitany; v Čechách nalézáme mocná ložiska na K r u š n é h o ř e u Hudlic. Limonit jest nejobyčejnější železná ruda, barvy červenavé až žluté, vzniklá různě v přírodě, jako zvětřáním kyzů a sideritů, usazená z vod bez či za účinku organismů, z čehož pochází značné množství fosforu (bahenní ruda).

Magnetová ruda (magnetit) jest oxyduloxid Fe_3O_4 barvy zelenavě černé až černé, vlastností magnetických; je-li čistá, což však zřídka, obsahuje až 72% železa. Tato ruda jest prosta fosforu a bývá proto velmi hledanou (Skandinávie, Ural); v naší říši nalézá se v oblasti řek T e m e š e a K a - r a s u v Banátě a zpracuje se v R e š i c i a A n i n ě. Jest to ruda velmi těžce redukovatelná a proto se před vytavováním železa ve vysoké peci praží a tím mění v oxid.

Ocelky (siderity) jsou uhlíčitany železa, manganu, vápníku a hořčíku, čisté obsahují až 48% Fe ; fosfor v nich chybí a proto jsou užívány k vý-

robě sur. železa nefosforatého. V dobách dřívějších, obsahoval-li větší množství manganu (až 20%), zpracoval se přímo na ocel, dnes na sur. železo zrcadlové. Štýrský Erzberg na straně vordernberské obsahuje ložiska výborného ocelku, který pražen má složení 51% Fe, as 2·8 Mn a jen 0·022 P zpracuje se na známou štýrskou ocel a i vyváží; složení surové rudy z Erzberg-u toto: 38·93 Fe, 2·15 Mn, 0·017 P, sledy S a Cu.

Nučická ruda (*chamoisit*) jest směs křemičitanů a uhličitanů železa, nalézá se v krajině u Nučic v kraji Berounském a zpracuje se na K l a d n ě a v K r á l o v ě D v o ř e; pražena obsahuje 44—49% Fe při 2·7% P.

Hlinité *sferosiderity* jsou odrudy ocelku s větším množstvím hlíny, a slínu, po případě křemenitého písku s malým množstvím látek živícnatých; větráním mění se v limonity. Nalézáme je v Anglii, Porýnsku a Westfálsku. Zvláštním jich druhem, tak zvaný *železný kámen*, *kámen uhelný*, jest to sferosiderit podoby kulovité, obsahující 10—25% kamenného uhlí, jež vystačuje k pražení ba i soupražení rud jiných.

Někdy přidávají se k rudám železným rudy manganaté a odpadky obsahující železo z různých oborů hutnických, jako strusky z puddloven a svařoven, materiál ze starých hald zkujňovacích výhní, který mívá až 50% Fe a obsahuje větší množství fosforu, zpracuje se na dobré surové železo pro thomasování. Kyzové oharky z továren na kyselinu sírovou obsahující až 60% Fe, slouží jako přísada chudých rud železných a prosty jsou fosforu, zpracují se na sur. železo bessemerovací.

⊗ 4. Struskotvorné přísady.

Účelem přísad struskotvorných či tavidel jest převést mineralné látky v rudách obsažené do strusky, jež musí býti v souhlase s tavicí teplotou, jakož i tavícím procesem ve vysoké peci. Jich složení závisí tudíž na složení rud a hutnickém způsobu výroby; vytvořené strusky jsou pak v podstatě křemičitany hlinito-vápenaté.

Dle chemického složení rozeznáváme přísady z á s a d i t ě a k y s e l ě, k prvním patří velmi oblíbený vápenec a dolomit; bohatě vápenatou a řídce tekutou strusku poskytuje kazivec, který však svým fluorem vyžírá zdivo pecí; malé množství hořčíku snižuje tavicí teplotu vápenatých křemičitanů.

Jelikož většina železných rud obsahuje kyselinu křemičitou a hlínu, třeba přidávati z pravidla přísadu zásaditou, aby tavící proces byl usku-tečněn; jen zřídka obsahují rudy tolik látek zásaditých, že nastává potřeba přidávati přísady kyselé, a bývají to pak obyčejně hlinité břidly.

Kyselé přísady obcházejí se tím, že se mísí rudy, obsahující vápník s rudami křemičitými, a tím se přirozenou cestou docílují strusky úplně vyhovující.

Množství strusky z vysoké pece jest veliké a lze je páčiti co do váhy na rovno s vytaveným železem a jsouc daleko lehčí (měrná váha strusky

rovná se asi $\frac{1}{3}$ váhy železa), představuje ohromný obsah; použití její jest celkem nepatrné, ukládá se tudíž na haldy.

5. Úprava rud.

Většina železných rud zpracuje se v tom stavu, jak je poskytné hornický průmysl; úprava by nikdy neškodila, avšak vzhledem k nízké ceně sur. železa se od ní upouští a omezuje se jen na práce pro tavící pochod nejn nutnější.

Kusy rud musí míti pro vysokou pec určitou velikost; při obyčejných pecích asi takovou, aby se vešly do pěsti. K *rozpojování* slouží lamače různých konstrukcí.

Obsahují-li rudy mnoho hlíny a písku, *perou* se v pračkách.

Důležitější úprava záleží v *pražení* rud, kde ohřevem na vzduchu rudy se fysikálně a chemicky pozměňují; jsou-li tvrdé a hutné zchlazením ve studené vodě na menší kusy se rozpojují a nakypřují, pouští vodu, okysličují se, mnohé škodlivé látky, jako síra, arsén, z nich prchají.

Pražení provádí se v pecích šachtových; dobře prospívá tavícímu procesu ve vysoké peci, jakož i tím, že rudy ztrácejí na váze a tím pro dopravu jsou příhodnější.

V některých případech pražené rudy obsahující mnoho síry, ještě se *vyluhují*.

Nejnovější způsob úpravy — *separace* (extrakce) *magnetická* — který dle vykonaných pokusů se hodí pro všechny druhy železných rud a nejen magnetit, se v celku vzato osvědčil jen v určitých případech, jelikož rudy nutno před tím převést v rudný prach, ve kterémžto stavu se ve vysoké peci nesnadno zhutňují. Z rudného prachu zhotovují se proto nejprve přidáním anorganických látek vazných (hornslezké limonity, upravená struska z vysokých pecí), bucketty a tyto pak jako jiné rudy vytavují.

Tohoto způsobu užívá se na mnohých místech ve Švédsku, počínaje rokem 1895; na příklad rudy Nordlandské, obsahující asi 40% *Fe*, se takto koncentrují až přes 60% *Fe*.

Velká výhoda magnetické extrakce spočívá v tom, že se z rud odstraní fosfor a síra.

Ve Švédsku užívá se magnetických *separatorů* různých konstrukcí (Gröndal, Erickson, Fosgren).

6. Druhování rud a mísení přísad.

Rudy bohatší druhují se s chudšími, aby vznikla rudá směs s určitým množstvím železa, bývá to mezi 30 až 50%; jelikož druhy železem bohaté jsou drahé, dává se jich méně, třeba jen 10% druhovaného množství.

Na základě rudných analys provede se dle chemických pravidel výpočet pro množství struskotvorných přísad, aby nejen veškeré železo v rudách obsažené bylo vytaveno, ale i vytvořena byla struska pro dobývání

druh surového železa příhodná; při tomtovému počtu bere se zřetel na množství *Si*, *Mn* a *P*, jež má vytavené železo obsahovati a v dalším i na popel použitého paliva.

Toto kvali- i kvantitativné určení přísad jest jedním z hlavních úkolů železářského hutnictví, jelikož na něm závisí vlastnosti vytaveného železa.

Dle výpočtu tavné směsi provádí se skutečné mísení dotyčných hmot, totiž rud a přísad, a požaduje dosti značnou práci; provádí se rozmanitě dle místních poměrů a rozsahu železné huti, ve zvláštních prostorách, na rudné haldě, na vozících (huntech) neb až v peci.

K y c h t o u rozumí se v hutnictví množství pevných látek na jednu do pece vkládané, tedy množství tavěcí směsi nebo paliva; rozeznáváme kychtu r u d n o u a kychtu k o k o v o u.

Tyto kychty dopravují se na vrchní plošinu vysoké pece ve vozících obsahu as 1 m^3 výtahy parními nebo elektrickými, svisle nebo šikmo uspořádanými.

Z počtu a váhy kychet na straně jedné, z vytaveného sur. železa v určité době na straně druhé, stanoví se výkonnost vysoké pece a její rentabilita.

7. Materiál pecí.

Pro účelnou stavbu pecí má velikou důležitost jich materiál, který musí býti nejen dokonale ohnivzdorný, nýbrž i dobře vzdorovati chem. dějům, které při dotyčném procesu se naskytají; rozeznáváme materiál *přirozený* a *umělý*.

K přirozenému materiálu patří:

P í s k o v c e, jichž křemenová zrna vázána jsou hmotou křemenitou anebo hmotou hlinitou, druhé jsou horší jakosti; škodlivě účinkuje v nich vápno a železo. Sem patří tak zvaný kámen puddingový, jehož ložiska nalézáme v Belgii a Anglii; užívá se ho pro nistěje vysokých pecí.

K a m e n y m a g n e s i o v é z dolomitu, bauxitu, chloritové břidly, magnesitu, serpentinu; čím prostější jsou železa, tím jsou cennější.

Umělý materiál jest dnes ve výhradném použití a přichází jako cihly (menší rozměry) nebo kameny (větší rozměry); rozdělujeme ho na: *křemenitý* či *dinasový*, *hlinitý* či *šamottový*, *magnesitový*, *uhelný*, *dolomitový* a *karborundový*.

Dinasový materiál vyrábí se ze mletého křemence, který jest rozdělán vápenným mlékem bez či za přidání hlíny, výrobky se po formování ostře vypalují; použitý křemenec musí býti čistý a nesmí v ohni objem zvětšovati, vápna a cizích hmot nesmí přes 2%.

A n g l i c k é dinasky obsahují něco více vápna, aby byly pevnější, n ě m e c k é oproti tomu něco hlíny; dobré dinasky jsou vedle cihel magnesitových neohnivzdornějším materiálem, nesmí však přijíti do styku s vápnem, kysličníky železa a manganu, poněvadž jich kyselina křemičitá přechází v tavitelné křemany.

Dinasky nehodí se v těch případech, kde teploty se střídají — praskají, dobře však vzdorují struskám kyselým.

Průměrný chem. rozbor dinasového materiálu jest 95 až 98% kys. křemičité, 1 až 1·4% hlíny, 0·7 až 1% kysl. železa a žiravin, 0 až 2% vápna.

Šamottový materiál vyroben jest ze surových ohnivzdorných hlín, do nichž přidáno š a m o t t u, t. j. ostře pálené hlíny zvláštního složení v podobě krupice nebo hráchu; aby vlivem vysokých teplot se nesmršřoval, přidávají se látky křemenité.

Podle toho, převládají-li suroviny kyselé či zásadité (křemenec, křemenitý písek, ganister anebo břidlicová, plastická hlína, kaolin), rozeznáváme šamottky h l i n i t é, k ř e m e n i t é a kameny k ř e m e n o v é.

Hlinitých šamottek užívá se při vysokých teplotách a zásaditých struskách (podstava a zarážka vys. pecí); aby struskám dobře vzdorovaly, mají býti o povrchu co nejhutnějším.

Křemenité šamottky hodí se tam, kde teploty se střídají a zdivo vystaveno mechanickému poškození (šachta vys. pecí, kuploven, pece plamenné a kelímkové). Dobré křem. šamottky obsahují:

65% kys. křemičité, 30% hlíny, 2·5% kysl. železa, 1 až 2% alkálií.

Křemenové kameny jsou složeny po většině ze surovin křemenitých, kde hlína přichází toliko jako vazná látka; užívá se jich při kyselých struskách, suchém žáru na klenutích a ty části pecí, jež vystaveny letavému popílku.

Magnesitové cihly zhotovují se ze směsi tvrdě páleného magnesitu, jemůž přidáno tolik měkce páleného nebo dehtu, aby látka se stala tvárnou, lisují se tlakem 300 atm. a pak ostře vypalují. Magnesitových cihel užívá se všude tam, kde potřeba míti pro nejvyšší teploty v hutnictví se přibližující, dokonale ohnivzdorný, zásaditý materiál.

Uhelné kameny, užívané skoro výhradně pro dna, podstavu i zarážku vysokých pecí, vyrábějí se ze směsi obsahující 4 d. mletého koku a 1 d. kamenouhelného dehtu.

Dolomitové kameny pro dna Thomas-ových konvertorů vyrábějí se ze 3 d. ostře páleného dolomitu, 1 d. slabě páleného, jež se mísí s 18—20% dehtu.

Poslední dobou začíná se užívat na nejhorčejších místech pecí Siemens-Martin-ových cihel karborundových, kde se velmi dobře osvědčily; vyrábějí se ze mletého karborunda se zvláštní anorganickou váznou látkou za vysokého tlaku. Kdežto pevnost v tlaku při kamenech uhelných bývá asi 325 kg — cm², při karborundových jest 680.

Ku spojování umělých kamenů a cihel slouží zvláštní ohnivzdorné malty, jichž složení jest s nimi v souhlase; tak pro cihly, kameny:

dinasové jest to jemně mletý křemen s dobrou váznou hlínou,
šamottové, křemenité, směs jemného písku a vazné hlíny,
šamottové, hlinité, směs jemně mletého šamottu a vazné hlíny,

magnetitové, směs páleného magnetitu a vody prostého dehtu, *uhelné*, směs ze 2 d. uhelného prachu a 1 d. hlinové moučky, *dolomitové*, vystačuje prosté natření dehtem.

Malta pro kameny a cihly v suchém žáru složena ze směsi šamottu a různých odpadků hlinitých a grafitových.

III. Vysoká pec.

Surové železo dobývá se redukováním železných rud pomocí paliva a tavidla za účinku horkého vzduchu ve vysoké peci. Vysoká pec náleží do skupiny pecí šachtových, charakterisovaných dutinou značné výšky proti světlosti. Ideálním tvarem šachty jest kruhový válec, ten však nevyhovuje tavicímu pochodu ve vysoké peci, proto bývá zde složitější, skládající se v základu ze dvou komolých kuželů, větší základnou se stýkajících; účinkem teplot až do 1200°C rudy objem svůj zvětšují a proto šachta v těchto místech se rozšiřuje, dále stoupající teplotou objem jich se umenšuje a proto v zarážce může být postupně světlost menší.

Vysoká pec skládá se z *podstavy, zarážky, šachty a kychty*. Podstava podoby válce o světlosti 2000—3000 mm obsahuje formy, jimiž se do pece fouká horká vzduch, formu *L ü r m a n n - o v u* pro vypouštění strusky a *v ý p u s t* pro železo; část pod spodní rovinou slouží za nádržku vytaveného sur. železa a nazývá se *n í s t ě j*.

Na rozměrech podstavy závisí výkonnost vysoké pece, jež se udává množstvím sur. železa vytaveného za 24 hodin v tunách, jak znázorňuje přiložená seřada:

Světlost podstavy v m	2.25	2.75	3.25	3.75	4.00	4.2	5.2
Výkonnost pece v t	50	100	150	200	250	300	800

Při sur. železe šerém nejde se přes 3.5 m v podstavě.

K podstavě připojuje se zarážka jako kužel (s úhlem $70-75^{\circ}$) dolů obrácený, k ní pak šachta jako kužel nahoru obrácený a na $\frac{5}{16}-\frac{3}{4}$ průměru spodní základny se zúžující; horní ústí šachty nazývá se *kychtou, kološnikem* (obr. 9.).

Vzhledem k pozvolnému přechodu profilu v místě styku obou kuželů, aby zajištěno bylo pravidelné klesání závačky, vkládá se tam nízký válec zvaný břichem pece, jehož světlost rovná se asi $\frac{2}{3}$ celkové výšky pece a závislou na složení rud; rudy bohaté železem, lehce redukovatelné, mají tuto menší rozměry, chudé, těžce redukovatelné větší.

V tabulce sestaveny hlavní profilové rozměry některých novějších vysokých pecí na kok, a za účelem srovnání zanešeny i rozměry historické pece v *G l e i w i t z* z roku 1796 (viz historii železa).

Vysoká pec v	Burbachu nad Saarou	závodu Buderus-ové (Nassau)	Differdingenu (Luxemburg)	Creuzthalu (Westphalen)	závodu Hörde-ském (Westphalen)	Lackawanné (Spoj. st. amer.)	Gleiwitz 1796	Vitkovických na Moravě	Kladně v Čechách
Světlost podstavy v <i>m</i>	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	5.18	0.8-0.6	3.5	4.6
Výška podstavy „	1.5	2.2	2.4	2.5	1.6	3.0	1.2	2.8	2.35
Výška zarážky „	6.0	6.0	6.2	4.0	5.2	7.0	2.3	4.6	4.8
Úhel zarážky v °	74	75	74	70	76	74	—	72	78
Světlost v břichu v <i>m</i>	6.25	6.0	6.8	7.0	6.7	7.3	3.45	6.5	6.6
Celková výška „	19.5	23	20.9	17.9	22.0	28.7	12.89	24.0	23.0
Výkonnost pece v <i>t</i>	150	100	175	200	250	800	—	300	125
Když se vytavuje % <i>Fe</i>	31	34	30	36.5	42	—	—	42	29

Na 1 *t* vytaveného železa čítá se potřebný obsah pece na 2—6 *m*³; vliv tu mají: složení rud a druh dobývaného suř. železa; v nejpriznivějším případě docíleno při evropských pecích a bílém sur. železu při provozu kokovém 1.5 *m*³.

Vysoká pec, která vytavuje 100 *t* sur. železa bílého, dá za stejných podmínek provozu 75 *t* temně šerého, 50 *t* zrcadliny a jen 35 ferrosilicia a 25 *t* ferromanganu za 24 hodin.

Dle dnešního stavu metallurgie bývá obvyklý obsah vysokých pecí na kok asi 400 *m*³, při uhlí dřevěném asi 100 *m*³.

Celková výška pece jest závislá na druhu paliva a bývá při uhlí dřevěném 8 až 13, při koku 16 až 25 *m* i přes.

Před zavedením formy struskové bývala vysoká pec o t e v ř e n o u — pec s otevřeným hrudím — jak zjevuje obr. 3. představující pec z let padesátých.

Struska odtékala z podstavy tlakem větru do předpecí pod prohiřčivým kamenem *a* přes jízek *b*, který byl nad větrovými formami; větrovod býval ve zvláštním kanále pod pecí, formy v počtu tří, tlak větru malý 2½ až 3 libry na palec ² a obvyklé pece dávaly 15 *t* za 24 hodin. Po každém vypouštění železa, které se provádělo 4krát ve 24 hod., bylo předpecí vyspravovati, kterážto oprava při dobiém provozu trvala hodinu i přes a vyžadovala statných zkušených tavěčů; nebyl-li tlak větru spřávný (větší nebo menší) nastávaly velmi nemilé poruchy v provozu (struska s celým obsahem podstavy vylitla ven, struska vnikla do forem).

Všechny tyto závady odstranil L ü r m a n n (1867) zavedením formy s t r u s k o v é, která obdobně zařizena jako formy větrové a zapává se zátkou hlíněnou — z pece otevřené stala se pec z a v ř e n á; vynález ten byl ohromného dosahu pro železářství*). Podstava velké moderní vysoké pece jest na obr. 4.

*) L ü r m a n n zásluhou za tento vynález jmenován ku konci století t e c h n. Dr. h. c.

Tlak větru mohl býti bez závady zvýšen a tím se produkce pece mnohonásobně zvětšila, z tehdejších 15 máme dnes 500 tun; počet forem stoupl ze tří až na 16, které upraveny v jedné či dvou řadách nad sebou.

Na Tab. I. nalézá se podélný řez normální vys. pece na provoz kokový (v podstavě zakresleny jednotlivé otvory schematicky).

Vysoká pec vyzděna v různých částech z různého materiálu, jak uvedeno v souborném odstavci předešlém; vlastní zdivo ohraničující je z materiálu šamottového nejlepší jakosti a magnesitového, tloušťka stěn při obvyklých rozměrech pecí bývá v podstavě 1·0, v břichu 0·8 a při kychtě 0·6 m.

Podstava a zarážka tvoří samostatné těleso na šachtě nezávislé, aby vlivy roztahování zdiva vysokou zde se naskytající teplotou byly vyloučeny; šachta jest zděna na silném liti novém věnci, který podpořován železnými sloupy, odlehčuje zdivo podstavy i zarážky.

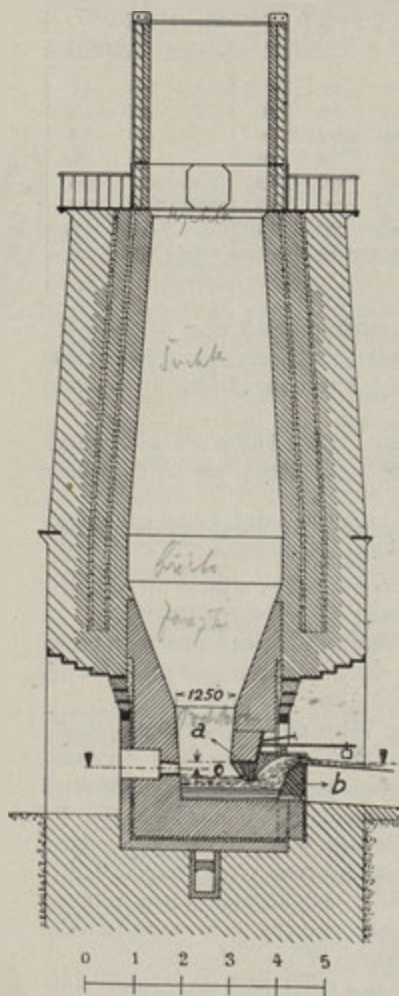
Rozměry šachty sdělené nejsou velké a proto třeba zdivo vyztužit železem v rozmanitém způsobu; aby zdivo ve spodní části vysoké pece bylo před vlivy vysoké teploty chráněno a tím jeho trvanlivost prodloužena, chladí se zvenčí vydatně vzduchem i studenou vodou.

Výpust nalézající se v nejhlubším místě podstavy, naproti formě Lürmannově (obr. 5., znázorňující příčný řez podstavou) jest rovněž opatřen vodním chlazením.

Nistěj vyzděna jest buď z uhlí ných kamenů, které jsou až na roz pouštění jich uhlíku tekutým železem,

chemicky stálé a netavitelné, anebo z kamenů magnesitových.

Větrové formy jsou v podstatě do zdiva založené dvojstěnné kuželové trouby z fosforového bronzu zvláštního složení vydatně studenou vodou

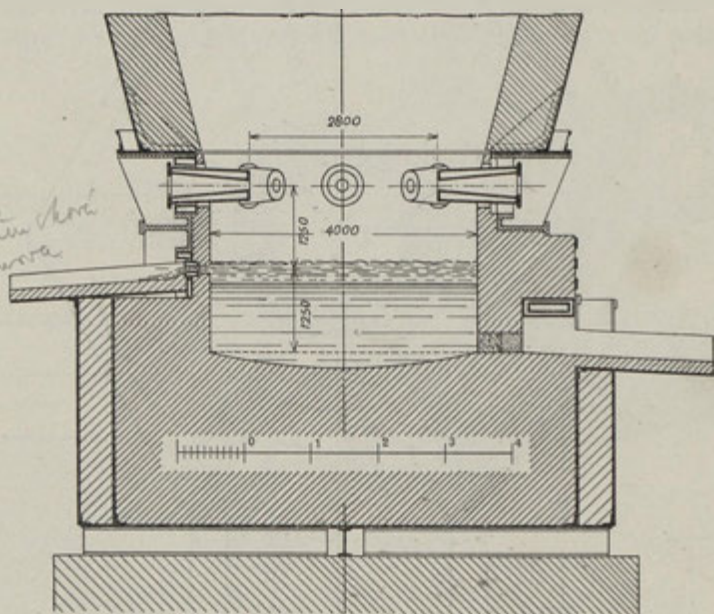


Obr. 3.

chlazené; v nich ústí píšťaly, přivádějící horký vítr z okružního větrovodu, který se nalézá nad formami.

Okružní větrovod z kotlového plechu železného vyložen jest zdívkou a uložen v příhodné výši na konsolách nýtovaných nebo litých nosičů na nichž spočívá šachta; příslušný detail i s píšťalou znázorněn na obr. 6.

Kychta jest uzavřená a příslušný závěr slouží jednak k zachycení plynových zplodin unikajících z pece, jednak ku stejnoměrnému zavážení pece; v užívání jsou různé konstrukce.



⊗ Obr. 4.

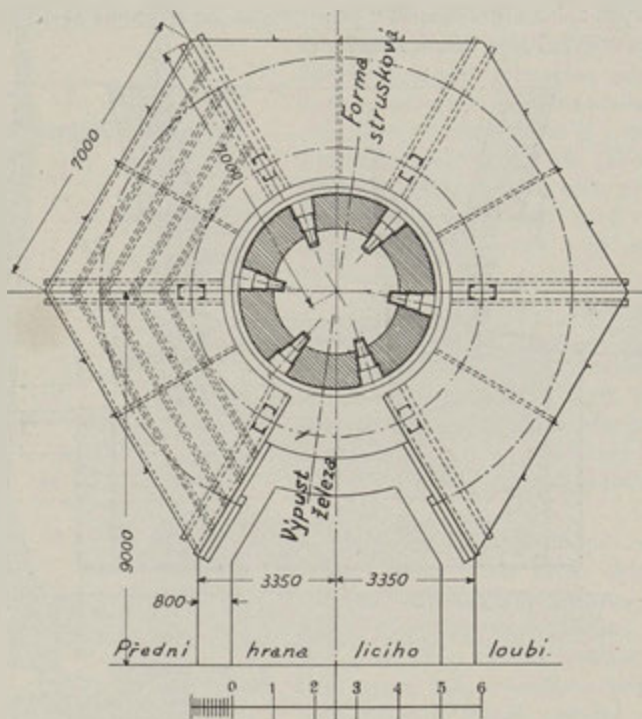
Na obr. 7. vyznačena dávno v hutnictví zdomácnělá konstrukce Parry - ho z roku 1850, jejíž podstata jest železná násypka *a* s kuzelem *b*, kterým se spouští materiál do pece, trouba *c* s potrubím *d* k odvádění kychtového plynu.

Na vysoké peci na tabulce I. použito závěru Langen - ova; spuštěním trychtýře Parryho sklouznou nasypané rudy nebo palivo ku obvodu šachty a odtud větší kusy zkutálí se do jejího středu, kdežto vytažením Langenova zvonu sesypávají se do středu pece a odtud větší kusy na její obvod.

Nejnovější způsob provádění vysoké pece jest pancéřová konstrukce Bui ger - ova, kde zarážka a spodní část šachty provedeny z litinových železných věnců, vyložených 100 mm silnou vrstvou zdíva (uhelné kameny)

zvenčí vodou chlazených; podobná pec s produkcí 500 t Thomasovského železa postavena 1906 v Bruckhausenu a jest 26 m vysoká.

Kychta koková bývá 2000—5000 kg, ji následuje rudná 6000—10.000 kg a když tato zavážka v peci dostatečně vytavováním železa sklesla, což obyčejně trvá asi 30 minut, vpraví se tam další zavážka; střídání trvá tak dlouho, dokud je pec v provozu.



Obr. 5.

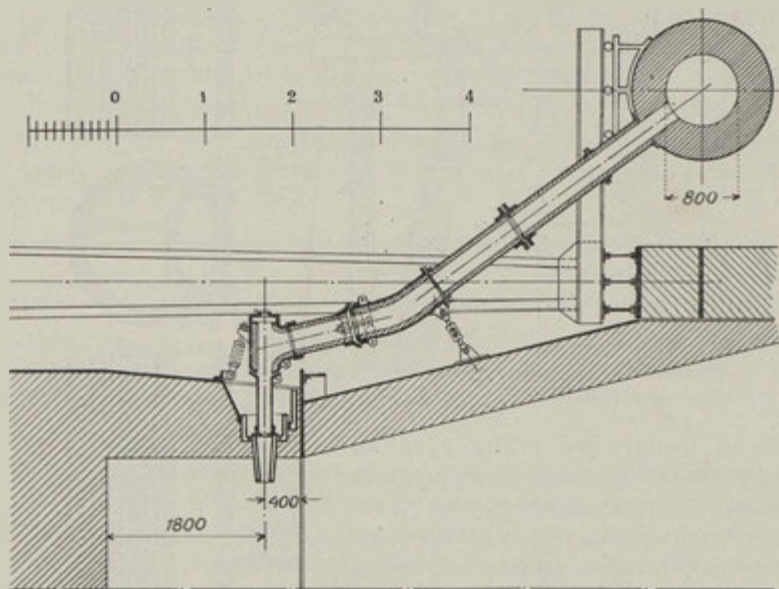
Pokud běží o velikost pecí a příslušnou spotřebu paliva, sluší poznamenati: Nejmenší vysoké pece na dřevěné uhlí bývají na 5 t, ve Švédsku obvyklé na 12 až 15 t, ve Štyrsku až 60 t (Vorderberg) a příslušná spotřeba bývá při železe bílém 65—75 kg, při šerém 92 až 102 kg na 100 kg sur. železa a pecech menších.

Největší vysoká pec, pracující se dřevěným uhlím, postavena v roce 1900 ve V a r e š i v B o s n ě, má výšku 21·25 m a obsah 182 m³, vytavuje z rudné směsi, obsahující 60% hematit a 48% limonit 52—53%; při větru horkém 850° C dává za 24 hodin 105 t při spotřebě 85 kg dřevěného uhlí na 100 kg železa bílého.

Při provozu kokovém jsou nejmenší pece na 100 *t*, normální v zá-
vodech německých na 150 *t*, ojedinělé v Německu 500 *t* a v Americe až
750 *t*; nejmenší spotřeba koku jest 90 *kg*, ale stoupá až na 160 *kg*; rozhodují
zde jakost koku, složení rud, teplota větru, a druh dobývaného železa,
při feromanganech může stoupnouti až na 200 *kg* ba i přes.

1. Ohřívání větru.

Jakmile Neilson 1829 v železárnách Clyde-ských doporučil
ohřívání větru, ihned se to ujalo a obecně zavedlo, poněvadž výhody jeho
jsou četné; v krajině poblíž forem vyvodí se nejvyšší teplota, již postupně



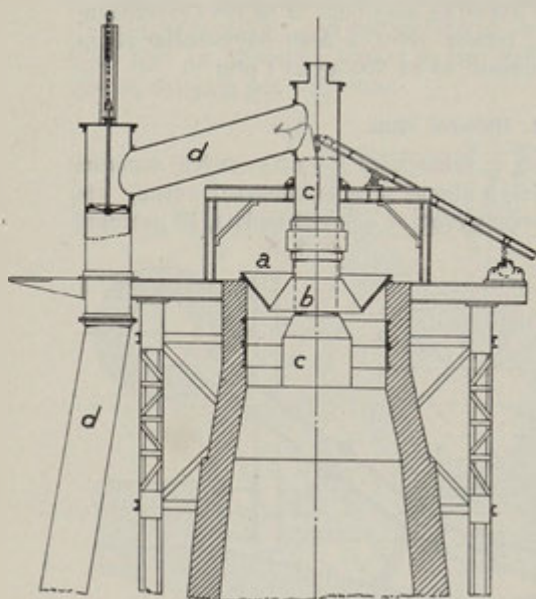
Obr. 6.

nahoru ubývá a vznik tak zvaného vrchního ohně vylučuje, tvoření stusky
jest příznivé, tekutost železa v podstavě velká, udržování pece v pravi-
delném chodu snadné a posléze při stejném množství paliva větší produkce
železa.

V hutích evropských setkáváme se dnes toliko s konstrukcí od W h i t -
w e l l - a ve starších, a C o w p e r - a v novějších; obě jsou upraveny jako
komorové a plněny ohnivzdorným mřížovým zdivem, topí se *kychtovým*
plynem, který poprvé k tomu účelu doporučil F a b r e d u F a u r.

Apparát C o w p e r - ův na obr. 8. složen jest z plechového, uvnitř
ohnivzdornými cihlami vyzděního válce o průměru 6·0—8·0 *m*, výšky
18—25 *m* (někdy i 32 *m*) zakončeného ve svršku kulovitou kuplí. Při

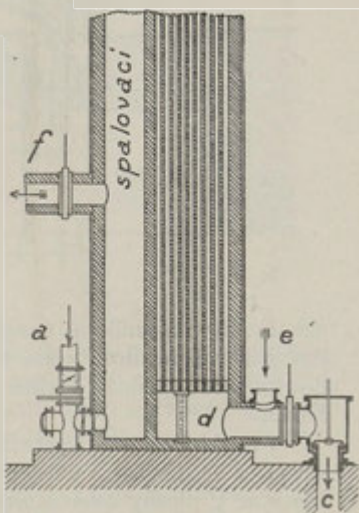
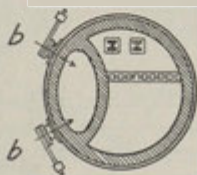
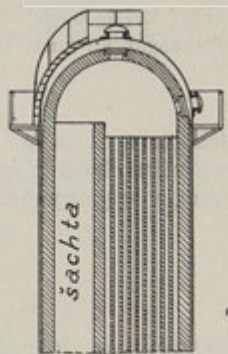
vnitřní jeho stěně uspořádána spalovací šachta, sahající až do kuple průřezu eliptického, kruhového, segmentového, kde se kychtový plyn za přístupu



Obr. 7.

vzduchu spaluje; její průřez bývá asi 17% prostoru ostatního, který vyplněn mřížovinou z ohnivzdorných cihel. Tato mřížovina provedena tak, že vzniká velký počet svislých trub o průřezu 120/120 až 160/160 mm při hranatých, 140 mm ve světlosti při kulatých; aby tah plynů a větru byl v celém prostoru rovnoměrně rozdělen, jsou trouby na okraji větších průřezů než ty ve středu (200 mm místo 160 mm). Stěny trub spočívají na roštu železném a jich síla bývá 60—70 mm.

Spalovací šachta a kuple, jakož i části ve svršku ostatním jsou z dinasek, zbývající část ze šamottek; na 1 m² výhřevné plochy aparátu čítá se 190 kg cihel. Při průměru 6·5 m a výšce 18 m mívá ohřivač asi 500 trub a výhřevnou plochu 4800 m²; vytápěn kychtovým plynem po dobu 2 hod. může ohřívati vítr na 750° C po 1 hod.



Obr. 8.

Na 1 m^3 větru v minutě čítají se nejméně 2 m^2 výhřevné plochy aparátu. Cesta plynů jest shora dolů, ohřivaného větru zdola nahoru; směrem *a* přichází kychtový plyn přes šoupátko a ventil do spalovací šachty, vzduch vstupuje hrdly *b*. Spálením vzniklé zplodiny táhnou z kuple zděnými troubami do dýmnice *d* a z této kanálem *c* do komínu, který pro 4 až 7 aparátů musí býti 60—70 *m* vysoký a nahoře 2500 *mm* světlý.

Po určitém čase zahřeje se zdivo trub na 800—1000° C, a když tato teplota jest dosažena, uzavře se přístup kychtového plynu i vzduchu a zavede do aparátu studený vítr od dmýchadel potrubím *e*, který protahuje trouby ve směru opačném, ohřívá se na 600—800° C a odchází potrubím *f* do okružního větrovodu vysoké pece.

Pro jednu menší pec stavějí se nejméně tři aparáty, dva se vytápějí a třetí ohřívá vítr; pro dvě pece sedm, z nichž jeden zůstává v záloze pro případ oprav a čistění; při velkých pecích bývá jich pět.

Výhřevná plocha aparátů bývá 2200—6000 m^2 .

Provoz jedné skupiny ohříváčů vede se tak, že každý pracuje vždy dvě hodiny na plyn, pak hodinu na vítr, a to se kombinačně střídá dle tohoto pořadu.

Apparát I.	II.	III.
od 6 do 8 hod. na plyn od 8 do 9 hod. na vítr od 9 do 11 hod. na plyn	od 7 do 9 hod. na plyn od 9 do 10 hod. na vítr od 10 do 12 hod. na plyn	od 7 do 8 hod. na vítr od 8 do 10 hod. na plyn od 10 do 11 hod. na vítr

Poněvadž při střídání aparátů vznikají teplotné rozdíly ve větru 20 i více %, zavedli G j e r s a H a r r i s o n tak zvaný vyrovnávač, menší to ohříváč v průměru 4·0 *m* a výšky 6·0 *m* bez spalovací šachty, jen se zdívkou mřížovým; ten se nevytápí, nýbrž jen jedním větrem ohřívá a opět jinému větru teplo přijaté vrací; ku třem obyčejným ohříváčům stačí jediný vyrovnávač.

Teplota větru foukaného do vysoké pece při provozu kokovém bývá při vytavování železa šerého 700—850°, zrcadlového 650°, obyčejného bílého 600° C; při provozu uhlím dřevěným a železe šerém 300—400°, bílém 400° C.

Aby ztráty na teple při ohřátém větru byly co nejmenší a aby sálavé teplo tavěčům při práci u pece nevadilo, jsou příslušná železná plechová potrubí při větších světlostech vyložena zdívkou, při menších obalena izolací látkami; šoupátka k uzavírání horkého větru chlazená vodou.

Tlak větru musí býti tak velký, aby proniknul až do osy pece a dosaženo bylo stejnoměrného spalování paliva, stejné teploty v celém průřezu pece; závisí tudíž na světlosti podstavu, v dalším pak na výšce pece a hutnosti zavážky, při větších pecích bývá 0·75—1 *atm*.

Vítr dodávají pístová dmychadla, poháněná stroji parními nebo plynovými; o jich velikosti nabude se jasné představy tímto příkladem: Vysoká pec s výkonností 150 t zpracuje, při tavné směsi obsahující 48% Fe, za 24 hodin 310 t železných rud a vápence, 135 t koku, tedy 445 t pevných hmot; k jich redukci spotřebuje se 575 t vzduchu, který musí dmychadla v téže době dodati.

2. Provoz vysoké pece.

Nově postavená pec vyhřívá se po dobu více týdnů, aby zdivo dokonale bylo vysušeno; s počátku slouží k tomu dřevo, později kok a účinkuje jen přirozený tah, až celá pec do žhavení jest, přivedena. Po té vpraví se tam lehká zavážka a spustí slabý vítr, pak se zavážky postupně stupňují, takže v několika hodinách jest dosažen pravidelný chod pece.

V určitých intervalech časových vypouští se struska a při zastaveném foukání tekuté sur. železo.

Toto pravidelné zavážení pece děje se bez přitrže a trvá tak dlouho, dokud závažná příčina nenutká k zaražení, t. j. kdy do pece vpravuje se toliko kok, aby zvolna vystydla nebo v případě dělnických stávek v tepelném stavu se udržela; tato doba nazývá se hutní cestou pece a trvá 1—2 roky, při pecích starších z massivního zdiva 10 i více let.

Chemické reakce, jež ve vysoké peci se dějí, lze zařaditi do tří skupin, totiž:

redukci různých oxidů železa kyslíčnickem uhelnatým na železnou honbu, uhlíčení železné houby, tvoření strusky z minerálních látek v rudách a z popelu pomocí tavidla.

Uvedené reakce dějí se při určitých teplotách, jež se vyvodí spalováním paliva za dostatečného přístupu vzduchu; přímý styk rudy s palivem není nutný, nejlépe vyhovuje vrstevnaté jich uložení v peci.

Nejpříhodnější cestou ku vystižení chemického děje ve vysoké peci jest sledování vzduchu do ní foukaného a jeho přeměn od forem ke kychtě. Vzduch formami do pece vniklý naráží na bílé žhoucí kok a spaluje se dle teploty tam panující na kyslíčnick uhlíčitý CO_2 a uhelnatý CO ; CO_2 však v nejbližším okamžiku přemění se rovněž na CO ; kyslíčnick uhelnatý jest hlavním činitelem tavícího procesu.

Dusík, jako plyn netečný, ohřívá se spolu s CO na teplotu v místě spalování a oba postupem ke kychtě teplo vedouce, sdělují je látkám v peci složeným, tím se tyto ohřívají, oba plyny pak na 300° C i méně ochlazují.

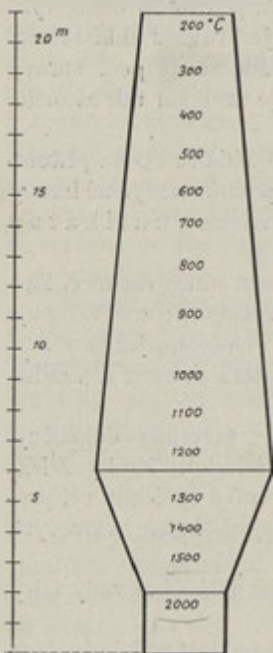
Na obr. 9. zanešeny do profilu pece obvyklých rozměrů příslušné teploty při normálním provozu.

Kyslíčnick uhelnatý, počínaje teplotou 400° C, má schopnost látkám kyslíkatým, rudám, kyslík odejímati či, jak se praví, tyto redukovati; redukci mění se v CO_2 a tím jeho úkol ve vysoké peci je skončen. Skutečný proces jest však poněkud odlišný a to z důvodu toho, že uvedená schopnost

CO přítomností CO_2 se valně umenšuje, jelikož CO jest odkysličovadlem, CO_2 však okysličovadlem, a proto při určitém vzájemném jich poměru jest podobná směs chemicky neúčinnou.

V šachtě, jejíž vrchnější vrstvy jsou značné teploty, redukuje se utvořený CO_2 opět na CO , kteráž redukce spojena jsou s utajením tepla, vlastně ztrátou, jelikož vzniklý CO vzhledem k rudám již k účinku nepřijde.

Proto kychtový plyn obsahuje mimo dusík zbylý ze vzduchu směs CO_2 a CO , posledního tím více, čím nesprávnější jest chod vysoké pece; obvyklá množství bývají v mezích 24—30%.



Obr. 9.

Počínaje 400° C redukuje se vyšší kysličníky železa v rudách obsažené na nižší, až zbývá jen oxid železa FeO , a ten při 900° C redukuje se na železnou houbu — čisté kovové železo.

Jü p t n e r vykládá redukci kysličníku železnatého FeO takto:

Poblíž forem jest vyvozena teplota as 2000° C, v tom případě má FeO dissociační napětí kol 1 atm., následkem toho nemůže býti železo vzdušným kyslíkem oxydováno a jsou pro ono místo význačné toliko reakce kyslíku s uhlíkem, po případě reakce FeO s uhlím. Ne-li v pásmu tom FeO , tvoří se jen CO , a to s nejvyšším napětím 0.347 atm.; poněvadž i vlhkost vzduchu oxyduje uhlík, bývá tento tlak nižší.

Přejde-li do pásma spalovacího něco FeO posud nezredukovaného, nastává přímá redukce uhlíkem a v tom případě může množství CO stoupnouti až na 34.7%, ba může se utvořiti i něco CO_2 .

Stoupáním plynů v peci klesá jich teplota a s ní i dissociačné napětí kysličníků FeO , CO a CO_2 .

Dokud napětí kyslíku v reakci $CO_2 = CO + O$ jest větší než napětí v FeO , jest redukce kysličníkem uhelnatým vyloučena a možná jen přímá redukce uhlíkem; je-li tudíž v onom místě ještě FeO , zvětší se množství CO v plynech.

Teprve od onoho místa, kde dissociační napětí FeO jest větší než napětí shora udané reakce, může CO odkysličovati FeO a odtud přibývá v plynech CO_2 ; nad tímto místem redukuje se vyšší kysličníky na FeO .

Při nižších teplotách může napětí CO býti větší než v CO_2 a pak nastává hutníkovi velmi nevídaná reakce $2CO = CO_2 + C$, jak již uvedeno dříve.

Tento stěžejný děj chemický ve vysoké peci není vázán na určitá její místa a proto se mluví o jejích pásmech, jež určitými chemickými reakcemi



jsou význačné; bývá jich pět a to: pásmo *ohřívací, odkysličující, uhličovací, tavěcí a spalovací*.

Pásmo ohřívací přímo pod kychtou ve vrchní třetině šachty jest význačné tím, že látky v peci složené veškeru vlhkost v něm pozbývají, po případě i hydrátovou vodu pouští, jest to pokračování v pražení rud či vlastní jich pražení; čím plyny studenější, tím toto pásmo delší.

Pásmo odkysličující či redukující sahá až tam, kde látky se počínají ve smyslu hutnickém tavití, bývá to asi v polovině zarážky; v tomto pásmu redukují se nejprve kysličníky, později uhličitany a jest proto dobře tyto před zavážením do pece pražiti; při vápenci, který jest rovněž uhličitánem, ale vápenatým, se pražení nedoporučuje, ten vkládá se do pece surový a vypaluje se až v peci teplem plynů a tím zamezuje vznikání tak zvaného vrchního ohně.

Ke konci redukce FeO na železnou houbu rozkládá se CO za přítomnosti FeO na CO_2 a volný C , kterýž v podobě velmi jemně rozptýlené hmoty vniká do železné houby a mění ji v snadněji tavitelnou uhlíkatou slitinu — *technické železo*.

Místo, kde se to uskutečňuje, nazývá se pásmem uhličovacím či karburujícím, není nikterak omezeno a splývá s předchozím; zde vstupuje do železné houby i C z paliva a jiných uhlikatých sloučenin, jež se v peci vytvořily (kyan) a tím se zuhličení, karburace železa dokoná a vzniklá uhlíkatá slitina taví, čímž počíná pásmo tavěcí.

Tvoření strusky v pásmu redukujícím započaté v tavěcím se dokončuje a struska stává současně se železem uhlikatým tekutou; kapky železa obalují se tenkou vrstvou strusky, jež je chrání před spálením při prostupu pásmem spalovacím, jež se nalézá v krajině kolem větrových forem.

Šeré sur. železo, mající vyšší teplotu tavení než bílé, chce rudy tížeji tavitelné.

Pásmo spalovací či oxydující sahá od forem až tam, kde zmizí utvořený CO_2 a O .

Kapky tekutého železa usbívají se v podstavě a zde se udržují tekuté jako kovová lázeň, pokrytá vrstvou lehčí strusky, jejíž měrná váha asi 2·3; odtud vypouští se občasné *L ü r m a n n*-ovou formou struska a když dostatečné množství železa nashromážděno, propíchnutým výpustem tekuté železo do nekrytých forem pískových nebo železných, kde ztuhne na kusy hranolovité, zvané *h o u s k y* při železe šerém nebo kusy *d e s k o v i t é* při bílém, po případě zachycuje do pánve pojezdné a jako tekuté ihned dopraví do huti ocelové k procesům konvertorovým či jiným.

Po vypouštění strusky nebo železa se výpusty ručně nebo strojově ohnivzdorným materiálem zacpou.

Při novějších vysokých pecích jest doba vytavování železa poměrně krátká; při sur. železu thomasovském činívá 10—12 hodin, takže výkonnost pece ohromná, obnášejíc 150—180 t i při poměrně malých rozměrech pece;

v tom případě naskytá se právě dříve uvedený údaj: na 1 tunu železa asi 2 m^3 obsahu pece.

Čím tížeji se rudy redukuje, tím bohatší je struska na železo, a tím větší redukující práci nutno provést; tu nevystačuje již CO , nýbrž potřeba činidla mocnějšího a tím jest uhlík bílé žhoutu koku ve styku s tekutou struskou či tak zvaná redukce direktní na rozdíl od dřívější pomocí CO , jež byla indirektní.

Redukce direktní děje se až v pásnu spalovacím a naskytá se při rudách manganatých, fosforatých a křemíkatých, uskutečňuje se až po dokonané redukci železa nejprve při Mn , pak P a posléze Si ; Mn přechází až do 75% svého množství do vytavovaného sur. železa, P veškeren a Si dle výpočtu.

Dobývání železa z těchto rud spojeno jest s velkou spotřebou paliva. Klesne-li z jakékoli příčiny teplota ve vysoké peci pod určitou míru, děje se redukování rud jen nedokonale, železo zůstává ve strusce, která jest barvy černavé, což zpravidla známkou pochodu nespělého; spělá struska, známka to správně vedené práce, jest barvy bělavé šedé, modravé nebo zelenavé a prostá železa.

Pochod nespělý jest, obrazně řečeno, nemocným stavem pece a přivozen bývá jejím špatným zažíváním, jež má původ v chybné zavázce, špatném palivu, v nesprávném množství a teplotě větru — lékařem je tu hutnický inženýr; malé pece jsou v tom směru citlivější než velké, tající v sobě velkou zásobu tepelnou.

3. Kychtový plyn.

Plyny unikající z vysoké pece nazývají se plynem kychtovým; jeho chemické složení závisí na množství CO_2 v zavázce a množství spáleného paliva. Průměrná chemická analýsa objemová při provozu kokem jest asi tato:

60—56% N , 24—26% CO , 12—9.5% CO_2 , 2—3% H , 2—0.5 CH_4 a mívá výhřevnost 800—1000 kalorií v m^3 ; jest to výhřevnost poměrně malá, což má původ v tom, že kychtový plyn obsahuje málo vodíku; při provozu anthracitem jest vodíku dvakrát tolik.

Složení kychtového plynu při různých železech a palivech sestaveno v tabulce.

Kychtového plynu užívá se od dávných desítekletí k topení ohřivačů větru a parních kotlů pro pohon dmychadel. Na 1 tunu vytaveného sur. železa vyrobí se asi 4500 m^3 kychtového plynu, něco se ztrácí při zavážení vysoké pece, asi 40% spotřebuje se k ohřívání větru a zbytek 2500 m^3 s průměrnou výhřevností 900 kalorií lze využití ku přímému vyvozování motorické síly v plynových motorech.

Racionelní využitkování kychtového plynu tvoří nejmladší periodu vývoje železářského; moderní vysoká pec s dokonalým zařízením ku lapání

	při surovém železe									
	šlevacím	puddlovacím	thomas.	bessemerovacím	hematitovým	slevacím	zrcadlovým	hematitovým	slevacím	zrcadlovým
	lotrinské			vestf.	ruském			švédském		
	vytaveném kokem				antracitem			dřevěným uhlím		
Co_2	9·76	14·0	10·0	12·12	6·80	6·74	7·90	10·88	7·63	10·45
CO	26·2	24·0	25·0	24·78	18·80	23·15	24·80	28·29	29·70	27·49
H	2·76	—	—	2·03	5·24	6·48	5·22	2·61	2·00	3·25
CH_4	2·19	—	—		—	—	—	4·96	4·20	8·45
N	58·81	62·0	65·0	61·07	69·06	63·52	62·08	53·26	56·47	50·36
O	—	—	—	—	0·10	0·11	—	—	—	—
$\frac{CO_2}{CO}$	0·37	0·58	0·40	0·49	0·36	0·24	0·32	0·38	0·26	0·38

kychtového plynu (různé konstrukce závěrů) a jeho čištění (praní) poskytuje tolik plynového paliva, kolik ho potřebuje ke vlastnímu provozu a ještě ho dosti zbývá k vyvození síly motorické v jiných odděleních závodních tým, že se přímo anebo prostřednictvím elektrických generatorů tamže využije (osvětlení, převody silové, elektrometallurgie).

Motory na kychtový plyn spotřebují na hod. a koňskou sílu 2·7—3·5 m^3 plynu dle jeho složení; při množství 2500 m^3 dříve udaném odpovídá to 2500/24·3 mechanické práci 32 *hod. koní*. Čítáme-li 8 *koní* na pohon strojů, pomocných při provozu vysoké pece, jako jsou dmychadla, pumpy, výtahy atd., zbývá ještě asi 24 *koní*, na tunu vytaveného sur. železa k volnému použití. Při způsobu starším, kde se kychtovým plynem přímo vytápěly parní kotle, spotřebovalo se ku vyvození hod. koně asi 12·5 m^3 , což spočívá v tom, že plynový motor využívá až 35% z plynového paliva, kdežto při páře činí to jen asi 10%.

4. Přímíšeniny surového železa.

a) Mangan.

Mn nalézá se v rudách a dá se při určitém způsobu práce (rudy bohatě manganaté, vysoká teplota, zásadité přísady) spolu s Fe redukovati; vyskytá se v sur. železe v různých množstvích.

Mn činí železo schopným přijímati velké množství uhlíku chemicky vázaného, který v něm setrvává i při pozvolném chladnutí, tudíž podporuje tvoření sur. železa bílého; je-li v něm $C = 3—4\%$, $Mn =$ až 5%, jest to železo paprskové, při $C = 4—5\%$, $Mn =$ až 20% jest to zrcadlové či zrcadlina. Slitina železa s větším množstvím Mn (20—85%) nazývá se ferromangan a slouží k uhlíčení plávkového materiálu.

Mn zvyšuje tvrdost a tavitelnost železa, snižuje teplotu tavení; ferromangany taví však při nejvyšších teplotách.

b) *Křemík.*

Si přechází z rud, paliva a křemičitých přísad za vysoké teploty a přítomnosti tekutého železa. Bílé sur. železo vytavené při nízké teplotě má ho málo, šeré mnohem více; zvláštní redukci rud lze získati ve vysoké peci 12 až 15% *Si*, v elektrické peci až 50% *Si* a více; tato slitina nazývá se ferrosilicium a užívá se jí jako přísady při výrobě určitých druhů materiálu plávkového, někdy i při druhování slevacího železa.

Si, jeví větší slučivost s *Fe* a *Mn* než s *C*, podporuje vycezdování grafitu a tvoření železa šerého se strukturou zrnitou; opačně tekuté sur. železo, obsahující *Si*, rychlým chlazením mění se v bílé.

Dle *Törrer*-a vyloučí železo, obsahující 2% *C*, při 0-19% *Si* $\frac{1}{5}$ *C* v podobě grafitu, při 1-4% *Si* však $\frac{4}{5}$ *C*, ale nesmí býti přítomen *Mn*.

V praxi obvyklé druhy železa slevacího neobsahují více *Si* jak 3-5%; určité jeho množství přivozuje strukturu hrubě zrnitou, ale již při 4% *Si* objeví se struktura jemnozrná; speciální druhy železa s málo *Mn* a *Si* jsou rovněž barvy šeré a jemnozrné, z čehož vysvítá, že není správným jakost železa slevacího posuzovati jediné dle velikosti zrna a vzhledu struktury.

Šeré sur. železo s velkým množstvím *Mn* musí obsahovati velké množství *Si*, aby *Mn* byl neutralisován; obsahuje-li malé množství *Mn*; může býti i málo *Si* a přece se grafit vycezuje, jak tomu při surovém železe vytaveném uhlím dřevěným.

Měkké železo křemíkaté má vyšší teplotu tavení než tvrdé manganaté, *Si* umenšuje pevnost a křehkost; pevnost slitků ze železa, obsahujícího 3—3.5% *Si* při malém množství *Mn*, vykazuje pevnost 10 kg na mm² a jen v malé míře se smršťuje.

Při opěťovaném tavení železa šerého spaluje se *Si* a tím stává se železo bělejší.

c) *Fosfor.*

P přichází v rudách, palivu i přísadách a redukuje se spolu s *Fe* v množství tím větším, čím vyšší je teplota ve vysoké peci a čím více jest volné kyseliny křemičité; nalézá se skoro v každém sur. železe.

P ztěžuje přijímání *C* železem, ale ne vylučování grafitu, snižuje teplotu tavení, přivozuje řídkou tekutost, zvyšuje tvrdost železa; železo fosfornaté je tím křehčí, čím více má *C* chemicky vázaného, nesnese pak otřesů a rázů i při obyčejné teplotě, což má původ v jeho hrubě krystalinické struktuře. Špatné vlastnosti železa fosfornatého se stupňují přítomností uhlíku základného.

Sur. železo pro konvertorový proces *Thomas*-ův mívá až 3% *P*.

d) *Stra.*

S přechází do železa z rud a paliva z kovových sirníků a redukovaných siranů; vždy vlastnostem železa škodí a jest úkolem hutníka její vstup do

Fe pokud možno zameziti. Z toho důvodu se rudy, obsahující větší množství síry, praží, vyluhují a ještě ji zbývá tolik, že kdyby při vytavování *Fe* se nepřevadla do příhodné strusky, činila by vyrobené sur. železo nepotřebným; k odstranění síry užívá se přísad silně zásaditých s malým množstvím kyseliný křemičité.

S podporuje tvoření železa bílého, chudě uhlíkatého, vylučování grafitu však stěžuje, teplotu tavení snižuje, ale přes to železo již při 0·3% *S* i při vyšších teplotách jest hustě tekuté; v bílém sur. železe bývá jí 0·05—0·3%, v šerém nejvýše 0·1%.

e) *Ostatní prvky kovové a plyny.*

Měď až do 0·25% vlastnostem železa neškodí, přes tuto hranici škodí ve stejném smyslu jako síra, jen že třeba větších množství.

Olovo, zinek a cín znesnadňují vycezoání grafitu, zvyšují tvrdost a křehkost, snižují teplotu tavení a způsobují hustou tekutost; poněvadž vyskytají se však jen v nepatrných množstvích, nemají podstatný vliv na vlastnosti železa.

Rovněž nepatrný vliv mají kovy žiravin a kovy zemin, vyskytající se v železe v nepatrných množstvích; *alkalické* kovy podporují uhličení železa a účinkují čistivě při zkujňování, *hliník* zlepšuje karbidy železa, ve větších množstvích činí však železo hustě tekutým.

Tekuté železo pohlcuje *dusík*, *vodík* a kyslíčník *uhelnatý*, při tuhnutí unikají dusík, kyslíčník uhelnatý a část vodíku; druhá část vodíku tvoří se železem slitinu a zůstává v něm i ve stavu ztuhlém studeném.

IV. Železo surové.

Železo, vyrobené ve vysoké peci nazývá se *surovým*; jeho vlastnosti a technické použití podmíněny jsou v prvé řadě množstvím uhlíku a dále, zdali on chemicky vázaný či grafitový, v řadě druhé množstvím křemíku nebo manganu.

Tím dospíváme ku třídění sur. železa dle barvy, jež bývalo a ještě dnes je, ovšem v omezené míře, užíváno; jest to třídění odůvodněné, poněvadž ostatní vlastnosti železa jsou s barvou dosti v souhlasu, a rozeznáváme železo šeré a bílé, jinak řečeno železo *křemíkové* a *manganové*.

Šeré železo získá se za vysoké teploty v pásmu tavěcím při nadbytku paliva a hojném větru; redukování rud musí býti takové, aby co nejvíce křemíku přešlo do železa. Křemík způsobuje vycezoání grafitu a tím železo nabývá barvy šedavé různých odstínů a různě zrnité struktury, mangan toto vylučování stěžuje a železo se stává světlejším.

Šeré sur. železo jest měkké, dobře zrábitelné, není však ohebné, kujné; ve stavu roztaveném jest velmi tekuté, hodí se proto dobře ke slévání a nazývá sur. železem *slevacím*.

Šeré železo přichází ve třech číslech či známkách, z nichž toliko dvě přicházejí v obchodu; starší praktikové slevaření posuzují

jeho vlastnosti dle barvy a zrnitosti lomu, kteréž kritérium jest nejisté a může býti klamně; spolehlivý posudek jest dnes možným toliko na základě chemického rozboru, množství křemíku jest právě pro účel slevačský onou cenou součástí.

Číslo (marka) I, obsahující největší množství grafitu, má zrna velká, lom barvy temně modravé, snadno se láme a je ze všech druhů sur. železa nejměkčí. Při lití žádné jiskry z něho nesrší a proto říkali, že se lije mrtvě, při tuhnutí vylučuje mnoho šumu.

Pro přílišnou měkkost a šum, který kazí slitky, nehodí se samo ke slévání a užívá toliko jako přísady k číslům jiným.

Číslo II v obchodu se nenaskytá, tvoříc přechod k dalšímu číslu III, které bývalo dříve vlastním železem slevacím, jest barvy světlejší, lomu stejnoměrně drobně zrnitého, značné pevnosti a houževnatosti. V roztaženém stavu bývá barvy bílé s nádechem do červena, v pánvi se vlní, hraje a proto říkali, že jest živé, při tuhnutí šumu nevylučuje a po ztuhnutí poskytne povrch rovinný.

K docílení určitých vlastností na slitcích užívá se při jich lití sur. želez určitého složení; s ohledem na cenu a vlastnosti d r u h u j í s e různá železa, po případě přidává i železo cizího původu; u nás železo anglické, španělské, jež přichází po vodě přes Hamburk, o čemž obšírněji bude pojednáno ve slévárnictví.

Složení různých želez slevacích obsaženo v tabulce; příslušné rozborů jsou z doby poslední a to buď jako průměrné anebo jednotlivé laboratorní.

Druh slevacího železa	U h l í k			Si	P	S	Mn	Cu
	grafi- tový	vázaný	celkový					
Porýnsko-westfal. č. I	3.48	0.39	3.87	3.34	0.53	0.02	0.78	0.018
„ „ č. III	3.38	0.50	3.88	2.57	0.88	0.02	0.82	—
Lucemburské č. III.	3.55	0.35	3.90	2.0-2.5	1.85	sledy	0.40	—
Siegerlandské č. I.			3.5-4	3.0	0.4	0.02	0.5	sledy
„ č. III.			3.5	2.0	0.5	0.02	0.5	„
Anglická marka Middle- brough I.	3.43	0.08	3.51	2.28	1.37	0.09	0.50	—
Anglická marka Middle- brough III.	3.33	0.1-0.5	3.5-3.6	1.8-2.5	1.55	0.05	0.74	—
Skotské průměrné	2.6-2.3	0.3-0.8	3.4-4.0	2.2-3.5	0.5-1.0	0.02	0.7-1.9	0.1
Coltness	3.3	0.25	3.55	3.0	0.99	0.02	1.58	—
Španělské Viscaya	2.13	0.6	2.73	2.6	0.105	0.01	1.08	sledy
Vítkovické č. I.	3.3	0.4	3.7	2.5	0.4	0.01	1.2	—
„ č. III.	3.0	0.5	3.5	1.6	0.5	0.04	1.3	—
Královské								
hrubozrné			3.7-4.0	2.7-3.3	1.4	0.03	0.6-0.7	sledy
jemnozrné			3.5-3.8	2.1-2.7	1.4	0.05	0.5-0.7	„

Pro naše poměry mají vzhledem k lacinému dovozu po Labi důležitost hlavně železa anglická a tu pod markou *Middlesbrough* jsou to železa: Ayresome, Clarence, Cleveland, Newport a Yorkshire, ze skotských pak Coltness, Langloan, Gartsherry a j.

Zvláštním druhem slevacího železa jest železo *hematitové*, které jest první jakosti, a ze všech druhů nejdražší; tu udáno složení některých, které i u nás nejsou neznámy, a to pro hematit:

	Cv	Cc	Si	Mn	P	S
Krupp-ův č. I	0·3	4·0	2·8—3·2	1·2—1·4	0·05	0·02
z Bochumu č. III	0·4—0·6	4·1—4·3	2·0—2·3	1·7	0·06	0·05
z Vítkovic č. I	0·3	3·5—3·7	3·0—3·3	0·65—0·75	0·15	0·02
Rozbor jednoho anglického		3·42	3·12	1·74]	0·05	0·01

Hematitové železo druhováno s dobrou starou litinou na jemné zrno poskytne litinu těchto pevností: v tahu 14 kg, v ohybu 35 kg, v tlaku až 70 kg, pro mm², aniž slitky jsou při tom křehké; přidá-li se něco oceli, pevnost v tahu 20 kg a přes.

Tak zvané železo *bessemerovací* má průměrně totéž složení jako hematitové až na mangan, kterého bývá 2—2·5‰; tak složení materiálu pro zkujňování v konvertoru anebo v peci Martinově ve Vítkovicích na Moravě jest toto:

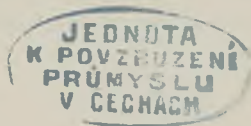
3·5 C, 1·5 Si, 2·8 Mn, 0·45 P, 0·04 S.

Dosud uvedená železa jsou vytavena kokem a tu ještě několik rozborů želez slevacích vytavených dřevěným uhlím za studena.

Druh slevacího železa	Cg	Cv	Cc	Si	P	S	Mn	Cu
Siegerlandské tem. šeré			3·5-4·0	2—2·5	0·20	sledy	0·5	sledy
„ světle šeré			3·5-4·0	1·4-1·6	0·20	„	0·4-0·5	„
„ poloviční			3·5	0·5-1·0	0·20	„	0·2-0·3	„
Švédské šeré	40	0·57	4·57	0·73	0·09	„	0·24	—
Štyrské (z Neubergu)	3·18	0·75	3·93	1·96	0·04	0·018	3·46	0·085

Rychlým ochlazením při tuhnutí mění se šeré železo v bílé, stane se tím tvrdým a nedá se již obyčejnými způsoby zrábět; úkazu toho užívá se při výrobě *chlazené* litiny, kde lije se místo do forem pískových do železných a získá tím slitky s jádrem měkkým ze železa šerého o povrchu však tvrdém z bílého; obě vrstvy přecházejí do sebe pozvolna.

Na chlazenou litinu hodí se *číslo IV*, jež se nazývá též sur. železem polovičním, tvořící přechod mezi šerým a bílým; na lomu význačno jest šedavě černými tečkami a odtud pochází pojmenování železo m á - k o v í t é.



K lití wagonových kol, válců do válcoven a papíren (kalandry) užívá se železa složení:

$\max 3\cdot6\ C, 0\cdot5\text{—}1\cdot0\ Si, 0\cdot5\text{—}1\cdot25\ Mn, 0\cdot15\text{—}0\cdot25\ P, \text{ pod } 0\cdot1\ S.$

Sur. železo bílé, tbořící číslo V, vzniká ve vysoké peci při nižší teplotě než šeré z rud snadno redukovatelných palivem lehce zápalným, prostým fosforu a síry; nejlépe tu vyhoví uhlí dřevěné a příslušné surové železo zpracuje se dále na kujné železo a ocel nejlepších vlastností (Štýrsko, Švédsko, Ural).

Třídění železa bílého provádí mangan. Obvyčné bílé železo, zvané též matné, zrnité, spělé, jest lomu drobounce zrnitého a zpracuje se výhradně na kujné železo puddlováním; množství Mn bývá pod 1%.

Železo bílé lupínkaté, paprskové jest lomu paprskovitě vláknitého, barvy o něco temnější do modrava a tvoří přechod k železu zrcadlovému — zrcadlině — která jest lomu silně krystalinického, lasturnatého; je to železo velmi tvrdé a křehké. Tuto strukturu způsobuje Mn většího množství tvořením destičkových krystalů.

Zrcadlina dobývá se z manganatých uhlíčitanů železa a lze ji považovati za karbid složení $Fe_3C \times Fe_2C$, obsahující 5—20% Mn , a nepatrné množství P a S ; obsahuje-li sur. železo přes 20% Mn , nazývá se tato slitina ferromanganem.

Chemické složení zrcadliny a ferromanganu v tabulce:

	Zrcadlina		Ferromangan				
	obyčejná	manganatá	porýnský		anglický	ruský	vítkovický
			I	II			
C	4·00	5·00	7·20	7·10	7·5	6·93	7·0
Si	0·30	0·5	0·72	1·40	1·5	1·47	1·0
Mn	10·00	20·00	80·60	85·37	82·5	83·47	80·00
P	0·06	0·10	0·27	0·27	0·2	0·30	0·30
S	0·01	0·01	—	—	—	—	0·01
Cu	0·02	0·03	—	—	—	—	—

Množství uhlíku ve ferromanganu může dosáhnouti až 7·7%; stoupne-li však současně Si na 5—15%, ubývá C až na 2% a podobný materiál jest křemíkatou zrcadlinou; neobsahuje-li žádný Mn , klesne C až na 1% a to jest ferrosiliciem, jak ukazuje tabulka.

Jelikož zrcadliny, ferromanganu i ferrosilicia užívá se hlavně při výrobě plávkového materiálu (oceli), který má býti co nejvíce prost fosforu, řídí se cena jich, nehledíc ke množství Mn množství P ; při užití křemíkaté zrcadliny ve slevárnictví železa může býti P u větším množství.

	Křemíková zrcadlina				Ferrosilicium				z elektrické pece
	I	II	III	vítkovická	I	II	III	vítkovické	
C	1·1	1·1	1·0	2·1	1·1	1·19	1·61	1·2	0·23
Si	14·65	12·7	11·49	9·7	17·06	15·28	13·10	15·0	51·70
Mn	20·51	22·36	23·41	20·10	1·23	1·30	1·12	0·75	0·16
P	0·14	0·12	0·13	0·35	0·13	0·11	0·11	0·25	0·06
S	0·018	0·025	0·019	0·01	0·019	0·015	0·016	0·01	0·02

Zvláštním druhem sur. železa bílého jest železo *thomasovací*, jež se získá redukováním rud bohatě fosfornatých za vysoké teploty a mívá 1·5 až 2·5 P; je-li chod pece studený, přechází část fosforu do strusky a podobné železo bývá pak méně cenné.

Vzhledem k užití sur. železa ku dalším procesům hutnickým, rozdělujeme je na:

slevací, hematitové, frišovací, puddlovací, puddlovací zrcadlinu, martinské či ocelové, bessemerovací, thomasovací;

dle použitého paliva ve vysoké peci na železo vytavené:

dřevěným uhlím, kokem a antracitem;

posléze dle výše teploty do vysoké pece foukaného větru na: železo vyfoukané za studena, při teplotě nízké, a za horka při vysoké.

Dřevěné uhlí jsouc prosto všech cizích přímíšenin a zvláště fosforu, poskytuje nejčistšího sur. železa a proto železo *štyrské* a *švédské* jsou nejlépe hledanější; u nás podnes v K o m á r o v ě u H o ř o v i c pracují menší dvě pece se dřevěným uhlím a lije se přímo z vysokých pecí do forem.

Frišovací železo štyrské, jež se zpracuje na světoznámou ocel kelimkovou, má složení

3·5—4·2 C, 0·11—0·24 Si, 0·8—2·4 Mn, 0·03—0·07 P, 0·02 S a 0·05 Cu

Mezi železem kokovým a antracitovým není podstatného rozdílu a tento může se toliko vyskytnouti při železe hematitovém a bessemerovacím kdyby antracit užitý obsahoval více fosforu než tomu bývá při koku.

Železo vyfoukané za studena, které se dobývá hlavně v Anglii, vyznačuje se tím, že má menší množství uhlíku a křemíku; lze je však vytaviti při stejně dobré kvalitě i při větru mírně teplém, čímž se jeho výroba zlevní.

V následující tabulce sestaveny typické rozborů různých sur. želez bílých, jež jsou v průmyslu železářském obecně známé.

Sur. železo	C	Si	Mn	P	S	Cu
thomasovací porýn.-westfál.	3·8	0·10	2·4	3·0	0·05	—
„ „ „ „	3·5	0·46	1·7	2·5	0·05	—
„ lucemburské ...	3·8	0·75	1·45	1·75	0·08	—
„ „ ...	3·5	1·0	0·6	1·4	0·12	—
„ kladenské	3·3	0·8-1·2	0·25	2·25	0·05-0·08	—
bessemerovací obyčejné ...	3·89	1·99	3·76	0·13	0·06	0·05
„ zrcadlové	5·97	0·28	8·78	0·05	0·01	0·02
zrcadlové siegerlandské	4·5	0·1	11·0	0·07	0·04	0·2
„ vítkovické	4·5	0·5	15·0	0·20	0·01	—
bílé paprskové	3·16	0·3	2·0	0·83	0·04	0·06
„ obyčejné	2·49	0·08	1·24	0·92	0·03	0·01
frišovací	4·31	0·19	3·54	0·09	0·01	0·03
puddlovací vítkovické	3·4	0·75	2·50	0·30	0·07	—
bessemerovací-martinské						
z Vítkovic	2·8	1·5	2·80	0·45	0·04	—
bílé švédské	3·0	0·017	0·15	0·015	0·007	—

Na závěrek uvedeny tu rozbory různých želez surových, vytavených kokem, které se považují v Porýnsku a Westfálsku od syndikátu sur. železa v Düsseldorfu za obecně průměrné.

Druh sur. železa	Si	Mn	P	S	Cu
Slevací železo č. I.	ne pod 2·5	ne přes 1·0	ne přes 0·6	ne přes 0·04	—
Slevací železo č. III.					
a) porýnsko-westfalské ...	1·8—2·5	pod 1·0	pod 0·9	ne přes 0·06	—
b) siegerlandské	1·8—2·5	0·8—1·25	0·6—0·9	„ „ 0·05	—
Železo hematitové	2—3	ne přes 1·3	ne přes 0·6	„ „ 0·04	—
Železo puddlovací (prima)					
a) porýnsko-westfalské ...	—	2—3	0·3—0·5	„ „ 0·08	ne přes 0·35
b) siegerlandské	—	3—5	0·3—0·5	„ „ 0·08	„ „ 0·35
Puddlovací zrcadlina	—	4—5	0·35—0·5	„ „ 0·05	„ „ 0·30
Martinské železo					
a) porýnsko-westfalské ...	—	3—5	ne přes 0·1	ne přes 0·04	ne přes 0·35
b) siegerlandské	—	4—6	„ „ 0·1	„ „ 0·04	„ „ 0·40
Bessemerovací železo	pod 2·0	3·5—4·5	„ „ 0·1	—	—
Thomasovací železo					
marka Mn	—	ne pod 2·0	1·8	0·12	—
„ MN	—	asi 1·5	1·8	0·12	—
„ MO	—	pod 1·5	1·8	0·12	—

Posléze zbývá zmíniti se o tom, jak to dopadá s výrobní cenou surového železa; tato cena mění se zeměpisnou polohou té které železné huti vzhledem k ložiskům rudným a uhelným, v dalším pak druhem vyta-

vovaného surového železa a posléze je-li huť současně majitelkou uhelných dolů a kokáren či není.

Výrobné ceny v následujících kalkulacích vzaty jsou z doby kolem roku 1900 a rozumí se pro 1 t = 1000 kg sur. železa.

Při thomasovacím železe kladenském jeví se kalkulace takto:

3 t železných rud po 6 kor.	18 kor.
1·1 t koku po 35 kor.....	38·5
1 t vápence po 3 kor.	3·0
služné a mzdy	3·5
provozovací vydaje	1·6
různé	1·4

Dohromady66 kor. = 55 r. marek, shillingů

Pro poměry německé sestaveny jsou výrobné ceny různých druhů surových želez v podobě tabulky, z níž zřejmo, jaký vliv má zeměpisná poloha hutí.

Surové železo	thomasovací			bessemerovací	slevací č. III.	
	lucemburské	westfal-ské	slezské	westfal-ské	porýn-ské	slezské
	marek					
Železné rudy	9·28	26·50	} 33·00	29·50	27·00	} 35·50
Vápenec	2·00	2·00		3·00	1·35	
Kok	25·30	15·20	12·50	13·00	16·30	15·80
Celkové provozovací výdaje.....	8·00	7·00	6—9	8·00	9·00	6—9
Dohromady	44·58	50·70	51·5-54·5	54·5	53·65	57—60

Poměry při železech *anglických* obsaženy v tabulce druhé.

Surové železo	hematitové z			slevací III. z
	Clevelandu	Walesu	Cumberlandu	Clevelandu
	shillingů — pencí			
Železné rudy	30	31	25 6 d	16
Vápenec	2	2 6 d	1 4 d	1 6 d
Kok	15	14 6 d	21	16
Celkové provozovací výdaje	5	5	7 7 d	7 4 d
Dohromady	53	53	55 5 d	40 10 d

V. Zkujněné železo.

Technické železo, obsahující 0·04—1·6% C, jest *kujné*, zahřáto jsouc do žáru jasně červeného, měkne a stává se *tvárbným* (plastickým); nazývá se *zkujněným*, jelikož se vyrábí ze železa surového, jež *kujným* není.

Při 2·3% C mizí tato vlastnost zvaná *kujností*, teplota tavení značně klesá a při přechodu ze stavu pevného do tekutého neprochází podobné železo již stavem plastickým a stává se *slevacím*.

Uhlík ve zkujněném železe objevuje se skoro výhradně jako *chemický vázání*; z ostatních přímíšenin sluší uvést *Mn, Si, Cr, Ni, Wo*, jež mu dodávají určitých příznačných vlastností.

Starší třídění železa zkujněného dělo se dle množství C na *kujné železo a ocel*; toto rozdělení dnes již nevyhovuje, jelikož známa jsou i železa chudě uhlíkatá, jež mají vlastnosti ocelí, což způsobují některé ze dříve uvedených přímíšenin jako *Mn, Cr, Wo*.

Dnešní dobou dobře vyhovuje roztržidění dle způsobu výroby a stavu, v jakém se zkujněné železo dobývá, a to na materiál *svarový a plávkový*; každý z nich obsahuje druhy, jež lze zařadit jak do železa, tak i oceli,

Svaz pro zkoušky materiálů navrhnul v roce 1904, aby ty druhy materiálu plávkového, jež vykazují nejmenší pevnost v tahu (při přetržení) 50 kg — mm², nazývány byly *ocelí plávkovou*, a ty při materiálu svarovém s nejmenší pevností 42 kg — mm², *ocelí svarovou*; ony druhy, jež leží pod zmíněnými hranicemi, tvoří *kujné železo plávkové a svarové*.

Druhy zkujněného železa, obsahující více než 0·6% C a ještě přímíšeniny jiné, zahřáty jsouc do červena a rychle potom zchlazeny, nápadně tvrdnou — *se kalí* — jsou *ocele*; kdežto druhy s malým množstvím uhlíku (asi 0·2% C), pokud možno všech přímíšenin prosté, kalením netvrdnou, a to jest *kujné železo*.

Jestli teplota při výrobě zkujněného železa nedosahuje jeho teploty tavení, obdržíme je v podobě měkkých zrn, která se ve větší shluky svářejí a při tom strusku mezi sebe uzavírají; tato struska musí býti kováním a válením odstraněna, dokonalé její odstranění je nemožné. Podobný materiál vykazuje uvnitř svarná místa a strusku u větším či menším množství dle dokonalosti výroby; co do složení obsahuje mimo uhlík nepatrná množství fosforu a síry, nazývá se *svarovým*.

Obsahuje-li fosfor ve větším množství, jest za *studená*, když síru, za *teplá lámavý*.

Dokud průmysl neznal topení s vysokými teplotami (přes 1600° C), byl materiál svarový u výhradném používání; jeho výrobu znali bezpečně již staří Egypťané.

Teprve v druhé polovici XIX. století zaveden do technického života materiál *plávkový*, který se získá ve stavu tekutém; struska co do měrné

váhy lehčí, shromažďuje se na povrchu lázně a snadno se do železa odděluje, proto jest materiál ten strusky prost a ve stavu ztuhlém nevykazuje na lomu žádných svarných míst.

V materiálu plávkovém mimo uhlík naskytá se vždy *mangan a křemík*, mimo to přidávají se i kovy jiné zúmyslně, aby nabyl určitých vlastností. Čerstvý lom poskytuje určité, ale ne zcela jisté známky pro první posouzení jakosti zkujněného železa. Kujné železo bývá barvy bělavě šedé různých odstínů s menším či větším leskem, struktury zrnité, jež kováním, válením při druzích chudě uhlíkatých prostých fosforu přechází ve strukturu vláknitou, žilovitou.

Ocel proti tomu je vždy barvy šedavé se silným leskem a struktury za všech okolností zrnité, jež je tím jemnější, čím jest ocel tvrdší a lepší jakosti.

Surové železo bývá tvrdé a křehké, kujné měkké a vláčné, ocel buď křehká nebo pružná, tvrdá či měkká a přibližuje se svými vlastnostmi buď železu surovému nebo kujnému.

Pevnost železa zkujněného bývá daleko větší než při železe surovém, stoupá s množstvím C a dosahuje maxima as při 1% C; kdežto při železe slevacím bývá průměrná pevnost v tahu asi 12 kg na mm², nalézáme ji při železe zkujněném daleko větší, jak ukazuje seřada:

při	% C	0·15	0·49	0·71	0·88	1·05	nalezena pevnost
kg —	mm ²	36·4	48·0	68·2	73·2	86·0	

Nejčistší kujné železo nejsnáze se kove a dobře sváří, se stoupajícím množstvím uhlíku těch vlastností ubývá, při 1·2% C mizí svářitelnost, při 2·3% C kujnost; druhy obsahující 1·6—2·3% C v praxi strojnické použití nedošly.

Teplota tavení železa zkujněného jest celkem vyšší než při surovém a v souvislosti s množstvím uhlíku, ocele taví as při 1400° C, chudě uhlíkatá kujná železa při 1400—1600° C; na každé % uhlíku připadá asi 100° C.

Výroba zkujněného železa dala se až do konce XV. století ve výhních a pecech zkujňovacích přímo z rud; rudy bohaté železem snadno redukovatelné tavily se dřevěným uhlím za foukání vzduchu, při čemž mnoho železa přešlo do strusky. Jelikož teplota takto dosažitelná byla poměrně nízkou, vyroben byl železný v l k či d e j l ve stavu těstovitém, obsahoval mnoho strusky a svařil se pod kladivem.

Tímto primitivním způsobem, který znám byl již starým, vyrobilo se jen malé množství železa za veliké spotřeby paliva, bylo však velmi čisté, poněvadž mangan a křemík redukovány nebyly, fosfor a síra přešly do strusky.

Teprve když byla seznána výroba surového železa a jeho vlastnosti, shledáno, že lze sur. železo přetavováním oxydací uhlíku pozměniti ve zkujněné či zkujniti, a že práce ta jest mnohem lacinější, než způsob dřívější.

A. Materiál svarový.

1. Zkujňování ve výhni.

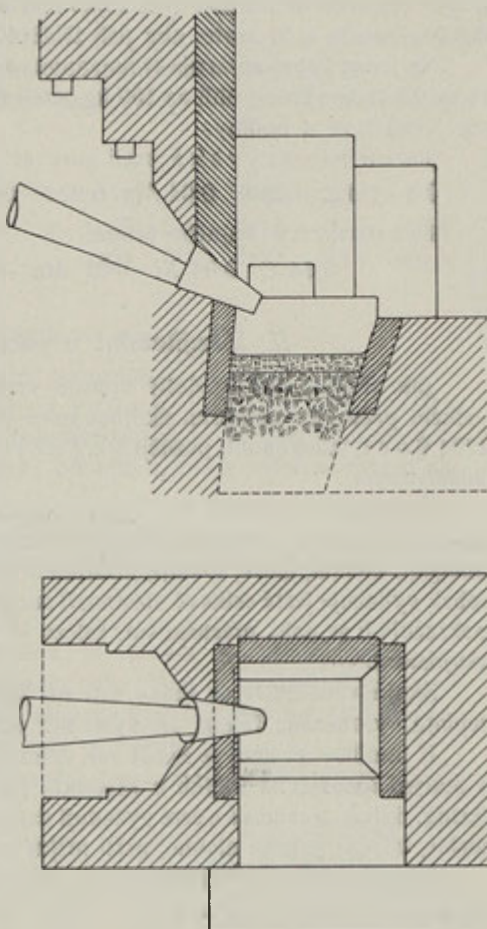
Tento způsob výroby byl vlastně pokračováním způsobu ode dávna užívaného, kde se zpracovaly přímo železné rudy, a užívalo ho výhradně až do konce XVIII. století. Zkujňovací výheň měla podobu jámy hranaté, vyložené litinovými deskami, v jedné z nich byla upravena forma, v níž ústila píšťala, přivádějící vítr ve směru šikmém dolů.

Co do způsobu práce byl v užívání způsob *německý* a *valonský*; surovinou při prvním bylo železo, obsahující mnoho manganu i křemíku, mělo vzhled sur. železa šerého a vyžadovalo delší zkujňovací práci.

Surové železo uložilo se na vrstvu dřevěného uhlí dobře větrem rozžhavenou a zde tavilo; účinkem větru a železnaté strusky, která se do výhně od předešlého zkujňování přidala anebo tu sama vytvoří, spálen byl mangan, křemík a uhlík, železo v podobě kapek usbíralo se na dně výhně a vznikl tak zvaný vlk či dejl. Po té dejl v podobě nepravidelného koláče se vyňal, vložil poznovu do výhně čerstvým uhlím naplněné a tavil po druhé, a to se opakovalo ještě jednou; naposled dopravil se dejl pod buchar, tu zbavil se strusky a vykoval na tyče.

Při sur. železe bílém velmi čistém, vytaveném pomocí dřevěného uhlí, chudém na mangan a křemík s nepatrným množstvím fosforu a síry, vystačuje jedině tavení a vyrobí se bohatě uhlíkatá ocel.

Zkujňování ve výhni provádí se do dnes při zvláštních druzích oceli a kujného železa, které jsou tím nejlepším materiálem svarovým (daleko



Obr. 10.

hutnější než puddlovány) a slouží ku výrobě oceli kelímkové; setkáváme se s ním ve Š t y r s k u a Š v é d s k u.

Na obr. 10. vyznačena jest zkujňovací výheň, užívaná do dnes ve Štyrsku k výrobě surové oceli; poblíž výhně postaveno kladivo s násadou a dmychadlo, oba stroje obyčejně poháněny vodní silou; za palivo slouží dřevěné uhlí.

Ve Štyrsku taví jen jednou, obdržený dejl se rozdělí v menší kusy a tyto vykovou na hranaté tyče 25/25 mm a hned za tepla zchladí ve vodě, čímž se zakalí, a to proto, aby jich třídění dle lomu bylo usnadněno.

Na jedné výhni zpracuje se najednou asi 150 kg sur. železa a spotřebuje se asi 15 hl dřevěného uhlí na 100 kg oceli při opalu 13% a zkujnění 100 kg sur. oceli trvá 4 hodiny.

Složení této š t y r s k é oceli surové:

0·8—1·3 C 0·02 Si 0·04 Mn 0·02 P 0·005 S 0·004 Cu sledy Ni

š v é d s k é h o kujného železa:

0·04 C 0·04 Si 0·02 Mn 0·03 P 0·008 S.

II. Zkujňování v peci plamenné.

Jak zřejmo, byl předešlý způsob velmi zdoluhavý a proto byl ve velkém průmyslu nahrazen zkujňováním v peci plamenné, jak je navrhl 1784 C o r t, zdokonalili později P a r n e l l a H a l l (1840), jež nazváno *puddlováním*.

Účinkují-li v tekuté sur. železo plynové zplodiny, vzniklé spálením nerostného paliva a bohatě železnaté strusky, tu se jeho přimíšeniny, jako: mangan, křemík, uhlík, spalují; přestane-li se s touto prací dříve, dokud výrobek vykazuje ještě celkové vlastnosti suroviny, jest to *zjemňování*, kdežto pokračuje-li se dále, přechází sur. železo ve zkujněné, a tento proces slove *zkujňování*.

Zkujňování může se toliko dít při teplotě, která je nižší než tavící teplota vyrobeného železa, ale vyšší než tavící teplota vznikající strusky.

K puddlování hodí se každé sur. železo, přednost dává se však bílému s malým množstvím uhlíku a křemíku, poněvadž pak práce jest rychlá, laciná; železo zrcadlové a šeré vyžadují delší doby zkujňovací, a přítomen-li fosfor, trvá to zvláště dlouho, nežli přijde do strusky a to ještě ne úplna.

Surová železa *puddlovací* mívají asi toto složení, při:

bílém sur. železe	0·03—0·8 Si	2—5 Mn	0·2—0·5 P	0·08—0·15 S
šerém sur. železe	1·5 Si	1—2 Mn	0·2—0·5 P	0·1—0·2 S

Puddlování provádí se buď na v l á k n o (žílu) — kujné železo — nebo na z r n o — ocel; při způsobu prvním obdrží se materiál s nejmenším množstvím uhlíku se strukturou vláknitou, který se dá velmi dobře ohýbati, dobře kovati i svářeti, kdežto při druhém s větším množstvím uhlíku a struktuře zrnité.



Chce-li se vyrobiti ocelitý materiál stejnorodý s nepatrným množstvím strusky, má oduhličení sur. železa pokračovati jen zvolna a proto jest zde surovinou železo paprskové, zrcadlové, ba i šeré, po případě jich směsi prosté fosforu, jež poskytují strusku řídce tekutou; kdežto na kujné železo vláknité užívá se železa bílého, po případě směsi, obsahující 0·5—1·0% P.

Svarový materiál na výrobu válených trubek vždy se puddluje ze železa fosfornatého a obyčejný obchodní i ze želez, obsahujících až 2% P, poněvadž není na fosfor tak citlivý jako plávkový; síra však i v nepatrných množstvích škodí.

Zvláštním druhem jest tak zvaný svar. železo je m n o z r n n é, jež se puddluje ze šerého anebo jeho směsi se železem manganatým.

Výrobky puddlovacího procesu jsou: vláknité kujné železo, jemnozrnné a ocel, jich rozbor:

	C	Si	Mn	P	S
kujné železo vláknité	0·16	—	0·09	0·09	—
„ „ jemnozrnné	0·63	0·09	0·15	0·12	0·009
ocel	0·94	0·11	0·27	0·07	sléay

1. Puddlovací pec.

Tato pec patří do skupiny pecí plamenných, obsahuje t o p e n i š t ě, p u d d l o v a c í p á n e v (nístěj) a s o p o u c h, jež od sebe odděleny můstky ze zdíva šamottového. V topeništi nalézá se při kam. uhlí kusovém rošt rovinný, při drobném stupnitý; při uhlí hnědém užívá se topení plynových.

Na obr. 11. nakreslena jest normální pec na kus. kamenné uhlí, obvyklé rozměry jsou tamže kotovány. Dno puddlovací pánve jest z litinových ploten podporovaných válenými nosiči, její stěny z litého vícedílného dutého rámu, vnitřek pánve vystřen železnatou struskou. Chlazení pánve děje se v postranních stěnách vodou, ve spodku vzduchem.

Topeniště a pánev jsou překlenuty tak, aby prostor nad pávní skláněl se ku sopouchu a jednomu z boků, sopouch vyúsťuje šikmo tekutě směrem dolů do komínu a opatřen jest otvorem pro strusku.

Poněvadž teplota v peci je vysoká a pec i jinak velmi namáhána, jest zdívo její staženo železem.

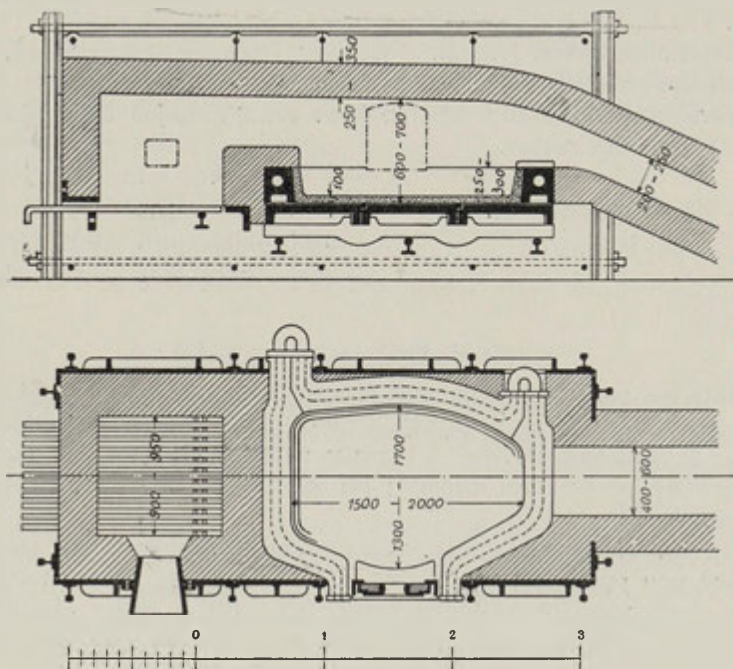
V jednom z boků podélných nalézá se otvor ku vkládání kamenného uhlí, který nemá žádných dveří, nýbrž se uzavírá příhodným kusem paliva a ve směru svislém větší zasouvací železné dvěře vyložené ohnivzdorným zdívem ku vkládání sur. železa, v nichž upraven menší otvor k zavedení puddlovacích nástrojů, jež se při práci podpírají na železné podložce.

Při nové peci zhotoví se vyložení pánve takto: železné její stěny vystrou se vrstvou hlíny, vloží se tam rozdrobená stará puddlovací struska, obsahující okuje a opal z válcovny, po případě struska ze svařoven; na to přivede se pec do žáru, aby z hmot tam vložených vznikla hustá kaše,

a z té vytvoří se stěny pánve, na bocích v síle 120—150 mm při dně 100 až 120 mm.

Toto vyložení musí býti po celou dobu použití pece v dobrém stavu drženo, po zkoušení každé zavažky přehlédnuto a dle potřeby vyspraveno.

Teplota při práci udává se na 1350° C, proto odcházejí sopouchem plyny horké a využítuje se jich teplo k vytápění parních kotlů v blízkosti postavených*), nebo upravují puddlovací pece se dvěma pánvemi za sebou



Obr. 11.

a pracuje na obou současně, v menší se sur. železo p ř e d e h ř í v á, ve větší p u d l u j e (nístěj ohřívací a pracovní).

Na obr. 12. naznačena jest podobná puddlovací pec užívaná ve Štýrsku na výrobu oceli jako suroviny pro ocel kelímkovou. Ve Vítkovickém závodu pracuje puddlovna o 20 pecích nejrozmanitějších soustav (i s plynovým topením) a vyrábí materiál na svařované a tažené trouby.

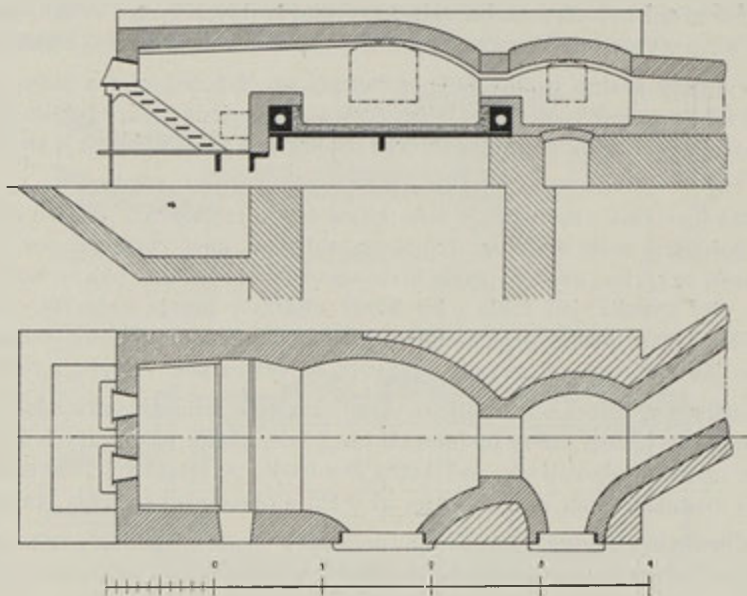
2. Puddlovací proces.

Hutnický proces probíhá při puddlování obdobné periody jako při zkouňování ve výhni, jen že při něm jednotlivé periody bez přitrže po sobě následují.

*) Na jednu obyčejnou pec čítá se asi 20 m² výhřevné plochy kotlové a na 1 kg kamenného uhlí asi 2—2,5 kg páry.

Když byla pec do běla rozpálena, vloží se do pánve asi 300 kg sur. železa a asi 50 kg spělé puddlovací strusky, po případě ponechá se tam struska od předchozí závážky a tyto hmoty přivedou se při zavřených dveřích asi v 35 minutách do stavu tekutého.

Již za této periody plynové zplodiny vzniklé spalováním paliva, obsahující CO_2 a O účinkují na vložené sur. železo a spalují v něm Si ; jakmile však železo se roztavilo a pokrylo struskou, oxydační účinek přestává a puddlař musí proměšovati hmotu v pánvi hřeblem, což jde snadno, poněvadž struska je dosud hustá; v této periodě spaluje se zbývající Si , pak



Obr. 12.

přichází řada na Mn a Fe . Spalování Fe děje se přímo kyslíkem zplodin a nepřímo kyslíčkem železnatým ze strusky, což podporují přidané okuje.

Brzy na to pozoruje se, že z lázně vystupují bublinky CO v podobě modravých plamének, a to je známkou, že došlo na spalování uhlíku; nyní se teplota v peci zvýší, tím vystupování bublinek stane se hojnější, celá tekutá lázeň až ku hranám okrajovým počne kypěti a struska malým otvorem ve dveřích a soupochem odtékati.

Pokračujícím oduhličením lázní se stává hustší, až konečně tavící teplota obdržené hmoty je vyšší než teplota v peci a ona počne tuhnouti; na povrchu objeví se plovoucí shluky železa jako lesklé body na tmavé půdě, stávají se hojnější a konečně spolu splývají v souvislý kaval, čímž přeměna sur. železa ve zkušně dokonána.

Rozdělení uhlíku v kavalu není však stejnoměrné, části při dně pánve jsou uhlíkem bohatší než ty na povrchu a puddlař počne druhou práci, totiž rozdělí kaval na 4 až 6 dílů a každým z nich v pánvi převaluje, aby nabýly podoby zkulacené a sebialy menší roztroušené kousky železa po různu ležící, které se k nim přiváří.

Na to se teplota opětně zvýší a to na nejvyšší stupeň, tím se struska v kavalech obsažena taví a ven vytéká; po určité době vyjmuou se kavaly z pece ven a na železném vozíku dopraví pod parní kladivo, kde houbovitě železo se svaří v hutný kus vymačkáním strusky a hned se tento na valcovacím stroji holovém na hranaté kusy profilu 150/150 mm vyválí, a to jest s u r o v ý materiál svarový, zvaný v terminologii železářské *millbar*.

Popsaný postup uskutečňuje se jen při sur. železe šerém a poskytne kujné železo vláknité; při železe bílém zkracuje se perioda první, oduhličování nastává již při tavení, proměšování trvá jen krátce a přece výrobek je stejnoměrný.

Má-li se však vyrobiti ocel nebo kujné železo jemnozrné, jež jsou uhlíkem bohatší a mají strukturu zrnitě krystalickou, musí roztavení sur. železa státi se rychle, aby něco málo křemíku ve hmotě zůstalo; pak se teplota sníží, aby struska jen tekla a ku konci obdržela hmota kašovitá, aby oduhličení tak daleko nepostoupilo; překládání kavalů v pánvi odpadá anebo jen zkráceně se provede a kavaly hotoví se pod vrstvou strusky.

Fosfor sur. železa odstraňuje se velmi zásaditou struskou; zkušenné železo nejlepší jakosti má se puddlovati jen z želez chudě fosfornatých a výrobek nemá obsahovati více než 0·05% P a 0·04% S; železo s větším množstvím manganu může míti síry více až 0·1% a přece není za tepla lámavé.

Chemický děj v jednotlivých periodách procesu puddlovacího při užití sur. železa šerého obsažen v této tabulce, pocházející z praxe anglické doby starší.

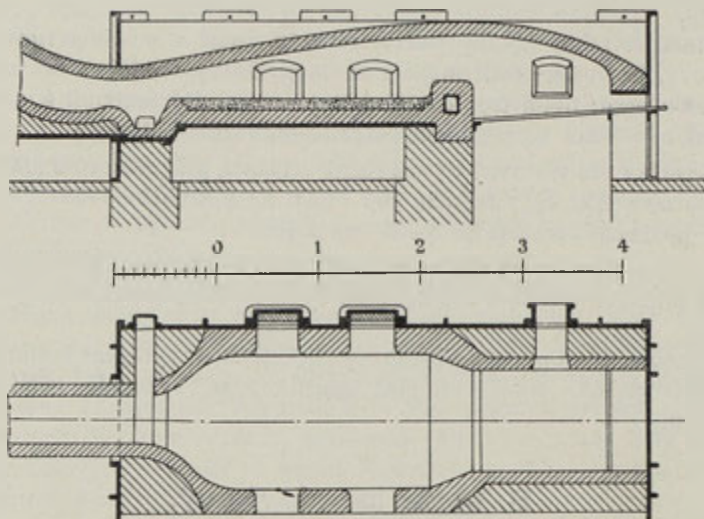
	Fe	C	Si	P	S	
Po	94·05	2·27	2·72	0·31	0·65	Vložená surovina,
40		2·72	0·92			železo bílé velmi křehké,
60		2·90	0·20			„ „ s max. množstvím C,
65		2·45	0·194			tvoří se zrnka kujného železa,
80		2·30	0·192			„ „ „ „
95		1·65	0·185			kypění lázně ustává,
105		0·7	0·168			vložené železo zkušně,
110		0·77	0·163			„ „ „ „ konec procesu.
min.	99·38 99·49	0·26 0·211	0·120 0·088	0·134 0·094	0·139 0·117	Vyrobený kaval. Vyválený millbar.

Při kujném železe trvá puddlovací proces $1\frac{1}{2}$ až 2 hodiny; za jednu směnu 12hodinnou provede se 6—8 zavážek při spotřebě 80—90 kg kusového kamenného uhlí na 100 kg sur. železa při oharu 10—15%.

Při oceli dělají se zavážky menší 220—150 kg a provede se jich za stejnou dobu 5 až 6, při spotřebě paliva 130 kg na 100 kg sur. oceli.

3. Paketování materiálu svarového.

Surové hole puddlovaného materiálu, millbar, obsahují mnoho strusky částice železa jsou v nich jen nedokonale svařeny a proto materiál ten má jen nepatrnou pevnost; za účelem jejich zlepšení podrobují se dalšímu sváření



Obr. 13.

a propracování, které se spojují se změnou vnějšího tvaru válením a kováním.

Hole délky 450—600 mm složí se ve vrstvu či paket podoby hranolovité, tato stáhne se páskovým železem nebo drátem a vloží lopatou do svařovny; do paketu vkládají se i různé odpadky železné z vlastní výroby ve válcovně, po případě i průmyslu jiného v podobě starého železa, jež se nazývá zde železným šrotem, který dle velikosti a podoby má různá odborná jména.

Svařovna jest plamenná pec podobná puddlovně s tím rozdílem, že místo pánve jest zde plochá nístěj skloněná k sopouchu vyložená křemičitým pískem; z paketů teplem uvolněná struska stéká do sopouchu, opatřeného prohlubní, z této pak postranním otvorem z pece ven, anebo zde ztuhne v podobě špalku a vylomí se pak ven; zpracuje se jako rudy

ve vysokých pecích. Topení svařoven bývá upraveno na kamenné uhlí nebo plynové s regeneratory nebo bez nich. Obvyklé provedení svařovací pece naznačeno na obr. 13.

Po vložení paketů se pec uzavře a přivede na teplotu $1500\text{--}1600^\circ\text{C}$; ze strusky v železe obsažené, z kysličníku železa a písku vytvoří se řídce tekutá struska, jež snadno teče; krátce před dosažením svarné teploty se pakety v peci obrátí a brzy na to kleštěmi z pece vyjmou a dopraví do válcovacího pásma, kde se na hotový výrobek v podobě tyčí různých profilů, tyčový materiál, vyválí.

Prostupem jednotlivými kalibry na válcích provede se nejen dokonalé svaření, nýbrž i důkladné propracování materiálu původního a vymačkání strusky.

Materiál takto získaný jest vrstevnatý, tudíž o menší pevnosti než plávkový, jest však svařitelnější a co do struktury shoduje s tak zvanou *vydělanou* ocelí; byl-li šrot dobrý, jest to znamenitý materiál k určitým účelům, na příklad k prokládání betonu a určité části stroje.

Zavážky pro svařovny bývají různé velikosti, při zpracování materiálu slabého $600\text{--}850\text{ kg}$, středního $600\text{--}1200\text{ kg}$ a hrubého $1400\text{--}2200\text{ kg}$; ve 24 hodinách zpracuje se $8\text{--}22\text{ tun}$ železa.

Při topení roštovém čítá se na tunu železa 500 kg kam. uhlí, při topení plynovým regenerativním 200 kg ; ohar bývá $8\text{--}12\%$, při topení plynovým menší.

Plynové zplodiny ze svařoven využítují se k vytápění kotlů; jedno válcovací pásmo, má-li býti plně vyžitkováno, vyžaduje větší počet svařoven.

B. Materiál plávkový.

I. Zkujňování v konvertoru (větrech).

Tento způsob, hodící se pro velkovýrobu, charakterisován je tím, že tekutým sur. železem proháň se v četných tenkých paprscích stlačený *vzduch*; tepla nutného k provedení zkujňovacího procesu, jakož i udržení tekuté lázně kovové, poskytnou přimíšeniny v sur. železe obsažené, hlavně *Si*, *Mn* a *C*, jich oxydaci provede kyslík ve *větru* obsažený.

Prostupem větru celá lázeň přichází do pohybu a ustavičně nové a nové částice železa přicházejí do styku s kyslíkem, tím vzniká energická oxydace a proto doba zkujnění je velmi krátká, několik minut.

Novější konventory, do nichž se tekuté sur. železo zavádí, pojmu ho asi 15 tun a přemění je za průměrných 15 minut v kujné *plávkové* železo; v tomto množství železa máme asi na příklad 350 kg Si , 350 kg Mn a 525 kg C ; aby se tyto hmoty okysličily, k tomu třeba 1210 kg O čili 4500 m^3 vzduchu, jež musí dmychadla v 15 minutách dodati.

Způsob ten pochází od B e s s e m e r - a, který si vzal 1855 patent na výrobu kujného železa foukáním studeného vzduchu tekutým sur. železem. Prvé pokusy nevedly k cíli, až teprve za pomoci švédského hutníka G ö - r a n s o n - a po tříleté práci veškeré obtíže při provádění procesu byly překonány a týž zaveden nejprve v hutích a n g l i c k ý c h a 1862 u K r u p p - a v E s s e n u; způsobil pak úplný převrat v dosavadním železářství.

Množství, jež zpracovala puddlovací pec za 24 hodin — asi 3 tuny železa — zkujnil B e s s e m e r při tekutém železe za necelých 20 minut.

a) Proces Bessemerův.

Základní myšlenka, jak již předem uvedeno, záleží v tom, že *Si*, *Mn* a *C* sur. železa samy jsou palivem a vyvodí v kratičké době tolik tepla*), že původní tekuté sur. železo, jakož i vyrobené plávkové, jež má vyšší teplotu tavení, přes foukání studeného větru v tekutosti udržují.

Při tomto spalování vyvozenou teplotou vznikají ovšem ohromné požadavky na vyložení konvertoru a nevystačuje zde materiál užívaný pro puddlovny; Bessemer sám nemohl najít příhodný materiál přirozený, který by těmto teplotám účinně vzdoroval. Dnes vyrábí se uměle z materiálu bohatého na kyselinu křemičitou a odtud jméno vyzdívka kyselá — *kyselé zkujňování větrem*.

Tato vyzdívka nepřipouští tvoření se strusky zásadité, oxydy manganu a železa spojují se za vysoké teploty s její kyselinou křemičitou a vyžírají vyzdívku; vytvořená struska jsouc povahy kyselé, nemůže odstraniti fosfor v sur. železe se nalézající, kterýž přechází do vyrobeného materiálu plávkového. To Bessemer nevystihl a to bylo příčinou prvních nezdarů.

Procesem Bessemerovým lze zpracovati toliko sur. železa čistá prostá fosforu a takových jest málo i v Anglii; Německo kupovalo v prvých dobách nefosfornaté hematity anglické a rudy španělské.

Sur. železo pro bessemerování má nejvýše obsahovati 0·10 *P*, 0·15 *S* a 0·3 *Cu***), množství křemíku bývá velmi proměnlivé, tak na příklad železa

německá mívají 1·6—2·2 *Si* a zkujnění jde *vřele*,

americká „ 0·8—1·0 *Si* a „ „ *studeně*;

podobně se to má s manganem a dobře vyhovují sur. železa, obsahující 2·5—3 *Mn* při *C* = 3—3·5, struska je řidce tekutá; čím větší množství *C*, tím déle trvá foukání.

Průměrná složení želez *bessemerovacích* udána při druzích sur. železa, zde sděleno ještě složení příslušného železa:

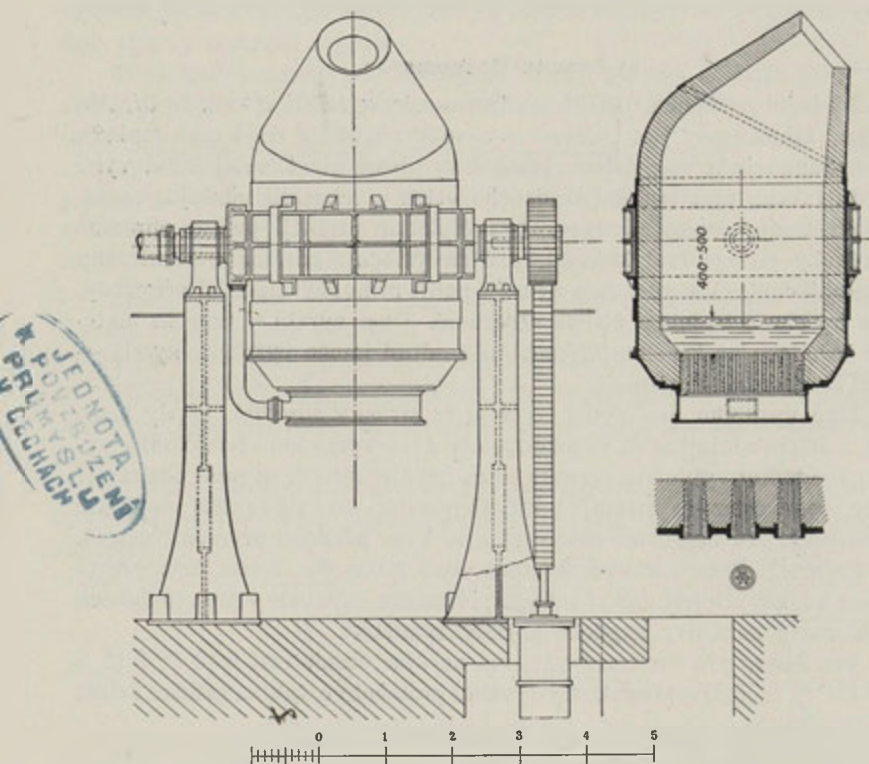
švédského 4·22 *C* 1·06 *Si* 5·5 *Mn* a

štyrského 3·57 *C* 2·26 *Si* 0·04 *Mn* 0·073 *P* 0·107 *S*

*) Spálením 1% *Si* vyvodí se stoupnutí teploty o 190°, 1% *Mn* o 46°, *Fe* o 28° a 1% *C* toliko o 6° Celsia.

**) Při oceli musí býti menší množství *P* než při materiálu chudě uhlíkatém, síry nemá býti více jak 0·05%.

Průměrná doba pro zkušnění jedné náplně konvertoru trvá s vedlejšími pracemi asi 30 minut a jelikož nelze v tak kratičkých obáech vysokou pec vypouštět, děje se plnění konvertoru obyčejně tekutým železem v kuplovně přetaveným a hledí se k tomu, aby se vždy obdrželo železo průměrně stejného složení; není-li kok po ruce, taví se sur. železo v pecích plamenných hnědým uhlím.



Obr. 14.

Při přetavování železa v kuplovně spaluje se *Si* a *Mn* a proto v menší peci taví se železo zrcadlové a přidává ku prvému.

Velké bessemerovny zpracují železo přímo z vysoké pece, a aby vyloučily vliv změn v složení vyrobeného sur. železa, které při provozu vysoké pece odstraniti nelze na zkušňovací proces, mísí železo z různých pecí v nádobě obsahu 250—700 tun a z ní teprve plní konvertory; nádoby ty mají podobu plechových nýtovaných válců, vyložených zdivem, anebo tvar velkých konvertorů s dvěma hrdly.

Tím způsobem docíljuje se železo velmi stejnoměrného složení a mimo to odstraňuje se tím velmi škodlivá síra, je-li dostatečné množství man-

ganu přítomno; vylučuje se na povrchu klidně stojícího železa a sbírá' snadno klesne z 0·2% na 0·03%.

Bessemerovna závodu *Gutehoffnungshütte* v Oberhausenu ve Westfalsku má jen *mísidlo* na 120 tun, kterým projde za 24 hodin 1000 tun železa, a ihned se zpracuje na plávkový materiál v podobě váleného železa.

1. Úprava konvertoru.

Konvertor jest vlastně otočná pec zvláštního hruškovitého tvaru, který jí byl dán hned na počátku Bessemer-em; vnitřní jeho dutina jest takového tvaru, že když na hřbet překlopen, tekutá lázeň nezasáhne dmyšných otvorů a vítr může býti bez škodlivých následků zastaven (viz obr. 15.).

Konvertor novější konstrukce složen jest (viz obr. 14.) z přímého válce světlosti 1·8—2·2 m, k němuž se připojuje šikmý kužel s otvorem 500—600 mm; vnější plášť zhotoven ze silného kotlového plechu tloušťky 15 až 25 mm, vnitřek vyložen ohnivzdornými cihlami složení kyselého rad. tloušťky 200—300 mm.

Cihly hotoví se ze směsi mletého křemence či ganistru s malým množstvím hliny (2—6%) a ostře se pálí; jedna vyzdívka snese 500—1000 náplní.

Plechový plášť visí v litinovém obojku, opatřeném čepý; jeden z čepů jest dutý a přivádí vítr do vzdušné komory, nalézající se pod dnem konvertoru, druhý plný a slouží k pohybování konvertoru kol osy vodorovné.

Dno konvertoru je ze železné litiny a rovněž vyloženo ohnivzdorným materiálem, v něm upraveny dmyšné otvory či *ferý* v počtu 100—200 a světlosti 15—18 mm; otvory uspořádány jsou jednotlivě v soustředných kružnicích anebo tvoří *šamoťové píšťaly* se 7 až 12 otvory, které do vyzdívky jsou založeny; počet píšťal bývá 13—21.

Na 1 t náplně čítá se as 15 cm² volného průřezu dmyšných otvorů.

Doba trvání dna je krátká, vydrží toliko 15—50 náplní; jeho připojování k plášti děje se hydraulickým zařízením a vyžaduje jen krátkého času.

Stavění konvertoru do různých poloh děje se rovněž hydraulicky a to tímto způsobem: na čepu plném jest ozubené kolo, s ním zabírá hřeben uspořádaný na prodloužené pístové tyči hydraulického válce, do kterého se zavádí tlaková voda z jedné či druhé strany.

Obsah konvertoru daleko převyšuje obsah zkujňovaného železa, poněvadž při procesu nastává prudké kypění lázně a čítá se na 1 t náplně asi 1 m³ obsahu*); z toho následuje, že výška lázně v konvertoru je malá, v našich bessemerovnách asi 500 mm, v amerických menší, toliko 300—400 mm.

*) 1 tuna tekutého železa zaujímá obsah 0·14 m.



S touto výškou ferrostatickou jest v souvislosti tlak foukaného větru, který bývá kol $1\cdot5 \text{ atm.}$

Pro výrobu plávkového materiálu tvrdšího, na kolejnice a pod., užívá se konvertorů větších než jak udáno, pro měkčí materiál menších.

2. Zkujňovací proces.

Do vyhrátého skleněného konvertoru vpraví se 6—8·5, případně i více tun tekutého železa, spustí dmychadlo a počne konvertor stavěti do polohy svislé a okamžikem, kdy vítr prostoupil kovovou lázní, počíná zkujňovací proces, při němž rozeznáváme tyto periody:

1. Periodu *zjemňování a tvoření strusky*, jež trvá 6—8 minut; spaluje se tu *Si*, *Mn* a něco *Fe* a vytvoří železatomanganatá struska; vyvozené množství tepla vystačuje, aby kovová lázeň až do konce procesu byla udržena v řídké tekutosti. Uhlík v železe obsažený přechází do tvaru uhlíku chemicky vázaného a jen nepatrná jeho část se při tom spaluje. První tři, čtyři minuty neobjevuje se žádný plamen, později šlehá otvorem plamen barvy červeno-žluté, chvílemi mizící, ku konci paprsky spalovaných částic železa prostřelovaný.

Postup chemického děje unitř konvertoru kontroluje se spektroskopicky na plamen dle čar, jež se ve vidmu jeho objeví. Jakmile jiskrový déšť v plamenu zmizel, počíná perioda druhá, zvaná

2. *erupční* či *tvoření oceli*, význačná tím, že dříve nesouvislý plamen žluto-červený se mění v souvislý podoby kuželovité, z počátku barvy modrobílé, později jasně svítící; spektrum jeho obsahuje řadu různých čar kovových a čáry kysličníku uhelnatého. Uvnitř konvertoru je hřmot a z otvoru vyšlehuje plamen délky 5 až 6 m barvy jasně bílé a to jest známkou, že veškeren *Si* spálen a přichází řada na *C*; po nějaké době plamen bledne a zabarvuje se do hněda, stává se hustší od spalovaného *Mn* a tím ukončuje perioda druhá, jež trvá rovněž 6—8 minut.

3. Perioda, označovaná jako *zkujňovací*, zakončuje chemické reakce v konvertoru; železná lázeň stává se klidnější, plamen opadá, ale je jasný, a jsou v něm jiskry od spalovaného železa. Spektrum ukazuje však ještě čáru kysličníku uhelnatého, ale brzy i tato zmizí a vidmo stane se úplně čisté, souvislé, což znamená, že veškeren uhlík spálen; perioda tato trvá 3—6 minut.

Chce-li se vyrobti materiál tvrdší, ocel, přidá se po dokonaném od-uhličení do tekuté lázně při skloněném konvertoru a zastaveném foukání určité množství *zrcadliny* nebo *ferromanganu*, aby dosaženo bylo předepsané množství uhlíku; na to se konvertor znovu postaví, aby směs se promísila a ještě chvíli se fouká a pak z konvertoru naplňuje pojezdná pánev, která dále vyprazdňuje svůj obsah do připravených *k o k i l l*, kde ztuhne na *i n g o t y*.

S p ě l o s t vyrobeného materiálu zkouší se mimo spektroskopem ještě různými průbami materiálými; tenká železná tyč smáčí se do lázně konvertoru a po té rychle zchlazuje ve vodě, tím vzniknou železná zrna, jež se vykovou a v různém směru zkoušejí. Při správně vedeném procesu jsou zrna pokryta vrstvou emailovité hnědé strusky a netrhají se při kování. —

Chemické reakce při zkujňování v konvertoru dobře osvětlují tyto dvě tabulky, kde ku zuhličení lázně užito bylo zrcadliny.

	Surovina	po 3 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$ min.		Výrobek
<i>C</i>	3·87	2·98	1·75	0·3	0·07	po přidání zrcadliny	0·42
<i>Si</i>	1·48	0·88	0·75	0·63	0·13		0·34
<i>Mn</i>	1·76	1·01	0·94	0·94	0·26		1·06

	Surovina	po 5	8	15 min.		Výrobek
<i>C</i>	3·45	3·31	0·94	0·08	po přidání zrcadliny	0·31
<i>Si</i>	1·18	0·56	0·12	—		0·01
<i>Mn</i>	1·98	1·54	0·43	0·12		0·48
<i>S</i>	0·06	0·05	0·05	0·05		0·05
<i>P</i>	0·07	0·07	0·07	0·07		0·06

Ztráta na železe při jedné náplni bývá v evropských hutích asi 12% a souvisí s množstvím *Si* a *Mn*; v amerických, kde zkujňují železa chudě křemikatá (asi 1% *Si*) a manganatá (asi 0·1% *Mn*), bývá větší.

Struska při bessemerování neobsahuje tolik železa jako při puddlování a poněvadž obsahuje mnoho manganu (až 20%) a je prosta fosforu, zpracuje se výhodně ve vysoké peci.

Z bessemerského materiálu vyrábějí se hrubší nástroje, zpružiny, kolejnice, úhlová železa, plechy, železniční materiál; jeho složení pro různé upotřebení obsaženo v tabulce.

	Materiál německý			anglický
	kolejnice	plechy		kolejnice
		obyčejné	tvrdé	
<i>C</i>	0·40—0·50	0·20	0·62	0·35—0·47
<i>Si</i>	0·30—0·35	sledy	0·28	0·05—0·07
<i>Mn</i>	0·60—1·00	0·35	1·05	0·77—0·96
<i>P</i>	0·06—0·10	0·059	0·07	0·04—0·06
<i>S</i>	0·03—0·06	0·05	0·06	0·006—0·06

Proces Bessemer-ův dostoupil již vrcholu svého rozvoje a počíná, jak průmyslová statistika dokazuje, ochabovati; hlavní příčina je ta, že se nedostává příhodných rud. V jeho domovině, Anglii, zhutňovaný hematit obsahuje 0·4—0·7% *P*, což pro kyselý proces mnoho zásaditý málo; mimo to nístějový proces Martin-ův poskytuje lepší materiál.

b) Thomasův proces.

Již v úvodu při zkujňování v konvertoru sděleno, že bessemerováním nelze odstraniti fosfor v sur. železe obsažený, což jest vážný nedostatek tohoto procesu.

Prof. Z e n g e r v Praze doporučoval již 1871 užívání vápna jako přísady při bessemerování fosfornatých želez; než hlavní obtíž ležela v nalezení postačitelně vzdorné vyzdívky konvertoru, která musí býti povahy zásadité, z čehož vznikl termín *zkujňování zásadité*.

Zhotovení podobné vyzdívky činilo na počátku ohromné obtíže, až podařila se 1878—1879 T h o m a s - o v i a G i l c h r i s t - o v i použitím dolomitu zhotoviti vyzdívku dobře vyhovující, jež poskytla plávkový materiál uspokojujících vlastností. Objev ten byl celkem většího dosahu pro železářství než proces Bessemerův, jelikož připouštěl i zpracování sur. želez fosfornatých, jež jsou daleko rozšířenější a laciněji se dobývají a nazývá se proto procesem *Thomasovým*.

Způsob ten propracován hlavně v Německu a to v závodě H ö r d e - s k é m , kde shledáno, že každé sur. železo, obsahující fosfor, dá se thomasovati, ale že musí býti naň bohaté, aby jeho spálením vyvozeno bylo dostatečné množství tepla*), a chudé na křemík, aby jeho spálením vzniklá kyselina křemičitá netvořila strusky kyselé. Následkem zásadité vyzdívky a strusky neškodí i poměrně větší množství síry, jest-li manganu je desetkrát více.

Thomasovým procesem získalo N ě m e c k o ohromné výhody ve dvojím směru a to: jeho železné rudy jsou bohaté fosforem, struska získaná při zkujňování, obsahující mnoho fosforu, stala se umělým hnojivem, čímž milliony dřive do ciziny za hnojiva posílané doma zůstaly; v tom směru jest na místě zmíniti se o ohromných rudných pokladech v L o t r i n s k u a uhelných pánvích r u h r s k é , a a c h e n s k é a s a a r s k é .

Jsou to železné rudy německého Lotrinska, zvané *minette-oolit h i c k é h n ě d ě l e* — jichž ložiska sahají podél levého břehu Mosely až do Lucemburska na straně severní, přes francouzskou hranici až ku Nancy na jižní; jich zásoba se odhaduje v oblasti říše německé dle jedněch na 2000, dle K ö h l e r - a docela na 3000 millionů tun.

Dnešního dne vyrábí Německo dvě třetiny celkového světového množství plávkového materiálu procesem Thomasovým; i u nás, kde

*) Dle prof. E h r e n w e r t h a vyvodí se spálením 1% *P* stoupnutí teploty o 120° C a proto se hodí k thomasování sur. železo obsahující asi 2% *P*.

naskytají se jen železné rudy fosfornaté, K l a d n o a K r á l ů v D v ů r u Berouna, pracují způsobem Thomasovým.

Surové železo *thomasovací* mívá průměrně

2—2·5 *P*, 0·2—0·3 *Si* 0·5—2·0 *Mn*, 0·12 *S*;

je-li fosforu pod 1·5%, musí býti křemíku více, ale ne přes 1%. Vysoká teplota lázně při zkujňování kyselém, vyvozená spálením křemíku, vyrovná se tu silně přehřátým, tekutým železem a větším množstvím manganu (1%); pokud běží o síru, platí totéž, co uvedeno při procesu bessemerském.

Průměrná složení thomasovacího železa nalézají se v kapitole o sur. železe, zde ještě složení železa užívaného v závodech:

H ö r d e	0·58 <i>Si</i>	1·37 <i>Mn</i>	2·75 <i>P</i>
P h ŏ n i x	0·20 <i>Si</i>	1·8—2·3 <i>Mn</i>	2·0—2·4 <i>P</i>
K l a d n o	0·8—1·2 <i>Si</i>	0·25 <i>Mn</i>	2·25 <i>P</i>

Celkové zařízení pro thomasování jest úplně shodné s oním pro bessemerování, rozdíl je toliko ve vyzdívce konvertoru, jež skládá se z dolomitu a dehtu a bývá 350—450 mm tlustá; mimo to jsou konvertory objemnější a s větším otvorem kužele (až 1200 mm ve světlosti), což má důvod ve větším množství strusky; zde počítá se na 1 t náplně 1·2 m³ obsahu, náplně bývají 6—20 tun.

Pálený dolomit se mele a mísí se 3 až 8% odvodněného vařeného dehtu, ze směsi té lisují se tlakem 300—500 atm. cihly, jichž se hned za syrova použije; vyzdívka 400 mm tlustá vydrží asi 200 náplní.

Dno konvertoru pěchuje se z téže hmoty a upraveno stejně jako při konvertoru kyselém, použije se hned za syrova anebo v pecích do běla vypaluje; vydrží 25 až 40 náplní. Pišfaly jsou z magnésitu a počítá se na 1 tunu zkujňovaného železa průřez až 27 cm².

Zásaditý proces Thomasův probíhá v podstatě tytéž periody jako Bessemerův, nejprve děje se spalování *Si*, pak *Mn* a posléze *C*, pak přichází perioda nová, kde železo zbavuje se fosforu — *odfosforuje*; proto doba procesu delší a počítá se pro zkujnění jedné náplně průměrně 40 minut času.

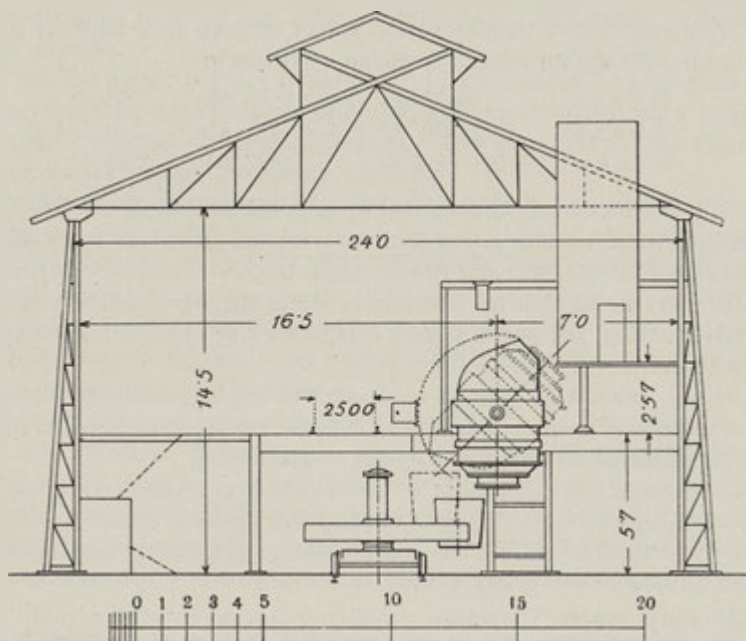
Prve než zavede se do konvertoru tekuté železo, dá se do něho přísada obsahující 12—20% vápna, dle váhy železa a to buď velmi přehřátého anebo studeného s palivem, jež slabým foukáním se rozpálí; vápence se nehodí, poněvadž by při rozkladu na vápno lázeň ochlazoval.

Po té naliže se do konvertoru tekuté železo, spustí vítr a když tlak jeho dostoupil 1 atm., konvertor se postaví do polohy svislé a počne perioda první, která následkem nepatrného množství *Si* jen kratičká, asi 2 minuty. Ve spektru objeví se brzy čára *Na*, později *Mn* a *Ca*, které však opadnutím plamene zmizí.

*) Síry může býti dnes více, poněvadž konvertory se obvykle plní z misidla, kde síra se odstraní.

Poněvadž křemíku je v železe málo a fosfor se spaluje až po oduhličení lázně, jest teplota s počátku nižší než při bessemerování a proto nutně užití železa vydatně přehřátého, přítomnost fosforu snižuje teplotu tavení železa a netřeba se obávati zamrznutí lázně; z vápna, křemíku a manganu vytvoří se zásaditá struska.

Když spektrum vykazuje jen čáry *Na*, *Li*, *Ca*, což trvá asi 15 minut, nastává vlastní perioda procesu Thomasova, tak zvané *dofukování*, trvající 4 až 5 minut, kde spaluje se fosfor a přechází do strusky.



Obr. 15.

Stupeň odfosforování nelze poznati ze spektra, odhaduje se tudíž dle zkušenosti a na základě různých zkoušek; lžici vybírají se z konvertoru průby, ihned vykovou se na kotouček asi 8 mm tlustý, zchladí ve vodě a zkouší v různých směrech, nebo se průba vyvalí v plech a tento pak zkouší. Lom musí býti stejnoměrného zrna lesku matného; podélné zrno barvy bělomodré struktury leskle krystalinické způsobující lom pruhovitý ukazuje na přítomnost fosforu a musí se pokračovati ve foukání tak dlouho, až ukáže průba jeho nepřítomnost.

Když tento stav se zjevil, vypustí se nejprve struska do připravené pánve, pak vpraví do konvertoru asi 5 až 6% vápna, aby zbylá tam struska se zchladila a stala hustě tekutou, necitlivou pro redukující účinek manganaté slitiny, kterou se dále lázeň na určitý stupeň zuhlíčí.

Ku zuhlčení slouží *ferromangan a zrcadlina*, buď ve stavu studeném nebo ohřátém, hází se do konvertoru nebo ukládají se do pánve a na něj pak obsah konvertoru lije.

Na obr. 15. načrtnut průřez *Thomasovy huti* závodu *Guthoffnungshütte*, kde pracují čtyři konvertory po 15 t, postavené v jedné řadě za sebou.

Zkušební materiál vypouští se do pojezdné pánve kolejové v přízemí o rozchodu 3·4 m; pánev dá se hydraulicky zvedati a spouštět (1·0 m) a radialně na příslušném nosiči až do 3·2 m posunovati. Pohyb vozu na koleji děje se malým stojatým parním strojem, který současně zaopatřuje tlakovou vodu a nalézá se s příslušným kotlem na druhé polovině vozu. Naklání pánve děje se pohybem ručním. Tekuté surové železo dováží se ke konvertorům obdobně v patře prvním.

Plošina pro vápno tvoří ihned kychtovou plošinu pro dvě malé kuplovy na tavení potřebné zra liny při skončení zkujňovacího procesu.

Byl-li proces *vřelý* následkem většího množství křemíku nebo velmi přehřátého železa, hází se do konvertoru *studený* materiál plávkový jako odpadky z válcovny; opačně, šel-li proces *studeně* následkem slabého přehřátí železa nebo nedosti vydatného foukání, jest struska hustě tekutá, lpí na stěnách a stěžuje spalování uhlíku, zkujňený materiál teče líně, brzy tuhne a jest celkem špatných vlastností; pomáhá se tu přidáním *ferrosilicia*.

Proto vede se proces *Thomasův* bez přitrže, náplň za náplní ve dne v noci, a užívá konvertorů objemnějších; tím zároveň získá se materiál velmi stejnoměrného složení.

Chemický děj v různých dobách zkujňování nastíněn tuto číslicemi.

	Surovina	po 2	4	7·10	9·10	10·40	13min.
C	3·9	2·33	1·43	0·23	0·06	0·02	sledy
Si	0·4	0·02	sledy	—	—	—	—
Mn	1·0	0·23	0·09	0·08	0·08	0·08	0·05
P	2·7	2·18	2·10	1·92	0·30	0·06	0·02

	Surovina	po 5	7½	9	12	13¼	14	14¼	min.	Výrobek
C	3·12	2·51	1·73	1·19	0·07	0·03	0·08	0·08	0·07	0·20
Si	0·56	0·01	0·009	0·008	0·005	0·001	—	—	0·001	0·003
Mn	0·41	0·18	0·19	0·21	0·11	0·07	0·1	0·07	0·06	0·31
S	0·41	0·44	0·43	0·42	0·47	0·46	0·24	0·21	0·20	0·15
P	1·4	1·44	1·4	1·35	1·07	0·53	0·13	0·066	0·046	0·07
Cu	0·04	0·04	0·04	0·05	0·05	0·05	0·05	0·05	0·04	0·06
Ni	0·07	0·08	0·08	0·07	0·07	0·07	0·07	0·04	0·08	0·06

dofoukáno
po přidání zrcadliny

Ztráta na železe oharem jest větší než při bessemerování a bývá asi 15% vloženého sur. železa. Struska bývá velmi vítána pro vysoké pece, vytavující železo thomasovací, anebo se mele a využítuje jako výborné hnojivo v hospodářství.

Thomasův materiál zpracuje se na kolejnice, profilové železo stavebné, plechy, drát a jiné výrobky válené, jež mají býti dobře kujné a svářitelné; jest to obvyklý zkujněný materiál, jelikož puddlovaný čím dále tím více mizí.

	Materiál německý		anglický	vítkovický	
	kolejnice	plechy	kolejnice	kolejnice	plechy
<i>C</i>	0·25—0·48	0·077	0·26—0·50	0·50	0·11
<i>Si</i>	0·00—0·01	0·002	0·02—0·10	0·12	0·00
<i>Mn</i>	0·56—0·95	0·64	0·8—1·2	0·70	0·40
<i>P</i>	0·04—0·10	0·074	0·05—0·06	0·03	0·03
<i>S</i>	0·02—0·05	0·052	0·11—0·22	0·02	0·02

K výrobě velmi tvrdého materiálu plávkového užívá se způsobu *Darby*-ho, který záleží v tom, že do pánve vloží se papírový pytlík s uhelným prachem kokovým či dřevěným a naň lije obsah oduhličeného železa z konvertoru; jemně rozptýlený prach vejde do železa a snadno se takto získá plávkový materiál až s 1·5% *C* (huť *Phoenix* v Ruhrortu).

Ve Vítkovicích na Moravě vytavují sur. železo, obsahující toliko 0·45 *P*, jež nelze thomasovati, pročez zavedli *proces duplexní*; totiž sur. železo zkujní nejprve po dobu asi 8 minut v konvertoru kyselém, obsah vypustí o pánve a zpracují dále v zásadité peci Martinově; polo-zkujněný materiál má složení 0·1 *C*, 0·2 *Mn*, 0·45 *P* a rychle se dokujní v peci plamenné.

Ingoty (brammy).

Před litím plávkového materiálu do forem provede se konečná průba a vykove na tyč průřezu 17/17—20/20 *mm*, tato se obšírně na fysikálné a technické vlastnosti prozkouší a při uspokojivém výsledku teprve lije do kokill, kde ztuhne na *ingot* nebo *bramme*.

Kokilly jsou železné, nahoře i dole otevřené, litinové formy podoby táhlých komolých jehlanů o základně čtvercové se sraženými rohy anebo osmiúhelníkové (ingoty), řidčeji hranolovité (brammy); tloušťka jich stěn bývá od 50 do 100 *mm* podle obsahu.

Kokilly vystavěny jsouce značnému střídání teplot musí býti ze železa velmi houževnatého a nejlépe vyhoví slevací železo hematitové tohoto složení:

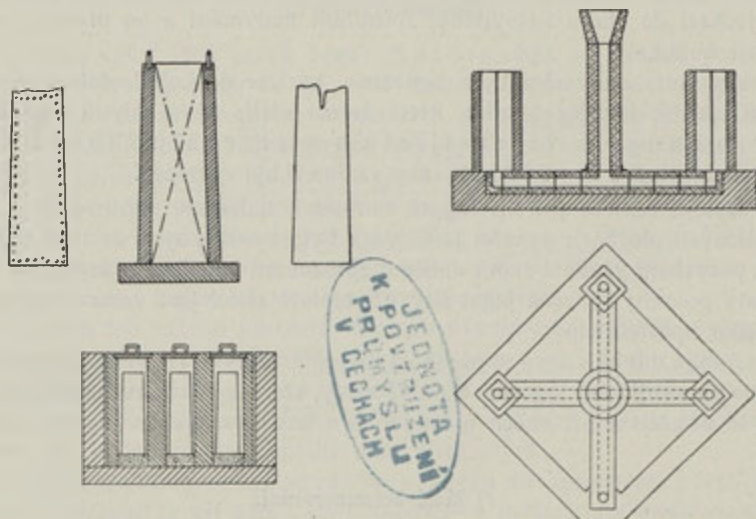
1·6—3·0 *Si* 0·6—1·2 *Mn* 0·06—0·12 *P* pod 0·075 *S* 3·3—4·4 *C*

Při velkých průřezích lije se do kokill shora, při malých spojí se 8 až 12 kokill spolu kanály z ohnivzdorného zdiva tak, že lze je plnití najednou společným vtokem směrem od zpodu nahoru; před litím natírá se povrch kokill grafitem, ehtem nebo vápnem.

Kokilly staví se pro lití na litinové desky, rám (obr. 16.).

Malé kokilly vydrží asi 400 lití, větší (na ingoty 400 až 500 kg) toliko 150, pro ingoty váhy 1000 kg již jen 80 až 100, aniž by praskaly.

Slévání ingotů malé váhy vyžaduje mnoho času a zdržuje zkujňovací práci; proto velké ocelárny lijí jen ingoty váhy 1500—3000 kg, ty potom na těžkých válcovacích strojích vyválčí na běžné profily menší a hydrau-



Obr. 16.

lickými nůžkami rozstřihají na kusy kratší, jež přicházejí již jako polotvar přímo do obchodu nebo užijí se za surovinu pro vlastní válcovny, kde zpracují se na válený materiál různých profilů jednoduchých i řábových.

Po lití se kokilly prostřednictvím jeřábu sejmou a zchladí pro příští lití vodou.

Uvolněné ingoty jsou značné teploty, do jasně červena žhoucí a mohly by se ihned zpracováti válením, kdyby nebyly uvnitř příliš měkké, snad i tekuté; rychlým zchlazením stěnami kokill vytvořila se jen na povrchu tvrdší kůra.

Proto se ingoty před válením co do teploty v krytých, ohnivzdorně vyzděných jamách, umístěných pod půdou ocelárny vyrovnávají; vyhřívání komůrek pro jednotlivé ingoty děje se s počátku jich vlastním teplem.

Ingoty váhy 1000 kg potřebují, aby nabyly veskrze stejnoměrné teploty nutné pro válení, asi 30-minutové, 2000 kg asi 50-minutové uložení v jámě.

Každý ingot jest uvnitř děrnatý, což pochází jednak od smršťování železa při chladnutí, jednak od plynů v něm uzavřených; díry mající původ ve smršťování, nalézají poblíž střední svislé osy ingotu, jsou vzduchoprázdné a způsobují vstřebávání materiálu na jeho čelech (obr. 16.).

Tekuté plávkové železo pohlcuje při procesu zkujňovacím vodík a dusík, pouští je pak při tuhnutí; mimo to obsahuje rozpuštěný kysličník železnatý, který při lití jak do pánve, tak i do kokill přichází do styku s uhlíkem železa a vzniká kysličník uhelnatý, který unikajícím vodíkem a dusíkem strháván tvoří nad ingotem hořící vrstvu plynovou; dokud je železo tekuté, unikají plyny bez závady, jakmile však ingot počíná tuhnouti a přechází do stavu kašovitého, způsobují nadýmání a on přetéká přes okraje kokill.

Aby toto nadýmání bylo zamezeno, hází se do kokill, dokud obsah ještě tekutý, kousky hliníku, které železo utiší; vývoj plynů zamezuji ferromangan, ferrosilicium a ferroaluminium, při posledním stačí 0·05—0·01% *Al*, aby vznik *CO* byl vyloučen.

Byla-li teplota při lití ingotů normální, nalézáme plynové díry při hraničných plochách nahoře; jestli však byla vysoká, zjeví se tyto blízko pod povrchem všude a škodí dalšímu zpracování válením, způsobující šupinatý povrch; konečně ingot litý při teplotě nízké jest veskrze děrnatý a těžko upotřebitelný.

Z toho důvodu dává se přednost ingotům velkým, jež volněji chladnou anebo upravují se na ingotech tlakové hlavy, které se někdy zvenčí zahřívají. Jak to obyčejem při oněch určených pro kovárny a válcovny na plech.

c) Malé bessemerování.

K výrobě menších množství plávkového materiálu, určeného pro *façonovou ocelovou* litinu nehodí se v další kapitole projednaný proces Siemens-Martinův, který se vyplácí jedině při nepřetržitém provozu a velkých množstvích. Ke konci předešlého století počalo se i slévání drobných slitků ocelových váhy 5—10 *kg* a použilo se k tomu malých konvertorů na obsah 1000—1500 *kg* železa s vyzdívkou kyselou.

Surovinou bývá hematitové železo s 2% *Si* a 1% *Mn*, mimo to různé nálitky od předchozího lití; druhovaná zavážka taví se vřele v kuplovně a tekuté železo vpraví do malého konvertoru, kde vítr se fouká se stran nebo po povrchu tekuté lázně, jež nesmí obsahovati než 0·1% *P*.

Uhlík lázně spálí se na *CO*₂ a vytvoří plameny, když opadnou, zastaví se foukání a do konvertoru vpraví asi 1% ferromanganu 80% nebo 1—1·7% ferrosilicia 12% a to ve stavu žhavém; po této práci ihned sklopí se konvertor a jeho obsah vyprázdní do licích pánví a z těch lije do forem obdobným způsobem připravených jako při slévání železa.

Složení tohoto materiálu 0·2—0·3 *C*, 0·2—0·3 *Si* a 0·3—0·5 *Mn*.

Malé bessemerování často shledáváme v závodech francouzských; konvertor Robert-ův a jeho napodobeniny poskytují ocel o velmi vysoké teplotě. V Německu bylo malé bessemerování rovněž zavedeno, avšak s výsledky nepříznivými a vymizelo.

O tomto způsobu bude obšírněji pojednáno v oddílu třetím, který obsahuje slévání kovů.

II. Zkujňování v peci plamenné.

a) Proces Martinův.

Kolem roku 1865 začali bratři Martin-ové ve Francii poznovu pokusy s výrobou oceli dle dávného způsobu Réaumur-ova, totiž tavením sur. železa s kujným; v kelímcích šlo to dobře, v peci plamenné však se nedařilo, poněvadž známými způsoby dosažitelná teplota nevystačovala k tavení většího množství kujného železa.

Teprve když použili pro plamennou pec v oné době velký rozruch působícího regenerativního topení bratři Siemens-ů, kteří jim veškeré své zkušenosti dali k volnému použití, pokusy se zdařily a Martinové vyrobili ocel, ba i kujné železo u velikých množstvích.

Způsob ten nazván procesem Siemens-Martinovým a záleží v tom, že se taví surové železo s odpadky železa kujného všeho druhu, jako jsou brak z válcoven, drátoven, staré kujné železo, které v železářské terminologii zahrnují se jménem železný šrot či scraps; z toho důvodu nazývá se proces též šrotovým anebo podle pece nistějovým.

Jelikož užitím zásadité vyzdívky v nistěji lze zpracovati i šrot fosforatý, zpracují se při něm i staré kolejnice a horší druhy puddlovaného materiálu.

Jelikož tavení trvá delší dobu (4 až 9 hodin), jest kovová lázeň vystavána oxydačnímu účinku topivých plynů a nastává i pozvolné zkujňování; dnešní proces Martinův není ani pouhým mísením ani ryzím zkujňováním, nýbrž něco pospolitého a převládá část ta či ona dle složení závažky.

Procesem Martinovým získá se materiál plávkový napřed ustanoveného složení s největší přesností, která není dosažitelná při procesech konvertorových následkem velmi rychlé práce.

Rozeznáváme proces kyselý k výrobě řázonové litiny a zásaditý pro výrobu hromadnou, ingoty; oba dějí se stejně, rozdíl je toliko ve složení pudy pece, nistěje.

Užití sur. železo má býti bohato na uhlík, jelikož tento je velmi důležitým činitelem při procesu, aby pak bylo chráněno před oxydací prve než se roztaví, musí obsahovati mangan a křemík;

Obsahuje-li sur. železo jen křemík, vzniká těžce tavná struska, a když jen mangan, trpí kyselá vyzdívka; je-li křemíku a manganu málo, lázeň se brzy oduhličí, když mnoho zdržuje se oduhličení a nastává vřelé tavení;

dokud v lázni mangan je struska řídce tekutou a zamezuje rozpouštění kyslíčnicku železnatého.

Pro práci *kyselou* bývá sur. železo asi téhož složení, jako pro *bessmerování*, totiž:

3—5 C 2—2.5 Si 3—3.5 Mn prosto P a S

a závážka pece obsahuje:

1.2—1.4 C 0.5—0.7 Si 0.9—1.2 Mn max 0.1 P max 0.1 S

Pro práci *zásaditou* nemá sur. železo obsahovati více fosforu než 0.5—0.6‰, jinak doba tavení je příliš dlouhá a množství strusky ohromné; složení závážky pohybuje se asi v těchto mezích:

1.0—1.5 C 0.2—0.3 Si 1—1.2 Mn 0.5—0.6 P max 0.1 S

Závážka nesmí obsahovati arsen, měď, cín zinek, antimon. Jako přísad užívá se při práci kyselé čistých železných rud (krevele) při zásadité briket z vápna a opalu z válcoven a ku struskovatění fosforu vápence, který svou kyselinou uhličitou lázeň zkypí a tím okysličování závážky podporuje.

K dokysličení a zpětnému zuhlíčení lázně na určitý stupeň slouží zrcadlina, ferromangan, ferrosilicium; při výrobě specialních ocelí přidávají se do lázně: wolfram, nikl, chrom, a to buď jako kovy ryzí nebo jich slitiny se železem.

⊗ b) Regenerativní topení Siemensovo.

První, kdo pojal myšlenku plynového topení v železářském průmyslu byl Fabre du Faur, hutní mistr ve Wasseraufingen u, pozorováním procesu ve vysoké peci (1832); po něm konány pokusy na různých místech, až posléze v letech padesátých uplynulého století věci se uchopili bratři Siemensové, a to s plným zdarem (1856).

Při topení Siemensově slouží za palivo plyn, vyrobený z různých paliv pevných ve zvláštní peci, nazvané *generator*, kde se tyto zplynují.

Pevná paliva obsahují mimo volný uhlík ještě uhlík chemicky vázaný s vodíkem a kyslíkem v podobě různých těkavých, živičnatých součástí; jich množství jest proměnlivé a bývá při antracitu 5, kamenném uhlí 54, hnědém 55 a rašelině 60 i více ‰ celkové spalitelné hmoty.

Zahřívá-li se podobné palivo bez přístupu vzduchu, či, jak se říká, *destilluje-li se za sucha*, prchají z něho uvedené součásti — palivo se *zplynuje* — a obdržíme směs uhlovodíků, vodíku, kyslíčnicku uhličitého a uhelnatého mimo to vodu, která s vodou v palivu obsaženou zvyšuje vlhkost generatorového plynu.

Děje-li se toto plynovatění za vysokých teplot, jak tomu v plynárnách a kokárnách, vzniká svítiplyn a řídce tekutý dehet; při nízkých teplotách vyvodí se více uhlovodíků, vodíku a svítiplynu méně, dehet bývá hustě tekutý a smolovitý a tento případ naskytá se při generatorech.

Zplynovatění paliva provádí se tím, že žhoucím v uzavřené peci u vysoké vrstvě naloženým palivem prostupuje ve směru od zdola nahoru proud vzduchu; přímo nad roštem vzniká kysličník uhličitý, ten však na další cestě přeměňuje se na uhelnatý.

Poněvadž každé palivo obsahuje vodu, proto vzniká i vodík a uhlovodíky; vodík zvyšuje výhřevnost plynu, ale rovněž váže při rozkladu vody teplo a proto teplota v generatoru klesá a kysličník uhličitý není již tak oxydačně účinným jako za teploty vyšší; generatorový plyn stává se tudíž na kysličník uhelnatý chudší a jest o menší výhřevnosti.

Klesne-li teplota v generatoru na 500°C , obsahuje generatorový plyn jen kysličník uhličitý a dusík; z toho důvodu nehodí se ku výrobě plynu topivého paliva s velkým množstvím vody.

Složení plynu *generatorového* souvisí s konstrukcí generatoru. Co do konstrukce jest dnes nejvíce rozšířen *generator šachtový* a užíván všude tam, kde tvoří samostatný, na peci nezávislý díl; tah bývá buď přirozený komínem anebo umělý a fouká se pod rošt vzduch o tlaku 80—100 mm vodního sloupce; v prvém případě bývá výška vrstvy paliva nejméně 1·0, v druhém 2·0 m i více.

Průměrné složení plynu generatorového udává J. K ö r t i n g takto*):

× 23—30 CO 2—7 CO₂ 50—65 N 2—6 H 0·5—2·0 CH₄

spalovací teplota asi 2000°C , výhřevnost 850—1400 *kalorií*, měrná váha u srovnání se vzduchem 1·0.

Fouká-li se do generatoru vzduch a současně s ním, ale odděleně malé množství vodní páry, aby teplota v něm neklesla, zvětšuje se výhřevnost plynu; v tom případě dobře vyhovuje kok a antracit a vzniká plyn D o w s o n - ův tohoto složení:

23—27 CO 6—7 CO₂ 47—52 N 17—18 H 0·5—2·0 CH₄,

spalovací teplota asi 2000°C , výhřevnost 1200—1400 *kalorií*, měrná váha 0·83.

Jeden kilogram uhlí

kamenného	hnědého	koku poskytne
3·4	4·5	6·5 kg
4·0	5·4	8·0 m ³

generatorového plynu o teplotě 300—400° C, dle toho, je-li palivo vodnaté nebo kokované.

Jeden m² roštové plochy zplynuje za hodinu 70 kg kam. uhlí při tahu přirozeném, 100—150 kg při umělém; 100 kg poskytne 300—380 m³ generatorového plynu.

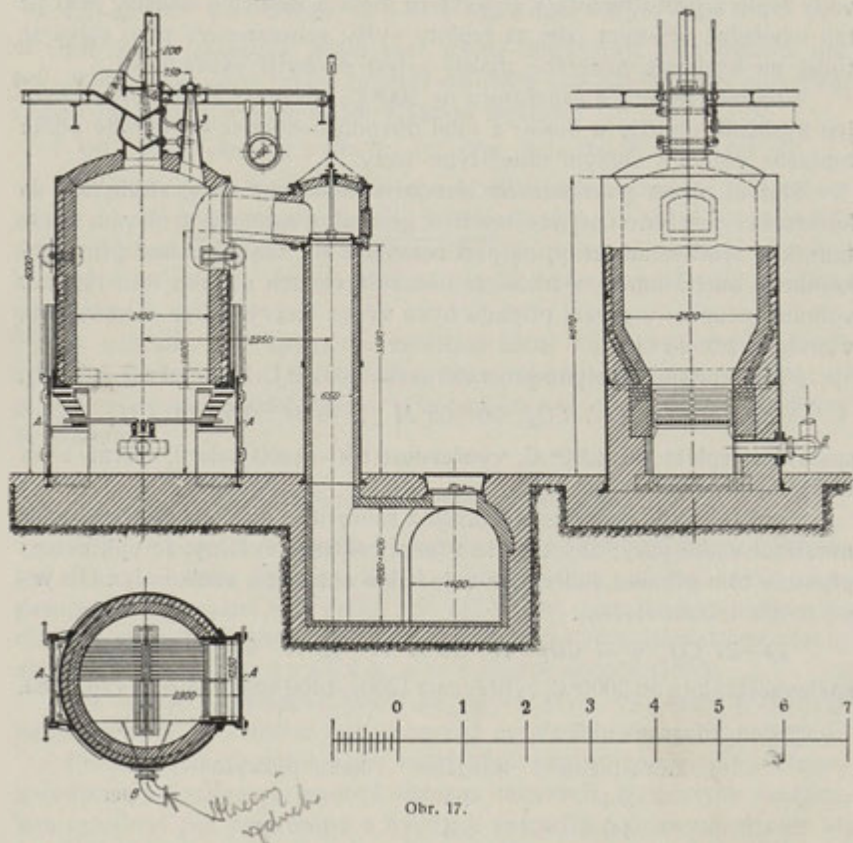
Novější konstrukce generatoru (*gazogenu*) vyznačena jest na obr. 17.

Válcová šachta ze zdíva ohnivzdorného světlosti 2·1 m jest nad roštem ze dvou stran na 1·25 m stažena; prostor pod roštem dá se na podélných

*) Udaná čísla vztahují se k objemům.

vnějších stranách zasunovatelnými dveřmi A proti venkovskému vzduchu uzavřítí. Stlačený vzduch přivádí se hrdlem B, pod roštnice přivádí se mimo to potrubím ostrá pára a zde rozptýluje; roštnice chlazený vodou.

Odvádění generatorového plynu děje se ve svršku šachty a plyn svádí svislou troubou do podzemního zděného kanálu o velkém průřezu; tento kanál jest celé batterii generatorové společný a vede až k pecim.



Následkem velkého průřezu jest rychlost plynu v kanálu malá a stržený prach z paliva může se v něm ukládati.

Nad podlahou ve výši 6·0 m jest pracovní galerie, v níž jsou násypky pro palivo a otvory ku práci v šachtě, když se palivo spéká.

Při konstrukci generatoru jest hleděti k tomu, aby ruční práce byla na nejmenší míru uvedena (mechanické zavážení, odstraňování popelu a strusky), aby dosaženo bylo největšího využitkování paliva a stejnoměrně složeného plynu a posléze, aby provoz děl se bez přitrže.

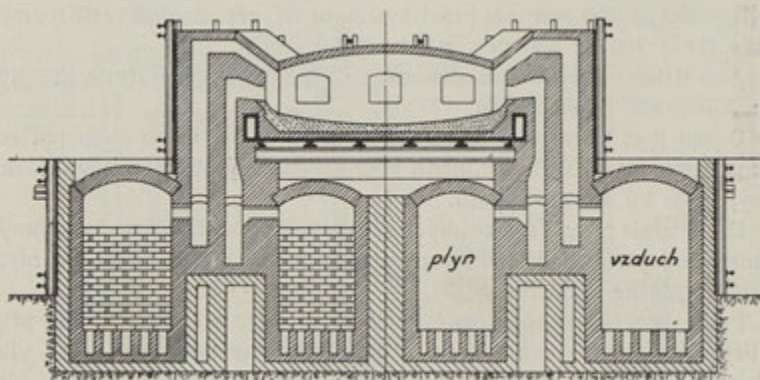
Obsluha generatoru musí být pozorná a poněvadž složení plynu se mění, pracuje vždy více generatorů do společného kanálu, do kterého se

vkládají při tahu umělém mezi generatory a pec prašné komory, anebo volí kanály o velkém průřezu.

Regeneratory jsou ohnivzdorně zděné komory, naplněné mřížovitě složenými dinaskami, které se horkými, do komínu z pece odcházejícími zplodinami na 1000°C i více ohřívají; jsou vždy dva, jeden pro generatorový plyn, druhý pro vzduch k jeho spálení potřebný (obr. 18.).

Regenerator pro vzduch jest většího obsahu, poněvadž k dokonalému spálení spotřebuje se větší množství vzduchu než plynu, vzduch ssaje se studený a to s přebytkem 10 až 25 %, kdežto plyn generatorový jest horký.

Regeneratory upraveny pro pec vždy dvojité, po párech; ohřátý generatorový plyn mísí se při vstupu do nístěje pece s předehřátým vzduchem,



Obr. 18.

který tam vstupuje nad otvory plynovými a za vysoké teploty se spaluje; horké zplodiny spálení táhnou při tom druhým párem regeneratorů, ohřívají jich výplň a odcházejí komínem do vzduchu.

Po určité době se první pár sdělováním tepla na volně do pece nassávaný plyn a vzduch ochladí, druhý ohřeje a tu se přestavěním zvláštních ventilů v kanálech směr tahu při plynu i vzduchu zamění; oba táhnou nyní komorami vyhřátými a jich zplodiny spálení ohřívají první pár, který před tím vychladnul.

K dosažení stejnoměrné teploty v peci jest regeneratory častěji střídati (S i e m e n s - ovy klapky) a obdrží se pak teploty až přes 2000°C ; čím častěji se regeneratory střídají, tím horčejší plyny táhnou do komína, tím špatnější je využitkování pece.

Aby snadno přemoženy byly odpory, jež se plynovým zplodinám na jich cestě pecí kladou, opatruje se každá pec vlastním komínem, anebo více pecí komínem společným výšky 50 m a značné světlosti.

Regeneratory upravují se obyčejně hned pod pecí, ale toto uspořádání má mnohé závady, proto dávají se někdy po straně pece, pod plošinu, na níž se při obsluze pracuje; pak jsou přístupnější, na peci nezávislé, a její váhou netrpí, ale provedení jest nákladnější.

c) Siemens-Martinova pec.

Jest to plamenná pec s tavicím prostorem na teplo sálavé; její nístěj má podobu pánve se sklonem k výpustu, který se nalézá v jednom z delších boků na opačné straně proti pracovním dveřím, jimiž se vkládá závažka a stahuje struska.

Nístěj bývá podélná v poměru $\frac{1}{2}$ u pecí menších, $\frac{2}{3}$ u větších, její délka nejméně 3·5 m, nejvíce 8·0 m, obvyklé rozměry 4·5 až 6·0 m při hloubce 450 až 700 mm; při práci kyselé menší, při zásadité větší rozměry. Výška lázně 300 až 400 mm, někdy i 600 mm.

Je-li délka nístěje kratší, dokonává se spalování generatorového plynu až v komorách regenerátorů.

Obsah pecí bývá na 5 až 50 tun závažky a čítá se na tunu potřebná plocha nístějová asi 0·75 m²; menší pece slouží k výrobě faconové ocelové litiny, větší ku slévání ingotů.

Dno nístěje provedeno z tuhých litinových desk příhodně válcovanými nosníky podepřených, kratší strany z dutých litých trámů; spodek nístěje chlazen vydatně vzduchem.

Podle procesu máme různé vyložení nístěje, při práci kyselé přijde na lité desky vrstva dinasek na stojato, na tuto napěchuje se za vlhka vrstva ze hmoty, obsahující jemnozrnný křemenitý písek a 2 až 4% ohnivzdorné hlíny a upraví podoba pánve, vysuší a poté až do spékání rozpálí; tloušťka vrstvy bývá 300 až 500 mm.

Popsané vyložení kyselé jest obvyklé při pecech na faconovou ocelovou litinu; při materiálu chudším na uhlík, měkčím, užívá se vyložení zásaditého, které složeno z dolomitu nebo magnesitu a jež odděleno od ostatního zdiva pece (dinasek) vrstvou vařeného dehtu nebo těžce tavitelného chromitu, tloušťka stěny bývá 300 až 450 mm.

Ostatní zdivo pece provedeno jest z cihel dinasových, které za účelem tvoření se různých křemičitanů, čímž se taví, obloženy uvnitř pece cihlami magnesitovými, které natřeny jsou vařeným dehtem.

Vyložení pece při práci kyselé vydrží 600 až 700 tavení, při zásadité používá-li se šrotu, asi 450, a přidávají-li se rudy železné, jest jeho trvání ještě kratší.

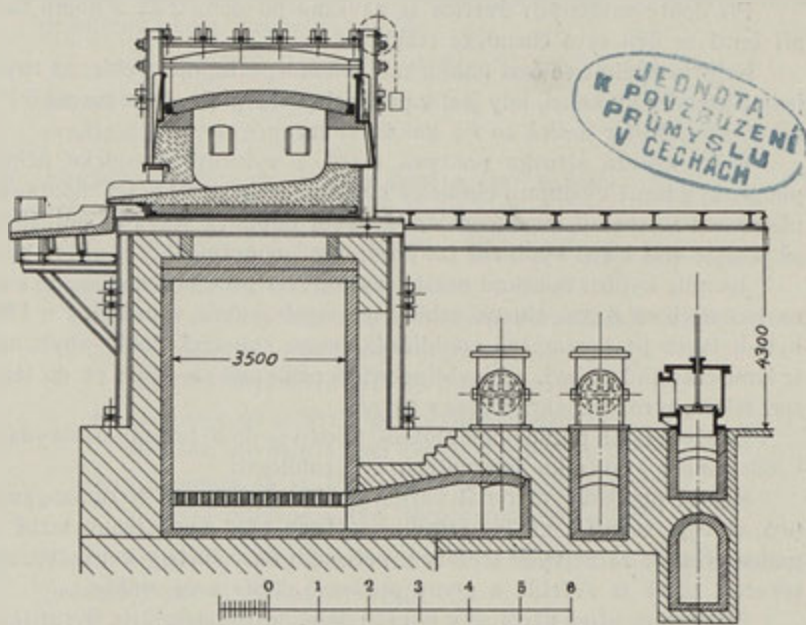
Z regenerátorů vedou kanály plynové a vzduchové do kratších boků pece a ústí do tavěcího prostoru, v každém boku jeden pár; příslušné otvory jsou buď v jedné řadě střídavě položeny anebo ve dvou řadách nad sebou, otvory pro plyn dole, kdežto pro vzduch nahoře a dává se přednost otvorům širším před úzkými.



Někdy nevycházejí kanály plynové a vzduchové přímo z komor regenerátorů jež vyplněny, mřížovitě, nýbrž ze zvláštních úzkých, tak zvaných struskových komor, které s nimi ve spojení, nevyúsťují do tavčího prostoru vodorovně, nýbrž šikmo, aby oxydační a odfosforující proces rychleji byl dokonán; rovnoběžné vedení plamenů jej prodlužuje.

Podobné uspořádání pece vyznačeno na obr. 18.

Veškeré boky jak při peci, tak i regeneratorech obloženy litinovými deskami anebo válenými železy profilovými, jež staženy příčnými kot-



Obr. 19.

vami; aby vyloučeno bylo trhání kotev, když zdivo pracuje, jsou často vloženy v jejich hlavách zpružiny.

Na tab. II. a obr. 19. naznačena jest Siemens-Martinova pec pro práci zásaditou (brammy pro válcovnu na plechy) na 20 až 26 tun zavážky, postavená v roce 1902.

1. Proces šrotový.

Proces šrotový jest nejstarší způsob výroby materiálu Martinova a to jako kyselý. Dokončená ve stavbě pec dává se takto do chodu: rozdělá se v ní oheň pomocí uhlí a pozvolna sesiluje, později nahradí se topením plynovým a asi po dvou dnech dociluje se uvnitř teploty, kdy taví kujné železo, a lze počítati se zavážkou; každé další dávání do chodu musí se díti pozvolna, aby rychlým stoupnutím teploty zdivo se neničilo.

Nejprve vloží se na šikmé stěny pánve surové železo a pokud možno co nejrychleji roztaví, na to se přidá železný šrot; zavážení ruční lopatou trvá dlouho (1 až 2 1/2 hodiny) a proto nahrazeno zavážením strojním, které připouští velmi rychlou práci; při pecích 10- až 20-tunových trvá to 15 až 30 minut.

S počátku tavení vloženého materiálu střídá se plyn a vzduch v regeneratorch každých 30, později, aby teplota rychle stoupala, každých 10 a posléze i 5 minut.

Při dobře zavřených dveřích se zavážka po dobu 2 až 3 hodin taví, při čemž se dějí tyto chemické reakce.

Nejprve spaluje se část uhlíku sur. železa a postupuje rychle, až zbývá jedině křemík; ku konci, kdy jest v peci nejvyšší teplota, bývá ho asi 0.1%, někdy více, fosfor a síra co do množství trvají.

Řídce tekutá struska pokrývá lázeň a vylučuje energické účinky plamenů; z lázně vystupují bublinky kysličníku uhelnatého, jež modravým plamenem se spalují, postupem doby vývoj bublinek stává se hojnějším, až posléze celá lázeň kypí, což lze pozorovati modrými skly v okách pece.

Jakmile kypění poněkud ustalo, vyjme se z pece průba, slije, vykove na kotouček as 8 mm tlustý, zchladí ve vodě a ohne v polovině o 180°; byla-li lázeň již dostatečně oduhličena, snese kotouček dobře ohyb, aniž se láme či trhlinky zjeví. Objeví-li se průba příliš měkká, přidá se do lázně sur. železo, tvrdá-li, pokračuje se v tavení.

Ukáže-li lázeň požadované složení, přidají se do ní přísady desoxydační k odstranění kysličníku železnatého a k zuhličení.

Měkký plávkový materiál karburuje 60 až 80% ním ferromanganem (0.5 až 1%), tvrdší 1 až 2% zrcadliny; přímo před vypuštěním lázně do pánve přidá se za nejvyšší teploty v peci něco ferrosilicia v kouskách, aby tekutost lázně se zvětšila a plyny pohlčené dobře z ní unikly.

Při ocelové litině užívá se v novější době místo ferrosilicia ferrotitanu.

Množství křemíku, jež v lázni zůstane, nesmí přesahovati 0.4%, jinak získaný materiál jest jen málo houževnatý; manganu bývá nejvýš 0.6%.

Když se to stalo, zastaví se spalování, aby lázeň více plyny nepohlcovala a nové oxydy se tvořily a poté obsah pece rychle vypustí do lící pánve a z ní lije buď do připravených již forem při fačonové litině anebo do kokill na bramy.

Na ztuhlých ingotech provádějí se obšírné zkoušky materiálové na ohyb, kujnost, tvrdost, svářitelnost, jakož i chemické za účelem stanovení množství C Mn P a S; na slitcích ocelových bývají zkoušky ještě obsáhlejší a zvláště pro jich užití v každém případě předepsané.

Kyselý proces trvá normálně 5 až 7 hodin; doba závisí na složení zavážky a vzájemném poměru mezi sur. železem a šrotem, může být zkrácena až na 4, ale také trvati až 14 hodin.

Martinova pec 15tunová zřídka poskytne za 24 hodin 70 tun zkujněného materiálu.

Ztráta na železe bývá 5 až 7% zavážky; spotřeba paliva 300 až 600 kg na 1 tunu výrobku, jinak praveno 25 až 40% váhy zavážky při větších pecích.

Spotřeba paliva roste s množstvím sur. železa a klesá s počtem zavážek za 24 hodin; mimo to má vliv jakost paliva.

Na tomto místě sděluji klassifikaci façonové ocelové litiny podle závodu K r u p p - ova.

I. *Měkká* litina na kostry elektrických generatorů (*dynamová ocel*); průměrný chem. rozbor vykazuje

0.1 až 0.15 C, 0.2 až 0.4 Si, 0.2 až 0.3 Mn,

pevnost v tahu bývá pod 40 kg-mm²,

prodloužení přes 20%.

II. *Houževnatá* litina na strojové části a stavbu lodí; průměrný chem. rozbor bývá

0.25 až 0.3 C, 0.3 Si, 0.3 až 0.5 Mn,

pevnost v tahu od 40 do 50 kg-mm².

Některé správy železniční a námořní rozeznávají tu tři kvality:

a) s pevností 37 až 44 kg-mm² při prodloužení 20%,
zkouška ohybem s tyčí 25 mm v průměru o 180°;

b) s pevností 40 až 50 kg-mm² při prodloužení 18%,
zkouška ohybem s tyčí těchže rozměrů o 90°;

c) s pevností 45 až 55 kg-mm² při prodloužení 12%,
zkouška ohybem s tyčí těchže rozměrů o 90°.

III. *Tvrdá* litina na vyhýbková srdce a součásti strojů rozemílacích; průměrný chem. rozbor vykazuje

0.35 Si, až 0.70 Mn, 0.05 P, 0.05 S a

při 0.5 až 0.7 uhlíku bývá pevnost 50 až 70 kg-mm².

IV. a) *Specialní tvrdá* litina, kde mimo tvrdost současně se vyskytá houževnatost, jak to vyžaduje stavba baggerů; v tomto materiálu přicházejí zvláštní přimíšeniny a slitky se zvláštními způsoby žíhají.

b) *Specialní* litina na děla a pro stavbu lodí, kde vyžaduje se při pevnosti 60 kg-mm² prodloužení 18% a zúžení 55%, mez pružnosti 40 kg-mm², aby slitky dobře vzdorovaly nárazům.

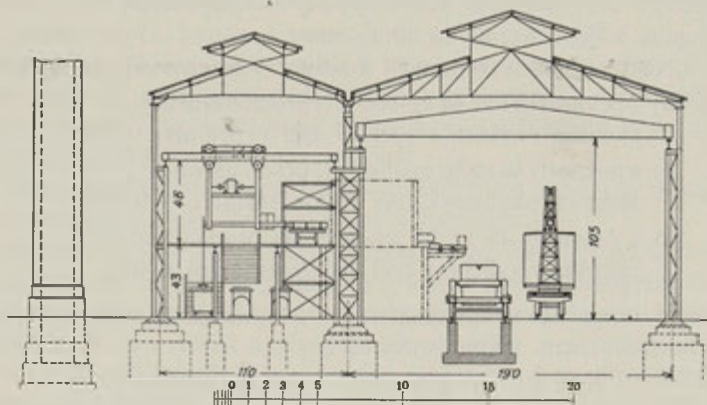
Při zásadité páci vloží se nejprve do pece 6 až 12% váhy zavážky páleného vápna, rozhoduje tu množství fosforu a křemíku, potom sur. železo a část šrotu; užívá-li se k oxydaci železných rud, přidají se tyto k vápnu.

Fosfor částečně se spaluje již při tavení zavážky a přechází do strusky, s postupujícím oduhličováním víc a víc ho ubývá a nyní se přidá zbytek žel. šrotu, vápna, po případě žel. rud.

Proces zásaditý co do postupu obsahuje tabulka.

	C	Si	Mn	Ph	S
Zavážka obsahovala: 5·5 t sur. železa	3·3	1·6	0·1	1·0	0·2
5·5 t šrotu	0·1	0·1	0·2	0·2	0·05
Průměrné složené zavážky	1·7	0·85	0·6	0·6	0·125
Složení průby při roztavení zavážky	0·4	0·03	0·25	0·3	0·12
„ „ 1 hod. po roztavení zavážky ..	0·2	0·03	0·15	0·1	0·08
„ „ po zkujnění zavážky	0·06	0·03	0·1	0·03	0·06
„ „ pro lití	0·15	0·03	0·4	0·03	0·05

Vyňatá průba musí vyhověti podobně jako při procesu Thomasově; uspokojí-li, stáhne se struska a vloží do pece uhlíčující přísada, při měkčím materiálu jen ferromangan, při tvrdším jeho směs se zrcadlinou.



Obr. 20.

Zbyla-li v lázni struska, vytáhne z ní uhlík vložených přísad fosfor a proto jest dokonalé odstranění strusky před karburací velmi důležité.

Při façonové ocelové litéž používá se ku karburaci ferrosilicia s větším množstvím křemíku, jež nekládá se však do pece, nýbrž až do lící pánve, aby se ušetřila vyzdívka v peci.

Při procesu zásaditém lze ve 24 hodinách provést 2 až 4 zavážky.

Na obr. 20. zakreslen jest průřez novější Martinovy huti pro válcovnu. Huť složena je ze dvou vedle sebe postavených loubí bez dělicí stěny; širší loubí slouží za slevárnu ingotů, v užším nalézáme příslušenství plynového topení, obsluha jeho děje se z plošiny 2·5 m nad podlahou se nalézajícího, kde jest zařízení pro mechanické zavážení peci.

Toto zařízení jest konstrukce D a e l e n -ovy a pracuje takto: plechové žlaby, naplněné sur. železem či šrotem strká z vozíku do pece, v peci o 180° překloupí a obsah vyprázdní; pohon proveden po způsobu pojezdných jeřábů, opatřených třemi elektromotory.

Naplňené vozíky přijedou do loubí, tamže dopraví elektrickým výtahem do výše plošiny a na úzké koleji až ku pecím; když vyprázdňeny jedou na druhou stranu loubí, spustí venku v brzdové věži do dvora a dopraví do skladiště surovin, kde se jich žlaby znovu naplní.

V licím loubí upraven před krátkými žlábkami vypouštěcími jednotlivých pecí, pojezdný žlábek delší (2·0 m), jehož kolej nalézá se na plošině, která jest nižší než plošina zavážecí.

Licí pánev jest otočná a pojíždí nad jamou hloubky 2 až 2·5 m po koleji o širokém rozchodu; rovnoběžně s licí jamou máme normální kolej pro parní lokomotivní jeřáb nosnosti 6 tun s vyložením 7 m, kterým se ingoty z licí jámy nakládají na vozíky a dopravují po úzké koleji do válcovny.

Mimo to máme v licím loubí dva elektricky hnané pojezdny jeřáby.

Martinovým procesem šrotovým zpracují se výhodně různé odpadky kujného železa a oceli, jím doplňuje se proces konvertorový; tímto způsobem získá se konstruktivní materiál těch nejlepších vlastností, dobře kujný a i svářitelný, který se vyrovná materiálu svarovému a způsobí, že tento v blízké budoucnosti až na malé výjimky vymizí.

Měkký materiál Martinův zpracuje se na kolejnice, plechy, profily železa stavebního, materiál tyčový, drát, jakož i na výrobky lisované; složení jeho k různým účelům zřejmo z tabulky.

	kolejnice	plechy		tyčový materiál	drát
		měkké	tvrdé		
C	0·36	0·09	0·62	0·11	0·11
Si	0·16	0·02	0·14	0·06	0·01
Mn	0·98	0·37	0·89	0·64	0·45
P	0·04	0·04	0·04	0·04	0·05
S	0·05	0·05	0·05	0·05	0·035
Pevnost	66	37	80	40	kg-mm ²

Dokladem výbornosti materiálu Martinova a jeho v širokých mezích měnlivých vlastností, které podmiňují jeho užití v praxi, uvádím dvě praktické tabulky, z nichž prvá I. obsahuje materiál Martinův z N e u - b e r g u ve Štyrsku (kyselý), druhá II. výrobky ocelárny v R h e i n a u poblíž Mannheimu v Německu (zásaditý), kde zároveň zřetelnou se jeví pružnost dříve obvyklého dělení v kujné železo a ocel.

I.

Číslo tvrdosti	Pevnost v tahu kg—mm ²	Zúžení C v %	Prodlou- žení λ v %	Pružnost v kg—mm ²	Množství uhlíku v %	Vlastnosti materiálu
VII	34 až 35	35 až 70	25 až 35	14 až 18	0.1 až 0.2	výborně se sváří a ne- tvrdne
VI	40 „ 50	40 „ 60	18 „ 27	18 „ 25	0.2 „ 0.25	velmi dobře sváří a se nekalí
V	45 „ 60	30 „ 50	15 „ 25	22 „ 30	0.25 „ 0.45	dobře sváří, trochu kalí
IV	55 „ 75	20 „ 45	10 „ 20	25 „ 40	0.3 „ 0.5	sváří a dobře kalí
III	70 „ 90	25 „ 40	10 „ 15	33 „ 48	0.5 „ 0.9	sváří a jemně kalí
II	80 „ 100	10 „ 35	8 „ 13	40 „ 55	0.6 „ 0.9	„ a „ „
I	95 „ 110	5 „ 20	5 „ 10	50 „ 55	přes 0.9	pozorně sváří, v oleji kalí

II.

Číslo tvrdosti	Pevnost v tahu kg—mm ²	Prodlou- žení λ v %	Množství uhlíku v % (max.)	Vlastnosti materiálu	Použití ve stavbě strojů
0	34 až 38	25	0.1	dobře svářitelný nekalitelný, při ohybu velmi měkký	plechy, válený materiál tyčový i řázonový, drát, kostry strojů elektro-dynamických.
1	39 „ 44	20	0.15	nekalitelný při ohybu měkký	tyčový a řázonový materiál vá- lený, drát, výkovky v zápustkách, strojové části pro lokomotivy, vagonová kování.
2	45 „ 50	18	0.25	nekalitelný při ohybu měkký	sloupky ku lisům, ojnice, háky, kliky, hřídele transmissijné, lité části strojové, válce pro lisy, sou- části pump.
3	51 „ 60	15	0.35	málo kalitelný při ohybu normální	klikové hřídele, křížové hlavy, pístnice, nápravy, ozubená kola, jeřábové kladky.
4	61 „ 70	12	0.45	kalitelný dobře ohebný	radlice na pluhy, bandáže, vřete- na obráběcích strojů, válce k vá- lení železa, ozubená kola, sou- části kladiv.
5	71 „ 80	8	0.55	kalitelný ještě dobře ohebný	zpružiny pro lokomotivy a wago- ny, koule do kulových mlýnů, ozubená kola pro válcovací stroje zápustky pro práci za tepla.
6	81 „ 90	6	0.65	dobře kalitelný ještě ohebný	jazyky pro výhybky kolejnicové, koule a jiné součásti strojů roz- mělnovacích.

2. Rudný proces.

Jak již při procesu šrotovém zmíněno bylo, přidávají se k zvýšení oxydace a urychlení práce, zvláště při větších závažkách sur. železa, kyslíčníky železa v podobě železných rud, opalu z válcoven, okují; tato praxe byla počátkem *rudného* procesu Martinova (L a n d o r e).

Okysličení sur. železa provádí při něm kyslík v rudách obsažený (50% krevele) a plyn generatorový; tento kyslík jest vydatnější než onen ze vzduchu, ale spotřebuje teplo, aby z rud byl uvolněn.

Při rudném procesu vloží se nejprve do pece vápno a rudy jako hmoty lehčí, na ně nalije tekuté sur. železo; po nalití kovová lázeň se důkladně promísí a tím mangan a křemík vyloučí. Oduhličování trvá tu však déle než při procesu šrotovém následkem většího množství uhlíku.

Přes to jest však produkce pece větší, jelikož teplo se lépe využítuje; při zavážení pece nenastává větší ochlazení, tah topivých plynů není přítomností kusového materiálu rušen a proto naskytá se tu dokonalejší jich spalování.

Ztráta na železe, manganu, křemíku a fosforu jest menší nežli množství železa získané z rud a může produkce pece za velmi příznivých okolností (čisté rudy bohaté železem) stoupnouti až na 107% závažky.

Aby doba procesu byla krátká, nemá použité sur. železo obsahovati více jak 1% max. 1·5% křemíku a jen nepatrná množství fosforu a síry. Rozbor podobně vyrobeného plávkového materiálu:

0·07 C 0·05 Si 0·5 Mn 0·06 P 0·03 S.

3. Proces Bertrand-Thielův.

Provozuje se na *Kladně* a jeho podstata záleží v tomto: Rudná přísada rozděluje se na dvě doby a dvě pece se zásaditou vyzdívkou, které upraveny v různých výškách za sebou, tak že lze tekutou lázeň z pece výše položené žlábkem přelíti do pece níže položené a při tom odstraniti strusku.

Do pece první vkládá se část rud, vápno a pevné sur. železo a na ně nalije tekuté sur. železo; jakmile lázeň počne kypěti, přidá se další část rud a vápna, aby mangan a křemík, zúplna byly odstraněny, fosfor pak až do množství 0·1 až 0·2%, uhlík do 2·5%.

Větší množství manganu tento způsob zkujňování prodlužují; za 2½ hodiny veškeré reakce v peci přestanou a první zkujnění dokonáno.

Struska, která se stala neúčinnou, se odstraní a čisté železo přelije do pece druhé na předeřtý šrot, kde se čerstvými rudami a vápnem vytvoří nová struska, která jednak chemickými reakcemi lázeň zahřívá jednak, poněvadž není starou struskou rozředěna, oduhličení a odfosforování rychle dokoná, tak že za další 2½ hodiny proces ukončen. Výhody tohoto procesu: šetření vyzdívky v pecích a úspora na palivu; každá z pecí může býti ve 24 hodinách 5krát zavežena a je-li v závažce větší množství

fosforu, může produkce stoupnouti až na 104% a veškeren fosfor přejde do strusek. Struska z první pece jest rovnocennou se struskou Thomasovou, čímž praktická cena tohoto procesu se zvětšuje.

Proces Bertrand Thiel-ův lze užití pro každou kvalitu plávkového materiálu; na Kladně vyrábí se jím měkký materiál asi tohoto složení:

0.15 C 0.018 Si 0.32 Mn 0.01 P a sledy S.

⊗ III. Ocel kelímková.

Žádný z dřívějších způsobů zkujňovacích neposkytne nikdy plávkový materiál dokonale homogenní, vždy v něm zůstanou přes desoxydační přísady sledy různých kyslíčků; toho lze toliko dosáti přetavením materiálu již zkujněného v kelímcích z materiálu ohnivzdorného, který bezpečně snese teploty až 1600° C, aniž při tom praská anebo ve smyslu hutnickém se taví.

Za původce této výroby udává se hodinář H u n t s m a n v Handsworthu poblíž S h e f f i e l d u v polovici XVIII. století, který robil hodinová péra z materiálu svarového, jež mu špatně vyhovovala následkem nesvařených míst a strusky; i zkoušel vady ty odstraniti přetavením surového materiálu v kelímcích. Pokus se úplně zdařil a brzy vznikla v okolí Sheffieldu, kde cementování oceli bylo na vysokém stupni dokonalosti, řada tavíren kelímkových; tavilo se jen v kelímku jediném a proto vyrobená ocel byla jen malé váhy (několika kg) a zpracovala se na nástroje řezací, jež byly světoznámé.

Teprve zásluhou K r u p p - o v o u na počátku století XIX. dokázalo se ocel tavením v kelímcích učiniti co nejstejnorodější a to i v kusech několik tun vážících*).

Obtíže, jež se při výrobě kelímkové oceli naskytly, spočívaly jednak v tom, aby docílilo se vysoké teploty prostředky průmyslovými, jednak našel příhodný materiál pro kelímky; odstraněny pak byly regenerativním topením Siemensovým a důkladným studiem tavícího procesu, který není ryzím tavením, nýbrž pochodem daleko složitějším.

Mezi materiálem kelímku a vloženou ocelí nastávají chemické reakce, na nichžúčastněny jsou křemík a uhlík kelímku, mangan vložené oceli, a jich výsledek je, že ocel stane se na křemík i uhlík bohatší.

Dle jedněch hodí se nejlépe na kelímky určité hlíny ohnivzdorné, prosté volné kyseliny křeničité; většina oceláren užívá však materiálu složitějšího, který v nejbližším okolí se nalézá a jež s jinými látkami mísí, na příklad:

*) K r u p p - o v a původní *dělová* ocel vyráběla se tavením pudlované oceli a kujného železa, k nimž se přidalo něco málo wolframu, manganu, chromu, hliníku; množství uhlíku bývalo v mezích 0.40 až 0.55%.

Böhlér - ova huť v Kapfenbergu ve Štyrsku (štyrská ocel nástrojová světové pověsti) užívá dvou druhů kelímků; pro měkčí ocele s 0·3 až 0·4% C obsahuje kelímek 25% štyrského grafitu, pro tvrdší ocele pak 45% grafitu, ostatní je hлина.

Bismarck - ova huť v Pruském Slezsku užívá kelímků tohoto složení:

50% grafitu, 20% surové hlíny, 20% dřevěného uhlí, 7% koku.

Stará huť **Solingerská** v Hannoversku (pilníky a nože):

14 d. pálené hlíny, 9 d. kopané hlíny na dýmky, 6 d. uhelného prachu dřevěného; kelímky jsou jen na malý obsah 12 až 13 kg oceli.

Obsah kelímků bývá obvykle při velkovýrobě na 30 až 40 kg oceli,*) klesá však i na 10 kg; kelímky snesou nejvýše trojí tavení, v mnohých ocelárnách použijí však každého kelímku jen jednou, aby byli jisti, v jaké míře přechází z něho křemík a uhlík do vyráběné oceli; při kelímku vícekrát použitým nejsou tyto reakce zcela bezpečné.

Kelímky při tavení pokryty víkem, aby jich náplň byla chráněna před účinky topivých plynů.

Postup při výrobě kelímků jest tento:

Ohnivzdorná hлина se mele a přidávají do ní látky, jež ji činí méně mastnou, bývá to zpravidla kelímkový šamott a pak uhlík v podobě grafitu nebo uhelného prachu z koku, dřevěného uhlí; směs těchto látek rozdělá se vodou a z ní hotoví se kelímky prací ruční na kruhu hrnčířském nebo lisují na strojích do forem.

Sušení provádí se nejprve na vzduchu po delší dobu, poté v prostorách vytápěných ohřátým vzduchem na 40 až 50° C a přímo před tavením vypalují se za žáru červeného ve zvláštní peci předhřívací poblíž pece kelímkové.

Výrobu kelímků jest co nejpečlivěji prováděti a provozuje ji ocelárna sama jako vedlejší oddíl výrobní; cena jednoho kelímku obvyklých rozměrů bývá asi 6 korun.

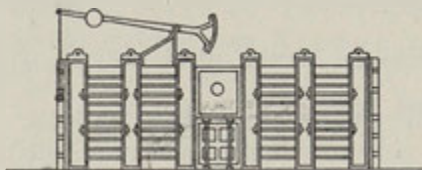
1. Kelímková pec.

Malé pece bývají na 2 a 4 kelímky, upraveny jsou na topení kokem s přirozeným tahem; čerstvý vzduch přichází pod rošt a zplodiny odtahují komínem. Celkové jich zařízení obdobné pecím, užívaným k tavení mosazi a bronzu; práce při čtyř kelímcích následkem nestejnomyrného spalování jest obtížnou a vyžaduje zkušených tavečů.

Velké pece jsou stavěny po způsobu pecí plamenných s topením regenerativním; při 12 až 24 kelímcích bývá celá pec pod půdou huti a nad kelímky v rovině půdy otevíratelný poklop. Je-li generatorový plyn bohat

*) Rozměry kelímků bývají v těchto mezích: výška 300 až 400 mm, největší průměr 250 mm, nahoře 170 až 200 mm, obsah 25 až 40 kg; tloušťka stěn postranních 20 až 25 mm při dně 25 až 35 mm.

na uhlovodíky, spaluje se dlouhým plamenem a lze postavit kelímky do dvou řad vedle sebe; je-li však s plamenem krátkým, jest tavíci prostor

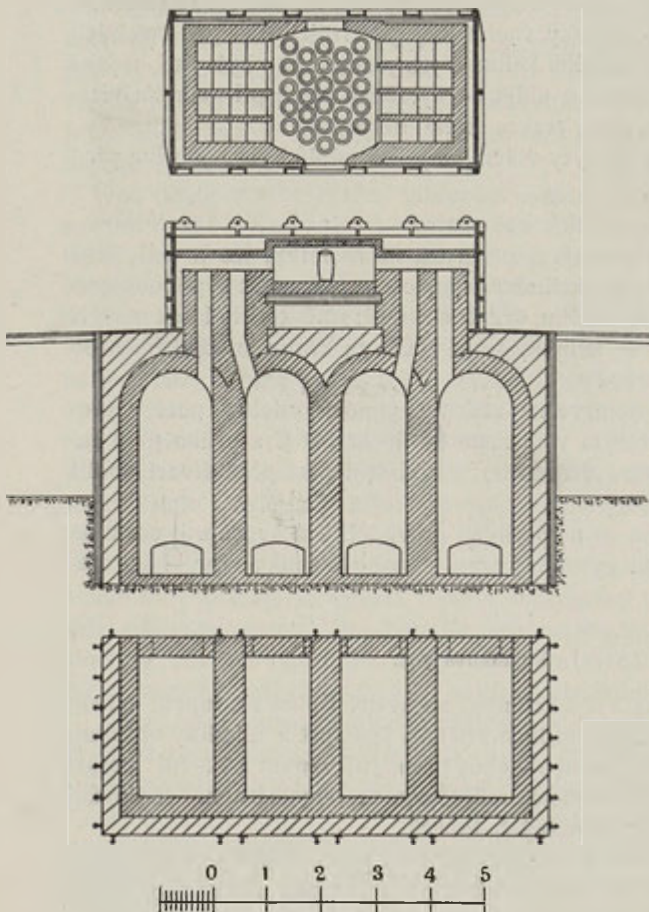


pece širší a kratší a kelímky se staví skupinově ve více řadách, při čemž tavíci prostor rozdělen jest příčkami na komůrky.

Na obr. 21. vyznačena jest kelímková pec, užívaná v hutích Böhler-ových ve Štýrsku, zařízení na 24 až 100 kelímků; tavíci prostor nachází se nad půdou a kelímky se vyjímají stranou.

Generatorový plyn vzněcuje se již před tavíci prostorem, čímž se podobná pec podstatně liší od jiných pecí s topením Siemensovým.

Ku každé peci kelímkové patří pec předhřívací s topením roštovým k dřívě již zmíněnému vypalování kelímků.



Obr. 21.

2. Výroba kelímkové ocele.

Kelímky jsou tím trvanlivější, čím nižší je teplota při tavení a poněvadž tavíci teplota oceli leží níže než při kujném železe, proto vyrábí se jen kelímková ocel.

Jako surovinu lze užiti každou ocel, připomenouti však sluší, že podstatné zlepšení jest jen možné při materiálu svarovém, který obsahuje

strusku, tedy oceli frišované, puddlované a cementové, ne však při plávkové. —

Surová ocel v podobě hranatých tyčí průřezu 20/20 až 25/25 mm hned po vykování nebo vyválení se zchladí ve studené vodě a rozláme na menší kusy, aby se vešly na stojato do kelímků; jednotlivé kusy roztrídí se dle lomu na různé stupně tvrdosti.

Na to vloží se tyče podobného složení do kelímků, mezery vzniklé vyplní se odpadky z předešlé výroby a přísadou, jež se mění druhem vyráběné oceli; pro vysoké stupně tvrdosti přidává se ferromangan, ferrochrom, ferrovolfram, ku tvoření strusky burel, sklový prach, vápno.

Kelímky buď prázdné nebo již naplněné vloží se přikryty víkem do pece předhřívací, zde přivedou do žáru červeného a pak kleštěmi vloží do pece kelímkové; jest-li byly prázdné, plní se teprve nyní.

Následkem vysoké teploty v peci obsah kelímků se ihned počne taviti, struska v surovině



Obr. 22.

obsažená vytvoří s přísadami a nově vzniklými oxydy strusku novou, která uhlík oceli oxyduje.

S počátku střídá se plyn a vzduch každých 30, ke konci každých 5 minut; při nových kelímcích trvá tavení 3 až 4 hodiny, při starých již použitých bývá doba tavení kratší.

Čím kelímek bohatější na grafit a čím více jest ve vložené oceli manganu, tím větší změny se dějí při tavení; uhlík i křemík vstupují do oceli, poněvadž část manganu přechází do strusky, manganatá struska pak účinkuje v křemičitou hmotu kelímku, čím styk látek stává se velmi účinným.

Je-li však kelímek chudý na uhlík, stane se i tavená ocel naň chudší. Fosfor a síra při tavěcím procesu zůstávají netknuty a proto závážka nesmí je obsahovati.

Když unikání plynů z lázně ustalo a ona objeví se řídce tekutou a strusky prostou, což se zkouší zkušebnou tyčí, jest spělou a zastaví se tavení. S počátku tavení zůstává na vyňaté zkušební tyči ztuhlá ocel, když plyny zmizely, lázeň zřídne, tyč vyňatá jest úplně čistou a žádné jiskry z ní nesrší. K zavedení tyče jsou víka kelímků opatřena otvory, jež při tavení ucpány jsou hlinou.

Po zastavení plynu generatorového dá se ocel v kelímcích vyvřítí, což trvá asi $\frac{1}{2}$ až $\frac{3}{4}$ hodiny, aby veškeré plyny mohly z ní uniknouti a ona poskytla slitků prostých všech děr a bublin.

Posléze se kelímek z pece vyjme a jeho obsah lije do kulatých nebo šestihranných kokill, jež mají ve svršku nástavek šamottem vyložený, který účinkuje jako tlaková hlava, anebo při faconové litině do připravených forem.

Postup tavení kel. oceli na faconovou litinu jest znázorněn na obr. 22. v těchto intervalech časových: po $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3 a 4 hodinách; kelímek byl 485 mm vysoký.

Dobrá kelímková ocel teče klidně a ve formě se nenadýmá, jelikož jest úplně plynů prosta.

Při faconové litině lze užiti pro zavážku i materiálu plávkového, bessemerského a martinského, ba i sur. železa hematitového, čímž výrobná cena značně se snižuje; výrobky podobné snesou až 0·7% křemíku a jsou neobyčejně hutné, uhlíku mívají menší množství, fosfor až do 0·15% valně vlastnostem neškodí.

Složení faconové litiny z oceli kelímkové

	Zvony	Nákolky (tyry)	Menší stro- jové části
C	1·30	0·80	0·50
Si	0·35	0·25	0·20
Mn	0·80	0·60	0·50

Výkonnost kelímkové pece závisí na jakosti vyráběné oceli a složení kelímků; při oceli nástrojové a menší peci na 18 až 20 kelímků obsahu 25 až 30 kg vyrobí se za den 2 až 3000 kg oceli.

Větší pece na 27 až 36 kelímků po 30 až 40 kg obsahu snesou ve 24 hodinách 4 až 6 zavážek, každá poskytne pak 900 až 1400 kg oceli; spotřeba paliva na 1 t oceli jeví se při dobrém uhlí kamenném 1200, popelnatém 1500 a hnědém dle jakosti 2000 až 4000 kg.

Nahradiť tavení v kelímcích tavením v peci plamenné nevedlo nikdy k cíli, jelikož nelze v ní nijak vyloučiti oxydaci tekuté lázně, i když se přidá velké množství ferromanganu; vždy zůstávají ve výrobku oxydy kovové a ty pozměňují pevnostné jeho vlastnosti.

Částečně odpomáhá se tomu také tím, že v peci Martinově vyrobený materiál po provedeném odkysličení a zuhličení zahřívá se po delší dobu v kelímcích, kterážto praxe obvyklou při hotovení těžkých děl.

Při oceli nástrojové po slití ingotů zkouší se tyto na čistotu povrchu, tlakové hlavy a jiné nálitky i nedostatky odstraní se sekáním; z ingotu každého kelímku vrtáním zaopatří se třísky, jež se co do chemického složení vyšetří, a mimo to z každé závázky pece provedou po případě jiné praktické zkoušky dle příštího použití oceli.

Všechny závadné ingoty se odstraní a jen dokonale bezvadné se dále zpracují kováním nebo válením.

Obvyklý postup další je ten, že se ingoty válením nejprve ztenčí, jich konce odsekají, zbytek přeláme na kusy kratší, tyto důkladně přehlédnou, povrchové nedostatky opětně sekáním či smyrkováním na brusech odstraní, aby z nich vykované tyče byly prosty všeho podélného železa.

Posléze vykovou se kusy do délky, označí dle stupně tvrdosti a použití dle v ocelárně obvyklého známkování, se kterým přicházejí do obchodu.

Odpadky při těchto pracích se naskytající přijdou poznovu do dalších závázek k tavení.

Nejemnější, nejvzácnější a nejdražší technické železo, které dovede hutník vyrobti, jest nástrojová ocel kelímková; je-li jen uhlíkatá, lze její chem. složení udati v těchto mezích:

0.5 až 1.5 C 0.2 až 0.5 Mn 0.02 až 0.03 P 0.008 až 0.01 S sledy mědi.

Průměrné složení nástrojové oceli uhlíkaté v užším slova smyslu bývá:

1.2 C 0.3 Si 0.1 Mn 0.01 P 0.007 S.

Tvrdícím prostředkem jest uhlík chem. vázaný a malé množství manganu; s množstvím uhlíku roste přirozená její tvrdost.

Pokusy na huti Bismarckově v pruském Slezsku zjištěno, že součet škodlivých přímíšenin fosforu, síry a mědi nesmí býti při velmi dobré jakosti větší než 0.06%, při dobré 0.1% a ocele. obsahující jich přes toto množství, jsou jen jakosti prostřední anebo špatné; při tvrdších ocelích jest vliv těchto přímíšenin větší než při měkčích.

Obsahuje-li nástrojová ocel uhlík grafitový, jest neobyčejně křehká a nedá se ani kovati ani váleti, jest nepotřebná.

Ocele obsahující 0.35 až 0.6% uhlíku, nedocházejí použití k výrobě nástrojů v užším slova smyslu, vyrábí se z nich srpy, kosy a jiné předměty o stěnách tenkých, jež se mají kaliti, některé nástroje k zpracování dřeva, dále části, které při malé tvrdosti mají míti velkou houževnatost a pružnost, jako různá kladiva, pružiny a pod.

Vlastní nástrojová ocel mívá 0.6 až 1.5% uhlíku a přes toto velké množství jest přece o značné pevnosti a přirozené tvrdosti a ve stavu nekaleném neobyčejně houževnatá.

Označování její provádí se různě dle obvyklostí zavedených v jednotlivých hutích; T h a l l n e r zavádí označení římskými číslicemi I až VI, podle množství u h l í k u, číslo I jest nejtvrdší, VI nejměkčí.

	I	II	III	IV	V	VI
C v %	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{8}$	1	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
	<i>velmi tvrdá, tvrdá, středně tvrdá, houževnatě tvrdá, houževnatá, měkká.</i>					

Přirozená tvrdost nástrojové oceli uhlíkaté zvyšuje se přidáním manganu (8 až 20%), chromu (až 0.5%), wolframu (až 4%), molybdenu (až 2%), vanadu (až 0.7%), niklu, křemíku, uranu a titanu; ocele sem spadající nazvány *speciální* a jsou *podvojně*, *potrojně*, ba i *početně*.

Podvojná ocel speciální obsahuje mimo uhlík ještě jeden z uvedených kovů, na př. manganová, chromová, wolframová, vanadová; obsahuje-li dva, jest *potrojná*, jako chrom a wolfram, wolfram a mangan, nikl a chrom.

Pokračování o těchto ocelích nalézá se v oddílu II. při ferroslitinách a pak v oddílu V. v nauce o nástrojích, kde sděleny vlastnosti tohoto materiálu, jeho zpracování a použití, pokud jde o druhy u nás obvykle užívané; jest to štyrská ocel B ö h l e r - o v a a z P o l d i n y h u t i na Kladně.

⊗ IV. Elektro-ocel.

Kolem roku 1900 započaty první pokusy s užitím elektrické energie k výrobě technického železa a dnes (1908) pracuje již v Evropě asi 37 elektrických oceláren; nejužívanější procesy jsou K j e l l i n - ů v ve 14, H é r o u l t - ů v v 10 závodech.

Ocelárna fy. L i n d e n b e r g v Remscheidu nahradila zúplna starší výrobu kelímkové oceli procesem H é r o u l t o v ý m následkem nižší výrobné ceny a snazší práce.

G u i l l e t, který tam konal pokusy a dále S a ç o n n e y, který studoval způsoby práce dle H é r o u l t - a, S t a s s a n - a a G i r o d - a jinde, shledali, že takto získaný materiál jest neobyčejné hutnosti, pevnosti a houževnatosti a že se úplně vyrovná nejlepšímu druhu kelímkové oceli, vyráběné po způsobu starém.

Způsoby elektrometallurgickými lze vyráběti ocele bez újmy na houževnatosti až se 2% uhlíku, a přece vykazují vyvinutý tok při přetržení a velikou kontrakci; takto vyrobená ocel jest velmi stejnoměrného složení a úplně desoxydovaná, velmi dobře tekutá, teče klidně, snese vyšší teploty při ohřevu a jest svařitelnější, tak že druhy při obyčejných způsobech vůbec nesvařitelné zde jsou svařitelné a je-li správně popuštěna, dá se velmi dobře zráběti.

Elektrometallurgické procesy zvláště se hodí k výrobě bohatě uhlíkatých ocelí, obyčejných i speciálních, méně však pro materiál chudě uhlíkatý.

Pokud běží o podstatu elektrických pochodů v metallurgii železa, tu pro dnešní dobu mají jedině hospodářský význam procesy elektrotermické, které jsou založeny na:

Tavení *proudovým* teplem zvenčí, jest to jakási obdoba tavení po způsobu starém v kelímcích (G i r o d),

Joule-ově efektu proudu direktního (G i n),

Joule-ově efektu proudu indukovaného (K j e l l i n, F r i c k, S c h n e i d e r, C o l b y, W a t l i n),

voltaickém oblouku proudu usměrněného (H é r o u l t, K e l l e r, S t a s s a n o).

Jsou to věci naskrz nové a patentované, zkušenosti nabyté se pak z ohledů kupeckých samozřejmě tají.

V metallurgii železářské po způsobu starém jest pracovati s pecemi velkými a v provozu pokud možno nepřetržitým, tím vypadnou náklad zařizovací i provozovací v hodnotě ohromné a musí po stránce hospodářské býti v souladu s odbytem vyrobených tovarů.

V elektrometallurgii oproti tomu lze pracovati s pecemi malými, dnes od 1 *mct* do 2 *t*, kde pořizovací kapitál poměrně malý (H é r o u l t - o v a pec na 10 *tun* za 24 hodin stojí asi 30.000 *korun*), obsluha vyžadující jen malý počet pracovních sil jest nepatrná, opravy na pecích snadné a jelikož lze pec snadno zařaditi nebo z práce vyřaditi, lze vyráběti málo nebo mnoho a přizpůsobiti se odbytu a posléze, jelikož možno složení vyráběného materiálu měniti i poptávce — to jsou vesměs výhody, které za určitých okolností dobře mohou vyvážití přednosti pecí velkých pracujících po způsobu starém.

Užití elektrické energie v metallurgii železa má však jen tehdy hospodářského významu, běží-li buď o zlevnění výroby nebo zlepšení jakosti, či posléze o možnost využitkování pokladů země, které by jinak ladem ležeti zůstaly a v tomto posledním bodu leží budoucnost elektrometallurgie v zemích oplývajících hojnou měrou vydatnými vodními silami, jako na příklad Skandinávie, kde lze od hydraulických elektráren obdržeti jednu roční koňskou sílu v jižním Švédsku za 50 až 100, v severním za 25 až 50 a Norvéžsku jen za 20 až 30 *korun*.

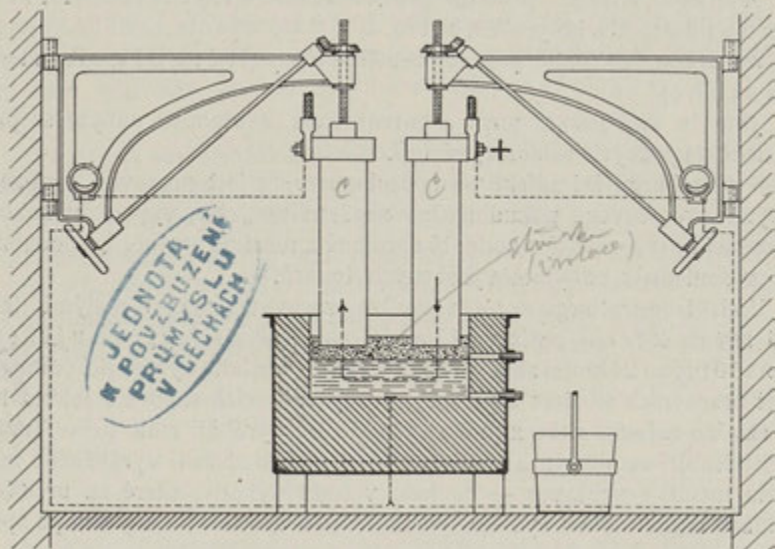
*) a) Pec Hérault-ova.

Podstata pece H é r o u l t - o v y jest tato: Dva voltaické oblouky vytvořené proudem usměrněným zařazeny za sebou prostřednictvím izolující vrstvy struskové taveným materiálem, tím vzniknou na dvou místech oblouky, jichž teplota jednou z nejvyšších vůbec dosažitelných. *)

*) Teplota voltaického oblouku stanovena v poslední době L e C h a t e l i e r - o v ý m pyrometrem na 3700° C.

Proud elektrický zavádí se do pece dvěma elektrodami uhelnými, struska zabraňuje přímému styku s vodivou lázní a tím vznikne proudový oběh dříve uvedený. Každá změna ve tlaku (napětí) elektrického proudu, který bývá řádu 120 voltů, dá se odpozorovati na zapnutých voltmetrech mezi elektrodami a kovovou lázní a vyreguluje se postavením elektrod.

Proces Héraultův hodí se jak k redukování železa, tak i k oduhlíčení jiných kovů pomocí oxydujících strusek, jichž složení jest vyšetřiti dle žádoucích reakcí v kovovou lázeň.



Obr. 23.

Na obr. 23. vyznačeno jest uspořádání užívané dnešní dobou v elektrických ocelárnách na výrobu jemných ocelí; spotřeba proudová udává se při procesu šrotovém na 800 kilowattových hodin pro 1 tunu oceli.

Proces Héraultův zavádí u nás fa. Böhler-ova v Kapfenbergu a Danner-ova v Judenburgu ve Štyrsku.

b) Kjellin-ova pec.

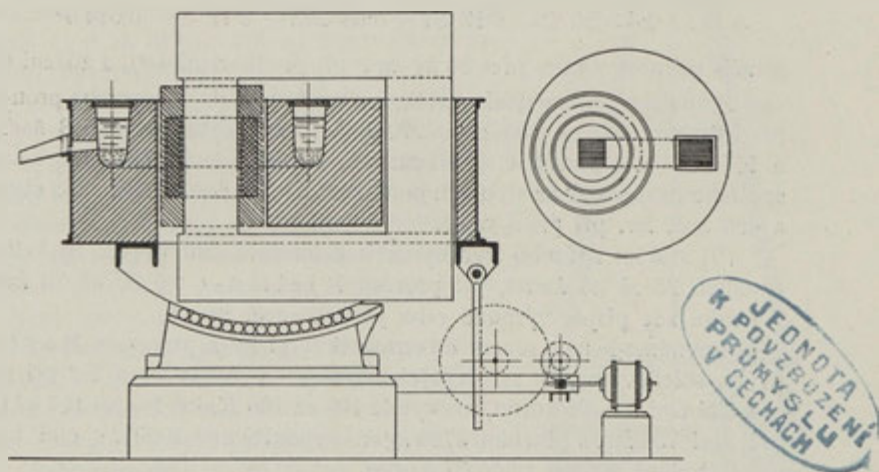
Tato pec patří do skupiny pecí indukčních, které pro metallurgii doporučoval již před lety inženýr Ferranti.

Kjellin-ova pec jest v podstatě zvláštní transformátor na proud střídavý jednofázový, kde oběh sekundární složen z jediné uzavřené otočky a vytvořen taveným materiálem; uspořádání její dle nejnovějšího patentu Gröndal-Kjellin-ova v Trollhätanu ve Švédsku načrtnuto na obr. 24.

Vlastní těleso pece jest z magnesitu a má podobu kruhového válce, který je prostoupen železným lamellovaným jádrem, jak zjevuje příčný obrázek v menším měřítku.

Železné jádro opatřeno toliko jedinou primární cívkou, kterou se posílá střídavý proud o vysokém tlaku řádu 3000 voltů; kol cívky ventilační prostor, kterým se fouká studený vzduch.

Soustředně s touto primární cívkou upraven jest v magnesitovém těle kruhový žlab víkem zakrytelný, který tvoří tavicí prostor pece a naplněn-li vodivým materiálem, sekundární oběh transformatoru; tento žlab jest opatřen po straně na příhodném místě výpustem, který není na místě



Obr. 24.

nejhlubším, nýbrž něco nade dnem žlabu, aby vždy něco z kovové lázně tam zbylo a sekundární oběh zůstal uzavřen.

Pec uspořádána jest jako poklopná, sklápění provádí se elektromotorem prostřednictvím soustavy ozubených kol a hřebenu.

Případné odstraňování strusky děje se horem po odkrytí víka, což proti peci Héroultově podstatná nevýhoda (tam pro strusku zvláštní výpust) a vede k tomu, užívati, pokud lze, surovin co nejčistších; běží-li o dokonalé odstranění fosforu a síry, naskytnou se při provádění procesu určité obtíže, kterých jest Héroultův proces prost.

Teplota oceli ve žlabu páčí se na 1600° C, tělesa pece na 1400° C.

Přes to proces Kjellinův velmi dobře se osvědčil při výrobě bohatě uhlíkatých ocelí a má tu nepopíratelnou výhodu, že lze při něm užiti přímo proudu střídavého o vysokém tlaku (napětí). Dle konaných šetření má se transformační poměr při této peci indukční asi takto: primární proud 3000 voltů a 90 ampérů, sekundární proud 7 voltů a 3000 ampérů; poměrně nízký stupeň využitkování 270 kilowattů na 210 kw. leží v úpravě pece,

kteou nelze konstruovati jen ve smyslu pravidel známých pro konstrukci transformátorů.

Propracování procesu Kjellinova dalo se v huti Gysinge ve Švédsku a užívá se dnes jako ryzí proces šrotový; plněna-li byla pec bílým sur. železem švédským složení

4.0 C 0.15 Si 0.18 Mn 0.01 S 0.012 P

a dobrým železným šrotem, činila z počátku spotřeba proudová na 1 t vyrobené oceli 886 *hod. kilowattů* a jedno plnění trvalo $5\frac{1}{2}$ hodiny.

Vyrobená ocel byla složení

0.4—2.0 C 0.12 Si 0.34 Mn 0.12 S 0.014 P

a měla pevnost v tahu přes 80 *kg-mm²* při prodloužení 44% a zúžení 60%.

Pozdějším zdokonalením celého zařízení obdržela se spotřeba proudová při užití sur. železa studeného 770 *hod. kw.* a roztaveného 643 *hod. kw.* a Kjellin domnívá se, že při pecích velkých kapacity 736 *kw.* zredukuje spotřebu proudovou za stejných podmínek na 590 *hod. kw.* při práci studené a 490 *hod. kw.* při práci teplé.

Při starém způsobu výroby oceli kelímkové činí výdaje za kelímky a palivo 25 až 48 *korun*, při procesu Kjellinově 20 až 26 *korun*; v úvahu zde přijde výrobná cena jednoho *hod. kw.*

Srovnáme-li pak proces elektrometallurgický s procesem Martinovým, shledáváme, že za stejných okolností výrobná cena 1 t při práci zásadité činí 90—96 *korun*, při kyselé 102 až 106 *K*, kdežto při Kjellinově peci 736 *kw.* s plněním 3700 *kg* a vypouštěním 2000 *kg* činí to při práci studené 80, při teplé 77 *korun*.

Z toho vyplývá, že za dnešního vývoje elektrometallurgie nemůže ona nahraditi proces nistějový a tím méně konvertorový, jimiž se vyrábí obyčejný materiál konstruktivný v podobě kolejnic, profilového železa stavebního, plechů a pod.

Proces Kjellinův zavádí se v Poldině huti na Kladně.

VI. Cementování oceli.

Žiháním tyčí kujného železa po delší dobu bez přístupu vzduchu ve vrstvě dřevěného uhlí vniká do nich *uhlík* a mění je v *ocel*; množství uhlíku do železa vniklého závisí na teplotě žihání, na jeho době a průřezu tyčí.

Výroba čisté stejnorodé oceli zkujňováním ve výhni nebo puddlováním jest práci velmi obtížnou, vyžadující značných zkušeností a pozornosti při práci; daleko snazší jest vyrobiti těmi způsoby čisté kujné železo a toto dodatečně zocelit *cementováním*.

Uvedený způsob výroby oceli jest velmi dávného původu, zdá se, že byl již znám před 300 lety a ve století XVIII. byl zvláště v Anglii na

vysokém stupni dokonalosti; zmínky tu zasluhují huti v okolí Sheffieldu, kde vyráběla se výborná ocel na řezací nástroje.

Dnes jest materiál cementovaný úplně zatlačen materiálem plávkovým a užívá se ho jedině a to v omezeném rozsahu k výrobě suroviny na kelímkovou ocel, kde se měkká nestejnorodá ocel puddlovaná zlepšuje cementováním; shledáváme se s ním ve Štyrsku, Porýnsku a Švédsku.

Cementování provádí se ve zvláštních typických pecích, jichž podstatnou částí jsou dvě podélné, vedle sebe postavené, z ohnivzdorného materiálu zhotovené nádoby (desky piskovcové, umělé kameny šamottové, hroby), z nichž každá na 8 až 10 tun železa; mezi oběma zařízeními topení roštové.

Podobná pec podle dávného provedení anglického znázorněna jest na obr. 25. Horké plynové zplodiny, vzniklé spalováním paliva na roštu, táhnou kol nádob a přivedou je během určité doby až do žáru žlutého, teploty asi 1300°C . Nad nádobami nachází se klenba a zvenčí kuželovitý komín, který zchladlé plyny odvádí do vzduchu.

Surovinou jsou ploché tyče kujného železa tloušťky 10 až 20 mm, šířky asi 100 mm a délky kolem 3000 mm z materiálu frišovaného pro lepší druhy oceli nebo puddlovaného pro horší.

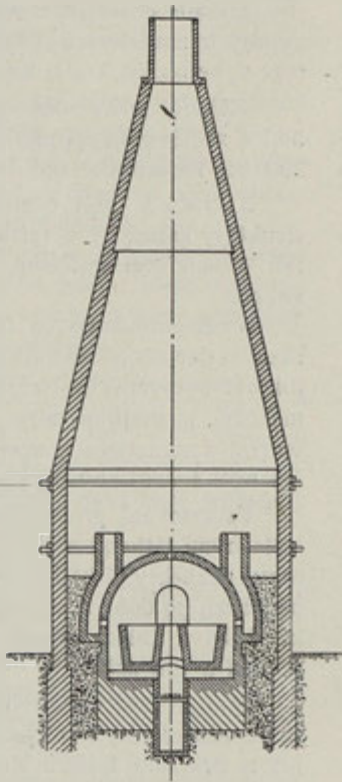
Tyče narovnají se do nádob, kde při stěnách je vrstva čistého křemenitého písku, na dně silnější vrstva dřevěného uhlí, a to tak, aby se nedotýkaly, tož na všech stranách dobře byly obklopeny uhlím. Nejlépe vyhovuje dřevěné uhlí, pokud možno čerstvé a tvrdé ze stromů listnatých (buk a bříza), v kouskách velikosti hrachu až ořechu.

Když nádoba tyčemi jest vyplněna, nasype se ve svršku silnější vrstva ze starého, již použitého cementového prachu a pokryje kašovitou směsí z cihlové moučky, křemenu a hlíny, čímž se zhotoví víko.

Některé ze svrchnějších tyčí procházejí stěnami až z pece ven a slouží ku zkoušení postupu procesu cementovacího.

Před zatopením se veškeré otvory, jež sloužily k zavážení pece, zazdí a pak se na roštu počne topiti.

Za $1\frac{1}{2}$ až 2 dny přivedou se nádoby do žáru žlutého, či jak se říkalo, na teplotu tavení mědi, a udržují v něm po 7 až 13 dnů, což souvisí s požadovaným množstvím uhlíku ve vyráběné oceli (0.5 až 1.5%); za tak



Obr. 25.

vysoké teploty vstupuje uhlík nejprve do povrchových vrstev železa a z těchto postupuje dále do vnitřku.

Síra, fosfor, a křemík zocelovaného železa mnoho se při uvedeném procesu nemění; vzniklá struska železo částečně redukuje, uvolňuje kyslíčník uhelnatý, který způsobuje na povrchu tyčí bubliny a uvnitř díry a proto se nazývala ocel cementová též *bublinatou*, *děrnatou*.

Jakmile dosaženo v železe určitého množství uhlíku, což se zjistí na vyňatých zkušebných tyčích, nechá se pec zvolna vychladnouti, načež se tyče vyberou, na kratší kusy přelámou a dle lomu roztrídí.

Veškeré práce spojené s cementováním jedné závažky pece trvají 3 až 4 neděle a spotřebuje se na tunu oceli 30 až 60 kg dřevěného, 1000 až 2000 kg kamenného uhlí.

S u r o v á ocel cementová jest složení nestejnomyšlného, lámavá, struktury listkovité a rafinuje se paketováním a svářením, čímž vzniká tak zvaná ocel *vydělaná*, anebo slouží jako surovina pro ocel kelímkovou.

S cementováním co do podstaty shoduje se *poocelování*, užívané za různým účelem při výrobě mnohých předmětů a částí strojových, úplně již jinak dohotovených. Na příklad chce se užiti k jejich zhotovení materiálu měkčího, lacinějšího, aby zrábění bylo snadné, nebo chce se získati část vnitřní z materiálu houževnatého, který rázy dobře snese, povrch však má býti tvrdý, aby opotřebení dobře vzdoroval.

Poocelování provádí se tím, že dotyčné předměty, obklopené rozmělněnými látkami uhlikatými původu *o r g a n i c k é h o*, jako spodíem, rohy, paznehty, žihají se při vysoké teplotě (1100—1200°) v uzavřených nádobách po dobu 6 až 15 hodin dle požadované tloušťky ocelové vrstvy, která bývá toliko několik desetin mm; po žihání se předměty ve vodě zchladí a tím zakalí. *)

Přidají-li se k uvedeným látkám *ž l u t á k r e v n í s ů l*, *c y a n k a l i*, tu se proces stává intensivnější a rychlejší; podstatné zlepšení docíluje prý se přidáním fosforu, který vnikání uhlíku do železa podporuje, aniž se toto při tom stává lámavým (něm. patent).

Na předměty váhy 200 až 300 kg doporučuje se dle onoho patentu směs práškovitého spodia, 300 g žluté krevní soli, 250 g cyankali, 400 g červeného fosforu; nádoby mají býti velmi dobře uzavřené, žár jasně červený až žlutý a získá se takto hloubka vrstvy ocelové až 1 mm.

*) Osvědčený cementovací prach skládá se ze 60% dřevěného uhlí a 40% kostní moučky, která způsobuje při žihání spékání obalu a zabraňuje tím lépe přístupu vzduchu než prosté dřevěné uhlí a následkem toho stává se vnikání uhlíku stejnoměrnější; materiál hodící se pro tuto směs má býti *plávkový chudě uhlikatý* a lze pak docílit až 1% zuhlíčení na povrchu při teplotě žihací 1100—1200° C a delší době žihací.

Složitější směs dle patentu Darraq a spol. 400 g rohového prachu, 450 g žluté krevní soli 100 g dvojchromanu draselnatého, 50 g salmiaku.

VII. Temperování surového železa.

Temperování jest opačný pochod k cementování — *zkujňování za žhava* — a bylo po prvé navrženo již R é a u m u r - em. *)

Proces záleží v tom, že se bílé sur. železo asi s 3% C, nejvýše 0.4 Mn, 0.5 až 0.8 Si, s nepatrným množstvím P a S, po delší dobu žihá bez přístupu vzduchu v látkách okysličujících, jež nazvány temperující směsí; tím pozбудou slitky menší či větší množství uhlíku a stanou se měkké, dobře zrábitelné a omezeně kujné.

Žiháním vycezený uhlík temperový oxydačním účinkem temperující směsí mění se podle jednoho výkladu v kysličník uhelnatý, který uniká a tím způsobuje porovitost, ba i někdy děnatost slitků; tato pozměna děje se ponejvíce ve vrstvách povrchových, které uhlíkem chudnou, ale poznovu jiným, který ze vnitř slitků do nich postupuje, se obohacují.

Toto odnímání uhlíku týká se jen uhlíku chem. vázaného a proto úspěšné temperování lze toliko provést na železe bílém, které obsahuje nejméně 0.18 Mn, aby byl zajištěn uhlík chem. vázaný; na uhlík grafitický a ostatní přimíseniny železa temperování vlivu nemá.

W ü s t udává nejprůhodnější složení suroviny na temperování takto:

3.0 C 1.2 Si 0.4 Mn 0.1 P 0.05 S

Větší množství manganu proces prodlužuje, obyčejně ho bývá v mezích 0.2 až 0.26; množství křemíku v hotovém výrobku bývá pak průměrně od 0.4 až 0.8.

Rozbory obyčejné kujné litiny podle D a v i s - e jsou:

0.15 až 1.5 C, 0.6 až 0.9 Si, 0.2 až 0.4 Mn, 0.15 až 0.22 P, 0.07 až 0.12 S
oduhlčení na povrchu slitků bývá často dokonalé, uvnitř lze však dokázati na příklad až 1% uhlíku vázaného a i větší množství grafitu.

Jestli ve výrobku množství uhlíku nad 0.6% jest to tak zvaná *temperovaná ocelová litina*, když pod 0.6% *kujná litina*.

Tavění železa provádí se buď v kelímcích anebo v kuplovnách; způsob prvý jest dražší, ale poskytne výrobky stejnoměrné jakosti, druhý je lacnější a obvyklejší, avšak následkem styku železa se žhoucím kokem větrem a nestejnoměrností zavážených kychet neposkytne nikdy výrobky bezpečně zaručených vlastností.

Druhování pro kuplovnu provádí se tak, aby závážka stala se na C Mn, Si a S velmi chudou, množství uhlíku ovšem poznovu za chodu kuplovny se zvětší.

V Německu druhují asi takto: 25% bílého sur. železa, 15% odpadků od předešlých lití a 60% žel. šrotu.

*) Pojem *temperování* v širším slova smyslu znamená ve slevárnictví prosté žihání hotových slitků ať již z litiny železné či ocelové.

Tamže užívá se k výrobě kujné litiny skoro výhradně sur. železa z „Kupferhütte“ v Duisburgu, jež se dobývá z oharků kyzových.

Lití do forem musí býti rychle skončeno, jinak se stane železo matným, zemdlí a formy špatně vyplní.

Při kujné litině jsme omezeni tloušťkou stěn; jen tenkostěnné slitky

lze postačitelně oduhličiti, aby byly houževnaté a kujné; slitky tlustostěnné, vyžadující dlouhotrvající temperování, mohou býti již na povrchu spáleny, než na postačitelné oduhličení došlo.

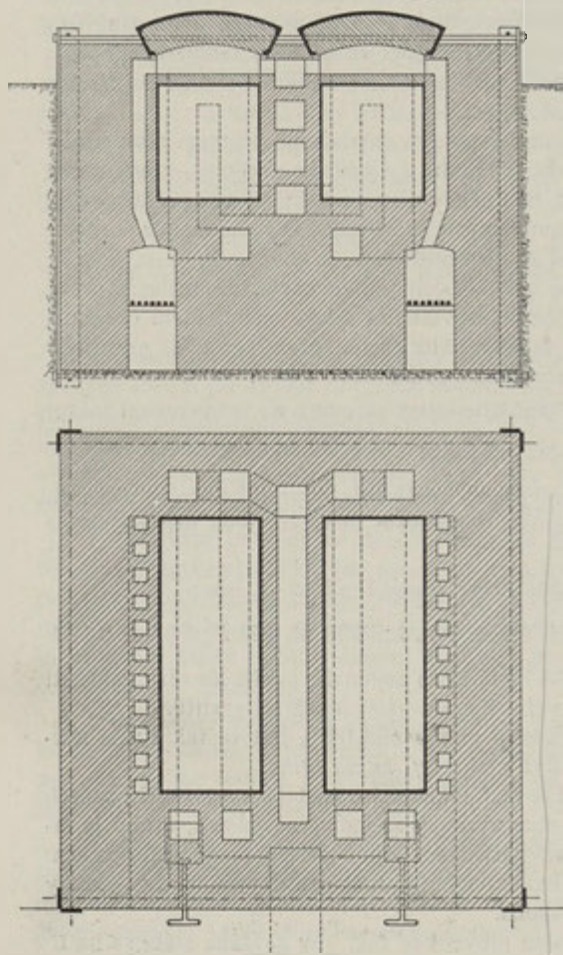
Z těchto důvodů bývá váha podobných slitků kolem 1 kg, mají-li býti skutečně kujné; těžší slitky vyrábějí se jako faconová ocelová litina malým bessemerováním.

Temperovaná či kujná litina doznala rozsáhlého použití v průmyslu, poněvadž jest lacinější než výkovky, které nahrazuje; z kujné litiny vyrábějí se drobné součásti strojů hospodářských, šicích, pletacích, součásti zámků, klíče, různá kování pro stavební truhlářství, faconové kusy pro tažené trubky, šroubové klíče atd.

Domovinou této výroby jest Sheffield, Remscheid, Lubno.

Při některých nástrojích, jako nůžkách, kleštích a pod. provede se nejprve temperování a aby byly kalitelné, dodatečně se opět cementují.

Temperující směsi skládají se hlavně z krevel prostého síry a to jako směs čerstvého s krevelem již použitým (starým); čerstvý krevel má prudký

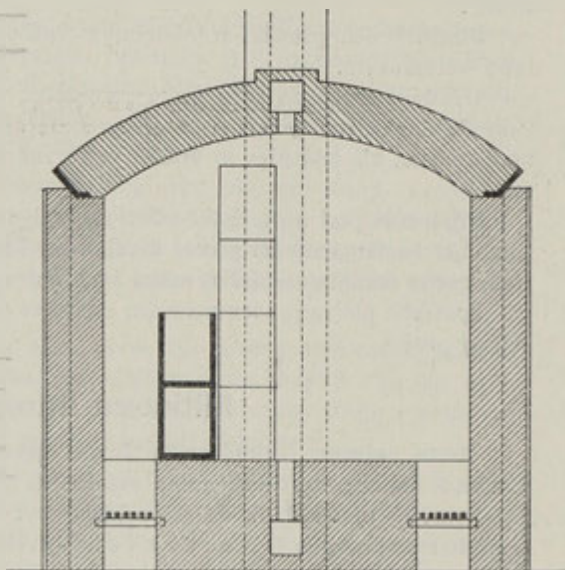


Obr. 26.

účinek oduhličující a způsobuje slitky příliš porovité, ba až děrnaté; z ostatních látek jest užíván hněděl, okuje, opal z válcoven a kyzové oharky.

Při temperování využitě rudy zhutňují se opět ve vysoké peci.

Pece temperovací jsou dvojího typu: *komorové* a *hrncové*. Podstatnou částí pece komorové (obr. 26.) jest nádoba ze zdíva šamottového obsahu asi 3 m³, která jest na všech stranách obklopena tahy. Dno komory vyloží se asi 50 mm tlustou vrstvou temperující směsi, načež se tam složí dobře od přilnutého písku očištěné slitky tak, aby na celém povrchu byly jí obklopeny a vzájemně se nedotýkaly; je-li celá komora slitky naplněna, lehce se nahoře zazdí.



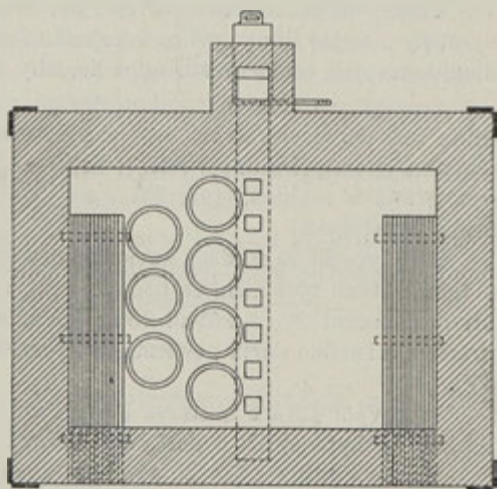
Při obvyklém uspořádání bývají dvě komory vedle sebe.

Když komory uzavřeny, rozdělá se v topeništi oheň a celá pec přivede se pozvolna do žáru jasně červeného něco přes 1000° C, ve kterém se po více dnů udržuje; doba žihání určuje se dle zkušenosti a závisí na četných okolnostech.

Po uplynutí stanovené doby dá se oheň vyjít a pec vychladnouti, což často trvá i více dnů.

Normální proces temperovací při těchto pecích, čítajíc sem jak zavážení tak i vyprazdňování, trvá od 10 do 15 dnů.

Podstatnou částí pece hrncové (obr. 27.) jsou litinové válcové nádoby ze zvláštní ohnivzdorné železné litiny, po případě ocelové, které se nazývají



Obr. 27.

hrnce; tyto nádoby ukládají se do zděné komory opatřené topeništěm v různém počtu, vedle sebe i na sebe.

Normálně užívané hrnce bývají při výšce 650 mm 450 mm ve světlosti.

Plnění hrnců provádí se obdobným způsobem, jak bylo sděleno při typu komorovém.

Uvádění hrnců do žáru jasně červeného, tak i chladnutí děje se tu v kratší době a temperovací proces probíhá rychleji než při pecích typu komorového, ale jest přes to dražší, poněvadž trvanlivost hrnců poměrně malá.

Při menší peci a drobných slitcích, jako jsou na př. klíče a součásti zámků, trvá temperovací proces v celku asi 75 až 80 hodin — asi den to trvá, než se dosáhne jasně červeného žáru, a dva dny se pec v něm udržuje.

Spotřeba paliva při temperování udává se asi na 300 kg kam. uhlí pro 100 kg slitků.

Mitisová litina.

Tímto pojmem rozumí se do forem slévané kujné železo o malém množství uhlíku, které jest dobře svařitelné.

Svarový materiál až do roku 1885 byl považován za netavitelný; v tomto roce podařilo se N o r d e n f e l d - ovi svarový materiál po přidání hliníkového železa roztaviti a do forem slévati.

Vůdčí snahou tohoto vynálezce bylo drobné předměty, které se dříve vyráběly z kujné litiny, přímo z kujného železa slévati, čímž by drahé a dlouho trvající temperování odpadlo, aby výroba se zkrátila a zlevnila.

Teplota potřebná k tomuto slévání páčí se na 2000° C. Mitisová litina jest dobře slevatelná, asi jako červený kov, a její vlastnosti jsou obdobné oněm při kujném železe; dobře se piluje a seká, stříhaná plocha jest přímá a rovinná, tvárnost pod kladivem veliká, struktura lomu hrubě krystalická.

Slité tyče lze za studena kovati do délky, ba i užiti jako nýty. Pevnost v tahu ulitých tyčí mění se podle tavení, ale bývá průměrně 26 kg-mm² při prodloužení 5% a zúžení 18%; kováním se pevnost a houževnatost zvětšuje a snadno docílí pevnosti 40 kg-mm² při prodloužení 20% a zúžení 55%. —

Svařování kusů z mitisové litiny mezi sebou anebo s jiným kujným železem neskýtá obtíží a poskytuje zdravé svary.

Mitisová litina přichází ve třech kvalitách: svařitelná, nesvařitelná a jako ocel kalitelná; v prvních dvou druhích dobře se hodí na části strojové, silově namahavé, které jinak vyráběny jsou nákladné buď prací anebo materiálem; při druhu třetím lze ji vyráběti v různém stupni tvrdosti.

Tato výroba byla zavedena v roce 1890 ve známé strojárně tkalcovských stavů L. S c h ö n h e r r - a v Saské Kamenici.

VIII. Zkoušení materiálu.

Zkoušení materiálu jest dnes velmi důležitou kapitolou technologickou, která zasluhuje knihu samostatnou; vkládám ji v nejhlavnějších rysech mezi oddíl první a druhý. Toto zkoušení provádí se v mnohých směrech, tak po stránce chemického složení, pevnosti, kujnosti, houževnatosti, za teploty obyčejné nebo vyšší, svářitelnosti.

Nejdůležitější zkouška materiálová jest tak zv. *trhací*, kterou se určuje pevnost v tahu, a proto jest na místě všude tam, kde materiál skutečně při použití tahem namáhán; nehodí se však v těch případech, kde naskytají se rázy, které ve směru zcela jiném účinkují nežli síla v trhacím stroji.

Zkouška trhací záleží v tom, že se tyč přesně změřeného průřezu plochého či okrouhlého s označenou délkou (dnes obvykle 200 mm mezi ryskami) s příhodně sesílenými konci zapne do trhacího stroje a postupně v tahu zatěžuje, při tom se pozorují nastalé deformace.

S počátku prodlužuje se zkušební tyč pravidelně a odlehčí-li se jí, vrací se do počátečního stavu, jest *p r u ž n á*; po dosažení určitého zatížení, nevrátí se však a byla překročena mez pružnosti a nastalo ztenčování.

Při dalším ztenčování prodlužuje se nejprve ve všech průřezech stejnoměrně, později v některém průřezu rychle — materiál počíná *t é c i* — a jestli síla trhací dále účinkuje, kohese nejmenších částic materiálových v onom místě se přeruší, tyč se přetrhne, čímž dosaženo bylo meze pevnosti.

Přepočte-li se největší zatížení zkuš. tyče na 1 mm² původního průřezu, obdrží se pevnost v tahu dotyčného materiálu.

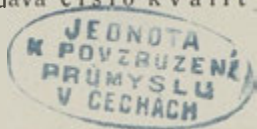
Po přesném složení obou konců roztrhnuté tyče lze určití vzdálenost mezi ryskami v okamžiku přetržení; prodloužila-li se tyč počátečné délky *L* o *l*, jest tak zv. *prodloužení* či *zdelšení* materiálu λ v %

$$\lambda = 100 \, l/L.$$

Obdobně určuje se tak zv. *zúžení* či *kontrakce* materiálu z průřezu ztenčeného a původního podle rovnice

$$C \text{ v } \% = 100 \frac{F - f}{F}.$$

Prodloužení jest mírou *houževnatosti* (*tenacity*), zúžení materiálové mírou jeho *tvrdosti*; součet pevnosti v tahu (kg-mm²) a příslušného prodloužení (v %) dává číslo kvality.

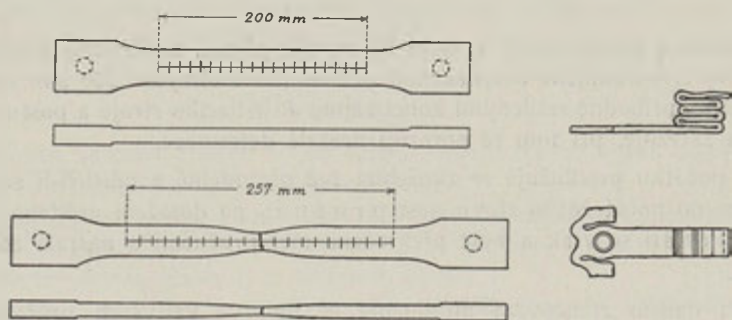


V poslední době vešlo do zvyku udávati prostě prodloužení materiálové λ a výjimečně k tomu zúžení C .)

Na obr. 28. nakreslena jest zk. tyč z měkkého materiálu Martinova úplně pro přesnou zkoušku připravená a pod ní táž po přetržení; číselné poměry byly tyto:

původní délka mezi ryskami 200 mm
 po přetržení „ „ 257 mm,
 původní průřez $F = 14 \cdot 25 \times 30 \cdot 65 = 436 \cdot 8 \text{ mm}^2$
 ztenčený „ „ $f = 7 \cdot 88 \times 18 \cdot 94 = 149 \cdot 25 \text{ mm}^2$

Mez pružnosti objevila se při zatížení 9970 kg, t. j. při $22 \cdot 82 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$, největší zatížení bylo 16730 kg, t. j. pevnost v tahu $38 \cdot 31 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$, přetržení tyče nastalo při 11170 kg.



Obr. 28.

$$\text{Prodloužení } \lambda = \frac{257}{200} \times 100 = 28 \cdot 5\%,$$

$$\text{zúžení } C = \frac{436 \cdot 8 - 149 \cdot 25}{436 \cdot 8} \times 100 = 65 \cdot 82\%.$$

*) V novější nauce o pevnosti zavádějí se ještě tyto pojmy:

Koeff. prodloužení, jako poměr l k síle na plošnou jednotku (napětí), která toto zdelšení způsobila a označuje se l/E ; vyjádřen-li v cm a kg , lze ho definovati jako prodloužení tyče 1 cm dlouhé, 1 cm^2 průřezu při napětí 1 kg v cm . Reciproká hodnota koeff. prodloužení jest *modul pružnosti*.

Pružním materiálu označuje se zbytek prodloužení způsobeného zatížením, když síla účinkovati přestala a materiál do původního stavu se více nevrací.

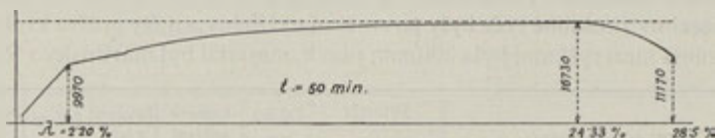
Mezi pružnosti jest hraniční napětí, až do kterého materiál při zatížení ukazuje jen nepatrné úměrné pružení, které po odlehčení úplná anebo skoro úplná mizí.

Mezi úměrností jest ona hranice, až do které prodloužení materiálu roste úměrně s napětím, mez ztenčovací leží výše a prodloužení není tam více úměrné s napětím (není pružné) nýbrž trvalé, aniž se však materiál porušuje.

B a c h neuznává žádnou mez pružnosti, nýbrž toliko mez ztenčovací, kde prodloužení materiálu po nastalém odlehčení objeví se jako pružné; za ní jest trvalé, které se zatížením až k lomu roste.

Na obr. 29. naznačen průběh této zkoušky graficky; prodloužení nanášena jako úsečky, příslušná zatížení jako pořadnice, doba zkoušky trvala 50 minut.

Při obvyklém způsobu trhání materiálu, kde běží toliko o stanovení pevnosti a obou konstant λ a C , počíná se s 0·8 toho zatížení, které jest



Obr. 29

rovno nejmenší pevnosti přípustné a trvá po 15 sekund; po té stupňuje se zatížení v intervalech čtvrtminutových vždy o $0\cdot5 \text{ kg-mm}^2$ a pokračuje tak dlouho, až se zk. tyč přetrhne.

Jiný číselný příklad trhacího průběhu sestaven v podobě tabulky. a týkal se velmi měkkého jemnozrnného kujného železa; zkušební tyč byla o průměru 16 mm, vzdálenost mezi ryskami 200 mm.

Celkové zatížení v kg	Prodloužení na 1000 mm v cm	Ztenčený průřez mm ²	Namáhání kg—mm ² ztenč. průřezu	Prodloužení v místě ztenč. v ‰	
400	0·10	200·97	1·99	0·01	
800	0·20	200·95	3·98	0·02	
1200	0·30	200·93	5·97	0·03	
1600	0·40	200·91	7·96	0·04	
2000	0·50	200·89	9·95	0·05	
2400	0·60	200·87	11·94	0·06	
2800	0·75	200·84	13·94	0·075	
3200	0·90	200·81	15·93	0·090	
3600	1·10	200·77	17·93	0·110	} Mez úměrnosti
4000	38·0	193·64	20·64	3·8	
4400	48·0	191·79	22·94	4·8	
4800	62·5	187·17	25·37	6·25	
5200	82·5	185·68	28·00	8·25	
5600	111·2	180·88	30·95	11·12	
6000	166·0	172·38	34·80	16·60	} počátek tečení
6100	232·5	158·36	38·51	27·00	
5900	276·0	138·92	42·47	44·00	
5700	302·5	122·71	46·41	63·00	
5500	320·0	109·45	50·25	84·00	
5300	330·0	98·52	53·79	104·00	přetržení

Pevnost v tahu byla tudíž $\frac{6100}{201} = 30\cdot3 \text{ kg-mm}^2$

prodloužení $\lambda = 33\%$
zúžení $C = 51\%$

Posléze uvádím tabulku, obsahující pevnostní údaje konstruktivního materiálu na stavbu lokomotiv, kde přejímání děje se přísně orgány těch železnic, které u strojírny objednávku učinily na základě napřed sjednaných podmínek. Údaje v tabulce obsažené nejsou žádným zvláštním výběrem, příslušné zk. tyče vzaty přímo z používaných polotovarů a zkoušeny; z toho důvodu jsou tyto hodnoty průměrné a mají pro praxi cenu.

Všechny zkušební tyče byly po zrobení vyžihány a měly průřez kruhový, vzdálenost mezi ryskami byla 200 mm; plávk. materiál byl martinský z Rešici.

Druh materiálu		Průměr		Délka po zkoušce mm	Celkové zatížení kg— mm ²	Pevnost v tahu kg— mm ²	Zúžení C v %	Prodlou- žení λ v %
		počá- tečný mm	zten- čený mm					
1.	svarový (kulaté železo)	22.4	14.4	262	14.400	36.5	58.6	31.0
	.....	22.3	18.2	245	15.600	40.0	33.3	22.5
2.	svarový paketovaný	19.8	13.2	256	11.200	36.4	55.6	28
	.....	19.8	13.6	250	11.500	37.6	52.8	25
3.	plávkový I. (bramme)	20.0	11.0	252	11.500	36.6	69.8	26
	.....	20.0	10.4	258	11.500	36.6	73.0	29
4.	plávkový II. (bramme)	20.0	11.9	248	13.500	44.6	64.6	21.5
	.....	20.0	11.5	252	11.500	43.0	69.8	24
5.	plávkový III. (bramme) ...	19.9	11.0	248	16.600	53.4	69.4	24
	.....	19.9	11.1	254	16.200	52.1	68.8	27
6.	plávkový IV. (bramme)	20.0	11.8	246	17.800	56.7	65.1	23
	.....	20.0	12.1	242	18.000	57.3	63.4	21
	Materiál I. zakalen	19.9	11.5	223	15.700	50.5	66.5	11.5
	„ II. „	20.1	14.5	218	22.500	70.9	48.0	9
	„ III. „	19.9	17.2	212	34.700	111.5	25.3	6
7.	niklová ocel (bramme)	20.1	13.8	244	20.300	64.0	58.2	22
	.....	20.1	12.8	240	20.200	63.7	59.3	20
8.	kelímková ocel (bramme) ...	20.0	12.7	237	21.000	66.9	59.7	18.5
	.....	20.0	12.7	232	20.100	64.0	63.4	16
9.	ocelová litina (kolo)	19.8	12.7	247	16.300	52.9	58.9	23.5

Materiál svarový má vždy menší pevnost než plávkový; důvod leží v tom, že jest složen z jednotlivých spolu svařených zrnků železa, mezi kterými se nalézá struska, která zmenšuje pevnost, kdežto plávkový materiál jest strusky prost.

Materiál na plechy	s v a r o v ý						p l á v k o v ý	
	ohňové		lemované		plášťové		ohňové	plášťové
	podél	popříč	podél	popříč	podél	popříč	—	—
Pevnost v tahu kg-mm ²	36	34	35	33	33	30	34 až 40	36 až 42
Prodloužení λ v %	18	12	12	8	7	5	25	22

Tento vliv dobře jest vystižen v p ř e d p i s e c h pro kotlové plechy z roku 1901 na předcházející stránce.

Vliv množství uhlíku na pevnostní vlastnosti zkušněného železa objasňují pokusy K e r p e l e y - o v y, konané v huti Terrenoireské s váleným materiálem Martinovým, jichž výsledky sestaveny v tabulce.

Materiál obsahoval					Pevnost v tahu kg-mm ²	Mez pružnosti kg-mm ²	Prodlou- žení λ %
C	Mn	P	Si	Si			
%							
0·15	0·21	0·04	sledy	sledy	36·4	18·2	32·3
0·49	0·20	0·07			48·0	23·0	24·8
0·71	0·26	0·06			68·2	30·8	10·0
0·88	0·25	0·06			73·2	32·8	8·4
1·05	0·25	0·06			86·0	39·5	5·2

Každým mech. zpracováním pevnost železa roste a dále-li se za teploty nízké, ubývá houževnatosti, při práci za tepla přibývá jen málo na pevnosti; železo zpracované za teploty nízké lze novým ohřevem pozměniti v houževnatější a proto se zkuš. tyče vždy před trháním žihají.

Kalením rovněž roste pevnost na útraty houževnatosti; ocele bohatější uhlíkem mimo to ještě znatelně tvrdnou; zde uvedeny jsou výsledky pokusů A k e r m a n - o v ý c h, jež byly konány v T e r r e n o i r e roku 1899 s materiálem Martinovým.

	Obsahoval		Pevnost v tahu kg-mm ²	Mez pružnosti kg-mm ²	Prodlou- žení λ %	Zúžení C %
	C %	Mn %				
Materiál nekalený	0·15	0·21	36·4	18·2	32·3	65·7
„ kalený v oleji			46·8	31·4	23·7	66·1
„ kalený ve vodě ..			50·4	33·1	18·2	71·2
Materiál nekalený	0·49	0·20	48·0	23·0	24·8	40·3
„ kalený v oleji			71·0	46·4	12·5	26·8
„ kalený ve vodě ..			78·2	49·3	7·0	35·6
Materiál nekalený	1·05	0·24	86·0	39·5	5·2	4·5
„ kalený v oleji			130·8	92·6	1·0	2·0
„ kalený ve vodě ..			roztřhal se na kusy.			

T v a r e b n o s t í (duktilitou) materiálu rozumíme jeho schopnost ve stavu neroztaveném trvalé změny tvarové na sebe přijímati; jest to vlastnost příbuzná houževnatosti, která se měří materiálovým

prodloužením. Má-li býti materiál tvarebný, musí míti určité prodloužení, a poněvadž trvalá deformace jest jediné možná po překročení meze pružnosti, bude tvarebnost tím vyvinutější, čím dále leží mez pružnosti od přetržení materiálu.

Čím nižší jest mez pružnosti a čím menší kladou odpor nejmenší částice materiálů při jich přemísťování, když mez pružnosti překročena byla, tím tvarebnější jest materiál.

Čím větší jest při tom pevnost materiálu v tahu, tím menší pravděpodobnost, že při dotýcném přemísťování částic se přetrhne a proto o d l e h l o s t meze pružnosti od meze pevnosti jest rovněž m í r o u tvarebnosti.

Tvarebnost materiálu *za studena* zkouší se ohýbáním a napřimováním; při železe kulatém nebo plochém pod 25 mm tloušťky ohýbá se přímo, při větších průřezích vykovou se kusy do plocha v tloušťce 25 mm a vyžihají se za žáru třeshňové červeného.

Zkouška provádí se tím, že se zkušební tyč položí na dvě podpěry, ve středu jejím založí příložkové kladivo (sedlík) se zaobleným nosem a naň přitlouká slabými rázy tak dlouho, až obě takto vzniklá ramena pod určitým úhlem budou sevřena; když se to stalo, poznovu se ramena ohýbáním o 180° napřimují a nesmí nastati lom, ani zjevití se v místě nejvíce namáhaném trhlinky; přechodníkový poloměr jest v souvislosti s tloušťkou železa *d*.

V tomto smyslu sestavena jest tabulka vyňatá z materiálových předpisů železnice *Paris - Lyon - Méditerranée* pro kujný materiál železný na stavbu lokomotiv; rozeznávají čtverý druh, kategorie první jest železo nejjemnějších, kategorie čtvrtá nejhorších vlastností.

Železo kategorie	Pevnost Δ tahu <i>kg-mm²</i>		Prodloužení λ v %		Nejmenší úhel ohybu ve stupních	Přechod- níkový poloměr ramen	Úhel napřímění ve stupních
	nejmenší	průměrná	nejmenší	průměrné			
1	35	38	22	25	30	1 <i>d</i>	180
2	34	37	20	23	60	1 <i>d</i>	180
3	32	35	15	18	90	1.5 <i>d</i>	180
4	30	33	10	12	120	3 <i>d</i>	180

Tvarebnost materiálu *za tepla* určuje se:

1. z k o u š k o u h á k o v o u.

Konec zkušební tyče vykově se na délku 200 mm do kulata na tloušťku 22 mm a takto připravený konec zahřeje až do žáru bílého a zahne asi 100 mm od kraje o 90° pokud možno ostře, poté se napřímí a ohne ve stranu opačnou, což se při jediném ohřevu opakuje tak dlouho, dokud to jde.

Je-li materiál dobrý, tu při

kategorii	1	2	3	4	smí rozpojení nastati teprve po napřímeních.
	10	8	6	4	

2. z k o u š k o u d ě r o v o u.

Do ploché tyče při jediném ohřevu udělají se kuželovitým průbojníkem dvě díry od sebe v železe 10 mm vzdálené, jich průměr roven jest 0·75 šířky zkuš. tyče pro kat. 1 a 2, 0·5 šířky pro kat. 3 a 4.

Kulatý materiál zkouší se podobně, jen že se před tím vykove do plocha na tloušťku rovnou 0·33 původního průměru železa.

Těmito děrami nesmí se materiál ani rozštípnouti, ani obdržeti trhlinky, jestli druhá díra byla ještě za jasně červená dokončena.

3. z k o u š k o u p ř e h ý b a c í.

Hranaté nebo ploché železo rozsekne se ve stavu do běla zahřátém po jednom konci na délku asi 100 mm a při tomže ohřevu ihned takto povstalé dva díly přehnou, až se dotýkají původního kusu (kat. 1, 2 a 3) anebo jen ohnou o 90° (kat. 4) a nesmí se při této práci rozseknutá plocha dále prodlužovati.

Při železech kat. 1, 2 a 3 s tloušťkou pod 22 mm při kulatých i plochých pod 60 mm šířky, doplňuje se zkouška ještě takto: vykove se podle potřeby zkoušené železo na tloušťku asi 10 mm, ohřeje do běla na délku 250 až 300 mm od konce a ihned několikrát přes sebe ohne, aby vznikl špalíček a dalo se posouditi, jak se chová za různých teplot, počínaje žarem jasně červeným.

Při tomto přehýbání nesmí se na ohbích zjevit ani rysky ani trhlinky a počet ohbů má býti při materiále kat. 1, 2, 3 5, 4 a 3.

Na obr. 28. v pravo nalézá se náčrtek složitější průby za tepla provedené na svarovém železe plochem tloušťky 5 mm a šířky 25 mm, která plně vyhověla.

S v á ř í t e l n o s t í rozumí se schopnost železa, aby dva kusy zahřáté na teplotu, která jest o něco nižší než teplota tavení, pod tlakem se zcelily. Svářecí zkouškou má se určit velikost této schopnosti a dále zjistiti, zdali struktura při oné teplotě podstatně se nezměnila.

Zkouška svářecí provede se tím, že se zkuš. tyč přesečne a oba kusy za dodržení všech obecně platných pravidel svaří, poté trháním jako tyče celistvé přezkouší; této zkoušce často předchází zkouška srážením materiálu.

Zkušenost ukázala, že při správně provedeném (zdravém) svaru tyč svařená má tutéž pevnost v tahu jako nesvařená a že prodloužení materiálové jest o něco málo menší; proto v příslušných předpisech, vzhledem k malým nedokonalostem při práci, povolují se 5% rozdíly pevnosti v tahu a v prodloužení dotyčného materiálu.

Posavadní zkoušky týkaly se materiálu zkujněného a nyní několik slov o zkoušení železné litiny.

Přes to, že vliv jednotlivých přímíšenin, nalézajících se v slevacím železe, poměrně dobře známe, neznáme přece příčin, proč železná litina stejného chem. složení někdy vykazuje různé pevnosti v tahu; z toho důvodu v příslušných předpisech vyskytá se obyčejně jen pevnost v ohybu a dále pevnost dutých slitků proti vnitřnímu tlaku.

Příslušné zkušební metody nejsou při tomto materiálu tak důkladně propracovány, jako při předcházejícím.

Aby zjištěna byla pevnost v tahu, houževnatost a pružnost, zkouší se *trháním*, na pevnost v ohybu *lámáním* a posléze *úder*y.

Zkušební tyče slévají se současně s těmi slitky k nimž se zkoušky vztahují, do forem dobře vysušených, pokud možno nedělených, na stojato s příhodnými tlakovými hlavami a užijí se ve stavu surovém prostě kartáčem očištěné.

Průřez tyčí bývá buď kulatý anebo hranatý, průřez různě velký jakož i srovnávací délka.

Na tomto místě uvádím zkoušky francouzského původu, v oddílu třetím proberu zkoušky německé.

1. Z k o u š k a t r h a c í.

Zkušební tyče jsou hranaté a mají ve straně 25 mm, při minimálně srovnávací délce 200 mm. Při zkoušce určuje se jen pevnost v tahu. Zatížení při kterém se zkuš. tyč z obyčejné dobré litiny má přetrhnouti, ležívá mezi 13 a 14 kg-mm²; druhováním různých želez slevacích lze však obdržeti až 22 kg-mm² (válce pro velké plynové motory.)

2. Z k o u š k a o h ý b a c í.

Zkuš. tyče bývají tu většího průřezu, na př. čtverec ve straně 80 mm, po případě poloviční 40 mm.

Velmi jednoduchý přístroj ke zkoušení jest M o n g e - ův, kde zkušební tyč leží na ocelové podložce, po jedné straně na kratším rameni jest protitlak pocházející od zatěžování zachycen opěrou a tyč zkuš. zatěžuje se, jako jednoramenná páka.

V jednom z materiálových předpisů zněla přejímací podmínka: Hranatá tyč ve straně 80 mm má snést ohyb, který jest vyvolán vahou 960 kg účinkující na rameni 2000 mm, měřeno od nejbližší podpěry; v této váze zahrnuty jsou i redukované váhy všech částí na vzdálenost 2000 mm.

Tato zkouška doplňuje se ve zvláštních případech druhou podobnou, kde však zkuš. tyč má toliko 40 mm ve straně a musí snést ohyb způsobený vahou 160 kg ve vzdálenosti 1500 mm.

Při dobré železné litině (obyčejné) bývá pevnost v ohybu asi 25 kg-mm².

3. Zkouška úderová.

Zkuš. hranatá tyč ve straně 40 mm mající, délky 200 mm, uložená vodorovně na dvě ostří od sebe 160 mm vzdálená, musí snést bez porušení souvislosti materiálové náraz vedeného beranu váhy 12 kg, dopadajícího na ni ve stejných vzdálenostech od obou podpor s výšky 400 mm.

Základní deska, v níž břitové podpěry jsou uloženy, musí býti nejméně váhy 800 kg těžká.

Na závěrek této kapitoly, která jest toliko uvedením do zkoušek materiálových, uvádím přehled všech zkoušek dnes užívaných; o zkoušení tvrdosti kovového materiálu viz oddíl druhý.

I. Zkoušky na oddělených kusech

(zkušebních tyčích).

a) Za studena :

1. zkouška ohýbáním,
2. „ děrováním,
3. „ lámáním,
4. „ trháním,
5. „ zkrucováním.

b) Za tepla :

1. zkoušky ohýbáním,
2. zkouška děrováním,
3. „ roztepáváním
4. „ srážením,
5. „ svářením.

Směrodatné jsou zkoušky za tepla.

II. Zkoušky na nedělených tvarech.

Za studena :

1. zkouška na vnější vzhled
2. „ úderová,
3. „ ohýbací,
4. „ vodním tlakem.

Obširnější obecně platné předpisy, týkající se přejímání tovarů polovičních i celých válených a litých, budou sděleny na příslušných místech oddílu třetího a čtvrtého.

Pro sdělování návrhů a příslušných výpočtů uvádím tabulku, obsahující průměrné hodnoty pevnosti v tahu, tlaku, ohybu a střihu pro nejdůležitější druhy železa v průmyslu se vyskytujícího.



Druh materiálu	Pevnost v			
	tahu	tlaku	ohybu	stříhu
	kg — mm ²			
Kujné železo a ocel				
Svarový materiál obyčejný	36	Obecně vzato větší než v tahu	Obecně vzato větší než v tahu	33
„ „ jemnozrný	38			35
Plávkový materiál svářitelný (k. železo) ...	až 40			37
„ „ nesvářitelný (ocel)	až 50			40
Kolejnice	66			—
Ocel kalitelná	90			—
Ocel nástrojová	100			—
Fagonová ocelová litina				
Tažná kujná litina	37	37	37	—
Drobné slitky z oceli kelímkové	40	60	50	—
Zvony a vyhybková srdce	70	105	88	—
Měkká houževnatá ocelová litina	36	36	36	—
Železná litina				
I. Poterie a jemná litina obyč. druhování.	10	60	25	12
II. Strojová a stavební litina obyč. druhov.				
hrubozrná	10	55	20	12
jemnozrná	14	70	25	17
III. Speciální železná litina druhovaná				
na měkko	16	80	28	19
na tvrdo k utáčení	18	85	30	21
„ „ se železem vytav. dřev. uhlím	20	90	35	24
IV. Železná litina na válce pro válcovny				
měkká	17	80	30	—
tvrdá	25	90	37	—
V. Chlazená litina	25	100	39	—
VI. Hematitová litina nedruhovaná				
hrubozrná	10	50	25	12
jemnozrná	14	78	35	18

Francouzská klasifikace plávkového materiálu.

(Podle Deshayes - a.)

Stupnice tvrdosti	Stupeň kalitelnosti	Pevnost v tahu v kg na mm ²	Prodloužení v % při 100 mm	Množství C v %	Užívá se na
1. Zvláště tvrdý	zvláště kalitelný	80—100	9—5	0·65—0·80	jenné zpružiny, střední pilníky, strouže, pily, různé sekače.
2. Velmi tvrdý	velmi dobře kal.	75—80	12—9	0·60—0·50	kolejnice, spec. tyry, pera pro lokomotivy, wagony, a vozy, součásti strojové s třením klouzavým.
3. Tvrdý	dobře kalitelný	70—75	15—12	0·50—0·45	vřetena přádelnických strojů, kladiva, hrubé pilníky.
4. Tvrdý	kalitelný	65—70	18—15	0·45—0·35	tvrdé dráty, radlice, nožiské výrobky, kamenické nástroje, lopaty a rýče.
5. Polotvrdý	kalitelný	60—65	20—18	0·35—0·30	kolejnice a jich spojky, nákolky a nápravy pro lokomotivy a wagony.
6. Měkký	málo kalitelný	55—60	22—20	0·30—0·25	strojové součásti namáhané ohybem a kroucením, radlice na velké pluhy.
7. Měkký	nekalitelný	50—55	24—22	0·25—0·20	ráfy pro kola různých vozů, součásti na zbraně.
8. Velmi měkký	nekalitelný	45—50	26—24	0·20—0·15	plechy a uhlíky pro lodě a mosty, jemné plechy, kolejnicové pražce.
9. Zvláště měkký	kalením nabý- vali struktury vláknité	40—45	28—26	0·15—0·10	šrouby, svorníky, drátový materiál, hřeby, skoby, materiál ku prošťhování a lisování.
10. Nejměkčí		35—40	32—28	0·10—0·05	Nabrazuje švédské železo kujné.

IX. Stať národohospodářská.

Výroba železa jednotlivých zemí závisí jednak na jich bohatství železných rud a uhlí, jednak na jich dozravních poměrech po suchu i po vodě; na vysokém stupni je tam, kde rudy a uhlí pohromadě se naskytají, není-li tomu tak, dovážejí se zpravidla rudy do míst uhelných ložisek.

V roce 1850 vyrobilo se 4401.415 *t* sur. železa na světě vůbec, z toho připadlo něco přes polovinu, 2,300.000 *t* jedině na Velkou Británii. Žádná druhá země nepracuje v tak příznivých poměrech jako Anglie; rozsáhlá ložiska uhelná a rudná, snadný a laciný dovoz cizích surovin, příhodná poloha vzhledem k odbytu vyrobeného železa ve spojení s politickou a hospodářskou silou státu založily primát ostrovní říše na světovém trhu; Anglie byla prvním státem průmyslovým.

V roce 1903 zúčastnila se však Anglie toliko 19·5% na celkové světové výrobě železa; předstižena byla Spoj. státy sev. americkými a Německem, tím ztratila na světovém trhu svůj vliv a odstoupila zároveň z prvního místa mezi státy průmyslovými.

V následujících tabulkách sestavena světová výroba technického železa od let padesátých a doplněna detailní statistikou pro rok 1903.

I. Surové železo.

V roce	vyrobena bylo <i>t</i>	Přírůstek v <i>t</i>	%
1850	4,401.000		
1855	6,150.000	1,749.000	40
1860	7,400.000	1,250.000	20
1865	9,250.000	1,850.000	25
1870	11,900.000	2,650.000	29
1875	13,675.000	1,775.000	15
1880	17,950.000	4,275.000	31
1885	19,100.000	1,150.000	6
1890	27,150.000	8,057.000	42
1895	28,871.000	1,714.000	6
1900	40,088.000	11,217.000	39
1901	40,250 000	162.000	0·4
1902	43,669.000	3,419.000	8
1903	46,725.000	3,056.000	6·6

Nápadné jest ohromné stoupnutí výroby sur. železa v periodách 1885—90 a 1895—1900 a do tohoto času právě připadá neobyčejný rozmach železářského průmyslu v Americe a Německu.*)

*) Při všech dalších údajích statistických rozumějí se vždy *metrické tuny* = 1000 *kg*.

V období 1850—1903 se výroba sur. železa zdesateronásobnila. Rokem 1903 nastaly změny, v Německu vyfoukáno 10,085.634 *t* proti 8,952.183 *t* v Anglii; v Americe přestalo rychlé stoupání ve výrobě, v roce 1903 vyrobeno jen o 190.000 *t* více než v roce předchozím, takže nedostižena ani součetná výroba Německa a Anglie, jak tomu bývalo v letech dřívějších.

V roce 1903 vyrobeno bylo v zemích	<i>t</i>	‰
Spojené státy sev. americké	18,297.400	39·13
Německo s Lucemburskem	10,085.634	21·57
Velká Britannie	8,952.183	19·14
Francie	2,897.668	6·05
Rusko s Finskem	2,453.953	5·25
Rakousko-Uhersko	1,425.363	3·14
Belgie	1,216.000	2·60
Švédsko	506.825	1·08
Španěly	380.284	0·81
Kanada	269.665	0·58
Italie	90.744	0·19
Ostatní země	214.271	0·46
Dohromady	46,720.491	100·00

II. Zkujněný materiál

(svarový a plávkový).

V roce	vyrobena bylo <i>t</i>	Přírůstek v ‰
1850	85.000	
1855	120.000	41
1860	200.000	66
1865	350.000	75
1870	700.000	100
1875	2,000.000	186
1880	4,274.000	113
1885	6,147.000	44
1890	12,231.000	99
1895	16,442.000	34
1900	27,131.000	65
1903	35,829.000	32

V roce 1903 vyrobeno bylo v zemích	<i>t</i>	%
Spojené státy sev. americké	14,767.538	41·17
Německo s Lucemburskem	8,801.515	24·54
Velká Britannie	5,216.246	15·54
Rusko s Finskem	2,118.971	5·91
Francie	1,905.000	5·31
Rakousko-Uhersko	1,146.000	3·31
Belgie	981.740	2·74
Švédsko	318.897	0·89
Španěly	199.642	0·55
Kanada	184.418	0·51
Italie	154.131	0·43
Ostatní země	35.334	0·10
Dohromady	35,829.432	100·00

I při materiálu zkujněném Anglie postupem let ustupovala; v roce 1850 zúčastnila se světové výroby 47·1%, Německo vyrábělo tenkrát jen 11·8% a Spoj. státy v Americe docela jen 2·3%.

Kdežto výroba až do 1903 v Anglii se zvětšila 129krát, stoupla v Německu na hodnotu 880násobnou a v Americe na 1500násobnou; nejvýdatnější byly opět periody 1885—90 a 1895—1900.

Výroba zkujněného materiálu 1850—1903 se sečtyřicetnásobila.

Pokud běží o účast jednotlivých zemí, objevuje se podobný obraz jako při sur. železe, v popředí stojí Státy sev. americké, pak Německo a Anglie, takže již tyto tři státy kryjí 80% světové výroby; příslušný podíl Německa jest při zkujněném materiálu větší než při železe surovém, v Anglii opačně větší při surovém než při zkujněném.

Výroba zkujněného materiálu na Rusi zaujímá čtvrté místo, ačkoli co do sur. železa stojí až za Francií.

Aby obraz byl ucelen, nutno uvést ještě statistiku hlavních surovin, totiž železných rud a uhlí; pokud běží o rudy, byla jich těžba tato:

V roce 1895 bylo vytěženo v tun a činilo z těžby světové %

Americe	16,243.808	28·56
Anglii	12,817.861	22·5
Německu	12,349.599	22·5
Španělích	5,514.339	11·8
Švédsku	1,904.662	4·0

V roce	bylo vytěženo rud v zemích	t	%
1903	Spojené státy sev. americké	35,579.617	34·89
1903	Německo s Lucemburskem	21,230.639	20·82
1903	Anglie	13,935.095	13·67
1903	Španěly	8,478.600	8·32
1902	Rusko s Finskem	5,648.227	5·55
1902	Francie	5,003.782	4·91
1903	Švédsko	3,677.841	3·61
1902	Rakousko-Uhersko	3,329.128	3·26
1902	Nový Fundland	740.381	0·73
1903	Kuba	634.856	0·2
1902	Řecko	546.409	0·54
1902	Alžír	525.012	0·51
1903	Italie	374.790	0·3
1902	Kanada	366.488	0·3
1902	Belgie	166.480	0·1
1902	Australie	118.866	0·12
1902	Indie	85.599	0·08
1901	Japan	70.172	0·07
1902	Nový jižní Wales	13.772	1·01
1903	Ostatní země	1,439.060	1·41

Byla tudíž úhrnná těžba rud v r. 1903 asi 102 mil. tun a těžba kamen-
ného a hnědého uhlí asi 880 mil. tun, jež byla rozdělena na jednotlivé
země takto:

V roce	bylo vytěženo uhlí v zemích	t	%
1903	Spojené státy sev. americké	324,173.920	36·85
1903	Velká Britannie	234,019.819	26·0
1903	Německo s Lucemburskem	1 2,312.074	18·45
1902	Rakousko-Uhersko	39,904.313	4·53
1903	Francie	35,002.992	4·00
1903	Belgie	23,870.820	2·71
1902	Rusko s Finskem	15,508.924	1·76
1901	Japan	8,945.938	1·02
1903	Indie	7,600.278	0·86
1903	Kanada	7,254.090	0·82
1903	Nový jižní Wales	6,456.524	0·73
1903	Španěly	2,798.113	0·32
1903	Transvaal	2,294.413	0·26
1902	Nový Seland	1,384.505	0·16
1902	Australie	931.105	0·11
1903	Natal	724.965	0·08
1902	Italie	413.810	0·05
1903	Švédsko	320.390	0·03
1902	Řecko	8.546	—
1902	Alžír	285	—
1903	Ostatní země	5,875.358	0·66

Srovná-li se těžba roku 1903 s těžbou v roce 1883 (periodě 20leté), tu stoupla nejvíce

v J a p a n u, a to ze 1,019.048 *t* na 8,945.938 *t*, t. j. o 800%,
v R u s k u ze 3,964.000 *t* na 15,508.924 *t*, t. j. o 400%,
v A m e r i c e o 200%, v N ě m e c k u o 100% a v A n g l i i jen o 50%.

Nejmenší přibývání jeví se v B e l g i i, kde těžba v onom období stoupla jen o 30% a následkem velkých hloubek, ze kterých se uhlí těží, (přes 1000 *m*) a mnoho již stoupati nebude.

Dle různých šetření jeví se evropské zásoby kamenného uhlí v jednotlivých zemích asi takto:

	Z á s o b a miliardy tun	T ě ž b a 1903 milliony tun
Německo.....	415	116
Britannie	193	234
Francie	19	34
Belgie	20	24
Rakousko-Uhersko	17	13
Rusko	40	17
Dohromady	704	438

Největší uhelné zásoby má Německo v pánvi r u h r s k é, kde na ploše 2900 *km*² dle šetření S c h u l z e z roku 1900 nalézá se až do

hloubky 700 <i>m</i>	11·0 miliard <i>t</i>
v hloubce 700—1000 <i>m</i>	18·3 „ <i>t</i>
v hloubce 1000—1500 <i>m</i>	25·0 „ <i>t</i>
dohromady	54·3 miliard <i>t</i>

což vystačí při roční těžbě 100 millionů tun na 543 let; avšak i u větší hloubce než 1500 *m*, jež hornicky dostupnou, nalézá se dalších 75 *milliard*.

N ě m e c k é uhlí kamenné dá se výborně kokovati, což má pro hutnictví ohromný dosah a výroba koku tvoří tamže velmi důležitý a výnosný průmysl; r u h r s k ý kok se daleko vyváží.

V roce 1903 bylo ho celkem vyrobeno 9,928.669 *t*, z toho zůstalo doma v P o r ý n s k o - W e s t f á l s k u 39·0%, vyvezlo se do E l s a s - L o t r i n s k a 21·2% a do cizích zemí 24·5%; do R a k o u s k a a I t a l i e 2·0%.

Hornoslezského koku dovezeno do Čech v roce 1904 454 *t* a do ostatních zemí naší říše 20870 *t*.



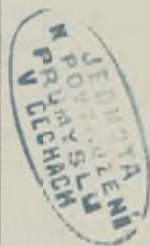
Význam průmyslu železářského pro národohospodářství získá se průměrnou číslicí, jaká připadá na jednu hlavu v kg železa vyrobeného a spotřebovaného; k tomu slouží tyto dvě tabulky:

pro výrobu

	Počet obyvatel	Počet kg železa	
		surového	zkujněného
		na hlavu	
Spojené státy sev. americké	80,047.000	228·7	184·6
Německo s Lucemburskem	58,549.000	172·3	150·3
Velká Británie	41,961.000	213·3	124·3
Belgie	6,694.000	181·7	146·7
Francie	38,962.000	72·6	48·9
Rusko s Finskem	141,000.000	17·4	15·0
Rakousko-Uhersko	45,405.000	32·4	26·2
Švédsko	5,199.000	97·5	61·3
Španěly	18,618.000	20·4	10·7
Kanada	5,457.000	49·4	33·8
Itálie	32,475.000	2·8	5·1
Ostatní země	1.034,767.000	0·2	0·3
	1.509,134.000	31·0	23·8

pro pět hlavních zemí jevila se *spotřeba* sur. železa v období 1893—1903 na hlavu takto:

	Spoj. státy	Británie	Německo	Belgie	Francie
1894	99·0	—	73·9	63·1	44·1
1895	134·9	119·7	71·9	64·0	49·0
1896	118·3	116·4	90·1	79·1	55·7
1897	137·0	115·8	104·1	96·6	60·8
1898	164·8	130·1	105·8	81·1	60·4
1899	186·6	133·3	128·4	92·1	56·1
1900	159·7	132·6	131·7	93·6	69·3
1901	196·0	125·2	90·3	123·0	57·8
1902	235·3	137·2	76·6	143·9	56·6
1903	238·4	163·7	98·1	149·4	61·5



Ohromná číslice u Spoj. států sev. amerických má původ v jich velmi rozvětvené železniční síti a ohromné rozloze.

V naší říši byl pro rok 1907 vyšetřen konsum železa, vypadající na jednu hlavu v části rakouské na 50, uherské 25 kg.

Měřítko pro průmyslovou mocnost některé země tvoří však méně výroba železa, než těžba a spotřeba nerostného paliva, a tu pro rok 1906 byly poměry tyto:

<i>Těžba ve</i>	<i>v t</i>
Spojených státech sev. amerických	375,500.000
Německu (k a m. uhlí 137,100.000 t, hnědé ho 56,400.000 t) ..	193,500.000
Britanii	255,000.000
Francii	34,300.000
Rusku	19,600.000
Rakousku (k a m. uhlí 13,500.000 t, hnědé ho 24,200.000 t)...	37,700.000
Belgii	23,600.000

Železářský průmysl říše Rakousko-uherské.

Naše říše jest bohatá železnými rudami a její železářský průmysl lze rozdělit do tří skupin, a to: skupinu štyrsko u, zahrnující země alpské, sudecko u, v níž jsou Čechy, Morava a Slezsko, Karpatisko u s Uherskem, Sedmihradskem a nyní též Bosnou.

Nejbohatšími ložisky jsou štyrský Erzberg (mezi Eisenerzem a Vordernbergem) a korutanský Hüttenberg, jež přechovávají siderity nejlepší jakosti; množství rud Erzbergu odhaduje se na 125 až 150 millionů tun.

Tyto rudy zhutňovaly se až do nedávna výhradně dřevěným uhlím, a proto byla výroba sur. železa do jisté míry omezena racionálním lesním hospodářstvím; v poslední době, kdy štyrské železářství bylo zcentralisováno rakouskou alpskou montanní společností, počínají se stavěti velké vysoké pece s provozem kokovým.

Další bohatá rudná ložiska mají Čechy v kraji Berounském, z nichž nejznámější jsou Nučice, Krušná hora u Hudlic, Zdice, poznovu se počíná hledati v okrese Rokycanském, kde bývalo železářství zdomácnělé.

Podíl Štyrska na rudné těžbě v Rakousku jest asi 57%, Čech 40%; štyrské rudy se vyvážejí.

V Uhrách hlavní rudou železnou jsou siderity, limonity; v oblasti Temeše a Karasu v Banátě nalézáme magnetity, které se vytavují v Rešici; bosenské rudy jsou výborné hematity.

Celková rudná těžba v naší říši, čítajíc sem i Bosnu, obnášela v roce 1903 3,269.000 t; na polovinu rakouskou připadlo 52·5%, uherskou 44%, Bosnu 3·5%. V témže roce bylo z ciziny dovezeno 531.595 t rud do poloviny rakouské, a to: z poloviny uherské 328.608 ze Švédska, 129.742 a z Bosny 27.742 t; z ostatních zemí evropských jen malá množství.

Pokud jde o vývoz, týkal se skoro výhradně Německa a obnášel 252.000 t.

Naše železářství trpí nedostatkem příhodného koku; v Čechách i alpských zemích jsou sice poblíž rudných ložisek i uhelné doly, schází nám však příhodný kok, který jest dovážeti z dolů ostravských, pruskoslezských, ba i westfálských. Železářny vítkovické mají sice příhodný kok doma, ale opět scházejí jim rudy, které dovážejí z Uher a ze Švédska.

Bosna má hojnost rud, ale postrádá vůbec paliva, jak uhlí kamenného, tak i hnědého.

V naší říši nemáme nikde rudy i kok pohromadě, což základní podmínkou pro lacinou výrobu železa (viz str. 44.), a to vedlo již v letech dávno uplynulých k slučování menších míst výrobních v zájmové celky, které mohly zaváděti racionelné procesy výrobné a vedly k zřízení cel ochranných.

V Čechách máme vysoké pece na Kladně (společnost pražsko-železářská), v Králově Dvoře (česká montanní společnost) a v Komárově (soukromý majetek); na Moravě ve Vítkovicích u Ostravy (Vítkovické horní a železářské těžařstvo). V Uhrách jsou největší závody v Rešici a Anině, majetek to společnosti rakousko-uherské státní dráhy.

Výroba sur. železa v říši Rakousko-Uherské včetně Bosny zvýšila se v období 1894—1903 o 32%; v roce 1903 byla pak o 3·4% menší než v roce předcházejícím. Rozdělení této výroby na obě poloviny říše obsaženo v tabulce.

	Sur. železo		Součet v t	‰
	slevací t	zkujňovací t		
V roce 1894	140.143	932.213	1,075.762	
„ 1903	194.925	1,230.438	1,425.363	100
Rakousko	162.199	808.633	970.832	68·1
Uhersko	18.875	395.940	414.815	29·1
Bosna	13.851	25.865	39.716	2·8

Největšího rozšíření doznalo železářství v zemích sudetských, jež poskytují skoro $\frac{2}{3}$ celkové výroby rakouské; přes to však jest podíl Štýrska o něco málo větší než Čech, jak vysvítá z celkového přehledu výroby železa jednotlivých korunních zemí, který byl sestaven v ‰ pro rok 1903.

Štýrsko	29·94	Korutany	0·86
Čechy	29·52	Salzburg	0·53
Morava	27·25	Halič	0·35
Slezsko	6·55	Krajina	0·09
Terst	4·85	Tyroly	0·06

Vysoké pece, založené v roce 1897 v okolí města Terstu, mají následkem příznivých poměrů dopravních po vodě výmínečné postavení.

Vývoz sur. železa obnášel v roce 1904 celkem 60.716 *t* a šlo do Německa 25.674, Italie 22.496, Anglie 6185 *t*; v témže roce oproti tomu dovezeno z Anglie 21.672 a z Německa 888 *t*.

Hlavní ložiska k a m. u h l í leží v naší říši ve směru od západu k východu a tvoří pánve u Plzně, Kladna, Žacléře, Moravské Ostravy. a Karvína, Javorzna. Nejvydatnější uhelný revír jest ostravsko-karvinský, tvořící jihozápadní výběžek pánve hornoslezské; žacléřsko-svatoňovický jest pokračováním ložisek dolnoslezských a krakovský tvoří severní křídlo pánve hornoslezské.

Pánve plzeňská a kladenská podobají se ojedinelým pánvím středního Německa a budou s nimi koncem tohoto století vyčerpány.

V jižních Uhrách jsou menší pánve u Pětikostelí a v Anině.

Na dnešní těžbě kam. uhlí zúčastňuje se Slezsko 39%, Čechy 32% a Uhry 11%.

V roce 1903 bylo v polovině rakouské vyrobeno 1,168.264 *t* koku v ceně 20 millionů korun, v polovině uherské jest ono množství nepatrné. Hlavním výrobcem koku jest Morava (54·6%) a Slezsko (42·7%); Čechy vyrábějí jen 2·7%.

V témže roce dovezlo se k nám 519.281 *t* koku v ceně 12·8 millionů korun a vyvezlo 230·395 *t* v ceně 8·8 millionu korun.

Ačkoli Rakousko nelze srovnávat s Anglií a Německem co do vydatnosti jeho ložisek kamenno-uhelných (jichž trvání se odhaduje na 800 let), má ono náhradou mocná ložiska výborného uhlí hnědého, které byť i bylo menší kvality kalorické, velmi dobře se hodí k potřebám průmyslovým (vytápění kotlů, uhlí plynové pro pece puddlovací, svařovací, martinské). Nejbohatší ložiska nalézáme na úpatí Rudohoří v Čechách, méně vydatná na alpských výběžcích do říše poblíž Köflachu, Lubna, Fohnsdorfu, Celje a j.

Kdyby se hnědé uhlí hodilo k provozu vysokých pecí, byla by výroba sur. železa štyrského na zcela jiném stupni než na jakém ji máme.



Statistika výroby materiálu zkujněného pro rok 1903.

Pokud běží o rozsah výroby a její rozdělení na jednotlivé druhy materiálu zkujněného, uvedena zde statistika říše Německé, kde železářství se nalézá na nejvyšším stupni dokonalosti.

	Množství v m tunách	Úhrnná cena v markách
<i>I. Materiál svarový</i>		
a) surové kavalý a hole	53.158	4,297.000
b) cementová ocel	5	2.000
c) hotové výrobky	824.524	113,290.000
<i>II. Materiál plávkový</i>		
a) ingoty	490.105	36,224.000
b) brammy, platiny, hole atd.	1,921.403	152,806.000
c) hotové výrobky	5,937.702	746,243.000

Výrobky válcoven podrobně.

	Materiál svarový		Materiál plávkový	
	t	mky.	t	mky.
Kolejnice a drobný materiál.	26.989	2,819.000	1,052.977	112,742.000
Železné pražce a drobný materiál	79	13.000	271.528	28,530.000
Železníkový materiál valivý (nápravy, kola, nákolky)	3.972	855.000	144.029	30,803.000
Obchodní železo tyčové, prutové (profilové, řázonové, stavebné)	627.097	75,181.000	2,542.119	263,735.000
Plech (vyjma plech bílý)	48.877	7,723.000	944.667	133,582.000
Bílý plech	—	—	45.133	14,130.000
Drát	24.218	3,303.000	653.124	75,558.000
Trouby	61.496	14,357.000	38.033	11,797.000
Válečný materiál (děla a střely) ..	—	—	18.592	21,905.000
Ostatní druhy železa a oceli	31.786	9,039.000	227.450	53,460.000
Dohromady	824.524	113,290.000	5,937.702	746,243.000

Rozdělení výroby materiálu plávkového dle jednotlivých procesů zřejmě jest ze statistiky pro rok 1904, kde bylo vyrobeno:

	procesem				úhrnem
	kyselým		zasaditým		
	<i>t</i>	‰	<i>t</i>	‰	<i>t</i>
I. Surové ingoty					
<i>a</i>) v konvertoru	423.742	7·1	5,525.429	92·9	5,949.171
<i>b</i>) v peci Martinově .	130.546	4·6	2,697.760	95·4	2,828.306
II. Façonová ocelová litina ...	56.409	36·9	96.405	63·1	152.814
Dohromady	610.697		8,319.594		8,930.291
	6·8‰		93·2‰		100‰

Oddíl II.

Kovy technicky důležité a jich slitiny.





I. Měď.

Měď jest po železe kovem technicky nejdůležitějším, oba vyskytly se asi současně v kulturním životě člověka; Indiani, obývající krajiny kol pěti jezer severoamerických, dovedli ryzí měď u velkém množství tam jako ryzí se nalézající mechanicky zpracovati, vytavovati ji z rud však neznali.

Původ hutnického dobývání mědi z rud jest hledati ve střední Asii, odkud rozšířilo se do Egypta a Evropy; v Číně a Indii dobývána byla měď již v dobách předhistorických.

Herodot píše, že v pohoří Altajském Čudové dobře se vyznali ve zpracování mědi a robili z ní zbroj, nástroje, nádoby i ozdoby a že znali tvrdý bronz; za doby Homerovy byla měď častější nežli bronz.

Ve starověku hlavním nalezištěm měděných rud byl ostrov Cyp^r*), kde poblíž Tamassu bývala bohatá rudná ložiska; nejstarší měděné huti byly na ostrově Euboa v rukou Foiničanů; odtud pocházela veškerá měď Řeků a Římanů.

Později za doby římské světovlády byly v provozu doly v Armenii, Bythinii, Germanii, Britannii; stěhováním národů celý tento průmysl hornický a hutnický zanikl a teprve ve středověku znovu se započal.

Agricola, dříve při historii železa vzpomenutý, popisuje ve svém díle o kovech tehdejší způsob dobývání mědi jak ve výhních, tak i pecech šachtových.

Měď nalézá se v přírodě poměrně často, a to buď ryzí anebo v rudách, které bývají kyslíkaté nebo složitější.

Nejbohatější naleziště ryzí mědi nalézáme v sev. Americe v okolí jezera hořejšího, kde byly ojediněle odkryty balvany až 50 tun vážící; další ložiska jsou v Americe jižní (Peru, Bolivie, Chile), v Evropě na Urale.

Přírozená měď je zerní jest nejčistší, nejlepších vlastností a první jakosti.

Hutnické dobývání mědi z rud kyslíkatých podobá se dobývání sur. železa, rudy redukují se v ohni uhlíkem za přidání struskotvorných přísad.

Kdežto při železe stačila k vyrobení vlku (dejlů) teplota 700 až 800° C, aby se získalo z rud houbovitě železo, jež se kováním a svářením zbavilo

*) Odzud nazývána byla měď ve starověku a e s c y p r i u m, z čehož později povstal název c u p r u m.

látek minerálních a přeměnilo v kujné železo, jest při mědi potřeba 1100 až 1200° C, a proto jest pravděpodobné, že člověk dobývajíc měď měl již způsoby vyvození tak vysoké teploty za sebou a výrobu železa znal.

Redukování mědi z ostatních rud jest složitější, mění se v jednotlivých hutích a spadá do speciální metallurgie; užívá se buď processů za sucha nebo mokra. kde měď v rudách obsažená převede se v roztoky.

První výrobek při způsobu prvním jest tak zv. měď surová či černá ve značné míře znečištěná, z ní dobývá se převažováním měď *spělá* v podobě rosett nebo malých ingotů; převažování jest tavení mědi v proudu vzduchovém, při čemž síra se spaluje a přimíšené kovy mění v kysličníky.

Při tomto processu vznikající oxydul mědi se rozpouští a činí měď křehkou a proto se tekutá měď míchá dřevěnými holemi — poluje se — aby oxydul se zredukoval.

Theofrast římský jest první, kdo důkladně popisuje výrobu mědi v pecích šachtových foukaným vzduchem a již zaznamenává, že se nejprve obdržela aes nigrum, z té aes caldarium a posléze kováním aes regulare.

Po způsobu železa zaveden v poslední době process konvertorový a známe měď plávkovou, kterou zavedl po prvé Manhès.

Měď převažovaná hodí se již k mnohým účelům průmyslovým a přichází do obchodu v cihličkách váhy 5 až 6 kg; k mech. zpracování se však nehodí a jest ji proto čistiti či raffinovati, aby se stala kujnou. Nejdokonalejší raffinace provádí se cestou elektrickou — měď elektrolytická — která tvoří polovinu veškeré mědi na zemi vyrobené. *)

Hutnickými způsoby vyrobená měď i při nejlepší jakosti obsahuje vždy sledy kovů a metalloïdů jiných, jako: železa, antimonu, křemíku, síry, arsenu, které mnohemu upotřebení v průmyslu nevadí.

Ruská měď jest poměrně nejčistší, německá obsahuje často olovo, železo a antimon, anglická arsen.

Podstatně lze měď, nalézající se v obchodu, vyčistiti tím, že se přetajuje s malým množstvím salmiaku neb oxydu mědi.

Tuto sděleny dva chem. rozbory mědi americké a raff. mansfeldské:

	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Pb</i>			
m. jezerní	99·83	0·26	0·016	0·15	<i>O</i>	
m. baltimorská	99·65	0·066	0·044	0·088	<i>As</i>	0·035 <i>Sb</i>
m. mansfeldská	99·745	0·028	0·03	0·121	<i>Ni</i>	sledy <i>Fe</i> a <i>O</i>

*) Jen ve Spoj. státech sev. amerických vyrábí se ročně přes 300.000 t elektrolytické mědi.

Srovnání mědi rosettové s příslušnou raffinovanou:

	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>	<i>O</i>
rosettová m.	98.39	0.52	0.11	0.26	0.47
raffinovaná m.	99.75	0.04	0.02	0.08	sledy

Podle Egglestone - a jest měď, obsahující přes 0.5% přímíšenin, k techn. použití nevhodná; pokud jde o elektrickou vodivost, tu již 0.1% redukuje normální vodivost o 10%, a proto k účelům elektrotechnickým užívá se jen mědi nejlepší jakosti.

V roce 1900 vyrobilo se na zemi 456.000 t mědi, z nichž připadlo na:

Spoj. státy sev. am.	277.000	Rusko	8000
Anglii	80.000	Francii	6500
Německo	31.000	Italii	2800
Japan a Australii	47.000	Rakousko-Uhersko	1200

Ostatní země evropské 2500.

Jakost mědi lze jediné posouditi skutečným zpracováním a zde se osvědčuje tato zkouška: vyrobí se z mědi mosaz a z ní trubka, při dobré jakosti nesmí se při tažení zjevití na ní rysy.

V průmyslu rozeznává se trojí druh mědi, kvalita I na jemné plechy a mosazné dráty, kvalita II dá se dobře váletí, aniž se objeví trhlínky a rysy, kvalita III hodí se jen na litou mosaz a podobné slitiny.

Měď má zvláštní barvu červenou — měděnou; je-li čistá, jest růžově světlou, cizími látkami znečištěná má základní tón červeně měděný s různými odstíny dle složení a způsobu výroby; lisovaná měď jest vždy ohnivějších barev než válená; obsahuje-li měď větší množství oxidulu, jest temně červená.

Měď zahřáta na teploty od 160 do 340° C nabíhá podobně barvami jako ocel, jenže jsou tyto co do počtu daleko hojnější a mění se nejen teplotou, ale i dobou ohřevu; fixování barvy stane se rychlým zchlazením.

Na čerstvém lomu s leskem hedvábným jest litá měď masově červená, struktury husté, jemně zrnité, která mech. zpracováním (kováním, válením) přechází v strukturu vláknitou.

Tvrdost mědi, nehledě k technickému železu, není zrovna malá, lešitelnost velká, houževnatost vyvinutá; již za studena lze měď váletí, kovati, táhnouti a lisovati.

Pevnost mědi jest po železe největší a mění se složením, zvláště pak zpracováním; měď kovaná a válená za studena tvrdne a stává se křehkou, ale toto tvrdnutí lze odstraniti ohřevem na 550° C s napotomním rychlým zchlazením. Žiháním plechu a drátu pevnost se o něco zmenšuje, pozvolným ochlazením však opět přibývá.

Pevnost v tahu $kg\text{-}mm^2$ mědi	{	lité	asi 19·5	
		obyčejně válené	20 až 24	při $\lambda = 40$ až 36%
		tvrdě válené	24 až 35	při $\lambda = 36$ až 10%
		tvrdě tažené	35 až 42	

s rostoucí teplotou pevnosti ubývá asi dle poměru

při 150° 90%, 350° 65% a 500° 40% hodnoty

pro měď žíhanou při 15° C.

Měrná váha jest jako při železe technickém měnlivá s čistotou a způsobem výroby; chem. čistá měď má 8·95, elektrolytická 8·91, litá 8·92 až 8·65, mech. zpracovaná 8·95.

Vodivost tepelná i elektrická jsou při mědi velmi vyvinuty; teplovodný koeficient roven 300 kaloriím, elektrická vodivost 57 až 60.

Při slabém ohřevu tvoří se na povrchu mědi růžový oxidul, který se v tekuté mědi rozpouští; dokud je ho málo, nevadí zpracování, ač pevnost i houževnatost snižuje, je-li však u větším množství, způsobuje lámavost za studena i tepla.

Měď obsahující oxidul taví se sice při nižší teplotě, ale roztavená jest hustě tekutá a nehodí se k slévání; z téhož důvodu měď vícekrátetavená stává se nepotřebnou.

Při silném ohřevu pokrývá se měď černým povlakem (opalem), který jest obdobně jako při železe, směsí oxidulu s oxidem.

Měď jest kovem těžce tavným a taví se v žáru žlutém; teplota tavení závisí na její čistotě, čistá měď taví při 1084° C; ve stavu tekutém má zelenavou barvu moře. Za vysoké teploty 2900° C vře a spaluje se plamenem zelenavým.

Měď ve stavu tekutém pohlcuje a rozpouští vodík, kyslíčník uhelnatý a siřičitý, a to tím více, čím vyšší jest její teplota, čím je čistší a čím větší tlak; při tuhnutí tyto plyny opět částečně pouští, částečně v sobě podržuje, čímž se stává slitek nestejnoměrně hutným, porovitým.

Vlivem těchto plynů v oxidul rozpuštěný ve mědi se tato ve formě nadýmá — měď jest kovem špatně slevatelným.

Přidáme-li však do roztavené mědi 2 až 4% zinku anebo 3 až 4% fosforové mědi, zmíněná závada zmizí.

Blízko před teplotou tavení stává se měď křehkou a proto sváření se při ní nedaří.

Měď se dobře piluje, hobluje, ale špatně soustruží, poskytujíc řez nehladký.

V poslední době nabyla pro slévání mědi velkého rozšíření *fosforová měď* — slitina mědi s fosforem, jež přichází do obchodu jako 5 a 10%; přidá-li se v náležitém množství k tavené mědi, nemá ani teplota při lití, ani způsob chlazení na vlastnosti slitku vlivu a získají se výrobky homogenní, hutné a pevné.

Přidá-li se však fosforové mědi mnoho, prchá fosfor, slitky se stanou tvrdé a křehké a rovněž porovité, jako při obyčejné mědi.

Fosforová měď, přicházející v malých cihličkách (jako čokoláda), jest hmota hrubě krystalická, tvrdá, křehká, velmi snadno rozpojitelná; při 15% *P* má na lomu vzezření velmi hrubé oceli, barvy jest žlutavě šedé.

Podobný účinek, ale slabší, mají: *měď manganová* s 10 až 30% *Mn*, velmi dobře slevatelná, tvrdší a houževnatější obyčejné mědi a *měď křemíková*, obsahující 10% *Si* s tvrdostí a křehkostí oceli.

Tyto látky použity v malých množstvích, účinkují v kovových lázních jako odkysličovadla — čistící prostředky; mangan i když v taženině zůstane, pevnostním vlastnostem mědi neškodí jako fosfor, křemík ovšem přivodil by tvrdost a křehkost.

Měď přichází v průmyslu kovovém v podobě výkovků, jako válená v podobě plechu a holí, tažená co drát a tavěcí k výrobě slitin.

Na suchém vzduchu, prostém kyseliny uhličitě, jest měď vyrobená za vysoké teploty stálou, kdežto měď za nízké teploty vyrobená pokrývá se vrstvou oxidulu; je-li vzduch vlhký a obsahuje-li kyselinu uhličitou, pokrývá se povlakem nepravé měděnky — plístou, která jest zásaditým uhličitánem měďnatým.

Slabými kyselinami, ammoniakem rychle se okysličuje, srovnávkem černá; v kyselině solné a zředěné sírové za přístupu vzduchu se rozpouští, v sehnané sírové rychle a v dusičné snadno.

Ač měď jest kovem celkem špatně slevatelným, jsou její slitiny s mnohými kovy výborně slevatelné a podle složení velmi rozmanitých vlastností technických, a proto docházejí četného užití v kovovém průmyslu.

V tomto smyslu podobá se měď železu, oba kovy chemicky čisté nemají té ceny jako ve slitinách.

Měď leguje se dobře s většinou kovů technicky důležitých vyjma se železem, a proto největší počet praktických slitin poskytuje měď.

II. Cín.

Třetí kov, starým již v dobách dávných známý, jest cín, tvořící podstatnou součást měděné slitiny, nazvané *bronzy*, v řečtině *kalchos*; ve starém zákoně přichází pod jménem *bedil*, což přeloženo do řečtiny dalo *kassiteros*, v latině později *stannum*.

Prvními výrobci cinu byli pravděpodobně národové semitské čeledi, obývající Asii; v Číně užíváno cinu již 2000 let před K. a za doby Řeků vozili ho Foiničané z dnešního Cornwallu v Británii po moři a v jižní Evropě jím obchodovali; aby zakryli původ, nazývali ho *lusi-tanský* m, ač cín ve Španělech nikdy nebyl.

Výhradnou cínovou rudou jest jeho oxyd *kassiterit*; nejbohatší jeho ložiska jsou na ostrovech východo-indických (Sumatra, Banka, Bil-



liton), na poloostrově zadní Indie (Malakka a Singapore), v Australii (Nový Wales a Queensland), v jižní Americe (Peru a Bolívie), v Evropě (Cornwall a Devonshire) a konečně českosaské Rudohoří.

Vytavování cínu z kassiteritu jest velmi jednoduché, redukuje se prostě uhlíkem za přidání struskotvorných přísad; dováží se do Evropy z krajín zámořských v ingotech váhy asi 60 kg.

Prodejný cín jest více či méně znečištěn dle svého původu; za nejlepší známku platí cín B a n k a, za nejhorší česko-saský.

K orientaci sloužíž tabulka chem. rozborů obvyklých druhů.

Cín	B a n k a	Queens- land	a n g l i c k ý	Peru
<i>Sn</i>	99·961—99·979	99·7	99·54—98·64	95·66
<i>Fe</i>	0·019— 0·009	0·035	0·02	0·07
<i>Pb</i>	0·014— sledy	0·165	0·20	1·93
<i>Cu</i>	0·006—0·001	—	0·16	sledy
<i>Sb</i>	sledy	sledy	sledy	3·76

Železo způsobuje tvrdost a křehkost, činí barvu nevzhlednou; olovo zvětšuje pevnost a ničí barvu stříbrobílou i lesk; měď u větším množství (1 až 2%) zvyšuje pevnost i tvrdost, přes toto množství křehkost a žlutavou barvu.

Světová výroba cínu v *t* roku 1900 jevila se takto:

Malakka	46·807
Banka	12·009
Bolívie	7·048
Billiton	5·913
Anglie	4·336
Australie	3·229
Německo	2·031
Rakousko	40

Cín jest kovem barvy stříbrobílé, velkého lesku, je-li čistý, mívá nádech do modrava, znečištěn-li, žlutava; na lomu jest struktury krystalové zrnité a proto při ohybu, je-li v podobě prutu, vrže (krystalky trou se o sebe).

Hladká plocha leptána kyselinou solnou nebo chloridem zinečnatým poskytuje obraz podobný květům na zamrzlých oknech — moirovaný cín.

Měrná váha cínu bývá 7·2 až 7·5, vliv má jeho čistota a zda litý či kovaný.

Teplota tavení 230° C, za bílého žáru vře a spaluje se na oxid, zvaný cínovým popelem.

Cín jest velmi tvarebný, jak potvrzuje teničký plech, známý pod jménem stanniol; cín lze váleť v plech, lisovat v drát i trouby, jest dobře slevatelný a byl-li čistý, poskytne slitky hutné.

Na teplotě při lití závisí jeho pevnost i lesk; zahřát-li tak, že nabíhá barvami, stává se za tepla lámavý a opačně, když byl slit za teploty nízké, jest lámavý za studena.

Cín zahřátý na 100° C dá se v drát táhnouti, zahřátý na 200° stává se křehkým.

Pevnost cínu jest nepatrná, 3·5 až 4 kg-mm²; přes to, že je tvrdší než olovo, jest přece kovem měkkým, jichž známkou, že pilník zamazávají.

Prve než zdomácněl porculán, bylo užíváno cínu; cínařství bývalo jedním z kvetoucích živností středověkých; dnes užívá se cínu výhradně k výrobě slitin.

III. Olovo.

Olovo známo již od dob nejstarších; v historii zaznamenáno, že Indové olovo znali a užívali; za Thutmes-a III. (3000 před K.) uvádí se olovo jako kořist válečná; Foiničané jím obchodovali. Římané užívali olova na vodovody, k upevňování železa do kamenů, jako obruče pro hlíněné nádoby; sami je dobývali na Sardinii a vozili z Hispanie, Gallie a Britannie; dnešní Španělsko chová posud ohromné bohatství olověných rud.

Ryzí olovo jest v přírodě vzácné, jeho rudy rozšířeny však po všech zemích; nejčastější olověnou rudou jest galenit (sirník) a vzácnější cerussit (uhličitan).

Z rud vytavuje se nejprve rudné olovo, které do obchodu nepřichází, obsahujíc stříbro; po vytažení stříbra tavením ve vzdušném proudu získá se klejt a z něho redukcí za žáru prodané olovo, přicházející do obchodu v kusech asi 100 kg těžkých.

Prodejné olovo bývá znečištěno antimonem, arsenem, zinkem; tyto příměšeniny zvětšují tvrdost a zmenšují tvárnost.

V roce 1900 vyrobilo se asi 831.000 t olova a připadlo na:

Sev. Ameriku	251.000
Španěly	154.000
Německo	121.000
Anglii	35.000
Ostatní země evropské	91.000
„ „ mimoevropské	179.000

Olovo jest ze všech kovů nejměkčí, dá se nožem krájet, nehtem rýpati, pilník i pilu zamazává a proto zpracuje jako dřevo rašplí; jeho lom jest homogenní nekrystalický, čerstvá plocha řezová barvy modrobílé-olověné — s dokonalým leskem kovovým, který však na vlhkém vzduchu v brzkou šedou barvou oxydulu nabíhá.

Olovo jest kovem velice tvárným, dá se v tenké plechy vytepati (folie olověná) a váleti, v drát vytáhnouti a ve stavu zahřátém v trouby a dráty lisovati; jeho pevnost však jest nepatrná, při litém toliko 1·2 až 1·3 *kg-mm*².

Měrná váha olova poměrně veliká, při chemicky čistém 11·37; zpracováním dostává olovo někdy trhliny a proto měrná váha pak menší.

Teplota tavení leží mezi 330 až 335° C, za žáru jasně červeného se odpařuje, v bílém vě; zahřáto na teplotu o něco nižší teploty tavení, stává se křehkým a dá se roztlouci na kousky se strukturou vláknitou.

Ve stavu tekutém, je-li přístup vzduchu vyloučen, jest barvy bílé, poskytujíc plochu zrcadlovou; má-li však vzduch přístup, oxyduje a pokrývá vrstvou oxydulu, který za vyšší teploty přechází ve žlutý oxyd a posléze i červený oxyduloxyd; nečistoty v olovu obsažené zůstanou v podobě suché struskovité hmoty (olověné lejno).

Rychlým ochlazením, zvláště bylo-li za vyšší teploty taveno, dále opěťovaným tavením stává se olovo tvrdším a ubývá mu na tvarebnosti; totéž způsobuje případně v něm obsažená síra.

Na suchém vzduchu jest olovo stálé; ve vlhkém se oksyličuje, nabíhá barvami duhy a pokrývá pozvolna vrstvou matné šedé kůry, skládající se z oxydů nebo karbonatu, která chrání je před dalším rušivým účinkem.

Olovo vodou se nerozkládá ani za teploty obyčejné ani za vyšší, i kdyby obsahovala kyseliny; ve vlhkém vzduchu a vodě, obsahující vzduch a kyselinu uhličitou, mění se v uhličitán, karbonát olovnatý, který nadbytečnou kyselinou přechází do vody jako rozpustný dvojuhlíčan.

Poněvadž všechny soli olovnaté jsou jedy, nesmí přijíti nápoje, obsahující kyselinu uhličitou, do styku s olovem a jeho slitinami; pitná voda neobsahující volnou kyselinu, nýbrž jen dvojuhličitany alkalických zemin, jež v olovo neúčinkují, může býti rozváděna v troubách olověných.

V kyselině dusičné rozpouští se olovo snadno, podobně v kyselině octové a vinné a proto může požívání kyselých potravin, jídel uschovaných v nádobách olověných přivoditi otravu.

Sehnaná kyselina sírová účinkuje v olovo teprve za vyšší teploty, slabá jest skoro bez účinku (elektrické akumulatory).

Olova užívá se v průmyslu k rozmanitým účelům; slévá se jen v omezené míře, ač kovem dobře slevatelným, lehce tavným, vadí mu měkkost a malá pevnost; většího použití dochází v podobě desek a plechů pro stavbu různých apparátů chem. průmyslu a na elektrody akumulátorové, ve stavitelství k izolacím proti vlhku.

Olovo leguje se velmi nesnadno se železem, zinkem, hliníkem, špatně s niklem, s ostatními kovy snadno; některé jeho slitiny jsou pevné a tvrdé, takže původní nepraktické vlastnosti olova mizejí.

V plamenu vodíkovém svařuje se olovo bez užití chránidel (montáž elektrických akumulátorů).

Olovo obsahující antimon nazývá se *tvrdým olovem*.

IV. Zinek.

První zmínku o kovovém zinku nalézáme u *Paracelsa* v polovině XVI. století, ač rud zinkových dávno před tím se užívalo k výrobě mosazi.

Z rud zinkových jest uvést: *sفالерит* (sírník), *zinkit* (oxyd), *smithsonit* (uhličitan) a tak zvané *kalamíny* (složitější křemičitany).

Zhutňování rud kyslíkatých provádí se jich žiháním s uhlím, zredukovaný zinek prchá v parách a chytá se v jímadle, kde se z počátku sráží jako zinkový prach, později když toto se zahřálo, jako tekutý zinek; rudy sirnaté převedou se nejprve pražením v kysličníky a pak zpracují jako dřívější.

V obchodu přichází zinek *slezský* a *belgický*, buď v podobě plechu anebo jako tavěcí v ingotech; vždy bývá znečištěn.

Chem. rozbor zinku slezského, nalézajícího se v obchodu:

98·918 Zn, 0·595 Pb, 0·12 Fe, 0·062 Ca, 0·031 As, 0·012 Sb, 0·02 S, 0·001 Ag.

V roce 1900 bylo vyrobeno celkem 462.344 t zinku, z nich připadlo na:

Belgii	120.000
Spoj. státy sev. americké	112.234
Pruské Slezsko	102.316
Západní Německo	51.034
Francii	36.325
Anglii	30.307
Rakousko	7.026
Holland	7.317
Španěly	5.785



Zinek jest barvy modravě bílé o silném lesku kovovém, jeho struktura buď hrubě lupenatě krystalická nebo jemnozrná, podle toho, jaká byla teplota při lití; byl-li mnoho přehřát, vzniká prvá, když jen málo, druhá.

Pevnost zinku litého jest malá, 2·5 až 3 *kg-mm*², váleného 15 až 20 *kg-mm*², s prodloužením 15 až 17%; měrná váha litého 6·85 až 7·15, váleného 7·2 až 7·3.

Za obyčejné teploty jest čistý zinek málo tvarebný; malé množství olova (0·05%) činí ho tvárnějším, velké množství (2 až 3%) škodí při válení.

Zahřát-li však na teplotu 100 až 150° C, stává se velice tvárný a dobře se válí (horké válce), táhne i lisuje; při 200° opětně křehne.

Teplota tavení jest při zinku 442° C, při vyšší sublimuje a 950° za přístupu vzduchu plamenem modravě zeleným spaluje, při 1040° vře.

Jest to kov dobře slevatelný, má ze všech kovů největší roztažlivost, při tuhnutí objem svůj zvětšuje — expanduje; zinek jest tvrdší cínu.

Zinek dobře se leguje s mědí, cinem, niklem, hliníkem, antimonem; špatně však se železem a olovem.

Voda a suchý čistý vzduch v zinek neúčinkují; jestli však ve vzduchu kyselina uhličitá anebo ve vodě vzduch, pokrývá se bělošedou vrstvou zásaditého uhličitanu, která ho chrání před další korrosí.

V slabých kyselinách rozpouští se zinek tím více, čím více v něm přimíšenin; čistý zinek slit jako velmi přehřátý a pozvolna chlazený, rozpouští se poměrně nesnadno.

Zinek jest nejlepší rozpouštědlo pro vodík (35 až 40% kyselina sírová); kovy v zinku přimíšené, jsouce povahy elektronegativné, rozpouštění v kyselinách usnadňují; rtuť účinkuje ve smyslu opačném a proto se v těch případech zinek a m a l g a m u j e.

Galvanisované železo (plech, drát, trouby) jest železo na povrchu pokryté vrstvou zinku (ne však proudem elektrickým), aby bylo na vzduchu stálější.

Použití zinku v praxi technické jest velmi rozšířené; od roku 1860 zvětšila se jeho výroba na míru trojnásobnou. Převážná většina zpracuje se na plech (krytina, ornamentální výzdoba budov a jiné výrobky klempiřské), dále při výrobě slitin a ozdobné litiny, posléze na elektrody galvanických článků.

V. Nikl.

V XVI. století přivezen z Číny do Evropy *pakfong* či bílá měď; poněvadž byl drahý, pátralo se v tom směru z domácích rud vytaviti kov, který by legován s mědí, poskytnul slitinu podobných vlastností barvy stříbra.

Pokusy v tom směru konané byly dlouho bezvýsledné, až konečně *Cronstedt* 1751 v *Helsinglunds* kobaltových rudách odkryl nový kov, který později 1755 blíže poznal v tak zvané *niklové mědi*, jež byla horníkům známa již 1694.

Niklová měď jest sloučenina niklu s arsenem, ruda to velmi těžká, barvy měděné a považována tudíž od horníků za bohatou rudu měděnou; když kov z ní vytavovali, tento zmizel a v tehdejších pověrečných dobách měli za to, že skřítkové, v německé mythologii nikli zvaní, horníky podvádějí a zdánlivě rudu na měď bohatou jim začarovávají — odtud vzešlo pak jméno niklu.

Zavedení niklu do průmyslu kovového přináleží *Gerstorff*-ovi, který 1824 založil niklovou huť u *Glognitz* v Dolních Rakousích a vytavoval rudy ze *Schladmingu* ve Štyrsku; tato huť přeložena pak 1847 do *Mandlingu* ve Štyrsku.

Naleziště rud niklových jsou v Evropě skrovná a jich rudy obsahují nejvýš 4% niklu a proto dovážejí se a zde zpracují rudy z Nové Kaledonie, které objevil roku 1867 *Garnier* (*garnierity*) a pak rudy z Kanady (*kyzy*) objevené 1885.

Nikl, nalézající se v obchodu, obsahuje 97 až 99% *Ni*, něco rozpustěného oxydulu a jiné přimíšeniny, jež veskrze jeho vlastnostem škodí;

z cizích přímíšenin rozpouští nikl uhlík a křemík, mech. zpracování zvláště škodí arsen a síra.

K orientaci sděluji několik chem. rozborů, nikl

schladmingský	88·03	Ni	1·76	Cu	1·26	Fe	6·15	Co	0·54	As	0·19	Si.
novokaledonský	97·75	Ni	1·25	C	0·54	Si	0·36	Mn	(suchá cesta)			
„	98·00	Ni	0·13	C	0·50	Si	1·63	Mn	(suchá a mokrá cesta)			
americký	98·21	Ni	0·45	Co	0·47	Fe	0·53	C	0·30	Si	0·05	S
Fleitmanna-ův	99·57	Ni	0·18	Cu	0·20	Fe	0·3	C				

Oxydul v niklu rozpuštěný odstraňuje se tavením s hořčíkem, který mu odejme kyslík a poněvadž oxid hořečnatý jest v lázni niklové nerozpustný, přejde do strusky; tímto vyčištěním objeví se nikl jako kov velmi tvárný, kujný a tažný (vyrábí se z něho plechy pod 0·5 mm tloušťky, dráty až 0·1 mm).

Dle záznamů frankfurtské kovové společnosti vyrobilo se v roce 1900 asi 8000 t niklu (v roce 1890 toliko 2000 t); severní Amerika poskytla 3600, Francie 1700, Anglie 1450, Německo 1370 t.

Čistý nikl jest barvy stříbrobílé s nádechem do žlutava o silném lesku kovovém, velké tvrdosti a leštitelnosti; tvrdost niklu rovna jest tvrdosti kuj. železa, pevností však toto převyšuje.

Nikl podobá se co do vlastností lysikálních i chemických železu, jest i svářitelný.

Velké zásluhy o niklový průmysl má Fleitman v Iserlohn, který dokázal nikl bezvadně slevati, kovati a svářeti; jeho nikl při válení podobá se materiálu bessemerskému a vykazuje pevnost v tahu 55 až 65 kg-mm², při prodloužení 21 až 15% a mezi pružnosti 38 kg-mm²; kovaný a žíhaný 68 a 46 kg-mm².

Měrná váha niklu bývá 8·8 až 9·2 podle toho, zda litý či mech. zpracovaný.

Nikl čistý taví při 1450° C, obsahuje-li však uhlík a křemík, jest teplota tavení nižší kolem 1400; ve stavu tekutém rozpouští kyslíčník uhelnatý a tím se stávají slitky porovité, méně tvarebné.

Přidáním hořčíku (0·1 až 0·6%) nebo čistého manganu (asi 2%) se vyčišťuje a za určitých opatrností sléván poskytne i drobné slitky homogenní. Nikl obsahující uhlík nehodí se k slévání.

Nikl leguje se snadno s mědí, zinkem, cínem, antimonem, hliníkem a železem. špatně s oloven; jeho slitiny s mědí, železem a ocelí dají se svářeti.

Na vzduchu suchém i vlhkém jest nikl dokonale stálý — galvanické niklování.

Slabá kyselina solná i sírová v nikl neúčinkují, za vyšších teplot rozpouštějí ho zvolna za vývoje vodíku, kyselina dusičná dobře ho rozpouští; organické kyseliny nemají na nikl ať kovaný či válený vlivu a proto se z něho vyrábí kuchyňské nádobí, jídelné přístroje, přístroje lékařské a pro laboratoře.

VI. Hliník (aluminium).

Hliník, dnes podle objemu nejlacinější technický kov po železu, podobá se velice stříbru, ale jest pevnější a daleko lehčí; do průmyslu kovového byl teprve zaveden koncem uplynulého století.

V přírodě jest hliník velmi rozšířen ve sloučeninách a nalézá se v hlíně, živci, kaolinu, bauxitu, kryolithu, nikdy však jako ryzí.

Dokud byl hliník dobýván hutnicky podle starších procesů, byl velmi drahý (v roce 1878 stál 1 kg 100 franků) a nebylo pomýšleti na jeho využitkování v průmyslu; v roce 1889 započalo se s dobýváním hliníku v hutí Neuhausenské u vodopádu rýnského ve Švýcarech cestou elektrometallurgickou a cena jeho značně klesla; rozšířením tohoto způsobu čím dál, tím více klesala, takže došlo před několika lety k cenové dohodě všech hutí, hliník vyrábějících, jelikož při ceně, jaká se objevila v roce 1900, nebylo hospodářského vyjití.

V Neuhausenu bylo užito procesu Héroult-ova.

Tyto poměry dobře osvětluje sestavení celkové výroby podle let. a ceny 1 kg:

v roce	1878	1886	1889	1891	1894	1897	1900
vyrobena <i>t</i> celkem	2	16	70	333	1240	3400	7800
při ceně 1 kg v Kor.	100	100	50	5	5	4·4	2·5

Prodejný hliník bývá vždy znečištěn křemíkem, železem, tu a tam mědí; škodlivou příměšinou jest křemík, který ve množství 1 až 2% způsobuje šedavou barvu, zdá se býti za obyčejné teploty zdánlivě měkkým a houževnatým, ale není kujným; ve množství přes 2% činí hliník lámavým, a tím stává se pro mnohé účely nepotřebným.

Největší množství hliníku v Evropě vyrábí hliníková společnost v Neuhausenu, která má ještě tiliálky v Rheinfeldenu na Rýně a Lend-Gasteinu v Rakousích a dodává hliník ve třech kvalitách, jež obsahují:

Kvalita	O	I	II
<i>Al</i>	99·9	99·3 až 99·61	92·84 až 97·65
<i>Si</i>	0·06	0·18 „ 0·58	0·94 „ 3·32
<i>Fe</i>	0·04	0·11 „ 0·34	1·37 „ 3·34

V roce 1900 vyrobila zmíněná společnost 2500, Francie 1500, Anglie 560, americké spoj. státy 3250 *t*.

Hliník prostý všech příměšnin jest velmi měkký a tvarebný, dá se jako zlato a stříbro v tenké plechy vytepati, řeže se pilou jako dřevo, pilník zamazává. Mechanicky zpracován stává se pevnější, ale při tom tvrdne a křehne, vyžíhán znovu se stává měkkým.

Pevnost litého hliníku jest o něco menší než při slevacím železe, totiž 10 až 12 kg-mm^2 při prodloužení 3 až 5%; tvrdě válený hliník mívá pevnost 20 až 25 kg-mm^2 .

Měrná váha při litém bývá 2·55 až 2·57, při váleném 2·6 až 2·8. Teplota tavení jest poměrně nízká, 650 až 700° C, ale spotřebuje k roztavení velké množství tepla, poněvadž má ze všech kovů největší tavicí teplo. Roztaven jest hliník hustě tekutý a pokrývá se vrstvou podobného složení, jako jest smyrek (oxyd); před tuhnutím prochází stavem kašovitým a proto k liti má se mnoho přehřátí. Formy vyplňuje dobře, ale slitky jsou porovité. Zmíněný oxyd činí povrch tvrdým, což důležitě pro obrábění hliníku; dobře se osvědčilo zráběnou plochu před odebráním třísek navlhčiti terpentýnovým olejem.

Spájení hliníku jest velmi nesnadné; nejpříznivěji se válí, zahřát-li na 150°. Lom litého hliníku jest zrnitý, mech. zpracováním se zrna prodlužují, struktura zrnitá se promění buď v hrubší anebo i vláknitou; válený hliník má lom jemnozrný s leskem hedvábným.

Hliník leguje se s většinou kovů, při čemž vybavuje teplo i světlo. Směsi práškovitého hliníku s kyslíčníky kovovými užil Goldschmidt v Essenu k výrobě velmi těžce tavných kovů (manganu, chromu a j.) — *aluminothermie* — *) a dále k výrobě *thermitu* k vyvozování vysokých teplot k sváření, o čemž obšírněji zmíněno bude v oddílu IV.

Vodě, organickým kyselinám, kyselině dusičné a slabé sírové hliník dobře vzdoruje; kyselina solná a žíravé louhy ho rozpouštějí.

Hliník jest výborným čistícím prostředkem pro tekuté železo, ocel, měď a její slitiny.

Následkem krásné barvy stříbrové a velké stálosti užívá se dnes hliníku k nejrozmanitějším účelům. Jako plech zpracuje se prostřihováním, tlacením a vyháněním na kuchyňské nádobí, chemické aparaty, chirurgické nástroje, ozdobnické zboží; jako litý nahrazuje bronz, mosaz, argantan v jemné mechanice; slouží k výrobě speciálních slitin pro části strojové k výrobě papíru, cellulosity, třaskavin atd.

Lístkový hliník ve mnohých případech zatlačil stanniol i folii stříbrnou.



*) Touto cestou dobývá se mangan redukcí jeho vyšších kyslíčníků a získá se až 96%; jest to kov ze skupiny železa, jehož se užívá při výrobě různých moderních slitin.

VII. Technické slitiny.

Obecná úvaha.

Tato úvaha, tvořící závěrek k předcházející nauce o kovech technických, jest zároveň úvodem k látce další, totiž o technických slitinách, jež mají pro kovový průmysl daleko větší důležitost než čisté kovy samy; studiu těchto látek věnují technologové v poslední době velkou pozornost.

Technické železo, projednané v oddílu I. jest vlastně první a nejdůležitější průmyslovou slitinou.

Slitiny (legury) vznikají z více kovů, po případě kovů a metalloidů, zpravidla ve stavu ohnětekutém při různých teplotách buď prostým míšením anebo vzájemným rozpouštěním, při čemž se teplo uvolňuje (měď a hliník) anebo utahuje (olovo, cín); podle počtu legovaných částí máme slitiny podvojně, potrojně, ba i počtverné.*)

Slitiny vyznačují se tím, že obecné vlastnosti kovům příznačné, jako zvláštní lesk, tepelná a elektrická vodivost a j. při nich trvají.

Slitiny nejsou ani chemické s l o u č e n i n y, ač tyto vyloučeny nejsou, ani fysikální s m ě s i; od sloučenin liší se tím, že vznikají v poměrech zcela libovolných, nezávislých na vahách atomových, od směsí pouhých tím, že legované kovy toliko dlouho trvající cestou chemickou odděleny býti mohou a prostým okem rozpoznati nelze.

Dobrym dokladem jest zjemňování sur. železa při procesech zkujňovacích.

A u s t e n definuje slitinu jako kovovou směs, která při tuhnutí a po stydnutí v odlišné vrstvy se nerozděluje.

Jako se rozpouští kuchyňská sůl, cukr ve vodě, ač jich teploty tavení jsou daleko vyšší než teplota vody, zrovna tak rozpouští se měď (1085°) v tekutém cínu (235°); uhlík, jako hmota při průmyslových teplotách vůbec netavitelná, rozpouští se v tekutém železe. Alkohol lze v každém poměru smísiti s vodou jako cín s mědí a opačně jako olej a voda nikdy se nesmísí, tak tomu i při železu a mědi.

Známe však i jiné případy vzniku slitin, na př. účinkují-li zinkové páry v měď, povstane mosaz, žihá-li se kujné železo s uhlíkem — ocel, železo s niklem — ferronikl; prof. S p r i n g vyrobil roku 1882 v Lutichu 10 a 30% mosaz z čistých pilin měděných a zinkových za obyčejné teploty toliko vysokým tlakem.

Legované kovy poskytnou někdy i chem. sloučeninu, která v tavenině setrvá a při tuhnutí se nevylučuje, ale různými vlivy vnějšími třeba pozměňuje (karbid železa); tím se vysvětluje, proč mnohé ze slitin stejného

*) Výrazy *l e g o v a t i*, *l e g u r a* vznikly z latinského *l e g a* značící spojení. Podle novějších výzkumů čítá se k metalloidům cín a antimon, mající vzhled kovový.

% složení přece jsou různých vlastností a dále odůvodňují různé praktiky při výrobě slitin; v obyčejných případech se však podobná sloučenina vylučuje — *odměšuje* — a tím činí slitinu nestejnorodou, což vadí jejímu technickému použití vůbec, mech. zpracování zvlášť.

Čím jsou kovy co do chem. vlastností rozdílnější, tím dokonaleji se legují a z nich vzniklá slitina podstatně jinými vlastnostmi (měrnou vahou, teplotou tavení, barvou, tvrdostí, pevností, slevatelností, kujností) vyznačuje; oproti tomu kovy po stránce chemické sobě blízké (příbuzné) poskytují slitiny, jichž vlastnosti se v celku podobají vlastnostem kovů legovaných, kde kov co do množství převládající jest směrodatný. Do skupiny této patří olovo, cín, zinek, kadmium.

Kovy schopné krystalisace poskytují slitiny homogennější než ty, které nekystalují; dokladem k tomu jest *fosforový bronz*, který jest mnohem pevnější, houževnatější a pružnější než obyčejný bronz, poněvadž *fosforový cín* krystaluje, obyčejný však ne.

Průmyslové slitiny bývaly vyráběny na základě zkušenosti empirických, často u veliké tajnosti chovaných; v době nejnovější byla jich podstata osvětlena fysikální chemií a technologové zavedli mikroskop k odhalení jich struktury a tím vznikla *metallografie*, již dříve při technickém železe dotknutá.

Metallografie jednou odhalí veškeré tajemnosti, které dnes hotovy ve slitinách před námi leží a zavede ještě účelnější slitiny nové.

Příhodným legováním lze vlastnosti kovů technických v širokých mezích měniti a často stačí nepatrné množství kovu či metalloidu druhého, třetího, aby vliv na vlastnosti byl znatelný; v tom právě spočívá důležitost slitin a kovy našich předků, nemajících ani tušení o dnešních vědách, byly vlastně slitiny, které cestou nahodile přirozenou vynalezali.

Uvažujeme-li o stydlé podvojně slitině *mikrograficky*, mohou nastati čtyři případy:

1. oba legované kovy vytvoří tak zv. *směsové krystaly*, jež jsou homogenní a z nichž každý obsahuje oba kovy.

Případ tento vyskytá se při technických slitinách často a jest nejdůležitější; fysikální vlastnosti sledují zde postupnou, souvislou řadu podle poměrného zastoupení legovaných kovů a ze základních jich vlastností lze předurčiti vlastnosti nové slitiny;

2. každý z legovaných kovů krystaluje sám o sobě a vznikají tak zv. *heterogenní krystaly*.

Případ ten bývá v praksi celkem řídký a naskytá se jen při několika málo kovových dvojicích; slitiny podobně složené neliší se mnoho svými vlastnostmi od kovů legovaných, mech. vlastnosti přecházejí souvisle podle poměrného zastoupení, při elektrické vodivosti jest zákon souvislosti složitější. I zde lze vlastnosti příští slitiny sblíženě předurčiti.

3. vznikají oba předchozí případy současně a slitina obsahuje krystaly stejno- i nesterodné.

4. legované kovy poskytnou jednu či dvě chem. sloučeniny, tedy látky nové, jež se pod mikroskopem ihned dají rozpoznati a jsou právě původem oněch zcela odlišných vlastností oproti legovaným kovům.

Předpovídati v tomto případě vlastnosti jest nesnadné; čím více oně sloučeniny ve slitině se nalézají, tím rozdílnější její vlastnosti.

Jako doklad této úvahy, byť to i byla slitina potrojná, dobře se hodí Charpy-*ho* šetření *kovu ložiskového* z roku 1894, který obsahoval cín, antimon a měď, kde byly nalezeny:

1. jehlicovité krystaly, které se z taveniny nejprve vyloučily a odpovídaly chem. sloučenině $Cu Sn$, vyjádřeno v % asi 35% Cu a 65% Sn .

Tyto krystaly tvořily nejtvrďší součást slitiny; snadno se tlakem rozpoující, čímž vznikají ve hmotě ostrohranné prohlubeniny, v nichž se olej udržuje

2. eutektická slitina tvárná a měkká, obsahující skoro čistý cín, v níž jsou dříve uvedené krystaly. Tato látka snad právě způsobuje známé umenšení tření, jest antifrikční.

3. krychlové krystaly slitiny cínu a antimonu, které jsou tvrdší cínu, ale měkčí antimonu i krystalů jehlicovitých.

Zkušenost skutečně dokazuje, že všechny slitiny při tuhnutí krystalují a že při slitinách podvojných vzniká jeden nebo dva druhy podstatně rozdílných krystalů; úchylek posud zjištěných jest málo.

Zákony této krystalisace jsou tytéž, jako při všech v ohnětekutém stavu smíšených látkách, jak tomu ve velkém při eruptivních horninách; nikdy nezíská se hmota beztvárná (amorfní), jako jest na př. sklo.

Míšením dvou kovů tekutých vzniká buď homogenní tavenina (roztok jednoho ve druhém) anebo tavenina, v níž jen částečné rozpuštění nastalo; při tuhnutí stávají se však tyto případy rozmanitější.

Sledujeme-li teplotu slitiny při jejím tuhnutí, pozorujeme, že při klesání po určité době se ustaluje a poté opět klesá, aby se poznovu ustálila v okamžiku, kdy přechází do stavu pevného — tuhne.

Olovo a cín mohou býti legovány v libovolných poměrech a druhé ustálení teploty vždy nastane při 180° C, kterážto teplota přísluší slitině chem. složení $Pb Sn_3$ (t. j. asi 31% Pb a 69% Sn); první ustálení nastává, když tuhne přebytečná tavenina.

Posléze tuhnoucí slitinu zoveme eutektickou či dobře tekutou, která objeví se pod mikroskopem jako přejemná směs legovaných kovů; zvýšením teploty přechází v eutektický roztok a při dalším zvyšování rozpouští v sobě i ostatní v tavenině se nalézající slitiny.

Zvratný proces shledáváme v metallurgii pod jménem *vycezoování*, který záleží v tom, že kov lehčeji tavný vytéká z kovů tížeji tavných, které zůstávají ve stavu pevném (zpracování rudného olova).

Při slitinách máme stejnorodou taveninu, z ní se vykřystaluje nejprve slitina nejobtížněji tavitelná (rozpustná) a prostupuje zbylou hmotu tekutou, a to jest tak zv. *odměšování*.

Na vlastnosti slitiny má průběh při tuhnutí taveniny nemalý vliv a rozhoduje tu velikost krystalů; vzhledem k pevnosti bude ta slitina nejlepší, kde legované součásti jsou co nejjemněji seskupeny, čím krystaly jsou drobnější.

Pozvolné tuhnutí podporuje tvoření krystalů hrubších, rychlé drobnějších; doklady máme často při technickém železe.

Tekuté sur. železo rozpouští v sobě za vysoké teploty uhlík a křemík, a to úměrně s teplotou ve vysoké peci, při uhlíku až do množství 5%, při křemíku 20%. Při tuhnutí vylučuje se část uhlíku a ukládá v ostatní tavenině jako spělý grafit, čím pozvolnější tuhnutí, tím ho více a tím hrubší krystaly; rychlým zchlazením a tuhnutím lze toto odměšování zastavit a obdržíme bílé sur. železo. Při velkých množstvích železa odměšují se v surovém železe malé tvrdé pecky, kulovitá nebo ledvinovitá zrna velikosti hrachu i větší, která obsahují slitiny železa s malým množstvím uhlíku a velkým fosforu.

Při slévání ingotů plávkového materiálu s větším množstvím uhlíku tuhne nejprve při dně a stěnách kokilly slitina bohatá uhlíkem a vytváří tam krystaly, vnitřek jest tekutý a obsahuje slitiny chudší uhlíkem a méně čisté, které se podle měrných vah vrstevnatě tam ukládají, někde v krajině střední, kde chladnutí co nejvolněji se dálo, shromažďuje se slitina eutektická.

Tento úkaz jest často příčinou vzniku vzduchoprázdných dutin v ingotech větších rozměrů a slitcích o tlustých stěnách; ne zřídka nalézáme v nich vykřystalovanou, eutektickou slitinu.

Jest samozřejmé, že tyto poměry pevnosti materiálu škodí a vedly k různým způsobům práce, aby se pozměnily (hojně užívání tlakových hlav, jež se ohřívají, lisování ingotů velkými tlaky a pod.).

Při ingotech z materiálu chudě uhlíkatého vyskytují se podobné úkazy, jenže ne v tak značné míře.

Snaha po odměšování ve slitinách jest tím menší, čím více podobají se dříve tuhnoucí slitiny složení eutektika; dobře se to pozoruje při bronzích (slitiny mědi a cínu), kde odměšování velmi vyvinuté, poněvadž barva slitiny závisí na množství cínu a již pouhým okem rozdíl lze postřehnouti. Při mosazích jest odměšování nepatrné.

Rychlým tuhnutím odměšování slitin se znesnadňuje, krystalisace zkracuje a někdy i pevnost zvětšuje.

Vlivem smršťování při tuhnutí může býti na povrch slitku za okolností vyvozen tak velký tlak, že uvnitř se nalézající tekutá tavenina ztuhlou lici jako porovitou stěnou na venek se protlačuje a zde v podobě mechovitých útvarů zjevuje (bronz na sochy).



I. Pevnost slitin.

Pevnost slitin závisí na způsobu výroby i dalším zpracováním; kováním, válením a tažením za studena lze pevnost v tahu až na míru dvojnásobnou zvětšiti a proto jest při zkouškách materiálových na tuto okolnost bráti náležitý zřetel, jinak budou výsledky nesprávné.

Pokud jde o vliv *legování* kovů na pevnost slitiny, sluší uvést zákon *Leдебур-ův*, který zní:

Pojmutím cizí látky pevnost kovu až do určité meze roste v poměru jejího množství; překročí-li se tato mez, pevnost počne klesati, často velmi rychle, když cizí látka sama o sobě větší pevnosti nemá; množství, při kterém nastává obrát, může býti 1, ale také 50%.

Thurston poukázal na tyto poměry již v roce 1879 při bronzích a našel při mědi s pevností $19\cdot33 \text{ kg-mm}^2$ a cínu s $2\cdot5 \text{ kg-mm}^2$ v příslušných slitinách hodnoty sestavené v tabulce:

% Sn	3·7	17·3	18·8	23·2	3·0	4·2
kg-mm ²	22·5	25·5	22	15·5	3·9	1·0

Daleko význačnějšího vlivu než cín má hliník, jak zjištěno *Tetmajaerem* v *Zurichu* v roce 1889, kdy se počala hliníková industrie ve *Švýcarech*; použitý hliník měl pevnost 10 kg-mm^2 .

% Al	5·5	8·5	9	9·5	10	11	11·5
kg-mm ²	44	50	57·5	62	64	68	80
λ %	64	52·5	32	19	11·5	1	0·5

Při zinku jeví se vliv méně význačný, jak ukazují pokusy *Charpyho* z roku 1896; prováděny byly s mosazí válenou a příslušné zkušební tyče byly před zkouškou vyžihány.

% Zn	0	10·1	18·4	30·2	40·4	44·7	49·7
kg-mm ²	21·8	24·1	26·8	28·9	38·4	48	10
λ %	31·6	36	41·4	56·7	35·2	18·3	2

poslední slitina nedala se váleti.

Přidáním kovu třetího do slitiny podvojně lze někdy dosíci dalšího zvětšení pevnosti, jak dotvrzuje hliníková mosaz, při níž zjistil *Tetmajaer* tyto poměry:

% Al	0·25	1	3	4
kg-mm ²	30·0	40	60	69
λ %	61	50	7·5	6·5

jiný doklad máme v kovu *Delta*, který obsahuje měď, zinek a něco železa (viz str. 156.) a v *Rübel-ově* bronzu *H* (viz str. 160.).

Uchatius (1874) hledaje nejvhodnější materiál dělový, našel pravý opak, totiž přidáním kovu třetího pevnost byla menší; obdržel pro tyče za studena válené:

$\%$ Cu	90	88	89	91
$\%$ Sn	10	10	10	8.5
$\%$ Zn		2	1	0.5
kg-mm ²	50.66	30.2	41.7	38

2. Tvrdost slitin.

Tvrdost lze uvažovati za zvláštní pevnost, která se měří velikostí odporu, jaký klade materiál při vnikání cizích předmětů, na př. řezacím nástrojům při zrábění anebo při přemísťování nejmenších částic, jak tomu při kování a pod.

Kovy technické mají celkem tvrdost malou, ona se mění jich čistotou způsobem výroby, průběhem při tuhnutí, zpracováním.

Legováním tato tvrdost až do určité meze roste, často legují se kovy jen proto, aby se získal materiál tvrdý, opotřebení dobře vzdorující.

Čím více v technickém železe uhlíku chem. vázaného, tím větší jeho tvrdost; určitým způsobem žhání lze jeho část pozměniti v uhlík temperový a proto tvrdosti ubývá, železo na pohled bíle se piluje.

Tvrdost, kterou nabývá plávkový materiál svou výrobou, jest jeho tvrdost přirozená, kterou možno zpracováním za studena zvětšiti; při druzích bohatě uhlíkatých kalením nabývá se tvrdosti sklové, kterou možno novým ohřevem popustiti na požadovanou míru.

Slevací železo, obsahující grafit, po případě i uhlík temperový jako látky přimíšené, jest měkké; rychlé tuhnutí přivozuje však tvrdost, žhání a pozvolné tuhnutí měkkost.

Nejvyšší stupně tvrdosti technického železa docílujeme *legováním* s wolframem a chromem, manganem a niklem.

Jiným dokladem sem spadajícím jsou právě bronzы. Slitina, obsahující 95 d. mědi, 5 d. cínu má skoro dvojnásobnou tvrdost čisté mědi; s přibývajícím množstvím cínu tvrdost roste, dosahujíc maxima asi při 20% a toto maximum se jen pozvolně umenšuje, znatelné ubývání zjeví se až při 65% cínu.

Zinek tvrdí měď slaběji než cín, maxima se dosahuje asi při 50%, kde tvrdost slitiny as dvojnásobná tvrdosti mědi. Oproti tomu antimon ve značné míře tvrdí olovo; slitina obsahující 12% antimonu, má skoro čtyřnásobnou, 23% pateronásobnou tvrdost čistého olova.

Methody k určování pevnosti nejsou posud jednotně stanoveny a způsoby užívané v mineralogii pro potřebu kovového průmyslu nevystačují.

Na tomto místě sluší uvést stupnici G o l l n e r - o v u z roku 1882, obsahující 18 stupňů:

1	2	3	4
olovo	cín	tvrdé olovo	čistá měď žíhaná
5	6	7	
měď litá	$85\text{ Cu} + 10\text{ Sn} + 5\text{ Zn}$	kujná litina	
8	9	10	
vláknitě kujné ž.	světle šeré slev. ž.	tvrdá žel. litina	
11	12	13	
	plávkový materiál s		
0.15 C	0.45 C	0.96 C	
14	15	16	
	zakalená ocel kelímková popuštěná do		
modra	slaměna	žluta	
17	18		
$83\text{ Cu} + 17\text{ Sn}$	zakalená ocel kel.		

Před několika málo lety přišel B r i n e l l s novou methodou podstaty vědecké; tato methoda záleží v tom, že se tvrdá ocelová kulička, normálně 10 mm v průměru, zatlačuje určitým předepsaným tlakem do povrchu zkoušeného materiálu a velikost takto získaného otisku bere za základ určování tvrdosti. Pro technické železo užívá se tlaku 3000 kg, pro měkký materiál 500 kg.

Tlak, vyjadřující na 1 mm² kulového otisku nazván číslem tvrdosti. Z tohoto čísla lze při kujném železe o oceli, obsahující pod 0.6% C, dosti přesně stanovití pevnost v tahu, násobí-li se číslo tvrdosti určitým koeficientem. Tento koeficient stanovil D i l l n e r ve Štokholmu takto:

pro čísla tvrdosti pod 175	nad 175
0.362	0.344 pro směr příčný při válení
0.354	0.324 „ „ podélný při válení.

Leží na bílém dni, že podobná zkouška má velkou cenu praktickou, běží-li o rychlou kontrolu pevnosti při zkouškách kolejnic, tyřů, projektilů, a pod.; postačí změřiti průměr kulového otisku, z tabulky příručné vzíti číslo tvrdosti a násobiti příslušným koeficientem.

3. Tvarebnost slitin.

Tvarebností (duktilitou) rozumí se schopnost materiálu za stavu pevného účinkem vnější síly mechanické (tahu, tlaku, ohybu) t r v a l é změny tvarové přijímati. Tato schopnost jest velmi příbuzná h o u ž e v n a t o s t i (tenacitě), pokud se tato měří trvalými deformacemi za mezi pružnosti;

každá tvarebnost předpokládá určitou míru houževnatosti a čím dříve po překročení meze pružnosti, nastává přerušení souvislosti nejmenších částic materiálových (přetržení), tím menší jest tvarebnost či tvárnost materiálu.

Toto však obecně vzato nevystačuje, vždy jest ještě uvážiti velikost přetvořování vůbec a průřezu, k němuž se toto vztahuje zvlášť, velikost síly, jež onu deformaci provéstí má a částečně i polohu meze pružnosti; čím nižší jest tato mez a čím menší kladou materiálové částice následkem kohaese odpor, tím tvarebnější jest materiál a tím menší spotřeba síly. V dalším má vliv teplota, kterou se mez pružnosti obecně snižuje a proto mnohé slitiny za studena jen málo tvarebné po ohřevu jsou velmi tvarebné (plávkový : svarový materiál železný); při mosazi shledáváme opak, ohřevem na tvarebnosti pozbývá.

Obecný zákon pro slitiny zní: čisté kovy jsou nejtwarebnější, *legováním* tato schopnost se umenšuje, ba i úplně mizí; vliv přímíšenin jest rozmanitý, jak bylo při technickém železe na různých místech připomenuto.

4. Slevatelnost.

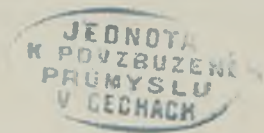
Slevatelností po rozumu technologickém rozumí se souborná schopnost materiálu poskytnouti účelné bezvadné slitky; tato vlastnost závisí na četných okolnostech jako řídké tekutosti, nízké teplotě tavení, malé míře smršťování a j., což bude obšírněji vyloženo v oddílu III.

Slevatelnost kovů čistých jest nejmenší, *legováním* skoro vždy se zlepšuje. Tavicí teplotou při slitinách rozumí se ta, při které veškeré součásti slitiny v tekutý stav přecházejí; legováním kovů se obvykle tato teplota snižuje, čemuž jest rozuměti tak, že jest nižší, než jak by chtěl příslušný výpočet, jindy se s ním shoduje a v řídkých případech jest i vyšší.

Při slitinách potrojných a počtverných často shledáváme velmi značné snížení tavicí teploty, jak toho dokladem skupina slitin lehce tavných, z nichž některé i ve vroucí vodě v tekutý stav přecházejí (viz str. 168.)

Materiál, který přecházejí ze stavu pevného do tekutého, prochází stavem *kašovitým*, jest *hustě tekutý* a špatně slevatelný, kdežto ten, který podobného stavu nevykazuje, bývá *řídce tekutý* a dobře slevatelný; doklad k tomu: svarový materiál, měď — slevací železo, bronz.

Hustá tekutost vznikává rozpouštěním se vlastních oxidů v tavenině a je-li přítomna síra, vzniká kyslíčník siřičitý, který způsobuje děrnatost slitků; z toho důvodu přidávají se do lázně kovové *desoxydační přísady*, které s kyslíčníky a plyny v tavenině vázanými nebo pohlcenými vytvářejí specificky lehčí nerozpustné slitiny, jež přejdou do strusky.



5. Tepelná a elektrická vodivost.

Technické kovy jsou dobré vodiče jak pro teplo, tak i elektrický proud; čím jsou čistší, tím vodivější, na prvním místě jest měď.

Legováním se obě vodivosti umenšují (viz měď); při slitinách olova, cínu, zinku jest rozdíl jich vodivostí vzhledem k hodnotám, jež by vyšly výpočtem, nepatrný. Pro praksi mají důležitost slitiny v elektrotechnice užívané jako *rh e o s t a t o v ý m a t e r i á l*, který má býti o nejmenší vodivosti; dobře tu vyhovují mimo jiné *n i k l o v é m o s a z i*,

Slitina obsahující v ‰

60 Cu	25 Zn	15 Ni	má spec. odpor ρ	= 0.30
62 „	20 „	18 „		= 0.35
55 „	20 „	25 „		= 0.45
60 „	a	40 „		= 0.59

když ρ čisté mědi = 0.0166 *ohm-m-mm²*.

6. Měrná váha slitin.

Při měrné váze slitin zdálo by se, že příslušný výpočet bude nejpravděpodobnější a podá výsledek shodný se skutečností, ale tomu tak zřídka; obvykle bývá měrná váha větší, což nasvědčuje tomu, že nastalo jakési *zhuštění* hmoty. Při slitinách olova a zinku, olova a antimonu naopak bývá m. váha menší, což vede na jakési *zředění* hmoty.

Na tomto místě jest se zmíniti jako o zvláštnosti, o slitině nazvané *magnalium*, obsahující hliník a hořčík, která jest při větším množství posledního (přes 6‰) ještě lehčí hliníku, ač nastalo při legování zhuštění hmoty.

Užívá se tohoto kovu ve zvláštních případech, kde sejde na lehkosti konstrukce a obsahuje až 10‰ hořčíku, kdy pevnost jest asi dvojnásobná pevnosti hliníku.

7. Barva slitin.

Většina technických kovů jest barvy bělavé s různými odstíny až na měď; jich slitiny mají barvu buď ze základních smíšenou, anebo novou, zcela zvláštní, osobitou. Při kovech bělavých není to tak zřejmé, jako při mědi, zvláště ve slitinách mědi se zinkem, kde lze obdržeti ty nejrozmanitější odstíny od barvy čisté žluté až do zlatové.

Na barvu, v jaké se jeví slitina, má podstatný vliv mechanická úprava dotyčných ploch.

Barvicí schopnost kovů jest proměnlivá, při některých stačí nepatrné množství, aby barva kovu základního zřetelně byla pozměněna.

8. Průmyslová výroba.

Metallurgické vytavování technických kovů z jich rud více kovů obsahujících jest vlastně nejstarší způsob praktické výroby slitin a podnes se užívá v specialní metallurgii; staří ani nevěděli, že mají co dělati s kovem složitým a jeho nahodile různé vlastnosti podle poměrného zastoupení jednotlivých kovů, různě vykládali, ba i tajemným silám přisouvali.

Průmyslová výroba užívá dnes kovů hotových v tom složení, v jakém přicházejí v obchodu a taví je v určitém poměru vahovém.

Na prvý pohled zdálo by se, že to práce velmi jednoduchá, ale ve skutečnosti není tomu tak a vyžaduje odborných znalostí, má-li získaný materiál svému účelu plně dostáti.

Legované kovy, jevící ve stavu tekutém vůči teplotě, měrné váze, kyslíku vzduchu značné rozdíly, mohou jen určitými postupy býti taveny; obecně platných předpisů nestává a podrobnosti lze vážit toliko z vlastní zkušenosti. Často vznikají při neodborné výrobě značné ztráty na kovech oxidací, čemuž lze se vyvarovati tím, že kovy mísíme, pokud to jde, při nižší teplotě.

K získání slitin co nejstejnorodějších při nejmenší ztrátě opalem doporučuje se tato od dávných dob užívaná cesta.

Nejprve se taví kov s nejvyšší tavící teplotou, když tekutý, nechá se zchladnouti až skoro počíná tuhnouti a přidá kov další co do teploty po něm následující ve stavu zahřátém; po každém přidání kovu dalšího teplota se zvýší a tavenina suchou holí dřevěnou, po případě grafitovou, někdy i kovovou důkladně promíchá.

Toto proměšování jest zvláště důležité v případech, kde legují se kovy lehce a těžce tavné, ve kterých případech dobře prospívá i opěťované tavení hotové již slitiny vedlejší. Ponechá-li se tavenina, obsahující kovy různých m. vah v klidu, velmi snadno se odměšuje a tu právě dobře se hodí k míchání dřevěné hole, které uhelnatí za hojného vývoje plynů, čímž udržují taveninu v živém pohybu.

Při slitinách, obsahujících jeden kov těžce tavný a více lehceji tavných, doporučuje se vyrobti nejdříve vedlejší slitinu z posledních a jsou-li ve množství různém, taviti nejprve v poměrech stejných a pak přidati zbytek; vedlejší slitina taví se posléze s kovem těžce tavným.

K ochraně taveniny před účinkem vzduchu (kyslíku) užívá se c h r á - n i d e l, které jednak přístup vzduchu k tekuté lázni zamezují anebo s kyslíkem ve spojení vstupující, nezávadnou strusku vytvoří. Bývají to drobné kousky dřevěného uhlí, jemný pískový či sklový prach, bezvodý borax, (poslední pojímá kysličníky legovaných kovů), tuky, pryskyřice, mýdla (které po rozkladu teplem zanechají velmi jemně rozptýlený uhlík).

Někdy vlastností slitiny dobře prospívá malé množství fosforu nebo síry v podobě f o s f i d ů či s u l f i d ů.

Velmi často užívá se při výrobě slitin různých o d p a d k ů od předešlého lití (vtoky, přetoky a jiné nality), po případě s t a r é h o m a t e r i á l u; množství těchto může býti tím větší, čím méněkrátě jich materiál byl přetavován, neboť každým opětovaným tavením, účinkem vzduchu a plynových zplodin v peci, složení slitin se pozměňuje, množství rozpuštěných oxidů se zvětšuje a nové přimíšeniny do slitiny vstupují.

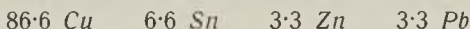
Při dalším projednání oddílu druhého přidržel jsem se rozdělení s k u p i n o v é h o, jež dáno hlavními z kovů legovaných, nehledíc k ostatním, které tam v menším množství se vyskytují a jako přimíšeniny mohly by býti označeny, nejsou bez významu; se strany jedné máme zde slitiny od dávných dob užívané, s druhé slitiny moderní, které teprve v poslední době do průmyslu byly zavedeny.



I. Skupina bronzů.

Bronzem označujeme slitiny bohatě měďnaté s cínem s přirozenou či zúmyslnou přísadou kovů jiných, po případě i metalloidy; z kovů bývá to obyčejně zinek a olovo, řidčeji k docílení zcela osobitých vlastností mangan, nikl, hliník a železo.

Z těchto důvodů není pojem moderního bronzu dosti vymezen, normální jeho složení udává se:



Řekové nazývali tyto slitiny k a l c h o s (kalchoidy), Římané měli pro ně termín a e s; teprve v XV. a XVI. století vznikl v Itálii název b r o n z o, který odtud přešel do všech světových jazyků.

Antické či pravé bronzы obsahovaly jen 70 až 90% Cu a 2 až 28% Sn, mimo nepatrná množství olova, železa a niklu.

Bronzy jsou hutné slitiny barvy žlutočervené různých odstínů, řidčeji barvy šedavé, o struktuře jemně zrnité, vyznačující se slevatelností, tvrdostí, pevností a houževnatostí; u srovnání s mědí mají nepatrnou roztažitelnost, a ve stavu roztaveném velkou tekutost, při lití formy dobře vyplňující, poskytnou slitky homogenní při malé míře smršťení.

Bronzy jsou velmi náchylné k odměšování a proto výroba slitku tlustostěnných homogenních skytá značných obtíží; odměšování lze dobře pozorovati na bronzích, obsahujících asi 10% cínu, nebylo-li zchlazení slitku rychle provedeno, již pouhým okem; na červenavě žluté půdě zjeví se bělavější skrný, tak zv. cinové, jež jsou slitinami chudě měďnatými.

Poněvadž bronzы jsou málo tvarebné, užívá se jich ponejvíce v podobě slitků (děla, strojové části, zvony) a všude, kde běží o velkou pevnost či

tvrdost, užívá se bronzu pravého, obsahujícího čistou měď a cín; slévání podobných bronzů následkem snadné oxydace cínu jest velmi obtížné.

Metalloidy fosfor a křemík, jakož i malá množství manganu a hliníku vyčišťují bronz při tavení tím, že oxyd cínu redukují.

Rozeznáváme bronz slevaný při teplotě nižší po slití rychle chlazený (drobné slitky nebo má-li býti mech. zpracován) a bronz slevaný za teploty vyšší s pozvolným chlazením ve formě, který jest tvrdší, ale dá se ohřevem do temně červená a zchlazením ve studené vodě změkčiti; při slitcích tenkostěnných postačí ohřev na 230° (teplota tavení cínu).

Tento postup při slévání bronzu nazývá se popouštěním a jeho vliv jeví se nejzřejměji při bronzích, obsahujících 18 až 22% cínu.

Největší pevnosti v tahu dosahujeme při 17% cínu, při větším množství pozvolna klesá; bronzы zahřáté na 200° rychle na pevnosti ztrácejí.

Tvrdost bronzů roste až do 25% cínu, přes toto množství nejprve zvolna, později rychle klesá; až do 15% jest struktura hustě jemnozrnná a proto pevnost i houževnatost velká.

Bronzy s malým množstvím cínu (1 až 2%) jsou za studena tvarebné, ale na hranách výkovků objevují se větší trhlinky než při mědi; při rostoucím množství cínu stává se jich mech. zpracování (lisováním, ražením, tlačáním) obtížnější a pak se často přidává něco zinku.

Při 6% cínu mizí tvarebnost za studena vůbec, za žáru červeného však trvá, při 15% mizí i tato a jen při zvláštním způsobu práce, v počínajícím temně červeném žáru lze zpracovati i bronzы obsahující až 22% cínu. —

Zinek v malých množstvích vyčišťuje měděnou lázeň a způsobuje řídkou tekutost; podobné slitky se dobře ciselují.

Olovo, dokud jest ho málo, rovněž příznivě účinkuje, slitky jsou hutné a dobře se zrábějí; je-li ho však větší množství (přes 0.5%) nastává velmi snadno odměšování a zvětšuje se oxydačnost slitiny. Z těchto důvodů hodí se olovnaté bronzы jen k určitým účelům.

Železo má obdobný vliv jako kovy předešlé a slitina se stává tvrdší, obtížněji tavitelnou a barvy bledší.

Na závěrek uvádím starou technologickou tabulku Quettier-ovu a soubornou podle prací Rieffel-, Mallet-, Calvert- a Margraff-ových, kde typické vlastnosti jednotlivých slitin stručně jsou charakterisovány.

Strukturním studiem bronzů zabývali se v poslední době Heyn a Bauer, Charpy, Heycock a Naville; výsledky nejsou však posud zpracovány.

1. Tabulka Quettier-ova.

% Cu	Barva	Lom	Karakteristika
99	bledě červená	zrnitý	houževnatý a měkký
95	červenavě žlutá	jemnozrný	tvrdší
90	„	zrnitý háčkovitý	dobře se piluje
80	bledě zlatová	trochu háčkovitý	ještě tvrdší
75	běložlutá	hladký	tvrdý, ale piluje se
65	šedobílá	méně hladký	lámavý, nesnadno se piluje
50	„	„	lámavý
40	matně bílá	„	dá se pilovati a polirovati
30	„	poněkud lupínkatý	„
20	šedobílá	zrnitý „	„
10	bílá	zrnitý	lehce se piluje

2. Tabulka souborná.

Poměr ekvivalentů		%	Barva	Lom	Tvrđost	Tavitelnost	Karakteristika
Cu	Sn	Cu					
	—	100	loosově červená		10	16	
96	1	98·10	růžová		11	—	tvrdší mědi, medaille
72	1	97·48	růžově žlutá				lodní kování
48	1	96·27	červánkově růž.				tvrdší, ale tvárný
25	1	93·17	žlutočervená	jemnozrný			trochu kujný
20	1	91·49	červenavá	zrnitý			velmi tvrdý, houževn.
18	1	90·1	„	„			dobře se piluje
16	1	89·9	červenavě žlutá	jemnozrný			trochu kujný, tvrdý
15	1	89·0	„	„			dá se pilovati
14	1	87·7	žlutá	zrnitý			kujný, piluje se
12	1	86·2	žlutavá	„			trochu kujný
10	1	84·3	červeně žlutá	jemnozrný	8	15	křehký
9	1	82·81	„	„	5	14	„
8	1	81·80	žlutočervená	„	4	13	„ piluje se
7	1	78·97	„	hladce lasturnatý	3	12	tvrdý
6	1	76·29	modravě červená	hladký	2	11	těžce se piluje
5	1	72·80	„	lasturnatý	1	10	„ „ „ zvonov.
4	1	68·21	popelavě šedá	„	6	9	křehký, zrcadloovina
3	1	61·69	temně šedá	lupínkatě zrnitý	7	8	zvonovina
2	1	51·75	šeděbílá	hladce lasturnatý	9	7	„
1	1	34·92	světlejší	lupínkatě zrnitý	11	16	malé zvonky.

Největší tvrdost těchto slitin označena 1, pro tavitelnost vzat čistý cín za 1.

A. Strojový bronz.

Jest to obvyklý materiál na určité části strojové, kde nahrazuje technické železo z důvodu jich rezavění; v první řadě jsou to součásti pump, součásti mechanismů s pohybem točivým i posuvným (ložiskové pánve, pístové a excentrové kroužky šoupátka parních válců atd.). Při bronzích určitého složení vyskytají se velmi příznivé poměry tření a ponevadž opotřebení jak dvojic točivých tak i posuvných jest neodstranitelné, zhotovuje se obvykle ona část, již lze snadno a s malým nákladem nahraditi z bronzu, který volen v takovém složení, aby druhá část dražší před opotřebením co nejvíce byla uchráněna a část bronzová přece byla postačitelně trvanlivá.

Často bývá tvrdost pravého bronzu příliš velká, pak se přidává i zinek, čímž se slitina i zlevní a to jest tak zv. červený kov; dále shledáno, že v případech, kdy žádoucí jest snadná a dokonalá slevatelnost jakož i zrábitelnost řezacími nástroji dobře se osvědčuje olovo.

Z toho vyplývá, že rozmanitost předpisů pro výrobu strojového bronzu jest odůvodněná.

Strojový bronz dobré jakosti jest struktury stejnoměrně husté, pevný houževnatý, přiměřeně tvrdý a proti vlivům chemickým vzdorný; jeho teplota tavení leží asi při 1050° C.

Karakteristické vlastnosti sestaveny v podobě tabulky:

Cu %	Sn %	Měrná váha	Pevnost kg-mm ²	Prodlou- žení λ v %	Bronz
95	6	8.77	20	16	za studena válitelný
92	8	8.73	21	13	na šrouby, svorníky a p.
90	10	8.70	22	11	na armatury, pístové kroužky a p.
88	12	8.68	23	9	na pumpovní tělesa obvyčejná, šroubová soukolí
86	14	8.66	24	7	na hydraulická p. tělesa, šoupátka a p.
83	17	8.63	25	5	sklově tvrdý na součásti strojů rozměňovacích
80	20	8.59	21	3.5	velmi tvrdý a křehký, ložiskové čocky a p.

B. Fosforový bronz.

Tento bronz jest buď obvyčejný bronz fosforem prostě vyčištěný, anebo bronz, v němž malá množství fosforu zůstanou; jest nápadné, že některé bronzы antické rovněž fosfor obsahují.

Termín fosforový bronz, byl zaveden do technické praxe v letech 70tých a není zrovna případný, jelikož nemá-li býti tato slitina příliš tvrdou a křehkou, nesmí obsahovati více než 0.1% fosforu.

Tavěcí měď obsahuje zpravidla oxydul, který se mění při tavení s cínem v kysličník cínčitý, v tavenině sice nerozpustný, ale do strusky také nepřecházející, zůstává v ní rozptýlen a způsobuje její hustou tekutost a malou pevnost (H e y n a B a u e r 1904).

K redukci oxydulu mědi a oxydu cínu užíváno fosforu již při tavení bronzů na francouzská děla roku 1854, ale tato praktika udržována byla v tajnosti.

Teprve na základě prací K ü n z e l - ových a L é v y - M o n t e - f i o r e - h o zavedl se fosfor všeobecně při výrobě bronzů a anglická společnost f. b. jeho vlastnosti po rozumu technologickém přesně vyšetřila.

Přidáním fosforu mění se obyčejný cín v cín fosforový, který velmi snadno krystaluje a proto slitiny takto získané jsou lepších vlastností. Fosforem rafinovaný bronz stává se řidce tekutý, hutnější, pevnější a houževnatější, jeho barva jest jasnější a vzdoruje i více mořské vodě a kyselinám. Angl. patent P a r k e - s ů v z roku 1848 pro slitinu na lodní kování, trouby a válce do kartounek.

Pevnost obyčejných bronzů (až do 10% cínu) lze přiměřeným množstvím fosforu zvětšiti až o 30%, aniž trpí houževnatost měřená prodloužením materiálu značnější újmy; žháním sice tato pevnost klesne, za to však ohebnost vzroste.

Dráty z fosforového bronzů nežíhané mají pevnost 72, položíhané 61 a dobře vyžíhané 37 kg-mm².

Fosfor přidává se do roztavené slitiny v podobě fosforového cínu anebo f. mědi; pro pouhé vyčistění slitiny stačí 2% fosforové mědi (10% cínu) a rafinující účinek stane se ihned po jejím vložení a důkladném promíšení znatelný; na tekuté lázni zjeví se zrcadlový povrch. Teplota tavení fosforových bronzů bývá asi 975° C.

V tabulce sestaveny různé druhy f. bronzů, jeho užití i složení.

Cu %	Sn %	F. m. 10% %	Měrná váha	Pevnost kg-mm ²	Prod- lou- žení λ v %	Bronz fosforový
91.5	5	3.5	8.85	24	18	za studena kujný a ještě válitelný tvrdý jako k. železo, na šrouby, a p. pro armatury, hřídele, pístnice a p. všechny druhy ozubených kol, lož. pánve pump. tělesa, šoupátka, excentrové obojky tvrdý jako ocel, na čochy ložiskové, koule strojů rozemílacích velmi tvrdý a křehký.
89	8	3.0	8.81	25	16	
87	10	3.0	8.78	26	14	
85	12	2.5	8.75	27	12	
83.5	14	2	8.72	28	10	
80.5	17	2.5	8.69	29	7	
78	20	2.0	8.65	2	4	

Formy pro vysoké pece bývají tohoto složení:

90·86 Cu 8·56 Sn 0·196 P

a H o p e r-ův drát pro lodní vlečná lana s pevností přes 90 kg-mm²

95·59 Cu 3·60 Sn 0·5 Pb 0·37 P 0·24 Ni 0·07 Fe.

C. Dělovina.

První bronzová děla měli Arabové (1131 až 1142), později Němci (1372) a tyto byly lity v Norimberce; v obecnější užívání však přešla až po roce 1420. V prvních dobách lily se dělové trouby na železná jádra, až teprve po roce 1744 zavedeno bylo liti zplna, načež se vrtaly.

Při tomto materiálu požaduje se velká tvrdost, aby opotřebení bylo nepatrné, značná pevnost spojená s houževnatostí a pružností, aby dobře vzdoroval tlaku prachových plynů (až 2000 atm.) a zplodinám spalení prachu, jakož i po stránce výrobné bezpečně jistý výrobek.

Během dlouhých dob nashromážděné zkušenosti vždy v tajnosti udržované, vedly skoro u všech čelních států k čistému bronzu asi toho složení, jaké mival u starých národů pro zbraně, jak potvrzuje tato seřada pro menší polní děla:

pruská děla	10 d. cínu na 100 d. mědi	(9·1% Sn 90·9 Cu)
francouzská děla	11 „ „ „ „ „	(9·9% „ 90·1 „)
anglická „	12 „ „ „ „ „	(10·7% „ 89·3 „)

Pro čistý bronz s 10% Sn byla nalezena

pevnost 24 až 27·8, mez pružnosti 13·5 kg-mm², prodloužení $\lambda = 6·8\%$ a zúžení $C = 6·7\%$; při dělovině udává se potřebná pevnost na 30 kg-mm² při prodloužení $\lambda = 10$ až 15 %.

Přimíšeniny účinkují vždy škodlivě a proto se užívá k výrobě jen kovů nejčistších, jakož i materiálu ze starých děl; výjimku činí toliko zinek, který se přidává v malém množství, aby slitina byla slevatelnější a fosfor k raffinaci taveniny.

Bronz U c h a t i u s-ův, který vynálezce nazval o c e l o v ý, ač žádného železa neobsahuje, obsahuje asi 8% cínu a jest oproti jiným dělovinám houževnatější. Trouby slité na jádro měděné asi v průměru dvou palců se nejprve vyvrtají a po té postupně šesti ocelovými trny hydraulickým tlakem zhušťují; tímto výrobním procesem získá se dutina o povrchu tvrdém a pevném, vnější vrstvy zůstanou však v původním stavu houževnatém a tím vyhověno oběma z počátku uvedeným požadavkům.

Pro tento bronz udává se pevnost 45 kg-mm² při prodloužení 15 až 20%.



D. Zvonovina.

Užívání bronzu na malé zvonky jest pradávné, na velké zvony zavedeno až v době křesťanské ve století VI.; výkvět průmyslu zvonařského spadá do konce století XV. a počátku XVI*).

Zvučnost zvonu nezávisí toliko na jeho velikosti, tvaru a rozložení kovu, nýbrž i na složení slitiny; co do jasnosti a plnosti zvuku nejlépe se hodí bronz, obsahující 20 až 23% cínu, které jsou tvrdé a zároveň houževnaté, aby bezpečně snesly nárazy srdce.

Zvonovina jest barvy žlutavě šedobílé, struktury velmi jemnozrnné, hustá, tvrdá a přes poměrně velké množství cínu jen málo křehká. Cizí příměšeniny buď zvučnosti prospívají nebo škodí.

Chem. rozbor provedené na starých zvonech ukázaly, že složení slitiny bylo podle místa, odkud průby byly vzaty, různé, dále že slitina obsahovala někdy olovo, jindy zinek a železo; nové zvony vyrábějí se jen z čisté slitiny bronzové.

Zvonařství, jako mnohý jiný průmysl středověký, zapadlo; zvony i zvonky bronzové nahrazeny ocelovými, které vyšly ze závodu Bochumského a které se jim co do lahodnosti zvuku úplně vyrovnají, jak krásně bylo ukázáno na výstavě v Düsseldorfu roku 1902.

Lití velkých zvonů z oceli provedeno v roce 1851 Jakubem Meyerem. ředitelem závodu v Bochumu; byla to první fačonová ocelová litina.

E. Křemikový bronz.

Druhý metalloid k raffinaci bronzu, vlastně mědi, jest křemík, který slaběji účinkuje než fosfor; v hřotové slitině se vůbec nenalezne anebo jen v nepatrných sledech.

Měď raffinovaná křemíkem stává se velmi pevnou a houževnatou a příslušný bronz zaveden do technické praxe Weillerem v Angoulému v letech osmdesátých jako proudovodný materiál pro linie telegrafické a telefonické, poněvadž nerezaví a má velkou pevnost; poněkud větší množství křemíku značně redukuje elektrickou vodivost, jak zřejmo z tabulky:

	Cu	Sn	Si	Zn	Fe	Pevnost kg-mm ²	Vodivost %
	v %						
Elektrolytická měď	100					28	100
Křemikový bronz (telegrafy)	99·94	0·03	0·03	—	sledy	45	98
„ „ (telefony)	97·12	1·14	0·05	1·12	„	93	43

*) Zde zasluhuje zmínky zvon Ivan Veliký, litý roku 1663, který při průměru 7 m vážil 240 t; spadl za požáru roku 1701 a jeho zbytky lze podnes v Moskvě shlédnouti. Štěpán dómu vídeňského váží asi 26 t a zvon katedrály olomoucké asi 18 t.

F. Manganový bronz.

V tomto bronzu jest cín nahrazen po velké části manganem, který rovněž rafinuje měď, jen že jeho čistící účinek jest asi čtyřikrát menší než u fosforu; mangan v tavených kovech rozpuštěné oxydy rozkládá a vzniklý oxydul manganu přechází do strusky a s ní se odstraní.

K výrobě užívá se buď kovového manganu anebo raději manganové mědi asi tohoto složení: 80 *Cu*, 18 *Mn*, 2 *Fe*; ferromanganu nelze užiti.

Jde-li o prostou rafinaci slitiny; postačí 3 až 6% manganu a jen nepatrné množství v ní zůstane; při větších množstvích roste pevnost i tvrdost slitiny jako při bronzích, křehkost se rovněž zvětšuje, ale ne tou měrou jako při fosforu.

Manganový bronz není tak slevatelný jako obyčejný, jest hustě tekutý a nedoznal následkem větší ceny manganu oproti cínu většího rozšíření. Dobrý manganový bronz obsahuje mimo měď

5 až 20% *Mn* 0 až 3% *Sn* 2 až 15% *Zn*

a kujný m. bronz má podle G i n t l - a složení :

75 až 76% *Cu* 16 až 17% *Mn* 5 až 6% *Zn*.

G. Hliníkový bronz.

Tento materiál obsahuje místo cínu hliník; v obvyklých druzích bývá ho od 3 až do 10%; slitina s 11% jest pro technické použití již příliš tvrdá a křehká.

Hliník účinkuje zde jako čistící prostředek a zamezuje vývoj plynů při lití; pro pouhé vyčištění mědi stačí 0.25 až 1% hliníku.

Nahrazením cínu hliníkem roste pevnost a tvrdost mědi, jakož i vzdornost proti kyselinám ve větší míře, než tomu při stejném množství cínu (viz str. 138.); již při malém množství hliníku mění se červená barva mědi ve zlatovou.

Výroba tohoto bronzu provádí se tím, že do měděné lázně (měď co nejčistší) ponořuje se kleštěmi pevný hliník a poté se lázeň důkladně promísí; má-li býti slitina křemikátá, přidá se pak příslušné množství křemíkové mědi. Při tavení v grafitových kelímcích dbá se toho, aby tavenina nebyla přehřátá, čímž by nastalo ve formách vstřebávání.

Byla-li užitá měď čistá, jest odměšování slitiny jen nepatrné, smršňování jest však značné (1.8 až 2%), což proti obyčejnému bronzu míra skoro dvojnásobná.

Hliníkového bronzu lze přechoť užiti jako účelnou náhradu za červený kov, fosforový a mang. bronz, jakož i kov Delta ze skupiny mosazi; zvláště se doporučuje na součásti podrobené nárazům, vysokým tlakům a kde značná tření; do strojnické praxe zaveden teprve ke konci uplynulého století.

Hliníkový bronz, obsahující 5 až 8% hliníku, jest tvarebný a dá se váletí, kovati a lisovati; mezi žárem temně a jasně červeným kovati; nikdy se však nesmí kovati za studena lehkými kladivy, aby uvnitř nevznikla vzduchoprázdňá místa následkem břidlicovité struktury.

Obvyklá složení tohoto materiálu s příslušnými vlastnostmi nalézají se v tabulce.

Cu %	Al %	Si %	Měrná váha	Pevnost kg-mm ²	Prodlou- žení %	Barva	Hliníkový bronz
97 95	3 5	— —	8.40 8.20	35 40	65 60	žluto červená červeně žlutá	za studena válitelný při opěťovaném ohřevu a zchlazení válitelný
92 90	8 10	— —	7.80 7.65	45 50	50 20	„ zlatová	jen za červeného žáru tvárný za červena ještě tvárný, dobře slevatelný
88	10	2	7.40	65	2	jasně žlutá	velmi tvrdý a křehký, za červena lisovatelný.

II. Skupina mosazí.

Do této skupiny spadají veškeré slitiny, obsahující jako podstatné části měď a zinek; zinek činí měď dobře slevatelnou a pozměňuje její fysikální vlastnosti.

Mosaze jsou mladšího původu nežli bronzы a jest dokázáno, že staří Řekové tuto slitinu neznali; teprve za doby římských imperátorů počala se vyskytovat mosaz a mnohé z mincí doby císařské obsahují jen malá množství cínu, za to ale mnoho zinku.

První mosaz vyráběla se v oblasti Černého moře v krajině zvané Messinocie (ze kteréhož jména prý odvozeno její jméno) zhutňováním rud měďnato-zinečnatých; později shledáno, že tavením mědi s kalamíny za přítomnosti uhlí červená barva se měnila ve zlatovou a na váze jí přibývalo a tento proces považovali za jakési barvení mědi.

Teprve 200 let po vynalezení kovového zinku učil S w a b (Švéd), že mosaz lze získati tavením mědi se zinkem a přes to trvalo to až do poloviny století XIX., kdy Jakub E m m e r s o n tento způsob výroby prakticky provozoval.

Zinek zvětšuje pevnost a tvrdost mědi, ale v menší míře než cín (viz str. 138.). Tvarebnost mosazí i při větších množstvích zinku (40%) jest velmi vyvinutá a za určitých opatrností lze za obyčejné teploty zpracovati i mosaz 50%ní, když byly suroviny chem. čisté. Při zpracování za tepla jsme na tom hůře než při bronzích a jen určité druhy mosazí, obsahující 35 až 42% zinku dají se kovati za tepla.

Malá množství železa nebo hliníku zvětšují tvarebnost mosazi za tepla a proto obvyčejné druhy zpracovávají se jen za studena a poněvadž při válení, tažení, lisování, tlačení, stává se slitina obdobně jako měď křehkou, nastává potřeba během dotyčné práce ji žíhati.

Přes uvedené množství 50% stává se mosaz křehkou.

Mosaze jsou velmi dobře slevatelné, mají však velkou smrštitost, která roste s množstvím zinku; nejsou náchylné k odměšování a je-li množství zinku větší, nastává velmi nemilé vstřebávání ve formě.

Poněvadž cena cínu jest asi čtyřnásobná ceny zinku a dále k docílení určitých pevnostních vlastností jest potřeba asi dvakrát tolik zinku co cínu, jsou mosaze lacinější než bronzы a v tom právě leží důvod pro velké rozšíření mosazi v kovovém průmyslu.

Mosaz jest nejužívanější slitina měděná, ale není na místě tam, kde se požaduje větší pevnost, tvrdost a vzdornost proti chemikáliím — tyto případy vyhrazeny jsou bronzům.

Vzhledem k úplnosti uvádím zde historickou tabulku M a l e t t - o v u :

Cu : Zn	% Cu	Barva	Lom	Měrná váha	Tvr- dost (max. = = 1)	Tažnost při 15° C	Tavi- telnost
1 : 0	100	červená	—	8-667	22	8	15
10 : 1	90-72	červenavě žlutá	hrubozrný	8-505	21	6	14
9 : 1	89-80			8-607	20	4	3
8 : 1	88-60	žlutá	hrubozrný	8-633	19	2	12
7 : 1	87-30			8-587	18	0	11
6 : 1	85-40	žluto červená	jemně vláknitý	8-591	17	5	10
5 : 1	83-02			8-415	16	11	9
4 : 1	79-65	bledě žlutá	vláknitý	8-448	15	7	8
3 : 1	74-58			8-397	14	10	7
2 : 1	66-18	jasně žlutá	hrubě zrnitý	8-299	13	3	6
1 : 1	49-47			8-230	12	12	6
1 : 2	32-85	temně žlutá	hrubě zrnitý	8-263	10	1	6
8 : 17	31-2	stříbrová	lasturnatý	7-721	5	—	5
8 : 18	30-36			7-836	6	velká křehkost	5
8 : 19	29-17	jasně šedá	sklovitý	7-019	7	—	5
8 : 20	28-12	popelavě šedá		7-603	3	křehkost	5
8 : 21	27-10	jasně šedá	lasturnatý	7-058	9	velká křehkost	5
8 : 22	26-24			7-882	8	malá	5
8 : 23	25-39	popelavě šedá	jemno- zrnitý	7-443	1	tažnost	4
1 : 3	24-50			7-449	2	křehkost	3
1 : 4	19-65	temně šedá	—	7-371	4		2
1 : 5	16-36	jasně šedá		6-605	11	—	1
0 : 1	0	—	—	6-895	23	—	1



Malá množství cínu (ne přes 3%) činí mosaz lehce tavnou, hutnou, pevnější a tvrdší, tedy i leštitelnou, krásněji zabarvenou. Často nahrazuje se cín olovem, aby slevatelnost byla zlepšena a křehkost zmírněna; přítomnost olova způsobuje snadnou zrábítnost řezacími nástroji, ale zároveň podporuje odměšování, čímž vznikají na slitcích nevzhledné skvrny.

Podle mikrografických výzkumů Ch a r p y - ho z roku 1897, obsahují mosaze až do 33% zinku *dendritické* krystality, které jsou ztuhlým roztokem zinku ve mědi (směsové krystaly) a nevznikají ani odměšením ani rozložením taveniny až po nastalém ztuhnutí, jak tomu při slitinách eutektických; v mosazích s větším množstvím zinku (33 až 45%) jsou tyto krystality obklopeny zvláštní hmotou, jemně krystalickou, která zdá se býti složení $Cu Zn_2$.

ℳ. Pravá mosaz.

Pravou mosazí nazýváme slitiny měděné, obsahující 20 až 45% zinku, vyznačující se zvláštní barvou žlutou; složení v kovovém průmyslu užívaných druhů obsaženo v tabulce:

Cu %	Zn %	Měrná váha	Pevnost kg-mm ²	Prodlou- žení λ v %	Mosaz
80	20	8.60	16	24	tabulová, velmi měkká
75	25	8.55	17	22	na jemné plechy, dráty, trouby, měkká
70	30	8.50	18	20	na hrubé plechy, drát a trouby, tvrdší
66	35	8.40	17	17	litá mosaz na jemné slitky
60	40	8.36	16	13	obvyčejná mosaz, poměrně tvrdá
55	45	8.30	14	8	špatná mosaz, ještě tvrdší

Tabulovou mosazí rozumí se I kvalita, kde bylo užito surovin co nejčistších; požadavky na tento materiál, pokud se týkají tvarebnosti a houževnatosti, jsou ty nejpřísnější.

Nejlepší mosazný plech německý na dechové hudební nástroje, který musí výborně snést vyklepávání, obsahuje 19 až 21% zinku; mosaz na anglické trubky mívá 20%, na německé bývá trojího složení: 70 : 30, 66 : 34 a 60 : 40; čím jest mosaz podobná bohatší na měď, tím je vzdornější proti účinkům kyselin a zásad (cukerní šťávy).

Olovo, cín, antimon, železo, jsou škodlivé přímíšeniny a tvarebnost zmenšují.

Kusovou mosazí rozumí se mosaz litá a jest II kvality, obsahují normálně přes 35% zinku, mimo jiné přímíšeniny. Twarebnost jest zde rázu podřízenějšího a proto lze ji vyráběti i z kovů méně čistých a různých odpadků, z nichž plechové jsou nejlepší.

Čím více obsahuje zinku, tím větší její smršťivost a tím větších obtíží skytá hotovení hutných slitků. Tohoto materiálu užívá se na některé strojové části, v stavebním oboru a uměleckém průmyslu.

Mosaz na slitky ozdobné má býti dobře slevatelná, aby i ostré rohy a pod. ve formě bezpečně vytekly, dobře zrábitelná a leštitelná; slitky, které se dokončují zlacením, mají býti barvy červenější a hutné, aby se spořilo zlatem. K tomu účelu malá tabulka.

Cu ‰	Zn ‰	Mosaz
70	30	barvy žluté, měkká
67	33	„ jasně žluté, měkká
64	36	„ bledě žluté, málo měkká
60	40	„ červenavě žluté, tvrdá

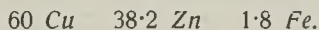
Na osvětlovací tělesa (lustry) dobře se hodí mosaz, obsahující asi 25‰ zinku, která má barvu žlutou s nádechem do zelena a velmi dobře se spájí, což jest při těchto výrobcích velmi důležité.

Slitiny, známé v uměleckém průmyslu pod jménem *cuivre poli*, správněji *jaune poli*, byly původně vyráběny v Paříži a přicházely v podobě tlačených výrobků velmi leštěných, někdy i temnými prohlubněmi opatřených; dnes rozumí se tím mosazi asi tohoto složení: 20 až 50 dílů zinku na 100 dílů mědi jako základní slitina, do níž se přidá $\frac{1}{4}$ až 3‰ cínu a ve stejném poměru olova, aby oba kovy poslední dohromady dávaly 3 až 4‰. Tento materiál jest obvyklý na lustry a podobné výrobky pasířské a přichází pod jmény *potin jaune*, *potin gris*, *bristolská mosaz*.

B. Kujná mosaz.

Termínem kujná mosaz rozumí se ta, která jest za červeného záru kujná; přicházela v průmyslu v různých dobách pod různými jmény a mívá 35 až 42‰ zinku mimo malá množství přímíšenin.

Nejstarší z nich jest *M u n t z* - ův kov (1832), který byl užíván na kování při stavbě lodí; obsahoval-li malá množství železa, stal se pevnější; dále sem patří *A i c h* - ův kov (1860), který byl užíván v rakouském námořnictvu a obsahoval



Ke konci uplynulého století zatlačeny byly starší slitiny *D i c k* - ovým kovem *Delta*, který všechny dobré vlastnosti technického kovu v sobě združuje a lze ho vyrobti se zcela určitým množstvím železa, což při starších slitinách nebylo možné.

Postup při výrobě kovu Delta jest tento: Nejprve se vyrobí 5% slitina zinku a železa v kelímkové peci s plynovým topením (tekutý zinek rozpouští v sobě až 8% železa), tato slitina se taví s mědí za přidání mědi fosforové či manganové, někdy i cínu a olova.

Z toho důvodu se chem. rozboru kovu Delta z různých továren od sebe liší; normální množství zinku bývá 40 až 43%, železa 0·5 až 1%, při tomto složení bývá teplota tavení 960° a měrná váha 8·6.

Kov Delta jest dobře slevatelný i kujný při velké pevnosti; za žáru červeného (700 až 800°) dobře se válí v plech, táhne v drát i trouby a při určitém složení lze ho zpracovati i za studena.

Trhací zkouškou na kovu Delta zjištěny tyto pevnostní hodnoty: pevnost v tahu 47·2, mez pružnosti 20 kg-mm², prodloužení $\lambda = 29\%$ a zúžení $C = 46\cdot7\%$.

Přidáme-li do mosazi hliník, pozmění se příznivě její vlastnosti; pevnost se zvětšuje, ale prodloužení s rostoucím množstvím zinku ubývá a proto čím více obsahuje mosaz zinku, tím méně smí býti přidáno hliníku, nemá-li slitina býti tvrdá a křehká.

Při 40% zinku nechť hliníku nejvýš 2%, při 33% ne přes 3·5%; průměrné složení hliníkové mosazi jest 60 Cu, 38 Zn, 2 Al a chce-li se větší prodloužení, nesmí se přestoupiti 33% Zn.

Výroba hliníkové mosazi jest velmi jednoduchá, do tekuté mosazi po odstranění svrchní vrstvy přidá se kusový hliník a nechá se před litím ustáti.

Na tomto místě zmiňuji se o kovu *Durana*, kterého se užívá místo kujného železa v uměleckém zámečnictví; jest to slitina, podobná kovu Delta, avšak na měď bohatší, obsahující jako přimíšeniny hliník, antimon a cín. Průměrné složení tohoto kovu z továrny *H u p e r t z a H a r k o r t - o v y* v Dürenu jest:

64·78 Cu 29·5 Zn 1·71 Fe 1·7 Al 2·22 Sb + Sn

C. Tumpach).*

Tumpach (tombak, červená mosaz) jest slitina mědi s 10 až 20% zinku, krásné barvy červeně hnědé až zlatové; byl-li vyroben ze surovin velmi čistých, jest neobyčejně tvarebný za studena a poskytne tepáním nepravé pozlátko.

Tumpach zpracuje se ponejvíce na výrobky ozdobnické lisováním a tlačením; barva jeho volí se tu zlatová; aby tato barva, která není na vzduchu stálá (nabíhá) se zajistila, často se výrobky tence pozlacují a to jest zboží talmové (*p i n c h b e a k, o r e ě d e, c h r y s o r i n a* pod.).

*) Tato slitina pochází ze *S i a m u*, kde v malajské řeči sluje *tambaga* t j. měď a přivezena byla ve století XVII. do Evropy.

Cu ‰	Zn ‰	Barva	Tumpach
90	10	červenavě žlutá) velmi tvarebný, houževnatý, leštitelný, poměrně málo okysličitelný, na ozdobnické výrobky francouzské lité výrobky dobře válitelný, plech na knoflíky norimberské pozlátko velmi měkká mosaz
88	12	„ „	
86	14	zlatě žlutá	
84	16	„ „	
82	18	jasně žlutá	
80	20	zelenavě „	

D. Červený kov.

Kombinace bronzu a mosazi jako materiál na strojové části zahrnuje se termínem červený kov; při výrobě této slitiny rozhoduje jednak použití dotyčné části, jednak její cena.

Často užívá se při jeho výrobě odpadků nejrůznějšího druhu, zvláště u malých kovolijců a pak udává se složení slitiny na bronz o mosaz; obvyklé předpisy sestaveny v podobě tabulky:

	Bronzu ‰	mosazi ‰		Cu ‰	Sn ‰	Zn ‰
I.	50	50	poskytne asi slitinu složení	75	5	20
II.	60	40		78	6	16
III.	70	30		81	7	12
IV.	80	20		84	8	8
V.	90	10		87	9	4

Průměrná pevnost červ. kovu bývá 19 až 21 kg-mm² při prodloužení $\lambda = 5$ až 10%, měrná váha 8.65 až 8.7, smršťovitost 1.25 až 1.45%.

V následující seřadě sestaveny různé předpisy pro výrobu dobrého červeného kovu na různé části strojové, které zkušeností potvrzeny jako účelné.

	Cu	Sn	Zn
	v ‰		
Dobry červený kov	84	15—14	1—2
„ „ „ na ložiskové pánve .	82	16—10	2—8
Houževnatý č. kov na kohouty, ventily .	88	12	3
„ „ „ „ excentr. kroužky .	90	12	2
Hustý „ „ „ „ pumpovní tělesa .	88	10	2
Červený kov na zacpávky	86.2	10.2	3.6
„ „ „ „ matky s hrubým závitem..	86.2	11.4	2.4
„ „ „ „ šoupátka parních válců...	80	18	2
„ „ „ „ ozubená kola, která se z plna stroužejí	88.8—87.7	8.5—10.5	2.7—1.7
Červ. kov na jemná závaží, váhy, rýsovala.	90	8	2
„ „ „ „ fyzikální a mathematické ná- stroje, kde roztažlivost teplem malá .	82	13	5



E. Niklová mosaz.

Původ niklové mosazi jest pradávný; v Číně užívali této slitiny na zbroj, mince a ozdobné předměty a nazývali ji *p a k f o n g*, t. j. bílá měď. Čínský pakfong obsahuje:

40·4 Cu 25·4 Zn 31·6 Ni a něco málo železa.

Niklová mosaz přichází v průmyslu pod různými jmény, třeba že její složení a vlastnosti značněji od sebe se nerozlišovaly; německé továrny ji nazývají *argentan* či nové stříbro, rakouské *alpacca*, francouzské *al-fénide* a jsou-li výrobky z ní zhotovené těžce stříbřené, *čínské stříbro* anebo *Christofle-ův kov*.

Složení těchto slitin řídí se účelem výrobku a jeho cenou; tvarebnost za studena způsobuje měď, nízkou tavící teplotu a láci zinek, nikl jako nejdražší součást určuje cenu.

Barvu stříbru nejpodobnější má slitina obsahující

55 Cu 27 Zn 18 Ni

Christofle-ův kov k slévání

60 Cu 25 Zn 15 Ni 5 Sn

Na vlastnosti niklové mosazi má podstatný vliv čistota surovin; v evropských závodech užívá se ruské mědi, slezského nebo amerického zinku a prima niklu.

Výroba slitiny provádí se dvojím způsobem, německým a anglickým. Německý způsob záleží v tom, že se nejprve taví měď s niklem a odpadky argentanovými v kelímcích grafitových víkem uzavřených, poté přidá se zinek a tavenina důkladně promísí; anebo vyrobí se nejprve chudá slitina mědi s niklem a zinkem, v níž se rozpouští zbývající množství mědi a niklu.

Při lacinějších druzích užije se místo kovového niklu hutnicky vyrobených slitin měďnato-nikelnatých, které jsou proměnlivého složení.

Anglický způsob provádí se tak, že se z jedné části mědi a celkového množství zinku vyrobí mosaz, nechá ztuhnouti a pak roztluče na menší kousky, které se házejí do roztavené slitiny ze zbývajícího množství mědi a niklu.

K vyčištění mědi užívá se fosforové nebo manganové mědi.

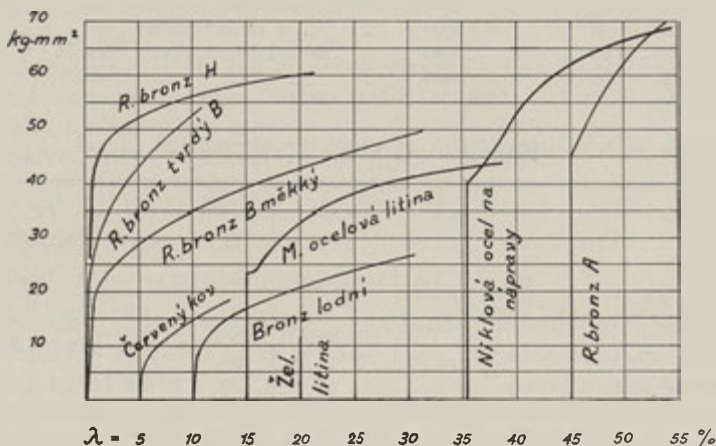
Vyrobená slitina slévá se do forem pískových nebo železných na desky, které se za studena vyválají v plech a tento zpracuje lisováním anebo tlačením v hotové výrobky; během těchto prací pozbývá materiál tvarebností a je potřeba častěji ho žíhati.

Zpracuje-li se niklová mosaz za žáru červeného, stává se křehkou a jen některé druhy lze zpracovati za žáru mírně červeného; v celku vzato, není niklová mosaz tak tvarebnou, jako pravá mosaz.

o sobě anebo ve spojení se slitinou $\text{Cu}_2 \text{Zn}$ poskytlo všeobecně technicky dobrou slitinu, hodící se jak pro stavbu strojů, tak i lodní, jakož i mechaniku.

Po delší práci v uvedeném směru dospěl k výsledkům plně vyhovujícím a všechny sem spadající slitiny jsou obecně chráněny patenty; výrobu jich převzaly licenčně pro Rakousko-Uhersko a státy balkánské Škodovy závody v Plzni.

V prvé řadě obrátil Rübél svou pozornost na slitinu, která by odpovídala složení $\text{Cu}_2 \text{Fe}_2 \text{Ni} \text{Al}$ a získal materiál, který prostě slit, poskytl pevnost v tahu 83 kg-mm^2 při prodloužení 3%; jeho struktura



Obr. 30.

byla dokonale homogenní a mikrograficky vyšetřován, zjevil toliko dva druhy směsových krystalů a žádné eutektikum (viz Tab. V. 17.).

Další cestu ukázalo studium mikrografické; aby zvětšeno bylo prodloužení, bylo umenšiti množství jedněch krystalů proti druhým.

Proto volil za základ slitinu, odpovídající složení $\text{Cu}_2 \text{Fe}_2 \text{Ni}_2 \text{Al}$, která při rychlém zchlazení měla pevnost toliko 75 kg-mm^2 , ale za to prodloužení 13%, při pozvolném chlazení však jen 3·5% (viz Tab. V. 18. a 19.).

Tento materiál nazván jest tvrdý bronz Rübélův A; na lomu jest barvy červenavě měděné, kdežto na zráběných plochách barvy niklové; následkem větší tvrdosti jest zrábění této slitiny obtížnější než při červeném kovu a následkem většího množství niklu jest dražší.

Při dalších výzkumech hleděl Rübél do základní slitiny vpravit zinek a i to se mu zdařilo tavením slitiny $\text{Cu}_2 \text{Zn}$ s malým množstvím slitiny $\text{Cu}_2 \text{Fe}_2 \text{Ni}_3 \text{Al}$; získal tímto způsobem opět slitinu toliko se dvěma



druhy směsových krystalů, které eutektickou slitinu nepřipouštěly a to jest Rübélův bronz *B*.

Podle thermické úpravy objeví se tento materiál buď jako měkký nebo tvrdý a lze ho i kovati: v tomto tvaru označuje se jako Rübélův bronz *H* (viz Tab. V. 20 až 24.).

Bronz Rübélův *A* jest slitinou, která co do tvrdosti, pevnosti a chemické vzdornosti všechny posud známé a užívané předčí; v barvě jest podobna niklu, teplota tavení vysoká asi 1400° C, slitky z ní vyrobené hutné a ostrohranné. Tento materiál dobře nahrazuje niklovou ocel na střelné zbraně a má tu velkou přednost, že příslušné části lze přímo slévati a ihned zráběti.

Bronz Rübélův *B* hodí se na nejrozmanitější slitky tenkostěnné a hutné, jichž liti lze pro nejvyšší tlaky neskytá žádných zvláštních obtíží; střídají-li se průřezy tenké s massivními a užije-li se tlakových, příhodně umístěných hlav, nevzniknou v nebezpečných průřezích žádné trhlinky (rysy), jak tomu bývá při manganovém bronzu.

Bronz *B* jest materiál pro obecnou stavbu strojů, armatury, stavbu lodí a torpéda.

Zvláště jest upozorniti na pevnost tohoto materiálu za vysokých teplot, pro něž se žádný jiný materiál stejně dobře nehodí.

Z toho vyplývá, že skutečně tato slitina může nahraditi všechny dosavadní ze skupiny bronzu a mosazí; následující srovnávací tabulka a diagram na obr. 30. uvedené potvrzují, pokud jde o poměry pevnostní za obvyklé teploty.

	Pevnost v tahu <i>kg—mm²</i>	Prodloužení <i>λ v %</i>
Mosaz	12 až 18	8 až 20
Červený kov	19 „ 22	6 „ 10
Muntzův kov (lodní)	30	10 „ 15
Fosforový bronz	28 až 30	9
Dělovina	30	10 až 15
Ocelový bronz	45	15 „ 20
Kov Delta	38 až 45	28 „ 30
Rübélův bronz <i>A</i> surový lité	70 „ 75	5 „ 12
„ „ <i>B</i> měkký	48	32
„ „ <i>B</i> tvrdý	56	12
„ „ <i>H</i> kovaný	56	18

Aby podstata praktické metallografie, pokud běží o technické slitiny, byla ujasněna, sestavil jsem na Tab. III., IV. a V. řadu typických mikrofotografií materiálůvých, k nimž zde jako pokračování o strukturních součástích železa napsán krátký průvod.

Kvalita zkujněného železa jest v úzké souvislosti s jeho strukturními součástmi; v řadě prvé přichází v úvahu perlit a cementit. Čím více obsahuje železo perlitu, tím větší jeho pevnost v tahu, prodloužení jest však přímo úměrné množství cementitu.

V materiálu, obsahujícím něco pod 1% uhlíku, přistupuje ještě volný cementit, který zmenšuje prodloužení a způsobuje tvrdost.

Čím stejnoměrnější jest rozložení perlitu v železe, tím menší jsou vnitřní pnutí a tím stejnoměrnější jeho pevnost i prodloužení.

Tabulka III.

Na fot. 1 jest struktura oceli	s 0.9% C, obsahující jen cementit
2 „ „ „	obsahující čistý perlit
3 „ „ „	„ perlit s čistým cementitem
4 „ „ „	s 0.28 C perlitovými souvisejícími shluky ve ferritu;

aby tento materiál nabyl stejnoměrnosti, žihá se při určité teplotě (faç. ocelová litina) a tím se perlit stejnoměrněji ve ferritu rozloží, jak ukazuje fotografie 5. Dálo-li se žihání příliš dlouho, anebo zchlazování postupovalo příliš pozvolna, mají perlitové krystaly čas, aby se v nové shluky seskupily a tím vrací se struktura materiálu do stavu podobného, jaký měla před žiháním v surovém materiálu; podobný případ na fot. 6 pro ocel s 0.47% C a fot. 7, kde materiál následkem vnitřních pnutí, vyvolaných nepříznivým rozložením perlitu. Na fot. 8. jest charakteristická struktura slevacího železa s 1% fosforu.

Tabulka IV.

Na fot. 9. jest struktura mědi výborné jakosti tavené v peci kelímkové s přirozeným tahem význačná stejně rozloženými krystaly bez všech skvrn a na fot. 10. táž měď tavená v peci s tahem umělým, kde struktura jest tupá a obsahuje hnízda oxydu.

Nejlepší zkoušku pro posouzení kvality poskytl měření elektrického odporu; v prvním případě byla vodivost rovna 110% mědi normální, ve druhém toliko 73%.

Na fot. 11. máme strukturu dobré slitiny mědi s cínem, kdežto na 12. jest struktura špatné slitiny.

Cín v červeném kovu tvoří s malým množstvím roztoku mědi eutektikum a pevnost slitiny jest v souvislosti s teplotou tavení a proto nelze podobného materiálu užití při vyšších teplotách přes 200° C; mimo to vznikají při stydnutí eutektika v materiálu drobnohledné dutiny, jaké lze spatřiti na fotografii 13 (Tab. IV.), které jsou příčinou, že materiál i za studeného tlaku jest propustný, kdyby i ochlazování při tuhnutí pozvolna se dálo.

Na fot. 14., 15., 16. jest viděti strukturu slitin mědi s antimonem; na 14. v části dolní jest měď, z ní vycházející paprsky jsou slitinou $Cu_2 Sb$, mezi nimi eutektikum mědi s antimonem a v nejsvětlejší části čistý antimon; temný pruh na fot. 15. jest složení $Cu_2 Sb$ jako dříve, jenže zvětšený.

Tabulka V.

obsahuje mikrofotografie různého materiálu Rübelova a na prvý pohled překvapí jich podoba se strukturou zkujněného železa.

Na fot. 17. jest struktura základní slitiny složení $Cu_2 Fe_2 Fe Al$, obsahuje dva druhy krystalů, α (světlejší), β (tmavší), eutektikum schází.

Na fot. 18. máme strukturu slitiny $Cu_2 Fe_2 Ni_2 Al$, která byla rychle zchlazena a na fot. 19. která byla pozvolna.

Fot. 20. představuje strukturu bronzů B, 21 strukturu téhož materiálu, ale žíhaného a pozvolna chlazeného.

Fot. 22. obsahuje strukturu bronzů B normálně slitého a poté váleného.

Fot. 23. patří bronzů B, kde thermickou úpravou krystaly α rozpustily se v krystalech β a objevila se struktura podobná tavené mědi na fot. 9.

Fotografie 24. má uměle shrnuta jednotlivá stadia struktury Rübelova bronzů B při thermickém zpracování.

III. Skupina slitin cínových a olověných.

A. Ložiskové kovy.

Jest to důležitý materiál ve stavbě strojů a i poměrně drahý; podle způsobu zatížení a rozměrů čepu řídí se jeho složení; v dalším přichází v úvahu jeho pevnost, snadná zrábitelnost a co nejmenší tření.

Podle tvrdosti rozeznáváme ložiskové kovy *červené a bílé*; první patří do skupiny bronzů a červeného kovu, druhé tvoří slitiny složitější, obsahující po většině kovy bílé, měď v nich úplná schází anebo zastoupena jen v malém množství.

Ložiskové pánve zhotovují se jako samostatná část strojová, která se vkládá do tělesa ložiskového, při kovech ložiskových (komposicích) ložiskové těleso se jimi vylije a ve smyslu zámečnickém dokončí; způsob první jest dražší a užívá se ho všude tam, kde vyskytují se větší tlaky na čepích, druhý jest lacinější a dává se mu přednost při velkých rychlostech.

Veliká nectnost způsobu posledního jest ta, že, běží-li čep vřele ložiskový kov co do struktury se pozměňuje, stává hrubě krystalickým a co do tření méně příznivě účinkuje; zadře-li se při špatné obsluze, ložiskový kov vyteče.

Názory odborníků o nejúčelnějším složení kovů ložiskových ještě dnes se rozcházejí. Tolik jest však jisto, že dobrá komposice má tu velkou přednost před bronzem a červeným kovem, že při neklidném a proměnlivém zatížení čepu, dále za vlivu prachu, písku, popílku, které do ložiska vnikají, snadno se přizpůsobuje čepu a tvrdší vniklá tělíska do měkčí hmoty se zatlačují; v tom leží důvod, proč veškerá ložiska mechanismu lokomotivního jsou vylita komposicí.

Druhá výhoda nemalé ceny jest ta, že vyběhaná pánev snadno se uvede do řádného stavu novým vylitím, které jest velmi jednoduché následkem snadné tavitelnosti těchto slitin.

Srovnáme-li oba při stavbě ložisek užívané druhy slitin co do složení, obdržíme tento obraz:

Červený kov	tvrdý		16 d. Sn
	měkčí	na 100 d. Cu	14 „ „
	měkký		50 „ „
Bílý kov	měkký	na 100 d. Sn	6 d. Cu + 8 d. Sb
	tvrdší		10 d. Cu + 20 Sb

Průměrné složení dobrého ložiskového kovu (komposice)

72 až 92% Sn 18 až 7% Sb 10 až 1% Cu

jest buď barvy stříbrobílé anebo má nádech do modrava*).

Chce-li se spořiti na poměrně drahém cínu, nahrazuje se lacinějším olovem, ale pak jest slitina příliš měkká; aby se stala tvrdší, přidává se více antimonu, čímž opět přistupuje křehkost. Proto má býti nejvýš 20% Sb aneb 5% Cu, při velkém množství antimonu velká křehkost, mědi nesnadná tavitelnost, na příklad:

až 80% Pb 12 až 20% Sb až 20% Sn něco málo Cu

V komposicích s malým množstvím olova nahrazuje se často antimon zinkem, který sice slitinu rovněž tvrdí, ale pevnosti prospívá; mimo to poměry tření jsou velice příznivé (antifrikční materiál); podobná komposice mívá na příklad složení:

52% Zn 46% Sn 1.6% Cu 0.4% Sb.

Výroba bílých kovů ložiskových musí býti následkem velké různosti kovů je skládajících odborně řízena, neboť jen tak lze obdržeti slitinu dokonale homogenní, jemnozrnnou, dobře vyhovující.

*) Antimon Sb jest metalloid barvy stříbrobílé neobyčejného lesku a velké křehkosti struktury krystalicko-lupenaté; jeho tvrdost jest větší než u mědi, měrná váha 6.7, teplota tavení 450° C.

Za stavu tekutého oxyduje a při počínajícím žáru bílém se spaluje na oxyd.

Jako příklad podobné výroby uvádím jeden předpis z podmínkového sešitu (cahier de charge) pro dodávku lokomotiv.

Komposice nechť jest vyrobena z mědi, antimonu a cínu tímto způsobem: 1 kg mědi budiž taven s 2 kg antimonu a 6 kg cínu; přidání cínu staniž se až po roztavení mědi, když podvojná slitina stala se tekoutou. Z této slitiny slijí se tenké desky, jež po rozlámání v menší kusy poznovu se taví v tomto pořadu: 9 kg materiálu deskového a 9 kg cínu čistého a z taveniny se slijí, pokud možno při nejmenším přehřátí, desky 15 mm tlusté a těch se užije k vylévání ložisek.

Větší množství než uvedená nesmí býti tavena.

Použité kovy nechť jsou velmi čisté; při antimonu připouští se 1% přimíšenin a v nich nejvýš 0.1% arsenu; použitý cín nesmí obsahovati více než 0.2 nečistot; olovo a zinek nesmí býti přidány.

Opětovaným tavením pozbývají ložiskové kovy cínu a antimonu, jež nutno na původní množství doplniti.

V tabulce sestaveny různé druhy komposic v stavbě strojů užívaných, z nichž některé přicházejí jako hotové slitiny v obchodu.

Sn	Sb	Cu	Pb	Zn	Měrná váha	Komposice
%						
90	7	3			7.25	tuhá pro velmi zatížené ložiskové pánve
85	10	5			7.30	„ „ „ „ „
80	13	7			7.35	tvrdá pro mírně zatížené pánve
75	16	9			7.40	křehká pro slabé zatížení
60	12	3	25		7.90	pro velmi zatížená ložiska, lož. pouzdra
45	13	2	40		8.40	pro obyčejná ložiska a pouzdra
30	14	1	55		8.80	pro slabá zatížení
15	15		70		9.60	pro slabá zatížení
4	16		80		10.10	kov Magnolia
	15		85		10.30	tvrdá a křehká, pro zcela malá zatížení
45	10		45		8.50	pro zacpávky, ložisková pouzdra atd.
45		2		53	7.10	anglická
15		5		80	7.10	„
20	6	4	4	66	7.20	kov Babbitt-ův
	10	5		85	7.00	pro zacpávky a pod.



B. Kov Britannia.

Tato slitina jest co do složení velmi podobná komposici, barvy jest stříbrobílá; obsahuje jako hlavní kov cín, který přidáním antimonu a malého množství mědi nabude tuhosti, tvrdosti, zvuknosti, lesku i lešitelnosti.

Při výrobě kovu Britannia taví se nejprve měď s antimonem a jednou částí cínu, do tekuté slitiny přidá se pak zbytek cínu a tavenina důkladně se promísí; druhý způsob výroby záleží v tom, že se zprvu vyrobí tak zvaný tvrdý kov, obsahující na dva díly mědi, jeden díl cínu a přidá do taveniny ostatního množství cínu a antimonu.

Dobré výrobky z této slitiny obsahují:

90 až 93% *Sn* 8 až 9% *Sb* 0 až 3 zřídka 5% *Cu*.

Ač tvrdost tohoto materiálu jest větší, dá se přece zpracovati za studena na kovotlačitelském soustruhu v podobě plechu; podobný způsob práce klade na tvarebnost a houževnatost ty největší požadavky a zdaří se, byla-li slitina stejnoměrného složení.

Chce-li se užití tohoto kovu k slévání, může obsahovati více antimonu a často přidává se i olova, není-li to jídelné nádobí, po případě i zinku jako náhrada cínu; uvedené přimíšeniny zvyšují slevatelnost.

Formy, do nichž se slévá kov Britannia, jsou vždy kovové; ocelové anebo mosazné.

Má-li býti tato slitina válitelnou, nesmí obsahovati žádné cizí přimíšeniny, které vždy přivozují křehkost; zvláště tvrdý materiál získá se přidáním vismutu.

C. Liteřina.

Při písmenkovém kovu požaduje se snadná tavitelnost, vyvinutá slevatelnost a velká tvrdost; z dosavadních slitin nevyhovuje žádná. Poměrně nejlépe vyhovují slitiny olova s antimonem; antimon tvrdí olovo, ale nesmí ho býti přes 25%, jinak slitina příliš křehká.

Další pozměny ve vlastnostech způsobují vismut (slevatelnost), cín (podajnost), zinek, měď a nikl (pevnost a tvrdost).

Vzhledem k úplnosti sestavil jsem nejužívanější druhy liteřiny v tabulku.

<i>Pb</i>	<i>Sb</i>	<i>Cu</i>	<i>Bi</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	<i>Ni</i>	
75	23						Obyčejná liteřina.
60	25						Jemná liteřina.
80	20						Slitina na stezky.
82	14.8						Slitina na stereotypní plotny.
70	18.0	2			10.0		} Slitiny velmi účelné.
59.6	17.9	4.7	1.1		12.0	4.7	
2—4		2—4		89—93	9—6		
							Slitina tvrdá a přece podajná.

IV. Skupina pájek.

Pájky jsou slitiny, jichž se užívá k spojování kusů ze stejného nebo i různého kovového materiálu tak zvaným *spájením*, které jest obdobné sváření; spájení cínem znali již staří Římané.

Při správné práci má vzniknouti mezi pájkou a spájenými kovy nová slitina a z toho následuje, že její složení musí býti takové, aby se s dotýčnými kovy legovala; čím tenčí zbudé vrstva netknuté pájky, která žádné proměny při práci nedoznala, tím dokonalejší nastane spojení.

Těto podmínce se vyhoví, bude-li pájka mimo jiné, řídce tekutá, aby spájené kovy mohly se rozpouštěti; to vede k pájkám lehce tavným, ale ony poskytnou spojení o malé pevnosti. Požaduje-li se větší pevnost a stálost i za vyšších teplot, lze užiti toliko pájek těžce tavných, a pak při pozorné práci spájené místo snese mírné ohýbání i rázy.

Při pájkách těžce tavných klade se často jako vedlejší požadavek stejnost barvy a tím vznikly názvy pájka mosazná, argentanová a p.

Nejpříhodnější pájkou pro kusy ze stejného materiálu jsou kousky téhož v podobě pilin, drátu a p., které se na místě spojení taví; jinak má vždy býti teplota tavení pájky nižší než u kovů spájených.

V praxi rozeznáváme dvě hlavní skupiny pájek a to pájky:

*lehce tavné, měkké, bílé, též cínové,
těžce tavné, tvrdé, žluté, též mosazné.*

A. Měkké pájky.

Jsou to lehce tavné, řídce tekuté slitiny olova a cínu; při zvláště nízkých tavicích teplotách (pod 180°) z vismutu a kadmia.

Podle poměrného množství cínu a olova pohybuje se teplota tavení mezi 255° až 180° C (cín má 230°, olovo 435°); zvláště řídce tekutá jest pájka obsahující na 5 d. cínu, 3 d. olova, která se obdrží jako posléze tuhnoucí část taveniny vytvořené ze stejných množství cínu a olova.

Měkké pájky, obsahující mnoho olova jsou hustě tekuté, kdežto ty bohaté cínem jsou řídce tekuté; obsahují-li legované kovy cizí přimíšeniny, zvláště železo, jsou křehké a nepotřebné.

Výroba měkkých pájek záleží v tom, že se nejprve taví v litinovém kotlíku, po případě i v nádobě z kameniny cín a na to přidává se v malých kouskách olovo: po dosažení požadovaného složení se tavenina dřevěnou holí dobře promísí a slijí na pruty či hůlky — h ů l k o v ý — anebo před nastávajícím tuhnutím v plátěném pytlíku rozpojuje v drobná zrna — z r n ě n ý pájecí cín.

K spájení nádob na pokrmý smí se užívatí toliko pájek až do 10% olova. Nejobvyklejší pájky měkké, nazvané též rychlé, mívají tato složení.

Sn	Pb	Bi	Cd	Teplota	Druh pájky a použití
100				230	měkká na kuj. železo, měď, zinek, mosaz
30	70			255	„ na kuj. železo, měď
40	60			220	„ „ „ „ „
50	50			200	obyčejná měkká silná
60	40			180	tak zvaná slabá rychlá
45	45	10		160	
40	40	20		140	
33	33	34		120	
20	30	50		100	
16	42	42		80	kov Rose-ův
13	27	50	10	70	„ Lipowitz-ův
15	30	45	10	65	„ Wood-ův



B. Tvrdé pájky.

Jsou to slitiny ze skupiny mosazi s větším množstvím zinku, aby se snáze tavily; bývají obvykle barev žlutých, ač známy i bělavé a červenavé podle poměrného množství mědi; argentanové jsou vždy bílé.

Těchto pájek užívá se při spájení železa, mědi, mosazi, bronzu a jiných slitin.

Pájky mosazné udávají se často v příslušných výrobních předpisech na mosaz, které se užije v podobě plechových odpadků, aby ztráta na zinku při normální výrobě odpadla; v kelímku taví se nejprve odpadky plechové, na to přidá do taveniny za mísení velmi zahřátý zinek, kelímek přikryje víkem a nechá ještě po dobu 5 až 10 minut v peci.

Rozpojení taveniny v zrna provede se tím, že se do kovového paprsku z vyprazdňovaného kelímku stříká voda pod velkým tlakem poblíž hladiny nádržky s vodou anebo, že se lije obsah kelímku v tenkém paprsku na hladkou kouli z vodní hladiny vyčnívající, posléze že se lije prostě přes mokré koště do vody; kuličkovitá zrnka se pak podle velikosti třídí a do obchodu číslují.

V Karmarsch-ovi nalezneme tyto staré osvědčené předpisy:

Pájka

žlutá, velmi těžce tavná	7 d. mosazi +	1 d. zinku
„ těžce tavná	3 až 4 d. „ +	1 d. „
„ lehce tavná	5 d. „ +	2 až 5 d. „

<i>polobilá</i>	12 d. mosazi + 4 až 7 d. zinku + 1 d. cínu
„	22 d. „ + 10 d. „ + 1 d. „
<i>bílá</i>	20 d. „ + 1 d. „ + 4 d. „
„	11 d. „ + 1 d. „ + 2 d. „
„	6 d. „ + 4 d. „ + 10 d. „

Novější předpisy pro pájky obsahuje tabulka:

Cu	Zn	Pb	mosaz	Ni	Al	Ag	Pájka
%							
100							jen na železo
85—95		15—5					lehce tavná na železo a ocel
60	40						těžce tavná na měď a bronz (červenavě žlutá)
40	60						lehce tavná na měď a bronz (bělavě žlutá)
	20		80				těžce tavná na mosaz a červ. kov (jasně žlutá)
	40		60				lehce tavná na mosaz a červ. kov (bělavá)
36	50			14			těžce tavná argenteanová, dobrá na železo
35	55			10			lehce „ „
15	65				20		těžce tavná na hliník
4	90				6		lehce „ „ „
20						80	těžce tavná stříbrná, houževnatá
			35			65	lehce „ „ tvrdá

K spájení mědi se železem užívá se pájky složené ze 60% mědi a 40% zinku, k spájení mosazi z 1 d. mědi a 2 d. zinku; pájek stříbrných užívá se v mechanice, jsou tvarebné.

Velmi řídké tekutá pájka stříbrná obsahuje

32 d. mosazi 32 d. stříbra 2 d. cínu.



V. Skupina ferrosilitin.

Dokud omezovala se průmyslová výroba slitin železa toliko na použití vysoké pece, byl jich počet celkem nepatrný — sur. železo, ferromangan a ferrosilicium; ale jakmile elektrická pec vešla do průmyslu hutnického, počet těchto slitin se značně zvětšil a dnes pracuje již větší počet hutí na cestě hydroelektrické s roční výrobou do mnoha tisíců tun.

Těchto nových slitin užívá se při různých procesech železářských starších i novějších; zvláště jsou oblíbeny slitiny *volframové* a *molybdenové*, méně *chromové* a *vanadové* a přicházejí do obchodu pod jmény *ferro-volfram* atd. *)

*) *Volfram* vyrobený staršími způsoby přichází v podobě těžkého šedého kovového prášku, vytaven-li v peci elektrické, objeví se jako kov barvy stříbrobílé měrné váhy 19; podobně *chrom* jest rovněž kov barvy stříbrobílé o veliké tvrdosti; nejvzácnější jsou kovy *molybden*, *vanad* a *titan*.

Nejvíce spotřebuje se ferrosilicia (façonová ocel. litina).

K orientaci o těchto ferrosilitinách sestavil jsem tabulku, obsahující jich normální chem. rozbor; v obchodu nalézají se však i slitiny jiných složení, na př. 30%ní ferrovanad, 8% ferrochrom.

%	Ferro				
	volfram	molybden	chrom	vanad	titan
	85.47 Wo	79.15 Mo	67.20 Cr	52.8 Va	32.0 Ti
Fe	13.9	17.52	31.35	45.84	42.82
C	0.35	3.24	0.90	1.04	3.20
Si	0.13		0.19	0.09	1.21
Mn	0.09		0.12		
P	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
S	0.025	0.02	0.006	0.025	0.06
Mg			0.19		0.3
Al				0.07	0.3
Cu				0.1	

Přidají-li se do určitých ocelí slitiny ferrovolframové, chromové, molybdenové a vanadové, zvětšuje se jich přirozená tvrdost a vznikají *oceľe specialné*, které se vyrábí buď v peci kelímkové, elektrické nebo i martinské; největšího rozšíření doznaly jako nástrojová ocel, ačkoli i jiná použití jsou jim vyhrazena.

Na výzkumy těchto ocelí věnují američtí oceloví muži bohatá studijní stipendia.

a. Ocel manganová.

Jest to kelímková ocel, obsahující větší množství manganu; význačné její vlastnosti jsou velká pevnost a houževnatost, jak zřejmo z tabulky.

C %	Mn %	Pevnost v tahu kg—mm ²	Mez pružnosti kg—mm ²	Prodloužení λ v %
0.06	4.0	45	30	22
0.04	6.0	115	84	0
0.06	8.0	119	82	11
0.17	10.0	95	49	4
0.22	14.5	79	49	10
0.30	33.5	61	34	45
0.80	1.0	118	68	5
0.75	5.0	87	60	2
0.90	10.0	98	48	29

Ocele, obsahující přes 18% *Mn*, zpracují se za tepla velmi nesnadno; ocel, obsahující 17% *Mn*, jest za obyčejné teploty nemagnetická (chronometry) a nejpříhodnější druh k techn. účelům má 14·5% *Mn*, 1·1% *C* a 0·3% *Si*.

b. Ocel wolframová.

Tento materiál mívá při základu 0·5 až 1·5% uhlíku, 1 až 8% wolframu, čím více jest wolframu, tím méně smí býti uhlíku; obsahuje-li pod 6% *W*, kalením znamenitě tvrdne a užívá se na nástroje, při nichž hlavně sejde na tvrdosti (přes 6% jest vliv kalení celkem nepatrný).

Větší množství wolframu zvětšují hysterese a zmenšují magnetickou permeabilitu a proto se užívá těchto ocelí na výrobu *p e r m a n e n t n í c h* magnetů.

Poměry pevnostní osvětlují číslice z tabulky; údaje ve sloupcích I vztahují se na ocel nežíhanou, II žíhanou.

<i>Mn</i> %	<i>C</i> %	<i>W</i> %	Pevnost v tahu <i>kg—mm²</i>		Mez pružnosti <i>kg—mm²</i>		Prodloužení λ v %	
0·20	0·15	0·40	48	39	27	28	39	39
0·20	0·20	0·80	50	41	45	28	35	37
0·20	0·30	3·50	64	53	48	36	29	34
0·20	0·50	8·00	100	65	70	39	2	23
0·20	0·75	16·00		90		42		3
			I.	II.	I.	II.	I.	II

c. Ocel chromová.

Tato ocel podobá se předcházející, wolfram nahrazen tu chromem; vyrábí se tím způsobem, že se nejprve vyrobí slitina ferro-chromová, obsahující 20 až 25% *Cr* a přidá k příslušné zavažce oceli kelímkové.

Vliv chromu na vlastnosti oceli jest větší než při wolframu a proto bývá ho jen malé množství; v celku účinkuje jako uhlík a nikl. Zpracování ocelí chromových *za tepla*, následkem velké tvrdosti, jest velmi nesnadné a děje se asi při téže teplotě, jaká přísluší uhlíkaté oceli téhož složení.

Kalení chromových ocelí děje se za žáru temně červeného, žíhání při počinajícím červeném.

d. Niklové železo (ferronikl).

Tohoto materiálu bylo nejprve užito při výrobě pancéřových ploten (*K r u p p*, *C a r n e g i e*); dnes přešel i do stavby strojů.

Přesná vědecká šetření datují z doby nejnovější, jelikož se ukázalo, že starší údaje jsou na mnoze protikladné; k vyzvání zemřelého Tetmajer-a kriticky sestavil Wedding veškeré sem spadající výzkumy, je doplnil a předložil obšírnou zprávu na sjezdu materiálovém v Bruselu roku 1906.

Niklové železo vyrábí se dnes podle účelu, jemuž má sloužiti v různém složení; nejobyčejnější druhy obsahují při 0·3 až 0·4% uhlíku 2 až 6% niklu.

Značný vliv na pevnostní vlastnosti vyvozuje mangan a v dalším, vyskytá-li se v železe grafit či ne.

K výrobě užívá se želez co nejčistších, podobně i niklu; pro větší kusy provádí se proces v peci Martinově, pro drobné v peci kelímkové.

Pevnostní vlastnosti niklového železa jsou vždy lepší než při obyčejném železe a jeho použití v průmyslu strojnickém bylo by daleko rozsáhlejší, kdyby nebylo tak drahé; jedním % niklu zdražuje se příslušný železný materiál o celou třetinu.

Poměry pevnostní dobře charakterisuje tabulka:

C %	Si %	Mn %	Ni %		Pevnost v tahu kg—mm ²	Mez pružnosti kg—mm ²	Prodlo- žení λ v %
0·10			2·0	bez zvláštní úpravy	36	29	23
0·25			2·0		42	30	21
0·15	0·10	0·40	6·0		58	41	23
0·10	0·10	0·25	10·0		75	67	20
0·15			15·0		120	105	7
0·10			23·0		114	84	15
0·10	0·15	0·60	29·0		52	34	34
0·20	0·18		36·0		66	48	28
0·27	0·35	0·60	44·0		70	50	24
0·10	0·10	0·25	10·2		76	70	18
0·10			23·0	žeháno na 400°	89	75	20
0·15	0·10	0·40	6·0		52	39	30
0·15	2		15·5	žeháno na 900°	120	75	10
0·10	0·15	0·60	29·0		47	19	32
0·27	0·35	0·60	44	kaleno při 800°	60	33	33

Pokud základní materiál jest chudě uhlíkatý (pod 0·2% C), jest vliv niklu až do 6% celkem nepatrný; přes toto množství se však rychle uplatňuje, mez pružnosti roste a i prodoužení bývá větší než při obyčejném materiálu uhlíkatém o stejné pevnosti v tahu.

V í t k o v i c k é železárně dodávají:

1% martinské niklové železo, které jest měkké, houževnaté a svařitelné, s pevností v tahu kolem 40 kg—mm² při prodoužení 24 až 30%,

zúžení asi 60%; 1% niklovo u ocel na velmi namáhané konstruktivní části strojové s pevností v tahu 60 kg-mm² při prodloužení 15 až 20%, zúžení asi 50%.

Niklové železo, obsahující 0·5 až 0·6% Mn, 16% Ni a 0·12 až 0·3% C, prosté grafitu, má největší pevnost při nejmenším prodloužení; oproti tomu při 4·5 až 5·0% Mn, 16% Ni a 0·5 až 1·0 C objeví se nejmenší pevnost při největším prodloužení.

Toto srovnání ukazuje, jak proměnlivý to materiál a že nebylo nemístné, když prof. Tetmajer v roce 1900 jako předseda Svazu pro materiálové zkoušky usiloval o vědecké jeho prozkoumání.

Mnoho bylo od té doby vykonáno a kovovému průmyslu, pokud jde o speciální stavbu strojů, nemalý prospěch z toho vzešel.

Aby niklové železo stalo se dobře válitelným, přidává se k druhům pod 0·6% C mangan, přes 0·6% C chrom.

Zpracování niklového železa jest velice choulostivé a může býti s úspěchem prováděno jen za zvláštní odborné znalosti a zkušenosti; způsob práce, jakož i příslušná teplota, závisí na množství niklu.

Žihání a kalení má na vlastnosti různý vliv podle teploty a množství niklu.

Na závěrek uvádím ještě dvě tabulky složitých ocelí potrojných; rozumí se tím ocele, obsahující mimo železo a uhlík ještě dva kovy jiné.

V prvé řadě patří sem ocel *chromo-niklová* pro pancéřové plotny pro-
rážecí střely, součásti automobilů, jejíž charakteristické vlastnosti obsa-
ženy v tabulce:

Složení ocele	Pevnost v tahu kg-mm ²	Mez pružnosti kg-mm ²	Prodloužení %
C = 0·25—0·45 Ni = 2·0—2·5 Cr = 0·2—0·8	62—82	50—64	18—15
C = 0·56—0·75 Ni = 21—23 Cr = 2·5	70—90	40—45	35—30

Některé z ocelí potrojných vyznamenávají se tím, že v obyčejném stavu jich pevnost a mez pružnosti jsou hodnot normálních (středních), a teprve termickou úpravou (na př. kalením ve vodě) nabývají pev-



nosti neobyčejně velké při poměrně pěkném prodloužení, jak sestaveno v tabulce.

Specialní ocel	Pevnost v tahu kg-mm ²	Mez pružnosti kg-mm ²	Prodloužení %
<i>vanado-niklová</i>			
v obyčejném stavu	61	49	24·5
kalena při 850° ve vodě	155	146	10
<i>chromo-niklová</i>			
v obyčejném stavu	76	45·5	18
kalena při 850°	143	137	9·5
<i>volframo-niklová</i>			
v obyčejném stavu	54·9	44·8	21
kalena při 850°	160	145	9

Teprve, když se materiálu číslem zmocníš, pak ho znáš.



OBSAH.

Strana

ÚVOD	3
------------	---

ODDÍL I.

Technické železo.

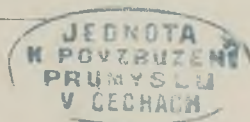
I. Historie železa	7
II. Výměr technického železa	9
1. Železo a uhlík	11
a) Krystalový uhlík	11
b) karbidní	11
c) temperový	12
d) zákalný	12
2. Strukturní součásti železa	14
3. Železné rudy	19
4. Struskotvorné přísady	20
5. Úprava rud	21
6. Druhování rud	21
7. Materiál pecí	22

III. Vysoká pec	24
1. Ohřívání větru	29
2. Provoz vysoké pece	32
3. Kychtový plyn	35
4. Přimíšeniny sur. železa	36
a) Mangan	36
b) Křemík	37
c) Fosfor	37
d) Síra	37
e) Ostatní kovy a plyny	38
IV. Železo surové	38
V. Železo zkujněné	45
A. Svarový materiál	47
I. Zkujňování ve výhni	47
II. Zkujňování v peci plamenné	48
1. Puddlovací pec	49
2. Puddlovací proces	50
3. Paketování železa	53
B. Plávkový materiál	54
I. Zkujňování v konvertoru	54
a) Proces Bessemerův	55
1. Úprava konvertoru	57
2. Proces zkujňovací	58
b) Proces Thomasův	60
Ingoty (brammy)	64
c) Malé bessemerování	66
II. Zkujňování v peci plamenné	67
a) Proces Martinův	67
b) Regenerativní topení Siemensovo	68
c) Siemens-Martinova pec	72
1. Proces šrotový	73
2. Proces rudný	79
3. Proces Bertrand-Thielův	79
III. Ocel kelímková	80
1. Kelímková pec	81
2. Výroba oceli kelímkové	82
IV. Elektro-ocel	86
a) Pec Héroultova	87
b) Pec Kjellinova	88
VI. Cementování oceli	90
VII. Temperování železa	93
Mitisová litina	96
VIII. Zkoušení materiálu	97
Klasifikace plávkového materiálu (francouzská)	107
IX. Stať národohospodářská	108
Železářský průmysl Rakousko-Uherska	114
Statistika výrobná zkujněného železa pro 1903 říše Německé	117

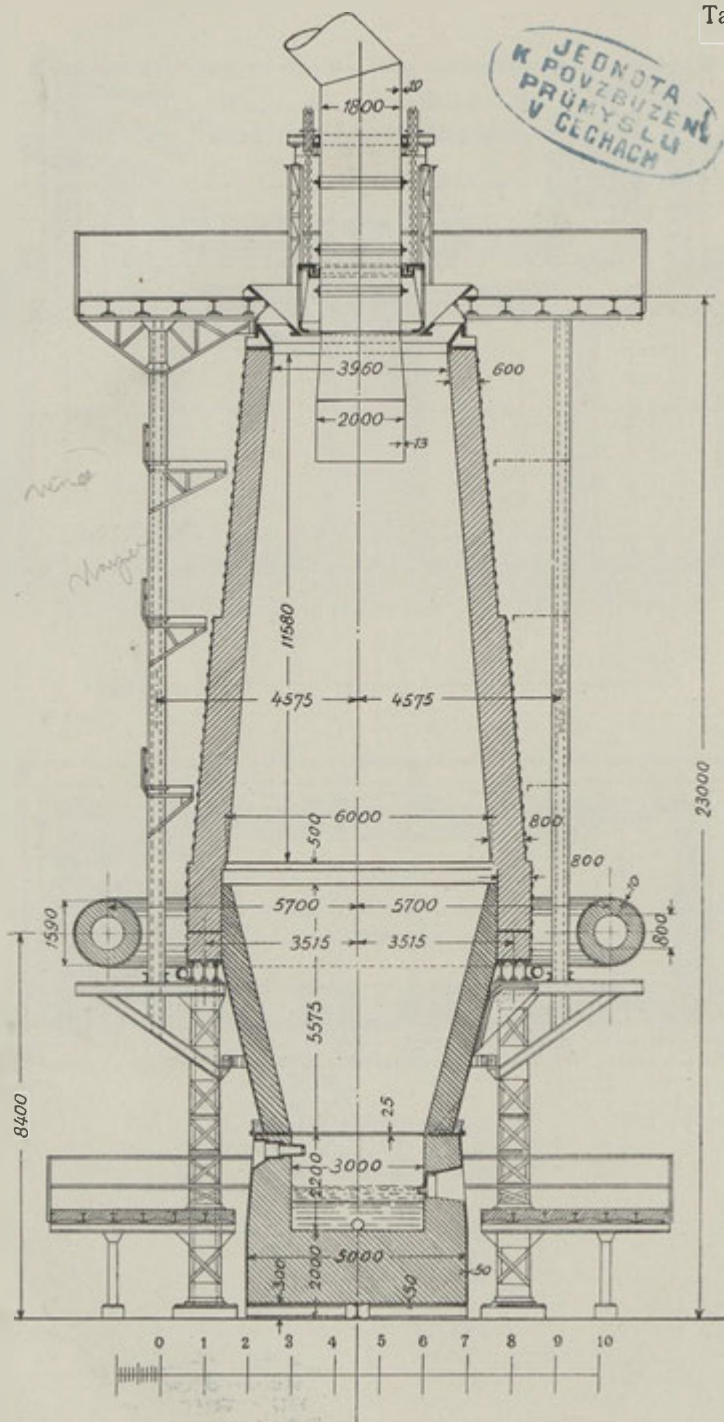
ODDÍL II.

Kovy technicky důležité a jich slitiny.

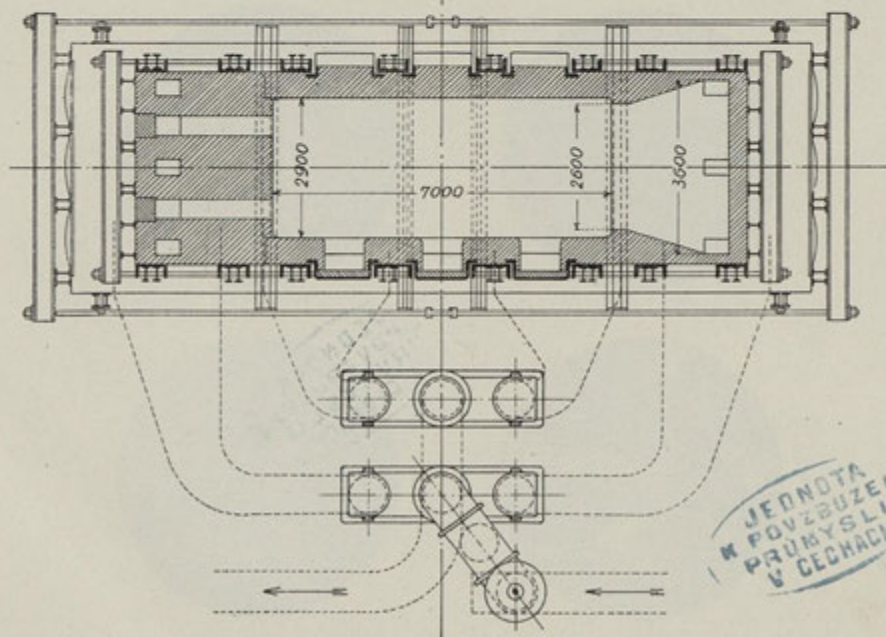
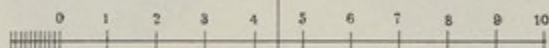
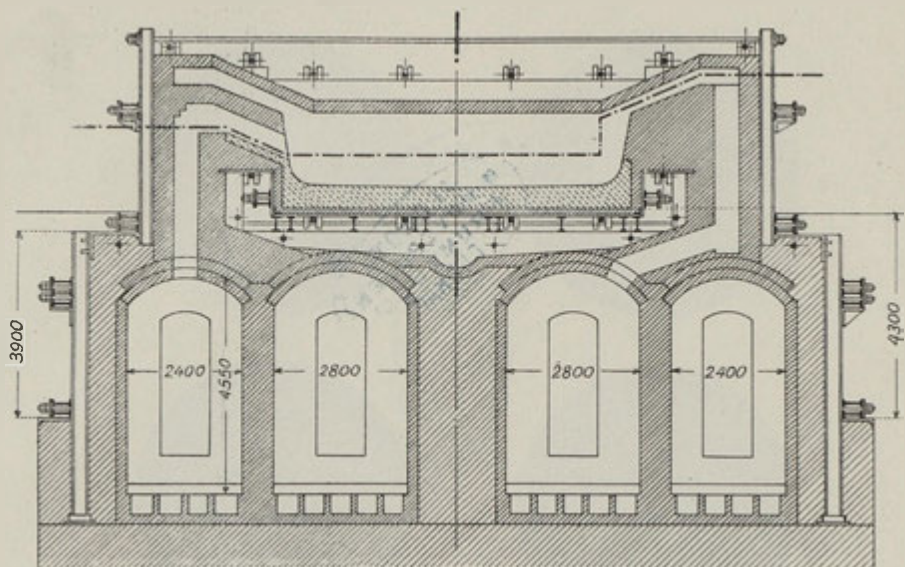
I. Měď	121
II. Cín	125
III. Olovo	127
IV. Zinek	129
V. Nikl	130
VI. Hliník	132
VII. Technické slitiny	134
Obecná úvaha	134
1. Pevnost	138
2. Tvrdost	139
3. Tvarebnost	140
4. Slevatelnost	141
5. Tepelná a elektrická vodivost	142
6. Měrná váha	142
7. Barva	142
8. Průmyslová výroba slitin	143
I. Skupina bronzů	144
A. Strojový bronz	147
B. Fosforový bronz	147
C. Dělovina	149
D. Zvonovina	150
E. Křemíkový bronz	150
F. Manganový bronz	151
G. Hliníkový bronz	151
II. Skupina mosazí	152
A. Pravá mosaz	154
B. Kujná mosaz	155
C. Tumpach	156
D. Červený kov	157
E. Niklová mosaz	158
F. Růbelovy slitiny	159
III Skupina slitin cínových a olověných	163
A. Ložiskové kovy	163
B. Kov Britannia	165
C. Liteřina	166
IV. Skupina pájek	167
A. Měkké pájky	167
B. Tvrdé pájky	168
V. Skupina ferroslitin a speciálních ocelí	169
a) Ocel manganová	170
b) Ocel wolframová	171
c) Ocel chromová	171
d) Niklové železo (ferronikl)	171

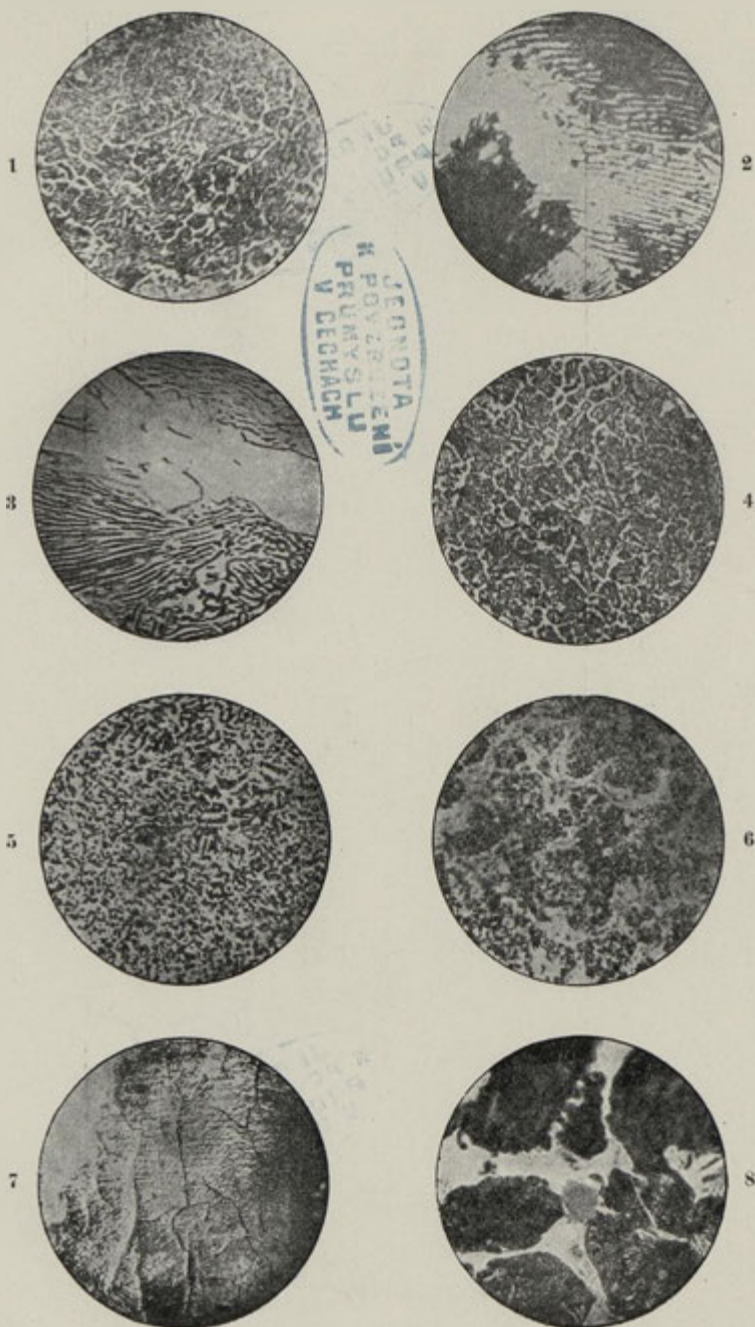


Tab. I.

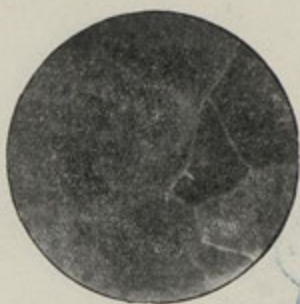


Tab. II.





9



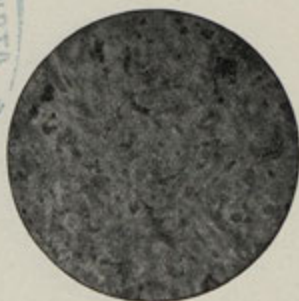
10



11



12



13



14



15



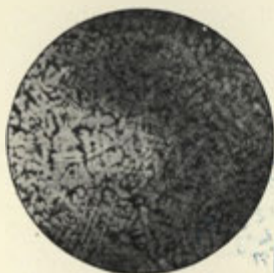
16



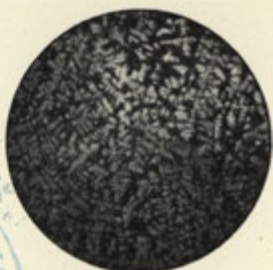
JEDNOTA
POVZBUZENI
PRUMYSLU
V CERNACH

Tab. V.

17



18



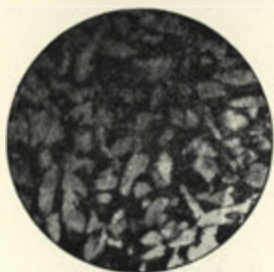
19



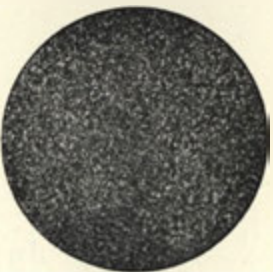
20



21



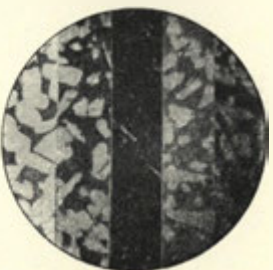
22



23



24



GEODOTA
KROVYSLU
V CECACH