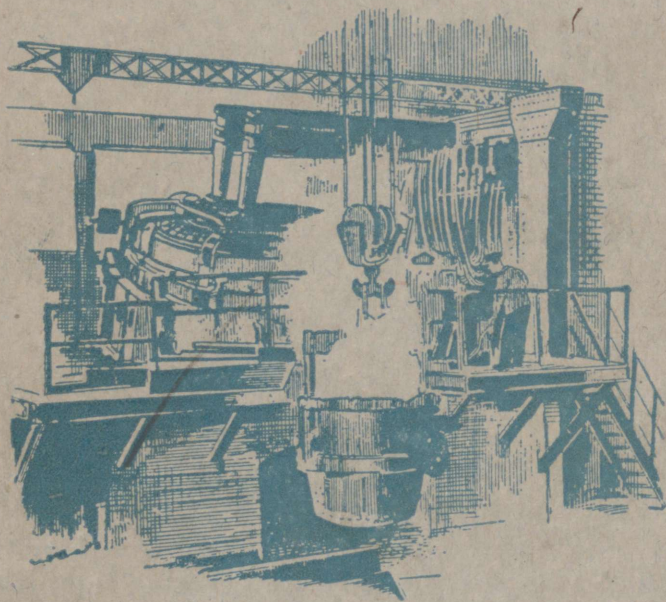


J. A. DERGATŠOV

MATERJALIÕPETUS METALLISTIDELE



RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“ • TALLINN • 1947

NSV LIIDU TOOJÕURESERVIDE MINISTEERJUM

J. A. Dergatšov

dotsent, tehniliste teaduste kandidaat

Materjaliõpetus

metallistidele

Õpik tööstus- ja raudteekoolidele

Prof. N. F. Bolhovitinovi toimetusel

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“
TALLINN 1947

Sissejuhatus.

Metallidel on tehnikas määratu suur tähtsus. Ilma metallita ei saaks läbi ükski nüüdisaegne tööstusharu, samuti mitte transport, põllumajandus ega ehitusala. Rahvamajandus tarbib iga aasta miljoneid tonne mitmesuguseid metalle ja sulameid.

Iga tööstusharu töölistel on tegemist metallidega; seepärast on väga tähtis teada, kuidas neid toodetakse ja töödeldakse, millised on nende omadused, mil viisil saab neid omadusi muuta ja missugust metalli või sulamit tuleb eelistada ühe või teise töö jaoks.

Järgnev tabel annab kujutluse metallide tootmise arengust viimastel aastatel.

Tabel 1.

Mõnede metallide praegune ülemaailmne toodang (tonnides) ¹.

Metallide nimetus	Sõja ajal (1943.—1944. a.)		Enne sõda (1939. a.)	
	Üle			
Raud		150 000 000		100 000 000
Alumiinium		2 000 000	Alla	1 000 000
Vask	"	2 000 000	Umbes	2 000 000
Tsink	"	2 000 000	"	1 500 000
Seatina	"	2 000 000	"	1 500 000
Magneesium	Umbes	300 000	"	50 000
Nikkel	"	200 000	"	100 000
Inglitina	"	200 000	Alla	200 000

Nüüdisaja tööstus tarvitab metalle kas puhtal kujul või mitmesuguste sulamitena. Tehniliste sulamite valmistamiseks vajatakse peale ülalnimetatud metallide tunduval hulgal teisigi metalle ja mittemetalle, nagu on:

mangaan, mille aastane tarvitus on ligi 1 000 000 tonni
 kroom, " " " " " 200 000 "
 antimon, " " " " " kümneid tuhandeid tonne
 volfram, " " " " " ligi 10 000 tonni
 molübdeen, vanaadium, koobalt, " " " " 6 000 "

¹ A. A. Botšvar, prof. — Metallide tehnoloogia, Metallurgizdat, 1945. a.

Rauasulamite — terase ja malmi — valmistamisel tarvitatakse mittemetallidest kõige suuremal hulgal süsinikku (koksi), samuti ka räni, mis on malmi ja terase üheks koosteosaks.

Teadust metallide tootmisviisidest nimetatakse metallurgiaks.

Metallurgiatööstus on rahvamajanduse põhiliste harude arenemise aluseks.

Lenini-Stalini partei on loonud ja loob praegugi kõik tingimused, mis on vajalikud metallitootmise edendamiseks NSV Liidus, sest see kindlustab meie maa sõltumatuse kapitalistlikest riikidest ja tõstab meie kaitsevõimet.

NSV Liidu tööstuse arendamise plaanide teostamisei stalinlike viisaastakute jooksul osutati erilist tähelepanu musta ja värvilise metallurgia edendamisele.

Joonised 1 ja 2 näitavad malmi- ja terasetoodangu kasvu Nõukogude Liidus alates 1917. aastast kuni teise viisaastaku lõpuni, s. o. 1937. aastani.

Meie maa oli varem tehniliselt nõrk, kuid stalinlike viisaastakutega ta on muutunud võimsa tehnikaga riigiks, kel on võimalik toota üha enam metalle mitmesuguste masinate valmistamiseks.

NSV Liidu metallitootmise kasv saavutati uute võimsate tehaste ja tööstuskeskuste loomisega (näiteks Magnitogorsk Uuralis ja Stalinsk Siberis) ning vanade ettevõtete ümberseadistamise teel. Metallurgia ja teiste tööstusharude edule on suurima tähtsusega stahhaanovlaste suurepärased töösaavutused. Stahhaanovlased rajavad uusi teid tehnika rakendamisele, töö organiseerimisele ja materjalide säästmisele, kindlustades seega toodangu kasvu.

Tehnikas on väga suur tähtsus mitte ainult toodetud detailide hulgal, vaid ka nende konstruktsioonil ja tugevusel. Ent konstruktsioon ja tugevus olenevad täiel määral detailide materjali omadustest.

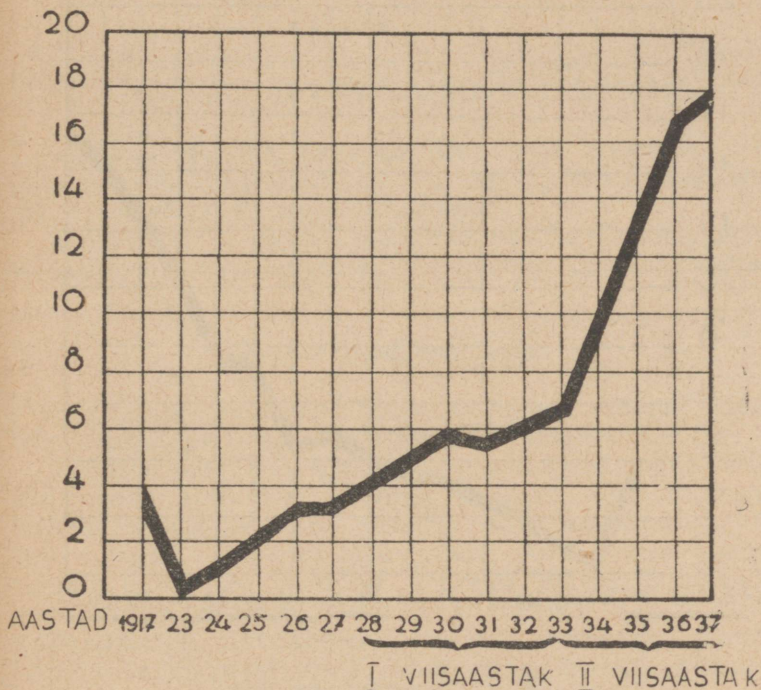
Niisiis metallide, sulamite ja teiste materjalide omaduste ja töötlustingimuste tundmine annab võimaluse õieti valmistada üksikuid detaile ja masinaid.

„Materjaliõpetuse“ üldkursus sisaldab õppijaile vajalikke teadmisi malmi ja terase tootmisest, metallide ja sulamite omadustest, metallide termilisest töötlemisest, valamisest, valtsimisest, sepiamisest, keevitamisest ja jootmi-

sest; samuti ka põhilistest abimaterjalidest: määrdeainest, lihvimisaineist, plastilistest massidest jne.

Nüüdisaegne masinaehitus nõuab hiiglasuuri koguseid kõrgekvaliteedilisi teraseid ja värvilisi sulameid. Ent kõrge-

MILJONID TONNID

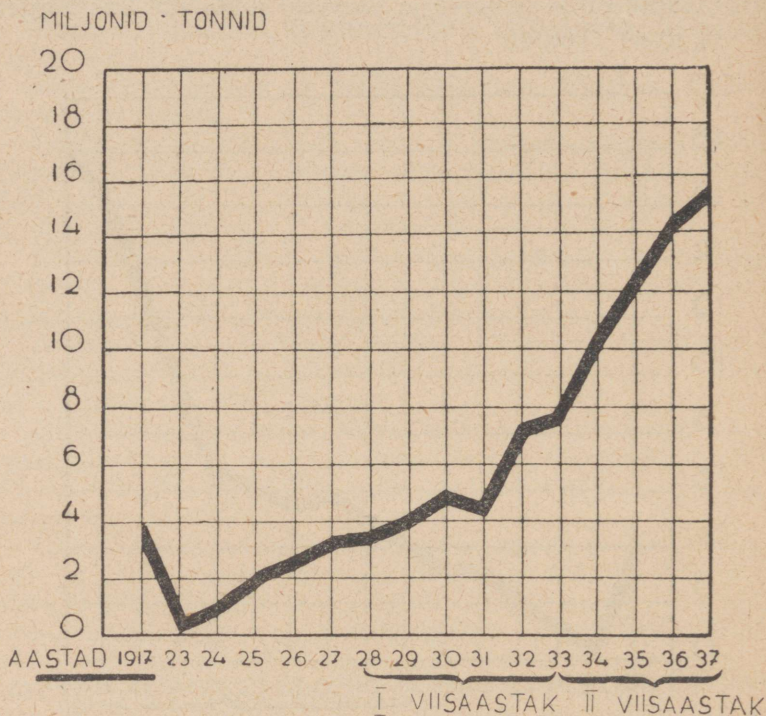


Joon. 1. Malmi tootangu kasv.

kvaliteedilised terased on kallid. Seepärast iga tööline peab tundma neid tingimusi, mis lubavad kokku hoida metalle, esijoones defitsiitseid terasesorte, samuti värvilisi metalle — vaske, niklit, koobaltit, inglistina ja teisi.

Iga eriala — treimine, lukkseptöö, keevitamine, elektromontaaž jne. — nõuab põhiliste eriainate tundmaõppimist. Näiteks elektromontöörile on põhiliseks eriaineks elektrotehnika, treialile — metallide töötlemine riistmasinail, keevitajale — keevitus, lukksepale — lukkseptöö.

Aga kõigi erialade spetsialistidel peab olema üks ühine põhialus — teadmised kasutatavaist materjalidest. Omanamata neid teadmisi ei või saada heaks spetsialistiks.



Joon. 2. Terasetootmise kasv.

Meie maa on asunud suurejooneliste ülesannete teostamisele, mida tõstis esile seltsimees Stalin oma kõnes Moskva linna Stalini valimisringkonna valimiseelsel koosolekul 9. veebruaril 1946: lähema kolme viisaastaku jooksul viia malmi aastatoodang 50 miljonile tonnile ja terase aastatoodang — 60 miljonile tonnile. Sellest suurest ja austavast tööst võtavad vahetult osa ka Tööjõudude Reservide Ministeeriumi õppeasutiste kasvandikud. Nende kohuseks on varuda teadmisi, et õigustada kodumaa poolt neile pandavad lootused.

I p e a t ü k k .

METALLIDE TÄHTSAMAD OMADUSED.

Masinate detailid töötavad edukalt ja valmistooted on vastupidavad tingimusel, et neil on vajalikud mehaanilised, füüsikalised ja muud omadused.

Eristatakse järgmisi metallide omadusi: füüsikalised, mehaanilised, tehnoloogilised, keemilised ja valuomadused.

Füüsikalised omadused.

Füüsikaliste omaduste hulka kuuluvad: erikaal, värvus, läige, soojusejuhtivus, elektrijuhtivus, magnetilisus jne.

Puhaste metallide füüsikalised omadused sageli erinevad nende metallide sulamite füüsikalistest omadustest. Näiteks puhas vask on parema soojusejuhtivusega kui vase sulamid — pronks ja messing. Puhtal raual, samuti pehmel terasel on võrreldes malmiga parem soojusejuhtivus, suurem sitkus ja parem keevitatavus.

Erikaal. Proovitava materjali erikaaluks nimetatakse selle materjali kaalu suhet võrdse mahu vee kaaluga 4°C juures.

Näiteks vee erikaal on 1, terasel — 7,8, vasel — 8,9, alumiiniumil — 2,7 jne.

Erikaalu järgi jagunevad metallid kergemetallideks ja raskemetallideks. Kergemetallide erikaal on väiksem kui 5, raskemetallidel — suurem kui 5.

Mõnede kergemetallide erikaalud:

Liitium	0,59	korda	kergem	kui	vesi
Kaalium	0,86	„	„	„	„
Magneesium	1,74	„	raskem	„	„
Alumiinium	2,70	„	„	„	„

Mõnede raskemetallide erikaalud:

Tsink	7,14	korda raskem kui vesi
Teras	7,80	” ” ” ”
Vask	8,93	” ” ” ”
Seatina	11,34	” ” ” ”
Volfram	19,30	” ” ” ”

Soojuse juhtivus. Soojusejuhtivuseks nimetakse keha omadust juhtida soojust. Puhastel metallidel on soojusejuhtivus parem kui sulamitel. Puit, asbest ja vilt on halvad soojusejuhid. Neid kasutatakse isoleerimiseks.

Mehaanilised omadused.

Mehaanilisteks omadusteks on: plastilisus, elastsus, tugevus, kõvadus, sitkus, haprus.

Plastilisus. Plastilisuseks nimetakse materjali omadust muuta oma kuju väliste tungide mõjul ja säilitada muutunud kuju ka pärast nende tungide mõju lõkkamist. Metallid nagu seatina ja vask on väga plastilised. Malm ei ole plastiline.

Elastsus. Elastsuseks nimetakse metalli omadust taastada oma endine kuju pärast välise tungi mõju lõkkamist.

Elastseid omadusi on näiteks kuullaagri karastatud teraskuulikesel, samuti vedrul. Ka kummi on elastne materjal.

Tugevus. Metalli tugevuseks (tugevuse piiriks) nimetakse ta võimet vastu panna purunemisele väliste tungide mõjul.

Tugevuse piiri määratakse tõmbel, survel, paindel või väändel. Tõmbetugevuse piir on metallide mehaaniliste omaduste kõige levinumaks näitajaks. Teras on näiteks tugevam kui alumiinium, vask jt.

Kõvadus. Kõvaduseks nimetakse metalli võimet vastu panna teise keha sissevajutamisele. Näiteks pehmet metalli saab vabalt muljuda või kriimustada kõvemast metallist teravikuga.

Sulamitel on puhaste metallidega võrreldes kõrgemad mehaanilised omadused — tugevus ja kõvadus. Pronks on näiteks tugevam ja kõvem kui vask.

Sitkus. Sitkuseks nimetatakse metalli omadust plastiliselt muuta oma kuju (deformeeruda). Seda omadust iseloomustab näiteks pikenemine tõmbel.

Raua sitkus on üsna suur, teras on vähem sitke, kuna malmil ei ole peaaegu mingit sitkust.

Haprus on sitkusele vastupidine omadus. Valge malm on habras sulam, klaasi haprus on väga suur.

Tehnoloogilised omadused.

Tehnoloogilisteks omadusteks on taotavus, keevitavus jne.

Puhastel metallidel on võrreldes sulamitega suurem taotavus ja keevitavus. Vase ja inglistina sulam — pronks — on halvasti taotav, seepärast masinate pronksosi ei se pistata ega staantsita, vaid valatakse.

Tehnoloogilised omadused on olulisteks lisanäitajaiks, kui tahetakse määrata, kui võrd töökõlblikuks osutub antud metallist valmistatud ese.

Valuomadused.

Valuomaduste hulka kuuluvad vedelvoolavus ja raskevoolavus, kahanemine ja likvatsioon.

Vedelvoolavusest ja raskevoolavusest sõltub valuvormi hea või halb täitumine sulametalliga.

Süsiniku, räni või fosfori suurem sisalduvus malmis, samuti sulametalli ülekuumutus, tunduvalt suurendavad vedelvoolavust.

Väavli olemasolu malmis teeb ta raskemini voolavaks.

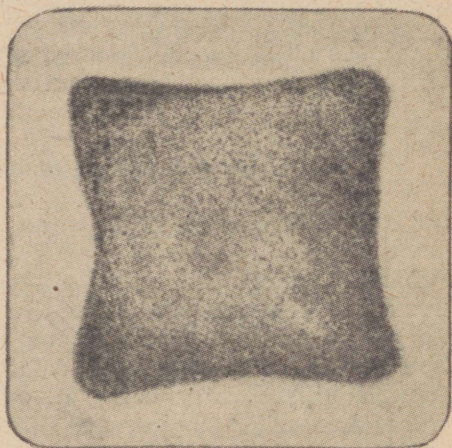
Kahanemine. Kahanemiseks nimetatakse metalli omadust vähendada oma mahtu ja lineaarmõõtusi üleminekul vedelast olekust tahkesse. Mitmesugustel metallidel on erinev kahanemine.

Metallide lineaarkahanemise suurus (%-des):

Valge malm	2,0
Hall malm	1,0
Teras	1,5
Alumiinium	1,8
Pronks	1,2



Joon. 3. Valandi kahanemisõõs.



Joon. 4. Likvatsioon terasvalandis.

Metallide hangumisel tekib nõnda nimetatud k a h a n e m i s õ õ s (joon. 3).

Kahanemisõõne suurus võrdub vedela ja tahke metalli mahtude vahega.

Suur kahanemine halvendab metallide valatavust ja suurendab praaki valamisel.

Likvatsiooniks nimetatakse sulami erinevate koosteosade ebahühtlast jaotust hangumisel.

Näiteks terasvalandi põiklõige võib näidata keemilise koostise ilmset ebahühtlust. Keskpäigas võib leiduda palju enam lisandeid kui äärtel (joon. 4). Likvatsioon on kahjulik nähtus: ta vähendab valu kvaliteeti.

Keemilised omadused.

Metalli keemilisteks omadusteks on ta allumine mitmesugustele keemilistele mõjutustele.

Gaaside, õhu, vee, auru, hapete jms. mõjul toimuvat metallide sööbimist nimetatakse korrosiooniks.

Joonis 5 näitab korrosiooni tagajärjel kõlbmatuks muutunud raudtoru.

Terase ja malmi korrosioon esineb kõige sagedamini rauaoksüüdide tekkimise, s. o. roostetamise näol.

Metallide kasutamise praktikas esineb juhtumeid, kus soovitavaks ja kasulikuks osutub ainult üks liik eelloetletud omadusi. Näiteks vedrude tarvitamine põhineb ainult metalli elastsusel. Seevastu peab aga olema neet laitmatult plastiline, s. o. hästi muutma oma kuju löögi või kokkusurumise mõjul, andmata pragusid või rebestusi.

Kõigist loetletud metallide omadustest on kõige tähtsamateks mehaanilised omadused — tugevuse piir, kõvadus, elastsus, sitkus ja haprus.

Metallide mitmesuguste omaduste määramisviise.

Peale metalli keemilise analüüsi ja metalli struktuuri uurimiste teostatakse tehaste praktikas veel mehaaniliste omaduste kontrollkatseid; paljudel juhtudel viiakse läbi täiendavalt tehnoloogilisi katseid painutamisele, keevitavavusele jne.

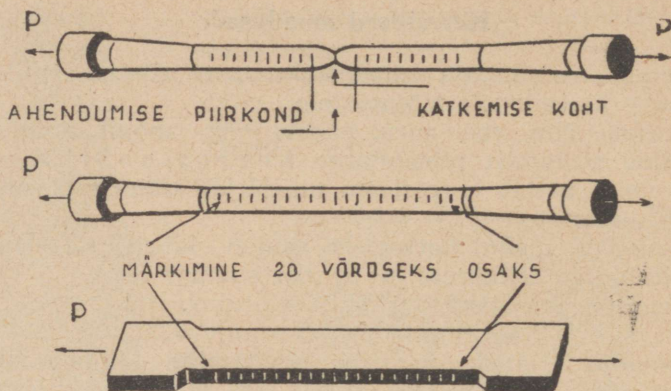
Mehaaniliste omaduste enamlevinud katseteks on tõmbekatse ja metalli kõvaduse katse.

Tõmbetugevuse piir.

Tõmbetugevuse määramiseks treitakse või lõigatakse proovitavast metallist vastavalt ümmargused või lamedad katsekehad.



Joon. 5. Toru korrosioon.



Joon. 6. Katsekehad tõmbetugevuse määramiseks: ülal ümmargused, all lame.

Katsekeha koosneb järgmistest osadest:

tõmbeosa pikkusega 1, mis võrdub tavaliselt 200 mm ja on jaotatud 20-ks võrdseks osaks à 1 sm, läbimõõt $d = 20$ mm;

koonusekujuline üleminekuosa;

katsekeha pead, millega katsekeha kinnitatakse katsemasina kinnituspadruneisse.

Laboratooriumes, kus toimub metallide mehaaniliste omaduste määramine, kasutatakse mitut tüüpi tõmbemasinaid — nii väikesi kui ka kõige võimsamaid. Tõmbemasina tavaline võimsus on 2 kuni 50 t, vastavalt koormusele, mida on vaja rakendada antud katsekehale.

Tõmbemasinat kujutab joon. 7.

Tõmbetugevuse katsel määratavaiks suurusteks on peamiselt tõmbetugevuse piir σ_t (mida tähistatakse kreeka tähega „sigma“), samuti suhteline pikene mine δ (mida tähistatakse tähega „delta“).

Tõmbetugevuse piiri arvutatakse valemi järgi:

$$\sigma_t = \frac{\text{suurim koormus}}{\text{alg-ristlõige}} = \frac{P}{F_0} \text{ kg/mm}^2,$$

kus P on suurim koormus antud tõmbekatsel kilogrammides ja F_0 on katsekeha ristlõike pindala ruutmillimeetrites enne katsetamist.

Pikenemist tõmbel saab määritleda absoluutse ja suhtelise pikenemisena.

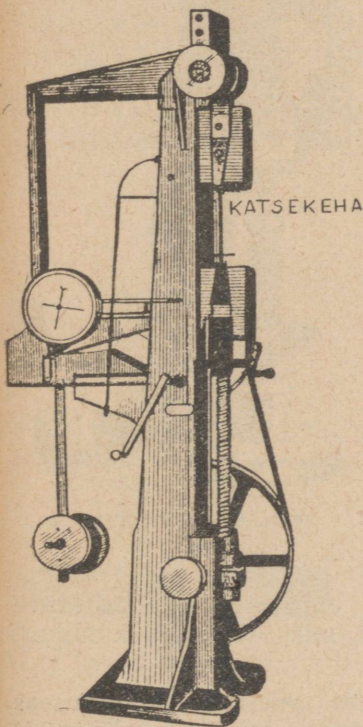
Näiteks katsekeha pikkus enne tõmbetugevuse määramist oli $l = 100$ mm, ja pärast katset — $l_1 = 120$ mm. Absoluutne pikenemine on: $\Delta l = l_1 - l = 120 - 100 = 20$ mm. Suhteline pikenemine on:

$$\delta = \frac{l_1 - l}{l} = \frac{120 - 100}{100} = \frac{20}{100} = 0,20.$$

Suhtelist pikenemist väljendatakse tavaliselt protsentides; selleks korrutatakse ta sajaga.

Suhteline pikenemine protsentides on:

$$\delta \% = \frac{l_1 - l}{l} \cdot 100 = \frac{120 - 100}{100} \cdot 100 = 20.$$



Joon. 7. Tõmbemasin.

Näiteid: olgu mõne terasemargi katsetamisel katsekeha suurim koormus $P = 5000$ kg, kuna katsekeha ristlõike pindala enne katset $F_0 = 100$ mm². Siis on

$$\sigma_t = \frac{P}{F_0} = \frac{5000}{100} = 50 \text{ kg/mm}^2.$$

See teras on keskmise tõmbetugevusega.

Pehme terase (raua) tõmbetugevuse piir on umbes 30 kg/mm².

Kõva terase (masinaehitus-terase) tõmbetugevuse piir on ligi 70 kg/mm² ja võib olla suuremgi.

Vase tõmbetugevuse piir võrdub 18—20 kg/mm², alumiiniumil on see aga 10—11 kg/mm².

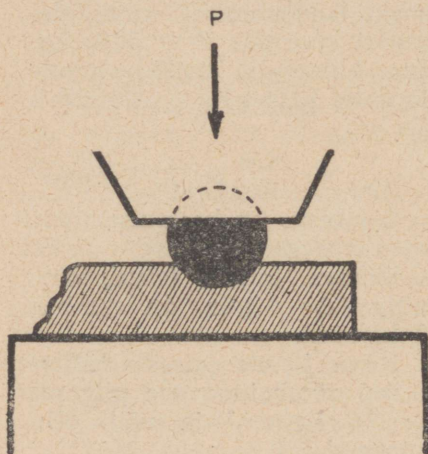
Kõvadus.

Kõvaduse määramist toime-tatakse praktikas järgmiste levinumate riistadega: 1) Brinell'i aparaadiga, 2) Poldi

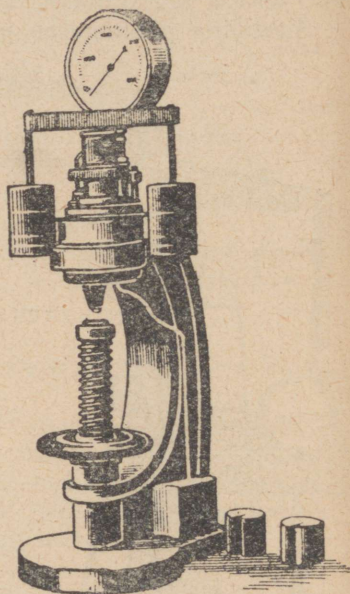
katseriistaga, mis annab ligikaudse kõvaduse, ja 3) Rockwell'i aparaadiga.

Brinelli kõvadus. Kõvaduse määramine Brinelli järgi seisneb järgmises:

Katsetatava metalli pind puhastatakse ja silutakse viili ning smirgelpaperi abil; siis vajutatakse metalli pinna sisse ümmargune karastatud kuulike väga kõvast terasest. Kuulikese läbimõõt d on 10 mm, 5 mm või 2,5 mm (joon. 8). Kuulikese läbimõõt valitakse vastavalt katsetatava eseme paksusele.



Joon. 8. Kõvaduskatse skeem Brinelli järgi.



Joon. 9. Brinelli press.

Olenevalt katsetatava metalli omadustest ja kuulikese läbimõõdust muutub ka koormus, mis vajutab kuulikest metallide sisse.

Terase ja malmi katsetamiseks võetakse koormuseks harilikult $P = 3000$ kg, kusjuures kuulikese läbimõõt on 10 mm.

Koormus P mõjub proovitava pinnale umbes 30 sekundit (teisiti öeldult, püsival koormusel lastakse mõjuda umbes 30 sekundit).

Pehme terase kõvadus Brinelli järgi on ligi 100, löõmutatud tööriistaterase kõvadus — umbes 200 või üle selle. Kõvadust Brinelli järgi tähistatakse tähtedega H_B .

Brinelli pressi üldvaade nähtub joon. 9. Kõvaduse arv Brinelli järgi ehk lihtsalt Brinelli arv määratakse järgmiselt:

$$H_B = \frac{P}{F} \text{ kg/mm}^2,$$

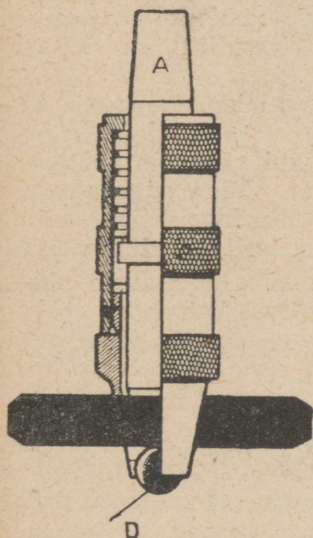
kus P — on püsiva koormuse suurus ja

F — on jäljendi (nõgusa kerapinna) pindala ruutmillimeetrites.

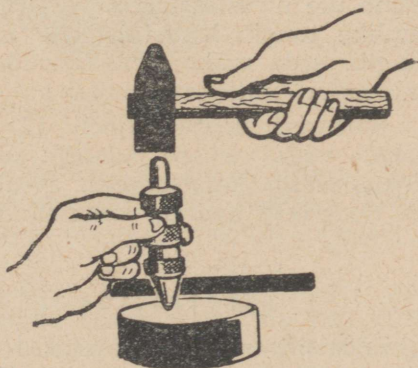
Praktikas leitakse Brinelli kõvadusarvused vastavast tabelist, kus nad on toodud sõltuvalt jäljendi läbimõõdust.

Poldi katseriist. Poldi katseriistaga määratakse Brinelli kõvadust järgmisel viisil.

Neljakandiline varras, mida nimetatakse kontroll-



Joon. 10. Poldi katseriist metalli kõvaduse määramiseks.



Joon. 11. Metalli kõvaduse määramine Poldi aparaadiga.

v a r d a k s (sest temaga võrreldakse katsekeha kõvadust), asetatakse riista sisse, kuulikese D ja löögipulga A vahele (joon. 10). Riista kuulike — läbimõõdult 10 mm — toetatakse vastu katsetatavat pinda (joon. 11) ning lüüakse haamriga tugev hoop löögipulga väljaulatuvale otsale.

Löögi mõjul tekivad jäljendid (nõgusused) katsetatavale pinnale ja neljakandilisele kontrollvardale. Proovitava metalli kõvadus leitakse mõlema tekkinud jäljendi läbimõõtude suhtest, kasutades riista juurde kuuluvat tabelit. Poldi aparaat annab metalli ligikaudse kõvaduse Brinelli järgi (H_B).

Poldi riist on üsna käepärane raskete või suurekoguliste masinadetailide (nagu vaguni- või veduriratta bandaažide, völliakelade jne.) kõvaduse määramiseks.

R o c k w e l l i k õ v a d u s. Kõvaduse määramiseks Rockwelli järgi surutakse proovitava pinna sisse: a) teraskuulike läbimõõduga umbes 1,6 mm, koormusega 100 kg, või b) teemantkoonus tippnurgaga 120° , koormusega 150 kg.

Pehmete metallide katsetamiseks võetakse koormus $P = 100$ kg; kõvade metallide katsetamiseks — nagu karastatud terased ja kõvametallid (pobediit) — võetakse koormus $P = 150$ kg.

Õhukeste torude ja metall-lehtede katsetamiseks kasutatakse vahel vähendatud koormust $P = 60$ kg. Kõvadusastme üle otsustatakse selle järgi, kui sügavale koonus või kuulike tungib katsetatavasse pinda. Mida sügavamale ta tungib, seda väiksem on kõvadus. Rockwelli aparaadil on indikaator, mille osuti näitab automaatselt kõvaduse väärtust.

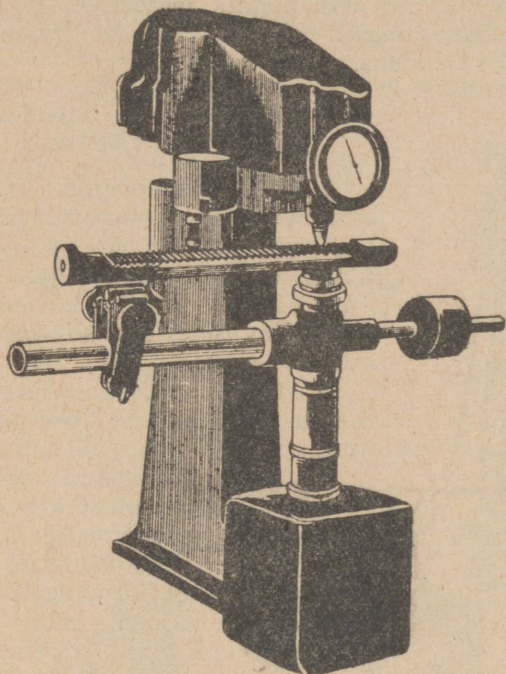
Rockwelli aparaat (joon. 12) jätab proovitavale katsekehale väga väikese jäljendi; seepärast katsekeha töökõlblikkus säilib katsetamisel. Õhukeste toodete proovimiseks on Rockwelli aparaat kohasem kui Brinelli press.

Metallide löögisitkus.

Löögisitkuseks nimetatakse materjali võimet vastu panna löökide mõjule.

Töö protsessis peavad paljud detailid taluma lööke nii tavalisel temperatuuril kui ka külma käes, näiteks tööta-

misel talvetingimustes. Seepärast nende materjal peab omama küllaldast löögisitkust, mida määratakse pendelvasara abil (joon. 13). Katse skeem on näidatud joonisel 14.



Joon. 12. Rockwelli aparaat.

Sisselõikega katsekeha asetatakse kahele toele ning purustatakse eelnevalt ülestõstetud pendli löögiga. Katsekeha purustamiseks kulutatud töö hulk määrab löögisitkuse suuruse.

Madal löögisitkus ehk haprus on ebasoovitavaks omaduseks nii metallide töös (eriti külma käes) kui ka nende sepistamisel, stantsimisel ja traadiks tõmbamisel. Üldreeglinas kasvab haprus lisandite suurenemisel, iseäranis aga siis, kui sulam sisaldab kahjulikke lisandeid.

Näiteks puhas raud ja pehme kvaliteetteras on suure

löögisitkusega, kuna kõrge fosforisisaldusega terasel on löögisitkus madal.

Terase kahjulikud lisandid ei mõju ühesuguselt. Näiteks fosfor annab terasele märgatava hapruse madalail temperatuuridel; seevastu hapnik ja väävel tingivad terase hapruse hõõguvpunases olekus. Selline teras puruneb sepistamisel tükkideks.

Mõningaid tehnoloogilisi katseid.

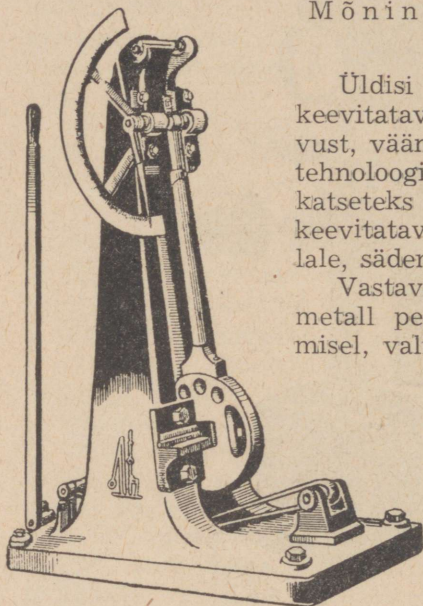
Üldisi tehnoloogilisi omadusi — keevitavust, taotavust, laiakslitsitavust, väänatavust jne. — määratakse tehnoloogiliste katsetega. Sellisteks katseteks on näiteks katsed paindele, keevitavusele, laiakslitsitavusele, kõlale, sädemele.

Vastavalt töötlemisviisile, millele metall peab alluma toodete valmistamisel, valitakse üks või teine tehnoloogiline katse. Näiteks enne töötlemist keevitamise või sepistamisega teostatakse tehnoloogilised katsed keevitavusele või taotavusele. Kui traadiotste liitmine ühenduskohtades peab toimuma kokkukeeramise abil, tehakse tehnoloogiline katse pealekeeramisele (joon. 15).

Kõige sagedamini esinevaks tehnoloogiliseks katseks on katse paindele (joon. 16). Joonised 17 ja 18 näitavad kahe katsekeha katsetamist paindele. Üks neist katsekehast ei talunud katset ja pragunes (joon. 18), sest ta oli habras (ta sisaldas enam süsinikku kui esimene katsekeha).

Laialdast rakendamist leiab ka traadi korduva painutamise katse (joon. 19). Traati painutatakse 90° võrra, kuni ta murdub.

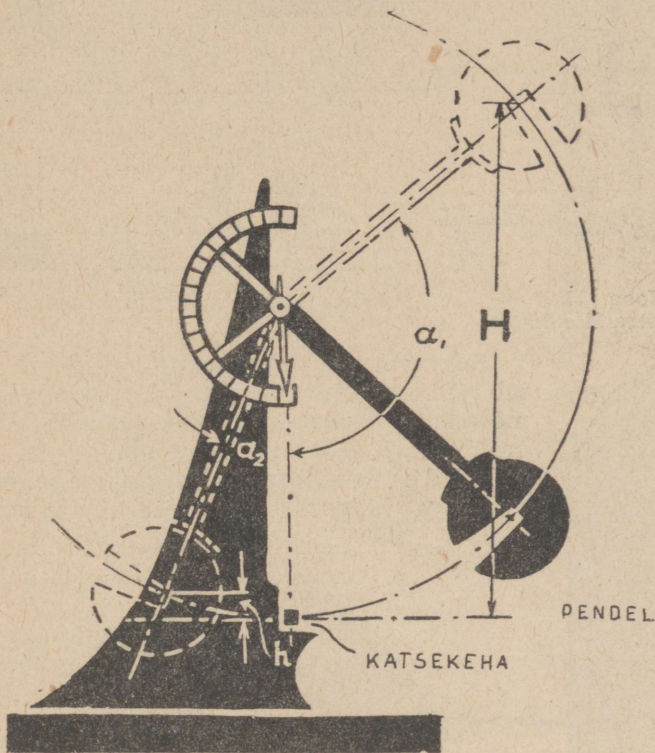
Selliseid katseid tehakse ka lattide ja lehtedega. Painu-



Joon. 13. Pendelvasar.

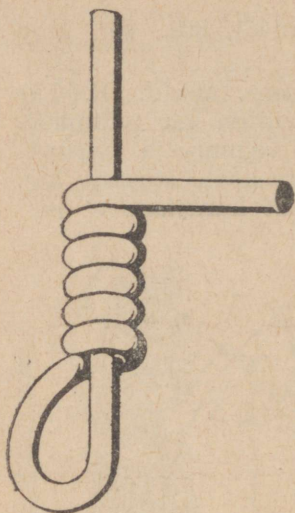
tuste arv murdemomendini määrab traadi, lati või lehe kvaliteedi.

Sageli toimetatakse kõla- ja sädemekatseid. Kõlakatset võib praktiliselt rakendada viilide vastuvõtmisel, samuti raudteel, kus kontrollitakse vaguni- ja vedurirataste bandaažide kõla, siis veel kuullaagritööstuses, kus kontrollitakse laagrirõngaste kõla pärast karastamist jne.

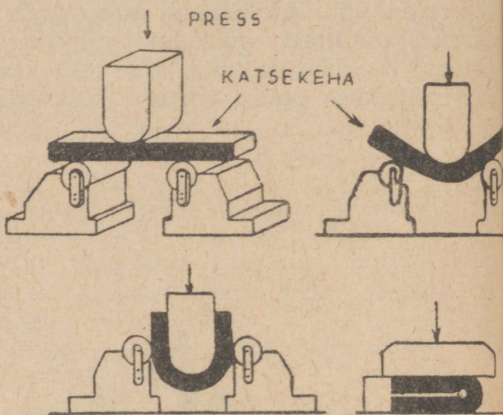


Joon. 14. Löögikatse skeem.

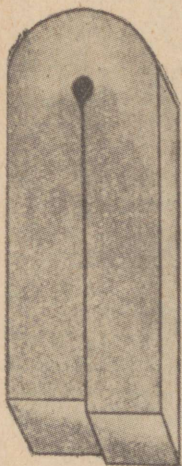
Kui see katse annab terava, selge või kõrge heli, on see märgiks, et viil, rõngas või bandaaž on terve ja tugev ega ole pragunenud.



Joon. 15.
Pealekeeramise katse.



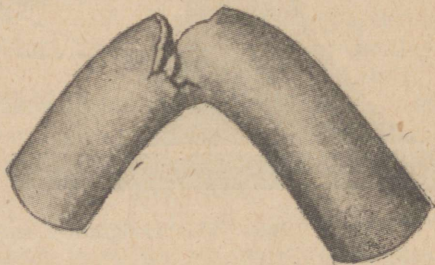
Joon. 16. Tehnoloogiline paindekatse.



Joon. 17.
Paindekatse pehme
katsekehaga.

Seevastu aga tume, summutatud heli osutab toodete tõsistele vigadele — sügavaile mõradele. Säärased tooted peab kõlblikest eraldama, s. o. välja praakima.

Sädemekatse. Terase sädemekatse on väga hõlpsaks praktiliseks viisiks, mis



Joon. 18. Paindekatse kõva katsekehaga.

võimaldab eraldada süsinikterase ja legeeritud terase marke sädemete joa värvuse ning kuju järgi. Sädemekatset teostatakse järgmiselt: terasest proovitükk surutakse vastu kiireltpöörlevat lihvimiskäia (mille tiirude arv on 1000 kuni 3000 minutis). Eraldatud metalli pisiosakesed põlevad õhu hapnikus, tekitades mitmesuguse kujuga sädemeid.

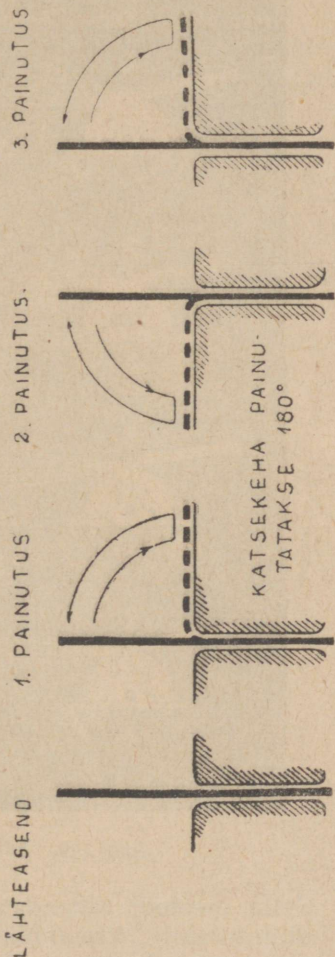
Sädemete kuju järgi saab ligikaudselt otsustada terase süsinikusisalduse üle protsentides. Teatava harjumuse puhul on võimalik kasutada seda meetodit tehasepraktikas süsinikusisalduse määramiseks terases.

Näiteks on üsna hõlpus eraldada sädemete järgi terast, mille süsinikusisaldus on 0,2%, terasest, mis sisaldab 0,4% süsinikku jne.

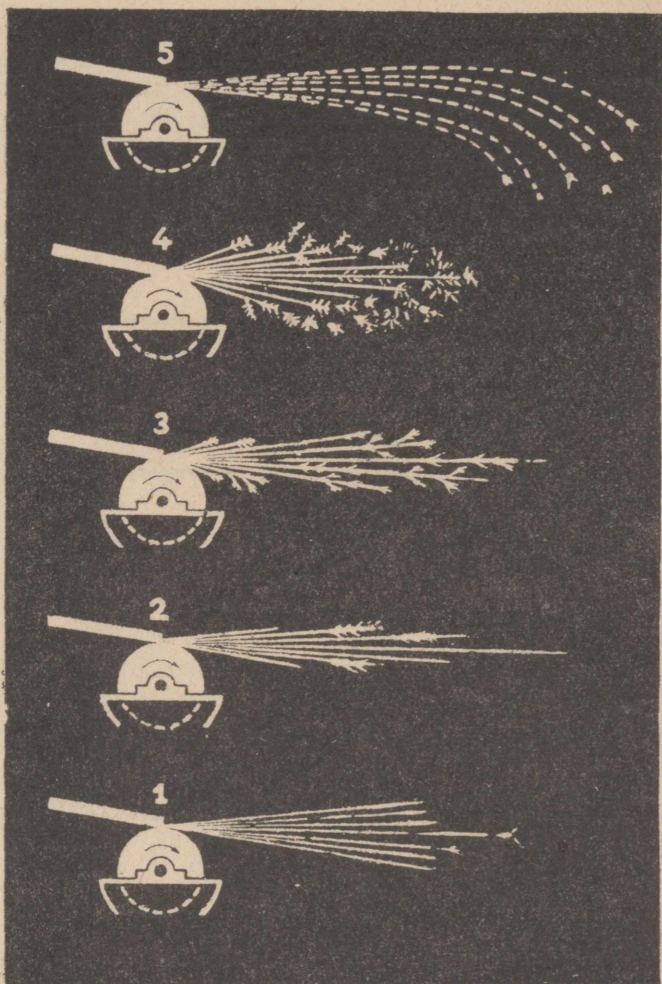
Teades, et terase kõvadus kasvab süsiniku protsendi suurenemisega, on võimalik määrata ligikaudselt karastamata terase kõvadust sädemeproovi abil.

Joonis 20 näitab sädemete kuju erinevail metallisortidel.

- 1 — väga pehme teras, mille süsinikusisaldus on mõni sajandik protsenti,
- 2 — keskmise kõvadusega teras,
- 3 — kõva masinaehitusteras,
- 4 — kõrge süsinikusisaldusega tööriistateras,
- 5 — kiirlõiketeras.



Joon. 19. Traadi katsetamine korduva painutamisega.



Joon. 20. Metallide sädemekatse.

Selle meetodi rakendamine legeeritud terastele — va-naadiumterasele, kroomnikkelterasele jt. — on palju ras-kem kui süsinikterase puhul, sest legeeritud terase säde-mete kuju on märksa keerulisem.

Eraldustunnuseks võib olla mitte ainult sädemete kuju, vaid ka värvus. Näiteks süsinikterase sädemed on heledakollased, kuna nad kiirloometerasel on tumepunased ja lendavad peene punktiirjoonena.

Kordamisküsimusi.

1. Missugused on metallide põhilised omadused?
2. Missugused on metallide füüsikalised omadused?
3. Puhaste metallide ja nende sulamite füüsikaliste omaduste iseärasusi?
4. Mis on metallide likvatsioon?
5. Metallide mehaanilised omadused.
6. Metallide plastilisus. Missugused metallid on plastilised?
7. Kuidas määratakse metallide tugevuse piiri? Kuidas tuleb mõista väljendit: tugevuse piir $\sigma_t = 30 \text{ kg/mm}^2$?
8. Metallide kõvadus ja viisid selle määramiseks.
9. Rockwelli kõvaduse määramise meetodi paremused võrreldes Brinelli viisiga.
10. Metallide löögisitkus ja selle määramine.
11. Mis on metalli elastsus? Missuguste esemete kasulikkus põhineb elastsusel?
12. Metallide tehnoloogilised omadused.
13. Milleks teostatakse tehnoloogilisi katseid?
14. Sädemeproov ja selle otstarve.
15. Metallide valuomadused. Kahanemine.
16. Mis on metalli vedelvoolavus? Mis soodustab vedelvoolavust?

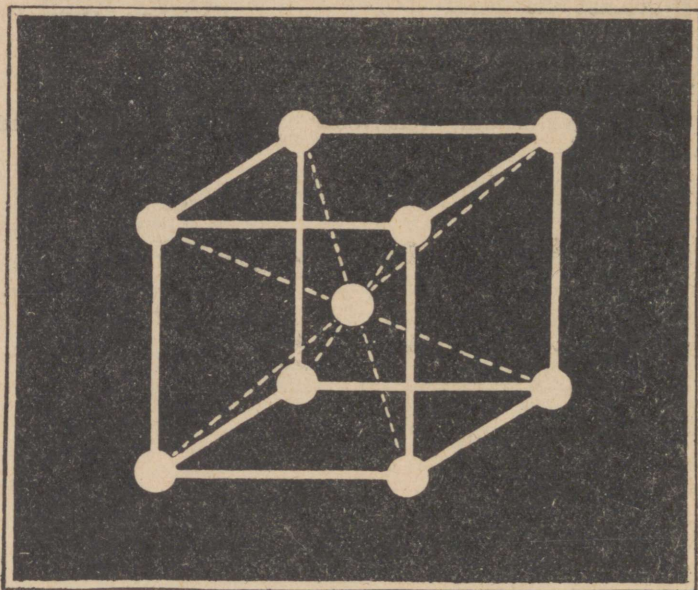
II peatükk.

METALLID JA SULAMID.

Metallide ja sulamite struktuur.

Kõik looduses leiduvad kehad jagunevad oma struktuurilt kristalseiks ja mittekristalseiks (ehk amorfseiks).

Kristalsete kehade pisimad aineosakesed (aatomid) asetsevad kindla korrapärasusega, moodustades üksikuid kristalle. Aatomite asetus enamlevinud metallidel moodustab



Joon. 21. Aatomite asetus raua elementaarkristallis.

kuubi, milles üksikud aatomid asetsevad nurkadel ja keskel (joon. 21). Kõik metallid ja nende sulamid on kristalsed kehad; nad koosnevad väga paljudest kristallidest. Joonis 22 kujutab suurt terasekristalli, mille D. K. Tšernov leidis valandi kahanemisõõnest.

Mittekristalsete (amorfsete) kehade aineosakesed asetsevad korrapäratult. Amorfsete kehade hulka kuuluvad klaas, pigi, vaha, kampsol jne.

Metallideks nimetatakse tehniliselt puhast rauda, vaske, niklit jne.

Sulamid koosnevad ühest või mitmest metallist, või metallidest ja mittemetallidest nagu süsinik, fosfor jt.

Näiteks pronks on kahe metalli — vase ja inglistina sulam. Teras on raua ja süsiniku, s. o. metalli ja mittemetalli sulam. Sulamite hangumisel eraldatakse kahte põhilist struktuuriliiki: mehaaniline segu ja tahke lahus.

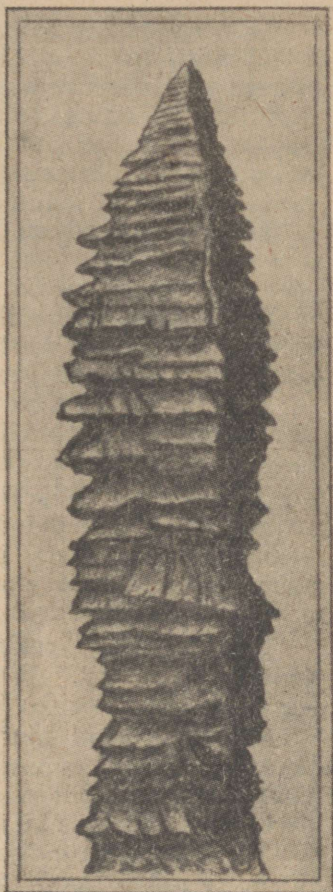
Mehaaniline segu on selline struktuur, kus üksikuid osakesi (kristalle) saab üksteisest lahutada mehaanilisel teel.

Mehaaniliseks seguks on näiteks rauapuru ja väävli segu. Selles segus leiduvat rauapuru saab väävlist lahutada magneti abil.

Tahke lahus. Et paremini selgitada tahkete lahuste struktuuri, vaatleme esmalt vedelaid lahuseid.

Oletame, et me valmistame vedelat lahust kahe vedeliku — vee ja piirituse — segamise teel.

Võttes 100 cm³ piiritust ja 100 cm³ vett näeme, et segu maht ei ole 200 cm³, vaid väiksem.



Joon. 22. D. K. Tšernovi terasekristall.

Esimesel pilgul näib, et osa vedeliku mahtu on seletamatul viisil kadunud. Ent segu kontrollkaalumine näitab, et segu kaal võrdub täpselt vee ja piirituse kaalu summaga.

Niisiis on ilmne, et ükski piirituse ega vee pisiosake (aatom) ei ole kaduma läinud. Segamise tulemusena on saadud täiesti ühtlane (homogeenne) lahus, milles ei saa mehaanilisel teel lahutada ühte ainet teisest ainest.

Tahked lahused on homogeenised kristalsed kehad, kus ühe aine aatomid kas asendavad teise aine aatomeid või asetuvad nende vahele.

On olemas veel kolmas võimalus, kus sulami koostained moodustavad üksteisega keemilisi ühendeid. Sel juhul on keemiline ühend juba omaette aine.

Keemilise ühendi annab näiteks raua ja süsiniku sulam teatud kindlas proportsioonis. See on Fe_3C (tsementiit). Tsementiidisisaldus tõstab rauasulami mehaanilisi omadusi — tugevust ja kõvadust.

Metallide ühendid hapnikuga O, näiteks FeO (raua-alahapend) või CuO näol (vase-alahapend), halvendavad sulamite mehaanilisi omadusi, põhjustades haprust külmas olekus ja punarabedust kuumas olekus.

Teras sisaldab peale süsiniku veel räni, mangaani, väävlit ja fosforit. Need lisandid moodustavad metalliga kas tahkeid lahuseid või keemilisi ühendeid.

Metallis võivad aga sisalduda ka lisandid, mis temas ei lahustu. Näiteks puhas seatina ei ühine sulatamisel rauaga ühelgi viisil, täpselt niisamuti, nagu vesi ja õli on praktiliselt ühendamatud ained.

Mittelahustuvate lisandite hulka kuuluvad ka liiv, savi, muda ja räbu. Need ained halvendavad tunduvalt metalli struktuuri ning alandavad ta tugevust.

Metallid ja nende sulamid omandavad hangumisel kas suurekristallilise või peenekristallilise struktuuri.

On tähele pandud, et mida kõrgem on sulametalli temperatuur ja mida aeglasem on jahtumine, s. o. mida enam aega antakse kristallide kasvamiseks, seda suuremamõõdulisi kristalle saadakse.

Suurekristallilisele struktuurile vastavad metalli madalad mehaanilised omadused ja ümberpöördult, peenekristallili-

sele struktuurile vastavad kõrgemad mehaanilised omadused (eriti löögisitkus).

Makrostruktuuriks nimetatakse sellist metalli struktuuri, mis on nähtav palja silmaga või nõrgal (kuni 10-kordsel) suurendusel.

Mikrostruktuuriks nimetatakse mikroskoobiga vaadeldavat metalli struktuuri.

Metallide struktuuri uurimise otstarbel valmistatakse neist lihvitud plaadikesi.

Uuritavast metallist võetakse väike proovitükk, mis läheb esmalt jämedale eellihvimisele smirgelkivil, siis järellihvimisele smirgelpaberiga ja viimaks poleerimisele erilisel poleerimispingil, kuni proovitüki pind on peegelsile.

Poleeritud proovitüki pinda söövitatakse mõne happe nõrga lahusega (näiteks lämmastikhappe piirituslahusega), mis toob nähtavale mikrostruktuuri.

Mustad ja värvilised metallid.

Tööstuses kasutatavaid metalle ja sulameid jaotatakse mustadeks ja värvilisteks.

Mustad metallid ja sulamid (malm, teras ja raud) on raua ja süsiniku ühendid. Süsinik annab terasele ja malmile nende tähtsamad omadused — tugevuse ja kõvaduse. Teised lisandid — räni, mangaan, väävel ja fosfor — omavad väiksemat tähtsust.

Värvilised metallid. Tähtsamad värvilised metallid on: vask, alumiinium, magneesium, tsink, nikkel, kroom, antimon, inglistina, seatina ja kadmium.

Väärismetallideks on: kuld, hõbe ja plaatina.

Tähtsamad värvilised metallid on leidnud laialdase leviku tööstuses. Neid kasutatakse nii puhtal kujul kui ka sulamitena: pronksi, messingi, duralumiiniumi jt. näol.

Värvilised väärismetallid leiavad rakendamist spetsiaal-tööstusharudes, näiteks elektrotehnikas täpsete elektriliste mõõteriistade valmistamisel.

Musti metalle ja sulameid — malmi, terast ja rauda — tarvitatakse tööstuses kõige enam, sest nad on odavad ning omavad seejuures küllaltki häid mehaanilisi omadusi.

Kordamisküsimusi.

1. Millega erineb kristalne keha mittekristalsest?
2. Puhtad metallid ja nende sulamid. Nende erinevus.
3. Mida nimetatakse mehaaniliseks seguks, tahkeks lahuseks ja keemiliseks ühendiks?
4. Sõltuvus metallide struktuuri ja mehaaniliste omaduste vahel.
5. Mustad ja värvilised metallid. Nende erinevus.
6. Missugused on mustade metallide kolm liiki?
7. Missuguseid lisandeid esineb malmis ja terases?
8. Metallis lahustumatud lisandid.
9. Mida nimetatakse metallide makrostruktuuriks ja mida mikrostruktuuriks?

III peatükk.

MALM JA TERAS.

Malm ja teras on raua ja süsiniku sulamid. Malmis on 5—10% mitmesuguseid lisandeid, s. o. 90—95% rauda ja 5—10% lisandeid (süsinikku, räni, mangaani, väävlit ja fosforit). Terast saadakse malmi edasisel töötlemisel, millega alandatakse temas lisandite sisalduvust. Seetõttu sisaldab teras vähem lisandeid kui malm — 1 kuni 3%.

Terases on 0 kuni 1,7% süsinikku, malmis aga — 1,7 kuni 4,5%.

Süsinik on terase ja malmi tähtsaimaks lisandiks. Terase ja malmi põhilised omadused olenevad süsinikusisalduse suurusest.

Teised lisandid: räni, mangaan, väävel ja fosfor ainult tõstavad või nõrgestavad neid omadusi, mida süsinik annab terasele ja malmile.

Terase ja malmi lisandid võivad olla kasulikud — räni ja mangaan, või kahjulikud — väävel, fosfor ja hapnik.

Malmi tootmine.

Malmi saadakse rauamaagi töötlemisega kõrgahjudes.

Rauamaagid sisaldavad kuni 70% rauda, kuid mitte puhta metallina, vaid oksüüdide näol, s. o. keemilises ühenduses hapnikuga.

Peale selle sisaldavad maagid tunduval hulgal liiva, savi ja lubjakivi. Neid aineid nimetatakse aheraineteks ehk kõluks.

Maagi sulatamisel kõrvaldatakse sellest aheraine ja kahjulikud lisandid, kuna rauaoksüüd muudetakse metalli-

liseks rauaks. Teisiti öeldud, toimub r a u a t a a n d a m i n e m a a g i s t.

On olemas kergesti taandatavaid maake. Joonis 23 kujutab algest rauda väljasulatamise viisi sellisest maagist.



Joon. 23. Rauda väljasulatamine algestel viisil.

Malmi tootmiseks kasutatakse järgmisi maake:

Magnetraudamaak (magnetiit) — kõige raudarikkam maak: kuni 72% rauda.

Magnetraudamaagil on magnetilised omadused; ta on raske ja tihe ning värvuselt peaaegu must.

Punane raudamaak (hematiit) — sisaldab 40—65% rauda. Maagi värvus on punakas.

Pruun raudamaak (limoniit) — omab koosteosana vett ja on eelmistest rauavaesem. Maagi värvus on roostepruun.

Enne sulatamist toimub rauamaagi eeltöötlus: peenedatakse suured tükid, eraldatakse aheraine, briketeeritakse

peenike maagimuld ja sorteeritakse keemilise koostise järgi.

Maagi eeltötluse peamiseks otstarbeks on rikastada maaki enne kõrgahjuprotsessi, eemaldades tarbetud aherained.

Maagi aheraine omab tavaliselt kõrget sulamistemperatuuri, ta on raskesti sulav. Et hõlbustada aheraine eemaldumist maagi sulamisel, võetakse abiks räbutekitavaid lisandeid, mis laaditakse koos maagiga ahju.

Malmi tootmisel on räbutekitavaks aineks harilikult lubjakivi. Rauamaagi peamise aherainena esineb kõige sagedamini liiv.

Räbutekitajad ühinevad kõrgahjus aherainega, moodustades räbu. Räbu on kergesti sulav mass, mis ujub sulalmi pinnal ning mida saab ahjust hõlpsasti eemaldada.

Kõrgahju kütusena tarvitatakse koksi, puusütt ja osalt antratsiiti. Koksi saadakse kivisöe utmisel erilistes koksiahjudes. Koks sisaldab kõrvalainena umbes 1,5% väävlit.

Ühe kg sulalmi saamiseks kulub umbes 1 kg koksi.

Kõrgahju minevat maagi, räbutekitaja ja kütuse segu nimetatakse täidiseks.

Täidis laaditakse ahju kindlaksmääratud üksikpanus-tena.

Kõrgahi.

Malmi väljasulatamine maagist toimub kõrgahjus, millesse laaditakse kihtidena maaki, kütust ja räbutekitavaid aineid.

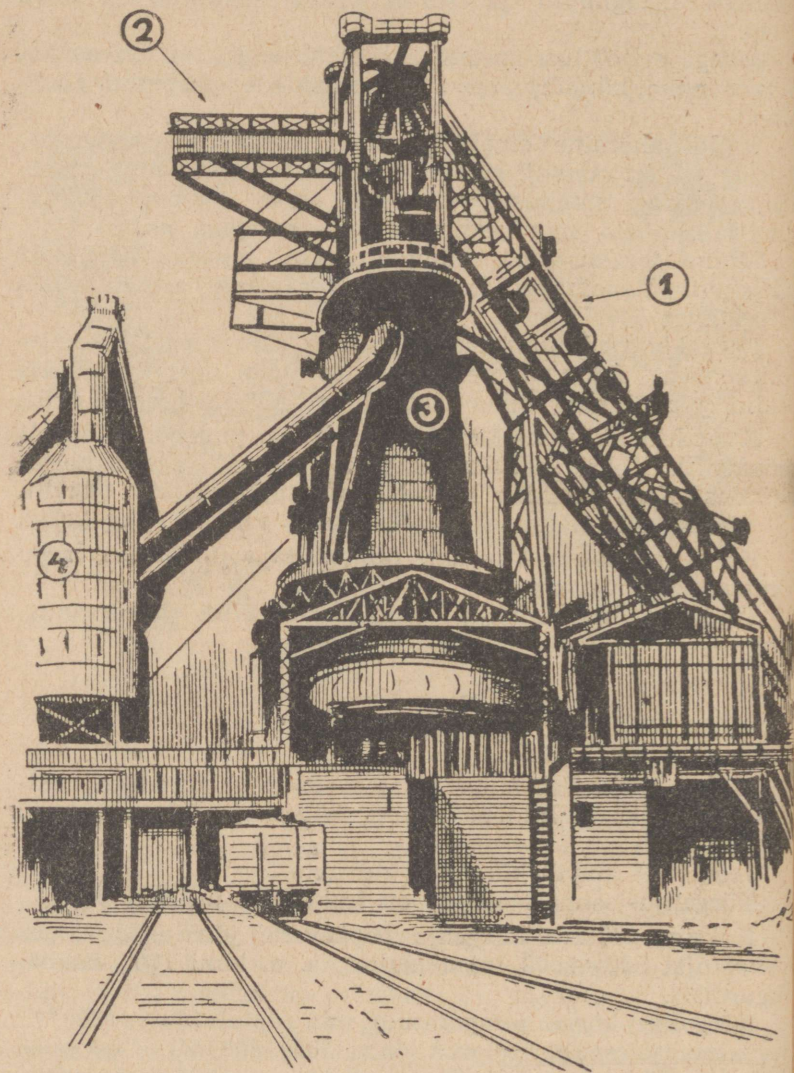
Joonis 24 annab kõrgahju üldvaate.

Kõrgahju-tsehhi läbilõige on kujutatud joonisel 25.

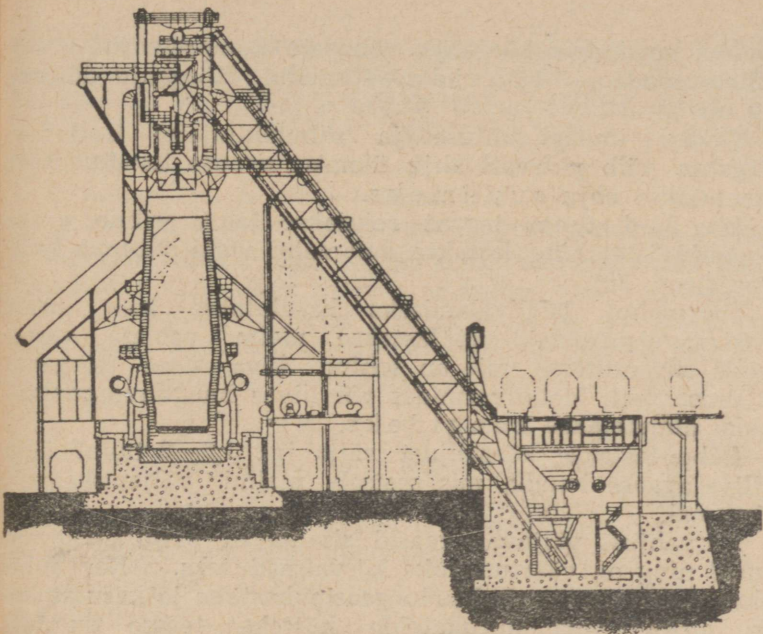
Koksiga töötava kõrgahju ööpäevane jõudlus on käesoleval ajal 500—1500 tonni malmi, s. o. kuni 100 kaubavagunitäit.

Kõrgahju kõrge temperatuur, mis ulatub 1600—1800° C, saavutatakse eelsoojendatud õhu (700—800° C) sissepuhumisega. Õhk soojendatakse erilistes soojenduskambrites. Igal kõrgahjul on 4 sellist eelsoojenduskambrit.

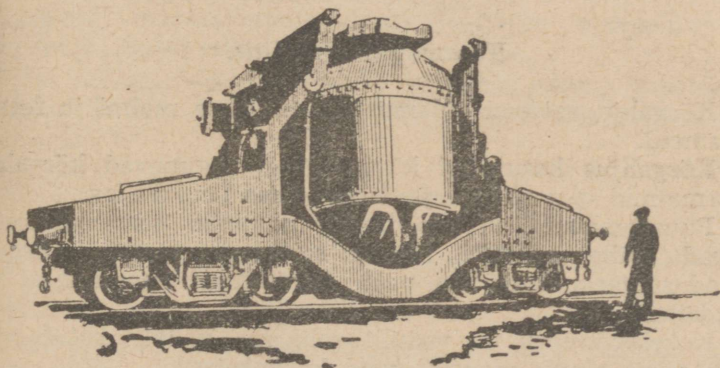
Ühes neist kambritest soojendatakse sissepuhutavat



Joon. 24. Kõrgahju üldvaade: 1 — elevaator, 2 — laadimisplatvorm, 3 — kõrgahi, 4 — gaasipuhasti.



Joon. 25. Kõrgahju-tsehhi läbilõige.



Joon. 26. Kopp vedela toormalmi veoks.

õhku, kuna samal ajal kahte järgmist kambrit köetakse kõrgahjust väljuvate kuumade gaasidega (üks kamber võib olla remondis või reservis).

Õhk surutakse kõrgahju võimsate kompressorite abil eriliste avade — düüside — kaudu. Kõrgahju düüside arv on 12—18.

Täidise (maagi, kütuse ja räbutekitajate) laadimine kõrgahju käib pidevalt ahju ülemise avause kaudu, mida nimetatakse ahju suudmeks.

Iga 3—4 tunni tagant raiutakse lahti eriline avaus kõrgahju jalal ning lastakse sulamalm välja vastava kopa sisse (joon. 26).

Toormalmi laialivalamiseks kasutatakse kas erilisi laialivalamismasinaid või lastakse malm voolata vastavasse süvenditesse, mis on tehtud liiva sisse kõrgahju valamisplatsil. Metallvormides või liivas hangunud malmi tükke nimetatakse kangideks.

Räbu lastakse kõrgahjust välja iga 1,5—2 tunni järel erilise avause kaudu, mis asetseb malmi väljalaskeavast kõrgemal.

Kõrgahjust väljuvad gaasid sisaldavad palju põlevaid aineid ning on väärtuslikuks kõrvalsaaduseks. Nad juhitakse vastavate torude kaudu gaasipuhastisse ja kasutatakse siis elektrijaama aurukatelde kütteks, terase sulatusahjudes jne.

Toormalmide liigitus.

Kõrgahjuprotsessi tulemusena saadakse malmi ja ferrosulameid.

Kõrgahjus kasutatud kütuse järgi jagunevad kõrgahju toormalmid puusöe- ja koksimalmideks.

Puusöemalmid on kvaliteedilt paremad, sest nad sisaldavad vähe väävlit. See on seletatav puusöe kõrgete omadustega: puusüsi on vaba kahjulikest keemilistest liandsidest.

Koksimalmides on väävlit rohkem. Väävlit satub metalli mitte ainult maagist, vaid ka koksist.

Oma koostiselt ja otstarbelt jagunevad malmid valumalmiks ja töödeldavaks malmiks.

Valumalm — hall malm. Seda kasutatakse veelkordseks sulatamiseks kuppelahjus ja malmvalandite

valmistamiseks. Valumalmi murdepind on halli värvusega. Valumalm on kergesti töödeldav käsitsi ja tööpinkidel. Ta sisaldab süsinikku enamasti vabas olekus grafiidi näol. Süsiniku tekkimist malmis grafiidi näol soodustavad järgmised asjaolud:

- a) sulamalmi aeglane hangumine,
- b) räni ja süsiniku suuremate koguste sisaldus malmis.

Kõrgahju koksi-valumalmid jagunevad olenevalt nende keemilisest koostisest viieks margiks: nr. 00, nr. 0, nr. 1, nr. 2 ja nr. 3. Need margid erinevad üksteisest peamiselt oma ränisisalduse poolest. Malmi margid nr. 00 ja nr. 0 on kõrge ränisisaldusega, mark nr. 3 on madala ränisisaldusega.

Töödeldav malm — valge malm on lähteaineks terase tootmisel. Selle malmi murdepind on valge, ta struktuur on radiaalne (kiirtekujuline). Süsinik esineb valges malmis seotult tsementiidi Fe_3C näol, mis on raua ja süsiniku keemiliseks ühendiks.

Valge malm on kõva ning habras. Valamisel ta kaha-
neb palju.

Valge malm tekib järgmistel tingimustel:

sulami kiirel hangumisel,

malmi madala ränisisalduse ja kõrge mangaani- või kroomisisalduse puhul.

On olemas eriotstarbelisi kõrgahju-malme (spetsiaal-
malmid ja ferrosulamid: ferrosiliitsium, ferromangaan jt.).

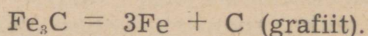
Lisandid malmis.

Süsinik. Valumalmi süsinikusisaldus on harilikult 1,7—4,2%. Süsinik esineb valumalmis suuremalt osalt grafiidina, mis annabki ta murdepinnale halli värvuse.

Kui malmi jahtumine valamisel on kiire, säilitab malmis sisalduv süsinik tsementiidi (Fe_3C) kuju ja me saame valge malmi (joon. 27). Valge malm on väga kõva, tema töötlemine lõiketerade abil on raske.

Kui aga malmi jahtumine teostub aeglasemalt, laguneb temas leiduv tsementiit (Fe_3C) kõrge temperatuuri

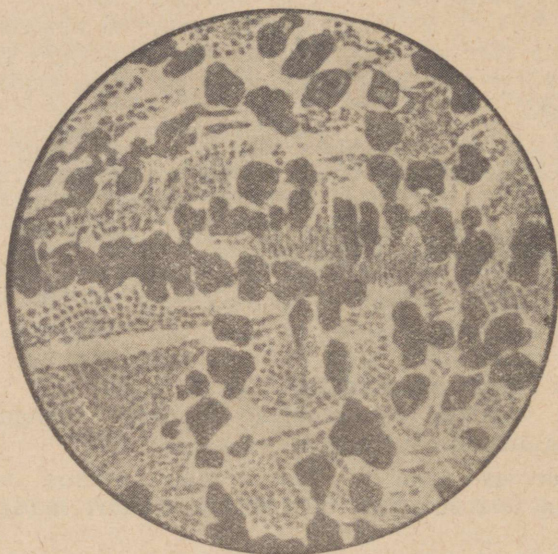
juures oma koosteosadeks — puhtaks rauaks ja süsinikuks grafiidi näol:



Me saame halli valumalmi (joon. 28).

Räni on valumalmis soovitavaks lisandiks, ta sisaldus ulatub 4,25%-ni (vt. malmi mark nr. 00).

Räni soodustab süsiniku eraldumist malmist grafiidi näol, mistõttu malm muutub kergemini töödeldavaks. See-



Joon. 27. Valge malm (mikro-ülesvõte).

pärast on räni peale süsiniku kõige tähtsamaks malmi lisandiks. Räni tõstab ka vedelvoolavust ja soodustab tihke, mullideta valu saamist.

Mangaani sisaldus hallis malmis on harilikult 0,6 kuni 1,25%, valges malmis aga 1 kuni 2,5%. Mangaan soodustab valge malmi saamist, sest ta annab tsementiidile suurema püsivuse. Mangaan vähendab väävli ebasoodsat mõju malmi omadustele, moodustades väävliga keemilise ühendi MnS (väävelmangaan), mis asendab

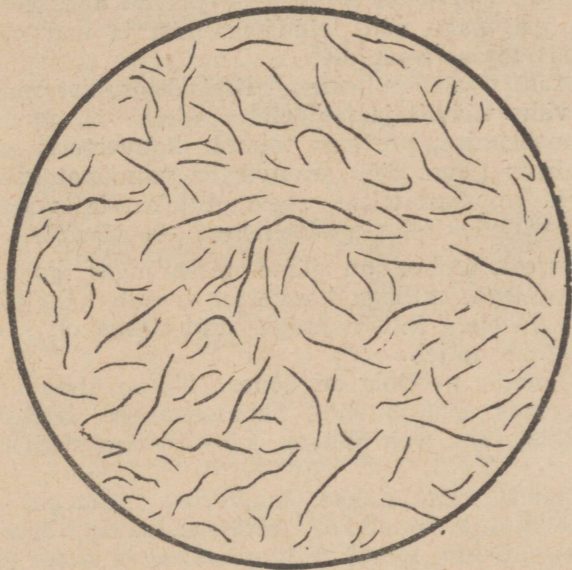
ühendit FeS (väävelraud). Väävelmangaan on metallile vähem kahjulik kui väävelraud.

Malmis lahustatud väävel „valgendab“ malmi, s. o. aeglustab grafiidi eraldumist, tekitab mulle, suurendab malmi raskvoolavust, kõvadust ja haprust.

Fosforit on valumalmis 0,1 kuni 1,2%.

Fosfor soodustab malmi kergvoolavust. Kui malmis on fosforit 1% ümber, saab teda kasutada taiduri- valuks (tarastused, mälestussambad jms.).

Malme, milledele on lisatud väikesi koguseid erilisi kõrvalaineid — niklit, kroomi, molübdeeni, nimetatakse legeritud valumalmideks. Nad omavad kõrgeid mehaanilisi omadusi, mis võimaldab valmistada neist vastutavaid masinadetaile.



Joon. 28. Grafiit hallis malmis (mikro-ülesvõte).

Kordamisküsimusi.

1. Mis on teras ja malm? Nende koostis ja omadused.
2. Kasulikke ja kahjulikke lisandeid malmis ja terases.
3. Kõrgahjuprotsessi kütus ja selle liigid.

4. Selgitada (plakatil või joonisel) kõrgahju ehitust.
5. Kõrgahju põhisaadused ja kõrvalsaadused.
6. Valumalm. Selle koostis, omadused ja margid.
7. Töödeldav malm. Mis soodustab valge malmi tekkimist?
8. Väävel ja fosfor malmis. Nende mõju malmi omadustele.
9. Legeeritud malmid, nende eelised.

Terase tootmine.

Bessemeri menetlus. Bessemerterase saamine põhineb õhu läbipuhumisel sulamalmist.

Õhk sisaldab umbes 21% hapnikku ja 79% lämmastikku. Osa malmi lisandeid — süsinik, räni ja mangaan — põlevad välja, ühinedes õhu hapnikuga. Kuid kahjulikud lisandid — väävel ja fosfor — jäävad alles terase sisse samal hulgal, nagu neid leidus malmis, ja nad mõjutavad ebasoodsalt terase omadusi.

Seejärest võetakse bessemeerimiseks sellist malmi, mis sisaldab vähe väävlit ja fosforit.

Bessemeerimise protsess toimub konverteris ehk bessemeri pirnis (joon. 29). Konverter valmistatakse katlarauast ja vooderdatakse seest tulekindla vooderdisega (väga kõrge tulekindlusega tellistest — dinassist).

Konverteri ümber on jäme terasrõngas kahe õlasarnase poolteljega, millega konverter toetub kahele erilisele kõrgele alusele. Sulamalmiga täitmiseks on konverter pööratav oma teljel.

Parempoolne pooltelg on õõnes. Ta on ühendatud õhupumbaga, mis puhub õhku konverterisse valatud sulamalmi kihist läbi. See õhk on 1,5—2,5-atmosfäärilise rõhu all.

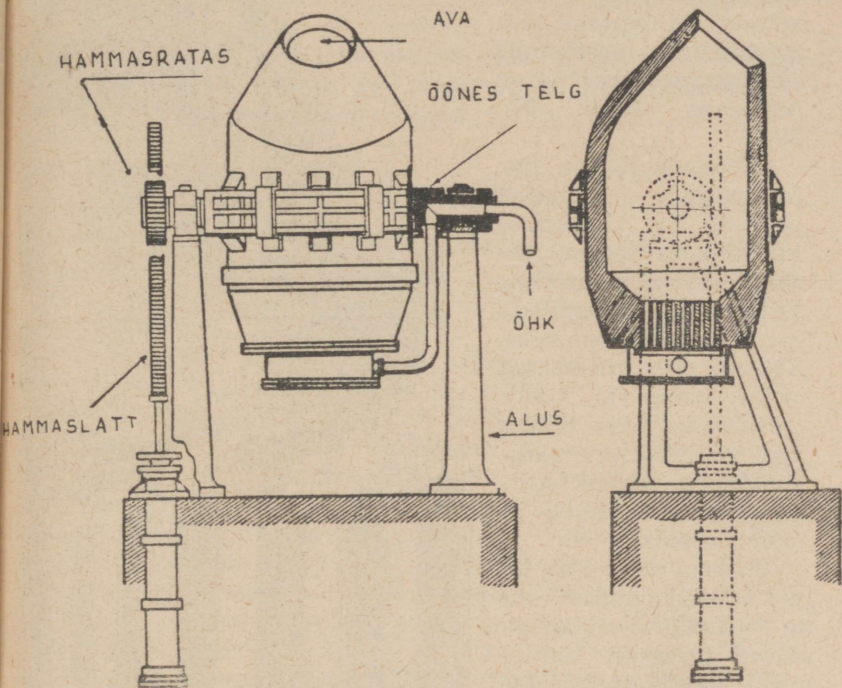
Kõigepealt kallutatakse konverter peaaegu horisontaalse asendini ja valatakse temasse kopast kindel hulk sulamalmi (10—40 tonni). Siis avatakse õhuvool ja pööratakse konverter vertikaalsesse tööasendisse.

Õhk läheb õõnsa telje kaudu konverteri põhja alla, mille sees on peenikeste kanalitega düüsid õhu sissepuhumiseks.

Teise pooltelje otsas on hammasratas konverteri kallutamiseks.

Õhu läbipuhumisel sulamalmist ühineb õhuhapnik mangaani, räni ja süsinikuga. Need põlevad välja, andes kas räbu (MnO ja SiO_2) või gaasi (CO).

Bessemeerimise protsessi lõpul hakkab põlema puhas raud ise, moodustades metallile kahjuliku raua ja hapniku



Joon. 29. Bessemeerimise konverter.

ühendi (FeO — raua-alahapend). Et saada hapnikuvaba terast, lisatakse vedelale terasele eralist malmi, mis sisaldab mangaani ja räni. Mangaan ja räni taandavad raua-alahapendi ning viivad hapniku räbu sisse. Pärast seda võib valada hapnikuvaba metalli vormidesse või kõkillidesse (joon. 30).

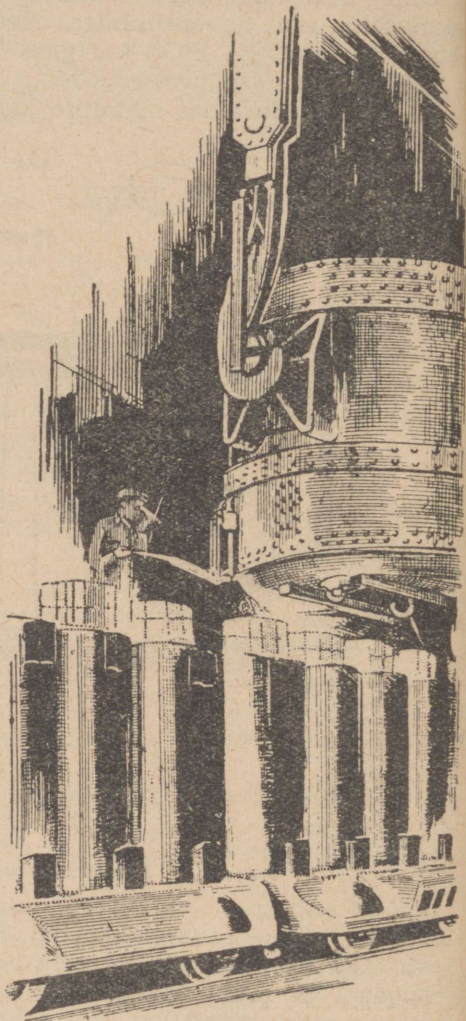
Sulaterase temperatuur lisandite väljapõlemisel tõuseb 1500—1600 kraadini.

Bessemeri menetlus kestab umbes 12—15 minutit, ühes sisse- ja väljavalamisega aga umbes 30—40 minutit. Stahhaanovlased, kasutades täiustatud töömeetodeid, on tõstnud üksikprotsesside arvu ööpäevas 40-lt 50—80-le.

Bessemerimise menetlusega saadakse pehmet ja keskmise kõvadusega terast, mida tarvitatakse poldide, lattide, ehitustalade jne. valmistamiseks. Bessemeri menetlust iseloomustab ta kõrge tootlikkus; ta nõuab aga väärtuslikku räni-sisaldavat malmi, millel on madal väävli- ja fosforisisaldus.

Toomaskonvertlusi rakendatakse rohke fosforisisaldusega malmi teraseks töötlemisel. Sel juhul tehakse konverteri tulekindel tellisevooderdis dolomiidist. Toomaskonvertluses seotakse fosfor ning eemaldatakse malmist räbu näol. See räbu kannab nimetust toomaskonvertluse räbu; väärtusliku väetisena ta leiab kasutamist põllumajanduses.

Nii bessemeri kui ka toomaskonverterisse valatakse



Joon. 30. Terase valamine kokillidesse.

malmi suure kopa abil. Kopa sisse valatav malm võetakse segajast. Segaja kujutab enesest silindrikujulist hiigelreservuaari, mis mahutab tuhat tonni või enamgi sulamalmi.

Mitmeist kõrgahjust tulevat sulamalmi valatakse kokku samasse segajasse, kus malm seisab ja muutub koostiselt ühtlasemaks ning terasetootmisele kohasemaks.

Bessemeri ja toomasmenetluse puudumiks on malmi tunduv kadu põlemisest ja bessemer- ning toomasteraste nõrgemad mehaanilised omadused.

Martäänmenetlus.

Kõigist kaasaja menetlustest terase tootmiseks malmist on martäänmenetlus kõige levinum. Ta võimaldab vanaraua ja rauajäätmete töötlemist ning annab kõrgevärtuslikku terast.

Martäänterase tootmine sai võimalikuks alles sulatusahju erilise lisaseadise — regeneraatori — leiutamisega.

Regeneraatori kambrites on rida vaheseinu kärjetaoliselt laotud tulekindlaist tellistest. Need hõõgukuumad seinad, mis eelnevalt köetakse heite- (suitsu-) gaasidega, soojendavad omakorda neist läbijuhitavat külma gaasi ja õhku, tõstes nende temperatuuri 700—1000 kraadini. Selliselt eelsoojendatud õhk ja gaas, põledes ahju sulatuskambris, tekitavad seal 1600- kuni 1800-kraadilise kuumuse, mis on vajalik kõige pehmema terase tootmiseks.

Tahkete kütuste — söe või turba — kasutamisel tuleb neid eelnevalt gaasistada erilistes seadistes, mida nimetatakse gaasigeneraatoriteks (on sarnased autode gaasigeneraatoritega).

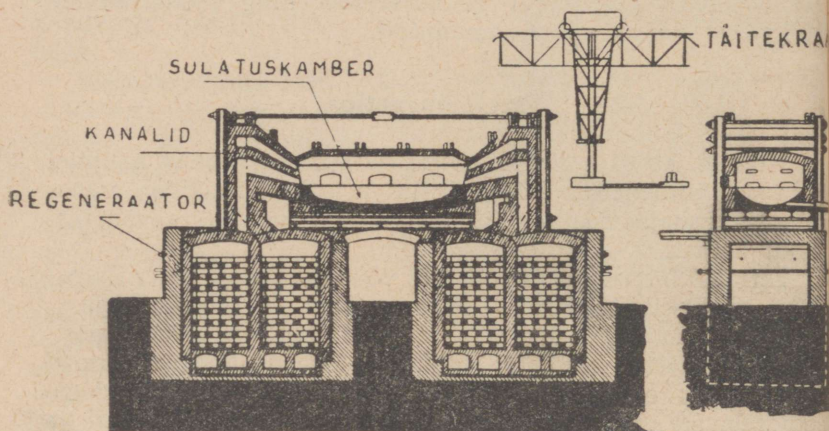
Generaatoritest saadud gaas (peamiselt CO) kuumeneb regeneraatoreis, seguneb kuuma õhuga ja põleb martäänahju sulatuskambris (moodustades CO₂).

Kõrge temperatuuriga (1500—1600°) heitegaasid lähevad regeneraatori kambritesse ja kuumendavad neid. Martäänahjul (joon. 31) on kaks paari regeneraatoreid: vasakpoolne ja parempoolne.

Kumbki paar koosneb kahest kambrist, eraldi gaasi ja õhu kuumutamiseks.

Sellal kui parempoolsed, eelnevalt juba kuumutatud kambrid annavad soojust neid läbivaile gaasidele ja õhule, köetakse regeneraatori vasakut poolt kuumade heitegaasidega.

Nii kestab töö umbes 30—40 minutit. Siis muudetakse gaaside liikumissuund ning vahepeal jahtunud kambrid hakkavad soojenema, kuna kuumad kambrid soojendavad gaasi ja õhku.



Joon. 31. Martäänahi.

Ahju sulatusruumi ühendavad regeneraatoritega erilised õhu- ja gaasikanalid.

Martäänmenetlus lubab töödelda suuri koguseid vanarauda.

Martäänahju täitmine materjaliga toimub harilikult eriliste laadimismasinatega ahju uste kaudu.

Pärast ahjutäidise sulamist (ahjutäidis koosneb malmist, räbutekitavast lubjakivist ja vanarauast) algab liisandite — räni, mangaani ja süsiniku — väljapõletamine, kusjuures nad ühinevad hapnikuga (hapendumisprotsess).

Hapendumine toimub läbi räbukorra metalli pinnal, mistõttu kogu protsess kestab 4—8 tundi ja kauemgi, olenedes osalt ka ahju mahust. Martäänahjude maht on 20 kuni 450 tonni.

Hapendumisprotsessi lõpul võib kindlaks teha ka hapendatud raua (raua-alahapendi) olemasolu sulametallis. See võib kahjustada metalli omadusi, sest teras, mille hapnikusisaldus on ainult 0,1%, annab sepistamisel ja valtsimisel pragusid, s. o. täielikku praaki.

Et eemaldada hapnikku ja saada hapnikuvaba terast, lisandatakse väikesi koguseid ferrosulameid, näiteks ferromangaani, mida tuleb panna ahju enne sulametalli väljalaskmist, või ferrosiliitsiumi, mida segatakse kopa sisse väljalaskmise momendil.

Martäänmenetlusega saadav teras on kõrgema kvaliteediga kui bessemer- ja toomasteras. Seejuures on metalli põlemiskao protsent tunduvalt väiksem.

Ahjust tulev teras valatakse hiiglasuurde koppa, kust ta valatakse laiali vormidesse või kokillidesse (joon. 32).

Vormis hangunud valuterast nimetatakse plokkideks (joon. 33). Terasse plokkid on lähtematerjaliks mitmesuguste detailide valmistamisel valtsimise või sepistamise teel. Plokkide struktuur oleneb valatava metalli headusest ja laialivalamise tingimustest.

Terase plokkide tähtsamaiks puudumiteks on mullid, praod, kooruke ja rübupesad.

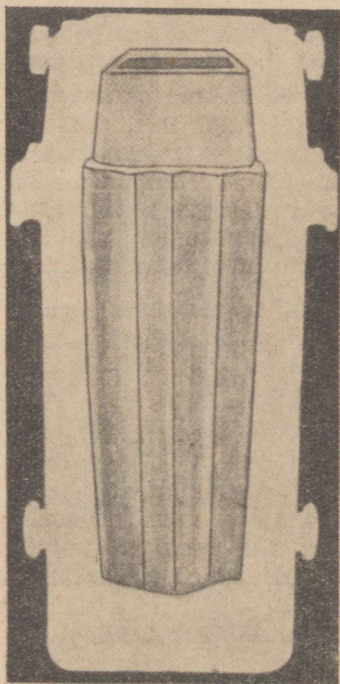
Gaasimullid tekivad gaaside eraldumise tagajärjel kokillidesse valatud terasest. Kui teras on vedelas olekus, võivad gaasid vabalt eralduda. Kui aga metalli pealispind on juba hangunud, jäävad gaasid ploki sisse, moodustades gaasimulle. Sügavamal asetsevad mullid ei ole ohtlikud, sest nad keevad kokku valtsimisel ja sepistamisel. Seevastu pinnalähedaste mullide seinad hapenduvad ploki kuumutamisel; nad ei kee kokku ja annavad defekte ploki pinnal.

Praod ploki pinnas tekivad ploki kiire ja ebahühtlase jahtumise tagajärjel. Ebahühtlane metalli kahanemine ploki hangumisel tekitab tohutuid sisepingeid, mis sageli ongi pragude põhjuseks.

Kooruke võib tekkida terase pinnal, kui terast valatakse kokilli pealtpoolt. Kokilli valatav metall annab mõnikord pritsmeid, mis jäävad vormi seinte külge kinni. Nende metallipritsmete pind hapendub ja nad keevad

ainult osaliselt kokku vormis moodustuva plokiga, tekitades poollahtist koorukest.

Räbupesad tekivad terase prügistumise tagajärjel tulekindlate materjalide osakestega kopa vooderdisest, väljelaskeava rennist, kokilli täitekanalist jne. Sulametall viib



Joon. 32. Kokill.



Joon. 33.
Terase plokk.

kaasa tulekindlate materjalide neid osakesi ning nad satuvad ploki sisse. Räbupesad põhjustavad sepistatud või valtsitud toodete praaki.

Madalaid, pinnapealseid defekte saab meisliga välja raiuda; nad ei sega järgnevat valtsimist.

Tagi (raua ja hapniku ühendi) kiht metalli pinnal tekib sulatuskambri atmosfääri hapendaval toimel kõrge tempe-

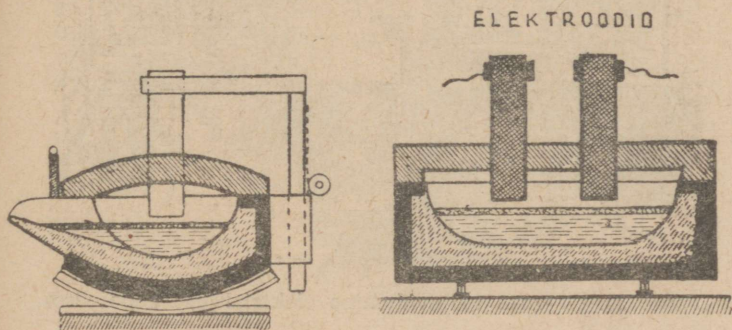
ratuuri juures (900—1000° ja üle selle). Tagi kiht võib samuti olla praagi põhjustajaks.

Tagi kihi paksus oleneb ahju temperatuurist ja leegi mõju kestusest.

Kui temperatuur on küllalt kõrge ja detail jääb ahju küllalt kauaks, võib tagi kiht metalli pinnal ulatuda 1—3 mm ja enam. See võib viia metalli pealmiste kihtide rikkumisele ning ebatäpsustele detaili mõõtmeis, s. o. praagile.

Elekterteras.

XX sajandi algul hakati valmistama elekterterast. Ta on peaaegu täiesti välja tõrjunud tiigelterase, mis oli vanast ajast tuntud oma kõrgete omaduste poolest. Tiigelterast valmistati erilistes grafiitanumais — tiiglitest, kus toimus metalli sulatamine ja puhastamine. Tiiglitest sulatamine on väga aeglane ja kulukas.



Joon. 34. Elektriahju skeem.

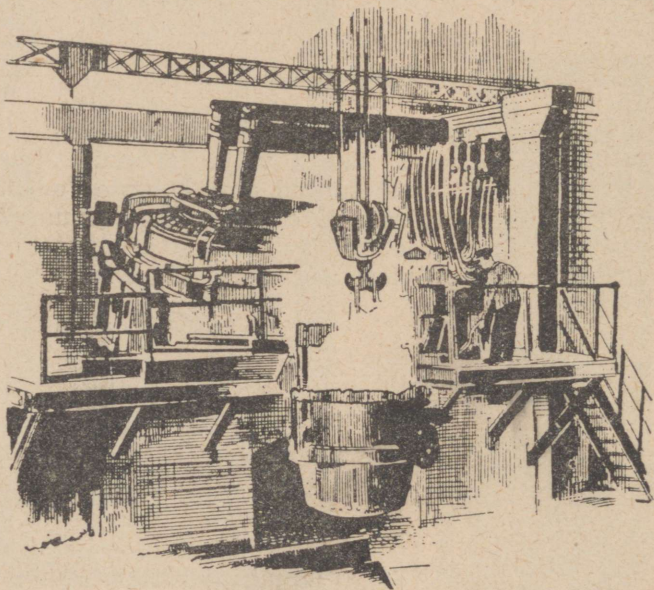
Elekterteraste valmistamise protsess toimub elektriahjudes (joon. 34).

Elektriahhi. Sulatamine elektriahjudes on kõige uudsemaks terasetootmise viisiks.

Elektriahju jõudlus on ühe täitega umbes 3 kuni 100 tonni. Valmistusprotsessi kestus on 3 kuni 7 tundi, olenevalt sellest, kas ahi täideti tahke metalliga (vana-rauaga) või sulametalliga.

Ahju saab kallutada valmis terase väljavalamiseks (joon. 35).

Kaasaegses elekterterasetööstuses rakendatakse järgmist meetodit: tahke metalli sulatamine ja toorpuhastus toimub martäänahjudes, lõplik väljatöötlus aga — elektriahjudes. Elektriahju tööprotsess kulgeb siis palju kiiremini. Elektrienergia kulu 1 tonni terase valmistamiseks on 700 kuni 800 kilovatt-tundi.



Joon. 35. Terasse väljavalamine elektriahjust kopa sisse.

Protsessi käik. Ahju laaditakse vanarauda või valatakse sinna vedelat terast. Vool lülitatakse sisse. Vool läheb mööda räbu ühelt elektroodilt teisele, moodustades voltakaare. Metall kuumeneb nõutava temperatuurini ning puhastub.

Elektroodid valmistatakse söest või grafiidist. Hapendamisprotsessi kiirendamiseks laaditakse ahju maaki või rauahapendit. Neis ainetes sisalduv hapnik ühineb räni, mangaani ja süsinikuga, neid hapendades, ning eemaldab nad sulatusvannist.

Valmistusprotsessi jooksul kõrvaldatakse elekterterasest kahjulikud lisandid — fosfor ja väävel. Hapnikuvaba terase saamiseks lisatakse protsessi lõpul vähesel hulgal malmi erisorte ja ferrosulameid.

Protsessi jooksul võetakse mitu proovi.

Elektriahjus valmistatud teras on omadustelt parem kui bessemer- ja martäänteras, ta on aga hinnalt kallim.

Elektriahjudes valmistatakse süsinik- ja legeeritud teraseid tööriistadeks ja konstruktsioonidele.

Kordamisküsimusi.

1. Milles seisneb bessemeri menetluse olemus?
2. Missuguste toodete valmistamiseks tarvitatakse bessemerterast?
3. Toomasmenetlus. Selle menetlusega saadav teras.
4. Martäänahju ehitus ja selles ahjus toimuv protsess.
5. Kuidas toimub malmilisandite väljapõletamine bessemerimisel ja martäänmenetlusel?
6. Kuidas toimub terase vabastamine hapnikust?
7. Kuhu valatakse sulateras martäänahjust?
8. Martäänmenetluse eeliseid võrreldes bessemerimisega.
9. Missugust terast saadakse elektriahjust?

IV peatükk.

SÜSINIKTERASED.

Terase lisandid.

Süsinik. Terasemehaanilised omadused olenevad kõigepealt süsinikusisaldusest (0 kuni 1,7%). Terases sisalduv süsinik on keemiliselt ühendatud rauaga, moodustades tsementiidi — Fe_3C . Tsementiit on väga kõva ja habras.

Seega on selge, et mida suurem on terase süsinikusisaldus, seda kõvem on teras. Kuid terase kõvaduse kasvuga väheneb ta sitkus: teras muutub hapramaks. Süsinikusisalduse suurenemisel 0,9%-ni kasvab terase tugevus, edasisel süsinikusisalduse suurenemisel aga tugevus peaaegu ei muutu. Teraseme soojusejuhtivus ja elektrijuhtivus, keevitavus ja sepistatavus vähenevad süsinikuhulga suurenemisega.

Räni. Süsinikteras on kuni 0,3% räni; räni tõstab terase tugevust ja elastsust. Ka terase kõvadus kasvab mõnevõrra ränisisalduse tõttu.

Räni vabastab terase hapnikust, kõrvaldab gaasimulle ja soodustab tihedama metalli saamist. Legeeritud teraste ränisisaldus on 0,5—4% ja rohkem.

Mangaan. Süsinikteras sisaldab kuni 1% mangaani; mangaani lisandatakse nagu ränigi selleks, et saada hapnikuvaba terast. Tavaline mangaanisaldus terases on 0,5%. Teraseme tugevus ja kõvadus kasvavad ühes mangaanihulga suurenemisega, kuid liiga suur mangaanisaldus muudab terase veidi hapramaks.

Mangaan kahandab terase keevitavust.

Väävel. Väävel on kahjulik lisand. Ehitusterases (masinaehitusterases) lubatakse harilikult väävlisisaldust kuni 0,05%. Suurem väävlisisaldus põhjustab punarabedust,

s. o. terase omadust kergesti murduda hõõguvpunases olekus (temperatuuridel 900° ja üle selle). Väävel tõstab terase töödeldavust löikeriistadega, seepärast lisatakse automaatterastele umbes 0,15% väävlit.

Fosfor. Fosfor on terases kahjulikuks lisandiks; teda ei tohi olla üle 0,04%. Terase kõrgendatud fosforisisaldus põhjustab alati külmrabedust, s. o. madalat löögisitkust tavalistel ja tavalistest madalamatel temperatuuridel, ning suureteralisust, mis alandab terase mehaanilisi omadusi. Mida suurem on süsiniku hulk terases, seda kahjulikum on fosfori lisand.

Süsinikteraste liigitus ja kasutamine.

Süsinikusisalduse järgi võib süsinikteraseid jaotada kolme pearühma:

- pehmed terased, kuni 0,2% süsinikusisaldusega,
- keskmise kõvadusega terased, 0,2—0,5% süsinikusisaldusega,
- kõvad terased, 0,5 kuni 1,4% süsinikusisaldusega.

Kasutusotstarbe järgi võib süsinikteraseid jaotada kahte suurde rühma: ehitusterased (masinaehitusterased) ja tööriistaterased.

Ehitusterase sordid erinevad oma kasutusotstarbe ja süsinikusisalduse poolest järgmiselt:

0,0—0,15% süsinikku — lehtteras, plekk, torud, tsementeerimise teras, traat, naelad, keevitusraud (terase margid: Ct. 0, Ct. 1, Ct. 2, Ct. 3; samuti 08, 10, 15);

0,15—0,25% — katlateras ja teras neetide valmistamiseks, terasvalu, samuti tsementeerimise teras (margid Ct. 3, Ct. 4 või 20, 25);

0,25—0,35% — teras telgede, völliude, masinasepiste jne. valmistamiseks (margid 25, 30, 35, Ct. 4, Ct. 5);

0,35—0,45% — hammasrattad, völliid ja suuremat tugevust ning kõvadust nõudvad tooted (margid Ct. 5, Ct. 6, 35, 40, 45);

0,45—0,55 — roopad, bandaažid (margid 45, 50).

Süsinikterased süsinikusisaldusega 0,6 kuni 1,4% kuuluvad tööriistateraste hulka, mida tarvitatakse löike-, stant-

simise ja mõõteriistade valmistamiseks. Tööriista-süsinikterase marke: V7, V8, V9, V10, V12, V13; teras V7 sisaldab 0,7% süsinikku, teras V12 aga — 1,2%.

Veel kõrgema süsinikusisaldusega terast (1,5 kuni 1,7% süsinikku) tarvitatakse harvemini, sest ta on väga habras.

Legeeritud terased.

Legeeritud teraseid saadakse mitmesuguste eriotstarbeliste lisandite juurdeandmise teel tavalisele süsinikterasele selle valmistusprotsessi ajal.

Sellisteks lisanditeks võivad olla kroom, nikkel, vanaadium, molübdeen jt., samuti räni ja mangaan, kui nad esinevad suuremal hulgal kui harilikus süsinikteras.

Harilik süsinikteras sisaldab umbes 0,3% räni, kuna eriotstarbeline ränisisaldav teras sisaldab seda 0,5—4%.

Hariliku süsinikterase mangaanisisaldus on ligi 0,5%, kuna legeeritud mangaanterastes on 1—2% mangaani, üksikjuhtudel isegi kuni 14,5%.

Legeeritud teraseid tarvitatakse:

a) kõrge koormuse all töötavate masinadetailide valmistamiseks, suuremõõduliste detailide valmistamiseks, kus nõutakse sügavat läbihõõgutamist ja südamikü kõrget tugevust;

b) keemiliste aparaatide jaoks, mis peavad olema korrosioonikindlad;

c) kõrge temperatuuri juures töötavate masinadetailide valmistamiseks (legeeritud terase omadus säilitada oma kõvadust ja löikevõimet ka hõõguvpunases olekus);

d) löikeriistade, näiteks treiterade valmistamiseks, mille löikekiirus on väga suur (kiirlöiketeras jne.).

Kõrge mangaanisisaldusega eriteraste hulka kuulub Hadfieldi teras, mille koostises on 1—1,3% süsinikku ja 10—14% mangaani.

Pärast termilist töötlemist omandab see teras suure vastupidavuse kulumisele, seepärast ta leiab laialdast tarvitamist raudteeasjanduses pöörangute ja rööpmeristmikkude valmistamisel, samuti traktorite ning tankide roomikute materjalina.

Kroom tõstab terase kõvadust ja tugevust väga suurel määral, suurendades ka terase läbihõõgutatavuse sügavust. Kroomterast karastatakse mitte vees, vaid õlis.

Oma kasutusotstarbelt jagunevad kroomterased järgmiselt:

ehitusterased (vähese süsinikusisaldusega — 0,15 kuni 0,45% ja kuni 1,1% kroomi), mida kasutatakse masinadetailide valmistamiseks;

tööriistaterased — kõrge süsinikuprotsendiga: 0,9% ja üle selle,

roostevabad terased, mis omavad head korrosioonikindlust (nad sisaldavad 0,1—0,4% süsinikku ja 10—14% kroomi).

Nikkel on tehnikas tarvitataivate legeritud teraste kõige tähtsamaks lisandmetalliks.

Terase koosteosana ta tõstab terase löögisitkust. Exhib. only

Kõige levinumaks ehitusteraseks on kroomnikkelteras.

Nikkelterased, näiteks „invar“ ja „platiniit“, omavad erilisi füüsikalisi omadusi.

Invar sisaldab 36% niklit ja väga vähe süsinikku (kuni 0,2%). Tal on väga hinnatav omadus: tema soojuspaisumise koefitsient on peaaegu null, mistõttu invarit tarvitatakse mõnede täpsusriistade osade valmistamiseks (astronoomilised ja geodeetilised aparaadid, navigatsiooniriistad jne.).

Platiniit sisaldab 0,25% süsinikku ja 42% niklit. Platiniit omab teistsugust väärtuslikku omadust: tema soojuspaisumise koefitsient on väga lähedane plaatina ja klaasi soojuspaisumise koefitsiendile. Seetõttu tarvitatakse platiniiti näiteks elektri-hõõglampide valmistamisel plaatina asendajana.

Volfram on kõige raskemini sulav metall: ta sulamistemperatuur on 3400° (raud sulab umbes 1500° juures).

Terast, mis sisaldab kuni 1,5% volframit, kuni 1% kroomi ja ligikaudu 1% süsinikku, tarvitatakse keermekaliibriteks, sest ta mõõdud peaaegu ei muutu karastamisel, kindlustades seega suurt täpsust.

Volfram on kiirlõiketerase põhiline lisandmetall (kuni 20% volframit) ja kõvasulami „pobediit“ kõige tähtsam koosteos (pobediit sisaldab kuni 85% volframit).

Vanaadiumi lisandatakse terasele üsna väikeste kogustena. Vanaadium tõstab terase mehaanilisi omadusi peamiselt tänu sellele, et ta soodustab terase peeneteralise struktuuri tekkimist. Isegi väga vähese sisalduse puhul (0,1—0,2%) suurendab vanaadium tunduvalt terase tugevust ja sitkust.

Kiirlõiketerased.

Kiirlõiketerast tarvitatakse tööriistade valmistamiseks, mis lubavad suurt lõikekiirust töötamisel. Seepärast nimetataksegi seda terast kiirlõiketeraseks.

Normaal-kiirlõiketerase koostises (PΦ-1) on umbes 0,8% süsinikku, 18% volframit, 4% kroomi ja 1% vanaadiumi.

Kiirlõiketerast nimetatakse ka isekarastuvaks teraseks, sest ta karastub loomulikult jahtumisel õhus, kusjuures ei ole vaja abiks võtta mingeid erilisi jahutusvedelikke.

Kiirlõiketerase tähtsamaks põhiomaduseks on see, et ta on suuteline säilitama oma lõikevõimet ja kõvadust kuumenemisel kuni 600°.

Ühenduses metallitööstuse arenguga Nõukogude Liidu ning sellest tingitud kiirlõiketeraste tunduvalt suurenenud tarbimisega, eriti Suure Isamaasõja päevil, on üles kerkinud nende teraste asendajate leidmise küsimus. Asendajatena on hakatud tarvitama nõndanimetatud vähelegeeritud teraseid, mis sisaldavad vaid vähesel hulgal kallihinnalist defitsiitset volframit.

Alates 1936.—1937. a. Glavspetsstal'i tehased on lasknud turule vähelegeeritud kiirlõiketerast (ilma volframita või vähese volframi sisaldusega).

Vähelegeeritud kiirlõiketeraste margid ЭИ-290, ЭИ-262 ja ЭИ-184 on tarvitusele võetud standardse kiirlõiketerase PΦ-1 asemel.

Terase standardid.

Üleliiduline standardide komitee NSV Liidu Ministrite Nõukogu juures töötab välja ja kinnitab riiklikke üleliidu-

lisi standarde (GOST) terasele, malmile, värviliste metallide sulameile ja teistele materjalidele.

Üleliiduline standard näitab sulamite marke, nende keemilist koostist, mehaanilisi omadusi, termilise töötlemise tingimusi, profiile, mõõtusid ja muid iseloomustavaid näitajaid.

Tavalist kvaliteeti süsinik-ehitusteraseid liigitatakse mehaaniliste omaduste järgi ning tähistatakse järgmiste markidega: Ct. 0, Ct. 1, Ct. 2, Ct. 3, Ct. 4, Ct. 5, Ct. 6.

Kvaliteet-ehitusterastrakonstruktsioonidele tähistatakse järgmiselt: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50. Need arvud näitavad keskmist süsinikusisaldust sajandikprotsentides. Näiteks terase mark 40 sisaldab 0,40% süsinikku.

Tööriista-süsinikterased omavad marke: Y7, Y8, Y9, Y10, Y12, Y13, või Y7A, Y8A, Y9A jne. Täht Y näitab, et on tegemist süsinikterasega, kuna sellele järgnev arv osutab süsinikusisaldust kümnendikprotsentides; täht A näitab terase kõrget kvaliteeti, s. o. madalat väävli- ja fosforisisaldust.

Näiteks teras Y10 sisaldab 1% süsinikku (väävli 0,03%, fosforit 0,04%), Y10A sisaldab 1% süsinikku (väävli 0,02%, fosforit 0,03%).

Legeeritud ehitusteraseid tähistatakse tähtede ja arvudega. Kaks esimest arvu näitavad süsinikusisaldust sajandikprotsentides, tähed iseloomustavad terases leiduvaid legeerivaid elemente, kuna tähtedele järgnev arv näitab vastava tähega tähistatud elemendi keskmist sisaldust protsentides (kui tähele ei järgne arvu, siis see tähendab, et legeeriva elemendi hulk on alla ühe protsendi).

Näiteks teras mark 15X sisaldab 0,15% süsinikku ja 0,7—1% kroomi. Legeerivaid elemente tähistatakse järgmiste tähtedega: kroom — X, nikkel — H, mangaan — Γ, volfram — B, vanaadium — Φ, molübdeen — M, räni — C, alumiinium — Ю, vask — Д, koobalt — K.

Näiteks teras 20XH3-A sisaldab: süsinikku 0,15—0,25%, kroomi 0,6—0,9%, niklit 2,7—3,25% ning tal on madal väävli- ja fosforisisaldus.

Legeeritud tööriistateraseid tähistatakse järgmiste markidega: B1, B2, XΓ, X, 9XBΓ jne. Nende teraste süsinikusisaldus on umbes 1%.

Kiirlõiketeraseid tähistatakse: P, PΦ-1, PΦ-2, PK-5. Nad sisaldavad umbes 0,8% süsinikku ning tunduval hulgal volframit, kroomi ja vanaadiumi. Mõned margid (PK-5) sisaldavad ka koobaltit.

Kordamisküsimusi.

1. Süsinikteras, ta koostis ja liigid.
2. Masinaehituse süsinikterase margid ja kasutamisalad.
3. Tööriistaterase margid ja kasutamine.
4. Süsinik terases, tema mõju terase omadustele.
5. Terase lisandid — räni ja mangaan ning nende mõju terase omadustele.
6. Väävel ja fosfor terases. Nende mõju terase omadustele.
7. Legeeritud terased. Nende kasutamisalad.
8. Legeeritud teraste koostis ja mitmesuguste lisandite mõju.
9. Legeeritud teraste liike.
10. Mis on legeeritud ehitusterased?
11. Roostevaba teras, ta koostis ja omadused.
12. Vähelegeeritud terased ja nende koostis.
13. Kiirlõiketeras ja ta koostis. Kus tarvitatakse seda terast?
14. Kiirlõiketerase omadusi.
15. Millised terased on normaal-kiirlõiketerase asendajateks?

V p e a t ü k k .

SULAMITE TERMILINE TÖÖTLEMINE.

Termiline töötlemine jaguneb järgmisteks protsessideks: lõõmutamine, normaliseerimine, karastamine ja noolutamine.

Metalli koostis (lisandite sisaldus) ei muutu termilisel töötlemisel, ta on püsiv.

Termilisel töötlemisel kuumutatakse metalli teatava kindla temperatuurini, hoitakse mõnda aega sel temperatuuril ja lastakse siis jahtuda kindlaksmääratud kiirusega. Seejuures muutuvad metalli struktuur ja omadused. Termilise töötlemise otstarbeks on kas metallide tugevuse tõstmine või nende parema töödeldavuse saavutamine.

Metallisulamite ehitus.

Vedelas olekus on metalli osakesed (aatomid) väga liikuvad.

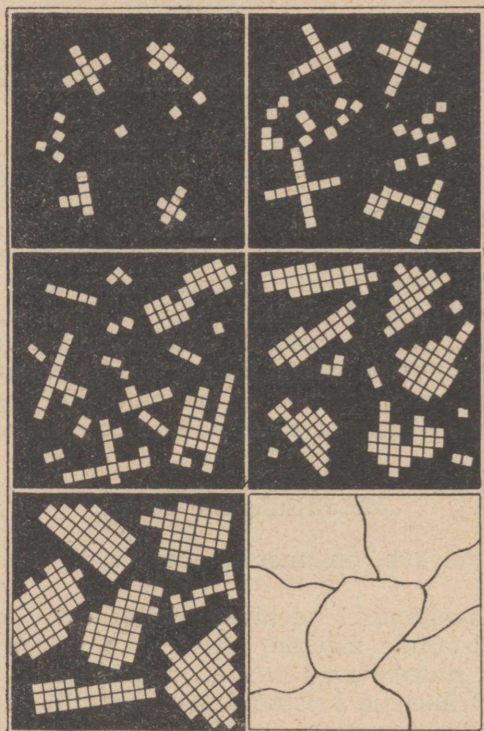
Metalli hangumisel tekivad kõigepealt kristallumise tuumad: kristallide algosad. Nende tuumadega liitub teisi osakesi, mis suurendavad kristalli mahtu (joon. 36). Sel viisil kasvavad üksikud kristallid. Kui kristalli kasv on olnud täiesti vaba ja segamatu, võib ta omandada korrapärase geomeetrilise kuju. Kui aga kristallid puutuvad hangumise ajal üksteisega kokku, muutub nende väline kuju korrapäratuks. Sellist korrapäratu kujuga kristalli nimetatakse kristalliteraks ehk kristalliidiks.

Kristallide kujunemist metalli hangumisel nimetatakse primaarseks kristallumiseks.

Mõnede metallide ja sulamite kristalliline struktuur muutub ka tahkes olekus. Sellist kristallumist nimetatakse sekundaarseks kristallumiseks.

Sekundaarse kristallumise protsess on raskendatud ning toimub aeglasemalt. Kuid siingi tekivad omad kristallumise tuumad ja kasvavad uued metalliterad.

Lõpptulemusena tekib sootuks uus struktuur, mis ei sarnle esialgsuga ja annab metallile uusi omadusi.



Joon. 36. Kristalliterade moodustumine.

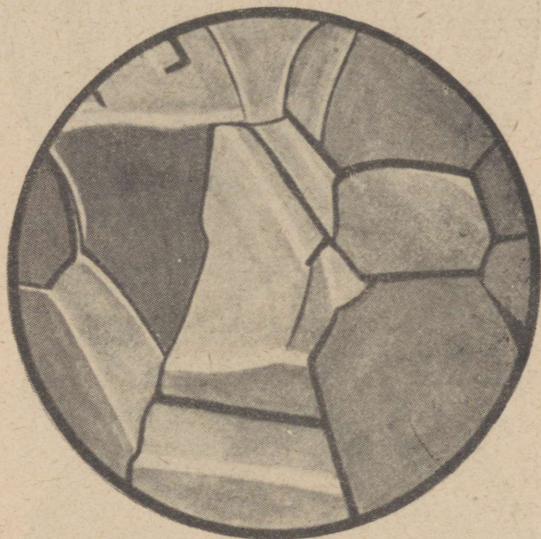
Iga aine kristallub temperatuuridel, mida nimetatakse selle aine kriitilisteks punktideks. Näiteks vee kriitiline punkt on 0° . Rauasulamitel on 2—4 kriitilist punkti. Eriti tähtsaks kriitiliseks punktiks on 723°C .

Raua ja süsiniku sulamid moodustavad pärast hangumist tahkeid lahuseid, mida nimetatakse austeniidiks (tead-

lase Austeni auks, kes uuris esimesena raua ja süsiniku tahkeid lahuseid). Need tahked lahused moodustuvad primaarsel kristallumisel.

Sekundaarsel kristallumisel mõned tahked kristallid muutuvad teistsugusteks ja seetõttu muutub struktuur.

Mikroskoobilisel vaatlusel austeniit ilmutab teralist struktuuri, nagu puhas metallgi (joon. 37).

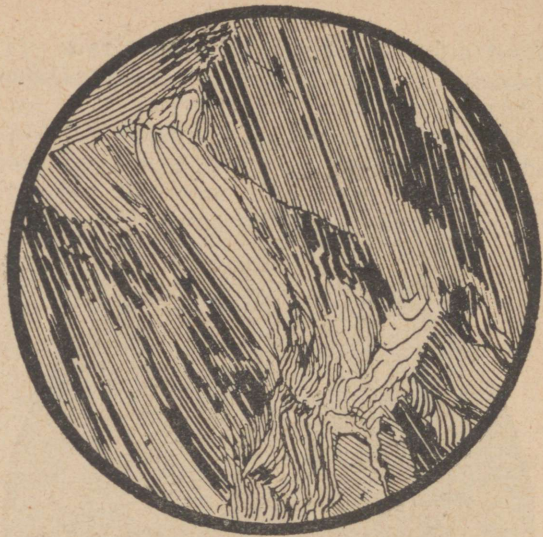


Joon. 37. Austeniit.

Perliidiks nimetatakse 0,8% süsinikusisaldusega karastamata terase struktuuri (joon. 38). Perliit sisaldab valgeid osakesi — tementiiti (Fe_3C), ja tumedamaid — puhast rauda, mida nimetatakse ferriidiks. Mikroskoobilisel vaatlemisel perliit sarnaneb pärlmutriga.

Väga peeneteraline struktuur, mis koosneb nagu peenikestest nõeltest (joon. 39), kannab nimetust martensiit (professor Martensi auks). Niisugune struktuur on omane karastatud terasele.

Keskmise ja kõrge süsinikusisaldusega terase martensiidil on suur kõvadus, näiteks Rockwelli järgi $R_c = 60$. Martensiit-struktuuriga teras on väga kõva ning habras.



Joon. 38. Perliit.



Joon. 39. Martensiit.

Lõõmutamine.

Lõõmutamine koosneb kolmest operatsioonist: kuumutamine, hoidmine kõrgel temperatuuril ja väga aeglane jahutamine.

Süsinikterase lõõmutamiseks kuumutatakse ta 800—900 kraadini. Kuumutamine on aeglane, see kestab 1 kuni 2 tundi. Saavutatud temperatuuril hoitakse terast 1—3 tundi. Esemel ristlõike iga 25 mm kohta arvestatakse 30 minutit hoidmise aega. Aeglase jahtumise kestus on 5—10 tundi ja kauemgi. Esemeid jahutatakse ühes ahjuga. Niisiis, terase lõõmutamine kestab kokku umbes 10—15 tundi.



Joon. 40. Suureteraline teras (enne lõõmutamist).

Lõõmutamist kasutatakse kõige sagedamini järgmisteks otstarveteks:

metallis esinevate sisepingete kaotamiseks¹, mis tekivad

¹ Valuesemeis tekib sisepingeid valueseme erinevate lõigete ebaühtlase jahtumise tagajärjel. Sepistes esinevate sisepingete põhjuseks on eseme pinna ebaühtlane vasardamine.

pärast valamist, sepi tamist, valtsimist või muid operatsioone; lõõmutamisega saavutatakse metalli parem sitkus ja pehmus ning suurendatakse ta töödeldavust lõikeriistade abil;

metalli peeneteralise struktuuri saamiseks ja tema mehaaniliste omaduste, eriti sitkuse tõstmiseks.

Metalli sisepinged kaovad metalli kunstlikul aeglase jahutamisel pärast kuumutamist ja hoidmist 900° temperatuuril. Lõõmutatud metall on hõlpsasti töödeldav meiliviili või lõiketeraga.

Lõõmutamisel tekib metallide peeneteralisus nende ümberkristallumise tagajärjel tahkes olekus.



Joon. 41. Teras peeneteraline struktuur pärast lõõmutamist.

Terasvalu on reeglina suureteraline (joon. 40). Ta jahutamine toimus väga kõrgelt temperatuurilt, mistõttu teradel oli võimalik kasvada väga suureks.

Teras kuumutamisel $750\text{--}900$ kraadini (kõrgemale kui kriitiline temperatuur 723°) moodustub alati võrdlemisi

peeneteraline austeniidi struktuur. Järgneval aeglasel jahtumisel need terad ei jõua kasvada, sest temperatuur ei ole kõrge. Selle tagajärjel omandabki metall peeneteralise struktuuri (joon. 41).

Praak lõõmutamisel.

Puudulik lõõmutus on tingitud liiga madalast temperatuurist. Kui terase normaalne lõõmutus toimub $800\text{--}900^\circ$ juures, siis $700\text{--}750^\circ$ juures teostatud lõõmutus osutub mitteküllaldaseks. Puudulikul lõõmutusel ei jõua kõik suured terad ümber kristalluda väikesteks teradeks. Osa suuri teri jääb alles.

Terase mehaanilised omadused jäävad pärast puuduliku lõõmutamist endiselt madalaks.

Süsiniku väljapõlemine. Kui ahju atmosfäär on hapendav, põleb süsinik terase pinnast välja. See kahan-dab tunduvalt terase kõvadust ja tugevust.

Terase ülekuumutamine. Temperatuuri tõusuga suurenevad reeglina ka metalli terad.

Kui lõõmutamine toimub väga kõrgel temperatuuril (näiteks $1100\text{--}1200^\circ$ ja rohkem), omandab teras jahtudes väga suureteralise struktuuri ja halbu mehaanilisi omadusi. Säärast terast nimetatakse ülekuumutatud teraseks.

Ülekuumutatud terast saab parandada teiskordse lõõmutamise teel, seekord aga juba madalama temperatuuri juures ($800\text{--}850^\circ$).

Terase „ärापõletamine“. Peale terase ülekuumutamise võib veel esineda terase „ärापõletamine“ väga kõrge temperatuuri ja kauakestnud lõõmutamise tagajärjel.

Seejuures tungib hapnik terade vahele, kattes neid raua-alahapendi (FeO) korruga. See raua-alahapendi kord terade vahel nõrgestab erakordselt terade omavahelist sidet, mistõttu teras muutub hapraks. „Ärapõletatud“ teras on väga suureteraline.

Piisab kergest haamrilöögist, et purustada tükkideks jämedat kangi „ärापõletatud“ terast.

Sepikojas kuumutamisel võib kergesti juhtuda, et teras kuumeneb üle või koguni „põleb ära“.

„Ärapõletatud“ terast ei saa parandada ühegi abinõuga see on täieline praak, mis kõlbab ainult ümbersulatamiseks martäänahjus.

Töötlemisel kõvakstõmbunud metalli lõõmutamine.

Valtsimise, sepistamise, stantsimise või tõmbamise tee külvalt töödeldud metalle ja sulameid lõõmutatakse, et vähendada nende kõvadust ja haprust ning võimaldada järgnevat külvalt stantsimist või tõmbamist.

Külvalt valtsimisel, sepistamisel ja tõmbamisel tekib väga peeneteraline struktuur, mis teeb metalli kõvaks. Kuulnud esemel on suur ristlõige, piirdub kõvenemine ainult välimise kihiga, kuna sügavamad kihid säilitavad esialgsuureteralise struktuuri.

Sellises, töötlemise tagajärjel kõvaks tõmbunud metalli tekivad sisemised pinged; metalli struktuur on ebaühtlane ning peeneteraline. Lõõmutamisel ta pehmeneb ja omandab veidi suuremateralise struktuuri.

Töötlemisel kõvaks tõmbunud metalli terade kasv toimub igasugusel temperatuuril, ent madalal temperatuuril on aatomite liikuvus väike ja ühes sellega on ka terade kasv väga aeglane. Temperatuuri tõusul vabaneb metall pingest ja terad hakkavad jõudsasti kasvama.

Mõned värvilised metallid — inglistina ja seatina — vabanevad töötlemisel tekkinud kõvadusest isegi hariliku temperatuuri juures ega vaja lõõmutamist.

Normaliseerimine.

Normaliseerimine koosneb järgmistest protsessidest kuumutamine üle kriitilise temperatuuri, hoidmine sellel temperatuuril ning jahutamine õhus. Normaliseerimine on lihtsaks ja odavaks operatsiooniks.

Valtsitud ja sepistatud toodete ning vormivalu puhul rakendatakse normaliseerimist sagedamini kui lõõmutamist. Nimetatud tooted omandavad normaliseerimisel peeneteralise struktuuri, kõrged mehaanilised omadused ja hea töödeldavuse. Ühtlasi nad vabanevad sisemistest pingetest.

Normaliseerimist rakendatakse mõnikord ka pärast keevitamist või tsementeerimist, et parandada vastava toote struktuuri, mis rikneb sageli esineva ülekuumenemise puhul. On vajalik normaliseerida tooteid enne karastamist, et kaotada pinged metalli sisemuses ja parandada tema struktuuri. See vähendab praaki karastamisel ja tõstab toodangu kvaliteeti.

Kordamisküsimusi.

1. Mida nimetatakse termiliseks töötlemiseks? Selle otstarve.
2. Termilise töötlemise liike.
3. Milles seisneb lõõmutamisprotsess? Lõõmutamise otstarve.
4. Lõõmutamise käik.
5. Kuidas jahutatakse tooteid pärast lõõmutamist?
6. Kas metalli struktuur muutub lõõmutamisel?
7. Kuumutamise temperatuur terase lõõmutamisel.
8. Traadi lõõmutamise praktiline otstarve pärast tõmbamist.
9. Praak lõõmutamisel. Mitteküllaldane lõõmutamine.
10. Teras ülekuumutamise. Ülekuumutatud metalli struktuur ja omadused.
11. Teras ülekuumenemise temperatuur.
12. Millega saab parandada terase ülekuumutamist?
13. Teras „äräpõletamine“. Äräpõletatud terase ehitus ja omadused.
14. Kas on võimalik parandada „äräpõletatud“ terast?
15. Millal metall tõmbub kõvaks? Kuidas kõrvaldatakse seda?
16. Töötlemisel kõvaks tõmbunud metalli lõõmutamise mõju selle metalli struktuurile ja omadustele.
17. Normaliseerimine. Normaliseerimisprotsessi olemus.
18. Kuidas toimub eseme jahutamine normaliseerimisel?
19. Missuguseid tooteid normaliseeritakse?

Terase karastamine.

Terase karastamise peamiseks ülesandeks on kõvaduse tõstmine.

Karastamine koosneb kolmest operatsioonist: kuumutamine, hoidmine karastamistemperatuuril ja kiire jahutamine mõnes karastusaines. Karastatava terase suurima kõvaduse saamiseks tuleb ümber kujundada selle terase esialgne jämedateraline struktuur väga peeneteraliseks ja kõvaks. Selle saavutamiseks kuumutatakse terast kindla tem-

peratuurini (750—850°), hoitakse teda teatavat aega sellel temperatuuril ning jahutatakse järsult vees või õlis.

Terast hoitakse lühemat aega karastustemperatuuril, selleks et ühtlustada pealmiste ja sisemiste kihtide temperatuuri ning saavutada ühetaolist struktuuri metalli kõikides osades. Karastamiseks kuumutamisel omandab teras austeniit-struktuuri. Aeglasel jahtumisel võiks tahke lahus (austeniit) uuesti üle minna karastamata terase struktuuriks, s. o. perliidiks. Meie ülesanne terase karastamisel seisneb selles, et ära hoida austeniit-struktuuri muutumist perliidiks ja saada terases martensiit-struktuuri. Seda saavutatakse kiire jahutamisega.

Karastamiseks kasutatavad jahutusvedelikud.

Toodete jahutamiseks karastamisel tarvitatakse mitmesuguseid vedelikke: vett, seebikivi vesilahust, õli, sulatatud soolasid jne.

Praktikaga on kindlaks tehtud, et vesi või seebikivi 5-protsendine vesilahus põhjustavad metalli väga kiire jahtumist ning kindlustavad karastatud terasele martensiit-struktuuri, s. o. suurimat kõvadust, näiteks $H_B = 600$ või $R_C = 60$ ja veelgi enam.

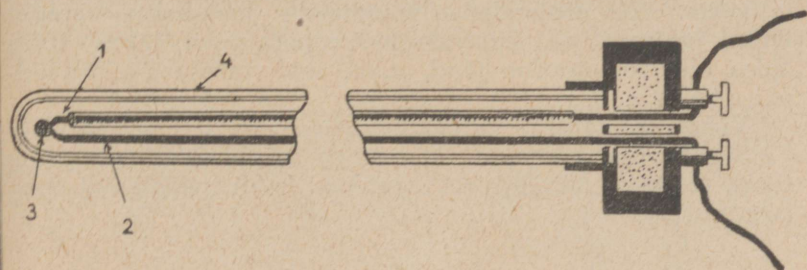
Niisiis, vesi ja seebikivi 5% vesilahus kindlustavad järsku karastamist. Metallide jahtumiskiirus vees on umbes 600° sekundis, seebikivi lahuses aga — 1200° sekundis.

Tarvitades soojendatud vett, mille jahutuskiirus on umbes 100° sekundis, saame mõõduka karastuse, see annab süsinikterasele Brinelli kõvaduse ligikaudselt $H_B = 400$ ($R_C = 42$).

Karastamisel tuleb jälgida, et temperatuur oleks õige. Terase karastustemperatuuri saab umbkaudselt hinnata silmaga terase hõõgvärvuste järgi.

On tähele pandud järgmist olenevust terase temperatuuri ja hõõgvärvuste vahel: 550° — nõrk helendamine pimedas; 600° — tumepruun värvus; 700° — tumepunane; 750° — punane; 800° — helepunane; 900° — kollakaspunane.

nane; 950° — hele-kollakaspunane; 1000° — kollane; 1100° — helekollane; 1200° — kollakasvalge; 1300° — valge.



Joon. 42. Termoelement (koostatult):

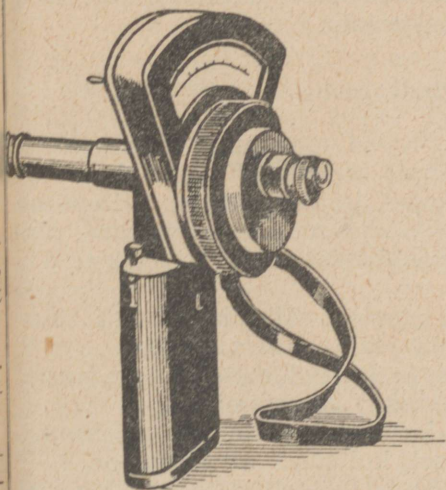
- 1 — traat plaatina ja 10% roodiumi sulamist, 2 — platinatraat, 3 — jootekoht, 4 — tulekindel metallkest.

Temperatuuri määramine hõõgvärvuste järgi ei ole väga täpne, ta nõuab vilumust.

Terase termilise töötlemise õige korraldus on võimalik

ainult eriliste mõõteriistade — püromeetrite — kasutamisel, mis võimaldavad mõõta kõrgeid temperatuure. Termoelektriline püromeeter koosneb järgmistest osadest:

termoelement, mis koosneb kahest, erineva keemilise koostisega kroomnikkeltraadist või ühest platinatraadist ja ühest plaatina roodium-sulamist valmistatud traadist 10% roodiumi sisaldusega (joon. 42);



Joon. 43. Optiline püromeeter.

ühendusjuhtmeist ja mõõteriistadest elektromotoorse jõu mõõtmiseks (millivoltmeeter).

Termoelemendi traadid on paigutatud tulekindlasse metallkesta. Kui soojendada traadiotsi jootekohta, hoides teised juhtmeotsad püsivalt toatemperatuuril, tekib traadides elektromotoorne jõud, mida saab mõõta galvanomeetriga.

Vahel kasutatakse ka optilist püromeetrit (joon. 43).

See aparaat on väga käepärane tegelikus tehasepraktikas, ehkki ta näitab alati tegelikust veidi madalamat temperatuuri.

Kohalik karastamine.

Kohalikku karastamist kasutatakse siis, kui tahetakse karastada tootest ainult ühte osa, kuna ülejäänud osa peab jääma karastamata.

Sel juhul kuumutatakse ainult eseme karastatavat osa. Kui aga kuumutatakse kogu detaili, jäetakse karastatavad kohad katmata, kuna mittekarastatavad kohad mässitakse ümber asbestiga ja seotakse traadiga või kaetakse saviga. Sel moel on ese kohati kaitstud kiire jahtumise eest ning vastavad kohad jäävad karastamata.

Pindkarastus.

Paljud masinadetailid taluvad töötamisel pinnapealseid pingeid või siis kuluvad ainult pinnalt. Niisugusteks detailideks on näiteks võllid, tapid, teljekaelad jne. Seepärast püütakse anda nende välispinnale suuremat kõvadust. Uu- simaid viise välispinna kõvendamiseks on pindkarastus.

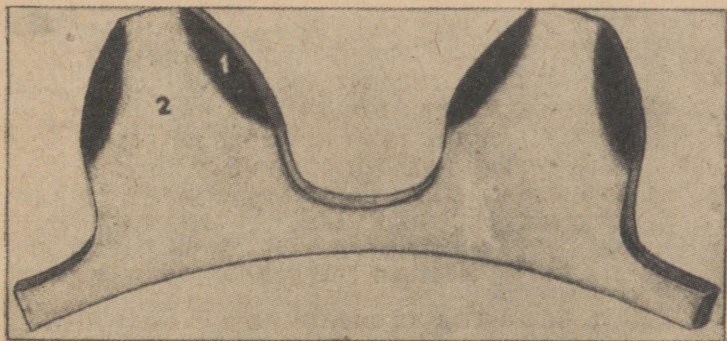
See karastusviis annab terase väliskihile väga suure kõvaduse, kusjuures südamik jääb endiselt sitkeks.

Esemete kõmmeldumine ja kõverdumine on pindkarastuse puhul väiksem kui harilikul karastamisel.

Seda karastusviisi saab kasutada süsinikterase mitmesuguste markide karastamisel, kui süsinikusisaldus on 0,3% ja üle selle, samuti malmide ja legeritud teraste karastamisel.

Levinumad pindkarastuse viisid on järgmised:
eseme väliskihi kuumutamine gaasipõleti abil;
eseme väliskihi kuumutamine kõrgesagedusvooluga.

Joonisest 44 nähtub karastatud kihi asetus hammasratta hamba väliskihis.



Joon. 44. Hammasratta hambad pärast pindkarastust.
1 — hamba tööosa on kõva, 2 — südamik on pehme.

Pindkarastus gaasipõleti abil.

Karastamine gaasipõleti abil seisneb järgmises: detail, näiteks hammasrattas, asetatakse horisontaalsele teljele. Telg ühes selle otsas oleva detailiga seatakse veeanuma kohale (joon. 45).

Gaasipõleti otsa lähedusse, 8—12 mm kaugusele leegi keskkohast, asetatakse toru eseme jahutamiseks veega, nagu see on näha joon. 46.

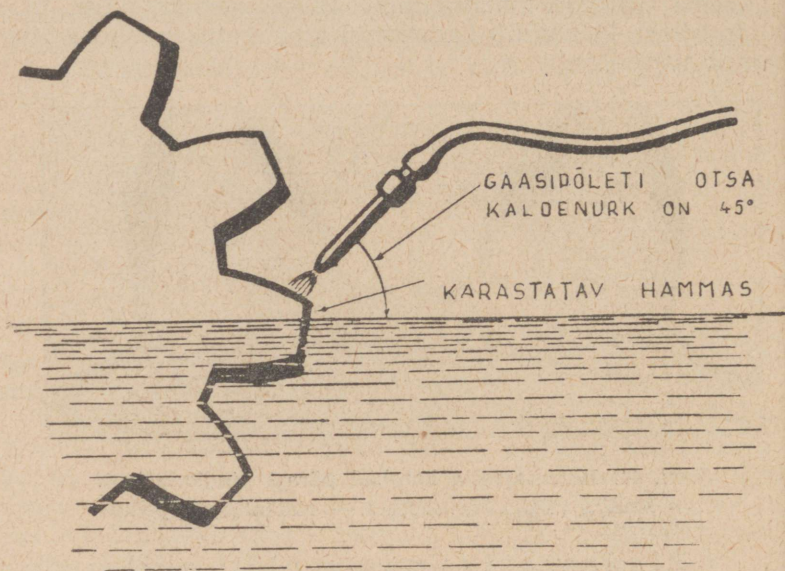
Jahutusvee temperatuur on 15° . Gaasipõleti leek tekitab kõrget kuumust. Jahutamist võib teostada peale vee ka soolade vesilahustega või õhuga. Õli kasutamine ei ole võimalik leegi läheduse tõttu. Karastatud kihi sügavus terashammasratta tööpinnas võib ulatuda kuni 2—2,5 mm.

Kui hammaste üks pool on karastatud, pööratakse hammasrattast 180° võrra ja alustatakse teise külje karastamist.

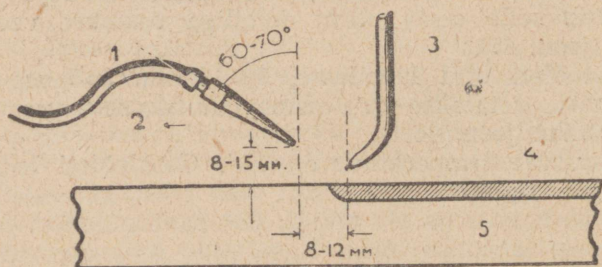
Pindkarastus kõrgesagedusvoolu abil.

Kõrgesagedusvoolu (2000—200 000 perioodi sekundis ja üle selle) juhitakse läbi rõngakujulise vaskinduktori (joon.

47). Sellega tekitatakse eseme väliskihis induktsioonvoolusid, mis õige ruttu soojendavad ta karastustemperatuurini.



Joon. 45. Hammasratta ja põleti asetuse skeem karastamisel hapniku ja atsetüleeniga.



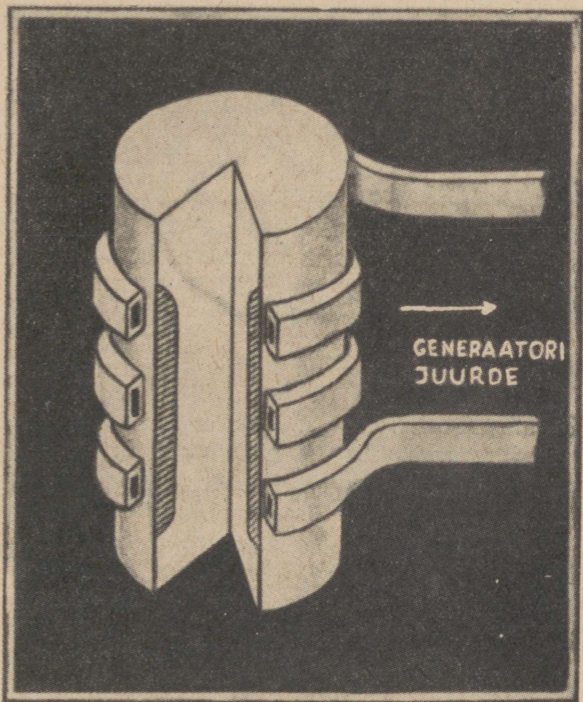
Joon. 46. Põleti ja jahutustoru asetuse skeem karastamisel.

1 — põleti, 2 — põleti liikumissuund, 3 — toru jahutusvee jaoks, 4 — karastatud kiht, 5 — karastatav ese.

Eseme välispinna karastamine toimub kas soojuste neeldumise teel eseme külmasse, läbisoojendamata südamikku

või siis väljastpoolt veega jahutamise teel. Jahutamist seejuures teostatakse veejoakeste abil, mis purskuvad induktori sisepinnas leiduvaist augukestest. See vesi jahutab ühtlasi ka induktorit ennast.

Kirjeldatud karastusviis on väga kiire: ta kestab mõnest sekundi kümnendikust mõne sekundini.



Joon. 47. Induktsioonseadme skeem pindkarastuseks.

Süsinikterase noolutamine.

Karastatud terasel on teatavasti suured sisepinged; ühtlasi on ta väga habras ja kõva. Karastatud meisel killuneb, mahakukkuv viil võib puruneda tükkideks. Sisemiste pingete vähendamiseks ja sitkuse suurendamiseks noolutatakse karastatud terast.

Noolutamise otstarbel soojendatakse karastatud terast 150—600 kraadini ja siis harilikult jahutatakse kiiresti. Madalal noolustemperatuuril (kuni 200°) kaovad sisepinnad osaliselt, kusjuures aga terase kõvadus jääb endiseks.

Karastatud teras ise ka veidi nooldub, kuid see võtab palju aastaid aega. Seepärast soojendatakse esemeid, et kiirendada noolutuse protsessi.

Terase noolustemperatuuri määramiseks kasutatakse praktikas sageli nõndanimetatud muutevärvusi.

Muutevärvused tekivad metalli välispinnale soojendamisel alates 200° kuni 330°. Neid ei teki temperatuuridel alla 220° ja üle 330°. Muutevärvuste põhjuseks on oksüüdikihtide paksuse erinevus mitmesugustel temperatuuridel ja samuti asjaolu, et valgus, läbides teatava paksusega oksüüdikihte metalli välispinnal ja tagasi peegeldudes annab esemele kollase, pruuni, punase või mõne teise muutevärvuse.

Järgnevalt toome noolustemperatuure mitmesugustele süsinikterasest toodetele ja neile temperatuuridele vastavaid muutevärvusi:

- 220° — helekollane — kaabitsad, meislid pehmele terasele;
- 240° — tumekollane — lõiketerad;
- 260° — punakaspruun — keermepuurid;
- 275° — purpurpunane — hõõritsad, meislid kõvale terasele;
- 285° — violetne — spiraalpuurid, meislid kõvale terasele, malmile jne.;
- 300° — sinine — kluped;
- 330° — sinakashall — vedrud jne.
- üle 330° — metalli loomulik värvus.

Praktilisteks tunnusteks noolustemperatuuri hindamisel võivad olla ka tabelis 2 toodud nähtused.

Tabel 2.
Tunnuseid noolustemperatuuri määramiseks.

Temperatuur (°C)	Tunnus	Temperatuur (°C)	Tunnus
100	Vesi keeb	300	Õli süttib põlema
150	Õli "	400	Puu suitseb kõvasti
200	Õli suitseb	450	Puu süttib põlema
250	Puu suitseb kergelt	—	

Temperatuuri määramine muutevärvuse järgi ei ole päris täpne: muutevärvused ilmuvad vaid lühikeseks ajaks ega luba suuremat kindlust temperatuuri hindamisel. Tehniliselt täiuslikes töökodades soojendatakse seepärast tööriistu ja teisi tooteid ahjudes, õli- ja soolavannides, kuna temperatuuri mõõdetakse püromeetriga.

Üldreegliks on: tööriistu, mis töötavad löökide all (meislid), tuleb pärast karastamist tingimata noolutada 230° temperatuuril. Seevastu rahulikult töötavaid tööriistu (viilid, kaabitsad jt.) tuleb pärast karastamist noolutada temperatuuril kuni 200° .

Praak karastamisel ja noolutamisel.

Sagedamini esinevaks praagiks karastamisel on: kõmmeldumine, praod, terase ülekuumendus, süsiniku väljapõlemine eseme pinnast ja ebaküllaldane kõvadus.

Karastatud esemete kõmmeldumise põhjuseks on enamasti ebaühtlane soojendamine või jahutamine.

Ka praod tekivad ebaühtlase soojendamise ja jahutamise tõttu ning seletuvad määratu suurte sisemiste pingetega karastatavas esemes.

Keerulise kujuga esemesis (stantsid, freesid) tekib sageli pragusid või kõmmeldusi.

Eelnenud töötlemisest (sepistamisest, stantsimisest) tingitud sisemised pinged, lisandudes karastuspingeile, võivad samuti põhjustada mõranemist.

Ebarahuldavad mehaanilised omadused — eseme liigne haprus või, vastupidi, liig vähene kõvadus või täielik pehmus — seletuvad ebaõige režiimiga karastamisel või sellele järgneval noolutamisel (liiga nõrk kuumutus või liiga aeglane jahtumine), samuti süsiniku väljapõlemisega eseme pinnast.

Ülaltoodud näiteist võib järeldada, et karastamine on termilise töötlemise kõige vastutavamaks protsessiks.

Karastamisel soovitatakse järgmisi praktilisi töövõtteid: siksakiliselt liigutada karastatavat eset jahutusvedelikus,

suputada piklikke ja kitsaid esemeid anumasse püstasendis lamedaid esemeid aga — kitsama küljega ees, et vältida kõmmeldumist jne.

Kordamisküsimusi.

1. Terasel termiline töötlemine — karastamine. Karastamise otstarve.
2. Missugustest operatsioonidest koosneb karastamine?
3. Nimetada terase karastamiseks vajalik temperatuur.
4. Jahutusvedelikud ja nende mõju karastamise tulemustele.
5. Vedeliku temperatuuri ja detaili suuruse mõju jahtumise kiirusele karastamisel.
6. Terasel temperatuur ja hõõgvärvused.
7. Millega saab mõõta täpset kuumutustemperatuuri?
8. Kuidas toimub osaline karastamine?
9. Terasel pindkarastus gaasipõleti abil.
10. Kuidas teostatakse pindkarastust kõrgesagedusvooluga?
11. Noolutamise olemus ja otstarve.
12. Mis vahe on noolutamise ja löömutamise vahel?
13. Noolutustemperatuur ja muutevärvused.
14. Mis juhtudel kasutatakse soola- ja tinavanne esemete noolutamiseks soojendamisel?
15. Mispärast tuleb tingimata noolutada löökide all töötavaid karastatud terasest tööriistu (meisleid)?
16. Mil viisil noolutatakse rahulikult töötavaid tööriistu (viilid, kaabitsad jne.)?
17. Praak karastamisel — kõmmeldumine, pragunemine, süsiniku väljapõletamine, ebaküllaldane kõvadus. Nende põhjusi.

Kiirlõiketerase termiline töötlemine.

Kiirlõiketerase või selle asendajate termiline töötlemine on palju keerulisem. Ta nõuab üksikute operatsioonide teostamisel suuremat täpsust ja ettevaatlikkust kui hariliku tööriista-süsinikterase termiline töötlemine.

Kiirlõiketerast PΦ-1 tuleb karastamiseks soojendada väga kõrge temperatuurini: 1260—1300°. Nimetatud temperatuuril oleks tavaline tööriista-süsinikteras võinud üle kuumeneda, s. o. oleksime saanud praagi. Kiirlõiketerase soojendamine kuni 800° peab toimuma väga aeglaselt (1—2 tundi või kauem), sest tal on madal soojusejuhtivus (2—3 korda madalam kui süsinikterasel). Seejärel soojendatakse väga kiiresti (1—2 minuti jooksul) 800 kraadilt 1300 kraadile. Teras on 800° juures juba küllalt plastiline ning ei

pragune. Vastupidi, aeglane kuumutamine võiks siin põhjustada süsiniku väljapõlemist ja tööriista riknemist.

Kiirlõiketerast jahutatakse (karastatakse) õlis või õhus, kuid mitte vees. Jahutamine vees põhjustab terase pragunemist.

Kiirlõiketerase tähtsamaks omaduseks on kõvaduse ja löikevõime püsimine hõõguvpunases olekus. Kiirlõiketeras saab selle omaduse alles pärast noolutamist. Karastatud kiirlõiketerast noolutatakse 560° temperatuuril. Sellel temperatuuril hoitakse teda pikemat aega (umbes 3 tundi) gaas-, nafta- või elekterküttega ahjus ning lastakse siis aeglaselt jahtuda.

Mitmes tehases on kasutusel kiirlõiketerase vastupidavuse tõstmiseks korduv noolutamine. Noolutamine toimub 2—4 korda, kusjuures igal järgneval noolutusel vähendatakse hoidmise aega ligi 1 tunni võrra.

Tuleb meeles pidada, et kiirlõiketeras ei ole kõvem kui karastatud süsinikteras. Kuid kiirlõiketerase kõvadus on püsivam: tööajal soojenedes ta säilitab oma kõvaduse ligi 600° temperatuurini, kuna süsinikteras muutub töötamisel pehmeks juba siis, kui temperatuur ületab 250° .

Terase termokeemiline töötlemine.

Ts em e n t e e r i m i n e.

Ts em e n t e e r i m i s e k s n i m e t a t a k s e s ü s i n i k u s i s a l d u s e t õ s t m i s t p e h m e t e r a s e v ä l i s p i n n a s. T s e m e n t e e r i t u d t e r a s e v ä l i s p i n d m u u t u b s e l l e g a k õ v e m a k s. T s e m e n t e e r i m i s e l e j ä r g n e b k a r a s t a m i n e, m i s v e e l r o h k e m s u u r e n d a b t e r a s e v ä l i s p i n n a k õ v a d u s t. S e e v a s t u t s e m e n t e e r i t u d t e r a s d e t a i l i s ü d a m i k j ä ä b k ü l l a l t p e h m e k s j a o n h ä s t i v a s t u p i d a v l ö ö k i d e l e. T s e m e n t e e r i t u d k i h i s ü g a v u s o n h a r i l i k u l t 1—2 m m.

T s e m e n t e e r i m i s e s ü g a v u s e k s n i m e t a t a k s e a n t u d e s e m e s ü s i n i k u g a r i k a s t a t u d k i h i p a k s u s t m i l l i m e e t r i t e s.

T s e m e n t e e r i m i s e l e k u u l u v a d n e e d d e t a i l i d, m i s p e a v a d o l e m a v a s t u p i d a v a d k u l u m i s e l e, n ä i t e k s h a m m a s r a t t a d, t r a k t o r i t e j a a u t o d e j a o t u s v ö l l i d j a k o l v i s ö r m e d, s a m u t i l ö ö k i d e a l l t ö ö t a v a d e s e m e d.

Nende detailide välispind peab olema väga kõva, südamik aga sitke.

Protsessi käik. Tsementeerimisele kuuluvad esemed puhastatakse hoolikalt, pakitakse erilisse terasplekist kasti ja kaetakse süsinikurikka tsementeerimisseguga. Tähtsamaks tsementeerimisseguks on 5—10 mm suurusteks teradeks tambitud (kuid mitte pulbritaoline) puusüsi, millele lisan datakse teisi, protsessi käiku kiirendavaid aineid (soodat, potast). Segu proportsioon on järgmine: 5—6 kaaluosa puusütt ja üks kaaluosa soodat.

Kast suletakse kaanega, kaanevahed määratakse kinni tulekindla saviga; siis asetatakse kast ahju, mille temperatuuri tõstetakse järk-järgult 900—950 kraadini. Sellel temperatuuril seisab kast ahjus mitu tundi (10 tundi ja kauem), olenevalt soovitud tsementeerimise sügavusest. Seejärel lastakse kast jahtuda kas ühes ahjuga või õhu käes, kuid suletuna.

Tsementeerimise käigu kontrollimiseks asetatakse kasti sisse läbi vastava ava kasti seinas kaks ühesugust terasest proovivarrast. Need vardad võetakse protsessi lõpu eel välja, karastatakse nad ja murtakse katki. Murde iseloomu järgi otsustatakse tsementeerimise astme üle.

Eseme üksikud kohad, mis ei vaja tsementeerimist, kaetakse saviga, mähitakse asbestiga või vasetatatakse üle.

Tsementeeritavad terased. Tsementeerimiseks kõlbavad:

pehmed süsinik-ehitusterased, süsinikuisaldusega kuni 0,20%;

legeeritud terased: kroom- ja kroomnikkelterased ning muud väikese süsinikuisaldusega terased.

Tsementeerimiseks ei kõlba terased suure süsinikuisaldusega, näiteks 0,4—0,5—0,6% ja üle selle. Sääraste teraste tsementeerimine põhjustaks nende haprust, sest ka nende südamik kuumeneks karastamisel läbi.

Protsessi olemus. Puusüsi gaasistub põledes. Gaas omakorda laguneb kooste-elementideks ning vabanenud süsiniku pisiosad (süsiniku aatomid) tungivad terase sisse, tõstes eseme välispinna süsinikuisaldust.

Tsementeerimise sügavus võib olla mitmesugune, olenevalt detaili iseloomust ja kasutusotstarbest.

Näiteks soomusplaatide tsementeerimise sügavust mõõdetakse sentimeetritega, kuna hammasratastel ja kaliibritel ta ulatub paari millimeetrini (0,5—1,5 mm).

Tsementeerimise vahenditena kasutatakse kas tahkeid aineid — teralise puusöe segu sooda või potasega, või gaase — metaani ja süsinikoksüüdi, mis sisalduvad looduslikes gaasides, petrooleumist saadavas gaasis jne. Gaasiliste tsementeerimisainete rakendamine on uudseks meetodiks, mis kipub edukalt asendama tavalist tsementeerimist puusöe ja potase või sooda seguga.

Tsementeerimisel esinev praak. Tsementeerimisel kõige sagedamini esinevaks praagiks on suureteralise terase tekkimine. Selle põhjuseks on pikaajaline hoidmine kõrgel tsementeerimistemperatuuril ($900\text{—}950^\circ$) või kasutatud terase kalduvus suurte terade moodustamisele. Tööstustes, kus pole täpseid mõõteriistu (püromeetreid), hoitakse tsementeeritavaid esemeid sageli kõrgemal temperatuuril, kui see on teoreetiliselt vajalik, s. o. soojendatakse neid $1000\text{—}1050$ kraadini. Suureteraline teras pärast tsementeerimist kuulub:

normaliseerimisele või karastamisele kuumutamisega kuni 850° , et tekitada eseme südamikus peeneteralist struktuuri;

karastamisele temperatuuril 750° , jahutamisega õlis, et tekitada peeneteralist tsementeeritud väliskihti.

Püsivalt peeneteraliste teraste kasutamisel võib esemeid karastada otsekohe tsementeerimiskuumusega ning saada sel teel häid tulemusi.

Tsementeerimisel on tööstuses väga suur tähtsus. Veduriehituses tsementeeritakse sidetiisli võlle, auto- ja traktoritööstuses — hammasrattaid, jaotusvõlle ja kolvisõrmi, tööriistade tööstuses — lekaale, kaliibreid, šabloone jne.

Pärast tsementeerimist ei saa eset töödelda treipingil ega viilimise teel, vaid ainult teostada peenlihvimist mõõdete õgvendamiseks eseme kooldumise puhul. Seejuures eemaldatakse $0,01\text{—}0,02$ mm väliskihti.

Nitreerimine.

Terase nitreerimiseks nimetatakse terase välispinna küllastamist lämmastikuga ammoniaakgaasi joas 500°

temperatuuril; seejuures lämmastik tungib terase väliskihti ja teeb ta väga kõvaks.

Nitreerimine toimub muhvlis; sinna pannakse ese ja juhatakse ammoniaakgaasi juga. Siis asetatakse muhvel kuumutamise otstarbel ahju.

Nitreerimine kestab 20—30 tundi ja kauemgi. Nitreerimiseks võetakse teraseid süsinikusisaldusega 0,25—0,45% ja legeritud teraseid alumiiniumi, kroomi, molübdeeni jt lisanditega.

Nitreerimise rakendusalasid. Nitreerimist rakendatakse edukalt lennukitööstuses, diiselseadmete valmistamisel, mõõteriistade tööstuses ja mujal, kus vajatakse täpsete mõõdetega kõrgevääruslikke tooteid. Nitreeritud kihi sügavus on kõigest 0,1—0,5 mm, s. o. väiksem kui tsementeerimise sügavus.

Pärast nitreerimist ei ole vaja eset karastada, küll aga enne nitreerimist, mispuhul karastamisele järgneb noolutus kõrgel temperatuuril. Nitreeritud kihi kõvadus on $H_B = 950—1200$ ehk ligi kaks korda kõvem kui karastatud terasel. Nitreeritud pinnad on üsna korrosioonikindlad, nad panevad hästi vastu roostetamisele ja sööbimisele.

Tsüaneerimine, kroomimine ja aliteerimine.

Peale tsementeerimise ja nitreerimise on olemas teisi viise väliskihi kõvaduse ja korrosioonikindluse tõstmiseks.

Tsüaneerimine on terase üheaegne küllastamine lämmastiku ja süsinikuga, mida teostatakse kas sulatatud tsüaansoolades või gaasijoas (tsementeeriv gaas koos ammoniaagiga).

Kroomimine on välispinna rikastamine kroomiga.

Kroomimiseks võib kasutada kahte meetodit:

1) kroomiga rikastamine kõrgel temperatuuril, nagu tsementeerimise puhul;

2) eseme välispinna katmine kroomiga elektrolüüsi abil (galvaanilisel teel), nagu nikeldamise puhul.

Kroomitakse autode, trolleibuste, autobuste osi; kirurgilisi instrumente, majapidamistarbeid (triikraudade põhju, kahvleid, nuge, uurikesti jne.), mõõteriistu ja palju muud.

Aliteerimine on terase välispinna rikastamine alumiiniumiga. Selle protsessiga saadakse aliteeritud teras.

Aliteerimise tööstuslik protsess sarnleb tsementeerimisega ning seisneb järgmises: terase välispinda rikastatakse alumiiniumiga kõrgel temperatuuril (1000°) umbes 8 tunni vältel. Selleks otstarbeks pakitakse esemed kastidesse ja kaetakse erilise seguga, mis koosneb 49% peenendatud ferro-alumiiniumist, 49% põletatud savist ja 2% nuuskpiiritusest.

Aliteeritud esemed taluvad paremini kuumust kui aliteerimata esemed. Kõrgeil temperatuuridel nad panevad kaua vastu oksüüdikorra (tagi) tekkimisele.

Temperalm.

Tempermalmiks nimetatakse esialgsel tootmisel valge malmi valatud malmi, mille struktuuri on muudetud edasisel töötlemisel hõõgutamisega ja antud temale suuremat pehmust ja sitkust.

On olemas kaks viisi tempermalmi saamiseks: euroopa viis ja ameerika viis.

Euroopa tempermalmi saadakse järgmiselt: valge malmi valand, kus süsinik on tsementiidi (Fe_3C) näol keemiliselt seotud, pakitakse malmkastidesse, kaetakse igast küljest hapendavate ainetega (maagiga Fe_2O_3 või tagiga, mis samuti sisaldab Fe_2O_3) ja suletakse ahju kuumutamise otstarbel.

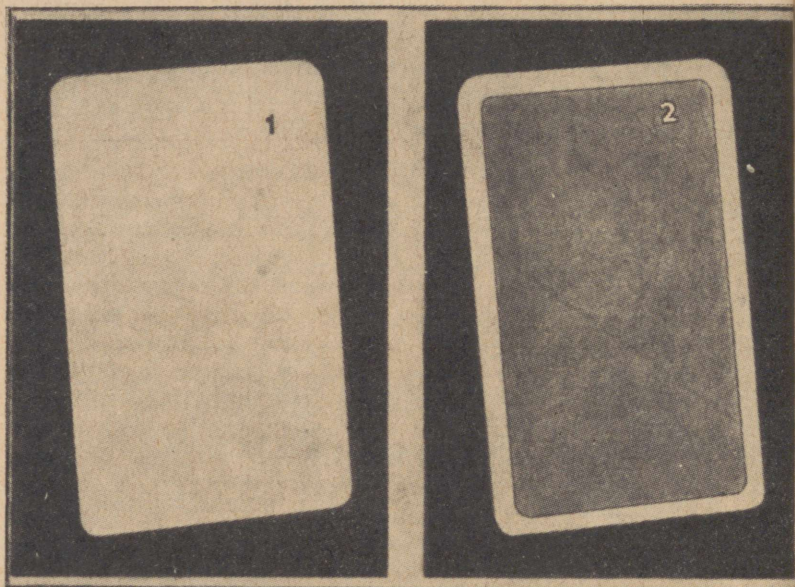
Hapendavad ained — maak või tagi — põhjustavad pikemaajalisel kuumutamisel süsiniku väljapõlemist valandite välispinnast. Kuumutada tuleb temperatuuril umbes 1000° ; seda temperatuuri hoitakse kaheksa ööd-päeva või kauemgi. Pärast seda jahutatakse valandid kiiresti.

Ameerika tempermalmi saadakse valandite pikaajalisel kuumutamisel neutraalses keskkonnas — liivas (mis ei mõju keemiliselt süsinikule) või lihtsalt ahjus erilise neutraalse atmosfääriga. Selle tulemusena tekib pehmest rauast (ferriidist) ja ümmargustest grafiiditeradest koosnev struktuur. Ameerika tempermalmil on murdekoht värvuselt must (joon. 48) ja teda nimetatakse *mustaks malmiks*.

Kastid sissepakitud valanditega pannakse ahju, kus soojendatakse neid aeglaselt 950 kraadini ja hoitakse sellel temperatuuril 1—2 ööd-päeva. Jahutamine toimub väga aeglaselt.

Kogu hõõgutamisprotsess kestab 3—6 ööd-päeva.

Tempermalmi tootmine ameerika viisil on praegusel ajal väga arenenud. On õnnestunud lühendada kogu hõõgutamise tsüklit 20—30 tunnile.



Joon. 48. Ameerika tempermalm:

1 — proov enne tempereerimist, 2 — proov pärast tempereerimist.

Tempermalmi omadused ja kasutamise otstarve.

Tempermalm erineb harilikust hallist malmist oma suurema sitkuse poolest — pikenemine on 3—10% ja üle selle, kui ka suurema tugevuse poolest — 35 kuni 45 kg/mm². Tempermalmil on tõmbetugevus 1,5—2 korda suurem kui harilikul hallil malmil.

Standardi kohaselt (OCT 8826) tempermalmid jagunevad viide järgmisse marki: KЧ-38-18; KЧ-38-14; KЧ-35-10; KЧ-35-6; KЧ-30-3. Selles tähistuses KЧ tähendab „tem-

permalmi“, arvud 38, 35 ja 30 — tugevuse piiri ja viimased arvud paremal — 18, 14, 10, 6, 3 — näitavad suhtelist pikenemisprotsenti tõmbel.

Tempermalmi kasutusala on väga laialdane. Ei ole ühtegi tööstusharu, kus tempermalm ei leiaks kasutamist: teda kasutatakse üldises masinaehituses, autotööstuses, tekstiil- ja põllutöömashinate tööstuses jne.

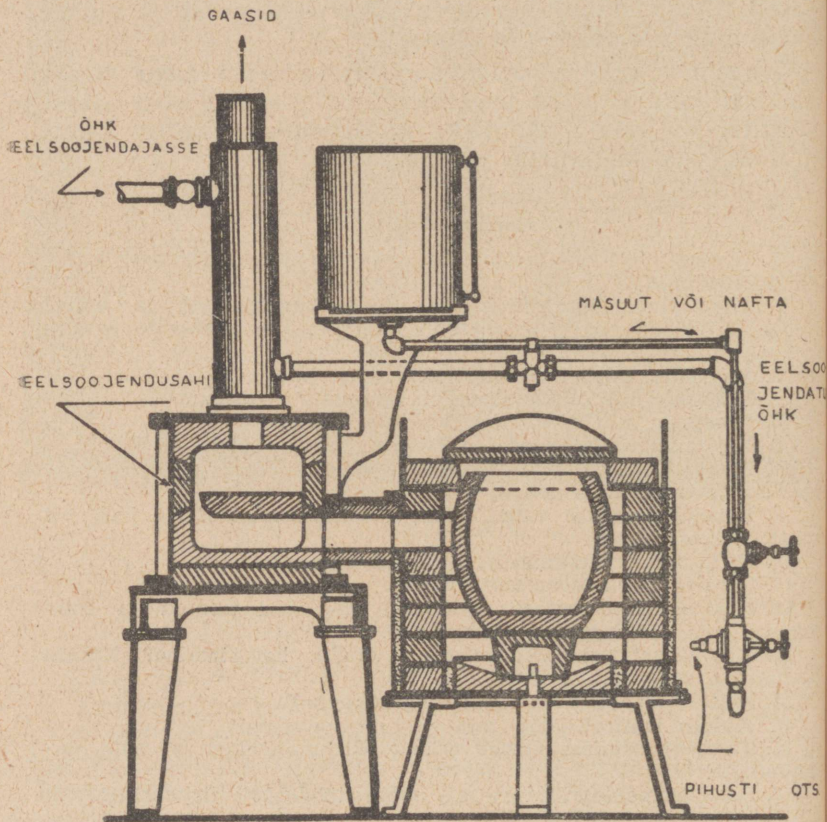
Mehaanika- ja lukksepatöökodades võime näha tempermalmist valmistatud klambreid, keermeklupesid ja auru-, gaasi- ning veetorude ühendusosi.

Temperalmi ei saa sepistada nagu terast või teisi metalle. Kuid tempermalmist esemeid saab pärast hõõgutamist veidi painutada ja õgvendada mitte ainult kuumas, vaid ka külmas olekus.

Kordamisküsimusi.

1. Missugustest operatsioonidest koosneb kiirlõiketerase termiline töötlemine?
2. Kuumutustemperatuur kiirlõiketerase karastamisel ja noolutamisel. Võrrelda neid temperatuure süsinikterase vastavate temperatuuridega.
3. Kas karastamisel võib kiirlõiketerast jahutada vees?
4. Mispärast kiirlõiketeras vajab tingimata noolutamist?
5. Nimetada kiirlõiketerase tähtsaim omadus.
6. Tsementeerimise olemus. Tsementeerimise otstarve.
7. Missuguseid esemeid tsementeeritakse?
8. Tsementeerimisained.
9. Milleks kaetakse vahel enne tsementeerimist eseme üksikuid kohti savikorruga?
10. Tuua tsementeerimisaine ligikaudne koostis.
11. Teraste valik tsementeerimiseks.
12. Kas tsementeerimiseks kõlbavad legeritud terased ja misugused?
13. Kas pärast tsementeerimist on vajalik karastamine? Kuidas teostatakse seda karastamist?
14. Millest oleneb tsementeerimise sügavus?
15. Kuidas kontrollitakse tsementeerimisprotsessi?
16. Tsementeerimisel esinev praak. Ulekuumendus ja selle parandamine.
17. Kas tsementeeritud terast võib töödelda riistmasinal või viili abil?
18. Missugune lihvimine (jäme- või peenlihvimine) on lubatav pärast tsementeerimist?
19. Milleks teostatakse esemete kontrollimist pärast termilist töötlemist?

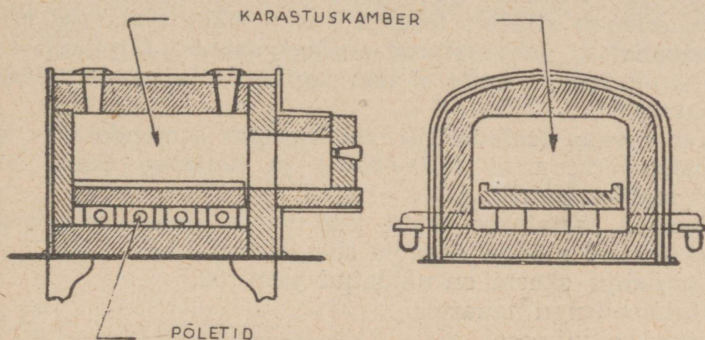
20. Terase nitreerimise olemus. Nitreeritud terase omadusi.
21. Kroomimise ja aliteerimise protsessid. Nende kasutusala.
22. Mis on tempermalm?
23. Euroopa tempermalmi tootmine.
24. Ameerika tempermalm.
25. Tempermalmi omadused ja kasutusotstarve.
26. Kas tempermalm on sepistatav?
27. Võrrelda harilikku halli malmi ja tempermalmi mehaanilisi omadusi.



Joon. 49. Šamott-grafiittiiglga vannahju skeem.

Soojendusahjud, seadmed ja rakised metallide termiliseks töötlemiseks.

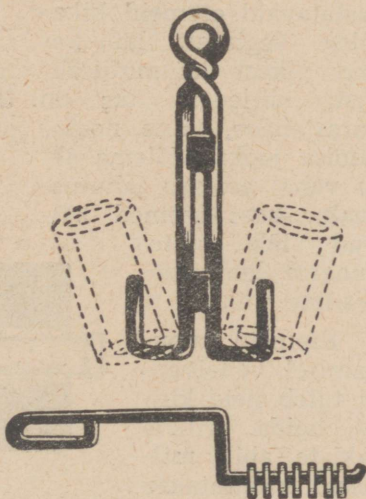
Soojendamine termilise töötlemise otstarbel toimub erilistes ahjudes. Sepaääs ei ole selleks kohane. Sepaääsil soojenemine pole ühetaoline, alati on karta metalli ülekuu-



Joon. 50. Gaasiahju skeem tööriistade karastamiseks.

menemist või koguni „äräpõletamist“ kui ka eseme mõõtude vähenemist tagi tekkimise tagajärjel. Seepärast peavad hästivarustatud nüüdisaegses töökojas olema mitmesuguse konstruktsiooniga karastusahjud, alates lihtsamast ahjust ja lõpetades kõrge tootlikkusega automaatsete konveierahjudega.

Tähtsamaid ahju liike: 1) gaasiga töötavad ahjud, 2) naftaga töötavad ahjud (harilikud ja muhvelahjud), 3) elektri-ahjud, 4) ahjud sulatatud soola või sulametalli vaniga.



Joon. 51. Rakiseid esemete hoidmiseks karastamisel.

Naftaga (masuudiga) töötav, ahi on kõige lihtsam ja metallide termilisel töötlemisel kõige levinum.

Sellises ahjus ei või soojendada vastutavaid ega täpsemõdulisi detaile, nagu keermepuure, keermepakke, mõõteriistu jne.

Nende detailide kuumutamiseks ehitatakse šamott-grafiit-tiigliga vannahjud (joon. 49); sellistes ahjudes ei puutu esemed otseselt leegiga kokku, vaid asetsevad erilises sulametalli või sulatatud soolaga vannis. Järelikult esemed ei oksüdeeru, neile ei teki tagikorda ja nende mõõdud ei muutu.

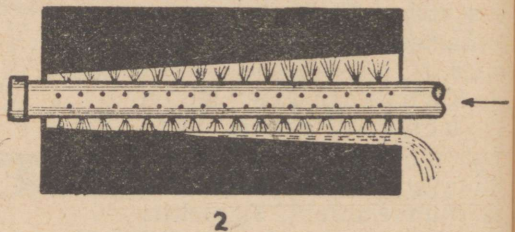
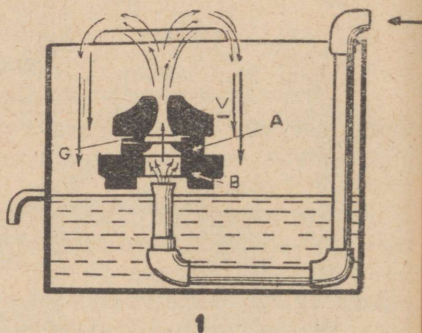
Vedel vann (sulametalli või soolaga) soojendatakse karastustemperatuurini ($770-850^{\circ}$) ja hoitakse düüsi abil sellel temperatuuril.

Esemed asetatakse vanni, kus nad kuumenevad. Vannis hoitakse neid mõnda aega ja siis jahutatakse.

Gaasiahju skeem on näidatud joon. 50.

Masstoodangu tehastes kasutatakse viimasel ajal pidevalt töötavaid mehhaniseeritud ahjusid. Karastatavaid esemeid lükatakse aeglaselt läbi kahest pikast kuumutusahjust, milledest üks on karastamise, teine noolutamise jaoks. Mõlema ahju vahel asetseb jahutuspak, kust esemed käivad läbi automaatse konveierseadme abil.

Esemete suputamisel vedelvan- ni tuleb neid kin- ni hoida eriliste rakiste abil, mil- liseid kasutatakse ka esemete jahu-



Joon. 52. Jugaseadmed lühikeste (1) ja pikkade (2) õõnte jahutamiseks seestpoolt.

tamisel vees või õlis pärast kuumutamist. Joon. 51 kujutab rakiseid esemete kinnihoidmiseks karastamisel, kuna joon. 52 on näha seadmeid õõnte jahutamiseks seestpoolt.

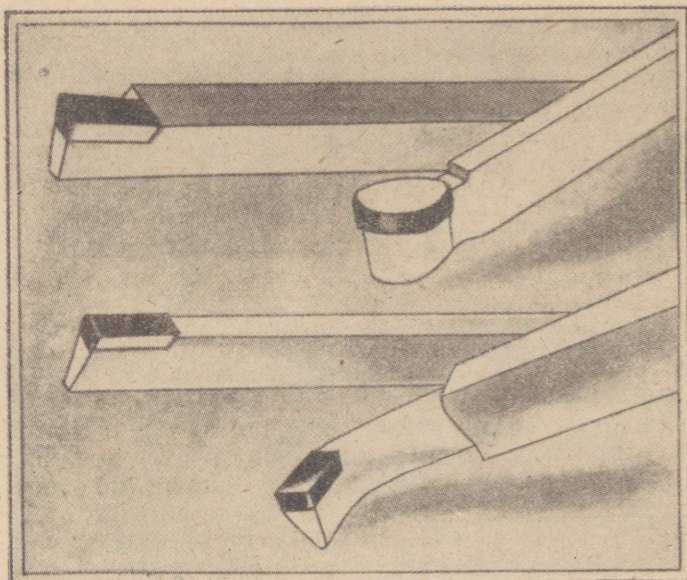
Kordamisküsimusi.

1. Soojendusahjud ja neile esitatavad põhilised nõudmised.
2. Soojendusahjude liike.
3. Missuguseks otstarbeks kasutatakse sulatinaga, sulasooladega jt. vanne?
4. Missuguseid rakiseid kasutatakse esemete kinnihoidmiseks karastamisel?

VI peatükk.

KÕVASULAMID.

Kõvasulameid kasutatakse tööstuses väga laialdaselt. Nad on väga suure kõvadusega ja ei vaja termilist töötlemist — karastamist. Kõvasulamitest valmistatud lõiketerad säilitavad oma esialgse kõvaduse ja löikevõime ka siis, kui nad kuumenevad tööprotsessis 800—1000 kraadini. Nad võimaldavad kõige suuremaid löikekiirusi. Niisiis, kõvasulamid on väga väärtuslikuks lõikeriistade materjaliks ruppimis- ja silumistöodele riistmasinatel.



Joon. 53. Lõiketeri külgejoodevad pobediit-plaadikestega.

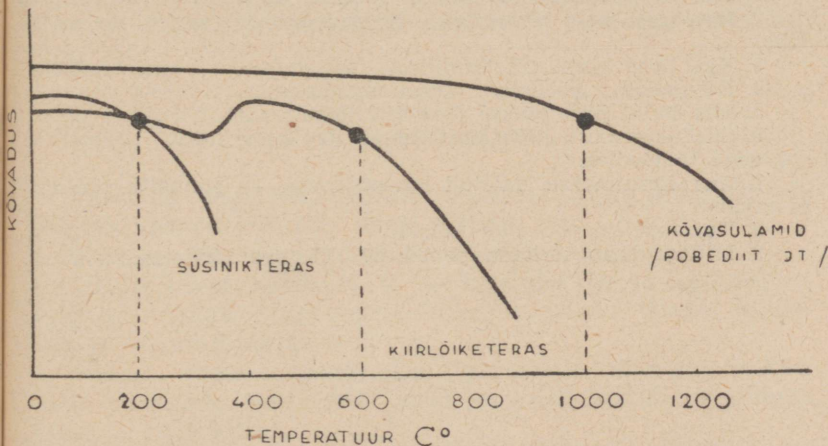
1930. aastal ilmus turule nõukogude kõvasulam lõiketeradele, nimetuse all pobediit.

Pobediidi valmistamiseks võetakse väga kõvade pulbristatud karbiitide (volframi- ja titaanikarbiitide) ja sitke koovalti segu. See segu pressitakse kokku väikesteks plaadikesteks; seejärel paagutatakse need plaadikesed kokku kõrgel temperatuuril, kuumutades 1400 kraadini.

Pobediidi kõvadus on lähedane teemandi omale. Teda saab teritada eriliste lihvimiskäiade abil (mark „Ekstra“).

Lõiketerade otsa joodetakse väikesed pobediidist plaadikesed (joon. 53). Tera hoidja valmistatakse harilikust terasest, mis sisaldab ligi 0,5% süsinikku.

Plaadikesed joodetakse hoidja külge vasega.



Joon. 54. Lõiketeraste ja kõvasulamite kõvaduse muutumine, olenevalt kuumenemisest töötamisel. Mustad täpid osutavad piirtemperatuurile. Nende piiride ületamisel põlevad lõiketerad ruttu läbi.

Süsinikterasest, kiirlõiketerasest ja pobediidist valmistatud lõiketerade suhteline tööjõudlus väljendub järgmiste arvudega:

Süsinikterase	tööjõudlus on 1
Kiirlõiketerase	„ „ 3
Kõvasulami „pobediit“	„ „ 9 ja enam.

NSV Liidus valmistatavate valatavate kõvasulamite hulka

kuulub sormait. See on eriotstarbeline malm, mis sisaldab kuni 45% kroomi, niklit, süsinikku ja teisi lisandeid ning umbes 55% rauda. Seda sulamit ei kasutata lõiketeradeks, küll aga kasutatakse teda suure eduga kiireltkuluvate masinadetailide, nagu stantside, puurimisriistade jms. välispinna katmiseks. Samaks otstarbeks sageli kasutatavaiks sulameiks on veel staliniit ja smena, mis on samuti nõukogude tooted.

Joonisest 54 nähtub lõiketeraste ja kõvasulamite kõvaduse muutumine sõltuvuses nende soojenemisest töötamisel.

Kordamisküsimusi.

1. Mis on kõvasulamid? Nende sulamite liike.
2. Mispärast neid nimetatakse kõvasulamiteks, aga mitte teras-
teks?
3. Kas need kuuluvad termilisele töötlemisele — karastamisele?
4. Kõvasulam „pobediit“. Tema omadused.
5. Mis kujul kasutatakse pobediiti lõiketeradel, freesidel jne.?
6. Süsinikterasest, kiirlõiketerasest ja pobediidist lõiketerade
suhteline tööjõudlus.
7. Kus kasutatakse valatud kõvasulameid — sormaiti, staliniiti
ja smenat?
8. Kui suur on pobediidi kõvadus?
9. Millega saab teritada pobediiti? Vastava lihvimiskäia mark.

VII p e a t ü k k .

VÄRVILISED METALLID JA NENDE SULAMID.

Tööstuslikult kasutatavad tehniliselt puhtad värvilised metallid on vask, alumiinium, magneesium, tsink, nikkel, inglistina, seatina ja antimon. Ühtlasi leiavad laialdast tarvitamist värviliste metallide sulamid: pronks, messing, babiit jt.

Vask ja vasesulamid.

Vasel on väga väärtuslikke omadusi. Tänu sellele tarvitatakse vaske tööstuses väga palju.

Vask on üks levinumaid värvilisi metalle, sest tal on hea plastilisus (iseegi külmalt), ta on hea elektri- ja soojusejuht ning moodustab kõrgeväärtuslikke sulameid tsingi, inglistina ja alumiiniumiga.

Puhast vaske kasutatakse peamiselt elektrotehnikas. Vaske saadakse maakidest, kuid looduses leidub ka puhast vaske ehedal kujul.

Vasemaaki (näiteks vaskrähki) loetakse töötlemiseks kõlblikuks, kui ta vasesisaldus on 2—3%.

Puhas vask sisaldab ainult umbes 0,1% mitmesuguseid lisandeid. Ta sulamistemperatuur on 1083°, erikaal — 8,9. Vase värvus on punakas (sellest ta nimetus: p u n a n e v a s k). Vastava üleliidulise standardi järgi on olemas järgmisi vasemärke: M-1, M-2, M-3, M-4, olenevalt metalli puhutusest. Lisandid — hapnik, väävel, antimon, seatina — ka-handavad tunduvalt vase mehaanilisi omadusi ja ta elektri-juhtivust.

Vase mehaanilised omadused väljenduvad järgmiste arvudega.

Tõmbetugevuse piir:

valatud vasel	15—20 kg/mm ²
valtsitud vasel	27—30 „
sepistatud vasel	40—43 „

Hõõgutatud vase pikenemine tõmbel ulatub 50%-ni.

Puhast vaske kasutatakse traadi, pleki, torude jms. valmistamiseks.

Detailide valmistamiseks ei tarvitata peaaegu kunagi puhast vaske, sest tal on väga väike kõvadus ning ta kulub kiiresti. Vase sulamid tsingi, inglistina, alumüiniumi ja teiste metallidega omavad palju suuremat kõvadust, tugevust ja korrosioonikindlust kui puhas vask ise.

Messingid.

Vase ja tsingi sulameid nimetatakse messingiteks. Messingi tsingisisaldus võib ulatuda 50%-ni. Messing on värvilt kollane (kollane vask). Eritletakse kolm järgmist messingi liiki:

t o m b a k (JIT-96, JIF-90) — sulamid, mis sisaldavad umbes 10% tsinki ja 90% vaske; p o o l t o m b a k (JI-80) — sulamid 20% tsingi ja 80% vase sisaldusega; päris m e s s i n g (JI-68, JI-62, JIC-59-1, JIC-51-1) — sulamid kuni 50% tsingisisaldusega.

Messingi mehaanilised omadused. Tõmbetugevuse piir $\sigma_t = 25$ kuni 40 kg/mm². Pikenemine tõmbel δ ulatub kuni 40%. Messingid on hästi korrosioonikindlad. Neid kasutatakse väiksemate masinaosade (kraanide, torude jne.), füüsikariistade, valtsitud lehtede, varraste ja traadi valmistamiseks.

Eriotstarbelised messingid — müntsmetall, automaatmessing, laevamessing jne. — võivad sisaldada lisanditena mangaani, inglistina, niklit, seatina; need sulamid on eriotstarbeliste omadustega.

Eriotstarbelisi messingeid kasutatakse harilikult mitmesuguste detailide ja aurumasina armatuuriosade (näiteks jaotussiibrid, kolmiktorud), samuti babiidiga täisvalatavate laagrite valmistamiseks.

Pronksid.

Vase ja inglistina sulameid nimetatakse pronksideks. Pronksi värvus on punakas-kollane.

Tinasisaldavaid pronkse, millede tinasisaldus on umbes 10%, kasutatakse laagrite valmistamiseks; pronkse 5% tinaga — armatuurivaluks; pronkse tinasisaldusega kuni 2% — traadi, lehtede jne. valmistamiseks.

Inglistina defitsiitsuse tõttu kasutatakse juba ammu ta asendajaid.

Tabelis 3 on toodud uute standardsete pronksiasendajate koostised ja omadused. Neid asendajaid valmistatakse übersulatamise teel vanadest pronksdetailidest.

Tabel 3.
Pronksi asendajate koostis ja omadused.

Sulamite margid	Koostis (%-des)				Mehaanilised omadused		Kasutusotstarve
	inglistina	tsink	nikkel	seatina	tugevus	pikene mine	
Бр—ОЦН— —3—7—5—1	2—4,5	6—9	0,12— —1,5	3—6	18	8	Armatuur
Бр—ОЦС— —3—11—5	2—4	9—13	—	3—6	18	8	
ЛОС—65—1—2	0,5—2	ОСТ	—	1—3	18	5	
Бр—ОЦС— —6—6—3	5—7	5—7	—	2—4	18	4	Antifriktsioonpronksid
Бр—ОЦС— —5—5—5	4—6	4—6	—	4—6	—	—	
Бр—ОЦС— —4—4—17	3,5—5	2—6	—	14—20	15	5	

Tinasisaldavail pronksidel on kõrged antifriktsioonomadused (hea vastupidavus kulumisele). Neid kasutatakse peaaesjalikult mitmesuguste masinadetailide valmistamiseks. Peale tinasisaldavate pronkside on olemas veel pronkse alumiiniumi, fosfori, mangaani, berülliumi jt. sisaldusega.

Alumiiniumpronksid sisaldavad 5—10% alumiiniumi.

Alumiinium tõstab vasesulamite mehaanilisi omadusi. Alumiiniumpronksist valmistatakse vahetusraha. Ka üldises masinaehituses rakendatakse väga laialdaselt alumiiniumpronkse. Neist valmistatakse tigurattaid, hammasrataid, mitmesugust armatuuri jne.

Berülliumpronksid on võrdlemisi uudsed sulamid. Berüllium tõstab sulami mehaanilisi omadusi väga suurel määral. Selle pronksi tõmbetugevus ulatub 120—170 kg/mm². Berülliumpronksid vajavad termilist töötlemist.

Käesoleval ajal leiavad berülliumpronksid kasutamist peamiselt sõjatööstuses.



Joon. 55. Babiidi struktuur.

Laagri sulamid — babiidid.

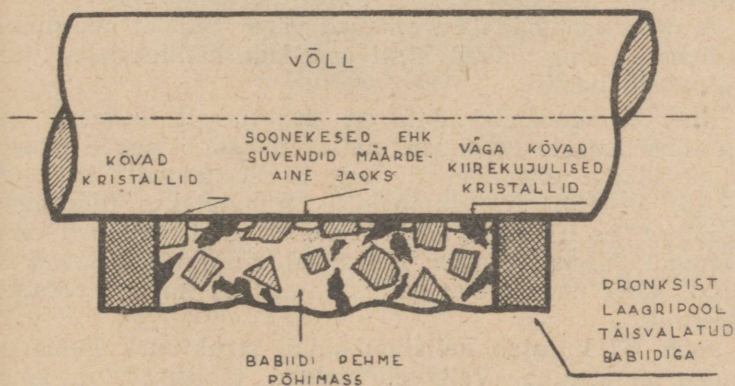
Babiidiks nimetatakse laagrite valamiseks kasutatavaid sulameid. Laagrite töökõlblikkus oleneb väga palju nende hõõrdumisteguri suuruselt. Mõnest kõvametallist, näiteks terasest valmistatud laagripooled oleksid täiesti

kõlbmatud, sest juba laagri väheldane kaardumine või juhusliku prügi või tolmu sattumine laagrisse võiks põhjustada võlli sissesöömist ja kriimustusi. Isegi malm- ja pronkslaagrid, mida kasutatakse vahel suurel erikoormusel (1 cm² kohta) ja väikese pöörete arvu juures, ei ole hästi kõlblikud.

Laagrite täisvalamiseks sobivad kõige paremini niisugused metallid, mille struktuur sisaldab võlli tugipinnana kõvu osakesi sitkes põhimassis. See vähendab hõõrdumist laagrite töötamisel ning sellest järelduvat kuumenemist ja väldib hõõrduvate osade kiiret kulumist.

Babiitidel on just niisugused omadused.

Joonis 55 kujutab babiidi struktuuri. Tume põhi on pehme plastiline mass; see moodustab aluse, milles aset-



Joon. 56. Laagri ja võlli kokkupuutepinna skemaatiline kujutus. Kristallide vahel on näha süvendeid määrdeaine jaoks.

seb ühtlaselt jaotatud kiirekujulisi kõvu kristallikesi (vase ja inglistina sulam) kõrvuti kõvade kuubikujuliste valgete kristallidega (inglistina ja antimoni sulam).

Kristallid moodustavad väikesi kühmutaolisi kõrgendikke laagri pinnal, milledele toetub võll. Võlli pööreldes kuluvad babiidi pealispinna pehmed osad kiiresti; nende asemele tekib kristallide vahekohtadesse soonekeste sarnaseid lohke. Kristallid seevastu ulatuvad babiidi pinnast kühmukestena välja.

Babiidi struktuur võimaldab määrdeaine ühtlast jaotust laagri pinnal: määrdeaine täidab peenikesed sooned ja lohud kristallide vahel. Joonis 56 kujutab kõvadele kristallidele toetuvat võlli. Kõvade kristallide vahekohad — lohud ja soonekesed — täituvad ühetasaselt määrdega.

Tänu oma struktuurile ja määrdeaine ühtlasele jaotusele on babiitide hõõrdumiskoefitsient väga väike.

Selles ongi babiidi hinnatav omadus.

Üleliidulise standardi järgi on olemas järgmisi babiidi-marke: Б—83, БМ, Б—16, Б—10, БС. Arvud osutavad babiitide inglistinasaldust protsentides. Näiteks babiit Б—83 sisaldab 83% inglistina; temas on ka vaske ja antimoni ning ta on üheks paremaks tinasisaldavaks babiidik. Babiidil Б—83 on sulamistemperatuur 400° ümber.

Arseenbabiidid omavad väga madalat hõõrdumiskoefitsienti ning võivad hästi asendada kallihinnalisi tinasisaldavaid babiite.

Kaltsiumbabiidid on struktuurilt ühtlased; mehaaniliste katsete tulemused näitavad aga, et nende omadused on ikkagi madalamad kui tinasisaldavail babiitidel (Б—16, Б—10). Kaltsiumbabiite nimetatakse üldnimetusega leelismullababiitideks. Nad tugevasti oksüdeeruvad, hinnalt aga on odavamad kui tinasisaldavad babiidid, kuna nad ei sisalda kallihinnalist import-toorainet: inglistina.

Joon. 57 kujutab kaltsiumbabiidi struktuuri. Tume põhimass on seatina. Väikesed valged täpikesed on kõvad kristallid. Selle babiidi sulamistemperatuur on 320—380°.

Käesoleval ajal on tööstus hakanud kasutama vähese inglistinasaldusega babiite. Nende põhimassi moodustab seatina ja nad sisaldavad 5—10% inglistina, 1—3% vaske ning 14—16% antimoni.

Laagrite valmistamiseks leiab kasutamist ka voisiit — raua ja grafiidi urbne sulam. Temas on 98% raua ja 2% grafiiti.

15 kuni 35% voisiidi mahust on poorid (tühimikud); need täidetakse määrdeõliga, millega kindlustatakse nii head määrimist kui ka head töödeldavust.

Ka antifriktsioonmalmi tarvitatakse vahel laagrite val-



Joon. 57. Kaltsiumbabiidi struktuur.

mistamiseks. Kogemused on näidanud, et see malm kulub hõõrdumisel väga vähe. Tema struktuuris on perliiti, puhast rauda (ferriiti) ja grafiiti. Grafiit kui kõige pehmem osis kulub hõõrdumisel kiiresti, mistõttu tekivad lohud ja sooned määrdeaine jaoks (joon. 58).

Kergesulamid.

Alumiinium ja alumiiniumisulamid.

Alumiiniumi toodetakse elektrolüütilisel teel savimul-
last (Al_2O_3).

Alumiinium on väga kerge metall (ta on terasest kolm korda kergem). Ta erikaal on 2,7. Alumiinium sulab temperatuuril 660° ja omab head soojuse- ning elektrijuhtivust.

Nagu vaskegi, kasutatakse alumiiniumi tööstuses väga ulatuslikult. Teda kasutatakse vase asemel elektrotehnikas juhtmete valmistamiseks. Alumiiniumist valmistatakse lehti, vardaid, nurgikuid, traati, laiatarbekaupu jne.

Üleliiduline standard näeb ette järgmisi tehnilise alumiiniumi marke: A—99,7, A—99,5, A—98, A—96,5. Arvud näitavad alumiiniumisisaldust protsentides.

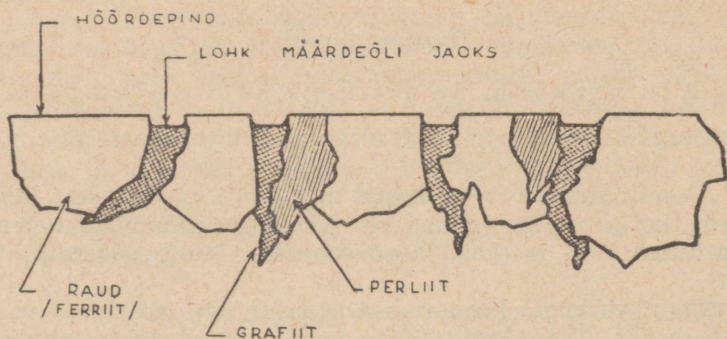
Valatud alumiiniumisulamid võivad olla ränisisaldavad (nõndanimetatud silumiinid) või vaske sisaldavad. Kõik need sulamid leiavad laialdast kasutamist lennuki-, auto- ja traktoritööstuses.

Valtsitud alumiiniumisulamitel on määratu suur tähtsus kaasaegses masinaehituses, eriti lennukitööstuses, kus tarvitatakse duralumiini nimelist alumiiniumisulamit.

Duralumiin sisaldab umbes 4% vaske, kuni 0,7% magneesiumi, 0,6% mangaani ja vähesel hulgal räni ning rauda.

Duralumiini karastatakse temperatuuril 500° ; jahutusaineiks on vesi. Karastatud duralumiini tugevuse suurenemist on märgata pärast ta pikemaajalist seismist (5 kuni 7 ööpäeva) toatemperatuuril (duralumiini loomulik vananemine).

Duralumiini tõmbetugevus pärast karastamist ja vananemist võrdub ligikaudselt 45 kg/mm^2 . Külmmaltsimise või külmpistikamise teel saab tõsta karastatud duralumiini tugevust kuni 60 kg/mm^2 . Duralumiini kasutatakse mitmesuguse profiiliga lattide, ribade, varraste või sepiste kujul; ta on hästi stantsitav ja kergesti töödeldav lõiketerade abil.

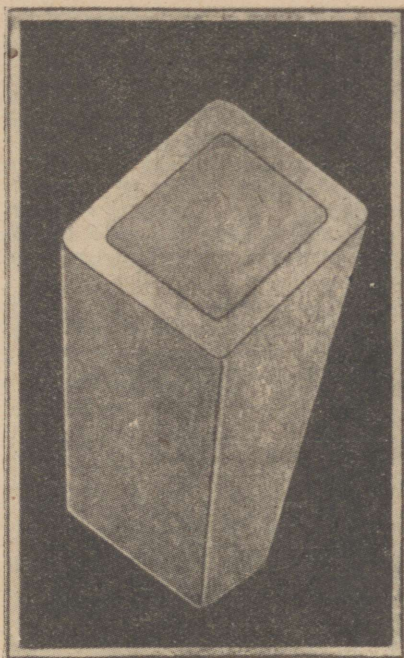


Joon. 58. Antifriktsoonmalmist valmistatud detaili skemaatiline pinnalõige.

Värviliste metallide asendajaid.

Värvilisi metalle ja sulameid tuleb kokku hoida, kuna nad on hinnalt kallid, defitsiitsed ja kuna neid on vaja importida välismaalt.

Seepärast tööstusettevõtted püüavad asendada defitsiitseid metalle, nagu inglistina, või kallihinnalisi, nagu vask. Inglistina asendatakse paljudel juhtudel seatinaga, tsingiga või alumiiniumiga. Vase asendajaks on tsink ja alumiinium (alumiiniumist elektrijuhtmed). Valmistatakse ka bimetalseid (kahest metallist koosnevaid) juhtmeid, millele südamik on pehmet terasest, välispind aga puhtast vasest (joon. 59).



Joon. 59. Bimetall.

Kuna paljud värvilised metallid on tööstuses defitsiitsed või kallihinnalised, kasutatakse laialdaselt vanade värviliste metallide taastamist. Värviliste metallide taastamine toimub metallide ja sulamite jäätmete või vanametalli (laagrite, pukside, tihendite, mootori- ja lennukiosade jne.) ümbersulatamise teel.

Kordamisküsimusi.

1. Loetleda tööstuslikus praktikas kõige levinumad puhtad värvilised metallid.
2. Mispärast valmistatakse masinadetaile sulamitest, aga mitte puhastest värvilistest metallidest (näiteks pronksist pukse, siibreid, hammasrattaid jne)?
3. Mis põhjusel kasutatakse värvilisi metalle mustade metallide asemel?
4. Miks tarvitatakse puhast vaske elektrijuhtmete valmistamiseks?

5. Mis on messing? Messingi põhilised omadused, värvus jne.
6. Pronksi ja messingi erinevus (värvuselt ja omadusilt).
7. Missuguseid eriotstarbelisi messingeid on olemas? Nende kasutusala.
8. Laagripronksi koostis ja kasutamine.
9. Kus kasutatakse babiite?
10. Nimetada babiitide tähtsamad omadused.
11. Kaltsiumbabiit ja teised inglistina sisaldavate babiitide asendajad.
12. Missuguseid sulameid nimetatakse kergesulamiteks?
13. Alumiinium ja ta sulamid. Nende omadused ja kasutusotstarve.
14. Duralumiin; selle omadused, töötlemine ja kasutamine.
15. Värviliste metallide ja sulamite asendajaid.
16. Mis on bimetal?
17. Taastatud vanade värviliste metallide kasutamine.

VIII peatükk.

METALLIDE KORROSION.

Korrosiooniks nimetatakse metalli või sulami lagunemist keemiliste või elektrokeemiliste protsesside tagajärjel. Metallide ja sulamite korrosiooni põhjustajaks võivad olla õhk, vesi, gaasid, aur või happed.

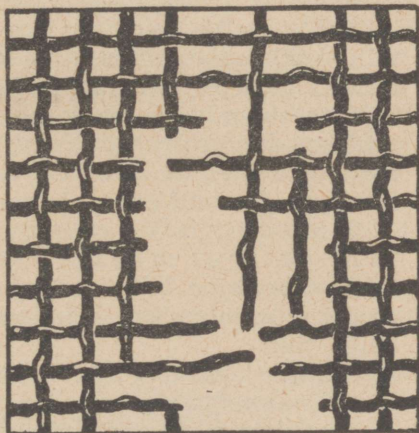
Üldtuntud korrosiooninähtuseks on malmi ja terase roostetumine.

Joonis 60 kujutab traatvõrgu korrosiooni.

Metall hakkab roostetuma, kui tema struktuuris esineb mitut liiki kristalle. Näiteks terases leidub kõrvuti tsementiidid kristallidega (Fe_3C) puhta raua kristalle. Kui asetame terase voolujuhtivasse vedelikku, s. o. elektrolüüti, siis erinevate kristallide vahel tekib väga nõrk galvaaniline vool, nõndanimetatud mikrovool, mis põhjustabki metalli hävinemist.

Et vältida terase roostetumist, muudetakse ta keemilist koostist teatavate elementide, näiteks nikli, kroomi jt. lisandamise teel. Need elemendid tõstavad terase keemilist püsivust.

Roostevaba teras on sulam, mille struktuur koosneb



Joon. 60. Keemiaaparaadis kasutatud traatvõrgu korrosioon.

ühtlastest kõvalahuse (austeniidi) kristallidest. On olemas ka martensiidse struktuuriga roostevabu teraseid.

Puhas raud roostetub vähem kui teras, sest puhta raua kristallid on ühtlasemad.

Korrosioon tekitab rahvamajandusele tohutuid kahjusid. Mitmes riigis tehtud arvestused lubavad teha üldjärelduse, et iga aasta toodetud metallist 40% hävineb korrosiooni läbi.

Võitlus korrosiooni vastu. Kaitsevahendid. On olemas terve rida vahendeid metallide kaitseks korrosiooni vastu:

kaitse ühe metalli legeerimise teel teise metalliga (roostevabad terased);

kaitse korrosioonikindla kihi moodustamise teel metalli välispinnal;

kaitse metalliga katmise teel (metalli katmine teise metalliga — inglistinaga, tsingiga, kroomiga jne.);

kaitse mittemetalsete katetega (lakid, värvid jne.).

Kaitse legeerimise teel seisneb kaitstava metalli kokkusulutamises teise metalliga või mittemetalliga, mille tagajärjel tõuseb põhilise metalli korrosioonikindlus. Selliste sulamite hulka kuuluvad roostevabad terased (mis sisaldavad suurel hulgal kroomi ja niklit), samuti vase ja nikli sulamid jne. See korrosioonikaitse viis on kulukas, sest lisandmetalli peab olema väga palju.

Kaitse korrosioonikindla kihi moodustamise teel metalli välispinnal seisneb kaitstava teraseseme katmises magnetraudoksüüdiga Fe_2O_3 või alumiiniumisulamite katmises alumiiniumoksüüdi kihiga Al_2O_3 jms.

Sellise oksüüdikorra moodustamist teraseseme pealispinnal nimetatakse oksüdeerimiseks.

Oksüdeerimise otstarbel võib kasta esemeid lämmastikhappesooladesse umbes 300° temperatuuril (või järgneva õhu käes kuumutamiseega selle temperatuurini).

See meetod on väga odav, aga ta ei anna terasele täit korrosioonikindlust.

Seejärel on soovitatav hõõruda oksüdeeritud esemeid õlidega või õlide ja vaha ning parafiini seguga. Reeglilik on, et oksüdeeritud esemed vajavad perioodilist õlitamist.

Kaitse metalli katmise teel teise metalliga ehk metallitamine. Metallitada on võimalik kolmel viisil:

1. Galvaaniline metallitamine. Esemel välispind kaetakse teise metalliga elektrolüüsi teel (nagu nikeldamise puhul). Ese kinnitatakse negatiivse pooluse — katoodi külge, kuna positiivseks pooluseks — anoodiks on metallplaadike sadestatavast metallist. Alalisvoolu läbiminekul anoodilt katoodile lahustub anoodplaadikese metall elektrolüüdis, s. o. voolu juhtivas vedelikus, ning sadestub katoodile.

2. Metallitamine pritsimise teel toimub erilise metallisaatori (püstoli) abil. Metalltraat (tsink-, nikkel-, alumiiniumtraat jms.) sulatatakse ja pritsitakse eseme pinnale suruõhu abil. Sellise metallisaatori leiutas Schoop 1910. aastal.

3. Metallitamine kastmise teel teise metalli sisse. Näiteks kuumalt tsinkimine toimub eseme kastmisega sulatatud tsinki, mille temperatuur on 470° . Tsingikorra paksus on 0,07 kuni 0,1 mm.

Tinutamist kasutatakse toiduainetetööstuses raua ja vase katmiseks inglistinaga. Esemel välispind puhastatakse rasvullustest ja peitsitakse. Siis kastetakse ese sulatinasse, mille temperatuur on umbes 400° .

Kaitse mittemetallsete katteainetega seisneb järgmises:

eseme välispind kaetakse lakiga, värviga, emailidega (emailitud keedunõud), betooniga, tsemendiga või määretega.

Korrosioonikaitse lakkide ja värvide abil on praktikas väga levinud. Umbes 65% kõigist korrosioonivastaseist katteist tehakse lakkide ja värvidega. Nende abil isoleeritakse esemed välisest keskkonnast (õhust, veest, gaasidest jne.), mis oleks võinud põhjustada korrosiooni.

Katmist emailidega rakendatakse keemiatööstuses, majapidamisriistade valmistamisel (pajad, kastrulid) jne.

Katmine määretega leiab kasutamist metallesemete säilitamisel ja veol. Määrekena kasutatakse rasvaineid ja õlisid mitmesugustes proportsioonides. Määre ei tohi sisaldada happeid.

Korrosiooni olenevus eseme pealispinna seisukorrast.

Korrosioon väheneb metalli välispinna parema töötlemisega. Praktikaks on kindlaks tehtud, et jämedalt töödeldud pind allub korrosioonile palju intensiivsemalt ja kiiremini kui sile (lihvitud või poleeritud) pind. Lõiketeraga jämedal töötlemisel tekib eseme pinnale sooni või kühme. Kõrgemalasetsevad välispinna osad on hapnikule hõlpsamini ligipääsetavad kui sügavamad kohad kühmude vahel. Seepärast eseme väljaulatuvate osade ja harjade korrosioon on intensiivsem.

Eseme struktuur võib samuti varieeruda olenevalt mehaanilise kuum- või külmtöötlemise tingimustest. Näiteks külmalt sepistamisel, painutamisel või neetimisel, metall kõveneb kohati, s. o. tema struktuur muutub ning temas tekib sisemisi pingeid. Seepärast ongi soovitatav lõõmutada valmisesemeid, millega vähendatakse nende sisepingeid. Vastasel korral survega töödeldud kohtades esineb tugev korrosioon.

Kordamisküsimusi.

1. Mis on metallide korrosioon?
2. Mis on metallide hävinemise põhjuseks korrosioonil?
3. Miks puhtad metallid on korrosioonile vastupidavamad kui metallide sulamid?
4. Mis on roostevabad terased? Mispärast nad ei roostetu?
5. Kui suured on metalli kaod korrosiooni tagajärjel?
6. Kuidas näeb välja korrosiooni läbi rikutud metall-ese?
7. Millega saab vältida korrosiooni?
8. Loetleda mitmesuguseid viise metallide kaitsmiseks korrosiooni vastu.
9. Korrosioonikaitse metalli katmise teel teise metalliga.
10. Mis on eseme metallitamine metallisaatori abil?
11. Mis on tsinkimine, nikeldamine, tinutamine jne.? Nende protsesside otstarve ja teostamisviis.
12. Kaitse mittemetalsete katteainetega.
13. Kas korrosioonikindlus oleneb metalli pinna seisukorrast (jämedalt rupitud või poleeritud pind)?

IX peatükk.

VALAMINE.

Valamiseks nimetatakse soovitud suuruses valandite saamise protsessi eriti selleks valmistatud vormide sulametalliga täitmise teel.

Esemete valmistamine valamise teel on üheks levinumaks ja odavamaks valmistusviisiks.

Valamisega saab näiteks valmistada masinaaluseid, mootorisilindreid, hoorattaid ja teisi detaile, mille valmistamine mõnel teisel viisil oleks keeruline ja kulukas.

Valamise teel saab kergesti töödelda metalle, mis ei oma head sepiatavust, nagu malm, masinapronks jne.

Paljudel masinail on kuni 85% detaile (kaalu järgi) valmistatud valamise teel.

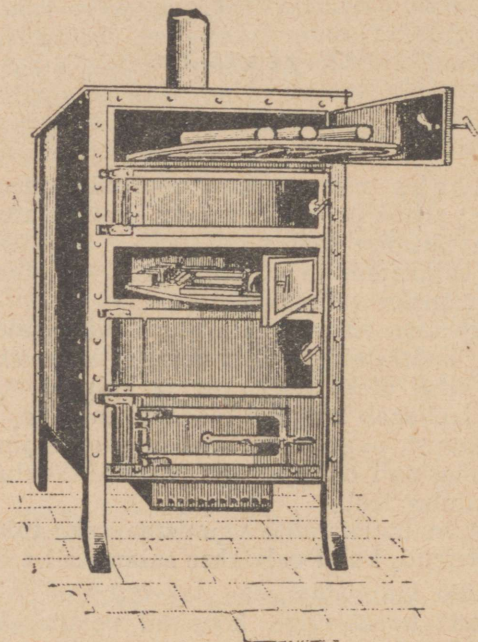
Teras- või malmvalandite valmistamiseks tuleb eelkõige valmistada vormid, kuhu valatakse sulametall.

Valuvormide valmistamiseks tarvitatakse mudeleid, mis kujutavad endast nagu koopiaid valamisele tulevaid esemeist. Mudelid tehakse metallist, puidust, kipsist või plastilistest massidest. Mudeli mõõdud peavad ületama valmisdetaili mõõte metalli kahanemise ja töötlemisvaru võrra. Vorme valmistatakse sageli mullast (vormimuld), mis peab omama häid plastilisi omadusi, s. o. hästi edasi andma ja säilitama mudeli kuju ja piirjooni. Et saada valuesemeis õõnsusi või avausi, pannakse vormi sisse vastavakujulisi mullast valmistatud osi, mida nimetatakse kärnideks.

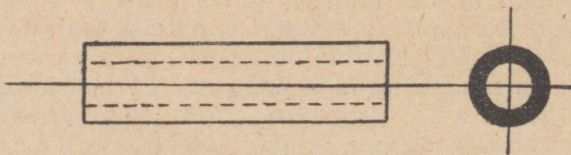
Malmivalu vormimuld koosneb liiva (80—95%) ja savi (5—20%) segust, millele lisatakse umbes $\frac{1}{7}$ mahuosa jahvatatud kivisütt.

See musta värvi segu on küllaldaselt tulekindel ja gaasijuhtiv. Üheks gaasijuhtivuse suurendamise abinõuks on hobusesõnniku, hekslite või muude sellesarnaste orgaanil-

liste ainete lisandamine vormimullale. Kärnide valmistamiseks tarvitatakse liiva ja värnitsat. Värnitsa asemele võib võtta ka sulfaatleelist, dekstriini, kampsolit ja mõnesuguseid teisi sideaineid.



Joon. 61. Kuivatuskapp kärnide kuivatamiseks.



Joon. 62. Puksi joonis.

Kärne ja mõnikord ka vorme kuivatatakse erilistes kuivatistes (joon. 61) temperatuuril $150-300^{\circ}$. Nad muutuvad kuivamisel kõvaks ja vastupidavaks ning ei purune sulametalli sissevalamisel.

Oletame, et meil on vaja valada malmist puksi (joon. 62). Sellise puksi mudelile antakse järgmine kuju (joon. 63). Mudel koosneb kahest poolest (I ja II) — ülemisest ja alumisest.

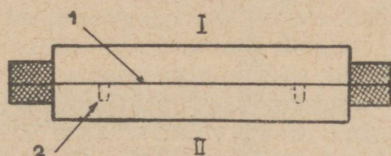
Mudeli ülemise poole tsentreerimine alumise poole suhtes toimub metall- või puittikkude abil (joon. 64). Mudelist väljaulatuvad otsad, nn. märgid kujundavad muldvormis tugesid kärnidele.

Malmvalandi jaoks määratud mudeli pind värvitakse punaseks, nn. märgid aga mustaks, et oleks otsekohe selge, kus peab olema valueseme keha ja kus avaused. Kui muldvorm on valmis, võetakse mõlemad mudelipooled mullast välja; kärn (joon. 65) asetatakse selleks määratud kohta ja vorm valatakse sulamalmi täis. Vormimisoperatsioonide järjekord nähtub joonistest 66, 67 ja 68.

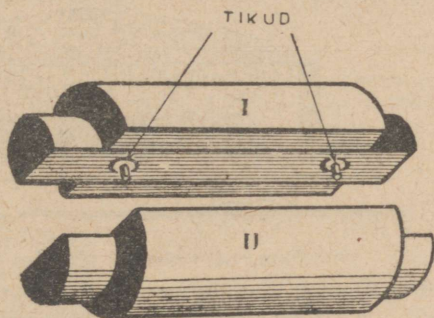
Valamistoru on määratud sulamalmi sissevalamiseks vormi.

Õhuaugud on selleks, et õhk ja gaasid saaksid valuvormist välja pääseda. Vormimullaga tihedasti täidetavaid puit- või metallkaste nimetatakse vormkastideks (joon. 69).

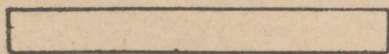
Valmis vormid asetatakse valamiseks valukoja põrandale. Mehhaniseeritud valukodades on olemas vormimis- masinaid vormide valmistamiseks, kuna valmis vormkastid viiakse valamise kohale konveieri abil. Masinvormimise



Joon. 63. Puksi mudel, 1 — lahtikäimise joon, 2 — tihvtid ehk tikud mudelipoolte tsentreerimiseks.



Joon. 64. Tikud tsentreerimiseks.



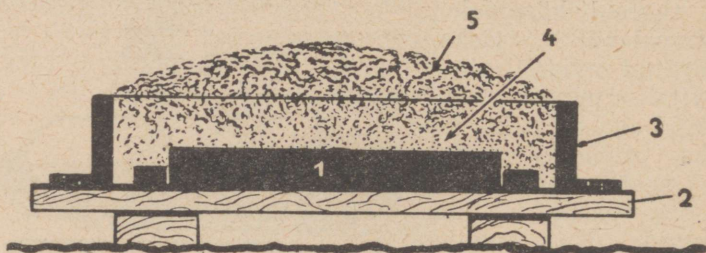
Joon. 65. Kärn.

eelised võrreldes käsitsi vormimisega on selles, et kõik tähtsamad operatsioonid teostatakse masinate abil (vormkasti täitmine mullaga, mulla kinnitampimine, vormi väljatõmbamine mullast jne.).

Kui metall on hangunud, eemaldatakse vormimuld valmis valandi ümbert. Järelikult purustatakse muldvormid. Selliseid vorme nimetatakse ajutisteks vormideks.

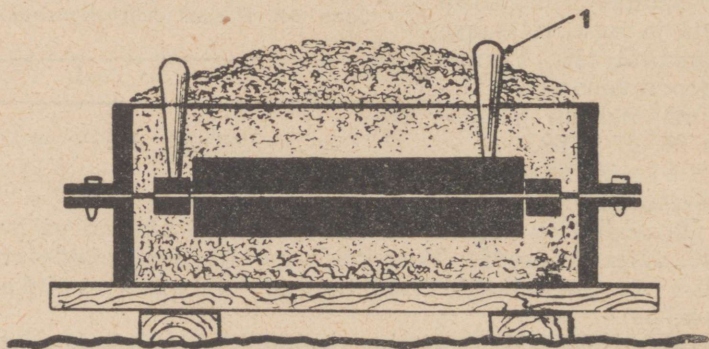
Valusesemete masstootmisel kasutatakse alalisi vorme (neid valmistatakse harilikult metallist).

Joonisest 70 nähtub valamistorude ja õhuaukude asetus valandil.



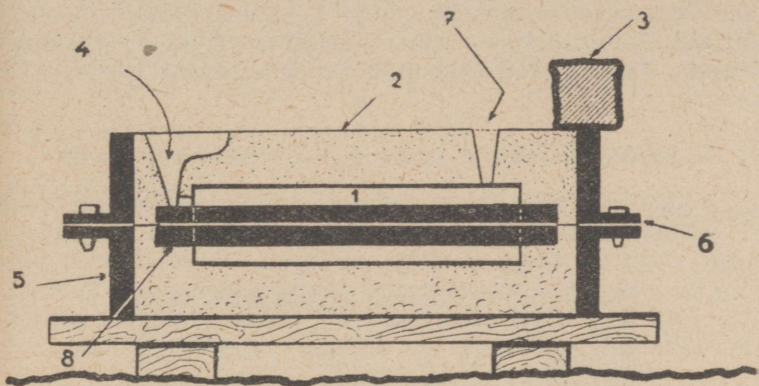
Joon. 66. Mudeli alumise poole vormimine:

1 — mudeli alumine pool, 2 — mudeli aluslaud, 3 — vormkast, 4 — värske vormimuld, 5 — vana vormimuld.



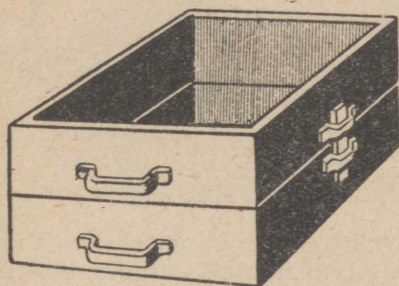
Joon. 67. Mudeli ülemise poole vormimine:

1 — puitpulk.



Joon. 68. Malmi sissevalamiseks valmis vorm:

1 — malmiga täidetav õõnsus, 2 — vormimullaga täidetud vormkast, 3 — raskus, mis takistab vormkasti ülemise poole kerkimist metalli sissevalamisel, 4 — malmi valamistoru, 5 — vormkasti alumine pool, 6 — õösid kinnitusnagadega, 7 — õhuauk, 8 — kärn.



Joon. 69. Vormkast.

Pärast vormimulla eemaldamist tuleb meisli abil maha raiuda valamistoru ja õhuaukude kohale jäänud ülearune metall, mis hiljem läheb sulatusahju ümbersulatamisele. Valandid aga võetakse käsitsi või mehaaniliselt toimuvale puhastamisele.

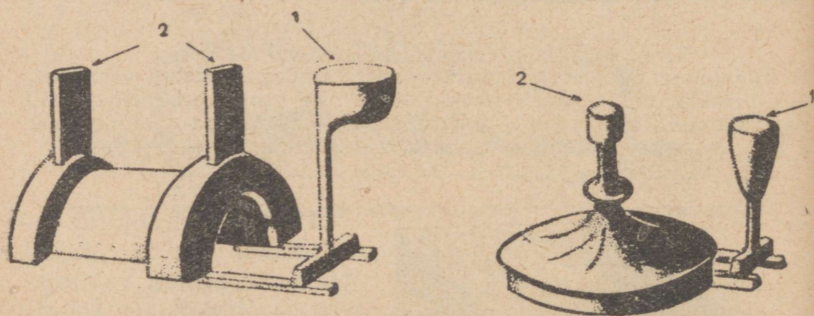
Valandite puhastamine koosneb järgmistest operatsioonidest: muldkärnide, ümberoleva vormimulla ja kiskude eemaldamine jms. Kiskude eemaldamiseks kasutatakse sageli erilisi lihvimispinke. Väiksemate valuesemete mullast puhastamine toimub aeglaselt pöörlevais trumlites.

Nüüdisaja valukodades kasutatakse erilisi liivapritse suurte kui ka väikeste valandite puhastamiseks. Nende töötamine seisneb selles, et valandi pinnale juhitakse liiva-

osakestega segatud suruõhu juga (1- kuni 5-atmosfäärilise rõhu all). Liiv paiskub vastu valueseme pinda ning puhastab seda. Esemepind saab puhtaks ja siledaks.

Valandite defektide ja nende tekkimise põhjused.

Valgekoorik tekib valandil, kui sulamalmi on valatud külma, niiskesse vormi. Kiire jahtumise tagajärjel malmi väliskihit hangub valge malmi. Selle defekti vältimiseks kasutatakse valuvormi eelsoojendust ja kuivatamist. Aga ka malmi eriline keemiline koostis võib põhjustada valueseme väliskihi muutumist valgeks malmiks.



Joon. 70. Valamistorudesse ja õhuaukudesse hangunud metalli asetus valmis valanditel:
1 — valamistorud, 2 — õhuaugud.

Valandi ristlõike keemilise koostise ebahühtlus. Seda põhjustavad metalli hangumise tingimused valuvormis: keemilise koostise poolest puhtamad ja raskemini sulavad osad hanguvad esimeses järjekorras. Valandi keskkohas aga metalliosakesed hanguvad hiljem, nendel on madalam sulamistemperatuur, kuna nad sisaldavad enam lisandeid. Seda nähtust nimetatakse likvatsiooniks (joon. 71). Likvatsioon on paljudel juhtudel seda tugevam, mida aeglasem on sulami jahtumine.

Mittemetalsed tahked võõrkehavad valandi metallis võivad esineda liiva, prügi, räbu jne. näol. Nad satuvad sinna vormimulla pudenumise tõttu metalli sisse-

valamisel, metalli prügistumise või hooletu sissevalamise tõttu valuvormi ühes räbuga. Prügistumist võivad põhjustada ka mitteküllaldaselt vastupidavad kärnid ja vormimulla ebaõige (liiga nõrk) kinnitampimine vormkastidesse.

Sellise praagi vältimiseks tuleb tõsta tehnilise oskuse taset vormimistöodel ja malmi valamisel.

Gaasimullid metalli sisemuses tekivad järgmistel asjaoludel:



Joon. 71. Likvatsiooni näide. (Joonisel on kujutatud üks neljandik valueseme ristlõiget. Uksikud mustad täpid on gaasimullid).

1) sulametallidel on võime absorbeerida ümbritsevast keskkonnast gaase (peamiselt hapnikku) ja eritada neid hangumisel;

2) gaase võib sulametallis tekkida ka mitmesuguste keemiliste reaktsioonide tagajärjel; näiteks tekib sageli süsinikoksüüdi (CO) ja muid gaase;

3) niiskesse vormi valatav sulametall jahtub kiiresti, kusjuures gaasid ei jõua valandist lahkuda ja tekitavad seal õõnsusi — gaasimulle.

Et takistada gaasimullide tekkimist valandis, tuleb kõrvaldada sulametallist hapnik. Vorm ja kärnid tuleb eelsoojendada ja kuivatada. Ei tohi ka liiga kaua pidada metalli vedelas olekus kopa või ahju sees.

Kahanemiseõõned on valamistöödel kõige sagedamini esinevaks praagiks. Vormi sisse valatud sulam ei jahtu ühtlaselt ega üheaegaliselt. Valueseme väliskiht ja peenema ristlõikega kohad jahtuvad kiiremini kui sisemised kihid ja massiivsemad osad.

Eseme pealispinnale tekib tahke metallkooruke, kuna sisemistes kihtides jääb metall veel mõneks ajaks vedelasse olekusse.

Kahanemine põhjustab tühimikke ehk kahanemiseõõsi valandi sisemuses. Kahanemiseõõned tekivad üldreeglina valandi neis osades, mis jahtuvad viimastena.

Kahanemiseõõnte vältimise peamiseks abinõuks on valamistorude ja valupeade õige asetus.

Valupea (ehk valunaga) on valandi ülaosa eriline jätk selles kohas, kuhu peab tekkima kahanemiseõõs. Valupea otstarbeks on kahanemiseõõne väljaviimine valandi piirjoontest (joon. 72). Pärastisel töötlemisel lõigatakse valupea saega ära.

Joonis 72-I näitab valandit ilma valupeadeta. Kahanemiseõõs on tekkinud valuesemes endas.

Joonisel 72-II on kujutatud ebaküllaldaste valupeadega valand. Valupead on joonisel tähistatud punktiirjoonega. Eseme kahanemiseõõned on väiksemad, kuid nad ei ole täiesti kõrvaldatud.

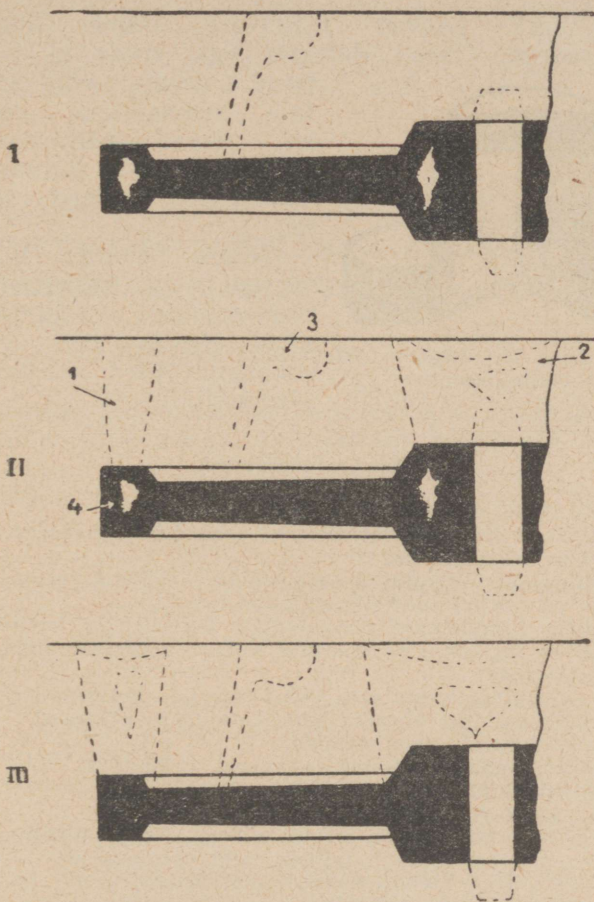
Joonisel 72-III on valupead suuremad ning kahanemiseõõned on esemest täiesti kadunud.

Sisemised pinged ja pragunemine.

Metalli kahanemine tekitab pingeid valandi sisemuses. Need pinged võivad põhjustada pragunemist.

Valamisel võib kiiremini jahtuvate osade struktuur sisaldada valget malmi. Ent valge malm on kõvem ja kahaneb enam kui grafiitisisaldav hall malm.

Sulametalli aeglane sissevalamine vähendab kahanemisnähtusi. Kahanemise vähendamiseks peab vormi sisse valatava metalli temperatuur olema võimalikult madal.

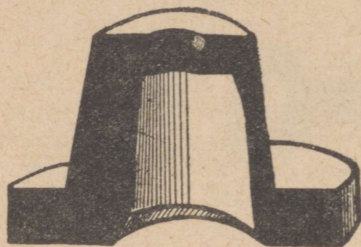


Joon. 72. I — Valu ilma valupeadeta. II — Valu ebaküllaldaste valupeadega: 1 ja 2 — valupead, 3 — valamistoru, 4 — kahanemisõõs. III — Heade valupeadega valu.

Joonisel 73 kujutatud defekt tuleb vormi paigaltnihkumisest. Säärase defekti puhul valandi üks külg (või sein) võib olla teisest paksem. Defekti põhjustajaks on vormkasti poolte ebaõige sobitus üksteisega.

Osa ülalkirjeldatud defekte (kahanemisõõned, gaasi-

mullid jne.) tulevad nähtavale eseme töötlemisel löikeriistadega. Need defektid aga, mida ei ole avastatud teras- või malmde-



Joon. 73.
Vormi paigaltnihkumine.

taili mehaanilisel töötlemisel, võivad põhjustada detaili enneaegse kulumise või mehhanismi avarii töötamisel.

Sellise avarii tekitajaks võivad olla hammasratastes, rihmaseibides, ventiilides, masina alustes jne. leiduvad kahanemisõõned, räbu või gaasimullid.

Kordamisküsimusi.

1. Määritleda valamise otstarve.
2. Mispärast rida esemeid valatakse malmist või pronksist?
3. Mis on valamisvorm?
4. Milline on üksikute operatsioonide järjekord valamisel?
5. Mis on vormimuld? Vormimulla koostis.
6. Milleks lisandatakse vormimullale peenendatud kivisütt?
7. Milleks segatakse vormimulla hulka orgaanilisi aineid (heksleid, saepuru jne.)?
8. Mis otstarbel teostatakse vahel vormide kuivatamist?
9. Valgest malmist kooriku tekkimine. Selle põhjused.
10. Mudelid, nende valmistamine.
11. Kuidas saadakse õõnsusi ja avausi valandites?
12. Mis on kärn? Kärni ülesanne valamisel.
13. Mis värvi värvitakse mudel ja kärnimärgid?
14. Valamisvormi õhuauk ja valamistoru. Nende ülesanne.
15. Mis on vormkastid ja milleks neid kasutatakse?
16. Milles seisneb metalli kahanemine? Kuidas arvestatakse kahanemist mudeli mõõtude valikul?
17. Mispärast tehakse mudeleid kahest, kolmest jne. lahtivõetavast osast?
18. Ajutised ja alalised vormid.
19. Milles seisneb valandi puhastamine ja kuidas seda teostatakse?
20. Loetleda valamise defektid ja nende tekkimise põhjused.
21. Metalliliku vatsioon ja selle tekkimise põhjused.
22. Praak gaasimullide tekkimisest. Gaasimullide tekkimise põhjused.
23. Kahanemisõõned, nende tekkimise põhjused ja abinõud nende vältimiseks (valupead).
24. Masinvormimine ja selle paremusi.

X peatükk.

METALLIDE TÖÖTLEMINE SURVEGA — VALTSIMINE, ŠEPISTAMINE, STANTSIMINE.

Survega töötlemise olemus.

On olemas järgmised metallide survega töötlemise viisid: sepistamine, stantsimine, pressimine, valtsimine ja tõmbamine.

Metallide töötlemine survega põhineb metalli plastiliste omaduste ära kasutamisel.

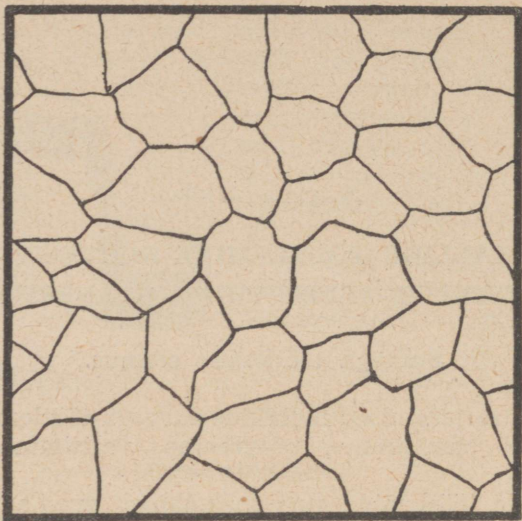
Selle töötlemisviisi otstarbeks on metallitüki mõõtude ja kuju muutmine ning metalli mehaaniliste omaduste tõstmine tema struktuuri muutmise teel.

Survega töötlemist jaotatakse leppeliselt kuumtöötlemiseks ja külmtöötlemiseks. Survega kuumtöötlemine toimub paljude sulamite juures kõrgel temperatuuril: näiteks töödeldakse terast 800° või veelgi kõrgema temperatuuri juures.

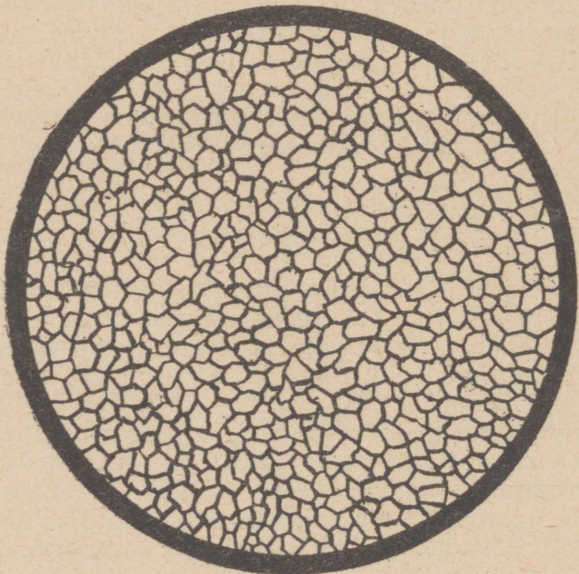
Kuumutustemperatuuri tõusuga suureneb metalli plasti-
lus: metalli on siis kergem töödelda sepistamise või valt-
simise teel.

Näiteks pehme teras kuumutustemperatuuril 1300° muudab oma kuju, kui teda mõjutada survega $1,5 \text{ kg } 1 \text{ mm}^2$ peale. Sama teras külmas olekus (temperatuuril 15°) muudab oma kuju (deformeerub) surve mõjul, mis võrdub 30 kuni 40 kg/mm^2 .

Paljude sulamite külmtöötlemine survega võib toimuda harilikul temperatuuril (toasoojuses). Seejuures muutub metalli struktuur tunduvalt, sest metalli terad tükelduvad väikesteks osadeks. Ka metalli mehaanilised omadused muutuvad: kõvadus ja tõmbetugevus suurenevad, sitkus aga väheneb.



Joon. 74. Metalli jämedateraline struktuur.



Joon. 75. Metalli peeneteraline struktuur.

Survega töötlemise mõju metallide struktuurile ja omadustele.

Survega töötlemise mõju metallide struktuurile ja omadustele nähtub järgnevaist joonistest.

Joonis 74 kujutab metalli jämedateralist struktuuri, joonis 75 aga peeneteralist struktuuri.

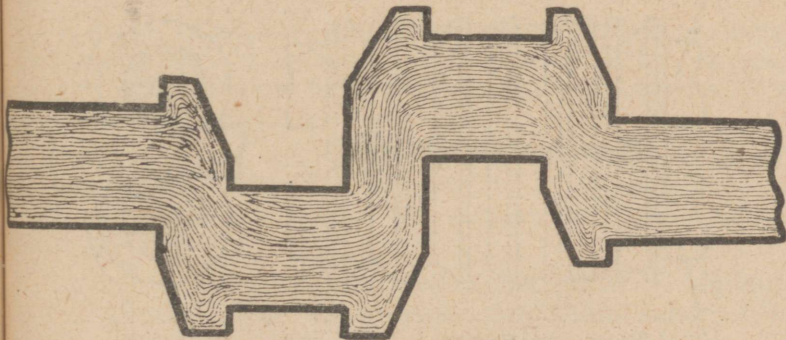
Metalli mehaanilised omadused muutuvad survega töötlemise tagajärjel 2—3 ja enam kordi paremaks. Näiteks terasvalu tõmbetugevuse piir võrdub umbes 40 kg/mm^2 , sama terase tõmbetugevuse piir pärast survega töötlemist võib ulatuda $60\text{—}80 \text{ kg/mm}^2$ ja üle selle.



Joon. 76. Metallkiuline struktuur (mikro-ülesvõte).

Seepärast mitmeid vastutavaid masinate terasdetalle valmistatakse sepistamise, stantsimise jms. teel. Lamestatud ja pikaksvenitatud metallikristallil on kiu kuju.

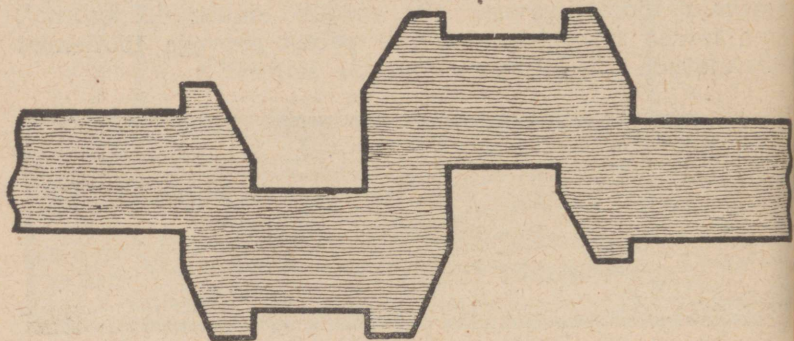
Joonistest 75, 76 ja 77 nähtub metalli peeneteraline ja kiuline struktuur pärast töötlemist survega.



Joon. 77. Väntvõlli kiuline struktuur.

Mitte ainult metalli jämedateraline või peeneteraline struktuur ei mõjuta detaili mehaanilist vastupidavust, vaid see sõltub ka kristallikiudude asetusest detailis. Võtame näiteks kaks väntvõlli üksteisest erineva kiudude asetusega. Joonis 77 kujutab väga tugevat väntvõlli. Selle võlli kiud jälgivad pikilõike kõverusi.

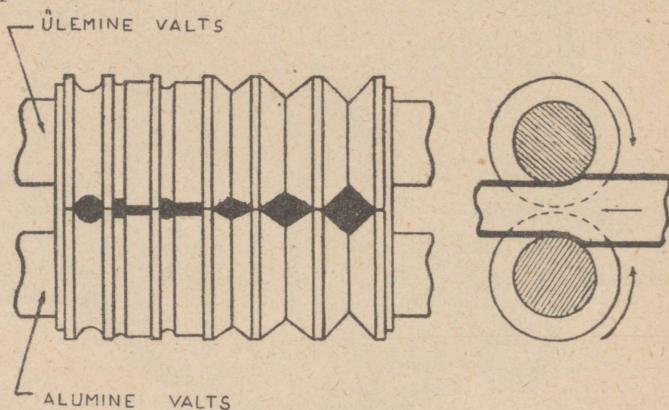
Läbilõigatud kiududega väntvõll ei ole kuigi tugev (joon. 78).



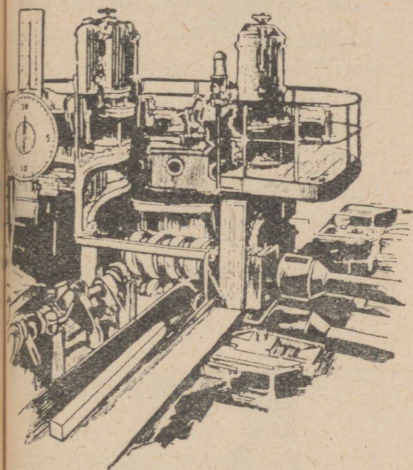
Joon. 78. Läbilõigatud kiududega väntvõll.

Valtsimine.

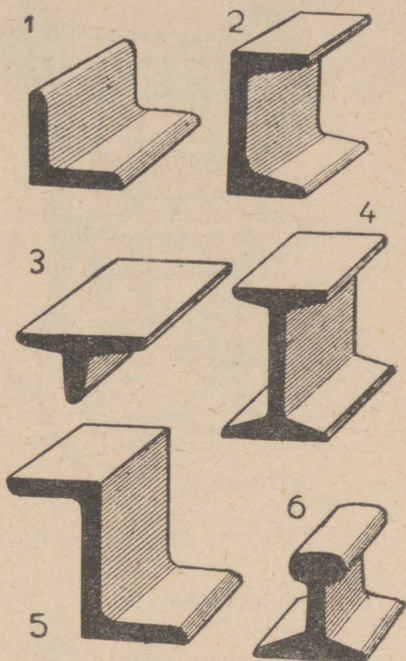
Plokkidena valatud terast valtsitakse temale vajaliku profiili andmiseks.



Joon. 79. Kahest valtsist koosneva valtsimismasina skeem.



Joon. 80. Võimas valtsimismasin (bluuming).



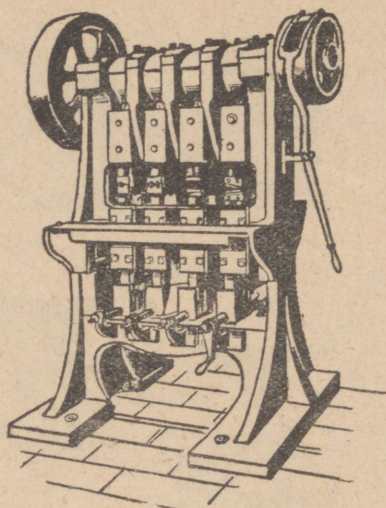
Joon. 81. Fassongterase profiile:
1 — nurkteras, 2 — U-teras, 3 — T-teras, 4 — kaksik-T-teras, 5 — Z-teras, 6 — rööpateras.

Metalle valtsitakse valtsimismasinais, kusjuures metall juhitakse valtside vahelt läbi. Metalli ristlõige väheneb, pikkus aga suureneb. Selle menetlusega valmistatakse talasid, roopaid, torusid, plekki jne.

Ahjust väljuv kuumutatud terasplokk juhitakse valtsimismasinasse. Ta läheb korduvalt (15—20 korda) pöörlevate valtside vahelt läbi (joon. 79), omandades lõpuks valmis-toote kuju.

Joonis 80 kujutab võimsat valtsimismasinat — bluumingut — terasplokkide valtsimiseks. See masin valtsib toortükke ristlõikega 200×200 mm kui ka teisemõdulisi.

Väljudes bluumingust läheb metall veel mitmest valtsi-



Joon. 82. Sepistamismasin.

Sepistamine.

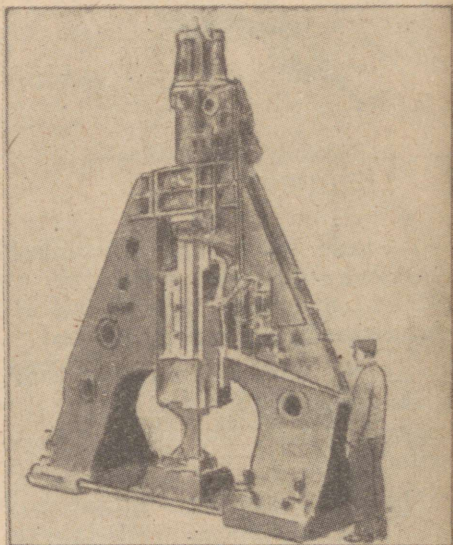
On olemas kaks sepistamise viisi: vaba sepistamine ja sepistamine stantsides. Sepistamise teel on võimalik saada kõige mitmekesisema kujuga esemeid.

Vaba sepistamine toimub vasarate abil käsitsi või mehaanilisel teel. Käsitsi sepistamise tööriistadeks on käsivasarad, pealelöögi-vasarad, pihid jne. Mehaanilise sepistamise tööriistu on näha joonistelt 82 ja 83.

mismasinast läbi; nii saadakse latte, ehitustalaseid ja raudteerööpaid. Peale selle on olemas veel terve rida valtsimismasinaid paksema ja õhema lehtmaterjali tootmiseks.

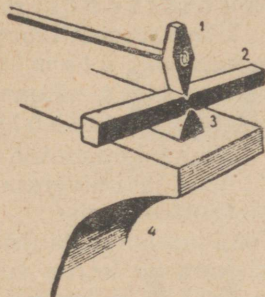
Valtsitud terase sortiment.

Joonis 81 näitab mõningaid liike valtsitud terase sortimendist: nurkterast, U-terast, T-terast, kaksik-T-terast jt. Valmis valtstooteist olgu nimetatud varda- või latikujulised (näiteks ümarteras, ruutteras, lapikteras, vitsteras), siis veel profiilehk fassongteras, lehtteras, rööpad, traat, torud jne.

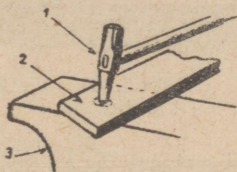


Joon. 83. Auruhaamer.

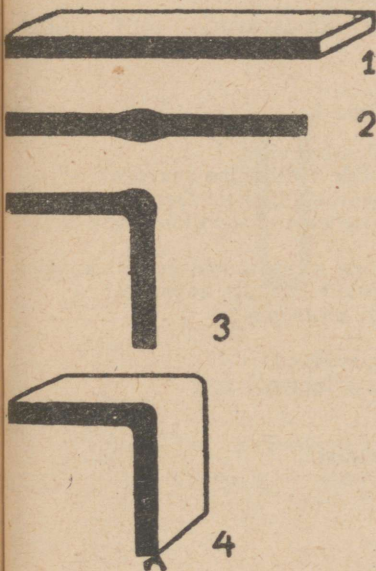
Sépatöö põhilisteks operatsioonideks on: venitamine, jämendamine, raiumine, painutamine, mulgustamine ja keevitamine. Need operatsioonid on kujutatud joonistel 84—89.



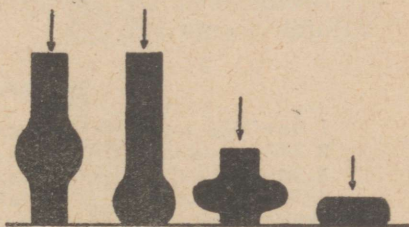
Joon. 84. Metalli raiumine sepameisli ning tugimeisli abil: 1 — sepameisel, 2 — töötükk, 3 — tugimeisel, 4 — alas.



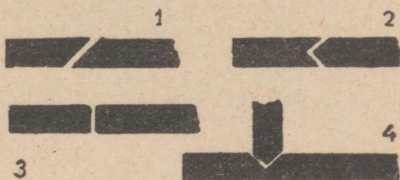
Joon. 85. Mulgustamine: 1 — torn, 2 — töötükk, 3 — alas.



Joon. 86. Painutamine: 1 — toortükk, 2 — järkumine, 3 — painutamine ja töötlemine silumisvasaraga, 4 — valmissaadus.

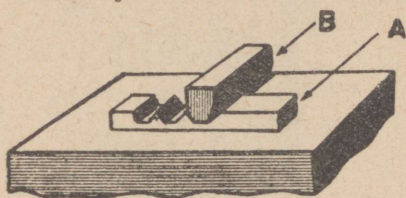


Joon. 87. Jämdamine.



Joon. 88. Kevvitamise näiteid: 1 — põikvastakõmbus, 2 — kalasabaõmbus, 3 — ristvastakõmbus, 4 — nurkõmbus.

Sepistamine stantsides seisneb kuuma metalli kuju muutmises eriliste metallstantside abil. Stantsidel on õõnsused ja väljaulatuvad kohad, mis vastavad valmistatava detaili kujule. See on metallide kuumstantsimine.



Joon. 89. Venitamine:
A — töötükk, B — venitusvasar.

Kasutatakse ka külmstantsimist, mis leiab laialdast rakendamist peamiselt leht-, lint- ja ribamaterjali töötlemisel.

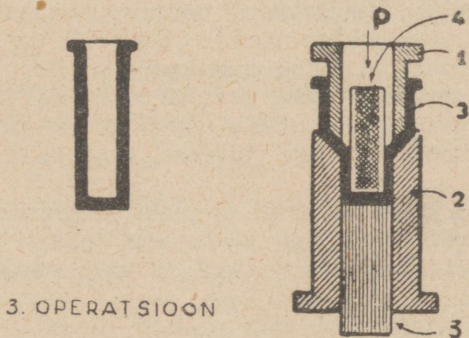
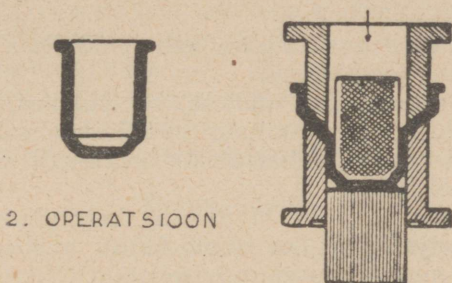
Külmstantsimise materjaliks võib olla teras, vask, messing, alumiinium ja teised sulamid.

Külmstantsimise operatsioone õõnestorude tõmbamisel kujutab joonis 90.

Kordamisküsimusi.

1. Loetleda metallide survega töötlemise viise.
2. Millisel omadusel põhineb metallide töötlemine survega?
3. Missugustel juhtudel kasutatakse metallide töötlemist survega?
4. Mida nimetatakse metallide survega kuumtöötlemiseks ja külm-töötlemiseks? Nende erinevus.
5. Survega töötlemise mõju metallide struktuurile ja omadustele.
6. Kas metallikiudude asetus mõjutab metalli tugevust?
7. Mis otstarbel teostatakse metalli valtsimist?
8. Kuidas toimub valtsimine?
9. Kirjeldada tähtsamaid sepistamisvõtteid.
10. Vaba sepistamise ja stantsimise erinevus.
11. Mis on stantsimine?
12. Stantsimise liike.
13. Milleks kasutatakse külmstantsimist?

ETTEVALMISTUS



Joon. 90. Külmsantsimine (õõnestorude tõmbamine):

1 — hoidja, 2 — matriits, 3 — töötükk, 4 — tempel,
5 — väljalükkaja.

XI peatükk.

METALLIDE JOOTMINE JA KEEVITAMINE.

Jootmine.

Jootmiseks nimetatakse kahe metallosa ühendamist üheks tervikuks joodise abil.

Joodiseks nimetatakse metalli või sulamit, mida kasutatakse liitekihina ühendatavate metallosade vahel.

Joodetavad pinnad puhastatakse eelnevalt. Selleks viilitakse neid hoolikalt.

Rooste, tagi, rasv, õli ja mustus kahjustavad jootmise tõhusust. Kahjulik on ka oksüüdikiht, mis tekib metalli pinnale (eriti metalli kuumutamisel).

Aineid, mida kasutatakse metallipinna puhastamiseks oksüüdidest, nimetatakse peitsideks.

Peitside liike ja nende kasutusotstarbeid:

Kloortsink — vase, pronksi, messingi ja raua jootmiseks. Kloortsingi saamiseks lisatakse 50-protsendilisele soolhappele puhta tsingi tükikesi, senikaua kui tsink lahustub.

Salmiaak — messingi ja pleki jootmiseks.

Soolhape — tsingi jootmiseks (pärast soolhappega peitsimist loputatakse eset veega, et katkestada happe sööbivat mõju).

Jootmisprotsessi ajal võib metalli pinnale tekkida uus õhuke oksüüdikiht. Et vältida oksüüdikihi moodustumist, tarvitatakse jootmisel nõndanimetatud räbustajaid. Selleks on sobivad mittemetallilise iseloomuga kergeltsulavad ühendid, nagu booraks, kampol, steariin jne.

Räbustaja valik oleneb joodise iseloomust ja joodetavast metallist.

Jootmisoperatsioonide järjekord on selline:

1) metalli liitekohtade ettevalmistamine jootmiseks (pa-rajakslõikamine, sobitamine jne.);

2) vajaduse korral jootekoha soojendamine jootmis-temperatuurini (vastavalt kasutatavale joodisele);

3) oksüüdide eemaldamine ja nende taastekkimise väl-timine (peitsi ja räubustaja abil);

4) joodise pealepanek, selle sulatamine ja tugeva õmb-luse moodustamine;

5) jooteõmbluse viimistlemine (puhastamine, lihvimine jne.).

Jootmine võib olla kaheksugune:

pe h m e j o o t m i n e, mis teostatakse temperatuuril alla 300°, pehmejootmisel kasutatavaid joodiseid nimetatakse pe h m e j o o d i s t e k s;

k õ v a j o o t m i n e temperatuuridel üle 700°, sel puhul kasutatakse k õ v a j o o d i s e i d.

Praktikas on kasutusel järgmised joodiste liigid.

Pehmejoodised.

Pehmejoodiste hulka kuuluvad peamiselt inglistina ja seatina sulamid (tinajoodised). Tabelis 4 on toodud pehmejoodiste keemiline koostis, sulamistemperatuurid ja kasu-tusalad.

Pehmejoodiste omadused.

Tabel 4.

Koostis (%-des)		Temperatuur (°C)		Kasutamisetstarve
inglistina	seatina	sulamise algus	sulamise lõpp	
25	75	181	305	Leegiga jootmine
33	67	181	209	Mustplekk, tsinkplekk
40	50	181	275	Messing ja valge plekk
60	40	181	195	Peeneks hulgaliseks jootmiseks
63	37	181	181	Kõige levinum, enam kasutatav joodis

Tinajoodiste abil joodetakse peaaegu kõiki metalle ja sulameid.

Jootekoha tugevus ulatub 6—8 kg/mm²; ta suureneb joo-dises inglistina sisalduse kasvuga.

Pehmejoodised on tavaliselt kasutusel pulgakeste kujul, erandjuhtudel ka traadi kujul.

Kõige levinum on joodis, milles on umbes kaks osa inglistina ja üks osa seatina (tabelis nr. 4 viimasena toodud joodis).

Tööstuses on laialdaselt levinud järgmised joodiste margid:

ПОС-90, ПОС-61, ПОС-40, ПОС-30, ПОС-18, ПОСК-10-2, ПОСС-4-6.

Joodis mark	ПОС-40	sisaldab	40 ⁰ / ₀	inglistina	ja	60 ⁰ / ₀	seatina
"	"	ПОС-30	"	30 ⁰ / ₀	"	"	70 ⁰ / ₀ "
"	"	ПОСК-10-2	"	10 ⁰ / ₀	"	"	2 ⁰ / ₀ kadmiumi ning 88 ⁰ / ₀ seatina
"	"	ПОСС-4-6	"	4 ⁰ / ₀	inglistina,	6 ⁰ / ₀	antimoni ning 90 ⁰ / ₀ seatina

Kõvajoodised.

Kõvajoodisteks võivad olla messingi-, hõbeda-, vase-
tsingi-nikli- jt. sulamid.

Kõvajoodistega liidetud õmbluse tugevus võrdub keskmiselt 20 kg/mm². Messingijoodiste koostis on järgmine: vaske — 63%, tsinki — 37%. Sulamistemperatuur on 920°.

Hõbedajoodis sisaldab 50% vaske, 8% hõbedat ja 42% tsinki. Sulamistemperatuur on 830°.

Neid joodiseid kasutatakse vase, messingi ja pronksi jootmisel, kui tahetakse saada tugevat õmblust.

Alumiiniumi jootmiseks on olemas erilisi joodiseid (25% tsinki, 55% tina ja 20% kadmiumi).

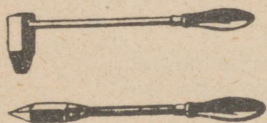
Jooteriistad.

Pehmejoodistega töötamisel tarvitatakse jootetõlvikuid. Joonis 91 näitab kahesuguseid tõlvikuid: vasartõlvikut ja otstõlvikut.

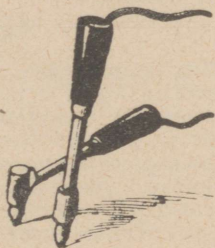
Ostõlvikut tuleb kasutada seal, kuhu ei pääse vasartõlvikuga ligi.

Jootetõlvikuks on tükk punast vaske, mis on kinnitatud käepidemega varustatud varre otsa. Vasel on väga hea soojusejuhtivus: ta soojendab kiiresti jootekoha ning sulatab joodise.

Jootmine tõlvikuga toimub järgmiselt: tõlvik soojendatakse 400—600 kraadini, tõlviku nina hõõrutakse salmiaagikiviga ja tinutatakse ta üle. Siis võetakse tõlvikule veidi joodist, mis viiakse jootekohale. Tõlvikut libistatakse aeglaselt mööda jooteõmblust, kuumutades seda vajaliku temperatuurini, kuni joodis katab õmbluse õhukese kihina. Siis tõstetakse tõlvik eemale, võetakse veel veidi joodist ja viiakse tõlvik tagasi jootekohale. Seda korratakse, kuni tõlvik on jahtunud.

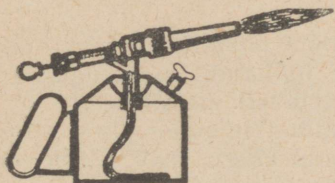


Joon. 91. Jootetõlvikuid: ülal — vasartõlvik, all — otstõlvik.



Joon. 92. Elekterjootetõlvikud — vasartõlvik ja otstõlvik.

Kui joodis ei hakka eseme külge, tuleb jootepinda uuesti puhastada viili, kaabitsa või noa abil, peitsida ja katta rübustajaga; siis soojendatakse ning joodetakse teiskordselt.



Joon. 93. Jootelamp.



Joon. 94. Jootetoru.

Elekter-jootetõlvikud (joon. 92) töötavad vahetpidamata, sest nad soojenevad pidevalt võrguvoolust.

Töötamisel raskesti sulavate kõvajoodistega kasutatakse tõlviku asemel jootelampe. Jootelamp on kujutatud joonisel 93. Lamp töötab piiritusel või petrooleumil; ta võimaldab töötüki soojendamist 950 kraadini.

Liidetavale kohale asetatakse väikesi joodise tükikesi. Siis juhatakse sinna jootelambi leek ja soojendatakse senikaua, kuni joodis sulab ning täidab kokkujoodetava õmb-luse.

Jootetoru (joon. 94) kasutatakse väiksemate esemete jootmiseks kõvajoodistega. Puhudes õhku läbi jootetoru, võib saavutada vajalikku jootetemperatuuri ja anda leegile soovitud suuna.

Kordamisküsimusi.

1. Mida nimetatakse jootmiseks?
2. Joodiste liigid ja nende kasutusotstarve.
3. Jootepinna puhastamine.
4. Mis on peitsid? Nende liigid.
5. Räbustajate kasutamine jootmisel.
6. Üksikute operatsioonide järjekord jootmisel.
7. Tähtsamad jootmise liigid, nende erinevused.
8. Jooteõmb-luse tugevus.
9. Pehmejoodised ja nende koostis. Milline on enamtarvitatav joodis?
10. Kõvajoodised; nende koostis ja omadused.
11. Missuguseid abinõusid tarvitatakse jootmisel?
12. Mispärast tõlviku materjaliks on puhas vask?
13. Milleks tarvitatakse otstõlvikut?
14. Pehmejoodiste ja kõvajoodiste sulamistemperatuurid.

Metallide keevitamine.

Keevitamiseks nimetatakse kahe metallitüki kokku-liitmist ühtseks tervikuks.

Keevitamine annab lahutamata ühenduse. Keevitusõmb-luse materjalil peavad olema ligikaudu samasugused mehaanilised omadused nagu liidetavail metallidelgi.

Metallide keevitamine on uudne tehnoloogiline protsess; ta on väga laialdaselt levinud kõigis NSV Liidu rahvamajanduse harudes. Pole olemas ühtegi tööstusala, kus metallide keevitamine ei leiaks rakendamist.

Keevitamist on hakatud eriti palju kasutama stalinlike viisaastakute vältel: ta võimaldab säästa materjali ja tööjõudu ning alandab toodangu omahinda.

Needitud konstruktsioonide (tsisternid, paagid, kraanad jne.) asendamine keevitatud konstruktsioonidega säästab 15% kuni 40% metalli. Real juhtudel asendab keevitamine valamist.

Keevitamise rakendamine remonttöödel — vigastatud või kulunud detailide kui ka valandite defektide parandamisel — annab väga häid majanduslikke tulemusi.

On olemas järgmisi keevitamise viise: sepakeevitus (keevitamine surve abil), autogeenkeevitus, elekterkeevitus ja termiitkeevitus.

Lüüdetavad metallid.

Metalli keevitamisel on suurima tähtsusega ta keemiline koostis. Näiteks puhas raud keevitub väga hästi; teras on halvemini keevitav ja malm — veelgi halvemini. Malmtooted, mis on olnud väga kaua kõrge temperatuuri mõju all, ei ole üldse keevitatavad. Raua lisandid — süsinik, räni jne. — kahjustavad ta keevitatavust.

Malmi keevitamine on raske sellepärast, et malm ei ole küllalt sitke. Malmi keevitamisel tekib kohalikke sisepingeid eseme osalise või kohaliku soojenemise tagajärjel. Need sisemised pinged põhjustavadki sageli pragunemist õmbluse läheduses. Et vältida keevitatava malmivalu mõranemist, tuleb malmivalu enne keevitamist soojendada 500—600 kraadini või natuke üle selle; pärast keevitamist tuleb lasta see väga aeglaselt jahtuda.

Terast saab väga hästi keevitada, kui ta sisaldab vähem kui 0,15% süsinikku. Kui aga keevitatakse terast süsinikusisaldusega üle 0,35%, tuleb lõõmutada keevitusõmblust, sest vastasel korral on ta kõva ja võrdlemisi habras.

Terase ränisisaldus ei tohi ületada 0,2—0,3%; kõrgem ränisisaldus takistab keevitamist. Eriti kahjulikkudeks lisanditeks on väävel ja fosfor: väävel teeb õmbluse hapraks, fosfor aga poorseks.

Legeeritud terased on harilikult raskemini keevitatavad kui tavalised süsinikterased.

Sepakeevitus (keevitamine ääsil).

Sepakeevitus on surukeevituseks. Liidetavad metallitükid soojendatakse plastilise olekuni, mis on lähedane sulamistemperatuurile või sellega võrdne.

Et saavutada kristallidevahelist sidunemist, tuleb keevituskohta tugevasti kokku suruda või taguda.

Sepakeevituseks kõlbab kõige paremini pehme teras süsinikusisaldusega alla 0,2%. Teras suure süsinikusisaldus raskendab keevitamist ja vähendab õmbluse tugevust.

Sepakeevitust kasutatakse mitmesugustel remonttöödel kui ka varraste, lattide, rõngaste jms. kokkuühendamiseks.

Sepa- ehk ääsikeevituse protsess koosneb järgmistest operatsioonidest:

töötüki otste keevitamiseks ettevalmistamine — lõikamine, jämendamine jne.;

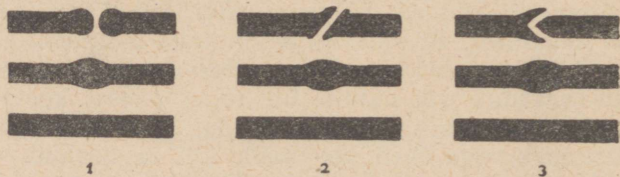
otste kuumutamine keevitustemperatuurini. Pehmel terasel see temperatuur võrdub 1350° — 1400° , kõval terasel 1300° — 1350° ; praktiliselt määratakse temperatuur terase hõõgvärvuse järgi;

töötüki otste puhastamine tagist (oksüüdikorrast);

töötüki otste kokkuasetamine ja nende kokkukeevitamine vasaralöökidega;

lühiajaline soojendamine;

keevituskoha läbitagumine ja viimistlemine.



Joon. 95. Töötüki otste keevituseks ettevalmistamine.
1 — vastakkeevitus, 2 — põikvastakkeevitus, 3 — kalasabakeevitus.

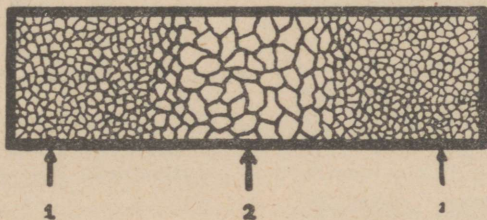
Metalli kuumutamisel keevitustemperatuurini tekib metalli pinnale paratamatult rauaoksüüde õhukese tagikorra näol. Tagi on väga raskelt sulav: ta vedeldub alles 1450° ümber. Seepärast tuleb tagikord tingimata eemaldada. Selleks otstarbeks kasutatakse rübustajat puhta liiva näol, mida raputatakse kuumutatud otstele. Tagi ja liiv

moodustavad kergeltsulava ühendi, mis vedeldub juba 1150 kraadi juures. Seepärast tuleb liivaga ülepuistatud keevituskohad veel kord asetada lühikeseks ajaks ääsile. Siis võetakse töötükid ääsilt ära ja kõrvaldatakse tekkinud räbu paari pörutusega vastu alasit või puhastatakse nad metallharjaga. Järgnevalt pannakse liidetavad otsad üksteise vastu ja keevitatakse nad kokku vasaralöökidega.

Joonis 95 kujutab otste ettevalmistamist keevitamiseks.

Keevitamisel kõige sagedamini esinevaks defektiks on metalli ülekuumutus keevituskohas (joon. 96).

Keevituskoha hoogne läbitagumine soodustab õmbluse jämedateralise struktuuri ümbermoodustumist peeneteraliseks.



Joon. 96. Ülekuumutatud keevitusõmbluse struktuuri skeem (keevitusdefekti näide):

1 — töötüki normaalne struktuur, 2 — keevitamisel tekkinud suureteraline struktuur (ülekuumutus).

Autogeenkeevitus.

Autogeenkeevitus (keevitus sulatamisega) toimub liidetavate kohtade soojendamise teel gaasipõleti abil, kuni metall liitekohtades sulab.

Selle protsessi juures põletatakse põlevgaasi hapniku joas. Gaasipõleti leek juhitakse keevitavale kohale.

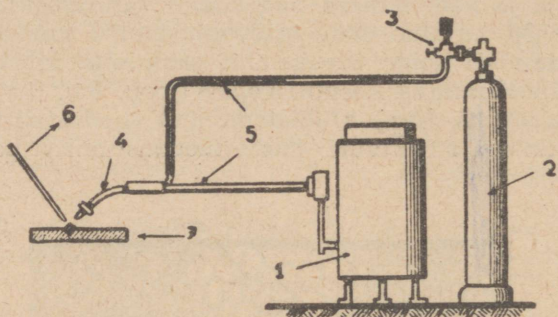
Põlevgaasi ja hapnikku juhitakse gaasipõletisse painduvate voolikute kaudu. Gaasipõleti sees toimub põlevgaasi ja hapniku segunemine. Põletist väljumisel segu süttib ja annab põledes väga suurt kuumust.

Kõige enam tarvitatavaks põlevgaasiks on atsetüleen (C_2H_2). Atsetüleenileegi temperatuur ulatub 3000—3100

kraadini. Atsetüleeni valmistatakse kaltsiumkarbiidist (CaC_2), mõjutades viimast veega.

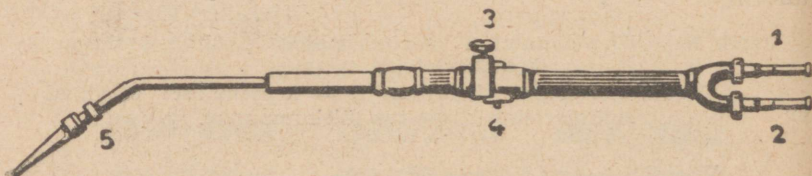
Kaltsiumkarbiidi saab kustutamata lubja (CaO) ja kooksi kuumutamise teel elekter-kaarahjudes.

Kaltsiumkarbiid (ehk lihtsalt karbiid) moodustab vee mõjul atsetüleeni (C_2H_2) ja kustutatud lubja (Ca(OH)_2).



Joon. 97. Seadise skeem hapnik-atsetüleenkeevituseks.

- 1 — generator, 2 — hapnikupudel, 3 — survealandaja ventiil, 4 — põleti, 5 — voolik, 6 — keevitustraat, 7 — töötükk.



Joon. 98. Keevituspõleti.

- 1 — hapniku juurdevool, 2 — atsetüleeni juurdevool, 3 — hapniku kraan, 4 — atsetüleeni kraan, 5 — põleti düüs.

Atsetüleeni toodetakse erilistes seadistes — generaatorites, mis seatakse üles eriruumi, töökoha lähedusse. Generaatorist läheb atsetüleen painduvate voolikute kaudu põletisse (atsetüleeni rõhk on seejuures kuni 1,5 atmosfääri).

Hapnikku juhitakse põletisse teise vooliku kaudu, mis on ühendatud hapnikupudeliga (ballooniga). See on teraspudel, kus hapnik on 150-atmosfäärilise rõhu all. Hapnikupudelid värvitakse siniseks.

Hapnik juhatakse põletisse reduktori (survealandaja) kaudu 3—4-atmosfäärilisel rõhumisel (joon. 97). Juhul, kui atsetüleenitootmine ei toimu kohapeal, atsetüleenituuakse kohale samuti balloonides (silindrikujulistes teraspudeleis), mis värvitakse valgeks.

Keevituspõleti tagumises otsas on kaks niplit 1 ja 2, millele kinnitatakse hapniku ja atsetüleenitoolikud. Nende kraanid on joonisel 98 tähistatud numbritega 3 ja 4.

Põleti düüse (5) saab vahetada sõltuvalt atsetüleenitoolust (liitrites 1 tunni jooksul). Düüsid on märgistatud numbritega 1 kuni 6. Mida paksem on keevitav ese, seda suurem on atsetüleenitoolutus ja seda suurema numbriga düüse tuleb kasutada.

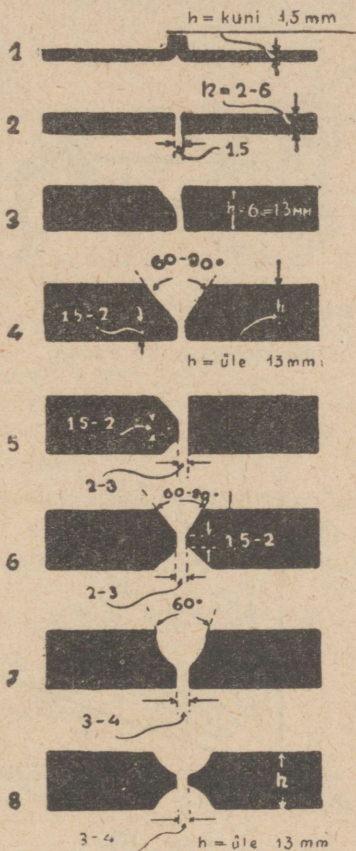
Põleti leeki tuleb reguleerida selliselt, et ta oleks neutraalne, s. o. et temas ei oleks ei hapniku ega atsetüleenitoolu ülejääki. Atsetüleenitoolu ülejääk rikastab keevitusõmblust süsinikuga, kuna hapniku ülejääk mõjub hapendavalt. Mõlemad nähtused on kahjulikud.

Joonis 99 kujutab keevitusõmbluste põhitüüpe.

Keevitusõmbluse täitmiseks vajalikku metalli saadakse keevitusraadi (lisametalli) sulatamise teel.

Autogeenkeevituse tehnika.

Et töötülki metall kuumeneks paremini, antakse põletile looklev või siksakiline liikumine piki õmblust.

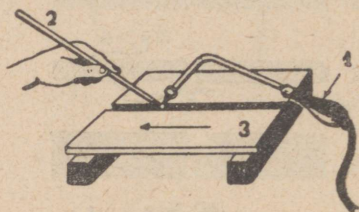


Joon. 99. Eriliiki õmbluste ettevalmistamine autogeeniliseks kaarkeevituseks.

Keevitusõmblust tuleb enne keevitamist hästi kuumutada, kindlustades sellega töötüki ja lisametalli (traadi) tugevama kokkuliitumise.

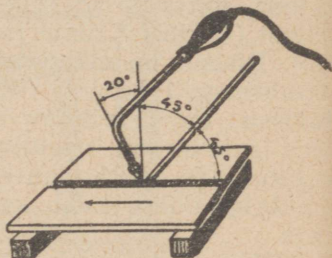
Keevitamine võib olla vasakpoolne või parempoolne.

Vasakpoolset keevitust tuleb eelistada väikese ristlõikega esemete keevitamisel. Põleti leek liigub paremalt vasakule keevitustraadile järele (joon. 100).



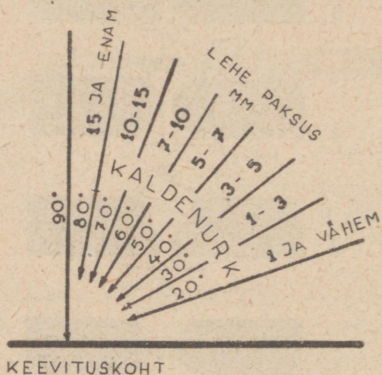
Joon. 100.

Vasakpoolse keevituse skeem.
1 — põleti, 2 — keevitustraat,
3 — keevitamise suund.



Joon. 101.

Parempoolse keevituse skeem



Joon. 102.

Keevituspõleti kaldenurki keevitatava pinna suhtes, olenevalt eseme paksusest.

Parempoolset keevitust kasutatakse metalli suure ristlõikega puhul. Põleti leek liigub keevitustraadile ees (joon. 101).

Vastavalt töötüki paksusele valitakse mitmesuguseid põleti kaldenurki keevitatava pinna suhtes.

Mida paksem on metall, seda kontsentreeritum peab olema keevitusõmbluse koondatav kuumus ja seetõttu suuremat kaldenurka kasutatakse (joon. 102).

Gaasiga lõikamine.

Gaasiga lõikamist nimetatakse metalli

osadekslahutamise protsessi tema põletamise teel hapnikujuga teatavas kindlas kohas või kindlaksmääratud piirjoont mööda.

Lõikepõleti erineb keevituspõletist.

Lõikepõleti düüsis on kaks kanalit: üks moodustab leegi metalli põletamiseks, kuna teisest paiskub välja metalli lõikamiseks vajalik hapnikujuga (joon. 103).

Gaasiga lõikamine toimub mitte ainult käsitsi, vaid ka masinate — automaatide ja poolautomaatide abil.

Tuukritöödel kasutatakse laialdaselt gaasiga lõikamist vee all.

Seks otstarbeks varustatakse lõikepõleti düüs erilise kaitsekupuga. Kaitsekupu alla teataval rõhul puhutav suruõhk tõrjub vee põletileegi juurest eemale. Gaaside ja õhu rõhk lõikepõletis endas muutub vastavalt sukeldumise sügavusele.

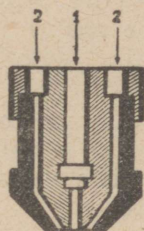
Kõige sagedamini esinevaid keevitusõmbluse vigu on puudulik liitumine, räbutükkide leidumine õmbluses ja metalli ülekuumutus liitekohta läheduses.

Autogeenkeevitus ja gaasiga lõikamine leiab laialdast rakendamist remonttöödel kui ka valukodades valupeade ning -jätküde ärälõikamisel. Autogeenkeevitust kasutatakse eduga malmi keevitamisel, gaasiga lõikamist aga — raud- ja teraskonstruktsioonide juures (sillad, tsisternid jne.).

Elekterkeevitus.

Elekterkeevitus on kõige levinumaks keevitusviisiks. Ta võib olla kaheksa: kaarkeevitus ja kontakt- ehk takistuskeevitus.

Kaarkeevituse puhul kasutatakse metalli sulatamiseks voltakaare kuumust, mille temperatuur võib ületada 3500° . Kaarkeevitus on laialdaselt kasutatav sildade ehitusel, metallkonstruktsioonide püstitamisel, tsisternide, katelde,



Joon. 103.
Lõikepõleti metalli lõikamiseks.
1 — hapnik, 2 — hapniku ja põlevgaasi segu.

laevakerede, masina-aluste, auto-osade jne. valmistamisel. Seda keevitusmeetodit tarvitatakse ka remonttööl kõigis tööstusharudes.

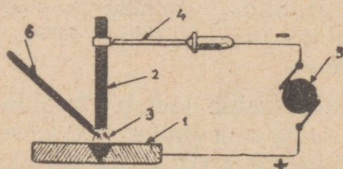
On olemas kaks kaarkeevituse põhitüüpi: keevitus süsielektroodiga — Benardose meetod ja keevitus metallelektroodiga — Slavjanovi meetod.

Joonis 104 näitab süsielektroodiga kaarkeevituse skeemi. Positiivne poolus ühendatakse keevitatava esemega, negatiivne poolus — elektroodiga. Kevvitusõmbluse täitmiseks vajalik metall saadakse kaarleegis hoiavalt keevitusraadilt.

Seda meetodit kasutatakse malmivalu kahanemisõõnte, pragude ja rübustunud kohtade kinnikeevitamiseks, samuti värviliste metallide: vase, alumiiniumi, pronksi jne. keevitamiseks.

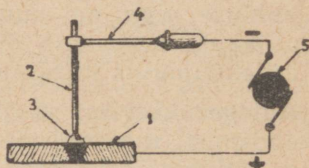
Süsielektroode on parem asendada grafiitelektroodidega.

Et vältida süsinikusisalduse suurenemist keevitusõmbluses, tuleb hoolitseda küllaldaselt pika kaarleegi eest ($l = 10$ kuni 30 mm).



Joon. 104. Süsielektroodiga kaarkeevituse skeem (Benardose meetod).

1 — keevitatav ese, 2 — süsielektrood, 3 — leek, 4 — hoidja, 5 — elektrivoolu generaator, 6 — keevitusraad.



Joon. 105. Metallelektroodiga kaarkeevituse skeem (Slavjanovi meetod).

1 — keevitatav ese, 2 — metallelektrood, 3 — kaarleek, 4 — hoidja, 5 — elektrivoolu generaator.

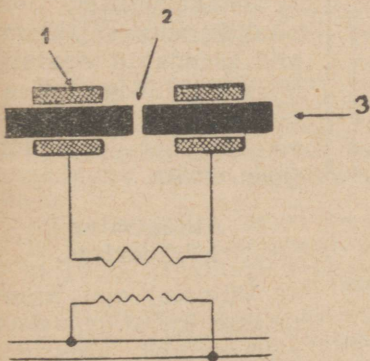
Enamlevinud meetodiks on Slavjanovi oma. Süsielektroodi asemel on siin metallelektrood, mis annab ühtlasi õmbluse täitmiseks vajalikku lisametalli. Kaarleegi pikkus võib siin olla üsna väike: kõigest 2 kuni 4 millimeetrit. (joon. 105).

Elektroodid. Keevitusõmbuse tugevus oleneb väga suurel määral metallelektroodi kvaliteedist. Pehme süsinikterase keevitamiseks peab elektroodide materjal samuti sisaldama 0,1—0,2% süsinikku, s. o. ta peab olema pehmest terasest. Siis on õmbuskoht pehme ja teda on kerge töödelda lõiketera või viili abil.

Kõvemast terasest elektroode, mis sisaldavad 0,5—0,75% süsinikku, kasutatakse kõvemate terasesortide keevitamiseks ja kulunud pindade katmiseks nende vastupidavuse tõstmise otstarbel.

Elektroodid võivad olla paljad või kaetud.

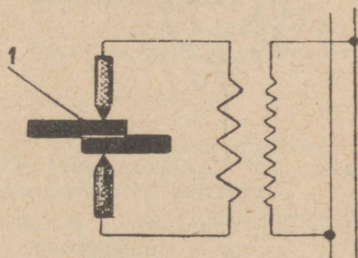
Elektroodide katmise otstarbeks on õmbuse metalli kaitsmine õhuhapniku mõju eest, s. o. õmbuse pinnalise hapendamise ärahoidmine keevitamisel või tekkinud metallioksiidide sidumine kergeltsulava räbu moodustamiseks.



Joon. 106.

Vastak-kontaktkeevituse skeem.

1 — kinnituspakid, 2 — keevituskoht, 3 — liidetavad metallitükid.



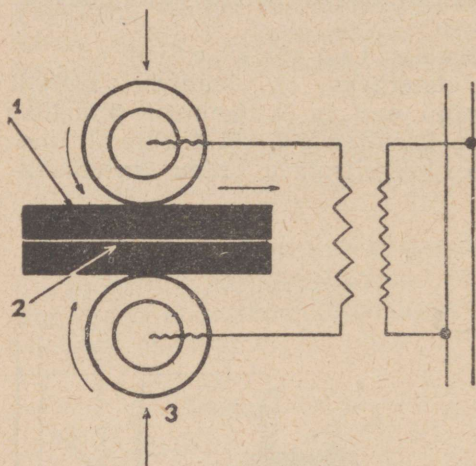
Joon. 107. Punktkeevituse skeem.

1 — keevituskoht.

Elektroodide kattekihi koostis võib olla väga mitmesugune. Lihtsaim kate koosneb kriidi ja vesiklaasi segust. Elektroodide kate tõstab keevitusõmbuse kvaliteeti ja loob tingimused püsivama kaarleegi tekkimiseks keevitamisel. Kui kasutatakse vahelduvvoolu, peavad elektroodid tingimata olema kaetud.

Takistuskeevitus (kontaktkeevitus) võib olla kolme liiki: vastakkeevitus, punktkeevitus ja joonkeevitus.

Takistuskeevitusel kuumutatakse keevitavad metall-osad elektrivooluga sulamistemperatuurini; siis lülitatakse vool välja ja surutakse otsad kokku erilise mehhanismi — keevitusaparaadi abil. Nii saavutatakse metallesemete vastakuti liitumine. Kokkusurutavad metallosad asetsevad sellekohaste kinnituspakkide vahel (joon. 106).



Joon. 108. Rullelektroodidega takistuskeevitus (joonkeevitus).

1 — keevitav ese, 2 — keevituskoht, 3 — rullelektrood.

50—60 mm minutis ja enam. Automaatse kiirkeevituse jõudlus on 5—10 ja rohkem kordi suurem kui tavalisel kaarkeevitusel.

Keevitamine toimub seejuures palja elektroodi abil, mis töötab peenendatud räbustaja kihi all.

Kuna protsess teostub räbustaja all, siis voltakaart ei teki. Samuti ei ole keevitusõmbluse metalli hapendumist ja saadud liitekoht on hästi plastiline ning tugev.

NSV Liidus on see meetod täiendatud ja suureulatuslikult ellu rakendatud Ukraina Teaduste Akadeemia poolt.

Punktkeevitust kasutatakse metalllehtede pealikti kokkuliitumiseks (joon. 107).

Keevitus toimub ainult ühes metallipinna punktis.

Joonkeevitusel on punktkeevituse klemmid asendatud edasiliikuvate rullidega. Keevituskoht on siin pideva õmbluse kujuline (joon. 108).

Automaatne kiirkeevitus.

Viimasel ajal kasutatakse ka automaatset kiirkeevitust. Elektroodide liikumiskiirus on sellel meetodil 50—60

On olemas veel termiidi omadustel põhjenev termiitkeevitus.

Puhta rauamaagi ja alumiiniumi pulbriline segu teatud kindlas proportsioonis kannab termiidi nimetust. Termiit põleb, tekitades puhast rauda ja räbu. Seejuures tekkinud sularaua temperatuur on väga kõrge. Sularaud valatakse valmis pandud vormi ja seda kasutatakse terasosade kokkukeevitamiseks.

Sellisel keevitatakse tänavraudtee-rööpmeid, et kaotada tõukeid rataste ülesõitmisel liitekohtadest.

Kordamisküsimusi.

1. Mis on metallide keevitamine?
2. Keevitamise suur levik ja selle põhjused.
3. Keevitamise liike ja nende iseloomustavaid erinevusi.
4. Kuidas toimub sepakeevitus?
5. Liidetav materjal. Keevitatava terase koostis.
6. Miks eemaldatakse tagikord enne keevitamist? Kuidas seda tehakse?
7. Sepakeevitusel tarvitavad räubustajad ja nende otstarve.
8. Otste ettevalmistamine keevituseks.
9. Sepakeevituse defekte.
10. Mispärast on soovitatav teostada keevitusõmbluse sepistamist?
11. Milles seisneb autogeenkeevitus? Keevituspõleti leegi temperatuur.
12. Keevituspõleti ehitus. Düüsid ja nende numbrid.
13. Liitekohtade autogeenkeevituseks ettevalmistamine.
14. Põleti kaldenurga valik vastavalt lehe paksusele millimeetrites.
15. Põleti liikumiskäik keevitamisel.
16. Mida nimetatakse parempoolseks ja mida vasakpoolseks keevitamiseks?
17. Keevituspõleti struktuur. Ülekuumenemine keevitamisel ja selle vältimine.
18. Metallide lõikamine gaasiga.
19. Keevitustraat ja selle materjal.
20. Mis põhjustab õmbluse puudulikku kokkujooksmist? Räubustatud kohad õmbluses.
21. Elekterkeevitus; selle liigid.
22. Kaarkeevitus. Keevitamine Slavjanovi meetodiga.
23. Elektroodid; nende materjal. Elektroodide katmine.
24. Takistuskeevitus; selle liigid.
25. Automaatne kiirkeevitus.
26. Keevitamise eeliseid võrreldes neetamise ja jootmisega.

XII peatükk.

PLASTILISED MASSID.

Plastilised massid kuuluvad uudsete materjalide hulka; neid kasutatakse laiaulatuslikult mitmes tööstusharus.

Plastilised massid omavad küllaldast tugevust ja on seejuures kerged, tulekindlad, ilmastikumõjudele vastu pidavad jne.

Plastiliste masside tähtsaimaks koosteosaks on nõndanimetatud kunstvaigud.

Suurimat tähtsust omavad bakeliidi nimetuse all tuntud kunstvaigud. Kunstvaike valmistatakse kivisöetõrvast.

Puhast vaiku esemete valmistamiseks ei kasutata, sest ta kahaneb palju, ei oma küllaldast tugevust ja on hinnalt kallis.

Seepärast kasutatakse kombineeritud segusid, mille koostises on vaiku ja nõndanimetatud täiteaineid.

Täiteaineteks nimetatakse aineid, mida lisatakse kunstvaikudele nende tehniliste ja teiste omaduste muutmise otsarbel. Täiteainete koostis võib olla väga mitmekesine: riie, paber, puuvillakraasmed, puidujahu, asbest jms.

Peale selle lisandatakse veel pulbritaolisi aineid, nagu grafiiti jt., et vähendada plastiliste masside kahanemist ja anda neile soovitud omadusi.

Kunstvaik, denatureeritud piiritus ja täiteaine segatakse ühtlaseks massiks, kuivatatakse (piirituse väljaaurutamiseks) ja peenendatakse erilistes veskites.

Sel teel saadud pulbritaolisest ainest valmistatakse mitmesuguseid esemeid. Pulbri maht enne pressimist on 2—4 korda suurem kui valmiseseme maht.

Esemete valmistamisel plastilistest massidest tarvita-

takse ühte järgmisest neljast meetodist: valamine, pressimine, valamine surve all ja mehaaniline töötlemine.

Valamist kasutatakse peamiselt selliste toodete saamiseks, millel ei nõuta suurt tugevust, nagu pudukaubad (paberossipitsid, nõöbid jne.).

Pressimise teel valmistatakse üle 90% tooteid plastilistest massidest. Pressimine toimub metallvormides, mida nimetatakse pressvormideks. Seejuures saadud valmisesemete mõõdud on sedavõrd täpsed, et ei ole vaja mingit mehaanilist järeltöötlust. See meetod on kõige efektiivsem masstootmise tingimustes. Pressimiseks kasutatakse pulbri- taolist materjali.

Valamine surve all on pressimisega väga sarnane, kuid plastiline mass peab selle meetodi puhul olema vedelas olekus, et oleks võimalik teda valada metallvormidesse.

Mehaanilise töötlemise teel valmistatakse plastilistest massidest üksikuid esemeid (näiteks hammasrattaid jne.), millele pressimine oleks ebatootlik või raske. Toortükke mehaaniliseks töötlemiseks, s. o. pooltooteid saadakse aga pressimisega. Need pooltooted on sageli paksude plaatide kujulised.

Plastilistele massidele soovitud värvuse andmiseks kasutatakse mitmesuguseid mineraalvärve, näiteks ookrit, muumiat jne. Need värvid on üheaegselt nii täite- kui ka värvaineteks.

Mustade presspulbrite saamiseks võetakse värvaineks tahma.

Allpool on toodud nõukogude presspulbri (mark „monoliit“) koostis protsentides:

Kunstvaiku	48
Puidujahu	40
Urotropiini	8,5
Steariini	1,5
Värvaineid	2,0
Kokku	100

Pressitud esemete mehaaniliste omaduste tõstmiseks tarvitatakse täiteainena puidujahu asemel ka lühikiulist puuvilla, linakraasmeid jne.

Suurt tööstuslikku tähtsust evivad järgmised plastilised materjalid:

plastilised materjalid riide alusel — nõndanimetatud tekstoliidid;

plastilised materjalid paberi alusel — nõndanimetatud bumoliidid.

Pressvormide üksikud osad peavad taluma suuri pingeid. Seepärast on pressvormide materjali õige valik väga oluline nende kestvuse mõttes.

Pressvormide materjaliks on harilikult kroomteras, kroomnikkelteras, kroomvolframteras või mõni teine legeeritud teras, samuti tarvitatakse selleks kõrgeväertuslikke süsinik-tööriistateraseid (margid Y7A, Y8A ja Y10A). Vormide tööpind karastatakse, lihvitakse ja poleeritakse; mõnikord kroomitakse ta üle, et suurendada vormi vastupidavust kulumisele ja korrosioonile.

Viimasel ajal rakendatakse presspulbri eelsoojendust erilistes seadistes või kuivatuskappides. Eelsoojenduse kestus on 15—25 minutit temperatuuril 70—85°. Soojendatud materjal on pressimisel kergemini voolav ning seetõttu tootlikum.

Plastiliste masside mehaanilised ja füüsikalised omadused.

Plastiliste masside kasutamine mitmesugustes tööstusharudes põhjeneb nende kõrgeväertuslikel mehaanilistel ja füüsikalistel omadustel. Erinevaist kunstvaikudest ja täiteainest valmistatud plastilised massid erinevad ka oma mehaaniliste omaduste poolest. Plastilise massi omadused olenevad vahekorrast kunstvaigu (kui sideaine) ja täiteaine

Plastiliste masside ligikaudsed omadused.

Tabel 5.

Jrk. nr.	Omadused	Mööduühik	Valatud plastilised massid	Pressitud pulbrid	Plastilised massid kiudainetega riide lõigetega
1	Erikaal	g/cm ²	1,2—1,3	1,35—1,45	1,35—1,45
2	Paindetugevuse piir	kg/cm ²	340—350	400—800	400—1200
3	Tõmbetugevuse piir	"	200—300	200—500	300—700

vahel. Näiteks kunstvaigu sisalduse vähendamine 30%-ni tõstab materjali mehaanilisi omadusi, kuid alandab ta vee-kindlust ja voolavust.

Kõikide plastiliste masside vastupidavus paindele kasvab temperatuuri langemisel. Seevastu löögitugevus madalal temperatuuridel väheneb, s. o. haprus suureneb.

Plastiliste masside tähtsamaks iseärasuseks on nende madal soojusejuhtivus: see on umbes 500 korda madalam kui metallidel.

Plastiliste masside kasutamise näiteid.

Plastiliste masside rakendamise näitena masinaehituses võib tuua laagrige ja laagrikausside valmistamist.

Et aga plastiliste masside soojusejuhtivus on hulga madalam kui metallide oma, plastilistest massidest valmistatud laagrid vajavad eriti head jahutamist. Teiselt poolt aga plastiliste masside hõõrdetegur on õige väike, võrreldes metallidega, ja plastilistest massidest laagrid saetõttu soojenevad töötamisel vähem kui metall-laagrid samades töötingimustes (surve, kiirus jne.).

Plastilisi masse kasutatakse laialdaselt valtsimismasinate laagrikausside valmistamiseks. Peale selle tehakse plastilistest massidest transportööri laagreid ja kitsarööplise raudtee ning kaevandusraudtee vagonettide laagrikausse. Ka keemiatööstuses kasutatakse plastilisi masse väga palju, sest nad on kõrgel määral korrosioonikindlad.

Plastilistest massidest valmistatud hammasrattad töötavad vaikselt ja sujuvalt. Neid hammasrattaid valmistatakse harilikult plaatidest — enamasti tekstoliitplaatidest — väljalõikamise teel. Esiti saetakse välja kettakujuline toortükk, millele hiljem vastaval pingil lõigatakse hambad sisse.

Mõned plastilised massid ei juhi elektrivoolu. Seepärast neid kasutatakse nõrkvoolu ja tugevvoolu tehnikas ning peale selle veel raadiotööstuses.

Telefoniasjanduses rakendatakse plastmasse mitte ainult isoleermaterjalina, vaid ka konstruktsioonideks. Telefoniaparaatide kesti valmistatakse terveni mustast või värvi-

lisest plastilisest massist (bakeliitpulbreist). Raadiotehnikas valmistatakse plastilisest massist raadioaparaatide osi, nuppe, sokleid jne.

Autotööstuses plastilised massid leiavad rakendamist paljude osade valmistamisel, alates hammasratastest ja lõpetades klapplaudade ja riulitega. Ka mittekülluneva „triplex“-klaasi valmistamisel kasutatakse plastilisi masse.

Mittekülluneva klaasi saamiseks liimitakse kokku kaks harilikku klaasi plastilisest massist vahekihiga. Võiks mainida veel plastiliste masside kasutamist üldises masinaehituses: neist valmistatakse pumbatihendeid, teostatakse edukaid katseid transmissioonirihmade valmistamiseks plastilistest massidest, toodetakse mitmesuguseid piduriosi ja lõpuks ka sõjaväevarustust: revolvri käepidemeid ja (katseiselt) laade ning rauakatteid vintpüssidele jne.

Plastifitseeritud puit.

Puidu tugevuse ja tulekindluse tõstmiseks immutatatakse puitu plastiliste massidega teatud kindlal temperatuuril ning pressitakse.

Kordamisküsimusi.

1. Plastiliste masside tähtsaim koosteos.
2. Mis on täiteained?
3. Mida kujutavad endast plastilised massid? Nende omadused.
4. Plastiliste masside valmistamine.
5. Plastiliste masside rakendusala.
6. Mis on plastiliste masside värvained?
7. Pressvormid esemete valmistamiseks plastilistest massidest.
8. Plastilised massid — tekstoliit ja bumoliit. Nende erinevusi ja omadusi.
9. Millest olenevad plastiliste masside omadused?
10. Plastiliste masside kasutamise praktilisi näiteid.
11. Plastiliste masside rakendusviise elektrotehnikas.
12. Mis on mitteküllunev klaas?

XIII peatük k.

LIHVIMISAINED.

Lihvimisaineteks nimetatakse materjale, milledest valmistatakse lihvimiskettaid tööriistade teritamiseks ja lihvimiseks. Lihvimisketaste tarvituselevõtmisega metallide töötlemise ala laienes tunduvalt. Massilise (või vool-) tootmisviisiga tehased rakendavad käesoleval ajal laialdaselt lihvimispinke. Lihvimine kui metallide töötlemise viis võib paljudel juhtudel asendada freesimist, treipingil ruppimist ja hõoveldamist. Lihvida saab igasugustest metallidest esemeid: malmist, karastatud terasest, süsinik- või legeeritud terasest ja pronksist.

Mõnikord kasutatakse lihvimist neil juhtudel, kus ese on väga kõrge kõvadusega (mõnel juhul aga ka suure sitkusega) materjalist ning ei ole võimalik teda töödelda muul viisil.

Täpsete tootmisalade arenemisega (kuul- ja rull-laagrite tööstus, lennuki- ja autotööstus) omandab lihvimine otsustava osa detailide töötlemisel.

Lihvimisele kuuluvad mõõteriistade detailid, šabloonid, kaliibrid, pidurisilindrid, automootorite ja riistmasinate detailid, lõikeriistad (freesid, puurid, hõõritsad jne.).

Lihvimispingi lõikeosaks on lihvimisketas, mis pöörleb väga suure kiirusega: 1000—3000 pööret minutis ja enam. Lihvimisketta materjaliks on väga kõva aine teravad osakesed, mis asuvad peenikeste teradena mõne sideaine massis.

Nende terade suurus määrab lihvimisketta teralisuse astme, nagu viili hammaste tihedus määrab viili raide liigi (jämeviilid, peenviilid, sametviilid jne.).

Tähtsamad lihvimisained.

Lihvimisained võivad olla loodusliku päritoluga või kunstlikult valmistatud.

Looduslike lihvimisainete hulka kuuluvad liivakivi, smirgel ja korund, kunstlike hulka — karborundum, alundum jt.

Liivakivi tarvitati varemalt terituskäiade näol kõige lihtsamate tööriistade teritamiseks. Kaasaegses tööstuses liivakivi kui võrdlemisi pehme materjal on täiesti välja tõrjutud ning asendatud kõrgtootlike smirgelketastega.

Smirgel on loodusliku päritoluga lihvismaterjal. Temas on 50—60% alumiiniumoksüüdi rohke rauaoksüüdi lisandiga. Selle kivimi värvus on tume.

Korund on oma koostiselt sarnane smirgliga. Ta sisaldab rohkem alumiiniumoksüüdi (75—90%), on kõvem ja värvilt heledam kui smirgel. Tänu oma kristallilisele struktuurile korund killuneb, moodustades uusi terade lõikeservi. Seetõttu on korundil kõrged lõikeomadused.

Loomulikud lihvimisained ei ole oma kõvaduselt ega lõikeomaduste ühtluselt nii head kui kunstlikud lihvimisained. Ka on loomulikud lihvimisained kallimad. Seepärast lihvimisketaste valmistamiseks kasutatakse harilikult kunstlike lihvimisaineid, mida toodetakse elektriühjades.

Karborundum on kunstlik saadus. Ta toodetakse peamiselt koksi ja liiva kokkusulatamise teel elektriühjades 4000° temperatuuril.

Karborundumi kristallid on väga kõvad. Karborundum on kõige kohasemaks aineks mitmesuguste metallide (malmi, terase jne.) lihvimiseks.

Alundum on karborundumiga sarnane materjal, mida saadakse samuti elektriühjus sulatamise teel. Vedel alundum valatakse suurteks kangideks, mis lähevad veel soojalt peenendamisele erilistesse veskitesse. Alundum ületab kõvaduselt korundi, kuid on veidi pehmem kui teemant. Alundumi valmistamise ajal on võimalik reguleerida ta kõvadust ning saada mitmesuguse kõvaduse ja haprusega materjali.

Sideained.

Jahvatatud lihvimismaterjale sorteeritakse terade suuruse järgi ja seotakse siis mingi tsementeeriva ainega — sideainega.

Sideaine omadustel on lihvimisketta töös erakordne tähtsus. Lihvimisketta kõvadust ei hinnata terade kõvaduse järgi, vaid selle järgi, kui tugevasti sideaine seob neid teri omavahel.

Eritletakse lihvimiskettaid mineraalse, orgaanilise ja keraamilise sideainega.

Lihvimisketaste valmistamisel kasutatakse mineraalse sideainena vesiklaasi, millele lisatakse inglistina oksüüdi. Selliste ketaste tugevus ei muutu niiske keskkonna mõjul. Nad on pehmemad ja neid tarvitatakse esemete lõpp- ehk peenlihvimisel. Orgaanilise sideainega smirgelketaste valmistamisel kasutatakse tsementeerivaks materjaliks kummi, šellaki ja teiste vaikude segu. Sel teel valmistatud lihvimiskettad on väga elastsed ja taluvad hästi lööke. Need omadused võimaldavad valmistada väga õhukesti kettaid.

Keraamilise sideainega lihvimisketaste tsementeerivaks materjaliks on savi ja liiva (või põldpao) segu. Sideaine kõvadust võib olenevalt ta koostisest tunduvalt muuta ja seega kohastada seda lihvimisketta tööülesannetele.

Lihvimisketta teralisus.

Looduslikke ja kunstlikke lihvimisaineid saadakse erineva suurusega tükkides. Neid tükke peenendatakse ja seejärel sorteeritakse terade suuruse järgi.

Sorteerimise otstarbel lastakse aine läbi mitmesuguse tihedusega sõeltest.

Kõige peenemaid numbreid saadakse mitte sõelast läbilaskmise, vaid sadestamise teel. Lihvimisaine osakesed loksutatakse veega segi ja lastakse neil mõne minuti jooksul settida anuma põhja.

Jämedad terad sadestuvad kiiremini kui peened. Lihvimisaine nummerdatakse vastavalt minutite arvule, mille jooksul ta on põhja settinud. Kettaid valmistatakse teradest number kaks, number kolm ja enam.

Lihvimisketaste teralisus.

Tabel 6.

Ketta terade suurus	Teralisuse tähistamine		
	Firmad: Norton, Carborundum ja Co	Mõned saksa firmad	Tehas „Iljits“
Väga peeneteralised	220,200,180,150	0000,000,00	220,200,180,150
Peeneteralised	120,100,90,80	0,01,1	120,100,80
Keskmiseteralised	70,60,50,46,40,38	2,3,4,5	70,60,50,46
Jämedateralised	36,30,24,22,20	6,7,8,9	36,30,24,20
Väga jämedateralised	18,16,14,12,10	10,11,12,13	16,14,12

Lihvimispinkidel saavutatav töötäpsus ulatub kuni 0,002 mm, kuna treipingil võib saavutada ainult 0,02 mm täpsust.

Lihvimisketaste tasandamine.

Et anda lihvimiskettale õiged mõõdud ja kuju, tuleb ta siledaks lihvida ehk t a s a n d a d a.

Seda tehakse teemandi abil, mis asub erilise, terasest valmistatud hoidja otsas. Teemandiga võetakse lihvimisketta pinnalt materjali, umbes nagu lõiketera lõikab metallilt laastu.

Teemandi aset täidab mõnikord praktikas kasutatav seadeldis, mis kujutab hoidjat selle sisse kinnitatud kahe või mitme karastatud terasest kettaga; nende ketaste ääred on lainelised või hambulised.

Ketaste hambad murravad lahti lihvimisketta pinnast väljaulatuvaid osi, siludes seega lihvimisketast. Terasketastega hoidja kinnitatakse kas tööpingi supordile või erilisele kronsteinile lihvimispingi sellekohase toe küljes. Lihvimisketta tasandamist tuleb teostada rohkel niisutamisel.

Lihvimisketta valik.

Lihvimisketta kõvadus peab vastama lihvitavate materjalide omadustele. Kõvade materjalide lihvimiseks võetakse pehmemaid kettaid.

Seda tehakse sellepärast, et kõva lihvimisketta terad, olles kas või vähesel määral nürinenud, ei löika enam küllalt hästi kõva eseme materjali. Seevastu pehme ketta terakesed murduvad kergesti välja ja paljastavad uusi löike-servi, soodustades seega materjali edukat lihvimist. Karas-tatud teras, valge malm, mangaanteras ja mõned teised terasesordid on väga kõvad. Järelikult nende töötlemiseks võetavad lihvimiskettad peavad olema pehmemad (näiteks korundkettad).

Halli malmi, alumiiniumi ja pehme pronksi lihvimiseks kasutatakse kõvemaid kettaid: karborundumkettaid ja teisi. Jämelihvimise otstarvet täidavad jämedateralised lihvimis-kettad, mis tagavad kõrget tööjõudlust; peenlihvimiseks võetakse aga peeneteralisi kettaid.

Üldiselt on praktikas tulusam teostada lihvimistöid peh-memaite ketaste abil, sest liiga kõva ketas töötab halvasti. Niipea kui terakeste tipud ja servad on nürinenud ning poorid ja teradevahed on täitunud mahalihvitud materjali peente osakestega, lihvimisketas lakkab töötamast. Sel puhul öeldakse, et ketas on mustunud.

Olenevalt töödeldavate esemete liigist valmistatakse väga mitmesuguse kujuga ühest tükist lihvimiskettaid.

Kordamisküsimusi.

1. Mida nimetatakse lihvimisaineteks?
2. Mis on loomulikud ja kunstlikud lihvimismaterjalid?
3. Lihvimisketaste valmistamisel kasutatavaid sideaineid.
4. Lihvimisketta teralisus. Sadestamise teel valmistatavad lih-vimisained.
5. Kui suur on töötlemise täpsus lihvimistöodel?
6. Milleks tasandatakse lihvimiskettaid? Seadiseid tasandamiseks
7. Lihvimisketta valik. Pehmed ja kõvad kettad.
8. Võrrelda töötlemistäpsust lõiketeraga ja lihvimiskettaga töö-tamisel.
9. Kas tohib teritada lõiketera lihvimiskettal ilma jahutuseta?
10. Mida nimetatakse lihvimismaterjalideks?
11. Millel põhinevad lihvimismaterjalide löikeomadused?
12. Mida nimetatakse lihvimisketta „mustumiseks“?

XIV peatük k.

MÄÄRDE- JA JAHUTUSAINED.

Määrdeained.

Tähtsamateks määrdeaineteks on määrdeõlid ja määrded.

Määrdeainete hulka kuuluvad mineraalõlid, loomarasvad ning õlid ja taimeõlid: kastoorõli jt.

Peale selle tarvitatakse mineraalõlisisid segatult rasvaga, grafiidiga või teiste ainetega.

Mineraalõlid on kõige tähtsamateks määrdeaineteks.

Mineraalõlide tunnusmärgiks on sinakas läige valguse peegeldumisel.

Mineraalmäärdeõlisisid saadakse naftast. Nafta destilleerimisel eralduvad petrooleum, bensiin, masinaõlid ja muud ained. Destilleerimise protsess toimub erinevail temperatuuridel — 100° ja 300° vahel.

Destillatsiooni saadused on värvilt tumedad; nad sisaldavad tõrvaineid ja happeid, mis avaldavad metallidele kahjulikku mõju. Seepärast vajavad nad täiendavat töötlemist. Algproduktide täiendav töötlemine toimub väävelhappe ja seebikivi abil. Selliselt puhastatud saadusi pestakse erilistes pesemispaakides ja kuivatatakse ning selgitatakse õhu läbipuhumise teel mõne tunni vältel 60° — 70° temperatuuri juures. Määrdeained peavad olema puhtad ja läbipaistvad. Määrdeainete ülesanne on vähendada hõõrdumist miinimumini ja kindlustada hõõrduvate pindade madalat temperatuuri.

Õlitamiseks kõlbavad ka suurem osa taimeõlisisid: kastoorõli, palmiõli, kookosõli jt. Neid õlisisid saadakse vas-

tavate taimede viljadest pressimise teel. Taimeõlid on väga kallid, kuid neid segatakse vahel mineraalõlide hulka, et saada paremat liikumist hõõrduvaile pindadele.

Määrdeõlide tähtsamad omadused.

1. Viskoossuseks¹ (sitkuseks) nimetatakse takistust, mida tuleb ületada ühe õlikihi nihutamiseks teise õlikihi suhtes. Õli viskoossus on seda suurem, mida paksem on õli. Temperatuuri langusega tõuseb õli viskoossus. Viskoossus on määrdeõli tähtsamaid omadusi. Õli viskoossusest oleneb õli kõlblikkus üheks või teiseks otstarbeks.

Tabel 7.

Mitmesuguste määrdeõlide viskoossus Engleri järgi.
(NSV Liidus kehtivad tehnilised tingimused.)

Jrk. nr.	Määrdeõlide margid	Erikaal 15 ⁰ juures	Leekpunkt Brenkeni järgi °C	Viskoossus	
				50 ⁰ juures	100 ⁰ juures
1.	Masinaõli "JI" . . .	0,890—0,905	180	4,0—4,5	—
	" " "2" . . .	0,890—0,915	190	5,5—6,5	—
	" " "T" . . .	0,895—0,918	200	7,0—8,2	—
2.	Õmblusmasinaõli . . .	0,865—0,890	150	1,5—1,8	—
3.	Silindriõli 2	0,890—0,920	220	—	1,8—2,2
4.	Kastoorõli	0,958—0,972	250—280	18—20	—
5.	Linaseemneõli . . .	0,930—0,935	235	3,5—4,5	—

Õmblusmasinaõli on väga väikese viskoossusega ja kõlbab seepärast kergete ja kiireltpöörlevate mehhanismide määrimiseks. Mida väiksem on õli viskoossus, seda väiksem on ta hõõrdumistakistus.

¹ Viskoossuse määramiseks kasutatakse erilist aparati, mis leiutati prof. Engleri poolt. Määramisviis on järgmine: loetakse sekundite arv, mille jooksul 200 cm³ proovitava õli voolab anumast välja teatava kindla temperatuuri juures läbi erilise väljalasketoru, mille pikkus on 200 mm ning läbimõõt 2,8—2,9 mm. Masinaõli katsetatakse temperatuuril 50°, silindriõli aga — temperatuuril 100°.

2. Leekpunkt. Mitmesugused õlid süttivad 100° — 330° piirides.

See omadus on väga tähtis õli iseloomustamiseks. Väga madala leekpunktiga (alla 100°) õlid on tuleohtlikud.

3. Erikaal ehk määrdeaine 1 cm^3 kaal on määrdeõlide põhilisi iseloomustavaid omadusi.

Madala erikaaluga õlid on kvaliteedilt paremad. Näitena olgu toodud õmblusmasinaõli.

4. Märgamine ehk kleepuvus. Määrdeõli märgamine väljendub selles, et ta märgab metalli pindasid. Õli märgamist ehk kleepuvust võib seletada sellega, et omavaheline tõmbejõud õli ja metalli osakeste vahel on suurem kui tõmbejõud õli osakeste vahel.

Vastandnäitena võib tuua elavhõbedat, millel märgamisvõime puudub täiesti.

Laialivalatud elavhõbe moodustab horisontaalsel pinnal rea väikesi, kergelt veerevaid kuulikesi.

Määrdeid.

Määrdeid kasutatakse seal, kus mehhanismi konstruktsioon või töö iseloom ei võimalda vedelõlide kasutamist, näiteks suuremõduliste laagrite määrimisel või väikeste pöörlemiskiiruste puhul (kuni 200 pöört minutis), samuti ka raskelt koormatud ja aeglaselt pöörlevates mehhanismides nagu köisajamid, rasked transmissioonivõllid jne.

Määrdeid kasutatakse ka lihvimistöodel. Enamik määrdeid koosneb mineraalõlidest, mis on paksuks tehtud seebi lisandusega. Määrde tähtsaimaks omaduseks on ta tilkumistemperatuur, s. o. temperatuur, millel määre vedeldub ja hakkab voolama. Mitmesuguste määrete tilkumistemperatuurid asuvad 70° ja 90° vahel.

Enamtarvitatavad määrded on järgmised:

Solidoolid — neid valmistatakse masinaõlist, lisandades sellele taimeõli või loomarasva ning lubjapiima. Solidooli sulamistemperatuur on 65° — 80° .

Grafiitmääre on oma koostiselt solidooli ja grafiidi segu. Grafiidilisandus võib ulatuda 20%-ni. Grafiitmääret kasutatakse hammasrataste ja kettide määrimiseks. Ta sulamispunkt on 70° .

Tehniline vaseliin on mineraalset päritolu; ta omab väga madalat sulamispunkti (40°).

Raskeltsulavad määrded peavad omama sulamispunkti üle 100° . Neid määrded kasutatakse kuullaagrite ja rull-laagrite määrimiseks.

Määrdõlide ja määrete valik ja nende kulunormid.

Määrdõlide valik oleneb kõigepealt järgmistest asjaoludest:

mehhanismi liikumiskiirusest; seejuures on põhieeglik, et suuremate kiiruste puhul tarvitatakse väiksema viskoossusega õli. Kui suurel liikumiskiirusel tarvitada paksu õli, võib selle tagajärjel tekkida teatav pidurdus mehhanismi töös;

survest hõõrduvale pinnale; tugev surve võib vedela määrdaine välja suruda hõõrduvate pindade vahelt ning seega põhjustada hõõrdumise suurenemist: paljad metallipinnad puutuvad siis vahetult kokku ja tekib nn. kuiv hõõrdumine;

hõõrduvate pindade seisukorrast; pindade ebatasasus on hõõrdumise peamiseks põhjuseks. Pindade juurdeötamise perioodil on soovitav kasutada grafiitmääret, mida hiljem asendatakse hariliku määrdõliga.

Neist asjaoludest järeldub, et hea määrimise tingimuseks on järgmised õlide ja rasvade omadused:

määrdaine peab omama küllaldast määrimisvõimet ehk kleepuvust, et püsida hõõrduvate pindade vahel, hoolimata nendevahelisest survest;

määrdaine peab vähendama hõõrdumist ja sellega seotud metalli kuumenemist.

Määrdõlide kulunormid on mitmesugustel mehhanismidel erisugused.

Liigne määrimine on kahjulik, sest siis võib õli sattuda tootele ja peale selle tekib määrdaine ebatootlik ülekulutus.

Staufferi määrdetoos tarvitab 0,5—0,9 grammi määret tunnis. Seda toosi täidetakse tihedalt määrdõliga; siis keeratakse ta kaant kindlate ajavahemikkude (2 kuni 8 tunni) järel ühe või kahe täispöörde võrra, et suruda määret laagrisse.

Peale selle on olemas täiuslikumaid, automaatselt töötavaid määrdetoose.

Töötanud õlide regeneratsiooni otstarbeks on vähendada määrdeainete kulu.

Töötanud määrdeained sisaldavad mitmesugust mustust: muda, liiva, tolmu, vahel ka peenikest metallipuru.

Regenereerimisele kuulub töötanud õli, pühkimismaterjalist (lõikeist, kaltsudest jne.) ekstraheeritud õli jms.

Õlide regenereerimiseks on olemas mitmeid viise, milledest nimetame kahte tähtsamat ja enamtarvitatavat: puhastamine sadestamisega ja puhastamine filtreerimisega.

Sadestamisega puhastamine on väga lihtne operatsioon, kuid ta nõuab eri sisseseadeid. Sadestamisega saab puhastada igasugust õlihulka.

Töötanud õli valatakse kokku eri paakidesse, kus ta soojendatakse 60—70 kraadini.

Raskemad osakesed sadestuvad paagi põhja, kuna ülemised kihid moodustavad tarvitamiseks kõlbliku regenereeritud määrdeõli, mis on hele ja läbipaistev.

Selle meetodi puhul jääb suur hulk määrdeõli puhastamata. Puudumiks on ka see, et sadestumise protsess on väga pikaldane.

Filtreerimine on sellega võrreldes hulga parem meetod.

Filtreerimine põhineb filterkihi (narmad, linane riie, vatt jne.) kasutamisel regenereeritava õli kogumise nõus. Sinna valatud õli läbib filterkihi, jättes selle külge mustuse ja prügi osakesed. Paremaks filtreerimiseks soojendatakse õli 70—80 kraadini.

Võib mainida veel määrdeõlide mehaanilist puhastusviisi tsentrifugaaljõu rakendamise põhimõttel. Puhastatav õli valatakse teatud kindla kiirusega pöörlevasse trumlisse. Õlis sisalduvad kõvemad osakesed eralduvad tsentrifugaaljõu mõjul.

Jahutusvedelikud.

Jahutusvedelikke kasutatakse metallide termilisel töötlemisel (karastamisel, noolutamisel), survega kuumtöötlemisel (sepistamisel jne.) ja külmal töötlemisel riistmasinate

abil (jahutamise otstarbeks on viimatinimetatud juhul lõike-
tera või puuri lõikeomaduste säilitamine).

Tähtsamaiks jahutusvedelikkudeks on: seebikivi vesi-
lahus, vesi, emulsioonid, õli, petrooleum, masuut ja vannid
sulatatud soolade või metalliga.

Emulsioon kujutab enesest eriliselt valmistatud segu
õlist, veest ja seebist. Kõige järsemat jahutust annab seebi-
kivi vesilahus (umbes 1200° sekundis), samuti keedusoola
vesilahus ja puhas vesi.

Õli jahutab mõõdukalt (umbes 100° sekundis).

Lõikeriistade jahutamisel tuleb kasutada niisuguseid
jahutusaineid, mis ei põhjusta masina detailide korrosiooni.

Kordamisküsimusi.

1. Loetleda määrdeainete liigid.
2. Määrdeainete tähtsamad omadused.
3. Mis on määrdeõli märgamisvõime (kleepuvus)?
4. Määrde kui määrdeaine; nende kasutamisalad.
5. Määrete liike.
6. Liikumiskiiruse mõju kohase määrdeaine valikule.
7. Määrimise põhiline ülesanne.
8. Milles seisneb töötanud õlide regenererimine?
9. Jahutusvedelikud ja nende liigid.
10. Kus kasutatakse jahutusvedelikke?
11. Missugused jahutusvedelikud kaitsevad metalli roostetumise
eest?

TRANSMISSIOONIRIHMAD MATERJALID.

Transmissioonirihmade ülesandeks on liikumise edasiandmine ühelt völli teisele. Transmissioonirihmu võib jaotada vastavalt nende materjalile järgmistesse rühmadesse: nahkrihmad, kummirihmad, kaamelivillast rihmad, puuvillased rihmad jt.

Rihmajamitel on võrreldes teiste ajamitega terve rida paremusi: ülekande sujuvus, korrashoiu lihtsus, pikk iga.

Nahkrihmade tooraineks on loomanahad (veise-, vasika-, hobuse-, kaameli- ja teiste loomade nahad).

Nahast transmissioonirihmu valmistatakse ainult loomanahkade keskmisest seljaosast kui kõige tihedamast ja tugevamast. Valmispartitud nahkribasid venitatakse erisel masinal, et vältida kaardumist pärasises töös. Ümarrihmu saadakse lamedaist rihmadest kokkukeeramise või väljalõikamise teel.

Nahkrihmu kasutatakse jõuülekanmiseks transmissioonides, astmelistes ja ristlevais ajamites, surverullide juures jne.

Nahkrihm-ajamitel on järgmised puudumid: rihma viltukiskumine ebaühtlase väljavenimise tagajärjel;

rihma libisemine rihmaseibil, mis põhjustab veetava rihmaseibi pöörete arvu vähenemist võrreldes vedaja rihmaseibiga.

Kummirihmadel on järgmisi eeliseid: nad on niiskusekindlad ja väga vastupidavad auru, gaaside ja hapete mõjule; otsad on nendel aga märksa raskemini liidetavad kui nahkrihmadel.

Kaamelivillast rihmade materjaliks on katkemata riidekangas villase lõimega, mida tugevdab puu-

villane lisa lõim, ja puuvillase koega. Selliselt valmistatud rihtu immutatakse erilise lahusega ja kaetakse väljastpoolt värviga — menningiga.

Kaamelivillast rihtmad on väga elastsed; nad taluvad hästi ebaühtlast koormust, ei ole tundlikud niiskusele ja on vastupidavad kulumisele.

Puuvillastel rihtmadel on puuvillane lõim ja puuvillane kude; neid immutatakse erilise lahusega.

Rihtmade valmistamiseks kasutatakse eriotstarbelist kummeeritud puuvillriiet, mille üksikud kihid kleebitakse kautšukiga kokku.

Puuvillased transmissioonirihtmad on viimasel ajal üsna laialdaselt levinud. Näiteks paljudes tekstiiltööstuse ettevõtteis puuvillaste rihtmade osatähtsus on 70—80% kasutamisel olevate rihtmade üldarvust. Nahkrihtmade pikkus muutub tunduvalt niiskuse mõjul; nad on ka kallid, mis põhjustabki nende asendamist puuvillaste rihtmadega.

Rihtmade korrashoid.

Rihtmade korrashoid seisneb nende korrapärases (iga kahe nädala tagant) määrimises eriliste võietega, mis kaitsevad rihtu kulumise eest, säilitavad nende painduvust ja annavad neile vajaliku hõõrdumisteguri. Tuleb vältida mineraalõlide sattumist rihtmadele määrdetoosidest, laagritest, kandekronsteinidelt jne. Rihtmad puhastatakse neile sattunud mineraalõlist bensini või bensooli abil ning pühitakse kuiva lapiga üle. Nahkrihtu hõõrutakse kergelt loomarasvaga või steariini ja vaha seguga.

Rihtmadele tekkinud mustuse- ja mudakoorukesi kõrvaldatakse ettevaatlikult lauakese või nüri noa abil; seejärel pestakse rihtmad sooja seebiveega ja lastakse kuivada, neid rihtmaseibidelt maha võtmata. Nahkrihtmad määritakse pärast pesemist loomarasvaga või steariini ja vaha seguga. Rebestunud kohad (isegi kõige pisemad) tuleb kohe parandada.

Enne rihtmade asetamist seibidele tuleb viimased hoolikalt puhastada porist ja õlist.

Mittetöötavalt masinailt võetakse rihtmad reeglina maha.

Kordamisküsimusi.

1. Rihmajami ülesanne.
2. Rihmade materjale.
3. Rihmajami paremused võrreldes teiste ajamitega.
4. Puuvillased riimad; nende valmistusviis.
5. Milles seisneb riimade korrashoid?
6. Riimadele õli pealesattumisega tekitatud kahju.
7. Kuidas toimub riimade puhastamine õlist ja mustusekorrast?
8. Mis tehakse mittetöötavate riimadega?
9. Kummiriimad ja nende kasutamine.

SISUKORD.

Sissejuhatus	Lk. 3
------------------------	-------

I peatükk.

Metallide tähtsamad omadused.

Füüsikalised omadused	7
Mehaanilised omadused	8
Tehnoloogilised omadused	9
Valuomadused	9
Keemilised omadused	11
Metallide mitmesuguste omaduste määramisviise	11

II peatükk.

Metallid ja sulamid.

Metallide ja sulamite struktuur	24
Mustad ja värvilised metallid	27

III peatükk.

Malm ja teras.

Malmi tootmine	29
Kõrgahi	31
Toormalmide liigitus	34
Lisandid malmis	35
Terase tootmine	38
Martäänmenetlus	41
Elekterteras	45

IV peatükk.

Süsinikterased.

Terase lisandid	48
Süsinikteraste liigitus ja nende kasutamine	49

Legeeritud terased	Lk. 50
Kiirlõiketerased	52
Terase standardid	52

V peatükk.

Sulamite termiline töötlemine.

Metallisulamite ehitus	55
Lõõmutamine	59
Praak lõõmutamisel	61
Töötlemisel kõvakstõmbunud metalli lõõmutamine	62
Normaliseerimine	62
Terase karastamine	63
Karastamiseks kasutatavad jahutusvedelikud	64
Kohalik karastamine	66
Pindkarastus	66
Süsinikterase noolutamine	69
Praak karastamisel ja noolutamisel	71
Lõiketerase termiline töötlemine	72
Terase termokeemiline töötlemine	73
Soojendusahjud, seadmed ja rakised metallide termiliseks töötlemiseks	81

VI peatükk.

Kõvasulamid.

Kõvasulamid	84
-----------------------	----

VII peatükk.

Värvilised metallid ja nende sulamid.

Vask ja vasesulamid	87
Messingid	88
Pronksid	89
Laagrisulamid — babilidid	90
Kergesulamid	93
Värviliste metallide asendajaid	95

VIII peatükk.

Metallide korrosioon.

Metallide korrosioon	97
--------------------------------	----

IX peatükk.

Valamine.

	Lk.
Valamine	101
Valandite defektid ja nende tekkimise põhjused	106

X peatükk.

Metallide töötlemine survega — valtsimine, sepistamine, stantsimine.

Survega töötlemise olemus	111
Survega töötlemise mõju metallide struktuurile ja omadustele	113
Valtsimine	114
Valtsitud terase sortiment	116
Sepistamine	116

XI peatükk.

Metallide jootmine ja keevitamine.

Jootmine	120
Pehmejoodised	121
Kõvajoodised	122
Jooteriistad	122
Metallide keevitamine	124
Liidetavad metallid	125
Sepakeevitus (keevitamine ääsil)	126
Autogeenkeevitus	127
Autogeenkeevituse tehnika	129
Gaasiga lõikamine	130
Elekterkeevitus	131
Automaatne kiirkeevitus	134

XII peatükk.

Plastilised massid.

Plastilised massid	136
Plastiliste masside mehaanilised ja füüsikalised omadused . .	138
Plastiliste masside kasutamise näiteid	139
Plastifitseeritud puit	140

XIII peatükk.

Lihvimisained.

	Lk.
Lihvimisained	141
Tähtsamad lihvimisained	142
Sideained	143
Lihvimisketta teralisus	143
Lihvimisketaste tasandamine	144
Lihvimisketta valik	144

XIV peatükk.

Määrde- ja jahutusained.

Määrdeained	146
Määrdeõlide tähtsamad omadused	147
Määrded	148
Määrdeõlide ja määrete valik ja nende kulunormid	149
Jahutusvedelikud	150

XV peatükk.

Transmissioonirihmade materjalid.

Transmissioonirihmade materjalid	152
Rihmade korrashoid	153

A

16618

13122

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00506708 9