

INSENER
E. OLVING

TERASE KARASTAMINE



RK
PEDAGOOGILINE KIRJANDUS
TALLINN

TERASE KARASTAMINE

0-483

A-12125

INSENER
E. OLVING

TERASE KARASTAMINE

06161353

KESK		TALLINNA		KUSTUTATUD	
Vahetusfond		"....."		199... a.	
6	183	1			
V16321	2	EKS.		e	

VALISEESTI.....
JA VANEMA RAAMATU
OSAKOND

RK
PEDAGOGILINE KIRJANDUS
TALLINN 1941

Eessõna.

Terase karastamine on ala, millega kokku puutuvad mitme kutseliigi esindajad. Neile, samuti meie tööstuskoolide õppivale noorsoole, tahaks käesolev raamat anda vajalikud algteadmised ja olla abiks terase praktilisel käitlemisel soojuse abil.

Raamat on 1937. a. ilmunud teose „Terase karastamisest“ järglane, kuid märksa täiendatud, eriti teraste osas. Sisu paremaks mõistmiseks on raamatu lõpus toodud rida praktilisi näiteid.

Käsikirja vaatas läbi ins. V. R e i n o k, mille eest temale siinkohal avaldan suurimat tänu.

E. Olving.

Tallinn, sügisel 1940.

I. Teraste liigitus.



1. Sissejuhatus.

Terase karastamine on kahel viimasel aastakümnel teinud võrdlemisi suuri edusamme ning võitnud endale iseseisva tööharuna küllaltki tähtsa koha.

Peale karastustehnika üldise arengu on olukorra paranemisele tublisti kaasa aidanud võimalus uurida metalle mikroskoobi abil, heita seega pilku terase sisemusse ning kindlaks teha soojuskäitlusega kaasas käivaid struktuurimuutusi. Kadunud on selle tagajärjel salapärasus, millega varem sagedasti püüti ümbritseda karastustööd.

Kaasaegsed terasetööstused valmistavad ja lasevad turule igaüks tublisti üle saja eri teraseliigi. On selge, et soojuskäitus on seda edukam, mida põhjalikumalt tunneme käideldavaid materjale. Seepärast pole ülearune, kui algul pisut tutvume teraste üld- ja eriomadustega.

2. Teraste liigitus.

Teraseks laiemas mõttes nimetatakse tänapäeval peale malmi kõiki raua ja süsiniku sulameid nende eriomadustest hoolimata.

Varematel aegadel peeti terase peamiseks omaduseks ta karastatavust. On olemas aga rida eriteraseid, mis ei karastu, vaid vastuoksa muutuvad karastustoimingul pehmemaks ja sitkemaks.

Edasiste arutluste juures, välismaa kirjanduse eeskujul, ei tee me seepärast enam vahet mittekarastuva raua ja karastuva terase vahel, vaid kasutame ühist nimetust — teras.

Ülevaate saamiseks mitmesuguste terasesortide üle tuleb need alajaotada, silmas pidades valmistusviisi, mehaanilisi omadusi, keemilist koosseisu ja kasutusotstarvet.

a. Jaotus valmistusviisi järgi:

Toorraua ümbertöötamist teraseks on võimalik läbi viia taignasarnases kui ka vedelas olekus; esimesel juhul saame keevitatud ehk keebeterase, teisel aga valatud ehk valuterase. Neist esimene valmistusviis ei evi küll praktiliselt enam kuigi suurt tähtsust.

Valuterased selle järgi, kas nad on valmistatud Bessemeri pirnis või Martini ahjus, alajaotatakse veel bessemer- ja martin-terasteks.

Kõik säärasel teel saadud terased sisaldavad rohkemal või vähemal määral, olenevalt ümbertöötamisviisist, mittesoovitavaid lisandeid. Et saada kõrgemate omadustega teraseid, tuleb neid rafineerida, s. o. puhastada, mis sünnib ümbersulatamise teel kas grafiitkiiglis või elektri ahjus. Säärasel viisil saadud terast nimetatakse vastavalt tiigli- või elektriteraseks.

b. Liigitus mehaaniliste omaduste järgi:

Terase mehaaniliste omaduste (tugevusomaduste) all mõistame ta vastupidamisvõimet tõmbe-, surve- ja löögijõule jne.

Väärtuslikke andmeid terase mehaanilise tugevuse üle annab meile tõmbekats.

Katsutavast terasest lõigatakse välja sobiv tükk ning sellest valmistatakse katsuvarras. Normaalselt kujutab viimane enesest ümmargust varrast läbimõõduga $d = 20$ mm ja mõõtepikkusega $l = 10 \cdot d = 200$ mm (joon. 1).

Vardal on mõlemas otsas treitud pea, mille abil on võimalik teda sellekohasesse katsumasinasse kinnitada. Masinas koorma-

takse katsuvarrast, tõstes koormatust järk-järgult kuni varda katkemiseni. Katkemise esile kutsunud maksimaalne jõud $P_{\max}$ jagatakse katsuvarda põiklõike pinnaga F ; sel teel saame tõmbe tugevuse $\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F}$ kg/mm². Katsu vältel on võimalik

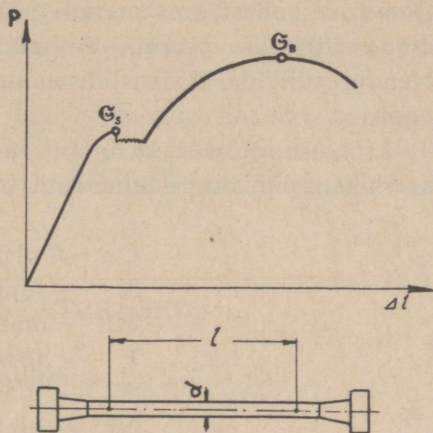
lasta masinal kirjutada katsuvarda koormatuse ja pikendamise diagramm (joon. 1). Nagu nähtub diagrammist, on varda pikeneda alul proportsionaalne koormatusele; siis aga järsku koormatus enam ei tõuse, vaid läheb koguni tagasi, kuna katsuvarras sellest hoolimata pikeneb edasi õige tugevasti. Jõud P , mille juures tekkis esimene säärane seisak, jagatud varda põiklõikepinnaga F , annab terase voolupiiri $\sigma_s = \frac{P}{F}$ kg/mm². Pärast voolupiiri ületamist koormatus tõuseb jälle, saavutades mingi maksimaalse suuruse, ja sealt peale langeb uuesti kuni varda katkemiseni.

Nagu ülaltoodust nähtub, venib üle voolupiiri koormatud teras tugevasti ning see pikeneda on jääv. Kui seda peaks sündima mõne valmis masinaosaga, kaotab see oma esialgse kuju ning muutub seega kasutamiskõlbmatuks.

Terase sitkuse kindlakstegemiseks märgitakse katsuvardale kindel algpikkus l ja peale varda katkemist mõõdetakse ses märkide vahemikus saadud juurdekasv. Juurdekasv protsentides annab meile pikendamise $\delta_{10} = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$.

c. Liigitus keemilise koosseisu järgi:

Peame vahet tegema legeerimata ning legeeritud teraste vahel. Neist esimesed sisaldavad ainult süsinikku ja vähesel mää-



Joon. 1. Diagramm ja katsuvarras.

ral räni ja mangaani, samuti õige vähesel hulgal fosforit ja väävlit. Legeeritud terased seevastu sisaldavad peale süsiniku ja muu eelloendatu veel mitmesuguseid metalle lisanditena nagu kroomi, volframit, vanaadiumi, niklit, koobaltit, molübdeeni jne. Olenevalt sellest, mis metalli peajasjalikult on kasutatud lisandina, räägitakse nikkel-, kroomnikkel-, volfram- jne. terastest. Nende eriliikide üksikasjalisemale vaatlusele tuleme tagasi allpool.

Lihtsuse mõttes kasutame edaspidi sagedamini esinevate keemiliste põhianete lühendeid, mis märgitakse järgmiselt:

C	— süsinik.
Si	— räni.
Mn	— mangaan.
P	— fosfor.
S	— väävel.
Ni	— nikkel.
Cr	— kroom.
V	— vanaadium.
W	— volfram.
Co	— koobalt.
Mo	— molübdeen.

d. Liigitus kasutusotstarbe järgi:

Kasutusotstarbele vastavalt võib kõik terased jagada kahte suurde rühma, nimelt: tööriistaterased ja ehitusterased.

Tööriistateraseid, nagu nimigi juba ütleb, kasutatakse väga mitmesuguste tööriistade valmistamiseks, kuna ehitusteraste alla koondatakse terased, mis leiavad kasutamist peamiselt masinaehituses, auto- ja lennukiehituses, sildade ja muudes sääraates ehitustes. Kuna loendatud masinad ja ehitused peaaegu eranditult peavad jõudusid kandma ja taluma, siis pannakse ehitus-

teraste suhtes esmajoones rõhku nende tugevusomadustele nagu tõmbetugevus, voolupiir, pikenevus jne. Tööriistaterastel nime- tatud omadused ei ole nii olulised, kuna siin nõutakse kõvadus- omadusi, nagu head lõikevõimet, kõvadust või muid sääraseid.

Teravat vahet tõmmata mõlema suure teraserühma vahel on võimatu, kuna näit. süsinikteraseid kasutatakse nii tööriista- kui ka ehitusterasena.

Tuleb märkida, et kahjuks iga terasetehas kasutab oma eri- teraste jaoks vabalt valitud nimetusi ja seetõttu pole eri vabri- kute saadused võrreldavad, kui pole teada nende täpne koos- seis.

A. TÖÖRIISTATERASED.

3. Süsinikterased.

Süsinikterased leiavad tööriistaterastena rohket kasutamist. Seda soodustab teataval määral nende suhteliselt odav hind võr- reldes legeeritud terastega. Süsinikteraste hind oleneb suurel määral nende valmistusviisist ning tooraineist, millest nad on valmistatud. Nii on tiigli- kui ka elektriteras märksa puhtam ja kõrgeväärtuslikum kui täpselt sama süsinikusisaldusega mar- tinteras.

Terase valimisel mingiks otstarbeks tuleb silmas pidada, et ühes C-sisalduse tõusuga tõuseb ka kõvadus ja haprus. Seepärast pole otstarbekohane valida näit. meisli valmistamiseks väga kõva, kuid sealjuures võrdlemisi habrast 1,3%-se C-sisaldusega terast. Hoopis sobivam on 0,9%-ne süsinikteras, mille kõvadus on küll väiksem, kuid sitkus see-eest märksa suurem.

Süsinikterased evivad karastatult võrdlemisi suurt kõvadust, kuid nad ei evi kunagi nii peeneteralist struktuuri kui legeeritud tööriistaterased sama C-sisaldusega. Ligikaudse ettekujutuse tiigliteraste liigitusest kõvaduse ja kasutusotstarbe järgi annab ühes soojuskäitluse tähistusega alljärgnev tabel:

Süsinikterased (tiigliteras).

Süsiniku- sisaldus C %	Sepistamis- tempera- tuur C°	Pehmeks- hõõguta- mistempe- ratuur C°	Normaal- seks-hõõguta- mistempe- ratuur C°	Karasta- mistempe- ratuur C°	O t s t a r v e
1,45—1,6	850—750	740—760, jahuta- mine ahjus.	760—780, jahuta- mine vabas õhus.	760—780, vette.	Lõikeriistad väga kõva- de metallide jaoks, nagu näit. kõvamalm.
1,25—1,45	850—750	740—760, jahuta- mine ahjus.	760—780, jahuta- mine vabas õhus.	760—780, vette.	Mitmesugused riistad te- rase töötlemiseks, nagu graveertäpitsad, poleer- terased, treiterad, viilid, puurid, habemenoad, ki- rurgilised riistad jne.
1,1—1,25	900—750	740—760, jahuta- mine ahjus.	760—780, jahuta- mine vabas õhus.	760—780, vette.	Lõikeriistad terase ja muude metallide töötle- miseks külmas olekus, nagu freesid, puurid, vii- lid, vindilõikamisriistad, hõõvliterad, viiliraiaumis- meislid jne.
0,9—1,1	900—750	730—760, jahuta- mine ahjus.	760—780, jahuta- mine vabas õhus.	760—780, vette.	Tööriistad puu töötle- miseks, nagu puurid, trei- ja hõõvliterad, kir- ved, peitlid; kingsepa- noad, vikatid, paberikää- rid, stantsid metallide stantsimiseks.
0,7—0,9	950—750	710—730, jahuta- mine ahjus.	760—790, jahuta- mine vabas õhus.	770—800, vette.	Mitmesugused noaterad, nagu tasku-, laua-, li- hunikunoad, kääriterad, lintsaed, haamid, kivi- töötlemisriistad, stantsid, rasplid puu ja naha jaoks.
0,5—0,7	1000—750	710—730, jahuta- mine ahjus.	780—810, jahuta- mine vabas õhus.	780—820, vette.	Tööriistad, millelt nõu- takse head kõvadust, kuid sealjuures ka vastu- pidavust löökidele.

Märkus 1: Pehmekshõõgutamise järel jahtumiskiirus peab olema küllaldaselt väike ja kuni 600 kraadini ei tohi ületada 20° tunnis.

Märkus 2: Kui karastamiseks kasutatakse vee asemel õli, siis tuleb terasese kuumutada umbes 25° võrra kõrgemale.

4. Legeeritud tööriistaterased.

Legeeritud tööriistateraste tähtsamad lisandusmetallid on kroom (Cr) ja volfram (W).

Lisandatud terasele kas üksikult või koos, nad moodustavad rea kõrgeväärtuslikke tööriistateraseid. Kuna süsinikterased karastuvad läbi vaid võrdlemisi väikestes põiklõigetes ja karastatud kihi paksus kõigub tavaliselt 1—4 mm piirides, siis Cr alandab nn. „kriitilist jahtumiskiirust“, mille tagajärjel Cr-terased karastuvad läbi märksa sügavamalt. Madalalt legeeritud Cr-terased annavad suurepärase lõikevõimega tööriistu, nagu noad ja kirved. Peale selle Cr-terased leiavad kasutamist meislite, külmvaltside, viilide ja muude tööriistade valmistamisel.

Puhtad volframterased evivad äärmiselt peeneteralist murdepinda, karastuvad hästi läbi ja leiavad kasutamist tööriistadena terase ja muude metallide töötlemisel. Peale ülalnimetatud omaduste ei allu W-terased nii kergesti järelelaskmisele, s. o. soojendamisel karastatud teras ei kaota nii kergesti oma kõvadust. Nimetatud omadus on eriliselt hinnatav soematriitside valmistamisel.

Cr ja W üheaegne lisandamine terasele liidab mõlema metalli ülalnimetatud head omadused. Madalalt legeeritud CrW-teraseid tavalise süsinikusisaldusega kasutatakse lõikeriistade, stantside ja muude külm tööriistade valmistamiseks. Kõrgelt legeeritud CrW-terased madala süsinikusisaldusega seevastu sobivad soematriitsideks. Samu teraseid kõrge C-sisaldusega kasutatakse kõvamalmi ja muude kõvade metallide lõikamiseks.

Cr ja W lisandamine ühes mangaaniga (Mn) annab terase, mis karastamisel äärmiselt vähe oma mõõteid muudab, mida seepärast kasutatakse pikkade keermepuuride ja kaliibrite valmistamiseks.

Vanaadium-(V-) ja CrV-terased leiavad kasutamist lõike tööriistadena, nagu meislid ja stantsid. Oma mõjult vanaadium sarnleb väga kroomi ja volframiga.

Nikkel koos kroomiga annab terasele väga häid mehaanilisi omadusi ja soodustab läbikarastumist. Neid teraseid kasutatakse rohkesti soojade sepavormide valmistamiseks.

Puht Si- või Mn-terased leiavad tööriistaterasena vähe kasutamist. Si koos lisametallidega, nagu Cr, W ja Mo, moodustab häid lõiketeraseid.

Mn lisandamine teeb legeeritud tööriistaterased vähem tundlikuks soojuskäitluse suhtes ja tõstab ka vastupidavust kulumisele.

5. Kiirlõiketerased.

Kiirlõiketeraste eriomadustele vihjab juba nende nimetus: nende terastega võib kiiremalt lõigata, s. o. treida, freesida ja puurida, kui teiste tavaliste tööriistaterastega.

Nimetatud omadus pole tingitud nende teraste erilisest kõvadusest, sest korralikult karastatud kõrgema C-sisaldusega süsinikteras toatemperatuuril ei jää kiirlõiketerasest kõvaduselt põrmugi maha. Peamine vahe seisneb selles, et karastatud süsinikteras pehmeneb soojenemisel juba 250° juures ja kaotab seega oma lõikevõimet, kuna kiirlõiketeras õige soojuskäitluse puhul kuni ligemale 700 kraadini oma täie kõvaduse ja lõikevõime alal hoiab. Treimisel kui ka teistel laastu eraldamise põhimõttele rajatud töötlusviisidel tekib hõõrumise tagajärjel lõiketera tugev soojenemine ja see kasvab ühes lõikekiiruse tõusuga. Järelikult treimis- või mõne muu laastulõike kiirus võib olla seda suurem, mida kõrgema temperatuurini teras oma algupärast kõvadust alal hoiab. Nagu juba nimetatud, evivad kiirlõiketerased seda omadust kõrgeimal määral. Kõik kiirlõiketerased on kõrgelt ja mitmekordselt legeeritud. Süsinik nendes terastes kõigub enamasti piirides 0,65—0,90%. Tähtsaim lisandmetall aga on kahtlemata volfram, sest tema koos kroomiga moodustab õieti tolle aluse, mis teeb terasest kiirlõiketerase. Korralik kiirlõiketeras sisaldab enamasti $W = 18\text{—}20\%$ ja $Cr = 4\text{—}5\%$.

Edasi lisandatakse veel molübdeeni $Mo = 0,5-2\%$ ja vanaadiumi $V = 0,5-4\%$; mõlemad tõstavad kiirlõiketerase lõikevõimet ja teisi omadusi tunduvalt. Täiesti erakorraliselt suurt lõikevõime tõusu põhjustab koobalti (Co) lisandus. Juba 5-protsendiliselt Co-ga legeeritud kiirlõiketeras ületab 18%-se volframterase oma võimetelt ligemale 100% võrra. Co-kiirlõiketerased moodustavad praegusel ajal tippsaavutuse kiirlõiketeraste alal. Säärane eriteras aga pääseb mõjule vaid tugevate töömasinate puhul, mis taluvad väga tugeva laastu lõikamist; vastasel korral rahuldavad meid märksa odavamad kiirlõiketerased.

Iseloomustamiseks on alljärgnevas tabelis toodud mõnede müügilolevate kiirlõiketeraste koostised ning soojuskäitlused. Neist kolmest esimene on hinnalt kui ka kvaliteedilt kõige kõrgem, kolmas suhteliselt kõige madalam.

Kiirlõiketeras.

Tabel nr. 2.

C = %	Co = %	W = %	Cr = %	Mo = %	V = %	Sepistamine C°	Karastus C°	Järelelaskmine C°	Märkmeid
0,85	5	19,5	3	0,5	1,9	1250— 1000°	1300— 1330° õli või suru- õhk	550— 590°	Co— legeeritud
1,25	—	12,5	5,3	1,5	4	1150°— 900°	1230— 1250° õli või suru- õhk	"	V— legeeritud
0,75	—	18,5	4	—	1,1	1250— 950°	1250— 1300° õli või suru- õhk	"	W— legeeritud

Siinkohal tuleb veel märkida, et viimasel ajal treiteradeks kasutatavad kõvametallid ei kuulu kiirlõiketeraste ega üldse enam teraste liiki, sest nende koosseisus puudub raud. Need

kõvametallid ei vaja enne kasutamisele võtmist mingit soojuskäitlust, nad evivad selletagi väga suurt loomulikku kõvadust.

B. EHITUSTERASED.

6. Süsinik-ehitusterased.

Süsinikterased leiavad ehitusterastena kasutamist juhul, kui ei nõuta eriti kõrgeid mehaanilisi omadusi ning soovitakse läbi saada võimalikult odavama materjaliga.

Masinaosi, millelt nõutakse kõva, kulumisele vastupidavat pinda, mille südamik aga peab alal hoidma oma algupärase pehmuse ning sitkuse, kalestatakse pinna tsementeerimise teel.

Tsementeerimiseks kõlvuliste süsinikteraste süsiniku ülemäär on $C = 0,25\%$ ning $Si = 0,35\%$, ka Mn-sisaldus on ülespoole piiratud. Need piiramised on tarvilikud põhjusel, et ka terase südamik ei karastuks läbi ja seega ei väheneks tunduvalt ta sitkus.

Tavalised tsementeerimisele mittekuuluvad ehitusterased sisaldavad süsinikku $C = 0,35—0,60\%$ piirides. Neid kasutatakse kas pärast sellekohast eri soojuskäitlust, nn. parendamist, või ilma selleta.

7. Legeeritud ehitusterased.

Legeeritud ehitusteraste peamisteks lisandmetallideks on nikkel (Ni) ja kroom (Cr).

Nikli lisandamisega saame väga sitke terase, mille läbikarastumisvõime on tavalisest süsinikterasest hoopis suurem, samuti on mehaanilised omadused märksa kõrgemad.

Ehitusteraste Ni-sisaldus enamasti ei ületa 5% ning peale sitkuse tõusu see lisand toorele terasele erilist mõju ei avalda. Hoopis erinev on olukord aga pärast soojuskäitlust parendamise näol, s. o. karastamist ühes järgneva järelelaskmisega, või

tsementeerimise näol. Nimelt soodustab Ni tublisti läbikarastumismisvõimet ja, mis väga tähtis, teras ei lähe jämedateraliseks

Mark	Hõõgutatult tõmbetugevus kg/mm ² maks.	Karast. või parendatud			C 0/0	Ni 0/0	Cr 0/0	Tarvita mis-ala
		Tõmbetugevus kg/mm ²	Voolu- piiri %	Pikene- mine 2l ₀ 0/0				
Tsementeeritavad terased								
ECN25	70	80—100 õli	70%	14—10	0,10—0,17	2,5±0,25	0,75±0,2	Hammasrattad, nukk- võllid, kepsud jne.
ECN35	75	90—120 õli	75%	12—6	0,10—0,17	3,5±0,25	0,75±0,2	Hammasrattad, poldid, tapid, võllid jne.
ECN45	83	120—140 õli	75%	10—5	0,10—0,17	4,5±0,25	1,1 ±0,2	Eriti kõrgelt koorma- tud osad lennukitöös- tuses. Hammasrattad veoautodele ja auto- bustele.
Parendatavad terased								
VCN35h	80	90—105	75%	12—8	0,27—0,35	3,5±0,25	0,75±0,2	Väntvõllid, propeller- võllid, autotööri osad jne.
VCN45	90	100—115	80%	10—6	0,30—0,40	4,5±0,25	1,3 ±0,2	Eriti kõrgelt koorma- tud osad lennukitöös- tuses. Õhukarastuv teras hammasrattaste jaoks.

ka pikema kestusega soojuskäitluse puhul, mis tsementeerimisel on möödapääsmatu. Lõpuks tõusevad parendamisel

ka tunduvalt terase mehaanilised omadused, eriti sitkus. Kõigest sellest nähtub, miks Ni- kui ka CrNi-teraseid peagu kunagi ei kasutata toorel kujul, vaid ikka võetakse nendega enne ette vastav soojuskäitlus.

Kroomi ja nikli koos lisandamisest tõusevad terase mehaanilised omadused veelgi; ühtlasi tõuseb ka kõvadus ja läbikarastumismõime. CrNi-terased on eriti vastupidavad põrutustele ja kulumisele.

Ülevaate saamiseks toome lühendatult väljavõtte tähtsamatest Saksamaal normitud CrNi-terastest ühes nende rakenduvõimalustega (vt. tabel nr. 3).

Kõrgelt legeeritud CrNi-teraste liiki kuulub ka suurem osa roostekindlaid teraseid, moodustades iseseisva suure rühma eriotstarbelisi teraseid.

CrNi-terastele omadustelt ja tarvitamisalalt väga sarnased on kroom-molübdeenterased. Siin on Ni asemel kasutatud molübdeeni (Mo); juba 1 osa Mo asendab 8—10 osa niklit.

Tabel nr. 4.

Väljavõte DIN-normist 1663.

Mark	Meh. omad. karast. või parendatult			Terase koosseis %				
	Tõmbe- tugevus kg/mm ²	Voolupiir protsenti- des tõmbe- tugevusest kg/mm ²	Pikene- mine ‰	Süsinik C	Kroom Cr	Molübdeen Mo	Mangaan Mn	Siliit- sium Si maks.
Tsementeeritavad terased								
ECMo 80	90—110 (õli)	70	12—8	0,13—0,17	0,8—1,2	0,2—0,3	0,7—1	0,35
ECMo 100	110—135	75	9—5	0,17—0,22	1—1,3	0,2—0,3	0,8—1,1	0,35
Parendatavad terased								
VCMo 135	80—100	70	12—8	0,3—0,37	0,9—1,2	0,15—0,25	0,5—0,8	0,35
VCMo 240	110—130	78	9—5	0,38—0,45	1,6—1,9	0,3—0,4	0,5—0,8	0,35

Käesolevas väljavõttes on toodud ülevaatlikkuse mõttes vaid neli sagedamini kasutatavat terasesorti ja needki lühendatult, kuna normilehes üldse on kokku üheksa terasesorti.

Iseloomustuseks võib ütelda, et tsementeeritavat terast ECMo 80 tarvitatakse keskmiselt koormatud hammasrataste, nükkvõllide ja muude sellesarnaste osade valmistamiseks. ECMo 100 tarvitatakse kõrgelt koormatud hammasrataste ja tigurataste jaoks. Paremdatava terase VCMo 135 tarvitamisala on väntvõllid, kardaanvõllid, autopoolteljed, tüüriosad jne. Teras VCMo 240, mis muuseas sisaldab kuni 0,2% vanaadiumi, on sobiv väga mitmesuguste tugevasti koormatud masinaosade valmistamiseks.

C. VEDRUTERASED.

Lihtsamad vedrud nagu vankrivedrud, lukuvedrud jne. valmistatakse enamasti süsinikterasest. Süsinikteraste liiki kuulub ka väiksemate spiraalvedrude valmistamiseks palju tarvitatav

Tabel nr. 5.

Iseloomulikud vedruterase liigid.

Koosseis = %					Karastus	Tarvitamisala
C	Si	Mn	Cr	V		
0,45—0,55	0,4—0,6	0,5—0,7	—	—	—	Lihtsamad vedrud, lukuvedrud jne.
0,6—0,7	2—3	0,6	—	—	800—820° ölli	Kõrgemalt koormatud spiraalvedrud
0,45—0,65	1,6—2,2	0,5—0,9	—	—	800—820° ölli või vette	Autode lehtvedrud jne.
0,45—0,55	1,2—1,6	1,2—1,6	—	—	810—830° ölli	Spiraalsed suur-tükivedrud
0,45—0,55	0,1—0,2	0,7—0,9	1—1,2	0,15—0,25	810—830° ölli	Mitmesugused rasketes tingimustes töötavad spiraalvedrud ning autodelehtvedrud

nn. klaveritraat. Viimane kujutab enesest C-terast, mis mitmekordse parendamise ja külmalttõmbamise tagajärjel evib

suurt kõvadust ja vetruvust, nii et külmalt keeratud vedrud ei vaja enam mingit soojuskäitlust, vaid on otse kasutamiskõlblikud.

Tuleb tähendada, et mida kõrgemalt koormatud ja vastutusrikkam on vedru, seda siledamat ja puhtamat välispinda peab evima teras. Nii lihvitakse lennukimootorite klapivedrude terasraati enne vedru keeramist, et kõrvaldada vähimadki pinnavigasused ja kriimustused, mis vedru eluiga märksa lühendavad.

Väga hea vetruvuse annab terasele räni (Si) lisandus. Mangaan annab soonilise murdepinna, mis vedrude juures on eriti hinnatav, sest see aitab tõsta nende vastupidavust. Vastutusrikaste vedruteraste koosseisu kuuluvad ka kroom (Cr) ja vanaadium (V).

II. Teras sisemise ehituse põhijooni.

Teras koosneb üksikutest väikestest kristallterakestest, mille suurus kõigub umbes 0,01—0,2 mm piirides. Mis puutub nende kristallide koosseisu, siis oleneb see täiel määral terase süsinikusisaldusest. Puhas raud koosneb loomulikult ainult ühesugustest rauakristallidest. Kui aga rauaga seltsib süsinik, siis muutub olukord põhjalikult. Süsinik (C) moodustab rauaga (Fe) keemilise ühendi Fe_3C , s. o. raudkarbiidi, mis kannab ka tsementiidi nime. Kui teras sisaldab süsinikku vähem kui 0,9%, siis leiame temas järgmised struktuurimoodustised: puhtrauakristallide vahel, mis kannavad nimetust ferriit, asetseb segu, mis omakorda koosneb ferriidist ja tsementiidist. See segu on kihiline ja ta süsinikusisaldus on püsivalt 0,9%. Oma pärlmutrisarnase läike tõttu kannab ta nimetust perliit. Kui terase C-sisaldus tõuseb, siis suureneb ka perliidi hulk, kuni lõpuks teras, milles süsinikku on 0,9%, koosneb ainuüksi perliidist; tas puuduvad iseseisvad puhtad rauakristallid.

Kui teras sisaldab süsinikku üle 0,9%, kasvab tsementiidi hulk sedavõrd, et ta moodustab iseseisva struktuurielemendi ja asetseb joontena ning kitsaste laikudena perliidses põhimassis.

Kokku võttes võime ütelda: teras, mille C-sisaldus on alla 0,9%, koosneb ferriidist ja perliidist; teras C-sisaldusega 0,9% koosneb ainuüksi perliidist; ja teras, milles süsinikku on üle 0,9%, koosneb perliidist ja tsementiidist.

Käesolev arutlus käib süsinikteraste kui lihtsama juhu kohta; legeeritud teraste puhul on olukord enamasti teissugune, kuid loeteldud struktuurielemente leiame sealgi. Joon. 2—5 kujutavad üksikuid kirjeldatud struktuurimoodustisi ja nimelt:



Joon. 2.

Joon. 3.

Joon. 4.

Joon. 5.

Terasestruktuur.

Joonisel 2 on teras süsinikuhulgaga 0,2%; seal näeme vähe- sel määral tumedaid perliidilaidke, kuna suurema ala moodusta- vad heledamad ferriidiväljakud. Joonisel 3 näidatud terases on 0,6% C. Tumedat perliiti on siin juba märksa rohkem kui eel- mises terases. Joonisel 4 on teras süsinikuhulgaga 1,3%; siin näeme heledaid tsementiidiiooni tumedas perliidis. Kolm esi- mest joonist on 150-kordse suurendusega, kuna joon. 5 kujutab 500-kordses suurenduses puhast perliiti, tähendab terast, mil- les C on 0,9%.

Nimetatud kolmest struktuurielemendist on tsementiit kõige kõvem, ferriit kõige pehmem; perliit asub kõvaduse poolest mõlema vahel, kuid lähemal ferriidile.

1. Terasestruktuurimuutused.

Kui vedelal terasemassil lasta aeglaselt jahtuda, siis hangub ta kõvaks teraseplokiks. Selle juures tekivad kõigepealt kristal- lid, mis koosnevad raua (ferriidi) ja raudkarbiidi (tsementiidi) ühtlikust segust, nn. segukristallid. Igas säärases segu- kristallis on üksikud struktuurielemendid nii hästi omavahel ühi- nenud, et neid ka kõige teravama mikroskoobiga ei saa üks- teisest eraldada. Nad on üksteises lahustunud, nagu näit. suhkur

võib vees lahustunud olla, ainukese vahega, et meil siin on tegu mitte vedela, vaid tardunud lahusega. Tardunud ja vedelad lahused on ühtlikkuse seisukohast täiesti võrdsed. Samuti nagu eri suhkrulahused võivad sisaldada üks rohkem teine vähem suhkrut, nii segukristallidki, s. o. tardunud lahus võib olenevalt terase süsinikusisaldusest sisaldada enam või vähem raudkarbiiti.

a) Tardunud lahuse ümbermoodustumine aeglasel jahtumisel. Vaatleme juhtu, kus tardunud lahus sisaldab 0,9% süsinikku. See lahus jääb aeglasel jahtumisel püsima kuni 700° C; edasisel jahtumisel ta laguneb kaunis järsku ferriidi ja tsementiidi seguks ehk lühemalt perliidiks. Edasisel jahtumisel viimane jääb muutumatuks püsima.

Kui aga terase süsinikusisaldus on suurem või väiksem kui 0,9%, sünnib ümbermoodustumine veidi teisiti: esiteks ta algab juba enne jahtumist 700 kraadini Celsiuse järgi; teiseks ei lagune tardunud lahus korraga, vaid aeglaselt, eraldades esmalt ferriiti, kui terases on C alla 0,9%, või tsementiiti, kui terases on C üle 0,9%. Seetõttu tardunud lahus läheneb koosseisult eutektilisele lahusele, milles C-d on 0,9%, ja, selle saavutanud, muutub edasisel jahtumisel kiiresti perliidiks.

Kokkuvõetult näeme, et terase aeglasel jahtumisel saame tuntud struktuurielemendid:

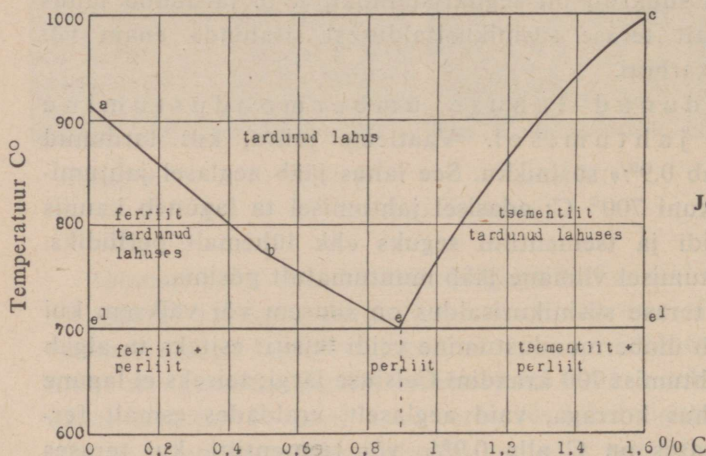
terases C-sisaldusega 0,9% — perliidi,

„ C-sisaldusega alla 0,9% — ferriidi + perliidi,

„ C-sisaldusega üle 0,9% — tsementiidi + perliidi.

Joon. 6 on kujutatud temperatuurid, mille juures loeteldud ümbermoodustused sünnivad. Horisontaalsele teljele on kantud terase C-sisaldus ja püstteljele temperatuurid. Joon. a—b—e osutab temperatuure, mille juures algab ferriidi eraldumine, ja joon e—c temperatuure, mille juures algab tsementiidi eraldumine. Joon. e—e on ühine kõigil terastel; siit allapoole algab kiire perliidi tekkimine.

Kui jahtunud terast soojendada küllaldase kõrguseni, siis eelkirjeldatud muutused tekivad vastupidises järjekorras, s. o. perliit ja ferriit või vastavalt tsementiit lähevad jällegi lahusesse ning tekib meile juba tuntud tardunud lahus.



Joon. 6. Süsi-
raud-ühendi
diagramm.

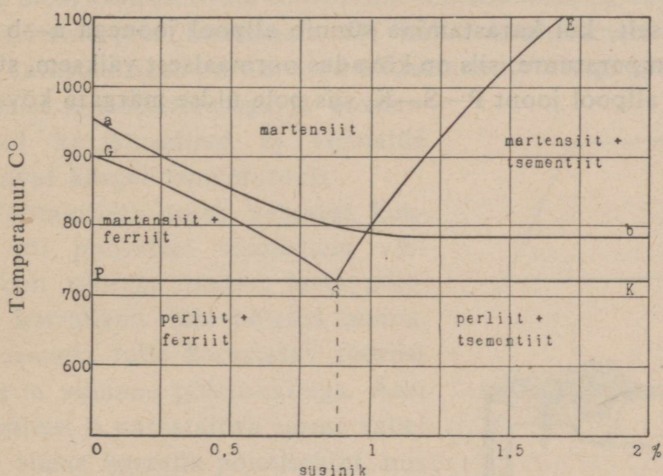
b) Tardunud lahus järsul jahtumisel. Eespool kirjeldatud übermoodustumised on võimalikud ainult juhul, kui kuumutatud terast jahutatakse aeglaselt, andes seega tardunud lahusele võimalust lagunemiseks. Kuid kuumutatud terase väga järsul jahutamisel ei jõua tardunud lahus laguneda ja perliiti (ka ferriiti või tsementiiti) moodustada, vaid ta jääb püsima ka harilikul temperatuuril. Loodus on nagu üle trumbatud, sest meil õnnestus säärase võttega saada toatemperatuuril struktuuri-elemente, mis põhiliselt võivad olelda vaid hoopis kõrgematel temperatuuridel. Selles seisneb terase karastamise põhimõte. Säärast harilikul temperatuuril püsivat tardunud lahust nimetatakse martensiidiks (joon. 7).



Joon. 7. Martensiit.

Martensiit on väga kõva ja et ta on kunstlikult tekkinud, hakkab ta juba mõnesajakraadilisel temperatuuril osaliselt lagunema, mille tõttu ka kõvadus väheneb. Kirjeldatud nähtust nimetatakse terase järelelaskmiseks. Olenevalt järelelaskmise temperatuurist saame eri kõvadustega struktuurimoodustisi, nagu sorbiit, troostiit ning lõpuks perliit.

c) Kohaseim karastustemperatuur. Üksikutele terasesortidele kohased karastustemperatuurid on hõlpsasti määratavad, kui arvestame eespool kirjeldatud struktuurimuutusi. Teras, milles süsinikku on 0,9%, tuleb karastamiseks kuumen-



Joon. 8. Karastustemperatuuride diagramm.

dada nii kõrgele, et kogu perliit lahustub. See sünnib, kui ületame joone P—S—K (joon. 8), s. o. kui soojendame terase veidi üle 720° C. Terasid, mille süsinikusisaldus on madalam kui 0,9%, tuleb kuumutada karastamiseks kõrgemale, et ka neis leiduv ferriit lahustuks; see tähendab, neid teraseid tuleb soojendada üle muutumisjoone G—S. Lõpuks teraseid süsinikusisaldusega üle 0,9% tuleb kuumutada vaid nii kõrgelt, et perliit lahustuks, neis leiduv väga kõva tsementiit aga mitte, see tähendab, neid

tuleb soojendada vaid veidi üle joone P—S—K ehk umbes veidi üle 720° C. Kui nende teraste kuumutamine karastamiseks sünniks märksa kõrgema temperatuurini, minnes isegi üle muutumisjoone S—E, mille juures ka tsementiit lahustub, siis oleks karastamise lõppresultaadina saavutatav struktuur väga jämeda-toimne ja seega terase kõvadus oleks väiksem, haprus aga märksa suurem. Seega joonega a—b on kujutatud olenevalt süsinikuisaldusest mitmesugustele süsinikterastele kohaseim karastustemperatuur. Mõju avaldavad seejuures veel karastatava eseme suurus, lisandid, nagu mangaan, kroom jne., ja karastus-vedelik.

Üldiselt, kui karastamine sünnib allpool joonega a—b märgitud temperatuure, siis on kõvadus normaalsest väiksem, sünnib see aga allpool joont P—S—K, siis pole üldse märgata kõvaduse tõusu.

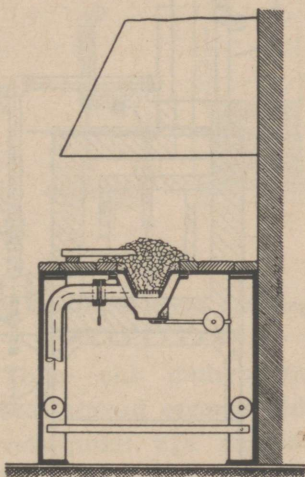
III. Vahendid ja abinõud terase soojendamiseks.

1. Karastusahjud.

Algelisim abinõu karastatavate esemete soojendamiseks on sepaääs. Otstarbekohaselt võib seda kasutada ainult väiksemate, mitte üleni karastatavate tööriistade soojendamiseks, nagu meislid, treiterad jne. Suuremate või kujult keerukamate tööriistade karastamiseks on ääs vaid hädaabinõu või olgu siis, et on tegemist kiirlõiketerasega ja olemasolevad karastusahjud ei võimalda nõutavat kõrget temperatuuri.

Töötamiseks tuleb pehmest kok-sist või puusütest valmistada võimalikult suurem tulease, lasta põletisel korralikult läbi põlema minna, siis asetada tulle karastatav tööriist ja katta viimane põletisekihiga. Ääsi õhupuhuri ja karastatava eseme vahel peab olema korralik põletisekiht, mis ära hoiaks, et puhuri tuul ei jõuaks kuumutatava teraseni ja seeläbi ei tekiks süsiniku väljapõlemist terase pinnalt.

Karastustöödeks väga sobiva ääsi on arendanud tehas „Poldihütte“ (vt. joon. 9). Säärasel ääsil sügava tulepesa tõttu on põletisekiht küllaldaselt paks; lisaks sellele õhk soojendub ette ja jaotub ühtlaselt, sest ta juhitakse tuleruumi läbi suure hulga kitsaste pilude.



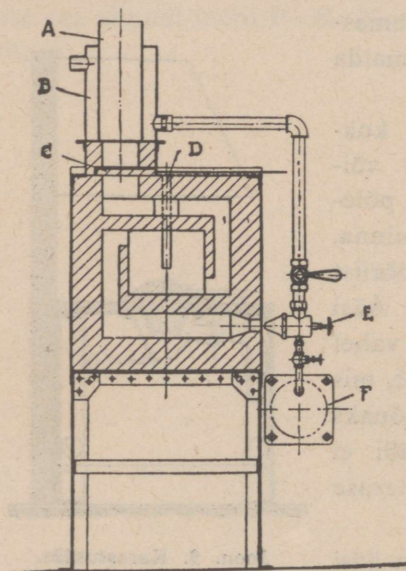
Joon. 9. Karastusääs.

Ääsiga töötamisel on sagedasti kasulik asetada koksist tule-
asemesse ühest otsast kinnine raudtoru; viimane moodustab
väikese kolde, mis kaitseb karastatavat tööriista õhupuhurist
tuleva tuule eest (joon. 10).

Joon. 10. Raudtoru-kolle.



Üldiselt tuleb ääsiga karastamisel töötada hästi nõrga tuu-
lega ja esemeid tuleb sagedasti pöörata, et nad soojeneksid
läbi võimalikult ühtlaselt.



Joon. 11. Karastusahhi.

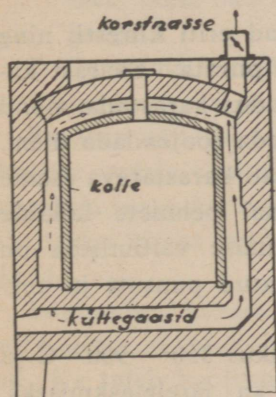
Korralikult sisustatud töö-
koda aga peab tingimata
omama karastusahju. Säärase
ahju suhtes on nõuded ääsiga
võrreldes märksa suuremad.

Heal karastusahjul tempe-
ratuur peab olema muutumatu
ning kogu kolde ulatuses
täiesti ühtlane. Sellele nõu-
dele vastavad vahest kõige
enam elektriahjud, mille
vooruseks peale muu on ka
hõlpus, enamasti automaatne
temperatuuri reguleerimine.
Elektriga köetavaid karas-
tusahje valmistatakse väga
mitmesuguseid kujult ja
suuruselt, kusjuures kuni
950°C kasutatakse ahjukol-

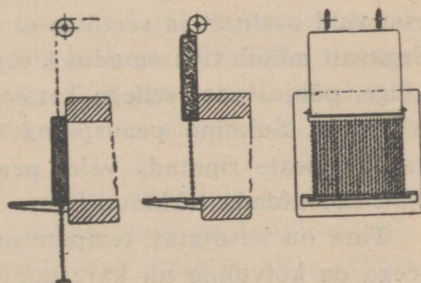
desse monteeritud kiirgavaid CrNi-traadist küttespiraale või
-linte. Ahjude juures, mis on määratud töötamiseks kõrgel tem-
peratuuril, s. o. 900° kuni 1300° C, kasutatakse siliit-küttepulki.

Peale elektriahjude ehitatakse karastusahje gaas-, õli- ja koksküttega. Meie olukorras on väga kohased õliküttega karastusahjud, kuna põletiseks sobib väga hästi meie põlevkiviõli. Valgustusgaas seevastu pole igal pool kättesaadav ja koksküttega karastusahjud on kaunis raskesti reguleeritavad.

Joon. 11 on kujutatud õliküttega karastusahi, nn. leekahi; siin küttegaasid läbivad ahjuruumi ja lähevad siis korstnasse. Õlipaak asub veidi kõrgemal, nii et õli jookseb omal raskusel õlipihustisse. Nõutav õhurõhk säärasel ahjul on enamasti umbes 400 mm veesammast.



Joon. 12. Karastusahi.



Joon. 13. Karastusahju uks kardinaga.

Teine liik karastusahje on nn. kolle- ehk muhvelahjud (joon. 12), mille paremuseks on, et karastatavad esemed üldse ei puutu kokku küttegaasidega. Muhvelahjudes aga enamasti ei saavutata nii kõrget temperatuuri kui leekahjudes, sest soojusülekanne toimub vaid kaudselt, kiirgamise teel.

Karastusahjude ukсед enamasti on ehitatud rullide peal rippuvatena ning kergeks liikumiseks nad on raskusega tasakaalustatud. Üldiselt ukse avamisel, kui tahetakse ahju paigutada või sealt välja võtta suuremaid või suuremat hulka väiksemaid esemeid, tuleb uks hoida lahti võrdlemisi kaua; sellega

aga langeb ahju temperatuur. Joon 13 kujutatud uks on varustatud raudkettidest kardinaga, mis aitab nimetatud pahet tublisti vähendada.

2. Soojendamine sulametallides ja soolasegudes.

Karastatavate esemete soojendamiseks kasutatakse peale kirjeldatud ahjude veel sulametalles, peaaasjalikult seatina, ning kuumvedelaid soolasid või nende segusid. Sulatamine toimub tugevas raudtiiglis kas erilises sellekohases ahjus või väikestes kogustes lihtsalt ääsil.

Tina sisse riputatud esemed soojenevad eriti kiiresti, ning kuumutatavat piirkonda võib väga järsult piirata. Säärast karastusviisi kasutatakse siis, kui tekib vajadus karastada mõnd eset vaid osaliselt ja seetõttu ei soovita teda soojendada üleni. Segavalt mõjub tina omadus kleepuda kohati karastatava eseme külge, põhjustades sellega karastatud pinnal pehmete laikude tekkimist. Sulatina pealispinna oksüdeerumise vältimiseks on kasulik peale riputada veidi peenekstõugatud puusütt ja aegajalt kõrvaldada tekkinud kõnts.

Tina on kasutatav temperatuurivahemikus 350° — 900° C ja seega on kõlvuline nii karastamiseks kui ka järelelaskmiseks. Et tinaaurud on väga mürgised, siis võib töötada vaid hea äratõmbega varustatud ahjuga. Igal juhul ei saa soovitada pidevat töötamist tinaga, vaid tinavann olgu varutud vaid erijuhtudeks.

Karastamiseks kasutatavatest sooladest oleks nimetada näit. järgmine segu: 2 osa kloorkaaliumi (KCl) + 1 osa kloorbaariumi (BaCl_2). Selle segu sulamistäpp on 640° ja kasutamiskiirkond 680° ja 1000° vahel. Kiirlõiketerase karastamisel kuni 1350° leiab kasutamist puhas kloorbaarium, kuid pikema kasutamise järel see sool laguneb osaliselt ning mõjub siis terasele selle pinnalt süsinikku eraldavalt. Tagajärjeks on, et karastatud esemed evivad normaalsest pehmemat välispinda.

Uuemat ajal on turule ilmunud patenteeritud karastussoolad, mis olenevalt koosseisust hästi sobivad kas karastamiseks, tsementeerimiseks või järelelaskmiseks.

Karastamine soolasegudega ei leia meil veel peaaegu sugugi kasutamist; välismaade suuremates karastustöökodades seevastu kasutatakse seda õige palju peamiselt järgmistel põhjustel:

- 1) Temperatuur on märksa ühtlasem kui tavalistes karastusahjudes.
- 2) Läbisoojendus teostub võrdlemisi kiiresti ja väljaulatuvad kui ka õhukesed kohad ei kuumutu üle. Õhukesed esemed, kuna nad vabalt ripuvad, ei kõverdu ega paindu nii kergesti.
- 3) On võimalik osalinegi karastamine, kui karastatav ese soojendamiseks mitte üleni kasta soolasegusse.

Peaaegu kõikidel sooladel on omadus karastatavat eset katta õhukese vedela soolakorraga, mis aga karastusvedelikus maha kargab ja seega karastumist ei sega. Küll aga kaitseb nimetatud kiht terast õhuga kokkupuutumise eest teel ahjust jahutusvedelikuni.

Töötamisel karastussooladega tuleb piinlikult hoiduda, et nad kuidagi ei satuks kõhtu, sest mõned neist on kaunis mürgised. Ka tuleb hoolitseda, et sissekastetav terasese oleks täiesti kuiv ja veidi ettesoojendatud; vastasel korral paiskub kuuma sula soolasegu pritsmetena laiali, mis võivad tekitada põletushaavu.

3. Temperatuuri mõõtmine.

Teatavasti hõõguvad kõik kuumutatavad kehad teatud temperatuurist alates, alul vaevalt nähtavalt, hiljem tumepunaselt, siis tõusva temperatuuriga ikka tugevamalt ja heledamalt kuni helevalgeni. Hõõgvärvused ilmuvad ikka samas järjekorras, kusjuures teatud hõõgvärvus vastab kindlale temperatuurile.

Teatud vilumuse juures võib seepärast temperatuuri määrata terase hõõgvärvuste järgi. Tuleb ainult silmas pidada, et ereda

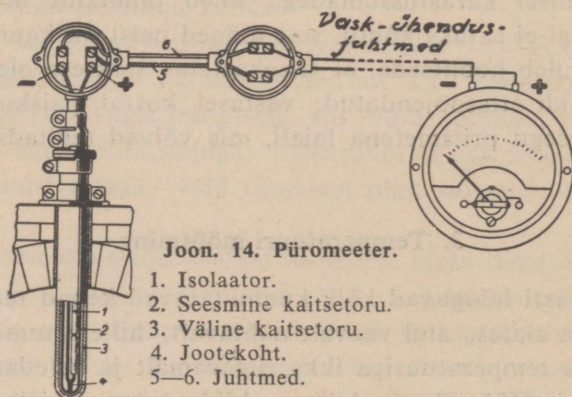
päikesevalguse käes hõõguv terasetükk paistab tumedamana ja seetõttu võib ta temperatuuri kergesti hinnata madalamana kui õige. Alljärgnevas tabelis on toodud sagedamini kasutatavad hõõgvärvused ja neile vastavad temperatuurid.

Tabel nr. 6.

Hõõgvärvused.

Temperatuur C°	Hõõgvärvused
650	pruunikaspunane
700	tumekirsspunane
750	kirsspunane
800	helekirsspunane
850	lõhekarva-punane
900	kollakaspunane
950	kollane
1000	sidrunkollane
1100	kollakasvalge
1200	valge

Täpsemaks temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse kuni 500° C (järelelaskmisel) kvartsklaasist termomeetreid; üle selle aga enamasti termoelektrilisi püromeetreid (joon. 14).

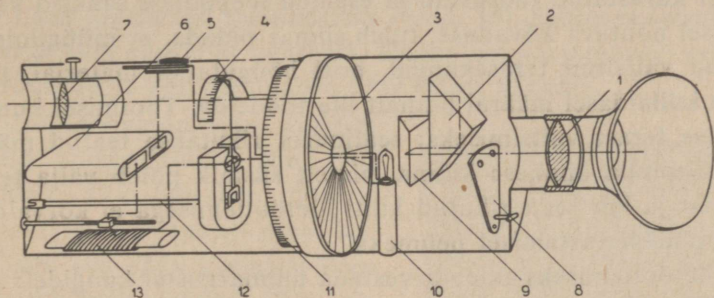


Joon. 14. Püromeeter.

1. Isolaator.
2. Seesmine kaitsetoru.
3. Väline kaitsetoru.
4. Jootekoht.
- 5—6. Juhtmed.

Viimaste töötamisprintsip on järgmine: kui kaks eri metallist traati otsapidi kokku joota ja jootekohta soojendada, siis saame vabade külmade otste vahel nõrga, millivoltides mõõde-

tava elektromotoorse jõu. Mõõduriist, s. o. voltmeeter, mille abil mõõdetakse seda pinget, on harilikult jaotatud soojuskraadidesse, nii et on võimalik lugeda vastavat temperatuuri otse kraadides. Termoelement on ümbristatud portselanist ning metallist kaitsetoruga, mille ots ulatub karastusahju. Termoelementide valmistamiseks kasutatakse järgmisi metalle: kuni 1100°C nikkel ja kroomnikkel, kuni 1600°C plaatina ja plaatina-roodium.



Joon. 15. Optiline püromeeter.

1 — okulaari lääts. 2 — prismad. 3 — värviline klaasketas. 4 — voolumõõtja reguleerimiskaala. 5 — voolukontakt. 6 — taskulambi patarei. 7 — objektiivi lääts. 8 — siiber punasest klaasist. 9 — valguslaik. 10 — lambike. 11 — temperatuuri skaala. 12 — voolunäitaja reguleerimiskruvi. 13 — reguleeritav takistus.

Peale termoelektriliste püromeetrite leiavad kasutamist veel nn. kiirgamis- ehk hõõgniit-püromeetrid.

Siin võrreldakse hõõguva keha valguskiiri kindla püsiva valgusallikaga, milleks on väike hõõglamp. Viimase valgustugevust kas vähendatakse või suurendatakse ettelülitatava värvilise klaasi abil, kuni hõõguva keha ja lambi hõõgniidi poolt tekitatud valguslaigud ühtuvad nii, et silm ei saa neid enam üksteisest eraldada. Sealjuures värviklaasi seademoõõt on ühtlasi temperatuuri mõõdupuuks (joon. 15).

Hõõglampi toidab taskulambi patarei, mille pingelangust saab reguleerida muutliku takistuse abil. Kirjeldatud püromeetrit saab kasutada temperatuuri mõõtmiseks piirides $750\text{—}1200^{\circ}\text{C}$ või $1100\text{—}1800^{\circ}\text{C}$ vahel. Mõõtmise täpsus oleneb vaatlejast ning teatud hoole juures on tagajärjed küllaltki rahuldavad.

IV. Töövõtteid karastamisel.

1. Teras ületöötlemine enne karastamist.

Et karastatud tööriistad ja esemed tööpoolest saaksid karastamisel nõutava kõvaduse, tuleb silmas pidada, et müügilolevad taotud valtsitud terasekangid, eriti hõõgutatud materjal, tuleb enne küllaldaselt määral pinnalt üle töödelda. Tootmisel kuumutatakse terast valtsimiseks; sealjuures rikutakse teatud määral ta välispinda õhukese kihina, nimelt süsinik põleb välja terase pinnast ja kui seda rikutud kihti ületöötlemisega ei kõrvaldata, jääb pind karastamisel pehmeks.

Ületöötlemiseks tuleb arvestada ümmargustel kangidel:

kangi Ø olles	5 kuni	10 mm	—	umbes 2 mm	kangi läbimõõdust
„ Ø „	10	„ 30	„ —	„ 3	„ „ „
„ Ø „	30	„ 60	„ —	„ 4	„ „ „
„ Ø „	60	„ 120	„ —	„ 5	„ „ „

Kandiliste teraselattide puhul tuleb kasutada ligikaudu samu arve.

2. Hõõgutamine.

Hõõgutamise all mõistame terase soojendamist teatud temperatuurini ühes järgneva rohkem või vähem aeglase jahtumisega.

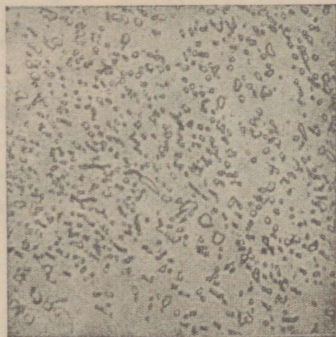
Tuleb vahet teha järgmiste hõõgutamisviiside vahel.

Normaalsekshõõgutamise ehk normaliseerimise ülesandeks on kõrvaldada ebaühtlus terase struktuuris ning sellega kaasaskäivad sisemised pinged. Karastamisel sisemised pinged põhjustavad pragude tekkimist või vähemalt eseme tugevat kissitõmbumist ning kõverdumist. Nimetatud hõõgutamisviisi kasutatakse peamiselt pärast valtsimist või tugevat sepi tamist terase viimiseks nn. normaalseisukorda. Normalisee-

rimisel teras soojendatakse umbes karastustemperatuurini ning lastakse tal siis õhu käes jahtuda.

Pehmekshõõgutamine peab terase viima säärasesse seisukorda, et ta oleks pingevaba, võimalikult pehme ning seetõttu hästi töödeldav ja peale selle eviks karastamiseks soodsaimat struktuuri. Perliit, mida õppisime tundma eespool, on harilikult kihiline, moodustades väikesi pulgakesi. Pehmekshõõgutamisel need lagunevad kuulikesteks (joon. 16). Säärases seisukorras teras evib suurimat pehmust, ühtlasi on karastamisel terase kõverdumise ja kõmmeldumise ohtu kõige vähem.

Pehmekshõõgutamiseks süsinikteraseid soojendatakse üle 700° (vt. joon. 17), hoitakse lühikest aega sel temperatuuril ning lastakse neil siis väga aeglaselt koos ahjuga või kastis jahtuda. Näit. süsinikteras $C = 1,2\%$ saab suurima pehmuse, kui ta soojendatakse 760° -ni, lastakse tal korralikult läbi soojeneda ning siis aeglaselt jahtuda. Sealjuures jahtumise kiirus kuni 650° ei tohi ületada 1° minutis. Sellest temperatuurist allates võib jahtumine sündida küll võrdlemisi kiiresti, kuid soovitav on siiski aeglane jahtumine, sest see tagab ühtlase kõvaduse kogu materjalis.

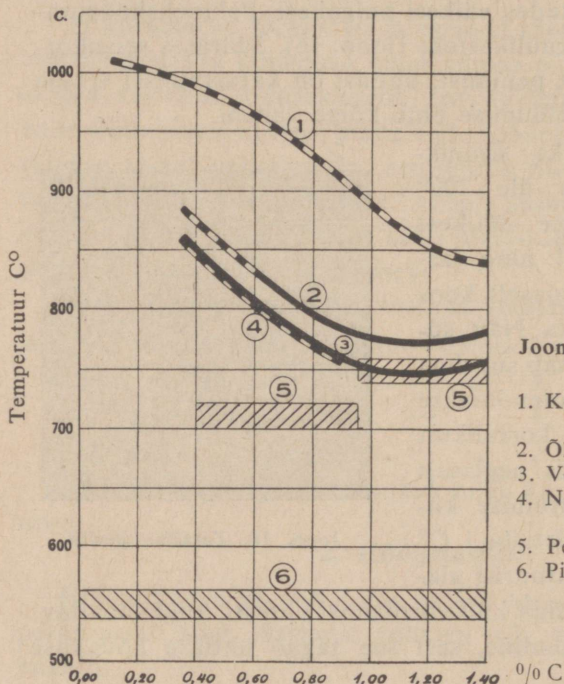


Joon. 16. Teraline perliit.

Süsinikteraste soodsaimad sepistamis- ja soojuskäitlustemperatuurid on kokkuvõtlikult toodud joon. 17.

Juhul, kui kord karastatud tööriista tuleb teiskordselt karastada, peab teda vahepeal tingimata hõõgutatama, s. o. kuumutatama punase hõõgvärvuseni, ja tal pikkamisi jahtuda lastama, vastasel korral esimesest karastusest tekkinud pinged suurenevad veelgi ja sääraselt karastatud tööriist praguneb või kõverdub tugevasti.

Kui töödeldud esemetel on väga mitmesuguseid põiklõikeid või nad on haralised, siis tuleb neid enne viimase laastu võtmist hõõgutada sellest hoolimata, et osad on töödeldud varemhõõgutatud terasest. Nimelt treimisel ja freesimisel, s. o. külmalt laastu eraldamisel, saavad materjali osakesed töötluseseme pinnal tugevasti muljuda, mille tagajärjeks on sisemiste pingete tekkimine.



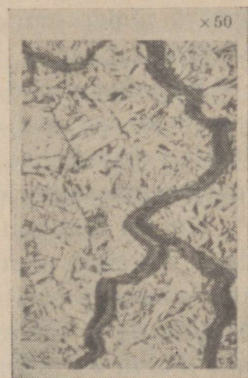
Joon. 17. Süsinikteraste soojuskäitlusdiagramm.

1. Kõrgeim sepiamistemperatuur.
2. Õlikarastus.
3. Vesikarastus.
4. Normaliseerimine ehk normaalsekshõõgutamine.
5. Pehmekshõõgutamine.
6. Pingetukshõõgutamine.

Et vältida süsiniku väljapõlemist terase pinnast hõõgutamisel, pakitakse hõõgutatavad esemed koksipuru või puusöepuruga täidetud raudkasti. Puhtast puusöest parem on kuiva räniliiva ja puusöepuru segu, pool poolele; selliselt pole karta süsiniku juurdekasvu terases, mis enamail juhtudel on mitte-soovitav.

Kuna terase pinna kaitsmine on olulise tähtsusega ka karastamisel, käsitleme seda küsimust pikemalt eri osas.

Hõõgutamisel tuleb jälgida, et temperatuur ei tõuseks liiga kõrgele, sest selle tagajärjel muutuks teras jämedatoimeliseks ja ta sitkus langeks. Juhul, kui seda siiski on sündinud, on see viga parandatav sel teel, et hõõgutatakse teiskordselt, seekord juba õige temperatuurini. Kui aga temperatuur tõuseb sedavõrd kõrgele, et teras võtab valge hõõgvärvuse ja hakkab juba sädemeid pilduma, siis põleb terases olev süsinik ära, üksikute kristallide vahele jäävad põlemisjäänused ja side kristallide vahel osutub rikutuks (joon. 18). Säärane teras on „ära põletatud“. Teda parandada on võimatu ja kasutamiseks on ta kõlbmatu.



3. Ettevalmistus karastamiseks ning vahendeid terase pinna kaitseks.

Kõik terased, kui neid hõõgutamise või karastamise otstarbel lahtiselt, s. o. õhuga kokku puutudes kuumutada, kattuvad tagiga ja ühtlasi võib süsinikku välja põleda terase pinnast. Nimetatud pahede vältimiseks tuleb kuumutatav teras pakkida sobivatesse ainetesse raudkasti või katta sellekohase kaitsekihiga. Praktilist kasutamist leiavad järgmised pakkimisvahendid.

Joon. 18.
„Ärapõletatud“ teras.

Kuivatatud, peenendatud ning tolmuwabaks sõelutud ühtlase tükisuurusega puusüsi on sobiv nii legerimata kui ka legeritud teraste pakkimiseks, kusjuures soojuskäitlusel temperatuur ei tohi tõusta üle 800° , vastasel korral süsi mõjub tsementeerivalt.

Müügilolev puusüsi, kui teda tahetakse kasutada terase pakkimismaterjaliks, tuleb kõigepealt kinnises raudnõus 900° käes kuivatada ja vabastada gaasidest, samas kinnises nõus jahutada lasta, peenendada sobivateks hernesuurusteks tükkideks ning sõelumise teel vabastada tolmust.

Läbipõletatud, peeneteraline sõelutud koks on väga sobiv materjal igasuguste teraste pakkimiseks soojuskäitluse otstarbel. Kasutatavate temperatuuride vahemik sealjuures on piiramatu; eriti sobiv on aga koks temperatuuridel üle 800° C. Kasutatav koks peab olema hea küttekoks, mitte valu-koks. Suuremaid tükke tuleb veidi peenendada, siis lahtises raudkorvis korralikult läbi põletada (väävli eraldamiseks), sobiva sõmeruseni peenendada ning tolmust vabastamiseks läbi sõeluda.

Juba kasutatud puusütt kui ka koksipuru võib korduvalt kasutada, kui nad enne täiendavalt läbi sõelutakse ning raua-tagist vabastatakse. Viimase juuresolu on eriti kardetav kõrge-matel temperatuuridel nagu näit. kiirlõiketerase karastamisel.

Kui on tegemist raskemate esemetega või poleeritud pinda-dega, siis tuleb pinnad katta peenema koksipuruga. Soovitatakse ka esemete paberisse pakkimist ja alles sel kujul koksipurusse paigutamist. Säärase võttega välditakse pinna rikkumised, sest muidu võivad kõvad koksiterakesed kuuma terasel mulju-tusi tekitada.

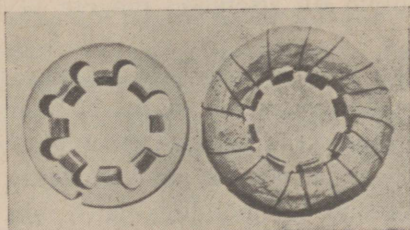
Naha- ja kondisüsi leiavad samuti kasutamist poleeritud pin-dade kaitsmisel. Et aga nimetatud ained mõjuvad tugevasti tsementeerivalt, siis nende kasutamisel tuleb piirduda väikse-mate esemetega, mille soojendamisaeg on lühike, ja peale selle temperatuur ei tohi tõusta üle 800° C.

Eriti ettevaatlikult tuleb talitada kiirlõiketerasega. Siin ei tohi mingil tingimusel pakkimiseks kasutada tsementeerivalt mõjuvaid aineid nagu naha- või puusütt, tarvitatud tsementee-rimisipulbreid jne. Kõrgel temperatuuril terase pind rikastuks lubamatul määral süsinikuga, mille tagajärjel pind hakkab kas kohati sulama või muutub väga hapraks.

Pakkimiseks kasutatavad raudnõud nagu potid, kastid ja kausid peavad oma vormilt ja suuruselt hästi sobima pakitavate esemetega ning olema varustatud kaanega. On kasulik kasu-tada mitut väikest kasti ühe suurema kasti asemel, milles soojen-

damisaeg oleks asjatult pikk. Kastid peavad olema vabad roostest ja tagist, sest mõlemad mõjuvad terasele tugevasti pinnalt süsinikku eraldavalt. Eriti sobivad kastid valmistatakse rooste- ja kuumuskindlast terasest.

Peale loeteldud pakkimisainete leiavad paljudel juhtudel ots- tarbekat rakendamist veel kaitsekihid, mis terasele peale kantakse kas pastakujuliselt või paksu vedelikuna. Olgugi et kaitse ei ole vahest nii täiuslik kui pakkimisel kasti, on siin soojendamisaeg aga märksa lühem ning temperatuur paremini jälgitav. Säärastest kaitsevahenditest soovitatakse pastat talgist ja põletuspiiritusest kui sobivat õlis või õhus karastuvate teraste jaoks. Sealjuures terase soojendamisaeg karastamiseks ei tohi ületada 10 minutit, vastasel korral tuleb abiks võtta kasti pakkimine koksipuruga.



Joon. 19. Asbestiga kaitstud vindi-
lõikaja.

Pulbrikstõugatud põletatud boorhapet (H_3BO_3) riputatakse karastatavale punakaspruuniks kuumutatud terasele; seejuures boorhape sulab, moodustades klaasitaolise kaitsekihi. Boorhape on kasutatav mitmesuguste teraste jaoks, mille karastustemperatuur ei ületa $900^{\circ}C$. Veekarastuvate teraste puhul kaitsekihi paksus ei tohi ületada umbes 2 mm, vastasel korral jahutus ei tule täielik ning pind võib jääda pehmelaiguliseks.

Viilide karastamisel kaitstakse nende hambaid järgmise mas- siga: 1 osa nahasütt segatakse 2 osa jahu ja 2 osa keedusoolaga kokku ning lisandatakse niipalju vett, et segu oleks pudrutao-

line. On olemas pikk rida teisigi sellesarnaseid retsepte; neist mitmed pastad, eriti kiirlõiketerase kaitsmiseks, on müügil valmiskujul.

Kui tekib vajadus karastada mõnd riista ainult osaliselt, siis on omal kohal tinavann. Kuid heade tagajärgedega kasutatakse ka eseme osalist kinnimähkimist asbestnööri või mulkude ja puuraukude täitmist asbestpudruga ning saviga.

Joonisel 19 näeme karastamiseks sääraselt ettevalmistatud tööriista. Vabaks on jäetud vaid lõikehambad, kuna ülejäänud osa on kaitstud asbestiga ning ümber mähitud raudtraadiga.

4. Jahutusained ja -vahendid.

Tähtsamaid reegleid karastamisel on mitte järsemalt jahutada, kui just tingimata vajalik, sest mida järsemalt sünnib jahutamine, seda suurem on sisemiste pingete ja karastuspragude tekkimise oht.

Jahutusvedeliku valimisel on mõõduandev terase keemiline koosseis ning karastatava eseme suurus ja kuju, sest üks ja sama karastusvedelik mõjub seda ägedamalt, mida suurem on terase süsinikusisaldus ja mida väiksem on karastatav terasetükk oma mõõteilt. Näit. 50-mm läbimõõduga ja 1 mm paksune teras ketas jahtub ühes ja samas karastusvedelikus umbes 15 korda kiiremini kui samast terasest kuul, mille läbimõõt on 15 mm.

Kasutatavamate karastusainete jahutuskiruse järjekord on umbes järgmine:

1. Vesi + 10% seebikivi.
2. Vesi + 10% keedusoola.
3. Puhas vesi 18° C.
4. Naeriõli.
5. Glütseriin.
6. Mineraalõli.
7. Puhas vesi 50° C.
8. Seebivesi.
9. Õhk.

Karastamiseks kõige rohkem kasutatav jahutusaine on harilik 20° soe vesi. Kaevu- ja veevärgivesi on enamasti kõva, s. o. ta sisaldab rohkemal või vähemal määral lahustunud lubi- ja magneesiumsoolasid ning gaase. Mineraalsoolad, samuti gaasisisaldus karastamiseks kasutatavas vees on soovimatud. Karastusvedelikuna on seepärast pehme gaasivaba vesi nagu vihma- või jõevesi hoopis sobivam kui värske kaevu- või veevärgivesi. Karastusvesi tuleb loomulikult hoida puhas õlist, tolmust, tuhast ja muudest sellesarnastest ainetest, sest muidu ta kasutamisaeg on piiratud. Veekogu tuleb hoida sedavõrd suur, et ta päeva jooksul karastamistel ei soojeneks ülemäära. Lubjapiima, savi või seebi lisandamine karastusveele nõrgendab puhta vee karastusvõimet, kuna seebikivi või keedusoola lisandus mõjub eriti järsult karastavalt.

Tuleb silmas pidada, et soolases vees karastatud esemed roostetavad väga kergesti, mispärast on kasulik neid otse pärast karastamist korralikult pesta kuumas sooda- või lubjavees.

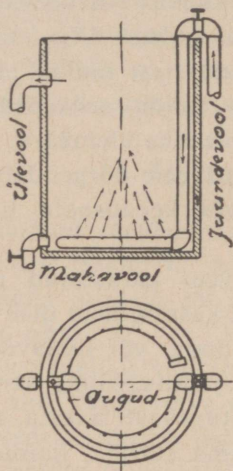
Karastusõlidelt nõutakse peale hea jahutusvõime veel järgmisi omadusi. Esiteks nad ei tohi liiga tugevasti aurata, tõrvas- tuda ega paksuks minna, kergesti põlema süttida, haiseda ega inimese ihunahale mõjuda. Neile nõudmistele vastab üldiselt kaunis hästi puhas naeriõli. Edasi sobib ka päris hästi puhas traan ja teatud määral ka toores linaseemneõli. Petrooleum oma madala leekpunktiga on tulekardetav ja sellepärast mitte hästi sobiv. On müügil ka erilised mineraalõlidest valmistatud kõrge leekpunktiga karastusõlid, mis eriti välismail leiavad väga rohket kasutamist.

Siinkohal tuleb tähelepanu juhtida asjaolule, et juhul, kui terase soojendamine karastamiseks sünnib soolaahjus, jahutus- ainenena on võimalik kasutada ainuüksi mineraalõli, kuna kõik ülejäänud õlid seejuures seebistuvad.

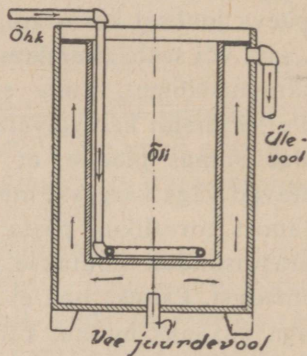
Karastamiseks kasutatavate õlide sobivamaks temperatuuriks on $30\text{—}70^{\circ}\text{C}$, sest sel temperatuuril nad on hästi vedelad ning nende jahutusvõime on seetõttu tavalisest märksa suurem.

Minimaalseks õlihulgaks on karastatava eseme maht võetud 50-kordsena.

Õhus karastamiseks harilikult vabast toaõhust enamasti ei piisa, vaid tuleb kasutada suruõhku vähemalt 0,1-atm. survega. Hoolt tuleb kanda, et suruõhk oleks veevaba, kuna muidu eriti kiirloometerased võivad karastamisel kergesti praguneda.



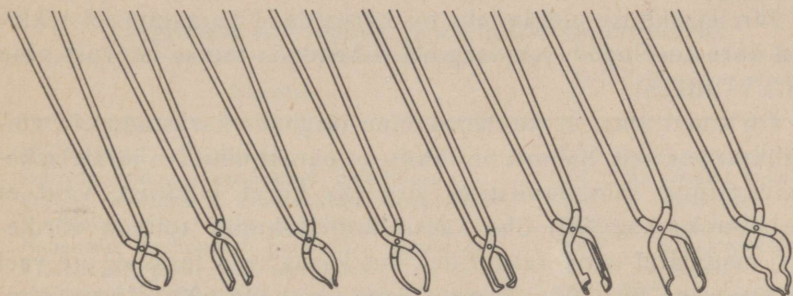
Joon. 20. Jahutusvedeliku anum vee jaoks.



Joon. 21. Jahutusvedeliku anum õli jaoks.

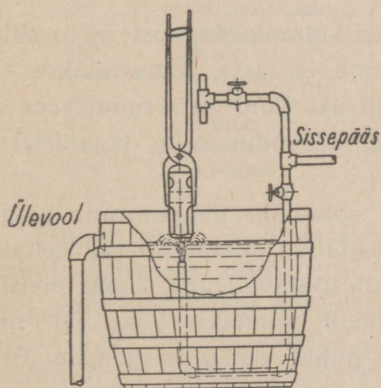
Jahutusvedelike anumad peavad olema küllaldaselt suured ning asuma võimalikult karastusahju läheduses. Suuremate esemete ning jooksva karastustöö puhul peab olema võimalus jahutusvedelikku läbi segada ning jahutada. Joon. 20 kujutab jahutusvedeliku anumad läbivoolava vee jaoks, kus külm vesi tõuseb põhjast läbi terve rea aukude üles. Joon. 21 on kujutatud jahutusvedeliku anum õli jaoks. Õli anumad ümbritseb jahutusvee nõu, milles võib vett pidevalt läbi voolata lasta. Õli anumad sisse ulatub ringitaoline aukudega varustatud õhutoru, mille kaudu võib õlisse suruda õhku ja teda niimoodi läbi segada. Iga õli anum peab olema varustatud korraliku kaanega, sest juhul, kui õli peaks põlema minema, on kaas parim kustutusabinõu.

Jahutusabinõude juurde kuuluvad ka karastuspihid. Viimased peavad oma ehituselt olema küllalt tugevad ja nii kujundatud, et nad haaravad karastatavaid esemeid ainult mõnes punktis. Joonisel 22 on näidatud rida kujult erinevaid karastuspihte.

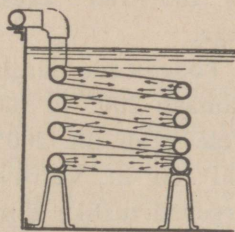


Joon. 22. Erikujulised karastuspihid.

Valtside kui ka mitmesuguste sügavate puurete ja õõnsustega tööriistade karastamisel leiavad kasutamist peenikeste aukudega varustatud pursktorud või pihustid. Joonisel 23 on näidatud lihtne pursktoruseadis haamrite ja sellesarnaste esemete karasta-



Joon. 23. Pursktoruseadis.



Joon. 24.
Pursktoruseadis.

miseks, kuna seadis joonisel 24 võimaldab valtside ja muude suuremõõteliste ja seetõttu raskesti liigutatavate esemete edukat jahutamist.

5. Järelelaskmine.

Järelelaskmise ülesandeks on kõrvaldada karastamisel tekkinud karastuspinged, samaaegselt vähendada terase haprust ning tõsta ta sitkust.

On soovitatav, et järelelaskmine järgneks karastamisele võimalikult peatselt. Samuti on tähtis, et pärast nõutava järelelasketemperatuuri saavutamist ei järgneks kiiret jahutust, vaid et see sünniks aeglaselt õhu käes. Järelelaskmine toimub võrdlemisi madalatel temperatuuridel, kus karastatud teras ei ole veel nii plastiline kui hõõgvärvuste esinemisel üle 600° . Järsu jahutamise tagajärjel tekivad väga tugevad sisemised pinged, mis eriti legeeritud riistateraste puhul peagu eranditult vabanevad karastuspragude näol. Kui jahutamine siiski osutub möödapääsmatuks, võib seks otstarbeks kasutada ainult õli. Erandi moodustavad vaid parendatavad CrNi-terased, mida pärast järelelaskmist tingimata tuleb jahutada õlis, sest aeglasel jahutusel muutuvad nad hapraks.

Esemeid, millelt nõutakse suurt kulumiskõvadust, nagu külmaltsid, mõõdukaliibrid jne., järele ei lasta, vabastatakse aga karastuspingetest sel teel, et neid üks kuni mitu tundi vees või õlis $100\text{--}180^{\circ}$ käes keedetakse. Kõvadus selle tagajärjel ei lange.

Tööriistade järelelaskmiseks sobivaim temperatuur kõigub enamasti 200° ja 500° vahel, kusjuures lõiketööriistad lastakse järele veidi üle 200° , löökide all töötavad aga, nagu meislid, kuni 300° -ni. Vetruvate osade puhul minnakse kuni 500° ning kõrgeväärtuslike kiirlõiketeraste puhul veelgi kõrgemale. Ettekujutuse üksikute järelelasketemperatuuride rakendamisest annab alljärgnev tabel; kuid tuleb kohe juurde lisada, et seda ei

saa võtta reeglina, sest mõõduandvad on ikkagi ainult praktilised katsed.

Kasutamist leiavad kaks järelelaskeviisi: karastatud terase omasoojusega või täiesti ärajahutatud karastatud terase uuesti soojendamise teel teatud temperatuurini.

Tabel nr. 7.

C-terasest tööriistade järelelasketemperatuurid.

Nimetus	Järelelasketemperatuur C°
Mööduriistad, külmvaltsid	100° vees keetmisel
Spiraalpuurid, graveertäpitsad, paberinoad	200° ehk nõrgalt kollakas
Freesid, metallisaed, käsihaamrid, vindipuurid	220° „ ölgkollane
Vindilõikepakid, vindipuurid, habemenoad	240° „ tumekollane
Nahanoad, vindipuurid, puupeitlid, augutemplid	260° „ pruunikaspunane
Käsimaislid, puufreesid, taskunoad	280° „ violetne
Puupuurid, kirved, sepameislid, lauanoad, vikatid	290—320° ehk sinine

Terase muutevärvused ja neile vastavad temperatuurid.

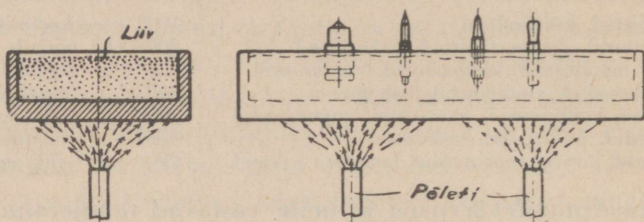
Temperatuur C°	Muutevärvus	Märkmeid
kuni 200	ei ole	Juhul, kui järelelaskmine toimub mitte
„ 220	helekollane	värvuse, vaid vastava temperatuuri järgi,
„ 240	tumekollane	näit. ölis, siis tuleb silmas pidada, et soo-
„ 250	kollakaspruun	jendamine ei tohi kesta kauem, kui et
„ 260	pruunikaspunane	soovitud temperatuur oleks saavutatud.
„ 270	punane (purpur)	Pikem hoidmine sama soojuse käes mõ-
„ 280	violetne	jub nii, nagu oleks järelelaskmine sün-
„ 290	tumesinine	dinud hoopis kõrgema temperatuurini.
„ 300	rukkilillsinine	
„ 310	helesinine	
„ 320	sinakashall	
„ 330	rohekashall	
üle 330	hall	

Esimest viisi rakendatakse enamasti lihtsamate tööriistade puhul; sääraseid tööriistu ei jahutata karastamisel mitte lõplikult, vaid kui punane hõõgvärvus on kadunud, nühitakse järelelastav koht kiiresti haljaks ja jälgitakse, kuni ilmub soovitud muutevärvus; alles siis jahutatakse riist lõplikult.

Järelelaskmine muutevärvuste järgi nõuab kogemusi, sest värvuste ilmumine ei olene ainuüksi temperatuurist, vaid teatud

osa mängib ka aeg. Üldiselt järelelaskmisel madalam temperatuur ja pikem aeg on oma mõjult võrdsed kõrgemale temperatuurile ja lühemale ajale.

Kui karastataval riistal on lastud täiesti jahtuda, siis tuleb teda järelelaskmiseks uuesti soojendada. See võib sündida kas tuleleegis, liivavannis või tulisel metallplaadil. Soojendamist alatakse otsast, mis töötavast kohast on kõige kaugemal, ja lõpetatakse, kui nõutav muutevärvus on jõudnud töötava otsani. Mitte-töötavad kohad on sel viisil natuke rohkem järele lastud ja



Joon. 25. Järelelaskmine tulise liiva abil.

evivad seetõttu suuremat sitkust. Joonisel 25 on näidatud tempel, kärn ning meislid järelelaskmisel liivavannis töötavate kohtadega ülespoole.

Suuremate lehtvedrude järelelaskmist on võimalik toimetada sel teel, et vedruleht kastetakse õlli ja lastakse õlil ümbert ära põleda. Tarbe korral tuleb seda korrata.

Järelelaskmisel õlivannis õlinõu peab olema pealt kaetud kaanega. Läbi viimase pistetakse termomeeter otsaga õlli, nii et kogu aeg on võimalik jälgida temperatuuri tõusu. Kasulik on järelelastavad riistad asetada vanni ja siis õli soojendada soovitud temperatuurini. Selle saavutamisel lõpetatakse soojendamine ja lastakse õlinõul pikkamisi jahtuda koos järelelastavate esemetega.

Kui järelelaskmine sünnib temperatuurini üle 350°C , siis õli ei ole enam kõlblik, sest ta läheks põlema. Sel puhul tuleb kasutada segu ühest osast kaalisalpeetrist ja ühest osast naatron-

salpeetrist. Nimetatud soolade sula segu on kõlblik järelelaskmiseks kuni 550° C.

On huvitav ära märkida, et järelelaskmisel õli- või soolavannis, kui karastatud ese pole üleni võrdse kõvadusega, pehmemate kohtade kõvadus ei lange kohe, vaid alles siis, kui ka kõvemad kohad on kõvadust niipalju kaotanud, et evivad sama kõvadust nagu pehmemadki.

6. Tööriistateraste karastamine.

Nüüdisajal on tarvitajal kasutada võrdlemisi suur arv mitmesuguseid tööriistateraseid, nii legeeritud kui ka puhtsüsinikteraseid. Eriti legeeritud teraste vastupidavus ja tööjõudlus pääseb alles siis täiel määral mõjule, kui nad on õigesti sepietatud, hõõgutatud ja karastatud. On selge, et ei saa olla mingit üldist karastuseeskirja, mis oleks maksev igal juhul; seepärast võib ainult soovitada silmas pidada ja hoolsalt täita terasetootjate poolt antavaid sellekohaseid eeskirju. Juhul, kui sääraseid käsituseskirjad puuduvad ja karastajal on terase mark tundmatu, võib sobiva karastustemperatuuri määrata võrdlemisi lihtsal teel. Valmistatakse ette rida väiksemaid terasetükke, neid karastatakse mitmesugustelt temperatuuridelt ning murtakse siis pooleks. Kõige peenema murdepinnaga terasetükk on karastatud õigelt temperatuurilt; ühtlasi evib ta ka suurimat kõvadust. Ülejäänud terasetükid on seega karastatud kas liiga madalalt või liiga kõrgelt temperatuurilt. Mõlemal juhul murdepind on jämedateraline ning kõvadus normaalsest väiksem. On soovitav, et sobivaima karastustemperatuuri määramine sünniks samas ahjus, milles kavatsetakse läbi viia tööriista karastamine, sest siis, kui pole tegemist liiga väikese prooviga, on võimalik samaaegselt määrata ka läbisoojendusaeg. Kuumutatava terase läbisoojendumine sünnib kõige kiiremini tina- või soolaahjus, märksa aeglasemalt õli või gaasiga köetavates ahjudes. Kõige aeglasem on aga läbisoojendumine elektriga köetavates ahjudes,

mispärast sagedasti jääb mulje, nagu oleks siin tarvilik kasutada tavalisest kõrgemat karastustemperatuuri.

Karastamisel tuleb teras kuumutada teatud temperatuurini, mille juures tuleb silmas pidada, et see ei sünniks liiga kiiresti, sest kuumus poleks sel puhul tööriista kõikides osades võrdne ja karastamisel oleks pragunemine möödapääsmatu. Eriti tuleb seda silmas pidada legeeritud teraste puhul, sest nende soojajuhtivus on süsinikterastega võrreldes märksa väiksem ning nende läbisoojendumisaeg seega vastavalt pikem. Kui kuumutamine sünnib küll paraja kiirusega, kuid ebahetlaselt, nagu see näit. pikkade vindipuuride karastamisel ääsil on kergesti võimalik, on jahutamisel samuti karta pragunemist või vähemalt riista tugevat viskumist. Ahjus, eriti aga ääsigas töötades, tuleb kuumutatavaid esemeid aeg-ajalt pöörata, et tagada võimalikult ühtlast läbisoojendumist. Säärased riistad, mis omaraskuse mõjul võivad kuumutamisel läbi painduda, nagu pikad hõõvliterad, tuleb asetada täiesti siledale ja õigele alusele; ahjupõhi enamasti pole selleks sobiv. Kui teras karastamiseks kuumutatakse liiga madalalt, s. o. alla õige karastustemperatuuri, siis jääb ta karastamisel pehmeks; paremal juhul lähevad kõvaks vaid servad ja õhemad kohad. Kui aga ta kuumutatakse liiga kõrgele, s. o. üle õige karastustemperatuuri, siis praguneb tööriist juba karastamisel või vähemalt jääb väga hapraks. On kasulikum niisugusel juhul karastus jätta teostamata ning lasta terasel kuivas tuhas pikka aega jahtuda ja siis uuesti kuumutada õige karastustemperatuurini. Tuleb hoiduda, et kuumutamisel ei tekiks süsiniku väljapõlemist terase pinnast, mille tagajärjel saaksime karastatud terasel pehme pealmise korra. Viiliga on seda kerge ära tunda, sest alul nakkab viil hästi, hakkab aga varsti libisema, kui juba kõvem teras vastu tuleb. Teiskordne karastamine siin ei aita, ta ainult süvendaks tähendatud pahet. Tuleb tarvitusele võtta üks eespool kirjeldatud kaitsmisviis, nagu pakkimine koksivõi puusööpurasse, või pinna katmine boorhappest kaitsekihiga.

Elektriga köetavates, kuid teisteski koldeahjudes on kasulik õhu oksüdeeriva mõju ärahoidmiseks asetada ahju sisse ukse lähedale paar suuremat puusöetükki. Heade ja usaldusväärsete püromeetrite puudumisel tuleb ahju temperatuur määrata hõõgvärvuste järgi. See ei tohi aga sündida ereda päikesevalguse käes või koguni väljas.

Karastamisel kasutatavad pihid ei tohi olla märjad, mis võiks haaramisel põhjustada karastatava terasetüki jahutamise alla karastustemperatuuri. Selgituseks järgmine näide: kui punaselt hõõguv terasetükk kasta vette ja kohe jälle välja tõmmata, seepeale uuesti vette lasta ja siis tal lasta selles lõplikult jahtuda, jääb terasetüki välispinnal õhuke kord pehmeks; selle all aga on teras täiesti kõvaks muutunud. Esimesel vettekastmisel karastus nimelt õhuke väliskoor, südamiku kuumus aga oli küllalt suur, et teda jälle pehmeks teha, kuid õiget karastustemperatuuri ta enam ei saavutanud ja teiskordsel jahutamisel jäi ta seetõttu pehmeks. Umbes sellesarnane on ka märgade või oma kujult mitteotstarbekohaste pihvide mõju.

Jahutusvedeliku valik on täiesti olenev terase sordist, kuid sageli on kasulik võtta tarvitusele nn. k o m b i n e e r i t u d j a h u t u s v i i s. Teras jahutatakse vees määrani, mil nähtavad hõõgvärvused hakkavad kaduma ning helisev hääl vaibuma; siis viiakse ta kähku üle õlisse, milles lastakse tal jahtuda lõpuni. Säärane kiire jahutamine külmas vees ühes järgneva lõpliku jahutamisega õlis või keevas vees on mitmeti kasulik. Karastus on lõpule jõudnud, kui terase välispind on jahtunud 200 — 300°-ni. Karastatud eseme lõhkemine või pragunemine ei järgne aga mitte otsekohe pärast välispinna jahtumist, vaid alles mõne aja pärast, kui lõplikult on jahtunud ka terasetüki sisemus. Alles siis tekivad tugevad sisepinged. Võetakse nüüd karastatavad esemed külmast veest enne sisemuse jahtumist ning viiakse üle õlisse, siis, kuna sisemusel on võimalus aeglaselt jahtuda, tasan-duvad õige suurel määral karastuspinged ning mõrade tekkimine jääb ära.

Suurte õõnsustega tööriistad, graveeritud pindadega stantsid nagu lusikastantsid ja suurte pindadega tööriistad nagu haamrid tuleb karastamisel pehmete laikude ärahoidmiseks jahutada vees pursktorude või pihustite abil. Kui sääraseid riistu jahutatakse lihtsalt vees, ei teki küllaldaselt vee liikumist, vesi kuumeneb eseme õõnsustes ja suurte pindade juures ülemäära, tekkiv aur ei saa ära voolata ja seetõttu just töötavad pinnad ei lähe küllaldaselt kõvaks.

Üldiselt võib jahutamiseks vaid väiksemail ja lihtsamail esemel, nagu kruvid, väikesed vedrud jne., lasta kukkuda otse karastusvedelikku. Eelduseks seejuures on, et vedelik eviks küllaldast sügavust, nii et esemed põhja langedes oleksid juba küllaldaselt jahtunud. Kõiki suuremaid ja keerukamaid esemeid, eriti aga tööriistu tuleb tingimata karastada üksikult. Karastusvedelikku tuleb neid suputada kindlas suunas ning samuti neid ka liigutada. Reegliski on, et piklikud esemed suputatakse karastusvedelikku telje suunas, lamedad ahtama küljega ees ja õõnsad esemed avaustega ülespoole. Mõningaid näiteid õige ja väärjahtusviisi kohta on toodud kõrvalolevas tabelis (joon. 26).

Peagu kõik tööriistad tuleb soodsama sitkuse saavutamiseks ning karastuspingete tasandamiseks järele lasta ja seda võimalikult kohe pärast karastamist, sest keeruka kuju või väga erinevate pöiklõigetega järelelaskmata tööriistad võivad praguneda päevade, isegi tundide järel pärast karastamist. Järelelaskmiseks tuleb valida sobivaim eespool kirjeldatud järelelaskeviisidest, kusjuures eriti võib soovitada järelelaskmist õlis, sest ta on kergesti reguleeritav ning mõjult väga ühtlane.

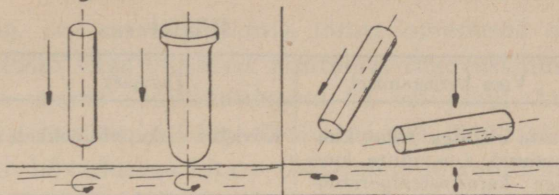
Alljärgnevalt on toodud tabeli kujul juba selgitatud ja tööriistaterase karastamisel sagedaimini esinevad vead ja nende parandamise võimalused.

Ese:

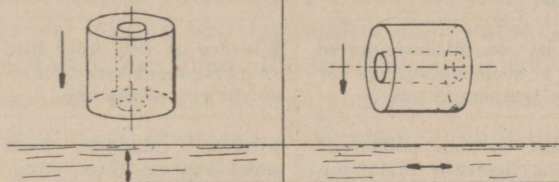
Õige karastamine:

Väär karastamine:

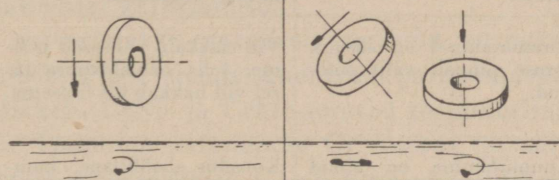
Pikad vardad,
templid, tihvtid
jne.



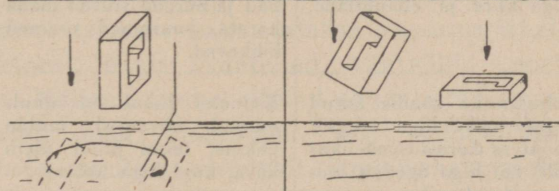
Silindrilised mulguga
kehad



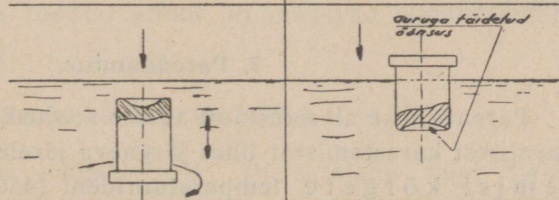
Lamedad kettad



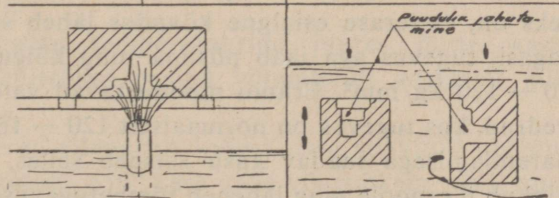
Plaadid



Õhukesed õõnsused



Sügavad õõnsused



Joon. 26. Õige ja väär jahutusviis.

Riistateras.

Viga karastamisel	Tagajärg	Kuidas viga parandada
Riista on liiga vähe kuumutatud, s. o. mitte kuni õige karastustemperatuurini.	Kõvadus väike, viil nakkab.	Hõõgutada ja korrata karastamist õigelt karastustemperatuurilt.
Riist on ülekuumutatud, s. o. soojendatud liiga kõrge temperatuurini.	Kõvadus on hea, kuid riist võib praguneda karastamisel või hiljem töötamisel.	Hõõgutada ja karastada õigelt karastustemperatuurilt uuesti.
Riist on „ära põletatud“, s. o. tugevasti ülekuumutatud.	Kõvadus rahuldav, kuid suure hapruse tõttu töötamiseks kõlbmatu.	Ei ole parandatav.
Kuumutamisel on süsinik terase pinnalt välja põlenud.	Viil nakkab, välispind pehme; selle eemaldamise järel viil hakkab üle libisema.	Hõõgutada, kõlbmatu väliskiht maha käiata, uuesti korralikult karastada.
Kuumutamine on olnud liiga kiire ja ebaühtlane.	Kõvadus ebaühtlane, hambad ja nurgad võivad maha karata, suuremad esemed lõhkevad.	Hõõgutada, uuesti korralikult karastada.
Jahutamine sündis antud terase jaoks liiga nõrgalt mõjuvas karastusvedelikus (õli) või liiga ägedalt mõjuvas (soolvesi).	Esimesel juhul on ainult nurgad kõvemad, muidu pehme, teisel juhul üleni kõva, kuid liiga habras.	Korrata karastamist, kasutades õiget jahutusvedelikku. Haprust vähendada tugevama järelelaskmisega.

7. Parendamine.

Parendamise all mõistame terase soojuskäitlust, mis koosneb tavalisest karastamisest ühes järgneva järelelaskmisega või dle m i s i k õ r g e t e temperatuurideni ($450 - 650^{\circ}$). Tagajärejeks on, et terase esialgne kõvadus läheb suuremalt osalt jälle tagasi, tugevus aga jääb püsima ning kõigub enamasti piirides $70 - 120 \text{ kg/mm}^2$. Erandi moodustavad vaid kõrgeväärtuslikud vedrud, kus tugevus on normaalselt $120 - 160 \text{ kg/mm}^2$. Peamine parendamisega saadav kasu seisneb selles, et terase voolupiir nihkub ülespoole ning läheneb tõmbetugevusele. Edasi, sitkus on

märksa suurem ning, mis on väga tähtis, terase omadused on kogu terasetüki ulatuses väga ühtlased. Suuremat tugevust ning kõrgemat volupiiri saame soojuskäitlusega ka sel juhul, kui kasutada näit. terast võrdlemisi kõrge C-sisaldusega. Kuid säärase suure loomuliku kõvadusega terase töötlemine lõiketööriistadega on tublisti raskendatud. Parendatavate teraste puhul aga on töötlemine võrdlemisi hõlpus, sest see sünnib enne parendamist pehmes olekus. Osad, mis üleni töödeldakse, on kasulik enne parendamist ruppida. Keeruka kujuga esemed, kus töötlemisega kõrvaldatakse rohkesti materjali, tuleb enne parendamist normaalseks hõõgutada, millega hoitakse ära eseme ülemäärane kõmmeldumine (viskumine) karastamisel.

Süsinikterastest parendatakse peamiselt teraseid süsinikusisaldusega 0,2 — 0,6%. Peale nende kuuluvad parendatavate teraste hulka veel nikkel-, CrNi- ja CrMo-terased süsinikusisaldusega umbes 0,3%. Tüüpiline parendatav CrNi-teras on näit. teras VCN35h järgmise koosseisuga: C — 0,30%, Ni — 3,5%, Cr — 0,75%. Säärasest terasest valmistatakse vastutusrikkaid masinaosi, eriti autoosi, nagu käánteljed, väntvõllid, poolteljed, ketirattad jne. Näitena toome allpool eelmainitud terase soojuskäitluse juhendi ning diagrammi, mis iseloomustab mehaaniliste omaduste muutust olenevalt järelalasketemperatuurist. Diagrammis toodud arvud on maksivad 60-mm ümarterase kohta.

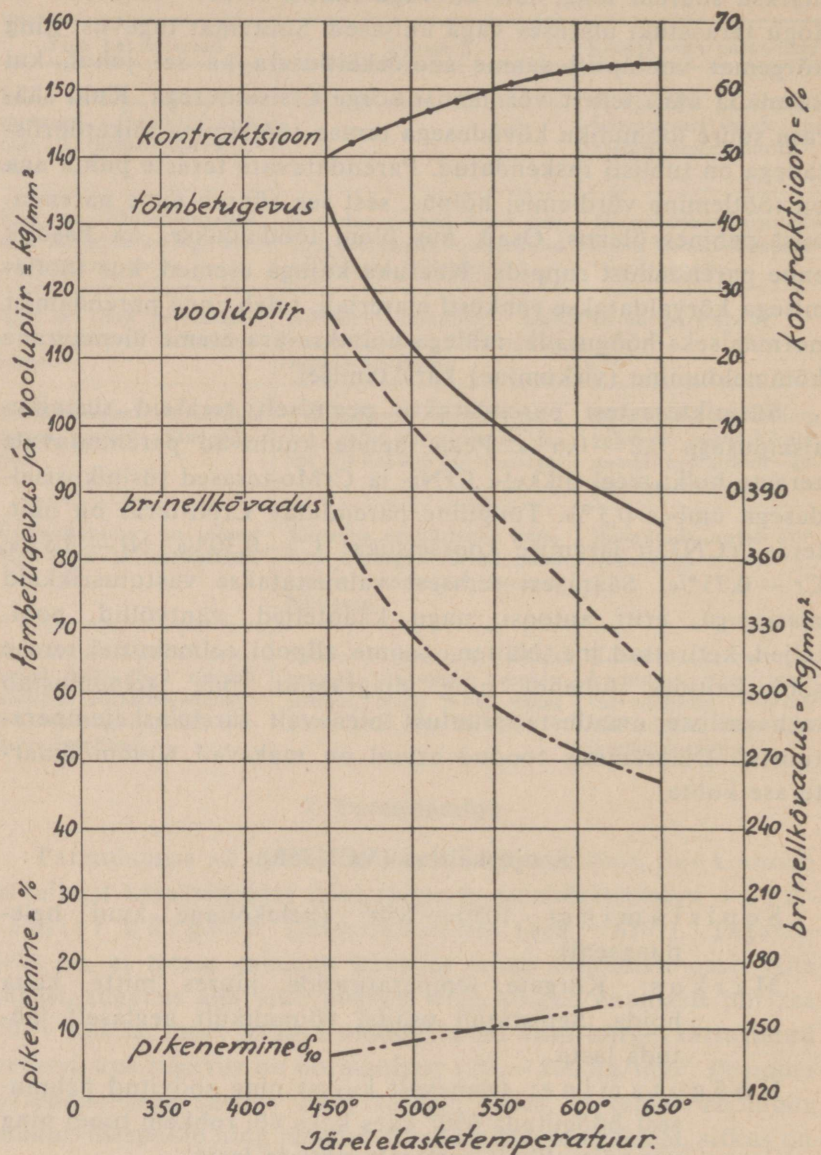
Soojuskäitus (VCN35h).

Sepistamine: 1050 — 850° (helekollane kuni helepunaseni).

Märkus: Kõrgete temperatuuride juures mitte kaua hoida. Sepistatud osadel võimalikult aeglaselt jahutada lasta.

Hõõgutamine: Olenevalt kujust ning soovitud pehmusest hõõgutada 630° käes kaks või rohkem tundi ning siis võimalikult aeglaselt jahtuda lasta.

Teras VCN35h.



Joon. 27. Teras VCN35h parendamise diagramm.

P a r e n d a m i n e: Olenevalt põiklõikest soojendada pikkamisi ning läbitungivalt $800 - 850^{\circ}$ -ni ning siis jahutada õlis. Järelelaskmine sünnib osade suuruse järgi $550 - 630^{\circ}$ -ni. Jahtumine peab toimuma kas õhus või, mis veel parem, õlis või vees.

Kõrgeprotsendilisi parendatavaid CrNi-teraseid kasutatakse ka autode hammasrataste valmistamiseks. Nende jahutamine karastamisel sünnib lihtsalt tuulevabas õhus ning järelelastuna 150° -ni C sääraseid hammasrattad on piisavalt vastupidavad, olgugi et nad ei evi klaaskõva pinda. Selle eest aga on soojuskäitlus väga lihtne, eriti pole karta rataste kissitõmbumist karastamisel.

8. Kiirlõiketerase soojuskäitlus.

Teatud tööriista valmistamiseks vajaliku terasetüki eraldamine kangist sünnib kõige paremini saagimise teel külmas olekus; see aga on muidugi võimalik ainult hõõgutatud terase puhul. Kangi täkkimine ja siis külmalt sobiva tüki mahalöömine ei ole soovitatav, sest seejuures võivad väga kergesti tekkida lõhed. Kui peenemate kangide puhul soovitakse siiski läbi saada saagimiseta, tuleb mahalõikamist toimetada soojalt. Kuum terasetükk aga ei tohi kokku puutuda veega ega niiske põrandaga, sest sel juhul võiks ta kergesti praguneda. Sepistamiseks tuleb terast koksitulel ettevaatlikult ja pikkamisi kuumutada tumepunase ja siis kiirelt helekollase hõõgvärvuseni. Sepistada tuleb kiirete kergete löökidega, kusjuures see tuleb otsekohe lõpetada, kui temperatuur on sedavõrd langenud, et terasetükk evib vaid veel helepunast hõõgvärvust. Nimetatud reegli mitte-silmaspidamisel ja sepistamise jätkamisel võib juhtuda, et terasetükk lüüakse kas puruks või ta praguneb. Seevastu kiirlõiketerast võib korduvalt soojendada teda kuidagi kahjustamata. Sepistatud terasel tuleb lasta pikkamisi jahtuda, kõige parem kuivas tuhas.

Kiirlõiketerase pehmekshõõgutamisel talitatakse järgmiselt: Selleks et vältida liiga tugeva tagi tekkimist, paigutatakse hõõ-

gutatavad terasetükid kaanega suletavasse raudkasti. Kast peab olema kuiv ja vaba roostest; rooste esinemisel tuleb see kõrvaldada tules kuumutamise teel. Pakkimine koksipurru tuleb ette võtta, kui on tarvis vältida süsiniku väljapõlemist terase pinnast. Kastid soojendatakse ahjus 800 — 840 kraadini ja hoiatakse sel temperatuuril 10—14 tundi. Seejärel tuleb ahi kinni panna ja tal koos kastiga võimalikult aeglaselt jahtuda lasta. Teras muutub seda pehmemaks, mida aeglasem oli jahtumine (kestab umbes ööpäeva). Kui jahutada koos ahjuga pole võimalik, siis hõõgutada 800° käes umbes 10 tundi ja siis kohe kastid kaevata tulise tuha sisse, kus nad jahtuvad võimalikult aeglaselt.

Karastada võib väiksemaid lihtsamaid tööriistu sobiva ahju puudumisel ka ääsil. Selleks on sobiv suurem tulepesa pehmest pähkliisuurusest valukoksist. Puusüsi pole kiirlõiketerase karastamiseks küllalt sobiv, sest ta põleb liiga ruttu ära ning siis tuul tabab otseselt kuumutatavat tööriista. Tagajärjeks on, et terase pinnast põleb välja süsinik ning teras kattub tagiga.

Karastatav tööriist asetatakse ettesoojendamiseks hästi läbi põlenud koksitulle ning väga nõrga tuulega soojendatakse pikamisi helepunase hõõgvärvuseni. Selle saavutamise järel tuleb kiiresti kuumutada tugevama tuulega kuni õige karastustemperatuurini ning siis jahutada ventilaatori õhujoas. Viimase puudumisel jahutatakse väiksemad tööriistad traanis, sulatatud rasvas või lihtsalt õhu käes.

Peale terasemargi, tööriista kuju ning suuruse on karastustemperatuuri valimisel veel määrava tähtsusega, kas karastatavat tööriista kasutatakse ruppimiseks, s. o. jämetöötlemiseks, või lihtimiseks, s. o. peentöötlemiseks.

Karastustemperatuur 1290 — 1320° on sobiv treiterade, hõõveldusterade ja muude ruppimistöödeks kasutatavate laastuvõtu-tööriistade karastamisel. Samal temperatuuril tuleb karastada ka kõik koobaltiga legeritud kiirlõiketerased.

Karastustemperatuur 1260 — 1290° kasutatakse lihtimistööriistade karastamisel, nagu peenehambulised freesid,

keermefreesid, vindipuurid, vormterad, spiraalpuurid jne. Samal temperatuuril karastatakse ka ruppimistööriistad nagu treiterad jne., mille jaoks muidu oleks küll sobivam kõrgem karastustemperatuur, kuid nende järelelaskmist 570 — 600 kraadini ei võimalda olemasolev sissesead.

Karastustemperatuur alla 1260° on sobiv tööriistade jaoks, mis kasutamisel kas üldse mitte või väga nõrgalt kuumenevad, milliseid tavaliselt pärast karastamist järele ei lasagi, nagu stantsid, augutemplid, viiliraiumismeislid, vindipuurid jne.

Koksitulel kuumutatavaid ning suruõhu abil karastatavaid tööriistu võib tagi tekkimise ärahoidmiseks kaitsta kloorbaariumiga järgmiselt: Kloorbaarium lahustatakse vees ning nõrgalt soojendatud tööriist kaetakse pintsli abil selle lahusega. Pealekantud kloorbaarium sulab temperatuuril 980° C ning moodustab hea kaitsekihi.

Suuremaid, samuti keeruka kujuga ja õhukeste lõiketeradega tööriistu ei saa ühtlaselt soojendada koksitulel, vaid tuleb kasutada karastusahju. Pinna kaitseks tuleb kasutada pakkimist koksipurru (vt. ka osa 3), mille sõmerus (tüki suurus) olenevalt tööriista suurusest kõigub oa- ja tangutera vahel. Puusütt, samuti halvasti läbipõlenud koksi ei tohi mingil tingimusel seks otstarbeks kasutada.

Karastamisele asudes vööbatakse tööriistad kaitsepastaga, milleks võib olla kas talgi ja piirituse segu või kuumas vees lahustunud kloorbaarium, ning pakitakse siis 5-mm raudplekist karpidesse nii, et nad igakülgseks oleksid ümbristatud 10 — 15 mm paksuse koksipurukihiga. Karbid suletakse kaanega. Sääraselt pakitud tööriistad kuumutatakse alul pikkamisi helepunase hõõgvärvuseni (850 — 1000°) ning siis kiiresti õige karastustemperatuurini. Kaane mahatõstmise ja koksikihi kõrvaldamise teel on temperatuuri tõus hästi jälgitav. Et kuumutamine ei kestaks ülearu kaua, soojendatakse ahi enamasti ette ja alles siis asetatakse ettesoojendatud esemed ahju.

Suuremaid, kogukamaid tööriistu tuleb tingimata jahutada ventilaatori õhujoas. Sealjuures neid ei tohi hoida õhutorule liiga ligidal, sest sel juhul õhk põrkab kõrvale ega jahuta nii hästi. Sobivaim kaugus on 250—400 mm. Freese ja sellesarnaseid tööriistu on kasulik jahutamise ajal tiirelda lasta; see tagab nende täiesti ühtlast jahtumist. Kompressori suruõhku ei saa eriti soovitada, sest enamasti sisaldab ta tublisti vett. Kui sääraseid suuremaid esemeid tuulejoa puudumisel jahutatakse õlis või rasvas, tuleb arvestada seda, et nad hiljem kas lõhkevad või pragunevad sellest hoolimata, et kuumutamine oli õige. On otstarbekohasem sääraseel juhul õli või traani kasutamise asemel lasta karastataval tööriistal jahtuda lihtsalt tuulevabas õhus.

Põhimõtteliselt tuleb kõiki kiirlõiketerasest tööriistu, eriti aga suuri või keeruka kujuga riistu, karastuspingete vähendamiseks järele lasta. Edasi, kõik üle 1260° karastatud kiirlõiketerasest tööriistad evivad suurimat lõikevõimet ja ka sitkust alles pärast järelelaskmist 570—600 kraadini. Järelelaskmine järgnegu karastamisele võimalikult peatselt. Hästi sobiv on juba varem kirjeldatud järelelaskmisviis sulatinas, kuid kõlblik on ka iga korralik karastusahi. Karastatud tööriistad soojendatakse aeglaselt 300 kraadini (sinine muutevärvus) ja alles siis suputatakse 570—600 kraadini kuumutatud tinavanni.

Järelelaske aeg oleneb tööriista suuruselt; nii näit. 20-mm paksusega tükkide puhul piisab 15 minutist; aga suuremate freeside puhul see võib olla isegi 1 tund või veelgi rohkem. Pärast järelelaskmist on kõige parem tööriistul vaba õhu käes jahtuda lasta.

Juhul, kui puudub sissesead, mis võimaldab järelelaskmist nõutava 570—600 kraadini, tuleb tööriistu karastada vaid 1250—1270 kraadilt ja mitmetunnilise õlis keetmisega 200° temperatuuris vabastada karastuspingetest.

Kiirlõiketeras.

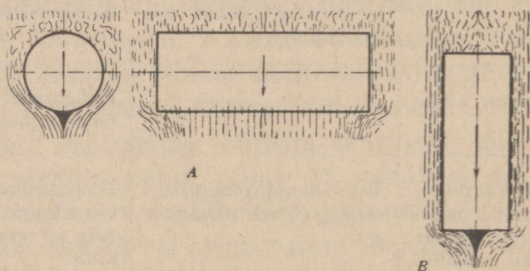
Viga karastamisel	Tagajärg	Kuidas viga parandada
Liiga madal karastustemperatuur.	Väike lõikevõime, olgugi et viil ei nakka.	Uuesti karastada õigelt karastustemperatuurilt.
Liiga kõrge karastustemperatuur.	Teraots on sulanud või pudeneb.	Rikutud osa maha käiata.
Kuumutatud liiga kiiresti või ebaühtlaselt.	Tera võib hõlpsasti praguneda.	Hõõgutada, prague osa maha lõigata, uuesti karastada.
Süsiniku väljapõlemine terase pinnast.	Lõikevõime väga nõrk.	Rikutud kiht maha käiata.
Terase pind rikastatud süsinikuga.	Tera pudeneb, lõikevõime halb.	— „ — — „ —
Järele lastud liiga madalalt või üldse mitte.	Teras ei evi maksimaalset kõvadust, sitkust ega lõikevõimet.	Õige temperatuurini täien-davalt järele lasta.
Järele lastud liiga kõrge temperatuurini.	— „ — — „ —	Hõõgutada, uuesti karas-tada ja järele lasta.
Lihvimine sündis ebasobiva käiaga (liiga kõva või määrdunud), liiga kõrge survega või puuduliku vesijahutusega.	Tekib lihvimispragusid, teras pudeneb töötamisel.	Ettevaatlikult üle lihvida või rikutud osa maha lõi-gata ja tera uuesti karas-tada.

V. Terasse käitlemine pärast karastamist.

1. Terasse kõmmeldumine karastamisel ja karastatud terase õgvendamine.

Iga terasesordiga, samuti iga tööriistaliigiga tuleb ette üksikuid tükke, mis juba karastamisel lähevad praaki või nende töötamisega on väga lühike. Nende tükkide suhtes on soovitatav võimalust mööda kindlaks teha tehtud viga, et hoiduda nende kordamisest tulevikus.

Peale varem kirjeldatud vigade, nagu puudulik või ebaühtlane kõvadus, pehme välispind või liigne haprus, tuleb karastamisel sagedasti ette terase kõmmeldumist. Kuna kissitõmbumine ja kõverdumine karastamisel oleneb suurel määral jahutamisviisist, siis vaatleme seda toimingut veidi ligemalt. Üldse tuleb jahutamisel terasetükki vedelikus liigutada; sellega välditakse



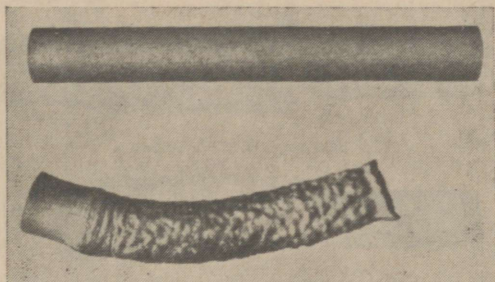
Joon. 28. Vee ja auru liikumissuunad silindri jahutamisel.

aurumullide kleepumised terase pinnale, mis põhjustaks pehmeid laike; ühtlasi saavutatakse sellega enam-vähem ühtlane jahtumine.

Miks lihtsagi kujuga esemed ei jahtu alati täiesti ühtlaselt, näitab kujukalt joon. 28. Seal on näidatud silindrilise terasetüki jahutamist nii horisontaalselt kui ka vertikaalselt. Karastamis-

viisi „A“ puhul vesi voolab silindri külgi mööda üles ja tekitab silindri pealmise poole ümber vee ja auru virvenduse, mis takistab jahtumist. Karastusviisi „B“ puhul vesi voolab vaikselt mööda silindri seinu ja peseb maha tekkivad aurumullid. Viimasel juhul on jahtumine ühtlasem ja kõmmeldumine väiksem. Kõmmeldumise võimaluste vähendamiseks tuleb seepärast kinni pidada osas „Tööriistateraste karastamine“ toodud õige jahutamisviisi reeglitest.

Üldiselt karastamisel terase maht kasvab, järelelaskmise mõjul aga läheneb jälle oma esialgsele suurusele. Nurgelise ja



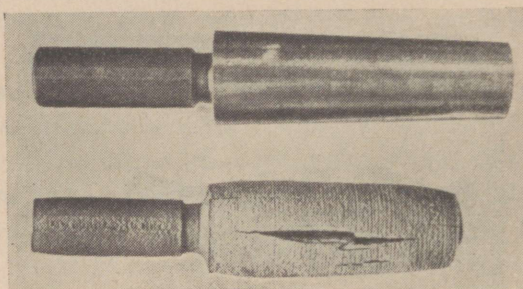
Joon. 29. Hõõgutamata mitu korda järjest karastatud varras.

üldse keeruka kujuga osad muutuvad karastamisel kujult tunduvalt enam kui ümmargused. Põhjuseks on, et nii kuumenemine karastamiseks kui ka jahtumine karastusvedelikus sünnib nurkade tõttu ebaühtlaselt. Pikergused, ümmarguse põiklõikega riistad nagu puurid ja vindipuurid lähevad, kui nad pole liiga paksud ja seega on läbikarastuvad, alati p i k e m a k s. Üldiselt pikkade esemete puhul, mida väiksem on põiklõike pindala, seda tugevam on läbikarastumine ja seda suurem on juurdekasv pikkuses. Väikese seinapaksusega rõngastel on läbimõõdu suurenemine hoopis suurem kui samaläbimõõdulisel peene mulguga või umbsel silindril.

Terase kujumuutuste selgemaks esiletõstmiseks on toodud allpool paar näidet, kus karastamisel on tehtud meelega kor-

duvaid vigu. Joon. 29 kujutab süsinikterasest varrast läbimõõduga 25 mm ja pikkusega 300 mm, mida on palju kordi järgemööda karastatud ilma vahepealse hõõgutamiseta; jahutatud on teda sealjuures alati horisontaalselt. Pikemad seletused on siin ülearused.

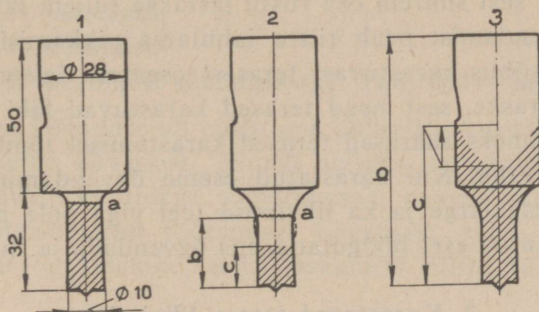
Joon. 30 kujutab kaliibrit $\varnothing 45$ mm, $l = 300$ mm, millega on talitatud samal viisil, s. o. teda on karastatud mitu korda järgemööda ilma vahepeal hõõgutamata. Vaadisarnane kuju ja pikkus näitavad, et mõlemad otsad on kokku tõmbunud ja tekkinud sisepingete tagajärjel on sündinud materjali lõhkemine.



Joon. 30. Mitu korda järjest karastatud kaliiber.

Lõpuks ei saa jätta rõhutamata, kuivõrd suur tähtsus kõverdumisele ja kõmmeldumisele on karastatava eseme kujul. Eriti halvasti mõjuvad järsud ümardamata üleminekud ja nende tagajärjel läheb praaki nii mõnigi tükk. Kuid vale soojuskäitluse tagajärjel võib tööriist mitterahuldavaks osutuda ka võrdlemisi soodsa kuju puhul. Joon. 31 osa 1 on kujutatud mulgutempel, nagu neid kasutatakse stantsimistöodel. Tempel murdus võrdlemisi lühikese töötamisaja järel a juures. Põhjuseks oli liiga järsk üleminek jämedamaks, mille tagajärjel karastus ei võinud olla rahuldav. Samal joonisel tempel 2 on kujult soodsam, sest üleminek on hästi ümardatud, kuid karastamiseks ta oli soojendatud ainult pikkuselt b, mille tagajärjel ainult ots karastus c ulatuses. Töötamisel see tempel kaela kohas istus kokku

ning samuti murdus a juures. Lõpuks kolmas tempel on nii kujult kui ka karastuselt korralik, sest karastamiseks on ta soojendatud üleni ning jahutatud pikkusel c, kusjuures üles-alla liigutamise tagajärjel üleminek pehmemalt osalt kõvemale pole väga järsk. Järelelaskmisel värvuse järele üleminek peenemaks

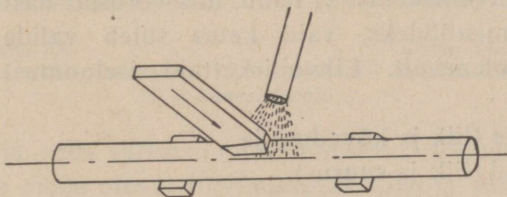


Joon. 31. Mulgutempel.

oli lastud helesiniseks, lõikeserv õlgkollaseks. Mulgutempel töötas seetõttu igati rahuldavalt ega murdunud enam.

Karastamisel kõveraks tõmbunud asjade õgvendamisel talitatakse järgmiselt:

Lamedad riistad nagu noaterad asetatakse rihtplaadile nõgususega ülespoole ja taotakse neid umbes 1-kg haamri pinniga



Joon. 32. Karastatud terase õgvendamine.

õõnsalt poolt; nõgus pind venib veidi ja sellega kõverus kaob.

Silindrilisi esemeid on võimalik samal viisil õgvendada, kuid enamasti eelistatakse seda teha läbipainutamise teel ja nimelt

kumeralt poolelt. Tsementeeritud esemete läbipainutust võib sooritada olenevalt eseme suurusest kas käte vahel või pressi abil. Läbikarastatud riistade puhul tuleb kumerat poolt painutamiseks ettevaatlikult soojendada 150 — 200°-ni (joon.32). Soojendada võib väikese jootelambi abil. Kõvadust see enamasti ei vähenda, sest suurem osa riistu lastakse hiljem ikkagi järele. Pärast õgvendamist peab riistu jahutama pikkamisi.

Õlis või õhus karastuvast terasest esemete õgvendamine on võrdlemisi raske, sest need terased karastuvad läbi võrdlemisi sügavalt. Õnneks säärased terased karastamisel tõmbuvad kissi võrdlemisi vähe. Kui karastatud eseme õgvendamine ei anna küllaldast tagajärge ja ka lihvimise teel viga pole parandatav, tuleb karastatud eset hõõgutada, siis õgvendada ja uuesti karastada.

2. Karastatud terase lihvimine.

Enamikku tööriistu tuleb pärast karastamist ja järelelaskmist lihvida kas lõplike mõõdete saavutamiseks või teritamiseks. Lihvimisketaste materjaliks on loomuliku või kunstliku korundi (smirgel, elektrokorund) sõmerakesed (terakesed) ja sideaineks enamasti keraamiline mass, millele põletamisel 1500° käes antakse vajalik tugevus. Viimasel ajal kasutatakse sideainena rohkesti ka bakeliiti.

Säärast lihvimisketast ei leidu, mis võrdselt hästi sobiks kõikideks lihvimistöödeks, vaid ketas tuleb valida lihvitavast materjalist olenevalt. Lihvimiskettaid iseloomustab peaaesjalikult nende:

1) sideaine (liik ja kõvadus) ja

2) sõmerad (liik ja suurus).

Lihvimisketaste kõvadusastet tähistatakse enamasti tähestiku abil; näit.:

F. G. = väga pehme.

H. I. J. K. = pehme.

L. M. N. O. = keskm. kõvadus.

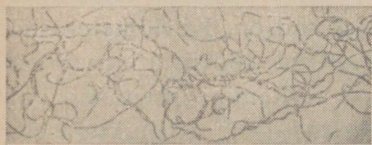
P. Q. R. S. = kõva.

T. U. W. Z. = väga kõva.

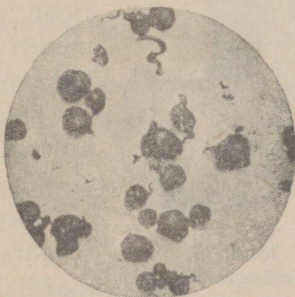
Sõmera suurust seevastu tähistatakse arvudega, kusjuures need arvud on vastava sõela ruutude arv 1 ruuttollil. Vastavast sõelast peab vastav sõmer veel parajasti läbi minema. Nii tähistatakse numbritega:

- 4 — 10 väga jämedaid,
- 12 — 24 jämedaid,
- 30 — 60 keskmisi,
- 70 — 120 peenikesi sõmeraid jne. kuni 600 = pulber.

Lihvimisketta kõvaduse all mõistame üldiselt mitte ta sõmerate, vaid ta sideaine kõvadust. Nimelt selleks, et pääseksid tööle värsked teravate kantidega sõmerakesed, peavad nüriks muutunud korundisõmerad töötamisel iseenesest välja murduma. Mida kõvem on sideaine, seda raskemini nürid sõmerakesed



Joon. 33.
Hästi lõikava käia laastud.

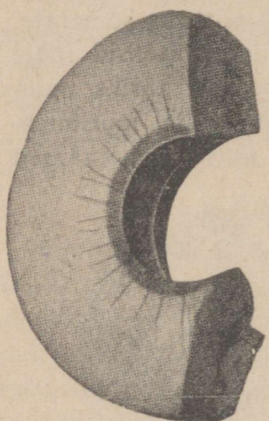


Joon. 34.
Halvasti lõikava käia laastud.
50 × suurendatult.

murduvad välja, seda väiksem on lihvimisketta kulumine ja seda kõvem paistab meile olevat lihvimisketas. Ühe ja sama sideaine puhul lihvimisketas on seda kõvem, mida peenemad on korundisõmerakesed, samuti mida vähem on sideainet võrreldes sõmerakestega. Kõvade teraste lihvimiseks kasutatakse pehmeid lihvimiskettaid ja ümberpöörduvalt. Karastatud teraste lihvimiseks on otstarbekohased ainult pehmed ja keskmise kõvadusega lihvimiskettad kõvadusastmega umbes G ja N vahel.

Et lihvimisel lihvitav pind tugevasti kuumeneb, tuleb hoolitseda korraliku vesijahutuse eest. Käsitsi lihvimisel mõjub veejuga segavalt, mispärast siin lihvitakse enamasti kuivalt, surudes lihvitavat eset vaid nõrgalt vastu ketast ning andes terasele võimalust vahetevahel õhu käes jahtuda.

Korrapärase lihvimise puhul peab lihvimisketas eraldama palja silmaga vaevalt nähtavaid laastukesti (joon. 33). Kuid lihvimisketta laitmatugi töötamise puhul kuumenevad laastu-



Joon. 35.
Tõmberõngas lihvimis-
pragudega.

kused kuni ligemale 1500°C . Tagajärjeks on, et osa neist ikkagi sulab kokku kuulikesteks. Mittesobiva lihvimisketta või üldse ebakorrapärase töötamise puhul aga temperatuur tõuseb sedavõrd, et mitte ainult kõik laastud ei sula kuulikesteks (joon. 34), vaid ka lihvitav pind kuumeneb määrani, et terase kõvadus või lõikevõime tugevasti langevad.

Terased on lihvimisel seda tundlikumad, mida kõrgemalt nad on legeritud ja mida kõvemad nad on. Kiirlõiketerased ja kõrgelt legeritud tööriistaterased on seepärast märksa raskemini lihvitavad kui madalalt legeritud või süsinikterased. Järelelaskmata või nõrgalt järelelastud esemed on samuti tundlikumad kui tugevasti järelelastud. Eriti tundlikud aga on lihvimisel tsementeeritud terased.

Mida tundlikum on karastatud ese lihvimise mõjule, seda kergemini võivad pehmeks minna ta välispind ning lõikeservad ja isegi võivad tekkida lihvimispraod (joon. 35). Lihvimispragude tekkimise peamiseks põhjuseks on enamasti liiga kõva ketta kasutamine ja töötamine liiga suure survega. Mittekorrapärasel lihvimisel lihvitav pind kuumeneb tugevasti ning suurte temperatuurivahede tõttu tekkivad pinged põhjustavad pragude tekkimist. Lihvimispraod pole alati palja silmaga nähtavad, sest nad

on sageli õige peened. Nende nähtavakstegemiseks tuleb vastavat eset kergelt hõõgutada, ilma et sealjuures tekiks tagikihti, ja siis lahjendatud soolhappega (1 osa HCl + 3 osa vett) toatemperatuuril 2 — 4 tundi söövitada, kuni lihvimispraod on selgesti nähtavad. Joonisel 36 on näha sääraselt käideldud spiraalpuur suure hulga lihvimispragudega.

Kui karastatud terase lihvimisel tekivad kollased, pruunid või sinised laigud, siis see on märgiks, et käi ei tööta korrapäraselt ja et lihvitav pind kuumeneb ülemäära. Need nn. „põle-



Joon. 36. Spiraalpuur lihvimispragudega.

tuslaigud“ on küll ülelihvimisel kõrvaldatavad, kuid terase pind nende kohal jääb pehmeks. Tsementeeritud terasel võib ettevaatamatul lihvimisel tekkida pehme välispind või pehmed laigud ka kaugelt enne „põletuslaikude“ ilmumist, mispärast siin tuleb töötada erilise ettevaatusega.

3. Terasse kõvaduse kontrollimine.

Lihtsaim viis karastatud terase kõvaduse selgitamiseks on viilimisproov. Selle abil on hõlpus määrata, kas teras on mitteviilitav, seega klaaskõva, või mitte. Hea vilumuse puhul võib määrata ka terase kõvadusmäära. Edasi, viili abil on võimalik kindlaks teha karastatud terase pinnal pehmeid laiike. Viilimiseks tuleb kasutada alati üht ja sama viilisorti ja kõige sobivam on selleks heast terasest peene raiega lihtimisviil. Kõvaduskatsel tuleb viilida pikkamisi viili lameda poolega, seda vaid õrnalt vastu viilitavat eset surudes. Tõukelist viilimist, eriti viili nurgaga, ei saa soovitada, sest sealjuures murduvad viili hambad väga kergesti ja terase kõvadusest saadakse vale mulje.

Mehaanilistest riistadest terase kõvaduse määramiseks on kõige rohkem levinud USA päritolu Rockwell'i aparaat. Siin mõõdetakse teemantkoonuse sissetungivust materjalisse pidevalt tõusva koormatuse all, kusjuures sissetungi sügavust mõõdab eriline mõõdukell, mis samaaegselt näitab ka kõvadusarvusi, nn. „Rockwelli kõvadust“. Pehmemate metallide proovimisel kasutatakse väikest teraskuulikest $\varnothing 1/16''$, karastatud terase puhul aga teemantkoonust 120° koonilise otsaga. Esimesel juhul kasutatakse mõõdukella nn. „B-skaalat“, teisel „C-skaalat“, tähistades saadud kõvadusarvusi vastavalt R_B ja R_C . Kuna katsu sooritamine vältab vaid lühikest aega ja terase pinda peagu üldse ei riku, siis on Rockwelli aparaat leidnud laialdast poolehoidu.

VI. Tsementeerimine.

1. Süsinik- ja CrNi-terase tsementeerimine.

Eri liik karastusmenetlusi on terase tsementeerimine. Tsementeerimisprotsessi ülesandeks on rikastada süsinikuga pehmete, vähese süsinikuga teraste välispinda sel määral, et karastamisel nende väliskihht muutub klaaskõvaks, südamik aga jääb endiselt pehmeks ja sitkeks. Tsementeeritud osad on kõva välispinna tõttu väga vastupidavad kulumisele, kuna sitke südamik omakorda aitab taluda kõrget mehaanilist koormatust.

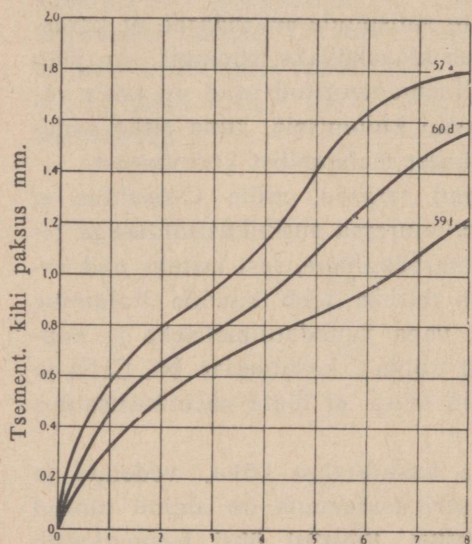
Tsementeerimiseks kõlbavad terased, mille C-sisaldus ei ületa 0,20%. Kõvemate, s. o. suurema süsinikusisaldusega teraste tsementeerimine pole otstarbekohane, sest esiteks nad karastuvad liiga sügavalt läbi ja teiseks teeb kauane hoidmine kõrgetel temperatuuridel nad väga jämedatoimeliseks ja hapraks. Peale C-teraste leiavad rohket kasutamist Ni, CrNi ja CrMo legeeritud terased, kuid siingi ei ületa süsinikusisaldus ülalmainitud määra.

Tsementeerimisvahenditena kasutatakse kõvu, vedelaid ja gaasaineid. Kõvade tsementeerimisainetena on ammu tuntud peenestatud nahasüsi ja kondisüsi. Puusüsi üksi tsementeerib liiga aeglaselt; sellest hoolimata on ta enamiku tsementeerimispulbrite peamine osis. Väga häid tagajärgi annab segu võrdsetest osadest puusöest, nahasöest ja kondisöest. Samuti annab häid tagajärgi segu puusöest ja süsihapubaariumist vahekorras 2:1 kuni 3:1 (kaaluosad). Tuntud on veel rida muid tsementeerimisaineid; nii lisandatakse mõnel juhul soodat ja kollast veresoola (mürgine). Müügil on ka rida valmis tsementeerimisaineid mitmesuguste nimetuste all.

Kõvad tsementeerimisained ei tohi olla pulbrilised, vaid peavad olema peeneteraliseid; sellega saavutatakse märksa parem

soojaülekanne ning tunduv kokkuhoid ajas. Vedelatest tsementeerimisainetest tuleks nimetada mitmesuguseid tsüaanisisaldavaid soolasid kuumvedelal kujul; gaasilistest peamiselt valgustusgaasi.

Kõvadest tsementeerimisainetest ei lähe süsinik terasesse üle mitte otseselt, vaid ta muutub enne gaasiks ja alles sellisena difundeerub terase pinna sisse. Selleks aga on vaja teatud kuumust. Mida kõrgem see on, seda kiiremini sünnib süsiniku üle-



Joon. 37. Tsementeerimise aeg tundides.

minek; kuid temperatuuri ülemäär on piiratud ja oleneb, nagu edaspidi näeme, mitmest asjaolust.

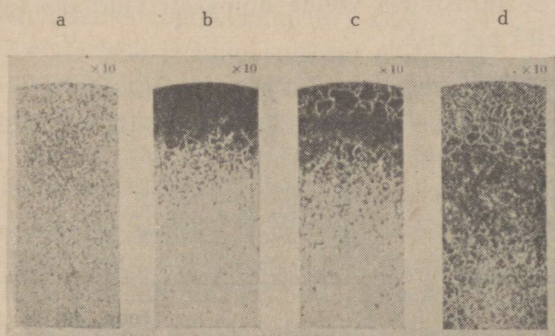
Kuna terase välimine kiht rikastub süsiniku poolest kiiremini kui südamik, siis saame tsementeerimise tagajärjel rohkem või vähem järsult piiratud süsinikurikka kihi. Soovitav on, et see kiht poleks liiga järsult piiratud, vaid et üleminek pehmemale südamikule sünniks pikka-mööda.

Tsementeeritud kihi paksus kasvab kuumutamise vältusega ja temperatuuri tõusuga, kuid mitte proportsionaalselt, s. o. juurdekasv muutub järjest aeglasemaks. Joonisel 37 kujutatud kõverad annavad ettekujutuse vajalikust tsementeerimisajast, kui kuumutamine sünnib 850° C käes ja tsementeerimisainena kasutatakse 60 kaaluosa puusütt ja 40 kaaluosa süsihapubaariumi.

Ülemine kõver on maksev terase kohta, milles on süsinikku 0,15%, keskmine terase kohta, mille koostis on C—0,15%,

Ni — 4,5 %, ja alumine terase kohta, mille koostis on C — 0,15 %, Ni — 4 %, Cr — 1,1 %. Nagu nähtub diagrammist, tsementeeruvad legeeritud terased nagu Ni- ja CrNi-terased umbes 3 korda aeglasemalt kui puhtsüsinikterased. Tsementeerimisaega saab lugeda vaid momendist, mil teras evib vähemalt 830°. Eelsoojendusajaga kokku on normaalseks tsementeerimise ajaks olenevalt kasti suurusest enamasti 6 — 9 tundi ja rohkemgi.

Tsementeerunud kihi paksus kõigub tavaliselt hammasratas-
tel ja muudel säärastel osadel $\frac{3}{4}$ — 1 mm vahel. Suurem kihi-
paksus tingib terase kauemat hoidmist kõrge temperatuuri käes



Joon. 38. Tsementeeritud äärkihi struktuur.

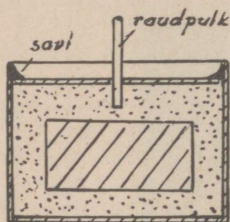
ja on vaid siis õigustatud, kui tsementeeritud ese tuleb üle lih-
vida või kui seda nõuab mõni teine eriline olukord.

Tsementeeritud kiht peab olema perliidse struktuuriga; tähendab, ta ei tohi sisaldada süsinikku üle 1 %, vastasel korral tekib äärkihis vaba tsementiiti jämedate nõelte näol ja see teeks kihi hapraks.

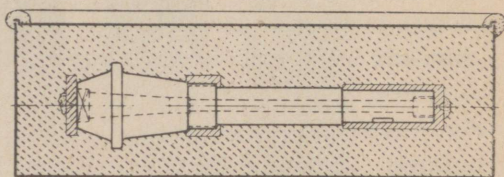
Joonisel 38 on tähega a märgitud teras enne tsementeeri-
mist; b on sama teras peale 5-tunnist tsementeerimist, kus
must osa on perliit; c ja d on sama teras peale 10- ja 15-tun-
nist tsementeerimist; eriti viimases on juba kaunis palju vaba
tsementiiti (valged jooned). Säärane äärkiht on kaunis habras
ja võib kergesti murduda.

Tsementeerimisnõudena kasutatakse enamasti raudplekist kaste, mille nurgad on autogeeniliselt keevitatud. Tsementeeritavad esemed pakitakse kasti nii, et nad oleksid igast küljest hästi ümbristatud pulbriga; kast suletakse kaanega õhukindlalt; selle saavutamiseks määratakse kaaneääre liidused (vuugid) saviga. Hoolitseda tuleb, et tsementeerimispulber poleks niiske, samuti, et tsementeeritavad esemed poleks õlised, sest see takistaks tsementeerimise käiku.

Tsementeerimisprotsessi kontrollimiseks asetatakse läbi kaanemulgu kasti sisse teraspulki. Neid aeg-ajalt ükshaaval välja tõmmates ja karastades võime hõlpsasti kindlaks teha tsementeerunud kihi paksuse.



Joon. 39.
Tsementeerimisnõu.



Joon. 40.
Kohati pehmeks jätmise tsementeerimisel.

Kui soovitakse tsementeeritaval esemel mõni koht pehmeks jätta, siis mässitakse see ümber asbestiga või kaetakse saviga; veel kindlam aga on jätta külge mõningane hulk hiljem mahatöötlemisele kuuluvat materjali. Kui näit. joonisel 40 näidatud võllil soovitakse keskmine osa ja ots jätta täiesti pehmeks, siis jäetakse treimisel need kohad jämedamaks, tsementeeritakse siis harilikul viisil, kuid enne karastamist treitakse jämedamad kohad lõplikule mõõtele ja eraldatakse seega sealt süsinikuga rikastatud kiht. Järgneval karastamisel jäävad need kohad siis täiesti pehmeks.

Tsementeerimiskuumus. Kastide asetamisel ahju ei tohi viimase esialgne temperatuur olla kõrgem kui 400—500° C. Soodsaim tsementeerimistemperatuur on enamasti

800 — 900° C, kusjuures ei tohi olla temperatuuri võnkumisi, vaid kuumus peab püsima võimalikult ühtlasena. Kuumust tuleb tõsta pikkamööda; järsk tõus annaks väga teravalt piiratud tsementeeritud kihi, sest süsinikul ei jää aega tungida sügavamale terase pinna sisse. Säärane järsk kiht on väga ebasoovitav, sest töötamisel ta enamasti kargab koorena maha.

Kauasest hoidmisest võrdlemisi kõrge tsementeerimiskuumuse käes muutub terase struktuur jämedatoimeliseks. Rahuldavate tagajärgede saavutamiseks on vajalik, et terase südamik muudetakse jälle peenetoimeliseks ja et väliskihti karastataks sobivalt madalamalt temperatuurilt. Olenevalt terase sordist ning eseme otstarbest ja kujust viivad sihile mitu soojuskäitluse viisi. Puhtsüsinikteraseid, samuti madalalt legeeritud eriteraseid karastatakse enamasti otsekohe pärast tsementeerimise lõpetamist samalt temperatuurilt (860 — 890°) vette või õlisse. Seejärel soojendatakse neid ahjus uuesti, seekord juba madalama temperatuurini (ca 780 — 800°) ning jahutatakse vees. Kõrgelt legeeritud, rohkelt kasutatavate eriteraste jaoks, nagu seda on CrNi-terased „ECN45“ ja „ECN35“, on alljärgnevas tabelikujuliselt toodud sobivaimad soojuskäitlused.

Nagu nähtub tabelist, kasutatakse ainult lihtsamate esemete puhul karastamist otse tsementeerimiskuumuselt (käitlus C).

Käitlus D näeb ette esemete kooldumise ärahoidmiseks aeglast jahtumist kastis ja alles siis uuesti soojendamist ja karastamist võrdlemisi madalalt temperatuurilt. Pinnakõvadus on siin küll väga hea, kuid terase südamiku struktuur jääb endiselt jämedatoimeliseks. Käitlus E on sarnane D-ga selle erandiga, et vahele on lülitatud hõõgutamine 630° käes ühes jahtumisega ahjus; selle tagajärjel saame lõppresultaadiks peale hea pinnakõvaduse ka peenetoimelise terase südamiku. Oma mõjult sarnane eelmisega on käitlus F.

Karastuspingete vähendamiseks on soovitatav eriti vastutusrikaste osade puhul, nagu seda on hammasrattad, karastamisele lasta järgneda järelelaskmisel. Järelelaskmine teostub enamasti

Tsementeeritavate CrNi-teraste „ECN45“ ja „ECN35“ soojuskäitlus.

Käitlus	Tsementeerimistemperatuur	Jahutus	Kuumutada	Jahutus	Kuumutada	Jahutus
A. Hõõgutamine. Otstarve: hõlpus töötlemine pärast se pistamist.			610° (630°)	ahjus		
B. Soojuskäitlus. Otstarve: Struktuur pärast se pistamist muuta peenetoimeliseks. Saavutatakse kerge ja hõlpus töötlemine loikeristadega.			850°	õhus või ahjus	610° (630°)	ahjus
C. Odav lihtsamate esemete tsementeerimine	830—850°	õlis				
D. Keerukate osade tsementeerimine, kuid südamik struktuuri ei muudeta peenetoimeliseks. Otstarve: Välditakse eseme kooldumist, saavutatakse hea pinnakõvadus.	830—850°	aeglaselt kastis	780—800°	õlis		
E nagu D, kuid südamiku struktuur muudetakse vahelhõõgutuse abil peenetoimeliseks.	830—850°	aeglaselt kastis	630°	ahjus	780—800°	õlis
F. Tsementeerimine (topeltkarastus). Otstarve: Saavutada väga head pinnakõvadust ja suurimat südamiku sitkust.	830—850°	õlis	780—800°	õlis		

Märkus: Sulgudes olevad arvud on maksvad ainult terase „ECN35“ kohta.

2. Tsementeerimisel sagedamini esinevaid vigu.

Viga	Tagajärg	Märkusi
Puudulik terase puhastamine enne tsementeerimist (rooste, märjad ja õlised pinnad).	Konarlik pind, pehmed lai- gud pärast tsementeeri- mist ja karastamist.	Enne tsementeerimist korralikult puhastada.
Alaväärtuslik tsementeeri- mispulber, liiga nõrgalt või liiga järsult tsemen- teeriv.	Konarlik pind, pehmed lai- gud, tsementeeritud kiht liiga nõrk või järsult pii- ratud ja habras.	Tarvitada ainult tuntud ja äraproovitud tse- menteerimispulbreid.
Nüske tsementeerimispul- ber.	Pehmed lai- gud, plahvatus- võimalus tsementeerimi- sel.	Tsementeerimispulber peab olema kuiv.
Puudulik pakkimine kasti- desse, tsementeerimispulb- rit on liiga vähe ja kuu- mutamisel tekivad tühe- med.	Puudulik lai- guline tsemen- teeritud kiht.	Korralikult pakkida, tundmata tsementeeri- mispulbreid mitte tarvitada.
Liiga madal tsementeerimis- kuumus või liiga lühi- kest aega tsementeeritud.	Tsementeeritud kihi süsi- nikusisaldus liiga madal, seetõttu kõvadus väike ja kihi paksus liiga nõrk.	Teist korda tsementeeri- da.
Liiga kõrge tsementeerimis- kuumus või liiga kaua tsementeeritud.	Tsementeeritud kiht väga habras ja liiga paks.	Enne karastamist hõõ- gutada, mille tagajärjel tsementeeritud kiht muutub sitkemaks.
Puudulik karastus: karas- tamiseks mitte küllalt kõr- gelt või ebaühtlaselt kuu- mutatud või liiga aegla- selt või ebaühtlaselt ja- hutatud.	Puudulik kõvadus, pehmed lai- gud ja praod. Tsemen- teeritud kiht eraldub töö- tamisel.	Hõõgutada, uuesti kor- ralikult karastada.

õlis keetmisega 150 — 180° käes ning olenevalt eseme suuruselt kestab 1—2 tundi. Teras pinnakõvadus selle tagajärjel veel ei vähene.

Tsementeerimisel sagedamini esinevad vead on kokkuvõetult toodud tabelis nr. 11. Juurde tuleks veel lisada, et karastustemperatuuri pole soovitatav tõsta üle 900° ja et temperatuur püsiks võimalikult ühtlasel kõrgusel ega teeks suuremaid võnkeid.

3. Näide tsementeerimise praktikast.

Näitena toome allpool ühe hammasratta tsementeerimise käigu. Materjalina olgu valitud teras, milles on C — 0,15%; Ni — 4,5%; Cr — 1,1%, ja tsementeerimisainena segu: 60 kaaluosa puusütt ja 40 kaaluosa süsihapubaariumi.

Mustusest hästi puhastatud hammasratas (õlised, roostesed või oksüüdiga kaetud pinnad ei tsementeeru korralikult) pakitakse koos tsementeerimispulbriga raudkasti. Hoolt tuleb kanda, et pulber oleks täiesti kuiv ja et ta ümbritseks tsementeeritavat hammasratast ühtlaselt igalt poolt vähemalt 3 cm paksuse kihina. Kast suletakse kaanega, liidused määratakse kinni saviga ja läbi kaane avause torgatakse raud- või parem tsementeeritavast materjalist pulk.

Nüüd lükatakse kast ahju ja ahju temperatuur tõstetakse järk-järgult 850° peale. Jälgida tuleb, et see temperatuur püsiks ühtlasena kogu tsementeerimise vältel, sest suuremad temperatuuri võnkumised mõjutavad halvasti tsementeerimiskihi korralikkust. Soovitatav tsementeerimiskihi paksus hammasratas-
tel on 0,5—0,75 mm; sellele vastavalt oleks tsementeerimise vältus umbes 4 tundi (vt. joon. 37, alum. kõver). Juurde arvata tuleb aga eelsoojenduse aeg, s. o. aeg, mis on vajalik, et hammasratas saavutaks helepunase hõõgvärvuse; olenevalt kasti suuruselt on see aeg 3—4 tundi või isegi rohkem.

Tsementeerunud kihi paksust kontrollitakse sel teel, et teraspulk võetakse kastist välja, karastatakse ja murtakse katki; juhul, kui kiht osutub liiga õhukeseks, tuleb tsementeerimist

jätkata. Kui tsementeerimiskihki soovitud sügavus on saavutatud, võetakse kast ahjust ja lastakse tal ühes täitmega pikkamisi jahtuda.

Edasi järgneb tunniajaline hõõgutamine 630° käes ning jahutamine ahjus, siis soojendamine $780 - 800$ kraadini ja jahutamine õlis. Soojendamine võib korralikus koldeahjus sündida lahtiselt, parem aga kergelt pakituna varemkasutatud tsementeerimisainesse. Lõpuks järgneb järelelaskmine kuumas õlis 150 kraadini kestusega umbes 1 tund.

4. CrMo-teraste tsementeerimine.

Oma soojuskäitluselt erinevad CrMo-terased CrNi- ja süsinikterastest õige vähe. Nimelt soovitatakse siin tarvitada nõrgalt ja aeglaselt mõjuvaid tsementeerimisaineid. Seda saavutatakse sel teel, et värsket ainet lahjendatakse tublisti juba kasutatud tsementeerimisainega. Üldiselt sageli tarvitatav pulber — puusüsi ja süsihapubaarium vahekorras 60 ja 40 osa — on oma mõjult CrMo-teraste tsementeerimiseks liiga järsk. On müügil ja soovitatakse CrMo-teraste tsementeerimiseks eriliselt koostatud tsementeerimisaineid. Neid teraseid ei tohi tsementeerida väga kõrgetes temperatuurides ja karastamisele peab tingimata järgnema järelelaskmine $150 - 180$ kraadini eseme suurusest olenevalt $1 - 2$ tundi. Seeläbi kõvadus langeb vähe, sitkus aga tõuseb märgatavalt. Üldiselt tuleb ebaõnnestumiste vältimiseks nende teraste tsementeerimisel hoolega tähele panna terase valmistaja eeskirju.

5. Tsementeerimine lämmastikuga (nitreerimine).

Viimasel ajal tarvitatakse tsementeerimiseks ka lämmastikku. Selle nn. nitreerimisprotsessi heaks küljeks on, et terve protsess sünnib umbes 500°C käes, s. o. võrdlemisi madalal temperatuuril, ja teiseks eraldi karastada pole vaja, sest teras läheb jahtumisel iseenesestki kõvaks. Kõvadus on sealjuures

isegi suurem, kui seda harilikul tsementeerimisel on võimalik saavutada. Tsementeerimisaineks on ammoniakgaas.

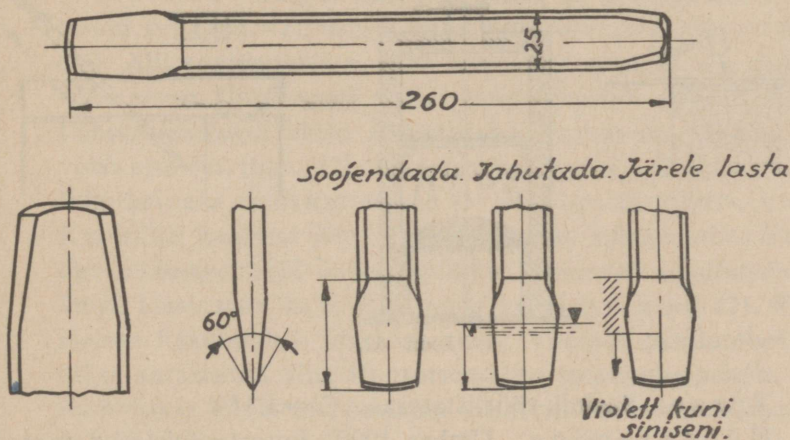
Nitreerimise halvaks küljeks on see, et kihi paksust pole võimalik tõsta üle mõne kümnendiku millimeetri, ja teiseks, et nitreerida saab ainult alumiiniumi- ja kroomisisaldusega eriteraseid.

VII. Töönäiteid.

Järgnevais töönäiteis on püütud kirjeldada, kuidas edukalt karastada mitmesuguseid tööriistu.* Loomulikult pole kirjeldatud tööviis ainuõige, vaid kasutades teisi terasesorte, teistsugust sisseseadu ja töövõtteid jõuame samuti sihile.

Näidetes rakendatud karastamise üldreeglid aga jäävad püsima igal juhul.

1. Käsimeisel.



Joon. 41.

Teras: Süsinik-tööriistateras. $C = 1\%$.

Karastamine: Teraosa soojendatakse ääsil koksi- või puusöetules visandil märgitud pikkuselt kuni tumekirsspunase hõõgvärvuseni ehk 760 kraadini (kestab umbes 3 minutit). Siis jahutatakse vees, tööriista sealjuures kogu aeg üles-alla liigu-

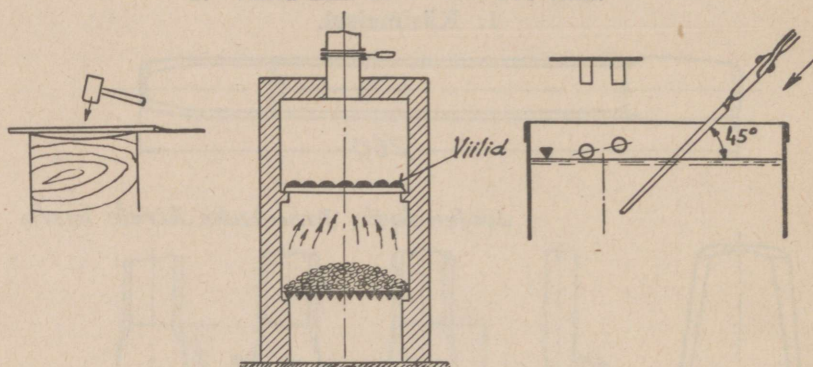
* O. Pattermanni järgi.

tades. Enne lõplikku jahtumist teraosa haljaks hõõruda ja jälgida muutevärvuste ilmumisi. Kui violetne kuni tumesinine värvus on jõudnud terani, siis meisel vees lõplikult jahutada.

Kõvaduse kontroll: Teraosas hea viil nakkab kergelt. $R_C = 60 - 61$.

Sagedamini esinevaid vigu: Sepistamine liiga kõrgelt või liiga madalalt temperatuurilt (õige temperatuur on $950^\circ =$ kollakas-punane hõõgvärvus). Ülekuumutamine karastamiseks. Karastamine sepistamiskuumusest, mille tagajärjeks on tööriista pragunemine karastamisel, enamasti kaarekujuliselt tera lähedal.

2. Viilid $\frac{1}{4}$ 21 × 7 × 270 mm.



Joon. 42.

Teras: Süsinik-tööriistateras. $C = 1,3\%$.

Hõõgutamine: Umbes 1000° juures sepistatud toored viilid pakitakse koos puusõepuruga plekk-kasti; viimane suletakse kaanega ja liidused tihendatakse saviga. Kast ühes täitmega soojendatakse ahjus $680 - 700$ kraadini või, mis on sama, tumepunase hõõgvärvuseni ($400 \times 300 \times 200$ mm suuruse kasti puhul umbes $2\frac{1}{2}$ tundi). Hoitakse sel temperatuuril 6 tundi ja lastakse siis koos ahjuga aeglaselt jahtuda.

Eelkäiamine: Kogu viili kehalt käitatakse maha umbes $0,2 - 0,3$ millimeetrit, millega on kõrvaldatud väline sepista-

misel tekkinud süsinikuvaesem kiht. Pärast käiamist pind viiliga siluda.

Kaitsevõõpamine: Süsiniku väljapõlemise vältimiseks võõbatakse raiutud viilid karastamise eel järgmise kaitsevõõbaga:

- 48% pulbrilist keedusoola,
- 24% kergelt kuumutatud sarvepuru,
- 12% rukkikliisid,
- 6% kaalisalpeetrit,
- 6% sinihapukaaliumi ja
- 4% puusöepulbrit.

Kõik loetletud ained veega paksuks pudruks kokku segada.

Karastamine: Lihtsaim seade on koksiga köetav karastusahi (vt. joon. 42), milles viilid kuumutatakse 750—770 kraadini. Ahi soojendatakse enne hästi läbi ja alles siis asetatakse viilid sisse. Üksiku viili soojendamine kestab umbes 30 minutit. Läbisoojendatud viilid painutatakse puualusel puuhaamri abil veidi ette (vt. joon. 42); karastamisel nad siis tõmbuvad sirgeks. Jahutamiseks viilid kastetakse 45° all 10-protsendilisse soolvette. Kui viilid hoolsast käitlusest hoolimata jäävad veidi kõveraks, õgvendatakse neid enne lõplikku jahtumist jahutusnõu seina külge kinnitatud kahe teraspulga vahel (vt. joon. 42). Puhastamiseks kasutatakse liivajoaseadist. Viimase puudumisel peitsitakse karastatud viile 10-protsendilise soolhappe peitsis, neutraliseeritakse lubjavees, pestakse siis kuumas vees ja kuivatatakse nad korralikult.

Viili saba järeleelaskmine sünnib tinapotis 450—500° kuumas seatinas. Viili saba hoitakse vedelas tinas, kuni sinine muutevärvus jõuab viili saba juureni; siis jahutatakse ta vees.

Kõvaduse kontroll: Katsupulgaga, mille kõvadus on $R_C = 57—58$, tõmmatakse mõõdukalt survele üle viili. Hea viil nakkab, pehmel viilil aga jäävad jäljed järele.

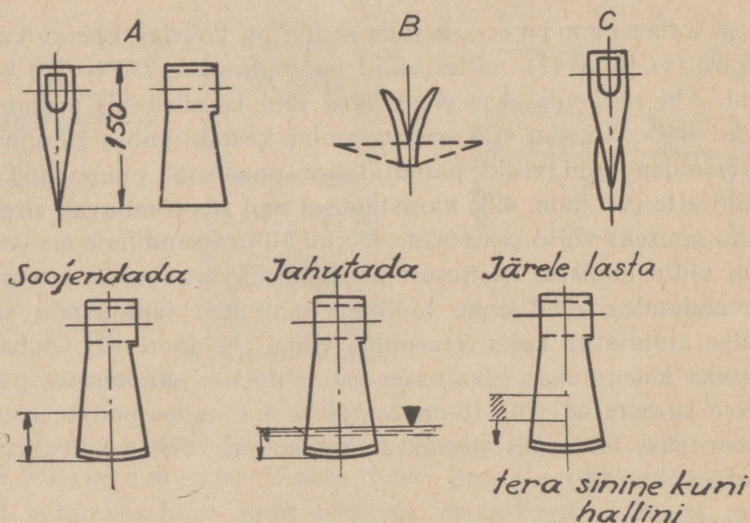
Sagedamini esinevaid vigu: Hõõgutamiseks pakitakse toored viilid liiga suurtesse kastidesse, mille tagajärjel

hõõgutamine on ebaühtlane, raiumine on raskendatud ning karastamisel võivad ilmuda karastuspraod. Lihtsate karastusahjude puhul hinnatakse temperatuuri kõrgust silma järgi; seejuures võib ette tulla eksimisi nii üles- kui ka allapoole, eriti kui karastustöökoda on valgustatud liiga eredalt.

Tugev süsiniku väljapõlemine sepistamisel või puudulik ülekäimine enne raiumist põhjustab puuduliku kõvaduse.

Ümberraiumiseks määratud viilide hõõgutamisel peab kuumutamine sündima eriti aeglaselt tõusvas temperatuuris, vastasel korral nad kas pragunevad kohe või järgneval karastamisel.

3. Kirves.



Joon. 43.

Teras: Keevitusteras. C = ca 0,7%.

Sepistamine: Pehmest martinterasest (rauast) sepistatakse kirve kere ühes silmaga (joon. A). Seejärel soojendatakse tera valmistamiseks tükk keevitusterast tumekollase hõõgvärvuseni (1110°) ning antakse talle teraosa kuju joon. B kohaselt.

Kokkukeevitamiseks kuumutatakse mõlemad osad alul helepunaseni, s. o. kuni 850 kraadini, puhastatakse keevituspinnad traatharjaga ja riputatakse neile põletatud pulbrilist booraksit. Edasi sobitatakse mõlemad osad kokku (joon. C) ja kuumutatakse siis koos helekollase kuni valge hõõgvärvuseni (1200—1300°). Keevitamiseks sepiistatakse alul kergete, hiljem tugevamate hoo-pidega; ühtlasi antakse teraosale lõplik kuju.

Hõõgutamine: Keevitatud kirves ahjus soojendada 700°-ni; sel temperatuuril hoida 1 tund aega ja siis koos ahjuga või kuivas tuhas jahtuda lasta. Pärast jahtumist käiatakse kirves puhtaks; teraosa ei tohi liiga õhukeseks käiata, sest siis võiks ta karastamisel hõlpsasti praguneda.

Karastamine: Kirves soojendada ääsil teraosas umbes 40 mm laiuselt tumepunase hõõgvärvuseni (780°) ja siis jahutada umbes 30° soojas vees (joon. 43). Enne lõplikku jahtumist hõõrutakse tera haljaks ning lastakse omasoojusel järele sinaka või halli muutevärvuse ilmumiseni.

Teritamine: Karastatud ja järelelastud kirvest käiatakse liivakäial, kusjuures jahutusvee hulk peab olema küllaldaselt suur.

Sagedamini esinevaid vigu: Teras kuumutatakse keevitamiseks liiga kõrge temperatuurini, mille tagajärjel ta ära põleb ning murenema hakkab.

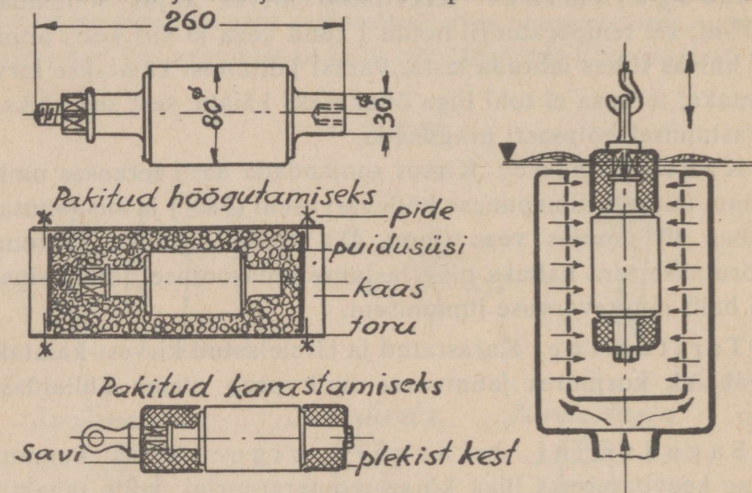
Ei hõõgutata pärast keevitamist või karastatakse liiga kõrgelt temperatuurilt, mille tagajärjel tera sitkus pole küllaldane.

4. Kullasepa-külmvalts.

Teras: Erikroomteras. C = 0,85%, Cr = 0,9%.

Hõõgutamine: Pärast treimist pakkida valts kuiva sõmerjasse puusõepurusse (joon. 44) ja karastusahjus soojendada kast tumepunase hõõgvärvuseni (700°); see kestab käesoleval juhul umbes 1½ tundi. Nõutava temperatuuri saavutanud, hoitakse see samal kõrgusel umbes 1 tund aega ja siis lastakse ahjul koos kastiga aeglaselt jahtuda.

Karastamine: Valtsi tapid, mis karastamisel peavad pehmeks jääma, kaitstakse saviga täidetud plekist kestadega (joon. 44). Savi kuivamiseks lasta valtsil soojemas kohas seista umbes öö-päev. Karastamiseks soojendada karastusahjus pikka-misi kuni 700 kraadini (kestab umbes 45 min.), siis kuumutada juba veidi kiiremini karastustemperatuurini, s. o. 700—800 kraa-dini (kestab umbes 30 min.); sel temperatuuril hoida ümmargu-selt 15 minutit ja siis jahutada vees pursktoruseadise abil. Kui



Joon. 44.

valts on jahtunud umbes 100° (kestab umbes 40 sekundit), siis kiiresti kasta ta õlivanni ning seal lõplikult jahtuda lasta.

Järelelaskmine: Kohe pärast karastamist keeta 3 tundi keevas vees.

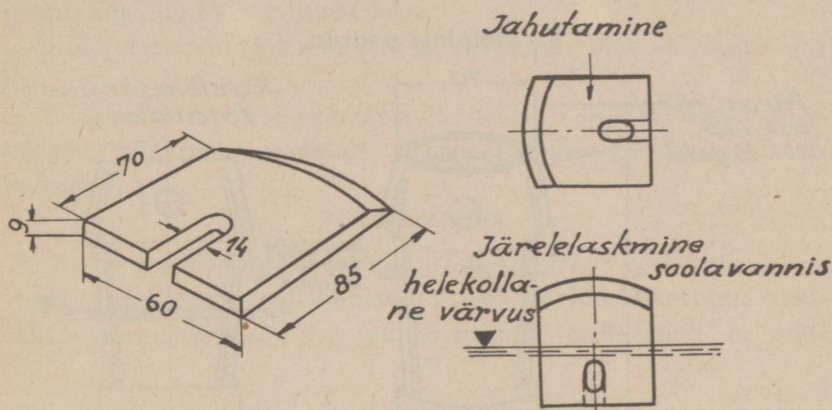
Kõvaduse kontroll: Valtsi pinnale viil ei nakka. Tapid on pehmed ja seega hästi viilitavad.

Märkus: Karastamisele ja järelelaskmisele järgneb mõõtu-lihvimine, milleks treimisel on jäetud umbes 0,5 mm. Valtsid läbimõõduga üle Ø 90 mm peavad olema läbi puuritud. Nende järelelaskmine sünnib õlivannis keetmise teel 130° käes.

Sagedamini esinevaid vigu: Jahutatakse lihtsalt vees, pursktoruseadist kasutamata, mille tagajärjel kõvadus pole küllaldane või pinnal on pehmemaid laiike. Ebaühtlase soojenduse või ülekuumutuse tagajärjel valts võib karastamisel kergesti puruneda.

Mittekorrapärase lihvimise tagajärjel tekivad kergesti lihvimispraod.

5. Puuhöövli tera.



Joon. 45.

Teras: Õliskarastuv eriteras. $C = 0,55\%$, $W = 2\% + Cr + Si$.

Karastamine: Karastamiseks jäetakse pilu esiotsa läbi lõikamata ning tera peab evima vähemalt 0,5-mm paksust.

Karastamiseks soojendatakse höövlitera lahtiselt pikkamisi (umbes 30 min.) 700 kraadini, s. o. tumepunase hõõgvärvuseni. Siis umbes 15 minuti vältel 880—900 kraadini, hoitakse sel temperatuuril 5 minutit ja siis jahutatakse õlis (joon. 45).

Järelelaskmine: Alul veidi ette soojendada ahjuäärel ja siis kasta seljaga ees soolavanni, mis on kuumutatud umbes 450 kraadile (joon. 45). Jälgida, kuni helekollane muutevärvus jõuab lõiketerani; siis soojendamine lõpetada ning jahu-

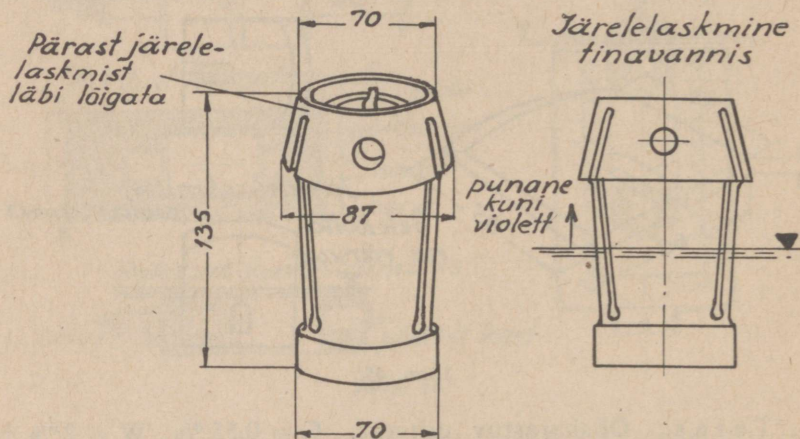
tada õlis. Kui soola- või õlivanni pole käepärast, võib järelelaskmiseks kasutada ka tuliseksaetud liiva või kuuma raudplaati.

Sagedamini esinevaid vigu: Hõõvlitera rinna- poolne osa pole küllalt üle töödeldud, mille tagajärjel süsiniku- vaesem kiht on lõplikult kõrvaldamata. Tagajärjeks on hõõvli- tera halb lõikevõime.

Karastamine liiga kõrgelt või liiga madalalt temperatuurilt, mille tõttu lõikeomadus samuti pole rahuldav.

Puudulik lihvimine.

6. Treipingi padrun.



Joon. 46.

Teras: Õliskarastuv CrSi-tööriistateras. $C=0,6\% + Cr + Si$.

Hõõgutamine: Karastusahjus soojendada lahtiselt kuni tumepunase hõõgvärvuseni, s. o. 650 — 700 kraadini (kestab umbes 30 minutit), hoida sel temperatuuril umbes 1 tund aega ja siis koos ahjuga või kuivas tuhas aeglaselt jahtuda lasta.

Karastamine: Pikipilud on jäetud lõpuni läbi lõikamata; see sünnib alles pärast karastamist ja järelelaskmist.

Karastusahjus soojendada padrun aeglaselt tumepunase hõõgvärvuseni (kestab umbes 30 minutit), siis kuumutada sobiva

karastustemperatuurini, s. o. helekirsspunase hõõgvärvuseni ehk 830 kraadini (kestab umbes 15 min.). Hoida sel temperatuuril umbes 10 minutit ja siis peaga ees kasta jahutamiseks õlisse. Liigutada üles-allä umbes 2 minutit ja seejärel lasta õlis lõplikult jahtuda.

Järelelaskmine: Karastatud padrunit keedetakse õlis 150 kraadi käes umbes 30 minutit ja siis lastakse tal õhu käes jahtuda. Siis lastakse peenemat otsa tinavannis (480°) senikaua järele, kuni punane või violetne muutevärvus ulatub padruni peani; siis õhu käes jahtuda lasta.

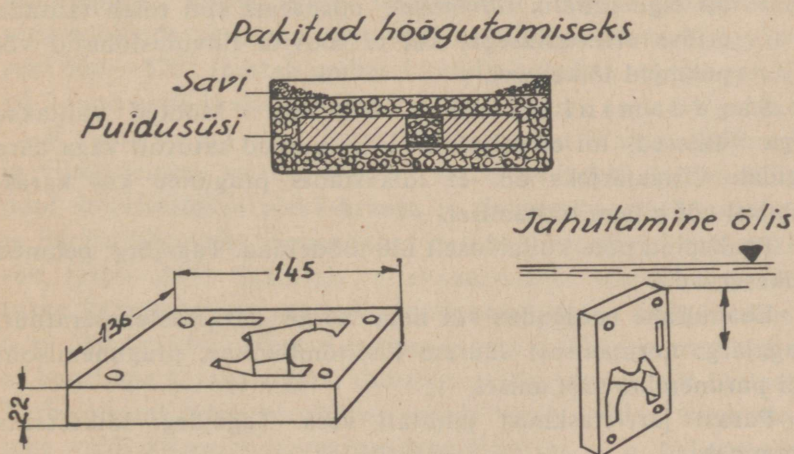
Kõvaduse kontroll: Peenema otsa kõvadus on $R_C = 45$.

Sagedamini esinevaid vigu: Karastamine liiga kõrgelt või liiga madalalt temperatuurilt. Puudulik järelelaskmine.

7. Lõikestants.

Teras: VMn-eritööriistateras. $C = 0,9\% + V + Mn$.

Hõõgutamine: Jämedalt etteöödeldud lõikestants pakitakse ühes hernesuuruse puusõepuruga plekk-kasti ja soo-



Joon. 47.

jendatakse karastusahjus aeglaselt kuni 680 kraadini (kestab umbes 1 tund). Hoitakse sel temperatuuril 1 tund aega ja siis lastakse koos ahjuga või kuivas tuhas pikkamööda jahtuda (joon. 47). Pärast jahtumist järgneb lõplik töötlemine ning viimistlemine.

Karastamine: Soojendamine toimub lahtiselt, pakkimatult. Ettesoojendamine 650 kraadile kestab 40—50 minutit. Siis kuumutamine karastustemperatuurini, s. o. tumekirsspunase hõõgvärvuseni ehk umbes 760 kraadini kestab umbes 20 minutit. Pärast 10-minutist hoidmist sel temperatuuril jahutatakse lõikestants kitsa küljega ees õlis, liigutades teda 2—3 minuti vältel üles-alla. Järgneb lõplik jahtumine õlis.

Järelelaskmine toimub õlivannis 180° käes keetmise teel kestusega 1 tund. Õlivanni puudumisel kasutatakse küllaldase suurusega punaseks kuumutatud raudplaati. Järelelaskmine lõpetatakse, kui töötaval poolel ilmub õlgkollane muutevärvus.

Kõvaduse kontroll: Viil nakkab nõrgalt, $R_C = 61,5$.

Märkus: Kasutatud eriteras on mõõdetelt väga püsiv, s. o. muudab oma mõõteid karastamisel vaid umbes 0,08 mm piirides. Aga kui kõrgelt legeeritud eriteras ta on õige tundlik lihvimisel, mispärast siin tuleb talitada erilise ettevaatusega, kui ei soovita lihvimislõhesid või pehmeid lõikeservi.

Sagedamini esinevaid vigu: Mõõted valitakse liiga väikesed, nii et väljalõiked ja mulgud satuvad väga ääre ligidale. Tagajärjeks on, et lõikestants praguneb kas karastamisel või hiljem töötamisel.

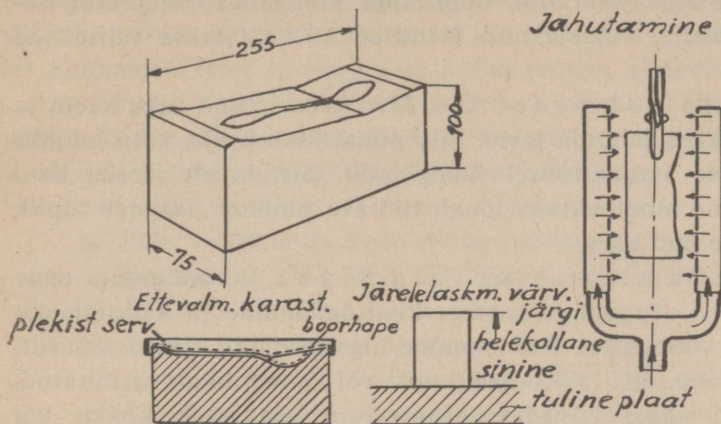
Pealispind pole küllaldaselt üle töödeldud. Tagajärg: pehmed lõikeservad.

Ebaühtlane soojendus või liiga kõrge karastustemperatuur. Tagajärg: normaalsest suurem kissitõmbumine, pragunemisoht või purunemine töötamisel.

Pärast järelelaskmist jahutati vees. Tagajärg: lõikestants praguneb.

8. Lusikastants.

Jahutamine õhujoas



Joon. 48.

Teras: Õhuskarastuv NiCrMo-tööriistateras. $C = 0,4\%$, $Ni = 4\%$ + Cr + W + Mo.

Hõõgutamine: Jämedalt töödeldud stants asetatakse töötava pinnaga allapoole plekk-kausile, millele on riputatud puusöepuru. Kauss koos terasetükiga viiakse karastusahju ning soojendatakse aeglaselt kuni pruunikaspunase hõõgvärvuseni $600-620^\circ$ (kestab umbes 1 tund), hoitakse sel temperatuuril 1 tund aega ja siis lastakse tal koos ahjuga aeglaselt jahtuda.

Karastamine: Pärast hõõgutamist stantsi töötlemine ja viimistlemine viiakse lõpule. Karastamiseks stantsi töötav pool ümbristatakse plekk-kraega ja riputatakse peale sulatatud ja pärast jahtumist peenendatud boorhapet umbes 3 mm paksuselt (joon. 48). Sääraselt ettevalmistatud stantsi soojendatakse karastusahjus aeglaselt kuni tumepunase hõõgvärvuseni, s. o. 700 kraadini (kestab umbes 1 tund), jälgides samaaegselt, et boorhape kataks stantsi töötavat pinda võimalikult ühtlaselt. Tarbe korral tuleb boorhapet juurde lisada. Edasi kuumutada juba veidi kiiremini karastustemperatuurini, s. o. helepunaseni ehk 850 kraadini (kestab umbes 30 minutit), hoida sel tempera-

tuuril umbes 15 minutit ja siis jahutada ventilaatori tuulejoas eriseadise abil (joon. 48). Boorhappe kiht langeb seejuures iseenest maha, külgejäänud jäänused kõrvaldatakse tulise vee abil.

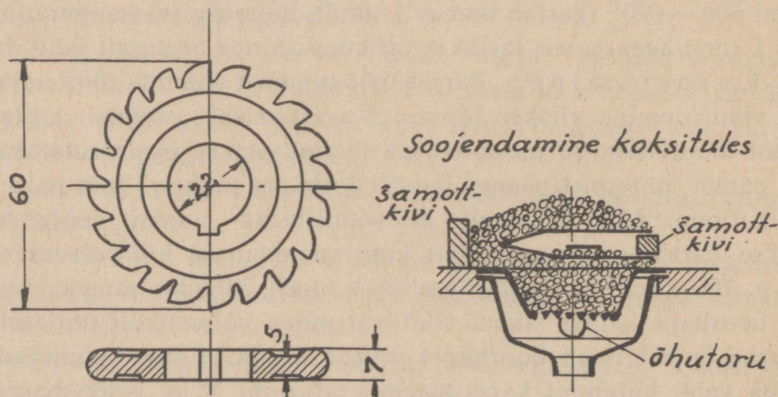
Järelelaskmine: Õlis 230° käes 1 tund aega keeta ja siis õhu käes jahtuda lasta. Siis puhastatakse üks külj haljaks ja lastakse stants tulisel raudplaadil täiendavalt järele, kuni helekollane muutevärvus jõuab töötava pinnani. Järgneb lõplik jahtumine õhu käes.

Sagedamini esinevaid vigu: Ei hõõgutata enne karastamist. Tagajärg: suurem kissitõmbumine ja katkimineku võimalus töötamisel. Karastamine liiga madalalt temperatuurilt, mitteküllaldaselt läbisoojendatud või puudulikult jahutatud. Tagajärg: väike kõvadus, graveeritud osa istub kokku või mureneb.

9. Frees.

Teras: Kõrgelt legeeritud volfram-vanaadium-kiirlõike-teras.

Karastamine: Frees soojendatakse koksitulel ette kuni kollaka muutevärvuse ilmumiseni, kaetakse siis küllastunud kloorbaariumi lahusega ja jätkatakse soojendamist kuni 700 kraa-



Joon. 49.

dini, s. o. tumepunase hõõgvärvuseni (kestab umbes 3 minutit). Siis viiakse frees üle raudtorust moodustatud koldesse (joon. 49), mis juba varem on ette kuumutatud kuni kollakasvalgeni. Koldes kuumeneb frees kiiresti kuni kollakasvalge hõõgvärvuseni, s. o. umbes 1250 kraadini (kestab umbes 2 minutit); siis jahutatakse teda õlis pideval üles-alla-liigutamisel (umbes $\frac{1}{2}$ minutit) ja edasi lastakse tal samas õlis lõplikult jahtuda.

Järelelaskmine:

- a) Ette soojendada kuni sinise värvuse ilmuniseni; siis tinavannis 570° käes 20 minuti kestel järele lasta. Lõppeks õhu käes jahtuda lasta.
- b) Juhul, kui puudub tinapott ühes temperatuurimõõtmise seadisega, keeta freesi õlivannis 200° käes 20 minutit või liivavannis või tulisel raudplaadil järele lasta kuni helekollaseni.

Kõvaduse kontroll: Viil ei nakka. $R_C = 64$.

Märkus: Käesoleva näite puhul on eeldatud, et kiirlõiketerase karastamiseks sobiv karastusahi puudub.

Kui karastajal puudub vilumus kindlalt hoida õiget karastustemperatuuri, s. o. 1250° , on parem järelelaskmist toimetada punkt b all märgitud viisil.

Sagedamini esinevaid vigu: Üks sagedamini esinevaid vigu on, et püütakse kiirlõiketerasest tööriistu karastada selleks mittesobivatel ääsidel või ahjudes. Enamasti need seadised ei võimalda üldse nõutava kõrge temperatuuri saavutamist või alles pikema ajaga. Teras pinnalt süsinik põleb välja ja karastamine sünnib liiga madalalt temperatuurilt. Selle tagajärjel riistade lõikeomadused on mitterahuldavad. On kasulikum sääraستel juhtudel anda kiirlõiketerasest tööriist karastamisele selleks eriti seadistatud karastustöökodadele.

Järelelaskevahendid.

A. Õlid.

Sort	Kasutatav punkt C°	M ä r k u s
Silindriõli	300	On soovitatav mitte ületada siin antud ülemmäära; vastasel korral õli võib kergesti põlema plahvatada. Juhul, kui vaja on kõrgemat järelelaske-temperatuuri, on kasulikum tarvitada soolade segusid.
Vacuum Oil Company „Hecla Mineral”	400	

B. Soolade segud.

Soolade segu	Sulamispunkt C°	Kasutatav temperatuurivahemikus C°
55 osa kaaliumnitraati (KNO_3) 20 osa naatriumnitraati (NaNO_3) 25 osa liitiumnitraati (LiNO_3)	120	150—400
1 osa kaaliumnitraati (KNO_3) 1 osa naatriumnitriiti (NaNO_2)	145	180—450
1 osa kaaliumnitraati (KNO_3) 1 osa naatriumnitraati (NaNO_3)	220	250—500
70 osa kloorkaaliumi (KCl) 30 osa kloorliitiumi (LiCl)	360	400—700
1 osa kloornaatriumi (NaCl) 3 osa kloorbaariumi (BaCl_2)	500	540—800
1 osa kloornaatriumi (NaCl) 1 osa kloorbaariumi (BaCl_2)	530	600—850

M ä r k u s : Järelelaskmisel soolasegudega peab sissekastetav terasese olema täiesti kuiv; vastasel korral pritsib kuuma sula soolasegu laiali.

Terase kaalutabel.

Tabel nr. 13.

Uhe jooksva meetri kaal kg-des; 1 m³ kaaluks on võetud 7850 kg; d = paksus mm-tes.

d mm	kaal, kg/m			d mm	kaal, kg/m			d mm	kaal, kg/m		
	□	◇	○		□	◇	○		□	◇	○
5	0,196	0,170	0,154	30	7,065	6,118	5,549	80	50,240	43,509	39,458
6	0,283	0,245	0,222	32	8,038	6,961	6,313	85	56,716	49,118	44,545
7	0,385	0,333	0,302	34	9,075	7,859	7,127	90	63,585	55,067	49,940
8	0,502	0,435	0,395	36	10,174	8,811	7,990	95	70,846	61,355	55,643
9	0,636	0,551	0,499	38	11,335	9,817	8,903	100	78,500	67,983	61,654
10	0,785	0,680	0,617	40	12,560	10,877	9,865	105	86,546	74,951	67,973
11	0,950	0,823	0,746	42	13,847	11,992	10,876	110	94,985	82,260	74,601
12	1,130	0,979	0,888	44	15,198	13,162	11,936	115	103,816	89,908	81,537
13	1,327	1,149	1,042	46	16,611	14,385	13,046	120	113,040	97,896	88,781
14	1,539	1,332	1,208	48	18,086	15,663	14,205	125	122,656	106,224	96,334
15	1,766	1,530	1,387	50	19,625	16,995	15,413	130	132,665	114,891	104,195
16	2,010	1,740	1,578	52	21,226	18,383	16,671	135	143,066	123,899	112,364
17	2,269	1,965	1,782	54	22,891	19,824	17,978	140	153,860	133,247	120,841
18	2,543	2,203	1,998	56	24,618	21,320	19,335	145	165,046	142,934	129,627
19	2,834	2,454	2,226	58	26,407	22,870	20,740	150	176,625	152,962	138,721
20	3,140	2,719	2,466	60	28,260	24,474	22,195	155	188,596	163,329	148,123
21	3,462	2,998	2,719	62	30,175	26,133	23,700	160	200,960	174,036	157,834
22	3,799	3,290	2,984	64	32,154	27,846	25,353	165	213,715	185,084	167,852
23	4,153	3,596	3,261	66	34,195	29,614	26,856	170	226,865	196,471	178,179
24	4,522	3,916	3,551	68	36,298	31,436	28,509	175	240,405	208,198	188,815
25	4,906	4,249	3,853	70	38,465	33,312	30,210	180	254,340	220,265	199,758
26	5,307	4,596	4,168	72	40,694	35,243	31,961	185	268,666	232,638	211,010
27	5,723	4,956	4,495	74	42,987	37,228	33,762	190	283,385	245,419	222,570
28	6,154	5,330	4,834	76	45,342	39,267	35,611	195	298,496	258,506	234,438
29	6,602	5,717	5,185	78	47,759	41,361	37,510	200	314,000	271,932	246,615

Märkus: Kiirloiketerase kaal on umbes 10% suurem tabelis toodud arvudest.

NSVL standardid „OST
Legeeritud

Teraste rühm	Terase mark	K e e m i l i n e			
		C	Mn	Si	Cr
Cr-terased	X12	2,00—2,30	≤ 0,35	≤ 0,40	11,5—13,0
	X12M	1,45—1,70	≤ 0,35	≤ 0,40	11,0—12,5
	XΓ	1,30—1,50	0,45—0,70	≤ 0,35	1,30—1,60
	X	0,95—1,10	≤ 0,40	≤ 0,35	1,30—1,60
	X09	0,95—1,10	≤ 0,40	≤ 0,35	0,75—1,05
	9X	0,80—0,95	0,25—0,35	0,25—0,45	1,40—1,70
	X05	1,25—1,40	0,20—0,40	0,20—0,35	0,40—0,60
	7X3	0,60—0,75	0,20—0,40	≤ 0,35	3,20—3,80
	8X3	0,76—0,85	0,20—0,40	≤ 0,35	3,20—3,80
CrSi-terased	9XC	0,85—0,95	0,30—0,60	1,20—1,60	0,95—1,25
	4XC	0,35—0,45	≤ 0,40	1,20—1,60	1,30—1,60
V-teras	Φ	0,95—1,05	0,20—0,40	≤ 0,35	—
CrV-teras	8XΦ	0,75—0,85	0,20—0,40	≤ 0,35	0,50—0,80
W-terased	B1	1,05—1,25	0,20—0,40	≤ 0,35	0,10—0,30
	B2	1,10—1,25	0,20—0,40	≤ 0,35	0,10—0,30
CrW- terased	3XB8	0,30—0,40	0,20—0,40	≤ 0,35	2,20—2,70
	XB5	1,25—1,50	≤ 0,30	≤ 0,30	0,40—0,70
	4XBC	0,35—0,44	0,20—0,40	0,60—0,90	1,00—1,30
	5XBC	0,45—0,54	0,20—0,40	0,50—0,80	1,00—1,30
	6XBC	0,55—0,65	0,20—0,40	0,50—0,80	1,00—1,30
	XBΓ	0,90—1,05	0,80—1,10	0,15—0,35	0,90—1,20
	9XBΓ	0,85—0,95	0,90—1,20	0,15—0,35	0,50—0,80
	5XBΓ	0,55—0,70	0,90—1,20	0,15—0,35	0,50—0,80
SiW-teras	8CBM	0,80—0,90	0,20—0,40	0,80—1,10	≤ 0,30
CrNi-terased	5XHM	0,50—0,60	0,50—0,80	≤ 0,35	0,50—0,80
	6XHM	0,60—0,70	0,50—0,80	≤ 0,35	0,50—0,80
CrMn-teras	5XΓM	0,50—0,60	1,20—1,60	0,25—0,65	0,60—0,90

M ä r k u s : õ = õli. v = vesi.

14958-39“ (lühendatult).
tööriistaterased.

Tabel nr. 14.

k o o s s e i s %-des			Karastustem- peratuur ja jahutus- vedelik	Karastatud proovitüki minimaalne Rockwelli kõvadus Rc
W	V	Mo		
—	—	—	950—1000/õ	60
—	0,15—0,30	0,50—0,80	950—1000/õ	58
—	—	—	800—830/õ	61
—	—	—	830—860/õ	62
—	—	—	830—860/õ	62
—	—	—	820—850/õ	62
—	—	—	800—830/õ	64
—	—	—	850—880/õ	54
—	—	—	850—880/õ	55
—	—	—	820—860/õ	62
—	—	—	860—900/õ	50
—	0,20—0,40	—	780—820/õ	62
—	0,15—0,30	—	800—850/v	61
0,80—1,20	0,15—0,30	—	800—850/v	62
1,80—2,20	—	—	800—830/v	62
7,58—9,00	0,20—0,50	—	1075—1125/õ	46
4,50—5,50	0,15—0,30	—	800—820/v	65
2,00—2,50	—	—	860—900/v	53
2,00—2,50	—	—	860—900/õ	55
2,20—2,70	—	—	860—900/õ	57
1,20—1,60	—	—	800—830/õ	62
0,50—0,80	—	—	800—830/õ	62
0,50—0,80	—	—	850—900/õ	57
1,00—1,40	—	0,30—0,50	880—920/õ	62
Nikkel	—	—	—	—
1,40—1,80	—	0,15—0,30	830—860/õ	47
1,40—1,80	—	0,15—0,30	830—860/õ	48
—	—	0,15—0,30	820—860/õ	50

Näiteid legeeritud tööriistateraste kasutamisaladest.

Kasutamisalad.

Mark

- X12** Stantsid: väga vastupidavad kulumisele, kuid tugevatele löökidele mitte. Traaditõmbamise lauad; tõmbamissilmad. Painutus- ja vormstantsid. Stantside keerukad osad, mis karastamisel ei tohi märgatavalt kissi tõmbuda.
- X12M** Samaks otstarbeks kui teras X12, kuid kasutatakse juhtudel, kui on nõutav eriti suur sitkus.
Keeruka kujuga rihveldamisrullid. Keeruka kujuga löike- ja tõmbestantsid. Keerukad vastutusrikkad mulgutemplid ja matriitsid.
- XГ** Tööriistad, mis karastamisel vaid vähe tohivad deformeeruda, nagu pikad vindipuurid, kaliibrid, lekaalid, vindipakid, freesid.
- X09;X** Karastatavad masinaosad. Väga kõvad ekstsentriskud ja nagad (sõrmed). Viiliraumismeslid. Templid. Treiterad, hõõvelterad.
- 9X** Märkimispulgad, läbilõõmistornid; külmalt kujupressimise vormid ja templid.
- X05** Habemenoad, kirurgilised instrumendid, kaabitsad (saabrid).
- 7X3;8X3** Keermematriitsid presside ja poldivalmistamismasinade jaoks. Templid ja tornid (ogad).
- 9XC** Vindipakid (ka ümmargused), märkimispulgad külmale metallile, puurid, hõõritsad (reibalid), freesid, vindipuurid, vindikammid.
- 4XC** Meislid, needipea-vormid, kääriterad sooja kui ka külma metalli lõikamiseks.
- Φ** Rahalõõmistemplid, lõõktööriistad poltide ja neetide valmistamiseks.
- 8XΦ** Templid külmtööde jaoks. Noad metallide lõikamiseks külmalt.
- B1** Spiraalpuurid, vindipuurid, rullterad.
- B2** Erikujulised treiterad ja rihvelterad. Pikad noad.
- 3XB8** Kuummatriitsid ja -templid, mis töötavad eriti raskes olukorras. Vase survevaluvormid.
- XB5** Treiterad, hõõvelterad, rihvelterad, tugevasti koormatud gra-veerterad, freesid eriti kõvale materjalile nagu kõvamalmi ja soomusplaatide pindade lõikamiseks keskmise kiirusega.
- 4XBC** Suruõhu-tööriistad, meislid, alumiiniumi survevaluvormid.
- 5XBC;6XBC** Templid külmadele töödele, vastupidavad puidutööriistad, kääriterad metalli lõikamiseks külmalt, vindirullimis- pakid.
- XBГ** Lõiketööriistad, mis karastamisel ei tohi kissi tõmbuda, nagu pikad vindipuurid ja hõõritsad, erifreesid ja muud nende sar-nased tööriistad.

Mark

- 9XBT . . . Vindikaliibrid, keeruka kujuga lekaalid ja külmstantsid, mis karastamisel ei tohi märgatavalt kissi tõmbuda.
- 5XBT . . . Mulgutemplid, väiksemad kuummatriitsid, millelt nõutakse võimalikult väikest kissitõmbumist karastamisel.
- 8CBM . . . Ümmargused vindipakid.
- 5XHM . . . Auru- ja langehaamrite haamriosad.
- 6XHM . . . Rasketes tingimustes töötavad kuummatriitsid.
- 5XGM . . . Samaks otstarbeks kui mark 5XHM.

Tabel nr. 15.

NSVL standardid „OST 4112“ (lühendatult).

Kiirlõiketerased.

Keemiline koosseis %	T e r a s e m a r g i d				
	PK5	PΦ2	PΦ1	P	PO
C	0,65—0,77	0,76—0,85	0,70—0,80	0,66—0,78	0,60—0,75
W	17—18,5	11,8—12,8	17,5—19	17—18,5	15—17,5
V	1—1,4	2,3—2,6	1—1,4	0,5—0,8	0,2—0,6
Co	4,5—5,5	—	—	—	*)
Mo	0,3—0,6	—	0,3—*)	0,3—*)	—
Cr	3,6—4,5	4,1—4,6	3,8—4,6	3,8—4,6	3,8—4,5

M ä r k u s: *) kokkuleppel tellijaga.

TABELITE REGISTER

	Lk.
1. Süsinikterased (tiigliteras)	12
2. Kiirlõiketeras	15
3. CrNi-terased	17
4. Väljavõte DIN-normidest 1663	18
5. Iseloomulikud vedruterase liigid	19
6. Hõõgvärvused	32
7. C-terasest tööriistade järelelaske-temperatuurid	45
8. Riistateras	52
9. Kiirlõiketeras	59
10. Tsementeeritavate CrNi-teraste „ECN 45“ ja „ECN 35“ soojuskäitus .	74
11. Tsementeerimisel sagedamini esinevaid vigu	75
12. Järelelaskevahendid	92
13. Terases kaalutabel	93
14. NSVL standardid „OST 14958—39“	95
15. NSVL standardid „OST 4112“	97

SISUKORD

Lk.

Eessõna	5
-------------------	---

I. Teraste liigitus.

1. Sissejuhatus	7
2. Teraste liigitus valmistusviisi, mehaaniliste omaduste, keemilise koosseisu ja kasutusotstarbe järele	7

A. Tööriistaterased.

3. Süsinikterased	11
4. Legeeritud tööriistaterased	13
5. Kiirlõiketerased	14

B. Ehitusterased.

6. Süsinik-ehitusterased	16
7. Legeeritud ehitusterased	16

C. Vedruterased 19

II. Terasa sisemise ehituse põhijooni.

1. Terasa struktuurimuutused	22
a) Tardunud lahuse ümbermoodustumine aeglasel jahtumisel	23
b) Tardunud lahus kiirel järsul jahtumisel	24
c) Kohaseim karastustemperatuur	25

III. Vahendid ja abinõud terase soojendamiseks.

1. Karastusahjud	27
2. Soojendamine sulametallides ja soolasegudes	30
3. Temperatuuri mõõtmine	31

IV. Töövõtteid karastamisel.

1. Terasa ületöötlemine enne karastamist	34
2. Hõõgutamine	34
3. Ettevalmistus karastamiseks ning vahendeid terase pinna kaitseks	37
4. Jahutusained ja -vahendid	40
5. Järelelaskmine	44
6. Tööriistateraste karastamine	47
7. Parendamine	52
8. Kiirlõiketerase soojuskäitlus	55

V. Terasse käitlemine pärast karastamist.

1. Terasse kõmmeldumine karastamisel ja karastatud terase õgvendamine	60
2. Karastatud terase lihvimine	64
3. Terasse kõvaduse kontrollimine	67

VI. Tsementeerimine.

1. Süsinik- ja CrNi-teraste tsementeerimine	69
2. Tsementeerimisel sagedamini esinevaid vigu	75
3. Näide tsementeerimise praktikast	76
4. CrMo-teraste tsementeerimine	77
5. Tsementeerimine lämmastikuga (nitreerimine)	77

VII. Töönäiteid.

1. Käsimeisel	79
2. Viilid	80
3. Kirves	82
4. Kullasepa-külmvalts	83
5. Puuhöövli tera	85
6. Treipingi padrun	86
7. Lõikestants	87
8. Lusikastants	89
9. Frees	90
Tabelid	93

Vastutav toimetaja A. Põdrus. Korrektor A. Miller. Tehniline toimetaja H. Treumann. Laduda antud: 30. I 1941. Trükki antud: 3. IV 1941. Trükitähtede arv trükipoognas: 33,18 tuhat. Trükipoognate arv: 6¼. Autori arvutuspoognate arv: 4,30. Kirjastuse arvutuspoognate arv: 4,52. Trükiarv: 3150 eks. Kaust: A 5. Paber: 61×86 cm. 1/32. Trükikoja tellimise nr. 225. MB-4234. Trükikoda: „Punane Täht“, Tallinn, Pikk 54/58.

Печатано на эстонском языке.

Э. ОЛЬВИНГ. Закалка стали. ГИЗ „Педагогическая Литература“, Таллин. Типография „Пунане Тэхт“, Таллин, улица Пикк 54/58

