G. KAMENŠTŠIKOV

SEPA-TÖÖD

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

2/44004

G. G. KAMENŠTŠIKOV

SEPATÖÖD

NSV Liidu Kultuuriministeeriumi Kutsehariduse Peavalitsuse Õppe-metoodilise Valitsuse poolt lubatud kasutada õpikuna tööstuskoolides

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1958

Originaali tiitel:

Г. Г. Каменщиков
КУЗНЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
второе, исправленное и дополненное издание
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1954 Свердловск

Tõlkinud H. Norman.

Käesolev raamat on ette nähtud tööstus- ja raudteekoolide õpikuks vabasepistamise (universaaltööde) seppade ettevalmistamisel ja vastab materjali esitamise järjekorralt ning metoodikalt kinnitatud programmile.

Raamatus on valgustatud sepatööde põhiküsimusi vabasepistamise ja kuumstantsimise alal. Samaaegselt soovitatakse kasutada raamatut õppevahendina nii iseseisvalt oma kvalifikatsiooni tõstvatele seppadele kui ka tehnilise miinimumi kursustel.

*

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
44004

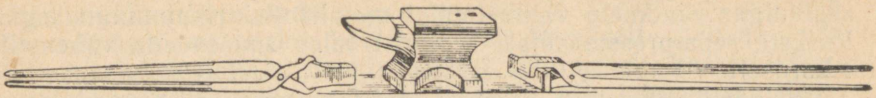
VENEKEELSE TEISE VÄLJAANDE EESSÕNA

Käesoleva, vabasepistamise (universaaltööde) seppade tööstus- ja raudteekoolides ettevalmistamiseks ettenähtud õpiku esimene väljaanne ilmus 1948. aastal 1946. aasta programmi järgi. Õpik oli arvestatud neljaklassilise haridusega õpilastele. Käesolev teine väljaanne on samuti ette nähtud vabasepistamise seppade ettevalmistamiseks tööstus- ja raudteekoolides, kuid see rajaneb uuel, 1952. aastal kasutuselevõetud programmil.

Seoses uute saavutustega sepatööde tehnikas ja kõrgendatud nõuetega, mis esitatakse sepa erialale 1952. a. programmiga, on raamatut teises väljaandes märgatavalt ümber töötatud ja täiendatud. Täiendatud ja ümber töötatud on peamiselt raamatu järgmised peatükid ja osad.

Kütuse põletamist käsitlevas peatükis on valgustatud selle põletamist mehaanilistes kolletes ja tolmu näol. Kuumutamisseadmeid käsitlevas peatükis on kirjeldatud nüüdisaegseid kõrge tootlikkusega ahjusid ning valgustatud lähemalt mehhaniseeritud ahjude töötamise küsimusi. Metalli kuumutamist käsitlevas peatükis on vaadeldud metalli kiirkuumutamist leekahjudes ning elektriga kuumutamist sepistamiseks ja stantsimiseks. Märksa üksikasjalisemalt on vaadeldud küsimusi, mis käsitlevad sepistusjooniste koostamist, sepiste mahu ja kaalu määramist, toorikute valikut toodete sepistamiseks ja allapandavate stantside kasutamist, millele lisaks on kirjeldatud enamkasutatavate detailide sepistamise tehnoloogilisi protsesse. Sisult on uuendatud osa, mis käsitleb töömahukate protsesside mehhaniseerimist sepa töö kergendamiseks. Täiendatud ja märgatavalt ümber töötatud on kuumstantsimisele pühendatud osa; eriti on selles osas vaadeldud ekstsenterpresside kasutamist vabasepistamiseks ja stantsimiseks ning üksikasjalisemalt valgustatud toorikute külmalt lõikamise küsimust.

Sepistusseadmete ratsionaalset kasutamist käsitlevasse ossa on sisse võetud näiteid sepiste valmistamise komplekssest tehnoloogiast, mis on eesrindlike tööliste ja novaatorite poolt masinaehitustehastes rakendatavate parimate meetodite teadusliku üldistamise tulemuseks.



I PEATÜKK

SISSEJUHATUS

§ 1. MASINAEHITUSTÖÖSTUSE ARENEMISEST

Enne Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni oli masinaehitus Venemaal nõrgalt arenenud. Masinad ja tööpingid veeti sisse peamiselt välismaalt. Tsaarivalitsus arvas, et vene töölised ei suuda valmistada keerulisi ja häid masinaid. Tegelikult ei seisnud asi mitte vene töölistes, vaid selles, et tsaarivalitsus ise ei tahtnud midagi teha masinaehituse arendamiseks.

Pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni, mis avas uue ajajärgu Venemaa tootlike jõudude arenemises, püstitasid kommunistlik partei ja Nõukogude valitsus ülesande muuta minevikus mahajäänud põllumajanduslik maa tööstusmaaks, kõige eesrindlikuma tehnika maaks. Kommunistliku partei peajoon maa industrialiseerimiseks, meie kodumaa majandusliku iseseisvuse ja sõltumatuse kindlustamiseks leidis oma konkreetse väljenduse rahvamajanduse arendamise viie aasta plaanides ning masinaehituse tormilises arenemises. Sõjaeelsete viisaastakute vältel loodi uute tööstusharudena tööpingi-, auto- ja traktoritööstus, põllumajandusliku, energeetilise, metallurgilise ja keemilise masinaehituse tööstus ning nüüdisaegse eesrindliku masinaehituse muud harud. Masinaehitus kujunes nõukogude rasketööstuse südamikuks. Veelgi suurenes meie masinaehitustööstuse tootmisbaas pärast Suurt Isamaasõda. Nõukogude masinaehitus suurendab pidevalt seadmete väljalaskmist kõikidele rahvamajanduse harudele.

Masinaehituse kiire kasvu jätkamist näevad ette ka NLKP XX kongressi direktiivid NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kuuenda viie aasta plaani kohta aastaiks 1956—1960. Masinaehituse toodang ja metalli töötlemine peab käesoleval kuuendal viisaastakul suurenema umbes 80% võrra. Seejuures tuleb garanteerida raskete sepa-pressmasinate tootmise kiirem kasv, võrreldes metalli lõiketöötlemise pinkide tootmise suurenemisega. Tunduvalt tuleb suurendada sepa-pressmasinate väljalaset, eriti võimsate hüdrauliliste presside, mehaaniliste stantsimis- ja vormimispresside, horisontaalsepistamismasinate ja automaatide tootmist,

sealhulgas seadmete valmistamist metalli elektrikuumutamisega. Raskete sepa-pressmasinate tootmist tuleb suurendada vähemalt 4-kordselt.

Masinaehitustööstuse arengus etendab suurt osa masside loominguline aktiivsus, mis väljendub sotsialistlikus võistluses. Eesrindlikud töölised, tootmise novaatorid on avastanud ja avastavad piiramatuid võimalusi töötootlikkuse tõstmiseks. Omandanud täiuslikult tootmistehnika, otsivad ja leiavad nad järjest uusi reserve, mis rajanevad peamiselt teaduse ja tehnika uusimatel saavutustel. Novaatorite iseloomustavaks jooneks on leiutamine ja taiplikkus. Et saada novaatoriks, on tarvis pidevalt tundma õppida tootmistehnikat ja omandada nii tehnilisi teadmisi kui ka eesrindlikke töökogemusi.

Novaatorite liikumine aitab kaasa meie tehastes töötootlikkuse süstemaatilisele kasvule, tootmisplaanide täitmisele ja ületamisele, toodangu omahinna alandamisele ning selle kvaliteedi tõstmisele.

§ 2. RIIKLIKUD TÖÖJÕURESERVID

Tööstuse arenemine nõuab tööliskaadri pidevat ja plaanikindlat täiendamist. Kvalifitseeritud tööliste plaanikindlaks ettevalmistamiseks tööstuse, ehituse ja transpordi jaoks pandi NSV Liidu Ülemnõukogu Presiidiumi 2. oktoobri 1940. a. seadlusega alus riiklike tööjõureservide organiseerimisele.

Selle seadluse alusel loodi tööstus-, raudtee- ja vabrikukoolide laiaulatuslik võrk. Tööstus- ja raudteekoolide ülesandeks on ette valmistada tööstuslike ettevõtete ja transpordi jaoks kvalifitseeritud 4.—5. kategooria töölisi, kellest peab kujunema tehniliselt haritud, poliitiliselt arenenud ja kultuursete harjumustega tootmiskaader.

Vabrikukoolid on organiseeritud 3.—4. kategooria tööliste ettevalmistamiseks massilistel erialadel, peamiselt metallurgia- ja masinaehitustööstuse, ehituse ja transpordi jaoks. Peale selle on NLKP KK 1953. a. septembripleenumi ja 1954. a. veebruari-märtsipleenumi otsustes rõhutatud vajadust kvalifitseeritud kaadri laiaulatuslikuks ettevalmistamiseks põllumajandusele. Selle kaadri hulka kuuluvad ka sepad, kelle eriala on masina- ja traktoritöökodades üks juhtivamaid.

§ 3. SEPATÖÖDE TÄHTSUS MASINAEHITUSES

Iga masin koosneb suurest hulgast üksikosadest ehk detailidest. Detaile valmistatakse mitmesugusel viisil ja erinevatest materjalidest. Mõned detailid valatakse malmist või terasest, teised sepistatakse terasest, kolmandad aga saadakse metallide mehaanilise töötlemisega mitmesugustel pinkidel. Valatud ja sepistatud detai-

lidele vajaliku kuju andmiseks ning täpsete mõõdete ja nõutava pinnasileduse saamiseks kuuluvad nad tavaliselt mehaanilisele töötlemisele. Sepistatud detaile, sellest sõltumatult, kas nad kuuluvad mehaanilisele töötlemisele või mitte, nimetatakse sepisteks.

Sepistamisel on masinaehituses väga suur tähtsus. Ühtki rohkem või vähem keerulisemat masinat pole võimalik valmistada ilma sepisteta. Vastavad kokkuvõtted näitavad, et umbes 15—20% NSV Liidus saadavast metalli üldkogusest kuulub töötlemisele sepistamise teel ja et umbes $^1/_3$ väljasulatatud terasest läheb sepistamisele ja stantsimisele. Vabasepistamine ja stantsimine on eriti levinud masinaehituse niisugustes harudes, nagu traktorite, autode ja põllumajanduslike masinate ehitus, laeva- ja veduriehitus. Nii näiteks moodustavad sepistatud detailid vaguniehituses kuni 70% kõikidest nendest detailidest, milledest valmistatakse vagun. Sepistamise teel ei valmistata mitte ainult masinaosi, vaid ka paljusid tööriistu.

Sepistamise laialdane levik on seletatav sellega, et sepistamine tõstab terase kvaliteeti, s. o. muudab selle tugevamaks. Vastutusrikkad masinaosad valmistatakse seepärast reeglina sepistamise teel. Peale selle lüheneb sepistamise puhul paljudel juhtudel detaili või tööriista valmistamiseks vajalik aeg ja kulub märksa vähem metalli, mille tagajärjel alaneb ka toodete omahind. Kui näiteks 17 kg raskune väntvõll valmistatakse valtsitud toorikust mehaanilise töötlemise teel metallilõikepinkidel, muudetakse laastudeks 31,5 kg metalli. Sama väntvõlli sepistamisel aga läheb laastudeks kõigest 13,7 kg metalli, s. o. 2,3 korda vähem. Niisuguseid näiteid võib tuua palju.

Sepatööde määratu suur tähtsus tingib seda, et igal töökojal on sepikoda, igal masinaehitustehasel aga sepatsehh. Sepatööde eelistest kui ka sepistamise või stantsimise rakendamise otstarbekusest ühtedel või teistel juhtudel tuleb lähemalt juttu käesolevas raamatus.

§ 4. VABASEPISTAMISE SEPA KVALIFIKATSIOONI ISELOOMUSTUS

Töölise k v a l i f i k a t s i o o n i k s nimetatakse tema tööoskust, oma eriala tundmist. Mida paremini tööline oskab töötada, seda kõrgem on tema kvalifikatsioon. Töölise kvalifikatsiooni taset määratakse tariifikategooriaga. Masinaehitustööstuses kasutatakse kaheksakategoorialist tariifivõrku, kusjuures kaheksas kategooria vastab kõige kõrgemale kvalifikatsioonile.

Tööstus- ja raudteekoolid valmistavad ette viienda kategooria vabasepistamise seppi. Viienda kategooria sepp peab oskama:

1) teha sepatöid, mis oma keerulisuselt vastavad 5. kategooriale, ja nende täitmisel tulema toime kehtivate ajanormidega;

2) juhtida mehaanilist vasarat, mille langevate osade kaal ulatub 1,5 tonnini;

3) kuumutada mitmesugust sorti teraseid õigesti nii sepaäsidel kui ka kuumutusahjudes;

4) teha sepistustöid nii käsitsi kui ka mehaaniliste, auru- ja suruõhuvasarate abil;

5) valmistada keskmise keerulisusega detaile tööjooniste, skitside ja tehnoloogiliste kaartide järgi;

6) määrata detailide sepistamiseks vajalike toorikute mõõted ja kaal;

7) kasutada kontroll-mõõteriistu;

8) määrata väliste tunnuste järgi terase, toorikute ja sepiste kvaliteeti;

9) õigesti ja kokkuhoidlikult kulutada materjale;

10) täita ohutustehnika juhendeid ja eeskirju.

Peale selle peab 5. kategooria sepp omama vajalikke üldtehnilisi ja erialalisi teadmisi. Sepp peab teadma:

1) vabasepistamiseks kasutatavate mitmesugust süsteemi mehaaniliste vasarate ja presside, samuti sepatöödel kasutatavate tööriistade ning rakiste ülesannet, ehitust, rakendatavust ja teenindamist;

2) vabasepistamistööde tehnoloogilise protsessi väljatöötamise põhireegleid;

3) detailide sepistamise tolerantse ja varusid nende mehaaniliseks töötlemiseks;

4) kõige enam kasutatavate terasmarkide kuumutamise režiime;

5) sepistes esinevate defektide liike ja põhjusi ning nende vältimise ja kõrvaldamise viise;

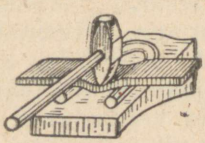
6) tööjooniste lugemise ja skitside koostamise reegleid;

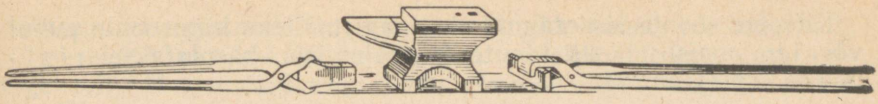
7) sepatöödel kasutatavaid metalle ja nende põhiomadusi ning kütuseid ja abimaterjale;

8) ohutustehnika juhendeid ja eeskirju, sisekorrareegleid ning tuletõrje eeskirju.

Et endale paremini ette kujutada terase kuumutamisel ja sepistamisel toimuvaid protsesse, peab sepp omama teatava miinimumi teadmisi keemiast, füüsikast ja matemaatikast.

Seega nõutakse sepalt küllalt laialdasi teadmisi ja oskust neid kasutada praktikas, et parandada nende abil oma tööd ja tõsta töötootlikkust.

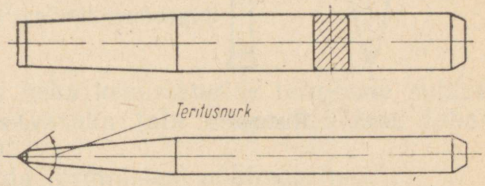




II PEATÜKK

LUKKSEPATÖÖD

Sepal tuleb sageli teha lukksepatöid ja kasutada lukksepa tööriistu. Tähtsamateks lukksepatöödeks on: 1) märkimine; 2) raiumine ja lõikamine; 3) viilimine; 4) kaabitsemine; 5) soveldamine; 6) aukude puurimine ja 7) keermetamine. Kõige sagedamini tuleb seppadel tegemist teha metallide raiumise, viilimise ja aukude puurimisega.



Joon. 1. Lukksepameisel.

§ 5. METALLIDE RAIUMINE KÄSITSI

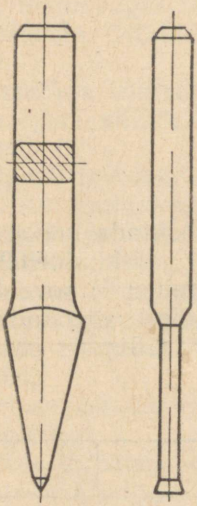
Tähtsamateks tööriistadeks, millede abil toimub metallide raiumine, on meisel, vasar ja kruustangid.

Lukksepameisel (joon. 1) valmistatakse süsinik-tööriistaterasest, mis sisaldab 0,6—0,8% süsinikku. Meisli pikkus kõigub 100 ja 200 mm vahel. Meisli tera teritusnurga suurus sõltub raiutava metalli kõvadusest: mida kõvem on metall, seda suurem peab olema teritusnurk. Meislite teritusnurkade suurused sõltuvalt metalli kõvadusest on toodud tabelis 1. Meisli lõikeots karastatakse.

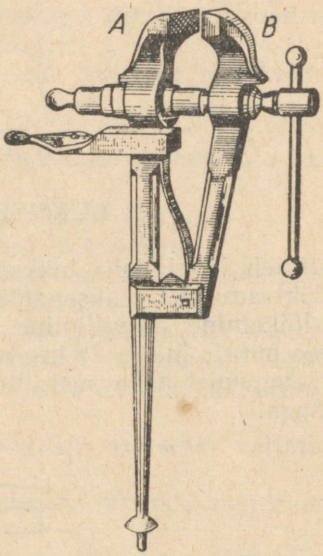
Tabel 1

Metall	Meisli teritusnurk kraadides
Malm ja pronks	75
Teras ja raud	60
Messing	45
Tsink ja alumiinium	35

Kitsaste soonte sisseraiumiseks, nagu näiteks kiilusoonte puhul või laia meisli jaoks soonte etteraiumisel, kasutatakse ristmeislit (joon. 2).



Joon. 2. Ristmeisel.



Joon. 3. Sepakruustangid.

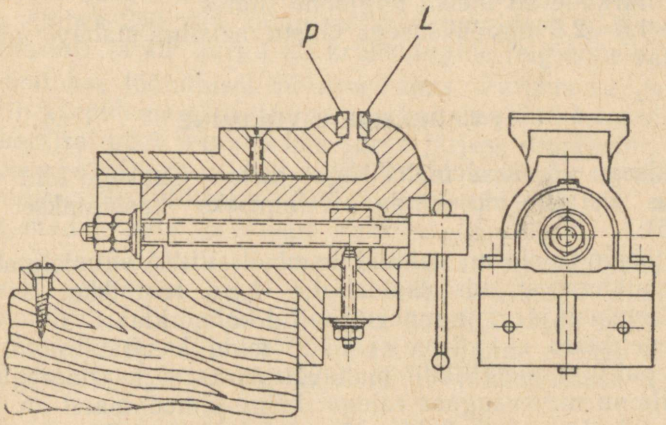
Lööke antakse raiumisel vasaraga, mis valmistatakse 0,4—0,6%-lise süsinikusisaldusega terasest. Vasara kaal valitakse vastavalt töötaja füüsilisele jõule ja meisli laiusele. Keskmise raiumisraskuse puhul kasutatakse tavaliselt vasarat kaaluga 0,4 kuni 0,6 kg.

Vasaravarred valmistatakse tugevatest puiduliikidest (kask, pihlakas). Varre pikkus on 250—300 mm. Varre ristlõikele antakse ovaalne kuju. Varre ots, mis läheb vasara auku, kiilutakse kinni raudkiiludega.

Töödeldavad detailid kinnitatakse kruustangide vahele. Kõige rohkem kasutatakse sepakruustange (joon. 3). Nende kruustangide puuduseks on aga mokkade *A* ja *B* ebaparalleelsus, mistõttu detaili ei pigistata tavaliselt kinni mitte mokkade kogu pinnaga, vaid ainult nende ülemiste või alumiste servadega. Sellest puudusest on vabad paralleelkruustangid (joon. 4), milledel mokad *P* ja *L* jäävad alati teineteisega paralleelseteks. Niisugustes kruustangides pigistatakse detail kinni mokkade kogu pinnaga, mistõttu detaili kinnitus kruustangidesse on tugevam.

Kruustange tuleb alati hoida eeskujulikus korras ja jälgida, et nad oleksid kindlalt töölaua külge kinnitatud. Kruvi on tarvis alati õliga määrida, karestatud mokad aga puhtad hoida.

Raiumisel pigistatakse detail kruustangide vahele nii tugevasti, et see ei nihkuks kohalt ka siis, kui meislile lüüakse vasaraga tugevasti. Meisel hoitakse raiumisel töödeldava detaili suhtes 30—35° nurga all.



Joon. 4. Paralleelkruustangid.

Töötaja peab hoidma oma keha kruustangide telgjoone suhtes 30—45° nurga all, asetades vasaku jala ettepoole. Nurk labajalgade vahel peab olema 70°.

Raiumisel tuleb kinni pidada järgmistest põhireeglitest:

1. Vasaralöögiks on tarvis liigutada paremat kätt (millega hoitakse vasarat) alati ühes vertikaaltasapinnas. Löögiandmine toimub sel juhul õigesti ning tugevasti, kuna töötaja väsivus on väiksem.

2. Vasara lauba keskkoht peab alati täpselt tabama meisli löögiotsa keskkohta. Töötaja peab alati vaatama meisli terale, mitte aga selle löögiotsale.

3. Löögijõu suurendamiseks tuleb vasarat alati hoida varre otsast.

4. Laia pinna üleraiumisel on tarvis kõigepealt sellele ristmeisliga kitsad sooned sisse raiuda, seejärel aga soonte vahele jäänud metall meisliga maha raiuda.

5. Habraste metallide (malmi, pronksi) raiumisel on tarvis metalli väljakillunemise vältimiseks detaili küljed mõlemalt poolt faasida.

6. Pehmete metallide (raua, vase) raiumise kiirendamiseks on kasulik meisli lõikeserva niisutada masinaõli või seebiveega. Malmi raiutakse kuivalt.

7. Et vältida vigastusi, mida võivad tekitada raiumisel eemale lendavad laastud, on tarvis lauale kruustangide taha asetada kaitsevõrgud ja kasutada kaitseprille.

8. Meisli teritamisel on tarvis arvestada, missuguste tööde jaoks see on määratud (teritusnurga suurused mitmesuguste metallide raiumiseks on toodud tabelis 1). Lõikeserva mõlemad tahud tuleb teritada selliselt, et need oleksid sirged, tasased ja asetseksid ühesuguste nurkade all meisli telgjoone suhtes

9. Üle 1,5—2,5 mm paksusega laastu meisliga mahavõtmine pole soovitatav.

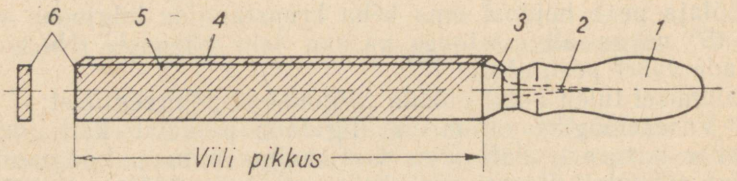
§ 6. DETAILIDE VIILIMINE

Viilimisega võetakse maha liigse metalli õhukene kiht või siis silutakse detaili välispinda. Viilimiseks kasutatakse viile (joon. 5).

Viili tööpindadele on raiutud hambad. Viilid valmistatakse kõvast süsinikterasest, mis sisaldab 1,1—1,2% süsinikku.

Raie tiheduse järgi jagunevad viilid kolme klassi.

Esimene klass — jämeviilid, mida kasutatakse 0,5 kuni 1,0 mm paksuse metallikihi mahavõtmiseks, s. t. jämeviilimiseks. Neid viile on mitmesuguse raiega: kõige jämedamatel on 16 kuni 20 raiet 1 jooksva tolli kohta; jämedatel 20 kuni 24 raiet ja poolpeentel 30 kuni 40 raiet.



Joon. 5. Viil:
1 — käepide; *2* — saba; *3* — kand; *4* — serv; *5* — tahk; *6* — nina.

Teine klass — peenviilid. Neid kasutatakse metallikihi mahavõtmiseks paksusega kuni 0,1 mm. Raie on nendel viilidel peenem ja sisaldab tavaliselt 40—60 raiet 1 jooksva tolli kohta. Detaili pind saadakse pärast peenviiliga üleviilimist siledam.

Kolmas klass — sametviilid. Neid viile kasutatakse detaili pindade viimistlemiseks.

Ristlõike kujult võivad viilid olla: lamedad — detaili mitmesuguste tasapindade viilimiseks; neljakandilised — tasapindade kui ka ruudukujuliste ja täisnurksete aukude viilimiseks; kolmekandilised — sisenurkade viilimiseks; ümmarguused — ümmarguste süvendite viilimiseks; poolümmarguused — nõguspindade viilimiseks.

Viili valikul tuleb lähtuda sellest, et viili pikkus ületaks viilitava detaili pikkuse umbes 150—200 mm võrra. Niisuguse viiliga saavutatakse kõige õigem viilimispind.

Viili käepide valmistatakse kasest või pöögist; käepideme pikkus peab olema poolteist korda suurem viili saba pikkusest.

Viilimiseks kinnitatakse detail kruustangide vahele ja liigutatakse viili horisontaalsuunas mööda detaili pinda, vajutades sellele mõlema käega. Õigeks viilimiseks on tarvis, et töötaja keha asetseks umbes 200 mm kaugusel kruustangidest, väikese kallakuga ettepoole ja 45° nurga all kruustangide telgjoonele.

Viili hoitakse töötamisel mõlema käega. Parema käega haaratakse viili käepidemest, vasakuga aga hoitakse viili teist otsa. Viili edasiliikumisel peab parema käe surve järjest suurenema, vasaku käe surve aga vähenema. Kui viilile avaldatavat survet töötamisel mitte muuta, siis viilitakse detaili servi rohkem, s. t. saadakse ebaõige, madalamate servadega pind.

Viilid on raiutud selliselt, et nad lõikavad metalli ainult edasiliikumisel. Seepärast ongi tarvis viilile vajutada ainult selle edasiliikumisel. Töötaja peab oskama kooskõlastada viilile rakendatavat survejõudu viilimise tempoga. Viilimine edeneb kiiremini, kui viil liigub aeglasemalt, kuid viilile rakendatakse suuremat survet.

Jämeviilimiseks ehk koorimiseks kasutatakse jämeviili. Seejuures, et vähendada detailil tekkivate kriimustuste sügavust ja saavutada suuremat viilimise täpsust, on tarvis muuta viili liikumise suunda detaili suhtes. Viilimise vältel tuleb kontrollida viilitavat pinda joonlaua või nurgikuga, neid mitmes suunas vastu viilitavat pinda asetades.

Peenviiliga puhastöötlemiseks peab jätma detailile töötlusvaru 0,1—0,2 mm.

Detaili lihvimiseks tuleb keerata puitliistu ümber abrasiivriiet, katta detail õhukese õlikihiga ja liistule kergelt vajutades edasitagasi liigutada.

Et sitkete metallide (näiteks vase) viilimisel viilmed ei ummistaks hammaste vahesid, hõõrutakse viilile kriiti.

Õhukesed ja kitsad detailid kinnitatakse viilimiseks sirgele 25—50 mm paksusele puitklotsile. Servadelt kinnitatakse detail klotsi külge peente naelakestega nii, et detail viilimisel ei saaks liikuda. Seejärel kinnitatakse detailiga klots kruustangidesse ja detaili viilitakse tavalisel viisil.

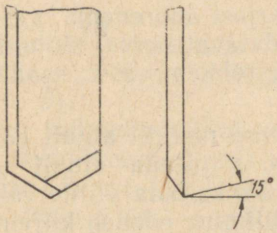
Kui mitme ühesuguse õhukese detaili külgpindu on tarvis üle viilida, siis koondatakse need 5—6 kaupa pakkidesse, kinnitatakse kruustangide vahele ja viilitakse tavalisel viisil.

Viili kvaliteeti kontrollitakse selle heli järgi vastu mingit raudeset löömisel. Puhas heli näitab, et viil on terve, tärisev hääl aga pragude olemasolu. Hea viil peab olema helehall. Tume värvus osutab viili oksüdeerumisele või selle nõrgale karastamisele. Hambad peavad olema raiutud ühtlaselt ning raie ühesuguse sügavusega.

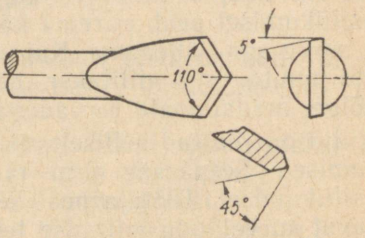
§ 7. AUKUDE PUURIMINE

Aukude puurimine toimub puuri abil. Puurid jaotatakse l a m e- ja s p i r a a l p u u r i d e k s.

Lamepuurid võivad olla kas ühepoolsed (joon. 6) või kahepoolsed (joon. 7). Ühepoolsed puurid on täiuslikumateks tööriistadeks kui kahepoolsed. Kahepoolne puur ei puuri, vaid kaabib metalli.

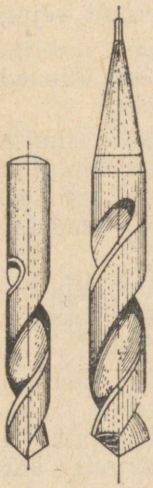


Joon. 6. Ühepoolne lamepuur.

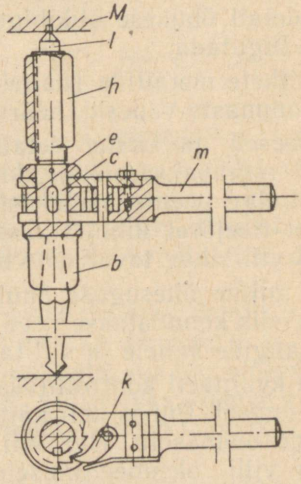


Joon. 7. Kahepoolne lamepuur.

Kõige enam on levinud spiraalpuurid (joon. 8), kuna need võimaldavad kiiret puurimist ja augu puhast pinda ning täpsust. Spiraalpuuride teritamisel tuleb jälgida, et lõikeservade pikkused ja nende kaldenurgad oleksid ühesugused. Vastasel korral võib augu läbimõõt muutuda puuri läbimõõdust suuremaks või auk «veab» kõrvale.



Joon. 8. Spiraalpuur.



Joon. 9. Käristipuur käsipuurimiseks.

Puuride pöörlemapanemiseks kasutatakse trelle, käristeid või puurpinke. Käesoleval ajal on väga levinud elektri- või suruõhutrellid: nad on käepärased ja kergendavad tööd. Käristeid (joon. 9) kasutatakse seal, kus elektri- või suruõhutrelliga puurimine pole võimalik. Käristipuuri spindlit *b* (joon. 9) pööratakse käepidemega *m*. Selleks on spindlile kinnitatud põrkratas *e* (hammastega, mis on suunatud ühele poole), käepidemel *m* on aga põrklink *k*, mis käepideme ühele poole keeramisel toetub vastu põrkratta hambaid ja pöörab seda.

Käepideme teisele poole keeramisel libiseb põrklink üle põrkratta hammaste ja põrkratas ei pöörle. Põrkratas on kinnitatud spindlile, mistõttu ühes temaga pöörleb ka spindel koos selle sisse kinnitatud puuriga.

Käristi seatakse üles tsentri *i* abil, mis ühe otsaga toetub vastu tugiklambrit *M*, teisest otsast on aga keermetatud. Tugitsentri keermetatud ots on mutri *h* kaudu ühendatud spindli ülemise keermetatud otsaga. Kui mutrit *h* töötamise ajal spindlilt maha keerata, siis surutakse sellega puuri metalli sisse.

Käristipuuriga töötamine toimub järgmisel viisil: keeratakse käepidet *m* veerandringi võrra nii, et põrklink pööraks põrkratast; spindel seejuures pöördub ja puur töötab; seejärel keeratakse käepidet vastupidises suunas, mispuhul puur seisab paigal jne.

Kõige täiuslikumaks agregaadiks puurimistöödel on puurpink, mis tagab kõrge tootlikkuse ja aukude täpsuse.

Aukude puurimisel on tarvis: 1) kinnitada puur täpselt ja kindlalt spindlisse; 2) üles seada detail täpselt, s. o. nii, et puuri telgjoon ühtiks täpselt märgitud augu telgjoonega; 3) kinnitada detail kindlalt pingi töölauale või kruustangidesse; 4) puurimise lõpul vähendada puuri ettenihet selle murdumise vältimiseks; 5) meeles pidada, et puuri kiirel pöörlemisel selle lõikeservad hakkavad kuumenema ja temperatuuril üle 250—300° nad nürinevad kiirelt (süsinikterasest puuri puhul); puuri püsivuse tõstmiseks on seepärast tarvis kasutada puuri jahutamist mingi kohase vedelikuga.

Jahutamiseks kasutatakse kõige sagedamini sooda vesilahust või emulsiooni, mille saamiseks lisatakse veele õlis lahustatud seepi. Emulsioonil on määrimisvõime, mistõttu väheneb energiakulu puurimisel. Emulsiooni kasutamisel saadakse siledamad ja puhtamad auguseinad ning suureneb puuri lõikeservade püsivus.

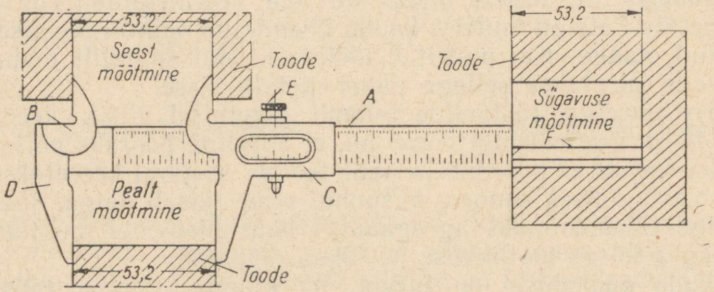
Malmi sisse puuritakse aukusid kuivalt.

§ 8. MÕÕTERIISTAD

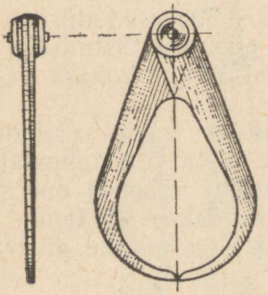
Joonmõõdete mõõtmiseks täpsusega kuni 0,5 mm kasutatakse tavalist kokkupandavat meetermõõtu (puidust või metallist) või mõõtejoonlauda. Mõõtejoonlaudadele on tavaliselt peale kantud nii meeter- kui ka tollmõõdud. Selleks et üle viia tolle meetermõõ-



Joon. 10. Mõõtejoonlaud.



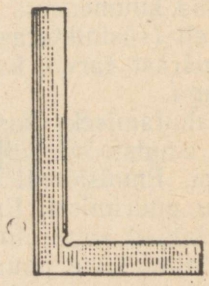
Joon. 11. Nihkkaliiber ja selle töötamise skeem.



Joon. 12. Välistaster.



Joon. 13. Sisetaster.



Joon. 14. Nurgik.

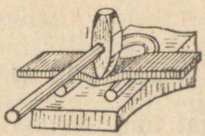
dustikku, tuleb meeles pidada, et 1 toll võrdub 25,4 mm. Mõõtmisel hoitakse mõõtejoonlauda või meetermõõtu vastu toodet. Seejuures tuleb jälgida, et meetermõõdu või mõõtejoonlaua ots ühtiks täpselt mõõdetava toote või detaili otsaga. Joonisel 10 on kujutatud mõõtejoonlaud meeter- ja tolljaotustega.

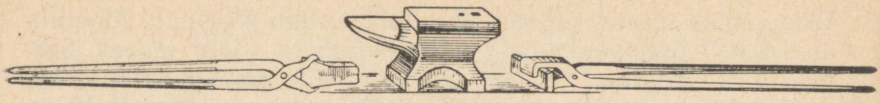
Detailide mõõtmiseks täpsusega kuni 0,1 mm kasutatakse nihkkaliibrit, mille ehitus on näidatud joonisel 11. Mööda terasjoonlauda *A*, mille vasakpoolsele otsale on liikumatult kinnitatud harud *B* ja *D*, on vabalt nihutatav samasuguste harudega liugur *C*. Liugurit on võimalik joonlauale kruvi *E* abil mistahes asendisse kinnitada. Liuguri *C* külge on kinnitatud õhuke ja kitsas joonlaud *F*, mida kasutatakse sügavuste mõõtmiseks.

Mõõtejoonlaualt detailile või, vastupidi, detaililt mõõtejoonlauale mõõdete ülekandmiseks kasutatakse: 1) välistastrit (joon. 12) — välismõõdete mõõtmiseks; 2) sisetastrit (joon. 13) — aukude sisemõõdete mõõtmiseks. Tasapindade-vaheliste nurkade kontrollimiseks kasutatakse nurgikuid (joon. 14).

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missuguseid tööriistu kasutatakse metallide käsitsi raiumisel?
2. Kuidas teritada meisli lõiketera malmtooriku ja pehme terase raiumisel?
3. Missugustest reeglitest on tarvis kinni pidada kruustangide vahele kinnitatud detaili raiumisel?
4. Miks on metalli raiumisel soovitav määrida meisli lõiketera masinaõliga?
5. Milleks kasutatakse viilimist?
6. Missuguseid tööriistu kasutatakse viilimisel?
7. Kuidas viilida detaili, et selle pind oleks õige?
8. Kuidas peab töötaja hoidma oma keha kruustangide vahele kinnitatud detaili viilimisel?
9. Milline peab olema lukksepavasara vars (pikkus, ristlõige, puidusort) ja kuidas seda vasara sisse kinnitada?
10. Kuidas peab lukksepp raiumisel hoidma vasarat ja kuidas lööma meisli löögiotsale?
11. Missuguseid tööriistu kasutatakse aukude puurimiseks?
12. Millest on tingitud augu kõrvalekaldumine spiraalpuuriga puurimisel?
13. Missuguseid põhireegleid tuleb täita aukude puurimisel?
14. Missugustel juhtudel puuritakse aukusid käristi abil?
15. Milleks on vaja puurimisel puuri jahutada?
16. Milleks kasutatakse välistastrit?
17. Milleks kasutatakse sisetastrit?





III PEATÜKK

ÜLDMÕISTEID SEPISTAMISEST

§ 9. SEPATÖÖDE LIIGID

Sepistamiseks nimetatakse metallide kuumtöötlemist vasaralöökide või pressi survejõu abil.

Sepistamise või stantsimise teel valmistatakse mitmesuguse kuju ja suurusega detaile väga mitmesugustele masinatele.

Sepistamine tõstab metalli mehaanilisi omadusi ja parandab struktuuri. Seepärast valmistatakse masinate kõige vastutavamad detailid, nagu võllid, kepsud, trumlid jne., vabasepistamise või stantsimise teel.

Rakendamist leiab nii käsisepistamine kui ka masin- (ehk mehaaniline) sepistamine.

Käsisepistamine toimub alasil käsisepistamise tööriistade abil.

Masinsepistamine toimub mehaaniliste vasarate või pressidega. Raskemate sepiste masinsepistamine toimub peamiselt pressidel, kergemate sepistamine aga mehaanilise vasara all.

Toodete valmistusviisi järgi jaguneb sepistamine vabasepistamiseks ja stantsimiseks.

Vabasepistamisel muudetakse metalli kuju selle kokkusurumisega mehaanilise vasara või pressi laupade vahel. Seejuures metalli voolamist (mõõdete ja kuju muutumist) juhib sepp mitmesuguste tööriistade abil.

Stantsimisel piiravad metalli voolamist stantsidesse sisselõigatud õõnsused, mis annavad metallile nõutava kuju ja mõõted. Stantsimise teel sepiste valmistamiseks vajatakse iga detaili jaoks oma stantsi.

Edasisele mehaanilisele töötlemisele kuuluvaid sepiseid nimetatakse mustsepisteks.

Mehaanilisele töötlemisele mittekuuluvaid sepiseid nimetatakse aga puhassepisteks.

§ 10. SEPATÖÖSTUSE ARENEMISE AJALOOST VENEMAAL

Sepistamine oli Venemaal tuntud juba kauges minevikus. Juba IX sajandil valmistasid vene sepad rauast sepistatud sirpe, XI sajandil aga — sepistatud vikateid.

XVI sajandil olid olemas mitte ainult «vabad» sepad, vaid ka «kroonusepad», kes töötasid kroonule kuuluvates tehastes. Vene akadeemik I. Gamel [1] räägib oma tuntud raamatus «Tuula Relvatehase kirjeldus ajalooliselt ja tehniliselt seisukohalt» sellest, et juba 1595. aastal Tuula püssisepad, kes valmistasid kroonule relvastust, elasid ja töötasid iseseisvalt. 1628. aastal olid juba olemas sepistatud suurtükid, mida valmistasid Ustjužna sepad. Sepistatud raudsuurtükid olid tugevamad ja odavamad kui valatud.

Sepistamise eelised muutusid järjest ilmsemateks ja sepatöös-tus arenes Venemaal ikka laialdasemalt. Tuula, Sestroretski, Iževski jt. sepatehastes kasutati sepistamist peamiselt relvade valmistamiseks. Kuid peale relvade valmistasid nii tehased kui ka «vabad» sepad ka põllutööinventari ja tarbeesemeid.

Tuula relvatehased kujunesid sepakunsti kooliks. Siin õppisid sepatööd teiste tehaste meistrid. Tehaste omanik Nikita Demidov, kes võttis kroonult üle Nevjanski tehase Uraalis, viis sepakunsti üle Uraali tehastesse (1700. a.).

XVII—XVIII sajandil saavutab Venemaal metallide töötlemine vabasepistamise teel suure täiuslikkuse. Sel ajal töötasid mõnedes vene tehastes ka sepatööde eriteadlased — välismaalased, kes ei tahtnud oma kogemusi vene meistritele üle anda. Kuid tänu oma andekusele, leidlikkusele ja visadusele arendasid ja täiustasid vene sepad oma tööoskust, tõstes sepistamiskunsti välismaa meistritele kättesaamatule kõrgusele, ning lõid rea silmapaistvaid masinaid ja tööpinke, mis pole käesoleva ajani kaotanud oma tähtsust (langevvasar, kruvipress jt.).

Ometi valmistati metalltooteid kuni XVIII sajandini ainult käsitsi vabasepistamise teel. Sepised saadi seetõttu ebatäpsed, käsitsi töötlemine nõudis väga palju tööd. Relvade jaoks valmistatavad detailid nõudsid vastastikust vahetatavust. Käsitsi vabasepistamise teel valmistatud sepised olid aga erinevate mõõdetega ja neid ei olnud võimalik vastastikku vahetada. Kerkis küsimus detailide valmistamiseks niisugusel viisil, mis võimaldab saada samasuguseid detaile ühesugustes mõõdetes, s. o. vastastikku vahetatavatena. Seda saavutati kuumstantsimisega. Külmstantsimist kasutati juba ammust ajast; külmstantsimise teel valmistati münte vasest, hõbedast ja kullast. Terasdetaile relvade jaoks aga ei läinud korda stantsimise teel ilma kuumutamiseta valmistada.

1800. a. paiku rakendati Tuula Relvatehases V. A. Pastuhhovi poolt esmakordselt terase kuumstantsimist vertikaalse kruvipressiga. Umbes samal ajal rakendati Sestroretski Tehases käsitsi sepistatud toodete siluvstantsimist. Kuum- ja siluvstantsimise kasutuselevõtuga oli vastastikuse vahetatavuse küsimus positiivselt lahendatud, kuna ühetüübilisi detaile hakati nüüd saama ühtedes ja samades mõõdetes.

Kuumstantsimise jaoks kasutati algul kruvipresse (friktsioonpresse), hiljem aga langevvasaraid.

Käesoleval ajal on sepatööstus NSV Liidus kaasaegse teaduse ja tehnika kõrgel tasemel ning on mööda läinud kapitalistlike maade sepatööstusest.

Nõukogude masinaehitustehastel, eriti aga raskemasinaehitustehastel on võimsad sepatsehhid, mis on varustatud kodumaal valmistatud täiuslike kaasaegsete sepistusseadmetega.

§ 11. LÜHITEADMISI TERASEST JA SELLE OMADUSTEST

Tähtsamaks materjaliks, millega sepal tuleb tegemist teha, on teras, mis on hästi sepistatav. Teraseks nimetatakse raua sulamit süsiniku ja teiste elementidega.

Sõltuvalt mitmesuguste elementide sisaldusest terases ja nende hulgast muutuvad terase omadused ja sepiste valmistamise tingimused.

Nii näiteks sõltuvalt terase margist, millest sepatsehhis valmistatakse sepiseid, võivad muutuda: 1) kuumutamise aeg ja temperatuur; 2) kuumutamise režiim ja sellega koos ka ahju konstruktsioon; 3) kuumutuste (väljavõtmiste) arv sepise valmistamisel; 4) sepistamisseadmete võimsus; 5) sepiste valmistamise meetodid ja võtted; 6) jahutamise tingimused ja sepiste jahutamiseks kasutatavate seadmete konstruktsioon; 7) termilise töötlemise režiim.

Terastel on teatavad omadused, mida võib jaotada kolme gruppi: füüsikalised, mehaanilised ja tehnoloogilised. Terase koosseisu kuuluvate mitmesuguste elementide leppelised tähistused on toodud tabelis 2.

Terase tähtsamateks füüsikalisteks omadusteks on: erikaal, soojusmahtuvus, sulamistemperatuur ja soojusejuhtivus.

Terase füüsikalistest omadustest on sepatööstusele kõige tähtsamad soojusmahtuvus ja soojusjuhtivus.

Tabel 2

Terases leiduvate elementide leppelised tähistused

Elementide nimetus	Elementide tähistus terase keemilise koostise märkimisel	Standardites terase markeerimisel kasutatav elementide tähistus	Elementide nimetus	Elementide tähistus terase keemilise koostise märkimisel	Standardites terase markeerimisel kasutatav elementide tähistus
Süsinik	C	—	Molübdeen	Mo	M
Mangaan	Mn	Г	Volfram	W	В
Räni	Si	С	Vanaadium	V	Ф
Fosfor	P	—	Alumiinium	Al	Ю
Väävel	S	—	Titaan	Ti	Т
Kroom	Cr	Х	Vask	Cu	—
Nikkel	Ni	Н			

Soojusmahtuvuseks nimetatakse soojushulka, mis on tarvilik aine (terase) massi soojendamiseks ühe kraadi (1°C) võrra. Terase soojusmahtuvus muutub sõltuvalt ühtede või teiste elementide sisaldusest terases.

Erikaaluks nimetatakse keha ruumala ühiku kaalu (näiteks terase 1 m^3 kaalu tonnides või 1 cm^3 kaalu grammides). Terase erikaal oleneb samuti terase koostisest, kuid väikestes piirides. Sepatööstuses vajalikeks arvutusteks võib võtta terase keskmiseks erikaaluks 7,82 (terase 1 m^3 kaal on 7,82 t).

Soojusejuhtivuseks on aine omadus edasi anda soojust kuumemalt aine osalt jahedamale, mis esimesega vahetult kokku puutub. Kui näiteks metallvarrast ühest otsast soojendada, siis soojus levib varda jahedama otsani soojusejuhtivuse toimel. Soojusejuhtivuse näiteks on samuti soojuse ülekandumine valuploki pinnalt selle sisemusse ploki kuumutamisel ahjus.

Terase mehaanilistest omadustest osutuvad kõige tähtsamateks:

1) tugevus — terase võime taluda väliseid jõudusid ilma purunemiseta; mida tugevam on teras, seda suurematele koormustele ta peab vastu;

2) kõvadus — terase võime osutada vastupanu kõrvaliste kehade surumisele; terase kõvadust määratakse erilistel aparaatidel (Brinelli, Rockwelli jt. aparaadid), milledega surutakse proovitavasse katsekehasse teraskuulike või teemantkoonus: mida sügavamale tungib kuul või koonus katsekehasse ja mida suurem on katsekehal tekkiv jälg, seda pehmem on teras;

3) plastilisus — terase omadus muuta välisjõudude toimel ilma purunemiseta oma kuju ja säilitada seda pärast jõudude mõju lakkamist;

4) sitkus — terase omadus muuta oma kuju ilma purunemiseta märgatavate löökkoormuste puhul;

5) sepistatavus — terase omadus alluda survetöötlemisele (sepistamisele, valtsimisele, tõmbamisele jne);

6) elastsus — terase omadus muuta oma kuju ilma purunemiseta välisjõudude toimel ja taastada see pärast nende jõudude mõju lakkamist.

Terase tähtsamate tehnoloogiliste omaduste hulka kuuluvad:

1) terase keevitatavus. Kuumutamisel teras järk-järgult pehmeneb ja 1300—1400°C temperatuuri juures muutub taignakujuliseks. Kui kaks taignataolise olekuni kuumutatud terasetükki kokku panna ja kokku suruda (pressi või vasara all), siis nad ühinevad ehk, nagu öeldakse, keevituvad kokku;

2) terase karastatavus. Kui terast kuumutada temperatuurini 750—900° (kuumutustemperatuur sõltub terase koostisest) ja vees või õlis kiirelt jahutada, siis muutub teras väga kõvaks ja hapraks. Seda protsessi, millega kaasneb terase struktuuri muutumine, nimetatakse karastamiseks.

Mida rohkem sisaldab teras süsinikku, seda tugevamini ta karastub. Süsinikusisaldusega kuni 0,15% teras ei karastu üldse ja, vastupidi, süsinikusisaldusega üle 0,5% teras karastub tugevasti. Terase koostisse kuuluvad üksikud elemendid mõjutavad selle omadusi järgmisel viisil.

Süsinik (C) tõstab terase kõvadust, tugevust ja karastatavust, kuid vähendab sepistatavust ja soojusejuhtivust. Mida rohkem on terases süsinikku, seda aeglasemalt tuleb teda kuumutada. Teras süsinikusisaldusega kuni 1,4% on hästi sepistatav ja valtsitav.

Räni (Si) tõstab terase tugevust ja elastsust, kuid vähendab sitkust ja keevitatavust. Masinaehitusterased sisaldavad räni tavaliselt 0,2 kuni 0,4%. Sepistatavust ränisisaldus märgatavalt ei mõjuta.

Mangaani (Mn) on tavalistes süsinikterase sortides 0,2 kuni 1%, erisortides aga kuni 14%. Mangaan tõstab löögitugevust, üldist tugevust, vähendab kuluvust ja alandab väävli kahjulikku mõju. Mangaanisisalduse suurenemisel alaneb soojusejuhtivus ja keevitatavus. Mangaan soodustab terase ülekuumenemist ja pragude tekkimist. Mida rohkem mangaani sisaldab teras, seda aeglasemalt tuleb teda kuumutada; et vältida mangaanterase ülekuumutamist ja ülepõletamist, tuleb hoolikalt jälgida kuumutustemperatuuri ja kõrgetel temperatuuridel hoidmist. Õigesti kuumutatult on mangaanterase toorikud või plokid hästi sepistatavad.

Nikkel (Ni) tõstab terase sitkust ja tugevust.

Nikkel ei mõjuta terase sepistatavust, kuid nikkelterase kuumutamisel hakkab tagi tooriku pinna külge tugevasti kinni. Tagi võidakse terase sisse taguda ja sel viisil terase mehaanilisi omadusi alandada.

Kroom (Cr) tõstab terase tugevust, kõvadust ja elastsust, kuid alandab sitkust ja soojusejuhtivust. Valuploki sepistamisel on kroomterase struktuur raskesti purustatav. Et sepises saada peeneteralist struktuuri, on tarvis ta hästi läbi sepistada kõrgel temperatuuril.

Kroomteras on kõrgel temperatuuril (1150—850°C) rahuldavalt sepistatav, kuid madalatel temperatuuridel (alla 850°C) tõuseb järsult terase pinnakõvadus, mistõttu võib tekkida pragusid.

Molübdeeni (Mo) lisandatakse terasesse koos nikli ja kroomiga. Erinevates terase markides leidub molübdeeni kuni 0,45% ja harva kuni 1%. Sulamites koos kroomi ja nikliga tõstab molübdeen terase tugevust ja sitkust, kuid alandab soojusejuhtivust. Mida rohkem molübdeeni teras sisaldab, seda aeglasemalt tuleb teda kuumutada, kuna molübdeen suurendab tugevasti terase tundlikkust ülekuumutamise vastu. Molübdeenterased nõuavad intensiivset läbitagumist võimsamatel pressidel ja vasaratel, kui seda on süsinikteraste sepistamiseks kasutatavad pressid ja vasarad. Molübdeenterasest sepiseid tuleb jahutada aeglaselt, täpselt

tehnoloogilise protsessi järgi, kuna molübdeenteras kaldub õhus karastuma ja võib kergesti praguneda.

Vanaadium (V). Masinaehituses kasutatavates terasesortides leidub vanaadiumi tavaliselt kuni 0,3% ja harva kuni 1%. Vanaadium tõstab terase tugevust ja elastsust ning aitab kaasa plokkide peeneteralise struktuuri saavutamisele. Vanaadium tõstab terase sepistatavust ja takistab ülekuumenemist.

Volfram (W) tõstab terase kõvadust ja tugevust, seejuures alandab vähesel määral sitkust ja soojusejuhtivust. Volframterase sepistamine madalatel temperatuuridel põhjustab pragude tekkimist. Volframteraseid tuleb kuumutada aeglasemalt kui süsinikteraseid ja sepistada kõrgematel temperatuuridel.

Väävel (S) on terases kahjulik lisand, kuid samal ajal on ta niisuguseks elemendiks, mis läheb terasesse selle sulatamisel. Väävlit peab olema terases võimalikult vähem. Vastutavate detailide valmistamiseks kasutatavates terastes ei tohi väävlisisaldus ületada 0,02—0,03%, tavalistes terastes aga — 0,045—0,055%. Ülemäärane väävlisisaldus põhjustab terase punarabedust. Kui niisugust terast kuumutada punase hõõgumiseni, siis annab ta sepistamisel pragusid ja puruneb. Tavalisel temperatuuril alandab väävel terase tugevust.

Fosfor (P). Väävlist erinevalt põhjustab fosfor terase külmrabedust, s. t. põhjustab hapruse toatemperatuuril. Terastes, milledest valmistatakse vastutavaid detaile, ei tohi fosforit leiduda üle 0,03—0,04%. Mida rohkem teras sisaldab süsinikku, seda rohkem võib selles leiduda fosforit. Terase külmrabedus ilmneb sageli, kui toodet õgvendatakse ja painutatakse külmal ajal mitteköetavates ruumides.

§ 12. TERASTE LIIGITUS

Keemiliselt koostiselt jagunevad terased süsinik- ja legeeritud terasteks.

Kasutamise otstarbel jagunevad terased: 1) konstruktsiooniterasteks, milledest valmistatakse masinate, tööpinkide, sildade, suurtükkide, tankide, laevade ja muude konstruktsioonide osi; 2) tööriistaterasteks, milledest valmistatakse lõiketeri, puure, keermepuure, freese, viile, stantse, kaliibreid ja teisi tööriistu; 3) eriliste füüsikaliste omadustega terasteks, nagu magnetilised, mittemagnetilised, roostekindlad, kuumuskindlad jne. terased.

Seega on olemas viis terasegruppi:

1) süsinik-konstruktsiooniterased;
2) legeeritud konstruktsiooniterased;
3) süsinik-tööriistaterased;
4) legeeritud tööriistaterased;
5) eriliste füüsikaliste omadustega legeeritud terased.

Saamisviisi järgi jaotatakse terased: 1) martään-, 2) bessemer-, 3) toomas- ja 4) elektriterasteks. Kõige enam levinud terase saamisviisideks on sulatamine martään- (martäänteras) ning elektriahjudes (elektriteras).

§ 13. TERASTE MARGID

Kasutusel on väga palju terasesorte. Tähtsamate terasemarkide keemiline koostis on kindlaks määratud eriliste riiklike normatiividega — niinimetatud standarditega. Lühendatult nimetatakse standardeid GOST-ideks (venekeelse nimetuse Государственный общесоюзный стандарт algtähed), vanemaid aga, mida lasti välja kuni 1941. aastani, — OST-ideks (lühend venekeelsetest sõnadest Общесоюзный стандарт).

Süsinik-konstruktsiooniteraste keemiline koostis on toodud järgmistes standardites: ГОСТ 380-50 (tavalise kvaliteediga konstruktsiooniterased) ja ГОСТ 1050-52 (kvaliteetsed konstruktsiooniterased, mis sisaldavad vähem fosforit ja väävlit kui tavalise kvaliteediga terased).

Tavalise kvaliteediga süsinik-konstruktsiooniteraseid on olemas kaheksa marki: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7. Mida suurem on number terase margi tähistuses, seda rohkem ta sisaldab süsinikku ja järelikult seda tugevam ja kõvem ta on.

Kvaliteetsete konstruktsiooniteraste marke tähistatakse numbritega: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 ja 65 (kokku 13 marki). Nendel markidel tähendavad numbrid süsinikusisaldust terases sajandik-protsentides. Nii näiteks leidub mark 40 terases süsinikku 0,40% (lubatavate tolerantsidega 0,35—0,45%).

Süsinik-tööriistateraste keemiline koostis on kindlaks määratud standardiga ГОСТ В-1435-54 (täht В näitab, et see on sõjaaegne standard). Selle standardiga on ette nähtud kaheksa kvaliteetterase marki: У7, У8, У8Г, У9, У10, У10Г, У12 ja У13 ning kaheksa kõrge kvaliteediga terase marki: У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У10ГА, У12А ja У13А. Täht У näitab, et on tegemist süsinikterasega (venekeelsest sõnast углеродистая). Numbrid margi tähistuses näitavad süsinikusisaldust terases kümnendikprotsentides; nii näiteks on terases У8 süsinikku 0,8% (lubatavate tolerantsidega 0,75 kuni 0,85%); terases У10 on süsinikku 1,0% jne. Täht А näitab kõrge kvaliteediga terast, mis sisaldab vähem väävlit ja fosforit. Täht Г mõnedes markides osutab kõrgemale mangaanisisaldusele.

Legeeritud konstruktsiooniterase keemiline koostis on kindlaks määratud standardiga ГОСТ 4543-48. Keemilisest koostisest ja mehaanilistest omadustest sõltuvalt jagunevad legeeritud konstruktsiooniterased kvaliteetterasteks ja kõrge kvaliteediga terasteks.

Kõrge kvaliteediga terasemarke, mis erinevad kvaliteetterastest madalama väävli ja fosfori sisaldusega, tähistatakse nagu kõrge

kvaliteediga tööriistaterase markegi tähega A. Iga legeeritud konstruktsiooniterase mark koosneb kahest numbrist, mis näitavad süsinikusisaldust sajandikprotsentides, ja tähtedest, mis näitavad, missugust legeerivat elementi leidub antud terasemargis. Nii näiteks tähistab mark 15X kroomterast, milles on 0,15% süsinikku; mark 40XH — kroomnikkelterast, mis sisaldab 0,40% süsinikku. Kui antud terasemargis legeerivat elementi leidub üle 1%, siis asetatakse terasemargis vastava tähe järele number, mis näitab selle elemendi ligikaudset sisaldust protsentides. Nii näiteks tähistab mark 20XH3A kõrgekvaliteedilist kroomnikkelterast, mis sisaldab 0,20% süsinikku, umbes 1% kroomi ja umbes 3% niklit.

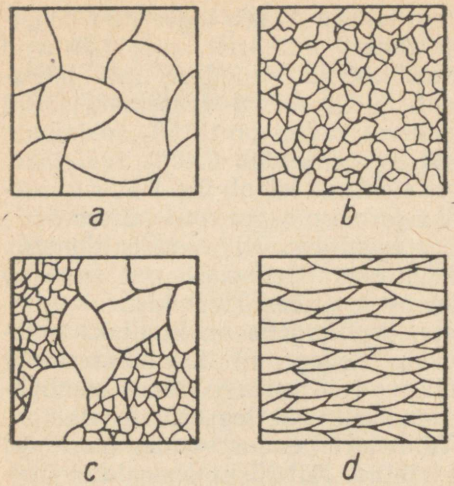
Legeeritud tööriistateraste keemiline koostis on kindlaks määratud standardiga ГОСТ 5950-51. Legeeritud tööriistateraseid tähistatakse numbritega, mis näitavad süsinikusisaldust kümnendikprotsentides, ja tähtedega, mis osutavad legeerivate elementide sisaldusele antud terases. Tähtede tähendus nendes markides on samasugune, nagu eespool seletatud. Kui süsinikusisaldus terases on 1% või üle selle, siis margi ette numbreid ei paigutata. Tähele järgnev number näitab vastava legeeriva elemendi sisaldust protsentides. Kui see number puudub, siis antud grupi teraste jaoks see veel ei tähenda, et vastava legeeriva elemendi sisaldus võrdub 1%. Nii näiteks tähistab mark X12 kroomisisaldusega tööriistaterast, milles leidub 12% kroomi ja üle 1% süsinikku (tegelikult 1,45—1,70%); 3XB8 tähistab kroomi ja volframit sisaldavat tööriistaterast, milles leidub 0,3% süsinikku, kuni 1% kroomi ja 8% volframit.

§ 14. MÕISTEID TERASE STRUKTUURIST

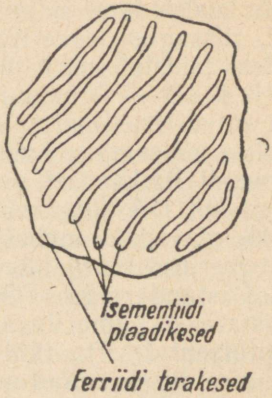
Iga metall, seehulgas ka teras, koosneb väga väikestest osakestest, mida nimetatakse *teradeks*. Metalli terad on nähtavad murdekohal. Veelgi paremini paistavad terad silma, kui metallist välja lõigata väike tükk, millest valmistada spetsiaalne katsekeha (niinimetatud lihv) ja vaadelda seda mikroskoobi all. Mikroskoop võimaldab meil selgesti näha, et metall tõepoolest koosneb teradest. Antud metalli teralist ehitust nimetatakse tema *struktuuriks*.

Terad võivad üksteisest erineda nii suuruselt kui ka kujult. Ühes metallitükis on terad suured, teises väikesed, kolmandas ebaühtlased (segunenud), neljandas on nad mingis suunas välja veninud jne. (joon. 15).

Terade suurus ja kuju ei ole igal metallil ühesugune. Need muutuvad sõltuvalt metalli termilisest ja mehaanilisest töötlemisest. Valatud metall on enamalt jaolt jämedateraline, sepistatud metall aga märgatavalt peeneteralisem. Valtsimise või sepistamise vältel võivad terad valtsimise või sepistamise suunas välja venida ja samaaegselt valtsimisele või sepistamisele perpendikulaarses suunas aheneda.



Joon. 15. Mitmesuguse kujuga terad metalli struktuuris:
a — jämedad terad; *b* — peened terad; *c* — ebaühtlased terad; *d* — ühes suunas väljavenitatud terad.



Joon. 16. Perliiditera ehituse skeem.

Temperatuuril alla 720° koosneb süsinikteras r a u a teradest (mida nimetatakse f e r r i i d iteradeks) ja t s e m e n t i i d iteradest (süsiniku keemiline ühend rauaga Fe_3C). Kuid peale raua (ferriidi) ja tsementiidi lihtsate terade esinevad terase struktuuris veel kombineeritud (liit-) terad. Need kujutavad endast ferriiditeri, millede sees pikkade kitsaste plaadikeste näol asetsevad väikesed tsementiiditerakesed. Niisuguseid liitterasid nimetatakse p e r l i i d i k s. Perliiditera skemaatiline kujutus on toodud joonisel 16.

Perliidi kirjeldusest järgneb, et selle terad pole ühtlased, vaid kujutavad endast ferriidi ja tsementiidi mehaanilist segu.

Selle mehaanilise segu iseärasuseks on asjaolu, et ferriidi ja tsementiidi hulgal on perliidis täiesti kindel vahekord. Perliidis leidub 86,5% ferriiti ja 13,5% tsementiiti. Kui see suhe ümber arvutada süsinikusisaldusele, siis, teades süsinikusisaldust tsementiidis (6,7%), võib arvutuse teel leida, et perliit sisaldab süsinikku 0,9% (viimastel andmetel 0,83%).

Seega võib süsinikterastes, kui need on lõõmutatud, leiduda temperatuuril alla 720° ainult kolme tüüpi terasid: 1) ferriiditerad, 2) tsementiiditerad ja 3) perliiditerad.

Samal ajal võib mõnes teatud terases esineda järgmisi terade kombinatsioone: 1) ferriidi- ja perliiditerad; 2) ainult perliiditerad; 3) perliidi- ja tsementiiditerad.

Ühe- või teistsuguse terade kombinatsiooni esinemine terases sõltub selle süsinikusisaldusest.

Kõikidel süsinikterastel, mis sisaldavad alla 0,9% süsinikku, s. t. terastel Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7; 08,

10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65; У7, У7А, У8, У8А, У8Г ja У8ГА, kui need on lõõmutatud, koosneb struktuur normaaltemperatuuril ferriidi- ja perliiditeradest (joon. 17, *a*). Mida rohkem leidub terases süsinikku, seda rohkem esineb perliiditeri ja, vastupidi, seda vähem on ferriiditeri. Sellesse gruppi kuuluvaid teraseid nimetatakse alaeutektilisteks terasteks.

Terasel У9, mis sisaldab 0,9% süsinikku, koosneb struktuur lõõmutatult normaaltemperatuuril ainuüksi perliiditeradest (joon. 17, *b*). Seda terast nimetatakse eutektiliseks teraseks.

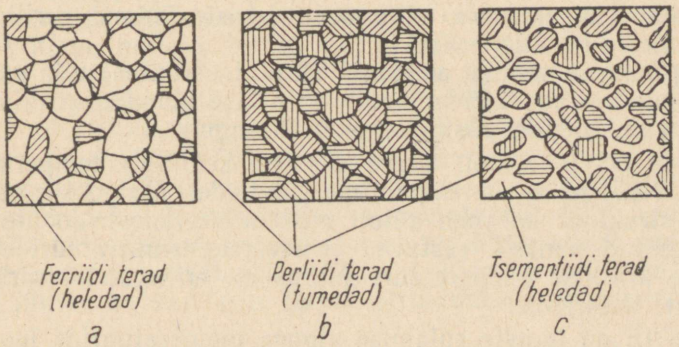
Terastel, mis sisaldavad üle 0,9% süsinikku, s. t. terastel У10, У10А, У10Г, У12, У12А, У13 ja У13А koosneb struktuur perliidi- ja tsementiiditeradest (joon. 17, *c*). Ferriiditeri nendes terastes ei ole. Niisuguseid teraseid nimetatakse üleeutektilisteks.

Ükskõik millise süsinikterase kuumutamisel ei toimu kuni temperatuurini 720° selle struktuuris mingeid muudatusi. Temperatuuril 720° toimub terases esimene väga ulatuslik struktuuri muutumine — perliiditerad muutuvad austeniiditeradeks. See muutumine seisab selles, et plaadikestekujulised tsementiiditerad, mis moodustasid justkui sõrestiku perliiditerade sees, lahustuvad neid ümbritsevas rauas ja jaotuvad selles ühtlaselt.

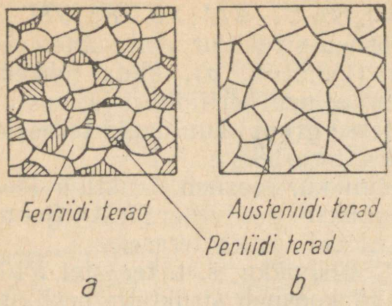
Perliiditerast tekkinud austeniiditera ei kujuta endast enam liittera puhtast rauast, mille sees asetsesid plaadikeste taolised tsementiiditerad, vaid ühtlast tera, mis kujutab süsiniku tahket lahust rauas.

Perliiditerade muutumine austeniiditeradeks toimub kõikidel süsinikterase markidel, kui metalli temperatuur saavutab 720°. Seda termilise töötlemise teooriale ja praktikale väga tähtsat temperatuuri nimetatakse alumiseks kriitiliseks temperatuuriks ja tähistatakse tähtedega Ac_1.

Missuguseks aga kujuneb süsinikteraste struktuur temperatuuril, mis veidi ületab alumise kriitilise temperatuuri, näiteks 730° juures? Sellest, mis me äsja rääkisime, selgub, et esimese grupi



Joon. 17. Kolme süsinikterase struktuur:
a — teras Ст. 5; *b* — teras У9; *c* — teras У12.



Joon. 18. Teras Ст. 5 struktuur: *a* — toatemperatuuril; *b* — temperatuuril 900° (pealpool ülemist kriitilist temperatuuri).

terastel, s. t. terastel Ст. 0, Ст. 1 jne., kaasa arvatud terased У8 ja У8А, koosneb struktuur temperatuuril 730° ferriidi- ja austeniiditeradest. Teise grupi terastel, s. t. terastel У9 ja У9А koosneb struktuur 730° juures ainult austeniiditeradest. Lõpuks kolmanda grupi terastel, s. t. terastel У10 jne. kuni У13 ja У13А koosneb struktuur 730° juures austeniidi- ja tsementiiditeradest.

Süsinikteraste kuumutamisel üle 720° hakkavad austeniiditerad suurenema, ferriiditerad aga vähenema, kuna austeniiditerad hakkavad ferriiditeri järk-järgult neelama ja neid endas lahustama. Lõpuks ei jää teatud temperatuuril ferriiditeri üldse järele — metalli struktuur koosneb siis ainult austeniiditeradest (joon. 18). Seda temperatuuri, mille juures lõpeb täielikult ferriiditerade lahustumine austeniiditerades, nimetatakse ülemiseks kriitiliseks temperatuuriks ja tähistatakse tähtedega Ac_3.

Erinevalt alumisest kriitilisest temperatuurist, mis on ühesugune kõikidele süsinikterastele, on ülemine kriitiline temperatuur erinevatel terasemarkidel isesugune. Kirjeldatud struktuurimuutusi, mis toimuvad süsinikterastes nende kuumutamisel, võib kujutada graafiliselt «raua-süsiniku» olekudiagrammi näol.

1868. aastal osutas vene teadlane D. K. Tšernov esimesena muudatustele, mis toimuvad terases selle kuumutamisel ja jahutamisel, ning nende muutuste seosele, metalli struktuuri ja mehaaniliste omadustega. D. K. Tšernovi tööde alusel koostatigi raua-süsinikusulamite diagramm (joon. 19).

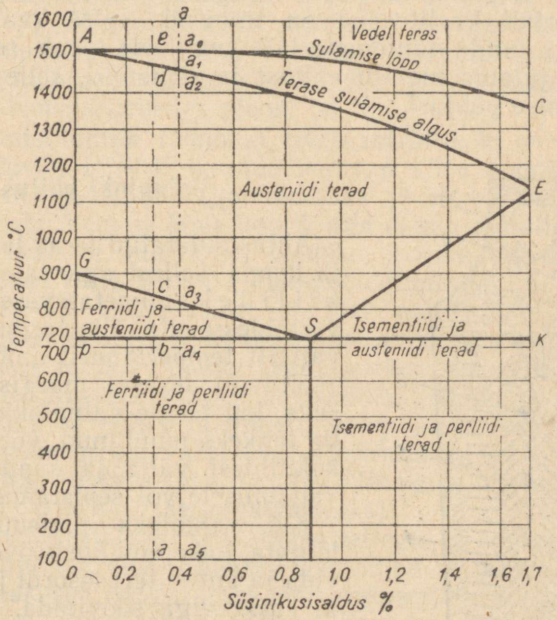
Diagramm koosneb mitmest joonest. Vaatleme igaühte nendest eraldi. Joon *PSK* on terase alumiste kriitiliste temperatuuride joon. See näitab temperatuure, mille juures terastes toimub perliiditerade muutumine austeniiditeradeks.

Diagrammist nähtub, et joon *PSK* on horisontaalne ja asub kõrgusel, mis vastab 720° temperatuurile. See alumine kriitiline temperatuur on kõikidel süsinikterastel ühesugune.

Jooned *GS* ja *SE* on terase ülemiste kriitiliste temperatuuride jooned. Need näitavad temperatuure, milledest ülalpool iga süsinikterase struktuur koosneb ainult austeniiditeradest. Joonte *GS* ja *SE* erinevad punktid vastavad erinevatele temperatuuridele, sest ülemise kriitilise temperatuuri suurus on erinevatel süsinikterase markidel isesugune.

Joon *AE* on teraste sulamise alguse temperatuuride joon, joon *AC* aga teraste sulamise lõpu temperatuuride joon. Kuna mõlema joone erinevad punktid vastavad erinevatele temperatuuridele,

siis järgneb sellest, et erineva süsinikusisaldusega erinevad terasemargid sulavad erinevatel temperatuuridel. Diagrammist on seejuures näha, et mida rohkem süsinikku leidub terases, seda madalam on terase sulamistemperatuur.



Joon. 19. Süsinikteraste olekudiagramm.

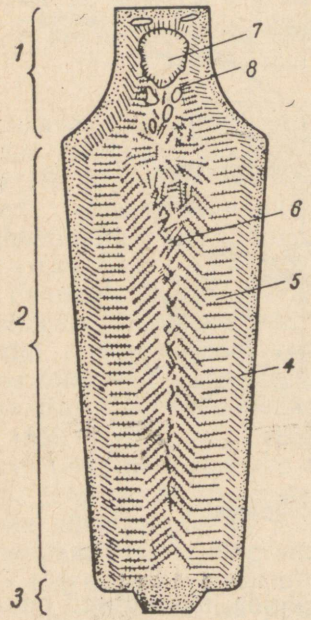
Diagrammi abil on võimalik hõlpsalt jälgida, missugused muutused toimuvad mistahes terasemargi struktuuris selle kuumutamisel. Võtame näiteks terase Ст. 5, mis sisaldab umbes 0,3% süsinikku. Selle terase struktuuri muutusi näitab diagrammil vertikaalne kriipsjoon *abcde*. Terase Ст. 5 kuumutamisel temperatuurilt 20 kuni 720°-ni, s. t. kuni punktini *b* diagrammil (joon. 19), koosneb selle struktuur ferriidi- ja perliiditeradest.

Temperatuuril 720° (diagrammil punkt *b*) muutuvad perliiditerad austeniiditeradeks. Kuumutamisel temperatuurilt 840° (punkt *c*) kuni 1470°-ni (punkt *d*) koosneb terase struktuur ainult austeniiditeradest, kuna temperatuuril 840°, s. t. ülemise kriitilise temperatuuri juures kaovad selle terase struktuurist viimased ferriiditerad.

Temperatuuril 1470° hakkab teras sulama, temperatuuril 1515° (punkt *e*) aga lõpeb sulamine ja teras on üle läinud vedelasse olekusse.

Sepiste valmistamiseks kasutatakse lähtematerjalina *valuplokke* ja *valtsitud toorikuid* (sordimaterjali). Valuplokke kasutatakse suurte sepiste valmistamiseks (peamiselt sepistamispressidel), valtsitud toorikuid aga väiksemate sepiste jaoks.

Lähtematerjali kvaliteedist on tingitud sepise kvaliteet. Selleks et hästi tunda lähtematerjali kvaliteeti, peab sepp endale hästi ette kujutama metalli ehitust ja strukuuri, selle defekte ja nende tekkimise põhjusi.



Joon. 20. Valuploki pikilõige: *1* — ülemine osa; *2* — keskmine kõlblik osa; *3* — alumine osa; *4* — väline peeneteraline kiht; *5* — valuploki keskkohale perpendikulaarsed kristallid; *6* — mitmesuguse suunaga kristallid; *7* — kahanemistühimik; *8* — kahanemiskobedus.

Valuploki ehitus

Ahjus sulatatud teras lastakse välja koppa, sellest aga valatakse *kokillideks* nimetatavatesse metallvormidesse. Kokillis tardub teras tavaliselt temperatuuril umbes 1500° C (sõltuvalt terase margist). Pärast seda, kui terase valuplokid on kokillis tahkeks muutunud, võetakse need kokillidest välja ja saadetakse kas valtsimisele või sepistamisele.

Kui valuplokk pikisuunas lõhki lõigata, lõikepind üle hööveldada, lihvida ja antud terasesordi jaoks kohase reaktiiviga söövitada, siis saame valuploki makrolihvi (joon. 20).

Niisugusel makrolihvil võib isegi palja silmaga hõlpsalt näha, et valuploki ehitus pole nii kõrguses kui ka ristlõikes ühesugune.

Valuploki ehituse teooria töötas esmakordselt välja suure vene metallurg — teadlane D. K. Tšernov (1878. a.).

Selleks et tutvuda valuploki ehituse ja defektidega, jälgime terase tardumise protsessi kokillides.

Oletame, et kokilli valati 0,4%-lise süsinikusisaldusega terast. Terase olekudiagrammi järgi (vt. joon. 19) vastab äsja kokilli valatud terase temperatuur punktile a; punktide a ja a_0 vahel teras jahtub. Punktis a_1 algab terase tardumine, mis jätkub punktide a_1 ja a_2 vahel. Punktis a_2 tardumine lõpeb ja alla seda jahtub teras juba tahkes olekus.

Vedela terase temperatuuri (1500°) ja kokilli seina temperatuuri suure vahe tõttu tekib esimesel momendil pärast sissevala-

mist terase valuploki pinnal väikestest kristallidest koosnev õhuke koorik (joon. 20, *4*). Kui kokilli seinad soojenevad, aeglustub terase jahtumine ja terase tardumine hakkab seetõttu toimuma aeglasemalt. Teras tardub piklikkude kristallidena, mida nimetatakse tendriitideks ja mis kasvavad kokilli seinaga ristsuunas (joon. 20, *5*). Valuploki keskkoha lähemal on kristallid suunatud mitmele poole (joon. 20, *6*). Mida lähemale valuploki keskkohale, seda suuremateks muutuvad kristallid. Valuploki ülemises osas asetseb niinimetatud kahanemistühimik (joon. 20, *7*). Kahanemistühimiku all asetseb kahanemiskobedus (joon. 20, *8*).

Kahanemistühimik (õõnsus) tekib seetõttu, et metalli ülemised kihid jahtuvad kiiresti ja moodustavad kõva kooriku. Sisemised kihid jäävad pikemat aega vedelaks ja nende maht jahtumise ajal väheneb; ülemine kõva koorik aga ei saa metalli kahanemisel allapoole laskuda, mispärast ülemise kooriku all, s. t. valuploki ülemises osas tekib õõnsus (kahanemistühimik).

Kahanemiskobedus on just nagu kahanemistühimiku jätk. Kahanemiskobeduse kohal on metallis väga palju poore.

Kui uurida teras-valuploki keemilist koostist selle ristlõike erinevates kohtades, siis ilmneb, et lisandite (süsiniku, fosfori, väävli jne) sisaldus on erinev ja nimelt: valuploki keskkoha lähemal on lisandeid rohkem kui valuploki väliskihtides; valuploki ülemistes osades jällegi rohkem kui alumistes. Niisugust nähtust nimetatakse likvatsiooniks (segregatsiooniks).

Lisandite likvatsiooni seletatakse sellega, et kogu plokk ei tardu korraga: algul tarduvad metalli puhtamad ja järelikult raskemini sulavad osakesed; madalamal temperatuuril tarduvad aga metalli osakesed, mis sisaldavad rohkem lisandeid (süsinikku, väävlit, fosforit) ning räbujäänuseid, tõrjutakse valuploki keskkohta ja ülemisse ossa ning, tardudes viimases järjekorras, koonduvad kahanemistühimiku alla. Järelikult on metall pinna lähedal alati puhtam kui valuploki keskkohas.

Terase tardumisel eralduvad sellest gaasid ja kui nad ei suuda õigeaegselt metallist väljuda, siis jäävad nad sitkeks tõmbunud metalli hulka ja tekitavad niinimetatud gaasimulle. Valuploki valtsimisel või sepistamisel keevituvad gaasimullid osaliselt kinni, mittekokkukeevitunud aga jäävad valuploki sisse. Valuploki sepistamisel-valtsimisel tekitavad mittekokkukeevitunud gaasimullid pragusid või juuspragusid, mis vähendavad toodete tugevust, kuid mõnikord tekitavad ka praaki.

Räbupesad tekivad terase tardumisel sellesse jäävatest räbuosakestest. Sepistamisel või valtsimisel need kas venivad tõmbe suunas niitideks või purunevad peenemateks tükikesteks. Räbupesad põhjustavad väikeste pragude ja juuspragude tekkimist ja võivad olla mõnikord praagi põhjuseks.

Praod tekivad valuplokis metalli tardumise ajal sisepingete tagajärjel. Madalad pinnapraod raiutakse välja. Sügavate pragude avastamisel valuplokk praagitakse.

Valuplokkidel tehakse vahet kolme osa vahel: ülemine *valupea* (joon. 20, *1*), keskosa ehk *valuploki keha* (joon. 20, *2*) ja alumine osa ehk *põhi* (joon. 20, *3*).

Valupead ja alumist osa valuploki sepistamisel ei kasutata, vaid need raiutakse maha, kuna metall osutub valuploki ülemises ja alumises osas mittekvaliteetseks. Valuploki eemaldatava ülemise osa kaal on tavaliselt 20—25%, alumise osa kaal aga 5—10% valuploki üldkaalust.

Sepiseks kasutatakse ainult valuploki keskosa, sest ainult seda osa loetakse kõlblikuks. Keskosa moodustab 60—68% valuploki üldkaalust. Kuid ka sellel sepistamiseks kõlblikul osal võib esineda pinnadefekte, mis on tarvis enne sepistamise algust eemaldada. Niisuguste defektide hulka kuuluvad: kelmed, praod, muhud ja kõrvalised ained (liiv, räbu jne.). Kui neid mitte eemaldada, siis taotakse need sepistamisel metalli sisse, mis alandab sepise kvaliteeti või põhjustab koguni selle praakiminekut.

Valuplokkide kuju ja suurus. Valuplokid võivad ristlõikelt olla ümmargused, ruudukujulised, täisnurksed ja mitmetahulised. Valuploki kuju ja ristlõige sõltuvad selle otstarbest, suurusest, terase sordist ja edasisest töötlemiviisist (sepistamine või valtsimine).

Sepatsehhide jaoks valatakse suuri valuplokke tavaliselt mitmetahulistena, kõige sagedamini kaheksatahulistena. Väiksemad valuplokid (eriti kvaliteetsetest ja kõrge kvaliteediga terastest) valatakse ruudukujulise või ümmarguse ristlõikega.

Sepistamiseks määratud valuplokkide suurus ja kaal sõltuvad olemasolevate sepistamisseadmete võimsusest ning valmistatavatest sepistest. Kaalult võivad valuplokid olla kõige mitmekesisemad, alates mõnekümnest kilogrammist ja lõpetades 250 tonniga ja üle selle.

Lisas 1 on toodud ühes Nõukogude Liidu masinaehitustehases valatavate valuplokkide ligikaudne kaal ja mõõted. Selleks et saada sepatööstuses kõrgema kvaliteediga sepiseid, on tarvis neid valmistada väiksema kaaluga valuplokkidest. Seda järgmistel põhjustel:

1) likvatsiooni määr, s. t. räbupesade ja gaasimullide hulk väheneb valuploki kaalu vähenemisel;

2) välise, ühtlasema ja kvaliteetsema metallikihi (joon. 20) paksus on valuploki ristlõikega võrreldes kergematel valuplokkidel suurem;

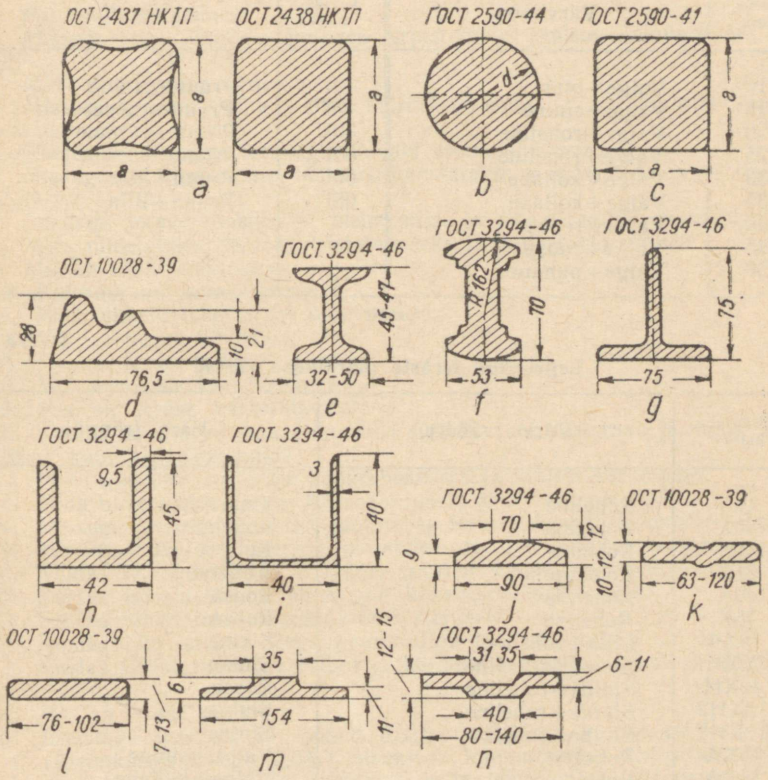
3) mida kergem on valuplokk, seda vähem tekib metallis sisepingeid terase tardumisel (jahtumisel) kokillides.

Valtsitud toorikud

Sepatöödeks kasutatakse valtsitud toorikuid.

Suure valtsitud tooriku ristlõige on ebaühtlase ehitusega: keskel — jämedateraline, välispinnale lähemal aga — peeneteraline. Niisugune ehitus on säilinud valuploki esialgsest ehitusest. Valu-

plokis asetsevad kristallid igas suunas; valtsitud toorikus on aga kristallid välja venitatud valtsimise suunas, s. t. tooriku pikkuse suunas. Käesoleval ajal kasutatakse sepatöödeks valtsitud toorikuid järgmiste profiilidega (joon. 21): 1) nn. bluumid (bluumingus valtsitud valuplokid); 2) ümmarguse ja ruudukujulise ristlõikega valtsitud toormaterjal; 3) valtsitud lattmaterjal; 4) paks lehtmaterjal; 5) valtsitud profiilmaterjal.



Joon. 21. Valtsitud toorikud.

Bluumide ristlõikel (joon. 21, *a*) on ümardatud nurkadega ja nõgusate külgedega ruudu kuju. Bluumide küljepikkus *a* kõigub 140 kuni 350 mm piirides. Ümmarguse ristlõikega toorikutel on läbimõõt *d* 9,5 kuni 225 mm (joon. 21, *b*).

Ruudukujulise ristlõikega valtsitud toormaterjali valmistatakse nii ümardatud kui ka täisnurkadega; esimesel alaliigil on küljepikkus *a* 50 kuni 150 mm (joon. 21, *c*), täisnurkade puhul 8 kuni 100 mm.

Kaubastatava ümar- ja ruutterase pikkus on 4—6 m. Profiilmaterjali (joon. 21, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, *m*, *n*) kasutatakse peamiselt stantsimiseks, mis võimaldab lihtsustada ettevalmistusoperatsioone, paljudel juhtudel aga ka stantsimisprotsessi ja alandada seega järsult toodete valmistamise maksumust.

Tabel 3

Terase märkimise värvid

Terase mark	Värvitoon	Terase mark	Värvitoon
10	Valge+must	15Г	Pruun+sinine
15	Valge+sinine	45Г2	Pruun+roosa
20	Valge+roheline	50Г	Pruun+punane
25	Valge+roheline	55Г2	Pruun+punane
30	Valge+kollane	60Г	Pruun+lilla
35	Valge+kollane	65Г	Pruun+lilla
40	Valge+roosa		
45	Valge+roosa		
50	Valge+punane		

Tabel 4

Legeeritud teraste märkimise värvid

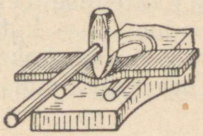
Terase mark	Värv (võõdi)	Värv (rõnga)
15X	Roheline	Sinine
20X	Roheline	Roheline
30X	Roheline	Kollane
35X	Roheline	Kollane
40X	Roheline	Roosa
45X	Roheline	Roosa
15XФ	Lilla+roheline	Sinine
20XH	Sinine+roheline	Sinine
40XH	Sinine+roheline	Roosa
12XH2	Sinine+roheline	Sinine
12XH3	Sinine+roheline	Sinine
15XA	Roheline	Valge+sinine
38XA	Roheline	Valge+kollane
30XMA	Roosa+roheline	Valge+kollane
12XH2A	Sinine+roheline	Valge+sinine
42XH3A	Sinine+roheline	Valge+sinine
18XH3A	Sinine+kollane+roheline	Valge+roheline
20XH3A	Sinine+roheline	Valge+roheline

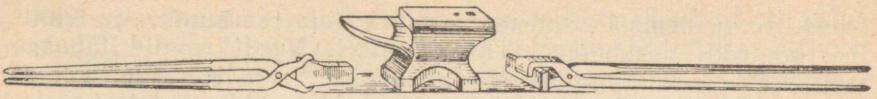
Valuplokkidena või valtsmaterjalina sepatsehhi saabuvatel toorikutel peavad kaasas olema sertifikaadid, milledes on näidatud: terase mark, sulatuse number, keemiline koostis, lattide pikkus, partii kaal, standardi (ГОСТ või ОСТ) number ning standardis antud terase margi jaoks ette nähtud kõikide katsete tulemused. Iga lati otsale, mille paksus on üle 30 mm, peab valmistaja-

tehase poolt olema löödud terase mark, sulatuse number ja tehnilise kontrolli osakonnas (TKO) tempel. Need templid lüüakse tavaliselt kas külgpinnale või lati otsale. Peale templite löömise peab valmistaja-tehas värvima suure läbimõõduga lattide otspinnad või väikse läbimõõduga lattide otsad selleks ettenähtud värvidega, mis on loetletud tabelites 3 ja 4.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mis on sepistamine?
2. Missugusteks liikideks jaguneb sepistamine sepiste valmistamise viisi järgi?
3. Mida nimetatakse teraseks?
4. Missugust terast nimetatakse tööriistateraseks ja missuguseid sepiseid sellest valmistatakse?
5. Kuidas tähistatakse terases leiduvaid keemilisi elemente?
6. Missuguseid elementide tähistusi kasutatakse standardites terase markeerimisel?
7. Loetlege terase füüsikalisi, mehaanilisi ja tehnoloogilisi omadusi.
8. Mida nimetatakse terase sepistatavuseks ja millest see sõltub?
9. Mis on soojusmahtuvus?
10. Kui suur on terase erikaal?
11. Mida nimetatakse terase tugevuseks?
12. Mis on terase kõvadus?
13. Mis on terase sitkus?
14. Mis on terase keevitatavus?
15. Mis on terase karastatavus?
16. Kuidas mõjutavad terase omadusi süsinik, räni, mangaan ja muud terase koostisse kuuluvad elemendid?
17. Mida nimetatakse terase punarabeduseks ja millest see tekib?
18. Mida nimetatakse terase külmrabeduseks ja millest see tekib?
19. Missugustesse gruppidesse jaotatakse terased keemilise koostise järgi?
20. Missugustesse gruppidesse jaotatakse terased kasutamisotstarbe järgi?
21. Kuidas tähistatakse OCT-i järgi tavalisi süsinik-konstruktsiooniteraseid?
22. Kuidas tähistatakse kvaliteetseid konstruktsiooniteraseid?
23. Kuidas tähistatakse süsinik-tööriistateraseid?
24. Kuidas tähistatakse kõrge kvaliteediga tööriistateraseid?
25. Kuidas tähistatakse legeeritud ja kõrgesti legeeritud konstruktsiooniteraseid?
26. Mis on terase struktuur?
27. Jutustage joonisel 19 toodud diagrammi järgi, kuidas muutub terase Ст. 7 (süsinikusisaldusega 0,6%) struktuur kuumutamisel temperatuurilt 20° kuni sulamistemperatuurini ja, vastupidi, selle jahutamisel sulamistemperatuurilt temperatuurini 20°?
28. Mida kasutatakse sepistamisel lähtematerjalidena?
29. Jutustage, millest koosneb valuplokk.
30. Mispoolest erinevad oma struktuurilt teineteisest valuplokk ja valtsitud toorik?
31. Missuguseid valtsitud toorikute tähtsamaid profiile kasutatakse käesoleval ajal sepistamiseks?
32. Missugused templid lüüakse teraselattidele selleks, et terase marki oleks võimalik väliselt ära tunda?





IV PEATÜKK

KÜTUS JA SELLE PÕLETAMINE

§ 16. ÜLDANDMEID KÜTUSEST.

Kütuseks nimetatakse mitmesuguseid looduslikke ja kunstlikke saadusi, mis eraldavad põletamisel suurel hulgal soojust ja mida on võimalik tehniliselt otstarbekalt ja rentaablilt kasutada. Mida rohkem eraldab kütus soojust, seda parem ta on. On ilmne, et kütuse hindamiseks on tarvis teada selle põlemisel eralduvat soojushulka, milleks omakorda tuleb teada soojuse mõõtühikut.

Kütuse põlemisel eralduva soojuse mõõtmiseks kasutatakse erilist ühikut, mida nimetatakse kaloriks, kusjuures tehakse vahet suure ja väikese kalori vahel.

Suureks ehk kilokaloriks (kcal) nimetatakse niisugust soojushulka, mis kulub ühe kilogrammi vee soojendamiseks ühe Celsiuse kraadi võrra.

Väike ehk grammkalor (cal) on niisugune soojushulk, mis kulub ühe grammi vee soojendamiseks ühe Celsiuse kraadi võrra. Suur kalor on järelikult 1000 korda suurem väikesest kalorist.

Tehniliste arvutuste puhul kasutatakse suurt kalorit, mispärast edaspidi, kui juttu on kaloritest, on peetud alati silmas suurt kalorit (kcal).

§ 17. KÜTUSE LIIGID JA ISELOOMUSTUS

Kõik olemasolevad kütused jagunevad tahketeks, vedel- ja gaaskütusteks. Kuumutamiseks kasutatakse ka elektrivoolu termilist toimet ja tolmukujulist (peeneks jahvatatud) tahket kütust.

Mõned kütusegrupid jagunevad omakorda kaheks alagrupiks, milledest üks kujutab endast kütust sel kujul, nagu seda saadakse; niisugust kütust nimetatakse looduslikuks kütuseks. Teise alagruppi kuulub niinimetatud kunstlik kütus, mida saadakse loodusliku kütuse töötlemise teel.

Tahke kütus: a) looduslik — küttepuud, kivisüsi, antratsiit, turvas; b) kunstlik — puusüsi, koks ja tolmukujuline kütus, mida saadakse kivisöe peeneksjahvatamisel.

Vedelkütus: a) looduslik — nafta; b) kunstlik — bensiin, petrooleum, õli masuut.

Gaaskütus: a) looduslik — looduslik gaas; b) kunstlik — generaatorigaas, mida saadakse mitmesuguste tahkete kütuste (turba, küttepuude, kivisöe, põlevkivi jne.) gaasistamisel, koksi-, kõrgahju-, valgustus- ja muud gaasid.

Kõik kütuseliigid koosnevad ühtedest ja samadest elementidest. Kütuseliikide erinevus seisab selles, et neid elemente esineb erinevates hulkades.

Elemendid, milledest koosneb kütus, jagunevad kahte gruppi. Esimesse kuuluvad niisugused elemendid, mis põlevad ise või toetavad põlemist. Sellised elemendid on: 1) süsinik; 2) vesinik; 3) hapnik. Elementide teise gruppi kuuluvad need, mis ise ei põle ega soodusta põlemist; nende hulka kuuluvad lämmastik ja vesi. Eraldi koht kuulub väävlile. Väävel põleb ja eraldab põlemisel soojust. Väävlisisaldus pole aga kütuses soovitav, sest väävli põlemisel tekib väävlisgaas, mille väävel ühineb kuumutatava metalliga ja halvendab selle mehaanilisi omadusi.

Peale eelnimetatute sisaldavad tahked kütused suuremal või vähemal määral mineraalseid lisandeid (tuhka).

Eespool nimetati, et kütuse põlemisel eralduva soojuse hulka mõõdetakse kalorites. Iga kütus annab põlemisel erineval hulgal soojust.

Soojuse hulka kalorites, mis eraldub antud kütuse ühe mõõteühiku täielikul põlemisel, nimetatakse selle kütuse **küttevääruseks**. Tahke, tolmukujulise ja vedelkütuse mõõteühikuks on võetud 1 kg, gaaskütuse mõõteühikuks — 1 m^3. Kütuste küttevääruse erineb väga suurtes piirides. Nii näiteks on masuudi küttevääruse ligikaudu 10 000 kcal/kg, kvaliteetsel kivisöel — 7000 kcal/kg jne. Mida kõrgema küttevääruse on kütus, seda väärtuslikumaks see osutub, sest teatava soojushulga saamiseks vajatakse seda vähem. Kütuste võrdlemiseks kasutatakse ühtset mõõteühikut. Niisuguseks mõõteühikuks on võetud kütus, mille küttevääruse on 7000 kcal/kg. Seda mõõteühikut nimetatakse **tingkütuseks**.

Looduslik kütus

Küttepuud. Küttepuu on madala küttevääruse kütus. Vanades tehastes köeti kuumutusahjusid peaaegu eranditult puiduga. Hiljem hakkasid teised kütused puitu välja tõrjuma ja nüüd kasutatakse seda harva.

Küttepuit sisaldab palju niiskust ja lendaineid. Lendaineteks nimetatakse niisuguseid kütuses sisalduvaid aineid, mis eralduvad (lenduvad) kütusest selle kuumutamisel ilma õhu juurdepääsuta. Kasvava puu niiskusesisaldus ulatub kuni 60%-ni. Pärast kaheaastast õhu käes kuivamist alaneb puidu niiskus kuni 25%-le; niisugust puitu nimetatakse õhukuivaks.

Lendainete sisaldus puidus ulatub kuni 85%-ni; tuhasisaldus on keskmiselt 1%. Küttepuidu kütteväärtus kõigub 1500 kuni 3000 kcal/kg piirides.

Turvas. Turvas tekib taimede lagunemisest õhu puudumisel. Värskelt toodetud turba niiskus ulatub mõnikord kuni 90%-ni. Pikemaaegsel õhu käes kuivatamisel (1—2 aasta vältel) niiskusesisaldus alaneb kuni 15—20%-ni; niisugust turvast nimetatakse õhukuivaks.

Tuhasisaldus kõigub turbas 3 ja 20% vahel. Keskmine väävlisisaldus absoluutselt kuivas turbas ei ületa 1%. 40%-lise niiskusesisaldusega turba kütteväärtus on umbes 2700 kcal/kg. Turvas ei ole oma madala kütteväärtuse tõttu sepaahjudes põletamiseks kõlblik. Otstarbekohasem on kasutada turba-generaatorigaasi, mida saadakse turba gaasistamisel gaasigeneraatorites.

Pruunsüsi. Pruunsöed kujutavad endast kõige nooremaid kivisöesorte. Tuhka leidub pruunsütes 9 kuni 45%. Kütteväärtus on 2500 kuni 5000 kcal/kg. Äsja toodetud pruunsüsi on suure niiskusesisaldusega (kuni 60%). Õhu käes pruunsüsi kuivab ja selle niiskusesisaldus alaneb kuni 30%-ni. Atmosfääriliste tingimuste mõjul murenevad pruunsöed kiiresti ja muutuvad peeneks. Pikemaajalisel hoidmisel võib tekkida pruunsüte isesüttimine. Puhtal kujul on vaid mõnede leiukohtade (Karaganda jt.) pruunsöed kasutatavad pool-gaasikolletega sepaahjudes, kuna nad ei suuda kuumutada metalli vajaliku temperatuurini.

Kivisüsi. Põhiline kütuseliik sepaahjude jaoks on kivisüsi. Kivisüsi on tekkinud taimede settimisest pikkade aegade vältel. Tekkinud setted kattusid aja jooksul paksu mullakihiga. Suure rõhu all ja õhu täielikul puudumisel lagundus puit ja tekkis kivisüsi.

Kivisöe tekkimise protsess kulges väga aeglaselt ja kestis tuhandeid aastaid. Sõltuvalt selle protsessi kestusest tekkisid mitmesugused erineva kütteväärtusega kivisöesordid.

Sepaahjude jaoks on kõige kohasem suure lendainete sisaldusega kivisüsi, nimelt pikaleegiline ja gaasisüsi. Pikk leek võimaldab ahjus saavutada ühtlasemat metalli kuumenemist.

Gaaskütus. Ainsaks looduslikuks gaaskütuseks on «maagaas», mis mõnedes kohtades tungib maa seest välja kas puuraukude või looduslike avade kaudu. Loodusliku (nafta-) gaasi kütteväärtus on umbes 8000—8500 kcal/m³ ja võib ulatuda kuni 15 000 kcal/m³. Käesoleval ajal leiab looduslik gaas laialdast kasutamist nii tööstuses kui ka koduses majapidamises, milleks ehitatakse pikki torustikke gaasi leiukohtadest tarbimiskeskusteni.

Kunstlik kütus

Koks. Koksi saadakse kivisöest selle töötlemise teel erilistes koksiahjudes ilma õhu juurdepääsuta. Seejuures eralduvad lendained moodustavad niinimetatud koksigaasi, mis oma kõrge kütteväärtuse tõttu on omakorda heaks kütuseks.

Koks sisaldab 87% süsinikku, 4% lendaineid, 8% tuhka ja 1—2% väävlit. Koksi kütteväärtus on 5600—7000 kcal/kg. Sepatööstuses kasutatakse koksi peamiselt ääsidel.

Puusüsi. Puusütt saadakse puude põletamisel erilistes söemiilimise ahjudes ja see on parimaks kütuseks sepaääsidele. Puusöes on väga vähe tuhka ja väävlit ei leidu praktiliselt üldse. Kalliduse tõttu kasutatakse aga puusütt harva.

Puusüsi sisaldab 84% süsinikku, 14% lendaineid ja 2% tuhka. Tema kütteväärtus on 7000—8000 kcal/kg.

Vedelkütus. Ainsaks loodusliku päritoluga tööstusliku tähtsusega vedelkütuseks on nafta. Toornaftat ahjude kütusena ei kasutata, kuid kasutamist leiab selle töötlemise saadus — masuut. Viimane kujutab endast seda osa naftast, mis jääb järele pärast petrooleumi ja bensiini välja destilleerimist. Masuut on muutuva koostisega ja sisaldab enamalt jaolt: süsinikku 84—86%; vesinikku 12,4%; hapnikku + lämmastikku + väävlit 1,3%; tuhka 0,3%; vett 1—2%.

Masuudi kütteväärtus on 9500—10 000 kcal/kg.

Gaaskütus. Kunstlikku gaaskütust saadakse kas tahke kütuse gaasistamisel gaasigeneraatorites või kõrvalsaadusena teistel protsessidel. Näiteks saadakse kivisöe koksistamisel — koksigaasi, kõrgahjuprotsessi puhul — kõrgahjugaasi jne.

Koksigaas. Metallurgiatehaste jaoks valmistatakse erilistes koksiahjudes koksi, mida kasutatakse kütusena kõrgahjudes. Kõrvalsaadusena tekib seejuures gaas, mida kogutakse ja kasutatakse ahjudes kütusena. Kivisöe koksistamisel saadavat gaasi nimetatakse koksigaasiks. Selle gaasi kütteväärtus kõigub 4000 kuni 5000 kcal/m^3 piirides.

Generaatorigaas. Tahke kütuse paremaks ja käepärasemaks kasutamiseks gaasistatakse seda eriseadmetes, nn. gaasigeneraatorites. Nii näiteks saadakse turbast turba-generaatorigaasi, kivisöest — kivisöe-generaatorigaasi jne.

Generaatorigaasi kütteväärtus sõltub gaasistatava kütuse liigist ja gaasistamise viisist. Nii näiteks on turba-generaatorigaasi kütteväärtus 1500 kuni 1600 kcal/m^3, kivisöe-generaatorigaasi kütteväärtus aga — 1200 kuni 1400 kcal/m^3.

Tolmukujuline kütus. Tolmu kujul sepa-kuumutusahjudes põletatav kivisüsi jahvatatakse erilistes veskites nii peeneks, et selle osakeste suurus on 0,07—0,05 mm. Ahjudes kivisöetolmu põletamisel saavutatakse metalli kuumutamiseks kõrge temperatuur.

§ 18. SEPAAHJUDE KÜTUSE VALIK

Sepaahjudes põletatav kütus peab vastama järgmistele põhinõuetele:

1) andma ahjus vajaliku töötemperatuuri 1200—1350° C piirides;

2) rahuldama tingimused, mis on tarvilikud ahjude kompaktse konstruktsiooni ning kõrge kasuteguri ja täieliku põlemise saavutamiseks;

3) garanteerima ahju kõrge tootlikkuse;
4) võimaldama hõlpsalt reguleerida ahju soojusrežiimi ja kasutada selleks automaatset aparatuuri;
5) kindlustama puhtuse ja töötervishoiu nõuete täitmise ahju töötamisel.

Otsustavateks eeldusteks ahjude kütteks kasutatava kütuse valikul on: 1) kütte maksumus ja 2) kohalike kütusevarude olemasolu.

Kõik kütuseliigid ei vasta nendele sepaahjude kütustele esitatavatele nõuetele. Parimaks kuumutusvahendiks sepikodadele on elektrivoolu soojusliku toime kasutamine, kuid seni on see kõige kallim energia. Peale selle ei ole tehastel sageli nii palju elektrienergiat kasutada, et seda jätkuks metalli kuumutamiseks. Seepärast kasutatakse sepatööstuses elektrienergiat vähe, kuigi NSV Liidus on sepatsehhe, milledes metalli kuumutamine toimub eranditult elektrienergiaga.

Kõige paremaks sepaahjude kütuseks on masuut, kuid selle kasutamist sepaahjude kütusena tuleb vältida seepärast, et masuuti on otstarbekohasem kasutada rahvamajanduse muudes harudes, näiteks autode ja traktorite parkides ja kaubalaevastikus, kus ta on asendamatu.

Peale selle põhjustab vedelkütuse kohaletoimetamine selle tootmisrajoonidest kaugeid vedusid, teeb vedelkütuse kalliks ja koormab transporti. Seepärast osutub vedelkütuse kasutamine sepaahjude kütteks otstarbekohaseks erandina ainult selle tootmisrajoonides. Vedelkütuse leiukohtadest kaugemates rajoonides tuleb vedelkütusel töötavad ahjud üle viia kas gaaskütusele või kohalikele tahketele kütustele.

Kõikidele sepaahjude kütustele esitatavatele nõuetele vastab gaaskütus. Sepaahjudes on soovitav kasutada kivisöest või turbast valmistatavat generaatorigaasi.

Kohtades, kus leidub looduslikku gaasi, on see üliheaks kütuseks sepikodadele. Et tagada metalli vajalikku kuumutustemperatuuri ja luua tingimusi ahjude konstruktsioonide lihtsustamiseks, peab gaasi küteväärtus olema vähemalt 1400—1500 kcal/m³.

Tahketest kütustest kasutatakse sepaahjudes peamiselt kivisütt ja antratsiiti. Turvas, küttepuud ja pruunsüsi ei ole kõrge temperatuuriga sepaahjude kütteks kohased, sest nad ei suuda kindlustada metalli kuumutamiseks vajalikku temperatuuri.

Tahkel kütusel on järgmised olulised puudused:

1. Tahke kütuse põletamisel on raske pidada ühtlast ja püsivat temperatuuri ahju tööruumis.

2. Tahke kütuse täielikuks põletamiseks on tarvis õhku koldesse juhtida suure liiaga. See põhjustab oksüdeerivat atmosfääri ahjus, suurendab metalli kadusid selle tagiks muutumise tõttu ja tõstab soojuskadusid lahkuvate põlemissaadustega.

3. Kütuse põletamiseks peavad olema erilised kolded, mis teeb keerulisemaks ahjude konstruktsiooni ja suurendab neid teenindavate tööliste (kütjate, tuhaeemaldajate jne.) koosseisu.

4. Tahke kütuse suuremal hulgal tsehhi toimetamine ja seal hoidmine suurendab teeninduspersonali ja risustab tsehhi territooriumi.

5. Tahke kütusega kütmisel pole võimalik ahju soojusrežiimi automaatselt reguleerida.

Vaatamata neile puudustele kasutatakse tahket kütust sepaahjudes laialdaselt.

Sepääsidel kasutatava tahke kütuse tähtsamateks liikideks on puusüsi, koks ja kivisüsi; üksikutel juhtudel kasutatakse ka gaasi ja masuuti.

Ääsidel põletatav kütus peab võimalikult vähem sisaldama väävlit, kuna kuumutatav metall neelab kütusega kokkupuutumisel väävlit ja väävel, nagu juba teada, halvendab metalli kvaliteeti. Parimaks kütuseks sepääsidele on puusüsi. Puusüsi peab olema tihe ja murdekohalt läikiv; hea puusõe tükk peab löögi puhul helisema. Puusüsi ei sisalda väävlit ega praktiliselt ka tuhka, sellepärast kasutatakse seda laialdaselt kvaliteetteraste kuumutamiseks ja eriti soovitav on seda kasutada keevitustöödeks. Puusõe ainsaks puuduseks on selle kõrge hind.

Sepääsidele kõige paremaks kivisöeliigiks loetakse paakuvat sütt, mille tükkide suurus on 15—25 mm. Hea kivisüsi on musta värvi ja rasvase läikega; põlemisel ta paakub ja moodustab kõva pealmise kooriku, see aga soodustab kõrge temperatuuri tekkimist ääsi tulepesas. Kivisõe kui sepääsiside kütuse põhiliseks puuduseks on suur tuha- ja väävlisisaldus. Kivisöest paremaks sepääsiside kütuseks on koks, mida kasutatakse laialdaselt. Koksi suureks puuduseks on aga selle kõrge hind.

§ 19. KÜTUSE PÕLEMINE

Põlemine kujutab endast hapniku kiiret ühinemist kütuse põlevelementidega (süsiniku, vesiniku ja väävliga), millega kaasneb soojuse ja valguse eraldumine. Hapnikku juhitakse koldesse koos õhuga. Kuiv õhk koosneb kahest elemendist: 21% hapnikku ja 79% lämmastikku. Kütuse põlemisest võtab osa ainult hapnik.

Selleks et kütuse põlemine algaks, on tarvis temperatuur tõsta kuni süttimistemperatuurini, mille juures põlemine jätkub iseseisvalt, ilma soojuse juurdeandmiseta. Süttimistemperatuur sõltub kütuse liigist ja tingimustest, milledes toimub põlemisprotsess. Masuudil on süttimistemperatuur 500—700°, kivisõel — 500°, antratsiidil 700°, puidul — 300°. Iga kütuse põhiliseks koostisosaks on süsinik, mis põleb kas süsihappegaasiks (CO_2) või süsinikoksüüdiks (CO). Kui koldesse juhitakse küllaldasel määral õhku (tähendab ka hapnikku), toimub süsiniku põlemise reaktsioon täielikult järgmise valemi kohaselt:

$$C+O_2=CO_2+97\,650 \text{ kcal.}$$

Õhu puudusel toimub süsiniku põlemise reaktsioon mittetäielikult, kusjuures eraldub märksa vähem soojust. Süsiniku mitte-

täieliku põlemise tagajärjel ei teki süsihappegaasi, vaid süsinikoksüüd (vingugaas):

$$C+{}^1/_2O_2=CO+29\,430 \text{ kcal.}$$

Teiseks kütuse koostisse kuuluvaks põlevelemendiks on vesinik (H_2). Vesiniku põlemisega kaasneb samuti soojuse eraldumine. Põlemine toimub võrrandi järgi:

$$H_2+{}^1/_2O_2=H_2O \text{ (veeaur)} +57\,810 \text{ kcal.}$$

Süsiniku (kui iga kütuse tähtsama põlevelemendi) põlemise võrranditest nähtub, et mittetäielikul põlemisel, s. t. kui põlemine toimub vähese õhuga ja kui süsihappe (CO_2) asemel tekib põlemisel süsinikoksüüd (CO), eraldub soojust kolm korda vähem. Sellest tuleb järeldada, et on tarvis luua tingimused, mille juures kütuse põlemine toimuks täielikult, s. t. küllaldase õhuhulga puhul, nii et süsinik põleks süsihappeks (CO_2).

Teades iga kütuse keemilist koostist, on võimalik arvutada täielikuks põlemiseks vajalikku õhuhulka. Kui 1 kg või 1 m³ põletamiseks tegelikult koldesse juhitud õhu hulk jagada arvutusliku hulgaga, s. t. õhu kogusega, mis on põletamiseks tarvilik teoreetiliste arvutuste kohaselt, siis saadakse arv, mida nimetatakse liigõhuteguriks. Liigõhuteguriks nimetatakse järelikult kütuseühiku (kg, m³) põletamiseks praktiliselt tarviliku õhu hulga ja arvutatud (teoreetilise) õhu hulga suhet.

Näide. 1 kg masuudi põletamiseks vajatakse arvutuste kohaselt 10,4 m³ õhku. On tarvis määrata 1 kg masuudi põletamiseks tegelik õhuhulk, kui liigõhutegur on 1,15.

Lahendus. 1 kg masuudi põletamiseks on tarvis juhtida koldesse lisaks arvutatud õhuhulgale veel $10{,}4\times0{,}15=1{,}56$ m³ õhku. Praktiliselt tarvilik õhuhulk võrdub seega $10{,}4+1{,}56=11{,}96$ m³/kg.

Mitmesugust liiki kütuste kuumutusahjudes põletamise praktikaga on kindlaks tehtud järgmised liigõhutegurid: kivisöel — 1,3—1,5 (liigõhku 30—50%); gaaskütusel leegiga põletites põletamisel — 1,15—1,2 (15—20%); gaaskütusel leegita põletites põletamisel — 1,1—1,15 (10—15%); masuudil — 1,2—1,25 (20—25%); tolmukujulisel kütusel — 1,2—1,25 (20—25%).

Alati tuleb püüda saavutada kütuse täielikku põlemist minimaalse liigõhuteguri puhul. Koldesse juhitavat liigset õhku ei kasutata kütuse põletamiseks, vaid kuumutatult kuni kütuse põlemistemperatuurini viib see koldest lahkudes enesega kaasa asjatult soojust. Seejuures suurenevad kütuse kulu ja metalli oksüdeerumine. Tekib küsimus: kuidas siis tööline võib teada, kas ta juhib põlemist õigesti, s. t., kas koldesse juhitava õhu hulk on küllaldane või on tarvis seda suurendada.

Tavaliselt tuleb töölisel hinnata põlemise täielikkust leegi värvuse järgi. Suure õhuliia puhul tekib lühike terav leek, mis koosneb läikivatest tulekeelekestest. Niisuguse leegiga metalli kuumutada ei tohi, kuna kuumutamine toimub ebaühtlaselt, ja kui niisugune leek puudutab kuumutatava metalli pinda, tekib koha-

lik ülekuumenemine ja isegi sulamine. Selle vältimiseks tuleb ahju juhitava õhu hulka niikaua vähendada, kuni leek muutub pikemaks ja ahju kogu töökamber täitub piimvalge leegiga ilma eredate tulekeelekesteta.

Õhupuuduse korral tekib pikk ja punaka värvusega leek, mida läbivad mustad soonekesed. Suure õhupuuduse puhul hakkab ahjust väljuma paksu musta suitsu.

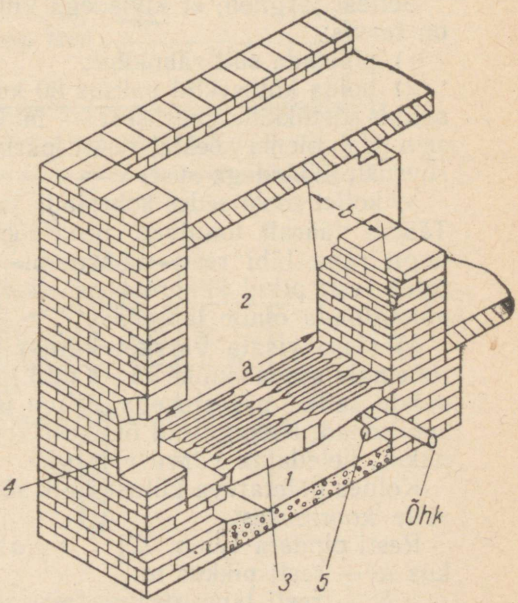
Peale kütuse põlemisprotsessi iseloomustavate väliste tunnuste kasutatakse veel suitsugaaside koostise määramiseks eri aparaate. Suitsugaaside koostise järgi tehakse kindlaks, kas kütuse põlemise protsess toimub õigesti või mitte.

§ 20. KOLDED

Sepaahjudes kasutatakse tahke kütuse põletamiseks järgmisi koldeid: 1) horisontaalse restiga koldeid; 2) treppkoldeid; 3) kütuse mehaanilise etteandmisega koldeid.

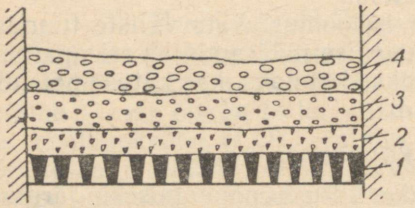
Joonisel 22 on kujutatud horisontaalse restiga kolle. Läbi koldeukse *4* sissevisatav kütus satub erilisele metallrestile *3*, mida nimetatakse plaanrestiks. See koosneb üksikutest malmist valatud restivarbadest. Resti all asetseb tuharuum *1*, kuhu variseb koldest tuhk. Tuharuumi kaudu juhitakse koldesse ka põlemiseks tarvilik õhk. Ventilaatoriga sissesurutav õhk saabub kolde tuharuumi mööda toru *5*. Tuharuumist läbi resti pilude koldesse tungiv õhk läbib kütusekihi. Õhu ja kütuse kokkupuutumisel tekibki põlemine, s. t. kütuse põlevelementide ühinemine õhuhapnikuga. Resti *3* kohal asetsevas kolderuumis *2* toimub kütuse lendainete järelpõlemine.

Joonisel 23 on näidatud kivisöe põlemise skeem koldes. Ülemises kihis asetseb äsja sissevisatud värske kütus, mis on põlema hakkamas ja eraldab lendaineid; keskmises kihis toimub kivisöe kõige intensiivsem põlemine ja, lõpuks, alumises kihis, kus asetsevad pooleldi põlenud söetükid koos räbutükkidega, toimub järelpõlemine ja põlemisõhu ettekuumutamine. Peale selle hoiab räbu restilülisid kõrge temperatuuri mõju eest.



Joon. 22. Plaanrestiga kolle: *1* — tuharuum; *2* — kolderuum; *3* — rest; *4* — koldeuks; *5* — õhutoru.

Õhukese kütusekihi puhul, kui puudub alumine räbukiht, jaotab rest õhu ebaühtlaselt, s. t. õhk ei läbi kütusekihti igal pool ühtlaselt. See põhjustab paakuvate ning samuti jämedate süte puhul üksikute kohtade tühjakspõlemist ja tööline ei suuda ka parema tahtmise juures kütmisega hästi toime tulla, kuigi ta roobitseks ja



Joon. 23. Kivisöe restil põlemise skeem:
1 — rest; *2* — pooleldi põlenud söetükid ja räbu; *3* — süsi; *4* — värske kütus.

tasandaks pidevalt kütusekihti. Peente mittepaakuvate süte puhul kujuneb pilt teistsuguseks. Õhk jaotub mööda resti soodsamalt, kuid peene söe üksikute osakeste väikese kaalu tõttu viib õhk peensütt enesega osaliselt kaasa, mis suurendab söe kulu.

Hoopis teisiti toimub põlemine plaanrestil, kui värskelt sissevisatud kütus asetseb koksi ja räbu kihil. Sel juhul õhk, mis läbib räbu ja pooleldi põlenud söetükkide poolt moodustatud arvukaid keerulisi kanaleid, jaotub mööda resti ühtlaselt ja soojeneb samuti ühtlaselt. Õhu rõhk seejuures märgatavalt nõrgeneb, õhk ei vii enesega peensütt kaasa ja põlemine kujuneb ühtlasemaks ning rahulikuks.

Sellest järgneb, et kivisöega kütmisel horisontaalsel plaanrestil on tarvis:

1) põletada sütt räbukihil;

2) hoida kütusekihi paksus 80 kuni 200 mm piirides; kihi paksus sõltub söetükkide suurusest — mida suuremad on tükid, seda paksem peab olema söekiht restil; parimaid tulemusi annab 30—50 mm suuruste tükkidega süsi;

3) kollet roobitsedes kobestada ja tasandada kütuse ülemisi kihte. Täiesti vääralt toimivad need töölised, kes roobitsemisel ajavad kogu räbu läbi resti tuharuumi. Kui aga räbu resti ummistab, tuleb resti pilud lõikeroobiga ettevaatlikult lahti lõigata, et uuesti võimaldada õhule läbipääsu;

4) sisse visata värsket kütust väikeste kogustena võimalikult lühemate ajavahemike (5—8 min.) järel. Sütt tuleb koldesse juurde visata sellise arvestusega, et iga uus söekogus kataks kihi õhukesed kohad. Niisuguseid õhukesi kohti võib ära tunda ülemise pinnakihi heledama värvuse järgi.

Koldes põletatava kütuse hulk sõltub peamiselt resti pindalast ja selle koormusest.

Resti pindala (joon. 22): $F = a \times b$ m²

kus a — resti pikkus m;

b — resti laius m.

Resti pindala määratakse resti koormuse järgi. Resti koormuseks nimetatakse resti pindala 1 ruutmeetril tunnis põletatava kütuse hulka B (kg/m²h). Soovitav on põletada sepaahjudes 100 kg tingkütust resti pindala 1 ruutmeetril tunnis;

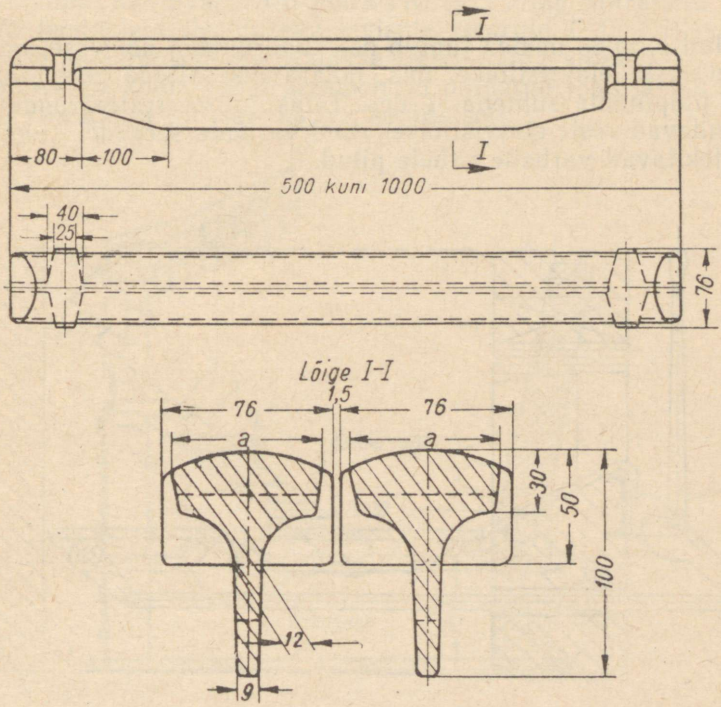
siis:

$$F = \frac{B_{ting}}{100} = \frac{B \cdot Q_t^k}{700000}\ \text{m}^2,$$

kus Q_t^k — kütuse kütteväärtus kcal/kg. Tingkütuse kütteväärtus, nagu juba toodud § 17, on 7000 kcal/kg.

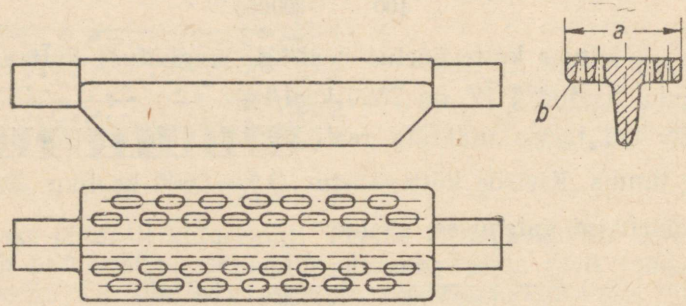
Näide. On tarvis määrata resti pindala, kui kivisöe kulu on 200 kg tunnis. Kivisöe kütteväärtus $Q_t^k = 5600$ kcal/kg. Asetades need väärtused valemisse, saame:

$$F = \frac{200 \cdot 5600}{7000 \cdot 100} = \frac{1\,120\,000}{700000} = 1{,}6\ \text{m}^2.$$



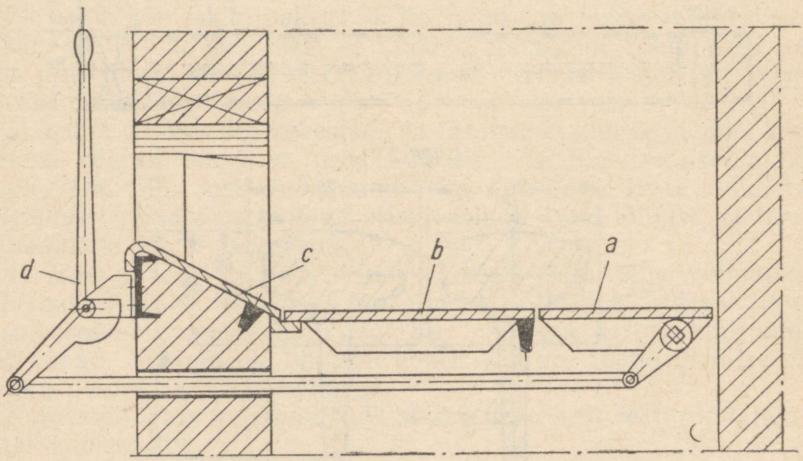
Joon. 24. Talakujulised restilülid.

Rest koosneb üksikutest varbadest. Restivarvad on tala- ja plaadikujulised (joon. 24 ja 25). Tavaliselt kasutatakse järgmise suurusega restivarbu: restivarva pikkus 500 kuni 1000 mm, laius *a* talakujulistel lülidel 50—70 mm, plaadikujulistel 150—250 mm. Talakujulisi restivarbu kasutatakse kivisöe jaoks, plaadikujulisi aga peente süte ja antratsiidi jaoks.



Joon. 25. Plaadikujulised restilülid.

Pilud *b*, mida mööda tungib õhk tuharuumist koldesse, moodustavad resti elavristlõike, mis määratakse pilude üldpindala ja resti üldpindala suhtena %-des. Talakujuliste restivarbade puhul kujundavad resti elavristlõike ribid varbade servadel (joon. 24), mis tekitavad varbade vahele pilud.



Joon. 26. Skeem resti puhastamiseks ümberpööratavate restilülide abil: *a* — kummutatav plaadikujuline restilüli; *b* — tavaline plaadikujuline restilüli; *c* — koideukse lävi; *d* — hoob restilüli pööramiseks.

Plaadikujulistel restivarbadel tekitavad elavristlõike 5—8 mm laiusega pilud *b* (joon. 25). Elavristlõike suurus sõltub kütuse iseloomust ja see moodustab 10—20% resti pindalast. Teenindamise hõlbustamiseks võetakse plaanresti suurus ühe koldeukse kohta pikkuselt kuni 2000 mm, laiuselt aga kuni 1200 mm.

Tuha eemaldamiseks ja kütuse alumiste kihtide kobestamiseks valmistatakse restilülid mõnikord pööratavatena. Kolde puhastamine toimub sel juhul pööratava restilüli abil, kütuse alumist kihti roobitsetakse aga tappidel olevate restilülide perioodilise kiigutamisega tõmbitsa ja hoova abil (joon. 26 ja 54).

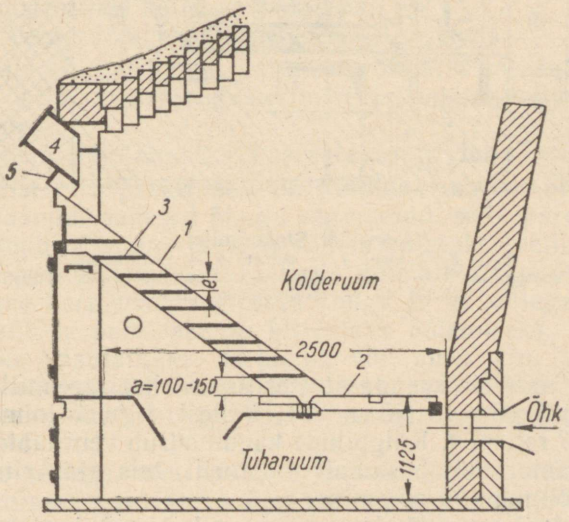
Kivisõe põletamisel horisontaalse plaanrestiga kolletes on rida puudusi, millest on tähtsamad:

1) raskused ühtlase põlemise saavutamiseks, eriti lendaineterikaste süte puhul; iga roobitsemise järel eraldub rohkelt lendaineid, mis põhjustab temperatuuri langemist ahjus ja suurendab soojuskadusid lahkuvate suitsugaasidega;

2) raskused kolde teenindamisel ja kõrge temperatuuri saavutamisel, kui põletatakse süsi, mis sisaldavad rohkelt peenikest puru, tuhka ja niiskust (vett). Seepärast on soovitav horisontaalse plaanrestiga koldeid kasutada süte põletamiseks, mis sisaldavad vähe lendaineid ja millel on ühtlasem põlemise intensiivsus. Niisuguste hulka kuuluvad söed mark ПС ja Т ning antratsiit.

Suure lendainete sisaldusega kivisüte (margid Г ja ПЖ) ning pruunsüte põletamiseks kasutatakse treppprestiga koldeid.

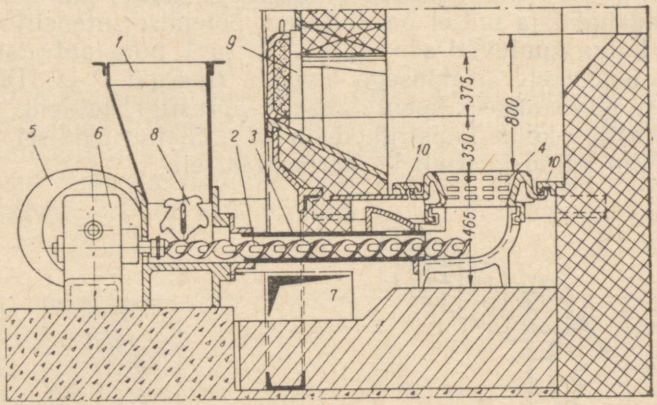
Treppprestiga kolde konstruktsioon on näidatud joonisel 27. Rest asetseb siin kaldu ja osalt ka horisontaalselt.



Joon. 27. Treppprestiga kolle:
1 — kaldu asetsev restiosa; *2* — horisontaalne rest; *3* — plaadid; *4* — koldeuks; *5* — roobitsemiseks.

Kaldu asetsev restiosa *1* koosneb astmetest *3*, mis on lamedatest valatud plaatidest. Kolde alumises osas on horisontaalne rest *2*. Sellel restiosal kasutatakse samasuguseid restivarbu nagu tavalistes horisontaalse plaanrestiga kolleteski. Kaldu asetseva restiosa viimase astme ja horisontaalse restiosa vahele jäetakse vahe a = 100 + 150 mm, mille kaudu tõmmatakse horisontaalselt restiosalt välja tuhka. Kütust antakse koldesse läbi koldeukse *4*. Treppresti kaldenurk on 40—35°. Treppresti ülemisele osale visatav kütus valgub järk-järgult allapoole. Ülemises osas kütus kuivab, läbib lendainete eraldumise tsooni, intensiivse põlemise tsooni ja saabub horisontaalsele restiosale, kus toimub kütusejääkide väljapõletamine räbust.

Olemasolevatest mehaanilistest kolletest on soovitav kasutada sepaahjude jaoks stokerkoldeid (joon. 28). Et põlemisprotsess kulgeks normaalselt, võib stokerkolletes põletada ainult raskesti sulava tuhaga sütt (tuha sulamistemperatuur vähemalt 1200—1250° C). Söetükkide suurus ei tohi olla üle 30—40 mm, mispärast enne stokerkoldes põletamist tuleb süsi peenendada ja sorteerida.



Joon. 28. Stokerkolle:
1 — söepunker; *2* — tigu; *3* — toru; *4* — retort; *5* — ventilaator; *6* — reduktor; *7* — õhuaugud; *8* — söesegaja; *9* — aken kolde tuhast puhastamiseks (leppeliselt näidatud lõikes); *10* — järelpõlemise plaadid.

Süsi laaditakse sildkraana abil erilise söekopaga, millel on avatav põhi, punkrisse *1* (joon. 28), millest tigu *2* toimetab selle mööda toru *3* retorti *4*. Külgpilude kaudu surub ventilaator *5* retorti õhku. Ventilaator töötab samalt mootorilt, mis ajab ringi tigu *2*. Retordis *4* toimub söe põlemine.

Söe põlemine stokerkoldes erineb põlemisest horisontaalrestil. Värske süsi, mis surutakse sisse teo abil, tõuseb retordis järk-järgult kõrgemale ja kuumeneb järk-järgult söe ülemise, kuuma

kihi toimel. Söest eralduvad lendosised põlevad ilma tahma ja nõge tekitamata. Põlemistsoon asub retordi pinnal.

Räbu tekib retordi pinnal ja seetõttu, et altpoolt saabub retorti pidevalt värsket sütt, valgub räbu järk-järgult järelpõlemise plaatidele *10* (joon. 28). Külgplaatidelt tõmmatakse tuhka välja tuhaakende *9* kaudu (joon. 28). Õhku surutakse stokerkolletesse rõhu all (kuni 200—250 mm veesammast). Stokerkollete tootlikkus on umbes 100—125 kg tingkütust tunnis.

Käsikolletega võrreldes on mehaanilistel stokerkolletel järgmised eelised:

1) nad kergendavad töölise tööd;
2) võimaldavad vähendada teeninduspersonali arvu;
3) garanteerivad ühtlasemat temperatuuri koldes.

§ 21. VEDELKÜTUSE PÕLETAMINE

Tahke kütusega võrreldes on masuudil terve rida eeliseid. Tähtsamad nendest on järgmised:

1) kõrge küttevääртus;
2) tuha puudumine, mis väldib ajakulu kolde puhastamiseks ja tõstab ahju töötamise efektiivsust;
3) suhteliselt väike väävlisisaldus, mille tõttu metalli kvaliteet ei halvene kuumutamisel;
4) transportimise hõlpsus ja kompaktsus hoidmisel, see väldib tsehhi ruumi koormamist, mis on vältimatu tahke kütuse puhul;
5) võimalus kasutada lihtsustatud konstruktsiooniga ahju, kuna pole vajadust erilise kolde ehitamiseks;
6) ahju teenindamise hõlpsus.

Peale selle on masuudiga kütmisel võimalik kasutada ahju soojusrežiimi automaatset reguleerimist ja tagada hügieenilisemad töötingimused.

Vedelkütuse põletamiseks kasutatakse p i h u s t e i d.

Teoreetiliselt ja praktiliselt on kindlaks tehtud, et mida paremini on masuudiosakesed õhuga segunenud, seda paremini ja kiiremini toimub põlemine ja seda vähem vajatakse selleks lisaõhku. Seepärast peavad pihustid masuuti võimalikult paremini pihustama, et see kergemalt seguneks õhuga ja et sellega kujuneksid eeldused kütuse paremaks ja kiiremaks põlemiseks. Masuudi pihustamiseks kasutatakse suruõhku või auru. On olemas väga palju mitmesuguse ehitusega pihusteid, kuid töötamise põhimõttelt jagunevad nad kahte gruppi: a) madalrõhupihustid ja b) kõrgrõhupihustid.

Tutvume sellega, mis on rõhk ja kuidas seda mõõdetakse.

Pihustamiseks kasutatava õhu või auru rõhku mõõdetakse veesamba millimeetrites ja atmosfäärides. A t m o s f ä ä r i k s nimetatakse ühe kilogrammi suurust rõhku ühe ruutsentimeetri suurusele pindalale. Veesamba ühe mm all mõistetakse 1 kg suuruse

koormuse rõhku, mis on ühtlaselt jaotatud 1 m^2 suurusele pindalale. Üks atmosfäär võrdub veesamba 10 000 mm-ga või elavhõbedasamba 760 mm-ga.

Kõrgrõhupihustite hulka kuuluvad niisugused pihustid, mis pihustavad masuuti kaheatmosfäärilise või kõrgema rõhu all oleva õhu või auruga, madalrõhupihustite hulka aga niisugused, mis pihustavad masuuti rõhuga 400 kuni 600 mm veesammast.

Suruõhu saamiseks kasutatakse madalrõhupihustite puhul — ventilaatoreid, kõrgrõhupihustite puhul — kompressoreid.

Sõltuvalt sellest, millega toimub masuudi pihustamine, jagunevad pihustid auru- ja õhupihustiteks.

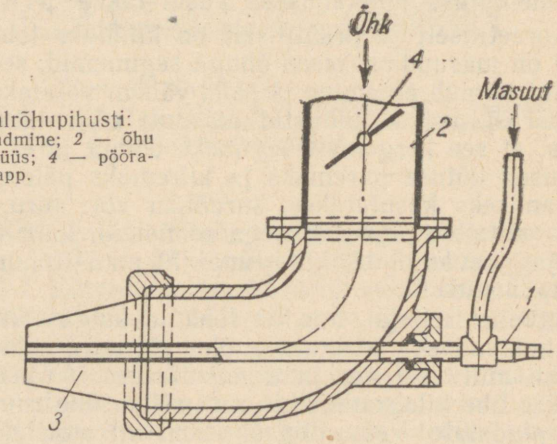
Mida paremini pihusti masuuti pihustab, seda väiksem võib olla liigõhu hulk selle põletamisel. Masuudi hea pihustamise puhul võib liigõhu hulk kõikuda kuni 15% piirides, kuna halva pihustamise puhul see võib tõusta kuni 20—25%-ni.

Et pihustid ei ummistuks, tuleb nendesse juhitav masuut mustusest ja prügist puhastada. Masuudi puhastamiseks on erilised filtrid. Masuut pihustub märksa paremini, kui seda eelsoojendada temperatuurile 90—100° C. Masuudi eelsoojendamiseks varustatakse paagid, milledest pumbatakse masuuti pihustitesse, aurusiugtorudega.

Et masuut teekonnal pumpade juurest ahjudeni ei jahtuks, asetatakse masuuditorustiku kõrvale aurutorustik, mis soojendab torustikus voolavat masuuti.

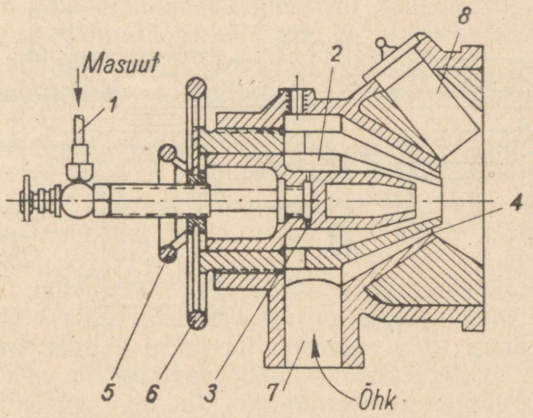
Enne kui vaadelda pihustite ehitust, peatume pihustitele esitatavatel nõuetel, mis on järgmised: 1) pihusti peab masuuti hästi pihustama; 2) pihustatud masuut peab hästi segunema põlemisõhuga; 3) pihusti peab ehituselt olema lihtne ja tugev; 4) kõrgete temperatuuride mõju all olevad pihustiosad peavad olema kergesti vahetatavad.

Joonisel 29 kujutatud pihusti on arvestatud õhurõhule 400—500 mm veesammast.



Joon. 29. Madalrõhupihusti:
1 — masuudi etteandmine; *2* — õhu etteandmine; *3* — düüs; *4* — pööratav klapp.

Pihusti töötab järgmisel viisil. Sisemisest torust *1* voolab masuut, välimisest torust *2* aga õhk. Düüsist *3* väljuva masuudi haarab õhk kaasa ja pihustab selle. Õhu juurdevoolu reguleeritakse pööratava klapiga *4*. Masuudi juurdevoolu reguleeritakse masuuditorustikul oleva ventiiliga.



Joon. 30. Madalrõhupihusti:
1 — masuudi toru; *2* — õhukamber; *3* — auk masuudi pääsuks õhukambrisse; *4* — rõngaspilu; *5* — reguleerimis-käsiratas; *6* — käsiratas õhupilu reguleerimiseks; *7* — õhutoru; *8* — auk masuudi süütamiseks.

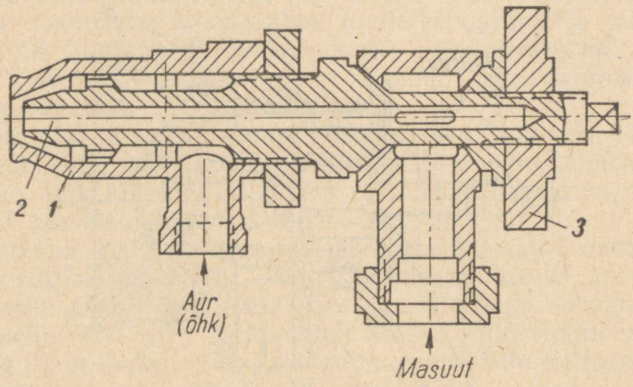
Kirjeldatud pihustil on suur puudus — masuudi kulu vähendamisel võib pihustis ilmneda õhu kiiruse langemine ja selle tagajärjel halveneda masuudi pihustumine. Tõepoolest, masuudi kulu vähendamisel tuleb vähendada ka pihustisse juhitava õhu hulka. Kuid ava, mille kaudu õhk pihustist väljub, jääb endiseks; õhk hakkab siis pihustist väljuma väiksema kiirusega, mille tagajärjel aga halveneb masuudi pihustamine. Kuid on pihusteid, millel ei ole seda puudust. Üks niisugune pihusti on kujutatud joonisel 30. See töötab järgmiselt. Masuut juhitakse sisemisse torusse *1* ja sealt aukude *3* kaudu õhukambrisse. Torust 7 saabuv õhk jaguneb pihustis kahes suunas: osa sellest läheb kambrisse *2*, haarab kaasa masuuti, pihustab selle ja paiskab koldesse. Teine osa õhust suundub rõngaspilu *4* kaudu põleva leegi juurde otse. Masuudi ja õhu väljumispilude suurus on reguleeritav käsiratastega *6* ja *5*; reguleerimine tagab õhu väljavoolamise püsiva kiiruse. Joonisel 30 kujutatud pihustil on ka oma puudus — ta ummistub kergesti.

Madalrõhupihusteid kasutatakse laialdaselt sepaahjudes, eriti väiksemates. Niisuguste pihustitega saadakse võrdlemisi lühike leek. Madalrõhupihustite teenindamine on võrdlemisi lihtne ja nad ei vaja õhu etteandmiseks kallihinnalisi kompressorseadmeid; õhu

TRÜ Raamatukogu

etteandmine nende jaoks võib toimuda tavaliste kõrgrõhuventilaatoritega, mis annavad rõhu 700—800 mm vs.

Sepaahjudes kasutatavatest kõrgrõhupihustitest on kõige rohkem levinud Šuhhovi süsteemi pihusti (joon. 31). Pihusti koosneb kahest torust *1* ja *2*. Välise toru *1* kaudu antakse ette õhku (või auru), sisemise toruga *2* aga — masuuti.



Joon. 31. Šuhhovi süsteemi kõrgrõhupihusti:
1 — väline toru; *2* — sisemine toru (masuudi etteandmiseks); *3* — käsiratas sisemise toru *2* asukoha muutmiseks.

Pihusti kitsas osas (düüsis) liigub õhk (või aur) väga suure kiirusega; seejuures haarab ta jõuliselt endaga kaasa sisemisest torust saabuvat masuuti ja pihustab selle udukujuliseks, millega kindlustatakse parem põlemine. Šuhhovi-süsteemiliste pihustite töötamine on reguleeritav: a) masuudi etteandmise muutmisega masuuditorustiku ventiili abil; b) auru või õhu hulga ja rõhu muutmisega; c) masuuditoru asendi muutmisega käsiratta *3* abil.

Kõrgrõhupihustid annavad pika (kuni 4 m) ja terava leegi. Neid pihusteid kasutatakse suurtes ja pikkades kõrge tootlikkusega sepaahjudes.

§ 22. GAASKÜTUSE PÕLETAMINE

Gaaskütus on kõige käepärasem ja tal on palju eeliseid.

Gaaskütuse olulised eelised, võrreldes tahkete ja isegi vedelkütustega, on järgmised:

1) gaas seguneb kergesti õhuga ja põleb seepärast täielikult väikese õhuliia puhul. See kindlustab kõrget põlemistemperatuuri ja vähendab soojuskadusid lahkuvate suitsugaasidega;

2) gaasiga kütmisel on kerge reguleerida ahju temperatuuri;

3) gaas seguneb hästi õhuga ning gaasi põlemise reaktsioon toimub väga kiiresti, mistõttu ahjud ei vaja erilisi koldeid. Gaasi põletatakse otse ahju tööruumis. Sellega saavutatakse soojuse hea ülekanne tulistelt gaasidelt kuumutatavale metallile;

4) gaasiahjud on oma ehituselt lihtsamad ja odavamad, kuna kütuse põletamiseks pole vaja erilisi koldeid;

5) gaas on selle tootmiskohast tarbimiskohani hõlpsalt transporditav, mis toimub selleks eriliselt mahapandud torude — gaasijuhtmete kaudu;

6) ahjude kütmisel gaasiga on võimalik saavutada kõrgeid temperatuure, eelsoojendades selleks nii gaasi kui ka õhku;

7) gaasiküte võimaldab hõlpsalt ja automaatselt reguleerida ahju soojusrežiimi;

8) gaas võimaldab saavutada hügieenilisemaid töötingimusi ahju juures.

Gaaskütuse, eriti generaatorigaasi, s. o. tahkest kütusest eriliselt valmistatud gaasi puuduseks on selle kõrge hind. Kuid ka generaatori gaasi kõrgema hinna (tahke kütusega võrreldes) teevad tasa need eelised, mida omab gaas selle põletamisel kuumutusahjudes.

On olemas mitu gaasi põletamise viisi. Sepaahjudes kasutatavatest viisidest on tähtsamad järgmised: a) gaas ja õhk juhitakse põletisse madala rõhu all üheaegselt; b) gaas saabub põletisse kõrge rõhu all ja imeb õhku atmosfäärist; c) gaasi ja õhku antakse ette kõrge rõhu all, kusjuures nad segunevad enne põletisse jõudmist.

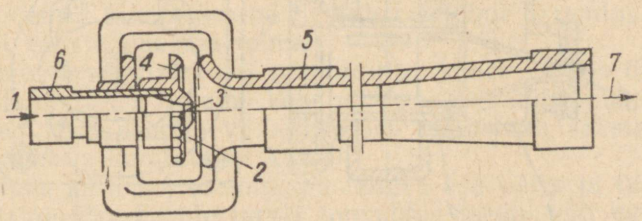
Igal loendatud viisil on omad eelised ja puudused. Käesoleval ajal on kõige rohkem levinud esimene viis kui lihtsaim; see viis vajab lihtsamaid põleteid, kuna õhu etteandmine toimub ventilaatoriga.

Gaasi põletatakse põletites, mis oma konstruktsioonilt on väga mitmesugused. Peatume ainult sepaahjudes kõige rohkem kasutatavate põletite kirjeldamisel.

Gaasipõletid, samuti nagu naftapõletidki võivad olla nii kõrg- kui ka madalrõhu jaoks.

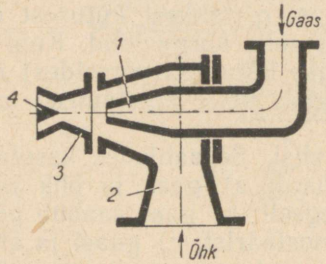
Kõrgrõhu-gaasipõletid töötavad rõhuga 700 kuni 2500 ja rohkem mm vs. Gaasi kokkusurumiseks selliste rõhkudeni kasutatakse erilisi gaasipuhumisseadmeid.

Joonisel 32 on kujutatud gaasipõleti, mis töötab rõhuga 1500—1600 mm vs. See põleti töötab põletamise teise viisi järgi, s. t.



Joon. 32. Leegita põlemisega inžektsioonpõleti:
1 — gaasi etteandmine; *2* — välisõhu sisseimemine; *3* — düüs; *4* — õhuseib; *5* — segisti kere; *6* — ühendustoru; *7* — gaasi ja õhu segu väljumine ahju põlemiskambrisse.

gaas juhitakse põletisse kõrge rõhu all ning õhk imetakse atmosfäärist. Seda tüüpi põleteid nimetatakse teisiti pind- ehk leegita põlemisega inžektsioonpõleteiks. Gaas saabub põletisse düüsi *3* kaudu ja imeb põlemiseks tarviliku õhu sisse pilu kaudu, mis jääb õhuseibi *4* ja segisti kere *5* vahele. Õhuseib *4* asetseb gaasitorul *6*. Põlemisõhu hulka reguleeritakse õhuseibi nihutamisega piki gaasitoru. Õhuseibi segisti kere otsale lähendades või sellest eemaldades on võimalik õhu sisseimemise pilu kas vähendada või suurendada ja sel viisil vähendada või suurendada õhu hulka.

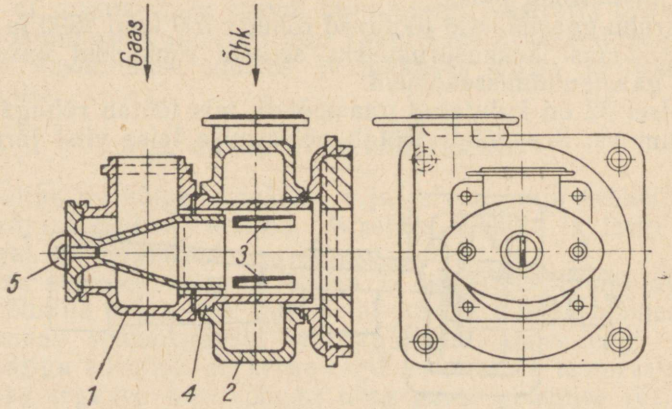


Joon. 33. Madalrõhu-pilupõleti:
1 — gaasitoru; *2* — õhutoru; *3* — otsik;
4 — läbilõikav koonus.

Segisti *5* kujutab endast toru, kus toimub gaasi segunemine õhuga. Gaasi ja õhu segu juhitakse sellest torust ahju põlemiskambrisse.

Seetõttu, et põletisse juhitakse gaasi ja õhu segu juba valmis kujul, toimub põlemine väga kiiresti, ilma nähtava leegita. Seepärast nimetataksegi inžektsioonpõleteid leegita põlemise põleteiks.

Madalrõhupõletites seguneb gaas õhuga kas põletis endas või



Joon. 34. Stalprojekti tüüpi ГТН keeristunglaga põleti:
1 — gaasikarp; *2* — õhukarp; *3* — augud õhu pääsuks gaasitorusse;
4 — gaasitoru; *5* — kork.

ahjus (s. t. pärast põletit). Õhk ja gaas juhitakse nendesse põletitesse peaaegu ühesuguse rõhu all.

Madalrõhupõletites (tungalpõletites) algab gaasi ja õhu segunemine põletis endas ja lõpeb ahju tööruumis. Õhk ja gaas juhitakse nendesse põletitesse rõhu all. Gaasi rõhk enne põleteid peab olema 100—300 mm vs., õhu rõhk aga 150—400 mm vs.

Joonisel 33 on kujutatud pilupõleti. Torust *1* saabub gaas, torust *2* aga õhk. Torude *1* ja *2* düüsid ja otsik *3* on täisnurkse ristlõikega. Et gaas ja õhk paremini seguneksid, on asetatud otsikusse *4* eriline läbilõikav koonus *4*. Põleti annab põlemisel täisnurkse tungla, mille leegi pikkus on 500—600 mm.

Joonisel 34 on kujutatud laialt levinud keerissegamisega põleti. See põleti võimaldab hästi segada gaasi õhuga, saada lühikest leegitungalt ja reguleerida tootlikkust suurtes piirides.

§ 23. TOLMKÜTUSE VALMISTAMINE JA PÕLETAMINE

Üha rohkem juurutatakse tootmisse kuumutusahjude, eriti aga sepaahjude kütmist söetolmuga. Meie maal on olemas sepatsehhe, kus kõik ahjud töötavad tolmküttel.

Tolmkütet on eriti kasulik rakendada nendes tehastes, kus pole gaasi, kuid on olemas kohalik kütus (kivisüsi), mida pole võimalik gaasistada, kuid mille põletamine tavaliste kollete restidel ei kindlusta metalli sepistamiseks vajalikku temperatuuri.

Ahjude töötamist tolmküttel on võimalik iseloomult võrrelda nende töötamisega masuudil.

Kivisöe tolmuna põletamise tähtsamad eelised, võrreldes tükkkivisöe tavalise põletamisega käsitsi teenindatavas restkoldes, on järgmised:

1) söetolmu põletatakse samuti nagu masuuti või gaasi ahju tööruumis, mille tõttu kõrge temperatuur kuumutatava metalli kohal soodustab selle kiiremat kuumenemist. Tükk-kivisöe põletamisel saavutatakse kõige kõrgem temperatuur koldes, s. t. eemal kuumutatavast metallist;

2) tükk-kivisöe põletamisel kuumutatakse metalli ahju tööruumis tuliste gaasidega, mis tekivad söe põlemisel koldes. Ahjude kütmisel tolmukujulise kütusega kuumutab metalli otse söetolmu tungal. Metalli kuumenemine toimub sel juhul paremini ja kiiremini kui tuliste gaaside toimel;

3) käsitsi teenindatavates plaanrestiga kolletes läheb õige palju kütust (kuni 10%) kaduma koos räbuga. Tolmkütte puhul on kütuse kaod koos räbuga väikesed. See võimaldab säästa metalli kuumutamiseks kulutatavat kütust;

4) ahjude kütmisel söetolmuga langeb ära kütja ja tuhaeemaldajate raske töö. Ei ole tarvis toimetada tsehhi sütt ega eemaldada sealt tuhka. See kergendab tehase transpordi tööd ja väldib tsehhi pindala ülekuhjamist tahke kütusega. Söetolm juhitakse tsehhi ja ahjude juurde mööda erilisi torusid;

5) ahju temperatuuri ja soojusrežiimi on võimalik reguleerida sama kergelt nagu ahju kütmisel masuudi või gaasiga, kuna söetolmu põletatakse suure tootlikkuse diapasooniga põletites;

6) söe põletamine tolmuna võimaldab kasutada madala kalorsusega kivisütt, mis tükk-kivisöe tavalisel põletamisel ei kindlusta metalli kuumenemist sepistamiseks vajaliku temperatuurini. Peale selle on võimalik kasutada söetolmu valmistamiseks väljasõelutud peensütt, mida praktiliselt pole võimalik põletada tavalistes käsitsi teenindatavates kolletes.

Tolmkütteks kasutatav kütus

Sepaahjudes tolmuna põletataval kivisöel ei tohi olla tuhka üle 15—20% ja lendaineid alla 20%.

Mida vähem tuhka sisaldab kivisüsi, seda paremini ta tolm põleb. Tähtsaks teguriks, mida tuleb arvestada tolmukujulise kütuse kasutamisel, on *tuha sulamistemperatuur*. Parem on niisugune süsi, mille tuhk raskemini sulab (temperatuuril üle 1300° C). Kuumutusahjudes põletatakse praktiliselt ka kergesti sulava tuhaga söetolmu, kuid selle põletamise viis erineb raskesti sulava tuhaga söetolmu põletamise viisist.

Kui söetolmu põletatakse kuumutatava metalli kohal, s. t. ahju tööruumis, siis osa kuiva tuhka sadestub kuumutatava metalli pinnale, osa aga lendab korstnasse. Ahjust väljavõetud toorikult tuleb enne sepistamist või stantsimist tuhk eemaldada, et vältida igasugust võimalust tuha metalli sisse tagumiseks.

Kergete toorikute kuumutamisel ei tekita nende pindade tuhast puhastamine raskusi, kuna kergesti sulav tuhk ja räbu tulevad kergete löökide puhul tooriku küljest lahti. Raskete toorikute kuumutamisel on tuha ja eriti räbu eemaldamine raskem. Seepärast raskete toorikute kuumutamisel põletatakse söetolmu mitmesugusel viisil, sõltuvalt tuha sulamistemperatuurist ja nimelt:

a) kõrge tuha sulamistemperatuuriga (üle 1300° C) söetolmu põletatakse kuumutatavate toorikute kohal, s. t. ahju tööruumis samuti nagu masuuti või gaasi; kuiv tuhk sadestub kuumutatavate toorikute pinnale ja on enne sepistamist sealt hõlpsasti eemaldatav;

b) ahju kütmisel söetolmuga, mille tuha sulamistemperatuur on madalam (alla 1300° C), põletatakse söetolmu ahjule juurdeehitatud eri koldes. Temperatuuril, mis ületab tuha sulamistemperatuuri, muutub tuhk vedela räbu tilgakesteks, kaotab oma lenduvuse ja sadestub koldes. Koldest eemaldatakse see vedelal kujul.

Teiseks söe kvaliteeti määravaks tähtsamaks teguriks on tolmkütte puhul *lendainete sisaldus*. Mida rohkem lendaineid sisaldab süsi, seda paremini süttib sellest valmistatav tolm ja põlemistungal saadakse lühem.

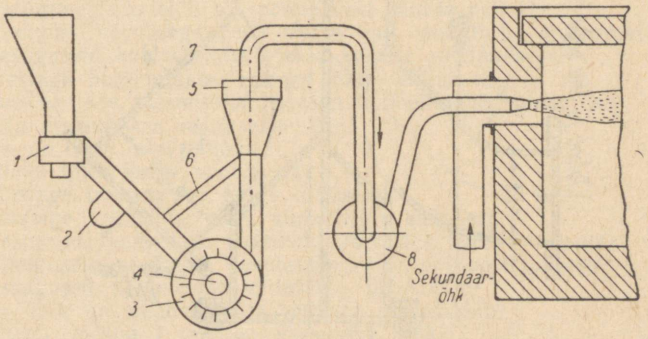
Lendainete sisaldus söetolmus ei tohi olla alla 17—20%. Väga

hea on põletada tolmu, mis sisaldab lendaineid kuni 35%. Lendainete sisalduse puhul alla 17% on tolmu põlemine ebastabiilne, esineb tungla kustumist ja ahi töötab vahelejätmistega.

Söetolmu valmistamiseks sobivad hästi Kuznetski basseini söed. Koksist ja antratsiidist valmistatud tolm ei ole kohane kuumutusahjudele, kuna see sisaldab vähe lendaineid.

Söetolmu valmistamine ja põletamine

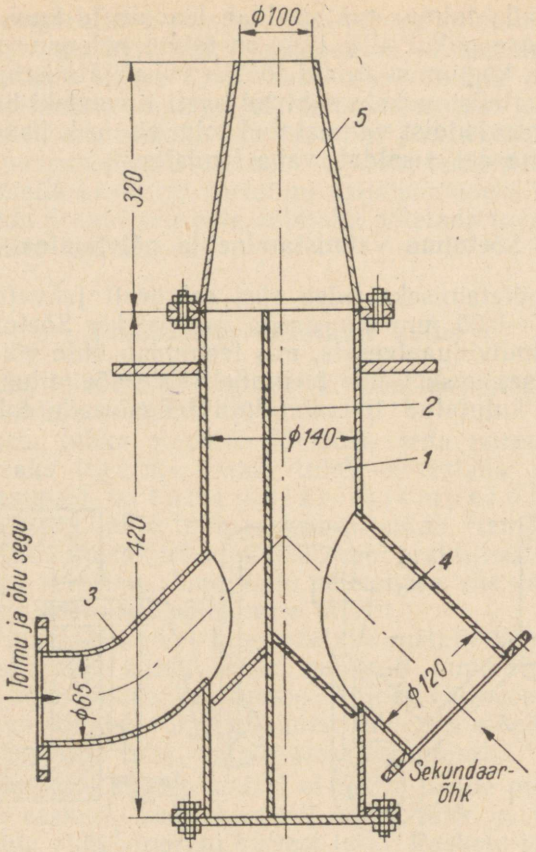
Tolmuna põletamiseks tuleb süsi eelnevalt jahvatada erilistes veskites 0,07—0,05 mm suurusega osakesteks. Söetolmu valmistatakse kas individuaalveskis, mis teenindab ühte või mitut ahju, või tsentraalses veskis, mis teenindab ühte või mitut tsehhi. Joonisel 35 on kujutatud lihtsaim individuaalseade tolmu valmistamiseks.



Joon. 35. Individuaalseade tolmu valmistamiseks [31]:
1 — toitja; *2* — magnetseparaator; *3* — veski; *4* — kuuma õhu etteandmine; *5* — tsükloonseparaator; *6* — toru; *7* — tolmutoru; *8* — tolmuventilaator.

Läbi toitja *1*, mis kindlustab söe ühtlast etteandmist, saabub süsi punkrist magnetseparaatorisse *2*, kus see vabastatakse juhuslikult sissesattunud metalliosakestest. Separaatorist suundub süsi veskisse *3*, kus ta jahvatatakse peeneks ja kuivatatakse kuuma õhuga, mis juhitakse veskisse toru *4* kaudu. Peeneks jahvatatud söe kannab kuum õhk tsükloonseparaatorisse *5*, kus söetolm kuivab lõplikult. Tsükloonseparaatoris *5* eralduvad suuremad söetükid tolmust ja suunduvad mööda toru *6* tagasi veskisse *3*. Vajaliku määrani peeneks jahvatatud tolmuosakesed suunduvad mööda toru *7* tsentrifugaalventilaatorisse *8*. Siin segunevad nad õhuga (niinimetatud primaarõhuga) ja puhutakse ahju.

Söetolmu põletatakse nagu masuuti või gaasi eriliste põletite abil.



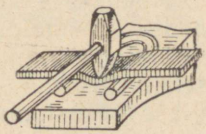
Joon. 36. Söetolmu põleti [32].

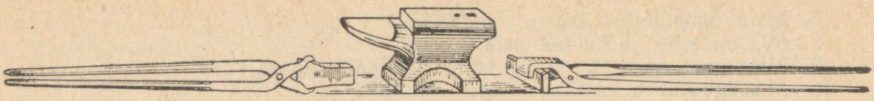
Põleteid on mitmesuguse ehitusega. Joonisel 36 on näidatud üks kuumutusahjudes kasutatavatest tolmupõletitest. Põleti kujutab endast toru *1*, milles on vahesein *2*. Torust *3* saabub tolmu ja õhu segu, torust *4* aga sekundaarõhk ventilaatorist. Düüsis *5* seguneb tolmu ja õhu segu sekundaarõhuga. Söetolm süttib düüsist *5* väljumisel sellest teataval kaugusel ja põleb ahju tööruumis.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mida nimetatakse kütuseks?
2. Kuidas mõõdetakse kütuse põlemisel eralduva soojuse hulka?
3. Missuguseid kütuse liike teie tunnete?
4. Missugustest tähtsamatest elementidest koosneb iga kütus?
5. Mida nimetatakse kütuse küteväärtuseks?
6. Missuguseid loodusliku kütuse liike teie tunnete?

7. Mida nimetatakse kütuse lendaineks?
8. Mis on koks ja kuidas seda saadakse?
9. Missugust kivisütt on soovitav põletada sepaahjudes?
10. Missuguseid kunstliku kütuse liike teie tunnete?
11. Mis on masuut?
12. Mis on generaatorigaas?
13. Mis on tolmukujuline kütus?
14. Missugustele põhinõuetele peab vastama sepaahjudes põletatav kütus?
15. Missugune kütus kõlbab kõige paremini sepaahjude kütteks?
16. Jutustage, missugused puudused ilmnevad tahkel kütusel, kui seda kasutada sepaahjude kütteks.
17. Missugust kütust põletatakse sepaääsidel?
18. Mis on puusüsi ja kuidas seda saadakse?
19. Mis on liigõhutegur?
20. Missuguse reaktsiooni järgi toimub süsiniku põlemise protsess õhu (hapniku) küllaldase hulga puhul?
21. Missuguse reaktsiooni järgi toimub süsiniku põlemise protsess õhu (hapniku) mittejätkumisel?
22. Missuguste tähtsamate tunnuste järgi tehakse kindlaks, kas söe põlemine koldes toimub õigesti?
23. Missugune leek tekib söe põletamisel vähese õhu puhul?
24. Missugune leek tekib söe põletamisel õhuliia puhul?
25. Missuguse värvusega peab olema leek metalli kuumutamisel?
26. Missuguseid koldeid kasutatakse kivisöe põletamiseks?
27. Jutustage horisontaalse restiga kolde ehitusest.
28. Jutustage söe põlemise protsessist horisontaalsel plaanrestil.
29. Mida nimetatakse restikoormuseks?
30. Mis on resti elavristlõige?
31. Kuidas tuleb kollet roobitseda?
32. Jutustage trepprestiga kolde ehitusest.
33. Jutustage mehhaniseeritud stokerkolde ehitusest.
34. Missugused eelised on masuudil võrreldes tahke kütusega?
35. Missuguseid seadmeid kasutatakse masuudi põletamiseks?
36. Missugused põhinõuded esitatakse pihustitele?
37. Mis ühik on atmosfäär ja millega see võrdub?
38. Millega võrdub 1 mm-lise veesamba rõhk?
39. Mis vahe on kõrg- ja madalrõhupihustite vahel?
40. Jutustage Suhhovi süsteemi pihusti ehitusest.
41. Missugused tähtsamad eelised on gaaskütusel teiste kütuseliikidega võrreldes?
42. Missugustel viisidel põletatakse gaasi sepaahjudes?
43. Jutustage, kuidas töötavad joonistel 31 ja 32 kujutatud kõrgrõhupõletid.
44. Jutustage, kuidas töötavad joonistel 29, 30, 33 ja 34 kujutatud madalrõhupõletid?
45. Mis on tolmukujuline kütus ja kuidas seda valmistatakse?
46. Missugused põhilised eelised on tolmukujulisel kütusel tükk-kivisöega võrreldes?





V PEATÜKK

KUUMUTUSSEADMED

§ 24. SEPAÄÄSID

Käsisepistamisel kasutatakse metalli kuumutamiseks sepaääse, mida on kahte tüüpi — lahtised ja kinnised.

Tulekollete arvult võivad sepaääsid olla kas ühe või kahe koldega (joon. 37) ja sellele vastavalt nimetatakse neid ühe- või kahekoldelisteks.

Kütuse põletamiseks tarvilik õhk, mida annab ventilaator, tuuakse juurde vastava toruga küljelt või alt. Õhu rõhk ääsi all peab olema 150—200 mm vs.

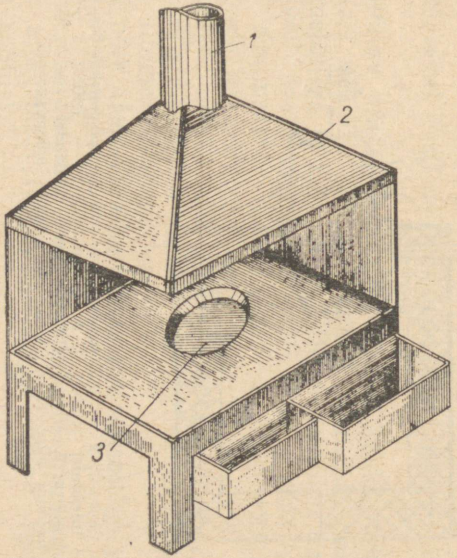
Õhutoru ots lõpeb furmiga (joon. 38). Furmil on all luuk, mille kaudu eemaldatakse räbu ja tuhka. Kolde kohal on põlemissaaduste koondamiseks kumm, kust põlemissaadused eemaldatakse tõmbe teel korstna kaudu välisõhku.

Suitsu juhtimine kummi alla ja sealt loomuliku tõmbe mõjul korstnasse ei osutu küllalt efektiivseks. Ääsi süütamisel ei lähe suits kummi alla, vaid tungib tsehhi. Niisugune ääs on kujutatud joonisel 37. Joonisel 39 on kujutatud lahtine ääs, millest suitsu ärajuhtimine toimub teisiti kui joonisel 37 kujutatud ääsist. Ääsi suits eemaldub kahe teineteise sisse asetatud toru *1* ja *2* kaudu. Osa suitsust eemaldub sisemise toru *1* kaudu, kuna teine osa, sattudes kummi *3* alla, väljub välise toru *2* kaudu. Niisuguse ehituse puhul soojendab väline toru sisemist, mistõttu suureneb tõmme. Niisugune suitsu eemaldamise viis on ennast praktikas täiesti õigustanud.

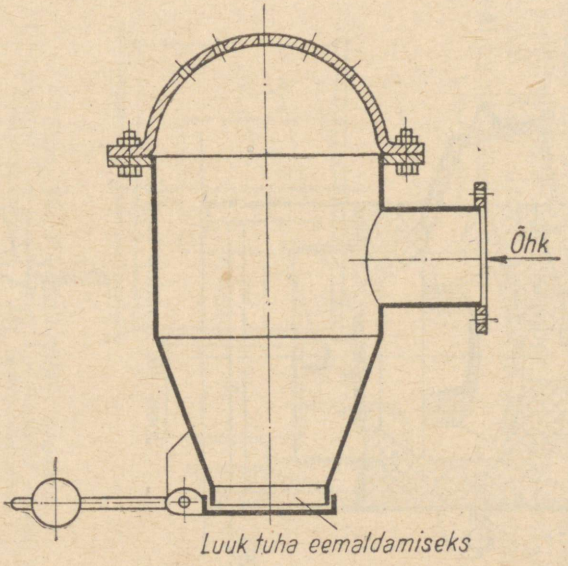
Joonisel 40 on kujutatud kinnine ääs. See koosneb metallkarkassist, mis on seest täidetud tulekindlate tellistega. Ventilaator annab õhku toru *1* kaudu karpi *2*, kust see läbi resti *3* suundub koldesse. Süsi antakse sisse koldeukse *4* kaudu, kuumutatav metall aga läbi ukse *5*. Põlemissaadused eemalduvad koldest läbi augu *6* kummi *7* alla. Lendainete järelpõletamiseks juhitakse kolde ülemisse ossa toru *8* kaudu sekundaarõhku.

Kinniseid ääse kasutatakse masstootmisel väikeste detailide kuumutamiseks.

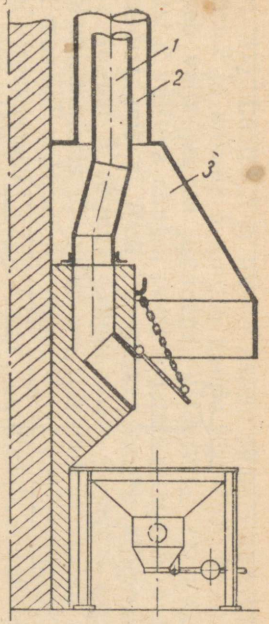
Vedelkütusel töötavate ääside jaoks kasutatakse masuuti ja kivisõetõrva. Niisuguse ääsi oluliseks osaks on põlemiskamber



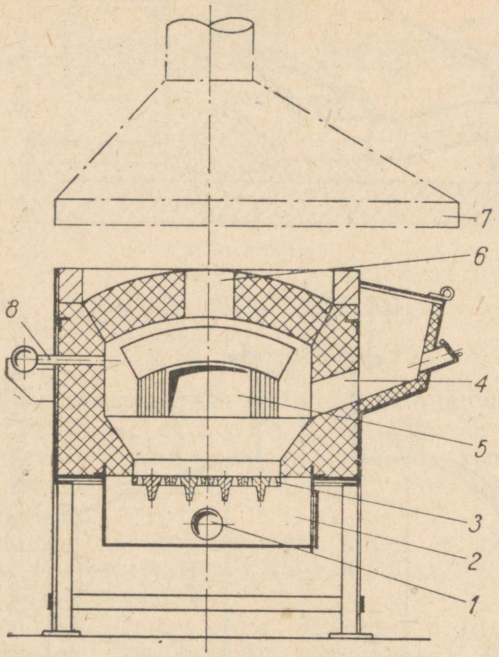
Joon. 37. Ühe koldega sepaääs:
1 — suitsukorsten; *2* — kumm; *3* — furm (kütuse põlemise kolle).



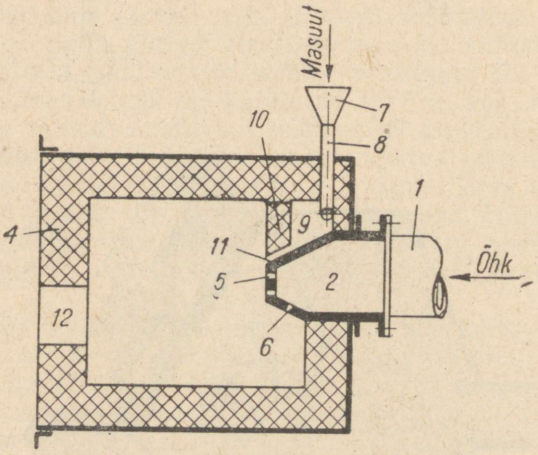
Joon. 38. Sepaääsi furm.



Joon. 39. Kahekordse loomuliku tõmbega sepaääs:
1 — sisemine toru; *2* — väline toru; *3* — kumm.



Joon. 40. Kinnine sepääs.

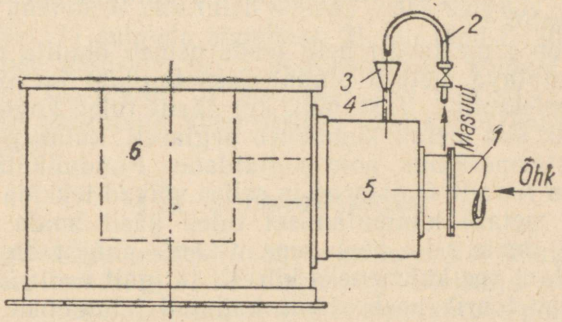


Joon. 41. Masuudiääsi põlemiskamber:
1 — õhutoru; *2* — õhukamber; *3* — masuudi põlemiskamber; *4* — tulekindel vooder; *5, 6* — õhuaugud; *7* — lehter; *8* — masuuditoru; *9* — masuudikamber; *10* — tulekindel sein; *11* — masuudi pilu; *12* — auk, mille kaudu põlemisgaasid väljuvad ääsi sisse.

(joon. 41). Lehtri *7* ja toru *8* kaudu saabub kambrisse *9* masuut, kambri *2* ja aukude *5* ning *6* kaudu aga õhk. Kambrist *9* masuut jookseb välja peente jugadena kaldpinnal *11*. Kaasa haaratuna august *5* väljuva õhujoa poolt masuut pihustub ja põleb. See osa masuudist, mis ei jõua pihustuda, langeb allapoole, haaratakse kaasa august *6* väljuva õhujoa poolt, pihustub samuti ja põleb.

Põlemiskambris *2*, millel on tulekindlad seinad *4*, toimub sel viisil masuudi segunemine õhuga ja täielik põlemine. Temperatuur on põlemiskambris väga kõrge ja ulatub helevalge hõõgumistemperatuurini.

Põlemisgaasid lähevad läbi augu *12* ääsi sisemusse, mis on kujutatud joonisel 42. Põlemiskamber on näidatud ümmargusest ääsist paremal. Ääsi sisse paigutatud sepis kuumeneb põlemiskambrist väljuvate gaaside toimel.



Joon. 42. Masuudil töötav sepaääs:
1 — õhutoru; *2* — masuuditoru; *3* — lehter; *4* — toru; *5* — põlemiskamber; *6* — ääs (kuumutuskamber).

Kivisöel töötaval ääsil on olulisi puudusi, millest tähtsamad on järgmised:

1) kuumutatav metall puutub vahetult kokku kütusega, mis sisaldab alati väävlit. Kõrgetel temperatuuridel astub väävel ühendusse metalliga ja halvendab selle mehaanilisi omadusi. Seepärast vajavad ääsid erilist sepasütt, mille väävlisisaldus on minimaalne. Kuumutatav metall tuleb paigutada ääsile siis, kui söed on põlema hakanud ja väävel välja põlenud;

2) kuumutatav metall võib vahetult kokku puutuda sissepuhutava õhuga, mis põhjustab metalli märgatavat ärapõlemist;

3) metall kuumeneb ebaühtlaselt;

4) süsi ei põle ääsil täielikult ära, osa sellest heidetakse välja koos räbu ja tuhaga;

5) kõrge temperatuurini kuumenenud põlemissaadused lahkuvad koldest atmosfääri (kummi alla) ja viivad endaga kaasa suure hulga soojust.

Kaks viimast puudust põhjustavad seda, et kütuse kulu metalli kuumutamiseks on ääsidel ahjudega võrreldes väga suur ja moodustab 40—150% kuumutatava metalli kaalust. Metalli ärapõlemine ulatub kuni 8%-ni.

Ääsi eeliseks on tema lihtsus ja odavus.

Peale selle on ääsil võimalik kuumutada pika tooriku ükskõik millist kohta (näiteks painutamisel), mida alati pole võimalik ahjus teha.

§ 25. PÕHIREEGLID ÄÄSIDEL TÖÖTAMISEKS

Metalli kuumutamine ääsil käsisepistamiseks

Metalli ääsil kuumutades peab sepp jälgima kütuse leegi seisukorda. Metall kuumeneb kõige paremini heleda, veidi suitseva leegi puhul — niisuguse leegi puhul on välditud metalli ülepõletamise võimalus.

Kui leek on pimestavalt hele (seda esineb õhuliia puhul), siis tekib kuumutatava metalli pinnal paks tagikiht ja võib toimuda metalli ülepõletamine. Vastupidi, kui ääsilt tuleb kogu aja paksu musta suitsu, siis metall kuumeneb aeglaselt, kulub palju sütt ja kuumenemistemperatuur pole küllaldane. Puudulikult kuumutatud toorik on raskelt sepistatav ja selles võivad tekkida praod. Siit järgneb, et metalli kuumutamisel tuleb ääsil hoida hele, veidi suitsev leek. Peale selle peab sepp oskama paigutada ääsile tooriku selliselt, et see kuumeneks kiiresti ja igalt poolt ühtlaselt.

Kuumutatav toorik peab olema kaitstud jahutamise eest sissepuhutava õhu poolt, mispärast tooriku all peab olema vähemalt 100 mm paksune söekiht. Pealt kaetakse toorik samuti sütega kinni. Et saada leeki ühes kohas, tuleb sütt veega veidi niisutada ja labidaga veidi kinni lüüa. Selles kohas, kus vajatakse leeki, kobestatakse sütt roobiga. Et tooriku metall igalt poolt ühtlaselt kuumeneks, tuleb seda ääsil aeg-ajast pöörata.

Et ääsil pidada kogu vahetuse vältel ühtlaselt leeki, ei tule värsket sütt visata ainult põlemiskoldele, vaid ka ääsi servale ja sedamööda, kuidas kolle tühjaks põleb, tõmmata kolde keskele sütt labidaga juurde.

Metalli kuumutustemperatuuri määratakse käsisepistamisel tavaliselt hõõgvärvuste järgi. Alljärgnevalt on toodud terase hõõgvärvused sõltuvalt kuumutustemperatuurist.

Terase värvus	Temperatuur kraadides	Terase värvus	Temperatuur kraadides
Pruun varjund . . .	500	Tumeoranž	900
Punase hõõgumise algus	550	Oranžkollane	1000
Tumepunane	650	Õlgkollane	1100
Kirsspunane	700	Väga hele kollane . .	1200
Helekirsspunane . . .	800	Valge	1300
		Helevalge	1400

Enne töö alustamist: 1) puhastada ääsi kolle räbust, kütusejääkidest ja tellisetükkidest; 2) puhastada furm räbust ja läbi puhuda õhuga; 3) kontrollida õhutorude ja siibri korrasolekut; siiber peab tihedalt sulguma ja õhu täielikult kinni panema; 3) süüdata ääs puulaastudega või töötavalt ääsilt või ahjust võetud elavsütega, kusjuures õhusiibrit tuleb ainult vähe avada; pärast laastude süttimist lisada järk-järgult sütt ja anda rohkem õhku.

Töötamise ajal tuleb jälgida: 1) et leek ääsil oleks ühtlane; vältida liiga suurt õhuandmist, et söetükid välja ei paiskuks; 2) et furm oleks alati kaetud söekihiga ja et sissepuhutav õhk ei puutuks kokku kuumutatava metalliga; 3) et ülemised söekihid paakuksid kokku ja moodustaksid kooriku; tugevamaks kokkupaakumiseks niisutada ülemisi söekihte veega; 4) et räbu ei ummistaks furme, milleks tuleb neid aeg-ajalt alumise luugi kaudu puhastada, kusjuures õhk tuleb selleks ajaks sulgeda.

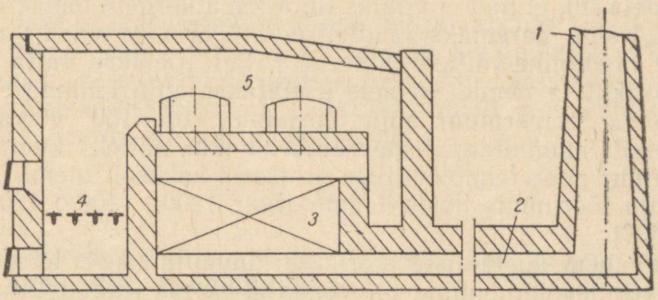
Pärast tööd: 1) sulgeda õhusiiber; 2) kui tööd ei anta üle järgmise vahetuse töölisele, tuleb põlemata süsi koldest välja tõmmata ja tuli kustutada; 3) koristada ära tööriistad, rakised ja sepised ning paigutada need selleks ettenähtud kohale; 4) korrastada töökoht.

§ 26. KUUMUTUSAHJUD

Vasaratega sepistamisel, kuid mõnikord ka käsisepistamisel kuumutatakse toorikuid leekahjudes. Leekahju nimetus tuleneb sellest, et metalli kuumutamine toimub kütuse põlemisest tekkiva leegiga.

Sepaahjud ehitatakse sellise arvestusega, et nende tööruumis oleks võimalik saada temperatuuri kuni 1350°.

Iga kuumutusahi koosneb järgmistest osadest: kolle, tööruum, suitsulõõrid, rekuperaator või regeneraator, korsten ja mitmesugused abiseadmed (joon. 43).



Joon. 43. Kuumutusahju elemendid:
1 — suitsukorsten; *2* — suitsulõõr; *3* — rekuperaator või regeneraator; *4* — kolle; *5* — tööruum.

Koldeks nimetatakse seda osa, kus toimub kütuse põlemine. Tööruumiks nimetatakse ahju seda osa, kus asub kuumutatav metall. Tööruumi alumist osa, millel asetseb kuumutatav metall, nimetatakse selle põrandaks, ahju ülemist osa aga — võlviks. Ava, mille kaudu laaditakse metalli ahju, nimetatakse täiteavaks. Seda ava aga, mille kaudu toimub metalli ahjust väljavõtmine, nimetatakse tühjendamisavaks.

Lõõrid on ahjust lahkuva suitsu korstnasse juhtimiseks. Rekuperaatorid ja regeneraatorid võimaldavad õhu eelkuumendamist ahjust lahkuvate gaasidega. Korstna ülesandeks on lahkuvate gaaside atmosfääri juhtimine.

§ 27. AHJUDE TOOTLIKKUS

Ahju tootlikkuseks nimetatakse ajaühikus antud sepistamistemperatuurini kuumutatava metalli hulka. Ahju tootlikkust väljendatakse tavaliselt kilogrammides tunni kohta ja see sõltub kuumutatavate toorikute suurusest, kuumutatava terase kvaliteedist (margist) ning ahju laaditavate toorikute temperatuurist (külmalt või kuumalt laadimine). Ahju tootlikkus on seda suurem, mida suurem on ahju mahutavus ja mida väiksem on toorikute kuumutamise kestus.

Ahju mahutavuse all mõistetakse korraga ahju laaditava metalli hulka. Ahju mahutavust pole võimalik suurendada selle arvel, et toorikuid laotakse ahju põrandale kahelt-kolmelt realt pealistikku, kuna see ei soodustaks tootlikkuse suurenemist, vaid vastupidi, vähendaks seda. Peale selle võib toorikute ülesladumine mitmelt realt põhjustada nende ebaühtlast kuumenemist ja suurendada metalli ärapõlemist.

Ahju tootlikkuse tõstmiseks on tarvis:

1. Paigutada toorikud ahju põrandale nii, et täielikult ära kasutada kogu põrandat ja kindlustada samal ajal nende kokkupuutumist tuliste gaasidega võimalikult igast küljest.

2. Toorikute ahju laadimist ja väljavõtmist toimetada ühtlaselt ja vahedeta nii, et nad ei viibiks liiga kaua kõrgete temperatuuride tsoonis. Kõige paremaks laadimise-väljavõtmise viisiks on tükiviisiline laadimine-väljavõtmine, s. t. kui võetakse välja üks või kaks toorikut ja nende asemele asetatakse ahju külmad toorikud.

3. Hoida temperatuur ahju tööruumis 100—150° võrra kõrgemal metalli kuumutamistemperatuurist [kui näiteks kuumutamistemperatuur peab tehnoloogilise protsessi kohaselt olema 1200° C, tuleb ahju tööruumis hoida temperatuur 1200 + (100 ÷ 150) = 1300 ÷ 1350° C].

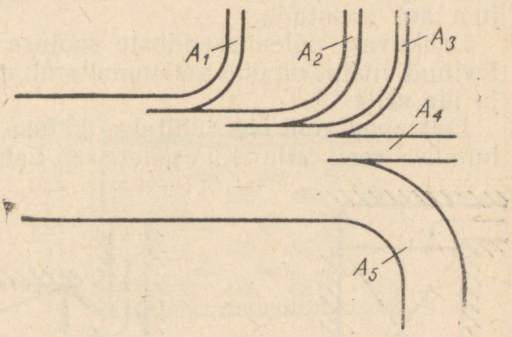
Enam-vähem ühetaoliste toorikute kuumutamiseks kasutatavate ahjude võrdlev hindamine on võimalik nende niinimetatud eritootlikkuse või põranda koormuse võrdlemise teel. Ahju eritootlikkuseks nimetatakse metalli hulka, mida kuumutatakse antud ajaühikus (tavaliselt ühe tunniga) nõutava tempera-

tuurini ahju põranda ühel ruutmeetril (kg/m² tund). Teiste sõnadega, ahju eritootlikkus määratakse ahju tunnitootlikkuse jagamise teel põranda pindalaga.

§ 28. AHJU KASUTEGUR

Ahjus soojuse ärakasutamise näitajaks on niinimetatud kasutegur, mis näitab, missugune osa kütuse põlemisel tekkivast soojusest kasutatakse ära metalli kuumutamiseks.

Kütuse põlemisel tekkiva soojuse ärakasutamist on võimalik kujutada joonisel 44 toodud diagrammi näol. Kui kütuse põlemisel tekkiva soojuse üldine hulk moodustab 100%, siis: a) metalli kuumutamiseks kasutatud soojus A_1 moodustab 10—15% soojuse üldisest hulgast; b) soojuskaod A_2 pilude ja akende kaudu on 10—15%, sõltuvalt ahju konstruktsioonist ja akende ning pilude suurusest ja arvust; c) soojuskaod põlemise ebatäiuslikkusest A_3 on 0,5—1%; d) soojuskaod A_4 ahju müüritise kaudu ulatuvad kuni 25%; e) soojuskaod A_5 ahjust lahkuvate tuliste gaasidega moodustavad kuni 45—50%. Seega kasutatakse ainult 10—15% soojust ära kasulikult, s. t. metalli kuumutamiseks, kuna ülejääv osa — 85—90% — kulub mitmesugustele kadudele.



Joon. 44. Soojuse ahjus ärakasutamise skeem:
A_1 — metalli kuumutamiseks kasutatud soojus; A_2 — soojuskaod akende ja müüritise ebatiheduste kaudu; A_3 — soojuskaod põlemise ebatäiuslikkusest; A_4 — soojuskaod müüritise kaudu; A_5 — soojuskaod ahjust lahkuvate suitsugaasidega.

Kasulikult ärakasutatava soojuse hulga ja ahju juhitava üldise soojuse hulga suhet nimetataksegi ahju kasuteguriks. Ahju kasutegurit väljendatakse protsentides. Kui tähistada ahju juhitava soojuse üldist hulka A kcal/h, kasulikult ärakasutatavat soojust aga a kcal/h, siis kasutegur võrdub:

$$\frac{a}{A} \cdot 100\%.$$

Mida suurem on ahju kasutegur, seda väiksem on kütuse kulu metalli kaaluühiku kuumutamiseks.

Ligikaudu ühesuguste toorikute kuumutamiseks kasutatavate ühetüübiliste ahjude töötamise ökonoomsuse võrdlemist võimaldab niinimetatud tingkütuse erikulu.

Kütuse erikuluks nimetatakse metalli kuumutamiseks ajaühikus kulutatava tingkütuse hulka protsentides kuumutatava metalli kaalust.

Näide. Ahju tootlikkus $A = 2000$ kg/h. Ahi kulutab kivisütt 250 kg/h. Kivisöe kütteväärtus on 5600 kcal/kg. Määrata tingkütuse erikulu.

Lahendus. Tingkütuse kütteväärtus on 7000 kcal/kg. Tingkütuse kulu:

$$B = \frac{250 \cdot 5600}{7000} = 200 \text{ kg/h}.$$

Tingkütuse erikulu protsentides kuumutatava metalli hulgast:

$$b = \frac{B \cdot 100}{2000} = \frac{200 \cdot 100}{2000} = 10\%.$$

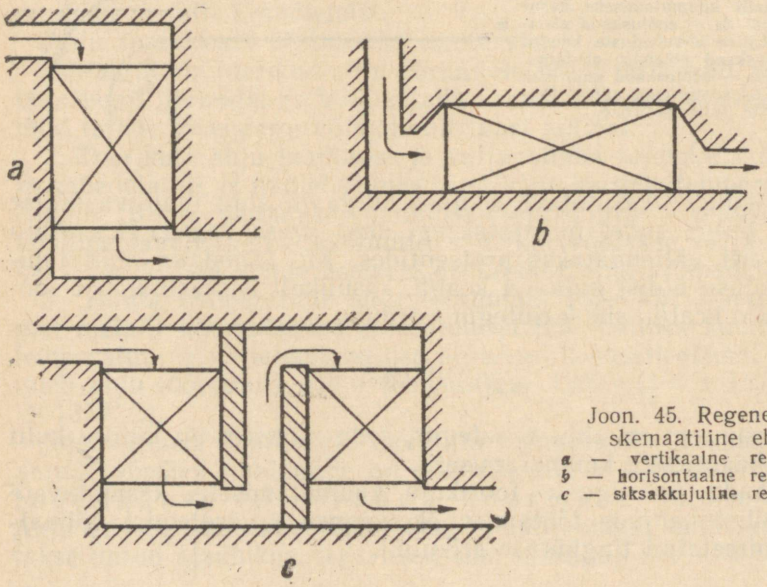
Sepaahjudes on tingkütuse erikulu tavaliselt 8—12% kuumutatava metalli hulgast.

§ 29. LAHKUVATE PÕLEMISSAADUSTE SOOJUSE ÄRAKASUTAMINE

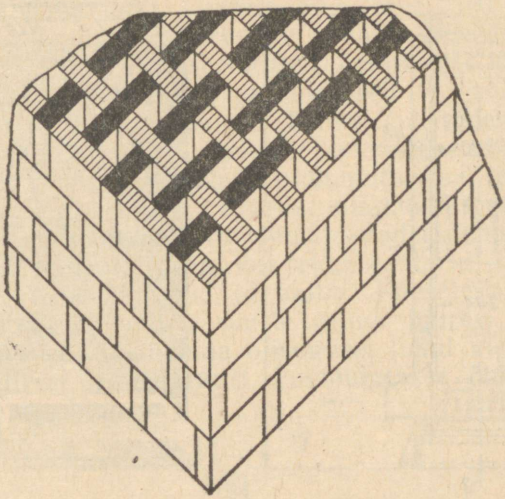
Kõikides tööstuslikes ahjudes, sealhulgas ka sepaahjudes, moodustavad soojuskaod ahjust lahkuvate põlemissaadustega (suitsuga) peaosa kõikidest kadudest. Seepärast tuleb püüda seda soojust ära kasutada.

Lahkuvate põlemissaaduste soojuse ärakasutamise kõige enam levinud viisiks on õhu eelkuumutamine temperatuurini 200—500° C ja üle selle.

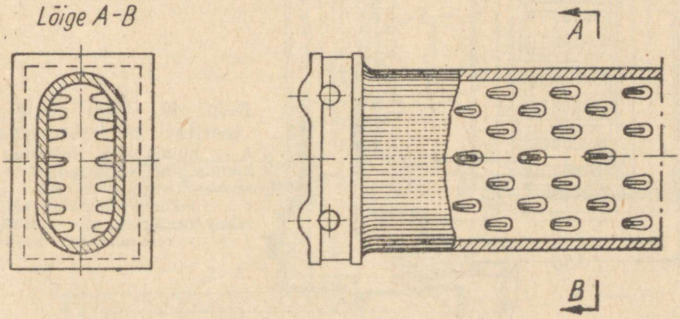
Eelkuumutatud õhk juhitakse kütuse põletamiseks ahju, s. t. puhutakse resti alla või põletisse. Lahkuvatelt põlemissaadustelt



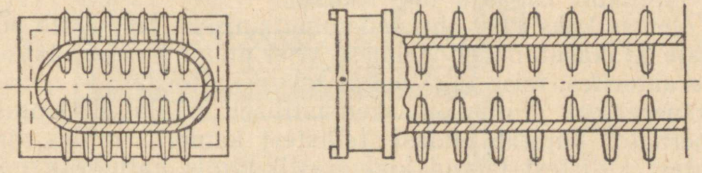
Joon. 45. Regeneraatori skemaatiline ehitus:
a — vertikaalne regeneraator;
b — horisontaalne regeneraator;
c — siksakkujuline regeneraator.



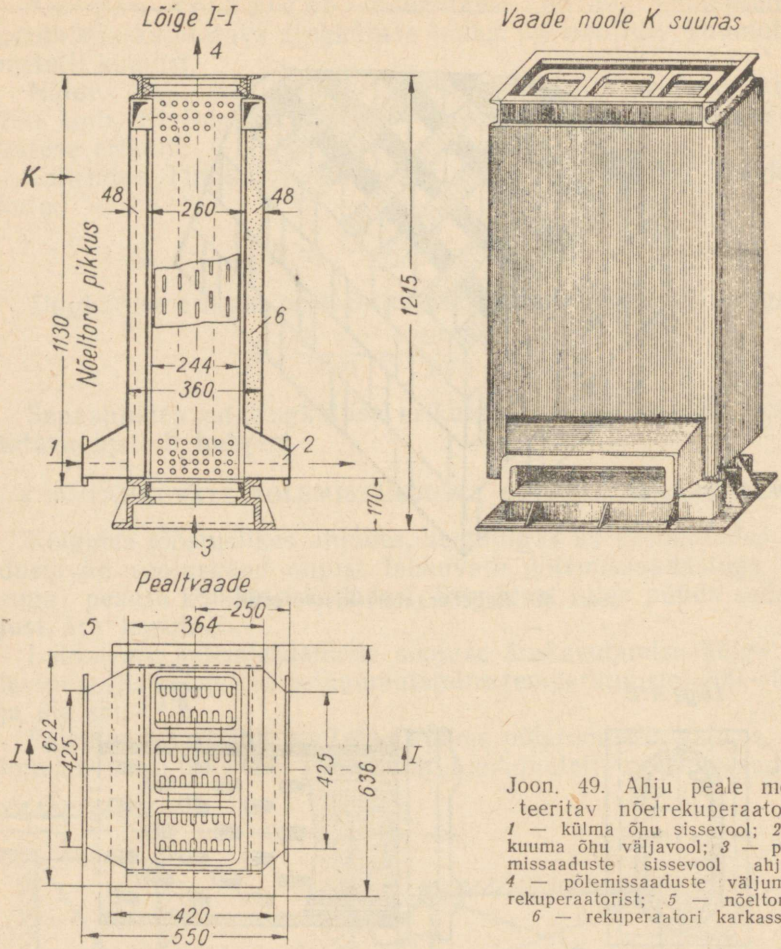
Joon. 46. Regeneraatori kivivõrestik.



Joon. 47. Nõelrekuperaatori sisemiste nõeltega toru.



Joon. 48. Nõelrekuperaatori kahepoolsete nõeltega toru.



Joon. 49. Ahju peale monteeritav nõelrekuperaator: *1* — külma õhu sissevool; *2* — kuuma õhu väljavool; *3* — põlemissaaduste sissevool ahjust; *4* — põlemissaaduste väljumine rekuperaatorist; *5* — nõeltorud; *6* — rekuperaatori karkass.

õhu eelkuumutamisega võetud soojus suunatakse ahju tagasi, tõstes sel teel ahju kasutegurit (väheneb kütuse kulu) ja temperatuuri, järelikult ka ahju tootlikkust.

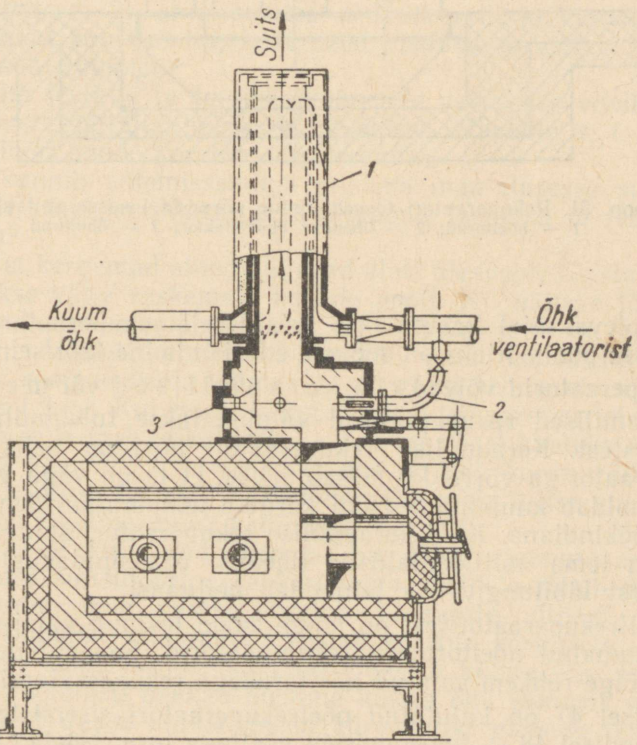
On olemas kaks viisi õhu eelkuumutamiseks lahkuvate põlemissaaduste ärakasutamisel. Esimese viisi puhul kuumutatakse õhku regeneraatorites, teise viisi puhul rekuperaatorites.

Regeneraatori ehitus on skemaatiliselt näidatud joonisel 45. Regeneraator kujutab endast tellistest kambrit, milles on tulekindlatest tellistest laotud kivivõrestik-täidis paljude kanalitega. Joonisel 46 on kujutatud pidevate kanalitena laotud regeneraatori kivivõrestik.

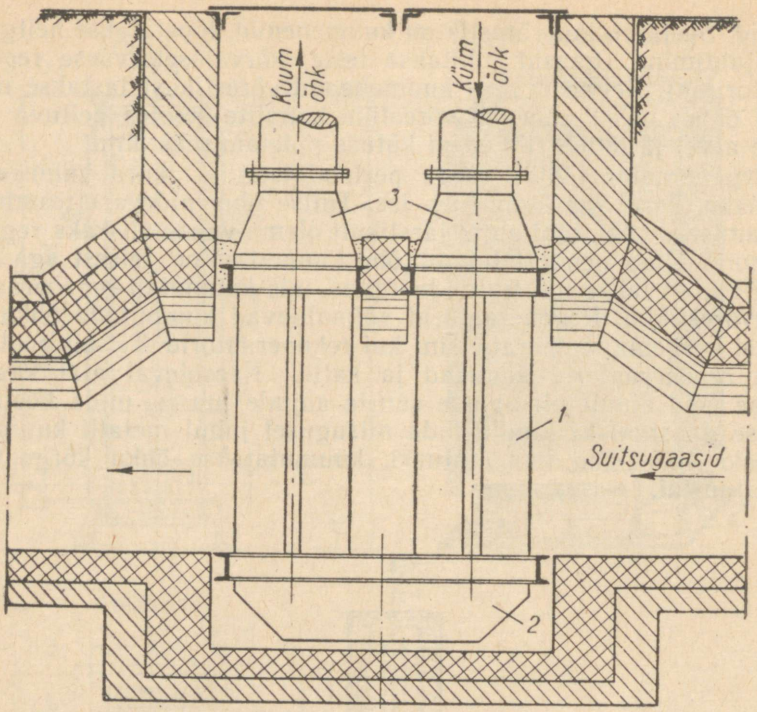
Regeneraator töötab järgmiselt. Algul juhitakse läbi võrestiku kanalite tuline heitgaas, mis kuumutab võrestiku tulekindlaid tel-

liseid. Seejärel, kui võrestik on kuumenenud, lõpetatakse heitgaasi läbijuhtimine (gaasid juhitakse teise, kõrvalasetsevasse regeneraatorisse). Regeneraatori kuumenenud võrestikust lastakse nüüd läbi õhku, mis kuumeneb võrestiku kanalite seintes peituva soojuse arvel ja läheb siis edasi kütuse põletamiseks ahju.

Regeneraator töötab seega perioodiliselt —: kord kuumendab ta õhku, kord aga kuumeneb ise. Tulise õhu pideva etteandmise tagamiseks peab igal ahjul järelikult olema vähemalt kaks regeneraatorit. Ühes nendest toimub õhu kuumutamine, teisest aga käib läbi ahjust lahkunud tuline heitgaas, mis kuumutab regeneraatori kivivõrestikku. Regeneraatorid võimaldavad kuumutada õhku või gaasi kõrgema temperatuurini kui rekuperaatorid. Teiselt poolt on aga regeneraatorid kogukad ja kallid. Käesoleval ajal kasutatakse neid ainult niisuguste suurte ahjude juures, mida köetakse vaese gaasiga. Et kindlustada niisugusel juhul metalli kuumutamiseks tarvilikku temperatuuri, kuumutatakse õhku kõrge temperatuurini.



Joon. 50 Väikese rekuperaatori ülesseadmine ahju peale:
1 — rekuperaator; *2* — õhutoru suitsugaaside lahjendamiseks õhuga; *3* — vaateaken.



Joon. 51. Rekuperaatori ülesseadmine põrandaalusesse suitsulõõri:
1 — nõeltorud; *2* — ühendav õhukollektor; *3* — õhutorud.

Käesoleval ajal kasutatakse laialdaselt rekuperaatoreid, mille töötamise põhimõtteks on soojuse edasiandmine läbi seina.

Rekuperaatorid võivad olla k e r a a m i l i s e d või m e t a l l i s t.

Keraamilised rekuperaatorid valmistatakse tulekindlatest profiil-tellistest. Keraamilise rekuperaatori põhiline eelis metallist rekuperaatoriga võrreldes seisab selles, et ta on väga vastupidav ja võimaldab kuumutada õhku kõrgete temperatuurideni, püsides kaua töökindlana. Kuid keraamilise rekuperaatori suureks puuduseks on tema mitteküllaldane tihedus (gaasipidavus). Telliste vuukidest läbitungiv õhk lahjendab heitgaasi.

Metallrekuperaatoritest on kõige enam levinud valatud või tervelt tõmmatud nõeltorudest rekuperaatorid. Sepaahjudes kasutatakse kõige rohkem valatud nõeltorudega rekuperaatoreid.

Joonisel 47 on kujutatud nõelrekuperaatori sisemiste nõeltega toru, joonisel 48 — kahepoolsete nõeltega toru. Nõelad suurendavad küttepinda, mistõttu soojuse ülekanne tulistelt gaasidelt kuumutatavale õhule on parem. Nõelrekuperaatorid koostatakse üksikutest torudest.

Sepaahju rekuperaator paigutatakse ahju peale, kui heitgaas lahkub ülevalt, või siis põrandaalusesse suitsulõõri, kui suits juhitakse korstnasse selle kaudu. Joonisel 49 on kujutatud tüüpiline väike nõelrekuperaator, mis on ette nähtud ahju peale ülesseadmiseks, joonisel 50 aga üldvaade joonisel 49 kujutatud rekuperaatori ülesseadmisest teisaldatavale gaasküttega sepaahjule. Joonisel 51 on näidatud nõelrekuperaatori paigutus põrandaalusesse suitsukäiku.

§ 30. PÕLEMISSAADUSTE VÄLJAJUHTIMINE AHJUST

Me teame juba, et kütuse põlemisel tekkinud hõõguvtulised gaasid suunatakse ahju tööruumi. Need gaasid annavad oma soojuse metallile, kuumutades selle vajaliku temperatuurini. Pärast seda, kui soojus on metallile üle antud, tuleb need gaasid ahjust eemaldada, kuna nende asemele saabub kolletest või põletitest uusi kõrge temperatuuriga gaase.

Suitsugaas eemaldatakse ahjudest: 1) maa-aluste suitsulõõride kaudu korstnasse; 2) ahju seintes asuvate eriliste kanalite ja tööavade kaudu kummi alla, kust need vastava torustiku kaudu lahkuvad tsehhi ruumist.

Kõige enam levinud ja tervishoiunõuetele vastavaks viisiks on põlemissaaduste väljajuhtimine sepaahjudest allapoole, s. t. maa-aluse suitsulõõri kaudu korstnasse suunamine.

Mis aga sunnib põlemissaadusi minema maa-alusesse suitsulõõri ja sealt edasi korstnasse, s. t. allapoole laskuma ja seejärel üles tõusma?

On teada, et kergemad ained püüavad alati ülespoole tõusta, s. t. need surutakse välja raskemate kehade poolt. Nii näiteks tõuseb vette asetatud puit veepinnale, sest ta on kergem veest. Samasugune nähtus toimub ka ahjus. Nagu kõik muud kehad, nii paisub ka gaas soojenemisel. Võtame 1 m^3 gaasi temperatuuril 0°. Selle kaal on 1,2 kg. Kui me selle kuumutame temperatuurini 820°, siis suureneb selle maht 4-kordseks, s. t. 1 m^3 gaasi kaaluks ei ole siis mitte 1,2 kg, vaid 1,2:4=0.3 kg, mis on neli korda väiksem külma gaasi kaalust. Korstna töötamine põhjenebki tulise gaasi ja ahju ümbritseva külma gaasi kaalude erinevusel.

Joonisel 43 oli kujutatud skemaatiline lõige kuumutusahjust koos maa-aluse suitsulõõriga ja korstnaga. Koldele rõhub ülaltpoolt õhusammas, mis vastab korstna kõrgusele, altpoolt aga tulise gaasi sammas, mis samuti vastab korstna kõrgusele. Seetõttu et kuuma gaasi samba kaal on väiksem külma õhu samasuguse samba kaalust, hakkab ülemine külma õhu sammas välja tõrjuma tuliseid gaase ahjust. Mida kõrgem on gaaside temperatuur korstna ülemises osas, seda suurem on külma õhu ja gaasi sammaste kaalu vahe, seda tugevam on tõmme. Peale selle, mida kõrgem on korsten, seda suurem on õhu ja gaasi sammaste rõhkude vahe ja seda suurem järelikult on tõmme.

Eeltoodust selgub, miks külm korsten halvasti tõmbab. Kokkupuutumisel korstna külmade seintega tulised ahjugaasid jahtuvad ja muutuvad raskemaks. Samuti selgub eeltoodust, miks korsten tõmbab suvel halvemini kui talvel. Suvel on ümbritseval õhul kõrgem temperatuur kui talvel; selle kaal ja järelikult ka samba rõhk on väiksemad. Gaaside temperatuur on aga nii suvel kui ka talvel peaaegu ühesugune. Järelikult peab tõmme suvel olema väiksem.

Uuesti ehitatud või pikemat aega tegevuseta seisnud ahjude üleskütmisel ei lähe gaasid korstnasse, vaid tungivad pilude ja avade kaudu tsehhi. Et gaasid hakkaksid korstnasse minema, tehakse tuli korstnajalga, millega soojendatakse korstnat ja selle sees olevat õhku ning tekitatakse sel teel tõmme. Alles siis hakkavad gaasid korstnasse minema.

Tuleb silmas pidada, et korstna tõmbe kasutamine toimuks õigesti. Iga ahju suitsulõõris asub üldreeglina siiber, millega reguleeritaksegi tõmmet. Tuleb püüda reguleerida tõmmet siibriga selliselt, et rõhk ahju põrandal võrduks ümbritseva õhu rõhuga, kuna siis ei imeta ahju külma õhku ja tulised gaasid ei tungi ahjust välja. Praktiliselt on aga seda raske saavutada. Selleks, et ahi õigesti töötaks, tuleb rõhk selles hoida veidi kõrgem atmosfäärilisest rõhust, s. t. ahju ümbritseva õhu rõhust. Sel juhul gaasid tungivad välja läbi pilude ja avade ainult väheldasel hulgal, ahju ei imeta külma õhku ega teki suuremaid soojuskadusid liigse külma õhu kuumutamiseks. Kõige tähtsam on aga see, et kuumutatavat metalli oksüdeerub (põleb ära) vähem.

§ 31. SEPAAHJUDE TÜÜBID

Sepatsehhides töödeldakse nii kaalult kui ka kujult kõige mitmekesisemaid tooteid, sellepärast võivad sepaahjud oma konstruktsioonilt olla väga erinevad.

1. Kuumutusviisilt jagunevad sepaahjud *kamber-* ja *metoodilisteks* ahjudeks. Kamberahjudes on temperatuur kogu tööruumi ulatuses ühtlane, metoodilistes ahjudes aga ebaühtlane — tööruumi alguses madalam, tööruumi lõpus aga kõrgem. Ahju ühest otsast sisselaaditud metall liigub järk-järgult edasi mööda põrandat madalama temperatuuriga tööruumi osast kõrgema temperatuuriga ossa vastu gaaside liikumisele ja võetakse kuumenenult välja ahju teisest otsast. Seega kuumeneb metall neis ahjudes järk-järgult, metoodiliselt, sellepärast niisuguseid ahjusid nimetataksegi *metoodilisteks*.

2. Metalli sisselaadimise ja väljavõtmise viisilt jagunevad ahjud *perioodilise* ja *pideva* töötamisega ahjudeks.

Perioodilise töötamisega ahju laaditakse metall laadimisava kaudu otse põrandale ja jäetakse sinna paigale kogu kuumutusperioodi kestuseks. Metalli väljavõtmine ahjust toimub sama ava

kaudu. Perioodilise töötamisega ahjudeks on näiteks kamberahjud.

Pideva töötamisega ahjudes liigub metall kuumutamise vältel mööda põrandat. Metoodilised ahjud kuuluvad pideva töötamisega ahjude hulka.

Pideva töötamisega ahjudes võib metalli liikumine toimuda mitmesugusel viisil. Kui metoodilises ahjus kuumutatakse kandilisi valuplokke või toorikuid, siis nihutatakse neid mööda põrandat tõukuri abil. Kui aga ahjus kuumutatakse ümmargusi toorikuid, siis veeretatakse neid mööda kaldpõrandat. Niisuguseid ahjusid nimetatakse r u l l i m i s - ehk v e e r e t a m i s a h j u d e k s.

Peale nimetatud pideva töötamisega ahjutüüpide on veel karussell-, taldrik-, konveier- jne. ahjud. Kõik need ahjud koondatakse eri gruppi nimetuse all m e h a a n i l i s e d a h j u d.

3. Kasutatava kütuse järgi jaotatakse sepatöödeks kasutatavad kuumutusahjud kivisöe-, gaasi-, masuudi- ja tolmküttega ahjudeks.

4. Soojusallikate järgi võib ahjusid jaotada l e e k - ja e l e k t r i a h j u d e k s. Leekahjudes annab soojust kütuse põlemine, elektriahjudes — elektrienergia.

5. Olenevalt põlemissaadustega lahkuva soojuse kasutamise viisist jagunevad sepatöödel kasutatavad kuumutusahjud r e k u p e r a t i i v ja r e g e n e r a t i i v a h j u d e k s.

§ 32. KAMBERAHJUD

Väikeste ja keskmiste toorikute kuumutamiseks kasutatakse sepatsehhides laialdaselt kamberahjusid. Kamberahjusid on väga mitmesuguse konstruktsiooniga, mis erinevad üksteisest suuresti laadimisavade ja kütteseadeldiste asetsemise ning põlemissaaduste ärajuhtimise viiside poolest.

Tehakse vahet s t a t s i o n a a r s e t e ja t e i s a l d a t a v a t e kamberahjude vahel. Statsionaarsetes ahjudes juhitakse põlemissaadused tavaliselt allapoole, s. t. maa-alusesse suitsulõõri ja sellest edasi korstnasse. Teisaldatavates ahjudes juhitakse heitgaasid üles kummi alla, kust need väljuvad torustiku kaudu läbi tsehhi katuse.

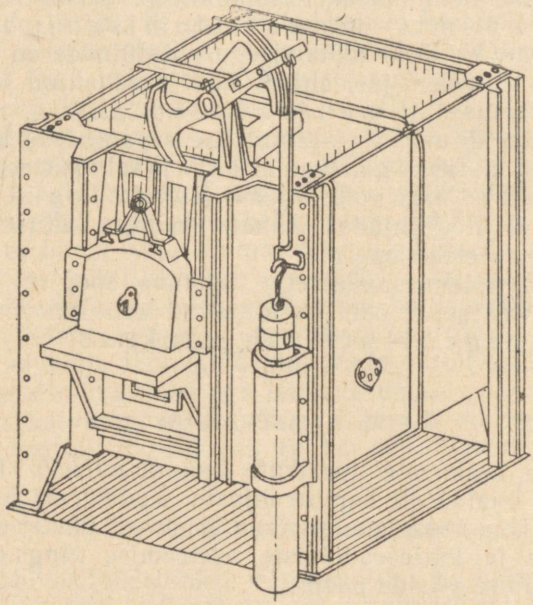
T e i s a l d a t a v a d ahjud valmistatakse tavaliselt väiksematena. Need on käepärased selle poolest, et neid võib remondi korral sildkraana abil kohalt ära tõsta ja asemele asetada uued tagavaraahjud. See vähendab seadmete seisuaega miinimumini. Peale selle on teisaldatavate ahjude valmistamine statsionaarsetest odavam, sest nende jaoks ei ole tarvis ehitada maa-aluseid suitsulõõre ega vundamente.

Joonisel 53 on kujutatud väike teisaldatav kamberahi, mis võib töötada nii gaas- kui ka vedelkütusel. Kütust põletatakse põleti või pihusti abil kambris *1*, põlemissaadused suunduvad tööruumi *2*, kus toimub järelpõlemine; tööruumist lahkuvad need kanalite *3*

kaudu kummi alla (joonisel kumm pole näidatud). Metalli laaditakse sisse ja võetakse välja laadimisava *4* kaudu.

Joonisel 52 on toodud joonisel 53 kujutatud ahju välisvaade.

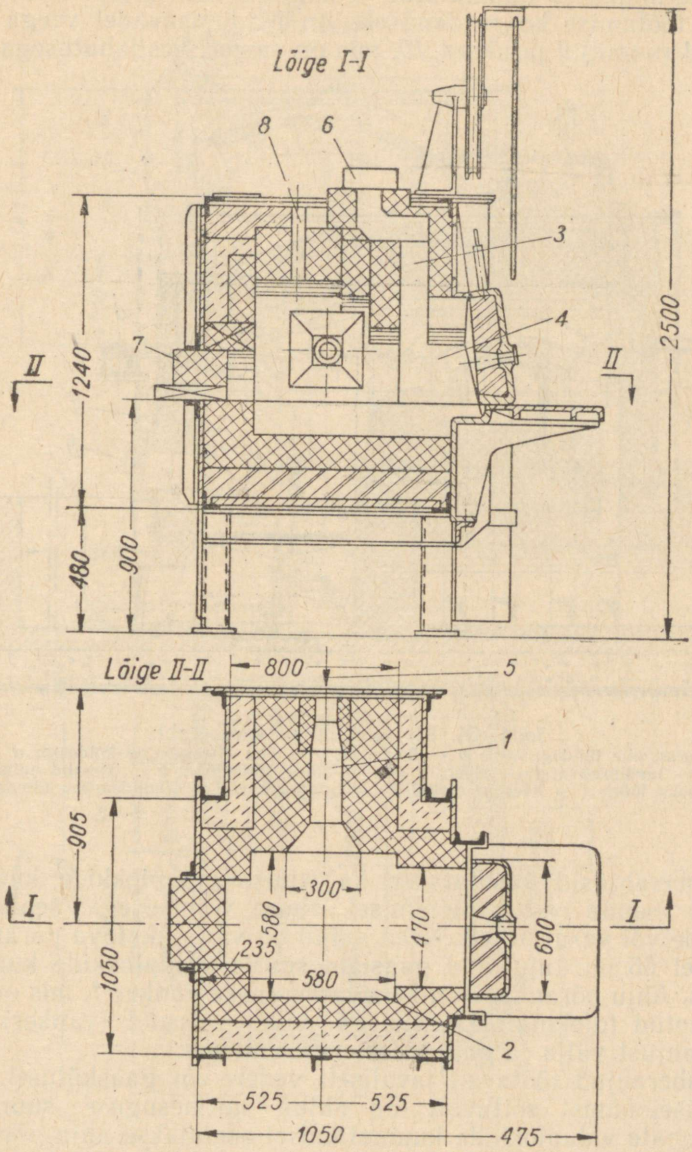
Joonisel 54 on kujutatud väike kivisöel töötav kamberahi. Poolgaaskolle on varustatud kiigutatava varbrestiga *a*. Kivisöe põlemiseks tarvilik õhk juhitakse tuharuumi torust *c*. Söe põlemisprotsess ei lõpe täielikult koldes *d*. Ülespoole tõustes ja väljumisavast tööruumi suundudes kohtuvad põlemisgaasid lisa- (sekun-



Joon. 52. Joonisel 53 kujutatud ahju välisvaade.

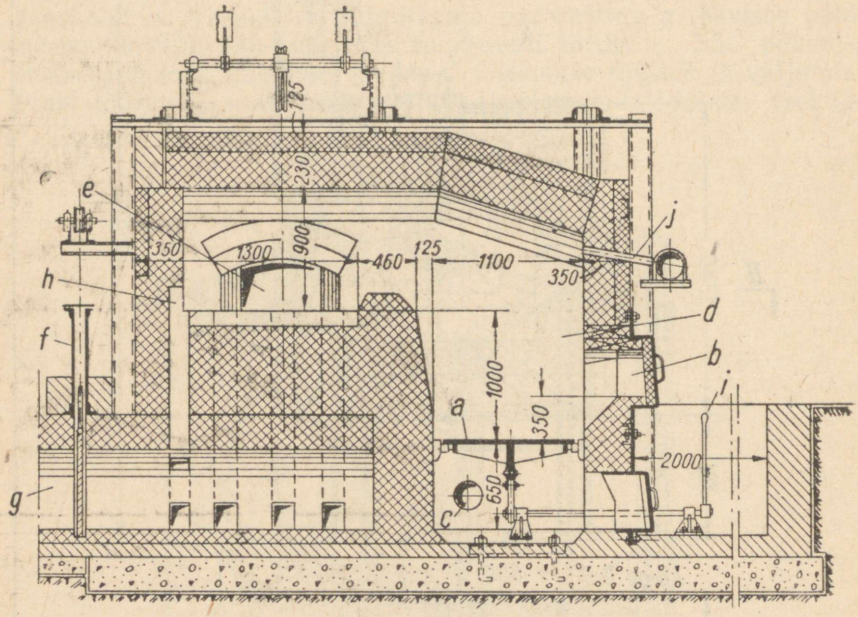
daar-) õhuga, mis tuleb jugadena suure kiirusega peentest kanalitest *j*. Kuna gaasi järelpõlemine toimub ahju tööruumis, s. t. kuumutatava metalli kohal, siis tõuseb ahju tööruumi temperatuur ja koos sellega ahju tootlikkus. Gaasid lahkuvad ahjust selle põrandas olevate kanalite kaudu maa-alusesse suitsulõõri ja sealt edasi korstnasse. Väiksematel ahjudel on üks laadimisava *e*, keskmistel aga kaks —, üks sisselaadimiseks, teine väljavõtmiseks.

Joonisel 55 on kujutatud kahe laadimisavaga kamberahi, mis töötab gaasikütusel. Gaasi põletatakse kahe põleti *1* abil koldes *2*. Põlemissaadused suunduvad tööruumi *3* ja sellest mööda kanaleid *4* ja *5*, mis asetsevad ühtlaselt ümber ahju põranda, maa-alusesse suitsulõõri *6* ning edasi korstnasse. Ahju lähedal on suitsulõõris siiber *7*, mille abil reguleeritakse tõmmet, s. t. gaaside



Joon. 53. Teisaldatav kamberahi:
1 — masuudi või gaasi põlemiskamber; *2* — tööruum; *3* — põlemissaaduste eemaldumiskanalid; *4* — laadimisava; *5* — põleti või pihusti; *6* — tellised tõmbe reguleerimiseks; *7* — kinnimüüritud ava (avatakse pikkade toorikute keskmise osa kuumutamisel); *8* — auk termopaari jaoks.

rõhku ahju tööruumis. Laadimisavade *8* kaudu toimub külma metalli laadimine ja kuumutatud metalli ahjust väljavõtmine. Ahju juures töötamise kergendamiseks on laadimisavadel veega jahutatavad raamid *9* ja uksed *10*, mis on samuti vesijahutusega.

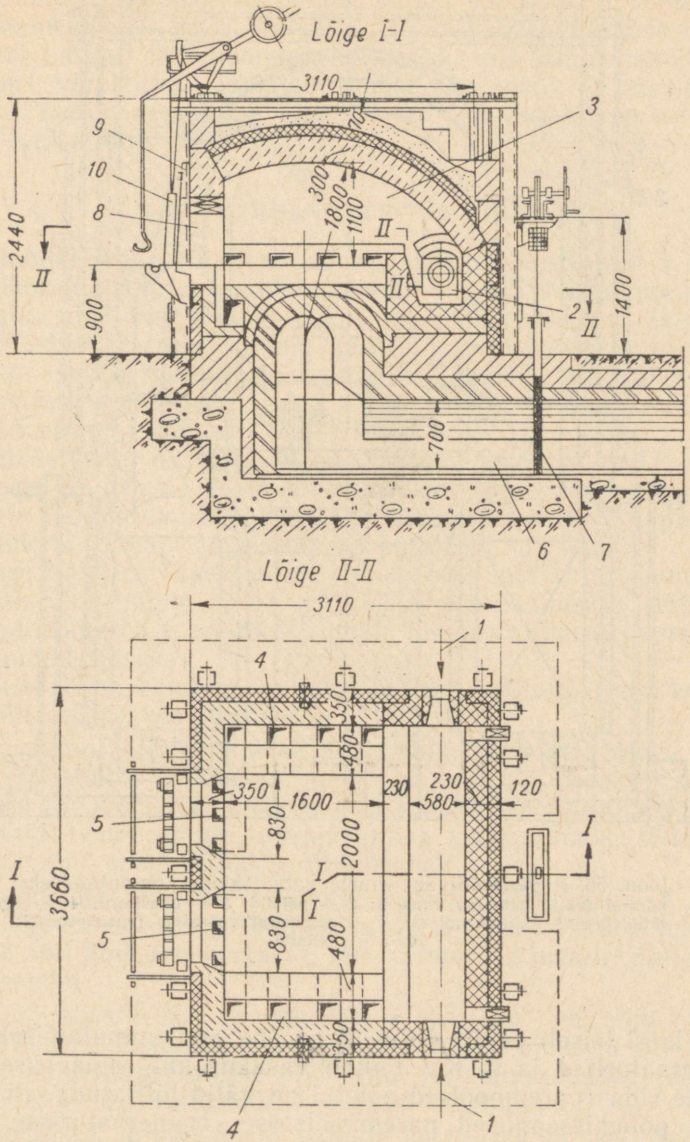


Joon. 54. Kivisöel töötav kamberahi:
a — kiigutatavate lülidega rest; *b* — koldeuks; *c* — õhu etteandmine koldesse; *d* — kolderuum; *e* — laadimisava; *f* — siiber; *g* — maa-alune suitsulõõr; *h* — kanalid suitsugaaside juhtimiseks lõõri; *i* — käepide restilülide kiigutamiseks; *j* — sekundaarõhu etteandmine.

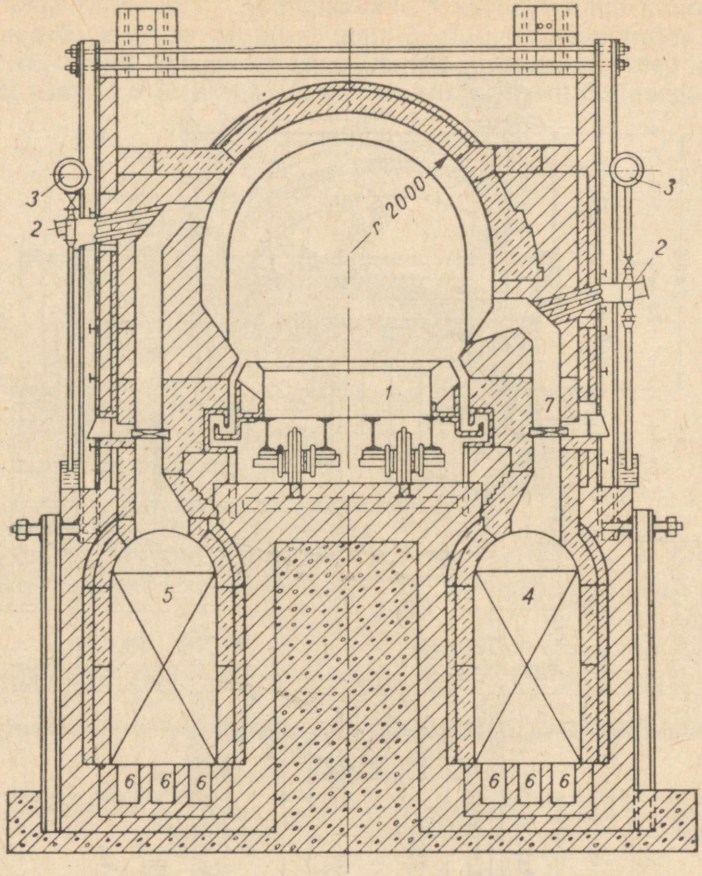
Kamberahjusid kasutatakse ka suurte valuplokkide kuumutamiseks nende raskesepistamisel suure võimsusega sepistamispresside või vasarate all. Need ahjud on väljalükatava põrandaga. Joonisel 56 on kujutatud gaasiahi suurte valuplokkide kuumutamiseks. Ahju põrandaks on keevitatud raske vanker *1*, mis on pealt täis laotud tulekindlate tellistega. Liikuv põrand (vanker) lükatakse ahjust välja ja ahju sisse mehaaniliselt.

Kamberahjud töötavad tavaliselt vedel- või gaaskütusel. Tootmise iseloomust sõltuvalt on ahjud mitmesuguse suurusega. Väiksemate valuplokkide kuumutamisel asetatakse ahju põrandale (vankrile) mitu valuplokki; suurte valuplokkide raskesepistamises laaditakse ahju üksainus valuplokk ja ahju temperatuuri tõstetakse järk-järgult, et kindlustada ploki ühtlast läbikuumenemist ja vältida pragude tekkimist.

Põletid *2* asetsevad ahju pikiseintes malekorras. Gaas juhitakse põletite juurde mööda toru *3*. Põletid töötavad vaheldumisi, kord



Joon. 55. Kahe laadimisavaga kamberahi:
1 — põletite ülesseadmise koht; *2* — kütuse põlemiskamber; *3* — ahju tööruum; *4, 5* — kanalid suitsugaaside juhtimiseks lõõri; *6* — maa-alune suitsulõõr; *7* — siiber; *8* — laadimisavad; *9* — veejahutusega raam; *10* — laadimisava veejahutusega uks.



Joon. 56. Regeneratiivahi suurte valuplokkide kuumutamiseks:
1 — põrand (väljatõmmatav vanker); *2* — põletid; *3* — gaasitoru; *4* — regeneratiivvõrestik (parempoolne); *5* — regeneratiivvõrestik (vasakpoolne); 6, 7 — kanalid.

ühelt, kord teiselt poolt. Ahju all on õhu ettekuumutamiseks kaks regeneraatorit *4* ja *5*. Kui töötab vasakus külgseinas asetsevate põletite rida (parempoolsed põletid on välja lülitatud), siis suunduvad põlemissaadused parempoolsesse regeneraatorisse *4*, kus nad annavad oma soojuse regeneraatori võrestikule ja eemalduvad mööda kanaleid *6* korstnasse. Vasakut regeneraatorit *5* läbib samal ajal külm õhk, mis kuumeneb regeneraatori tulises võrestikus ja suundub mööda kanalit *7* põleti juurde gaasi põletamiseks. Kui vasaku regeneraatori võrestik jahtub, s. t. annab ära oma soojuse õhule, lülitatakse põletid ümber: vasakpoolsed põletid lülitatakse välja, parempoolsed aga lülitatakse sisse. Siis vasakut

regeneraatorit *5* hakkavad läbima ahjust saabuvad põlemissaadused, kuumendades selle võrestikku, kuna parempoolsest regeneraatorist hakkab läbi voolama külm õhk, mis kuumenenult regeneraatori võrestikus suundub mööda kanaleid *7* gaasipõletite juurde. Põletite seesugune ümberlülitumine toimub perioodiliselt iga 30—40 minuti järel.

§ 33. MEHHANISEERITUD AHJUD

Mehhaniseeritud ahjudeks nimetatakse selliseid, kus toorikute edasiliikumine ahju põrandal toimub nii- või teistsuguste mehhanismide abil, mis asetsevad kas ahju tööruumis või väljaspool seda. Mehhaniseeritud ahjusid kasutatakse väikeste ja keskmiste toorikute suurearvulisel kuumutamisel ning nad võivad olla mitmesuguse konstruktsiooniga — metoodilised, karussell-, taldrik-, konveier- jne. ahjud.

Sepatööstuses on laialdaselt levinud metoodilised ja karussellahjud. Metoodilisi ahjusid kasutatakse niisuguste toorikute kuumutamiseks, mida on hõlpus mööda ahju põrandat edasi lükata (kuubi- ja risttahuka-kujulised toorikud).

Karussellahjusid kasutatakse niisuguste toorikute kuumutamiseks, mis oma kujult ei ole kohased edasitõukamiseks (lühikesed jupid, plaadikesed jne.) ning samuti lühikeste ümmarguste toorikute kuumutamiseks.

Joonisel 57 on kujutatud metoodiline ahi, mille tööruum koosneb metoodilisest ja keevitusosast.

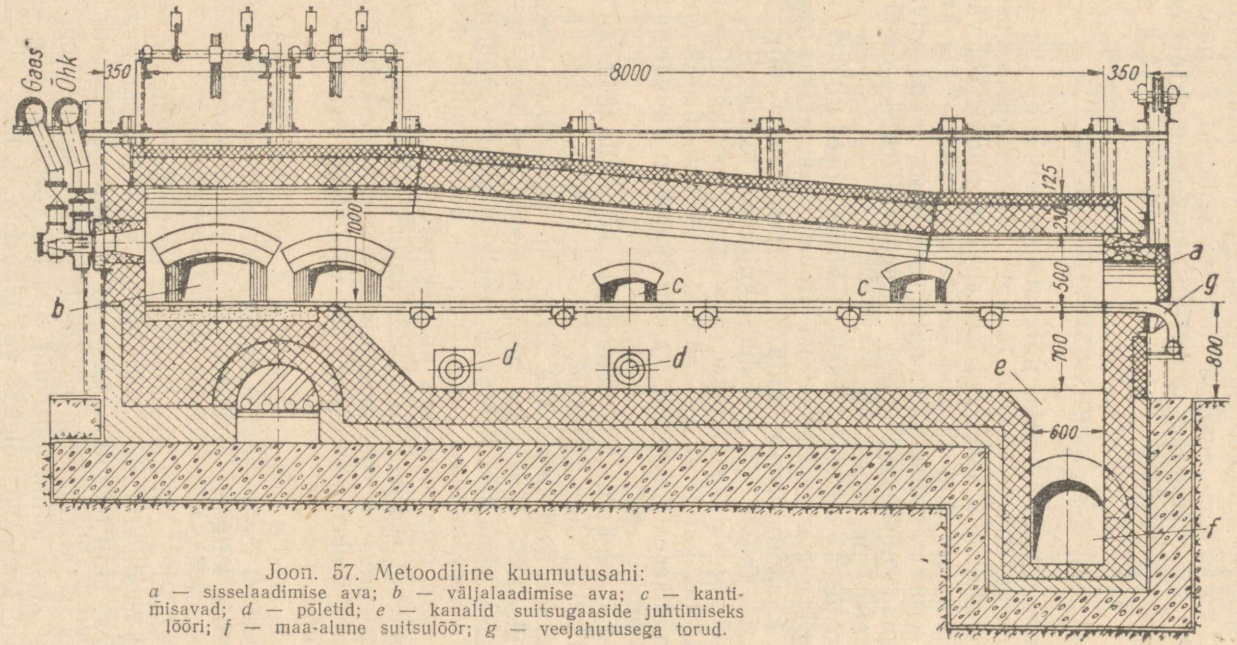
Külmad toorikud laaditakse sisse ahju otsaseinas oleva ava *a* kaudu, lükatakse tõukuriga ahju metoodilisse ossa ja seejärel keevitusossa. Oma teel kohtavad toorikud ahju tööruumis järjest kõrgemaid temperatuure. Järkjärgulise kuumutamise tõttu kuumenevad nad oma ristlõikes ühtlasemalt.

Kuumenenud toorikud võetakse ahjust välja avade *b* kaudu. Ahju külgseintes on veel kantimisavad *c*, millede kaudu toorikuid kangide abil ümber pööratakse, mis võimaldab metalli ühtlasemat kuumenemist.

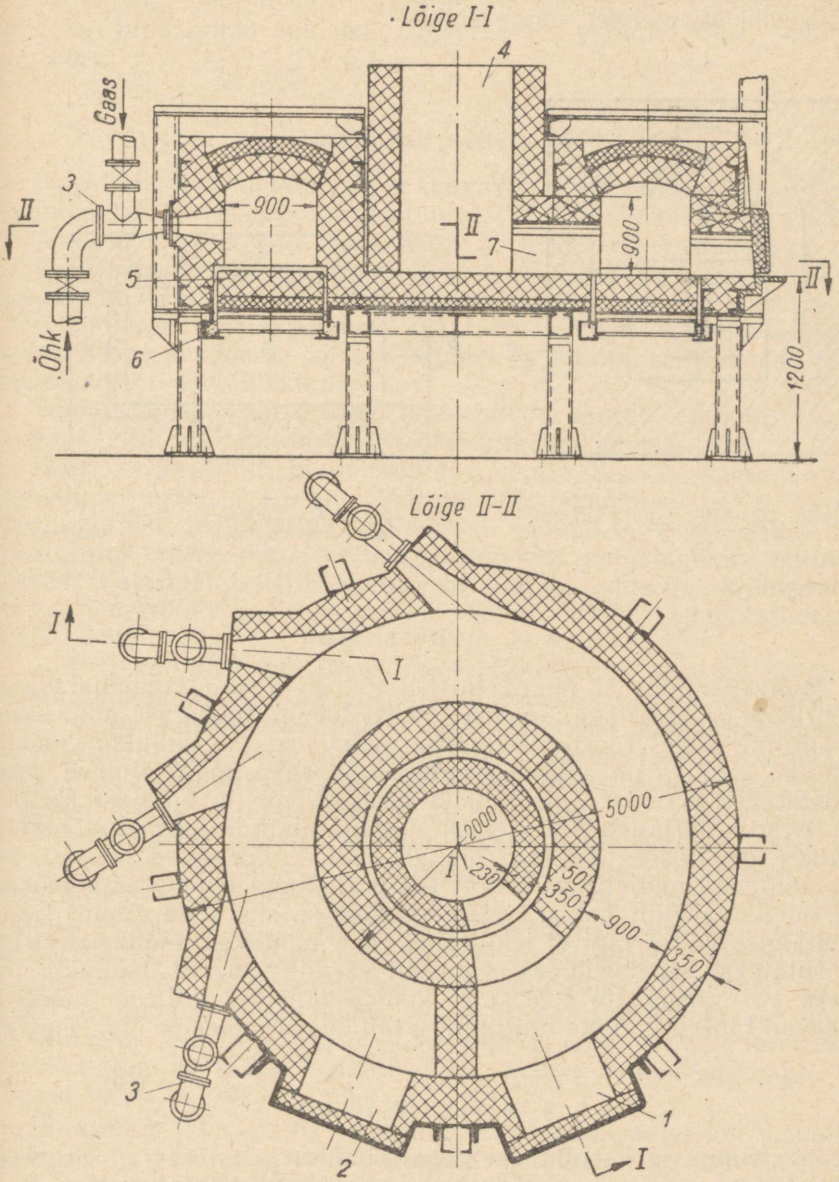
Masuudipihustid või gaasipõletid *d* seatakse üles ahju otsseintesse. Mõnedel metoodilistel ahjudel seatakse pihustid või põletid üles ka ahju külgseintesse piki ahju. Põlemissaadused juhitakse mööda kanaleid *e* suitsulõõri *f* ja edasi korstnasse.

Metoodilised ahjud võivad töötada ka tahkel kütusel. Sel juhul on ahju kõrvale ehitatud tahke kütuse kolle. Tulised gaasid lähevad koldest ahju tööruumi, kus nad kuumutavad metalli.

Joonisel 58 on kujutatud rõngaspõrandaga karussellahi. Avast *1* laaditakse sisse külmi toorikuid, avast *2* võetakse välja kuumenenuid. Ahju köetakse põletite või pihustite *3* abil, mis asetsevad tühjendamisava lähedal. Põlemissaadused liiguvad vastassuunas kuumutatavale metallile ja lahkuvad suitsukanalisse *4*. Ahju põ-

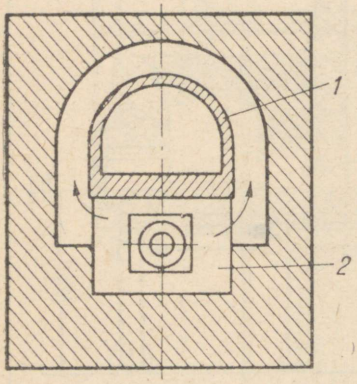


Joon. 57. Metoodiline kuumutusahi:
a — sisselaadimise ava; *b* — väljalaadimise ava; *c* — kantimisavad; *d* — põletid; *e* — kanalid suitsugaaside juhtimiseks lõõri; *f* — maa-alune suitsulõõr; *g* — veejahutusega torud.

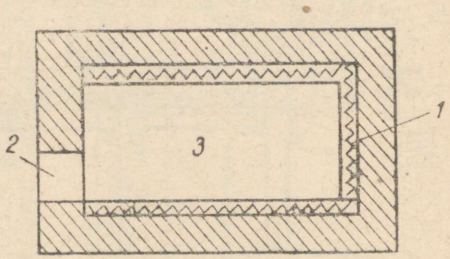


Joon. 58. Karusselltüüpi kuumutusahi:
— toodete ahju laadimise ava; *2* — väljalaadimise ava; *3* — põletid; *4* — suitsukanal; *5* — pöörlev põrand; *6* — liiv-sulgur; *7* — kanal suitsugaaside ahjust väljajuhtimiseks.

randa pöörlemise kiirus peab olema selline, et toorik suudaks kuumeneda põranda ühe pöörde vältel. Ahju põrand pannakse pöörlema eri mehhanismide abil.



Joon. 59. Muhvelahju skeem:
1 — muhvel; *2* — kolle.



Joon. 60. Elektri-kuumutusahi:
1 — kuumutuselemendid; *2* — laadimisava; *3* — ahju tööruum.

§ 34. MUHVELAHJUD

Muhvelahjudes ei puutu tulised gaasid kokku kuumutatavate toorikute ja sepistega. Joonisel 59 on toodud niisuguse ahju skemaatiline lõige. Toorik asetatakse muhvlisse, mis kujutab endast kinnist kasti ja on avatud ainult laadimisava poolt. Muhvel valmistatakse malmist, tulekindlast terasest või tulekindlast keraamilisest materjalist. See asetseb ahjus ja puutub igalt poolt kokku tuliste gaasidega. Tulised muhvli seinad kiirgavad soojust ja kuumutavad muhvlis asetsevat toorikut. Kuna kuumutatav toorik ei puutu vahetult kokku tuliste gaasidega, siis selle pinnal kuumutamise vältel tagi ei teki (pind jääb puhtaks). Muhvelahjusid kasutatakse sepatsehhides peamiselt värvilise metalli kuumutamiseks või niisuguste toorikute kuumutamiseks, millede mõõted peavad täpselt säilima ning pind peab olema puhas ja ilma tagita.

§ 35. ELEKTRIAHJUD

Elektriahjusid kasutatakse sepatsehhides peamiselt värvilistest metallidest toorikute sepistamiseelseks kuumutamiseks.

Elektriahi kujutab endast tulekindlat keraamilist kasti (joon. 60), mille seintes ja laes asetsevad takistuselemendid, mis elektrivoolu läbimisel eraldavad soojust. Hõõguvtulistelt soojenduselementidelt kandub soojus üle kuumutatavale metallile.

Sepaahjude ehitamiseks kasutatakse peamiselt järgmisi materjale: tulekindlad tellised, isoleerained, punane tellis, betoon ja mört.

Tulekindlad materjalid

Tulekindlateks nimetatakse niisuguseid ehitusmaterjale, millest valmistatakse kõrgetel temperatuuridel töötavaid soojusagregaate. Tulekindlad materjalid taluvad nii kõrgeid temperatuure kui ka ahjus kõrgetel temperatuuridel toimuvate füüsikaliste ja füüsika-lis-keemiliste protsesside mõju (näiteks räbude söövitavat toimet). Tulekindlatest materjalidest kasutatakse sepa-kuumutusahjude ehitamiseks peamiselt šamott-, dinas- ja talktelliseid, mördi valmistamiseks aga tulekindlat savi.

Šamott-tellis. Tähtsamaks materjaliks ahjude ehitamisel on šamott-tellis, mis valmistatakse tulekindlast savist.

Hästi valmistatud ja põletatud šamott-tellis on suurepärane tulekindel materjal. Tema tähtsam eelis seisab selles, et ta ei karda järske temperatuuri kõikumisi. Šamott-tellistest valmistatud ahjud taluvad ilma müüritise tugevust kahjustamata mitmekordseid seismajätmisi koos täieliku allajahutamisega ja järgneva kiire üleskuumutamisega mõne tunni vältel temperatuurini 1150—1300° C.

Šamott kuulub neutraalsete materjalide hulka ja allub nõrgalt rauaräbude toimele. Šamott-tellise puuduseks on see, et võrdlemisi kõrge tulekindluse puhul (kuni 1750° C) ta hakkab ometi 1250—1400° C temperatuuri juures juba deformeeruma (voolama). Seepärast kasutatakse šamott-telliseid tavaliselt niisuguste ahjude valmistamiseks, milledes temperatuur ei tõuse üle 1300—1350° C.

Tulekindluselt jaguneb tavaline šamott-tellis kolme klassi: А, Б ja В. А ja Б klassi šamott-tellis jaguneb, sõltuvalt välimusest ja kuju õigsusest, kolme sorti (1., 2. ja 3.). В klassi šamott-tellis jaguneb kahte sorti (1. ja 2.). А klassi šamott-tellisest lubatakse laduda kuni 1300° C kuumenevaid ahjuosi; Б klassi šamott-tellisest võib valmistada osi, millede temperatuur võib tõusta äärmiselt kuni 1250° C, kuna В klassi tellisel on maksimaalselt lubatavaks temperatuuriks 1200° C. Sepaahjude kollete ja võlvide ladumiseks kasutatakse А klassi šamott-tellist, seinte ladumiseks aga Б klassi tellist.

Dinastellis. Dinastellis on suurema tulekindlusega kui šamott-tellis. Dinaskive valmistatakse peamiselt ainult jahvatatud kvartsist, mispärast dinastelliseid nimetatakse sageli kvartstellisteks.

Dinastellis on kõrge tulekindlusega (1650—1750°). Dinastellise peamiseks puuduseks on nõrk vastupidavus järskudele temperatuuri kõikumistele: kiirel kuumutamisel või, vastupidi, kiirel jahutamisel ta praguneb. Seepärast kui ahi või üksikud selle osad

on laotud dinastellistest, on tarvis neid üles kütta või jahutada aeglaselt, eriti 200 kuni 600° C piirides.

Dinastellist ei ole soovitav kasutada sepaahjude, eriti perioodilise töötamisega ahjude ladumiseks. Erandjuhtudel võib seda tellist kasutada sepaahjude valmistamiseks seal, kus šamottellis ei talu ahju maksimaalset temperatuuri, näiteks kolletes.

Talktellis. Talktelliseid valmistatakse talk-kiltkivist, mis kujutab endast pehmet, rasvasena tunduvat ja kihilise ehitusega mineraali. Talktellised saetakse välja looduslikust talkkivist ja siis põletatakse. Loodusliku talgi sulamistemperatuur on 1500° C ümber.

Talk talub väga hästi tagi ja kuumutusahjudes kõrge temperatuuri juures tekkivate rauaräbude mõju. Talktellise pehmenemine algab temperatuuril 1350—1400° C.

Talktellise termiline püsivus pole kuigi kõrge, mispärast seda kasutatakse niisuguste ahjude valmistamiseks, milledes ei saa ette tulla järske temperatuuri kõikumisi. Sepaahjudes valmistatakse talktellistest põrandaid.

Magnesiittellis. Magnesiittelliseid valmistatakse looduslikust mineraalist — magnesiidist.

Magnesiittellis on kõrge tulekindlusega; magnesiidi sulamistemperatuur on umbes 2000° C. Ometi algab magnesiittellise deformeerumine koormuse all juba 1500° C temperatuuri juures. Deformeerumisel laguneb magnesiittellis üksikuteks tükkideks, mistõttu sellest pole võimalik ehitada niisuguseid sepaahju osi, nagu võlvid ja kaared.

Magnesiittellis on kallis. Sepaahjude valmistamiseks kasutatakse seda harva (põranda katteks). Magnesiittellise põhiliseks puuduseks on tema termiline ebastabiilsus — ta ei talu järske temperatuuri kõikumisi, vaid praguneb nende mõjul.

Kroommagnesiittellis. Kroomtelliseid valmistatakse põletatud kromiidist (kroomrauakivist).

Kroomtellis ei talu kuigi kõrgeid temperatuure. Ta hakkab deformeeruma umbes 1300—1450° C temperatuuril. Tema tulekindluse tõstmiseks lisatakse kromiidile magnesiiti. Niisugusest segust valmistatavaid telliseid ei nimetata enam kroom- vaid kroommagnesiittellisteks. Kroomtellistest laotakse sepaahjudes mõnikord põrandad ja kollete seinad.

Isoleermaterjalid

Et vähendada soojuskadusid ahju seinte kaudu, laotakse müüritise väliskihid niinimetatud **isoleermaterjalidest**. Isoleermaterjalid on halvad soojusejuhid. Isoleermaterjalide halva soojusejuhtivuse peamiseks põhjuseks on nende poorsus. Sepaahjude valmistamiseks kasutatakse järgmisi isoleertelliseid: tulekindlad kergtellised, diatomiittellised ja tavalised punased tellised. Üheks

kergete tulekindlate materjalide saamise viisiks on lisandite väljapõletamine. Selle viisi järgi valmistatakse tulekindlaid kergtelliseid segust, mille koostis on umbes järgmine: 35% tulekindlat savi, 20% tulekindlast savist valmistatud šamotti ja 45% väljapõlevaid lisandeid. Väljapõlevate lisanditena kasutatakse saepuru, peenestatud puusütt ja muid aineid.

Kergšamott-tellis juhib soojust neli-viis korda vähem kui tavaline šamott-tellis, tulekindlus aga on mõlemal umbes ühesugune.

Kergšamott-tellisel on halva soojusejuhtivuse ja kõrge tulekindluse kõrval ometi olulisi puudusi. Nendest on tähtsamad: gaaside suur läbilaskmine, halb räbupüsivus ja nõrk soojuspüsivus. Kergšamott-tellis praguneb järsul temperatuuri kõikumisel ja kulub kergesti mehaanilistel mõjutustel. Kõik need kergšamott-tellise omadused võimaldavad seda kasutada sepaahjude valmistamisel seinte väliskihtideks, s. t. nii isolatsiooniks kui ka ahjude siseseinte vooderdamiseks, eriti mitteperioodilise töötamisega ahjudes.

Diatomiittellis koosneb peaaegu samast materjalist mis dinastellis. 95—98% sellest on kvartsliiva, mis aga esineb siin õige peenel kujul. Diatomiittellis on väga poorne ja seetõttu halva soojusejuhtivusega, teiselt poolt aga küllalt tulekindel ja tugev. Diatomiittellise lubatav kuumutustemperatuur on 800—850° C.

Diatomiittelliseid kasutatakse sepaahjude seinte väliskihtide ladumiseks.

Punast tellist kasutatakse sepaahjude ehitamisel välisvoodri materjalina, et alandada müüritise maksumust ja tõsta selle kui ehituskonstruktsiooni tugevust. Soojusejuhtivus on punasel tellisel suurem kui kergšamott- ja diatomiittellisel, kuid väiksem kui ülejäänud tulekindlatel materjalidel. Punasele tellisele maksimaalselt lubatav temperatuur on 600—700°C.

§ 37. SEPAAHJUDE LADUMINE

Teades nüüd tulekindlate materjalide tähtsamaid omadusi, võtame kokku, millistest materjalidest tuleb laduda sepaahjude üksikosi.

Kolle. Kolde temperatuur ulatub tavaliselt kuni 1350—1400°C. Sellest lähtudes tuleb kolle laduda kõrgema klassi šamott-tellistest. Kolde lagi laotakse mõnikord ka dinastellistest. Kui koldes on vahesein, mis on mõlemalt poolt kõrge temperatuuri ja räbude toime mõju all, on soovitav laduda see sein kroommagnesiittellistest.

Ahju töökamber. Ahju töökambri siseseinte temperatuur ulatub kuni 1250—1300° C, lae temperatuur aga kuni 1350—1400°C.

Ahju sagedased seismajätmised ning metalli sisse- ja väljalaadimine põhjustavad suuri temperatuuri kõikumisi. Sellest lähtudes laotakse töökambri seinad ja võlv kõrgema klassi šamott-tellistest.

Sepaahjude võlvid laotakse ka dinastellistest juhul, kui ahju töötamisel ei toimu järske temperatuuri kõikumisi.

Põrand. Ahju põrand töötab erilistes tingimustes; peale suurte temperatuuri kõikumiste metalli sisse- ja väljalaadimisel koguneb põrandale metalli kuumutamisel tekkivat tagi. Temperatuuril ligikaudu 1300—1400°C hakkab tagi sulama ja moodustab tulekindla müüritisega ühinedes vedela räbu, mis söövitab ahju põranda tulekindlat laotist (eriti kui see on šamott-tellistest). Temperatuuril alla 1300—1400°C tagi sulama ei hakka ja seepärast ka ei söövita ahju põranda tulekindlat müüritist.

Ahjudes, kus räbu eemaldamine toimub kuivalt, on otstarbekohane laduda ahju põrand talktellistest, kuid mõnikord laotakse see ka kõrgema klassi šamott-tellistest. Kui aga räbu eemaldamine toimub vedelal kujul, eriti metoodilise ahju keevitusosas, laotakse ahju põrand kroommagnesiit- või magnesiittellistest või siis tehakse sellele kroomtäidis.

Suitsulõõrid. Suitsulõõride siseseinad vooderdatakse madalama klassi šamott-tellistega, välised, kandvad seinad tehakse aga tavalistest punastest tellistest.

Et vähendada soojuskadusid seinte kaudu ja sel teel vähendada kütuse kulu ning tõsta ahju temperatuuri, tuleb ahjude müüritise väliskihid valmistada isoleertellistest. Isoleertellisena kasutatakse sepaahjudes kergšamott- või diatomiittellist. Kasutatakse ka täidist pulbrikujulistest isoleermaterjalidest (näiteks räbuvatist), kuid sel juhul peab ahi olema ümbritsetud metallkestaga.

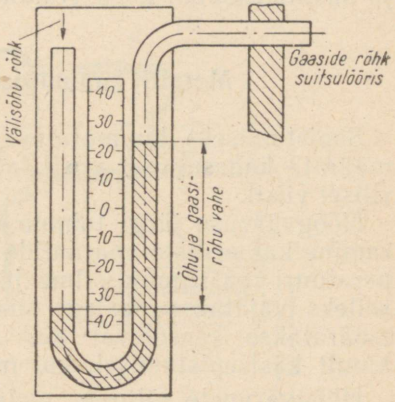
Ahju kõikide osade müüritise paksus peab olema kordne tellise mõõdetega. Normaaltelliste mõõted on 230×113×65 ja 250×123×65 mm. Sagedamini kasutatakse telliseid 230×113×65 mm. Kui müüritise paksus on 230 mm, siis nimetatakse seda ühe-tellise (ehk ühe-kivi) seinaks; 230+113 — poolteise-tellise seinaks; 230+230 — kahe-tellise seinaks jne. Väiksemate sepaahjude seinad laotakse tavaliselt paksusega üks või poolteist tulekindlat tellist pluss pool tellist isolatsiooni. Suuremate sepaahjude seina paksus on poolteist või kaks tulekindlat tellist pluss üks tellis isolatsiooni. Ahjude võlvid laotakse ühe-kivi paksusest ühest tulekindlast tellisest pluss pool tellist isolatsiooni või kaetakse pealt pulbrikujulise isoleermaterjaliga.

§ 38. KONTROLL-MÕÕTERIISTAD

Sepaahjude töötamist on tarvis pidevalt kontrollida. Ahjude töötamise kontrollimiseks ja järgnevaks õigeks organiseerimiseks varustatakse ahjud kontroll-mõõteriistadega. Käesoleval ajal juurutatakse laialdaselt ahjude automaatset töötamist, kusjuures vastavate riistade abil hoitakse ahjus teatav kindel temperatuur, nõutav gaasi ja õhu rõhk, gaaside rõhk ahjus jne.

Tõmbe mõõtmine

Me teame juba, et korstna toimel on rõhk korstna jalas väiksem atmosfäärilisest rõhust; seda nimetatakse hõrenduseks ehk negatiivseks rõhuks ja see iseloomustab tõmbe tugevust. Tõmmet (hõrendust) mõõdetakse tõmbemõõtjaga. Nagu näha jooniselt 61, kujutab tõmbemõõtja endast U kujulist klaastoru, mis on teatava tasapinnani veega täidetud. Toru üks ots ühendatakse suitsulõõri selle kohaga, milles soovitakse mõõta hõrendust. Vaatleme nüüd, mis seejuures toimub. Algul, kui toru veel ei ole ühendatud suitsulõõriga, rõhub ümbritsev õhk võrdse jõuga toru mõlemale otsale, mispärast veepind mõlemas harus on ühel ja samal kõrgusel. Kui aga üks ots on ühendatud suitsulõõriga, milles rõhk on väiksem atmosfäärilisest rõhust, väheneb rõhk toru sellele otsale ning välisõhu rõhk surub torus oleva vee väiksema rõhu suunas. Selle tagajärjel veepind toru ühes otsas alaneb, teises aga tõuseb ja tekib veepindade kõrguste vahe. See kõrguste vahe näitab, kui palju on rõhk suitsulõõris väiksem atmosfäärilisest rõhust, s. t. näitab tõmbe suurust. Peale kirjeldatud tõmbemõõtja on olemas ka teistsuguse ehitusega tõmbemõõtjaid, nagu näiteks membraantõmbemõõtja.



Joon. 61. Tõmbemõõtja ülesseadmise skeem.

Põlemissaaduste koostise määramine

Selleks et hinnata, kuivõrd hästi toimub kütuse põlemine, on tarvis teada põlemissaaduste koostist. Kui kütuse põlemine toimub täielikult, siis põlemissaadused (gaasid) ei tohi sisaldada lõpuni põlemata aineid, s. t. süsinikoksüüdi, vesinikku jne. Peale selle ei tohi nendes leiduda ka hapnikku, kuna viimase olemasolu näitab, et kütuse põletamine toimub suure õhuliiaga.

Gaasi koostise kontrollimiseks kasutatakse gaasianalüsaatoreid. Gaasianalüsaatoreid võib jaotada kahte gruppi: 1) käsianalüsaatorid, millede abil gaasi analüüsimine toimub vahetult vastava inimese poolt; 2) automaatanalüsaatorid, mis võtavad gaaside proove, analüüsivad neid ja kirjutavad automaatselt üles analüüsi tulemused.

Käsi-gaasianalüsaatoreid kasutatakse ainult lühiajaliste vaatluste korral.

Automaatsed gaasianalüsaatorid seatakse üles ahjudele heitgaaside koostise pidevaks kontrollimiseks ja nad võimaldavad täpselt teada, kuidas põleb kütus. Kolde töötamisel märgatud ebanormaalsusi on võimalik õigeaegselt kõrvaldada.

Sepaahjude juures on tarvis kasutada niisugust gaasianalüsaatorit, mis näitab, kui palju leidub heitgaasides süsihapet (CO_2) ja süsinikoksüüdi koos vesinikuga ($CO+H_2$).

Metalli kuumutustemperatuuri mõõtmine

Sepistamiseks kuumutatava metalli temperatuuri on võimalik määrata kahesugusel viisil: a) hõõgvärvuse järgi, b) termoelektrilisel viisil.

Hõõgvärvuse järgi toimub metalli kuumutustemperatuuri määramine kas eriliste aparaatide abil või silma järgi. Kuumutustemperatuuri määramine silma järgi ei saa arusaadavalt olla täpne; selleks vajatakse pealegi suuri praktilisi kogemusi. Seepärast määratakse käesoleval ajal kuumutustemperatuuri silma järgi ainult käsisepistamisel, kui metalle kuumutatakse ääsidel.

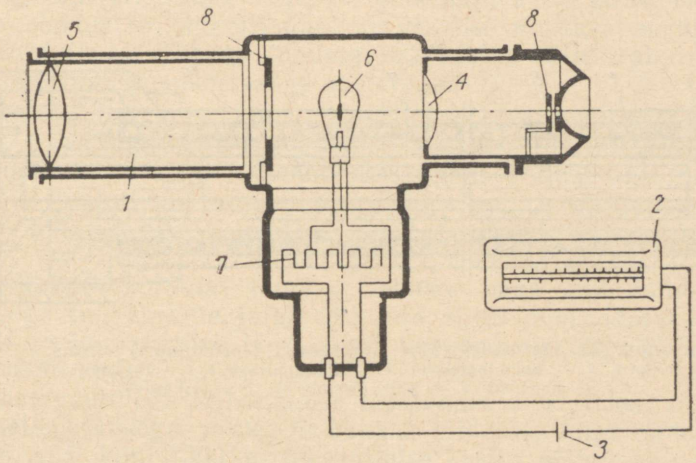
Hõõgvärvuste sõltuvus metalli kuumutustemperatuurist oli toodud § 25. Täpsemalt võimaldavad hõõgvärvuse järgi määrata metalli kuumutustemperatuuri püromeetriteks nimetatavad eri aparaadid. Töötamise põhimõttelt jagunevad need kiirgus- ja optilisteks püromeetriteks. Peale nende kasutatakse veel termoelektrilisi püromeetreid (termopaare).

Optilise püromeetri töötamine põhineb kuuma eseme (metalli) hõõgvärvuse võrdlemisel hõõglambi hõõgniidi värvusega. Optilised püromeetrid võimaldavad mõõta kehade kuumutustemperatuure 700 kuni 1800°C piirides.

Joonisel 62 on kujutatud «kaduva» hõõgniidiga optiline püromeeter. Püromeeter koosneb vaatetorust *1*, mõõteriistast — milliampermeetrist *2* ja akupatareist *3*; vaatetorul on okulaar *5* ja objektiiv *4*. Vaatetorus asetseb väike hõõglamp *6*. Lambike on ühendatud vaatetoru käepidemes asuva reostaadiga *7*. Juhtme abil on vaatetoru ühendatud vooluallikaga — akuga *3*, mis paneb lambikese niidi hõõguma. Milliampermeetri skaala on gradueeritud temperatuurikraadidesse.

Metalli temperatuuri mõõdetakse järgmisel viisil. Vaatleja hoiab aparaati vasaku käega ja suunab vaatetoru hõõguvale metallile. Parema käega keerab ta reostaadi rõngast, muutes sellega voolu lambikeses ja selle hõõgniidi hõõgumist. Reostaati keeratakse seni, kuni lambikese niidi hõõgvärvus ühtib hõõguva eseme värvusega, mille temperatuuri tahetakse teada saada. Kui lambikese niidi hõõgvärvus ühtib hõõguva eseme värvusega, siis niit muutub nähtamatuks. See tähendab, et hõõguva eseme temperatuur võrdub lambikese hõõgniidi temperatuuriga. Milliampermeetri skaalalt loeb siis vaatleja hõõguva eseme temperatuuri.

Optilised püromeetrid kujutavad endast kantavaid aparaate ja neid kasutatakse lühiajaliseks temperatuuride kontrollimiseks. Ahju temperatuuri pidevaks mõõtmiseks kasutatakse statsionaarseid aparaate, nn. termoelektrilisi püromeetreid. Neid nimetatakse ka termopaarideks ja nendega mõõdetakse temperatuuri 200 kuni 1300°C piirides.



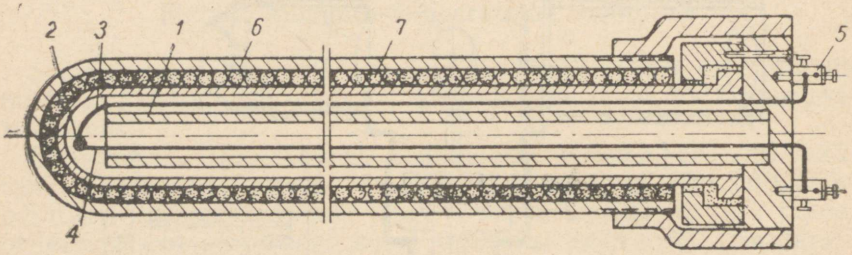
Joon. 62. Optilise püromeetri skeem:
1 — toru; *2* — milliampermeeter (galvanomeeter); *3* — akupatarei; *4* — objektiiv; *5* — okulaar; *6* — hõõglamp; *7* — reostaat; *8* — valgusfiltrid.

Termopaaride töötamine põhineb järgmistel nähtustel. Kui võtta kaks eri metallist traati ja nende otsad kokku joota, siis kokkujoodetud otsa soojendamisel tekib elektripinge. Mida kõrgem on kuumutatava jootekoha temperatuur, seda kõrgem on pinge. Kokkujoodetud traatide teiste otstega ühendatakse galvanomeeter. Jootekoha kuumutamisel tekkiv elektrivool kandub juhmete kaudu galvanomeetrile, mille osuti hälve näitab skaalal mõõdetavat temperatuuri. Termopaarid valmistatakse erinevatest metallidest ja sulamitest, vastavalt mõõdetavatele temperatuuridele.

Sepaahjudes valitsevate kõrgete temperatuuride pidevaks mõõtmiseks kasutatakse kõige sagedamini plaatina — plaatinaroodiumtermopaare. Selline termopaar on kujutatud joonisel 63. Plaatinatraat asetseb peenes portselantorus. Plaatinaroodiumtraat paikneb väljaspool seda toru. Seega on need traadid kogu oma pikkusel teineteisest isoleeritud. Ühest otsast on need traadid omavahel kokku keevitatud (kuumjootekoht). Kokkujoodetud traadid asetatakse teise, jämedamasse ja ühest otsast kinnisesse portselantorusse. Portselantoru kaitseks ümbritseb teda väljastpoolt tulekindlast terasest toru. Traatide lahtised otsad on välja toodud pea kaudu, kus need ühendatakse galvanomeetrisse minevate juhtmetega.

On olemas näitavaid ja isekirjutavaid galvanomeetreid. Isekirjutavad galvanomeetrid ei võimalda temperatuuri vaadelda mitte ainult antud momendil, vaid näitavad ka temperatuuri kulgemist möödunud aja vältel, mis võimaldab kontrollida ahju õiget töötamist.

Termopaari kuum jootekoht asetatakse ahju sellesse kohta, mille temperatuuri on tarvis mõõta.



Joon. 63. Termoelektrilise püromeetri (termopaari) ehitus:
1 — portselantoru; *2* — kuumjootekoht; *3* — plaatinatraat; *4* — plaatinaroodiumitraat; *5* — klemmid; *6* — kest (terastoru); *7* — asbestnöör.

Masuudi- ja gaasikulu määramine

Kütuseks kasutatava masuudi kulu on võimalik kindlaks teha mõõtepaakide abil. See on kõige lihtsam, kuid ebatäpne ja kogukaid seadmeid nõudev viis. Viimasel ajal kasutatakse masuudikulu kindlakstegemiseks naftamõõtjaid. Naftamõõtjate töötamise põhimõte seisab selles, et vedelik täidab kindla mahuga kambri, millest ta hiljem välja voolab. Kambri täitumiste arvu märgib eri lugeja, mille näidud võimaldavad kindlaks teha aparaadist läbivoolanud vedeliku hulka.

Peale selle on olemas niinimetatud kiir-kulumõõtjad. Need aparaadid töötavad selliselt, et aparaati läbiv masuut paneb pöörlema tiiviku. Tiiviku telg on seotud hammasratassüsteemi kaudu lugejaga, mille skaala näitab masuudikulu. Mõõtjad seatakse üles nafta toitetorustikele. Gaasikulu mõõtmiseks on ka vastavad gaasimõõtjad, mis näitavad gaasi kulu mahuühikutes (m^3).

§ 39. AHJUDE KASUTAMINE

Sepale ei piisa ainult kuumutusahjude ehituse tundmisest. Ta peab tundma ka ahjude hooldamise põhireegleid, nagu: 1) ahju kuivatamine ja üleskütmine pärast kapitaalremonti; 2) ahju üleskütmine pärast lühemaaegset seismist (puhkepäevade järel); 3) ahju teenindamine töötamise ajal; 4) ahju seismajätmine.

Ahjude kuivatamine ja üleskütmine

Uuesti ehitatud või kapitaalremondist tulnud ahju tuleb enne üleskütmist ettevaatlikult ja hoolikalt kuivatada. Kuivatamise ja üleskütmise protsess koosneb: 1) õhuga kuivatamisest; 2) puutulega kuivatamisest ja 3) ahju üleskütmisest töötemperatuurini.

Õhuga kuivatamiseks avatakse kõik ahju avad ja siibrid. Seejuures soodustab õhutsirkulatsioon osalist niiskuse aurustumist ahju müüritisest. Õhuga kuivatamise kestus sõltub ahju suurusest, müüritise seisukorrast ja aastaajast.

Pärast õhuga kuivatamist alustatakse ahju kuivatamist puutulega. Enne puutulega kuivatamist suletakse tihedalt kõik gaasitorustiku siibrid ning masuudikütte puhul eraldatakse masuuditorustik. Puutuli süüdatakse ahju töökambris, tahke kütusega köetavates ahjudes aga — koldes. Uksed ja siibrid tehakse seejuures lahti.

Et tekitada korstnas tõmmet, tehakse enne ahju kuivatamist puutulega tuli korstna jalga. Puutuld ahjus suurendatakse järkjärgult ja kuivatamise lõpul peab temperatuur ahju töökambris olema 600° ümber.

Pärast puutulega kuivatamise lõpetamist alustatakse ahju kütmist selle kütusega, millel ta hakkab töötama. Ahju töötemperatuurini, s. t. kuni 1300°-ni üleskütmise kestus sõltub ahju suurusest. Üleskütmise perioodi keskel, kui ahju põrand on küllaldaselt kuumenenud, laaditakse ahju kuumutatavat metalli. Üleskütmise vältel tuleb jälgida võlvi seisukorda.

Et võlv välja ei kummiks, tuleb ankrupolte järele anda. Eriti ettevaatlikult tuleb ahju üles kütta dinastellistest laotud võlvi puhul, kuna kuumenemisel dinas tugevasti paisub. Üleskütmise temperatuuri kontrollimiseks tuleb ahjus kahes-kolmes kohas üles seada termopaarid.

Ahjude üleskütmine pärast lühemaaegset seismist

Ahju üleskütmine pärast lühemaaegset seismist (puhkepäeva järel) erineb remondijärgsest ahju üleskütmisest selle poolest, et ahi on tavaliselt täidetud metalliga ja peale selle köetakse üles kiiremini kui pärast pikemaajalist seismist (remonti).

Ükskõik millise kütuse kasutamisel tuleb ahjud üles kütta puudega, süüdates tule koldes (kivisöekütte puhul) või töökambris (gaasi- või masuudikütte puhul). Masuut või gaas juhitakse ahju alles pärast seda, kui temperatuur ahjus on tõusnud 600°-ni.

Ahju üleskütmise kiirus ei tohi ületada ahjus asetseva metalli lubatavat kuumutamiskiirust.

Ahju teenindamine töötamise ajal

Ahju teenindamine sõltub suurel määral sellest, missugusel kütusel ta töötab — tahkel, vedel- või gaaskütusel. Alljärgnevalt tuuakse ahjude teenindamise põhireeglid.

Tahkel kütusel töötava ahju kolde teenindamine

Plaanrestiga kollet teenindav kütja täidab järgmisi operatsioone: a) kütuse sisseviskamine; b) roobitsemine; c) kolde puhastamine; d) kolde töötamise reguleerimine.

Tutvume iga operatsiooniga eraldi.

Kütuse sisseviskamine. Kütust tuleb koldesse visata väiksemate kogustena (6—8 labidatäit korraga) — sellega saavutatakse ühtlasem põlemine. Suured söetükid tuleb purustada väiksemateks (kuni 30—50 mm). Kütus peab asetsema restil alati tasase kihina. Värske kütusekogus visatakse kõigepealt kütusest tühjakspõlenud kohale. Kütusekihi paksus peab kütuse liigist ja resti ehitusest sõltuvalt olema erinev. Eriti ei tohi poolgaaskütte puhul kütusekihi paksus olla mitte alla 400 mm. Kui koldel on mitu ust, ahjul aga mitu kollet, ei tule kütust sisse visata mitte üheaegselt kõikidesse kolletesse, vaid järjekorras.

Et leek kolde uste kaudu välja ei paiskuks, on tarvis kütuse sisseviskamise ajal veidi vähendada primaarõhku ja rohkem avada sekundaarõhku. Kivisöe põletamisel peab söekiht asetsema 20—40 mm paksusel räbupadjal.

Roobitsemine. Roobitseda tuleb ainult ülemist kütusekihti. Sel juhul ei segune värske kütus osaliselt põlenud kütusega. Räbuga ummistunud restikohad on tarvis kangiga läbi lüüa. Roobitsemise sagedus sõltub kütuse kvaliteedist, kuid reeglina ei tohi roobitseda kohe pärast kütuse sisseviskamist.

Kolde puhastamine. Kollet võib puhastada kord vahetuses või kaks korda ööpäevas, sõltuvalt ahju töötamise intensiivsusest ja kütuse kvaliteedist. Kui ahjul on kaks kollet, siis puhastatakse neid järgemööda. Kollete puhastamine toimub järgmisel viisil: 1) pool tundi enne kolde puhastamise algust lõpetatakse koldesse kütuse sisseviskamine, s. t. lastakse kütusel koldes ära põleda; 2) enne puhastamise algust suletakse õhk ja avatakse tuhakasti uks; 3) ei ole soovitav kogu tuld koldest välja tõmmata; üks restipool tuleb tulest vabastada ja tuhk ning räbu välja tõmmata, seejärel tuli puhastatud restiosale tagasi lükata ning puhastada siis tuhast ja räbust resti ülejäänud osa, misjärel laotatakse tuli üle kogu resti laiali; 4) hoolikalt puhastatakse tuhast ka tuhakast; 5) mõnede kivisöesortide põletamisel (näiteks tšeljabinski pruunsüsi) hakkab räbu kinni kolde seintele, kust see tuleb kangiga lahti lüüa ja koldest välja tõmmata; 6) pärast resti puhastamist ja restilülide korrasoleku kontrollimist visatakse sütt juurde, avatakse õhk ja jätkatakse töötamist.

Kolde töötamise reguleerimine. Kütja üheks tähtsamaks ülesandeks on koldesse juhitava õhuhulga jälgimine. Kõikidel juhtudel (ahju intensiivne või aeglustatud töötamine) peab ahju juhitava õhu hulk täpselt vastama põletatava kütuse hulgale, et koldesse ei satuks liigset õhku ega oleks ka õhupuudust.

Poolgaasikoldel töötamisel jälgib ja reguleerib kütja, et primaar- ja sekundaarõhu etteandmine oleks proportsionaalne. Selle reguleerimine peab toimuma kooskõlas kuumutamisrežiimiga ja ahju töötamise intensiivsusega. Peale selle jälgib kütja: 1) uste tihedust selleks, et leek välja ei paiskuks ja külma õhku sisse ei pääseks; 2) resti seisukorda, vältides osalist tühjakspõlemist ja räbuga ummistumist; 3) siibrite ja ventiilide korrasolekut.

Ahjude hooldamine õli- või gaasikütusel töötamisel

Enne pihusti või põleti käivitamist tuleb kontrollida, kas ta on korras ja õigesti paigaldatud. On tähtis, et pihustid või põletid oleksid ahju avas õigesti tsentreeritud. Gaasitorustikus peab valitsema ülerõhk. Pihustite kraanid, ventiilid või siibrid peavad olema tihedalt suletud. Enne gaasipõletite käivitamist tuleb õhk kogu gaasitorustikust eemaldada.

Väga tähtis on ahju käivitamisel gaasitorustiku läbipuhumine, sest kui gaasitorustikku jääb kas või osaliselt õhku, võib tekkida plahvatav gaasi-õhusegu, mis võib ahju käivitamisel paukuda või isegi plahvatada ning purustada torustiku. Gaasitorusid puhutakse läbi auruga, seejärel aga gaasiga. Suitsusiiber ja ahju avad avatakse enne pihustite või põletite sisselülitamist, et võimaldada ahju kogunenud gaasidel väljuda ning vähendada nende mõju paugu tekkimisel.

Ahjude seismajätmine

Sepatsehhides jäetakse ahjud seisma vasarate ja presside rikete ning avariide, samuti ka pühapäevaste vaheaegade puhul. Kõiki ahjude seismajätmisi võib jaotada:

1) lühiajalisteks seismajätmisteks (1—2 tunniks); teeninduspersonali põhiliseks ülesandeks lühiajaliste peatuste puhul on säilitada ahjus saavutatud metalli temperatuur, mitte lastes metallil üle kuumeneda ega jahtuda; selleks vähendatakse värske kütuse etteandmist, suletakse tihedalt kõik ahju uksed ja sulgurid ning lükatakse koomale suitsusiiber, et vähendada õhu sisseimemist;

2) pikemaks ajaks seismajätmised (2 kuni 8 tunniks); niisuguste peatuste puhul lõpetatakse täielikult kütuse ahju andmine ja suletakse suitsusiiber, sulgedes tihedalt ka kõik ahju uksed ning siibrid ja võimaluse korral saviga kinni määrides kõik praod;

3) eriti pikaks ajaks seismajätmised (üle 8 tunni); niisugusel juhul tühjendatakse ahi metallist, ahju töökamber ja kolle puhastatakse hoolikalt; suletakse täielikult siibrid ja lõpetatakse kütuse etteandmine.

§ 40. OHUTUSTEHNIKA SEPAAHJUDE JUURES TÖÖTAMISEL

Sepaahjude juures töötamisel peavad sepad täitma kõiki ohutustehnika reegleid. Enne kui lubada töölist ahju teenindamisele, tuleb teda hästi instrueerida, kuidas ta peab tegutsema. Ahju juurde peab nähtavale kohale olema üles pandud ahju hooldamise instruktsioon, mis põhineb ohutustehnika reeglitel.

Ahju hooldamine ja soovitatavad ohutustehnika reeglid sõltuvad suuresti ahju konstruktsioonist ja sellest, missugusel kütusel ahi töötab. Erilist tähelepanu nõuavad gaasiküttega ahjud, kuna küttegaas sisaldab mürgise toimega komponente (süsinikoksüüdi, väävelvesinikku jne.). Peale selle võib gaas koos õhuga kergesti moodustada plahvatavaid segusid.

Alljärgnevalt on toodud üldised ohutustehnika reeglid sepaahjude juures töötamisel. Neid reegleid tuleb täpsustada sõltuvalt ahjude konstruktsioonist ja kohalikest töötingimustest.

1. Kõik liikuvad mehhanismid (tõukurid, väljatõukajad jne.) peavad olema kaetud.

2. Leegi ja ahjuavade ning koldeuste kaitsmiseks soojuskiirguse eest kasutatakse kilpe, vesijahutusega raame, siibreid, vesi-kardinaid jne.

3. Ahjuavadest väljatungivate põlemissaaduste eemaldamiseks on tarvis ahju kohale üles seada tõmbekumm.

4. Töötingimuste parandamiseks varustatakse töökohad ahjude juures õhkduššidega.

5. Gaasikütte puhul mürgituste vältimiseks tuleb hoolikalt jälgida, et kõik gaasitorud oleksid hermeetilised. Kõik gaasitorude liitekohad peavad olema keevitatud. Äärikliiteid lubatakse gaasitorustikul ainult sulgurite ühendamiseks. Tihendiks kasutatakse ühendusäärikute vahel tõrvatud asbestnööri. Perioodiliselt tuleb kontrollida gaasitorude hermeetilisust; selleks määritakse kõik need kohad, millede hermeetilisus on kaheldav, hoolikalt üle seebiveega, mis lekkimiskohtades tekitab seebimulle. Töötava gaasitorustiku kinnikeevitamine peab toimuma eri instruktsiooni järgi, küsjuures üheks kohustuslikuks eeltingimuseks peab olema gaasi ülerõhk torustikus.

6. Enne põletite või pihustite käivitamist tuleb avada kõik uksed, siibrid ja katted ning tuulutada ahju. Kui see tegemata jätta, siis on võimalik, et ahju seisuaja vältel põletitest läbiimbunud gaas (või masuut) tekitab õhuga kokkupuutumisel plahvatava segu ja põhjustab plahvatusohtu põleti süütamisel.

7. Põleteid tuleb süüdata pikale vardale kinnitatud tunglaga. Süütamisel ei tohi seista põleti taga, vaid selle kõrval, et vältida leegi väljapaiskumise (paugu) puhul põletusi.

8. Põletite või pihustite süütamise ajal on keelatud viibida ahjuavade kohal, sest leek võib välja paiskuda.

9. Põleteid tuleb süüdata järgmisel viisil:

a) pika varda otsas hoitakse põleti suudme ees süüdatud tungalt;

b) põletisse lastakse vähesel määral ainult gaasi; pärast seda, kui gaas süttib, suurendatakse järk-järgult selle hulka kuni püsiva leegi saamiseni;

c) põletisse juhitakse järk-järgult õhku; reguleeritakse õhu ja gaasi vahekorda kuni gaasi täieliku põlemise saavutamiseni.

10. Kui süütamisel põleti millegipärast kustub, tuleb viivitamatult sulgeda gaasi juurdevool ning seejärel ka õhu etteandmine. Ahi pärast seda tuulutada ja põleti uuesti süüdata.

11. Ahju seismajätmisel suletakse kõigepealt gaas ning seejärel õhk.

12. Kui ahju töötamisel peaks järsku lõppema õhu etteandmine, tuleb gaas (masuut) viivitamatult sulgeda. Masuudiga köetavates ahjudes ei ole plahvatusoht nii suur kui gaasiküttе puhul, kuid kui juhtida tulisesse ahju masuuti enne õhku, siis masuut aurustub ning need aurud moodustavad õhuga segunedes plahvatava segu.

Pihustite süütamisel on tarvis kinni pidada järgmistest reeglitest:

a) pihusti ette laotud puud süüdatakse tunglaga ja neid tuleb põletada 10—20 minutit; puude puudumisel võib kasutada süütamiseks tulist metallitükki;

b) algul juhitakse pihustisse õhku, seejärel masuuti; suurendades järk-järgult õhu ning seejärel masuudi hulka, tõstetakse pihusti põlemine normaalse intensiivsuseni; kui ahjul on mitu pihustit, siis lülitatakse nad töösse üksteise järel;

c) alumiste ja ülemiste pihustite või põletitega ahjudel lastakse algul töötada alumistel pihustitel või põletitel ja kui ahju temperatuur tõuseb kuni 600—650°C, lülitatakse sisse ülemised põletid või pihustid.

13. Keelatud on jahutada kõrge temperatuurini (kuni 1000—1200° C) kuumenenud ahju põrandat veejoaga, sest see võib tekitada põletusi ahju juures töötajaile.

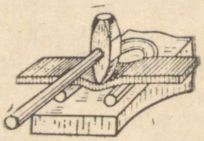
14. Kategooriliselt on keelatud käia töötavate ahjude võlvidel. Kui on vaja teha võlvi järelevaatust või kuuma remonti, siis asetatakse kuuma ahju võlvidele lauad, mida mööda käimine on lubatud.

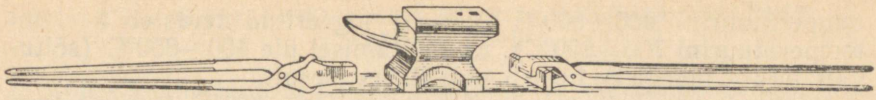
15. Põlemasüttinud masuuti ei tohi veega kustutada, sest sel juhul võib tuli ainult laieneda. Põleva masuudi kustutamiseks puistatakse sellele kuiva liiva.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mis vahe on lahtiste ja kinniste ääside vahel?
2. Missuguse ehitusega on tahkel kütusel töötav ääs?
3. Missuguse ehitusega on naftaga kõetav ääs?
4. Kuidas määratakse metalli temperatuuri käsisepistamisel?
5. Jutustage ääsi hooldamise reeglitest.
6. Missugust tahket kütust tuleb kasutada ääsidel ja kuidas seda õigesti põletada?
7. Missugustest tähtsamatest osadest koosneb iga kuumutusahi?
8. Mida nimetatakse ahju tootlikkuseks?

9. Mis on ahju põranda koormus ehk ahju eritootlikkus?
10. Mis on ahju kasutegur ja millest see sõltub?
11. Mida nimetatakse tingkütuse erikuluks?
12. Kuidas töötab rekuperaator?
13. Kuidas töötab regeneraator?
14. Seletage korstna otstarvet ja jutustage, kuidas ta töötab.
15. Missugune rõhk tuleb hoida ahju tööruumis ja kuidas reguleerida korstna poolt tekitatavat tõmmet?
16. Missuguseid ahjutüüpe kasutatakse sepatööstuses?
17. Seletage joonisel 54 kujutatud kamberahju ehitust.
18. Jutustage joonisel 56 kujutatud kamberahju ehitusest ja töötamisest.
19. Kuidas kuumutatakse metalli metoodilises ahjus?
20. Seletage joonisel 58 kujutatud metoodilise ahju ehitust.
21. Missuguseid ehitusmaterjale kasutatakse ahjude valmistamiseks?
22. Missuguseid materjale nimetatakse tulekindlateks?
23. Missugused on šamott-tellise tähtsamad omadused?
24. Missugused on dinastellise tähtsamad omadused?
25. Missuguste omadustega on talktellis ja missugustel juhtudel seda kasutatakse?
26. Missugused on magnesiittellise tähtsamad omadused?
27. Missugused on kroommagnessiittellise tähtsamad omadused?
28. Millest tuleb valmistada ahju isolatsioon?
29. Mis on kergšamott-tellis ja kus seda kasutatakse?
30. Missugustest tulekindlatest materjalidest on soovitav laduda ahju koldeid, tööruumi ja põrandat?
31. Kuidas mõõdetakse korstna poolt tekitatavat tõmmet?
32. Missuguste aparaatidega määratakse põlemissaaduste koostist?
33. Missuguste riistadega mõõdetakse metalli kuumenemistemperatuuri?
34. Missuguse ehitusega on termopaar?
35. Kuidas on ehitatud ja töötab joonisel 62 kujutatud optiline püromeeter?
36. Kuidas tuleb ahjusid kuivatada?
37. Kuidas toimetatakse ahju üleskütmist pärast puhkepäeva?
38. Kuidas teenindada tahkel kütusel töötavat ahju?
39. Missuguseid masuudi- või gaasiküttega ahjude tähtsamaid hooldamisreegleid teie teate?
40. Kuidas ahju seisma jätta?
41. Kuidas süüdata gaasipõletit?
42. Kuidas süüdata masuudipihustit?
43. Kuidas kontrollida gaasitorustiku hermeetilisust?





VI PEATÜKK

METALLI KUUMUTAMINE SEPISTAMISEKS

§ 41. METALLI KUUMUTAMISE TÄHTSUS SEPATÖÖDEL

Terase kuumutamisel langeb selle kõvadus ja tugevus, suureneb aga plastilisus ja järelikult ka sepistatavus.

Kuumutamisprotsessi ebaõige korralduse ja sepaahjude mittekülllaldase tootlikkuse tõttu esineb mõnede tehaste sepatsehhides veel praegugi juhtumeid, kus sepistamisagregaatide tootlikkus kuumutamise ootamise tõttu märgatavalt langeb. Kuumutamise ootamiseks kuluv aeg võetakse seejuures mõnikord sepiste valmistamiseks ettenähtud ajanormidesse. Ometi näitavad tootmisnovaatorite kogemused, et ahjude töö hea organiseerimise ja tehniliste abinõude tarvituselevõtmise korral on võimalik kuumutatud metalli ootamisest tingitud sepistamisagregaatide seismist likvideerida.

Ahju tootlikkus peab olema sepistamisagregaadi tootlikkusest 15—20% võrra suurem, et kuumutamine kujuneks sepistamistööde ergutajaks.

Metalli kuumutamine kujutab endast sepatööde tähtsamaid operatsioone, mis oma tähtsuselt on võrdne metalli sepistamise operatsiooniga.

Kuumutamise ja sepistamise protsessi õige korraldamine tagab: 1) sepistamisagregaadi kõrge tootlikkuse; 2) energia (auru, suruõhu, elektrienergia) kokkuhoiu; 3) metalli kuumutamiseks kuluva kütuse kokkuhoiu; 4) sepiste kõrge kvaliteedi sepistamise kohta kehtivate tehniliste tingimuste täitmisel; 5) sepa töö kergendamise, 6) sepiste omahinna alanemise.

§ 42. METALLI OMADUSTE MUUTUMINE KUUMUTAMISEL

Kuumutamisel metallis toimuvate struktuuriliste muundumiste kõrval muudab kuumutamine ka metalli mehaanilisi ja füüsikalisi omadusi. Kuumutamise põhiliseks eesmärgiks on anda metallile vajalikke mehaanilisi omadusi.

Kuumutatava terase plastilisus suureneb ebaühtlaselt. Vähese ja keskmise süsinikusisaldusega terastel ning madalalt ja keskmiselt legeeritud terastel väheneb plastilisus kuumutamisel kuni

temperatuurini 200—600°C (kõrgelt legeeritud terastel — kuni temperatuurini 700—850°C). Kuumutamisel üle 400—850°C (sõltuvalt terase margist) tõuseb plastilisus järsult.

Järelikult kuumutustemperatuuril üle 600—850°C (temperatuur sõltub terase margist) muutub teras sedavõrd plastiliseks, et selles ei teki sisepingeid ega pragusid.

Füüsikalistest omadustest on kuumutamisel kõige tähtsamaks terase soojusejuhtivus. Soojusejuhtivuseks nimetatakse metalli omadust juhtida soojust keha kuumemast osast jahedamasse. Mida suurem on soojusejuhtivus, seda rohkem soojust tungib ajaühikus (tunnis) valuploki pinnalt selle sisemusse ja järelikult seda vähem kulub kuumutamiseks aega. Soojusejuhtivuse suurust iseloomustab niinimetatud soojusejuhtivuse tegur.

Soojusejuhtivuse teguriks nimetatakse soojuse hulka kalorites, mis kandub ühe tunni vältel läbi 1 m paksuse ja 1 m^2 pindalaga seina, kui temperatuuride vahe on 1°C.

Soojusejuhtivust väljendatakse kcal/m h°C ja seda tähistatakse kreeka tähega λ (lambda). Kui näiteks terase soojusejuhtivuse teguriks on 36 kcal/m h°C, siis tähendab see, et läbi 1m paksuse ja 1 m^2 pindalaga seina, kui välis- ja siseseina temperatuuride vahe on 1°C, tungib ühe tunniga 36 kcal soojust.

Soojusejuhtivust määratakse katseliselt. Erinevatel materjalidel ja terasemarkidel muutub soojusejuhtivuse tegur väga suurtes piirides. Nii näiteks on puhta raua soojusejuhtivus $\lambda=60$ kcal/m h°C, terasel mark 30 aga $\lambda=38{,}2$ kcal/m h°C.

Terase soojusejuhtivus sõltub: 1) terase keemilisest koostisest, 2) terase temperatuurist ja 3) terase töötlemise viisist.

Mida vähem terases on lisandeid, seda suurem on tema soojusejuhtivus. Terase süsinikusisalduse suurenemisel soojusejuhtivus väheneb. Legeeritud terastel on soojusejuhtivus väiksem kui tavalistel süsinikterastel.

Temperatuuri muutumisel teraste soojusejuhtivus muutub.

Katseliste andmete varal on kindlaks tehtud, et temperatuuri tõstmisel kuni 800—850°C soojusejuhtivus tavalistel süsinikterastel väheneb. Üle 850°C temperatuuri süsinikteraste soojusejuhtivus veidi suureneb.

Legeeritud ja eriteraste kuumutamisel muutub nende soojusejuhtivus sõltuvalt legeerivate elementide liigist ja hulgast. Uurimustega on kindlaks tehtud, et kroomi ja niklit sisaldavatel kõrgesti legeeritud terastel soojusejuhtivus temperatuuri tõusmisel suureneb.

Soojusejuhtivust mõjutab ka metalli töötlemise viis. Terase sepistamine, valtsimine ja üldse igasugune survetöötlemine tõstab selle soojusejuhtivust. Valatud terase soojusejuhtivus on väiksem kui survega töödeldud (sepistatud, valtsitud) terasel.

§ 43. METALLI OKSÜDEERUMINE JA SÜSINIKUSISALDUSE VÄHENEMINE

Ahjus kuumutamisel kattub metalli pind oksüüdide kihiga, mistõttu metalli pinnal tekib t a g i. Metalli kuumutamise jätkamisel muutub tagikiht järk-järgult paksemaks ja hakkab siis metalli pinnalt osaliselt eralduma ning ahju põranda materjaliga ühinema (kui põrand on laotud šamotist), moodustades niinimetatud k e e v i t u s r ä b u. Osa tagist jääb metalli pinnale. Sepistamise vältel jätkub metalli oksüdeerumine, kuna hõõguvtuline metall puutub kokku ümbritseva õhuga.

Kuumutamine põhjustab seega metalli kadusid — oksüdeerumist, tagi tekkimist. Neid kadusid nimetatakse p õ l e m i s k a d u d e k s.

Tuleb vahet teha kuumutamisel ja sepistamisel tekkivate põlemiskadude vahel. Laialdaselt on levinud arvamine, et põlemiskaod tekivad peamiselt ahjudes kuumutamisel ning sepistamisel tekkivad põlemiskaod on väikesed. Uurimustega on aga kindlaks tehtud, et kaod tagina, mis tekib väljaspool ahju, on küllalt suured ja võivad mõnedel juhtudel ületada põlemiskadusid kuumutamisel.

Põlemiskaod tekitavad tootmises määratu suurt kahju, kuna palju metalli läheb tagina kaduma. Sepiste valmistamisel läheb ühe kuumutamisega tagina kaduma 1—3% metalli. Kahju aga ei piirdu ainult sellega, et metalli läheb tagina kaduma. Tooriku pinnale jääv tagi pressitakse sepistamisel metalli sisse. See halvendab toote pinna seisukorda ja vähendab toote tugevust. Stantsimisel muudab stantsi sattuv tagi stantsitava detaili mõõteid ja vähendab stantsi püsivust.

Metalli põlemiskadusid pole võimalik leek-sepaahjudes kuumutamisel vältida, kuid on tarvis püüda luua selliseid kuumutamise tingimusi, et tagi tekiks minimaalsel määral ja niisugusena, mis ei tule lahti tooriku pinnalt ega taota metalli sisse. Seepärast peab sepp tundma tagi tekkimise protsessi olemust ja metalli põlemiskadude vastu võitlemise viise. Normaalseteks võib lugeda metalli põlemiskadusid, kui need ei ületa ühe kuumutamise vältel 0,5—1%.

Metalli oksüdeerumine algab pinnalt ja tungib järk-järgult sissepoole. Oksüdeerumise levimine raua (tooriku) sisse võib toimuda järgmisel viisil.

1. Oksüdeeriv gaas (O_2, H_2O, CO_2 jt.) tungib (difundeerub) pinnalt läbi pealmise tagikihi sissepoole, samal ajal aga toimub raua (Fe) difundeerumine vastupidises suunas. Seejuures toimuvad keemiast tuntud reaktsioonid:

$$Fe + {}^1/_2O_2 = FeO;$$
$$Fe + H_2O = FeO + H_2 \text{ jne.}$$

2. Tagi ja raua erinevate paisumiskoefitsientide tõttu tuleb tagi tooriku pinnalt osaliselt lahti ja sel viisil paljastunud raua pind hakkab uuesti oksüdeeruma.

3. Kõrge temperatuuri juures tagi sulab, tooriku puhas metall paljastub ja selle oksüdeerumine jätkub. Oksüdeerumine toimub seejuures kõrge temperatuuri tõttu küllalt kiiresti.

Tagi tekkimise kiirus ja selle hulk sõltuvad järgmistest teguritest: a) kuumutustemperatuurist; b) kuumutamise kestusest; c) gaasilisest keskkonnast, milles toimub kuumutamine; d) terase omadustest ja koostisest; e) kuumutatava toote kujust ja suurusest.

Temperatuuri tõusmisel põlemiskaod suurenevad. Uurimustega on kindlaks tehtud, et kui lugeda oksüdeerumise kiirust 900°C temperatuuril üheks, siis 950°C juures on oksüdeerumise kiirus 1,25, 1000°C juures — 2, 1100°C juures 3,5, 1300°C juures aga 7. Eriti järsult tõuseb oksüdeerumise kiirus temperatuuril 1350—1375°, kuna siis hakkab tagi sulama.

Põlemiskadude suurus sõltub ka kuumutamise ajast. Mida kauem metalli hoitakse ahjus (kõrgel temperatuuril ja muudes võrdsetes tingimustes), seda suuremad on põlemiskaod. Siit võime teha järelduse: põlemiskadude vähendamiseks peaks metalli hoitama kõrge temperatuuri tingimustes võimalikult lühemat aega.

Põlemiskadusid mõjutavaks tähtsaks teguriks on ahju atmosfäär. Metalli mõjutamise seisukohalt on olemas oksüdeerivaid, taandavaid ja neutraalseid gaase. Oksüdeerivateks gaasideks on hapnik (O_2), süsihape (CO_2), veeaur (H_2O) ja vääveldioksüüd (SO_2); taandavateks — süsinikoksüüd (CO) ja vesinik (H_2); neutraalseteks — lämmastik (N_2).

Ahju atmosfääri mõju ühe või teise temperatuuri juures sõltub oksüdeerivate ja taandavate gaaside vahekorrast. Põlemissaaduste koostisse, nagu teada, kuuluvad: CO_2, H_2O, N_2 ja O_2, mõnikord aga ka CO. Seejuures sõltub O_2 hulk kütuse põletamisel õhuliia tegurist, CO sisaldus aga põlemise ebatäiuslikkuse määrast. Ahjugaasid on oma koostiselt alati oksüdeeriva toimega. Põlemissaadused ei saa ahju tööruumis olla neutraalseks, veel vähem aga taandavaks keskkonnaks. Et keskkond oleks neutraalne või taandav, peaksid põlemissaadused sisaldama palju taandavaid gaase — vesinikku ja süsinikoksüüdi, mida aga kuumutusahjudes kütuse põletamisel ei saa lubada.

Tagi tekkimine sõltub suurel määral terase koostisest. Alumiiniumi, kroomi, räni, volframi ja vase sisaldus vähendab terase pinna oksüdeerumist, kuna sel puhul tekib kuumutamisel tihe tagikiht, mis on tugevasti metalli küljes kinni. Selline tagikiht kaitseb metalli edasise oksüdeerumise eest. Iga marki legeeritud terased (muudel võrdsetel tingimustel) oksüdeeruvad vähem kui süsinikterased.

Järelikult selleks, et vähendada sepaahjudes põlemiskadusid, tuleb metalli kuumutamisel täita järgmisi tingimusi:

1. Soojusrežiim peab kuumutamisel olema niisugune, et metall viibiks kõrgete temperatuuride mõju all (üle 900—1000°C, mille juures toimub kõige tugevam oksüdeerumine) võimalikult lühe-

mat aega. Ahju niisugusel töötamisel on kuumutamine kiirem ja metalli põlemiskaod väiksemad. Seega kõik tingimused, mis tagavad ahju kõrget tootlikkust, alandavad samaaegselt põlemiskadusid

2. Toorikute või valuplokkide ahju paigutamine ja ahjust väljavõtmine peab toimuma ühtlaselt ja pidevalt nii, et nad ei jääks seisma kõrgete temperatuuride tsooni. Parimaks viisiks on tükkhaaval sissepanemine ja väljavõtmine, s. t. kui üks toorik võetakse ahjust välja, pannakse teine kuumenema jne.

3. Põlemisprotsessi tuleb juhtida selliselt, et põlemissaadustes oleks võimalikult vähe vaba hapnikku. Põlemine peab toimuma vähima õhuliiaga. Samal ajal tuleb hoolitseda, et põlemine oleks täielik.

4. Põlemiskadude vähendamiseks peab ahi olema tihe ja peale selle tuleb õhu sisseimemise vältimiseks hoida ahju tööruumis väike ülerõhk.

5. Ahju põrand peab olema laotud aluselistest materjalidest — magnesiidist, kroommagnesiidist ja talktellistest.

See hoiab ära tagi ja põrandamaterjali ühinemise kergesti sulavaks ühendiks, nn. keevitusräbuks; ahi töötab «kuiva» põrandaga.

Kõrgetel temperatuuridel toimub koos metalli oksüdeerumisega ka selle süsinikusisalduse vähenemine — süsiniku väljapõlemine pinnakihist. Süsiniku väljapõlemine alandab metalli mehaanilisi omadusi. Tööriistateras muutub süsinikusisalduse vähenemisel pehmeks ning niisugusest terasest valmistatud tööriistad ei pea kaua vastu. Katsetega on kindlaks tehtud, et terase kuumutamisel toimub kõigepealt süsinikusisalduse vähenemine, seejärel aga oksüdeerumine, s. t., et väiksema süsinikusisaldusega metallikiht asub alati tagikihi all. Temperatuuri tõstmisel suureneb süsiniku väljapõlemine.

Süsiniku väljapõlemist mõjutab ka terase keemiline koostis. Suurema süsinikusisaldusega terastel toimub süsiniku väljapõlemine intensiivsemalt. Eriti soodustab süsiniku väljapõlemist alumiinium. Ka kroom soodustab süsinikusisalduse vähenemist. Mangaan pidurdab süsiniku väljapõlemist. Räni, nikkel ja volfram süsinikusisalduse vähenemist ei mõjuta.

§ 44. METALLI ÜLEKUUMUTAMINE JA ÜLEPÕLETAMINE

Kui kuumutada metalli ülemise kriitilise punktini Ac_3 ja jätkata temperatuuri tõstmist, siis metalli vaatlemisel mikroskoobi all on võimalik avastada selle terade kasvamist. Mida kõrgem on temperatuur, seda energilisemalt toimub terade kasvamine, ja mida kauem kestab antud temperatuurini kuumutamise protsess, seda suuremateks nad kujunevad. Õige suurte teradega metalli nimetatakse ülekuumutatud metalliks.

Sepistamisel annab tugevasti ülekuumutatud metall rebestusi ja pragusid, eriti valuploki või tooriku nurkades, murdekohas on

ta aga jämedatoimelise struktuuriga, mis on võrdlemisi hästi näha palja silmaga.

Ülekuumutus sõltub kahest tegurist: temperatuurist ja kuumutamise kestusest.

Sepaahjude tööpraktikast on teada, et kui valuplokki või toorikut hoida ahjus kõrge temperatuuri juures (näiteks metoodilise ahju keevitusosas) tavalisest kauem, siis niisuguse valuploki või tooriku sepistamisel tekivad ülekuumutuse tagajärjel rebestused. Vastupidi, valuplokk, mida hoiti ahjus sama temperatuuri juures, kuid lühemat aega, on täiesti normaalselt sepistatav.

Seega on metalli ülekuumutamine võimalik iga temperatuuri juures, mis ületab kriitilist punkti Ac_3, kuid ülekuumutuse määr sõltub selle temperatuuri juures hoidmise kestusest.

Ülekuumutatud metalli on võimalik parandada järgneva lõõmutamisega, s. t. aeglase kuumutamisega temperatuurini, mis ületab 10—30° võrra punkti Ac_3, ja järgneva aeglase jahutamisega.

Kui kuumutatavat metalli hoida ahjus pikemat aega kõrge temperatuuri käes, siis toimub selle ülepõletamine.

Ülepõletamine tekib sellest, et ahjugaasides leiduv hapnik tungib pinnalt metalli sisse, metalliterade vahed oksüdeeruvad, suurte terade vahel tekkinud aine aga sulab. Selle tagajärjel tekivad metalliterade vahel vedelad kiled, kaob teradevaheline seos ja nii toimubki ülepõletamine.

Ülekuumutamine sõltub peamiselt kuumutustemperatuurist, ahjugaaside koostisest ja metalli viibimise ajast kõrgete temperatuuride juures.

Ülepõletatud metalli pole võimalik parandada, toorik läheb tavaliselt praaki ja metalli saab kasutada ainult martäänahjus ümbersulatamiseks.

Metalli ülepõletamise vältimiseks kuumutamisel tuleb täita järgmisi põhitingimusi:

1. Põletada kütust väikseima õhuliia teguriga, et ahjugaasides ei leiduks vaba hapnikku.

2. Mitte paigutada toorikuid ahju põrandale hunnikusse, vaid asetada nad selliselt, et ahjugaasid neile igalt poolt juurde pääseksid ja põletite või pihustite leegid ei riivaks kuumutatavate toorikute pinda.

3. Ahju võib laadida niipalju metalli, et sepistamisagregaat suudaks selle ära sepistada aja vältel, mis kulub tooriku kuumutamiseks sepistamistemperatuurini.

Parem on ahju täita ja tühjendada tükkhaaval, s. t., et üks või kaks kuumenenud toorikut võetakse ahjust välja ning nende asemele paigutatakse külmad toorikud jne. Tükkhaavalisel ahju täitmisel-tühjendamisel viibib metall kõrgete temperatuuride käes niikaua, kui on tarvis selle kuumutamiseks. See aga võimaldab vältida metalli ülepõletamist.

§ 45. SEPISTAMISE TEMPERATUURI-INTERVALLID

Sepistamise alg- ja lõpptemperatuuride vahet nimetatakse sepistamise temperatuuri-intervalliks.

Sepistamiseks on tarvis metall kuumutada niisuguse temperatuurini, mis ei taga kõrget metalli plastilisust mitte ainult sepistamise alustamisel, vaid ka selle lõpetamisel. Sellest järgneb, et metalli on parem kuumutada kõrgemate temperatuurideni, kuna kõrgemal temperatuuril on metalli plastilisus (sepistatavus) suurem.

Teiselt poolt piirab kuumutustemperatuuri tõstmist metalli ülepõletamise oht. Ülepõletamise vältimiseks peab sepistamiseks kuumutamise temperatuur olema 180—200° võrra madalam metalli ülepõletamise temperatuurist.

Kuni 1100—1280°-ni (sõltuvalt terase margist) kuumutatud metalli struktuur muutub jämedateraliseks. Kuid sepistamine purustab ja peenendab metalliteri. Kui temperatuur, mille juures sepistamine lõpetati, on kõrge (üle 900°), siis metalli jahtumisel õhu käes hakkavad terad uuesti kasvama; jahtunud sepisel on jämedateraline ehitus ja madalamad mehaanilised omadused. Kui aga lõpetada terase sepistamine madalamal temperatuuril (alla 900°), siis sepise jahtumisel terad madala temperatuuri tõttu kasvama ei hakka. Jahtunud sepis on seetõttu peeneteralise ehitusega ja kõrgemate mehaaniliste omadustega.

Seega, kui metalli sepistamine lõpetatakse temperatuuri-intervallis 900—700° (sõltuvalt terase margist), saadakse sepis peeneteraline, ja, vastupidi, mida kõrgem on sepistamise lõpetamise temperatuur, seda jämedamateralisemaks jääb sepis.

Et saada hea kvaliteediga sepist, tuleb sepistamine lõpetada antud terasemargi jaoks ettenähtud kindlal temperatuuril.

Ettenähtust madalamal temperatuuril (900—700°) sepistamine pole soovitav, kuna terad sel juhul ei peenene, vaid deformeeruvad, metall aga kalestub ning muutub kõvaks ja hapraks, mille tagajärjel võivad tekkida praod. Kalestust on võimalik parandada lõõmutamisega, kuid praod pole igakord kõrvaldatavad ja sepis võib minna praaki.

Eeltoodust võib järeldada järgmist:

1. Enne sepistamist tuleb metall kuumutada kõrgeima temperatuurini, mis peab aga olema allpool metalli ülepõletamise temperatuuri. Ülepõletamise temperatuur tuleb määrata iga terasemargi jaoks eraldi, hoides proovitükke mitmesuguse aja vältel proovitavate temperatuuride juures. Pärast ülepõletamise temperatuuri kindlakstegemist määratakse kõrgeim temperatuur, milleni võib metalli sepistamiseks kuumutada. See temperatuur peab olema 180—200°C võrra ülepõletamise temperatuurist madalam.

2. Sepistamine tuleb lõpetada niisuguse temperatuuri juures, mis ei tekita terases (sepises) terade kasvamist. See temperatuur määratakse katseliselt ja näidatakse ära tehnoloogilisel kaardil.

3. Mõnede laiemalt kasutatavate terasemarkide sepistamise temperatuuri-intervallid asuvad 700 ja 1280°C vahel. Tabelis 5 on toodud mitmesuguste teraste ligikaudsed temperatuuri-intervallid.

Tabel 5

Mitmesuguste teraste sepistamise temperatuuri-intervallid

Terasemargid	Metalli maksimaalne kuumutustemperatuur °C	Sepistamise lõpptemperatuur °C	
		ettevalmistusoperatsioonidel	viimistlusoperatsioonidel
Ст. 2, Ст. 3, 10, 15, 25	1280	800	700
Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7, 40, 45, 50, 55 15Х, 20Х, 35Х, 40Х, 30Н, 40Н, 40СХ, 45Х, 25ХСМА, 30ХНЗМ	1220	800	700
18ХНВА, 18ХНМА, 5ХМН, 5ХГМ, 6ХНМ, 45ХН	1200	800	700
У7, У8, У10, 7Х3, 9Х, 9Х2 . . .	1150	850	800

§ 46. METALLI KUUMUTAMINE AHJUS

Metalli sepistamiseks õigesti kuumutada — see tähendab: a) kuumutada metalli antud temperatuurini kogu ristlõikes ühtlaselt; b) kuumutada maksimaalselt lubatava kiirusega, kuid nii, et ei rikuta metalli omadusi; c) kuumutada metalli vähimate põlemiskadudega ja vähima kütusekuluga.

Leekahjudes kandub soojus kuumutatava metalli pinnale kahel viisil — konvektsiooniga ja kiirgamisega.

K o n v e k t s i o o n i k s nimetatakse soojuse ülekandumist pidevalt liikuvate ahjugaaside osakeste vahetul kokkupuutumisel kuumutatava tooriku pinnaga. Selle tagajärjel annavad kuumemad ahjugaaside osakesed oma soojuse kuumutatava tooriku jahedamale pinnale.

K i i r g a m i n e on soojuse ülekandumine läbi ruumi kuumemalt kehalt jahedamale. Seejuures kandub soojus üle kiirgusenergia näol, mis teise keha pinnale sattudes muundub täielikult või osaliselt soojuseks.

Sepaahjudes kuumutatakse metalli samaaegselt nii konvektsiooni kui ka kiirgamisega. Kuni 600° C temperatuurini kandub soojus metallile peamiselt konvektsiooniga; alla 600° kandub kiirgamisega kuumutamisel soojust metallile vähesel hulgal. Temperatuuride puhul aga üle 600°C ei kandu suurim osa soojusest metallile mitte konvektsiooni, vaid kiirgamisega.

Soojuse ülekanne kuumutatavale metallile toimub seda kiiremini, mida suurem on kuumutatava metalli ning ahjugaaside, põranda, võlvi ja ahju seinte temperatuuride vahe.

Kuumutatavale metallile kiirgamise ja konvektsiooni teel ülekanduva soojuse võtab vastu tooriku või valuploki pind. Edasine soojuse levimine tooriku või valuploki sisse toimub ainult ühel viisil — terase soojusejuhtivuse toimel.

Nagu teada, on erineva keemilise koostisega terastel mitmesugune soojusejuhtivus. Mida rohkem terases leidub lisandeid, seda väiksem on tema soojusejuhtivus. Kuna aga soojusejuhtivusest sõltub soojuse levimise kiirus tooriku või valuploki pinnalt sissepoole, siis sellest järgneb, et vähese süsinikusisaldusega (pehmed) terased kuumenevad ristlõikes ühtlase temperatuurini kiiremini kui legeeritud.

Jämedad toorikud kuumenevad teisiti kui peened. Jämedates toorikutes või valuplokkides jaguneb temperatuur ebaühtlasemalt — keskmiste kihtide temperatuur on madalam välistest.

Seejuures kujuneb valuploki keskmiste kihtide ja selle välispinna temperatuuride vahe seda suuremaks, mida väiksem on terase soojusejuhtivus. Ahju ja kuumutatava valuploki välispinna temperatuuride vahe on seda suurem, mida suurem on kuumutamise kiirus ja mida jämedam on valuplokk.

Valuploki või tooriku ristlõikes ebaühtlaselt jagunenud temperatuuride tõttu tekivad metallis niinimetatud temperatuuripinged. Temperatuuripingete tekkimist põhjustab asjaolu, et kõrgema temperatuurini kuumenenud metalli pinnakihid suurenevad mahult rohkem kui sisemised kihid.

Seetõttu püüavad valuploki või tooriku pinnakihid ennast justkui lahti rebida sisemistest, vähem kuumenenud kihtidest, mis takistavad metalli väliskihtide paisumist. Seetõttu, kui valuplokk kuumeneb ristlõikes ebaühtlaselt, tekivad ploki väliskihtides survepinged (-jõud), sisemistes aga — tõmbepinged (-jõud); need pinged põhjustavadki pragude tekkimist kuumutamisel.

Toorikute või valuplokkide kuumenemise protsess jaguneb kahte perioodi: esimeseks perioodiks on kuumenemine madalate temperatuuride piirkonnas — 500 — kuni 700°C vahel, teiseks perioodiks — kuumenemine kõrgete temperatuuride piirkonnas, s. t. kuni sepistamise temperatuurini.

Tähtsaks teguriks on esimene kuumenemise periood, kuna terased on madalate temperatuuride piirkonnas väikese plastilisusega, kõrgelt legeeritud terased aga väikese soojusejuhtivusega.

Suurte valuplokkide või toorikute kuumutamine, eriti kui need on kõrgelt legeeritud terastest, peab toimuma väga ettevaatlikult, et plokis või toorikus ei tekiks selliseid temperatuuripingeid, mis võiksid põhjustada pragusid. Seepärast ei tohi kuumutamise kiirus olla suur, külmade valuplokkide (eriti aga kõrgelt legeeritud terastest plokkide) puhul ei tohi ahju laadimise temperatuur olla üle 600—800°C. Pehmetest süsinikterastest toorikuid ning legee-

ritud terastest peeneid toorikuid (kuni 100 mm) võib laadida kuni sepistamise temperatuurini ülesköetud ahju.

Teist perioodi — kõrgete temperatuuride piirkonnas kuumutamist — iseloomustavad suured kuumutamise kiirused. Teraste plastilisus temperatuuril üle 500—700° C on hea, mistõttu kuumutamisel tekkivad sisemised temperatuuripinged ei põhjusta pragusid valuplokis või toorikus. Teise kuumutamise perioodi vältel tuleb jälgida, et metalli üle ei põletataks. Seepärast ahju nendes kambrites, kus toimub kuumutamine kõrgete temperatuurideni, ei tohi ahjugaaside temperatuur rohkem kui 50° võrra ületada metalli kuumutustemperatuuri.

§ 47. TERASE KUUMUTAMISE KESTUSE MÄÄRAMINE

Kuumutamise kestuseks nimetatakse aega, mis kulub valuploki või tooriku kuumutamiseks nõutud temperatuurini. Terase kuumutamise kestuse määramiseks on olemas palju arvutusviise ja meetodeid. Kõige lihtsam ja tegelikkusele vastav on akadeemik N. N. Dobrohhotovi valem.

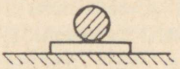
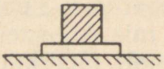
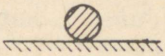
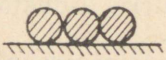
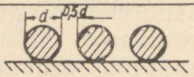
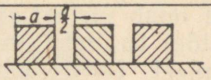
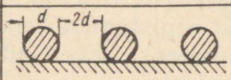
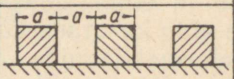
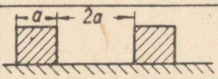
Külmade valuplokkide või toorikute kuni 1200°-se temperatuurini kuumutamise kestust soovitab akadeemik N. N. Dobrohhotov määrata valemi järgi:

$$z = kD\sqrt{D} \text{ tundi,}$$

kus z — kuumutamise kestus tundides;
D — valuploki või tooriku läbimõõt või ruudu külje pikkus m;
k — tegur, mis süsinikterastel (süsinikusisaldusega kuni 0,4%) võetakse 10, legeeritud terastel 20.

Kuumutamise kestuse määramisel N. N. Dobrohhotovi valemi järgi tuleb silmas pidada, et see valem kehtib juhtudel, kui toorik või valuplokk on kuumutatav igalt poolt. Tegelikult võivad toorikud või valuplokid asetseda ahju põrandal mitmesugusel viisil, mistõttu N. N. Dobrohhotovi valemi järgi saadud andmeid tuleb korrutada teguriga, mis arvestab toorikute asetsemist ahjus. Selle teguri väärtused on toodud joonisel 64. Ühe, ahju põrandal üksikuna asetseva, tooriku kuumutamise kestus loetakse üheks. Teistsuguse asetuse puhul on kuumutamise kestus erinev. Ümmarguste toorikute ahju põrandale paigutamisel ilma vahedeta võrdub see tegur kahega. Ahju põrandapinna paremaks ärakasutamiseks ja kütuse kulu vähendamiseks tuleb ümmargused toorikud paigutada ahju põrandale (ilma aluseta) vahedega, mis võrduvad tooriku poole läbimõõduga. Ruudukujulise ja täisnurkse ristlõikega toorikud tuleb paigutada alustele; sel juhul pääsevad gaasid nendele juurde igalt poolt. Toorikute vahed peavad võrduma ruudu külje pikkusega.

Näide. Määrata 1 m läbimõõduga legeeritud terasest tooriku kuumutamise kestus. Toorik paigutatakse ahju põrandale vahega, mis võrdub tooriku poole läbimõõduga.

	Toorikute asetus	Parandustegur	Toorikute asetus	Parandustegur
1		1		1
2		1		1,4
3		2		4
4		1,4		2,2
5		1,3		2,0
6				1,8

Joon. 64. Kuumutuskestuse olenevus tooriku asetsemisest ahjus.

Leiame: $z = kD\sqrt{D} = 20 \cdot 1\sqrt{1} = 20$ tundi. See esineb juhul, kui toorik on paigutatud ahju üksi ja puutub gaasidega kokku igalt poolt. Praegusel juhul aga paigutatakse ahju mitu toorikut, millede vahe on pool tooriku läbimõõdust (joon. 64). Toorikute ahju põrandal asetsemist arvestav tegur on sel juhul 1,4. Seega võrdub tegelikult tarvilik kuumutamise aeg

$$z = 20 \cdot 1{,}4 = 28 \text{ tundi.}$$

Teoreetilised arvutusviisid ja meetodid kuumutamise kestuse määramiseks ei anna ka veel käesolevalgi ajal praktiliste andmetega ühtivaid tulemusi. Tavaliselt määratakse kuumutamise aega valemite järgi esialgselt, seejärel aga täpsustatakse praktiliselt. Tehastes kasutatakse teraste kuumutusaegade tabeleid, mis on välja töötatud vastavalt antud tehase seadmete seisukorrale ja muudele eritingimustele.

§ 48. ELEKTRIVOOLUGA KUUMUTAMINE

Sepistamiseks ja stantsimiseks kuumutatakse terast elektrivooluga peamiselt kahel viisil: kontakt- ja induktsioonmenetlusel.

Kontaktmenetlusel kuumutamiseks asetatakse toorik madalapingelise sekundaarvõrgu klemmide vahele. Toorikut läbiv vool kuumutab selle vajaliku temperatuurini.

Induktsioonmenetlusel kuumutamiseks asetatakse toorik erilise induktori sisse, mis koosneb mõnest juhtmekeerust; induktorist juhitakse läbi vool, mis kuumutab selle sees asetsevat toorikut ilma sellega kokku puutumata.

Kontaktmenetlusel kuumeneb toorik ühtlaselt kogu ristlõikes, mis peab olema tooriku pikkuses ühesugune.

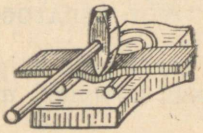
Induktsioonmenetlusel on võimalik ühtlaselt kuumutada ka keerulise profiiliga ristlõiget, muutes selleks induktori keerdude sammu ja arvu.

Terase kuumutamine kontakt- ja induktsioonmenetlusel toimub väga kiiresti ja leiab järjest laiemat kasutamist kõrge tootlikkusega agregaatide (näiteks sepistamismasinate, stantsimisvasarate) teenindamisel. Terase kiire kuumutamine vähendab metalli põlemiskadusid ja võimaldab saada peeneteralisema struktuuri. Sellega seoses võib kasutada kõrgemaid sepistamise temperatuuriintervalle (deformatsioonide temperatuure), mis aitab kaasa sepistamisagregaatide tootlikkuse tõstmisele.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Milleks kuumutatakse metalli enne sepistamist ja stantsimist?
2. Kuidas muutuvad kuumutamisel terase mehaanilised omadused (kõvadus, tugevus ja plastilisus)?
3. Mis on terase soojusejuhtivus?
4. Mida nimetatakse terase soojusejuhtivuse teguriks?
5. Millest sõltub terase soojusejuhtivuse tegur?
6. Kuidas muutub süsinikteraste soojusejuhtivus sõltuvalt kuumenemistemperatuurist?
7. Kuidas mõjutab soojusejuhtivust terase keemiline koostis?
8. Kuidas muutub legeeritud teraste soojusejuhtivus?
9. Missugune teras on väiksema soojusejuhtivusega, kas valuplokk või valtsitud toorik?
10. Kuidas toimub terase oksüdeerumine?
11. Mida nimetatakse ahju põlemiskadudeks ja sepistamise põlemiskadudeks?
12. Kuidas mõjutab põlemiskadusid terase kuumutamise temperatuur?
13. Kuidas mõjutab põlemiskadusid terase kuumutamise kestus?
14. Kuidas mõjutab põlemiskadusid ahju atmosfäär, milles toimub terase kuumutamine?
15. Kuidas mõjutavad põlemiskadusid terase omadused ja koostis?
16. Missugused gaasid on oksüdeeriva toimega?
17. Missuguseid gaase nimetatakse taandavateks?
18. Kuidas kuumutada metalli, et põlemiskaod oleksid kõige väiksemad?
19. Mis on terase süsinikusisalduse vähenemine ja kuidas see toimub?
20. Mis on metalli ülekuumutamine?
21. Millest sõltub metalli ülekuumutamine?
22. Mis on metalli ülepõletamine?
23. Millest sõltub metalli ülepõletamine?
24. Kuidas kuumutada metalli, et vältida ülepõletamist?
25. Mida nimetatakse sepistamise temperatuuri-intervalliks?
26. Mida tuleb lugeda kõrge temperatuurini kuumutamise piiriks?

27. Missugused põhilised tingimused on tarvilikud metalli kuumutamiseks?
28. Kuidas mõjutab soojusejuhtivus terase kuumenemise kiirust?
29. Kuidas kandub soojus kuumutatava tooriku või valuploki pinnale?
30. Kuidas kandub soojus tooriku või valuploki pinnalt selle sisemusse?
31. Mida nimetatakse valuplokkides või jämedates toorikutes kuumutamisel tekkivateks temperatuuripingeteks?
32. Kuidas toimetatakse kuumutamist esimesel perioodil, s. t. madalate temperatuuride piirkonnas kuumutamise vältel?
33. Kuidas toimetatakse kuumutamist teisel perioodil, s. t. kõrgete temperatuuride piirkonnas kuumutamise vältel?
34. Mida nimetatakse kuumutamise kestuseks?
35. Missugune vahe on elektriga kuumutamise ja leekahjudes kuumutamise vahel?



VII PEATÜKK

KÄSISEPISTAMISE PÕHIOPERATSIOONID

§ 49. ÜLDANDMEID SEPATÖÖRIISTADEST

Käsisepistamisel tuleb sepal teha kõige mitmekesisemaid sepatöid. Selleks peab tal olema komplekt mitmesuguseid tööriistu ja rakiseid.

Käsisepistamisel kasutatakse järgmisi tööriistu ja rakiseid.

Alasi

Alasi kujutab endast metallalust, millel toimub metalli sepistamine. Selleks et vasaralööke ilma märgatava liikumiseta vastu võtta, peab alasi olema raske. Alasid valmistatakse terasest, kaaluga 80 kuni 300 kg, enamalt jaolt 150 kg. Alasi ülemine osa, mida nimetatakse paleks, peab olema karastatud ja alati sile.

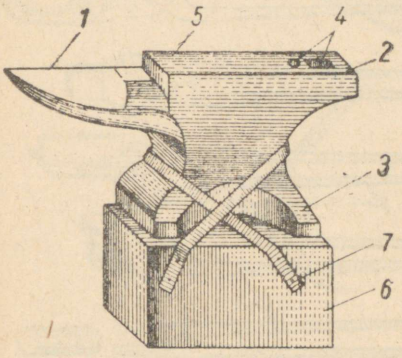
Sepp hindab tavaliselt alasi kvaliteeti heli järgi, mis tekib alasi pihta vasaraga löömisel. Heale alasile löömisel peab vasar tagasi põrkama, kuna alasi poolt antav heli peab olema puhas ja hele. Kui alasil on mingi viga (praod), siis on hääl tume. Heal alasil on kergem töötada kui alasil, mis annab tumedat häält.

Alasi kinnitatakse tavaliselt raskele, maa sisse kaevatud puupakule. Kinnitamiseks kasutatakse konksnaelu või klambreid. Alasi tuleb üles seada teatavale kindlale kõrgusele — seisva sepa sõrmeotsad peavad puudutama alasi palet.

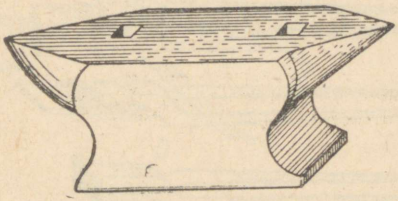
Joonisel 65 on kujutatud alasi. Ühes otsas on tal terav osa *1*, mida kasutatakse peamiselt sepiste painutamiseks. Seda osa nimetatakse sarveks. Teises otsas on täisnurkne väljaulatuv osa *2*, mida nimetatakse sabaks; seda kasutatakse sepiste painutamiseks täisnurga all. Alasi alusel on neli väljaulatuvat osa *3*, mida nimetatakse jalgadeks. Jalgasid kasutatakse alasi kinnitamiseks vundamendile (pakule) *6*. Alasi kinnitatakse paku külge klambritega *7* või konksnaeltega. Alasi palgel *5* toimub igasuguste sepiste sepistamine.

Alasi sabas on kaks auku *4*, neljakandiline ja ümmargune. Ümmargust auku kasutatakse aukude löömiseks sepisesse, neljakandilist — mitmesuguste rakiste kinnitamiseks.

Alaseid on kahte tüüpi: ühe sarvega (ja ühe sabaga) (joon. 65) ja kahe sarvega (joon. 66). Rohkem kasutatakse ühe sarvega alaseid.



Joon. 65. Ühe sarvega alasi:
1 — terav osa (sarv); *2* — saba; *3* — jalad; *4* — augud (ümmargune ja neljakandiline); *5* — alasi pale; *6* — pakk; *7* — klambrid alasi kinnitamiseks.



Joon. 66. Kahe sarvega alasi.

Pihid

Pihtisid kasutatakse sepistamisel sepiste hoidmiseks ja pööramiseks. Pihtide valmistamiseks kasutatakse 0,3—0,4%-lise süsinikusisaldusega terast.

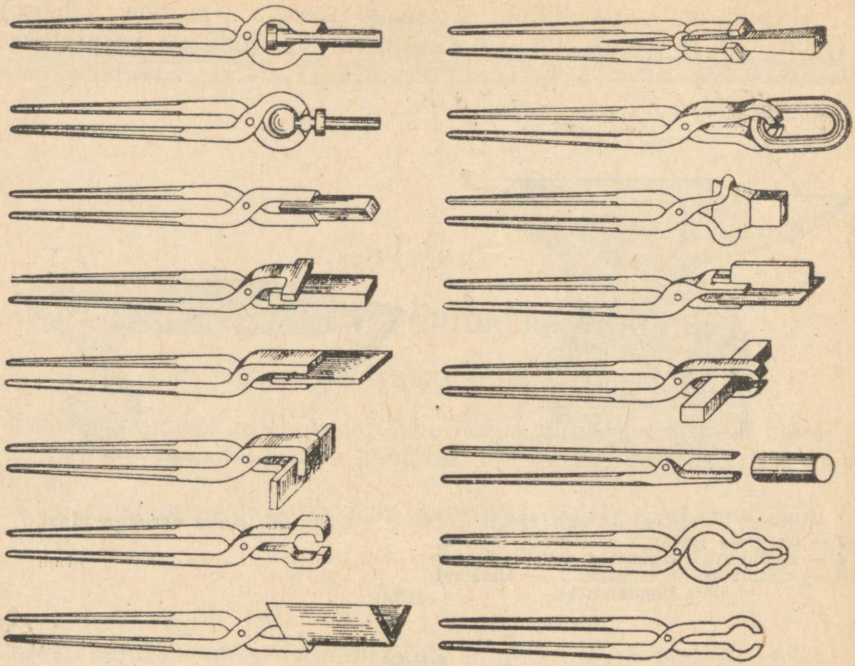
Pihid koosnevad kahest harust, mis on omavahel neediga liigendiliselt ühendatud. Kumbki haru koosneb omakorda kahest osast — lühemast osast, mida nimetatakse mokaks ja pikemast osast, mis on pidemeks. Pihtide üldine pikkus on 475 kuni 650 mm, mokkade pikkus — 75 kuni 140 mm. Töödeldava eseme suurusest ja kujust sõltuvalt valmistatakse pihtide mokad mitmesuguse kujuga. Kui olemasolevas komplektis ei leidu antud sepisele vajaliku kuju ja suurusega pihte, siis võib pihte sepisele sobitada. Selleks kuumutatakse pihtide mokad kirsspunase värvuseni, haaratakse nendesse sepise ots ja taotakse mokad üle selliselt, et nad haaraksid tihedalt sepistatavat metalli.

Kui sepistamine kestab pikemat aega ning kui sepised on rasked, asetatakse pihtide pidemetele rõngas, mis hoiab pihte kinnipigistatud olekus, kergendades sepa tööd.

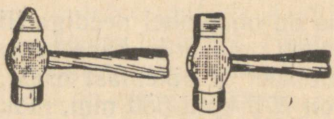
Joonisel 67 on näidatud enamkasutatavad sepapihid.

Käsi- ja suurvasarad

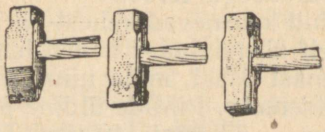
Enamkasutatavad käsivasarad kaaluvad 0,5 kuni 1,5 kg (joon. 68). Nende abil sepistatakse väikesi sepiseid. Käsivasaraga näitab sepp pealelööjale, kuhu lüüa. Käsivasara vars valmista-



Joon. 67. Sepapihid.



Joon. 68. Sepa käsivasarad.



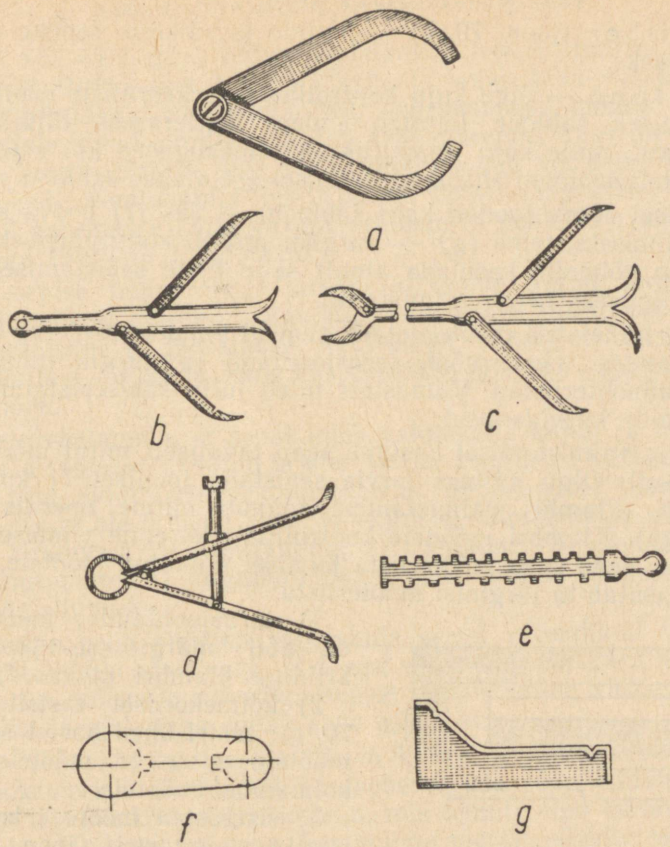
Joon. 69. Suur- (sepa-) vasarad.

takse tugevast, sitkest ja kuivast puidust, näiteks kasest, vahtrast jne. Vars tuleb vasarasse kinnitada tugevasti ja kinni kiiluda. Varre pikkuseks võetakse 350 kuni 400 mm.

Suur- ehk sepavasarad (joon. 69) on 2 kuni 10 kg raskused. Need on pealelööja põhilised tööriistad. Suurvasara lauba pind peab olema veidi kumer, sile ja mitte kaardus. Suurvasara vars valmistatakse 700 kuni 900 mm pikkune, sõltuvalt pealelööja käte pikkusest ja kasvust.

Mõõteriistad

Töötamise ajal kasutab sepp sepiste mõõtmiseks järgmisi lihtsaid mõõteriistu (joon. 70).



Joon. 70. Mõõteriistad:
a — välistaster (ühekordne); *b* — kahekordne taster; *c* — kolmekordne taster; *d* — sisetaster; *e* — kaliiber lattide ja õhukeste sepiste paksuse mõõtmiseks; *f*, *g* — šabloonid.

Taster (joon. 70, *a*) — sepise ühe mõõte mõõtmiseks; töö alustamisel seab sepp tastri harud vajalikule mõõtele ja kontrollib sepistamisel tastriga sepise mõõteid.

Kahekordne taster (joon. 70, *b*) — sepise kahe mõõte mõõtmiseks; ühe harudepaari seab sepp ühele antud mõõtele, teise paari aga — teisele ning kontrollib sepistamisel tastriga sepise mõõteid.

Kolmekordne taster (joon. 70, *c*) — kolme mõõte mõõtmiseks sepistel; kolmekordset tastrit kasutatakse samasuguselt nagu kahekordsetki.

Sisetaster (joon. 70, *d*) — sepiste aukude ja süvendite mõõtmiseks.

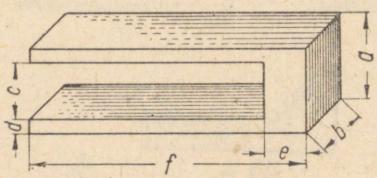
Kaliiber (joon. 70, *e*) — lattide ja väikeste sepiste paksuse mõõtmiseks.

Šabloon — õige kuju kontrollimiseks keeruliste sepiste valmistamisel; šabloon kujutab endast lehtterasest väljalõigatud plaadikest, mille kuju ja suurus on samasugused kui valmistataval tootel; šablooni abil kontrollimisel asetatakse šabloon sepisele.

Joonisel 70 on toodud kaks šablooni — üks *(f)* hoova kontuuri kontrollimiseks, teine *(g)* — nurgiku profiili kontrollimiseks. Šablooni on võimalik kasutada ainult selle toote sepistamisel, mille kontrollimiseks ta on valmistatud.

Peale nimetatud mõõteriistade peavad sepal veel olema terasest kokkupandav meetermõõt, terasjoonlaud ja nurgik ning muud spetsiaalmõõteriistad. Viimastest tuleb juttu käsisepistamise operatsioonide kirjeldamisel.

Sepiste valmistamisel kasutab sepp tavaliselt mitut mõõteriista üheaegselt. Olgu näiteks tarvis sepistada joonisel 71 kujutatud klambrit. Klambri valmistamine toimub mitme operatsiooniga (siirdega). Klambri mõõdete kontrollimiseks enne viimaseid operatsioone seab sepp mõõteriista joonisel näidatud mõõtele. Antud juhul kasutab ta järgmisi mõõteriistu:



Joon. 71. Klamber.

1) terasjoonlauda; meetermõõdu abil märgitakse joonlauale kriidiga klambri pikkus *f*;

2) kolmekordset tastrit (joon. 70, *c*); tastri ühed harud seatakse mõõtele *a*, teised mõõtele *b* ja kolmandad mõõtele *e*;

3) sisetastrit mõõte *c* kontrolliks; sisetastri (joon. 70, *d*) harud seatakse meetermõõdu järgi mõõtele *c*.

Kolme nimetatud mõõteriista abil mõõdab sepp sepistamisel klambrit, hoides vastavat mõõteriista vastu sepist.

Tööriistade õige hooldamine suurendab nende teenistuskestust, vähendab remondikulusid ja tõstab sepa tootlikkust.

Sepatööriistade hooldamise põhireegliteks on: korralik hoidmine, mustusest ja tolmust puhastamine, tööriistade seisukorra perioodiline kontrollimine ja nende remontimine. Peale selle tuleb jälgida, et tööriistad töötamisel tugevasti ei kuumeneks, sest ülekuumenemisel nad pehmenevad, painduvad ja muutuvad sageli kasutamiskõlbmatuks. Töötamise ajal tuleb tööriistu jahutamiseks sagedamini vette kasta.

Sepatornidel, sepameislitel ja muudel selletaolistel sepatööriistadel ei tohi löögiotsa (seda osa, millele antakse vasaraga lööke) karastada, kuna tugevate löökide puhul võiksid metallikillud eemale lennata ja seppa vigastada. Enne töö alustamist tuleb hoolikalt kontrollida käsi- ja suurvasarate kinnitust varre otsa.

§ 50. ÜLDANDMEID KÄSISEPISTAMISEST

Ääsil või väiksemas ahjus sepistamise temperatuurini kuumutatud metallitüki asetab sepp alasile ja hoiab seda vasakus käes olevate pihtidega. Pealelööja lööb suurvasaraga kuuma metallitüki sellele kohale, millele osutab sepp paremas käes oleva käsivasara kerge löögiga. Kui tekib vajadus ühe või teise tööriista (sepameisli, venituspinni jne.) järele, võtab sepp selle tööriista vartpidi paremasse kätte vasara asemele ja pealelööja lööb suurvasaraga tööriista löögiotsale.

Kui sepise temperatuur langeb allapoole antud terasemargi jaoks lubatavat alampiiri, kuumutatakse sepist uuesti sepistamistemperatuurini ja jätkatakse sepistamist. Mõnikord tuleb sepist kuumutada 4—6 korda, enne kui saadakse nõutava kuju ja mõõdetega toode.

Sellele vaatamata, et sepal tuleb valmistada kujult ja mõõdetelt erinevaid sepiseid, kasutab ta ühe- ja samasuguseid võtteid, rakendades neid ainult erinevas järjekorras. Sepistamisel kasutatavate võtete arv ei ole üldiselt suur. Niisuguste, niinimetatud põhivõtete hulka kuuluvad: 1) venitamine; 2) raiumine; 3) jämendamine; 4) painutamine; 5) augulöömine; 6) väänamine; 7) sepakeevitamine; 8) silumine.

Iga sepp peab püüdma valmistada sepist võimalikult väiksema arvu võtete rakendamisega, et seega vähendada ka metalli kuumutuste arvu. Kõrge kvaliteediga sepise valmistamine väikseima füüsilise jõu ja ajakuluga sõltub sepa oskusest.

Sepa töö on keeruline ja nõuab kõrget kvalifikatsiooni. Selle aja jooksul, kui raud ääsil kuumeneb, peab sepp endale mõttes selgeks tegema kõik operatsioonid, mis temal tuleb kuuma metalliga teha. Halb on see sepp, kes kuuma metalli alasile asetamisel ei tea, millest alustada.

Õnnetusjuhtumite vältimiseks ja ohutustehnika reeglitest kinnipidamiseks tuleb:

1) kasutada niisuguseid pihte, mille mokad vastavad sepise kujule;

2) jälgida, et käsi- ja suurvasarad oleksid kindlalt varre otsa kinnitatud;

3) hoolikalt puhastada metallharja või kraabi abil tagist kuum toorik ning samuti alasi; alasi puhastamine kätega, isegi kui need on kinnastes, ei ole lubatud;

4) hoolitseda selle eest, et alasi ei oleks märg ega õline;

5) mingil juhul mitte sepistada külma või ülepõletatud metalli;

6) hoida töökoht puhtana, mitte lastes sinna koguneda jäätmeid, sepiseid, maharaiutud tuliseid tükke ning muud, mis segab tööd ja võib põhjustada õnnetusjuhtumeid;

7) töötada ohutustehnika reeglites ettenähtud eririietuses.

Enne töö alustamist peab sepp:

1) kontrollima seadmete korrasolekut, puhastama alasi töötavosad tagist, õlist ja veest;

2) välja valima tööks tarvilikud tööriistad, kontrollima nende korrasolekut; kui tööriistad on märjad või õlised, need lapiga kuivaks pühkima; soojendama enne töö alustamist lööke taluvaid tööriistu;

3) kontrollima antud tööks tarvilike toorikute olemasolu, üle vaatama toorikud ja veenduma nende heas kvaliteedis;

4) korrastama töökoha.

Töötamise ajal peab sepp:

1) kasutama tööriistu ainult selleks, milleks nad on ette nähtud;

2) hoidma seadmeid ja tööriistu vigastuste eest, perioodiliselt puhastama alasit tagist;

3) mitte laskma töökohale koguneda sepiseid ega jäätmeid, laduma need selleks ettenähtud kohta.

Töö lõpetamisel peab sepp:

1) tööriistad lapiga puhtaks pühkima ja asetama need oma kohtadele;

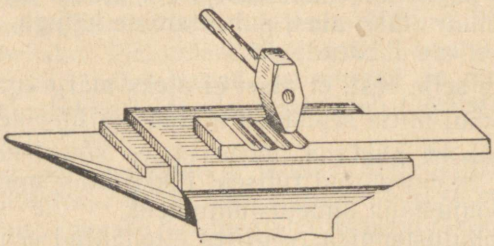
2) sepised ja jäätmed korralikult üles laduma selleks ettenähtud kohta;

3) korrastama oma töökoha.

§ 51. VENITAMINE

Venitamiseks nimetatakse niisugust sepistamisoperatsiooni, mille abil vähendatakse tooriku ristlõiget ja suurendatakse selle pikkust. Seejuures venitatakse metallikiud pikemaks enam-vähem ühtlaselt kogu tooriku ristlõikes.

Venitamisoperatsioon seisab praktiliselt selles, et ääsilt võetud ja alasile paigutatud toorikut taotakse kas otse käsi- või suurvasaraga või venitusriistade kasutamisel. Löökide kohal muutub sepis õhemaks, kuid seejuures ka pikemaks ja laiemaks. Siis pööratakse sepist 90° võrra (kanditakse seda) ja antakse lööke laienenud kohale, mille tagajärjel sepise laius väheneb, pikkus aga suureneb.



Joon. 72. Lati venitamine.

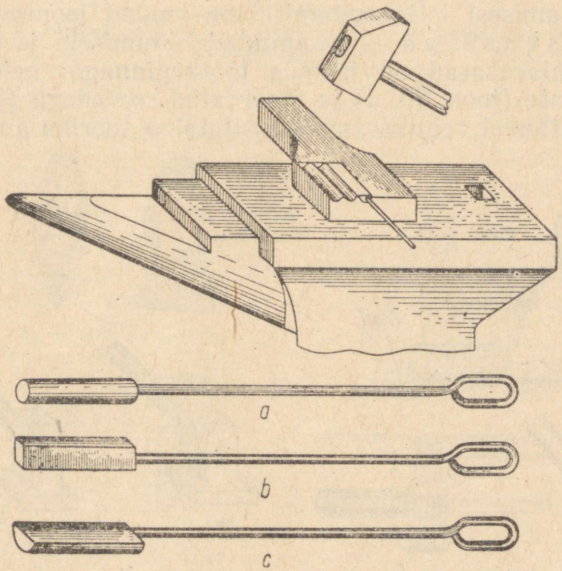
Tagumist jätkates pööratakse kogu aja sepist 90° võrra niikaua, kui on saavutatud nõutav pikkus ja ristlõige.

Kui tootel on tarvis suurendada nii pikkust kui ka laiust, siis taotakse seda käsi- või suurvasara laubaga, asetades toote lapiti alasile. Kui aga on tarvis suurendada ainult pikkust, siis kasutatakse kas käsi- või suurvasara kitsast pinni või kitsast venitusvasarat (lamedat või poolümmargust), millele antakse lööke vasara laubaga.

Kitsa tööriista kasutamisel edeneb venitamine kiiremini (joon. 72). Pärast venitamist silutakse sepise pinda silumisvasarate abil.

Venitamisel annab kõige paremaid tulemusi ruudukujuline ristlõige. Kui ümmargust toorikut on vaja ümber taguda peenemaks, siis sepistatakse talle kõigepealt ruudukujuline ristlõige, venitatakse see nõutava mõõteni, edasi sepistatakse ruudukujulise ristlõikega toorik kaheksakandiliseks ja kaheksakandiline ümmarguseks. Kui hakata ümmargust toorikut venitama korraga, ruudule, kaheksanurgale ja siis uuesti ringile minemata, siis puutub suurvasara laup metalliga kokku ainult väikesel pindalal, metall pikeneb aeglaselt ja ainult pinnalt, metalli sisemisi kihte ei taota läbi ja sepises võivad seetõttu tekkida praod.

Sepatöödel kasutatakse ka ristsuunas venitamist, mispuhul toorik suureneb rohkem laiuselt kui pikkuselt.



Joon. 73. Tooriku ristsuunas venitamine:
a — ümmargune venitusraud; *b* — neljakandiline venitusraud; *c* — poolümmargune venitusraud.

Ristsuunas venitamist alustatakse tooriku keskkohast. Tooriku keskkohale asetatakse kitsas venitusraud (joon. 73, *a*, *b*, *c*), millele lüüakse suurvasaraga; suurvasara löögijõud kandub venitusraua kaudu metallile edasi väikesel pindalal; seejärel paigutatakse venitusraud veidi paremale, siis vasakule jne. Liikudes sel viisil venitusrauaga lati keskkohast selle äärte poole, nihutatakse metalli järk-järgult keskelt äärte poole, mille tagajärjel metall laieneb. Pärast ristsuunas venitamist venitusrauaga silutakse latti lameda silumisvasaraga (joon. 75) või suurvasara laubaga.

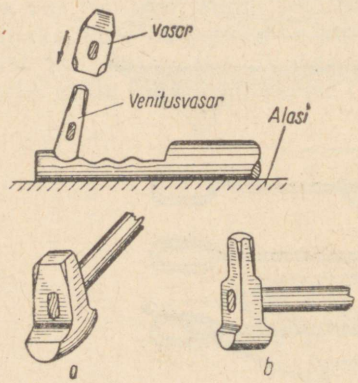
Venitamisel kasutatavad tööriistad

Peale eespool kirjeldatud sepatööriistade kasutatakse venitamisel veel järgmisi tähtsamaid tööriistu.

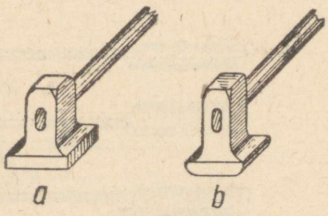
Venitusrauad — metalli venitamiseks piki- ja ristsuunas. Venitusraudasid on kõige mitmekesisema kujuga. Joonisel 73, *a* on kujutatud ümmargune venitusraud, joonisel 73, *c* — poolümmargune ja joonisel 73, *b* — lame. Viimast kasutatakse sepise pinna tasandamiseks pärast metalli venitamist.

Venituspinnid (joon. 74) — metalli venitamiseks ja rennide ning nõguspindade väljatagumiseks. Venituspinnid valmistatakse tööriistaterasest, karastatakse, nende töötavots aga lihvitakse. Venituspinnisid on kõige mitmekesisema kujuga. Joonisel 74, *a* on kujutatud rennide ja nõguspindade sepistamiseks kasutatav pinn; joonisel 74, *b* näidatud pinni kasutatakse venitamiseks. Näide pinni kasutamisest lati venitamisel on toodud joonisel 74 üleval.

Silumisvasarad — tasapindade silumiseks ja viimistlemiseks. Silumisvasarad on lameda töötavpinnaga; neid valmistatakse teravate (joon. 75, *a*) ja ümardatud servadega (joon. 75, *b*). Pärast venitamist venitusraua abil silutakse tooriku pinda silumisvasaraga.



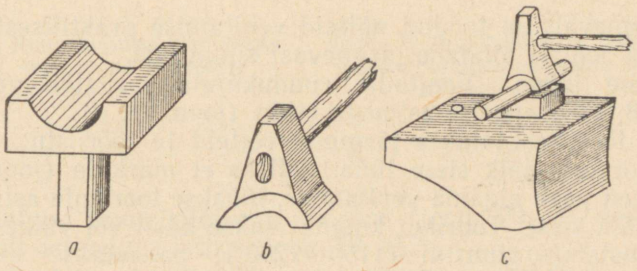
Joon. 74. Venituspinnid:
a — rennide kujundamiseks; *b* — lati venitamiseks.



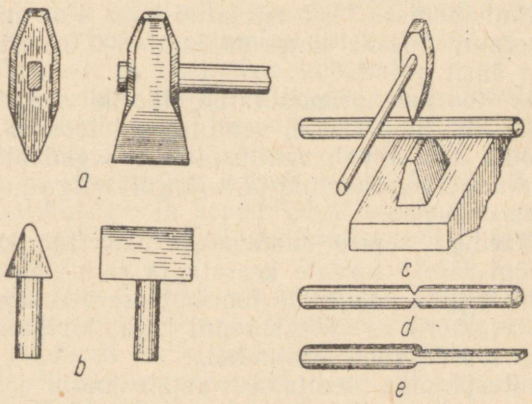
Joon. 75. Silumisvasarad:
a — teravate servadega; *b* — ümardatud servadega.

Pindade silumisel tuleb silumisvasaratele lüüa kergemini, kuna metalli suurem deformeerimine pole tarvilik, on vaja ainult ebatasasuste silumist ja tooriku viimist nõutud mõõdetesse.

V o r m p i n n i d — ümmarguste toodete venitamiseks-silumiseks. Vormpinn (joon. 76) koosneb kahest poolest — alumisest ja ülemisest. Alumine (joon. 76, *a*) kinnitatakse oma sabaga alasile. Ülemine (joon. 76, *b*) on varustatud puitvarrega ja sepp asetab selle sepise peale. Vormpinni ülemisele osale annab pealelööja suurvasaraga lööke. Joonisel 76, *c* on toodud näide ümmarguse sepise venitamisest-silumisest vormpinnide abil. Peale ümmarguste kasutatakse ka teistsuguse ristlõikega, näiteks kuuekandilisi vormpinne — poldipeade viimistlemiseks jne.



Joon. 76. Vormpinn:
a — alumine pool; *b* — ülemine pool; *c* — ümmarguse sepise venitamine-silumine.



Joon. 77. Märkimispinnid:
a — ülemine märkimispinn; *b* — alumine märkimispinn; *c* — märkimispinni kasutamine; *d* — sälkudega märgitud toorik enne venitamist; *e* — venitatud otsaga toorik.

Märkimispinnid — metalli üleminekukohtade märkimiseks. Märkimine peab näitama koha, kus toimub metalli üleminek ühelt ristlõikelt teisele, näiteks koha, kust peab algama venitamine. Märkimispinn koosneb kahest osast — alumisest, mis käib oma sabaga alasi auku, ja ülemisest, mis on kinnitatud puitvarre otsa ja mille sepp asetab märgitavale metallile. Joonisel 77, *a* on toodud ülemine märkimispinn, joonisel 77, *b* — alumine. Märkimine on sepistamisel tavaliselt esimeseks operatsiooniks. Lüües ülemise ja alumise märkimispinni, nagu näidatud joonisel 77, *c* vajaliku sügavuseni metalli sisse, valmistab sepp tooriku ette järgnevaks venitamiseks. Joonisel 77, *d* on kujutatud märgitud toorik enne venitamist, joonisel 77,*e* aga venitatud otsaga toorik.

Näiteid venitamise ja silumise rakendamisest

Alljärgnevalt on toodud näiteid venitamise praktilisest kasutamisest ja sepiste pindade järgnevast silumisest.

Esimene juhus. Venitada ruudukujulise ristlõikega toorik (joon. 78, *a*) ühepoolse astmega latiks (joon. 78, *d*).

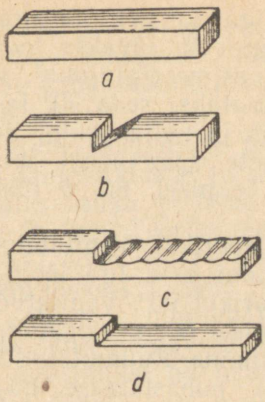
Sellel tööl kasutatakse järgmisi võtteid ja tööriistu:

1. Toorikule sälk sisse lüüa. Selleks et märkida (joon. 78, *a*) kohta, kust peab algama venitamine, lüüakse toorikule astme sügavuseni sälk sisse. Toorikut kuumutatakse ääsil või väikeses ahjus sepistamistemperatuurini (1150—1200°), haaratakse siis ühest otsast nurkmokkadega pihtide vahele, pihtide pidemetele asetatakse rõngas ja toorik toimetatakse alasile. Teras-meetermõõdu või -joonlauaga mõõdetakse kaugus, millest alates ruutristlõikega toorik tuleb venitada latiks. Sellele kohale asetab sepp märkimispinni, kuna pealelööja lööb suurvasara kergete löökidega märkimispinni tera astme sügavuseni metalli sisse. Pärast sälgu märkimist on toorikul joonisel 78, *b* näidatud kuju. Kui märkimise ajal tooriku temperatuur peaks langema kuni 800°-ni, siis kuumutatakse toorikut ääsil uuesti.

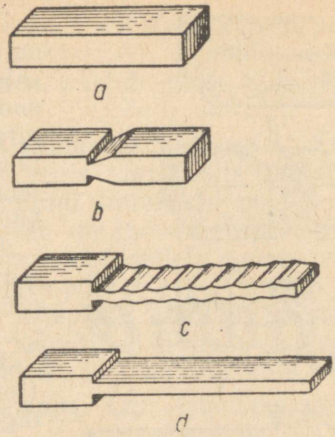
2. Venitada toorikut. Kuumutatud toorik asetatakse tagist puhastatud alasile. Sepp asetab venituspinni tooriku venitatavale osale, pealelööja aga annab venituspinnile sagedaid ja tugevaid lööke. Sepp nihutab venituspinni järk-järgult sälgu juurest tooriku venitatava osa otsa poole.

Hea kvaliteediga sepise saamiseks tuleb toorikut iaeg-ajalt (iga 2—3 löögi järel) servale keerata ja selles asendis kergete löökidega läbi taguda. Õhukeste toorikute serviti sepistamisel on vaja jälgida, et toorik ei võtaks renni kuju; läbipaindumise tekkimisel tuleb toorik kohe õgvendada.

Pärast venituspinniga venitamist võtab toorik joonisel 78, *c* näidatud kuju, s. t. venitatud osa on pealt ebatasane. Tooriku venitatud osa pealmise pinna silumiseks tasandatakse seda lameda silumisvasaraga (joon. 75, *a*), misjärel ta võtab joonisel 78, *d* näidatud kuju.



Joon. 78. Ruudukujulise ristlõikega tooriku venitamine ühepoolse astmega latiks.



Joon. 79. Ruudukujulise ristlõikega tooriku venitamine kahepoolse astmega latiks.

Teine juhus. Ruutristlõikega tooriku (joon. 79, *a*) venitamine kahelt poolt astmetega latiks (joon. 79, *d*).

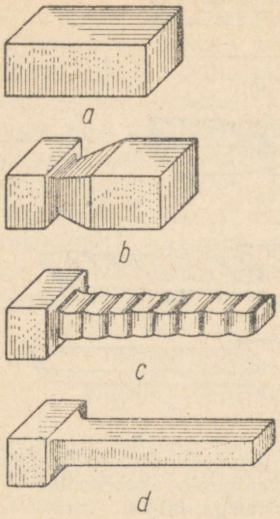
Sepistamisel kasutatakse järgmisi võtteid ja tööriistu:

1. Toorik kahelt poolt sälkudega märkida. Kuumutatud toorik asetatakse alasi auku pistetud alumisele märkimispinnile, sepp asetab ülemise märkimispinni toorikule ning pealelööja lööb suurvasaraga kergelt ülemisele märkimispinnile. Ülemine ja alumine märkimispinn lõikuvad nõutava sügavuseni metallisse. Pärast sälkude sisselöömist on toorikul joonisel 79, *b* näidatud kuju. Ülemise märkimispinni kohaleasetamisel tuleb jälgida, et see asetseks toorikul vertikaalselt ja alumisega kohakuti.

2. Venitada toorikut. Pärast sälkudega märkimist venitatakse toorikut venituspinnide abil samuti nagu esimesel juhul. Algul venitatakse venituspinni abil ühelt poolt, siis aga pööratakse toorikut 180° ja venitatakse teiselt poolt. Iga 2—3 löögi järel pööratakse toorikut 90° ja sepistatakse toorikut suurvasara kergete löökidega serviti. Pärast venitamist võtab toorik joonisel 79, *c* näidatud kuju.

3. Pinna silumine. Tooriku venitatud osa kujuneb, nagu esimesel juhulgi, ebatasaseks. Pinna silumiseks toorik kuumutatakse, puhastatakse hoolikalt tagist ja silutakse venitatud osa mõlemalt poolt lameda silumisvasaraga (vt. joon. 75, *a*), misjärel sepis võtab joonisel 79, *d* näidatud kuju.

Kolmas juhus. Tooriku venitamine ruudukujuliseks. Et venitada ruudukujulise ristlõikega tooriku (joon. 80, *a*) ots väiksema ristlõikega ruuduks (joon. 80, *d*), on tarvis:



Joon. 80. Tooriku venitamine ruudukujulisele ristlõikele.

1. Tooriku iga külg sälkudega ära märkida. Kõigepealt lüüakse toorikule sälgud, nagu esimeselgi juhul, kahelt poolt, siis pööratakse seda 90° ja märgitakse kolmas ja neljas külg. Sälgud lüüakse astmete sügavuseni, misjärel toorik võtab joonisel 80, *b* näidatud kuju.

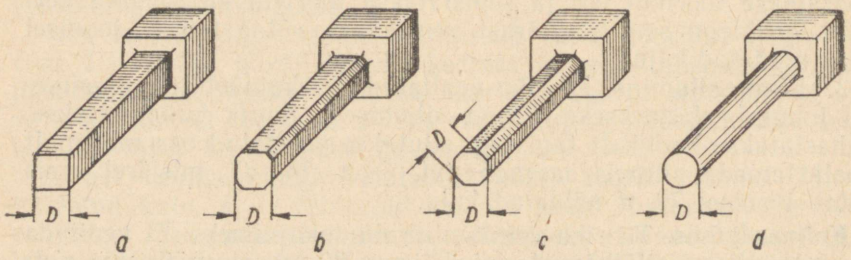
2. Venitada toorikut. Venitamine toimub venituspinni abil. Iga löögi järel pööratakse toorikut 90°. Venitatud toorik võtab joonisel 80, *c* näidatud kuju.

3. Pinna silumine. Kuumutatud toorik (joon. 80, *c*) puhastatakse hoolikalt tagist ja silutakse lameda silumisvasaraga. Iga kahe-kolme löögi järel pööratakse toorikut 90° võrra. Pärast silumist võtab toorik joonisel 80, *d* näidatud kuju.

Neljas juhus. Ruutristlõikega tooriku ümmarguseks venitamine. Suurema venitamise puhul ei tohi toorikut ruudult kohe ümmarguseks venitada, kuna siis tekivad toorikus praod. Kõigepealt tuleb ruut venitada väiksemaks, nii et venitatud ruudu külg võrduks nõutava ringi läbimõõduga või oleks sellest veidi suurem.

1. Tooriku venitamisel ruuduks on kasutatavad võtted ja tööriistad samasugused nagu kolmandalgi juhul. Pärast venitamist on toorikul joon. 81, *a* näidatud kuju.

2. Neljakandilise tooriku sepistamine kaheksakandiliseks. Pärast tooriku kuumutamist ja tagist puhastamist taotakse üle selle servad, milleks sepp asetab pihtide vahele haaratud tooriku serviti alasile, kuna pealelööja lööb suurvasara kiirete ja tugevate löökidega need servad maha. Iga kahe-kolme löögi järel pööratakse toorikut 90°, s. t. servad lüüakse maha piki toorikut järk-

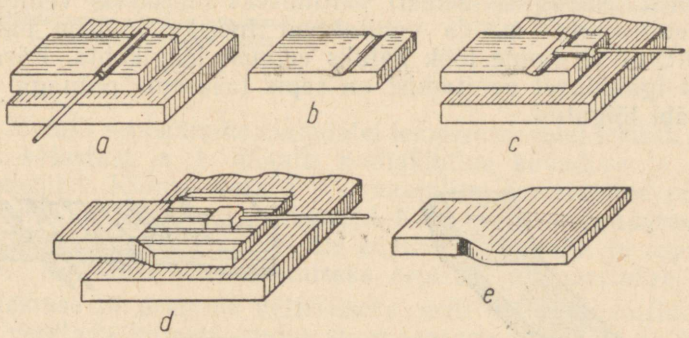


Joon. 81 Ruudukujulise ristlõikega tooriku ümmarguseks venitamine.

järgult kõigilt neljalt poolt. Pärast sellist sepistamist, s. t. pärast servade mahalöömist võtab toorik joonisel 81, *b* näidatud kuju. Pärast kaheksakandiliseks sepistamist vastab tema kuju joonisele 81, *c*.

3. Kaheksakandilise tooriku sepistamine ümmarguseks. Kõigepealt kuumutatakse ja puhastatakse sepis tagist, siis asetatakse see alasi auku pistetud ümar-vormpinni alumisele poolele (vt. joon. 76, *a*). Tooriku peale asetatakse ümar-vormpinni ülemine pool (vt. joon. 76, *b*) ning peatelööja annab sellele suurvasaraga kergeid lööke (vt. joon. 76, *c*). Seejuures pöörab sepp toorikut selle telje ümber ja nihutab järk-järgult ettepoole niikaua, kui toorik on täielikult nõutavale läbimõõdule sepistatud. Pärast ümmarguseks sepistamist on toorikul joonisel 81, *d* näidatud kuju.

Viies juhus. Lati venitamine laiemaks. Lati laiemaks venitamiseks on tarvis:



Joon. 82. Lati laiaks venitamine.

1. Toorik sälguga ära märkida. Kuumutatud toorik asetatakse alasile, meetermõõduga või terasjoonlauaga mõõdetakse kaugus, millest alates latti tuleb laiemaks venitada. Seejärel asetatakse risti latile peenike ümmargune venitusraud (joon. 82, *a*), mis surutakse kerge vasaralöögiga nõutava sügavuseni metalli sisse. Pärast sälgu löömist võtab latt joonisel 82, *b* näidatud kuju.

2. Latt laiemaks venitada. Laiemaks venitatava latiosa keskkohta asetatakse piki latti peenike ümmargune venitusraud; lati venitamine toimub venitusrauale antavate kergete suurvasara löökidega (joon. 82, *c*).

Venitusrauda paigutatakse latil ümber ühtlaselt: kord paremale, kord vasakule. Pärast venitamist võtab latt joonisel 82, *d* näidatud kuju.

3. Siluda tooriku ebatasast pinda. Pärast venitusrauaga venitamist jääb lati pind ebatasaseks. Ebatasuste kaotamiseks silu-

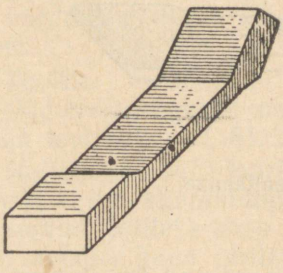
takse kuumutatud ja tagist puhastatud toorikut lameda silumisvasaraga (joon. 82, *d*). Pärast silumist on toorikul joonisel 82, *e* näidatud kuju.

Defektid venitamisel

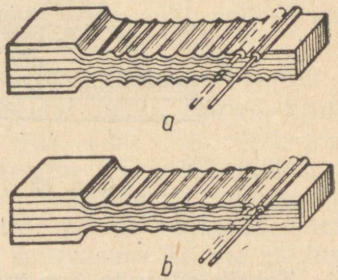
Venitamisel võivad esineda järgmised defektid.

1. Tooriku paindumine (mõõgataoline kuju), mis tekib tooriku ühepoolsel, ilma pööramiseta sepistamisel (joon. 83). Peale selle võib sepis kõveraks tõmbuda, kui kuumutamine on paksuse suunas ebaühtlane. Et venitamisel vältida paindumist, tuleb toorik kuumutada sepistamistemperatuurini kogu paksuses. Venitamise vältel tuleb toorikut iga kahe-kolme löögi järel 180° võrra pöörata.

2. Kui toorikut venitatakse venitusraudade või venituspinnide abil ja seejuures taotakse sisse sügavaid sooni, võidakse metallikiud läbi lõigata, mis põhjustab metalli mehaaniliste omaduste alanemist. Niisuguse defekti vältimiseks on tarvis venitusrauda või venituspinni mööda venitatavat toorikut ümber paigutada selliselt, et järgmine löök kataks eelmist löögikohta. Pärast niisugust igakülgset venitamist on sepis tasasema pinnaga ja kiud pole läbi lõigatud.



Joon. 83. Tooriku paindumine ilma pööramiseta sepistamisel.



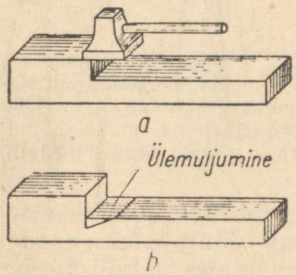
Joon. 84. Metallikiudude asetus venitamisel:
a — venitusraua ebaõige ümberasetamine;
b — venitusraua õige ümberasetamine.

Joonisel 84, *a* on toodud näide venitusraua ebaõigest ümberasetamisest piki toorikut; sooned on toorikusse löödud liiga sügavad, mistõttu kiud on läbi lõigatud. Joonisel 84, *b* on toodud näide venitusraua õigest ümberasetamisest.

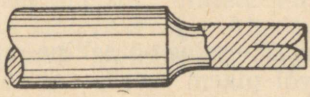
3. Tööriistade ebaõigest toorikule asetamisest tekivad sisse muljutused.

Joonisel 85, *a* on toodud näide silumisvasara ebaõigest pealeasetamisest tooriku pinna silumisel. Joonisel 85, *b* on toodud näide seetõttu rikutud sepisest.

4. Kui ümmargune või neljakandiline toorik venitada kohe ümmarguseks, siis saab metall tooriku paksuses ebaühtlaselt läbi taotud — pikenevad ainult metalli väliskihid ja sellest võivad tekkida telgpraod. Joonisel 86 on toodud näide prao ja nõgusa otsa tekkimisest ümmarguse tooriku venitamisel otse peenemaks ümmarguseks vardaks; venitamine toimus nõrkade löökidega.



Joon. 85. Pealemuljumise tekkimine toorikul:
a — silumisvasara ebaõige pealeasetamine;
b — pealemuljumisega sepis.



Joon. 86. Prao ja nõgusa otsa tekkimine sepise ebaõigel venitamisel.

5. Metalli sepistamine madalatel temperatuuridel tekitab niinimetatud kalestust, s. t. metalli pinnakihtide kõvaduse ja hapruse suurenemist. Külma metalli pikemaajaline sepistamine põhjustab nii pinna- kui ka sisemisi pragusid. Kalestus on parandatav defekt, kuid pragusid parandada ei ole enamasti võimalik ja sepis läheb praaki. Kalestuse kõrvaldamiseks sepiseid lõõmutatakse.

Kalestuse ja pragude vältimiseks, eriti õhukeste lattide puhul, tuleb venitada kiiresti, andes suurvasaraga sagedaid ja tugevaid lööke ning toorikut kogu aja 90° võrra pöörates. Jahtunud toorikut venitada ei tohi, vaid tuleb uuesti kuumutada sepistamise temperatuurini.

§ 52. RAIUMINE

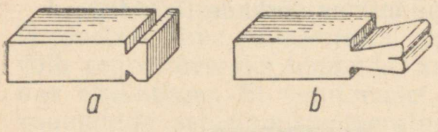
Raiumine on operatsioon, kus tooriku või sepise küljest eraldatakse osa metalli. Raiumise teel kõrvaldatakse tooriku või sepise pinnalt pragusid ja muid vigaseid kohti.

Käsisepistamisel kasutatakse kahte raiumisviisi: a) sisseraiumine (osaliste sisselõigete tegemine) ja b) maharaiumine (tüki eraldamine).

Sisseraiumisel tehakse toorikusse teatava sügavusega sisselõige. Sisseraiumist kasutatakse astmete saamiseks. Sisseraiumise operatsiooni nimetatakse teisiti sälkudega märkimiseks. Eespool oli toodud näiteid sisseraiumise ehk sälkude sisselöömisega märkimise kasutamisest ühe-, kahe- ja neljapoolsete astmetega venitamisel.

Sepp peab meeles pidama, et sälkusid ei tohi teha liiga tooriku otsa lähedale, sest järgneval saba venitamisel võib tooriku ots painduda nõgusaks ja sepis läheb praaki.

Joonisel 87 on toodud näide nõgusa otsa ja telgpragude tekkimisest seetõttu, et sisseraiumine toimus tooriku otsale liiga lähedal.



Joon. 87. Telgpragude ja nõgusa otsa tekkimine sepisel *b*, kui sisseraiumine on toimunud tooriku *a* otsale liiga lähedalt.

Maharaiumine on selline raiumisviis, kus toorik eraldatakse sepisest või pikem toorik raiutakse üksikuteks nõutavateks osadeks. Metalli võib raiuda nii külmalt kui ka kuumalt. Metalli külmaltraiumine on ohtlik, sest lahtiraiutavad metallitükid võivad kaugele eemale lennata ja töölisi vigastada. Seepärast tuleb külmalt raiumisel kinni pidada kõikidest soovitatavatest ettevaatusabinõudest ja eelkõige piirata töökoht ning keelata töölistel viibida tooriku maharaiutava otsa pool.

Paksude või laiade lattide külmaltraiumine nõuab palju aega. Peale selle tuleb sagedasti tööriistu korrastada. Metallis võivad raiumisel tekkida suured pinged ja isegi praod. Seepärast raiutakse külmalt ainult pehmest terasest õhukesi ja kitsaid latte. Eriti kõrgesti legeeritud teraseid ei saa külmalt raiuda, sest katkiraiumise kohtades tekivad toorikute otstel suured sisepinged ja võivad tekkida ka praod.

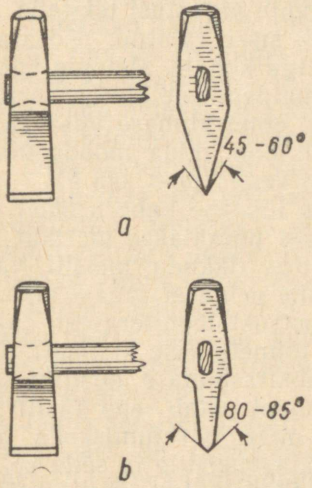
Metalli kuumaltraiumiseks kuumutatakse see ääsil või ahjus helekirsspunase hõõgumiseni, s. t. temperatuurini 850—950°C.

Raiumisel kasutatavad tööriistad

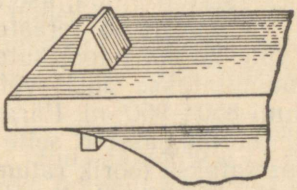
Käsiraiumiseks kasutatakse sepameislit. Sepameislid on mitmesugused, sõltuvalt sellest, kas neid kasutatakse külma või kuuma metalli raiumiseks. Kuuma metalli raiumise meislid erinevad külma metalli raiumise meislitest tõmbima otsa poolest. Külma metalli meisli lõikeserv teritatakse 45—60° nurga all, kuuma metalli meisli lõikeserv aga 80—85° nurga all.

Joonisel 88, *a* on kujutatud külma metalli meisel, joonisel 88, *b* — kuuma metalli meisel. Sepameislid valmistatakse kõvast tööriistaterasest. Pärast sepistamist meisli lõikeosa karastatakse. Meisel kas asetatakse puitvarre otsa või kinnitatakse tema külge rauddraadist kokkukeeratud käepide. Metalli kuumaltraiumisel on tarvis meisli lõikeosa külmas vees jahutada, sest vastasel korral kaotab ta kuumenedes oma kõvaduse ja muutub töötamiseks kõlbmatuks. Külma metalli meisli lõikeosa määritakse masinaõliga, mistõttu selle püsivus suureneb.

Meisliga raiumisel antakse vasaralööke meisli ülemisele otsale, mis valmistatakse veidi kumerana. Raiumise kergendamiseks kasutatakse sageli alasimeisliks nimetatavat tööriista (joon. 89). Alasimeislil on neljakandiline saba, millega ta pistetakse alasi auku. Alasimeisli ülemine ots teritatakse (nagu sepameislitelgi). Teritusnurk sõltub sellest, kas metalli raiutakse külmalt või kuumalt. Alasimeisel pistetakse alasi auku, sellele asetatakse metall ja hoitakse alasimeisli lõikeserva kohal sepameislit, millele antakse lööke suurvasaraga. Alasimeisli abil toimub raiumine väga kiiresti.



Joon. 88. Sepameislid: *a* — külma metalli jaoks; *b* — kuuma metalli jaoks.

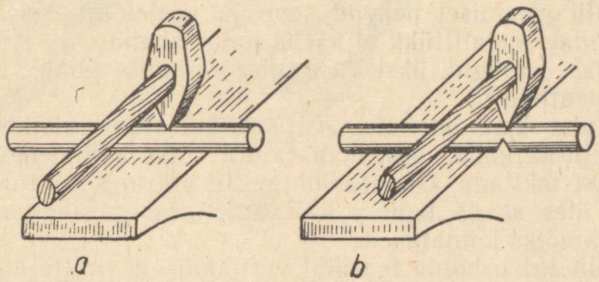


Joon. 89. Alasimeisel.

Alasimeislid valmistatakse kõvast tööriistaterasest ning karastatakse ja noolutatakse pärast sepistamist.

Raiumise näiteid ja viise

Selleks et toorikut külmalt katki raiuda, märgib sepp kriidiga kõigepealt selle koha, kust toorik tuleb tükeldada. Alasile asetatud toorikut vasaku käega kinni hoides asetab ta parema käega



Joon. 90. Varda katkiraiumine külmalt.

sepameisli (joon. 90, *a*) raiumiskohale. Sepameislile vasaralööke andes teeb pealelööja sisselõike ligikaudu kuni tooriku poole paksuseni.

Raiumisel peab sepp jälgima, et toorik asetseks tihedalt alasil ja sepameisel seisaks täiesti vertikaalselt, sest vastasel korral lendab meisel vasaralöögist eemale ja võib vigastusi tekitada.

Pärast seda, kui ühelt poolt on sälk sisse raiutud, pööratakse toorikut 180°. Sepameisel asetatakse sälgu kohale. Meislile antava mõne vasaralöögiga raiutakse lahti eemaldamisele kuuluv metallitükk. Enne lõplikku lahtiraiumist (s. t. enne viimase vasaralöögi andmist) asetatakse toorik selliselt, et joon, mida mööda maharaiumine peab toimuma, ühtiks alasi servaga (joon. 90, *b*).

Kui on tegemist kõva metalliga, siis lüüakse kahe asemel neli sälku, s. t. pärast iga sälgu sisselöömist pööratakse toorikut 90°. Õhukese lehtmetalli raiumisel, et mitte rikkuda meislit vastu alasi karastatud pinda, asetatakse alasile pehmest rauast alus.

Eri- ja legeeritud teraste ning konstruktsiooniterasest paksemate (üle 20 mm) toorikute raiumist toimetatakse kuumalt. Toorik kuumutatakse ääsil või ahjus helekirsspunase hõõgumiseni, s. t. kuni 850—950°-ni. Pärast kuumutamist võtab sepp ääsilt pihtidega tooriku, asetab selle alasile ja märgib raiumiskoha. Seejärel asetatakse toorik raiumiskohaga alasimeislile ja selle kohale asetatakse vertikaalselt sepameisel. Pealelööja annab meislile mõne löögi, nii et sepameisli ja alasimeisli vahele jääks veidi läbiraiumata metalli. Sepp peab jälgima, et meisel oleks raiumise ajal alasimeisli kohal. Seejärel asetatakse toorik sisselõikega alasi servale, sisselõikesse asetatakse sepameisel ja sellele antavate kergete löökidega raiutakse toorik lahti.

Ohutustehnika raiumisel

Peale eespool loetletud ohutustehnika reeglite tuleb raiumisel kinni pidada veel järgmistest reeglitest.

1. Tuleb vältida sepameisli löögiotsa laiakstagumist. Meisli laiakstaotud otsa küljest võivad löömisel metallitükid eemale lennata ja töötajaid vigastada.
2. Metalli raiumisel peavad sepp ja pealelööja seisma nii, et eemale lendav metallitükk ei saaks neid tabada.
3. Viimased löögid, ükskõik millise raiumise puhul, tuleb anda väga ettevaatlikult.
4. Raiumise ajal on kategooriliselt keelatud seista maharaiutava metallitüki kohal, sest maharaiutav tükk võib eemale lennata ja vigastusi tekitada. Õnnetusjuhtumite vältimiseks tuleb metalli raiumisel üles seada kantav kaitsekilp alasist sinnapoole, kuhu metallitükk võiks lennata.
5. Meislit tuleb hoida toorikul vertikaalselt (mitte kaldu) ning alasimeisli kasutamisel — selle kohal. Vastasel korral lendab meisel löögist eemale ja võib töötajaid vigastada.

Jämendamiseks nimetatakse sellist sepistamisoperatsiooni, mille puhul suureneb tooriku ristlõige ja väheneb tema pikkus.

Sepatöödel kasutatakse kolme liiki jämendamist: täielikku, otsast ja keskelt jämendamist.

Täielikku jämendamist rakendatakse siis, kui on vaja suurendada tooriku ristlõiget kogu pikkuses. Täielikuks jämendamiseks toorik kuumutatakse ja asetatakse siis alasile vertikaalselt; suurvasaraga lüüakse tooriku ülemisele otsale, mistõttu ta pikkus väheneb, ristlõige aga suureneb.

Otsa jämendamist kasutatakse siis, kui on tarvis laiemaks lüüa tooriku otsa. Keskelt jämendamiseks kuumutatakse ainult tooriku keskkohta, asetatakse siis toorik vertikaalselt alasile ja antakse suurvasaraga lööke tooriku ülemisele otsale, mille tagajärjel tooriku kuumutatud keskosa jämeneb.

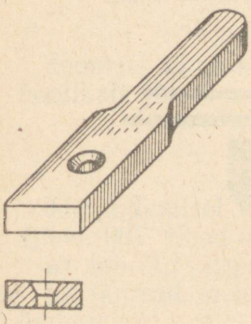
Nendel juhtudel, kui on tarvis jämendada tooriku väiksemat osa, toorik aga on kuumenenud pikemas ulatuses, jahutatakse jämendamisele mittekuuluvaid ning ülearu kuumenenud kohti vette kastmisega.

Jämendamisel metall pundub välja, toorik võtab vaadi kuju. Seepärast on jämendatud tooriku kiud paindunud. Eriti kõva metalli tugeva jämendamise puhul võib ilmneda kiudude lahtikihistumine, mis tekitab pragusid. Et anda metallile pärast jämendamist ühtlast ehitust kogu ristlõikes, peavad jämendatava tooriku kiud ühtima suurvasara löökide suunaga.

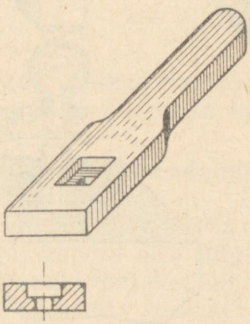
Pehme metall talub jämendamist paremini kui kõva. Mida paksem on toorik, seda rohkem jõudu vajatakse selle jämendamiseks.

Jämendamisel kasutatavad tööriistad ja rakised

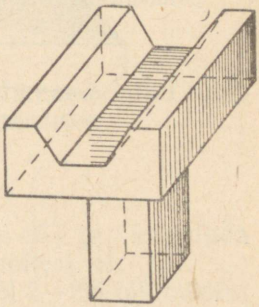
Jämendamisel kasutatakse universaalseid sepatööriistu — alasit, pihte, käsi- ja suurvasarat.



Joon. 91. Naeltoos salapeaga kruvi pea jämendamiseks



Joon. 92. Naeltoos neljakandilise poldipea jämendamiseks.



Joon. 93. Vormpinni alumine pool kuuekandilise poldipea rihtimiseks ja silumiseks.

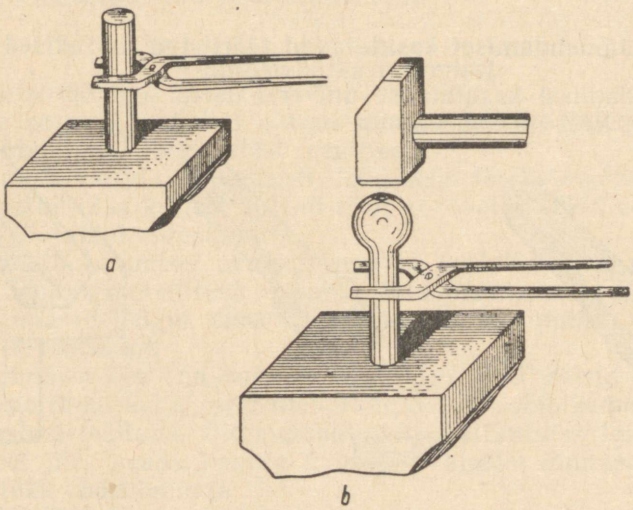
Peale nende tööriistade kasutatakse veel sellest sõltuvalt, missugust toodet jämendamise teel valmistatakse, mitmesuguseid rakiseid. Joonisel 91 on näidatud naeltoos salapeaga kruvi pea jämendamiseks. Joonisel 92 on kujutatud naeltoos neljakandilise poldipea jämendamiseks. Joonisel 93 on kujutatud vormpinni alumine pool, mida kasutatakse kuuekandilise poldipea rihtimiseks ja siiumiseks pärast selle jämendamist naeltoosis.

Jämendamise võtteid ja reegleid

Jämendamiseks tuleb toorikut kuumutada ühtlaselt kogu ristlõikes ja jämendatava osa kogu pikkuses. Metalli kuumutamine peab toimuma kõrge temperatuurini, sõltuvalt terase margist; kuumutustemperatuuri määrab tsehhi meister või tehnoloog. Et jämendamine toimuks ühtlaselt, pööratakse toorikut kogu aja selle telje ümber.

Tooriku jämendatava osa pikkus ei tohi olla suurem kui 2—2,5 läbimõõtu või ruudu küljepikkust, sest vastasel korral toorik jämendamisel paindub. Kui näiteks tooriku läbimõõt on 25 mm, siis jämendatava osa maksimaalseks pikkuseks võib olla $25 \cdot 2{,}5 = 62{,}5$ mm. Kui aga tooriku jämendatava osa pikkus on näiteks 150 mm, siis toorik jämendamisel paindub. Alljärgnevalt tuuakse tooriku jämendamise näiteid.

Esimene juhus. Tooriku otsa jämendamine. Tooriku ots kuumutatakse ääsil sepistamistemperatuurini. Siis asetatakse toorik alasile kuumutatud otsaga ülespoole; vasaku käega hoiab sepp



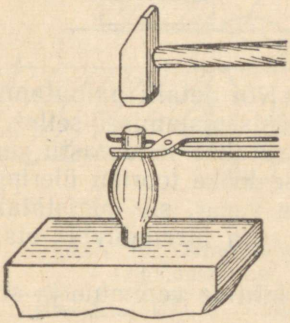
Joon. 94. Tooriku otsa jämendamine:
a — tooriku ülesseadmine jämendamiseks; *b* — tooriku otsa jämendamine.

pihtide abil toorikut, paremaga aga näitab käsivasara abil kohta, kuhu pealelööja peab suurvasaraga lööma. Kui tooriku kuumutatud otsa hoida allpool, siis jääb jämendamisel pea kõrgemaks, selle läbimõõt aga väiksemaks.

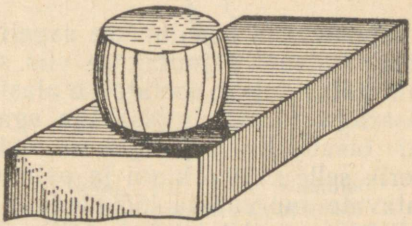
Joonisel 94, *a* on näidatud tooriku asetamine alasile jämendamiseks, joonisel 94, *b* aga — tooriku otsa jämendamine.

Teine juhus. Tooriku keskkoha jämendamine. Tooriku keskkoht kuumutatakse ääsil sepistamistemperatuurini. Seejärel asetatakse toorik alasile vertikaalselt ja hoitakse seda pihtidega jämendamisele mittekuuluvast kohast. Tooriku ülemisele otsale antakse suur- või käsivasaraga lööke, mille tagajärjel jämeneb tooriku keskmine osa. Joonisel 95 on kujutatud tooriku keskkoha jämendamine.

Kolmas juhus. Tooriku täielik jämendamine. Toorik kuumutatakse kogu pikkuses ühtlaselt; seejärel asetatakse toorik alasile vertikaalselt ja hoitakse seda pihtidega keskkohast. Tooriku ülemisele otsale antakse algul kergeid, kuid sagedaid suurvasara lööke. Vastavalt jämenemisele suurendatakse järjest löögi tugevust ja sagedust.



Joon. 95. Tooriku keskkoha jämendamine.



Joon. 96. Tooriku täielik jämendamine.

Joonisel 96 on kujutatud jämendatud toorik. Jämendamisel tuleb hoolikalt jälgida, et toorik ei painduks ega kaarduks.

Defektid jämendamisel

Jämendamisel võib toorik painduda (joon. 97) ja kaarduda (joon. 98). Need defektid võivad olla tingitud sellest, et:

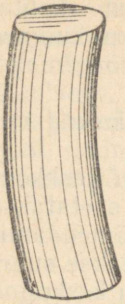
a) tooriku jämendatav osa võetakse pikem kui 2—2,5 läbimõõtu;

b) jämendamisel ei pöörata toorikut kogu aja selle telje ümber;

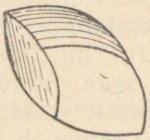
c) lööke antakse tooriku otsa servale, mitte aga selle keskkohale;

d) toorik ei ole kogu paksuses (ristlõikes) hästi läbi kuumutatud;

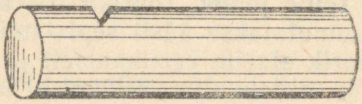
e) toorikut ei õgvendatud, kui see jämendamisel vähe paindus, vaid jätkati jämendamist. Peale paindumise ja kaardumise võivad veel tekkida sälgud (voldid) (joon. 99); need



Joon. 97. Tooriku paindumine jämendamisel.



Joon. 98. Tooriku kaardumine.



Joon. 99. Sälk (volt) toorikul.

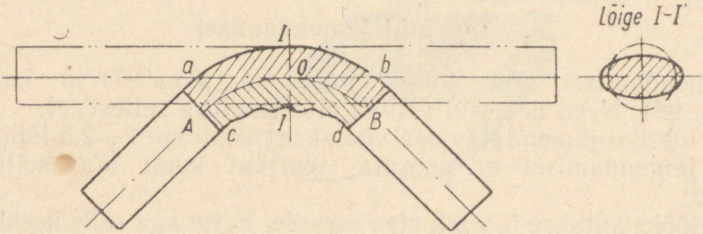
tekivad sageli, kui õgvendatakse tugevasti paindunud toorikut. Peale selle tekivad mõnikord välised ja sisemised praod, kui toorikut pole kuumutatud küllalt kõrge temperatuurini või kuumutati seda ristlõikes ebaühtlaselt.

§ 54. PAINUTAMINE

Sepistamisel kasutatakse sageli tooriku või detaili painutamist. Kõige lihtsam painutamise viis seisab käsisepistamisel selles, et painutatav toorik asetatakse alasile ja surutakse selle vastu suurvasaraga, teise suurvasaraga aga antakse lööke tooriku ülerippuvale otsale. Kui sepikojas on mehaaniline vasar, siis pigistatakse toorik selle vahele kinni ja painutatakse seda ülerippuvale otsale antavate suurvasara löökidega.

Painutamisel toimub metalli välimiste kihtide venimine ja sisemiste kihtide kokkusurumine (joon. 100).

Enne paindumist asetseb metali ühtlaselt kogu lati pikkuses. Painutamise vältel ei toimu metalliga, mis asetseb punktist *A* vasakul ja punktist *B* paremal, mingeid muudatusi. Lati osas, mis asetseb punktide *AOB* vahel, toimuvas järgmised muudatused.



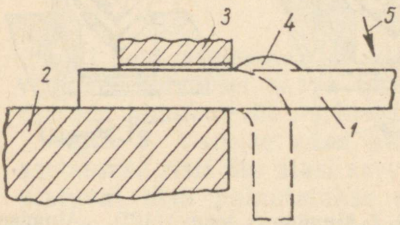
Joon. 100. Metalli deformatsioon varda painutamisel.

Metall, mis asetseb joonest *AOB* kõrgemal, venib, ja seda rohkem, mida kaugemal asetsevad metalliosakesed joonest *AOB*. Allpool joont *AOB* asetsev metall surutakse kokku, ja seda rohkem, mida kaugemal ta asetseb joonest *AOB*.

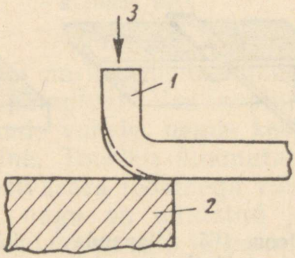
Joonel *AOB* asetsevat metallikihti ei venitata ega suruta kokku. Seda joont nimetatakse neutraalkihiks.

Kui metalli pole enne painutamist küllaldaselt kuumutatud või kui see pole plastiline, võivad painutatud lati välispinnal tekkida praod, sisepinnal aga voldid. Lati ristlõige painutamisel muutub — võtab ovaalse kuju (joon. 100, lõige *I-I*). Lati ristlõike esialgse kuju säilitamiseks on painutamisel tarvilikud järgmised abinõud.

Metalli väliskihti jämendatakse painutamise kohal (joon. 101) ja alles siis alustatakse painutamist. Lisametall jämendatud kohas võimaldab säilitada painutamisel lati ristlõike esialgset kuju. Teise võimalusena võib pärast painutamist latti kokku lüüa (joon. 102).



Joon. 101. Jämendatud lati painutamine:
1 — latt; *2* — alasi; *3* — pinn; *4* — tooriku jämendatud koht; *5* — löögi suund.



Joon. 102. Lati kokkulöömine pärast painutamist:
1 — latt; *2* — alasi; *3* — löögi suund.

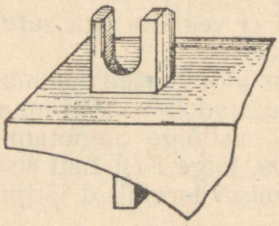
Kuumutada tuleb ainult seda tooteosa, mida tahetakse painutada. Kui aga kuumutatakse pikemat tooteosa, siis paindub metall liiga pikalt ja vajab hiljem õgvendamist.

Pehmest terasest peeni latte painutatakse sageli külmalt.

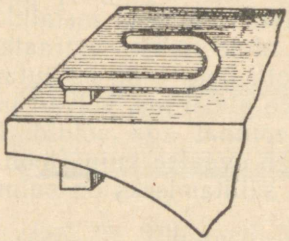
Painutamisel kasutatavad tööriistad ja rakised

Painutamisel kasutatakse mitmesuguseid rakiseid: kahvleid, klambreid, šabloone, allapandavaid stantse jne. Joonisel 103 on kujutatud kahvel alasil painutamiseks, joonisel 104 — klamber alasil painutamiseks. Peale selle kasutatakse painutamisel väga sageli niinimetatud allapandavaid stantse, mis tublisti kergendavad painutusoperatsioone. Joonisel 105 on kujutatud allapandav stants latt- ja ümarmaterjalist klambrite painutamiseks.

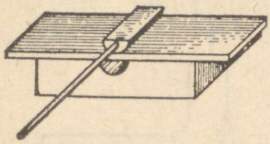
Joonisel 106 on näidatud alumine nurk-vormpinn ja joonisel 107 selle kasutamine lattrauale täisnurga kujundamisel.



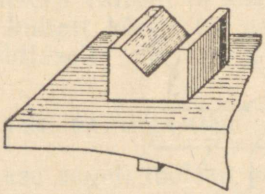
Joon. 103. Kahvel alasil painutamiseks.



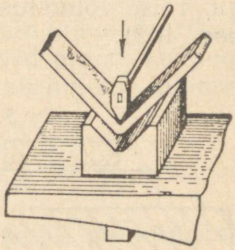
Joon. 104. Klamber alasil painutamiseks.



Joon. 105. Allapandav stants lattraua painutamiseks.



Joon. 106. Alumine nurk-vormpinn alasil painutamiseks.



Joon. 107. Alumise nurk-vormpinni ja venituspinni kasutamine täisnurkade kujundamiseks.

Painutusoperatsioonide näiteid

Näide 1. Ümmarguste varbade painutamine. Hea painutuse saamiseks tuleb ümarvarbade painutamisel nende paindekohta hästi kuumutada. Painutatavad varvad kuumutatakse punase hõõgumiseni, s. t. temperatuurini 800°.

Terasemargist sõltuvalt võib painutamisel kasutatavat kuumutustemperatuuri tõsta — mida kõvem on teras, seda kõrgem peab olema kuumutustemperatuur.

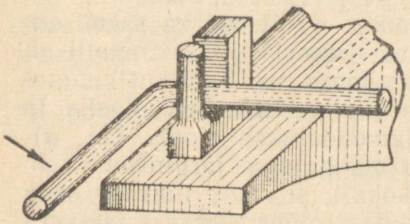
Väga käepäraseks rakiseks peenema ümarraua painutamisel on kahvel (joon. 103). Toorik asetatakse kuumutatud osaga kahvli vahele ja painutatakse siis vabale otsale antavate vasaralöökidega nõutava nurga alla (joon. 108).

Näide 2. Lattide painutamine. Latte on hea painutada kas klambri (vt. joon. 104) või alusnurkvormi (vt. joon. 106) abil.

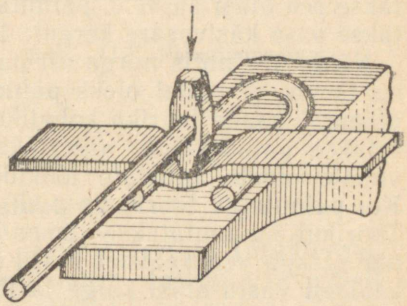
Joonisel 109 on kujutatud lati painutamine klambri abil. Klamber asetatakse alasile; kuumutatud latt asetatakse painutamisele

kuuluva kohaga klambrile. Latile asetatakse venituspinn ja suur- või käsivasara löökidega painutatakse latt nõutava nurga alla.

Joonisel 107 on kujutatud lati painutamise viis alumisel nurkvormil. Nurkvormil painutatakse samuti nagu klambrilgi.



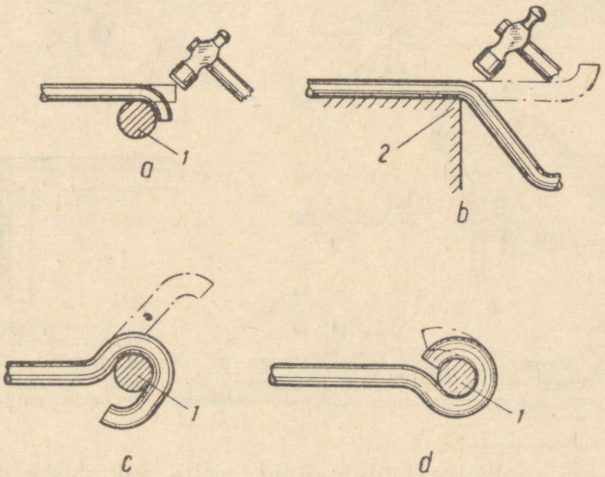
Joon. 108. Varda painutamine kahvli abil.



Joon. 109. Varda painutamine klambri abil.

Latt peab asetsema risti klambri või nurkvormi tahkudega, sest vastasel korral ei saada õiget lati painutust. Venituspinn tuleb asetada klambri või nurkvormi tahkude vahele, nende keskkohta.

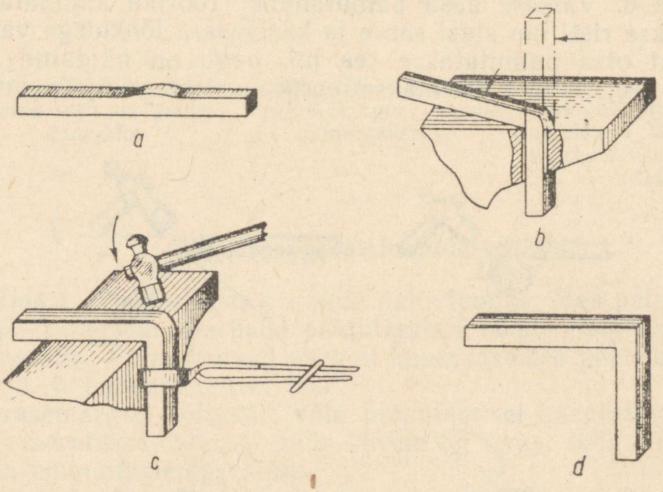
Näide 3. Väikese aasa painutamine. Tooriku kuumutatud ots asetatakse risti üle alasi sarve ja käsivasara löökidega vastu üleulatuvat otsa painutatakse see nii, nagu on näidatud joonisel 110, *a*. Seejärel aga asetatakse toorik alasi servale ja painutatakse



Joon. 110. Raudvardale aasa painutamine:
1 — alasi sarv; *2* — alasi.

tooriku otsa 60—70° võrra nii, nagu on kujutatud joonisel 110, b; tooriku painutatud otsa pikkus peab seejuures võrduma aasa laotise pikkusega neutraaljoonel. Nüüd pööratakse toorikut 180° võrra, asetatakse see risti üle alasi sarve ja painutatakse aasa edasi (joon. 110, c). Edasi pööratakse toorikut uuesti 180°, asetatakse see alasi sarvele, painutatakse aasa ots oma kohale ja silutakse aasa käsivasara kergete löökidega (joon. 110, d).

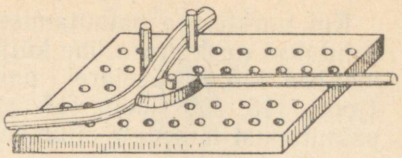
Näide 4. Kantis nurga all painutamine. Kantis nurga saamiseks on tarvis, et tootel oleks paindekohas lisametalli. Lisametalli on võimalik saada tooriku kohaliku jämendamisega. Toorikut kuumutatakse paindekohal, asetatakse see siis vertikaalselt alasile ja vabale otsale antavate löökidega jämendatakse (joon. 111, *a*). Kui painutatav toorik on pikk, siis jämendatakse järgmisel viisil. Toorikut kuumutatakse jämendamiskohalt, siis kas lüüakse seda ühe otsaga vertikaalselt vastu metallplaati või toetatakse ta vertikaalselt vastu alasi külge ja lüüakse suurvasaraga teisele otsale. Kuumutuskohas toorik jämeneb. Pärast jämendamist õgvendatakse toorikut alasi palgel ja tehakse siis täisnurkne painutus; nurga tipp peab olema jämenduse keskel. Alasi auku kasutatakse painutamiseks selliselt, et tooriku kuumutatud koht oleks augu serva vastas, kuna tooriku teine ots painutatakse vastu alasit (joon. 111, *b*).



Joon. 111. Toote kantis nurga all painutamine:
a — tooriku ettevalmistamine painutamiseks; *b* — alasil painutamine; *c* — tootele kantis nurga kujundamine; *d* — kantis nurgaga toode (nurgik).

Hea on, kui sepikojas leidub plaat, mille aukudesse saab asetada tihvte. Niisugusel plaadil tehakse painutamisi järgmiselt. Painutatav materjal asetatakse tihvtide vahele (joon. 112) ja pai-

nutatakse erilise hoova abil. Niisugusel painutamisel aga ei saada kantis nurka. Viimase saavutamiseks asetatakse toorik alasile, nagu on näidatud joonisel 111, *c*, ja nurk sepistatakse. Seejuures käsi- või suurvasara löögid juhitakse noolega näidatud suunas. Niisuguste löökide tagajärjel voolab metall nurga poole, mis võtab joonisel 111, *d* näidatud kuju.

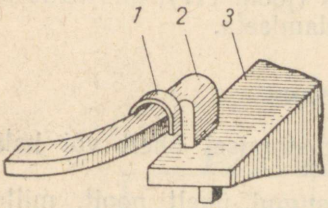


Joon. 112. Painutamisplaat.

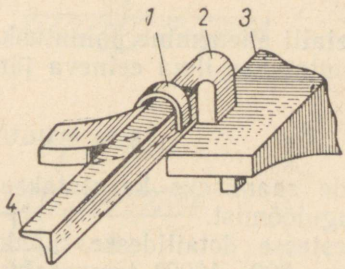
Profiilmaterjali painutamine

Mõnikord tuleb sepal painutada profiilmaterjali (nurkterast, T-terast jne.). Profiilmaterjali painutamine toimub tavaliselt šabloonidel.

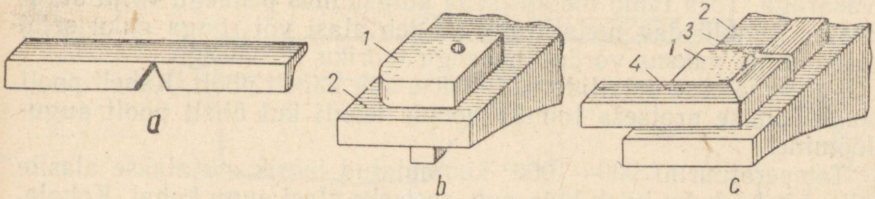
Joonisel 113 on kujutatud nurkterase painutamise šabloon alasil. Joonisel 114 on näidatud nurkterase painutamine šabloonil. Kuumutatud nurkteras kinnitatakse klambriga šablooni ääre külge ja painutatakse siis vaba otsale antavate suurvasara löökidega. Painutamisel tekivad nurkterase teisel küljel voldid, mis silutakse lameda silumisvasaraga. Pärast painutatud osa silumist nihutatakse klambrit edasi ja jätkatakse painutamist kuni vajaliku painutuspikkuse saamiseni.



Joon. 113. Šabloon nurkterase painutamiseks:
1 — klamber; *2* — šabloon; *3* — alasi.



Joon. 114. Nurkterase painutamine šabloonil:
1 — klamber; *2* — šabloon; *3* — alasi; *4* — painutatav nurkteras.



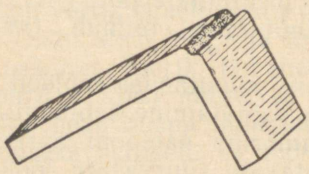
Joon. 115. Nurkterase kantis nurga all painutamine:
1 — šabloon; *2* — alasi; *3* — klamber; *4* — painutatav nurkteras.

Kui nurkterase painutamisel on tarvis saada kantis nurka, siis raiutakse nurkterase ühe külje seest tükk välja, nagu on näidatud joonisel 115, *a*. Seejärel painutatakse nurkteras šablooni abil (joon. 115, *b*), (joon. 115, *c*). Nurkterase küljed silutakse pärast painutamist lamedate silumisvasaratega.

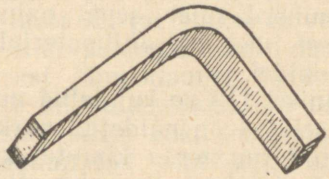
Defektid painutamisel

Painutamisel võivad tekkida järgmised defektid:

1) metalli rebenemine (joon. 116), mis leiab aset siis, kui painutatakse jahtunud või mitteküllaldaselt kuumaks aetud toorikut;



Joon. 116. Metalli rebenemine painutamisel.



Joon. 117. Metalli ahenemine painutamisel.

2) metalli ahenemine painutuskohas (joon. 117), mis tekib siis, kui painutatakse ilma eelneva jämendamiseta.

§ 55. AUGULÖÖMINE

Aukude saamiseks kasutatakse sepistamisel ühelt või kahelt poolt augulöömist.

Õhukestesse detailidesse lüüakse augud ühelt poolt, milleks asetatakse 900—1000° temperatuurini kuumutatud detail alasile nii, et koht, kuhu tuleb lüüa auk, asetseks alasi augu kohal; võidakse ka asetada detaili alla rõngas, mille siseläbimõõt on läbilöödava augu läbimõõdust veidi suurem (joon. 118). Siis asetatakse kohale, kuhu on tarvis auk lüüa, sepatorn ja lüüakse sellele vasaraga. Torn läbib metalli seda külgsuunas peaaegu välja surumata. Väljalöödav metallitükk langeb alasi või rõnga auku seibi näol, mille paksus võrdub peaaegu tooriku paksusega.

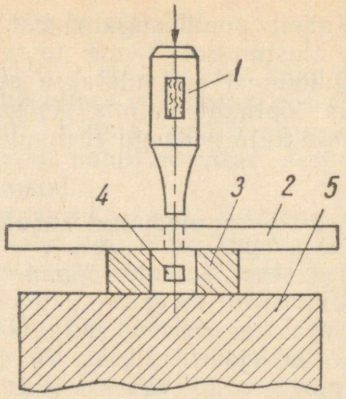
Paksematesse detailidesse lüüakse auk kahelt poolt. Kahelt poolt augulöömise protsess toimub hoopis teisiti kui ühelt poolt augulöömine.

Temperatuurini 900—1000° kuumutatud toorik asetatakse alasile nii, et koht, kuhu tuleb lüüa auk, asetseks alasi augu kohal. Kohale, kuhu on tarvis auku lüüa, asetatakse nüüd sepatorn. Suur- või käsivasara kergete löökidega lüüakse nüüd torn toorikusse umbes

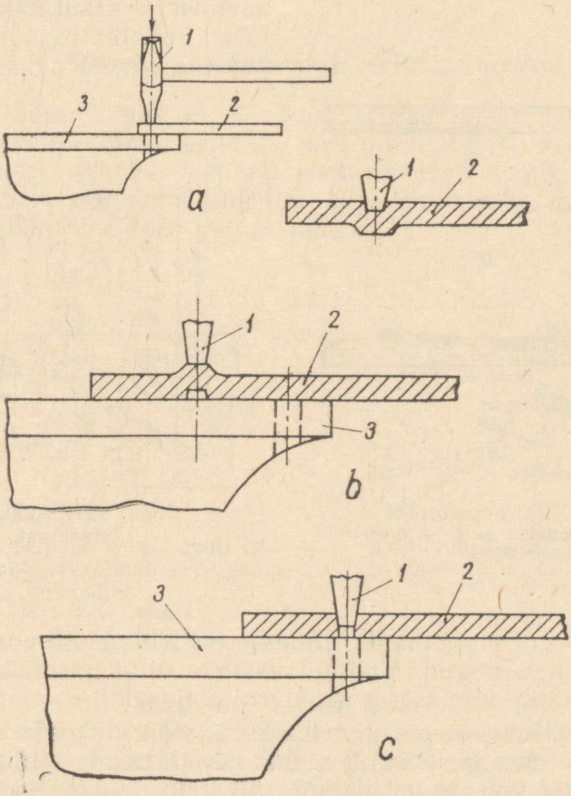
selle poole paksuseni nii, et vastaspoolel tekiks kumerus (joon. 119, *a*). Nüüd võetakse torn august välja, toorik pööratakse ümber, tekkinud kumerusele lüüakse vasaraga kaks-kolm korda, kumeruse keskkohta asetatakse sepatorn (joon. 119, *b*) ja suurvasara löökidega lüüakse see metalli sisse.

Väljalõigatud seib lüüakse tornile antavate kergete vasaralöökidega välja alasi auku (joon. 119, *c*).

Kahelt poolt augulöömisel surub torn metalli külgede suunas, mistõttu detail veidi suureneb, s. t. sepise kuju muutub.



Joon. 118. Lati sisse aukude löömine:
1 — sepatorn; *2* — latt; *3* — rõngas; *4* — väljalõödud seib; *5* — alasi.



Joon. 119. Augulöömine sepatorni abil:
1 — sepatorn; *2* — latt; *3* — alasi.

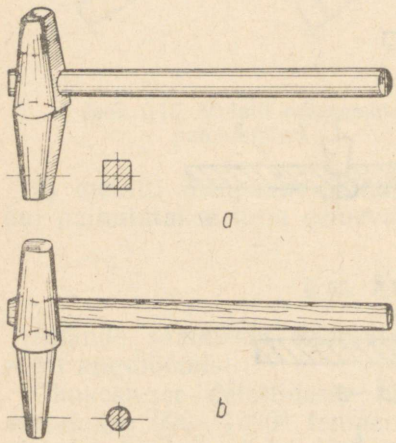
Kahelt poolt augulöömist rakendatakse augu valmistamiseks töö alustamisel (enne toote lõplikku sepistamist). Ühelt poolt augulöömist rakendatakse aga juhtudel, kui auk on tarvis läbi lüüa lõplikult valmis sepisesse, sest ühelt poolt augulöömisel detaili kuju peaaegu ei muutu.

Augulöömisel kasutatavad tööriistad ja rakised

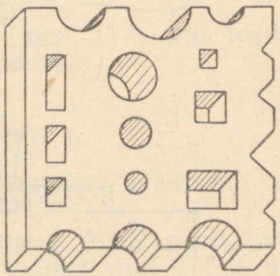
Terasesse aukude löömine toimub käsisepistamisel sepatornide abil.

Sepatorni alumine ots võib olla mitmesuguse kujuga — ruudukujuline (joon. 120, *a*), ümmargune (joon. 120, *b*) jne. Sepatorni ülemisele otsale lüüakse suur- või käsivasaraga. Sepatorni alumine ots valmistatakse koonusekujuline, mis võimaldab lüüa ühe ja sama torniga erineva suurusega auke ja hõlbustab peale selle torni väljavõtmist august. Sepatorn kinnitatakse puitvarre otsa.

Mitmesuguse kujuga aukude saamiseks kasutatakse sepistamisel aukplaati (joon. 121). See kujutab endast paksu neljakan-



Joon. 120. Sepatornid:
a — ruudukujulise ja *b* — ümmarguse otsaga.



Joon. 121. Aukudega alusplaat.

dilist teras- või malmplaati, millesse on tehtud mitmesuguse suuruse ja kujuga augud. Valinud vastava augu, asetatakse sellele sepis ja lüüakse viimasesse sepatorni abil auk.

Aukplaadi külgedesse on tehtud väljalõiked, mida kasutatakse sepistele mitmesuguse kuju andmiseks ja nende silumiseks. Selleks valitakse kohane väljalõige, asetatakse sellesse sepis, viimasele asetatakse omakorda silumisvasar või vormpinn ja teostatakse nõutav operatsioon.

Augulöömise reegleid ja võtteid

Augulöömine toimub tulise metalli sisse. Kohas, kuhu tuleb lüüa auk, kuumutatakse metall oranžkollase värvuseni, mis vastab ligikaudu temperatuurile 900—1000°. Külma metalli sisse augulöömine ei ole isegi õhukese materjali puhul soovitav, sest augu servadel võivad tekkida praod ja kisud.

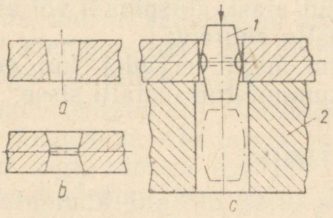
Sepatorn tuleb asetada sepisele vertikaalselt. Esimene suurvasara löök sepatorni ülemisele otsale olgu nõrk; tugeva ja ebaõige löögi puhul võib sepatorn sepa käest eemale lennata ja lähedalviibijaid töölisi vigastada. Iga löögi järel tuleb torni veidi kiigutada, et see ennast metalli sisse kinni ei kiiluks.

Läbilöödavasse auku on soovitav puistata puusöepulbrit. Gaasid, mis tekivad söe põlemisel augulöömise ajal, ei lase sepatorni metalli sisse kinni jääda.

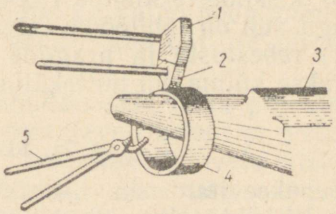
Kui on tegemist paksu sepisega, siis on soovitav sepatorn aegajalt sisselöödavast august välja võtta ja selle otsa vees jahutada; vastasel korral sepatorn kuumeneb, paindub kõveraks ega löö metallist läbi.

Aukude avardamine ja seinte silumine

Pärast augulöömist ei ole augu seinad õiged, kuna sepatorni ots on kooniline. Joonisel 122, *a* on kujutatud ühelt poolt läbilöödud auk, joonisel 122, *b* — kahelt poolt läbilöödud auk. Augu seinte silumiseks ja augule silindrilise kuju andmiseks lüüakse sellest läbi vaadikujuline torn (joon. 122, *c*).



Joon. 122. Ühelt või kahelt poolt läbilöödud aukude avardamine ja seinte silumine:
1 — torn; *2* — rõngas.



Joon. 123. Rõnga avardamine:
1 — suurvasar; *2* — poolümmargune vasar; *3* — alasi; *4* — rõngas; *5* — pihid.

Kui läbilöödud auku on tarvis avardada, siis kasutatakse samuti vaadikujulisi torne, mis aetakse vasaralöökidega august läbi. Mõnikord kasutatakse mitut, järjest suurema läbimõõduga avardustorni. Samal viisil on võimalik saada ka õmbluseta rõngast. Selleks asetatakse rõngas pärast seda, kui selle auku on tornide läbilöömisega küllaldaselt avardatud, alasi sarvele. Rõnga

augu läbimõõdu edasine suurendamine selle seinte paksuse vähendamise arvel saavutatakse rõngale antavate käsi- või suurvasara löökidega, misjuures rõngast tuleb alasi sarvel pidevalt pöörata (joon. 123). Rõnga seinad venivad ja auk suureneb. Seda sepatööoperatsiooni nimetatakse avardamiseks.

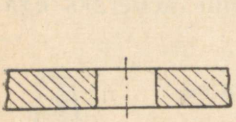
Aukude avardamiseks kuumutatakse metalli temperatuurini 1200—1250°.

Defektid augulöömisel

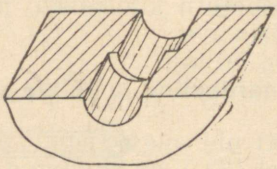
Augulöömisel võivad tekkida järgmised defektid:

1) ebaõige ja väljaveninud servadega auk (joon. 124), kui paks toorik lüüakse ühelt poolt läbi kogu paksuses;

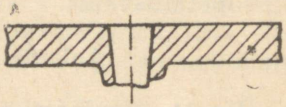
2) augu nihkumine (joon. 125) augulöömisel kahelt poolt, mis on tingitud sepatorni ebaõigest pealeasetamisest pärast 180° võrra pööramist;



Joon. 124. Väljaveninud servadega auk.



Joon. 125. Nihkunud auk.



Joon. 126. Kiskudega (kraadiga) auk.

3) kiskude tekkimine (joon. 126), kui alasi, alusplaadi või alusrõnga auk on läbilöödavast august palju suurem;

4) rebestuste ja pragude tekkimine augu servadel, kui auku lüüakse külma või mitteküllaldaselt kuumutatud metalli sisse.

§ 56. SEPAKEEVITAMINE

Sepakeevitamiseks nimetatakse plastilise olekuni kuumutatud metallitükkide liitmist välise surve abil. Teatavasti on vastava temperatuurini kuumutatud teras plastiliste omadustega; kui aga temperatuuri veelgi tõsta niipalju, et kuumutatava tüki pind muutuks tainakujuliseks, siis kahe niisuguse tüki kokkusurumisel keevituvad need kokku, s. t. moodustavad ühe terviku.

Hea keevitamise puhul peaks toote tugevus keevitatud kohas olema võrdne terviku tugevusega. Tegelikult aga ei lähe korda saavutada kokkukeevitatavate metallitükkide kõikide osakeste tihedat kokkupuutumist, mispärast toote tugevus keevitatud kohas on terviktüki tugevusest tavaliselt väiksem. Keevitamist loetakse heaks, kui keevisõmbluse tugevus ei ole alla 85% tervikmetalli tugevusest.

Keevitamist rakendatakse peamiselt siis, kui mingi toote sepistamine tervikuna on raske. Niisugusel juhul sepistatakse valmis ta üksikud osad ja liidetakse siis kokku keevitamise teel. Keevitamist kasutatakse nii uute toodete valmistamisel kui ka remonttöödel.

Sepakeevitamine koosneb järgmistest operatsioonidest: 1) kokkukeevitatavate otste ettevalmistamine; 2) nende kuumutamine keevitamiseks; 3) otste kokkukeevitamine; 4) keevisõmbluse läbitagumine ja silumine.

Enne keevitamist tuleb keevituskoht hästi läbi taguda. Et tootel oleks pärast keevitamist ja läbitagumist samasugune ristlõige kui enne, jämendatakse kõigepealt kokkukeevitatavad otsad ning sepistatakse vastavaks kasutatavale keevitusviisile.

Pärast kokkukeevitatavate otste ettevalmistamist toimub nende kuumutamine. Kuumutamine toimub enamalt jaolt ääsidel või erilistes keevitusahjudes. Tavalised sepaahjud pole keevitamiseks kuumutamise jaoks kohandatud ega kindlusta selleks vajalikku kuumutustemperatuuri. Parim kütus on keevitamiseks kuumutamisel puusüsi ja koks. Kuumutamiseks kasutatakse ka kivisütt, kuid tingimusel, et selle väävlisisaldus ei ületaks 1%, kuna väävel alandab keevisõmbluse kvaliteeti.

Keevitamistemperatuur on umbes 1275—1400°, mis on märksa kõrgem tavalise sepistamise algtemperatuurist. Kuumutamine nii kõrge temperatuurini soodustab kokkukeevitatavate osade liitumist. Kuumutustemperatuur sõltub terase keemilisest koostisest — mida rohkem sisaldab teras süsinikku või lisandeid, seda madalam on temperatuur. Vähese süsinikusisaldusega terastel lõpetatakse kuumutamine, kui kokkukeevitatavad otsad on kuumenenud kuni helevalge värvuseni; suurema süsinikusisaldusega terastel aga siis, kui on saavutatud kollaka varjundiga valge hõõgumine. Keevitustemperatuuri saavutamist määratakse kas optilise püromeetriga või silma järgi.

Kokkukeevitatavate terasetükkide kuumutamisele tuleb pöörata suurt tähelepanu. On tarvis, et kokkukeevitatavad kohad ei oleks kaetud tagi, räbuga ega ms., s. t., et kokkukeevitatavate otste pind peab olema täiesti puhas. Heakvaliteedilise keevituse saamise tähtsaimaks tingimuseks on kokkukeevitatavate pindade puhtus, sest kõrvalised osakesed (räbu, tagi) takistavad teraseosakeste omavahelist tihedat kokkupuutumist ja vähendavad seega keevisõmbluse tugevust. Kuumutada tuleb selliselt, et ääsi või ahju leek ei oleks oksüdeeriva toimega, s. t., et põlemine ei toimuks hapnikuliiaga, ja et metalli kuumutatavad kohad oleksid kaetud räbukihiga, mis kaitseb metalli vahetult kokku puutumast leegiga. Räbu tekitamiseks riputatakse kuumutatava metalli pinnale räbustajat. Räbustajana võib kasutada booraksiga segatud peent sõelutud jõeliiva.

Räbustaja sulab kiiresti, moodustades räbu, mis katab kuumutatavate kohtade pinna. Sama räbu lahustab tagi, mis on suutnud tekkida enne metalli kattumist räbuga. Kui kokkukeevitatavad

otsad on kuumenenud keevitamistemperatuurini, siis võetakse need kiiresti ääsilt, koputatakse vastu alasit, et neid puhastada välispinna külge jäänud räbust, puhastatakse kokkukeevitatavad kohad kraabi ja vasara abil kiiresti räbust, seejärel asetatakse kiiresti üks ots teisele ja antakse vasaraga (suurvasaraga) algul nõrgemaid, hiljem aga tugevamaid lööke, mille tagajärjel metallitükid tihedalt teineteise vastu surutakse ja nad keevituvad, s. t. liituvad üheks tervikuks.

Heakvaliteedilise keevitamise tähtsaimaks tingimuseks on samuti kokkukeevitatavate osade energiline läbitagumine. Keevitamisel tuleb anda tugevaid ja kiireid lööke, sest ainult sel tingimusel saavutatakse kokkukeevitatavate osakeste tihe kokkupuutumine kõige kõrgematel temperatuuridel. Peale selle tekitab keevitamistemperatuurini kuumutamine terases jämedateralise struktuuri kuumutatud kohtades. Tugev läbitagumine peenendab teralisust ja parandab seega toote keevitatud koha kvaliteeti.

Tuleb meeles pidada, et hea keevitus saadakse ainult küllalt kõrgel temperatuuril, mispärast keevitamine tuleb lõpule viia kõrge temperatuuri juures ja seda võib saavutada ainult kiire tööga.

Viimast keevitamisoperatsiooni — keevitatud koha pinna silumist — toimetatakse vormpinnide abil. Silumise viis sõltub keevitatava toote kujust ja keevitamise viisist.

Kõik metallid, näiteks seatina, ei ole keevitatavad. Ka kõik terased ei ole hästi keevitatavad. Mida vähem lisandeid leidub terases, seda paremini ta keevitub. Puhas raud on hästi keevitatav, kuid iga rauas leiduv lisand vähendab selle keevitatavust. Süsinikusisalduse suurenemisel terase keevitatavus halveneb. Keevitatavus väheneb ka fosfori, väävli, kroomi, vase jne. sisalduse suurenemisel. Mangaanisisaldus kuni 0,6—0,8% parandab keevitatavust, mispärast mangaanisisaldusega terasel võib süsinikusisaldus olla suurem.

Terase hea keevitatavuse saamiseks on soovitav silmas pidada järgmisi lisandite ülempiire: süsinikku 0,2—0,3%, kuid mitte üle 0,5%; räni — mitte üle 0,2%; mangaani 0,6—0,8%; fosforit ja väävlit võimalikult vähem, kuid mitte üle 0,05%.

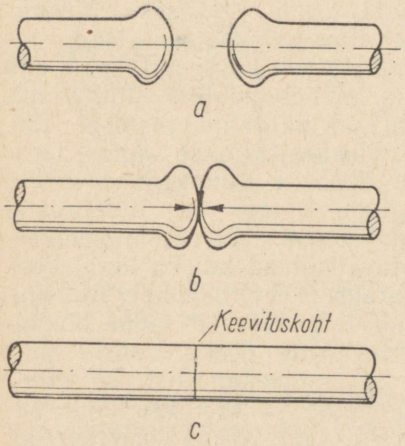
Kui on tarvis kokku keevitada terast süsinikusisaldusega üle 0,2—0,3%, siis lisatakse keevitusräbustajale pehme terase viilmeid, mis sisaldavad vähe süsinikku. Sel puhul väheneb keevituskohas metalli süsinikusisaldus, mis võimaldabki toodet kokku keevitada.

Keevitusviisid

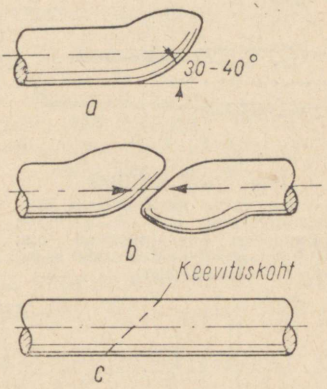
Kokkukeevitatavate osade liitmiseks on olemas mitmeid viise; nendest on tähtsamad: 1) põkkliide; 2) ülekatteliide; 3) kiilliide; 4) vastakliide; 5) lappliide.

P õ k k l i i d e teostatakse selliselt, et kokkukeevitatavatele metallitükkidele antakse keevituskohtades väike jämendus ja ots-

pinnad ümardatakse veidi (joon. 127, *a*). Jämendatud otsad ümardatakse selleks, et kokkukeevitatavate pindade vahelt surutaks välja räbu, mis tekib nende kuumutamisel kuni keevitustemperatuurini. Seejärel kuumutatakse mõlemad otsad keevitustemperatuurini. Sepp võtab ühe kokkukeevitatava metallitüki, pealelööja teise. Siis asetavad nad kuumutatud otsad vastamisi (joon. 127, *b*) ja annavad vastupidistele (külmadele) otstele lööke suurvasaraga. Nende löökide mõjul keevituvad otsad kokku. Lõpuks taotakse keevituskoht hästi läbi ja silutakse seda vormpinnide ja silumisvasarate abil.



Joon. 127. Põkkliide:
a — keevitamiseks ettevalmistatud varbade otsad; *b* — kokkukeevitatavate otste asend keevitamisel; *c* — varb pärast kokkukeevitamist.



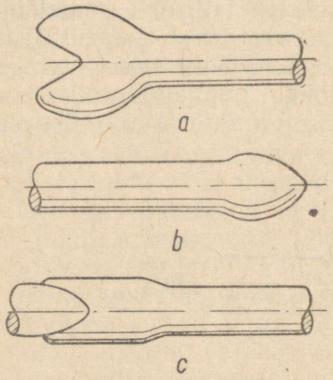
Joon. 128. Ülekatteliide:
a — keevitamiseks ettevalmistatud varva ots; *b* — kokkukeevitatavate otste asend keevitamisel; *c* — varb pärast kokkukeevitamist ja silumist.

Ülekatteliide on kindlam keevitusviis kui põkkliide. Enne keevitamist jämendatakse kokkukeevitatavate metallitükkide otsad, siis aga sepistatakse niinimetatud lakad (joon. 128, *a*). Seejärel kuumutatakse otsad keevitustemperatuurini, pinnad puhastatakse räbust, üks lakk asetatakse teisele, nagu näidatud joonisel 128, *b*, ja taotakse keevituskoht läbi. Silumisvasarate ja vormpinnide abil silutakse keevituskohta ja varb võtab joonisel 128, *c* näidatud kuju.

Kiilliidet kasutatakse suure ristlõikega metallitükkide, samuti ka erinevatest terasemarkidest tükkide kokkukeevitamisel.

Ühe varva ots kuumutatakse ja jämendatakse, seejärel raiutakse jämendatud osa lõhki ning aetakse harud laiali. Seejuures on otstarbekohasem raiuda lõhki pehmest terasest tooriku ots (joon. 129, *a*). Teise varva ots sepistatakse pärast jämendamist teravaks (joon. 129, *b*). Mõlemad otsad kuumutatakse kuni keevitustemperatuurini ja puhastatakse räbust. Terav ots asetatakse

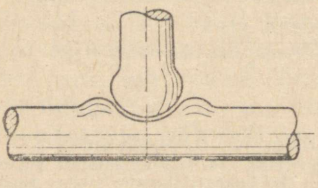
teise varva otsa harude vahele (joon. 129, *c*). Siis taotakse keevituskoht läbi ja silutakse seda vormpinnide ja silumisvasarate abil. Kui keevitatakse kokku erinevaid terasemarke, siis tuleb nad erinevate temperatuurideni kuumutada, mida on parem teha erinevatel ääsidel.



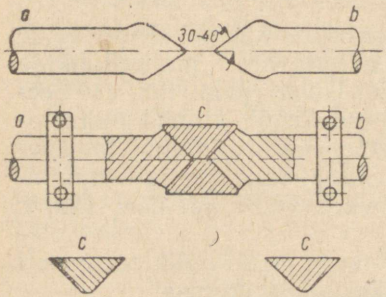
Joon. 129. Kiilliide:
a — ühe varva keevitamiseks ettevalmistatud ots; *b* — teise varva keevitamiseks ettevalmistatud ots; *c* — kokkukeevitatavate otste asend keevitamisel.

Vastakliiteks nimetatakse niisugust keevitusviisi, kus üks ots keevitatakse teise külge T-taoliselt (joon. 130).

Lappliidet kasutatakse suuremate osade liitmiseks. Kokkukeevitatavate osade otsad jämendatakse ja raiutakse siis maha umbes 30—40° nurga all, nagu on näidatud joonisel 131, *a, b*. Siis sepistatakse samast terasest kiillapid samasuguse kaldenurgaga, nagu on liidetavatel osadel (joon. 131, *c*). Kokkukeevitatavad otsad kui ka lapid kuumutatakse keevitustemperatuurini. Seejärel asetatakse lapid kokkukeevitatavate osade vahele jäävatesse kolmekandilistesse tühimikkudesse ja taotakse kõik vasara all läbi. Seda keevitusviisi on kohane kasutada rõngakujuliste detailide keevitamisel, eriti aga murdunud rõngaste remontimisel.



Joon. 130. Vastakliide.



Joon. 131. Lappliide:
a, b — keevitamiseks ettevalmistatud varbade otsad; *c* — kiillapid.

Keevituse kvaliteedi kontrollimine ja keevituse defektid

Keevitamist loetakse heaks, kui keevisõmbluse tugevus on vähemalt 85% tervikmetalli tugevusest. Enamalt jaolt kõigub keevisõmbluse tugevus 60—80% vahel tervikmetalli tugevusest.

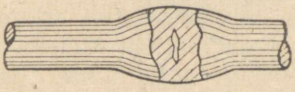
Keevisõmbluse tugevust määratakse mehaaniliste katsetega, milleks valmistatakse keevitamise teel katsekeha samast terasemargist. Praktiliselt on võimalik keevitamise kvaliteeti kontrollida keevitatud varva painutamisega keevituskohalt. Kui keevituskoht painutamisel õmblusest lahti ei lähe, s. t. kui ei teki pragusid, siis loetakse keevitus heaks.

Toote keevituskoht peab olema tasase ja sileda pinnaga.

Keevitamisel võivad esineda järgmised defektid:

1) mittetäielik läbikeevitus, mis võib tekkida kokkukeevitatavate otste vahele jäänud tagi tõttu; seepärast on tarvis tagi nendelt kohtadelt täielikult eemaldada, riputades kokkukeevitatavatele otstele räbustajat (räniliiva koos booraksiga);

2) läbikeevitamata südamik (joon. 132), mis tekib põkk-keevitamisel, kui kokkukeevitatavate metallitükkide otsi pole ümardatud ja kui seetõttu on nende vahele jäänud kokkukeevitumist takistavat räbu;



Joon. 132. Läbikeevitamata südamik.



Joon. 133. Ristlõike vähenemine ilma otste jämendamiseta keevitamisel.

3) keevituskoha ristlõige (jämedus) on nõutavast väiksem (joon. 133); seda esineb siis, kui enne keevitamist varbade otsi ei jämendatud, keevituskoha läbitagumisel selle ristlõige aga vähenes;

4) ülepõletamine, mis tekib siis, kui kokkukeevitatavad otsad kuumutatakse liiga kõrge temperatuurini.

Nende defektide iseloom ise räägib sellest, et nad olenevad põhiliselt sepast. Pärast keevitamist osutub defektide parandamine tavaliselt raskeks — toode läheb praaki või tuleb ümber keevitada.

Defektide vältimiseks peab sepp täpselt täitma kõiki keevitustööde juhiseid ja võtteid.

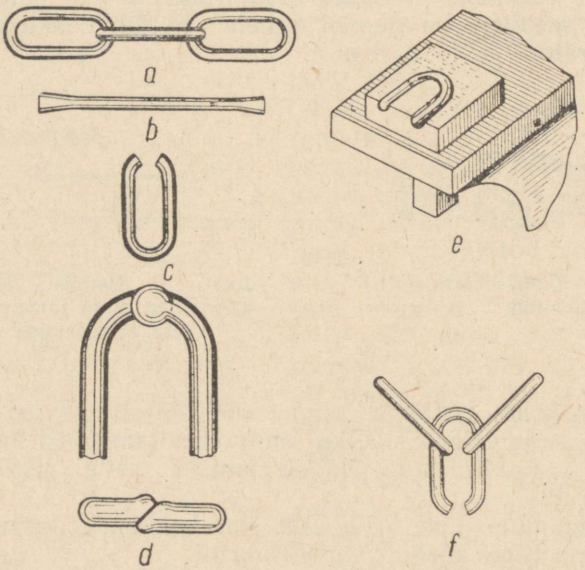
Näiteid toodete valmistamisest keevitamise teel

Alljärgnevalt on toodud näiteid mõnesuguste detailide valmistamisest keevitamise rakendamisel.

Näide 1. Ketilülide valmistamine. Valmistada kolm ketilüli (joon. 134, *a*). Ketilüli valmistamiseks raiutakse kõigepealt ümarlatist maha nõutava pikkusega tükk.

Selle kumbki ots kuumutatakse ja jämendatakse eraldi (joon. 134, *b*). Seejärel kuumutatakse varba keskelt ja painutatakse siis U-kujuliseks. Pärast painutamist venitatakse alasil kokkukeevitatavaid otsi, s. t. valmistatakse lakad (joon. 134, *c*). Venitatud otsad painutatakse alasi sarvel selliselt, et nad teineteist kataksid (joon. 134, *d*). Lüli keevituskoht kuumutatakse nüüd keevitus-

temperatuurini, puhastatakse tagist ja asetatakse alumisele vormpinnile, milles on poolrõngakujuline süvend (joon. 134, *e*). Alumisele vormpinnile asetatakse samasuguse sisselõikega ülemine vormpinn ja sellele antavate vasaralöökidega teostatakse lüli keevitamist. Seejärel taotakse keevituskoht läbi ja silutakse seda alasisarvel.



Joon. 134. Keevitatud keti valmistamine:
a — kolm valmis ketilüli; *b* — jämendatud otstega ketilüli toorik; *c* — painutatud ketilüli toorik; *d* — ettevalmistatud ja keevitamiseks kokkupainutatud varvaotsad; *e* — alumine vormpinn (stants) ketilüli keevitamiseks; *f* — kahe lüli liitmise viis kolmanda ketilüliga.

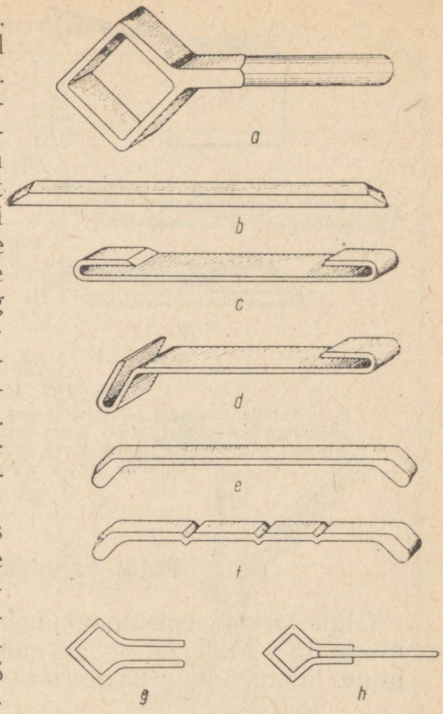
Et saada kolmest lülist koosnevat ketti (joon. 134, *a*), keevitatakse kõigepealt kokku ja viimistletakse kaks lüli ning liidetakse seejärel kolmandaga (joon. 134, *f*), mida töödeldakse samuti nagu kahte esimest.

Kui on tarvis valmistada mitme meetri pikkust ketti, siis valmistatakse kõigepealt kolmest lülist koosnevad ketitükid ja liidetakse need hiljem kokku.

Keti kõik lülid peavad olema ühesuguse suuruse ja kujuga.

Näide 2. Valmistada padrunvõti kahetollisele neljakandilisele mutrile (joon. 135, *a*). Seda võib valmistada 50×12 mm ristlõikega latist. Võti valmistatakse järgmiselt. Latist raiutakse 400—410 mm pikkune tükk, kuumutatakse selle otsad ja lüüakse teravaks (joon. 135, *b*). Siis kuumutatakse üks ots temperatuurini 700° ja painutatakse see 100 mm kauguselt kahekorra; samuti tehakse

ka teise otsaga (joon. 135, *c*). Edasi painutatakse tagasi algul üks ots ja siis teine (joon. 135, *d*). Painutatud ots kuumutatakse keevitustemperatuurini ja keevitatakse kokku; samuti toimitakse ka teise otsaga (joon. 135, *e*). Pärast keevitamist taotakse otsad hästi läbi ja silutakse neid. Nurkade moodustamiseks tuleb toorikule lüüa sälgud (joon. 135, *f*) ning seejärel latti vormi järgi painutada (joon. 135, *g*). Otsad keevitatakse kokku koos nende vahele asetatud käepidemega (joon. 135, *h*). Pärast seda järgneb võtme õgvendamine ja mõõtu viimistlemine.



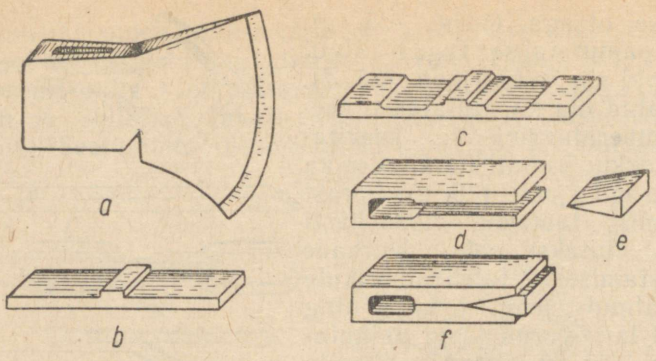
Joon. 135. Padrun-mutrivõtme keevitamine:
a — padrun-mutrivõti; *b* — teritatud otstega toorik; *c* — painutatud otstega toorik; *d* — ärakeeratud otsaga toorik; *e* — toorik pärast ärakeeratud otste kokkukeevitamist; *f* — toorik pärast nurkade moodustamiseks tarvilike sälkude sisselõõmist; *g* — võtme vormi järgi painutatud toorik; *h* — võtmepea otste ja käepideme kokkukeevitamine.

Näide 3. Valmistada kirves (joon. 136, *a*), kusjuures kirve tera valmistatakse tööriistaterasest, muu osa aga vähese süsinikusisaldusega terasest. Selleks kasutatakse latti ristlõikega 60×35 mm. Kirve valmistamise viis kujuneb järgmiseks. Latile märgitakse vajalik pikkus ja raiutakse tükk maha. Maharaiutud tükki kuumutatakse ja venitatakse (joon. 136, *b*). Siis lüüakse sisse sälgud (joon. 136, *c*), misjärel painutatakse toorik nii, nagu on kujutatud joonisel 136, *d*.

Tööriistaterasest sepistatakse kiilukujuline toorik (joon. 136, *e*), mille laius peab vastama kirve tera laiusele. See toorik (joon. 136, *e*) lüüakse suurema sepise (joon. 136, *d*) sisse ja sobitatakse sinna (joon. 136, *f*). Nüüd kuumutatakse sepis keevitustemperatuurini ja keevitatakse kokku. Pärast keevitamist taotakse kirves läbi ja viimistletakse.

§ 57. NÄITEID DETAILIDE KÄSISEPISTAMISEST

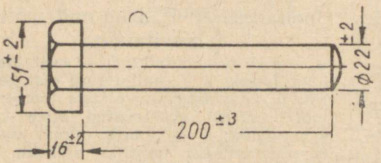
Oleme tutvunud sepistamise põhivõtetega. Vaatleme nüüd konkreetseid näiteid sepiste tootmisest sõltuvalt nende valmistamiskeerulisusest.



Joon. 136. Kirve valmistamine:
a — valmis kirves; *b* — kirve toorik pärast venitamist; *c* — kirve toorik pärast sälkudega märkimist; *d* — kirve toorik pärast kokkupainutamist; *e* — tööriistaterasest kiilukujuline toorik kirve tera jaoks; *f* — toorikusse *d* sisselöödud kiilukujuline toorik *e* ja nende kokkukeevitamine.

Poldi valmistamise tehnoloogia

Olgu tarvis sepistada kuuekandilise peaga polt vastavalt joonisele 137. Materjal — süsinikteras; materjali profiil — ümmargune, läbimõõduga 25 mm; tooriku pikkus 280 mm.

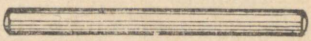
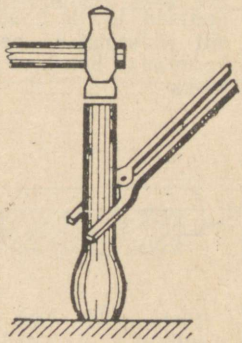
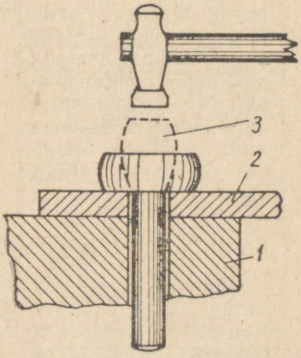
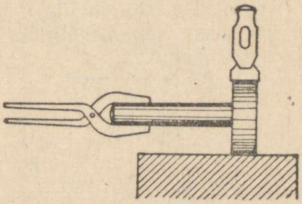


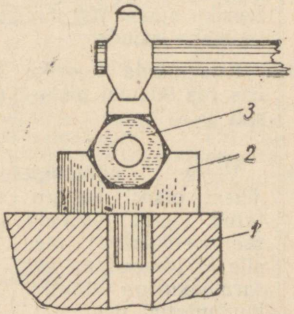
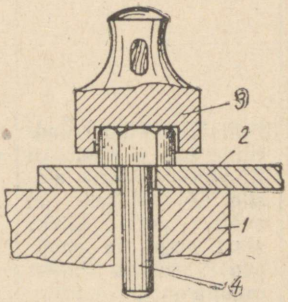
Joon. 137. Kuuekandilise peaga polt.

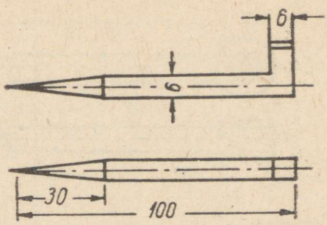
Polte valmistatakse mitmesugusel viisil, kuid kõige lihtsam ja kõige enam kasutatav poltide valmistamise viis on järgmine. Võetakse varb, mille läbimõõt võrdub valmistatava poldi läbimõõduga ja mille pikkus on veidi suurem poldi nõutavast pikkusest (metallihulga võrra, mis on tarvilik pea moodustamiseks), kuumutatakse seda ühest otsast, asetatakse vertikaalselt kuuma otsaga alasile ja antakse külmale otsale vasaraga sagedaid lööke. Löökidest jämeneb varva kuum ots ja moodustub pea. Seejärel töödeldakse jämendatud pead vastavate rakiste abil, s. t. antakse temale nõutav kuju (nelja- või kuuekandiline vm.).

Teine poldi valmistamise viis seisab selles, et töödeldav toorik vastab paksuselt poldipeale ning nõutav poldi ristlõige saavutatakse venitamisega.

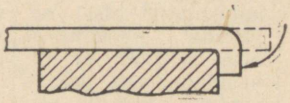
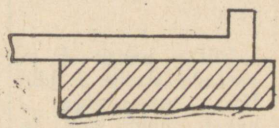
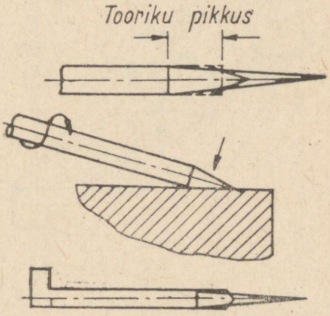
Alljärgnevalt on toodud poldi valmistamise tehnoloogiline protsess esimesel viisil.

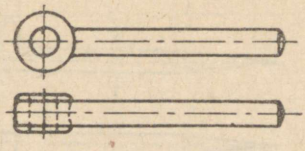
Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
1	Võtta 25 mm läbimõõduga varb ja asetada see ääsile	Ääsi-tööriistad	
2	Võtta ääsilt kuum toorik, asetada see alasile, välja mõõta tooriku otsast 280 mm ja maha raiuda	Alasi, suurvasar, pihid, sepameisel ja tollipulk	
3	Kuumutada tooriku üks ots 90 mm pikkuselt	Ääs, ääsi-tööriistad, pihid	
4	Võtta pihtidega ühest otsast kuumutatud toorik, asetada see vertikaalselt alasile ja jämendada vasaralöökidega tooriku kuumutatud osa	Alasi, pihid, suur- ja käsivasar	
5	Pista tooriku silindriline osa *3* naeltoosi *2*. Asetada toorik alasile *1* selliselt, et poldi varb läbiks alasi augu, ja poldipea vasaraga laiaks taguda	Naeltoos, pihid, alasi, vasar	
6	Polt naeltoosist välja võtta ja alasi palgel sepistada vasaraga poldipea silindriliseks	Alasi, pihid, vasar	

Jrk. nr.	Sõrete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Sõrde skits
7	Kuumutada ääsil poldipead	Ääs, pihid	
8	Asetada alasi *1* auku alumine vorm *2*, millel on nõutava suurusega kuuekandiline pea pesa. Võtta kuumutatud toorik *3* ääsilt ja sepistada pea vormraual kuuekandiliseks	Alasi, alumine vormraud, pihid, vasar	
9	Pista poldi varb *4* naeltoosi *2* ja asetada toorik alasile *1* selliselt, et varb läheks alasi auku. Asetada poldipeale silumisvasar *3* ja sellele antavate vasaralöökidega anda poldipea ülemisele pinnale sfääri kuju	Alasi, naeltoos, silumisvasar, vasar, pihid	
10	Õgvendada poldivarba alasi palgel. Kontrollida varva pikkust. Kui pikkus on üle 200 mm, kuumutada varva otsa ja liigne osa sepameisliga maha raiuda	Alasi, käsivasar, pihid, meisel	



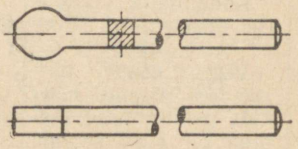
Materjal — Ct. 3. Toorik — 6×6 mm latt, pikkusega 100 mm.

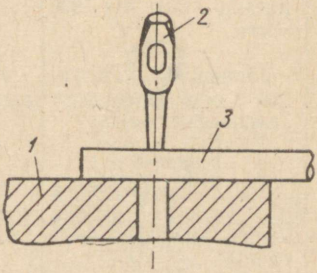
Jrk. nr.	Sirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Sirde skits
1	Kuumutada ääsil lati otsa	Ääs ja ääsi-tööriistad	
2	Võtta ääsilt latt, asetada alasile, märkida painutuskoht, asetada see alasi servale ja käsivasaraga painutada lati ots 90° võrra.	Alasi, tollipulk, käsivasar	
3	Jämendada painutatud otsa täisnurga saamiseks	Käsivasar, alasi	
4	Välja mõõta varva otsa nõutav pikkus, konks lati küljest lahti raiuda	Sepameisel, alasi, vasar, tollipulk	
5	Kuumutada ääsil konksu teist otsa	Ääs ja ääsi-tööriistad	
6	Võtta konks, asetada alasile ja sepistada kuumutatud ots algul tömbiks, siis aga joonisele vastavalt teravaks	Alasi, pihid, käsi- ja suurvasar	
7	Õgvendada konksu alasil, kontrollida joonise järgi sepise mõõteid	Alasi, käsivasar, pihid, tollipulk, taster	

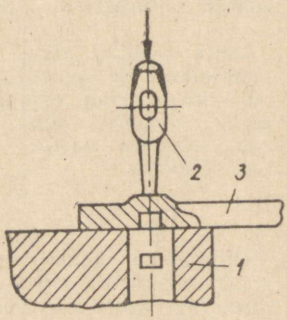


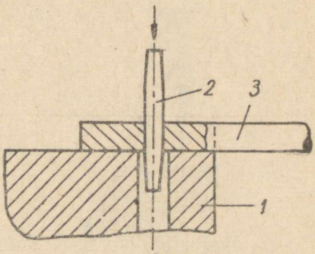
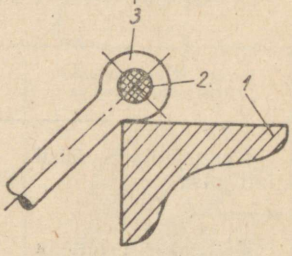
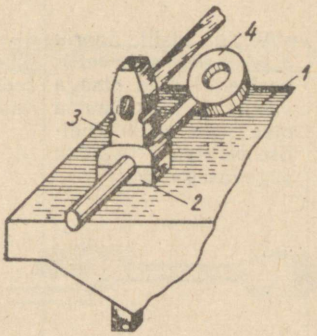
Materjal — Ст. 3. Toorik 15 × 15 mm latt, pikkusega 200 mm.

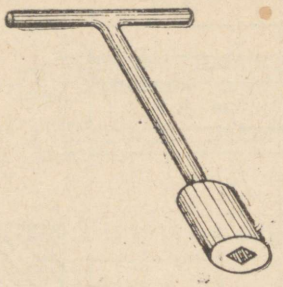
Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
1	Kuumutada ääsil tooriku ühte otsa	Ääs ja ääsi-tööriistad	
2	Jämendada tooriku kuumutatud otsa, sepistada jämendatud otsa selliselt, et jämendatud osa paksus võrduks tooriku esialgse paksusega	Alasi, pihid, suurvasar, käsivasar, lame silumisvasar	
3	Kuumutada ääsil tooriku jämendatud otsa	Ääs ja ääsi-tööriistad	
4	Võtta toorik *3* ja asetada alasile *1*, läbi lüüa sepatorniga *2* kahelt poolt auk ja avardada see joonisel näidatud läbimõõduni. Viimasel juhul kasutada vaadikujulist torni *2* (vt. antud operatsiooni kolmandat skitsi)	Alasi, sepatorn, vaadikujuline torn, vasar	



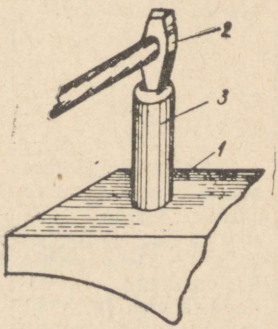


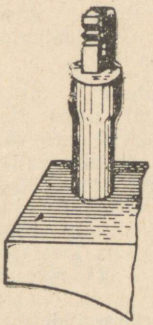
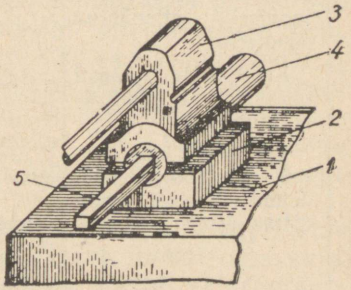
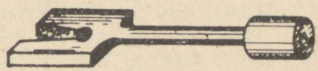


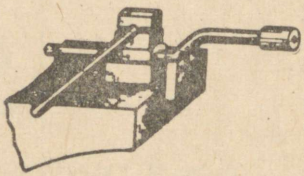
Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
	Võtta toorik ja asetada alasile, lüüa sepatorniga kahelt poolt auk ja avardada see joonisel näidatud läbimõõduni	Alasi, sepatorn, vaadikujuline torn, vasar	
5	Sepistada aas *3* (torni *2* august välja ei võeta)	Alasi, vasar	
6	Välja võtta august torn, tasandada torni ümber tekkinud kumerus	Alasi, lame silumisvasar, käsi- ja suurvasar	
7	Kuumutada tooriku teist otsa	Ääs ja ääsitööriistad	
8	Võtta toorik ja asetada alasile, puhastada räbust ja tagist, sepistada varb kaheksakandiliseks	Alasi, pihid, käsi- ja suurvasar	
9	Ümardada tooriku *4* varb vormraudade *2* ja *3* vahel joonisel nõutud läbimõõdule	Alasi *1*, pihid, vormrauad *2* ja *3*, suurvasar	
10	Välja mõõta joonise mõõte järgi varva pikkus, maha raiuda tooriku liigne ots, siluda raiumiskohta käsivasaraga, õgvendada sepist ja kontrollida sepise joonise järgi poldi tegelikke mõõteid	Alasi, pihid, tollipulk, sepameisel, käsi- ja suurvasar, taster	



Materjal — Ст. 3. Toorik — ümarlatt läbimõõduga 50 mm ja pikkusega 230 mm.

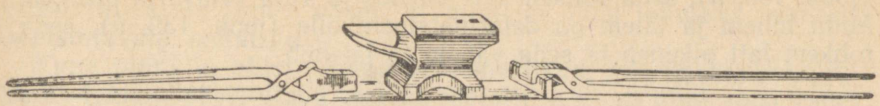
Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
1	Kuumutada ääsil lati otsa	Ääs ja ääsi-tööriistad	
2	Võtta ääsilt latt ja asetada see alasile, välja mõõta tooriku nõutav pikkus, maha raiuda toorik lati küljest sepameisli ja alasimeisli abil	Alasi, alasi-meisel, sepa-meisel, suur-vasar, tollipulk	
3	Kuumutada ääsil tooriku üks ots 100—120 mm pikkuselt temperatuurini 1200—1250°	Ääs, ääsi-tööriistad, pihid	
4	Võtta ääsilt toorik *3*, asetada see vertikaalselt külma otsaga alasile *1*, lüüa kuuma otsa sisse neljakandilise torniga *2* vajaliku sügavusega pesa	Alasi, pihid, neljakandiline sepatorn, suur-vasar	

Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
5	Lüüa pesasse ruudukujuline torn võtme pesa kujundamiseks	Alasi, pihid, ruudukujuline torn, suur- ja käsivasar	
6	Ümardada tooriku *4* pesaga otsa, misjärel torn *5* võtme pesast välja võtta	Alasi *1*, pihid, vormrauad *2* ja *3*, suur- ja käsivasar	
7	Kuumutada toorikut kogu pikkuses	Ääs ja ääsitööriistad	
8	Toorikule ringsooned sisse lüüa, nagu näidatud skitsil	Alasi, alasimeisel, sepameisel, suur- ja käsivasar	
9	Venitada tooriku keskmine osa algul ruudule, siis kaheksanurgale ja ringile, siluda venitatud osa ümarvormraudade vahel joonisel ettenähtud läbimõõduni	Alasi, pihid, venituspinn, ümar-vorm (ülemine ja alumine), suur- ja käsivasar, taster, tollipulk	
10	Kuumutada ääsil tooriku teist (täis-) otsa	Ääs, ääsitööriistad, pihid	
11	Venitada käepideme jaoks ettenähtud ots lamedaks, lüüa sellesse auk, ots pikisuunas meisliga lõhki raiuda ja harud laiali lükata, nagu näidatud skitsil	Alasi, pihid, laialilöömise meisel, suur- ja käsivasar, torn, sepameisel	

Jrk. nr.	Siirete ja operatsiooni-elementide kirjeldus	Seadmed ja tööriistad	Siirde skits
12	Kuumutada ääsil tooriku laialipainutatud otsa	Ääs ja ääsitööriistad	
13	Painutada võtme varba nii, nagu näidatud skitsil (see võimaldab sepal venitada laialipainutatud otsi); venitada ühte haru; venitada algul ruudule, siis kaheksanurgale ja ringile; siluda seda haru ümarvormraudade vahel, venitades selle joonisel ettenähtud pikkuseni	Alasi, pihid, suur- ja käsivasar, ümarvormrauad (ülemine ja alumine), taster, tollipulk	
14	Kuumutada ääsil tooriku teist laialipainutatud otsa	Ääs, ääsitööriistad, pihid	
15	Venitada kuumutatud ots joonise mõõdeteni samuti nagu võtme esimene haru	Alasi, pihid, suur- ja käsivasar, ümarvormrauad (ülemine ja alumine), taster, tollipulk	
16	Õgvendada sepist alasil, kontrollida sepise mõõteid joonise järgi; vajaduse korral võtme käepidemete otsad maha raiuda ja siluda	Alasi, käsivasar, pihid, ümar-silumisvasarad, sepameisel, tollipulk, taster	

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Jutustage käsisepistamisel kasutatavatest põhitööriistadest.
2. Missuguse mõõteriistaga mõõdetakse sepiste mõõteid?
3. Jutustage käsisepistamise põhivõtetest.
4. Missugustest ohutustehnika reeglitest peab sepp käsisepistamisel kinni pidama?
5. Kuidas toimetatakse venitamist piki- ja ristsuunas?
6. Jutustage, kuidas teostatakse raiumist ja jämendamist.
7. Missuguseid tööriistu kasutatakse ja kuidas kuumutatakse toorikuid venitamisel, raiumisel ja jämendamisel?
8. Kuidas toimetatakse painutamist ja nii ühelt kui ka kahelt poolt augulöömist? Missuguseid tööriistu seejuures kasutatakse?
9. Jutustage sepakeevitamisest.
10. Jutustage defektidest käsisepistamisel. Kuidas neid defekte kõrvaldada?
11. Tooge näiteid sepiste valmistamisest käsisepistamise operatsioonide rakendamisel.



VIII PEATÜKK

DEFORMATSIOONI MÕJU SEPISELE JA TOORIKU ARVUTAMINE

§ 58. PLASTILISE DEFORMATSIOONI MÕISTE

Keha deformatsiooniks nimetatakse selle kuju muutumist väliste või sisemiste jõudude toimel. Kui keha pärast sellele mõjuvate jõudude eemaldamist taastab oma esialgse kuju, siis sellist deformatsiooni nimetatakse elastseks deformatsiooniks. Kui aga keha pärast sellele mõjuvate jõudude eemaldamist ei taasta oma esialgset kuju, siis niisugust deformatsiooni nimetatakse plastiliseks deformatsiooniks. Plastilise deformatsiooni puhul ei tohi keha puruneda (ei tohi tekkida sisemisi ega väliseid pragusid).

Sepistamine põhineb plastilisel deformatsioonil, kui sepistatav metall muudab vasara löökide või pressi surve toimel oma kuju, ilma et rikneks metalli terviklikkus (s. t. kui metall ei pragune). Pärast plastilist deformatsiooni (sepistamist) metalli maht ei muutu, muutub vaid metalliosakeste vastastikune asetus.

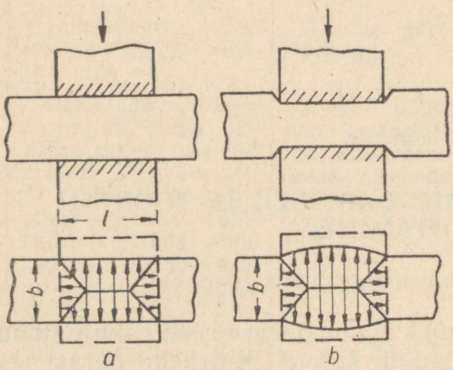
Sepistamistemperatuurini kuumutatud tooriku töötlemise vältel sunnib sepp vasaralöökide või pressi surve mõjul ja mitmesuguste tööriistade kasutamisel metalli voolama nõutavas suunas niikaua, kuni toode omandab vajalikud mõõted ning kuju. Et saada hea kvaliteediga sepist minimaalse aja- ja energiakuluga, peab sepp tundma põhiseadusi, millede järgi toimub plastilises olekus metalli voolamine.

Vaatleme, kuidas vabasepistamisel toimub vasaralöökide mõjul metalli plastiline deformeerumine.

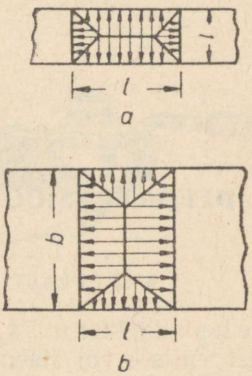
Vasaralöökide toimel väheneb tooriku kõrgus, suureneb aga selle pikkus ja laius. Skemaatiliselt on see kujutatud joonisel 138. Noolekestega on näidatud vasara pinni poolt väljasurutavate metalliosakeste liikumise suund. Pinni ja alasi vahele kokkusurutud metalli mahtu nimetatakse deformatsioonikoldeks. Lati pikkuse ja laiuse suurenemise vahekord, s. t. pikkuse ja laiuse suunas nihutatud metallihulkade vahekord sõltub deformatsioonikolde kujust.

Deformatsioonikolde kuju on määratud pinni pikkusega l ja lati laiusega b. Mida pikem ja kitsam on deformatsioonikolle

(joon. 139, *a*), seda rohkem latt laieneb ja seda vähem ta pikeneb. Mida lühem ja laiem on deformatsioonikolle (joon. 139, *b*), seda rohkem latt pikeneb ja seda vähem ta laieneb.



Joon. 138. Metalli voolamise skeem mehaanilise vasara pinniga antavate löökide mõjul: *a* — deformatsiooni algus; *b* — deformatsiooni lõpp.



Joon. 139. Deformatsioonikolde kuju (plaan): *a* — pikk deformatsioonikolle; *b* — lai deformatsioonikolle.

Metalli selline pikkuse ja laiuse suunas voolamine sepistamisel määratakse väikseima takistuse seadusega. Sellele seadusele vastavalt püüab iga metalliosake, mis talub pinni survet, väljuda pinni alt mööda kõige lühemat teed. Pikas deformatsioonikoldes (vt. joon. 139, *a*) nihkub suurem osa metallist laiuse suunas, kuna laias deformatsioonikoldes (vt. joon. 139, *b*), nihkub suurem osa metalli pikkuse suunas. Seda metalli voolamise seadust kasutavadki sepad edukalt.

Metalli venitamisel on soovitav kasutada kitsaid pinne või siis venitada lühikeste juurdehaaramistega (joon. 140). Seejuures tuleb arvestada, et mida kitsam on vasara pinn, seda vähem tungib deformatsioon sügavusse, seda halvemini sepistatakse läbi metalli kogu ristlõige. Optimaalne pinni laius määratakse praktiliselt. Kui venitamine toimub lühikeste juurdehaaramistega (vt. joon. 140), siis selleks, et kindlustada sepisel siledat pinda, nihutatakse toorikut ette (liigutatakse risti pinnile) 0,4—0,8 võrra pinni laiusest.

Vaatlesime väikseima takistuse seaduse mõju metalli sepistamisel toimuvale plastilisele deformatsioonile nii piki- kui ka ristsuunas. Kuid ka kõrguti deformeerub toorik samuti ebaühtlaselt. Näiteks voolab madala silindri jämendamisel metall keskkohas intensiivsemalt kui nendes kohtades, kus ta puutub kokku pinni ja alasiga. Silindriline toorik võtab seetõttu vaadi kuju (joon. 141, *a*). Selline nähtus on seletatav kahe põhjusega: 1) pindhõõrumisega

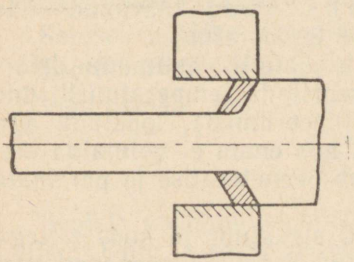
pinni (alasi) ja sepise vahel; 2) pinni ja alasi jahutava toimega sepistatavale metallile.

Kuna pinni ja alasi pinnad on konarlikud, siis kokkupuutepindadel tekivad sepistatava tooriku metalli ja pinni ning alasi vahel hõõrdejõud. Seepärast voolavad tooriku otspindadel asetsevad metalliosakesed sepistamisel aeglasemalt kui tooriku keskkohal asetsevad osakesed. Siit järeldus: mida puhtam on pinni ja alasi pind, seda väiksem on hõõrdumine nende ja sepistatava metalli vahel, seda vähem vaadikujuliseks muutub toorik.

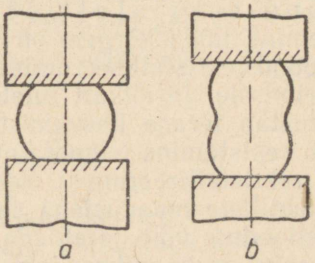
Metalli hõõrdumise vähendamiseks kasutatakse poleeritud pinnaga pinne ja alaseid või kasutatakse nende jaoks erilist määret, kuid needki abinõud ei kaota vaadikujuliseks muutumist, vaid ainult vähendavad seda.

Pinni ja alasi jahutav toime sepistatava tooriku pinnale mõjutab samuti metalli voolavust. Külm pinn ja alasi võtavad soojust sepistatava tooriku pinnalt, mistõttu temperatuur tooriku pinnal kujuneb madalamaks kui selle keskkohas. Tooriku pinna lähedal kujuneb järelikult osakeste liikuvus väiksemaks kui tooriku keskel. See soodustab sepistamisel tooriku vaadikujuliseks muutumist.

Kõrgete toorikute jämendamisel, kui nende kõrgus on kaks korda suurem läbimõõdust või ruudu küljepikkusest, esineb kahekordse vaadi kuju (joon. 141, *b*). Niisugune nähtus on seletatav sellega, et survejõudude suurusest ja nende rakendamise kiirusest sõltuvalt levib deformatsioon sepistatava tooriku ristlõikes vaid teatavale sügavusele pinnist ja alasist lähtudes; tooriku keskkohta deformatsioon sel juhul enam ei haara.



Joon. 140. Tooriku venitamine lühikeste juurdehaaramistega.



Joon. 141. Ebaühtlane deformatsioon kõrguses:
a — madalal silindril; *b* — kõrgel silindril.

Mida suurem on deformatsioonimäär ja mida väiksem on deformeerumise kiirus, seda sügavamalt deformeerub sepistatav metall. Metalli hea läbisepistamise kindlustamiseks peab seepärast mehaanilise vasara võimsus või pressi surve vastama sepistatava tooriku ristlõike pindalale.

§ 59. SEPISTAMISE MÕJU METALLI STRUKTUURILE JA MEHAANILISTELE OMADUSTELE

Sepistamisel muutuvad nii metalli makrostruktuur kui ka selle mehaanilised omadused. Need muutused sõltuvad peamiselt järgmistest põhjustest: 1) sepistamise temperatuuritingimustest; 2) venitusmäärast; 3) sepistamisviisist; 4) terase keemilisest koostisest.

Sepistamise mõjul muutub metalli struktuur kahes vastupidises suunas.

Valuploki sepistamisel muutub selle struktuur kiuliseks (kihiliseks). Kiulise struktuuri tekkimine on tingitud sellest, et valuploki sepistamisel likvatsioonitsoonid, gaasitühimikud, räbupesad jne., madala temperatuuri puhul aga ka terase terad (dendriidid) venitatakse välja metalli voolamise suunas. Valuploki jämedateraline struktuur muutub peeneteraliseks, kuna kristallid purunevad vasaralöökide või pressi surve mõjul. Joonisel 142 on näidatud valatud ja sepistatud metalli ehitus (makrostruktuur).

Valtsitud metalli sepistamisel toimuvad teistsugused metalli struktuuri muutused. Terad muutuvad vähem, kuna nad on valtsimise vältel juba osaliselt purunenud. Valtsimisest erinevalt põhjustab sepistamine metallikiudude suuremat segiminekut. Seepärast on sepistatud metalli mehaanilised omadused valtsitud metalli mehaanilistest omadustest tavaliselt paremad.

Üheaegselt kristallide muutumisega sepistamise toimel kasvavad kõrgetel temperatuuridel metalliterad, kuna on tekkinud eeldused peente terade ühinemiseks suuremateks. Terade kasvamise nähtust (peente terade suuremateks ühinemist) nimetatakse koond-rekristalliseerumiseks. Terad kasvavad seda kiiremini, mida kõrgem on sepistamise temperatuur.

Koond-rekristalliseerumine vähendab metalli vastupanu deformeerimisele. Järelikult tuleb metalli sepistada temperatuuril, mis soodustab terade kasvamist (rekristalliseerumist), lõpetada aga tuleb sepistamine temperatuuri juures, mis enam ei võimalda metalli rekristalliseerumist. See kindlustab peeneteralise ja paremate mehaaniliste omadustega sepise.

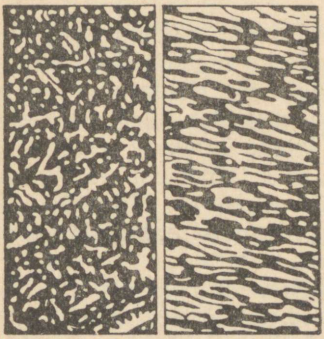
Eeltoodust võib järeldada, et metalli struktuur ja koos sellega ka sepise mehaanilised omadused sõltuvad terade peenenemisest nende deformatsiooni ja rekristalliseerumise tagajärjel.

Metalli struktuur sõltub ka veel sepise venitusmäärast.

Venitusmääraks nimetatakse tooriku ristlõike pindala suhet sepise ristlõike pindala suhtesse. Mida suurem on venitusmäär, seda peenemad on terad ja seda selgemalt ilmneb sepise kihiline struktuur. Valuploki venitusmäär võetakse valtsitud tooriku venitusmäärast suurem.

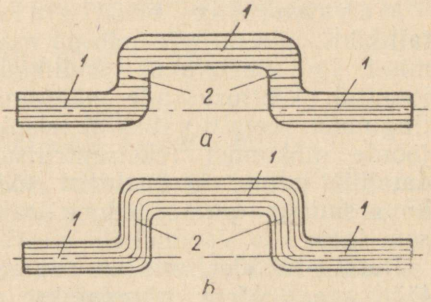
Valuploki sepistamisel purunevad suured kristallid ja metall tiheneb plokis leiduvate tühimike täitumise ning mullide kinnikeevitumise arvel, kuna valtsitud sorditooriku metalli kristalliline struktuur on juba purunenud valtsimise vältel.

Normaalseks venitusmääraks loetakse valuplokist valmistataval sepisel 2,5—3, valtsitud sorditoorikust valmistataval detailil aga 1,3—1,5. Mida kõrgem on metalli kuumutustemperatuur enne sepistamist, seda suurem peab olema venitusmäär. Ülemäärase venitusmäära puhul leiab aset metalli mehaaniliste omaduste paranemine väljavenitamise suunas, kuid nende halvenemine ristsuunas.



a *b*

Joon. 142. Kristallide venimine sepistamisel:
a — valatud metalli (valuploki) makrostruktuur; *b* — metalli makrostruktuur pärast sepistamist.



Joon. 143. Kaks väntvõlli valmistamise viisi:
a — väljaraiumise teel; *b* — painutamise teel.

Näide. Määrata venitusmäär 200×200 mm ristlõikega sepise valmistamisel 300×300 mm ristlõikega toorikust.

Sepise ristlõike pindala: $F_{sep} = 20 \times 20 = 400$ cm².

Tooriku ristlõike pindala: $F_{toor} = 30 \times 30 = 900$ cm².

Venitusmäär on:

$$\frac{F_{toor}}{F_{sep}} = \frac{900}{400} = 2{,}25.$$

Sepiste mehaanilisi omadusi mõjutavad ka nende valmistamise viisid. Ühte ja sama detaili on võimalik valmistada mitmesugusel viisil ja saada seejuures erinevate mehaaniliste omadustega sepiseid. Tuleb püüda valmistada sepist selliselt, et metallikiudusid ei lõigataks läbi ega aetaks segi.

Joonisel 143 on näidatud kaks väntvõlli valmistamise viisi: esimesel (joon. 143, *a*) — põlvikute väljaraiumise teel, teisel aga (joon. 143, *b*) — painutamise teel. Painutamise teel valmistatud väntvõll on igal pool, nii kaelas *1* kui ka paledes *2*, ühesuguste mehaaniliste omadustega, sest kiud pole läbi lõigatud, vaid ulatuvad võlli ühest otsast teiseni. Väljaraiutud väntvõllil on kiud läbi lõigatud (joon. 143, *a*), mistõttu võll *a* on halvemate mehaaniliste omadustega kui võll *b*.

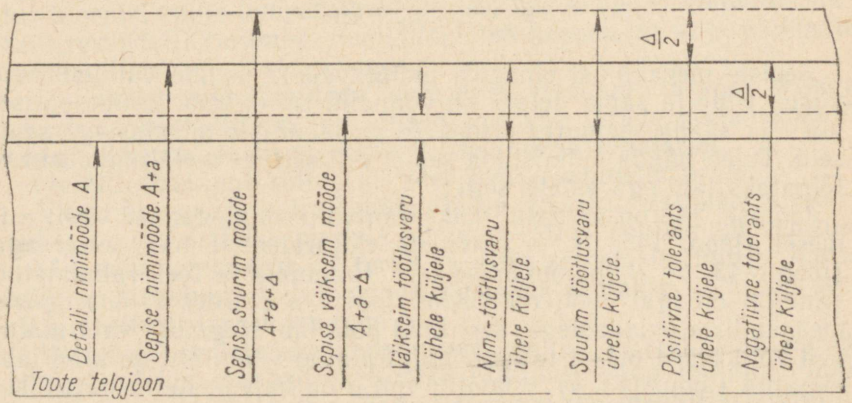
§ 60. SEPISTE MEHAANILISE TÖÖTLEMISE VARUD, SEPISTAMISE TOLERANTSID

Sepatsehhis valmistatavad sepised jagunevad mustadeks ja puhasteks. Musti sepiseid tuleb järgnevalt mehaaniliselt töödelda, puhtaid sepiseid aga mitte. Mustade sepiste valmistamisele asumisel on tarvis kindlaks teha nende mõõted, arvestades mehaaniliseks töötlemiseks tarvilikke varusid.

Mehaanilise töötlemise varuks nimetatakse metallikihti, mis on ette nähtud mahavõtmiseks mehaanilisel töötlemisel. Igal üksikjuhul tarvilikud töötlusvarud näidatakse sepise joonisel. Töötlusvarude määramisel arvestatakse järgmisi põhitingimusi: metalli väliskihi seisukorda, sepise üksikute osade telgjoonte nihkumist (ekstsentrilisust), sepise kõverust ja valmis detaililt pärast mehaanilist töötlemist nõutavat pinnasiledust, kuna suurema pinnasileduse saamiseks on tarvis maha võtta paksem laast.

Detaili mõõdet, mis on suurendatud mõlemalt poolt tarviliku töötlusvaru võrra, nimetatakse sepise nimimõõteks. Kui täpselt sepp ka ei töötaks, on sepistamisel mõnesugused kõrvalekalded sepise nimimõõtest kas ühele või teisele poole siiski paratamatud. Seepärast, et piirata sepise nimimõõtest lubatavaid kõrvalekaldeid, näidatakse joonisel lubatavate kõrvalekallete ehk tolerantside suurus, mille piiridesse peab mahtuma sepa töötamise täpsus. Sepise mõõte tolerantsiks nimetatakse järelikult lubatavat kõrvalekallet sepise nimimõõtest. Sepise nimimõõdet suurendavat lubatavat kõrvalekallet (hälvet) loetakse positiivseks ja tähistatakse märgiga pluss (+). Sepise nimimõõdet vähendavat lubatavat kõrvalekallet (hälvet) loetakse negatiivseks ja tähistatakse märgiga miinus (—).

Joonisel 144 on näidatud sepise kontuurjooned. Jooniselt 144 järgneb, et sepise suurim piirimõõde koosneb detaili nimimõõte,



Joon. 144. Sepiste kontuurjooned töötlusvarude ja tolerantside arvestamisel.

töötlusvaru ja tolerantsi summast $(A+a+\triangle)$; sepise väikseim piirimõõde koosneb aga detaili nimimõõte ja töötlusvaru summast, millest on lahutatud tolerants $(A+a-\triangle)$.

Sepise tegelikud mõõted peavad asuma suurima ja väikseima piirimõõte vahel.

Näide. Võlli puhas läbimõõt $A=200$ mm. Töötlusvaru $a=20$ mm, kuna tolerantsiks on $\triangle=\pm 15$ mm.

Sepis loetakse kõlblikuks, kui see on valmistatud suurima läbimõõduga:

$$D=A+a+\triangle=200+20+15=235 \text{ mm},$$

ja väikseima läbimõõduga:

$$D_1=A+a-\triangle=200+20-15=205 \text{ mm}.$$

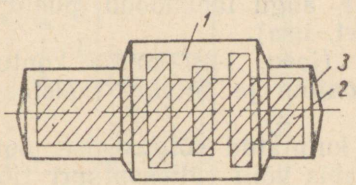
Puhastele sepistele määratakse ainult sepistamise tolerantsid; mehaanilise töötlemise varusid ei määrata, kuna puhtad sepised, nagu juba nimetatud, mehaanilisele töötlemisele ei kuulu.

Tuleb püüda valmistada sepiseid minimaalsete tolerantside ja töötlusvarudega. Mida väiksem on tolerants ja töötlusvaru, seda vähem metalli kulub sepise valmistamiseks ja seda vähem aega läheb mehaanilisele töötlemisele; seda odavamaks kujuneb seega valmis toode.

Iga sepp peab meeles pidama, et positiivne sepistamise tolerants on sepise mõõdete suurendamise ülempiiriks. Ükskõik millise detaili sepistamisel ei tule mitte ainult kinni pidada tolerantside maksimaalväärtustest, vaid tolerantse võimalikult vähendada.

Sepise joonise koostamisel tuleb detaili konfiguratsiooni konstruktiivse joonisega võrreldes sageli lihtsustada, kuna ei osutu võimalikuks sepist täpselt detaili kontuuri järgi välja töödelda. Nendel juhtudel, kui on raske (mõnikord aga koguni võimatu) valmistada detaili üleminekuid, süvendeid jne., antakse töötlemislisa (liigvaru). Sepise konfiguratsiooni selline lihtsustamine suurendab aga metallikulu, kuna järgneval mehaanilisel töötlemisel liigne metall muudetakse laastudeks.

Töötlemislisade andmise skeem on näidatud joonisel 145.



Joon. 145. Lisavarude andmise skeem:
1 — lisavarud; *2* — valmis toote kuju; *3* — sepise kuju.

Masinaehitustehastes kasutatakse töötlusvarusid ja tolerantse, mis on välja töötatud olemasolevate seadmete kohaselt ja on ette nähtud mitmesuguste toodete jaoks. Detaili konfiguratsioonist, rist-

lõike kujust ja valmistamise viisist sõltuvalt jaotatakse kõik tsehhides valmistatavad sepised gruppidesse. Iga sepiste grupi jaoks koostatakse omad töötlusvarude ja tolerantside tabelid, mida kasutatakse sepiste skitside või jooniste koostamisel. Lisades on toodud töötlusvarude ja tolerantside väärtused mitmesuguste sepiste vabasepistamisel.

§ 61. SEPISE JOONIS

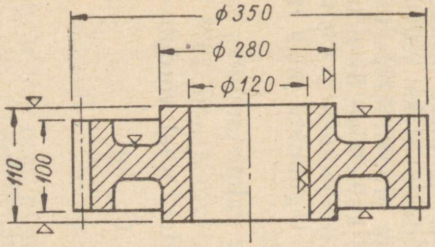
Sepise valmistamisel kasutab sepp tehnoloogilist kaarti, milles on toodud sepise joonis ja siirete skitsid ning kõik muud sepistamisel tarvilikud andmed. Sepise joonis koostatakse konstruktori poolt väljatöötatud valmis detail-joonise alusel, suurendades viimases näidatud mõõteid töötlusvarude võrra seal, kus nõutakse pinna mehaanilist töötlemist, ja määrates sepistamise tolerantsid. Keeruliste detailide valmistamisel lihtsustatakse mõnikord nende konfiguratsiooni töötlemislisade andmisega.

Sepise joonise valmistamiseks joonestatakse kõigepealt peente joontega detaili puhas kontuur, näidates seejuures tähtsamad puhtad mõõted. Vastavate tabelite järgi (vt. lisad) määratakse siis mehaanilise töötlemise varud ja sepise mõõdete tolerantsid. Seejärel tõmmatakse detaili puhta kontuuri ümber jämedate joontega sepise kontuur ja kantakse peale mõõted ning tolerantsid. Alljärgnevalt tuuakse sepiste jooniste koostamise näiteid.

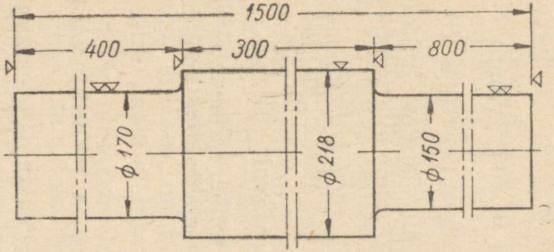
Näide 1. Koostada hammasratta (joon. 146) sepise joonis. Peente joontega joonestatakse valitud mastaabis hammasratta kontuur (joon. 147). Sõltuvalt hammasratta välisläbimõõdust D ja kõrgusest H valitakse lisas toodud tabelist mehaanilise töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid (töötlusvarud ja tolerantsid on tabelis tähistatud tähega a). Antud juhul, kui hammasratta läbimõõt D=350 mm ja kõrgus H=110 mm, on töötlusvaru ja tolerants $a=16^{+4}_{-6}$. Sepise mõõted saadakse järelikult järgmised: sepise välisläbimõõt $D_1=D+a=350+16=366$ mm, sepise kõrgus $H_1=H+a=110+16=126$ mm; võlli augu läbimõõt 110 mm. Augu sepistamismõõde valitakse sõltuvalt augulöömise torni normaalläbimõõdust. 120 mm suuruse augu läbimõõdu puhul on selle sepistamismõõteks 100 mm (vt. lisa).

Nüüd tõmmatakse hammasratta (joon. 146) puhta kontuuri ümber jämedate joontega sepise kontuur ja antakse sepistamise mõõted ja tolerantsid (joon. 147).

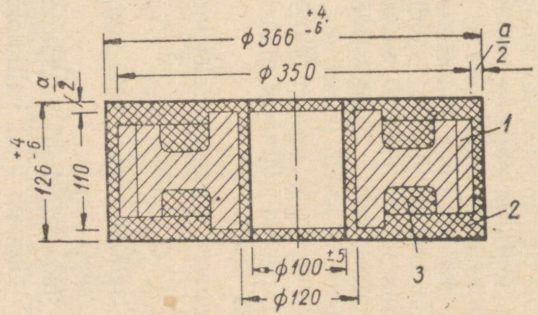
Näide 2. Koostada joonisel 148 kujutatud võlli sepise joonis. Peente joontega joonestame mastaabis võlli väliskontuuri (joon. 149). Astmetega võllile ettenähtud mehaanilise töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid valime tabelist (vt. lisa 4). Läbimõõtude töötlusvaru suuruse valime sõltuvalt võlli üldpikkusest L ja vastavast läbimõõdust D. Töötlusvaru ja tolerants võlli pikkustele võetakse 0,75 ja 1,5 vastava läbimõõdu töötlusvarust ja tolerantsist.



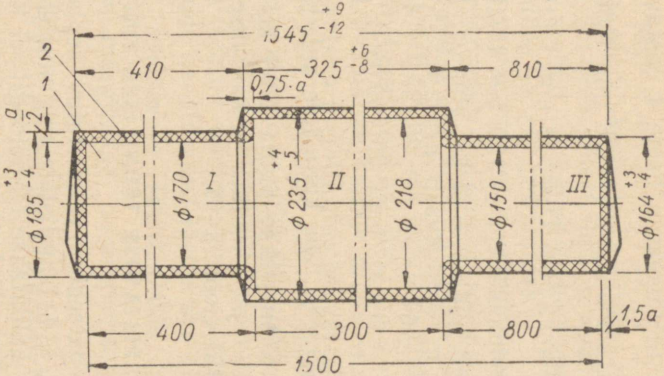
Joon. 146. Hammasratta tööjoonis.



Joon. 148. Võlli tööjoonis.



Joon. 147. Hammasratta (joon. 146) sepise joonis:
1 — hammasratta kontuur pärast mehaanilist töötlemist; *2* — hammasratta sepise joonis; *a* — mehaanilise töötlemise varu; *3* — lisavaru.



Joon. 149. Võlli (joon. 148) sepise joonis:
1 — võlli kontuur pärast mehaanilist töötlemist; *2* — võlli sepis; *a* — mehaanilise töötlemise varu.

Antud juhul, kui võlli pikkus $L=1500$ mm, kujunevad läbimõõtude töötlusvarud lisale 4 vastavalt järgmisteks:

läbimõõdule $D_1=170$ mm töötlusvaru $a_1=15^{+3}_{-4}$ mm;

läbimõõdule $D_2=218$ mm töötlusvaru $a_2=17^{+4}_{-5}$ mm;

läbimõõdule $D_3=150$ mm töötlusvaru $a_3=14^{+3}_{-4}$ mm.

Pikkuse töötlusvarudeks võtame: jämedama keskosa pikkusele $L_1=300$ m töötlusvaru $a_1=2(0{,}75\times 17)\cong 25$ mm; tolerantsiks on vastavalt $^{+6}_{-8}$ mm; võlli üldpikkusele $L=1500$ mm töötlusvaru $a=2(1{,}5\times 15)=45$ mm, kuna tolerantsiks on vastavalt $^{+9}_{-12}$ mm.

Nüüd tõmmatakse puhta võlli kontuuri ümber jämedate joontega selle sepise kontuur ja kantakse peale sepistamise mõõted ja tolerantsid (joon. 149).

§ 62. SEPISTAMISE TEHNILISED TINGIMUSED JA TOORIKU VALIK

Iga sepatsehhis valmistatav sepis peab vastama teatavatele nõuetele, s. t. tehnilistele tingimustele. Sepistamise tehnilised tingimused näidatakse tehnoloogilisel kaardil; kui aga sepis valmistatakse (erandjuhul) ilma tehnoloogilise kaardita, siis tuuakse tehnilised tingimused sepise joonisel.

Tehnilistes tingimustes näidatakse: 1) terase mark, millest tuleb valmistada sepis, ja selle keemiline analüüs; 2) sepistamise meetod ja režiim (vajaduse korral, vastutavate detailide valmistamisel); 3) mehaaniliste katsete ulatus, mehaanilisteks katseteks võetavate proovitükkide arv, nende suurus ja proovitükkide väijalõikamise kohad; 4) normid mehaanilisteks katseteks; 5) nõuded sepise välimuse kohta (pinnasiledus), kus näidatakse ära pinnadefektide (praod, kiled, juuspraod, tagi sissetagumised jne.) lubatavad sügavused; 6) sepise markeerimisviis.

Joonise järgi on võimalik määrata sepise valmistamiseks vajaliku metalli kaalu.

Antud sepise valmistamiseks vajaliku metalli kaal võrdub:

$$G_l = G_s + G_{vü} + G_{va} + G_p + G_{ml} \text{ kg},$$

kus G_l — lähtematerjali kaal kg;

G_s — sepise kaal;

$G_{vü}$ — jäätmete kaal valuploki ülemisest osast;

G_{va} — jäätmete kaal valuploki alumisest osast;

G_p — põlemiskadudeks kuluva metalli kaal;

G_{ml} — mahalõigatavate jäätmete kaal.

Sepise mahu ja kaalu (G_s) määramine

Sepise maht ja kaal määratakse sepise joonise järgi. Mehaaniliste vasarate all valmistatavate väikeste ja keskmiste sepiste mahud arvutatakse tavaliselt kuupsentimeetrites, presside all valmistatavate suurte sepiste mahud — kuupdetsimeetrites. Kaalud saadakse vastavalt grammides ja kilogrammides.

Sepise kaal võrdub selle mahu ja sepise valmistamiseks kasutatava metalli erikaalu korrutisega. Kui sepisel on palju mõõteid ja keeruline kuju, siis jaotatakse see mahu arvutamiseks üksikuteks osadeks selliselt, et iga niisugune osa kujutaks endast lihtsat geomeetrilist keha (silindrit, kera, koonust jne.).

Suurte sepiste, peamiselt astmelistè võllide mahu (kaalu) määramisel tuleb tingimata arvestada metalli, mis on vajalik üleminekuteks ühelt läbimõõdult teisele. Joonisel 150 on toodud nomogramm metalli arvutamiseks, mis on tarvilik üleminekuteks ühelt silindriliselt ristlõikelt teisele [5]. Üleminekuteks tarviliku metalli kaal, kui see on kindlaks tehtud nomogrammi järgi, lisatakse sepise kaalule. Nomogrammi kasutatakse järgmisel viisil:

1) arvutatakse kõrvuti asetsevate läbimõõtude poolsumma $\frac{D+d}{2}$ mm, saadud arv märgitakse parempoolsele skaalale (joon. 150);

2) arvutatakse samade kõrvuti asetsevate läbimõõtude poolvahe $\frac{D-d}{2}$ mm, saadud arv märgitakse vasakpoolsele skaalale (joon. 150).

Parem- ja vasakpoolsel skaalal saadud punktid ühendatakse sirgjoonega, mis lõikab keskmist skaalat G. Sirgjoone ja keskmise skaala lõikepunkt näitab metalli kaalu kilogrammides, mis on tarvilik üleminekuks võlli läbimõõdult D väiksemale läbimõõdule d.

Oletame, et on tarvis määrata metalli kaalu ühelt ristlõikelt teisele üleminekuks, kui $D=1000$ mm ja $d=500$ mm. Leiame poolsumma:

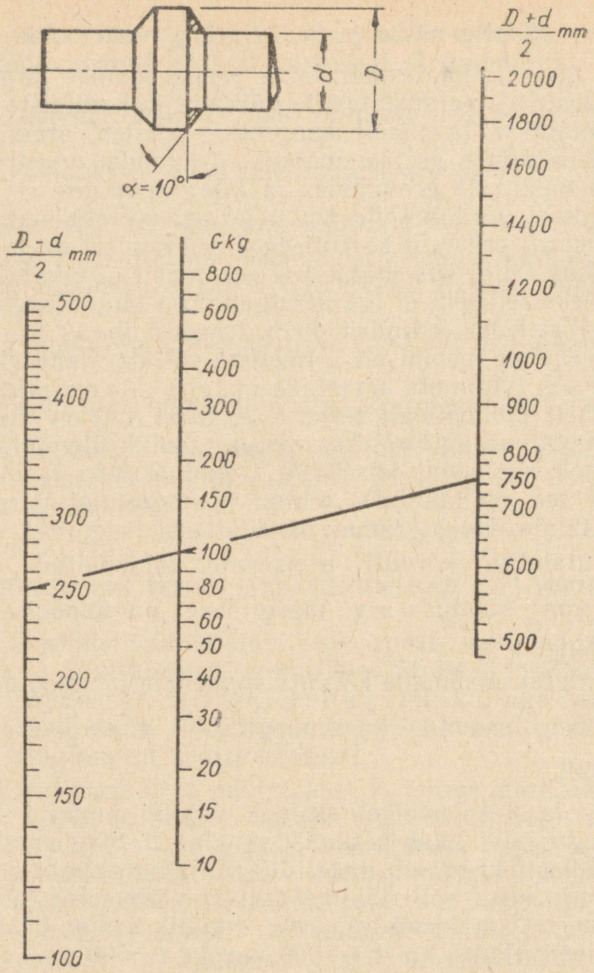
$$\frac{1000+500}{2}=\frac{1500}{2}=750 \text{ mm}.$$

Määrame poolvahe:

$$\frac{1000-500}{2}=\frac{500}{2}=250 \text{ mm}.$$

Skaalal $\frac{D+d}{2}$ märgime punkti 750, skaalal $\frac{D-d}{2}$ punkti 250; ühendame need punktid sirgjoonega, mis lõikub skaalaga G punktis 100. Üleminekuks läbimõõdult D läbimõõdule d vajatakse järelikult 100 kg metalli.

Näide 1. Määrata joonisel 147 näidatud hammasratta sepise kaal (sepise materjaliks on teras Ст 3).



Joon. 150. Nomogramm metalli kaalu arvutamiseks üleminekutel ühelt ristlõikelt teisele.

Sepise maht võrdub:

$$V_s = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) H,$$

kus D — sepise välisläbimõõt, mis võrdub 36,6 cm;
H — sepise (hammasratta) kõrgus, mis võrdub 12,6 cm;
d — hammasratta augu läbimõõt, mis võrdub 10,0 cm.

Asetades valemisse need arvulised väärtused leiame sepise mahu V_s kuupsentimeetrites:

$$V_s = \left(\frac{3{,}14 \cdot 36{,}6^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 10^2}{4}\right) 12{,}6 = 12\,260{,}4 \text{ cm}^3.$$

Sepise kaalu leiame valemi järgi:

$$G_s = V_s g \text{ kg},$$

kus g — metalli erikaal

$$g = 7{,}85.$$

Asetades viimasesse võrrandisse arvulised väärtused leiame sepise kaalu:

$$G_s = \frac{12260{,}4 \cdot 7{,}85}{1000} = 96{,}2 \text{ kg}.$$

Näide 2. Määrata joonisel 149 kujutatud võlli sepise kaal (sepise materjaliks on teras Ст 3).

Jaotame sepise kolmeks osaks:

I — silinder pikkusega $l_1 = 41$ cm ja läbimõõduga $D_1 = 18{,}5$ cm;

II — silinder pikkusega $l_2 = 32{,}5$ cm ja läbimõõduga $D_2 = 23{,}5$ cm;

III — silinder pikkusega $l_3 = 81$ cm ja läbimõõduga $D_3 = 15{,}4$ cm.

Sepise maht V_s võrdub selle kolme osa mahtude summaga:

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 \text{ cm}^3.$$

Esimese (I) osa maht:

$$V_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}5^2}{4} \cdot 41 = 11030 \text{ cm}^3.$$

Teise (II) osa maht:

$$V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot l_2 = \frac{3{,}14 \cdot 23{,}5^2}{4} \cdot 32{,}5 = 14105 \text{ cm}^3.$$

Kolmanda (III) osa maht:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot l_3 = \frac{3{,}14 \cdot 16{,}4^2}{4} \cdot 81 = 17090 \text{ cm}^3.$$

Sepise maht:

$$V_s = 11030 + 14105 + 17090 = 42225 \text{ cm}^3.$$

Sepise kaal:

$$G_s = V_s g = \frac{42225 \cdot 7{,}85}{1000} = 331 \text{ kg}.$$

Metalli mahtu ühelt läbimõõdult teistele üleminekuteks antud juhul ei arvestata, kuna läbimõõtude vahe ei ole suur ja üleminekuteks tarviliku metalli maht on samuti väike.

Jäätmete määramine vabasepistamisel

Vabasepistamisel tekivad järgmised metalli jäätmed: valuploki ülemine ja alumine osa valuploki sepistamisel, põlemiskaod (tagiks muutumise kaod) kuumutamisel ja sepistamisel, väljalöödav

osa (õõnsate sepiste valmistamisel), maharaiutavad osad ja muud jäätmed.

Jäätmed valuploki ülemise ja alumise osa näol. Valuplokist sepise valmistamisel on vältimatud valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud metallikaod. Valuploki ülemise osa eemaldamisel tekkivateks kadudeks $G_{ül}$ võetakse tavaliselt süsinik-konstruktsiooniterastest sepiste valmistamisel 14 kuni 25%, legeeritud teraste puhul kuni 35% valuploki kaalust.

Valuploki alumise osa eemaldamisel tekkivate jäätmete kaaluks G_{va} võetakse süsinik-konstruktsiooniteraste puhul 5 kuni 7%, legeeritud teraste puhul 7 kuni 10% valuploki kaalust. Seejuures tuleb silmas pidada, et metallikaod võetakse kõige väiksemad õõnsate sepiste jaoks, kõige suuremad aga täissepiste jaoks.

Põlemiskadudeks kuluva metalli kaal G_p. Tagiks muutuva metalli kadu on sepatöödel samuti vältimatuks nähtuseks. Lähtetooriku kaalu määramisel võetakse metalli põlemiskadudeks tavaliselt 2 kuni 3% tooriku või valuploki kaalust täieliku kuumutamise ja 1,5 kuni 2% iga järelkuumutamise kohta. Ääsidel kuumutamisel, kus kütus puutub kuumutatava metalliga vahetult kokku, ulatuvad põlemiskaod kuni 4—5% iga täieliku kuumutamise kohta.

Põlemiskaod on legeeritud teraste kuumutamisel väiksemad, süsinik-konstruktsiooniteraste kuumutamisel aga suuremad.

Väljalöödavate metallitükkide kaal. Seda liiki metallikaod esinevad sepisesse aukude löömisel. Väljalöödavate metallitükkide kaal määratakse arvutamise teel. Tavaliselt võetakse väljalöödava metallitüki kõrguseks $^1/_3$ selle sepise täielikust kõrgusest (H), mille sisse lüüakse auk $(^1/_3H)$.

Jäägid. Pärast seda, kui sepise valmistamiseks tarviliku metalli kaal on määratud, valitakse valuplokk või valtsitud toorik. Kohapeal valatavatel või mujalt saadavatel valuplokkidel on igas tehases oma kindlad kaalud. Sageli aga ei leidu vajaliku kaaluga valuplokki. Niisugusel juhul valitakse arvutatud kaalule kõige lähem valuplokk. Seejuures peab aga valuploki kaal tingimata olema suurem arvutuse järgi nõutavast kaalust.

Olemasoleva valuploki kaalu ja arvutatud kaalu vahe kujutab endast kadu — niinimetatud jääki. Valtsitud sordimetallist sepiste valmistamisel tekib jääk siis, kui latti pole võimalik tükeldada toorikutele vajalikeks osadeks. Selliseid jääke on võimalik kasutada teiste sepiste valmistamiseks.

Mahalõigatavad jäätmed. Mahalõigatavad jäätmed on vältimatud igasuguse sepistamise tehnoloogia puhul. Neid saadakse tavaliselt sepise otstelt ja nende suurus sõltub ristlõigete kujust ja suurusest.

Mahalõigatavate jäätmete mahtu on võimalik määrata järgmiste valemite järgi [5].

Presside all sepistamisel:

silindriliste ristlõigete puhul läbimõõduga D:

$$V_{ml} = 0{,}21\ D^3;$$

täisnurksete ristlõigete puhul mõõdetega B (laius) ja H (kõrgus):

$$V_{ml} = 0{,}28\ B^2H.$$

Mehaaniliste vasarate all sepistamisel:
silindriliste ristlõigete puhul läbimõõduga d:

$$V_{ml} = 0{,}23\ d^3;$$

täisnurksete ristlõigete puhul mõõdetega B (laius) ja H (kõrgus):

$$V_{ml} = 0{,}3\ B^2H.$$

Mahalõigatavate jäätmete kaalu võib võtta sepise kaalu protsentides vastavalt tabelile 6.

Tabel 6

Mahalõigatavate metallijäätmete tabel

Sepiste iseloomustus	Jäätmete %
Lihtsa kujuga sepised (võllid, kettad)	5—10
Astmete ja ääristega võllid	10 - 20
Mitmesuguse kujuga tõmbitsad	15 20
Hoovad	14—25
Väntvõllid, väiksemad, äärikutega	25 - 30
Vedurite tiislid	20—30

Lähtetooriku valik

Pärast sepise lähtekaalu (G_e) määramist otsustatakse valtsitud tooriku profiili ja suuruse või valuploki valiku küsimus. Kui sepis valmistatakse valtsitud toorikust, siis määratakse selle profiil ja suurus järgmiste tegurite kaudu.

1. Sepise valmistamisel venitamise meetodil (ilma jämendamiseta) peab valtsitud tooriku ristlõike suurus olema selline, et venitusmäär oleks vähemalt 1,3—1,5.

2. Kui sepis valmistatakse jämendamise meetodil, siis tuleb toorik valida sellise arvestusega, et tooriku pikkuse suhe selle läbimõõdusse (ruudukujulise ristlõikega tooriku puhul aga selle küljepikkusesse) ei oleks mitte üle 2—2,5. Kui tooriku pikkuse suhe selle läbimõõdusse või ruudu küljepikkusesse on üle 2,5, siis võib toorik jämendamisel kõverduda.

Kui sepis valmistatakse valuplokist, siis otsustatakse eelkõige küsimus — mitu sepist tuleb ühest valuplokist. See sõltub sepise kaalust ja otstarbest. Kui sepis on ette nähtud vastutava detaili jaoks, siis tuleb see valmistada eraldi toorikust. Väiksema vastutusega sepiste jaoks, kui on olemas vastavad seadmed, tuleb valida niisugune valuplokk, millest võib saada mitu sepist, sest seega hoitakse kokku metalli ja vähendatakse sepise valmistamiseks kuluvat aega. Peale selle, kui sepis valmistatakse valuplokist venitamise meetodil, tuleb valida niisugune valuplokk, mille ristlõige kindlustab venitusmäära 2,5 kuni 3, või tuleb sepistamisel kasutada otsa jämendamist.

Antud sepise valmistamiseks tarviliku valuploki kaal määratakse järgmisel viisil:

1) määratakse sepise kaal *(G)*;

2) määratakse eraldi põlemiskadude, mahalõigatavate ja väljalöödavate jäätmete, valuploki ülemise ja alumise osa jäätmete jm. kadude kaalud;

3) valuploki kaalust, milleks loetakse 100%, lahutatakse (samuti protsentides) põlemisest ja valuploki ülemise ning alumise osa eemaldamisega seotud kadude summa. Saadud jääk kujutab endast seda metallihulka, mis on tarvilik sepise valmistamiseks koos mahalõigetega.

Valuploki teoreetiline kaal määratakse järgmise valemi abil (5):

$$G_{vp} = \frac{(G_s + G_j)\ 100}{\eta}\ \text{kg},$$

kus G_{vp} — valuploki teoreetiline kaal kg;

G_s — sepise kaal kg;

G_j — jäätmete summa (põlemiskaod + valuploki ülemine osa + valuploki alumine osa):

$$G_j = G_p + G_{v\ddot{u}} + G_{va};$$

η — valuploki metalli lubatav kasutamise protsent:

$$\eta = 100\ (G_p + G_{v\ddot{u}} + G_{va})\ \%.$$

Oletame, et on tarvis valida valuplokk sileda võlli valmistamiseks, mille sepisel on järgmised mõõted: läbimõõt $D=800$ mm, pikkus $l=5$ m. Sepis valmistatakse kahe kuumutamisega.

Lahendus. Sepise maht (detsimeetrites):

$$V_s = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l = \frac{3{,}14 \cdot 8{,}0^2}{4} \cdot 50{,}0 = 2612\ \text{dm}^3$$

Sepise kaal:

$$G_s = V_s g = 2612 \cdot 7{,}85 = 20500\ \text{kg},$$

kus g — metalli erikaal (7,85 kg/dm³).

Metalli põlemiskaod on kahel kuumutamisel:

$$G_p = 2 + 1{,}75 = 3{,}75\ \%.$$

Valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud kaod võetakse: $G_{v\ddot{u}} = 20\%$, $G_{va} = 5\%$. Mahalõigatavate jäätmete kaal võetakse tabeli 6 järgi $G_{ml} = 5\%$ sepise kaalust ehk:

$$G_{ml} = 20500 \cdot 0{,}05 \approx 1225\ \text{kg}.$$

Jäätmete summa moodustab:

$$G_j = G_{v\ddot{u}} + G_{va} + G_p = 20 + 5 + 3{,}75 = 28{,}75\%.$$

Metalli kaal sepise valmistamiseks koos mahalõigetega protsentides:

$$\eta = 100 - 28{,}75 = 71{,}25\ \%.$$

Valuploki teoreetiline kaal:

$$G_{vp} = \frac{(G_s - G_{ml}) \cdot 100}{\eta} = \frac{(20500 - 1225) \cdot 100}{71{,}25} \approx 26940 \text{ kg}.$$

Tabeli järgi (vt. lisa 1) valime valuploki. Kuna eeltoodule vastava kaaluga valuplokki ei ole olemas, valitakse sellele kaalult kõige lähedasem valuplokk, mille kaal on 32 368 kg.

Näiteid toorikute valimisest

Näide 1. Valida toorik joonisel 147 kujutatud hammasratta sepise valmistamiseks.

Lahendus. Hammasratta sepise valmistamiseks tarviliku lähtetooriku kaal võrdub:

$$G_l = G_s + G_p + G_j \text{ kg}.$$

Eespool oli arvutatud, et hammasratta sepise kaal $G_s = 96{,}5$ kg, sepise maht $V_s = 12\,260{,}4$ cm^3. Sepis on väikese kaaluga, mispärast see valmistatakse valtsitud sorditerasest jämendamise meetodil. Jäätmeteks läheb metalli kaduma ainult võlli august väljalöödava metallitüki näol. Selle läbimõõt võetakse augu läbimõõdu järgi. Väljalöödava metallitüki kõrgus on $^1/_3$ sepise kõrgusest. On teada, et väljalöödava metallitüki läbimõõt $d_{vl} = 100$ mm.

Väljalöödava metallitüki kõrgus

$$h_{vl} = \frac{1}{3} H = \frac{1}{3} \cdot 126 = 42 \text{ mm}.$$

Väljalöödava metallitüki maht

$$V_{vl} = V_j = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{3{,}14 \cdot 10^2}{4} \cdot 4{,}2 = 330 \text{ cm}^3.$$

Sepis valmistatakse ühe kuumutamisega, mistõttu põlemiskaod on keskmiselt $V_p = 2\%$ tooriku mahust. Lähtetooriku mahuks loetakse 100%. Põlemiskadudeks kuluva metalli maht võrdub:

$$V_p = \frac{(V_s + V_{vl})\, V_p}{100 - V_p} = \frac{(12260{,}4 + 330) \cdot 2}{100 - 2} = 275 \text{ cm}^3.$$

Tooriku lähtemetalli maht võrdub:

$$V_l = V_s + V_{vl} + V_p = 12\,260{,}4 + 330 + 275 = 12\,805{,}4 \text{ cm}^3.$$

Hammasratta sepise valmistamiseks võetava tooriku mõõdete määramisel arvestatakse järgmisi tingimusi (eeldusel, et sepis valmistatakse jämendamise meetodil):

1) jämendamise hõlpsust. Mida lühem on toorik, seda hõlpsam on teda jämendada. Peale selle tuleb arvestada selle mehaanilise

vasara käiku ja võimsust, millel sepis valmistatakse. Lühikese tooriku puhul on vasarapea vabakäik suur, mistõttu toorikut on kergem jämendada;

2) võimalust toorikut mahu või kaalu järgi täpsemalt lati küljest lahti raiuda või maha lõigata, nii et toorik võimalikult paremini sobiks antud detaili valmistamiseks. Sel juhul on vastupidiselt. Mida pikem on toorik (s. t., mida suurem on tooriku pikkuse suhe selle läbimõõdusse või ruudu küljepikkusesse), seda täpsemalt (mahu järgi) on võimalik antud detaili valmistamiseks tarvilikku lati osa lahti raiuda või maha lõigata;

3) valitud läbimõõdu või ruudu leidumist valtsitud sordimaterjali ГОСТ-ides;

4) tooriku pikkust, mis ei tohi olla üle 2—2,5 läbimõõdu või ruudu küljepikkuse, sest sepis valmistatakse jämendamise meetodil.

Öeldut arvestades valime antud juhul neljakandilise tooriku ristlõikega 200×200 mm (võib võtta ka ümmarguse tooriku). Tooriku nõutav pikkus

$$L = \frac{V_t}{F_t},$$

kus L — tooriku pikkus;

V_t — lähtemetalli maht;

F_t — tooriku ristlõike pindala.

Asendades valemis tähed nende väärtustega, leiame tooriku pikkuse:

$$L = \frac{12805{,}4}{20 \cdot 20} = \frac{12805{,}4}{400} \approx 32 \text{ cm} = 320 \text{ mm}.$$

Kontrollime, kas valitud toorik rahuldab neljandat tingimust:

$$\frac{L}{d} = 1{,}5 \div 2{,}0 = \frac{320}{200} \approx 1{,}6.$$

Toorik mõõdetega $D=200\times200$ mm ja $L=320$ mm on seega õigesti valitud.

Näide 2. Valida toorik joonisel 149 kujutatud astmelise võlli sepise valmistamiseks.

Lahendus. Lähtetooriku maht võrdub:

$$V_l = V_s + V_p + V_j \text{ cm}^3.$$

Sepise maht ja kaal on eespool arvutatud ja need võrduvad:

$$V_s = 42225 \text{ cm}^3; \; G_s = 331 \text{ kg}.$$

Võlli sepistamisel tekib otste maharaiumisel jäätmeid. Enne kui määrata jäätmete hulk, tuleb otsustada võlli valmistamise tehnoloogia küsimus.

Antud astmelise võlli sepistamisel toorikust, mis on latist maha raiutud ühe detaili jaoks, tekib maharaiutavaid jäätmeid kahest otsast. Kui aga sepistada võll pikast latist ja sepistatud võll siis

sellest lahti raiuda, tekivad maharaiutavad jäätmed võlli ühel otsal. Eeldame käesoleval juhul, et võll sepistatakse ühe võlli jaoks lahtiraiutud toorikust.

Maharaiutavate otstega kadumamineva metalli mahu määrame järgneva valemi abil (sepistamine toimub mehaanilise vasara all):

$$V_{ml} = 0{,}23\ d^3\ \text{cm}^3,$$

kus d — maharaiutava otsa läbimõõt.

Antud sepise otstelt maharaiutava metalli maht võrdub:
võlli vasakul otsal

$$V'_{ml} = 0{,}23\ d_1^3 = 0{,}23 \cdot 18{,}5^3 = 1456\ \text{cm}^3;$$

võlli paremal otsal

$$V''_{ml} = 0{,}23\ d_2^3 = 0{,}23 \cdot 16{,}4^3 = 1014\ \text{cm}^3.$$

Maharaiumisel kadumamineva metalli maht võrdub:

$$V_{ml} = V'_{ml} + V''_{ml} = 1456 + 1014 = 2470\ \text{cm}^3.$$

Praktika andmetel oletame, et võll sepistatakse ühe kuumutamisega. Metalli põlemiskadudeks võtame 2% tooriku suurusest (mahust või kaalust). Tooriku metalli mahuks loeme 100%.

Põlemiskadudeks kuluva metalli maht

$$V_p = \frac{(V_s + V_{ml})\,V_p}{100 - V_p} = \frac{(42225 + 2470)\,2}{100 - 2} = 910\ \text{cm}^3.$$

Lähtetooriku maht

$$V_l = V_s + V_p + V_j = 42225 + 910 + 2470 = 45605\ \text{cm}^3.$$

Seega võrdub tooriku kaal

$$G_l = \frac{45605 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 360\ \text{kg}.$$

Antud sepise valmistamiseks võetava tooriku mõõdete määramisel võetakse arvesse: 1) materjali, millest sepistatakse võll (valtsmaterjal, valuplokk); 2) sepise valmistamise viisi.

Sepis on väikese kaaluga, mistõttu seda on kasulikum valmistada valtsitud sordimaterjalist. Kui võll valmistatakse venitamise teel, siis peab venitusmäär sepise kõrge kvaliteedi kindlustamiseks olema 1,3—1,5.

Võtame antud juhul venitusmääraks 1,4. Võlli suurim läbimõõt $D = 235$ mm (joon. 149). Võlli suurim ristlõike pindala on vastavalt:

$$F_{võll} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 23{,}5^2}{4} = 434\ \text{cm}^2.$$

1,4 suuruse venitusmäära puhul peab tooriku ristlõike pindala olema:

$$F_{toor} = F_{võll} \cdot 1{,}4 = 434 \cdot 1{,}4 = 607\ \text{cm}^2.$$

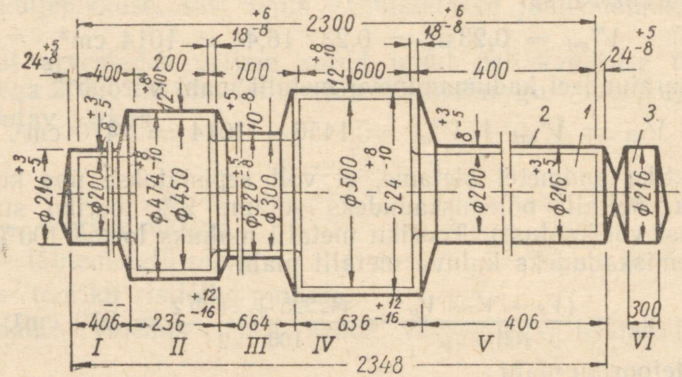
Sellisele ristlõike pindalale vastab neljakandiline toorik mõõdetega 250×250 mm. Tooriku pikkus

$$L_{toor} = \frac{V_l}{V_{toor}} = \frac{45605}{607} = 75{,}0 \text{ cm}.$$

Võlli sepise valmistamiseks vajatakse seega toorikut (bluumi) ristlõikega 250×250 mm ja pikkusega 750 mm.

Näide 3. Koostada sepise joonis ja valida toorik joonisel 151 kujutatud astmelise võlli sepise valmistamiseks.

Lahendus 1. Võlli (joon. 151) sepise joonise valmistamine. Peente joontega joonestatakse mastaabis võlli väliskontuur ja pannakse peale tähtsamad mõõted. Siis määratakse mehaanilise



Joon. 151. Astmelise võlli sepise joonis:
1 — võlli kontuur pärast mehaanilist töötlemist; *2* — võlli sepis; *3* — proov katsetamiseks.

töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid. Antud sepise jaoks võetakse järgmised töötlusvarud ja tolerantsid:

a) läbimõõdule — sõltuvalt võlli üldpikkusest ja kõnesolevast läbimõõdust;

b) pikkustele — 0,75 ja 1,5 vastavale läbimõõdule võetavast töötlusvarust ja tolerantsist.

Võlli üldpikkus (joon. 151) $L = 2300$ mm, töötlusvarud ja tolerantsid võetakse tabeli järgi (vt. lisa).

Läbimõõtudele:

$D_{1-5} = 200$ mm — töötlusvaru ja tolerants $a_{1-5} = 16^{+3}_{-5}$

$D_2 = 450$ mm — „ „ „ $a_2 = 24^{+8}_{-10}$

$D_3 = 300$ mm — „ „ „ $a_3 = 20^{+5}_{-8}$

$D_4 = 500$ mm — „ „ „ $a_4 = 24^{+8}_{-10}$

Piki võlli on töötlusvarud ja tolerantsid:

jämedamal osal, mille pikkus $L_4=600$ mm, töötlusvaru ja tolerants võrduvad 0,75 läbimõõdule $D_4=500$ mm võetud töötlusvarust; saame töötlusvaru:

$$(0{,}75\ a_4)\,2 = (0{,}75 \cdot 24)\,2 = 36 \text{ mm}.$$

Tolerants võrdub vastavalt 0,75 läbimõõdule $D_4=500$ mm võetud tolerantsidest; saame:

$$2\left(\begin{matrix}+8\\-10\end{matrix} \cdot 0{,}75\right) = \begin{matrix}+12\\-16\end{matrix}.$$

Jämedamal osal, mille pikkus $L_2=200$ mm, võrduvad töötlusvaru ja tolerants 0,75 läbimõõdule $D_2=450$ mm võetud töötlusvarust; saame töötlusvaru

$$(0{,}75\ a_2)\,2 = (0{,}75 \cdot 24)\,2 = 36 \text{ mm}.$$

Tolerants võrdub vastavalt $\begin{matrix}+12\\-16\end{matrix}$.

Töötlusvaru ja tolerants võlli üldpikkusele $L=2300$ võrdub 1,5 töötlusvarust ja tolerantsist otste läbimõõdule D_{1-5}; saame töötlusvaru:

$$(1{,}5\ a_{1-5})2 = (1{,}5 \cdot 16) \cdot 2 = 48 \text{ mm};$$

tolerants võrdub vastavalt 1,5 läbimõõdule $D=200$ mm võetud tolerantsist; saame:

$$2\left(\begin{matrix}+3\\-5\end{matrix} \cdot 1{,}5\right) = \begin{matrix}+9\\-15\end{matrix}.$$

Pärast töötlusvarude ja tolerantside määramist tõmmatakse võlli konstruktiivse kontuuri (peente joonte) ümber jämedate joontega sepise joonis ja kantakse peale sepise mõõted koos sepistamise tolerantsidega (joon. 151).

2. Sepise mahu ja kaalu määramine.

Mahu ja kaalu määramiseks jaotame võlli kuueks osaks.

Sepise maht võrdub:

I osa:

$$V_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot L_1 = \frac{3{,}14 \cdot 21{,}6^2}{4} \cdot 40{,}6 = 14600 \text{ cm}^3;$$

II osa:

$$V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot L_2 = \frac{3{,}14 \cdot 47{,}4^2}{4} \cdot 23{,}6 = 41772 \text{ cm}^3;$$

III osa:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_3 = \frac{3{,}14 \cdot 32^2}{4} \cdot 66{,}4 = 53320 \text{ cm}^3;$$

IV osa:

$$V_4 = \frac{\pi D_4^2}{4} \cdot L_4 = \frac{3{,}14 \cdot 52{,}4^2}{4} \cdot 63{,}6 = 137380 \text{ cm}^3;$$

V osa:

$$V_5 = \frac{\pi D_5^2}{4} \cdot L_5 = \frac{3{,}14 \cdot 21{,}6^2}{4} \cdot 40{,}6 = 17700 \text{ cm}^3;$$

VI osa:

$$V_6 = \frac{\pi D_6^2}{4} \cdot L_6 = \frac{3{,}14 \cdot 21{,}6^2}{4} \cdot 30{,}0 = 11040 \text{ cm}^3.$$

Sepise üldmaht:

$$V_s = 272900 \text{ cm}^3.$$

Sepise kaal on:

$$G_s = \frac{272900 \cdot 7{,}85}{1000} = 2142 \text{ kg}.$$

3. Võlli sepise valmistamiseks tarviliku tooriku valik ja mõõdete määramine.

Võll valmistatakse valuplokist. Võlli sepise valmistamiseks vajaliku metalli kaal võrdub:

$$G_l = G_s + G_{vä} + G_{va} + G_j + G_p \text{ kg}.$$

Valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud metallikaod võetakse:

$$G_{vä} = 20\ \%; \quad G_{va} = 5\ \% \text{ valuploki kaalust.}$$

Võll valmistatakse kolme kuumutamisega (üks täielik kuumutamine ja kaks järelkuumutamist). Metalli põlemiskaod võrduvad:

$$G_p = 2 + 1{,}5 + 1{,}5 = 5\ \% \text{ valuploki kaalust.}$$

Jäätmed (G_j) antud sepise valmistamisel koosnevad maharaiutavatest võlli otstest. Sepis valmistatakse mehaanilise vasara all. Otste maharaiumisega seotud metallikaod määratakse valemi järgi:

$$V_{ml} = V_j = 0{,}23\ d^3 \text{ cm}^3.$$

Antud juhul raiutakse võlli kummastki otsast maha tükid läbimõõduga $D=216$ mm; maharaiutavate tükkide maht võrdub järelikult:

$$V_{ml} = (0{,}23 \cdot 21{,}6^3)\, 2 = 4634 \text{ cm}^3.$$

Maharaiutavate metallitükkide kaal võrdub vastavalt:

$$G_{ml} = \frac{4634 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 37 \text{ kg}.$$

Valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud kadude ja põlemiskadude summa võrdub (protsentides valuploki kaalust):

$$G_j = G_{vä} + G_{va} + G_p = 20 + 5 + 5 = 30\ \%.$$

Metalli kaal %-des sepisele koos mahalõigetega võrdub:

$$\eta = 100 - 30 = 70\%.$$

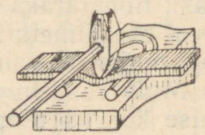
Valuploki teoreetiline kaal võrdub:

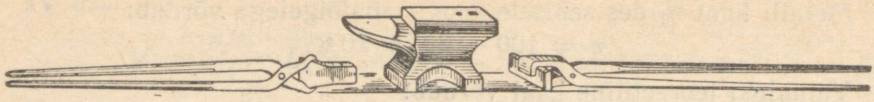
$$G_{vp} = \frac{(G_s - G_{ml})\,100}{\eta} = \frac{(2142 - 37)\,100}{70} \approx 3010 \text{ kg}.$$

Tabeli järgi valime valuploki kaaluks 3250 kg (vt. lisa 1).

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mida nimetatakse mehaanilise töötlemise varuks?
2. Mida nimetatakse sepistamise tolerantsiks?
3. Mida nimetatakse töötlemislisaks ja millal seda kasutatakse?
4. Missuguseid sepiseid nimetatakse «puhasteks» sepisteks?
5. Missuguseid sepiseid nimetatakse «mustadeks» sepisteks?
6. Kuidas koostatakse sepise joonist?
7. Kuidas määrata valuplokist sepise valmistamiseks tarviliku metalli kaalu?
8. Kuidas määrata valtsitud toorikust sepise valmistamiseks tarviliku metalli kaalu?
9. Millega võrdub sepise kaal?
10. Kuidas määratakse ühelt läbimõõdult teisele üleminekuks tarviliku metalli kaalu (joon. 148)?
11. Kuidas määratakse astmelise võlli üleminekutele tarviliku metalli kaalu?
12. Kui suured on valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud metallikaod?
13. Kui suured on metallikaod tagiks muutumisel (kuumutamisel ja eelsoojendamisel)?
14. Kuidas määratakse võllide valmistamisel mahalõigatavate metallitükkide kaalu?
15. Kuidas valitakse kaalu järgi valuplokki antud sepise valmistamisel?





IX PEATÜKK

VABASEPISTAMISVASARAD

§ 63. ÜLDANDMEID MEHAANILISTEST VASARATEST

Suuri detaile pole võimalik käsitsi sepistada, kuna käsi- või suurvasara nõrgad löögid ei suuda tekitada suuremaid deformatsioone. Peale selle nõuab käsisepistamine palju aega, kusjuures metalli tuleb korduvalt kuumutada. Seepärast kasutatakse suurte sepiste valmistamiseks mehaanilisi vasaraid (mehaanilist ehk masinsepistamist).

Masinsepistamisel toimub kuumutatud metalli deformeerimine löögi jõul või järk-järgult rakendatava survega. Sepist taguvaid masinaid nimetatakse mehaanilisteks vasarateks, survet tekitavaid masinaid — pressideks.

Vasara või pressi all sepistamist jaotatakse vabasepistamiseks, kui toodet valmistatakse siledate pinnide abil, ja stantsimiseks, kui seda valmistatakse stantside, s. t. erikujuliste pinnide abil.

Mehaanilisi vasaraid jaotatakse ajam- ja auru-suruõhuvasarateks. Ajamvasaraid omakorda jaotatakse hoob-vedru-, pneumaatilisteks ja friktsioonvasarateks. Auru-suruõhuvasaraid jaotatakse ühe- ja kahekordse toimega vasarateks. Vasara osa, millele toetub alumine pinn ehk alasi, nimetatakse vasara tooliks ehk šabotiks. Vasara rasket langevat osa nimetatakse vasarapeaks. Vasarapea alumine osa, mis löögi andmisel vahetult sepisega kokku puutub, kannab pinni nime. Mida raskem on vasara langev osa ja mida suurem on langemise kõrgus ning kiirus, seda suurem on vasara löögijõud ehk võimsus. Mehaanilise vasara võimsust ehk tonnaaži määratakse langevate osade kaaluga. Nii näiteks, kui vasara langevate osade kaal on 100 kg, siis võrdub vasara võimsus 100 kg; kui langevad osad kaaluvad 5000 kg, siis on vasara võimsus 5 t. Vasara löögijõud kandub sepise kaudu alasile, sellelt edasi aga šabotile; mida suurem on vasara võimsus, seda suurem on löögijõud ja seda suurem järelikult peab olema ka šaboti kaal, et säilitada vasara stabiilsust.

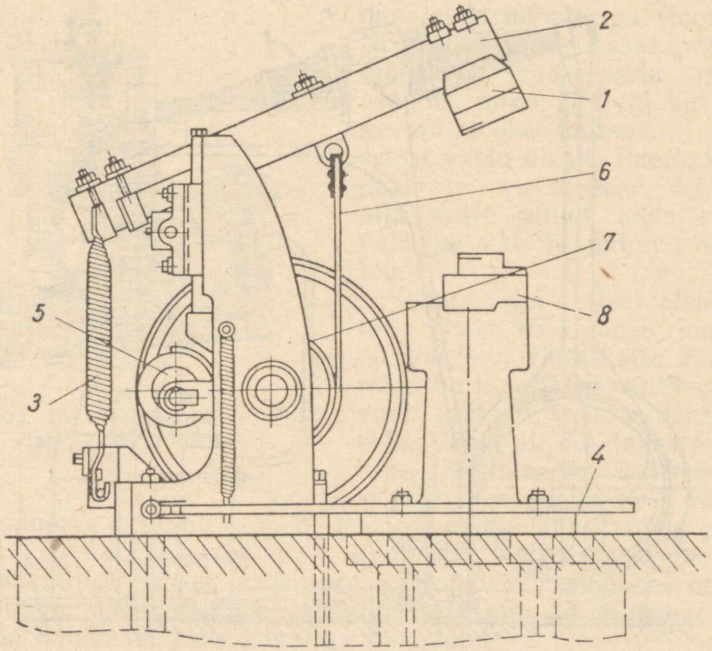
Vasara löögid põhjustavad šaboti põrutusi; need põrutused kanduvad edasi vundamendile, millel seisab šabott. On ilmne, et mida raskem on vundament, seda vähem ta põrub, kuid põrutustest on võimalik täiesti lahti saada ainult väga suure vundamendi

puhul. Seepärast tuleb mehaaniliste vasarate ülesseadmisel arvestada alasi, selle vundamendi ja kõikide lähedalasuvate konstruktsioonide põrutusi. Mehaaniliste vasarate ja nende mehhanismide põrutuste eest hoidmiseks seatakse suurtel mehaanilistel vasaratel šabott ja vasara korpus üles eri alustele, šaboti talla ja vundamendi vahele aga asetatakse puitklotsid.

§ 64. HOOBVASAR

Hoobvasaratel (joon. 152) kinnitatakse vasarapea *1* kiikuva hoova *2* ühe otsa külge. Vedru *3* tõmbab hoova *2* tagumist otsa allapoole. Seejuures tõuseb vasarapea *1* ülemisse asendisse. Vasarat käivitatakse jalgpedaalile *4* vajutamisega. Pedaal on ühendatud ekstsentrikuga *5*, mis pedaalile *4* vajutamisel pingutab rihma *6*, surudes seda tugevasti vastu pöörlevat rihmaratast *7*. Koos rihmarattaga allapoole liikudes sunnib rihma parempoolne ots hooba *2* koos vasarapeaga *1* alasile *8* langema. Kui lõpetatakse pedaalile vajutamine, kaob rihma pingus ja vedru *3* tõstab vasarapea *1* koos hoovaga *2* lähteasendisse.

Vasarapea löögijõudu reguleeritakse pedaalile vajutamise kestuse ja jõuga. Mida tugevamalt vajutatakse pedaalile, seda tuge-



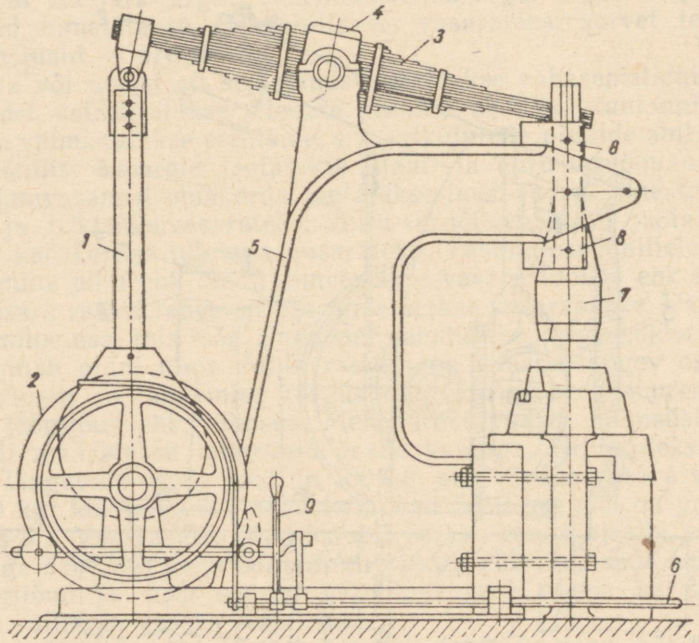
Joon. 152. Hoobvasar:
1 — vasarapea; *2* — hoob; *3* — vedru; *4* — jalgpedaal; *5* — ekstsenter; *6* — rihm; *7* — rihmaratas; *8* — alasi.

vamalt haardub rihm rihmarattaga ja seda tugevam on löök. Vasarapea tõusukõrgus pole muudetav ning seepärast pole see vasaratüüp kohane paksude, tugevaid lööke nõudvate toodete sepistamiseks. Hooovasarad võivad anda kuni 500 lööki minutis. Vasarapea kaal ulatub kuni 250 kg-ni. Mootori võimsus on 0,5 kuni 3,5 HJ. Need vasarad on väga kohased venitustöödel ja väikeste, kiiresti jahtuvate sepiste jaoks.

§ 65. VEDRUVASARAD

Vedruvasarat (joon. 153) paneb liikuma keps *1*, mille alumine ots on väntmehhanismi kaudu ühendatud rihmarattaga *2*, ülemine ots aga vedru *3* tagumise otsaga, kusjuures vedru võib kiikuda korpuse *5* külge kinnitatud laagrites *4*. Kui vajutada pedaalile *6*, hakkab rihmaratas koos selle külge ühendatud väntmehhanismiga pöörlema ja vedru hakkab kiikuma. Vedru teise otsa külge on kinnitatud vasarapea *7*. Väntmehhanismi allalaskumisel tõuseb juhtpindade *8* vahel liikuv vasarapea üles, väntmehhanismi tõusmisel aga laskub vasarapea alla ja toimub löök vastu sepist. Löögijõu ja vasarapea tõusu kõrguse muutmiseks on kepsu *1* käik hoova *9* abil reguleeritav.

Vedruvasaraid valmistatakse 30 kuni 250 kg-ste vasarapeadega. Kõige sagedamini kasutatakse vasaraid vasarapea kaaluga 100 kg,



Joon. 153. Vedruvasar:
1 — keps; *2* — rihmaratas; *3* — vedru; *4* — laager; *5* — korpus; *6* — pedaal; *7* — vasarapea; *8* — juhtpinnad; *9* — hoob.

mis annavad kuni 200 lööki minutis, ja vasaraid vasarapea kaaluga 50 kg, mis annavad kuni 300 lööki minutis.

Vedruvasarad on oma konstruktsioonilt lihtsad ja võimaldavad reguleerida löökide sagedust ning tugevust. Nende vasarate puuduseks on vedrude sagedane murdumine löökidel tekkivate põrutuste tõttu.

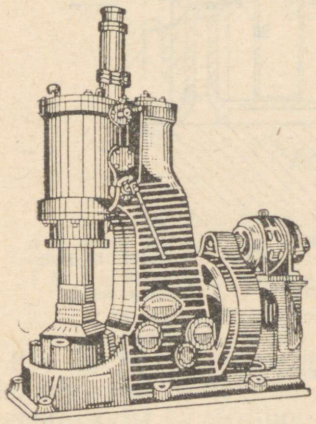
Vedruvasaraid kasutatakse venitustöödeks. Kuna vedru annab elastse löögi, on need vasarad kohased ka vormpinnide vahel venitamiseks.

Pneumaatilisi vasaraid valmistatakse võimsusega 0,1 kuni 0,5 t. Üle 0,5 t võimsusega pneumaatilisi vasaraid kasutatakse harva.

§ 66. PNEUMAATILISED VASARAD

Pneumaatilisi vasaraid kasutatakse peamiselt mitmesuguste toodete vabasepistamiseks kui ka allapandavates stantsides sepistamiseks.

Pneumaatilisi vasaraid valmistatakse võimsusega 0,1 kuni 0,5 t. Üle 0,5 t võimsusega pneumaatilisi vasaraid kasutatakse harva.



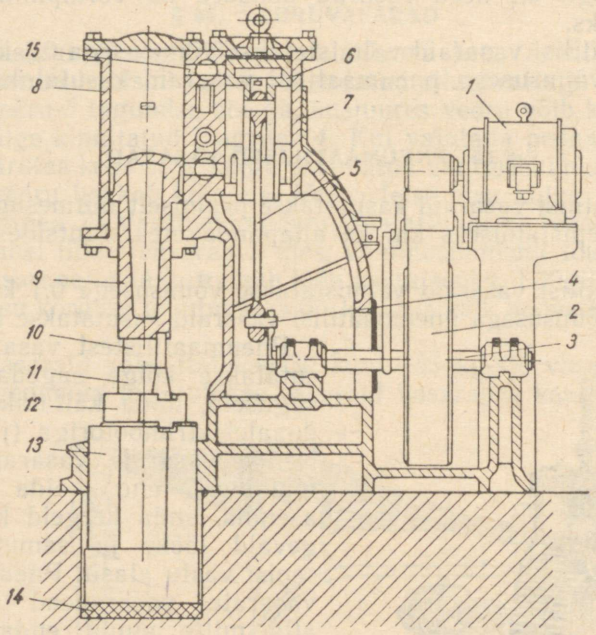
Joon. 154. Pneumaatiline sepistamisvasar (üldvaade).

Pneumaatilistest vasaratest kasutatakse kõige sagedamini niisuguseid, mida käitatakse individuaalelektrimootoriga (joon. 154). Nende vasarate vasarapead võimaldavad end hoida rippuvas asendis, anda kergeid kui ka tugevaid lööke ja samuti suruda sepist vastu alasit. Pneumaatiliste vasarate vasarapead ei lange alla mitte ainult enda raskuse, vaid ka kolvile mõjuva suruõhu toimel.

Vasara taga asetsev elektrimootor *1* (joon. 155) paneb rihma kaudu pöörlema rihmaratta *2*. Rihmaratas on kinnitatud võllile *3*, mille vänt asetseb vasara õõnsa kere sees. Väntvõlli vändakaelalt *4* antakse liikumine kepsu *5* kaudu edasi kompressori silindri *7* kolvile *6*. Töösilindris *8* liigub kolb *9*, mis on valatud ühes tükis jämeda, seest õõnsa kolvivarrega. Kolb ja kolvivars on ühtlasi pneumaatilise vasara vasarapeaks. Kolvivarre alumises otsas on sisselõige, millesse kiilu abil kinnitatakse pinn *10*. Mõlemad silindrid on omavahel kahe kanaliga ühendatud.

Elektrimootorilt *1* kandub liikumine rihmaratta *2*, vända *4* ja kepsu *5* kaudu edasi kolvile *6*, mis liigub üles ja alla. Kolvi *6* allalaskumisel tekib selle kohal hõrendus. Kuna kompressori silinder

on kanali kaudu ühenduses töösilindriga, siis tekib töösilindris *7* kolvi *9* kohal samuti hõrendus. Teiselt poolt surub kompressori kolb *6* allaliikumisel kokku tema all olevat õhku ja ajab selle alumise kanali kaudu vasara töösilindrisse, mistõttu õhk surub vasara kolvile *9* altpoolt ja kolb koos kolvivarrega tõuseb üles. Tagasikäigul, s. t. ülesliikumisel surub kompressori kolb õhu silindri ülemises osas kokku ja ajab selle ülemise kanali kaudu töösilindrisse.



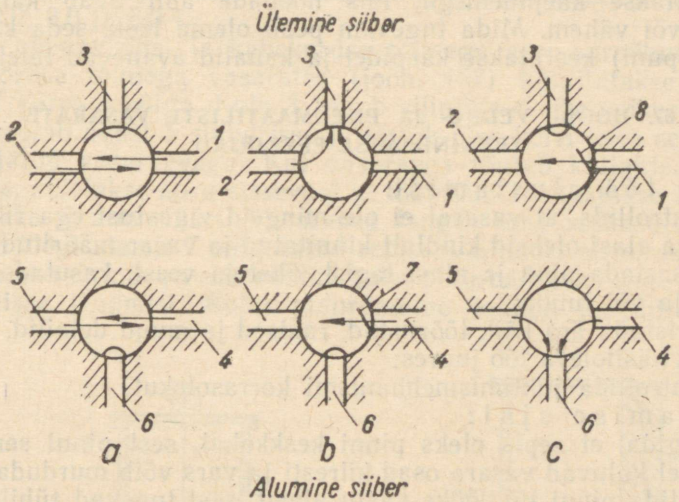
Joon. 155. Pneumaatilise sepistamisvasara lõike skeem: *1* — elektrimootor; *2* — rihmaratas; *3* — võll; *4* — vändakael; *5* — keps; *6* — kolb; *7* — kompressori silinder; *8* — töösilinder; *9* — töösilindri kolb; *10* — ülemine pinn; *11* — alumine pinn; *12* — alasi; *13* — šabott; *14* — šaboti alus; *15* — siibrid.

Samal ajal tekib töökolvi all hõrendus. Suruõhk rõhub kolvile ülevalt, mistõttu kolb liigub allapoole ning vasarapea langeb, s. t. tekib löök. Kompressori silindri kolb liigub pidevalt üles ja alla.

Vasarapea üles-alla liikumist juhitakse kahe siibri *15* abil, milledest üks asub ülemises ning teine alumises kanalis. Siiber kujutab endast silindrit, mille keskel on sisselõige. See silinder pöörleb puksis, mille aknad ühtivad silindri kanalitega.

Sellest sõltuvalt, missuguses asendis on kanalite suhtes siibri aknad, võib vasarapea: 1) anda lööke, s. t. kordamööda tõusta ja alla laskuda; 2) seista ülestõstetud asendis ja 3) suruda sepist vastu alasit. Siibrite vastavad asendid on skemaatiliselt näidatud

joonisel 156. Nooltega on näidatud õhu liikumise suunad. Kui seada siibrid joonisel 156, *a* näidatud asendisse, siis kanalid *1* ja *4*, mis ühendavad siibreid kompressori silindriga, samuti ka kanalid *2* ja *5*, mis ühendavad siibreid töösilindriga, on avatud, kuna kanalid 3 ja *6*, mis ühendavad siibreid välisatmosfääriga, on suletud ja õhk liigub kompressori silindrist töösilindrisse ja sealt tagasi. Töösilindri kolb ja sellega ühendatud vasarapea liiguvad vaheldumisi üles ja alla ning vasarapea annab sepisele lööke.



Joon. 156. Õhu liikumise skeem pneumaatilise vasara siibrites: *a* — siibri asend vasara pideval töötamisel; *b* — siibri asend vasarapea hoidmisel ülestõstetud asendis; *c* — siibri asend vasarapea surumisel vastu sepist; *1* ja *4* — kompressori silindriga ühendatud kanalid; *2* ja *5* — töösilindriga ühendatud kanalid; *3*, *6* — atmosfääriga ühendatud kanalid; *7*, *8* — klapid.

Kui on tarvis hoida vasarapead ülestõstetud (rippuvas) asendis, siis avatakse ülemise siibri kanal *3* (joon. 156, *b*) ja õhk võib kompressorist ja töösilindrist vabalt väljuda. Samal ajal suletakse alumise siibri kanal *6* ja kompressori silindrist saabuv kanal *4*; kanali *4* suleb klapp *7*, mis võib avaneda ainult sissepoole siibrit. Kompressori kolvi allaliikumisel surutakse kokku selle all olev õhk, mis avab klapi *7* ja voolab mööda kanalit *5* töösilindri kolvi alla. Kompressori kolvi ülesliikumisel tekib selle all hõrendus ja klapp *7* suleb tihedalt kanali *4*. Sel viisil surutakse siibrite niisuguse asendi puhul õhku ainult töösilindri kolvi alla, kusjuures õhu rõhk kompressori silindri kolvi iga käiguga järjest kasvab, töösilindri kolb tõuseb ülespoole ja jääb ülemisse asendisse nii kauaks, kuni vasara masinist ei muuda siibrite asendit.

Kui on tarvis vasarapead tugevasti vastu sepist suruda, asetatakse siibrid joonisel 156, *c* näidatud asendisse. Kanal *3* on täielikult suletud, kuna kanal *1* on suletud klapiga *8*, mis saab avaneda

ainult siibri sisse. Kompressori kolvi ülesliikumisel surutakse kokku selle peal olev õhk, mis avab klapi *8* ja voolab mööda kanalit *2* töösilindrisse. Kompressori kolvi allaliikumisel suleb töösilindris leiduv suruõhk klapi *8*; sel viisil surutakse kompressori silindri kolvi üles-alla liikumisel õhku ainult töösilindri kolvi peal asuvasse ruumi; seal tekib kõrge rõhk, mis surub vasarapead tugevasti vastu sepist.

Siibreid juhitakse käepideme või pedaali abil. Löögitugevust reguleeritakse käepidemega, mis hoobade abil avab kanaleid rohkem või vähem. Mida tugevam peab olema löök, seda kaugemale (lõpuni) keeratakse käepidet ja kanalid avanevad täielikult.

§ 67. HOOB-, VEDRU- JA PNEUMAATILISTE VASARATE TEENINDAMISE EESKIRJAD

Enne töö alustamist:

1) kontrollida, et vasaral ei ole mingeid vigastusi ega rikkeid, et pinn ja alasi oleksid kindlalt kinnitatud ja vasar määritud;

2) puhastada pinn ja alasi tagist, õlist ja veest, kasutades selleks harja või luuda;

3) koristada ära kõik tööriistad, rakised ja muud detailid, mida ei vajata käsiloleva töö juures;

4) kontrollida juhtimismehhanismi korrasolekut.

Töötamise ajal:

1) jälgida, et sepis oleks pinni keskkohal, sest pinni servaga töötamisel kuluvad vasara osad kiiresti ja vars võib murduda;

2) vältida pinni tühilööke vastu alasit, sest tugevad tühilöögid võivad vasara purustada;

3) sepistada ainult hästi kuumutatud metalli;

4) jälgida, et pihtide mokad ei satuks pinni löögi alla; pihtide käepidemed tuleb alati hoida enda kõrval, mitte aga ees;

5) puhastada, määrida või remontida tohib vasarat ainult pärast selle peatamist, kui vasarapea on alla lastud ja elektrimootor välja lülitatud; mingil juhul ei tohi seda teha vasara töötamise ajal.

Pärast töö lõpetamist:

1) peatada vasar, vasarapea alla lasta;

2) koristada kõik tööriistad, rakised ja sepised nende jaoks ettenähtud kohtadele, töökoht aga puhastada tagist ja maharaiutud metallitükkidest;

3) kui sepistamistööde vältel märgatakse ebanormaalsusi vasara töötamises, tuleb sellest teatada tsehhi remondimeistrile.

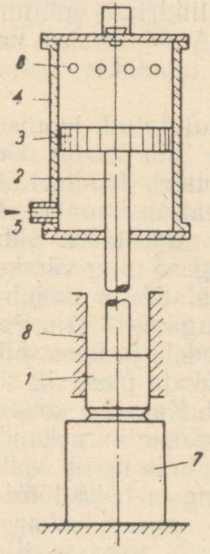
§ 68. AURU-SURUÕHUVASARAD

Kõige rohkem kasutatakse sepatöödel auru-suruõhuvasaraid. Neid nimetatakse auru-suruõhuvasarateks seepärast, et nad võivad töötada nii auruga kui ka suruõhuga. Enamasti töötavad nad auruga, mille rõhk peab olema 6 kuni 8 atü.

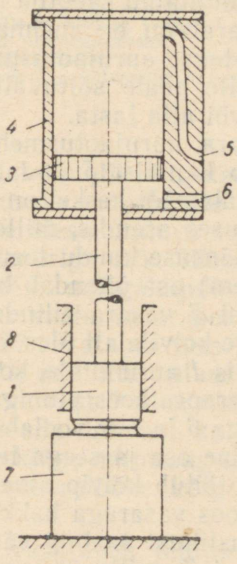
Auru-suruõhuvasar koosneb korpusest, mis toetub tugevale vundamendile. Korpuse ülemisele osale on tugevasti kinnitatud silinder. Silindris, nagu aurumasinaski, liigub kolb, mille varre külge on kinnitatud vasarapea koos pinniga. Aur juhitakse silindri alumisse ossa kolvi alla ja see tõstab kolvi koos vasarapeaga üles. Kui klapp avatakse, väljub aur silindrist ning vasarapea langeb koos kolviga sepisele. Mida suurem on vasarapea langemise kõrgus, seda tugevam on löök.

Ehitatavate auru-suruõhuvasarate langevate osade kaal on 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 ja 5,0 t.

On olemas ühe- ja kahekordse toimega auru-suruõhuvasaraid. Ühekordse toimega vasarates (joon. 157) kinnitatakse vasarapea *1* varre *2* külge. Kolb *3* liigub silindris *4*. Torustikust saabuv aur voolab avast *5* silindrisse ja tõstab üles kolvi koos selle külge kinnitatud vasarapeaga. Kui vasarapea tõuseb küllaldasele kõrgusele, suletakse auru sissevool ja töötanud aur lastakse silindrist läbi ava *5* atmosfääri. Vasarapea langeb oma raskuse mõjul ja annab löögi alasile *7* paigutatud sepisele. Silindri ülemises osas on mitu auku *6*, mis on ette nähtud kolvi pidurdamiseks enne ülemisse asendisse jõudmist. Kolvi pidurdamine toimub järgmisel viisil.



Joon. 157. Ühekordse toimega auru-suruõhuvasara skeem:
1 — vasarapea; *2* — vars; *3* — kolb; *4* — silinder; *5* — auk auru sisse- ja väljalaskmiseks; *6* — kaitseaugud; *7* — alasi; *8* — juhtpinnad.



Joon. 158. Kahekordse toimega auru-suruõhuvasara skeem:
1 — vasarapea; *2* — kolvivars; *3* — kolb; *4* — silinder; *5*, *6* — kanalid auru sisse- ja väljalaskmiseks; *7* — alasi; *8* — juhtpinnad.

Ülespoole liikudes suleb kolb oma külgpinnaga augud ja silindri ülemisse ossa jäänud õhk surutakse kolvi poolt kokku ning see mõjub puhvrina. Praegusel ajal ühekordse toimega auru-suruõhuvasaraid peaaegu enam ei ehitata.

Kahekordse toimega vasar (joon. 158) erineb ühekordse toimega vasarast selle poolest, et selles ei kasutata auru mitte ainult vasarapea tõstmiseks, vaid ka löögijõu suurendamiseks. Selleks juhitakse vasarapea allalaskumisel kolvi peale auru. Aur juhitakse silindrisse mööda kanalit *5* ja ta rõhub kolvile ülevalt. Kolvi ülesliikumisel voolab aur silindrisse kanalist *6* ja rõhub kolvile alt. Kolvi peal olnud aur väljub samal ajal mööda kanalit *5*.

Vabasepistamiseks kasutatavad auru-suruõhuvasarad jagunevad nelja tüüpi, mis erinevad üksteisest korpuse ehituselt ja juhtpindade olemasolult.

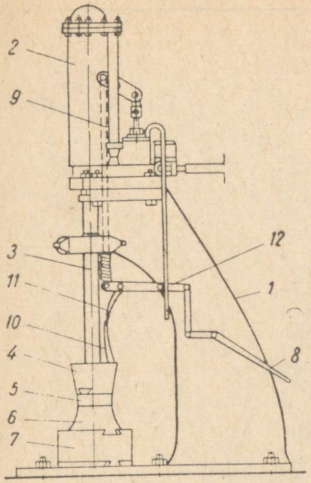
Ühe sambaga ja juhtpindadeta vasarad

Ühe sambaga vasaratel (joon. 159) kujutab korpus endast ühte terviksammast *1*, mille külge on kinnitatud aurusilinder *2*. Silindris liigub kolb koos kolvivarrega *3*, mille alumises otsas on vasarapea *4* ja viimase külge kiilude abil kinnitatud pinn *5*. Vasara alasi *6* on kinnitatud šabotile *7*.

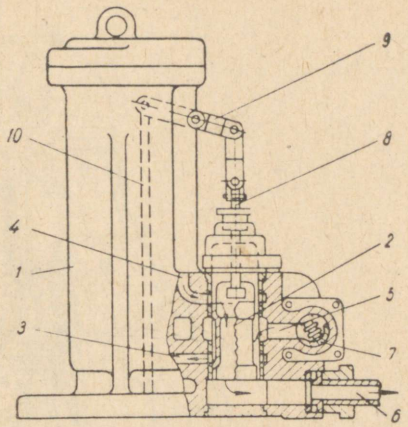
Vasaral on eri mehhanism auru silindrisse juhtimiseks, mida nimetatakse aurujaotusmehhanismiks. Aur juhitakse kas kolvi alla või selle peale sõltuvalt sellest, kas tahetakse vasarapead üles tõsta või alla lasta.

Vasara aurujaotusmehhanism on kujutatud joonisel 160. Aur saabub kanalist *5* ja lahkub torust *6*. Siibriks on õõnes silinder, mille läbimõõt keskel on väiksem kui otstel. Joonisel 160 on siiber niisuguses asendis, mille juures aur väljub kanalist *4* siibri sisemise õõnsuse kaudu torusse *6* ja sealt atmosfääri. Siibri keskmine (peenem) osa ühendab kanali *3* kanaliga *5* ning värske aur voolab kanalist *5* vasara silindrisse kolvi alla. Seega mõjub silindris *1* asuvale kolvile alt üles värske aur rõhuga 6—8 atü. Pealpool kolbi silindris *1* auru ei ole, kolb kerkib ülespoole ja ühes sellega ka vars ja vasarapea koos pinniga. Kui siiber lükata üles, siis ühineb kanal *3* toruga *6* ja aur voolab kolvi alt välja. Kanali *4* kohale jääb siibri keskmine osa ja seega tekib ühendus värske auru kanaliga *5*. Seejuures täitub kolvipealne ruum auruga, mis surub kolbi allapoole; kolb koos vasaraga hakkab alla langema ja tekib löök.

Torustikust saabuv värske aur läbib enne siibrikarpi saabumist abisiibri *7*, mille ülesandeks on lahutada vasara silinder värske auru torustikust. Abisiiber on poolsilindri-kujuline ja ta surutakse vedruga vastu abisiibri karbi sisemist silindrilist pinda. Kui abisiibrit pöörata selliselt, et ta suleb kanali *5*, siis lisandub vedru survele veel auru rõhk, seetõttu surutakse abisiiber tugevamini vastu siibrikarbi peegelpinda ja siibritihedus suureneb veelgi. Sageli kasutatakse abisiibri asemel auru sulgemiseks ventiili.



Joon. 159. Ühe sambaga ja juhtpindadeta vasar:
1 — korpus; *2* — silinder; *3* — vars; *4* — vasarapea; *5* — ülemine pinn; *6* — alasi; *7* — šabott; *8* — juhtimiskäepide; *9* — varras; *10* — sarv; *11* — mõõgakujuline hoob; *12* — balanssiir.

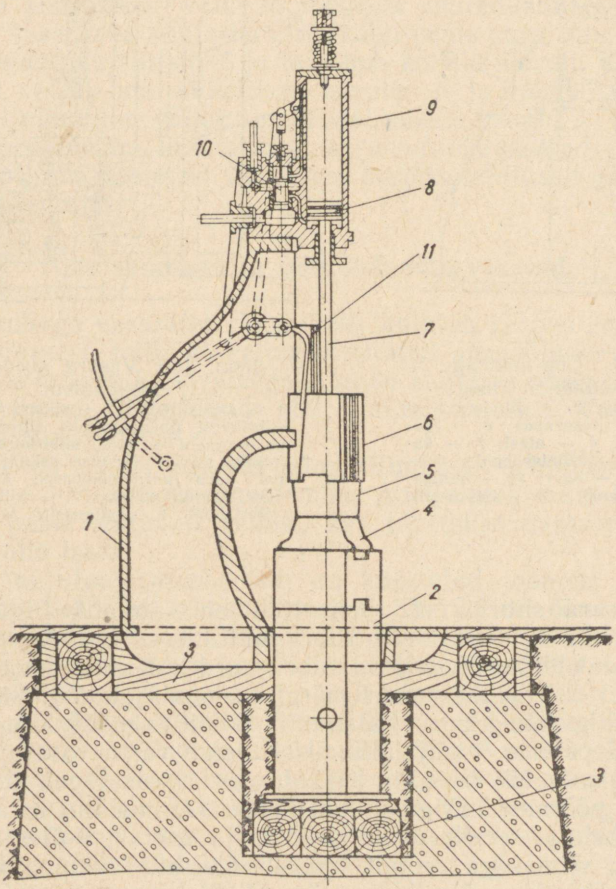


Joon. 160. Vasara aurujaotusmehhanism:
1 — aurusilinder; *2* — siiber; *3* — kanal siibrikarbi ühendamiseks silindri alumise osaga; *4* — kanal siibrikarbi ühendamiseks silindri ülemise osaga; *5* — kanal auru juurdetoomiseks; *6* — kanal auru ärajuhtimiseks; *7* — siiber; *8* — siibri hoob; *9* — balanssiir; *10* — varras.

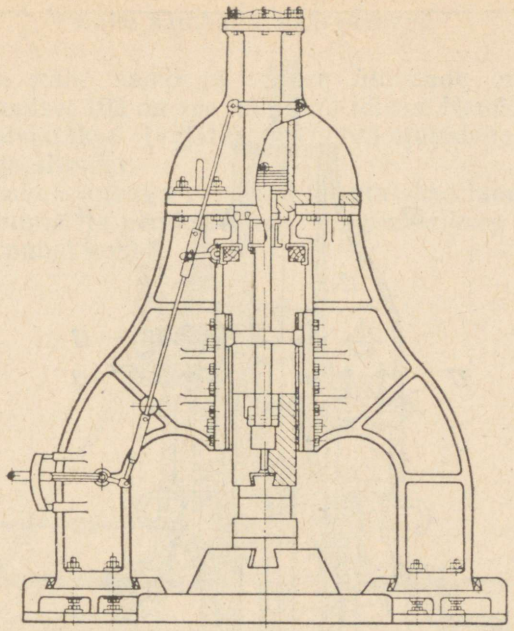
Auruvasara siibrit (vt. joon. 159) on võimalik liigutada nii käsitsi kui ka automaatselt. Siibri juhtimiseks on käepide *8*, mis rea hoobade abil on ühendatud siibri juurde ülessuunduva vardaga *9* (joonisel 160 on see varras märgitud numbriga *10*). Siibri automaatseks liigutamiseks on balanssiiri *12* küljes mõõgakujuline hoob *11*, mis käepideme *8* väljalülitamisel toetub vastu vasarapea külge kinnitatud sarve *10*. Seetõttu hakkab sarv *10* vasarapea üles ja alla liikumisel pöörama mõõgakujulist hooba *11*, mistõttu balanssiir *12* hakkab ühele ja teisele poole kiikuma ja varrast *9* üles ning alla liigutama; viimasega seotult hakkab üles-alla liikuma ka siiber. Selline mehhanism võimaldab anda siibrile kõige mitmesugusemaid liikumisi ja sel viisil saada igasuguseid vasaralööke, kõige tugevamatest kuni kõige nõrgemateni.

Joonisel 159 kujutatud vasaral ei ole vasarapea juhtpindasid, mispärast seda nimetataksegi ühe sambaga ja juhtpindadeta vasaraks. Juhtpindade puudumine võimaldab sepistada vabamalt — alasi juurde on võimalik pääseda kolmelt poolt. Seda tüüpi vasar on kohane remonttöödeks.

Juhtpindadeta vasara puuduseks on see, et viltuste (ekstsentriliste) löökide puhul võivad topendikarp, kolvivars ja silinder murduda.



Joon. 161. Ühe sambaga ja juhtpindadega vasara skeem:
1 — korpus; *2* — šabott; *3* — puitklotsid; *4* — alasi; *5* — pinn; *6* — vasarapea; *7* — kolvivars; *8* — kolb; *9* — silinder; *10* — siiber; *11* — juhtpind.



Joon. 162. Kahe sambaga kaarvasar võimsusega 2 t (üldvaade).

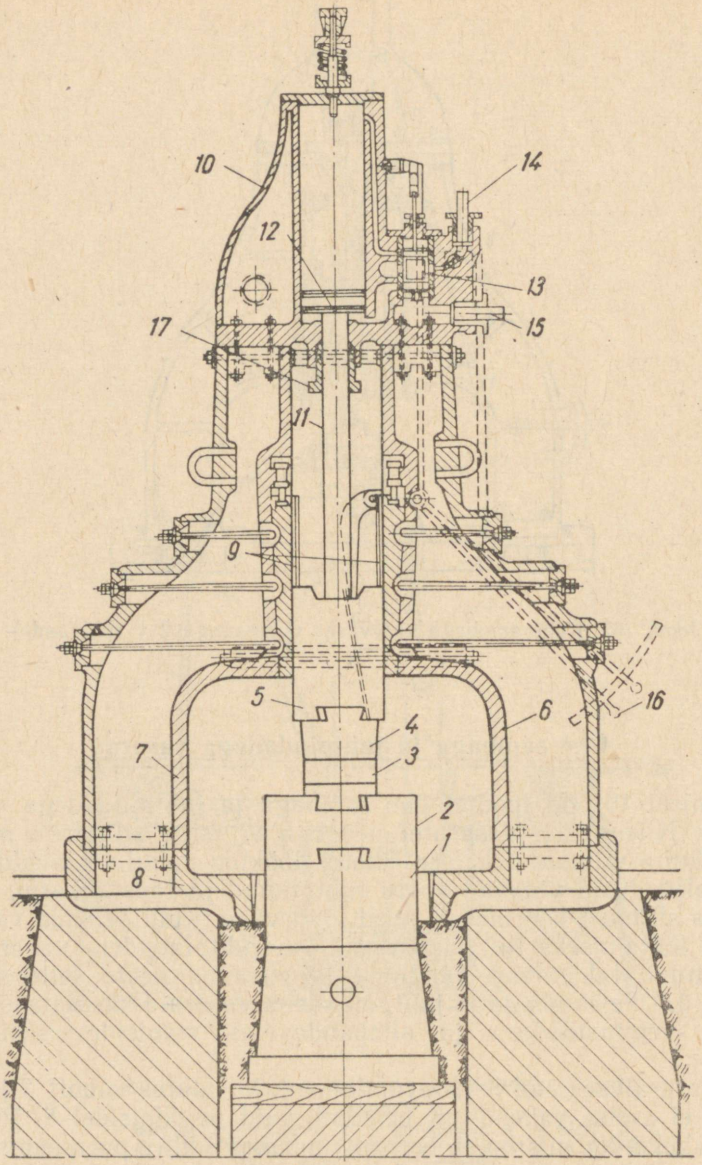
Ühe sambaga ja juhtpindadega vasarad

Joonisel 161 on toodud ühe sambaga ja juhtpindadega vasara skeem. Niisugustel vasaratel peaaegu ei esine silindrite murdumist, kuna viltuste (ekstsentriliste) löökide puhul tekkivaid horisontaaljõudusid võtavad vastu juhtpinnad ja topendikarpi, kolvivart ja silindrit koormavad need jõud vähe. Kuid sellised vasarad ei ole töötamiseks nii käepärased kui juhtpindadeta vasarad — juhtpinnad takistavad töötamist ja piiravad peale selle sepiste mõõteid. Ühe sambaga ja juhtpindadega vasaraid kasutatakse peamiselt venitustöödeks ja allapandavates stantsides sepistamiseks.

Vasara aluseks on betoonvundament, kusjuures šabott *2* ja korpus *1* ei asetse vahenditult betoonil, vaid puitklotsidel *3*. Puit on siin vahekihiks, mis hoiab betoonvundamenti kiire purunemise eest löökide mõjul.

Ühe sambaga vasaraid ehitatakse langevate osade kaaluga 250 kuni 1000 kg ja harva kuni 2000 kg.

Kahe sambaga auru-suruõhuvasaraid on kahte tüüpi: 1) tavalised ja 2) sildvasarad.

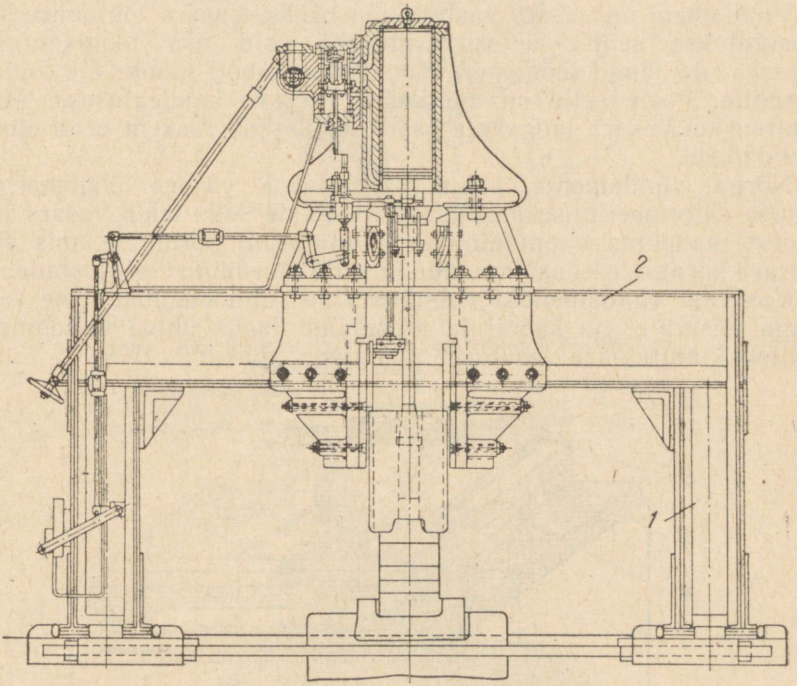


Joon. 163. Kahe sambaga kaarvasara lõige:
1 — šabott; *2* — padi; *3* — alasi; *4* — pinn; *5* — vasarapea; *6* — vasara parempoolne sammas; *7* — vasara vasakpoolne sammas; *8* — vundamendiplaat; *9* — juhtpinnad; *10* — silinder; *11* — vars; *12* — kolb; *13* — siiber; *14* — värske auru toru; *15* — töötanud auru toru; *16* — siibri mehhanismi käepide; *17* — tihendkarp.

Kahe sambaga kaarvasarad

Kaar-tüüpi kahe sambaga vasara üldvaade on toodud joonisel 162, joonisel 163 on see näidatud lõikes. Nende vasarate korpused valmistatakse (valatakse) võlvikujulistena, mille külge paigaldatakse silinder.

Selliseid kahe sambaga vasaraid kasutatakse laialdaselt. Nad ei karda kaardumist ja nende silinder ning siibrikarp ei nihku tugevate löökide puhul kohalt.



Joon. 164. Kahe sambaga sildvasar.

Kaar-tüüpi kahe sambaga vasarad võimaldavad juurdepääsu alasile ainult kahelt poolt (eest ja tagant), mis ei osutu täiesti käepäraseks keeruliste ja raskete sepiste valmistamisel. Tavalisi kahe sambaga vasaraid valmistatakse langevate osade kaaluga 1 kuni 5 t.

Kahe sambaga sildvasarad

Joonisel 164 on kujutatud kahe sambaga sildvasara skeem. Sellise vasara korpus koosneb tavaliselt kahest kokkuneeditud või keevitatud sambast *1* ja nendele kinnitatud needitud või keevita-

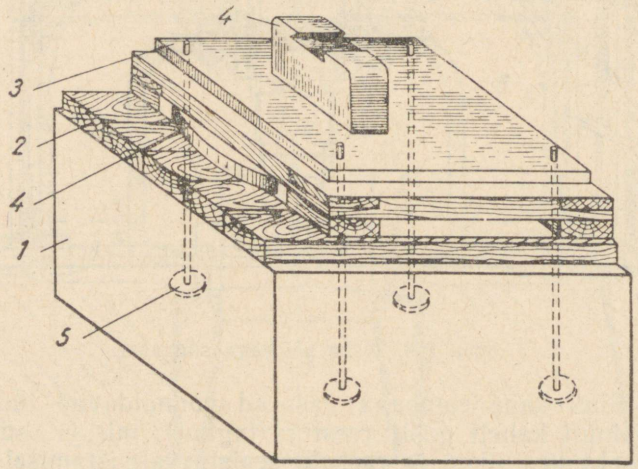
tud talast *2*. Kaar-tüüpi kahe sambaga vasaratega võrreldes on sildtüüpi vasaratel gabariitmõõted ja kaal suuremad. Sildvasarate põhiliseks eeliseks tavaliste kahe sambaga vasarate ees on see, et nad võimaldavad vaba juurdepääsu alasile igalt poolt, mispärast nendel vasaratel on võimalik sepistada kõige mitmekesisemaid profiilsepiseid, peamiselt raskeid ja kogukaid. Sildvasaraid valmistatakse langevate osade kaaluga 1 kuni 5 t, sagedamini 3 kuni 5 t.

§ 69. VASARATE ŠABOTID JA VUNDAMENDID

Vundament on vasara vastutavaks osaks. Vasara töötamise ajal kasutatakse sepise deformeerimiseks vaid osa löögienergiat. Vasara ülejäänud löögienergia kantakse šaboti kaudu üle vundamendile. Peale selle on vundament vasara kandealuseks. Mida suurem on vasara langevate osade kaal, seda raskem peab olema vundament.

Nõrga vundamendi puhul kasutatakse vasara löögienergiat sepise deformeerimiseks puudulikult. Peale selle tekib vasara löökidest maapinna vappumine ja vundamendi põrumine, mis võib vasara korpusele edasi kanduda ja selle murdumist põhjustada.

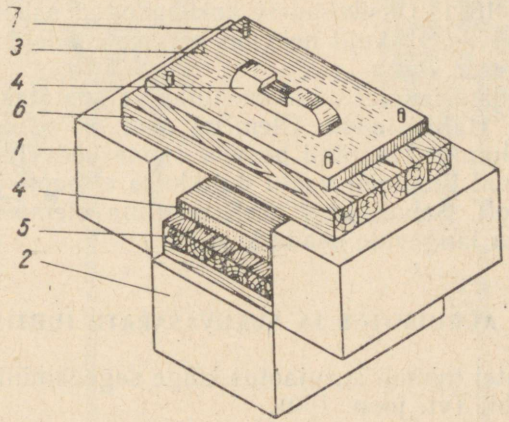
Vasarate vundamendid valmistatakse raudbetoonist. Ühe sambaga vasaratel on šaboti ja alusplaadi jaoks ühine vundament, millele kinnitatakse vasara korpus (joon. 165).



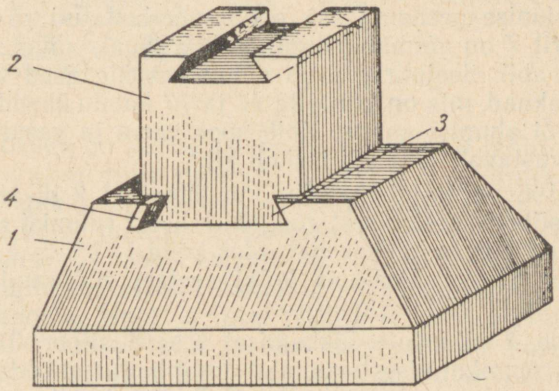
Joon. 165. Ühe sambaga vasara vundament:
1 — raudbetoon-vundament; *2* — puitklotsid; *3* — vasara vundamendiplaat; *4* — šabott; *5* — ankrupoldid.

Kahe sambaga vasaratel (kaar- ja sildvasaratel) koosneb vundament tavaliselt kahest eraldi osast (joon. 166). Ühele nendest osadest *1* asetatakse alusplaat *3*, millele kinnitatakse vasara korpus. Keskmisele osale *2* seatakse üles šabott *4*.

Vundament tehakse kahest osast selleks, et põrutus šaboti poolt vastuvõetavast löögist ei kanduks vasara korpusele. Löögijõu vähendamiseks asetatakse šaboti ja alusplaadi alla puitklotsid *5* ja *6* (joon. 166), mis valmistatakse tavaliselt tammest või lehisest ja kinnitatakse omavahel poltidega.



Joon. 166. Kahest osast koosnev vundament kahe sambaga vasara jaoks:
1 — vundamendi külgmised osad; *2* — vundamendi keskmine osa šaboti jaoks; *3* — vundamendiplaat; *4* — šabott; *5* — puitklotsid šaboti all; *6* — puitklotsid vundamendiplaadi all; *7* — ankrupoldid.



Joon. 167. Üksikosadest kokkupandud šabott:
1 — šaboti alumine osa; *2* — šaboti ülemine osa; *3* — kalasaba; *4* — kiil.

Šabott kujutab endast massiivset metallvalandit, mille ülemises osas on pesa alasi kinnitamiseks. Šabott võtab vastu vasara löögienergia, mis deformeeritava sepise kaudu kandub üle alasile ja

sellelt edasi šabotile. Kui šabott on kerge, siis hakkab ta löögi puhul hüppama, millest väheneb löögijõud; peale selle võib see põhjustada vasara murdumist.

Väikestel vasaratel on šabotid tavaliselt malmist ja ühest tükist. Suurematel vasaratel on šabotid terasest ja koosnevad mitmest osast. Šaboti üksikosad kinnitatakse omavahel kalasaba *3* ja kiilu *4* abil (joon. 167). Üksikosadest kokkupandud šabotid on tervikšabottidest halvemad, kuid neid on kergem töödelda ja transportida.

Et vähendada erisurvet vundamendile, valmistatakse šaboti alumine pindala (tald) laiem. Ülemisel osal on väiksem ristlõige. Ülemine ja alumine tasapind peavad olema hööveldatud, et kindlustada paremat liibumist vastu puitklotse altpoolt ja vastu alasi talda ülaltpoolt. Šaboti kaal peab reeglina olema 15—20 korda suurem vasara langevate osade kaalust.

§ 70. AURUJAOTUS JA AURUVASARATE JUHTIMINE

Auruvasaratel toimub aurujaotus kõige sagedamini lihtsa silindrilise siibri abil (vt. joon. 160).

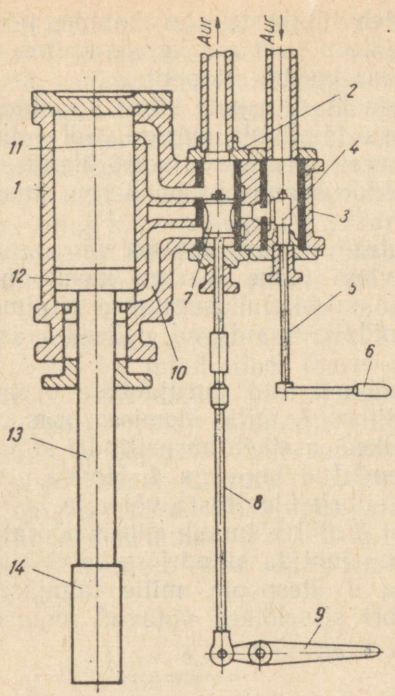
Juhtimisviisilt jagunevad siiberaurujaotusega vasarad järgmisteks tüüpideks: 1) käsijuhtimisega, 2) automaatjuhtimisega ja 3) kombineeritud juhtimisega vasarad.

Joonisel 168 on kujutatud vasara käsijuhtimise skeem. Värske aur saabub torustikust droslikarpi *3*. Käepideme *6* pööramisel drossel *4*, mis on kinnitatud spindlile *5*, pöördub ja avab augu, mis ühendab siibrikarpi *2* droslikarbiga *3*. Läbinud selle augu, satub aur siibri *7* keskmise peenema osa poolt moodustatud rõngakujulisse ruumi. Siibrit *7* on võimalik liigutada vertikaalsuunas siibrivarre *8* ja hoova *9* abil. Seejuures avab siiber kas ülemised või alumised siibrikarbi aknad, mis on kanaliite *11* ja *10* kaudu ühenduses silindri *1* ülemise või alumise osaga. Kolb koos varre ja vasarapeaga tõuseb sellele vastavalt üles või laskub alla.

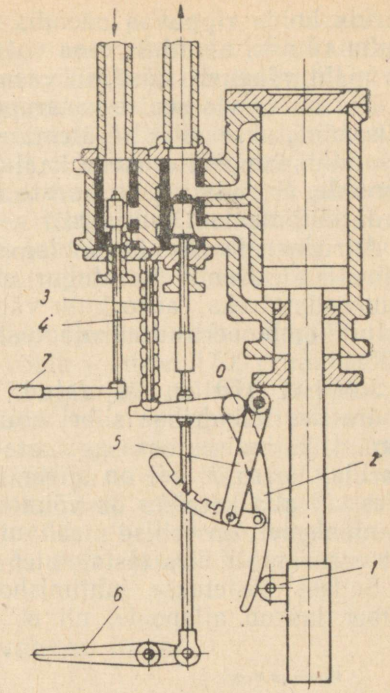
Joonisel 168 näidatud asendis, kui käepidet *9* lükata ülespoole, tungib aur siibri *7* keskmisest rõngakujulisest ruumist mööda kanalit *10* kolvi *12* alla ja hakkab paisudes kolbi ja kolvivart koos vasarapeaga üles tõstma. Pealpool kolbi asetsev töötanud aur väljub mööda kanalit *11* väljalasketorusse.

Käepideme *9* allapoole lükkamisel tõuseb siiber üles. Siibri *7* keskmisest rõngakujulisest ruumist tungib aur mööda kanalit *11* silindri ülemisse ossa kolvi peale. Kolb liigub alla ja tekib löök. Kolvi alt väljub töötanud aur mööda kanalit *10* siibrikarpi ja siibri keskmise ava kaudu väljalasketorusse.

Joonisel 169 on kujutatud automaatse aurujaotuse skeem. Vasarapea küljes on rull *1*, mis vajutab vasarapea liikumisel siibriga ühendatud mõõgakujulisele hoovale *2*. See hoob pöördub punkti O ümber, mida on võimalik ümber paigutada. Hoova *2* lühikese hori-



Joon. 168. Käsijuhtimise skeem lihtsa silindrilise siibriga toimuva aurujaotuse puhul:
1 — silinder; *2* — siibrikarp; *3* — droslikarp; *4* — drossel; *5* — drosli spindel; *6* — käepide; *7* — siiber; *8* — siibrivars; *9* — hoob; *10, 11* — silindri kanalid; *12* — kolb; *13* — vars; *14* — vasarapea.



Joon. 169. Automaatse aurujaotuse skeem lihtsa silindrilise siibri puhul:
1 — rull vasarapeal; *2* — mõõgakujuline hoob; *3* — siibrivars; *4* — vedru; *5* — käepide; *6* ja *7* — hoovad.

sontaalse osaga on seotud siibrivars *3*. Vedru *4* mõjul on hoob alati vastu vasarapea rulli surutud. Käepidet *5* pöörates on võimalik muuta mõõgakujulise hoova pöörlemispunkti (punkti O) asendit, mille tagajärjel muutub vasarapea käigu pikkus. Ülestõusmisel surub vasarapea hoova eemale ja tõukab siibrit ülespoole. Seejuures tungib aur mööda kanaleid silindri ülemisse ossa ja kolb liigub allapoole. Hoob *2* võtab vedru *4* mõjul järk-järgult endise asendi, siiber laskub alla ja aur tungib uuesti kolvi alla, tõstes kolvi uuesti üles jne. Sel viisil teostub automaatne aurujaotus. Automaatse aurujaotusega vasarat võib panna töötama ka käsijuhtimisega, hoobade *6* ja *7* abil; siis toimub aurujaotus samasuguselt, nagu oli näidatud joonisel 168.

Auru kokkuhoiuks ei ole tarvis vasarapea ülestõstmisel silindri alumist osa täielikult auruga täita. Siibri juhtimisel tuleb silindri alumisse ossa lastav aur sulgeda selliselt, et ülestõusmise viimane osa toimuks auru paisumise tagajärjel. Kui vasarapead on

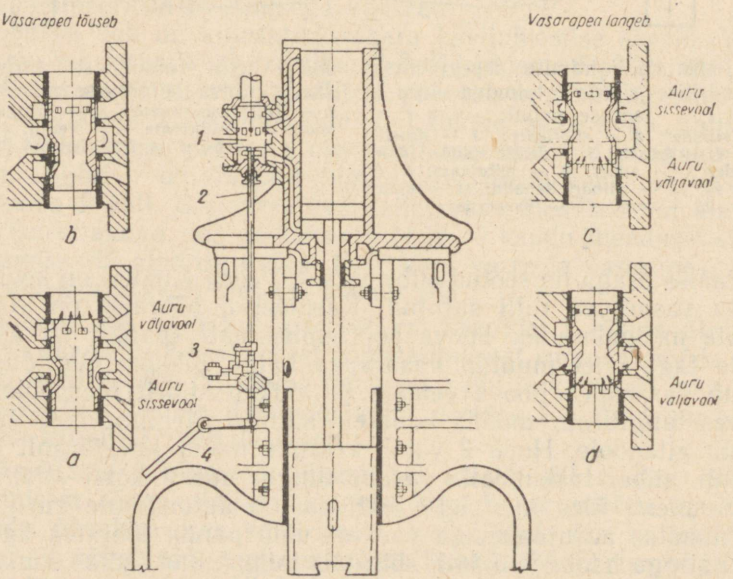
tarvis hoida rippuvas asendis, tuleb lühikeste ajavahemike järel lasta silindri alumisse ossa natuke auru, sest aur kondenseerub ja ta maht väheneb, mistõttu vasarapea laskub allapoole.

Kui on tarvis sepist vasarapea ja alasi vahele kinni pigistada, siis täidetakse silindri ülemine osa täielikult auruga. Sel juhul lisandub langevate osade kaalule veel auru surve kolvi ülemisele pinnale. Sagedate ja tugevate löökide saamiseks on parem kasutada automaatset juhtimist.

Auruenergia ärakasutamise suhtes on auruvasarad väga ebatäiuslikud. Nende kasutegur on väga väike. Vasara kasuteguri suurendamiseks (auru kulu vähendamiseks) kasutatakse niinimetatud kombineeritud aurujaotust, mida võimaldavad erilised säästsiibrid.

Joonisel 170 on kujutatud kombineeritud aurujaotuse skeem pööratava silindrilise siibri abil. Siiber *1*, mille ülemises osas on aknad, keskmises osas aga sisselõiked, asetseb aurusilindri siibrikarbis. Varre *2* abil on siiber ühendatud hoovaga *4*. Hoova otsa üles või alla keerates on võimalik siibrit üles tõsta või alla lasta. Samaaegselt on erilise mehhanismi *3* abil võimalik siibrit pöörata. Et vasarapead üles tõsta, tuleb auru juhtida silindrisse kolvi alla.

Selleks tõstetakse juhtimishooba *4* ülespoole, mille tagajärjel siiber laskub allapoole, nii et siibri sisselõiked võtavad joonisel



Joon. 170. Kombineeritud aurujaotuse skeem säästsiibri abil:
1 — siiber; *2* — vars; *3* — siibri pööramise mehhanism; *4* — juhtimishoob; siibri asendid vasara töötamisel: *a* — vasarapea liigub ülespoole kuni väljuva auru äralõikamiseni; *b* — vasarapea liigub ülespoole pärast väljuva auru äralõikamist; *c* — vasarapea liigub allapoole kuni väljuva auru äralõikamiseni; *d* — vasarapea liigub allapoole pärast väljuva auru äralõikamist.

170, *b* näidatud asendi. Aur tungib kolvi alla ja vasarapea tõuseb. Silindri ülemises osas (kolvi peal) olev aur väljub silindri kanali ja siibri akende kaudu väljalasketorusse. Kui kolb on jõudnud ligikaudu oma poole käiguni, pöörab automaatne mehhanism *3* siibrit, mis suleb seejuures alumise aurukanali ja lõpetab seega auru juhtimise kolvi alla. Siiber võtab sel ajal joonisel 170, *a* näidatud asendi. Silindri alumises osas olev aur hakkab paisuma ja jätkab kolvi ning koos sellega ka vasarapea tõstmist. Kuna auru sisselaskmine on lõpetatud kolvi tõusu poolel käigul, siis kujuneb auru kulu väiksemaks kui juhul, mil siiber oleks lahti olnud vasarapea täieliku üleskerkimiseni.

Vasarapeaga löögi andmiseks tuleb juhtimishooba *4* pöörata allapoole. Sel juhul siiber tõuseb ja võtab joonisel 170, *c* näidatud asendi. Siibri sellise asendi puhul tungib aur silindri ülemisse ossa (kolvi peale) ja sunnib kolbi koos vasarapeaga kiiresti alla liikuma ja sepisele lööki andma. Samal ajal väljub aur silindri alumisest osast silindri alumise kanali ja siibri õõnsuse kaudu väljalasketorusse. Vasarapea allalaskumisel pöörab automaatse juhtimise mehhanism *3* siibrit uuesti selliselt, et auru sisselaskmine silindri ülemisse ossa lõpeb ligikaudu kolvi poolel käigul (joon. 170, *d*).

§ 71. VASARATE LANGEVAD OSAD

Vasara langevate osade hulka kuuluvad kolvivars, kolb ja vasarapea.

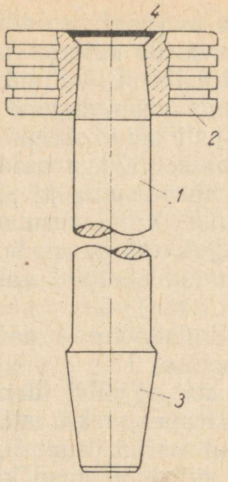
Kolvivarred

Oma konstruktsioonilt võivad kolvivarred olla: 1) kolviga ühest tükist sepistatud ja 2) mahavõetava kolviga.

Ilma juhtpindadeta vasaratel valmistati varemalt kolb ja kolvivars tavaliselt ühest tükist. Juhtpindadega vasarate jaoks valmistatakse kolb ja vars eraldi, kolb asetatakse kuumalt varre otsa ja needitakse sinna kinni.

Joonisel 171 on kujutatud mahavõetava kolviga *2* vars *1*. Kolb on kuumalt varre koonilisele osale peale pandud. Varre ülemine ots needitakse pärast kolvi otsapanekut laiaks, täites sel viisil kolvi ülemise koonuse.

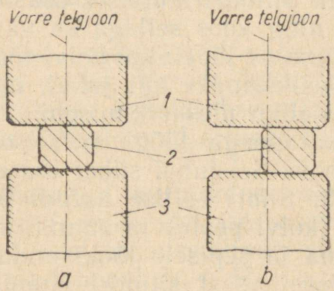
Kolvivarred valmistatakse süsinik- või legeeritud terasest. Süsinikterasest kolvivarred peavad vähe vastu ja neid kasutatakse seepärast harva. Tavaliselt kasutatakse kolvivarte valmistamiseks kroomnikkel- või kroomnikkelmolübdeenteraseid. Kolvivarred sepistatakse ning seejärel lõõmutatakse. Lõõmutamisele järgneb jämekoorimine ja termiline töötlemine (karastamine ja noolutamine). Kui vars valmistatakse kolviga ühest tükist, siis toimub treimine kohe pärast termilist töötlemist. Kui aga vars ja kolb valmistatakse eraldi, siis sobitatakse kõigepealt treipingil kolvi kere,



Joon. 171. Mahavõetava kolviga vars:
1 — vars; *2* — kolb; *3* — varre alumine ots, mille külge kinnitatakse vasarapea; *4* — varre laiaksneeditud ots.

siis pannakse kolb otsa ja needitakse ning alles seejärel treitakse vars koos kolviga lõplikult üle.

Vart tuleb vahetada sagedamini kui teisi vasaraosi, kuna ta vasara



Joon. 172. Sepise õige *a* ja ebaõige *b* asend pinni ja alasi vahel:
1 — pinn; *2* — sepis; *3* — alasi.

intensiivsel kasutamisel muutub kõlbmatuks sageda murdumise tõttu (iga 4—12 kuu järel). Varre murdumiste tähtsamad põhjused on järgmised.

1. Vasara konstruktiivsed puudused või selle osade paigalt nihkumine töötamise vältel (silindri, varre ja vasarapea telgjooned ei ühti; silindri telgjoon ei ole paralleelne juhtpindadega jne.).
2. Varre materjali madalad mehaanilised omadused, sisepinged jne.
3. Viltused löögid sepisele (joon. 172), mis põhjustab vasarapea kaardumist ja seetõttu ka varre murdumist.
4. Varre nõrk kinnitus vasarapea külge.
5. Varre mitteküllaldane soojendamine enne töö alustamist, eriti talvisel ajal. Vasaraga töötamist tohib alustada alles siis, kui vars on soojenenud (vasarapea lähedalt) temperatuurini 150—200°. Varre soojendamiseks laotakse tavaliselt selle ümber tuliseid metallitükke.

Vars läheb vasara silindrisse läbi tihendkarbi (vt. joon. 163, *17*), mille ülesandeks on takistada auru väljapääsu silindrist. Tihendkarbi survepuks ulatub silindri vastavasse pesasse ja on kinnitatud tikkpoltidel mutrite ja kontramutrite abil, mis võimaldavad tihendit pingutada. Survepuks hoiab ja tihendab topendit. Topendi kulumisel tuleb mutrite abil survepuksi pingutada või mõni tihendusrõngas juurde panna. Topendiks kasutatakse kas asbestgrafiitnööri või kanepinööri. Esimene neist on palju parema

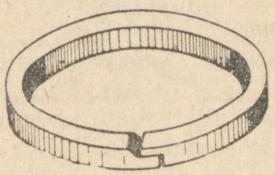
kvaliteediga ja peab töötamisel kauem vastu kui teine. Tihendkarbi täitmiseks lõigatakse tihendusnöörist nii pikad tükid, et need ulatuvad ümber varre, ja topitakse need tihendkarbi sisse. Kahe kõrvuti asetseva tihendusrõnga põkud ei tohi seejuures kokku sattuda, kuna siis ei saavutata head tihendust ja aur tungib tihendusrõngaste põkkude vahelt läbi. Tihendkarbi survepuksi pingutamiseks tuleb kõikidel tikkpoltidel mutrid ühtlaselt peale keerata. Survepuks nihkub siis ülespoole ja pingutab topendit.

Kolvid

Vasara varre ülemisele koonusotsale (vt. joon. 171) kinnitatakse kolb, mille läbimõõt on veidi väiksem vasara silindri läbimõõdust (umbes 1—2 mm võrra).

Mõnedel väiksematel vasaratel kasutatakse veel praegugi kolbidega ühest tükist sepistatud varsi. Niisugune konstruktsioon on tugevam, kuid kallim, sest varre murdumisel tuleb uuesti valmistada nii vars kui ka kolb. Seepärast asendatakse viimasel ajal kolviga ühest tükist valmistatud varsi niisugustega, milledel kolb on mahavõetav. Niisugusel juhul: 1) vasara vart ei ole tarvis sepistada jämedast toorikust; 2) kolbi on võimalik kasutada ka teistele vartele (praktikas peab kolb vastu kuni viis varrelepanekut); 3) kolvi ja varre eraldi valmistamine lihtsustab nende termilist ja mehaanilist töötlemist.

Kolb valmistatakse 0,45—0,55%-lise süsinikusisaldusega süsinikterasest sepistamise teel, millele järgneb normaliseerimine. Kolvil on sooned kolvirõngaste (joon. 173) jaoks. Rõngad asetatakse kolvile selleks, et: 1) luua tihendust kolvi ja vasara silindri vahel ja vältida seega auru läbitungimist silindri ülemisest osast alumisse või vastupidi; 2) võimaldada kolvile teatavat radiaalliikumist (külglöökide puhul rõngad vetruvad); 3) vähendada silindriseinte ja kolvi kulumist, kuna rõngaste olemasolu hoiab ära silindriseinte ja kolvi sissesööbimist ning pikendab kolvi ja silindri teenistuskestust.



Joon. 173. Kolvirõngas.

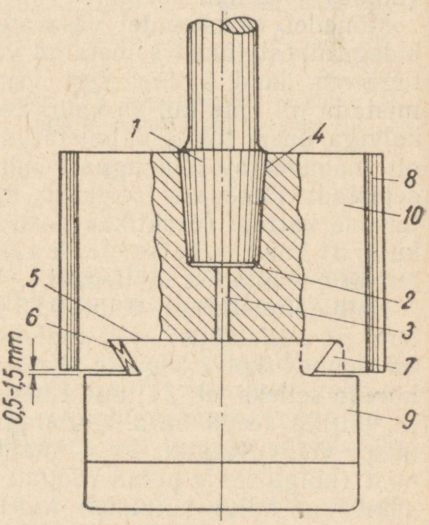
Kolvirõngad valmistatakse pehmemast materjalist kui kolb ja vasara silindri seinad. Vabasepistamise vasarate kolvirõngad on soovitatav valmistada terasest, mis sisaldab 0,3—0,4% süsinikku ja 0,5—0,8% mangaani. Ei ole soovitav vabasepistamise vasarate kolvirõngaid valmistada malmist, kuna need töötamisel tekkivate löökide tõttu kiiresti murduvad. Kolvirõngaid tuleb sagedasti vahetada.

Varre alumine ots lõpeb vasarapeaga, mille sisse kalasabal kinnitatakse vasara pinn. Väikestel vasaratel valmistatakse mõnikord vasarapea ühest tükist varrega. Niisuguse konstruktsiooni eelis seisab selles, et kogu langev süsteem (kolb, vars, vasarapea) on tugevam, kuid selline konstruktsioon on keerulisem ja kallim.

Vabasepistamise vasarate praegustel mudelitel valmistatakse vasarapead vartest eraldi. Väiksemate vasarate jaoks vasarapead sepistatakse, suuremate jaoks aga valatakse terasest. Vasarapäid valmistatakse legeeritud ja süsinikterastest. Tuleb silmas pidada, et kõrge süsinikusisaldusega kõvadest terastest (süsinikusisaldusega üle 0,5%) valmistatud vasarapead ja alasid võivad praguneda ning lahtimurduvad metallitükid võivad lennata eemale, mis ohustab töötajaid. Seepärast ei tohi vasarapäid, pinne ega alaseid valmistada üle 0,5% süsinikku sisaldavast terasest ega tohi neid karastada.

Varrega ühendatakse vasarapäid mitmesugusel viisil. Vasarapea kinnitamine varre otsa on väga tõsine küsimus, kuna sellest sõltub varre, kolvi ja silindri vastupidavus ning vasaral töötamise ohutus. Kõige lihtsamaks on vasarapea jäik koonuseühendus varrega (joon. 174).

Jäiga kinnitusviisi puhul valmistatakse varre ots jämedam ja treitakse kooniliseks. Vasarapeasse treitakse koonuspesa. Varre *1* alumine jämendatud koonusots surutakse lõpuni vasarapea *2* pesasse. Enne seda, kui varre koonusots asetatakse vasarapea pesasse, kuumutatakse vasarapead ühtlaselt temperatuurini 400—450°C. Kuumutamisel koonuspesa laieneb ja varre koonusots läheb kergesti pesasse. Jahtumisel haarab vasarapea tihedalt varre koonusotsa.

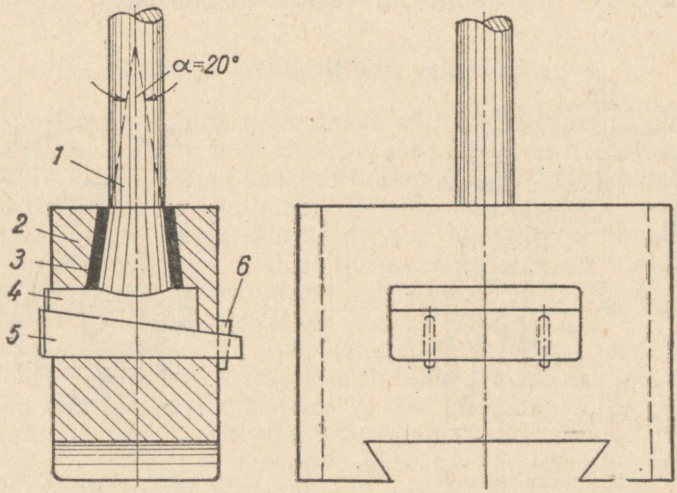


Joon. 174. Vasarapea jäik kinnitus varrele ja pinni kinnitus vasarapea külge:
1 — varre jämendatud ots; *2* — vasarapea pesa; *3* — auk varre otsa väljalöömiseks; *4* — messingist vaheleht; *5* — sisselõige pinni kinnitamiseks; *6* — kiil; *7* — klots; *8* — laiendused, mis käivad vastu juhtpindasid; *9* — pinn; *10* — vasarapea.

Varre murdumisel lüüakse selle ots augu *3* kaudu (joon. 174) pesast välja. Selle kergendamiseks on varre ja vasarapea vahel messingist vaheleht *4*.

Vasarapea alumises osas on kalasabakujuline sisselõige *5* pinni kinnitamiseks. Pinn kinnitatakse vasarapea külge kiilu *6* ja klotsi

7 abil. Pinni ja vasarapea murdumiste vältimiseks peab pinn oma keskmise osaga tihedalt vastu vasarapea sisselõike põhja käima, kuna servade vahele tuleb jätta 0,5—1,5 mm suurune pilu [7]. Klotsi *7* seisukorda on tarvis jälgida; pinnide vahetamisel tuleb klots välja võtta ja üle vaadata, sest ta võib pesassé nii tugevasti kinni kiiluda, et ta sealt enam välja ei tule. Kohal, kus pinni saba käib vastu vasarapead (keskmine osa), võivad pikemaajalisel töötamisel tekkida mõlgid. Pinni õige ülesseadmise kindlustamiseks on tarvis need mõlgid aeg-ajalt höövelpingil kõrvaldada. Kiilu *6* pikkus tehakse selline, et ta palju välja ei ulatuks. Pikk väljaulatuv ots võib tekitada töötajaile raskeid vigastusi.



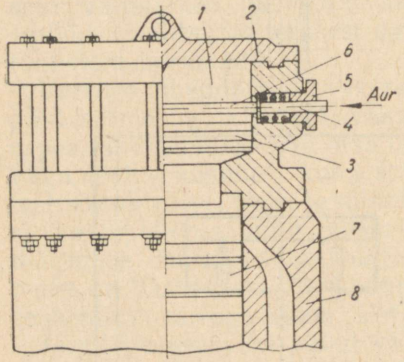
Joon. 175. Varre ja vasarapea lahtivõetav kinnitus:
1 — vars; *2* — vasarapea; *3* — vahelehт; *4* — klots; *5* — kiil; *6* — pulkkiil.

Kiil taotakse nuudi sisse suurvasaraga ja töötamise ajal tuleb teda perioodiliselt sisse lüüa, sest kiilu kinnitus nõrgeneb vasaralöökidest. Mingeid vahelehti ega tihendusi pinni ja vasarapea vahele asetada ei tohi, kuna see võib põhjustada vasarapea ja pinni murdumist. Sepp peab remondilukkseppadelt nõudma, et pinn oleks vasarapeale täpselt juurde höövеldatud.

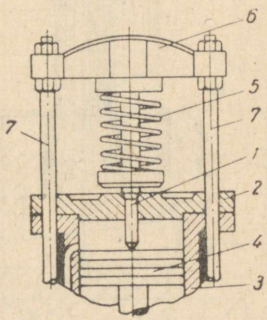
Varre murdumisel on selle otsa vasarapea pesast väga raske kätte saada, kuid see puudus on välditav varre ja vasarapea niinimetatud lahtivõetava kinnitusviisi rakendamisel (joon. 175) [8]. Vars *1* lõpeb laieneva otsaga (vastupidise koonusega), mis pistetakse vasarapea *2* sisse. Vart *1* ja vahelehte *3* hoiab kohal klots *4*, mis kiilutakse kinni kiiluga *5;* viimast hoiab kohal pulkkiil *6*.

Vasara ebaõige juhtimise ning varre murdumise korral võib kolb lüüa tugevasti vastu silindri kaant ja viimase purustada. Silindri kaane purunemise ja vasara avarii vältimiseks varustatakse silindrid eriliste kaitseseadmetega, mis asetsevad silindri peal. Kasutatakse kahte tüüpi kaitsmeid: auru- või õhu- ja vedrukaitseseadmeid.

Aurukaitseseade (joon. 176) koosneb silindrist *1*, mis kinnitatakse poltidega vasara silindri ülemise otsa külge (ülemise kaane asemele), kaanest *2* ja varreta kolvist *3*. Kolvil *3* on kaks või kolm rõngast. Aur või õhk tuleb silindrisse *1* torust *4*, mis lõpeb tihendkarbis *5*. Silindri *1* külgpinnas on kolm horisontaalset auku *6* läbimõõduga 8—15 mm (sõltuvalt vasara tonnaažist).



Joon. 176. Aurukaitseseade:
1 — puhvri silinder; *2* — puhvri kaas; *3* — puhvri plunžer; *4* — aurutoru; *5* — tihendkarp; *6* — auk puhvri silindris; *7* — vasara töökolb; *8* — vasara töösilinder.



Joon. 177. Vedrukaitseseade:
1 — vars; *2* — vasara silindri kaas; *3* — vasara silinder; *4* — vasara kolb; *5* — vedru; *6* — sildekang; *7* — sidepoldid.

Kaitseseade töötab järgmiselt. Kui töökolb *7* lööb vastu kaitseseadme kolbi *3*, tõuseb viimane ülespoole, sulgedes augud *6*. Sel juhul aur ei pääse enam välja ja silindrisse *1* jäänud aur surutakse kokku. Tekib aurupadi, mis peatab kaitseseadme kolvi ja koos sellega ka töökolvi ülespoole liikumise.

Vedrukaitseseade (joon. 177) koosneb varrest *1*, mille alumine ots ulatub läbi vasara silindri *3* ülemise kaane *2*. Töökolvi *4* tõukamisel vastu vart *1* tõuseb viimane üles. Vedru *5*, mis toetub vastu silda *6*, surutakse kokku, millega amortiseerub löök. Vedrukaitseseadmel on auru- (või õhu-) kaitseseadmega võrreldes järgmised puudused: 1) raske on reguleerida kaitseseadme vart, et oleks välditud vedru murdumine; 2) sidepoltide *7* katkemisel võivad murdunud poltide osad vigastada vasara lähedal viibivaid töölisi.

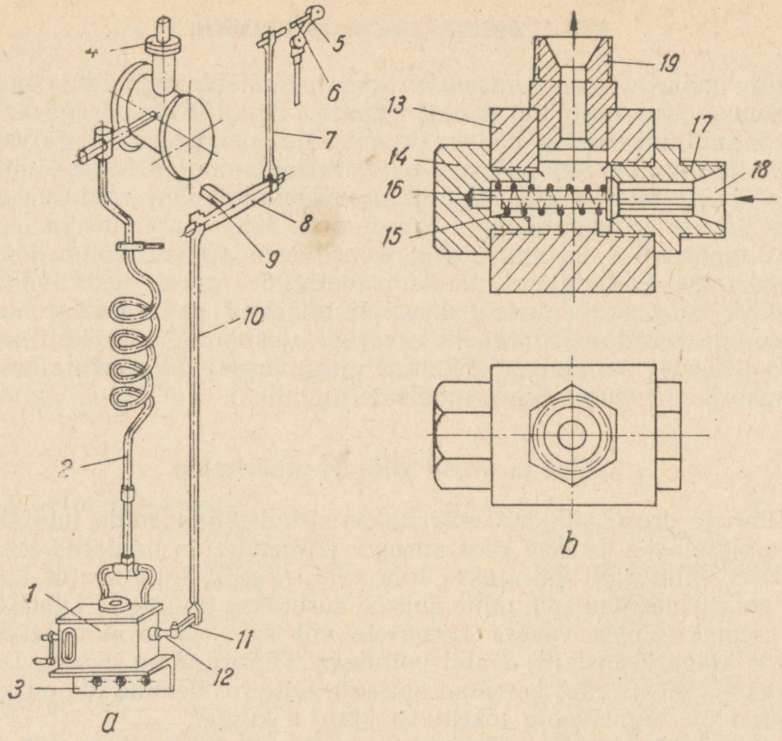
Õige määrimine on vasarate normaalse töötamise tähtsamaid tingimusi. Kui hästi ka ei oleks vasara detailid üksteisega sobitatud, kuid kui nad on määrimata või pole määritud nii nagu vaja, siis ei ole kindlustatud vasara korralik töötamine. Mõnedel juhtudel võib ebaõige või mitteküllaldane määrimine põhjustada vasara tööseisakuid ja koguni tema murdumist. Mida paremini ja õigemini määritakse vasara mehhanisme, seda vähem kulub jõudu hõõrdumise ületamiseks üksikute detailide vahel, seda vähem detailid kuluvad ja seda harvemini nõuavad nad remonti, mistõttu lühenevad märgatavalt vasarate seisuajad. Järelikult peavad vasaratel töötajad hoolikalt jälgima vasara hõõrduvate osade seisukorda ja nende õiget määrimist.

Siibri ja drosli silindri määrimine

Siibri ja drosli silindrit määritakse silindriõliga, mida juhitakse auru sisselaske torusse koos auruga. Õlitusviis on näidatud joonisel 178. Silindriõli kallatakse lubrikaatorisse *1*. Lubrikaator kujutab endast mehhanismi, mille abil õli surutakse torusse *2*. Lubrikaator seatakse üles vasara korpusele või šabotile ja kinnitatakse nende külge kronsteini *3* abil poltidega. Õlitoru *2* on vasest, läbimõõduga 8—10 mm, keeratud spiraali. Õlitoru ülemine ots on kinnitatud õli tagasivoolu tõkestava klapi *4* külge.

Lubrikaator pannakse töötama kangide süsteemiga (joon. 178, *a*). Siibri juhtimiskangi *5* külge kinnitatakse varras *6*, mis on liigendiliselt ühendatud tõmbitsaga *7*. See tõmbits on liigendiliselt ühendatud kooguga *8*, mis pöördub vabalt vasara alusplaadi külge kinnitatud kronsteinil *9*. Koogu *8* teise otsa külge on kinnitatud tõmbits *10*, mis alumise otsaga on kinnitatud lubrikaatori hoova *11* külge. Siibri iga ülestõusmise puhul pöörab lubrikaatori hoob *11* sel viisil veidi lubrikaatori võlli *12* ja lubrikaatorist surutakse õlitorusse *2* järjekordne kogus õli. Kuna siibrivars vasara töötamisel kogu aja üles ja alla liigub, siis pöördub ka lubrikaatori võll ja kindlustab õli pidevat etteandmist. Õlitorust satub õli tagasivoolu tõkestavasse klappi, mille ehitus on näidatud joonisel 178, *b*.

Sellel klapil on kaks auku. Üks neist (vasak) on suletud erilise korgiga *14*, mille sisse puuritud aukudesse käivad vedru *15* ja klapp *16*. Klapi *16* pesaks on nippel *17*, mis on keeratud korpuse teise (paremasse) auku. Selle nipli auku *18* kinnitatakse tõmbemutri abil lubrikaatoriga ühendatud õlitoru nippel. Lubrikaator surub torusse õli teatava surve all. See surve ületab klapi *15* vedru surve, kergitab klappi ja avab õli pääsu korpusesse. Siit suundub õli nipli *19* augu kaudu vasara auru sisselasketorusse. Aurutorustikku saabuv õli pihustatakse auru poolt ja seguneb sellega ühtlaselt. Kuna vasara silindri seinte temperatuur on madalam auru temperatuurist, kondenseerub aur seintel ning õli moodustab seintel õhukese



Joon. 178. Siibri- ja droslisilindri määrimine:
a — määrimisskeem; *b* — klapp õli juhtimiseks auru sisselaske torusse; *2* — õlitoru; *3* — lubrikaatori kinnituskronstein; *4* — klapp õli juhtimiseks auru sisselaske torusse; *5* — siibri juhtimiskang; *6* — varras; *7* — tõmbits; *8* — kook; *9* — kronstein; *10* — tõmbits; *11* — lubrikaatori hoob; *12* — lubrikaatori võll; *13* — klapi kere; *14* — polt; *15* — vedru; *16* — klapp; *17* — nippel; *18* — õlitoru niplipesa; *19* — nippel.

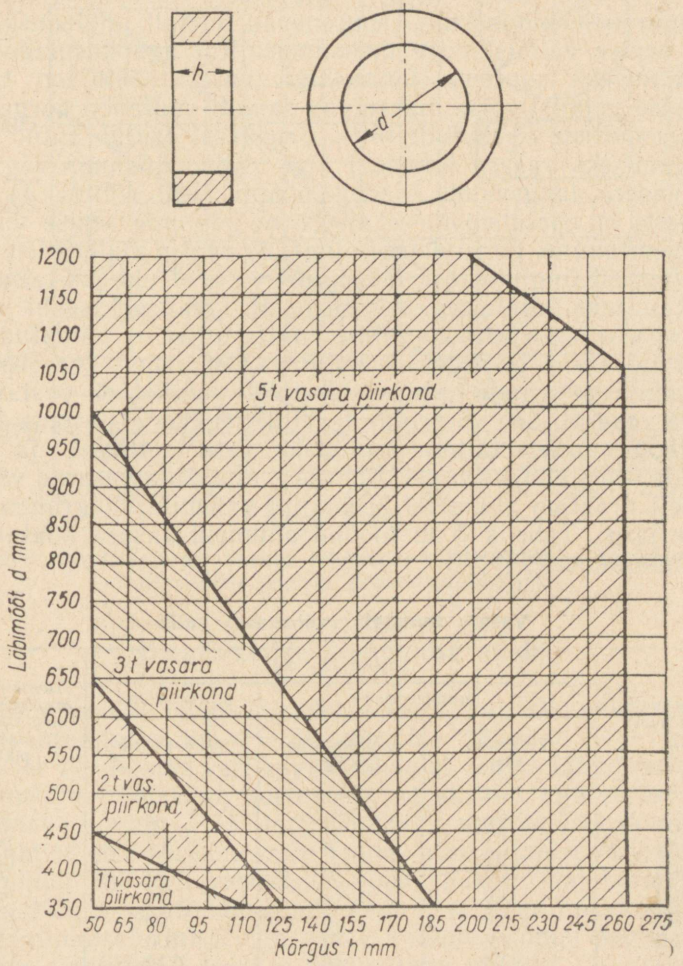
õlikihi. Õli paremaks pihustamiseks peab õlitoru paiknema aurutorus selliselt, et õlitoru ots asetseks aurutoru keskel.

Juhtpindade määrimine

Juhtpindasid määritakse nigrooliga mark T. Käsitsi määrimisel kasutatakse pika varrega määrimispintslit, et vasara liikuvad osad ei riivaks käsi. Määrimisel tuleb hoolitseda, et juhtpinnad kaetaks kogu pikkuses ühtlaselt ja et nendele ei satuks kõrvalisi esemeid (tagi, metallitükke). Vastasel korral tekivad juhtpindadel kriimustused.

Juhtimishoovastiku määrimine

Et vasara juhtimine toimuks kergelt, tuleb juhtimishoovastikku (liigendühendusi) perioodiliselt määrida. Kui liigendühendused pöörlevad rull-laagritel, siis tuleb neid määrida solidooliga. Puksühendustes tuleb kasutada masinaõli.



Joon. 179. Diagramm vasara langevate osade valikuks rõngataoliste sepiste avardamiseks tornil [5].

Mitteküllaldase tonnaažiga (võimsusega) vasara all sepistamisel on raske saavutada nõutavat venitusmäära, järelikult ka sepistamise head kvaliteeti. Peale selle pikeneb niisugusel juhul sepise valmistamiseks kuluv aeg, vajatakse rohkem järelkuumutusi, suureneb kütusekulu, suurenevad metalli põlemiskaod ja tõuseb sepise valmistamise maksumus. Kui aga kasutada sepise valmistamiseks suurema tonnaažiga vasarat, kui on tarvilik, siis sepise valmistamise maksumus samuti suureneb kõrgete ekspluatatsiooniliste lisakulude tõttu. Seepärast osutub antud sepiste valmistamiseks vasara tonnaaži õige valiku küsimus väga tähtsaks. Vasara langevatelt osadelt nõutav kaal sõltub: 1) sepise ristlõikest; 2) operatsioonidest, mille abil toimub sepise valmistamine (venitamine, jämendamine jne); 3) sepise materjalist ja paljudest teistest tingimustest. Missugust vasarat ühe või teise sepise valmistamiseks vajatakse, seda otsustab tavaliselt tsehhi juhatus, sepale aga antakse tehnoloogiline kaart, milles on näidatud sepise valmistamise viis ja selleks kasutatavad seadmed. Iga sepp peab aga teadma, et temale antud sepis tuleb valmistada vastava tonnaažiga vasaral. See on sepale tarvilik selleks, et ta oma igapäevaste tööülesannete täitmisel suudaks tõsta tootlikkust ja püüaks alandada sepiste maksumust. Kohase tonnaažiga vasarad valitakse tavaliselt praktika andmetel koostatud valemite, diagrammide või tabelite järgi. Tabelis 7 on toodud andmeid vasara nõutava tonnaaži määramiseks [9].

Tabel 7

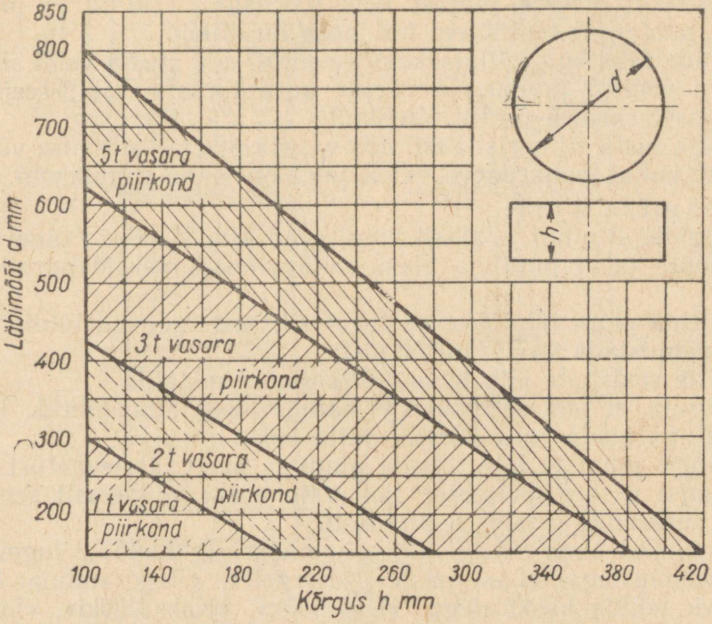
Vasara tonnaaži (võimsuse) valik

Langevate osade kaal kg	Sepiste kaal kg			Tooriku maksimaalne ristlõige mm (läbimõõt või ruudu külje pikkus)
	profiilsepised		siledad võllid	
	keskmine kaal	maksimaalne kaal	maksimaalne kaal	
100	0,5	2	10	50
150	1,5	4	15	60
200	2,0	6	25	70
300	3,0	10	45	85
400	6,0	18	60	100
500	8,0	25	100	115
750	12,0	40	140	135
1000	20,0	70	250	160
2000	60,0	180	500	225
3000	100,0	320	750	275
5000	200,0	700	1500	350

G. I. Reznitšenko, E. S. Duljotovi ja I. I. Grigorjevi andmetel on koostatud tabelid [5] vasara langevate osade kaalu valikuks.

Näitena toome diagrammid, et valida vasara langevate osade kaal 1) rõngaste avardamiseks tornil, sõltuvalt rõnga siseläbi-

mõõdust ja kõrgusest (joon. 179); 2) hammasratta-taoliste sepiste valmistamiseks jämendamise meetodil (joon. 180).



Joon. 180. Diagramm vasara langevate osade valikuks hammasrattataoliste sepiste jämendamiseks [5].

Diagrammide kasutamise näide

Määrata vasara langevate osade kaal rõngaste valmistamiseks tornil avardamisega, kui $d = 800$ mm; $h = 185$ mm.

Joonisel 179 leiame vertikaalsel skaalal sepise läbimõõdule vastava punkti — 800 mm, horisontaalsel skaalal aga sepise pikkusele vastava punkti — 185 mm. Tõmbame vertikaalsel skaalal võetud punktist 800 horisontaalse joone, horisontaalsel skaalal võetud punktist 185 aga vertikaalse joone lõikumiseni horisontaalse joonega. Nende joonte lõikepunkt asub diagrammil piirkonnas, mis vastab 5-tonnisele langevate osade kaalule. Rõnga sepistamiseks vajatakse järelikult 5-tonnise võimsusega vasarat.

§ 75. AURU-SURUÕHUVASARATE TEENINDAMISE EESKIRJAD

Enne töö alustamist:

1) kontrollida, kas vasar on terve ja korras; kas vasar on määritud; kas pinn ja alasi on kindlalt kinnitatud; kas pinni ja alasi töötavpinnad on paralleelsed; kas vasara vars ja vasarapea on hästi üles soojendatud;

2) kontrollida pinni ja alasit ülepuhuva õhu toimet;
3) ette valmistada töötamiseks tarvilikud tööriistad;
4) koristada vasara juurest kõik tööriistad, rakised ja muud detailid, mis ei ole teostatava töö jaoks tarvilikud;
5) avada täielikult väljalasketoru ventiil, siis avada veidi sisselasketoru ventiili ja puhuda värske auru torustik läbi; seejärel avada sisselasketoru ventiil täielikult;
6) välja lasta silindrist vesi, mis vasara pikema seismise vältel (remondi puhul, puhkepäeva vältel jne.) on sinna kogunenud.

Töötamise ajal:

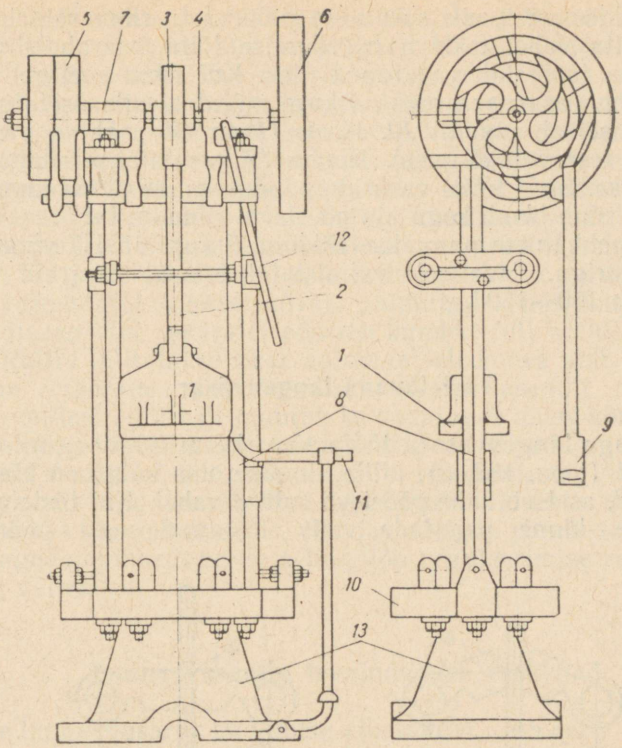
1) jälgida, et pinni ja alasit kinnitavad kiilud oleksid tugevasti sisse taotud ja et pinni ja alasi töötavpinnad oleksid paralleelsed;
2) vältida pinni tühilööke vastu alasit, sest tugevad tühilöögid võivad põhjustada varre murdumist;
3) mitte sepistada alla lubatava jahtunud metalli;
4) jälgida, et pihtide mokad ei satuks löögi alla, pihtide käepidemed aga hoida enda kõrval, mitte ees;
5) mingil juhul ei tohi lubada pinni ja alasi järelevaatust või puhastamist vasara töötamise ajal, vaid vasar kõigepealt seisma jätta ja vasarapea eri alusele alla lasta;
6) käsklused anda masinistile valjusti ja selgelt; löögi tugevust tellida käsklustega: «Lase peale», «Kergelt», «Tugevamini»; löökide arvu tellida käsklustega: «Üks löök», «Kaks lööki», «Löö», «Stopp»; kõik käsklused masinistile annab ainult sepp-brigadir, kuna abilised (pealelööjad) masinistile käsklusi ei anna;
7) töö lõpetamisel peatada vasar käsklusega «Stopp» ja alles seejärel võtta sepis alasilt;
8) enne mingi tööriista pealeasetamist või selle asendi muutmist hoiatada masinisti.

Töö lõpetamisel:

1) peatada vasar ja vasarapea sujuvalt alla lasta;
2) sulgeda ventiilid auru sisse- ja väljalasketorudel;
3) koristada tööriistad, rakised, sepised ja jäätmed selleks ettenähtud kohale;
4) kontrollida vasara tähtsamate osade seisukorda ja korratuste avastamisel teatada sellest valvelukksepale või remondimeistrile;
5) korrastada töökoht, vasar puhtaks pühkida.

§ 76. LANGEVVASARAD

Langevvasarate hulka kuuluvad kõik need mehaanilise ajamiga vasarad, kus ühel või teisel viisil teatava kõrguseni tõstetud vasar langeb vabalt ainult oma raskuse mõjul. Niisuguste vasarate löögijõud on seda suurem, mida raskem on vasarapea ja mida kõrgemalt ta langeb. Langevvasaraid kasutatakse tavaliselt väi-



Joon. 181. Rihmaga langevvasar:
1 — vasarapea; *2* — rihm; *3* — rihmaratas; *4* — võll; *5* — rihmaratas; *6* — hooratas; *7* — laagrid; *8* — juhtpinnad; *9* — käepide; *10* — alasi plaat; *11* — hoob vasarapea hoidmiseks teataval kõrgusel; *12* — hoob rihmaratta käivitamiseks; *13* — šabott.

keste lihtsate detailide stantsimiseks. Laialdaselt kasutatakse neid kohaliku tööstuse ettevõtetes.

Nüüdisaegsetes sepikodades kasutatakse järgmisi langevvasarate tüüpe: 1) rihma küljes rippuva vasarapeaga vasarad; 2) trossi küljes rippuva vasarapeaga vasarad; 3) tõstelauaga vasarad.

Nendest kasutatakse kõige rohkem rihma küljes rippuva vasarapeaga ja tõstelauaga vasaraid.

Rihmaga langevvasar

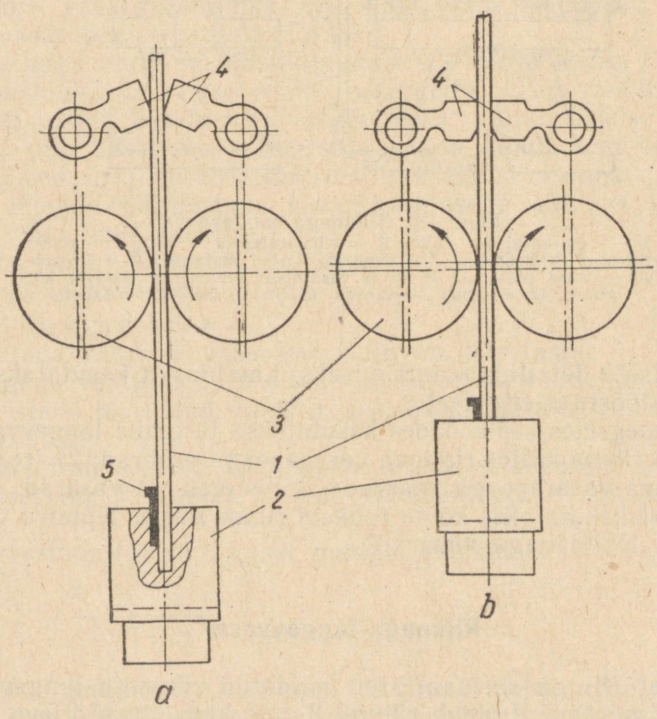
Joonisel 181 on skemaatiliselt näidatud rihmaga langevvasara ehitus. Vasarapea *1* ripub rihmal *2*, mis käib üle pöörleva rihmaratta *3*. Viimane on kinnitatud võllile *4*, mis pannakse pöörlema rihmaratta *5* abil. Võlli teisel otsal on hooratas *6*. Võll *4* pöörleb laagrites *7*. Vasarapea liigub juhtpindade *8* vahel. Kui pingutada

rihma käepidemest *9*, siis surutakse rihm vastu rihmaratast. Rihma ja rihmaratta vahel tekkiva hõõrdumise tõttu haarab rihmaratas rihma kaasa ja tõstab vasarapea üles. Kui rihm seejärel vabaks lasta, langeb vasarapea oma raskuse mõjul alasile asetatud sepisele. Alasi seisab plaadil *10*. Hoob *11* on ette nähtud vasarapea hoidmiseks teataval kõrgusel. Hooba *12* kasutatakse rihmaratta *3* käivitamiseks. Sedá tüüpi vasarate puuduseks on rihma tugev kulumine, kuna rihm lasub kogu aja pöörleval rihmarattal *3*.

Vasara mehhanism pannakse liikuma 5 kuni 15 HJ võimsusega elektrimootoriga. Tavaliselt valmistatakse neid vasaraid vasarapea kaaluga 100—150 kg.

Tõstelauaga langevvasar

Tõstelauaga langevvasara töötamise skeem selgub jooniselt 182. Tõstelaud *1* (joon. 182, *a*), mille alumise otsa külge on kinnitatud vasarapea *2*, asetseb kahe pöörleva rulli *3* vahel. Kui tõstelaud rullide vahele kinni pigistada, siis tõstavad need pöörlemisel



Joon. 182. Tõstelauaga langevvasara skeem:
a — vasarapea tõstmine; *b* — vasarapea teataval kõrgusel hoidmine; *1* — tõstelaud; *2* — vasarapea; 3 — rullid; *4* — surveklotsid; *5* — kiil.

laua ja rullide vahelise hõõrdumise tõttu laua üles. Joonisel 182, *b* on näidatud moment, kus vasarapead hoitakse ülemises asendis surveklotside *4* abil. Kui klotsid *4* üles tõsta (joon. 182, *a*), siis tõstelaud koos vasarapeaga langeb alla ja sepis saab löögi.

Vasarapea valmistatakse sepistatud või valatud terasest. Üles-alla liikumisel liugub vasarapea oma külgpindadega korpuse juhtsammaste vahel, milleks vasarapea külgpindades on juhtsoned. Vasarapea alumise otsa külge kinnitatakse kiiluga stantsi ülemine pool. Tõstelaud kinnitatakse vasarapea ülemise osa külge kiilu *5* abil ja tõmmatakse peale selle veel kinni poltidega. Tõstelaud valmistatakse heast kõvast puiduliigist, näiteks pöögist.

Nüüdisaegsetel vasaratel pöörleb kumbki rull eraldi elektrimootorilt. Rullid lülitatakse sisse automaatselt hoova abil, mille paneb liikuma vasarapea ülestõusmisel. Hoova asendit on võimalik muuta, millest sõltuvalt muutub ka vasarapea tõusu kõrgus. Pärast rullide väljalülitamist hoiavad vasarapead ülemises asendis surveklotsid *4* niikaua, kui neid pedaalile vajutamisega üles ei tõsteta.

Langevvasaraid kasutatakse igasuguste väikeste detailide valmistamiseks stantsimise teel. Nende vasarate puudusteks on tõstelaua sagedane murdumine ja löögijõu reguleerimise raskused töötamise vältel.

Langevvasarate teenindamise eeskirjad

Enne langevvasaral töötamise alustamist peab sepp (nagu auruvasara puhulgi) selle väliselt üle vaatama, nimelt kontrollima poltliiteid ning laudade, rihmade ja stantsihoidjate seisukorda; kontrollima, kas vasarapeas ei leidu pragusid, kas stants on kindlalt kinnitatud jne. Vasara ülemises osas tuleb kontrollida reduktorite ja elektrimootorite kinnitust. Enne vasara peale ronimist tuleb vool välja lülitada. Kõik kõrvalised esemed (võtmed, väikesed detailid ja tööriistad) tuleb vasara pealt ära koristada.

Pärast vasara kontrollimist ja töökoha (tööriistade, rakiste ja toorikute) ettevalmistamist võib elektrimootorid sisse lülitada. Vasarat ei tohi sisse lülitada kohe. On vaja, et elektrimootorid mõnda aega tühjalt töötaksid. Veendunud, et elektrimootorid töötavad hästi ja vasar on korras, võib anda mõned proovilöögid alasile asetatud lauale. Seejuures peab sepp eriti hoolikalt jälgima, kas vasarapea seisab küllalt kindlalt rippuvas asendis, s. t. kas surveklotsid töötavad hästi. Kui ilmneb, et vasarapea ei püsi rippuvas asendis (näiteks kui lauad on kulunud või valmistatud õhemad kui tarvis), siis niisugusel vasaral tööd alustada ei tohi, sest vasarapea võib ootamatult alla kukkuda ja töölisele raskeid vigastusi tekitada või põhjustada avarii.

Vasara töötamisel peab kinni pidama samadest eeskirjadest, mis mehaanilistel ja auruvasaratel töötamiselgi, millest oli juttu eespool.

§ 77. OHUTUSTEHNIKA VASARATEL TÖÖTAMISEL

Vasarate korrashoiu reeglid

Sepp peab sepist hoidma alasil horisontaalselt. Praktikas võib sageli leida, et alasi asetseb madalamal, kui seda nõuab sepa normaalne kehahoiak töötamisel. Eriti esineb seda vanadel vasaratel, milledel šabotid koos vundamendiga on maa sisse vajunud. Kui sepal tuleb sepistada pikka sepist, siis peab ta vaatama piki sepise telgjoont ja kontrollima, et sepis oleks sirge. Selleks peab ta kas kummarduma alasi tasapinnani või tõstma üles sepise omapoolse otsa. Kuna esimene viis on madala alasi puhul tülikas ja väsitav, siis eelistab sepp loomulikult teist viisi. Vasaralöök sel hetkel, kui sepise ots on üles tõstetud, rebib vältimatult sepa käest sepise või pihid lahti ja vigastab teda. Seepärast on tarvis, et vasarate alasid asetseksid põrandast normaalsel kõrgusel, s. o. 650 kuni 750 mm.

Pinn ja alasi peavad olema ühelaiused. Kui pinn on alasist laiem, siis on see ohtlik, sest sepist hoidvad pihid tõugatakse allapoole ning need võivad sepa käest lahti minna. Seepärast peavad pinn ja alasi olema ühelaiused ning nende servad ühtima.

Pinn ja alasi peavad tihedalt teineteise vastu käima ega tohi teineteise suhtes olla pööratud. Pinni ja alasi ebaõige vastukäimise tagajärjel, samuti ka šaboti ebaühtlase vajumise tõttu võib pinni ja alasi vahel tekkida ühel pool pilu. See põhjustab sepistamisel ebaühtlast deformatsiooni erinevatel külgedel, mistõttu sepis kõverdub. Pinni ja alasi sellise asendi puhul kipuvad pihid sepa käest külje suunas välja tõmbuma ja kuigi käsi seejuures tugevasti pingutada, ei jõua sepp mõnikord pihte kinni hoida; need võivad eemale lennata ja töölist vigastada. Sama võib juhtuda ka pinni pöördumisel alasi suhtes, kui pinn on vasarapeasse ebaõigelt kinni kiilutud või kui vars on tihendkarbi pesas pöördunud.

Sepist tuleb alati hoida alasi keskkohal. Ei tohi sepistada ülepõletatud ega alla lubatava temperatuuri jahtunud metalli. Seda peavad jälgima sepp ja vasara masinist ja nad teevad õigesti, kui keelduvad külma metalli sepistamisest.

Tulise metalli raiumisel tuleb viimased löögid anda nõrgemalt ja hoolikalt jälgida kirve õiget asendit. Ei tohi metalli külmalt ilma eriliste rakisteta raiuda. Kui sepistamisel kasutatakse kraanat, mis hoiab keti abil sepist, on tarvis jälgida, et vasaralöögid ei kanduks ketile; selleks tuleb ketti õigeaegselt järele lasta.

Käsitööriistu (käepidet, pihtisid jne.) tuleb hoida nii, et need ei asetseks keha ees; käepide peab asetsema keha kõrval.

Sepiselt lahtitulev tagi tuleb alasilt maha pühkida. See on tarvilik nii ohutuks töötamiseks kui ka puhta pinnaga sepise saamiseks.

Alasilt ei tohi tagi maha pühkida käte või kinnastega, sest käed võivad langeva vasarapea alla jääda. Igal vasaral peab olema pikk suudmikuga voolik, mis on ühendatud auru- või suruõhutorustikuga ja mida kasutatakse alasilt tagi mahapuhumiseks. Vooliku

puudumisel võib tagi maha pühkida luuaga, mis peab leiduma iga vasara juures. Tihendkarbid peavad olema alati hästi täidetud, sest kondensvesi võib vasaralöögi ajal pritsmetena laiali lennata ja põletusi põhjustada. Kui alasi on tihendkarbi lekkimise tõttu märg, siis sellele löökide ajal sattuv tagi lendab suure jõuga igale poole laiali, tekitades lähedalviibijaile vigastusi.

Töö alustamisel auruvasaral tuleb kondensvesi silindrist välja lasta. Siibrikarbi soojendamiseks tuleb sinna auru vähehaaval sisse lasta. Seejärel tuleb silinder tühikäikudega läbi puhuda.

Vasarapead ja vart on vaja eelsoojendada, selleks asetatakse vasarapeale kuum rauatükk ning varre ümber põletatakse masuudis immutatud takku. Talvisel ajal ei tohi tööd enne alustada, kui vasarapea ja vars on soojendatud temperatuurini 50—100°.

Vasara väljaulatuvad ja liikuvad osad peavad olema õnnetusjuhtumite vältimiseks piiratud kaitsekatetega.

Jalaga juhtimisel peab pedaal, millele vasara käivitamiseks vajutatakse, olema kaitstud juhusliku vajutamise eest.

Masinist annab vasaralööke sepa käskluste järgi, kuid kui ta märkab, et sepp on tööriista ebaõigesti peale asetanud või kasutab töötamisel ohtlikku võtet, siis ei tohi ta lööke anda, vaid peab enne seda juhtima sepa tähelepanu tehtud veale. Masinisti ülesannetesse kuulub ka tihendkarpide seisukorra jälgimine ja nende õigeaegne korrastamine.

Aeg-ajalt tuleb pinni ja alasi kiilusid pingutada. Ei tohi lubada pinni tühilööke vastu alasit. Vasara seismajätmisel tuleb vasarapea alla lasta ja vasar täielikult välja lülitada.

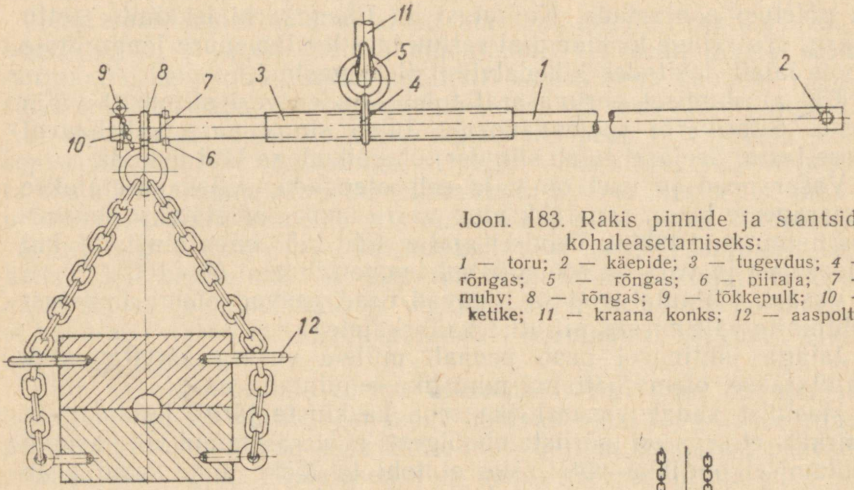
Igasugune vasara remontimine on töötamise ajal keelatud.

Abiseadmete ohutu remontimise ja teenindamise võtted

Pinni ja alasi vahetamine. Pinn (või alasi) toimetatakse vasara juurde sildkraanaga. Pinni aukudesse pistetakse aaspoldid, nende taha kinnitatakse kraana kett ja tõstetakse siis pinn vasara juurde. Seejuures aga takistab vasar keti sellist juurdetoomist, et pinn asetseks täpselt selle ülesseadmise kohal. Töölised peavad pinnist kinni võtma ja seda niikaua kiigutama, kuni see jõuab ülesseadmise koha kohale; sel hetkel tuleb ketti kiiresti järele lasta, et pinn istuks oma õigele kohale. Ühe võttega see igakord ei õnnestu, sel puhul tuleb pinni kiigutamise operatsiooni korrata.

Kirjeldatud pinni kohaleasetamise viis võib osutuda ohtlikuks — kett võib pinni aaspoltidelt maha libiseda ja töölisi vigastada; peale selle võivad pinni kohaleasetamisel sõrmed vahele jääda. Seepärast on parem kasutada pinni kohaleasetamiseks eri rakiseid, milledest üks on näidatud joonisel 183. See rakis kindlustab ohutumaid töötingimusi [11]. Rakis koosneb torust *1*, mis on varustatud käepidemega *2* ja tugevdusega *3*. Tugevduse *3* külge keevitatakse rõngas *4* sellest läbipandud rõngaga *5*, kuna toru *1*

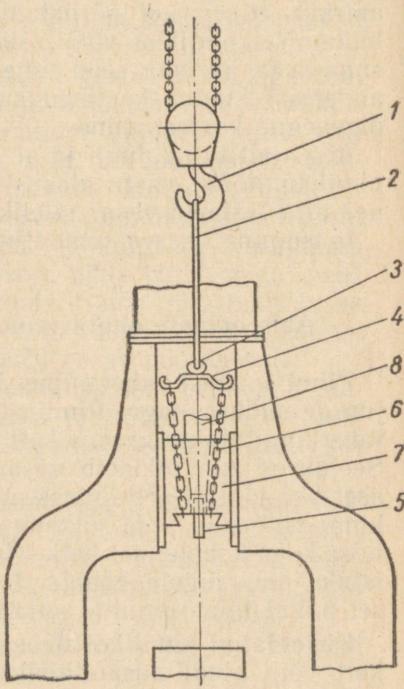
auku on keeratud piiraja *6*. Muhvi *7* külge on keevitatud rõngas *8*, millest on läbi pandud pinnide tõstmiseks kasutatava keti lõpprõngas. Tõkkepulk *9* on kinnitatud ketikesega *10* rõnga *8* külge.



Joon. 183. Rakis pinnide ja stantside kohaleasetamiseks:
1 — toru; *2* — käepide; *3* — tugevdus; *4* — rõngas; *5* — rõngas; *6* — piiraja; *7* — muhv; *8* — rõngas; *9* — tõkkepulk; *10* — ketike; *11* — kraana konks; *12* — aaspolt.

Et pinni toimetada vasara juurde, haaratakse kraana konksuga *11* keti lõpprõngast, kusjuures rõngas *8* koos muhviga *7* ripuvad vabalt. Aaspoldid *12* pistetakse pinni või alasi aukudesse. Pinn (alasi) lastakse põrandale, kraana konksu *11* otsa asetatakse rõngas *5* koos toruga *1*, muhv *7* lükatakse torule *1* kuni piirajani *6* ja kinnitatakse tõkkepulgaga *9*, seejärel tõstetakse pinn oma kohale.

Kolvivarre vahetamine. Kolvivarte murdumist esineb sepatsehhides küllalt sagedasti. Et murdunud varre otsa hõlpsalt ja ohutult vasarapeast välja lüüa, võib kasutada joonisel 184 kujutatud rakist. Kraana konksu *1* otsa riputatakse konks *2*, mille aasa *3* külge riputatakse kahe otsaga konks *4*. Vasarapea *7* riputatakse kettide *6* abil konksu *4* otsa ja tõstetakse kraanaga üles. Seejärel pööratakse lati abil konksu *2*, et välja keerata aasa *3* kahe otsaga



Joon. 184. Rakis vasarapeast varre otsa väljalöömiseks:
1 — sildkraana konks; *2* — rakise konks; *3* — aas; *4* — kahe otsaga konks; *5* — väljalöömise torn; *6* — kett; *7* — vasarapea; *8* — varre ots.

konksu *4* seest. Niipea kui aas on välja keeratud, langeb vasarapea alla, sellele sissepandud väljalöömise torn *5* toetub vastu alasit ja varre murdunud ots *8* lendab välja.

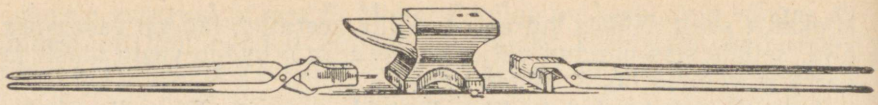
Topendi vahetamine ja tihendkarpide remont. Topendi vahetamisel ja tihendkarpide remontimisel peab töölisel olema kindel ja mugav asend. Sageli kasutatakse tavalisi kantavaid redeleid, mis ei seisa kindlalt ja põhjustavad tööliste kukkumist. Kasutada tuleb kantavaid platvormiga treppe.

Muud remonttööd. Kõikide remonttööde puhul tuleb õnnetusjuhtumite vältimiseks töölisi instrueerida ja varem välja töötada remondi plaan.

Sepikodades esineb sageli õnnetusjuhtumeid mutrite lahtikeeramisel, kui mutrivõtmed ei vasta mutrite suurusele, mutrivõtmed ja mutritahud on vigastatud või kui kasutatakse ebaõigeid töövõtteid. Seetõttu tuleb ohutuse kindlustamiseks kasutada ainult täiesti korras tööriistu ja õigeaegselt vahetada vigased mutrid.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mispärast tuleb suuri tooteid sepistada ainult mehaanilistel vasaratel?
2. Mis määrab mehaanilise vasara tonnaaži (võimsuse)?
3. Missugust tüüpi vasaraid kasutatakse vabasepistamisel?
4. Kuidas töötab hoobvasar?
5. Kuidas töötab vedruvasar?
6. Kuidas töötab pneumaatiline vasar?
7. Missuguseid eeskirju peab sepp täitma hoob-, vedru- ja pneumaatilistel vasaratel töötamisel?
8. Mille poolest erineb kahekordse toimega auru-suruõhuvasar samasugusest ühekordse toimega vasarast?
9. Missugune vahe on juhtpindadeta auru-suruõhuvasarate ja ühe sambaga ning juhtpindadega vasarate vahel?
10. Missugustest tähtsamatest osadest koosneb auru-suruõhuvasar?
11. Mis on šaboti ülesanne?
12. Kuidas on kinnitatud vasara vars vasarapea ja kolvi külge?
13. Kuidas on kinnitatud pinn vasarapea külge ja alasi šaboti külge?
14. Missugused abinõud tuleb tarvitusele võtta varre murdumise vältimiseks?
15. Valige vasara tonnaaž hammasratta valmistamiseks, kui selle läbimõõt $d=650$ mm ja kõrgus $h=160$ mm.
16. Valige vasara tonnaaž rõnga avardamiseks tornil, kui rõnga siseläbimõõt $d=700$ mm ja kõrgus $h=110$ mm.
17. Kuidas määritakse silindrit, siibrit ja droslit?
18. Kuidas määritakse vasara juhtpindasid?
19. Kuidas määritakse juhtimishoovastikku?
20. Jutustage auru-suruõhuvasarate tähtsamatest teenindamise eeskirjadest.
21. Kuidas on kinnitatud vasarate pinn ja alasi?
22. Kuidas täita auru-suruõhuvasarate tihendkarpe?
23. Milleks on vasara kolvil kolvirõngad?
24. Kirjeldage rihmaga langevvasara ehitust.
25. Missuguseid eeskirju tuleb täita langevvasarate tööle rakendamisel?
26. Kuidas lüüakse vasarapea pesast murdunud varre ots välja?
27. Loetlege tähtsamad ohutustehnika eeskirjad töötamisel mehaanilistel vasaratel.



X PEATÜKK

VABASEPISTAMINE MEHAANILISTE VASARATE ALL

§ 78. TÄHTSAMAD SEPATÖÖRIISTAD

Pinnid ja alasid

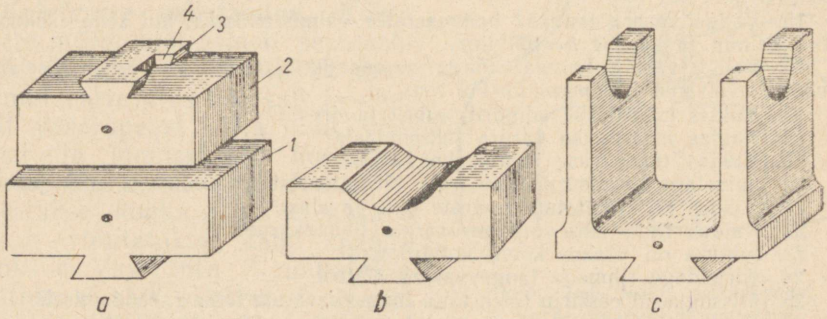
Pinnid ja alasid kuuluvad tähtsamate sepatööriistade hulka — nad aitavad metalli deformeerida ja on tugialusteks tööriistadele, mille abil teostatakse deformeerimist.

Pinni ja alasi kuju sõltub nende otstarbest. Vabasepistamise vasaratel valmistatakse pinn tavaliselt lapiku tööpinnaga. Vasarapea külge kinnitatakse see kalasabal kiilu ja klotsi abil. Alasi, mida nimetatakse mõnikord alumiseks pinniks, kinnitatakse šabotile või šaboti sisse kinnitatavale vahetükile — samuti kalasabal kiilu ja klotsi abil.

Vabasepistamise vasaratel kasutatakse peamiselt kolme tüüpi alaseid: lapikuid, väljalõikega ja alustugedega alaseid.

Lapik alasi *1* (joon. 185, *a*) koos lapiku pinniga *2* on universaalsed sepatööriistad, mida kasutatakse paljudel sepistamisoperatsioonidel (venitamine, jämendamine, augulöömine jt.).

Väljalõikega alasi (joon. 185, *b*) on spetsialiseeritud sepatööriist, mida kasutatakse ainult ümmarguste esemete (näiteks vagunitelgede) sepistamiseks.

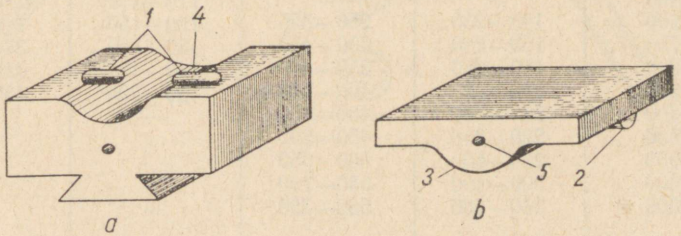


Joon. 185. Vabasepistamise vasarate alasite tüübid:
a — lapiku tööpinnaga alasi ja pinn; *b* — väljalõikega alasi; *c* — klamberalasi rõngaste avardamiseks; *1* — alasi; *2* — pinn; *3* — kalasaba; *4* — klotsi pesa.

Alustugedega alasi, mida mõnikord nimetatakse ka klambriks (joon. 185, *c*), osutub samuti spetsialiseeritud sepatööriistaks, mida kasutatakse ainult rõngaste avardamiseks tornil.

Kui toodete sepistamisel on tarvis kasutada nii väljalõikega kui ka lapikut alasit, siis on otstarbekam asendada need I. I. Issajevi [5] poolt konstrueeritud nn. kombineeritud alasiga. Kombineeritud alasi kasutamisel pole vaja töötamise ajal ühte alasit teisega asendada.

Enamkasutatavaks on sisselõikega alasi (joon. 186, *a*). Kui aga tekib vajadus sepistada lapikul alasil, siis ei võeta väljalõikega alasit maha, vaid asetatakse sellele lisaplaat (joon. 186, *b*). Lisaplaadi alumisel pinnal on kõrgendikud *2*, väljalõikega alasil aga kahepoolsed süvendid *1* (joon. 186, *a*), mis asetsevad väljaspool alasi töötavosa. Lisaplaadi *b* kõrgendikud *2* ja *3* käivad väljalõikega alasi väljalõikesse *4* ja süvenditesse *1* ning väljalõikega alasi asemel saadakse lapiku töötavpinnaga alasi. Alasile paigutamise ja sellelt eemaldamise hõlbustamiseks on lisaplaadil augud *5* (joon. 186, *b*).



Joon. 186. Kombineeritud alasi mehaanilisele vasarale:
a — sisselõikega põhi-alasi; *b* — lisaplaat; *1* — kahepoolsed süvendid; *2* — lisaplaadi kõrgendikud; *3* — sisselõikesse käiv kõrgendik; *4* — alasi sisselõige; *5* — auk.

Pinnid ja alasid valmistatakse tavaliselt sepistamise teel süsinikterastest mark 30 ja 50 ja neid ei karastata. Nende töötavpindade servad peavad olema ümardatud, sest teravad servad tekitavad sepiste tagumisel kraate ja põhjustavad metallikiudude läbilõikamist.

Alasi valmistatakse vabasepistamise vasaratel tavaliselt veidi pikem kui pinn. See võimaldab alasile paremini paigutada sepistamisel kasutatavaid rakiseid, nagu klambreid, alusplaate, allapandavaid stantse jne., ja hõlbustab pikkade sepiste (näiteks võllide) õgvendamist. Pinni ja alasi laius peab olema alati ühesugune.

Pinni ja alasi töötavpinnad peavad olema täiesti tasased, siledad ja ilma märgatavate mõlkideta. Pinni kogu töötavpind peab olema täiesti horisontaalne ja tihedalt kokku käima alasi töötavpinnaga. Pinni ja alasi töötavpindade ebaõige kokkukäimine võib tekkida siis, kui pinnid on valesti üle hööveldatud, šabott on ebaühtlaselt vajunud vms.

Pinni ja alasi laius sõltub vasara võimsusest, sest mida laiem on pinn, seda väiksem on deformeeritava metalli pinnaühikule edasiantav löögijõud. Väljalõikega alasid valmistatakse lapikutest 15—20% võrra laiemad, sest sepistamisel puutub sellel metall töötavpinnaga kokku väiksemal pindalal.

Tabelis 8 on toodud lapikute pinnide ligikaudsed mõõted [5].

Tabel 8

Mehaaniliste vasarate lapikute pinnide ja alasite mõõted

Vasara langevate osade kaal kg	Auru-suruõhuvasarad		Pneumaatilised vasarad	
	laius	pikkus	laius	pikkus
100	—	—	70—80	150—180
150	—	—	80—95	180—200
200	—	—	90—110	200—220
300	—	—	110—125	230—260
400	—	—	110—130	260—290
500	140—230	250—350	120—150	270—300
750	150—250	300—400	130—160	340—360
1000	150—280	350—400	140—175	380—420
1500	200—300	400—450	160—200	450—500
2000	200—350	400—500	—	—
2500	220—350	450—500	—	—
3000	280—400	500—650	—	—
4000	300—400	550—700	—	—
5000	330—400	550—750	—	—

Kirved

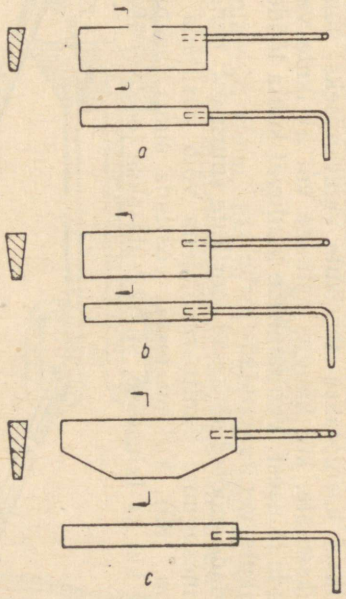
Metalli raiumiseks kasutatakse sepakirveid. Joonisel 187 on näidatud sepakirveste enamkasutatavad tüübid.

Ühepoolset kirvest (joon. 187, *a*), mille ristlõige on täisnurkse trapetsi kujuline, kasutatakse sepiste otste maharaiumisel, et saada tükeldatava metalli üks ots tasane ja kaldeta.

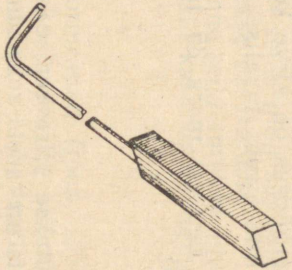
Kahepoolset kirvest (joon. 187, *b*), mille ristlõige on võrdhaarse trapetsi kujuline, kasutatakse toorikute tükeldamiseks, kusjuures ei saada tükeldataval metallil sirgeid otspindasid.

Joonisel 187, *c* on näidatud erikujuline kirves, mida kasutatakse ümmarguse ristlõikega metalli tükeldamiseks väljalõikega alasil. Metalli raiumine niisuguse kirvega rikub vähem väljalõikega alasi pinda. Kirved valmistatakse süsinikterastest mark 40 ja 50, suuremad kirved aga terastest 5ХНМ, 5ХГМ ja ОХМ. Kirveste käepidemed valmistatakse süsinikterastest mark 15 ja 20.

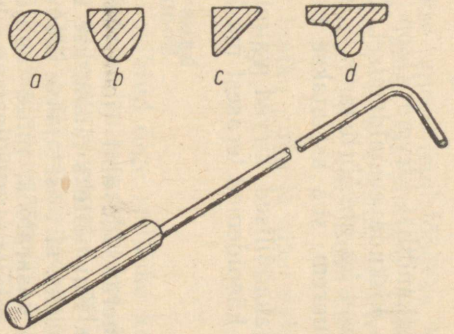
Kirve käepide sepistatakse kas kirvega ühest tükist või valmistatakse varbmaterjalist ja kinnitatakse siis kirve külge. Eraldi (varbmaterjalist) valmistatud kirve käepide on soovitavam, eriti



Joon. 187. Kirved:
a — ühepoolne kirves; *b* — kahepoolne kirves; *c* — kirves sisselõikega alasil raiumiseks.



Joon. 188. Neljakandiline kirves.



Joon. 189. Sooneraud:
a, b, c, d — mitmesugused ristlõike kujud.

suurematele kirvestele. Kirveste vastupidavuse suurendamiseks töödeldakse neid termiliselt (karastatakse ja noolutatakse). Töötamisel tuleb kirveid vees jahutada.

Neljakandilised kirved

Neljakandilisi kirveid (joon. 188) kasutatakse metalli raiumisel ja kiskude eemaldamisel. Neljakandilisi kirveid kasutatakse raiumisel ka abitööriistadena. Kui sepise kõrgus on kirve kõrgusest suurem, siis asetatakse neljakandiline kirves tavalise kirve peale.

Neljakandilised kirved valmistatakse terasest mark 35 ja 40, nende käepidemed terasest mark 15 ja 20.

Sooneraud

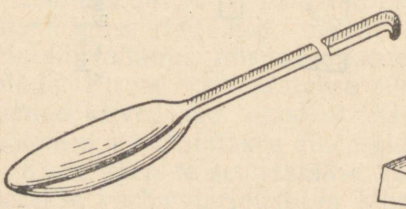
Sooneraudade abil (joon. 189) märgitakse piire sepise osade vahele. Kui näiteks täisnurkse tooriku ots on tarvis venitada ümmarguseks, siis asetatakse ülemineku piirile sooneraud ja antakse sellele vasaralöök, mille tagajärjel sooneraud surub metallisse soone, mis ongi piiriks sepise kahe osa vahel.

Sooneraud valmistatakse süsinikterastest 35 ja 40, külgepandavad käepidemed terastest 15 ja 25. Väiksemad sooneraud sepistatakse ühes tükis käepidemega. Sooneraud võivad olla ümmarguse, kolmnurkse, ovaalse jm. ristlõigetega.

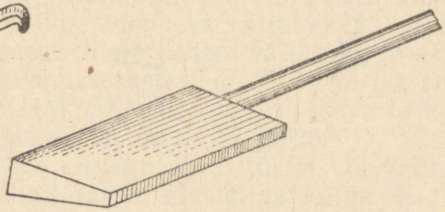
Venitusraud

Venitusraudasid kasutatakse toorikute venitamiseks suuremalt ristlõikelt väiksemale, kui kaugus astmete või äärikute vahel on väiksem pinnide laiusest. Venitamisele kuuluvat kohta töödeldakse sel juhul lapikute venitusraudade vahel.

Venitusraudade mõõted sõltuvad toorikute suurusest; nende ristlõige on mitmesugune. Venitusraudadena võib kasutada sooneraudasid (joon. 189). Kui on tarvis venitada suuri tasapindasid nii pikkusesse kui ka laiusesse, siis kasutatakse joonisel 190 kuju-



Joon. 190. Lusikakujuline venitusraud.



Joon. 191. Kiil.

tatud venitusrauda, mille alumine osa on lusikakujuline. Venitusrauad valmistatakse süsinikterastest mark 35 ja 40, külgepandavad käepidemed aga terastest mark 15 ja 25.

Kiilud

Kiilusid (joon. 191) kasutatakse viimistlemistöödeks koonusdetailide sepistamisel. Nurk kiilu laiade tasapindade vahel võetakse kuni 20°. Üks kiil asetatakse vasara alasile, sellele asetatakse sepis ning sepisele paigutatakse teine kiil; ülemisele kiilule antakse vasaralöök.

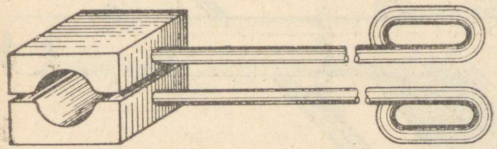
Enne seda antakse aga sepisele lapiku pinni ja alasi vahel ilma kiilusid kasutamata ligikaudne kaldpind.

Vormrauad

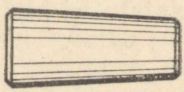
Vormrauad (joon. 192) on ette nähtud õige ristlõike kujundamiseks ja sepiste silumiseks. Vasara alasile asetatakse alumine vormraud, sellele toorik ja peale ülemine vormraud, millele antakse vasaralööke. Sepistamise vältel pööratakse toorikut vormraudade vahel ja nihutatakse kord edasi, kord tagasi. Vormraudade vahel sepistamisega saadakse sepisel õige ristlõige ja sile pind. Vormrauad valmistatakse süsinikterasest 50, nende käepidemed aga terastest 15 ja 20. Väiksematel vormraudadel (läbimõõduni 50—60 mm) on mõlema poole jaoks ühine (vedrutaoline) käepide. Vormraudade mõõted määratakse järgmistel kaalutlustel: kui vormraua töötavosa läbimõõt on D, siis võetakse vormraua laiuseks 2 kuni $3D$, pikkuseks $3D$ kuni $5D$, ühe poole kõrguseks aga $1{,}5D$ kuni $2D$. Vormraua töötavosa võib olla ümmargune, ruudukujuline, kuuekandiline või muukujulise ristlõikega.

Augutornid

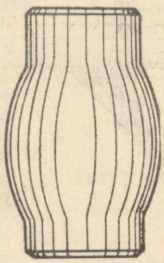
Augutornid (joon. 193 ja 194) on ette nähtud aukude sisselöömiseks. Nad valmistatakse süsinik-tööriistaterasest У7.



Joon. 192. Vormrauad.



Joon. 193 Augutorn.



Joon. 194. Kalibreerimistorn.

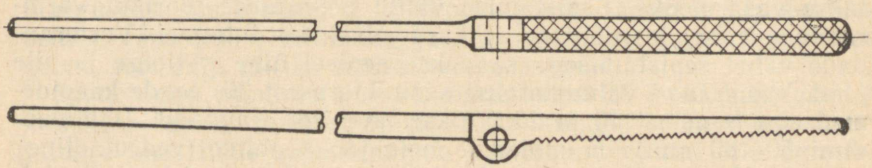
Vasarate all sepistamisel tuleb sepal tegemist teha raskete toorikutega, millede kaal ulatub mõnesaja kilogrammini. Sepa töö kergendamiseks ning tema tootlikkuse tõstmiseks kasutatakse mitmesuguseid rakiseid ja seadiseid.

Tööde iseloomult võib jaotada kõiki kasutatavaid rakiseid kahte gruppi: 1) rakised ja seadised, mida kasutatakse tooriku toetamiseks ja ümberpaigutamiseks sepistamisel vasarate all; 2) rakised ja transpordiabinõud toorikute ja sepiste transportimiseks tsehhis ning nende toimetamiseks ahju juurde ja ahjust vasara juurde.

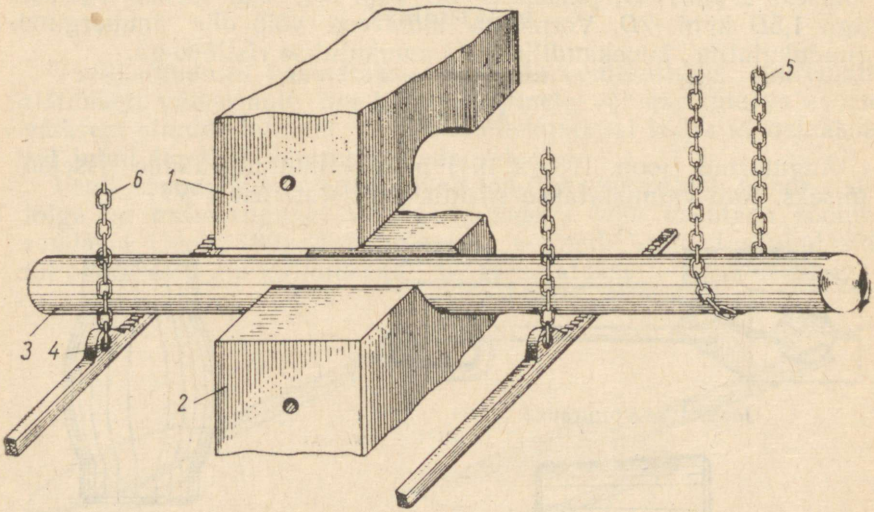
Rakised toorikute ümberpaigutamiseks

Pihid. Pihte kasutatakse sepistamisel metalli ning tööriistade hoidmiseks ja pööramiseks. Pihid on samasuguse ehitusega kui käsisepistamiselgi (vt. joon. 67).

Konksud. Konksude abil (joon. 195) pööratakse toorikuid nende sepistamisel vasarate all. Raskete ja pikkade sepiste sepistamisel



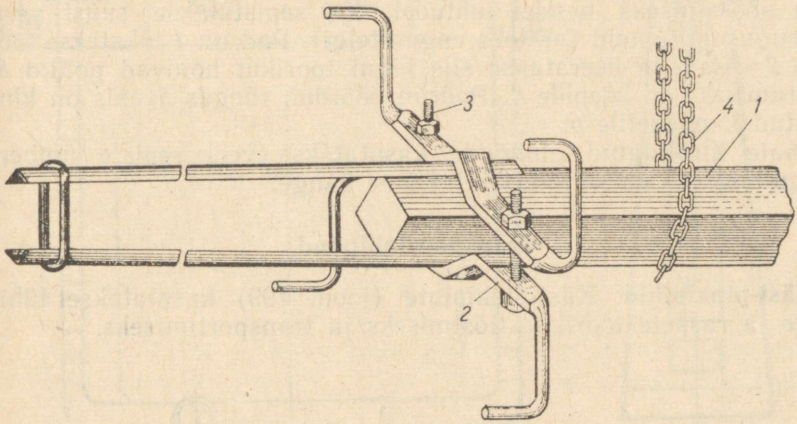
Joon. 195. Konks telje tooriku pööramiseks.



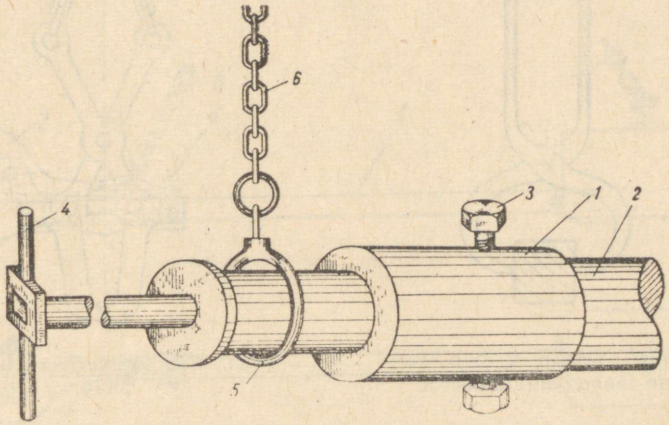
Joon. 196. Telje tooriku sepistamine konksude abil:
1 — pinn; *2* — alasi; *3* — sepis; *4* — konksud; *5* — kraana kett; *6* — konksu-hoidev kett.

töötatakse mõnikord kahe ülesriputatud konksuga. Joonisel 196 on kujutatud telje sepistamine konksude abil.

Pöörajad. Pöörajad (joon. 197) kujutavad endast käepidemega



Joon. 197. Pööraja:
1 — sepis; *2* — pööraja; *3* — ühenduspoldid; *4* — kraana kett.



Joon. 198. Padrun:
1 — padrun; *2* — toorik; *3* — kinnituspoldid; *4* — käepide; *5* — rõngas; *6* — kandekett.

klambrit, mis koosneb kahest omavahel poltidega ühendatud osast. Pöörajaid kasutatakse sepistamisel suuremate toorikute pööramiseks ning tooriku väljavõtmiseks ahjust. Üht pöörajat saab kasutada mitmesuguse suurusega neljakandiliste sepiste jaoks, vahetades ainult ühenduspolte. Pööraja kasutamisel tuleb jälgida,

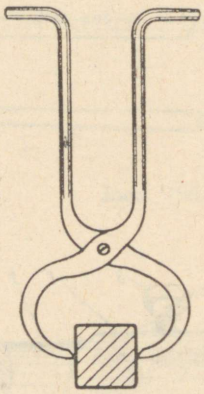
et ühenduspoldid oleksid hoolikalt pingutatud ega annaks sepistamisel järele; vastasel korral võib pööraja kukkuda töötajate (sepaabiliste) jalgadele.

Padrunid. Padruneid (joon. 198) kasutatakse sepistamisel tooriku pööramiseks nendel juhtudel, kui sepistatakse suurt arvu ühesuguseid tooteid (näiteks vagunitelgi). Padrun *1* lükatakse tooriku *2* otsale ja keeratakse siis kinni toorikut hoidvad poldid *3*. Pööramiseks on käepide *4*. Padrun pöördub rõngas *5*, mis on kinnitatud kandeketile *6*.

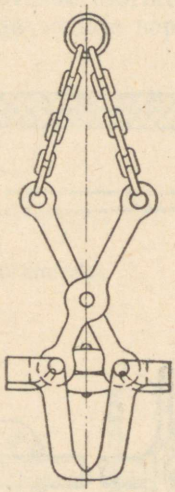
Peale kirjeldatud abinõude kasutatakse veel sepiste ümberpaigutamiseks alasil suuri ja väikesi kange.

Transpordiabinõud

Käsi-plokipihid. Käsi-plokipihte (joon. 199) kasutatakse lühikeste ja raskete toorikute tõstmiseks ja transportimiseks.



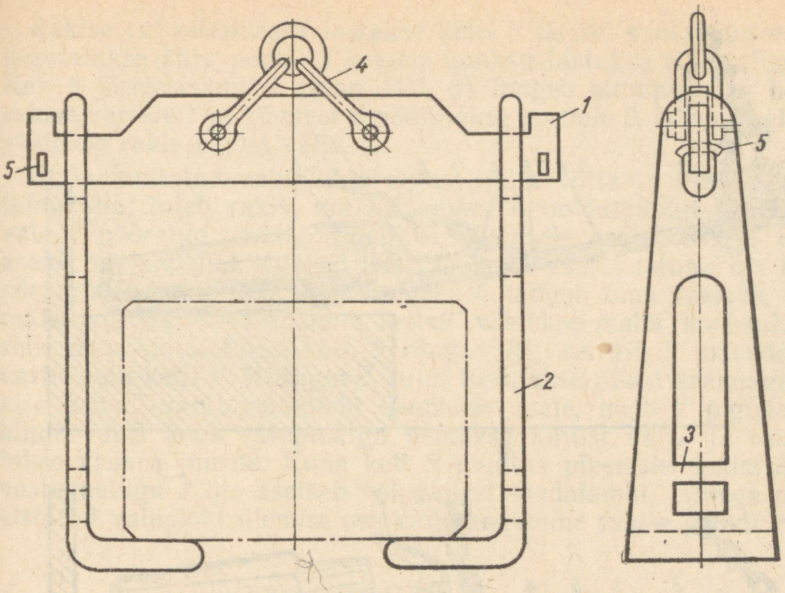
Joon. 199. Käsi-plokipihid toorikute ümberpaigutamiseks.



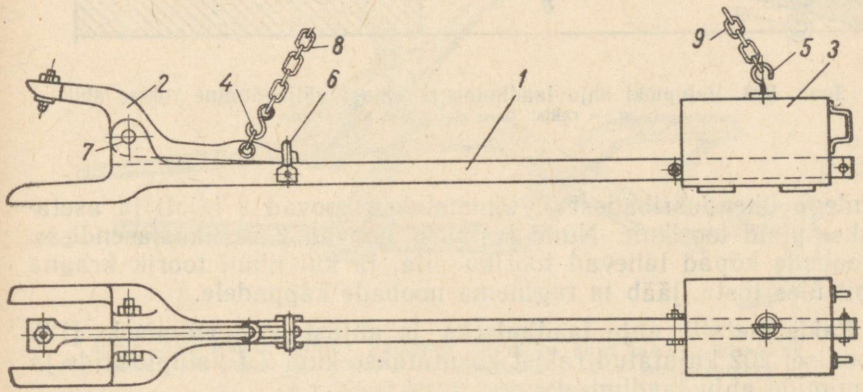
Joon. 200. Isehaaravad kraanapihid.

Isehaaravad kraanapihid. Isehaaravaid kraanapihte (joon. 200) kasutatakse maharaiutud tükkide ja muude raskete esemete ümberpaigutamiseks. Kraana tuuakse juurde ja pihid lastakse ülestõstetavale metallitükile nii, et pihtide mokad läheksid laiali ja haaraksid metallitüki. Tõstmisel pihid sulguvad ja tõstavad raskuse üles.

Kinnipigistajateta kraanapihid [12]. Kinnipigistajateta kraanapihte (joon. 201) kasutatakse kuubikujuliste sepiste ümberpaigutamiseks tsehhis. Need pihid koosnevad kaalukangist *1* ja kahest selle kangi otstel vabalt rippuvast hoovast *2*. Aasadega *4* riputa-

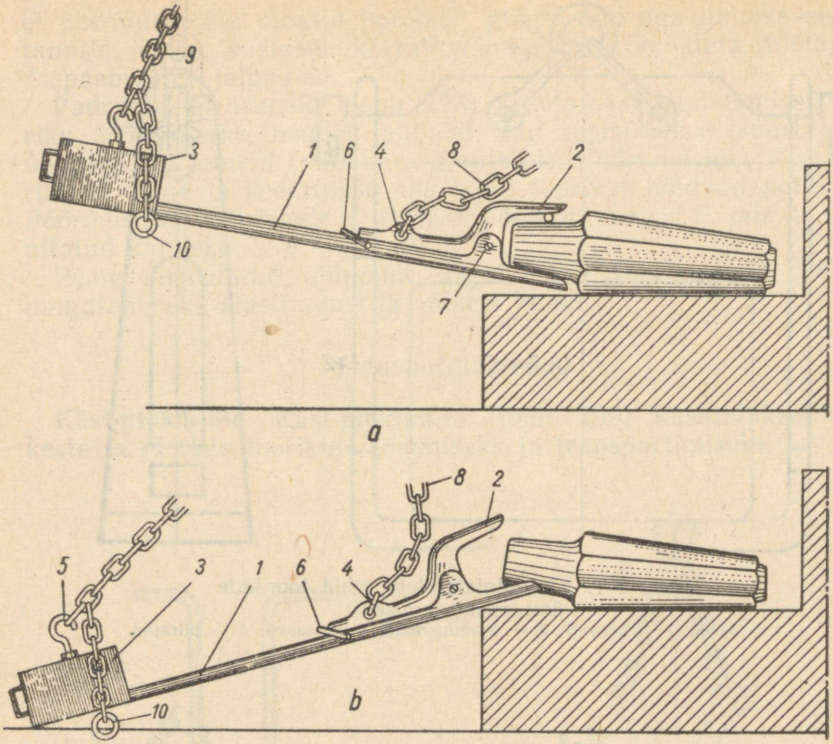


Joon. 201. Kinnipigistajateta pihid toorikute ümberpaigutamiseks:
1 — kook; *2* — hoovad; *3* — ühendusribad; *4* — aasad; *5* — piirajad.



Joon. 202. Rakis metalli ahju laadimiseks ja ahjust väljavõtmiseks [12]:
1 — kahvel; *2* — hoob; *3* — vastukaal; *4* — hoova rõngas; *5* — vastukaalu konks; *6* — klamber; *7* — hoova telg; *8* — hoova kett; *9* — vastukaalu kett.

takse kaalukang sildkraana konksule. Kaalukangil on kaks splinti *5*, mis takistavad hoobade mahavõtmist kaalukangilt. Pihid töötavad järgmisel viisil. Pihid tuuakse tooriku juurde (joonisel 201 näidatud kriipsjoontega), mis asetseb kõrgendusel. Haarates konk-



Joon. 203. Valuploki ahju laadimine ja ahjust väljavõtmine rakise abil.
a — rakis; *b* — valuploki haaramine.

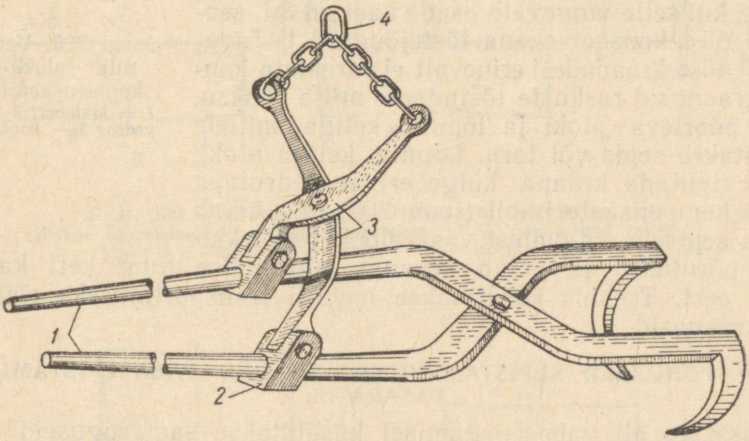
sudega ühendusribadest *3*, tõmmatakse hoovad *2* laiali ja asetatakse pihid toorikule. Nüüd lastakse hoovad *2* vertikaalasendisse. Hoobade käpad lähevad tooriku alla, ja kui nüüd toorik kraana abil üles tõsta, jääb ta tuginema hoobade käppadele.

Rakis metalli ahju laadimiseks ja ahjust väljavõtmiseks [12]. Joonisel 202 kujutatud rakist kasutatakse kuni 2 t valuplokkide ja bluumide ahju laadimiseks.

Niisuguses asendis, nagu see on näidatud joonisel 202, lükatakse rakise kahvel sildkraana abil valuploki ülemisele osale, kusjuures pöördeklamber *6* asetseb vertikaalselt ja suleb kinnipigistava hoova *2*. Siis lastakse rakise vastukaal *3* põrandale, pöördeklamber *6* langeb oma raskuse mõjul rakise varrele *1* ja vabastab kinnipigistava hoova *2*. Rakist tõstab kraana kettide *8* ja *9* abil. Keti *8* pingutamisel pigistatakse hoob *2* vastu valuploki ülemist osa. Niisuguses asendis toimetatakse rakis koos valuplokiga sildkraana poolt ahju ja asetatakse ahju põrandale (joon. 203, *a*).

Rakise vabastamiseks lastakse ketti *8* järele, sildkraana vankrit liigutatakse ahju poole ja kraana konksu lastakse veidi allapoole. Keti *8* järelelaskmisel (joon. 203, *a*) langeb kinnipigistav hoob *2* rakise varrele *1* ja klamber *6* pööratakse hoovale *2*. Niisugusel viisil võetakse rakis ahjust välja.

Et kuumutatud valuplokki ahjust välja võtta ja vasara juurde toimetada, tuleb rakis, mille klamber *6* on kinnipigistavale hoovale *2* pööratud, lükata valuploki ülemisele osale (rakise vastav asend on näidatud joonisel 202) ja lasta vastukaaluga ots tsehhi põrandale (joon. 203, *b*). Klamber *6* langeb oma raskuse mõjul rakise varrele *1*. Vastukaalu kett *9* võetakse maha konksult *5* ja selle otsa kinnitatakse keti *9* rõngas *10;* sel viisil pikendatakse vastukaalu ketti *9*. Niisugusel kujul tõstetakse rakist kraanaga. Rakise kahvel vajub valuploki ülemisele osale, hoob *2* pigistatakse kinni, rakis koos valuplokiga võetakse ahjust välja ja toimetatakse vasara juurde. Kuna kett *9* muutus pikemaks ketist *8*, siis vastukaaluga *3* ots asetseb valuplokist madalamal, millega on takistatud valuploki ülemise osa väljalangemine rakise kahvli vahelt.



Joon. 204. Rakis (pihid) väikeste toorikute ahju laadimiseks [12]:
1 — silindriliste pidemetega pihid; *2* — liigendkahvlid; *3* — kinnipigistavad pihid; 4 — rõngas kraana konksu jaoks.

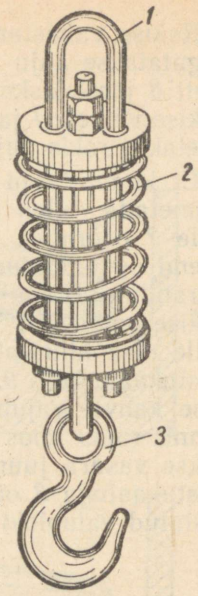
Rakis (pihid) väikeste toorikute ahju laadimiseks. Joonisel 204 on kujutatud rakis, mida kasutatakse väikeste toorikute ahju laadimiseks ja vasara juurde toimetamiseks konsoolkraana abil. Rakis koosneb pihtidest, mille pikendatud käepidemetele *1* on kinnitatud liigendkahvlid *2*. Nendes kahvlites pöörduvad vabalt teised kinnipigistavad pihid *3*. Need pihid riputatakse kettide ja rõnga *4* abil kraana konksu otsa. Tooriku haaramiseks lükatakse pihtide *1* käepidemed käsitsi laiali, võetakse toorik pihtide mokkade vahele

ja rõngast *4* haarates tõstetakse rakist kraanaga ülespoole, kusjuures pihid *3* pigistavad pihtide *1* abil tooriku kinni.

Konsoolkraanad. Konsoolkraanasid kasutatakse metalli toimetamiseks kuumutusahjust vasara alla ning tooriku hoidmiseks sepistamisel. Vasarate juures, mille langevate osade kaal on 1 t ja üle selle, kasutatakse konsoolkraanasid elektrimootoritega, mis pööravad kraana konsooli telje ümber, panevad liikuma kraana vankri ja tõstavad raskust.

Konsoolkraana juhtimisplatvorm peab asetsema all, veidi kõrgemal tsehhi põrandast, nii et kraana juht saaks kraanaga töötades jälgida sepa tööoperatsioone.

Vasarad, mille langevate osade kaal on 0,75 kuni 1 t, varustatakse tavaliselt käsitsi töötavate ja pööratavate konsoolkraanadega. Konsoolkraana tõstejõud peab võrduma vasara langevate osade kaaluga. Nii näiteks vasara jaoks, kui selle langevate osade kaal on 3 t, seatakse üles konsoolkraana tõstejõuga 3 t. Tavalistest tõstekraanadest erinevalt ei varustata konsoolkraanasid raskuste tõstmiseks mitte konksu, vaid pöörleva ploki ja lõputu ketiga, millele asetatakse sepis või torn. Lõputu ketiga plokk tuleb riputada kraana külge erilise vedrutava plokk-kompensaatori abil (joon. 205), mis võtab vastu sepisele antavatest vasaralöökidest tekkivad põrutused ja hoiab kraanat murdumise ning keti katkemise eest. Tsehhis kasutatakse metalli transportimiseks elektrisildkraanasid.



Joon. 205. Vedrutav plokk-kompensaator: *1* — klamber; *2* — vedru; *3* — konks.

§ 80. PÕHILISED SEPISTAMISOPERATSIOONID VABASEPISTAMISE VASARATEL

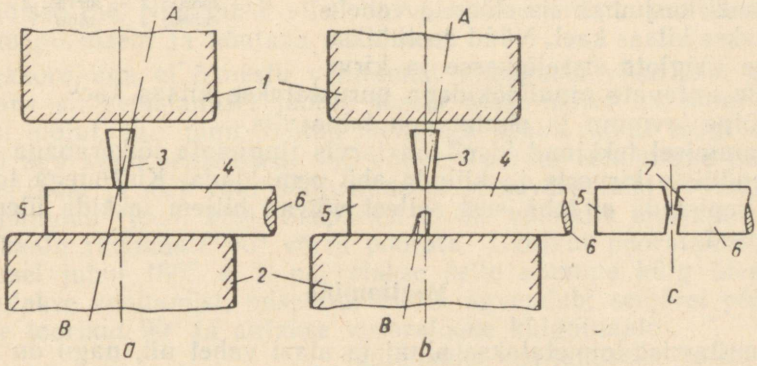
Vasarate all vabasepistamisel kasutatakse samasuguseid operatsioone mis käsisepistamiselgi, s. t. raiumist, venitamist, jämendamist, painutamist, väänamist, aukude läbilöömist ühelt ja kahelt poolt ja pindade silumist. Vasarate all sepistamise võtted erinevad mõningal määral käsisepistamisel kasutatavatest töövõtetest.

Alljärgnevalt kirjeldatakse põhilisi töövõtteid ja sepatööriistade kasutamise reegleid põhiliste sepistamisoperatsioonide teostamisel vasarate all.

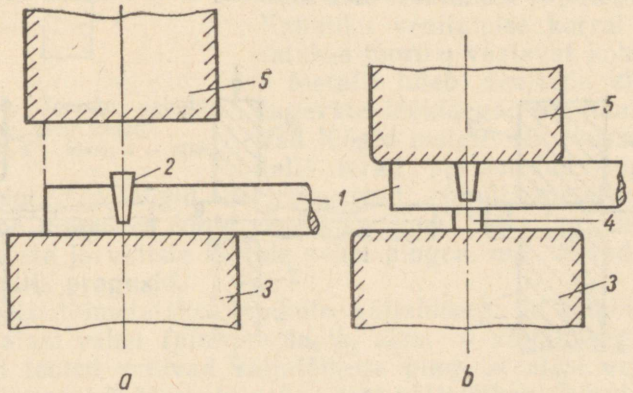
Raiumine

Metalli raiumiseks kasutatakse sepakirveid. Vasarate all raiutakse metalli kuumalt. Metalli raiutakse temperatuuril vähemalt 700°. Toorikuid raiutakse vasarate all mitmesugusel viisil.

Esimene viis (joon. 206). Kuumutatud toorik *4* asetatakse alasile *2*, märgitakse katkiraiumise koht ja asetatakse sinna kirves *3*. Vasaralöögi mõjul lõikub kirve tera metalli sisse ja tõrjub selle eemale väiksema takistuse suunas, s. t. otsa *5* poole (joon. 206, *a*). Kirves aga liigub mööda joont *AB*. Kui toorik on läbi raiutud keskkohani, pööratakse toorikut 180°, asetatakse kirves esimese sisselõike vastas asetsevale punktile ja lõigatakse vasaralöökidega läbi ülejäänud osa (joon. 206, *b*). Osa *5* lahutatakse sel viisil toorikust ning järelejäänud osa võtab joonisel 206, *c* näidatud kuju. Niisuguse raiumisviisi puhul tekib kraat *7*, mis raiutakse hiljem maha kiilu või neljakandilise kirve abil.

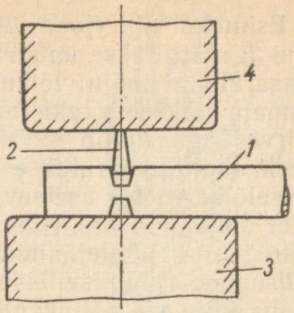


Joon. 206. Tooriku raiumine vasara all (esimene viis):
a — esimene operatsioon; *b* — teine operatsioon; *c* — katkiraiutud toorik; *1* — pinn; *2* — alasi; *3* — kirves; *4* — toorik; *5, 6* — tooriku otsad; *7* — kraat.



Joon. 207. Tooriku raiumine vasara all (teine viis):
a — esimene operatsioon; *b* — teine operatsioon; *1* — toorik; *2* — kirves; *3* — alasi; *4* — neljakandiline kirves; *5* — pinn.

Teine viis. Raiutakse tavalise ja neljakandilise kirve abil (joon. 207). Toorik *1* raiutakse peaaegu läbi, kusjuures kirve *2* tera peab veidi eemale jääma alasist *3*, et seda mitte rikkuda (joon. 207, *a*). Nüüd tõstetakse veidi toorikut, asetatakse sisseraiutud koha alla neljakandiline kirves *4*, tavaline kirves võetakse välja ja vasaralöögiga raiutakse toorik lahti (joon. 207, *b*).



Joon. 208. Tooriku raiumine vasara all (kolmas viis): *1* — toorik; *2* — kirves; *3* — alasi; *4* — pinn.

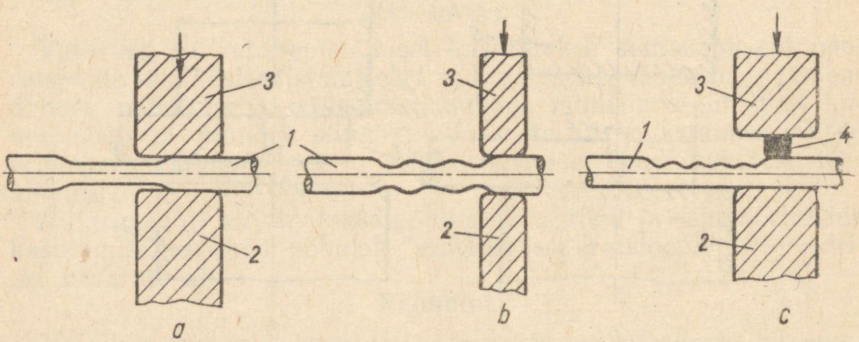
Kolmas viis (joon. 208). Toorikusse *1* raiutakse sisse kahelt küljelt kirvega *2*, kusjuures sisselõigete vahele jäetakse kitsas kael. Nüüd asetatakse kirve löögiots sisselõikesse ja kirve terale antavate pinnilöökidega purustatakse kitsas kael.

Kõige levinum ja ohutum on teine viis.

Raiumisel tekkinud kisud on tarvis tingimata lõikerauaga neljakandiliste kirveste ja kiilude abil eemaldada. Kiskudega toorikut sepistada ei tohi, sest sellest võivad hiljem tekkida ülemuljumised.

Venitamine

Venitamist toimetatakse pinni ja alasi vahel nii, nagu on näidatud joonisel 209, *a*. Niisuguse venitamise puhul läheb pinni ja alasi servade poolt väljatõrjutav metall peaaegu täielikult tooriku pikendamiseks. Sama efekti võib saavutada, kui kasutada venitamiseks kitsaid pinne (joon. 209, *b*) või venitusrauda (joon. 209, *c*). Viimasel juhul asetatakse pinni ja metalli vahele eriline venitusraud, mis mõjub sel juhul kitsa pinnina, s. t. venitab metalli too-

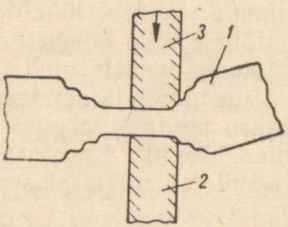


Joon. 209. Mitmesugused venitamisviisid: *a* — juurdehaaramistega venitamine; *b* — kitsaste pinnide vahel venitamine; *c* — venitusraua abil venitamine; *1* — toorik; *2* — alasi; *3* — pinn; *4* — venitusraud.

riku pikkuse suunas. Kõige tootlikumaks loetakse venitamist kitsaste pinnide vahel. Suurtes sepikodades on olemas kitsaste pinnidega vasarad venitamiseks ja laiade pinnidega vasarad silumiseks, s. t. tooriku pinna tasandamiseks pärast venitamist kitsastel pinnidel.

Venitamist toimetatakse järk-järgult tooriku pikkuse suunas, alustades tavaliselt keskkohast. Lühikesi toorikuid venitatakse otsast alates. Valuplokkide venitamisel alustatakse sepistamist keskkohast, et valuploki ülemises ja alumises osas asetsevaid defekte jäätmetesse (s. t. valuploki maharaiutavatesse osadesse) välja suruda. Mõne löögi järel tooriku ühele küljele pööratakse toorikut 90°, taotakse seda külge, pööratakse siis toorik esialgsesse asendisse jne. Niisugusel viisil on võimalik venitada toorikut vajaliku pikkuseni ja nõutava ristlõikeni.

Igakord aga ei õnnestu venitamist niisugusel viisil läbi viia. Vasara all sepistamisel jahtub toorik alasi mõjul kiiremini kui pinni mõjul, sest pinn puutub metalliga kokku ainult löögi ajal, alasi aga kogu sepistamise aja vältel. Tooriku ebaühtlane jahtumine (peal ja all) võib põhjustada selle kõverdumist — tooriku ots paindub (joon. 210). Seepärast ei ole võimalik toorikut ilma tasakaalu rikkumata 90° võrra pöörata. Toorikut pööratakse niisugusel juhul 180°, s. t. pööratakse selle alumine külg üles ja jätkatakse venitamist, mispuhul toorik õgvendub; seejärel pööratakse toorikut 90° ja antakse vasaralööke külgpinnale.



Joon. 210. Tooriku paindumine venitamisel:
1 — toorik; *2* — alasi; *3* — pinn.

Täielikuks venitamiseks tuleb metall kuumutada sepistamistemperatuurini tooriku kogu pikkuses. Suurte detailide sepistamisel tehakse täielikku venitamist osade kaupa; algul kuumutatakse tooriku ühte otsa, pärast selle venitamist — teist otsa jne. Kohaliku venitamise korral kuumutatakse tooriku vastavat kohta.

Metalli tuleb venitada kiirete ja tugevate löökidega; sel juhul tungivad löögid metalli sügavusse ja metalli terad peenenevad kogu ristlõikes. Nõrgad löögid deformeerivad ainult metalli pinnakihte, kuna sisemised kihid venivad vähem. Selle tagajärjel tekivad sisemiste ja väliste kihtide vahel pinged, mis võivad põhjustada metallis pragusid.

Venitamist toimetatakse lapikute, väljalõikega ja kombineeritud pinni ja alasi vahel (pinn — lapik, alasi — väljalõikega). Ümmargused tooted venivad väljalõikega pinni ja alasi vahel suurema kiirusega kui lapikute vahel, sest väljalõikega pinni ja alasi vahel voolab metall ristsuunas vähem kui lapiku pinni ja alasi vahel.

Väljalõikega pinni ja alasi vahel on venitamise tootlikkus 20—

30% suurem lapikute vahel venitamise tootlikkusest [5]. Venitamise tootlikkus kombineeritud pinni ja alasi vahel on suurem kui lapikute vahel, kuid väiksem kui väljalõikega pinni ja alasi vahel.

Jämendamine

Tehakse vahet täieliku ja osalise jämendamise vahel.

Täieliku jämendamise puhul suurendatakse tooriku ristlõike pindala kogu pikkuses, vähendades selleks tooriku pikkust. Jämendamisel metall venib, mispuhul temas tekivad suured pinged. Täielikuks jämendamiseks tuleb toorik kuumutada kõrge temperatuurini kogu ristlõikes ja kogu pikkuses.

Täielikku jämendamist kasutatakse järgmistel juhtudel: 1) kui on tarvis kiud metallis segi ajada või anda neile niisugune suund, mis tõstaks toote kvaliteeti (näiteks hammasrataste sepistamisel); 2) kui sepistatakse nõutava kaaluga, kuid mitteküllaldase ristlõikega toorikut; 3) kui olemasolevast toorikust pole võimalik saavutada nõutavat venitusmäära.

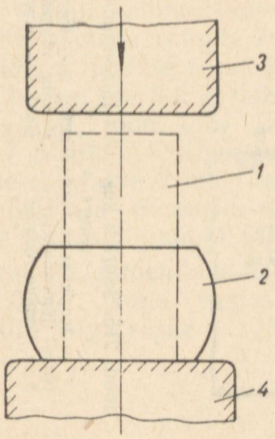
Täielikul jämendamisel tuleb püüda valida toorik selliselt, et selle pikkus ei oleks rohkem kui 2,5 korda suurem selle läbimõõdust või ruudu küljepikkusest. Kui tooriku pikkus on läbimõõdust rohkem kui 2,5 korda suurem, võib täielikul jämendamisel toorik kõverduda ja isegi pinni ja alasi vahelt välja lennata.

Täielikuks jämendamiseks kuumutatakse kogu toorikut ühtlaselt, asetatakse siis vertikaalselt vasara alasile ja pinni löökidega ülemisele otsale suurendatakse tooriku ristlõiget selle kõrguse vähendamise arvel (joon. 211). Selle operatsiooni vältel tuleb toorikut kogu aja selle vertikaaltelje ümber pöörata. Et jämendamisprotsess toimuks intensiivsemalt, kasutatakse poolümmargusi või ovaalseid venitusraudasid. Jämendamise lõpul kasutatakse 3—4 mm paksust ja 70—80 mm laiust raudlatti, misjärel sepist silutakse lapiku pinni ja alasi vahel.

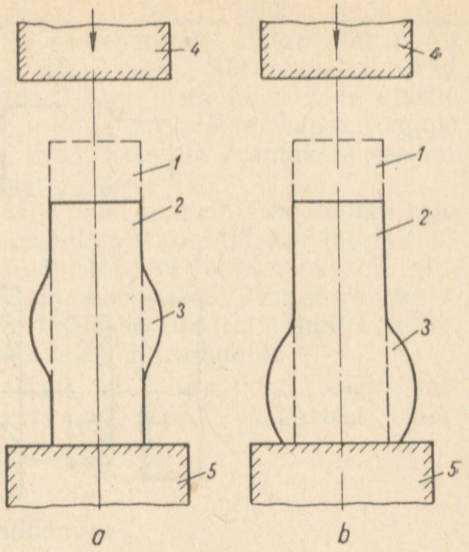
Osalisel jämendamisel ei suurendata ristlõiget kogu toorikul, vaid ainult selle mingil osal. Osaliseks jämendamiseks kuumutatakse ainult tooriku seda osa, mida on tarvis jämendada. Kui on vaja jämendada tooriku keskkohta, siis kuumutatakse see osa kõrge temperatuurini, asetatakse toorik vertikaalselt alasile ja antakse vasaralööke ülemisele külmale otsale. Vasara löögijõud kandub üle tooriku otste kaudu kuumutatud keskosale, mis selle mõjul jämendub (joon. 212, *a*).

Kui on tarvis jämendada tooriku otsa, siis kuumutatakse seda otsa, asetatakse toorik vertikaalselt kuuma otsaga alasile, kuna pinniga antakse lööke tooriku külmale otsale, mille tagajärjel tooriku ots jämeneb (joon. 212, *b*).

Kui on tarvis jämendada otsa pikal toorikul, mis ei mahu pinni ja alasi vahele, siis toimetatakse jämendamist horisontaalasendis. Kuumutatud otsaga pikk toorik riputatakse üles (näiteks konsool-



Joon. 211. Täielik jämendamine:
1 — toorik enne jämendamist; *2* — toorik pärast jämendamist; *3* — pinn; *4* — alasi.



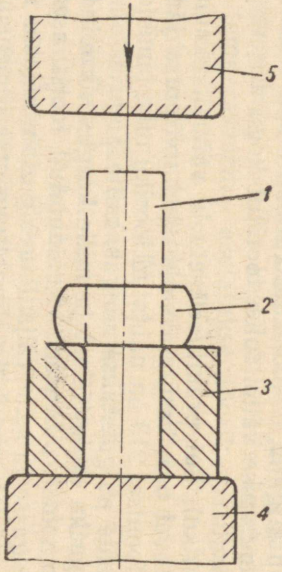
Joon. 212. Osaline jämendamine:
a — tooriku keskkoha jämendamine; *b* — tooriku otsa jämendamine; *1* — toorik enne jämendamist; *2* — toorik pärast jämendamist; *3* — jämenduskoht; *4* — pinn; *5* — alasi.

või sildkraana konksule) ja toorikut kiigutades lüüakse selle otsa vastu vasara pinni ja alasit. Toimubki tooriku otsa jämenemine. Peale selle võib tooriku pinni ja alasi vahele kinni pigistada ja väljaulatuvale kuumale otsale anda lööke mingi ülesriputatud raskusega.

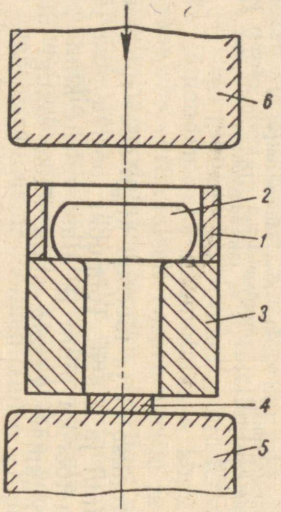
Toorikute otste ja keskkoha kirjeldatud jämendamisviisid pole ohutud ja nõuavad sepalt suurt oskust ning tähelepanu. Kui pikk toorik ei ole vasara alla seatud rangelt vertikaalselt, siis võib ta pinni ja vasara vahelt välja lennata ja töötajaid vigastada. Seepärast peab sepp jälgima, et toorikute külmad otsad oleksid tasapinnalised. Jämendamise vältel tuleb toorikut kogu aeg vertikaaltelje ümber pöörata.

Lühikesel toorikul, kui praktiliselt ei ole võimalik kuumutada ainult jämendatavat osa, kasutatakse keskkoha või otsa jämendamisel rõngaid. Joonisel 213 on näidatud tooriku otsa jämendamine rõnga abil. Alasile paigutatakse rõngas, mille augu läbimõõt on veidi suurem tooriku läbimõõdust ja mille kõrgus võrdub tooriku mittejämendatava otsa pikkusega. Kuumutatud toorik asetatakse üht otsa pidi rõngasse ja selle väljaulatuvale osale antakse vasaralööke, mille tagajärjel toimubki väljaulatuva otsa jämenemine.

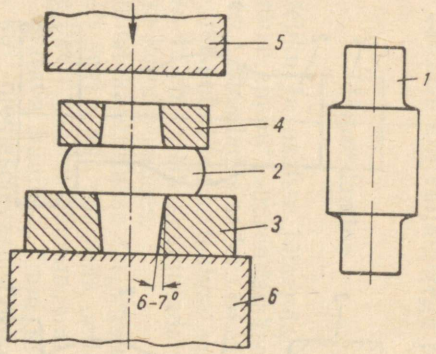
Selleks et kergendada mittejämendatava otsa kättesaamist rõnga seest, antakse rõnga augu seinale 6—7°-line kallak. Kuid



Joon. 213. Tooriku otsa jämendamine rõnga abil: *1* — toorik enne jämendamist; *2* — toorik pärast jämendamist; *3* — rõngas; *4* — alasi; *5* — pinn.



Joon. 214. Tooriku väljalöömine rõngast: *1* — pealepandav rõngas; *2* — sepis; *3* — rõngas; *4* — klots; *5* — alasi; *6* — pinn.



Joon. 215. Tooriku keskkoha jämendamine rõnga abil: *1* — toorik enne jämendamist; *2* — toorik pärast jämendamist; *3* — alumine rõngas; *4* — ülemine rõngas; *5* — pinn; *6* — alasi.

rõngas võib olla ka ilma kallakuta; sel juhul lüüakse sepis rõngast välja allapandava klotsi ja pealepandava rõnga abil, nagu on näidatud joonisel 214. Et sepist joonisel 214 näidatud viisil rõngast välja lüüa, tuleb rõngas *3* üles tõsta ja asetada alasile klots *4*, mille läbimõõt on väiksem rõnga augu läbimõõdust; rõngale *3* tuleb asetada rõngas *1* (joon. 214). Rõngale *1* antavate vasaralöökidega lüüakse sepis *2* rõngast *3* välja.

Lühikese tooriku keskosa jämendamist toimetatakse samuti rõngaste abil (joon. 215). Enne jämendamist venitatakse tooriku otsad *1* nõutava läbimõõduni. Siis pistetakse tooriku üks ots alumisse rõngasse *3* ning teisele otsale asetatakse ülemine rõngas *4*. Toorikule ja ülemisele rõngale antakse vasara pinniga lööke, mille juures toimubki tooriku keskosa jämendumine.

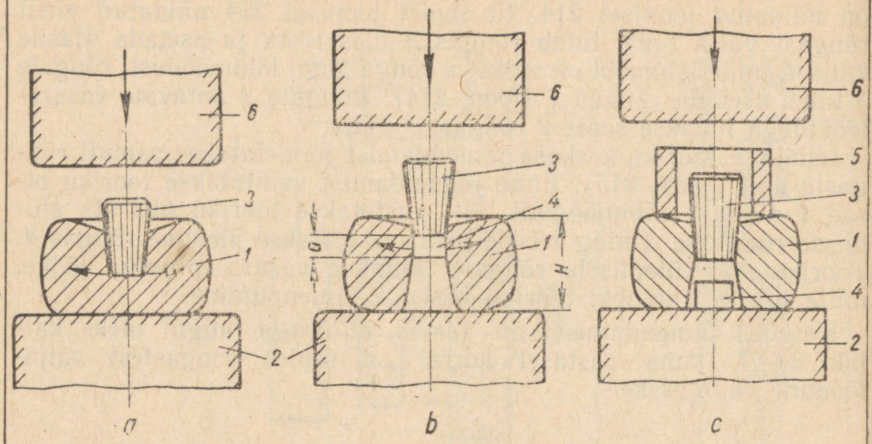
Keskosa jämendamisel on tarvis, et rõnga augul oleks kallak 6—7°, kuna vastasel korral on sepise rõngastest väljalöömine väga raske.

Augulöömine

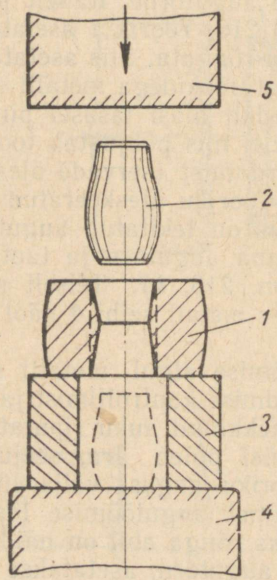
Paksudesse toorikutesse lüüakse auku kahelt poolt, kusjuures mehaaniliste vasarate all toimub see protsess teisiti kui käsisepistamisel. Sepatornide asemel kasutatakse augutorne. Kahelt poolt augulöömise skeem on näidatud joonisel 216. Toorik *1* asetatakse vasara alasile *2* ilma mingi alusplaadi või rõngata. Siis asetatakse toorikule augutorn *3* ja taotakse see vasaralöökidega metalli sisse (joon. 216, *a*). Kuna toorik asetseb tihedalt alasi tasasel pinnal, siis voolab metall augutorni alt külgedele, mis põhjustab tooriku läbimõõdu suurenemist kui ka selle kaardumist (servade üleskerkimist). Nüüd pööratakse toorikut 180°. Tooriku üleskeeratud küljel on nähtav veidi tumenenud ring, mis on tekitatud augutorni otsa poolt. Sellele kohale asetatakse sama augutorn ja taotakse see vasaralöökidega tooriku sisse (joon. 216, *b*). Teiselt poolt augulöömisel lüüakse augutorni alla jääv metall seibi *4* näol toorikust välja.

Selleks et augutorn ei jääks augulöömise algul metalli sisse kinni, tõstetakse see pärast õige ülesseadmise kontrollimist ja sellele kerge vasaralöögi andmist üles ja tekkinud auku riputatakse söetolmu. Järgnevate löökide puhul süsi põleb ära, seejuures tekkivad gaasid püüavad augutorni tooriku august välja lükata ja sellega kergendavad tema väljavõtmist augulöömise lõpetamisel. Teine viis augutorni vabastamiseks rõnga abil on näidatud joonisel 216, *c*. Toorikule, mille sees on augutorn, asetatakse rõngas *5*, millele antakse kergeid vasaralööke. Toorik paindub sirgemaks ja augutorn vabaneb tooriku august.

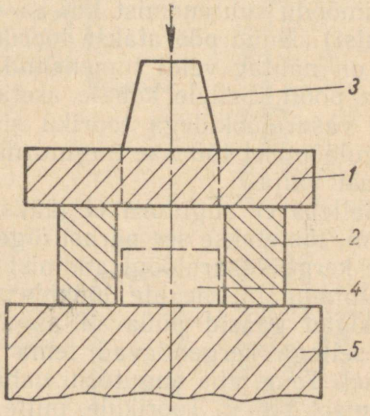
Pärast toorikusse kahelt poolt augu löömist saadakse ebakorrapärase kujuga auk, sest augutorn on kooniline. Seepärast viimistletakse auku ehk, nagu öeldakse, kalibreeritakse nõutava suu-



Joon. 216. Kahelt poolt augulöömise skeem:
a — esimene operatsioon; *b* — teine operatsioon; *c* — augutorni vabastamine; 1 — toorik; 2 — alasi; 3 — augutorn; 4 — väljalöödud seib; 5 — rõngas; 6 — pinn.



Joon. 217. Aukude kalibreerimine:
1 — toorik; *2* — kalibreerimistorn; *3* — rõngas; *4* — alasi; *5* — pinn.



Joon. 218. Ühelt poolt augulöömine:
1 — toorik; *2* — rõngas; *3* — augutorn; *4* — väljalöödud seib; *5* — alasi.

ruse ja kuju saavutamiseks, kasutades selleks koonilisi või vaadikujulisi torne, nagu näidatud joonisel 217.

Peale kirjeldatud viisil kahelt poolt augulöömist kasutatakse masinsepistamisel ka järgmist ühelt poolt augulöömise viisi (joon. 218). Tooriku *1* alla asetatakse löödava augu läbimõõdust natuke suurema läbimõõduga rõngas *2*. Auk lüüakse augutorniga *3*, mis asetatakse sel juhul jämedama otsaga vastu toorikut. Auk lüüakse läbi, ilma et toorikut 180° võrra keerataks. Väljalöödud seib *4* kukub allapandud rõnga auku. Ühelt poolt augulöömisel tooriku kuju ja suurus peaaegu ei muutu, kuna kahelt poolt augulöömisel muutuvad mõlemad. Sellest sõltubki ühe või teise viisi valik. Tavaliselt peetakse kinni järgmisest reeglist: kui toode on täielikult sepistatud ja sellesse on jäänud ainult auk lüüa, siis kasutatakse augulöömist ühelt poolt. Kui aga auk tuleb pärast sepise valmistamist üle treida, siis kasutatakse kahelt poolt augulöömist.

Kahelt poolt augulöömisel (joon. 216) väljalöödava seibi kõrgus on tavaliselt $^1/_3$ tooriku kõrgusest H. Selle seibi maht võrdub augutorni pindala F ja tooriku kõrguse kolmandiku korrutisega:

$$V_s = \frac{FH}{3}.$$

Ühelt poolt augulöömisel võetakse väljalöödava seibi kõrguseks 0,9 tooriku kõrgusest:

$$a = 0{,}9H.$$

Painutamine

Sageli osutub tarvilikuks sepistatavat toorikut või detaili ühe või teise nurga alla painutada. Mehaanilise vasara all sepistamisel pigistatakse toorik pinni ja alasi vahele kinni ja painutatakse väljaulatuv tooriku ots suurvasara löökidega. Metalli välised kihid seejuures venivad, sisemised kihid aga surutakse kokku.

Painutamisel kasutatakse kohalikku kuumutamist, s. t. kuumutatakse ainult painutamisele kuuluvat kohta.

Vabasepistamisel, kui see on võimalik, tuleb painutada allapandavate stantside abil. Allapandavates stantsides kulub painutamiseks palju vähem aega ning sepise mõõted saadakse täpsemad. Allapandavaid stantse kasutatakse siis, kui tuleb sepistada suur arv ühesuguseid tooteid, sest ainult siis tasub ennast allapandava stantsi valmistamine.

Pindade silumine

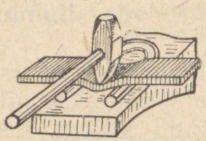
Sepise pindasid viimistletakse silumisega, mis kindlustab sepisele sileda pinna. Sepiseid silutakse silumispinnide abil, millede ehitus sõltub sepiste pinna kujust. Lapikuid sepiseid silutakse

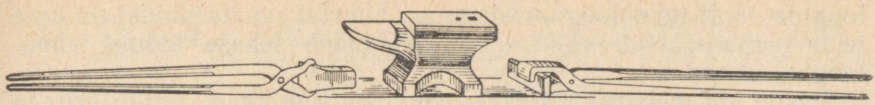
mõnikord lapikute pinnide ja alasite vahel kergete löökidega. Silutakse pärast sepistamist, kui tagi on juba maha taotud. Kui osutub vajalikuks sepist silumiseks kuumutada, siis eemaldatakse sellelt järelkuumutamisel tekkinud tagi.

Silumine on sepistamisprotsessi viimaseks operatsiooniks. Seepärast kontrollitakse koos sellega ka sepise mõõdete vastavust joonisele. Kui sepis on keeruline või ebasümmeetrilise kujuga, siis kasutatakse kontrollimisel šablooni; seejuures on näha, kas sepis on valmistatud õigesti või missugustes kohtades tuleb teda parandada.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missuguseid mehaaniliste vasarate pinne ja alaseid kasutatakse vabasepistamisel?
2. Jutustage mehaanilistel vasaratel vabasepistamisel kasutatavatest tähtsamatest sepatööriistadest.
3. Missuguseid rakiseid kasutatakse toorikute ahju laadimiseks ja väljavõtmiseks ning vasara juurde toimetamiseks?
4. Jutustage rakistest, mida kasutatakse toorikute transportimiseks tsehhis.
5. Missuguste tööriistadega raiutakse metalli?
6. Missuguseid raiumisviise tunnete?
7. Millal kasutatakse venitamist?
8. Mispärast paindub toorik venitamisel ja kuidas seda puudust parandada?
9. Kust tuleb alustada sepistamist valuploki venitamisel?
10. Mispärast on venitamine väljalõikega pinnide ja alasite vahel tootlikum kui lapikute pinnide ja alasite vahel?
11. Milleks ja missugustel juhtudel kasutatakse tooriku jämendamist?
12. Kuidas tuleb kuumutada metalli tooriku täielikuks jämendamiseks?
13. Missugustele tingimustele peab vastama toorik (mõõdetelt), et ta jämendamisel ei kõverduks?
14. Missuguseid sepatööriistu tuleb kasutada, et jämendamine toimuks intensiivsemalt?
15. Kuidas jämendada tooriku otsa?
16. Kuidas jämendatakse tooriku keskkohta?
17. Kuidas jämendatakse pika tooriku otsa, kui toorik ei mahu vasara pinni ja alasi vahele?
18. Kuidas jämendatakse lühikese tooriku otsa rõnga abil?
19. Kuidas jämendatakse lühikese tooriku keskkohta rõngastes?
20. Missugune erinevus on ühelt ja kahelt poolt augulöömise vahel?
21. Kuidas toimub augulöömine kahelt poolt?
22. Mida teha, et augutorn kahelt poolt augulöömisel ei jääks toorikusse kinni?
23. Kuidas saab augutorni tooriku seest vabastada, kui ta on sinna kinni jäänud?
24. Millega võrdub väljalöödava seibi kõrgus augulöömisel kahelt poolt?
25. Millega võrdub väljalöödava seibi kõrgus augulöömisel ühelt poolt?
26. Missugustel juhtudel kasutatakse augulöömist ühelt poolt ja millal augulöömist kahelt poolt?
27. Kuidas painutatakse toorikuid mehaanilise vasara all?
28. Kuidas silutakse sepise pinda?





XI PEATÜKK

SEPISTAMISE TEHNOLOOGILINE PROTSESS JA VASARATE ALL VABASEPISTAMISE NÄITEID

§ 81. MÕISTEID SEPISTAMISE TEHNOLOOGILISEST PROTSESSIST

Ühte ja sama detaili võib sepistada mitmesugusel viisil ja mitmesuguste sepistamismehhanismide all. Ometi on tarvis valida kõige ratsionaalsem viis sepise valmistamiseks, mis: a) kindlustaks valmistatava sepise head kvaliteeti; b) võimaldaks kõrget tootlikkust, s. t. minimaalset ajakulu sepise valmistamiseks; c) nõuaks töölistelt kõige vähem füüsilist tööd; d) kindlustaks kõige väiksemat metallikulu; e) kindlustaks ohutust sepistamisel.

Sepistamisel koosneb detaili valmistamise protsess üksikutest operatsioonidest, millest tähtsamad on: 1) tooriku valik ja selle ettevalmistamine sepistamiseks; 2) metalli kuumutamine sepistamiseks; 3) toorikule vajaliku kuju ja nõutavate mõõdete andmine. Igasuguse detaili vabasepistamine koosneb mitmesuguste sepatöö võtete — raiumise, jämendamise, painutamise, venitamise, augulöömise ja pinna silumise kasutamisest. Erinevate sepiste valmistamisel tuleb kasutada mõnda neist võtetest ühes või teises järjekorras. Mõnikord võivad üks, kaks või kolm võtet korduda mitu korda.

Iga sepp peab püüdma sepise valmistamisel rakendada kõige väiksemat arvu võtteid. See lühendab sepise valmistamiseks kuluvat aega, vähendab kuumutamiste arvu ja järelikult tõstab tootlikkust. Enne nõutava sepise valmistamisele asumist peab sepp endale täpselt selgeks tegema, missuguseid võtteid kasutada ja missuguses järjekorras. Sepise valmistamise viisist sõltuvalt valitakse sepatööriistad ja rakised.

Sepp töötab kas ühe või mitme pealelööjaga. Et sepa ja pealelööjate töö toimuks kooskõlastatult, peab sepp neile selgitama operatsioonide järjekorda ja kätte näitama tööriistad, millega tuleb töötada. Sepa järelevalvel seab pealelööja tööriistad töökohal niisugusesse järjekorda, mis vastab operatsioonide järjestusele; siis ei ole töötamisel karta tööriistade otsimisega seotud viivitusi.

Vabasepistamise meetodil on toote valmistamise põhidokumendiks niinimetatud tehnoloogiline kaart, mis koostatakse tehno-

loogide poolt tehnoloogiaosakonnas. Suurtel sepatsehhidel on oma tehnoloogiaosakond, väikesi aga teenindab tehase üldine tehnoloogiaosakond.

Sepale või meistrile antakse tehnoloogiline kaart, mille järgi ta peab korraldama tööd ühe või teise toote sepise valmistamisel. Sepal ega meistril ei ole õigust sepistamise tehnoloogilist protsessi iseseisvalt muuta. Kõik muudatused, ükskõik missugustest asjaoludest nad võivad olla tingitud, kooskõlastatakse kõigepealt tsehhi tehnoloogiga, kes otsustab tehnoloogilisse protsessi muudatuste sisseviimise võimaluse ja otstarbekohasuse küsimuse.

See aga veel ei tähenda, et meistril või sepal ei ole õigust oma täiustuste sisseviimiseks tehnoloogiasse. Seda ainult ei tohi teha iseseisvalt; igas tsehhis peab kehtima tehnoloogiline distsipliin, millele alluvad kõik töötajad. Sepa poolt ettepandavad tehnoloogilise protsessi muudatused ja täiustused tuleb vormistada ja kinnitada tehnoloogiaosakonnas ja alles pärast seda kantakse need tehnoloogilisse kaarti. Tehnoloogilises kaardis näidatakse: 1) terase mark, millest tuleb valmistada sepis; 2) sepise tooriku mõõted ja kaal; 3) seadmed, milledel tuleb sepist valmistada (ahjud, kraanad, mehaaniline vasar jne.); 4) üheaegselt ahju laaditavate toorikute arv ja nende ahju ladumise viis; 5) aeg, mis kulub metalli kuumutamiseks sepistamistemperatuurini; 6) metalli sepistamise kuumutustemperatuur; 7) sepistamise lõpetamise temperatuur; 8) sepist valmistava brigaadi koosseis; 9) aeg, mille vältel sepis peab olema valmistatud (ajanorm); 10) töökoha organiseerimine; 11) toote sepise joonis; 12) sepise valmistamisel kasutatavad töövõtted ja siirded, tööriistad ning rakised.

Alljärgnevalt tuuakse mehaaniliste vasaratega vabasepistamise näiteid.

§ 82. VABASEPISTAMISE NÄITEID

Võllide sepistamine

Näide 1. Koostada tehnoloogiline protsess joonisel 219 kujutatud astmelise võlli sepistamiseks. Materjal — teras mark 45.

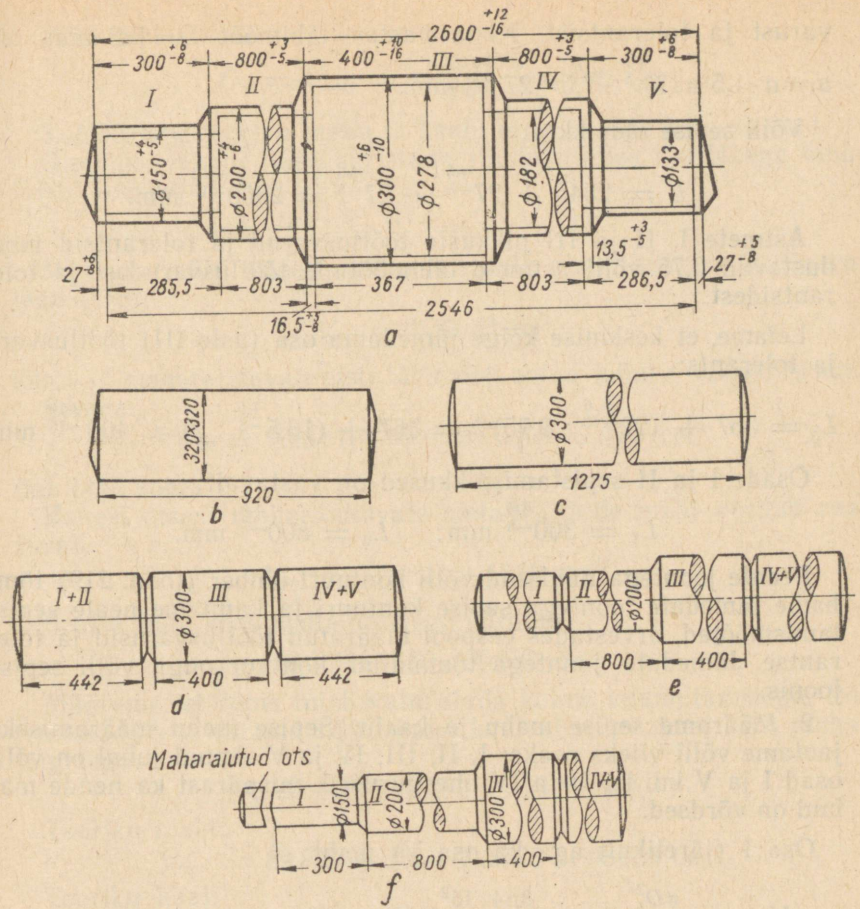
Lahendus. Tehnoloogilise protsessi koostamist alustatakse sepise joonise valmistamisega.

1. Koostame võlli sepise joonise (joon. 219, *a*): peente joontega joonestame võlli kontuuri ja anname tähtsamad puhtad mõõted. Määrame mehaanilise töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid, milleks kasutame lisas toodud astmeliste võllide töötlusvarude ja sepistamise tolerantside tabelit. Antud võlli üldpikkuse (2546 mm) puhul saame läbimõõtudele järgmised töötlusvarud ja tolerantsid:

Läbimõõdule $D = 133$ mm, $a = 17^{+4}_{-5}$ mm;

„ $D = 182$ mm, $a = 18^{+4}_{-6}$ mm;

„ $D = 278$ mm, $a = 22^{+6}_{-10}$ mm.



Joon. 219. Astmelise võlli sepistamise tehnoloogiline protsess: *a* — võlli sepise joonis; *b*, *c*, *d*, *e*, *f* — siirete skitsid võlli sepistamisel.

Sepise läbimõõdud kujunevad järelikult järgmisteks:

$$D_1 = 133 + 17^{+4}_{-5} = 150^{+4}_{-5} \text{ mm}$$

$$D_2 = 182 + 18^{+4}_{-6} = 200^{+4}_{-6} \text{ mm}$$

$$D_3 = 278 + 22^{+6}_{-10} = 300^{+6}_{-10} \text{ mm}$$

Töötlusvarud ja tolerantsid võlli üldpikkusele $L = 2546$ mm. Töötlusvaru ja tolerants võrdub 1,5 võlli otsa läbimõõdu töötlus-

varust ja tolerantsist. Kuna vastav läbimõõt $D=133$ mm, siis $a_1=a\cdot 1{,}5=17^{+4}_{-5}\cdot 1{,}5=27^{+6}_{-8}$ mm.

Võlli sepise üldpikkus:

$$L = 2546 + 27^{+6}_{-8} + 27^{+6}_{-8} = 2600^{+12}_{-16} \text{ mm}.$$

Astmete I, II ja III pikkuste töötlusvarud ja tolerantsid moodustavad 0,75 võlli astmete läbimõõtude töötlusvarudest ja tolerantsidest.

Leiame, et keskmise kõige jämedama osa (aste III) töötlusvaru ja tolerants:

$$L_3 = 367 + (22^{+6}_{-10}\cdot 0{,}75)2 = 367 + (16{,}5^{+5}_{-8}\cdot 2) \approx 400^{+10}_{-16} \text{ mm}.$$

Osade I ja II sepistamispikkused on vastavalt:

$$L_1 = 300^{+6}_{-8} \text{ mm}; \quad L_2 = 800^{+3}_{-5} \text{ mm}.$$

Peente joontega näidatud võlli kontuuri ümber (joon. 219) tõmbame jämedate joontega sepise kontuuri ja kanname peale sepistamismõõted, arvestades eespool määratud töötlusvarusid ja tolerantse. Jämedate joontega tõmmatud kontuur ongi võlli sepise joonis.

2. Määrame sepise mahu ja kaalu. Sepise mahu määramiseks jaotame võlli viieks osaks: I, II, III, IV ja V. Antud juhul on võlli osad I ja V kui ka II ja IV ühesuurused, mispärast ka nende mahud on võrdsed.

Osa I (järelikult aga ka osa V) maht:

$$V_{1-5} = \frac{\pi D_1^2}{4}\cdot L_1 = \frac{3{,}14\,.\,15^2}{4}\cdot 30 = 176{,}7\cdot 30 = 5301 \text{ cm}^3;$$

osa II (järelikult aga ka osa IV) maht:

$$V_{2-4} = \frac{\pi D_2^2}{4}\cdot L_2 = \frac{3{,}14\cdot 20^2}{4}\cdot 80 = 314{,}15\cdot 80 = 25132 \text{ cm}^3;$$

osa III maht:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4}\cdot L_3 = \frac{3{,}14\cdot 30^2}{4}\cdot 40 = 706{,}85\cdot 40 = 28274 \text{ cm}^3;$$

võlli sepise maht:

$$V_s = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 \text{ cm}^3.$$

Asetades sellesse valemisse eespool leitud mahud, saame:

$$V_s = 5301 + 25\,132 + 28\,274 + 25\,132 + 5301 = 89\,139 \text{ cm}^3.$$

Võlli sepise kaal:

$$G_s = V_s g = \frac{89139 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 700 \text{ kg}.$$

3. Määrame tooriku mahu ja kaalu ning valime selle mõõted.

Oletame, et võll tuleb sepistada ruudukujulise ristlõikega bluumist. Tooriku maht:

$$V_t = V_s + V_{ml} + V_p \text{ cm}^3.$$

Määrame võlli otstelt maharaiutavate metallitükkide kaalu valemi järgi:

$$V_{ml} = 0{,}23\ d^3 \text{ cm}^3,$$

kus d — maharaiutavate otste läbimõõt; antud juhul $d = D_1 = 150$ mm.

Saame:

$$V_{ml} = 0{,}23 \cdot 15^3 = 0{,}23 \cdot 3375 \approx 775 \text{ cm}^3$$

ühe otsa kohta.

Kahest otsast maharaiutavate metallitükkide maht võrdub vastavalt:

$$V_{ml} = 775 \cdot 2 = 1550 \text{ cm}^3.$$

Sepise maht koos mahalõigetega võrdub:

$$89\,139 + 1550 = 90\,689 \text{ cm}^3.$$

Määrame, et sepis tuleb valmistada kolme kuumutamisega. Põlemiskadudeks võtame 3,5% sepise kaalust või mahust koos mahalõigetega:

$$V_p = 90689 \cdot 0{,}035 \approx 3175 \text{ cm}^3.$$

Tooriku maht:

$$V_{toor} = 89139 + 1550 + 3175 = 93864 \text{ cm}^3.$$

Tooriku kaal:

$$G_{toor} = \frac{93864 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 740 \text{ kg}.$$

Määrame tooriku ristlõike:

a) kuna sepis valmistatakse valtsmaterjalist, siis sepistamismääraks võtame 1,4;

b) sepise suurim läbimõõt (joon. 219, osa III) $D_3 = 300$ mm; ristlõike pindala:

$$F_s = \frac{3.14 \cdot 30^2}{4} = 706 \text{ cm}^2;$$

c) tooriku ristlõike pindala peab olema vähemalt:

$$F_{toor} = 706 \cdot 1{,}4 = 988{,}4 \text{ cm}^2.$$

Niisugusele ristlõikele vastab bluum ristlõikega 320×320 mm, mille ristlõike pindala on 1024 cm² (võetud on suurema ristlõikega bluum, kuna arvutatud ristlõikele 988,4 cm² bluume ei valmistata).

Määrame bluumi (tooriku) pikkuse:

$$L_{toor} = \frac{V_{toor}}{F_{toor}} = \frac{93684}{1024} \approx 92 \text{ cm}.$$

Joonisel 219 näidatud võlli sepise valmistamiseks võtame järelikult toorikuks bluumi, mille mõõted on 320×320 mm ning pikkus 920 mm.

4. Määrame võlli sepistamise operatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted.

Esimene sepistamisoperatsioon — 920 mm pikkuse tooriku maharaiumine (joon. 219, *b*).

Teine operatsioon — tooriku venitamine võlli suurimale läbimõõdule — 300 mm (joon. 219, *c*).

Kolmas operatsioon — osa III märkimine sälkudega (joon. 219, *d*).

Määrame nende sälkude kaugused tooriku otstest (s. t. osade I+II ja IV+V jaoks vajaliku metalli hulga).

Ristlõike pindala toorikul, mille läbimõõt D=300 mm:

$$F = \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4} = 706 \text{ cm}^2.$$

Osadele I+II ja mahalõikele vajatakse metalli:

$$5301 + 25\,132 + 775 = 31\,207 \text{ cm}^3.$$

Sälgu kaugus tooriku otsast võrdub:

$$\frac{31207}{706} \approx 44{,}2.$$

Neljas operatsioon — võlli otsa (osa I+II) venitamine läbimõõdule D=200 mm ja osa I sälguga märkimine (joon. 219, *e*).

Viies operatsioon — osa I venitamine läbimõõdule 150 mm; otsa maharaiumine (joon. 219, *f*); sepistatud osade I, II ja III õgvendamine ja pindade silumine. Järgnevalt kuumutatakse ainult võlli sepistamata otsa, s. t. osi IV ja V. Võlli osad IV ja V sepistatakse nii, nagu on näidatud joonisel 219, *e* ja *f* (kuues ja seitsmes operatsioon).

Operatsioonideks tarvilikud tööriistad ja rakised: 1. kuni 3. operatsiooni jaoks — sisselõikega alasi ja lapik pinn, kirves, kolmekandiline märkimispinn, kiilud, taster ja joonlaud; 4. kuni 7. operatsiooni jaoks — sisselõikega alasi, lapik pinn, kirves, kolmekandiline märkimispinn, kiil, taster ja joonlaud.

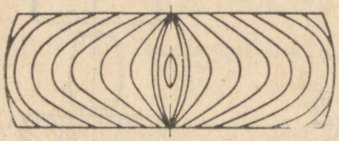
5. Valime mehaanilise vasara, millel saab sepistada joonisel 219 kujutatud võlli. Kuna võlli suurim läbimõõt on 300 mm ja sepise kaal 700 kg, siis leiame tabeli 7 järgi, et võlli sepistamiseks on vaja vasarat, mille langevate osade kaal on 5000 kg. Sepistamise temperatuurivahemik on 1220—700° C.

Lapikute sepiste sepistamine

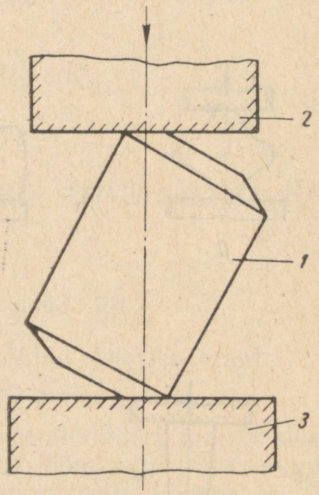
Küllalt sagedasti kasutatakse hammasratta-tüüpi lapikuid sepiseid. Selliste sepiste valmistamisel tuleb toorik tingimata jämendada. Valmis toote kiudude suund vastab sel juhul joonisel 220 näidatule ning annab hammasratta hammastele suurema vastupidavuse.

Kui jämendatakse neljakandilise ristlõikega toorikut, siis tuleb enne jämendamist üle taguda selle servad ja alles seejärel jämendada.

Metalli intensiivsemaks jämendamiseks on soovitav kõigepealt tooriku servad maha taguda (joon. 221), mistõttu otstel tekivad



Joon. 220. Kiudude suund hammasratta sepises.



Joon. 221. Servade mahatagumine enne jämendamist: *1* — toorik; *2* — pinn; *3* — alasi.

kumerad pinnad, mis võimaldavad löökidel sügavamalt tooriku sisemusse tungida ja intensiivsemalt ristlõiget suurendada. Joonisel 221 näidatud viisil on võimalik parandada ka tooriku jämendamisel tekkinud kaardumist.

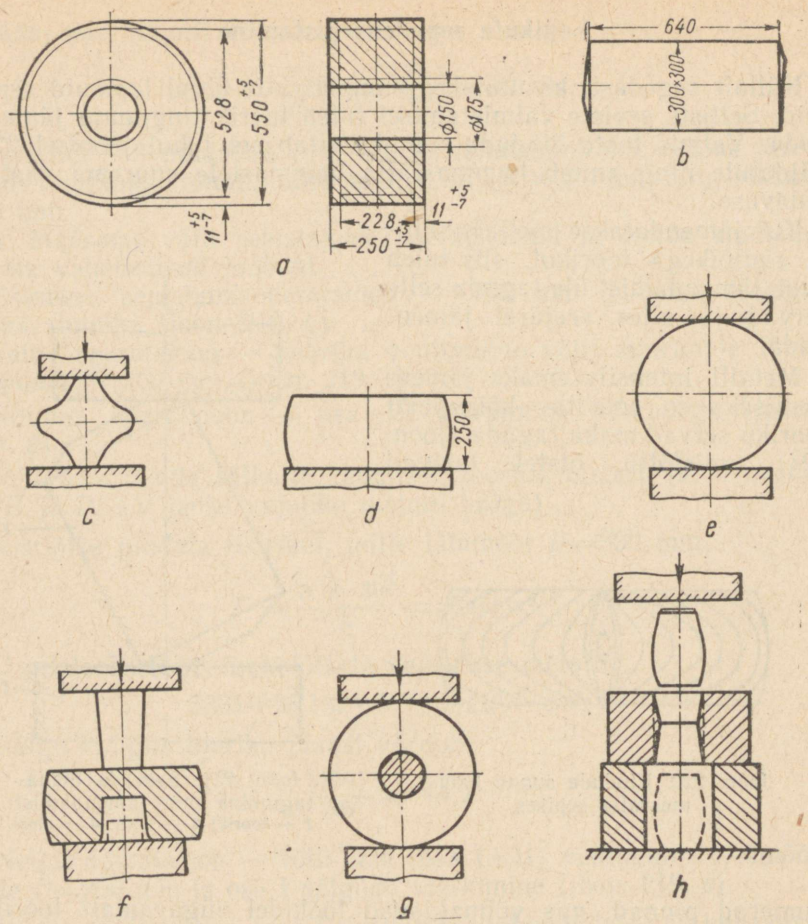
Kui vasara võimsusest ei jätku lõplikuks jämendamiseks, kasutatakse venitusrauda. Augud tehakse detailidesse, nagu eespool kirjeldatud, augutorniga, suuremad augud aga (bandaažides, hammasvöödes) tornil avardamise menetlusel.

Alljärgnevalt tuuakse näiteid hammasratta ja rõnga (bandaaži) sepistamisest.

Näide 1. Sepistada joonisel 222 kujutatud hammasratas. Materjal — teras mark 45.

1. Koostame hammasratta sepise joonise. Peente joontega on joonestatud hammasratta kontuur. Lisas toodud tabeli järgi määrame mehaanilise töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid.

Töötlusvaru ja tolerants läbimõõdule $D=528$ mm ja kõrgusele $H=228$ mm tabeli järgi võrduvad $a=22^{+5}_{-7}$ mm.



Joon. 222. Hammasratta sepistamine:
a — hammasratta sepise joonis; *b, c, d, e, f, g, h* — hammasratta sepistamise siirete skitsid.

Järelikult hammasratta sepise läbimõõt

$$D_1 = D + a = 528 + 22^{+5}_{-7} = 550^{+5}_{-7} \text{ mm.}$$

Töötlusvaru ja tolerants hammasratta kõrgusele $H = 228$ mm, kui läbimõõt $D = 528$ mm, on tabeli järgi võrdne $a = 22^{+5}_{-7}$ mm. Hammasratta sepise kõrgus võrdub siis:

$$H_1 = H + a = 228 + 22^{+5}_{-7} = 250^{+5}_{-7} \text{ mm.}$$

Võlli augu läbimõõt võetakse lisas toodud tabeli 6 järgi, sõltuvalt võlli puhtast läbimõõdust. Antud juhul $d_{puh} = 175$ mm, millest lähtudes sepise augu (augutorni) läbimõõt

$$d_1 = 150 \text{ mm}.$$

Jämedate joontega joonestame hammasratta puhta kontuuri ümber hammasratta sepise joonise (joon. 222, *a*) ja kanname peale eeltoodu kohaselt kindlakstehtud hammasratta sepise mõõted.

2. Määrame hammasratta sepise mahu ja kaalu. Sepise maht (joon. 221)

$$V_s = \left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4}\right) H_1 \text{ cm}^3.$$

Arvuliste väärtustega saame:

$$V_s = \left(\frac{3{,}14 \cdot 55^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4}\right) \cdot 25 = (2376 - 177)\,25 = 54975 \text{ cm}^3.$$

Sepise kaal:

$$G_s = V_s g = \frac{54975 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 432 \text{ kg}.$$

3. Määrame tooriku mahu, kaalu ja mõõted. Tooriku maht:

$$V_{toor} = V_s + V_j + V_p \text{ cm}^3.$$

Antud juhul on jäätmeteks võlli augu väljalöömisel saadav seib. Oletame, et auk valmistatakse kahelt poolt löömisega. Kuna augutorni läbimõõt on 150 mm ja väljalöödava seibi kõrgus on $^1/_3$ sepise täielikust kõrgusest H_1, siis:

kui seibi kõrgus

$$h = \frac{H_1}{3} = \frac{250}{3} \approx 84 \text{ mm},$$

võrdub väljalöödava seibi maht:

$$V_j = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4} \cdot 8{,}4 = 1487 \text{ cm}^3.$$

Oletame, et sepis valmib kahe kuumutamisega. Põlemiskadude maht võrdub siis 3,5% tooriku mahust.

Sepise maht koos väljalöödava seibiga:

$$54\,975 + 1487 \doteq 56\,462 \text{ cm}^3.$$

Metalli põlemiskadude maht:

$$V_p = 56462 \cdot 0{,}035 = 1976 \text{ cm}^3.$$

Tooriku maht:

$$V_{toor} = 54\,975 + 1487 + 1976 = 58\,438 \text{ cm}^3.$$

Tooriku kaal:

$$G_{toor} = \frac{58438 \cdot 8{,}75}{1000} = 509 \text{ kg}.$$

4. Valime vasara langevate osade kaalu. Joonisel 180 toodud diagrammi järgi, kui hammasratta läbimõõt on 550 mm ja kõrgus 250 mm, on selle sepist võimalik sepistada vasaral, mille langevate osade kaal on 5000 kg.

5. Valime tooriku mõõted. Hammasratta-tüüpi sepiste valmistamiseks tarviliku tooriku mõõdete valikul tuleb arvestada sepistamiseks kasutatava vasara käiku. Vasara all jämendatava tooriku ristlõige peab olema võimalikult suur; sel juhul on tooriku pikkus väiksem ja vasara all jämendamine kujuneb kergemaks, sest vasara pinni vabakäik on pikem ja löök seetõttu tugevam. Tooriku suurim kõrgus ei tohi olla enam kui 2,5 tooriku läbimõõtu või ruudu küljepikkust.

Oletame, et toorik tuleb valmistada neljakandilisest bluumist ristlõikega 300×300 mm.

Bluumi ristlõike pindala:

$$F_{toor} = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2.$$

Tooriku pikkus:

$$L_{toor} = \frac{V_{toor}}{F_{toor}} = \frac{58438}{900} \approx 64{,}9 \text{ cm}.$$

Tooriku pikkuse suhe ruudu küljepikkusesse:

$$\frac{64{,}9}{30{,}0} \approx 2{,}16.$$

See suhe ei tohi olla üle 2,5. Järelikult oleme tooriku ristlõike õigesti valinud.

Joonisel 222 kujutatud hammasratta sepise valmistamiseks võtame seega neljakandilise tooriku, mille pikkus on 640 mm, ristlõige 300×300 mm.

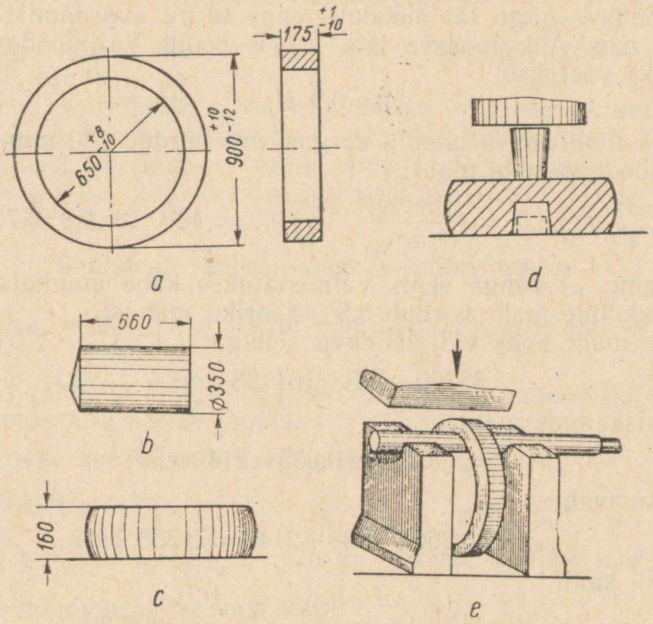
6. Määrame hammasratta sepistamise operatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted:

1) tooriku lahtiraiumine bluumi küljest (joon. 222, *b*);
2) tooriku ümardamine lapiku pinni ja alasi vahel (joon. 222, *c*);
3) tooriku jämendamine kuni sepise kõrguseni $H_1 = 250$ mm (joon. 222, *d*);
4) jämendatud tooriku ümardamine (joon. 222, *e*);
5) augulöömine augutorniga $D = 150$ mm (joon. 222, *f*);
6) sepise ümberringi ületagumine koos augutorniga (joon. 222, *g*);
7) augu kalibreerimine (joon. 222, *h*);
8) hammasratta sepise otste silumine.

Sepistamise temperatuurivahemik on 1200—700° C.

Tööriistad ja rakised: 1. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi, kirves, kiilud; 2. ja 3. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi; 4. ja 5. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi, augutorn; 6. ja 7. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi, kalibreerimise torn, rõngas.

Näide 2. Sepistada joonisel 223 kujutatud rõngas (bandaaž). Joonisel 223, *a* on toodud bandaaži sepise joonis.



Joon. 223. Rõnga (bandaaži) sepistamine:
a — rõnga sepise joonis; *b, c, d, e* — bandaaži sepistamise siirete skitsid.

1. Määrame rõnga sepise mahu ja kaalu. Maht:

$$V_s = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) H \text{ cm}^3,$$

kus D — bandaaži välisläbimõõt, mis võrdub 90 cm;
d — bandaaži siseläbimõõt, mis võrdub 65 cm;
H — rõnga kõrgus, mis võrdub 17,5 cm.

$$V_s = \left(\frac{3{,}14 \cdot 90^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 65^2}{4}\right) 17{,}5 = (6361{,}7 - 3318{,}3)\, 17{,}5 =$$

$$= 53260 \text{ cm}^3.$$

Rõnga sepise kaal:

$$G_s = V_s\, g \text{ kg};$$

$$G_s = \frac{53260 \cdot 7{,}85}{1000} = 418 \text{ kg}.$$

2. Määrame tooriku mahu ja kaalu. Sepise valmistamiseks tarviliku tooriku maht võrdub:

$$V_{toor} = V_s + V + V_p \text{ cm}^3.$$

Läbilöödava augu läbimõõduks enne tornil avardamist võtame $d_1 = 250$ mm. Auk lüüakse läbi kahelt poolt. Väljalöödava seibi kõrguseks võetakse:

$$h = 0{,}9\ H,$$

kus H — läbilöödava metalli kõrgus, mis võrdub 180 mm.

Väljalöödava seibi maht:

$$V = \left(\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot H\right) 0{,}9 = \left(\frac{3.14 \cdot 25^2}{4} 18\right) 0{,}9 = 490 \cdot 18 \cdot 0{,}9 = 7938 \text{ cm}^3.$$

Määrame, et rõnga sepis valmistatakse kahe kuumutamisega. Põlemiskadude maht võrdub 3,5% tooriku mahust.

Sepise maht koos väljalöödava seibiga:

$$53260 + 7938 = 61198 \text{ cm}^3.$$

Põlemiskadude maht:

$$V_p = 61198 \cdot 0{,}035 = 2140 \text{ cm}^3.$$

Tooriku maht:

$$V_{toor} = 53\,260 + 7938 + 2140 = 63\,338 \text{ cm}^3.$$

Tooriku kaal:

$$G_{toor} = V_{toor}\, g = \frac{63338 \cdot 7{,}85}{1000} = 497 \text{ kg}.$$

3. Valime tooriku mõõted.

Rõnga sepise valmistamiseks võetakse bluum läbimõõduga $d = 350$ mm.

Tooriku ristlõike pindala:

$$F_{toor} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 35^2}{4} = 962 \text{ cm}^2.$$

Tooriku kõrgus:

$$h_{toor} = \frac{63338}{962} \approx 66{,}0 \text{ cm}.$$

Tooriku kõrguse ja läbimõõdu suhe:

$$n = \frac{66}{3{,}5} \approx 1{,}9,$$

s. t. et tooriku mõõted rahuldavad tingimusi, mis kindlustavad jämendamist ilma kõverdumiseta.

Võtame järelikult tooriku läbimõõduks 350 mm, kõrguseks 660 mm.

4. Määrame sepistamise operatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted:

1) tooriku lahtiraiumine bluumist (joon. 223, *b*);

2) tooriku jämendamine lapiku pinni ja alasi vahel kõrguseni $H = 160$ mm (joon. 223, *c*) (rõnga kõrgusest 15 mm madalamaks, sest tornil avardamisel bandaaž laieneb);

3) augutorniga augulöömine läbimõõdule 250 mm (joon. 223, *d*);

4) rõnga avardamine tornil, mille läbimõõt 150—175 mm (joon. 223, *e*).

Tööriistad ja rakised: 1. operatsiooniks — kirves, kiilud, lapik pinn ja alasi; 2. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi, venitusrauad; 3. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi, augutorn; 4. operatsiooniks — lapik pinn, alustugedega alasi, torn.

Sabadega lapikute sepiste valmistamine

Sabadega sepiste valmistamine toimub rõngaste abil (vt. joon. 213 ja 215).

Näide. Sepistada ühe sabaga hammasratas. Joonisel 224 on toodud hammasratta sepise joonis.

1. Määrame hammasratta sepise mahu ja kaalu:

I osa (saba) maht:

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l = \frac{3{,}14 \cdot 20^2}{4} \cdot 20 = 314 \cdot 20 = 6280 \text{ cm}^3;$$

II osa (hammasratta) maht:

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h = \frac{3{,}14 \cdot 50^2}{4} \cdot 25 = 1963{,}5 \cdot 25 = 49090 \text{ cm}^3;$$

hammasratta sepise maht:

$$V_s = 6280 + 49\,090 = 56\,370 \text{ cm}^3;$$

sepise kaal:

$$G_s = \frac{56370 \cdot 7{,}85}{1000} = 442{,}5 \text{ kg}.$$

2. Määrame tooriku mahu ja kaalu. Tooriku maht võrdub:

$$V_{toor} = V_s + V_p \text{ cm}^3.$$

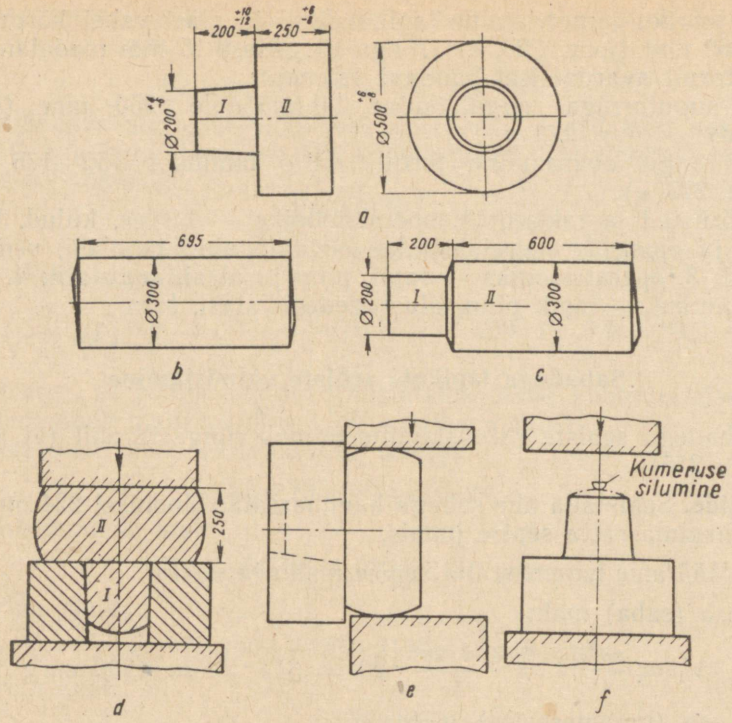
Teeme kindlaks, et sepis valmistatakse ühe kuumutamisega. Põlemiskaod moodustavad järelikult 2% tooriku mahust (kaalust).

$$V_p = 56370 \cdot 0{,}02 = 1130 \text{ cm}^3;$$

tooriku maht:

$$V_{toor} = 56\,370 + 1130 = 57\,500 \text{ cm}^3.$$

3. Määrame tooriku tähtsamad mõõted. Hammasratas sepistatakse rõnga abil jämendamise teel. Jämendada tuleb hammasratta teist osa (hammasratast ennast), mille maht $V_2 = 49\,090$ cm³.



Joon. 224. Ühe sabaga hammasratta sepistamine:
a — hammasratta sepise joonis; *b, c, d, e, f* — siirete skitsid.

Määrame tooriku ristlõike. Tooriku läbimõõduks võtame $d=300$ mm. Ristlõike pindalaks on:

$$F_{toor} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4} = 706 \text{ cm}^2.$$

Tooriku jämendatava osa kõrgus:

$$l = \frac{V_2}{F_{toor}} = \frac{49090}{706} \approx 69{,}5 \text{ cm}.$$

Tooriku kõrguse ja läbimõõdu suhe:

$$n = \frac{l}{d} = \frac{695}{300} \approx 2{,}3,$$

s. t. on soovitatavates piirides, mis võimaldab jämendada kõverdumiseta.

Võtame järgmised tooriku mõõted: läbimõõt $d=300$ mm, pikkus 695 mm.

4. Määrame sepistamise operatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted.

Esimene operatsioon — tooriku lahtiraiumine bluumist (joon. 224, *b*).

Teine operatsioon — sabaosa (osa I) venitamine läbimõõdule $d_2=200$ mm (joon. 224, *c*).

Teeme kindlaks sepise sabaosa märkimispikkuse:

sabaosa (osa I) metalli maht:

$$V_2=6280 \text{ cm}^3;$$

osa I märkimispikkus:

$$l_2 = \frac{6280}{706} = 9{,}0 \text{ cm}.$$

Kolmas operatsioon — tooriku jämendamine, et saada sepise II osa, mille kõrgus $h=250$ mm (joon. 224, *d*). Jämendamist toimetatakse rõnga abil. Rõnga kõrgus peab olema 35—50 mm võrra suurem sepise sabaosa pikkusest. Toorik pistetakse sabaga (s. t. osaga I) rõngasse ja sepise väljaulatuvale osale II antakse vasara pinniga tugevaid ja sagedaid lööke. Toorikut koos rõngaga pööratakse jämendamise vältel kogu aja vertikaaltelje ümber.

Neljas operatsioon — sepise ületagumine koos rõngaga ümberringi ja otsalt (joon. 224, *e*).

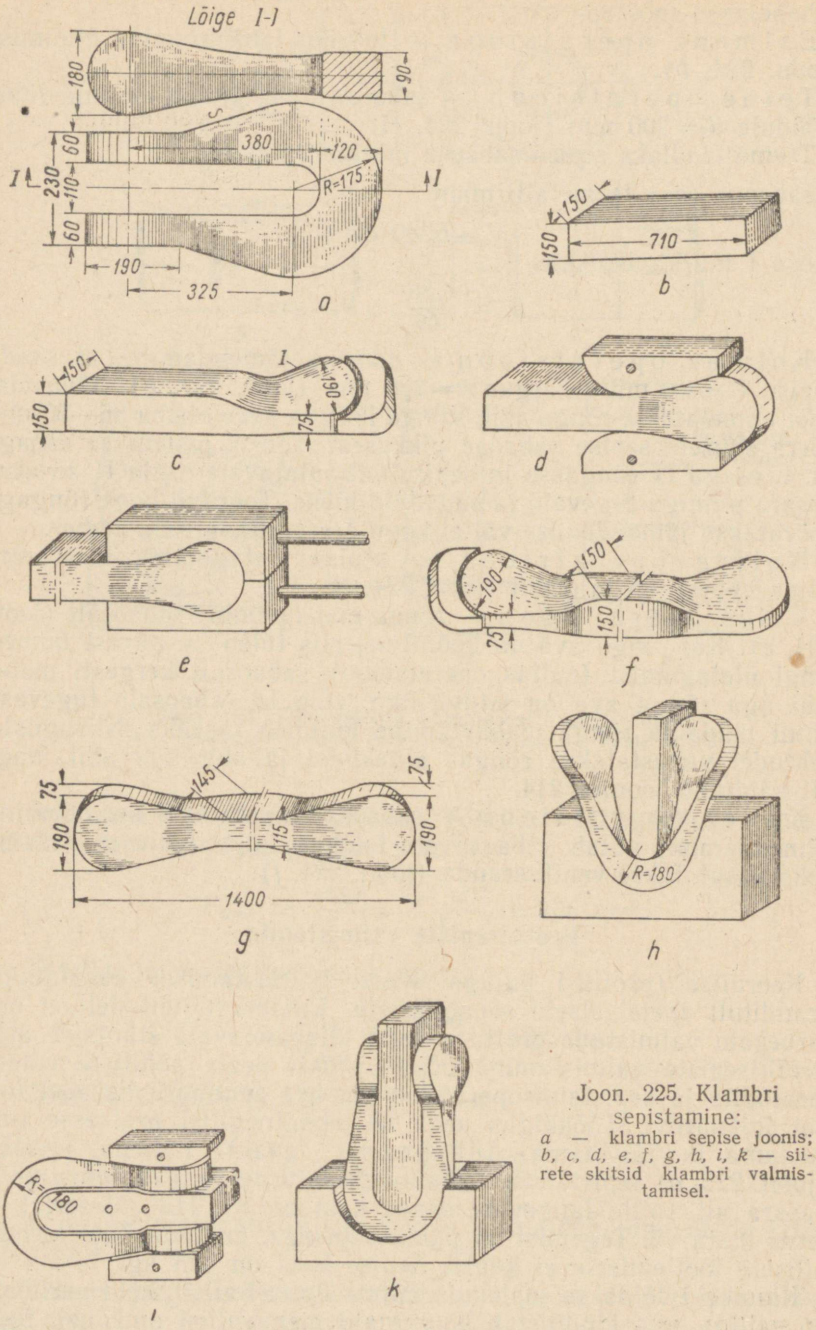
Viies operatsioon — rõnga mahavõtmine sabaosalt (joon. 224, *e*). Kui rõnga ava on kooniline, siis tuleb ta pärast ümberringi ületagumist (neljas operatsioon) sabaosalt kergesti maha. Kui aga rõnga ava on silindriline, võib ta sabaosale tugevasti kinni jääda ja rõnga mahavõtmine kujuneb raskeks. Niisugustel juhtudel vabastatakse rõngas alusklotsi ja abirõnga abil, nagu oli näidatud joonise 214.

Kuues operatsioon — sabaosa kumera otsa tasandamine. Jämendamisel võtab sabaosa ots kumera kuju. Selle tasandamiseks kasutatakse venitusrauda (joon. 224, *f*).

Profiilsepiste valmistamine

Keerulise (profiil-) kujuga sepise valmistamisel kasutatakse eranditult spetsiaalseid sepatööriistu. Enamikul juhtudel on otstarbekam valmistada profiilsepiseid allapandavate stantside abil. Profiilsepiste valmistamine nõuab sepalt peale põhiliste võtete, meetodite ja sepistamisoperatsioonide hea tundmise ka veel loovat initsiatiivi. Töökäigus peab ta tehnoloogilisi protsesse lihtsustama ja täiustama. Alljärgnevalt tuuakse näitena klambri (joon. 225, *a*) sepistamise tehnoloogiline protsess vabasepistamise vasara all, mille langevate osade kaal on 3 t [13]. Materjal — teras mark 45. Tegemist on puhta sepisega, mis edasisele mehaanilisele töötlemisele ei kuulu. Sepise kaal on 125 kg.

Klambrid võidakse sepistada mitmesugusel viisil, kuid parimaks on selline, mis kindlustab kõrgemaid mehaanilisi omadusi. Seda



Joon. 225. Klambri sepistamine:
a — klambri sepise joonis; *b, c, d, e, f, g, h, i, k* — siirete skitsid klambri valmistamisel.

saavutatakse sel juhul, kui klambri sepistamisel ei lõigata läbi metallikiudusid jõudude suunas, mis mõjuvad klambrile selle kasutamisel.

Kui klamber valmistatakse allapandavates stantsides painutamise teel, siis metallikiudusid ei lõigata läbi, vaid need asetuvad klambrile mõjuvate jõudude suunas. Seepärast tagab meie näites toodud tehnoloogia samaaegselt klambri häid mehaanilisi omadusi, kõrget tootlikkust ja minimaalseid metallikadusid jäätmetena.

Tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest operatsioonidest:

1) tooriku väljaraiumine (joon. 225, *b*);

2) otsa *I* kiilutaoliseks venitamine ja poolümmarguse kirvega maharaiumine (joon. 225, *c*);

3) kõrva vormimine kiilude abil (joon. 225, *d*);

4) kõrva lõplik kalibreerimine (viimistlemine) allapandava stantsi abil (joon. 225, *e*);

5) otsa II kiilutaoliseks venitamine ja poolümmarguse kirvega maharaiumine (joon. 225, *f*);

6) kõrva II vormimine kiilude abil (analoogiliselt joonisele 225, *d*);

7) kõrva II lõplik kalibreerimine (viimistlemine) (analoogiliselt joonisele 225, *e*);

8) keskmise osa venitamine ristlõikele 115×145 mm (joon. 225, *g*);

9) tooriku painutamine rakise abil (joon. 225, *h*);

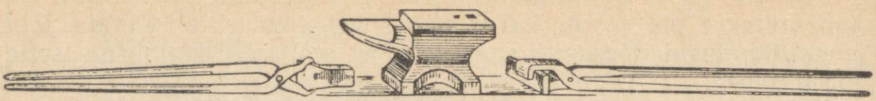
10) tooriku lõplik painutamine ja kõrvade vormimine kiilude ja vahetüki abil (joon. 225, *i*);

11) nõutud mõõdete andmine rakise abil (joon. 225, *k*). Mõõdete kontrollimine šablooni abil.

Kasutatavad tööriistad ja rakised: 1. operatsiooniks — kirves; 2. ja 5. operatsiooniks — poolümmargune kirves; 3. ja 6. operatsiooniks — erikujulised kiilud; 4. ja 7. operatsiooniks — allapandav stants; 8. operatsiooniks — lapik pinn ja alasi; 9. operatsiooniks — painutamise rakis; 10. operatsiooniks — erikujulised kiilud ja vahetükk; 11. operatsiooniks — painutamise rakis ja šabloon.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missugust tehnilist dokumenti vajatakse sepise valmistamiseks?
2. Mida mõistetakse tehnoloogilise distsipliini all?
3. Kas tohib sepp iseseisvalt muuta detaili sepistamise tehnoloogilist protsessi?
4. Missuguseid põhilisi juhiseid antakse tehnoloogilises kaardis?
5. Kuidas koostatakse joonisel 219 näidatud astmetega võlli sepistamise tehnoloogia ja kuidas toimub sepistamine?
6. Kuidas koostatakse joonisel 222 kujutatud hammasratta sepistamise tehnoloogia ja kuidas toimub sepistamine?
7. Kuidas koostatakse joonisel 223 näidatud rõnga (bandaaži) sepistamise tehnoloogia ja kuidas toimub sepistamine?
8. Kuidas toimub joonisel 224 kujutatud sabaga hammasratta sepistamine?



XII PEATÜKK

SEPAPRESSID JA NENDEL TÖÖTAMINE

§ 83. HÜDRAULILISED JA AURU-HÜDRAULILISED PRESSID

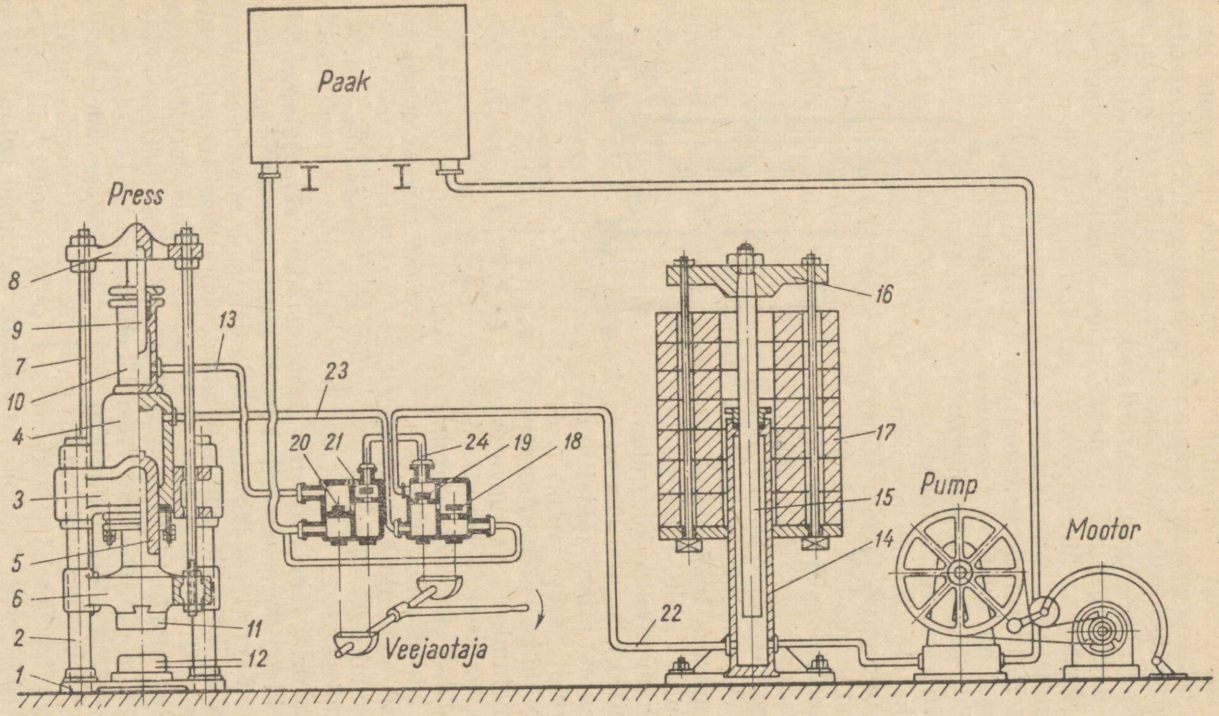
Sõltuvalt käitamisviisist jaotatakse pressid: 1) hüdraulilisteks ja auru-hüdraulilisteks; 2) individuaalelektrimootorilt või mõnelt muult jõuallikalt käitatavateks ajampressideks.

Hüdraulilisi ja auru-hüdraulilisi presse kasutatakse ainult suurte sepiste valmistamiseks, ajampresse aga stantsimiseks ja sepistamiseks.

Kõikidel mehaanilistel vasaratel, ükskõik milline ei oleks nende konstruktsioon, kandub osa langevate osade löögijõust alasi ja šaboti kaudu vundamendile ja pinnasele ning tekitab suuri põrutusi, mis on kahjulikud nii vasarale endale kui ka lähedalolevatele hoonetele ja ehitistele. Pressi töötamisel kandub pinni survejõud järk-järgult sepise kaudu vastu alasit, kusjuures presside ehitus on selline, et see jõud ei kandu mitte vundamendile, vaid pressi sammastele ning pinnase põrutusi ei teki. Pressi ülesseadmiseks ei vajata seepärast suurt vundamenti.

Vasarate all sepistamisel, eriti kui on tegemist suurte sepistega, ei suuda pinni löögijõud tungida sepise kogu sügavusse, sest vasarapea kiirus on löögiandmise momendil suurem metalli voolamise (deformatsiooni) kiirusest. Et deformatsioon tungiks metalli kogu sügavusse, tuleks raskete sepiste sepistamisel kasutada ülemäära suurte võimsustega vasaraid. Pressi all sepistamisel, kui sepistatavat metalli ei mõjuta hetkeline löök, vaid ülemise pinni järjest suurenev surve, suudab survejõud tungida sepistatava metalli sügavusse. Peale selle on presside kasutegur kõrgem kui vasaratel.

Joonisel 226 on toodud hüdraulilise pressi skeem. Press koosneb tugevast alumisest traaversist *1*, mis on nelja terassamba *2* abil seotud ülemise traaversiga *3*. Sammaste otsad on keermetatud ja mutrite abil kinnitatud traaversitesse. Ülemisse traaversisse *3* on kinnitatud töösilinder *4*, mille kolb *5* on ühendatud liikuva traaversiga *6*. See traavers *6* on kahe tõmbitsa *7* abil ühendatud traaversiga *8*, mis omakorda on kinnitatud tõstesilindri *10* kolvi *9* külge. Kui töösilindrisse *4* pumbata vett (rõhuga kuni 100—400 atü), siis

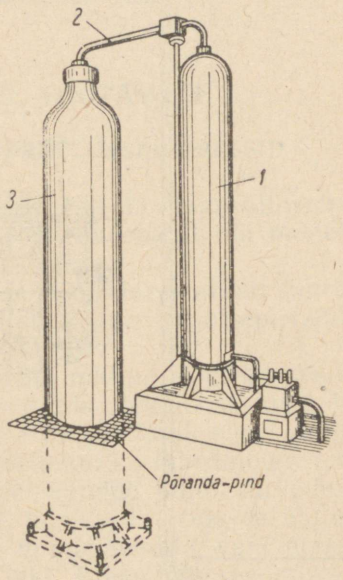


Joon. 226. Hüdraulilise pressi skeem:

1 — alumine traavers; *2* — sambad; *3* — ülemine traavers; *4* — pressi töösilinder; *5* — töösilindri kolb; *6* — liikuv traavers; *7* — tõmbits; *8* — traavers; *9* — tõstesilindri kolb; *10* — tõstesilinder; *11* — pinn; *12* — alasi; *13* — veetoru; *14* — raskusakumulaatori silinder; *15* — raskusakumulaatori kolb; *16* — raskusakumulaatori traavers; *17* — akumulaatori raskus; *18, 19, 20, 21* — klapid; *22* — kõrgrõhutorustik akumulaatorist klapini; *23* — kõrgrõhutorustik klapist pressi silindrini; *24* — klappe ühendav toru.

liigub kolb *5* koos traaversiga *6* allapoole. Traaversile on kinnitatud pinn *11*. Alumisele traaversile *1* on kinnitatud alasi *12*. Kui alasile on paigutatud kuum metallitükk või valuplokk, siis pinni survejõuga surutakse see kokku (toimub deformatsioon). Selleks, et traaversit *6* ja kolbi *5* tõsta, juhitakse mööda torustikku *13* tõstesilindrisse *10* kõrgrõhulist vett, mis tõstab kolbi *9*, koos sellega aga ka traaversit *8*, tõmbitsaid *7* ja nende külge kinnitatud traaversit *6*. Sel viisil liigub pinn üles ja alla.

Kõrgrõhulist vett annab pump, mille paneb liikuma elektrimootor. Pumbast juhitakse vesi vastava torustiku kaudu raskusakumulaatori silindrisse *14*. Selles silindris asetseb kolb *15*, mis on ühendatud traaversiga *16* ja selle küljes rippuva raskusega *17*. Kui press ei tööta, voolab vesi pumba töötamisel silindrisse *14*, kolb *15* ja koos sellega raskus *17* tõuseb ülespoole ja seega luuakse kõrgrõhulise vee tagavara, mis pressi käitamisel kulub selle töötamisele. Seega on akumulaator kõrgrõhulise vee ülejäägi kogumiseks, mida tingib see, et press töötab vahedega, kuid pump annab vett pidevalt. Pumba väljalülitamine pressi töötamisel esinevateks lühikesteks vaheaegadeks ei osutu aga otstarbekohaseks. Pump lülitatakse välja automaatselt alles siis, kui akumulaatori raskused on tõusnud oma äärmisse ülemisse asendisse.



Joon. 227. Kolvita õhuakumulaator:
1 — hüdrauliline silinder; *2* — toru; *3* — suruõhusilinder.

Akumulaatorist läheb vesi mööda torustikku veejaotajasse, millel on neli klappidega kambrit. Klappe avab ja suleb pressi masinist. Kui vett on tarvis juhtida töösilindrisse ja anda seega traaversile *6* töökäiku (allapoole liikumist), pööratakse käepide noole suunas allapoole. Selles asendis on klapp *19* avatud, torust *22* saabuv vesi läheb läbi klapi *19* torusse *23* ja edasi töösilindrisse *4*. Ülemisest silindrist väljatõrjutav vesi läheb samal ajal mööda toru *13* veejaotuskambrisse ja, kuna klapp *20* on avatud, suundub torustiku kaudu paaki ning sealt mööda teist toru uuesti pumba juurde. Kui on tarvis traaversi tagasikäiku, s. t. selle tõstmist, siis pööratakse käepidet noolele vastupidises suunas. Sel juhul sulgub klapp *19*, avaneb aga klapp *18* ja töösilindrist saabuv vesi läheb mööda toru *23* veejaotuskambrisse ja sealt läbi klapi *18* torusse, mis viib paagi juurde. Samal ajal torust *22* saabuv kõrgrõhuline vesi suun-

dub veejaotuskambri, toru *24* ja avatud klapi *21* kaudu torusse *13* ja edasi tõstesilindrisse, mistõttu selle kolb tõuseb ja tõstab üles ka pressi traaversi *6*.

Raskusakumulaatoritega pressid on väga aeglase käiguga, kuna akumulaatori liikuv raskus tekitab peatumisel või liikumissuuna muutmisel hüdraulilisi lööke, mis on kahjulikud. Raskusakumulaatoritega presse enam ei ehitata.

Praegusel ajal kasutatakse täiuslikumaid, niinimetatud kolvita õhk-hüdraulilisi akumulaatoreid (joon. 227). Pump annab vett metallsilindrisse, mis täitub veega umbes kuni kolme neljandikuni oma mahust. Selle silindri ülemine osa on täidetud suruõhuga ja on toru *2* kaudu ühendatud teise silindriga *3*, mis on üleni täidetud suruõhuga. Suruõhk rõhub seega veepinnale silindris *1* ja asendab sel viisil raskust.

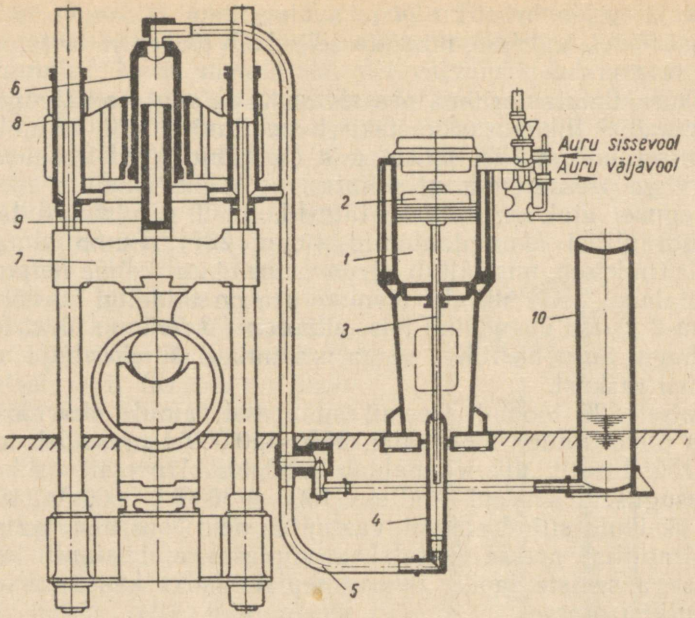
Joonisel 226 toodud skeemil on pressil ainult üks töösilinder ja üks tõstesilinder. Võimsatel, 3000—10 000 t pressidel on kakskolm töösilindrit, mis võimaldab saada ühel pressil valiku järgi mitmesuguseid surveid (näiteks 1500 + 3000 + 5000 t), lülitades välja üksikuid silindreid või, vastupidi, neid koos töötama pannes.

Hüdraulilisi presse ehitatakse viimasel ajal ainult keskmise suurusega sepiste jaoks. Suurte sepiste jaoks kasutatakse auruhüdraulilisi presse.

Auru-hüdraulilised pressid erinevad oma ehituselt hüdraulilistest pressidest vähe. Pumba ja akumulaatori asemel on nad varustatud niinimetatud multiplikaatoriga, mis töötab auru või suruõhuga.

Joonisel 228 on kujutatud auru-hüdraulilise multiplikaatoriga pressi skeem.

Multiplikaator koosneb suurest silindrist *1*, milles liigub kolb *2*. Kolvivars *3* on hüdraulilise silindri *4* kolviks. Hüdraulilisest silindrist juhitakse vesi mööda toru *5* 300—400 atü rõhu all pressi töösilindrisse *6*. Traavers *7* on tõmbitsate abil ühendatud tõstesilindrite *8* kolbidega. Silindrid *8* on traaversi *7* ja sellega ühendatud töösilindri kolvi *9* tõstmiseks. Kui traaversit *7* koos selle külge kinnitatud pinniga on vaja alla lasta, siis täidetakse kõigepealt silinder *6* mahutist *10* madalrõhulise veega. Seejuures hakkab kolb allapoole liikuma ja hetkel, kui pinn puudutab sepistatavat valuplokki, lahutatakse mahutist *10* saabuv toru ja multiplikaatori silindrisse *1* juhitakse auru, mis rõhub kolvile. See rõhk antakse kolvivarre kaudu edasi hüdraulilises silindris *4* leiduvale veele, mis tungib mööda torustikku *5* töösilindrisse *6*, surub kokku seda täitva vee kõrge rõhuni, mis kandub edasi töösilindri kolvi kaudu traaversile *7* ja pinnile.



Joon. 228. Auru-hüdraulilise multiplikaatoriga press:
1 — multiplikaatori silinder; *2* — kolb; *3* — vars; *4* — hüdrauliline silinder; *5* — torustik; *6* — pressi silinder; *7* — traavers; *8* — tõstesilindrid; *9* — kolb; *10* — veemahuti.

Hüdrauliliste ja auru-hüdrauliliste presside hooldamine

Kuigi press töötab paremates tingimustes kui vasar (väiksemate põrutustega), vajab ta sama tähelepanelikku hooldamist, sest pressi osad peavad taluma kõrget rõhku. Eriti sagedasti tekib korratusi kõrgrõhutorustikus. Torude äärikud peavad olema tugevasti kinni tõmmatud ega tohi vett läbi lasta. Samuti ei tohi vett läbi lasta kolvi nahkmansetid. Kulunud mansettide puhul tungib vesi välja ja rõhk alaneb.

Sel ajal kui mehaaniliste vasarate löök kandub edasi vundamendile, võtavad pressil survet vastu sambad, mida mööda liigub traavers. Seepärast tuleb sammaste mutrid pingutada tugevasti ja jälgida nende seisukorda. Traavers peab liikuma sammastel tihedalt, s. t. minimaalse lõtkuga, ega tohi olla viltu, sest see võib põhjustada sammaste murdumist. Enne pressi tööle rakendamist on tarvis sambaid rikkalikult määrida. Talvisel ajal tuleb puhkepäevadel silindreid ja torustikke soojendada, et vesi neis ei külmuks. Väga tähtis osa on pressi juures vee jaotusklappidel; nende seisukorrast sõltub pressi korralik töötamine ja seepärast tuleb nende korrasolekule ja hoolikale lihvimisele pöörata suurt tähelepanu.

§ 84. PRESSI SURVE VALIK

Toodete sepistamiseks tarvilik pressi surve valitakse samade tingimuste põhjal, mis määravad sepistamisvasara tonnaaži. Pressi surve sõltub sepise ristlõike pindalast.

Pressi vajalikku survet saab määrata järgmise valemi abil:

$$p = \varsigma F \text{ kg},$$

kus p — pressi surve kg;

ς — metalli tugevuspiir sepistamistemperatuuril kg/cm^2;

F — pinni sepisega kokkupuutumise pindala cm^2.

Sepise valmistamiseks vajalikku pressi survet arvutatakse kahe põhilise sepistamisoperatsiooni — jämendamise ja venitamise järgi.

Jämendamisel võrdub pinni sepisega kokkupuutumise pindala:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14\, d^2}{4} = 0{,}785\, d^2.$$

Venitamisel võrdub see pindala:

$$F = bl,$$

kus b — sepise laius;

l — ettenihke suurus, s. t. sepise see osa, mis asub pressi pinni all.

Andmed metalli tugevuse kohta erinevatel temperatuuridel on toodud tabelis 9 [5].

Tabel 9

Metalli tugevuspiirid

Metall	Tugevuspiirid kg/cm² erinevatel temperatuuridel °C								
	15–20	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
Teras A	40	12	7,2	6,25	5	3,1	2,5	2	1,8
Teras B	60	25	16,2	11,2	7,6	5,5	3,7	2,5	2,0
Teras C	80	37,5	24,5	17,5	11,0	7,0	4,9	3,1	2,5
Teras Д	100	52	32	21	13,5	8,5	6,2	3,8	2,6

Venitamisoperatsioonideks tarvilikku pressi survet on võimalik valida tabelist 10, mis on koostatud M. V. Storoževi poolt.

Pressi võimsuse valik

Pressi surve t	Valuploki või tooriku läbimõõt mm		Pressi surve t	Valuploki või tooriku läbimõõt mm	
	väikseim	suurim		väikseim	suurim
500	200	550	3000	1000	1600
800	300	800	4000	1200	1900
1000	400	900	5000	1400	2100
1200	500	1000	6000	1600	2300
1500	600	1150	8000	1900	2600
2000	700	1300	10000	2100	2800
2500	850	1500			

§ 85. OHUTUSTEHNIKA EESKIRJAD SEPAPRESSIDEL TÖÖTAMISEL

Sepapressidel töötamisel on tarvis täita järgmisi ohutustehnika eeskirju:

1. Sepapressil lubatakse teha ainult niisugust tööd, milleks ta on ette nähtud.
2. Pressi töötamise ajal on keelatud koristada tagi, pühkida pressi ja teha remonti.
3. Keelatud on sepistada märja pinni ja alasiga, sest eemalelendavad tulised pritsmed võivad sattuda töölistele.
4. Keelatud on töötada rikkis manomeetritega.
5. Käsklusi masinistile ja kraanajuhile tohib anda ainult brigadir; abilised käsklusi ei anna, vaid peavad ainult täitma brigadiri korraldusi.
6. Sepistada tohib ainult pinni ja alasi keskkohal.
7. Ei ole lubatud sepistada temperatuuridel, mis on madalamad tehnoloogilistes kaartides näidatud temperatuuridest.
8. Kirvega raiumisel: a) on keelatud hoida kirvest kaldu; b) peab kirve ülemine pind olema tasane; c) peavad kirvele pealepandavad kiilud kokku puutuma kirve kogu tasapinnaga.
9. On keelatud kasutada kiilukujulisi alusplaate, sest need võivad eemale lennata ja töölist vigastada.
10. On keelatud pinni serval raiumine.
11. Pinn ja alasi peavad olema poltidega tugevasti kinnitatud.
12. Külmade sepiste õgvendamine on lubatud ainult veega töötamisel.
13. Augulöömise alustamisel kui ka väljalöödava seibi eemaldamisel tuleb survet rakendada aeglaselt.
14. Augutorni kinnijäämisel on keelatud seda vabastada kraana abil, sepist pinni ja alasi vahele kinni pigistades.

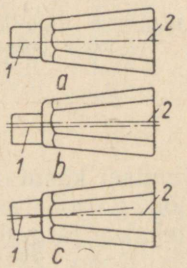
Hüdrauliliste ja auru-hüdrauliliste presside all sepistatakse suuri sepiseid. Kaalult võivad sepised olla väga erinevad ja ulatuda kuni 100 t-ni ja üle selle. Sepiste jämedus võib olla 150—2500 mm ja pikkus kuni 25—30 m.

Presside all sepistamise võtted erinevad veidi vasarate all sepistamise võtetest, eeskätt sepiste ja toorikute suurte ristlõigete tõttu. Pressi all sepistamisel on toorikuks tavaliselt mitmetahulise ristlõikega valuplokk.

Valuploki sabaosa venitamine padruni alla

Valuploki sepistamisel pressi all on esimeseks operatsiooniks sabaosa venitamine padruni alla. Saba venitatakse tavaliselt valuploki ülemisest otsast, harvemini alumisest.

Sabaosa venitamise operatsiooni näilikule lihtsusele vaatamata osutub see eriti vastutavaks ja raskeks seepärast, et sabaosa telgjoon peab ühtima valuploki telgjoonega (joon. 229, *a*). Mõned väikese vilumusega sepad venitavad välja sabaosa nii, nagu on näidatud joonisel 229, *b*, kus sabaosa telgjoon ei ühti valuploki telgjoonega, või nagu on näidatud joonisel 229, *c*, kus sabaosa telgjoon moodustab valuploki telgjoonega teatava nurga.



Joon. 229. Valuploki sabaosa venitamine: *a* — venitatud saba telgjoon *1* ühtib valuploki telgjoonega *2* (õige venitamine); *b* — venitatud saba telgjoon *1* ei ühti valuploki telgjoonega *2*; *c* — venitatud saba telgjoon *1* asetseb nurga all valuploki telgjoonele *2*.

Nii ühel kui ka teisel juhul tuleb sabaosa asendit selliselt parandada, et selle telgjoon ühtiks täpselt valuploki telgjoonega.

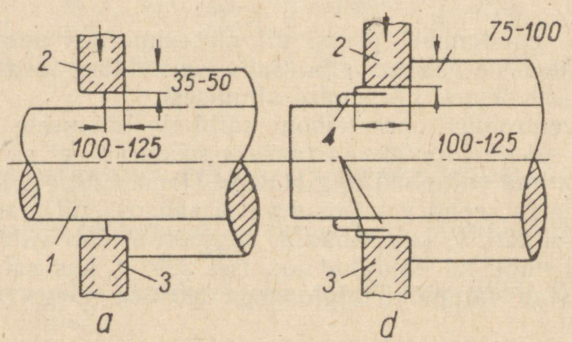
Valuploki billeteerimine

Valuploki billeteerimine on pressi all sepistamisel teiseks operatsiooniks. Billeteerimiseks nimetatakse valuploki ümberringi ülesurumist.

Billeteerimist toimetatakse esiteks valuploki koonilisuse kaotamiseks, s. t. silindrilise kuju andmiseks, teiseks aga metalli suurema tiheduse saavutamiseks valuploki nurkades. Pressidel on kasulik valuplokki billeteerida väljalõikega pinni ja alasi vahel.

Billeteerimisel ei tohi ülesurumine olla suur, s. t. sepistada tuleb pinni kergete pealevajutamistega — 35 kuni 50 mm ühe käiguga. Tugevate pealevajutuste puhul võivad valuploki pinnal tekkida praod. Hiljem võib pinni pealevajutamist suurendada — kuni 75—100 mm ühe käiguga; mida väiksem on seejuures valuploki läbimõõt, seda väiksem peab olema valuploki ülesurumine pressi ühe töökäiguga. Sepistatava valuploki juurdehaaramise suurus pinni poolt pressi ühe käigu vältel peab olema suurem kokkusurumisest (joon. 230, *a*).

Kui pressi ühel käigul haarata vähe ette ja suruda kokku palju, tekivad ülemuljumised (joon. 230, *d*).



Joon. 230. Valuploki õige *a* ja ebaõige *d* pressi all ülesurumine: *1* — toorik (valuplokk); *2* — pinn; *3* — alasi; *4* — ülemuljumised.

Raiumine

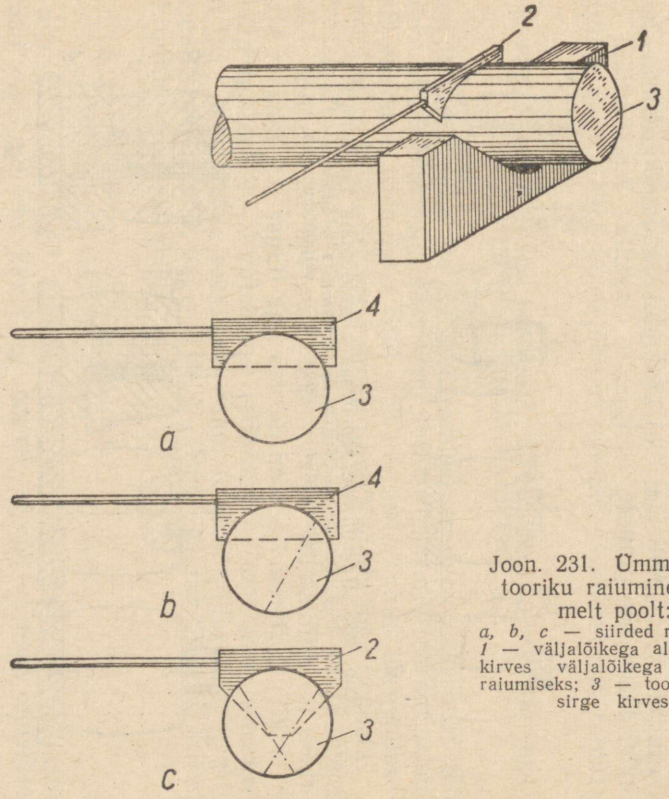
Raiumisel kasutatakse nii väljalõikega kui ka lapikuid alaseid. Väljalõikega alasitel raiutakse ümmarguse ristlõikega toorikuid ja seda tehakse järgmisel viisil.

Sepis (joon. 231) asetatakse väljalõikega alasile selliselt, et raiumiskoht asetseks alasi keskkohal. Kaks esimest raiet tehakse sirge kirvega (joon. 231, *a* ja *b*), kolmas aga (lõplik lahtiraiumine) — erikujulisega (joon. 231, *c*).

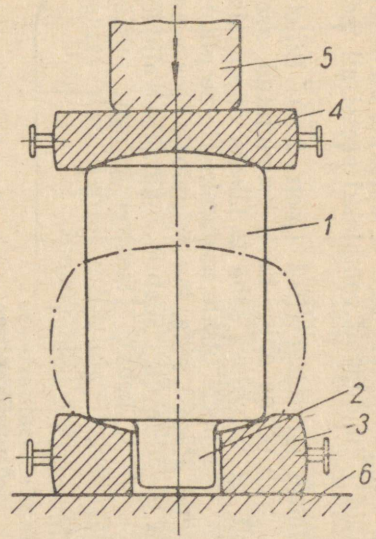
Lamedatel alasitel raiutakse plaate ja teisi täisnurkse ristlõikega sepiseid. Lamedatel alasitel võib raiumine toimuda kolmel viisil: a) tavalise ja neljakandilise kirvega; b) kahelt poolt ja c) neljalt küljelt. Lamedatel alasitel raiutakse samuti nagu vasara all.

Valuploki jämendamine

Valuplokki jämendatakse pärast selle billeteerimist. Väikeste sepiste valmistamisel jämendatakse valuplokki lapiku pinni ja alasi vahel, ilma alla- ja peàlepandavate plaatideta. Suurtest



Joon. 231. Ümmarguse tooriku raiumine kolmelt poolt:
a, b, c — siirded raiumisel; *1* — väljalõikega alasi; *2* — kirves väljalõikega alasitel raiumiseks; *3* — toorik; *4* — sirge kirves.



Joon. 232. Valuploki jämendamine pressi all:
1 — valuplokk (punktiiriga on näidatud valuplokk enne jämendamist); *2* — valuploki saba; *3* — alumine allapandav plaat; *4* — ülemine plaat; *5* — pinn; *6* — pressi töölaud.

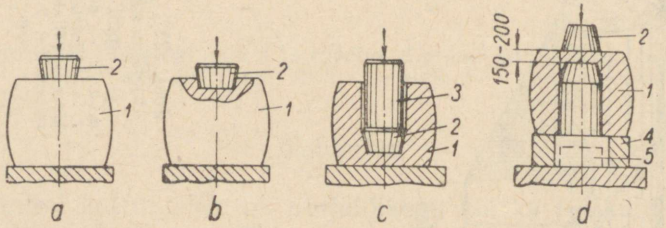
valuplokkidest valmistatavate sepiste puhul jämendatakse alla- ja pealepandavate plaatidega, kusjuures alumine rõngakujuline plaat asetatakse pressi töölauale, teine plaat aga valuplokile. Jämendusplaatides olevad süvendid võimaldavad valuplokki pressi all tsentreerida.

Valuplokki jämendatakse järgmisel viisil (joon. 232). Billeteeritud valuplokk *1*, mis peab olema ahjus hästi kuumutatud, asetatakse töölauale selliselt, et valuploki saba *2* läheks allapandava plaadi *3* auku. Valuploki ülemisele otsale asetatakse teine plaat *4*, millel on sfääriline süvend. Pärast seda, kui valuplokk koos plaatidega on pressi töölaua plaadile üles seatud, lükatakse valuplokk pressi alla ja seatakse pinni kohale (tsentreeritakse), misjärel pressi traaversi allalaskmisega vajutatakse järk-järgult valuplokile ja jämendatakse see nõutava läbimõõduni.

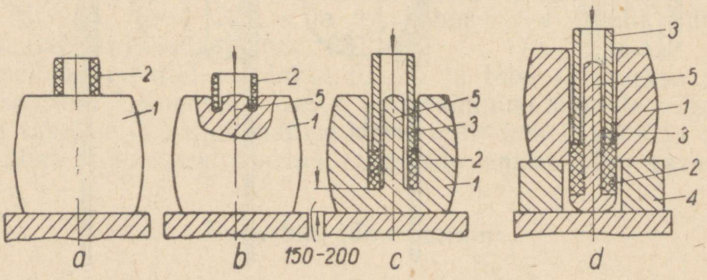
Augulöömine

Kasutatavast tööriistast sõltuvalt eristatakse kahte augulöömise viisi: 1) täistorniga (joon. 233) ja 2) õõnsa torniga (joon. 234).

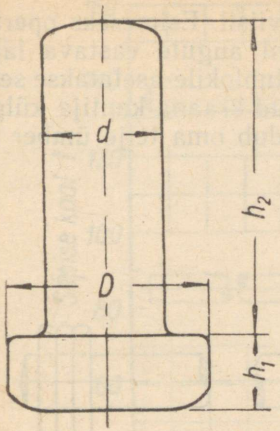
Täistorniga augulöömisel voolab metall külje suunas vastupidiselt augutorni liikumisele, s. t. valuploki südamik aetakse laiali silindri sisemisele pinnale.



Joon. 233. Paksudesse sepistesse augulöömine täistorniga:
a, b, c, d — augulöömise operatsioonide järjekord; *1* — sepis; *2* — augutorn; *3* — vahetükk; *4* — rõngas; *5* — väljalõõdud seib.



Joon. 234. Augulöömine õõnestorniga:
a, b, c, d — augulöömise operatsioonide järjekord; *1* — sepis; *2* — õõnes torn; *3* — vahetükk; *4* — rõngas; *5* — väljalõõdud südamik.



Joon. 235. Õõnestorniga augulöömisel väljalöödud metallitükk.

Õõnsa torniga augulöömisel lõigatakse metalli välja (joon. 234). Väljalõigatava metallitüki kuju on näidatud joonisel 235. Teisel augulöömise viisil on esimesega võrreldes see eelis, et eemaldatakse valuploki kahanemistsoon (südamik) ja parandatakse sellega sepise mehaanilisi omadusi.

Ühe või teise augulöömise viisi rakendamine sõltub sepistatava valuploki terasesordist ja valmistatava sepise tüübist. Süsinikterasest valuplokkidesse lüüakse auk tavaliselt täistornidega. Täistorni kasutamise korral jäetakse sissesurumisel viimane 150—200 mm kaugusele valuploki põhjast, võetakse siis augutorn ja pikendustorn välja, valuplokki pööratakse 180° ja augu kohale asetatakse vastupidise koonusega nn. läbilõikav augutorn. Selle augutorniga lüüakse auk lõplikult läbi. Läbilõikava augutorni läbimõõt peab olema 15—20 mm võrra esimese augutorni läbimõõdust väiksem. Niisugusel juhul suudab läbilõikav augutorn augu põhja järelejäänud metalli paremini läbi lõigata.

§ 87. PRESSIDE ALL SEPISTAMISEL KASUTATAVAD TRANSPORDIMEHHANISMID JA RAKISED

Mehaaniliste vasarate all sepistamisel on sepa põhiliseks tööriistaks pihid. Pihtidega seab sepp abiliste kaasabil tooriku vasara alasil mistahes asendisse. Sild- või konsoolkraanad kergendavad vasara juures töötamist, kuid sageli tuleb töötada ilma nendeta.

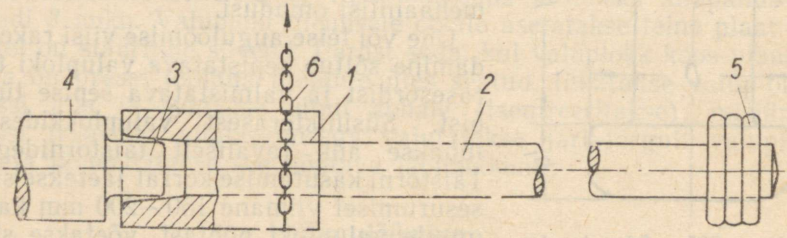
Pressi all sepistamisel on nii toorik (sepis) kui ka tööriistad rasked, mille tõttu operatsioonide käsitsi teostamine on seotud suurte raskustega, sageli aga osutub hoopis võimatuks. Toorikute ümberpaigutamise operatsioone (pööramist, kantimist, ülesseadmist jne.) teostatakse seepärast enamalt jaolt sildkraana, kantija ja muude rakiste abil, nagu näiteks väljatõmmatav töölaud, millele on kinnitatud pressi alasi.

Padrunid

Tavalisi sepapihtisid asendavad pressil sepistamisel padrunid. Pressil sepistamiseks kasutatav padrun erineb vasaral sepistamiseks kasutatavast padrunist.

Pressil sepistamiseks kasutatav padrun *1* (joon. 236) on kinnitatud sepistatud varre *2* otsa. Padrunisse pistetakse valuploki või sepise *4* saba *3*. Varre *2* teisele otsale asetatakse vastukaal *5*.

Padruniga töötamine toimub järgmisel viisil. Esimeseks operatsiooniks on selle otsa venitamine padruni augule vastava läbimõõduni. Seda tehakse ilma padrunita. Valuplokile asetatakse selle raskuskeskme kohale kett, mis on kinnitatud kraana kantija külge. Kantija pöörab ketti ja koos sellega pöördub oma telje ümber ka valuplokk.

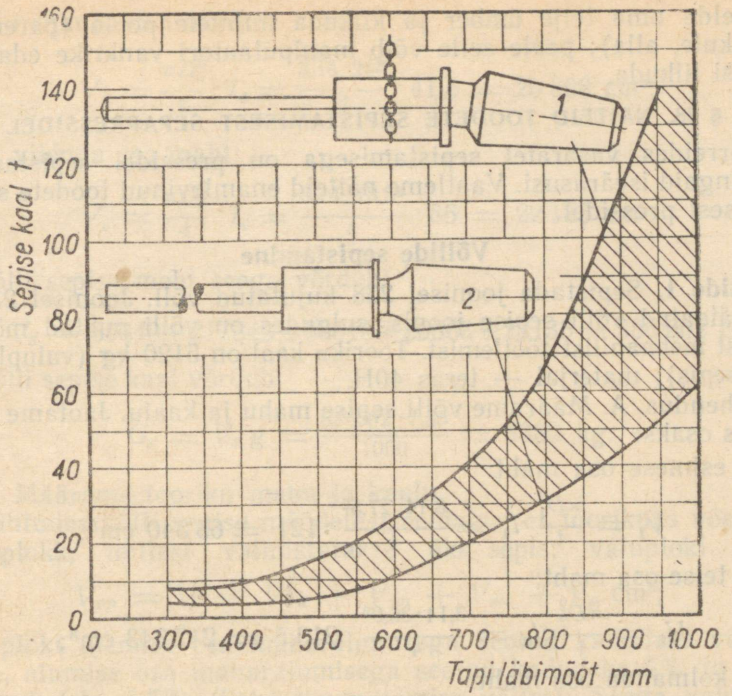


Joon. 236. Pressil sepistamisel kasutatav padrun:
1 — padrun; *2* — sepistatud vars; *3* — valuploki või sepise saba; *4* — sepis; *5* — vastukaal; 6 — kantija kett.

Kui valuploki ots on venitatud padrunile vastavaks, jätkatakse sepistamist padruni abil. Selleks pigistatakse valuplokk kinni pressi pinni ja alasi vahele ning padruni *1* ümber asetatakse kantijakett *6*, kusjuures keti asend peab olema selline, et keti abil tõstmisel oleks padrun tasakaalus. Nüüd sõidetakse kraana sillaga pressi juurde ja asetatakse padrun selliselt, et padruni auk oleks valuploki saba *3* kohal ning silla edasiliikumisega lükatakse padrun valuploki sabale. Et padrun haaraks tihedalt valuploki saba, pannakse padrun kantija abil oma telje ümber pöörlema ja padrun justkui keerdub valuploki sabale.

Valuploki saba läbimõõt sõltub valuploki kaalust. Kui see läbimõõt pole küllaldane, siis sepistamisel saba paindub. Joonisel 237 on toodud diagramm valuploki saba läbimõõdu valikuks sõltuvalt valuploki kaalust. Kui valida saba läbimõõt ülemise kõvera järgi, siis saba kõverduks; kui aga see on valitud alumise kõvera järgi, siis saba ei paindu. Olemasolevatest padrunitest sõltuvalt valitakse saba läbimõõt joonisel 237 toodud diagrammi järgi [5], alumisele kõverale lähem.

Näide. Valida saba läbimõõt valuplokile, mis kaalub 50 t. Diagrammi (joon. 237) vertikaalskaalal märgime punkti 50 (valuploki kaal tonnides) ja tõmbame horisontaaljoone lõikumiseni kõveratega. Ülemise kõveraga lõikumise punkt vastab horisontaalskaala järgi, mis näitab saba läbimõõtu, 750 millimeetrile, alumise kõveraga lõikumise punkt aga — 950 mm-le. Sõltuvalt tsehhis olemasolevatest padrunitest võetakse saba läbimõõt lähedasem 950 mm-le.



Joon. 237. Diagramm saba läbimõõdu valikuks sõltuvalt valuploki kaalust [5]:
1 — mitteküllaldase läbimõõdu puhul (pealpool ülemist kõverat) on saba sepistamisel padrunis paindunud; *2* — küllaldase läbimõõduga saba (ülemise ja alumise kõvera vahel).

Kantijad

Tähtsamaks liikumiseks, mis antakse toorikule nii vasara kui ka pressi all sepistamisel, on tooriku pööramine selle telje ümber (nn. kantimine).

Kantija kujutab endast rakist, mis on riputatud sildkraana konksu otsa. Üle kantija ploki käib lõputu kett, mis pannakse kantija elektrimootori poolt ühes või teises suunas liikuma. Kantija juhtimine (käivitamine, peatamine) toimub sildkraana juhi kabiinist.

Kantija lõputu kett ripub allapoole, haarab sepist või sepisele kinnitatud padrunit; vajaduste kohaselt pööratakse ketti sepa käskluse järgi ühele või teisele poole. Kantijaid valmistatakse mitmesuguse tõstejõuga, alates 10 kuni 200 tonnini, sõltuvalt pressi võimsusest.

Manipulaatorid

Manipulaator on masin, mis asendab sepa käsitsitööd. Valuplokk, toorik või sepis haaratakse pihtidega, mis on kinnitatud hoova (noka) ühele otsale. Nokk võib mitmesugusel viisil liikuda:

pöörelda oma telje ümber ja kiikuda mitmele poole (paremale, vasakule, alla); peale selle võib manipulaatori vankrike edasi ja tagasi liikuda.

§ 88. NÄITEID TOODETE SEPISTAMISEST SEPAPRESSIDEL

Võrreldes vasaratel sepistamisega on pressidel sepistamisel mõningaid iseärasusi. Vaatleme näiteid enamlevinud toodete sepistamisest pressidel.

Võllide sepistamine

Näide 1. Sepistada joonisel 238 kujutatud võll. Joonisel 238, *a* on näidatud võlli sepise joonis, sulgudes on võlli puhtad mõõted pärast mehaanilist töötlemist. Tooriku kaal on 5120 kg (valuplokist üks sepis); materjal — teras 40H.

Lahendus. A. Määrame võlli sepise mahu ja kaalu. Jaotame võlli viieks osaks:

1) esimese osa maht:

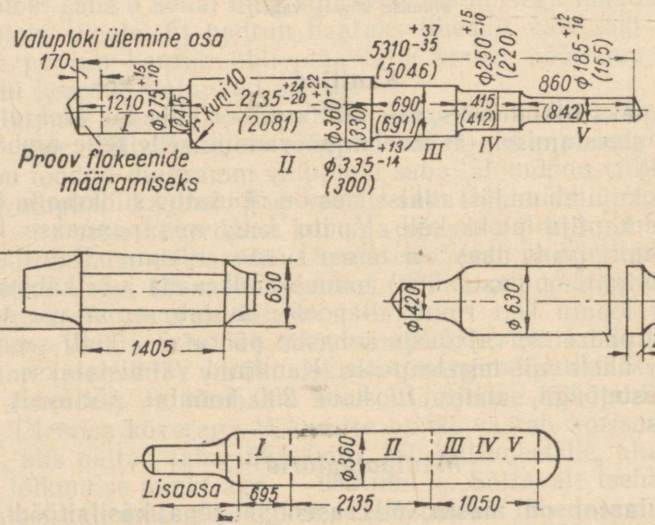
$$V_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{3{,}14 \cdot 27{,}5^2}{4} \cdot 121 = 65\,340 \text{ cm}^3;$$

2) teise osa maht:

$$V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot l_2 = \frac{3{,}14 \cdot 36{,}0^2}{4} \cdot 213{,}5 = 217\,343 \text{ cm}^3;$$

3) kolmanda osa maht:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot l_3 = \frac{3{,}14 \cdot 33{,}5^2}{4} \cdot 69{,}0 = 60\,816 \text{ cm}^3;$$



Joon. 238. Võlli sepistamine:
a — võlli sepise skits; *b, c, d* — võlli sepistamise siirete skitsid.

4) neljanda osa maht:

$$V_4 = \frac{\pi D_4^2}{4} \cdot l_4 = \frac{3{,}14 \cdot 25^2}{4} \cdot 41{,}5 = 20\,368 \text{ cm}^3;$$

5) viienda osa maht:

$$V_5 = \frac{\pi D_5^2}{4} \cdot l_5 = \frac{3{,}14 \cdot 18{,}5^2}{4} \cdot 86 = 22\,135 \text{ cm}^3.$$

Võlli sepise maht seega võrdub:

$$V_s = 65340 + 217343 + 60816 + 20368 + 22135 = 386\,002 \text{ cm}^3$$

Võlli sepise kaal võrdub:

$$G_s = V_s g = \frac{386002 \cdot 7{,}85}{1000} = 3380 \text{ kg}.$$

B. Määrame tooriku mahu ja kaalu.

Lähtudes võlli sepise mõõdetest eeldame, et toorikuks võetakse valuplokk, millest valmistatakse üks sepis; valuploki maht

$$V_{vp} = V_s + V_{vü} + V_{va} + V_{ml} + V_p \text{ cm}^3;$$

valuploki ülemise osa maharaiumisega seotud kadudeks võtame 20%, alumise osa maharaiumisega seotud kadudeks 5% ja põlemiskadudeks 3,5% (kahe kuumutamise vältel). Seega valuploki ülemise ja alumise osa maharaiumisega seotud kaod ja põlemiskaod moodustavad:

$$20 + 5 + 3{,}5 = 28{,}5\%;$$

lubatav metalli protsent sepisele koos mahalõigetega on:

$$\eta = 100 - 28{,}5 = 71{,}5\%.$$

Otstelt maharaiutavate metallitükkide mahu määrame valemi järgi:

$$V_{ml} = 0{,}21\, D^3 \text{ cm},$$

kus D — maharaiutava otsa läbimõõt.

Antud juhul leiame:

vasakult otsalt (osa I) maharaiutav metallitükk, $D = 275$ mm:

$$V'_{ml} = 0{,}21 \cdot 27{,}5^3 = 4368 \text{ cm}^3;$$

paremalt otsalt (osa V) maharaiutav metallitükk, $D = 185$ mm:

$$V''_{ml} = 0{,}21 \cdot 18{,}5^3 = 1330 \text{ cm}^3;$$

maharaiutavate metallitükkide kogumaht võrdub seega:

$$V_{ml} = V'_{ml} + V''_{ml} = 4368 + 1330 = 5698 \text{ cm}^3;$$

maharaiutavate metallitükkide kaal:

$$G_{ml} = \frac{5698 \cdot 7{,}85}{1000} = 46 \text{ kg}.$$

Valuploki arvutuskaal on:

$$G_{vp} = \frac{(G_s + G_{ml})\,100}{1000} = \frac{(3380 + 46)\,100}{1000} = 4790 \text{ kg}.$$

Niisuguse kaaluga valuplokke ei valata. Seepärast valime lisas toodud tabelist valuploki:

$$G_{vp} = 5120 \text{ kg};$$

valuploki kasutamistegur protsentides

$$\eta_i = \frac{G_s \cdot 100}{G_{vp}} = \frac{3380 \cdot 100}{5120} = 66\ \%.$$

C. Määrame sepistamisoperatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted.

Esimene operatsioon: padruni jaoks saba venitamine 1200 t pressil. Seejärel asetatakse valuplokk sabapidi padrunisse ja billeteeritakse läbimõõdule 630 mm (joon. 238, *b*).

Teine operatsioon: raiutakse samal pressil maha valuploki alumine osa (joon. 238, *c*).

Kolmas operatsioon: väljalõikega pinni ja alasi vahel sepistatakse toorik võlli suurimale läbimõõdule (joon. 238, *d*) $D = 360$ mm; seejärel märgitakse võll osadeks I—II—III—IV—V (joon. 238, *d*).

Leiame võlli iga osa märkimispikkuse:

a) osa I jaoks koos maharaidega vajatakse metalli:

$$V_1 = 65\,340 + 4368 = 69\,708 \text{ cm}^3;$$

ristlõike pindala, kui tooriku läbimõõt $D = 360$ mm:

$$F_{toor} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 36^2}{4} = 1018 \text{ cm}^3;$$

märkimispikkus võlli osale I:

$$l_1 = \frac{V_1}{F_{toor}} = \frac{69708}{1018} = 69{,}5 \text{ cm};$$

b) osa II jaoks vajatakse metalli:

$$V_2 = 217\,343 \text{ cm}^3;$$

märkimispikkus võrdub:

$$l_2 = \frac{V_2}{F_{toor}} = \frac{217343}{1018} = 213{,}5 \text{ cm};$$

c) võlli osade III+IV+V märkimispikkus. Osade III+IV+V metalli maht:

$$V = 60\,816 + 20\,368 + 22\,135 = 103\,319 \text{ cm}^3;$$

vastav märkimispikkus on:

$$l_{III+IV+V} = \frac{103319}{1018} \approx 101{,}5 \text{ cm}.$$

Neljas operatsioon: võlli sepistamine ja sepistusmõõdeteni silumine (joon. 238, *a*) ning otste maharaiumine.

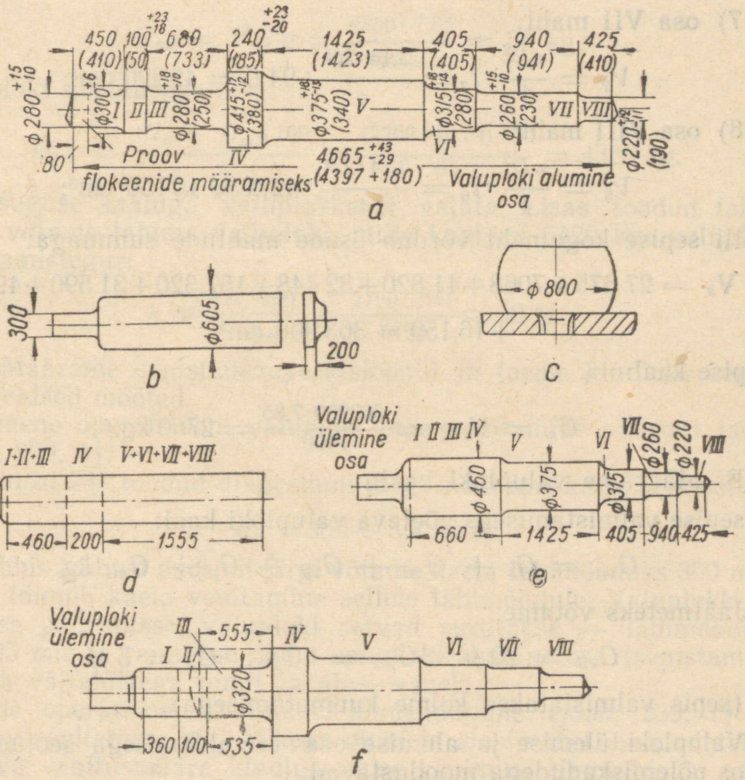
Temperatuurivahemik kolme eeltähendatud operatsiooni puhul on 1220—700°.

Näide 2. Sepistada joonisel 239 kujutatud astmeline võll. Joonisel 239, *a* on toodud võlli sepise joonis. Sulgudes on näidatud valmis võlli puhtad mõõted pärast mehaanilist töötlemist. Tooriku kaal on 5120 kg (valuplokist valmistatakse üks sepis). Materjal — teras 40H.

Lahendus. A. Määrame võlli sepise mahu ja kaalu. Jaotame võlli kaheksaks osaks ja arvutame iga osa mahu:

1) osa I maht:

$$V_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{3{,}14 \cdot 28^2}{4} \cdot 45 = 27675 \text{ cm}^3;$$



Joon. 239. Astmelise võlli sepistamine:
a — võlli sepise joonis; *b*, *c*, *d*, *e*, *f* — sepistamise siirete skitsid.

2) osa II maht:

$$V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot l_2 = \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4} \cdot 10 = 7068 \text{ cm}^3;$$

3) osa III maht:

$$V_3 = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot l_3 = \frac{3{,}14 \cdot 28^2}{4} \cdot 68 = 41820 \text{ cm}^3;$$

4) osa IV maht:

$$V_4 = \frac{\pi D_4^2}{4} \cdot l_4 = \frac{3{,}14 \cdot 41{,}5^2}{4} \cdot 24 = 32448 \text{ cm}^3;$$

5) osa V maht:

$$V_5 = \frac{\pi D_5^2}{4} \cdot l_5 = \frac{3{,}14 \cdot 37{,}5^2}{4} \cdot 142{,}5 = 157320 \text{ cm}^3;$$

6) osa VI maht:

$$V_6 = \frac{\pi D_6^2}{4} \cdot l_6 = \frac{3{,}14 \cdot 3{,}15^2}{4} \cdot 40{,}5 = 31590 \text{ cm}^3;$$

7) osa VII maht:

$$V_7 = \frac{\pi D_7^2}{4} \cdot l_7 = \frac{3{,}14 \cdot 26^2}{4} \cdot 94{,}0 = 49820 \text{ cm}^3;$$

8) osa VIII maht:

$$V_8 = \frac{\pi D_8^2}{4} \cdot l_8 = \frac{3{,}14 \cdot 22^2}{4} \cdot 42{,}5 = 16150 \text{ cm}^3;$$

võlli sepise kogumaht võrdub osade mahtude summaga:

$$V_s = 27\,675 + 7068 + 41\,820 + 32\,448 + 157\,320 + 31\,590 + 49\,820 + 16\,150 = 363\,900 \text{ cm}^3;$$

sepise kaal:

$$G_s = V_s\, g = \frac{363900 \cdot 7{,}85}{1000} = 2760 \text{ kg}.$$

B. Määrame valuploki kaalu:

sepise valmistamiseks võetava valuploki kaal:

$$G_{vp} = G_s + G_{vü} + G_{va} + G_p + G_{ml} \text{ kg}.$$

Jäätmeteks võtame:

$$G_{vü} = 20\,\%; \quad G_{va} = 10\,\%; \quad G_p = 5\,\%;$$

(sepis valmistatakse kolme kuumutamisega).

Valuploki ülemise ja alumise osa eemaldamisega seotud kaod koos põlemiskadudega moodustavad:

$$20 + 10 + 5 = 35\,\%;$$

valuploki kasutamistegur võrdub:

$$\eta = 100 - 35 = 65\%;$$

otstelt mahalõigatavate metallitükkide mahu määrame valemi järgi:

$$V_{ml} = 0{,}21\ D^3\ \text{cm}^3,$$

kus D — mahalõigatava otsa läbimõõt.

Antud juhuks leiame:

a) võlli vasakult otsalt (osalt I) mahalõigatav metallitükk:

$$V'_{ml} = 0{,}21 \cdot 28^3 = 0{,}21 \cdot 21\,952 = 4610\ \text{cm}^3;$$

b) võlli paremalt otsalt (osalt VIII) mahalõigatav metallitükk:

$$V''_{ml} = 0{,}21 \cdot 22^3 = 0{,}21 \cdot 10\,648 = 2240\ \text{cm}^3;$$

mahalõigete üldmaht võrdub:

$$V_{ml} = V'_{ml} + V''_{ml} = 4610 + 2240 = 6850\ \text{cm}^3;$$

mahalõigete kaal:

$$G_{ml} = V_{ml}\, g = \frac{6850 \cdot 7{,}85}{1000} = 54\ \text{kg};$$

valuploki arvutuskaal:

$$G_{vp} = \frac{(G_s + G_{ml})\,100}{\eta} = \frac{(2760 + 54)\,100}{65} = 4330\ \text{kg}.$$

Niisuguse kaaluga valuplokke ei valata. Lisas toodud tabeli järgi võtame lähima valuploki, mille kaal on 5120 kg; valuploki kasutamistegur:

$$\eta = \frac{G_s \cdot 100}{G_{vp}} = \frac{2760 \cdot 100}{5120} \approx 60\ \%.$$

C. Määrame sepistamisoperatsioonid ja teeme kindlaks sepise vahepealsed mõõted.

Esimene operatsioon: valuploki otsa venitamine padruni jaoks (joon. 239, *b*).

Joonisel 237 toodud diagrammi järgi määrame kaela läbimõõdu:

$$d_k \approx 300 \div 350\ \text{mm}.$$

Tsehhis leiduva padruni järgi võtame kaela läbimõõduks 300 mm. Nüüd toimub kaela venitamine sellele läbimõõdule. Valuplokk iükatakse padrunisse, valuploki servad surutakse — läbimõõduni $D = 605$ mm ja raiutakse maha valuploki alumine osa (sepistamine toimub väljalõikega pinni ja alasi vahel).

Teine operatsioon: valuploki jämendamine (joon. 239, *c*) ja järgnev venitamine väljalõikega pinni ja alasi vahel. Lahendatakse nõutava venitusmäära kindlustamise küsimus. Nagu teada, peab venitusmäär, kui sepistatakse valuplokist venitamise teel (antud juhul võlli valmistamine toimubki venitamisega), olema 2,5—3,5

piirides. Võtame antud juhul venitusmääraks 3,5. Määrame niisuguse venitusmäära kindlustamiseks tooriku nõutava ristlõike pindala ja läbimõõdu.

Võlli sepise maksimaalne läbimõõt (joon. 239) $D_4 = 415$ mm, millele vastab ristlõike pindala:

$$F_4 = \frac{\pi D_4^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 41{,}5^2}{4} = 1352 \text{ cm}^2.$$

Võetud venitusmäära 3,5 kindlustamiseks peab lähtetooriku ristlõike pindala olema vähemalt:

$$F_{toor} = F_4 \cdot 3{,}5 = 1352 \cdot 3{,}5 \approx 4732 \text{ cm}^2,$$

millele vastab tooriku läbimõõt:

$$D_{toor} = \sqrt{\frac{4 F_{toor}}{3{,}14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4732}{3{,}14}} = 780 \text{ mm}.$$

Meil aga on lähtetooriku läbimõõt (vt. joon. 239, *b*):

$$D_{toor} = 605 \text{ mm}.$$

Järelikult selleks, et kindlustada võetud venitusmäära 3,5, tuleb valuplokki jämendada. Teiseks operatsiooniks seepärast ongi valuploki jämendamine läbimõõduni $D_{toor} = 800$ mm ja järgnev venitamine väljalõikega pinni ja alasi vahel läbimõõduni 450—460 mm (joon. 239, *c*).

Nüüd märgitakse metallide osad: I+II+III; IV; V+VI+VII+ +VIII (joon. 239, *d*) ning sepistatakse ja silutakse võlli osad V, VI, VII ja VIII (joon. 239, *e*); iga osa jaoks vajalik metall arvutatakse samuti nagu eelmises näites 1.

Pärast sepistamata (tapi-poolse) osa kuumutamist sepistatakse ja silutakse võlli osad I, II ning III (joon. 239, *f*), millele järgneb võlli õgvendamine.

Kõik operatsioonid tehakse 1200 t pressil. Tööriistad: 1. operatsiooniks — lapik pinn ja väljalõikega alasi; 2. ja 3. operatsiooniks — jämendusplaadid, lapik pinn ja lapik ning väljalõikega alasi; 4. ja 5. operatsiooniks — lapik pinn ja väljalõikega alasi. Abitööriistad: esimeseks operatsiooniks — kirves, neljandaks ja viiendaks operatsiooniks — sälguraud ja kirves.

Sepistamise temperatuurivahemikud: 1. kuni 3. operatsiooniks — 1220—800°, 4. ja 5. operatsiooniks — 900—700°.

Bandaažide (rõngaste) sepistamine

Bandaažide sepistamise tehnoloogia väljatöötamisel lahendatakse kolm põhiküsimust: 1) määratakse valuploki või tooriku jämendamise kõrgus enne augulöömist; 2) tehakse kindlaks läbimõõt torni jaoks, millel hakatakse bandaaži avardama; 3) määratakse augu läbimõõt enne avardamist ja valitakse augu valmistamise viis.

Jämendamise kõrguse määramine enne augulöömist on kõige keerulisem ja vastutavam toiming. Kui bandaaži avardatakse tornil, ei voola metall mitte ainult piki ümbermõõtu, vaid ka laiuti. Jämendamise kõrguse ebaõige määramine põhjustab parandamatu praagi.

Bandaaži avardamisel kasutatakse kitsast pinni ja alasit, miile laius on 100—150 mm. Mida kitsam on pinn, seda paremini voolab metall piki ümbermõõtu ja seda halvemini bandaaži laiusesse.

B. A. Morozevitši ja N. N. Dorohhovi andmetel [5] võib üle 1000 mm läbimõõduga bandaažide avardamisel, kui pinnide laius on 100—150 mm, määrata avardatava tooriku kõrguse enne augulöömist valemi järgi:

$$h = H_0 B \text{ mm},$$

kus h — tooriku kõrgus mm;
H_0 — sepise kõrgus mm;
B — tabelist 11 valitav tegur [5].

Tabel 11

Tabel teguri B määramiseks

Sepise väislläbimõõt mm	Sepise kõrgus H_0 mm										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Kuni 1500	0,7	0,82	0,9	0,93	0,95	0,97	0,95		—	—	—
1501—2000	0,6	0,7	0,8	0,8	0,88	0,9	0,92	0,93	0,94	—	—
2001—3000	—	—	—	0,7	0,8	0,85	0,9	0,92	0,93	0,93	0,95

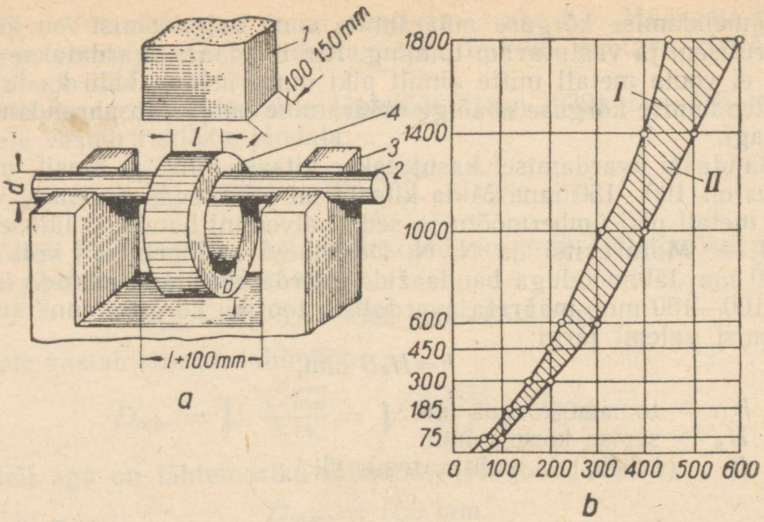
Avardustorni läbimõõt peab olema selline, et torn avardamisel ei painduks. Avardamisel on torn justkui pressi alasiks. Seepärast, mida väiksem on torni läbimõõt, seda kiiremini edeneb bandaaži avardamine. Sel põhjusel peab torn olema minimaalse läbimõõduga, kuid sellise tugevusega, et ta avardamise vältel läbi ei painduks.

Joonisel 240 [16] on toodud diagramm, mille järgi võib valida torni läbimõõdu sõltuvalt tooriku pikkusest l ja seinapaksusest b. Diagramm kehtib tingimusel, et avardamiseks kasutatakse 100—150 mm laiust pinni.

Diagrammil on kaks kõverat: kõver I — paksuseinaliste ja kõver II — õhukeseseinaliste sepiste jaoks.

Toorikusse pärast jämendamist pressitava augu läbimõõdu valikul tuleb arvestada: a) torni läbimõõtu; b) valuploki keskosa, s. t. madala kvaliteediga metalli eemaldamise tingimusi; c) augutornide olemasolu tsehhis.

Enne avardamist peab sissepressitava augu läbimõõt olema vähemalt kaks korda suurem torni läbimõõdust. Vastutavate sepiste (bandaažide) puhul on tarvis eemaldada valuploki südamik,



Joon. 240. Tornil avardamise skeem (*a*) ja diagramm torni läbimõõdu valikuks (*b*):
1 — pressi pinn; *2* — torn; *3* — alus (lünett); *4* — sepis (bandaaž); kõver *I* — torni läbimõõt paksuseinaliste sepiste jaoks; kõver *II* — torni läbimõõt õhukeseseinaliste sepiste jaoks.

s. t. see osa metalli, mis sisaldab mitmesuguseid lisandeid. Valuploki südamikku (pärast jämendamist) on võimalik eemaldada õõnsa augutorniga.

Praktikas pressitakse paksudesse toorikutesse kuni 350—400 mm läbimõõduga augud tavaliselt täistornidega, üle 400 mm läbimõõduga augud aga õõnestornidega.

Näide. Toome näite bandaaži sepistamisest. Sepistada joonisel 241, *a* kujutatud bandaaž (rõngas). Toorikuks on valuplokk. Materjal — teras 45. Sepise kaal 14 780 kg.

Lahendus. A. Koostame bandaaži sepise joonise.

Peente joontega joonestame mastaabis mehaaniliselt töödeldud bandaaži joonise ja kanname peale tähtsamad mõõted.

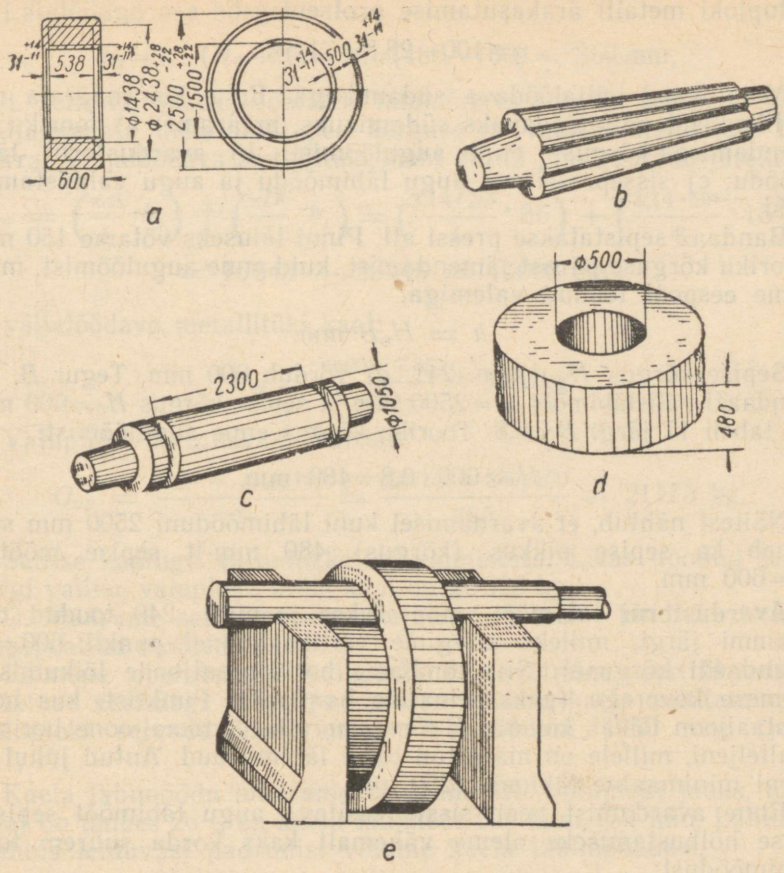
Kasutades lisas toodud tabelit määrame mehaanilise töötlemise varud ja sepistamise tolerantsid, sõltuvalt bandaaži välisläbimõõdust D ja kõrgusest H. Siis joonestame puhta bandaaži kontuuri ümber sepise kontuuri jämedate joontega ning kanname peale sepise mõõted koos sepistamise tolerantsidega (joon 241, *a*).

B. Määrame sepise mahu ja kaalu:

Sepise maht:

$$V_s = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) H = \left(\frac{3{,}14 \cdot 250^2}{4} - \frac{3{,}14 \cdot 150^2}{4}\right) 60 = (49\,087 -$$

$$- 17\,671) \cdot 60 = 1\,884\,960 \text{ cm}^3;$$



Joon. 241. Bandaaži sepistamine:
a — bandaaži sepise joonis; *b, c, d, e* — bandaaži sepistamise sõrete skitsid.

sepise kaal:

$$G_s = V_s\, g = \frac{1884960 \cdot 7.85}{1000} = 14780 \text{ kg.}$$

C. Valime valuploki sepise valmistamiseks.

Sepise valmistamiseks tarviliku valuploki kaal:

$$G_{vp} = G_s + G_{v\ddot{u}} + G_{va} + G_p + G_{vl}\text{ kg;}$$

võtame jäätmeteks:

$$G_{v\ddot{u}} = 20\,\%;\quad G_{va} = 5\,\%;\quad G_p = 3{,}5\,\%;$$

kokku on jäätmeid:

$$20+5+3{,}5=28{,}5\,\%;$$

valuploki metalli ärakasutamise protsent:

$$\eta = 100 - 28{,}5 = 71{,}5\%.$$

Metallikaod väljalöödava südamikuga. Enne kui määrata metallikadusid väljalöödavaks südamikuks, määrame: a) tooriku jämendamise kõrguse enne augulöömist; b) avardustorni läbimõõdu; c) sissepressitava augu läbimõõdu ja augu valmistamise viisi.

Bandaaž sepistatakse pressi all. Pinni laiuseks võtame 150 mm. Tooriku kõrguse pärast jämendamist, kuid enne augulöömist, määrame eespool toodud valemiga:

$$h = H_0 B \text{ mm}.$$

Sepise kõrgus H_0 (joon. 241, *a*) võrdub 600 mm. Tegur B, kui bandaaži välisläbimõõt $D = 2500$ mm ja sepise kõrgus $H_0 = 600$ mm, on tabeli 17 järgi $B = 0{,}8$. Tooriku kõrgus enne augulöömist:

$$H_1 = 600 \cdot 0{,}8 = 480 \text{ mm}.$$

Näitest nähtub, et avardamisel kuni läbimõõduni 2500 mm suureneb ka sepise pikkus (kõrgus) 480 mm-lt sepise mõõtenī $H = 600$ mm.

Avardustorni läbimõõt määratakse joonisel 240 toodud diagrammi järgi, milleks märgime vertikaaljoonel punkti $600 = H_0$ (bandaaži kõrguse). Siis tõmbame horisontaaljoone lõikumiseni esimese kõveraga (paksuseinaline bandaaž). Punktist, kus horisontaaljoon lõikab kõverat *I*, tõmbame alla vertikaaljoone horisontaalteljeni, millele on märgitud torni läbimõõdud. Antud juhul on torni minimaalne läbimõõt 250 mm.

Enne avardamist peab sissepressitava augu läbimõõt sepistamise hõlbustamiseks olema vähemalt kaks korda suurem torni läbimõõdust:

$$D_a = 2d_t = 2 \cdot 250 = 500 \text{ mm}.$$

Valuploki südamiku eemaldamiseks otsustame pärast jämendamist pressida toorikusse auk õõnestorniga, mille välisläbimõõt $d_{väl} = 500$ mm, siseläbimõõt aga $d_{sis} = 250$ mm (eeldusel, et tsehhis selline torn leidub).

Niisiis võtame tooriku kõrguseks pärast jämendamist $H_0 = 480$ mm ja sissepressitava augu läbimõõduks $D_a = 500$ mm.

Määrame väljalöödava metallitüki mahu ja kaalu. Augulöömisel õõnestorniga, mille välisläbimõõt $d_{väl} = 500$ mm ja siseläbimõõt $d_{sis} = 250$ mm, eemaldatakse metallitükk, millel on samasugune seene kuju, nagu on näidatud joonisel 235.

Väljalöödava metallitüki mõõted on järgmised:

$d = 250$ mm (võrdub augutorni siseläbimõõduga);

$D = 500$ mm (võrdub augutorni välisläbimõõduga);

$h_1 = 150$ mm — see mõõde määratakse ette ning on tooriku läbilöömata osa kõrguseks.

Läbilöödud osa kõrgus

$$h_2 = 1{,}1\ (H_0 - h_1) = 1{,}1\ (480 - 150) = 360\ \text{mm},$$

s. t. selle kõrguseks võetakse läbilöödava tooriku kõrguse H_0 ja väljalöömata metallitüki pea kõrguse h_1 vahe suurendatult 10% võrra. Väljalöödava metallitüki maht antud juhul võrdub järelikult:

$$V_{vl} = \left(\frac{\pi d^2}{4} \cdot h_2\right) + \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot h_1\right) = \left(\frac{3{,}14 \cdot 25^2}{4} \cdot 36\right) + \left(\frac{3{,}14 \cdot 50^2}{4} \cdot 15\right) =$$

$$= 16648 + 29445 = 46093\ \text{cm}^3;$$

väljalöödava metallitüki kaal:

$$G_{vl} = \frac{46093 \cdot 7{,}85}{1000} \approx 360\ \text{kg}.$$

Valuploki arvutuskaal võrdub:

$$G_{vp} = \frac{(G_s + G_{vl})\,100}{\eta} = \frac{(14780 + 360)\,100}{71{,}5} = 21175\ \text{kg}.$$

Sellise kaaluga valuplokke ei valmistata. Lisas toodud tabeli järgi valime valuploki, mille kaal on 26 328 kg.

D. Määrame sepistamisoperatsioonid ja teeme kindlaks tooriku vahepealsed mõõted.

Esimene operatsioon: valuploki vastuvõtmine sertifikaadi ja sulatuse eesmärgi järgi, padrunisse mineva kaela venitamine ja valuploki servade ülesurumine läbimõõduni 1050 mm (joon. 241, *c*).

Kaela läbimõõdu määrame diagrammilt. Valuploki jaoks, mille kaal on umbes 26 t, on kaela läbimõõt 600 kuni 750 mm. Lähtudes tsehhis leiduvast padrunist võtame kaela läbimõõduks:

$$d_k = 650\ \text{mm}.$$

Teine operatsioon: valuploki alumise osa maharaiumine ja tooriku (joon. 241, *b*) lahtiraiumine. Määrame tooriku pikkuse. Kui tooriku läbimõõt $D = 1050$ mm, siis ristlõike pindala:

$$F_{toor} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 105^2}{4} = 8660\ \text{cm}^2;$$

sepiseks, väljalöödavaks seeneks ja põlemiskadudeks vajaliku metalli kaal:

$$G = G_s + G_{vl} + G_p;$$

kus põlemiskadudeks kuluva metalli kaal:

$$G_p = (G_s + G_{vl})\,0{,}035 = (14780 + 360)\,0{,}035 = 530\ \text{kg};$$

seega

$$G = 14780 + 360 + 530 = 15670\ \text{kg};$$

sepiseks, väljalöödavaks seeneks ja põlemiskadudeks vajaliku metalli maht võrdub:

$$V = \frac{G}{g} = \frac{15670 \cdot 100}{7{,}85} \approx 200000 \text{ cm}^3;$$

lahtiraiutava tooriku osa pikkus:

$$l = \frac{V}{F_{toor}} = \frac{200000}{8660} = 230 \text{ cm};$$

tooriku kõrguse ja läbimõõdu suhe:

$$\frac{2300}{1050} \approx 2{,}2,$$

s. t. suhe on selline, et jämendamisel toorik ei kõverdu.

Kolmas operatsioon: tooriku jämendamine 480 mm kõrguseni ja 500 mm läbimõõduga augu löömine õõnestorniga (joon. 241, *d*).

Neljas operatsioon: tooriku avardamine tornil läbimõõduga 250 mm kuni sepise mõõdeteni (joon. 241, *e*).

Operatsioonid viiakse läbi 200 t pressil. Kasutatakse järgmisi tööriistu: 1. ja 2. operatsiooniks — lapik pinn ja väljalõikega alasi; 3. operatsiooniks — alumine lapik plaat ja ülemine lapik plaat; 4. operatsiooniks — kitsas pinn, lünetid. Abitööriistu vajatakse järgmiselt: 1. ja 2. operatsiooniks — kirves; 3. operatsiooniks — õõnestorn $d=500$ mm, rõngas $d=600$ mm; 4. operatsiooniks — torn $d=250$ mm.

Sepistamise temperatuurivahemik 1200—700°.

Õõnsate sepiste sepistamine

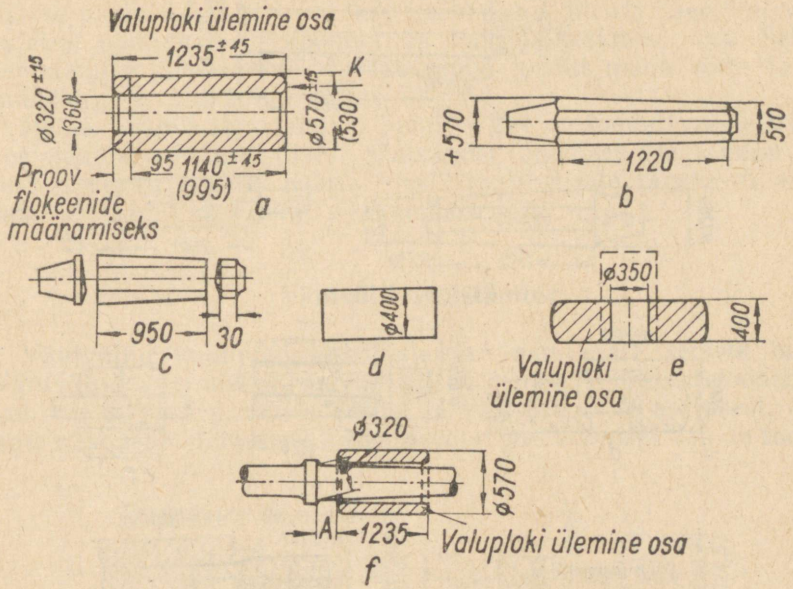
Erinevalt bandaažide sepistamisest kasutatakse õõnsate toodete sepistamiseks tornil venitamist. Joonisel 242 on näidatud õõnsa rõnga sepistamise tehnoloogiline protsess.

Tooriku kaal on 3000 kg (üks valuplokk üheks sepiseks), sepise kaal 1700 kg. Materjal — teras 40X. Sepistatakse 2000 t pressil. Kasutatakse järgmisi tööriistu: 1. ja 4. operatsiooniks — lapik pinn, lapik alasi, jämendusplaadid; 5. operatsiooniks — lapik pinn, väljalõikega alasi ning tempel ja märkimistööriistad. Abitööriistad: 1. ja 4. operatsiooniks — kirved, 350 mm läbimõõduga augutorn; 5. operatsiooniks — 320 mm läbimõõduga õõnestorn ning suurvasar.

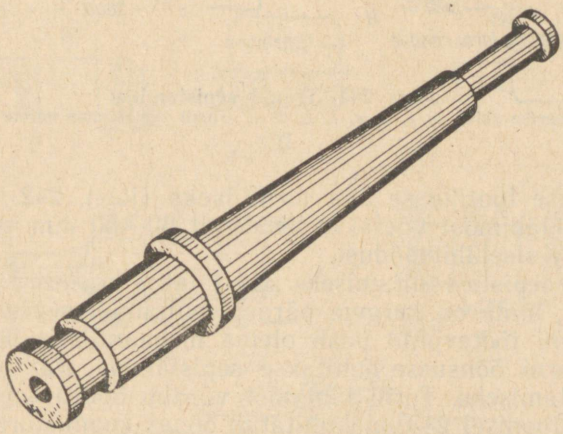
Sepistamise temperatuurivahemik 1. ja 4. operatsioonil 1220—800°, 5. operatsioonil 1220—700°.

Kõige tähtsamaks ja vastutavamaks sepistamisoperatsiooniks on antud juhul venitamine (joon. 242, *f*). Sellist toorikut venitatakse tornil, kusjuures pikenemine toimub välisläbimõõdu ja seinapaksuse vähenemise arvel.

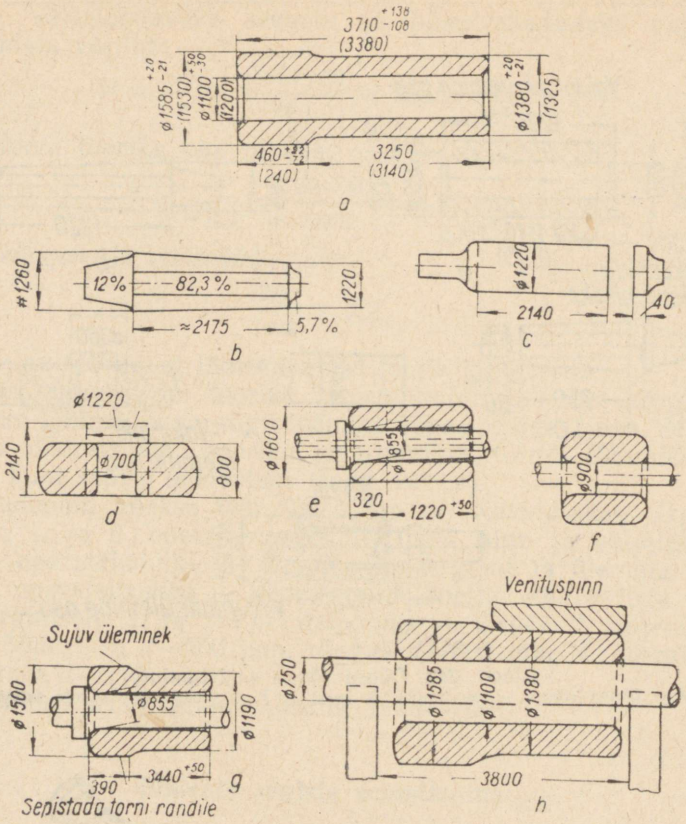
Tornil venitamine toimub kas lapiku pinni ja väljalõikega alasi või väljalõikega pinni ja alasi vahel. Pärast tooriku jämenda-



Joon. 242. Õõnsa rõnga sepistamine:
a — õõnsa rõnga sepise joonis; *b, c, d, e, f* — sepistamise siirete **skitsid.**



Joon. 243. Koonustorn.



Joon. 244. Trumli sepistamine:
a — sepise skits; *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* — trumli sepistamise siirete skitsid.

mist lüüakse toorikusse auk torni jaoks (joon. 242, *e*). Läbilööda augu läbimõõt võetakse tavaliselt 30—50 mm võrra suurem toote sepise siseläbimõõdust.

Õõnsaks sepiste venitamiseks kasutatakse koonilise töötavosaga õõnestorne, mida on kergem pärast venitamist sepise seest kätte saada. Torni töötavpind peab olema mehaaniliselt hoolikalt töödeldud. Torni õõnsusse juhitakse sepistamise ajal pidevalt vett torni jahutamiseks. Torni läbimõõt võrdub õõnsa sepise siseläbimõõduga. Joonisel 243 on kujutatud õõnes koonustorn.

Kvaliteetse õõnsa sepise saamiseks on tarvis tornil venitamise vältel kinni pidada järgmistest põhireeglitest:

1) metall tuleb enne venitamist hästi ja ühtlaselt nõutava temperatuurini läbi kuumutada;

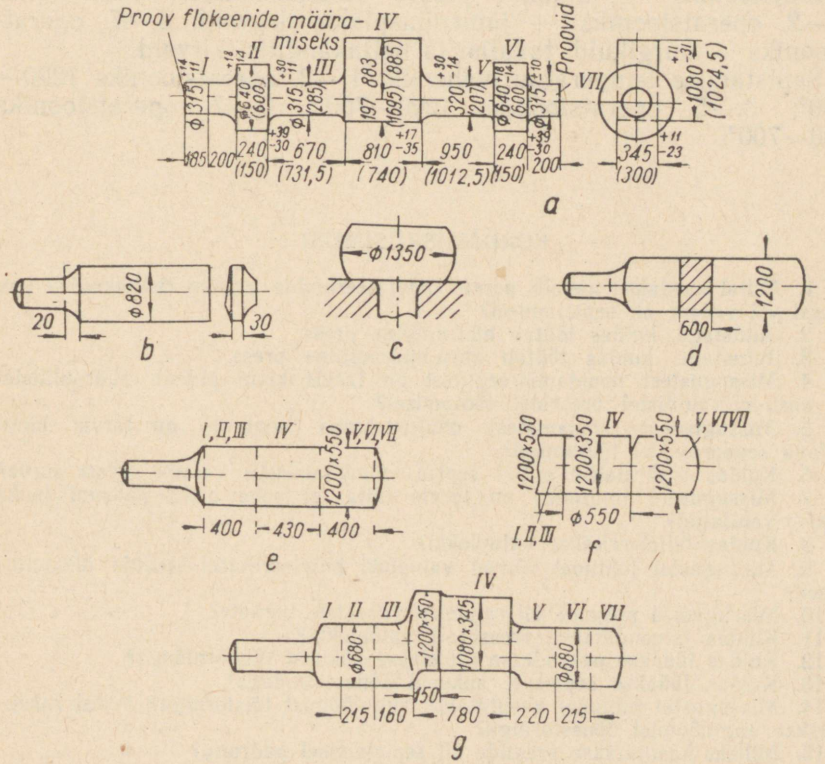
2) tornil venitamisel tuleb toimida järgmises järjekorras. Toorik asetatakse tornile selliselt, et tooriku ja torni äärise vahele

jääks vahe *A* (joon. 242, *f*). Siis venitatakse vasakut otsa. Sepistatakse kogu aja ühes suunas — paremalt vasakule, s. t. torni äärise poole (metalli surutakse vastu torni äärist). Seejärel venitatakse parempoolset koonust ja tooriku keskmist osa. Selline sepistamise järjekord võimaldab sepist tornilt maha võtta ja annab kõrge kvaliteediga sepise.

Näide. Trumli sepistamine. Joonisel 244 on toodud näide trumli sepistamise tehnoloogilisest protsessist. Joonisel 242 toodud näitest erinevalt toimub trumli tornil venitamisele järgneval sepistamisel trumli venimine piki ümbermõõtu.

Väntvõlli sepistamine

Väntvõllid kuuluvad keeruliste ja vastutavate sepiste hulka. Väntvõllide valmistamise viis sõltub nende konstruktsioonist — väntade suurusest, nende arvust ja vastastikusest asetusest, äärikute olemasolust, materjali kvaliteedist jne. Joonisel 245 on toodud .



Joon. 245. Väntvõlli sepistamine:
a — võlli sepise joonis; *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* — väntvõlli sepistamise siirete skitsid.

näide väntvõlli sepistamise tehnoloogilisest protsessist. Sepise joonis on kujutatud joonisel 245, *a*.

Tehnoloogiaga on ette nähtud järgmised operatsioonid: 1) kaela valmistamine padruni alla, valuploki servade ülesurumine läbimõõdule 820 mm, valuploki alumise osa maharaiumine (joon. 245, *b*); 2) valuploki jämendamine läbimõõduni 1350 mm (joon. 245, *c*); 3) sepistamine 1200×600 mm plaadiks (joon. 245, *d*); 4) sepistamine 1200×500 mm plaadiks, skitsi järgi osadeks märkimine (joon. 245, *e*); 5) osa IV 1200×350 mm plaadiks sepistamine; osade V—VI—VII sälkudega märkimine (joon. 245, *f*); 6) osade I—II—III sälkudega märkimine, osa IV sepistamine, osa V sälkudega märkimine, osade V, VI ja VII kujundamine (joon. 245, *g*); 7) osa III sälkudega märkimine, osade III, II ja I sepistamine ja silumine, sepise õgvendamine, liigse metalli maharaiumine (joon. 245, *g*).

Tooriku kaal 10 300 kg, sepise kaal 5200 kg. Materjal — teras 35. Operatsioonid viiakse läbi 3000 t pressil.

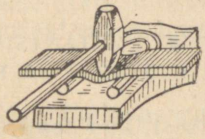
Kasutatakse järgmisi tööriistu: kõikideks operatsioonideks — lapikut pinni ja lapikut ning väljalõikega alasit; peale selle 3.—5. operatsiooniks — alumist plaati. Abitööriistadest kasutatakse 1.—2. operatsiooniks — jämendusplaate, kirveid; 3.—7. operatsiooniks — nurgikuid, tavalisi ja neljakandilisi kirveid.

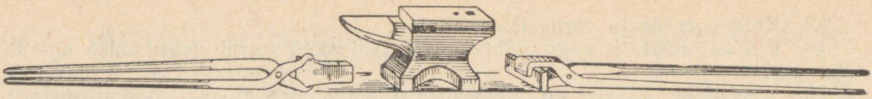
Sepistamise temperatuurivahemik: 1.—2. operatsiooniks 1220—800°; 3.—5. operatsiooniks 1220—700°; 6.—7. operatsiooniks 950—700°.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Millal saadakse metalli parem deformeerumine tooriku ristlõikes — kas pressi või vasara all sepistamisel?
2. Jutustage, kuidas töötab hüdrauliline press.
3. Jutustage, kuidas töötab auru-hüdrauliline press.
4. Missugustest hooldamisreeglitest on tarvis kinni pidada hüdraulilistel ja auru-hüdraulilistel pressidel töötamisel?
5. Missugustest tähtsamatest ohutustehnika reeglitest on tarvis kinni pidada sepapressidel töötamisel?
6. Kuidas määratakse antud sepise valmistamiseks vajalik pressi surve?
7. Missuguseid tingimusi on tarvis täita, et saba oleks padruni jaoks õigesti venitatud?
8. Kuidas billeteeritakse valuplokki?
9. Missugustel juhtudel võivad valuploki billeteerimisel tekkida ülemuljumised?
10. Missuguseid presside all raiumise viise teie tunnete?
11. Kuidas jämendatakse pressi all valuplokki?
12. Kuidas lüüakse paksudesse sepistesse aukusid täistornidega?
13. Kuidas lüüakse sepisesse aukusid õõnestornidega?
14. Missugustel juhtudel kasutatakse augulöömist täistorniga? Millal rakendatakse augulöömist õõnestorniga?
15. Milleks kasutatakse presside all sepistamisel padrunit?
16. Milleks kasutatakse presside all sepistamisel kantijaid?
17. Kuidas määratakse padrunisse mineva kaela läbimõõtu?

18. Kuidas määrata torni läbimõõtu?
19. Kuidas määrata augu minimaalset läbimõõtu tornil avardamise operatsiooniks?
20. Missuguse kujuga on õõnestorniga augulöömisel väljalöödav metallitükk?
21. Missuguse pinni ja alasi vahel toimetatakse bandaažide avardamist ja mispärast?
22. Kuidas määratakse õõnestorniga augulöömisel väljalöödava metallitüki mõõteid ja mahtu (kaalu)?
23. Määrake bandaaži maht ja kaal, kui selle välisläbimõõt $D_{väl} = 1500$ mm; siseläbimõõt $d_{sise} = 900$ mm; bandaaži kõrgus (pikkus) $H_1 = 500$ mm.
24. Missuguses järjekorras tuleb venitada tornil õõnsat sepist?





XIII PEATÜKK

KUUMSTANTSIMINE

§ 89. TÄHTSAMAD KUUMSTANTSIMISE SEADMED STANTSIMISE OTSTARVE JA KASUTUSALA

Erinevalt vabasepistamisest, kus sepp suunab metalli voolamist mitmesuguste tööriistadega, on stantsimisel metalli voolamine piiratud stantsi sisse lõigatud õõnte pindadega, mis sunnivad metalli võtma nõutavat kuju ja mõõteid. Et sepiseid valmistada stantsimise teel, peab iga toote jaoks olema oma stants.

S t a n t s i d e k s nimetatakse pinne, millesse on lõigatud stantsitava detaili kuju. Iga stants koosneb kahest osast, mis vastavad ülemisele ja alumisele pinnile.

Stantsimise osatähtsus on metalli kuumtöötlemise teiste viisidega võrreldes väga suur. On kindlaks tehtud, et umbes 15—20% NSV Liidus toodetava metalli üldhulgast [17] töödeldakse stantsimise teel. Nii näiteks on stantsimise teel valmistatavaid detaile kaasaegsel autol kaalult kuni 80%, lennukil 85%, tankil 70%, veduril kuni 60% jne. [17]. Mass- ja suurseeriatootmisel valmistatakse sepistatud detailid peamiselt stantsimise teel.

Väikeseeriatootmisel (näiteks kui tsehh valmistab detaile aastas 30—50 tk.) ei ole kasulik rakendada stantsimist, sest stantsi valmistamise hind suurendab märgatavalt sepise hinda; selliseid sepiseid on kasulikum valmistada vabasepistamise teel või allapandavate stantsidega.

Viimastel aastatel asendatakse väikeseeria- ja üksiktootmisel väikeste sepiste (kuni 1 t vasaratel) vabasepistamise teel valmistamist tootlikuma viisiga — stantsimisega erilistel kõrge tootlikkusega seadmetel (ekstsenterpressidel).

Seejuures kasutatakse eri rakiseid ja tehakse töid eri tehnoloogia järgi, lahutades sepise valmistamise keerulise tehnoloogilise protsessi üksikuteks lihtsateks operatsioonideks, mida tehakse kindlas järjekorras stantsi või rakise vagudes.

Vabasepistamisega võrreldes ei piirdu stantsimise eelised ainult toote valmistamiseks kuluva aja lühenemisega. Stantsitud detailid on täpsemad, nende mehaanilise töötlemise varud aga väiksemad, mis vähendab märgatavalt mehaanilisele töötlemisele kulu-

vat aega ning metalli kulu sepisele. Stantsimisega on võimalik valmistada väga keerukaid tooteid. Stantsimisvasaral võivad töötada madalama kvalifikatsiooniga töölised kui vabasepistamisel. Stantsimisel saadakse ühed ja samad detailid täiesti ühesuguste mõõdetega (vastastikku vahetatavad), mis hõlbustab nende edasist mehaanilist töötlemist (hõlbustab eri rakiste, automaatpinkide jne. kasutamist). Stantsitud toodete mehaanilised omadused on paljudel juhtudel paremad kui vabasepistamisel valmistatud toodetel, sest stantsis on kergem luua metallikiudude jagunemiseks niisuguseid tingimusi, mis tõstavad toodete mehaanilisi omadusi. Metalli kulu on stantsimisel enamalt jaolt väiksem kui vabasepistamisel.

Stantsimiseks kasutatakse stantsimisvasaraid, ajampresse, hüdraulilisi presse ja horisontaal-sepistamismasinaid.

Stantsimisvasarad

Oma ehituselt on stantsimisvasarad väga sarnased juba varem kirjeldatud sepistamisvasaratega ja erinevad neist peamiselt selle poolest, et stantsimisvasarate korpused kinnitatakse šabottidele, sepistamisvasarate korpused ja šabotid kinnitatakse aga eraldi vundamentide külge.

Stantsimisvasara korpus kinnitatakse šabotile jäigama konstruktsiooni saamiseks, samuti selleks, et löögi puhul stantsi ülemine ja alumine pool satuksid täpselt kokku ja tagaksid seega stantsitava toote täpse kuju ja mõõted.

Peale selle on võimalik reguleerida stantsimisvasarate löögijõudu laiemates piirides, alates kõige nõrgemast kuni väga tugevani. Stantsimisvasara juhtimine on lihtsam kui sepistamisvasaral. Selleks ei vajata masinisti; vasarat juhib stantsija ise, vajutades selleks jalaga käivituspedaalile. Joonisel 246 on näidatud auru-suruõhuga töötav stantsimisvasar.

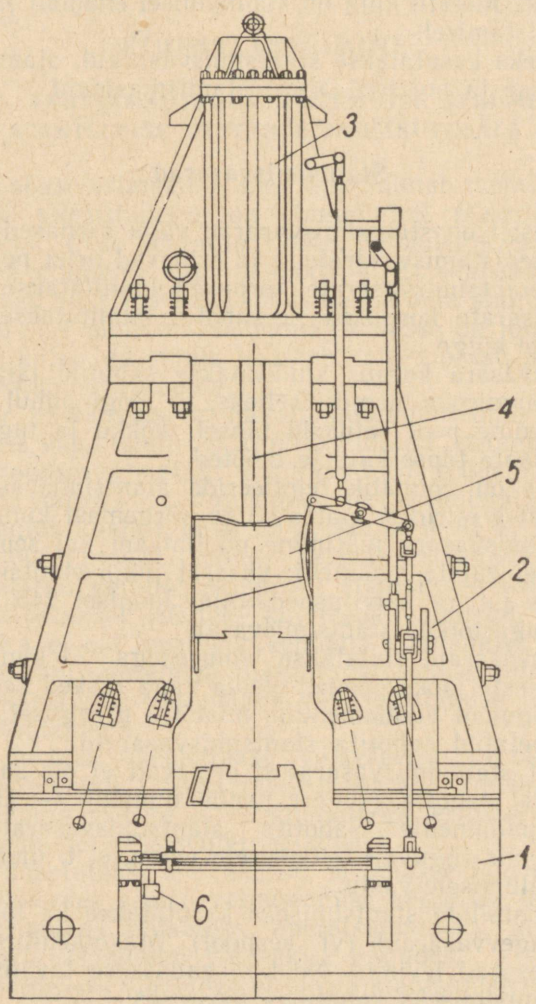
Stantsimisvasaraid ehitatakse võimsusega 20 kuni 30 t. Niisuguste vasarate jaoks peavad olema väga rasked šabotid (400—500 t) ja kogukad vundamendid, mistõttu praegusel ajal kasutatakse niinimetatud šabotita stantsimisvasaraid.

Tavalistest stantsimisvasaratest erinevalt ei ole šabotita stantsimisvasaratel šabotte (sellest nende nimetus — šabotita) ega kogukaid vundamente. Šabotita stantsimisvasaratel on kaks vasarapead, mis liiguvad teineteisele vastu, s. t. ülemine stantsipool liigub alumisele vastu.

Väikeste detailide stantsimiseks kasutatakse ka tõstelauaga ja rihmaga langevvasaraid (vt. eespool). Masinaehitustööstuses ei ole langevvasarad levinud. Neid rakendatakse tavaliselt väikeste detailide stantsimiseks kohalikus tööstuses.

Stantsimiseks kasutatakse: a) hüdraulilisi ja auru-hüdraulilisi presse, mis võivad olla nii vertikaalsed kui ka horisontaalsed, ja b) ajampresse. Stantsimispresside kõrval kasutatakse ka hüdraulilisi ja auru-hüdraulilisi sepapresse. Niisugustel pressidel stantsitakse tavaliselt suuremaid sepiseid.

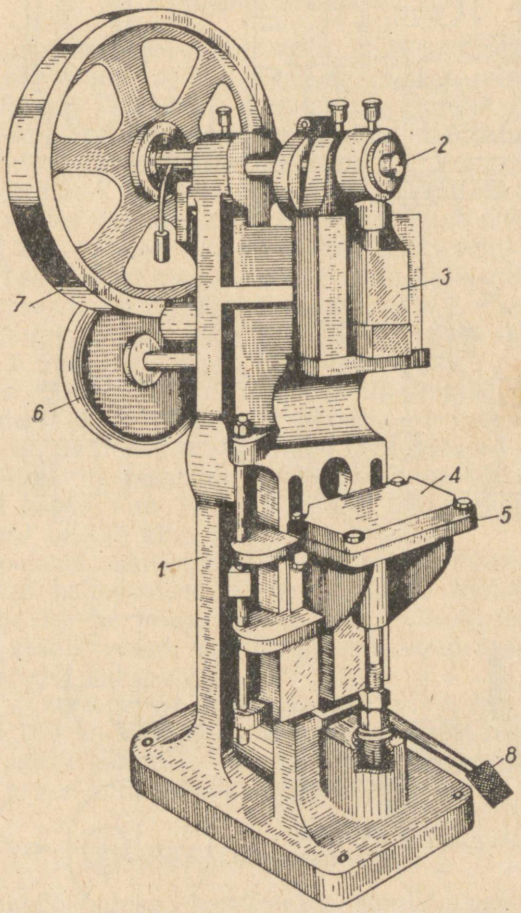
Eriti k a s u l i k on stantsida hüdraulilistel ja auru-hüdraulilistel pressidel õõnsaid sepiseid, kasutades selleks lähtetoorikutena



Joon. 246. Stantsimisvasar:
1 — šabott; *2* — korpus; *3* — silinder; *4* — vars; *5* — vasarapea; *6* — käivituspedaal.

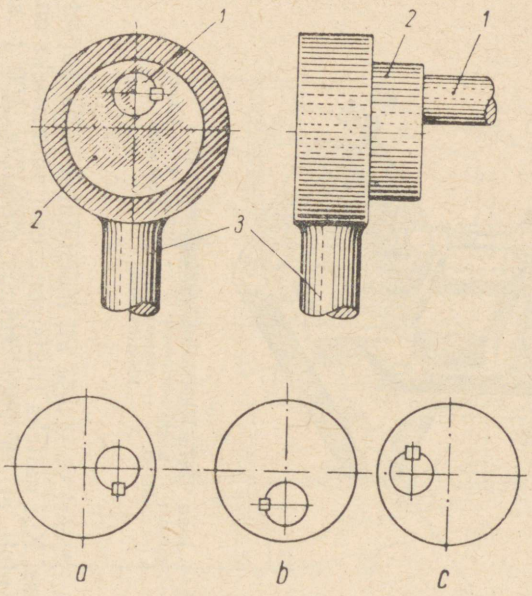
pakse lehti (10—25 mm ja üle selle), selle asemel, et neid valmistada valtsitud sordimaterjalist või valuplokkidest vabasepistamise teel.

Ajam-stantsimispressidena kasutatakse ekstsenter-, friktsioon- ja väntpresse. Need pressid võivad olla mitmesuguse konstruktsiooniga, mis sõltub nende tööde iseloomust. Pressi võimsus an-

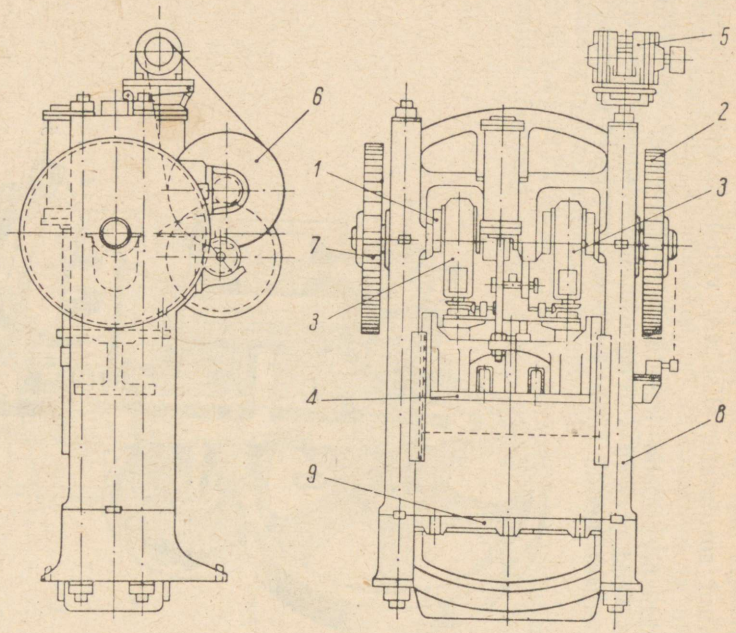


Joon. 247. Ühepoolne ekstsenterpress:
1 — korpus; *2* — ekstsentervõll; *3* — liugur; *4* — plaat; *5* — töölaud; *6* — rihmaratas; *7* — hooratas; *8* — käivituspedaal.

takse tonnides. Pressi võimsuse all mõistetakse seda survet, mida võib anda press. Kui näiteks friktsioonpressi võimsuseks on 100 t, siis see tähendab, et ta võib suruda metallile 100 t suuruse jõuga.



Joon. 248. Ekstsentri skeem:
1 — ekstsentervõll; *2* — ekstsenter; *3* — liuguri keps; *a, b, c* — ekstsentri järjestikused asendid võlli pöördumisel.



Joon. 249. Kahepoolne ekstsenterpress:
1 — ekstsentervõll; *2* — hammasratas; *3* — kepsud; *4* — liugur; *5* — elektrimootor; *6* — rihmaratas; *7* — hooratas; *8* — korpus; *9* — töölaud.

Kui pressi all tehakse töid (stantsimise või sepistamisega), mis nõuavad metalli deformeerimiseks suuremat survet kui see, millele press on arvestatud, siis võib esineda pressi osade murdumist. Seepärast tuleb töötada tehnoloogilises kaardis näidatud pressi all. Alljärgnevalt kirjeldatakse mõningaid presside konstruktsioone.

Ekstsenterpressid

Ühepoolne ekstsenterpress on kujutatud joonisel 247. Pressi korpuse *1* ülemises osas asetseb ekstsentervõll *2*, mis paneb kepsu abil liikuma liuguri *3*. Liuguri *3* külge on kinnitatud stantsi ülemine pool. Stantsi alumine pool on kinnitatud töölaua *5* plaadi *4* külge. Ekstsentervõll *2* pannakse pöörlema rihmaratta *6* abil elektrimootoriga. Hooratas *7* on ekstsentervõlli pöörlemise ühtlustamiseks.

Pressi töötamisel liigub liugur *2* koos stantsi ülemise poolega sirgjooneliselt üles ja alla. Ekstsentervõlli pöörlev liikumine muundatakse liuguri sirgjooneliseks liikumiseks nn. ekstsentriku vahendusel, mille ehituse skeem on näidatud joonisel 248. Ekstsentrivõlli *1* otsale on kiiluga jäigalt kinnitatud ümmargune ekstsentrik *2*. Ekstsentrikut *2* ümbritseb kepsu *3* ülemine silm.

Ekstsentriku *2* keskpunkt ei asetse võlli telgjoonel. Seepärast võlli pöörlemisel ekstsentrik kord tõuseb, kord laskub; joonisel 248, *a*, *b* ja *c* on näidatud ekstsentriku järjestikused asendid võlli ühe pöörde vältel. Ekstsentriku sellise liikumise tõttu liugur, mis on kinnitatud kepsu alumise otsa külge, tõuseb kord sirgjooneliselt üles, kord laskub alla.

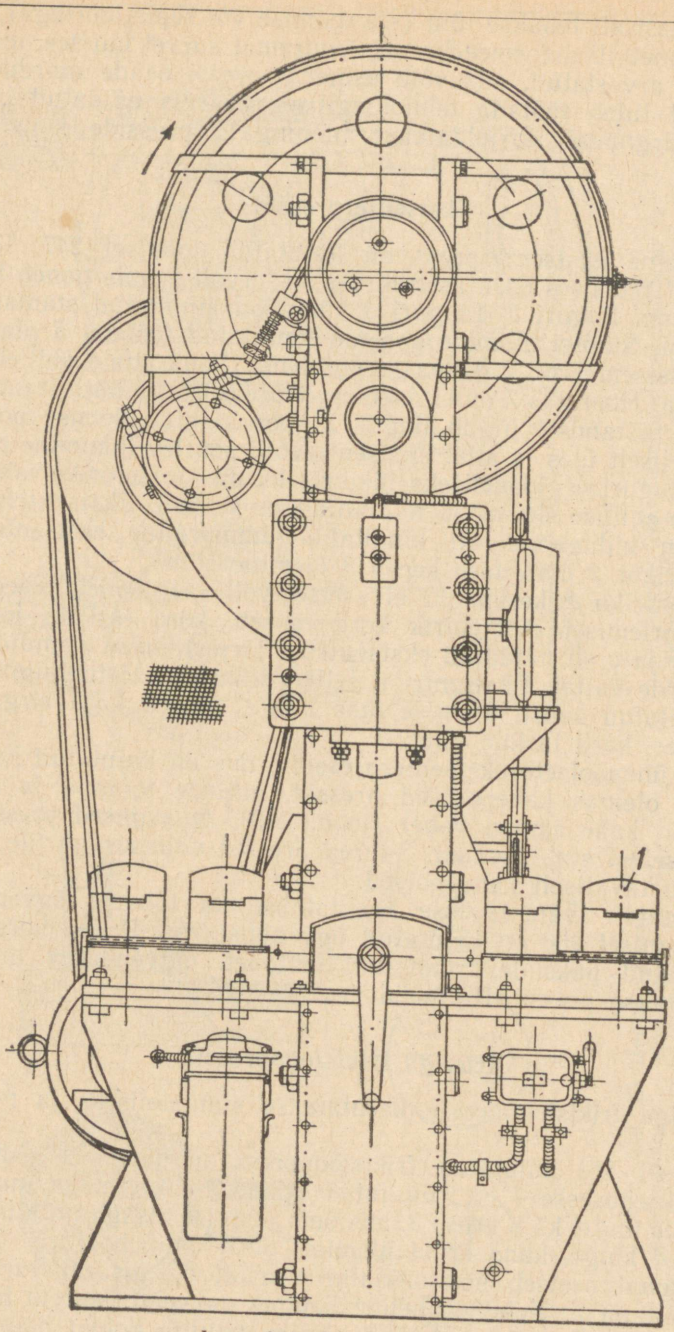
Peale ühepoolsete ekstsenterpresside, mis on kujutatud joonisel 247, on olemas kahepoolsed pressid, millede töölaud ja liugur asetsevad kahe samba vahel (joon. 249). Niisugused pressid on ühepoolsetest stabiilsemad. Suured pressid võimsusega üle 100—150 t on tavaliselt kahepoolsed.

Ekstsenter (vänt-)presse kasutatakse ka toodete õgvendamiseks. Joonisel 250 on kujutatud õgvenduspress. Pressi korpus on valmistatud paksudest valtsitud lehtedet. Õgvendatav materjal toimetatakse pressi alla mööda rullteed *1*.

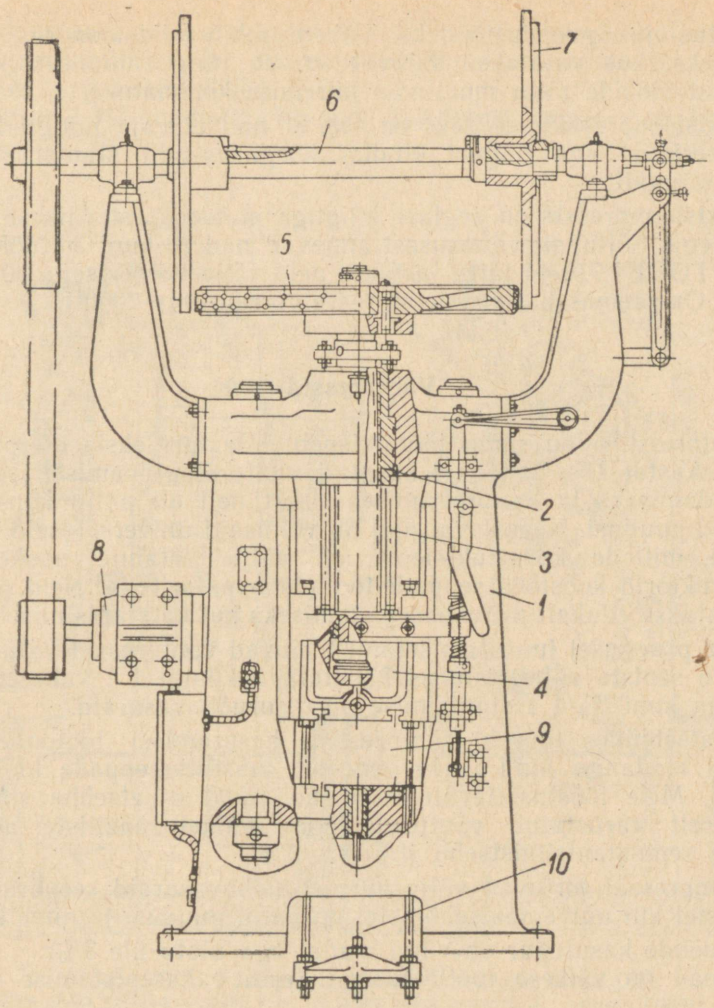
Kruviga friktsioonpressid

Kruviga friktsioonpresse kasutatakse stantsimiseks ja painutamiseks.

Joonisel 251 kujutatud friktsioonpress on järgmise ehitusega. Pressi korpusesse *1* on kinnitatud täisnurkse keermega mutter *2*; läbi selle mutri käib kruvi *3*, mis oma alumise otsaga on kinnitatud liuguri *4* külge, kuna kruvi ülemisel otsal istub hooratas *5*. Hooratta kohal asetseb horisontaalne veovõll *6*, mis on varustatud kahe kettaga *7*. Ketastevaheline kaugus on veidi suurem hooratta läbimõõdust. Seepärast, kui üks ketas puutub kokku hoorattaga, jääb teine ketas sellest veidi eemale.



Joon. 250. Õgvenduspress.



Joon. 251. Kahe kettaga friktsioonpress:
1 — korpus; *2* — mutter; *3* — kruvi; *4* — liugur; *5* — hooratas; *6* — võll; *7* — kettad; *8* — elektrimootor; *9* — töölaud; *10* — väljatõukaja [31].

Surudes vastu hooratast ühte või teist ketast, on võimalik panna kruvi pöörlema ühes või teises suunas. Pressi liugur seejuures kas tõuseb või laskub. Veovõlli *6* koos ketastega nihutab vasakule ja paremale hoobade süsteem, mis saab liikumise käepidemelt või pedaalilt. Kruvi pöörlemise kiirus allalaskumisel üha suureneb. Seepärast ei ole friktsioonpressi surve nii sujuv kui ekstsenter- või väntpressidel, vaid teostub löögina.

See friktsioonpressi omadus võimaldab teda edukalt kasutada

painutus- ja õgvendustöödeks. Vähem sobib friktsioonpress tõmbamiseks, kus vajatakse sujuvat survet, ning raiumiseks, kuna stantsid löökide tõttu muutuvad kiiremini kõlbmatuks.

Friktsioonpresside eeliseks on see, et nad ei vaja mingit käigu reguleerimist ega liuguri kindlat kõrgusasendit stantsi suurusest sõltuvalt.

Friktsioonpressid on aeglase käiguga ja seepärast väikese tootlikkusega. Sõltuvalt võimsusest annavad nad 10 kuni 30 lööki minutis. ГОСТ-i 713-41 järgi lastakse neid välja võimsusega 30 kuni 500 t. On olemas ka friktsioonpresse võimsusega 2000 t.

Väntpressid

Väntpressidel on sama töötamispõhimõte mis ekstsenterpressidelgi. Aastat 15—20 tagasi kasutati väntpresse peamiselt sepiste õgvendamiseks ja kalibreerimiseks, sest neil oli palju konstruktiivseid puudusi. Käesoleval ajal on võimsaid universaalseid väntpresse, millede konstruktsiooni on välja töötanud nõukogude konstruktorid koostöös seppade-tootmisnovaatoritega. Neid presse kasutatakse edukalt nii vabasepistamiseks kui ka stantsimiseks.

Juba praegusel juurutamisetapil tõrjuvad väntpressid välja kergemate sepiste valmistamisel kasutatavaid kuni 1 t vabasepistamise ja kuni 3—4 t stantsimise auru-suruõhuvasaraid.

Sepatsehhides tõuseb väntpresside kasutamisel töötootlikkus, alaneb toodangu hind ja kergenevad suuresti seppade töötingimused. Meie tööstusettevõtetes leidub nüüd sepatsehhe, mis on peamiselt varustatud väntpressidega (väikelitraažiliste autode tehase sepa-stantsimistsehh jt.).

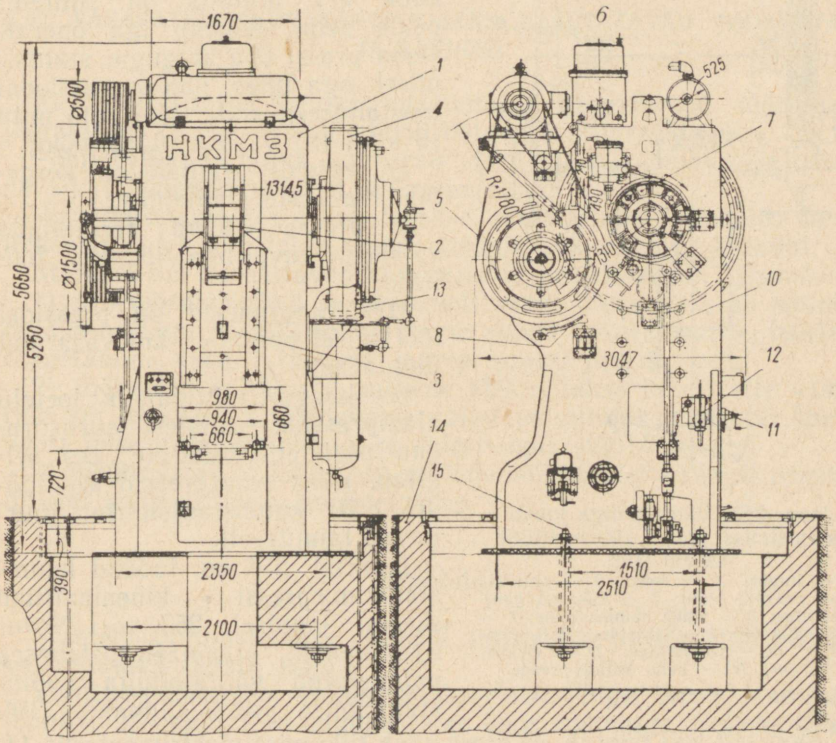
Ajampressid tõrjuvad välja auru-suruõhuvasaraid seepärast, et viimastel kui universaalseadmetel on palju puudusi ja nimelt:

1) nende kasutegur on väga madal ega ulatu üle 3%;
2) nad on väikese tootlikkusega (eriti vabasepistamise vasarad);
3) töötamisel nõuavad nad seppadelt suurt füüsilist pingutust;
4) nende teenindamiseks on tarvis kõrge kvalifikatsiooniga töölisi;
5) nende ülesseadmiseks on tarvis kogukaid ja kallihinnalisi vundamente;
6) nad võtavad enda alla palju tootmispindala ja nende jaoks vajatakse kõrgeid hooneid;
7) löökidega tekitavad nad pinnase põrutusi, mis mõjuvad kahjulikult tsehhide hoonetele ja lähedalolevatele seadmetele;
8) nendel töötamiseks vajatakse auru või suruõhku, mille saamiseks on tarvis vastavalt kas katlamaja või kompressorjaama;
9) auru või suruõhu juurdejuhtimiseks on tarvis kallihinnalisi auru- või suruõhutorustikke;

10) nendel vasaratel kulub sepiste valmistamiseks palju metalli.

Ajam-väntpressidel on auru-suruõhu- ja ajamvasaratega võrreldes järgmised eelised:

1) neid iseloomustab kõrgem kasutegur, mis ulatub ligikaudu 60%;

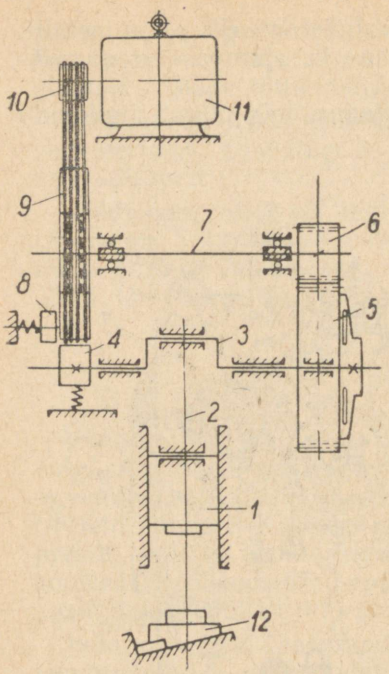


Joon. 252. Väntajamiga kuumstantsimise press [19]:
1 — ühes tükis valatud korpus; *2* — ekstsentertüüpi peavõll; *3* — pressi liugur; *4* — suur hammasratas; *5* — hooratas; *6* — pneumaatiline seade liuguri *3* tasakaalustamiseks; *7* — piduritrummel; *8* — abipidur; *9* — pressi töölaud koos kahekiilulise plaadiga; *10* — alumine väljatõukaja; *11* — pneumaatiline juhtimine; *12* — tsentraalse õlitamise pump; *13* — suure hammasratta kest; *14* — pressi vundament; *15* — ankrupoldid; *16* — elektriaparatuur pressi juhtimiseks.

2) nende ülesseadmiseks vajatakse vähem tootmispindala ja väiksema kõrgusega hooneid;

3) neid on võimalik üles seada väiksematele vundamentidele, sest pinni surve ei kandu edasi vundamendile, vaid selle võtab vastu pressi korpus;

4) löökide puudumise tõttu ei tekita nad pinnase põrutusi ning neid võib üles seada igasuguste seadmete, isegi tööpinkide vahel, mis on masstootmisel eriti tähtis vooltootmise organiseerimiseks;



Joon. 253. Väntajamiga kuumstantsimise pressi kinemaatiline skeem [19]:
1 — liugur; *2* — keps; *3* — peavõll; *4* — peavõlli pidur; *5* — siduriga hammasratas; *6* — väike hammasratas; *7* — vastuvõtuvõll; *8* — abipidur; *9* — hooratas; *10* — rihmaratas; *11* — elektrimootor; *12* — kahe kiiluga seade.

5) presside toitmiseks ei ole tarvis kallihinnalisi katlamaju, kompressorjaamu ega torustikke;

6) väntpressid on suurema tootlikkusega kui sepistamis- või stantsimisvasarad, sest nende käikude arv minutis on suurem; peale selle teostub iga operatsioon pressi ühe käiguga; stantsimisel aga tuleb ühe operatsiooni teostamiseks anda toorikule mitu (3 kuni 15) vasara pinni lööki;

7) presside stantsid on kergemad vasarate stantsidest;

8) presse võivad teenindada väiksema kvalifikatsiooniga töölised;

9) töötingimused on pressidel töötamisel paremad kui vasaratel töötamisel.

See kaugelt mittetäielik loetelu ajampresside eelistest aurusurutõhu sepistamisvasarate ees selgitab, miks väntpressid sepatöödel, eriti kuumstantsimisel, juurduvad laialdaselt.

Joonisel 253 on toodud kuumstantsimispressi kinemaatiline skeem, joonisel 252 — Novo-Kramatorski Masinaehitustehases valmistatud väntajamiga kuumstantsimise pressi üldvaade [19].

Jooniselt 253 nähtub, et press saab liikumise elektrimootorilt *11*, mille rihmarattalt *10* antakse pöörlemine kiilrihmülekande abil hoorattale *9*. Hooratas *9* istub vastuvõtuvõllil *7*. Hooratas on varustatud friktsioon-kaitseseadmega, mis piirab vastuvõtuvõllile edasiantavat pöördemomenti. Abipidur *8* on ette nähtud hooratta *9*, vastuvõtuvõlli *7* ja suure hammasratta peatamiseks. Pidur *8* lülitatakse automaatselt sisse pärast mootori *11* väljalülitamist. Peavõll *3* saab liikumise hammasratastelt *6* ja *5*. Võlli *3* vasakul otsal on pidur *4*, mis on ette nähtud peavõlli *3*, kepsu *2* ja liuguri *1* peatamiseks. Pidur *4* lülitatakse sisse pärast mootori seismajäämist. Pressi liugur *1* liigub korpuse juhtpindade vahel, saades liikumise kepsu *2* kaudu peavõllilt *3*. Kahe kiiluga seade *12* on ette nähtud pressi kinnise kõrguse reguleerimiseks.

Käesoleva ajani on tootmisse juurutatud väntpresse võimsusega kuni 4000 t. On käimas tööd võimsamate, kuni 6000—10 000 t survega presside konstrueerimiseks ja tootmisse juurutamiseks.

Et auru-suruõhu sepistamisvasara võimsust ümber arvutada pressi samaväärsele survele, võib kasutada järgmist seaduspärasust: stantsimisvasara võimsuse tonn vastab pressi survele 1000 t. Nii näiteks võib 4 t võimsusega stantsimisvasarat asendada 4000 t survet arendava väntpressiga.

§ 90. VASARATEL KUUMSTANTSIMISEKS KASUTATAVAD TÖÖRIISTAD JA RAKISED

Kuumstantsimisel ja vabasepistamisel kasutatavad tööriistad jaotatakse: 1) põhi- ja 2) abitööriistadeks ning rakisteks.

Põhitööriistade hulka kuuluvad stantsid, mis omakorda jagunevad: 1) vormimis- ja 2) lõikestantsideks.

Vormimisstantsides valmistatakse (stantsitakse) tooteid, kuna lõikestantsides lõigatakse maha stantsimisel tekkinud kraadid.

Stantsimisel kasutatavad abitööriistad ja rakised on järgmised:

1) transpordiabinõud ja -seadmed; nende ülesandeks on metalli laadimine ahju, metalli toimetamine ahjust vasara juurde, tooriku toimetamine vasara (pressi) juurest pressi juurde jne.;

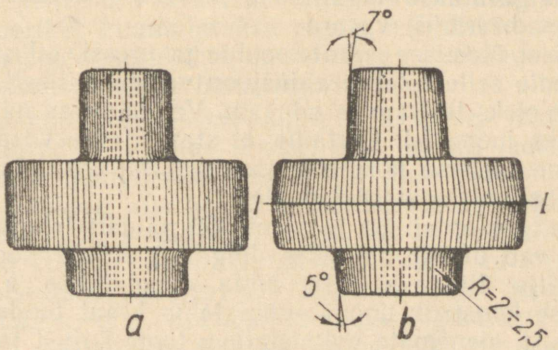
2) tööriistad ja rakised, millede abil antakse toorik ette vasarale või pressile ja stantsimise vältel paigutatakse stantsi ühest vaost teise ning eemaldatakse valmissepis stantsist;

3) mõõteriistad ja šabloonid, millede abil stantsitud sepis perioodiliselt kontrollitakse (mõõdetakse).

Stantsid

Stantsideks nimetatakse pinnisid, milledesse on lõigatud nendes valmistatava detaili kuju.

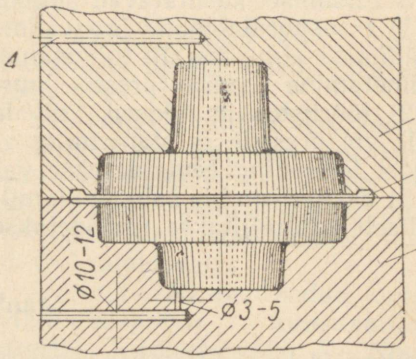
Vaatleme stantside ehitust konkreetselt. Olgu tarvis stantsida joonisel 254 kujutatud hammasratas koos rummuga. Selleks tuleb



Joon. 254. Hammasratta sepis:
a — hammasratta tooriku joonis; *b* — stantsimise teel valmistatava hammasratta sepise joonis (*I* — *I* stantsi eraldusjoon).

kõigepealt valmistada stants. Hammasratast niisugusel kujul, nagu see on näidatud joonisel 254, *a*, pole võimalik stantsimisel saada. Valmis hammasratta kuju pärast stantsimist on selline, nagu joonisel 254, *b*. Sepise kuju selline erinevus joonisest on seletatav kõigepealt sellega, et stantsi siseseinu ei valmistata kunagi vertikaalsetena, sest vastasel korral jääks detail stantsimisel stantsi sisse kinni ja teda oleks sealt raske kätte saada. Siseseinu ei valmistata vertikaalsetena ka seepärast, et metall täidab halvasti kõrgete vertikaalsete seintega stantse. Seepärast valmistatakse vertikaalseintega stantsid stantsimiskaldega, mis stantsi alumisel poolel on 5°, ülemisel poolel aga 7°. Teiseks on sepise kuju muutumine tingitud sellest, et kõik teravad nurgad stantsil (järelikult aga ka stantsitaval detailil) ümardatakse. Sõltuvalt stantsi väljalõike sügavusest kõigub ümardusraadius 2 kuni 25 mm piirides.

Pärast detaili joonise parandamist lahendatakse küsimus, kumb detaili osa peab jääma stantsi ülemise ja kumb alumise poole sisse. On tarvis kindlaks määrata, nagu öeldakse, stantsi eraldusjoon (-pind). Eraldusjoonte valik sõltub peamiselt detaili kujust kui ka metalli võimest täita stantsi sisse lõigatud õõsi (vagusid). Vasara all detaili stantsimisel voolab metall alumisse stantsipoolde halvemini kui ülemisse, kuna pressi all stantsimisel voolab metall vastupidiselt halvemini ülemisse stantsipoolde. Seepärast paigutatakse detaili kõrgemad osad (ribid) vasara all stantsimisel ülemisse stantsipoolde ja pressi all stantsimisel alumisse. Peale selle tuleb eraldusjoon valida selliselt, et stantsi valmistamine oleks lihtsam ja odavam. Vaadeldavas näites valime eraldusjooneks joone I-I. Oletame, et stantsitakse vasara all. Sel juhul asetame ülemise kõrgema osa ülemisse stantsipoolde, alumise aga — alumisse stantsipoolde.



Joon. 255. Stants hammasratta valmistamiseks:
1 — stantsi ülemine pool; *2* — stantsi alumine pool; *3* — vagu kraadi jaoks; *4* — õhuauk.

Hammasratta stantsil on joonisel 255 näidatud kuju. Jooniselt on näha, et vao ümber on välja lõigatud eriline soon *3*, kuhu surutakse välja liigne metall, mida nimetatakse kraadiks. Stantsi sellise konstruktsiooni puhul tekib kraat toodete stantsimisel alati, s. t. olenemata valmistatava toote kujust ja sepa soovist. Isegi kui võtaksime tooriku, mille kaal võrdub sepise kaaluga, siis selgi juhul tekib detaili stantsimisel ikkagi kraat, kuigi detailile metalli ei jätku ja detail läheb praaki. Kraat tekib nii-

sugusel juhul seepärast, et metall voolab eelkõige väikseima takistuse suunas. Niikaua kui stantsi ülemine ja alumine pool ei ole kokku läinud, on metallil kergem külgedele väljuda kui stantsi vagusid täita. Seepärast nähakse stantsimistooriku mahu ja kaalu arvutamisel alati ette kraatide tekkimiseks tarvilik metallivaru. Stantsitava detaili kujust, suurusest ja kaalust sõltuvalt moodustab kraadiks antav varu 10 kuni 200% stantsitava detaili kaalust. Seejuures on kraadiks antav varu seda suurem, mida väiksem on stantsitava detaili kaal. Stantsi vaost väljuv kraat asetseb ringi ümber toote ja kui stants valmistada kraadisooneta, siis ei saa stantsi ülemine ja alumine pool tihedalt kokku minna ja detaili kõrgus ei vasta stantsi vao kõrgusele. Et seda vältida, lõigatakse ringi ümber stantsi kraadisoon. Niisuguse soone olemasolul täidab neid kraat ning ülemine ja alumine stantsipool saavad stantsimise lõpul kokku minna.

Stantsimise vältel, kui ülemine ja alumine stantsipool ei ole veel kokku läinud, s. t. kui ülemine stantsipool alles surub kuumutatud toorikut, tekib tume heli. Hetkel aga, kui detaili stantsimine on lõppenud ja mõlemad stantsipooled puutuvad kokku, löövad nad teineteise vastu heleda metalse kõlaga, mille järgi sepp teab, et stantsimine on lõppenud.

Vaost õhukese kihina väljuv kraat jahtub kiiremini kui stantsitava tooriku põhimass. Jahtumisel selle tugevus suureneb, voolavus aga halveneb, metalli voolamine vaost kraadisoonde aeglustub ja metall täidab paremini stantsi ööne.

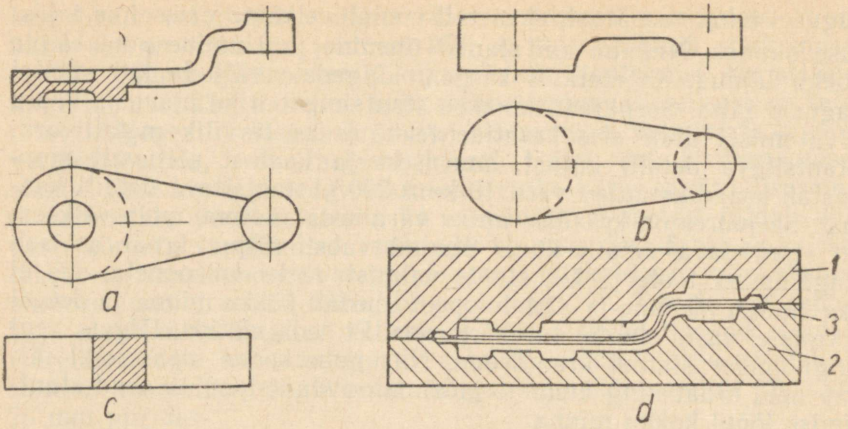
Sügavates stantsides ei täida toorik pärast teistkordset kuumutamist stantsi täielikult. Tooriku ja stantsi põhja vahele jääb õhukiht, mis paisub kuumenemisel ja mõjub löögi puhul puhvrina, paisates sepise stantsist välja. Selleks et toorikut ei paisataks stantsist välja, puuritakse õhu väljapääsemiseks stantsi sisse augud (vt. joon. 255).

Vaadeldud hammasratta stantsimise näites ei ole toorikut eelnevalt vaja sepistada. Varvast mahalõigatud ümmargust või neljakandilist toorikut kuumutatakse ahjus, asetatakse see püsti alumise stantsipoole keskkohta ja ülemise stantsipoole mõne löögiga stantsitakse sellest hammasratas.

Teisiti toimub keerulisema kujuga detailide, näiteks joonisel 256, *a* kujutatud hoova stantsimine. Selle detaili jaoks kasutatava tooriku kuju on näidatud joonisel 256, *b*. Kui asetada selline toorik kohe stantsi vaosse, siis hooba ei saada: metall hakkab voolama väikseima takistuse suundades, täidab stantsi keskmise osa, annab väga suured kraadid, kuid stantsi nurgad ei täitu metalliga. Seepärast sepistatakse kõigepealt lähtematerjalist joonisel 256, *c* kujutatud toorik, s. t. antakse toorikule ligikaudne hoova kuju ja alles siis stantsitakse stantsis (joon. 256, *d*) toorikust hoob.

Kui tooriku stantsimisel tekib kraat, siis sellist stantsimise viisi nimetatakse lahtistes stantsides (joon. 255, 256) stantsimiseks.

Stantsimist toimetatakse ka kinnistes stantsides. Kinnistes



Joon. 256. Hoova stantsimine:
a — hoova joonis; *c* — toorik sepistamiseks; *b* — sepistatud toorik; *d* — stants; *1* — stantsi ülemine pool; *2* — stantsi alumine pool; *3* — vagu kraadi jaoks.

stantsides stantsimisel, kui sepise jaoks vajatava metalli maht on õigesti arvutatud, kraati ei teki.

Stantsimine lahtistes stantsides on rohkem levinud kui kinnistes. Kinnistes stantsides stantsitakse detaile, mille kaal on kuni 150—200 kg.

Lahtistes stantsides stantsitakse detaile kaaluga kuni 1 t. Lahtistes stantsides stantsitakse vasaratel ja pressidel, kinnistes stantsides aga ainult pressidel ja horisontaal-sepistamismasinatel.

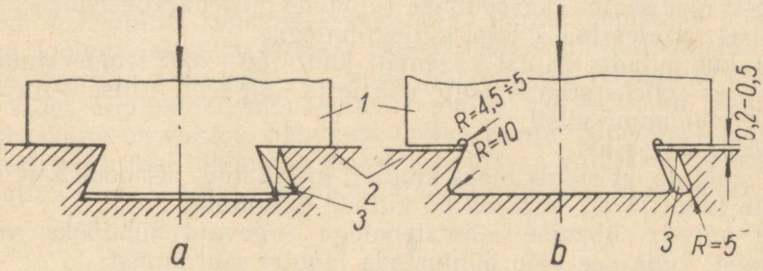
Joonisel 256 kujutatud hoova stantsimise näites sepistati stantsimistoorikut sepavasara all. Võib aga ka teisiti toimida: stantsida algul toorikut niinimetatud eelstantsis, siis aga see üle anda lõplikule stantsimisele viimistlusstantsis. Toodud näidetes (joon. 255, 256) stantsiti tooteid ühe vaoga stantsides, s. t. niisugustes, milledesse on lõigatud ainult üks vagu. On olemas ka mitme vaoga stantse, s. t. niisuguseid, milledesse on lõigatud mitu kuju. Mitme vaoga stantsidel valmistatakse kahte liiki vagusid: 1) eelvaod toote ettevalmistamiseks enne lõplikku stantsimist; 2) stantsimisvaod lõplikuks stantsimiseks. Eelvaod jaotatakse omakorda ahendamis-, painutamis-, venitamis- ja rullimisvagudeks. Ahendamisvagu kasutatakse stantsimisel nendel juhtudel, kui on tarvis ahendada toorikut nendes kohtades, kus toote ristlõige peab olema tooriku ristlõikest väiksem. Painutamisvagu kasutatakse painutatud toodete stantsimisel. Painutusvao kuju peab vastama toote painutusele. Venitamisvagu kasutatakse juhul, kui on tarvis toorikut osaliselt venitada, näiteks venitada tooriku saba selleks, et seda oleks hõlpsam pihtidesse haarata. Rullimisvagu on ette nähtud paksemate kohtadega toodete stantsimiseks.

Stantsimisvaod jaotatakse mustadeks ja puhasteks.

Ühte puhast vagu kasutatakse mittekeeruliste, ilma suuremate astmeteta, ribideta ja teravate nurkadeta detailide stantsimiseks. Ühe puhta stantsimisvaoga stantsi suunatakse toorik otse eelvagudest ja puhasvaos antakse temale lõplikud mõõted.

Musta stantsimisvagu kasutatakse sepisele ligikaudse (esialgse) kuju andmiseks, kusjuures selles vaos tekib kraat. Enne tooriku edasisuunamist puhtasse vakku eemaldatakse kraat.

Ühe puhta vaoga stantside kasutamine ei ole soovitav, kuna nad kiiresti kuluvad (muudavad oma mõõteid) ja muutuvad kõlbma-



Joon. 257. Sabade konstruktsioon ja stantsi kinnitus:
a — saba ja stantsi kinnituse väär konstruktsioon (nurgad ümardamata); *b* — saba ja stantsi kinnituse õige konstruktsioon (nurgad ümardatud); *1* — stants; *2* — stantsi alus; *3* — kiil.

tuks. Igal juhul on isegi mittekeeruliste sepiste valmistamisel parem sepist enne puhast (lõpp-) vagu stantsida eel- (mustas) vaos.

Stantside kinnitamiseks on kasutusel sabad (kalasaba) ja kiilunuudid (joon. 257). Stantsi sabad käivad vasarapea nuutidesse (ülemine pool) ja stantsihoidja nuutidesse (alumine pool) ning kinnitatakse sinna kiiludega *3*. Kiil *3* peab olema valmistatud selliselt, et ta käiks vastu saba kogu tasapinnaga (joon. 257, *b*). Stantsihoidja ja vasarapea nuudid koos kiiludega hoiavad ära stantsi liikumise ristsuunas. Tema pikisuunas liikumise vältimiseks kasutatakse tõkestusklotse.

Stantside hooldamine

Stantsid on väga kallid: üks stants võib maksta kuni 10 000 rubla ja mõnikord isegi üle selle. Et stants tasuks ära tema valmistamiseks tehtud kulutused, peab ta võimaldama stantsida palju detaile ning olema selleks suure püsivusega. Õige hooldamine on tähtsamaid abinõusid stantsi püsivuse tõstmiseks. Alljärgnevalt tuuakse stantside hooldamise põhireeglid.

Enne töö alustamist:

1) stants üle vaadata, et sellel ei leidu vigastusi, pragusid või mõlke; kõikidest riketest teatada meistrile;

2) stants seada üles täpselt ülesseadmise nurgiku või märkjoonte järgi, luku olemasolul aga kontrollida, et stantsipooled vasarapea allalaskumisel sulguksid vabalt;

3) jälgida, et stants toetuks õigesti, mitte panna saba alla vahelehti, vältida stantsi toetumist rantidele (joon. 257, *a*), kuna see põhjustab stantsi murdumist;

4) stants kindlalt kinnitada, kiilud suurvasaraga tugevasti sisse lüüa;

5) kontrollida märkjoonte järgi või nurgikutega, kas stants on õigesti üles seatud, kaardumise (pindade mitteparalleelsuse) avastamisel reguleerida stantsi küljekiiludega;

6) kuumutada stantsi vähemalt kuni 150—200° temperatuurini, asetades selleks stantsipoolte vahele ja külgedele tuliseid metallitükke või muul viisil.

Töötamise ajal:

1) jälgida, et stants oleks kindlalt kinnitatud, perioodiliselt (iga poole tunni järel) kontrollida kiilude pingutust;

2) vältida ülemise stantsipoolega tugevaid tühilööke vastu alumist, kuna see võib põhjustada stantsi murdumist;

3) mitte stantsida metalli, mis on jahtunud alla lubatava temperatuuri;

4) enne stantsimist puhastada kuumutatud toorikud tagist;

5) mitte lasta stantsil töötamisel kuumeneda üle 400°, tugeva kuumenemise puhul aga seda jahutada suruõhuga üle puhudes;

6) määrida stantsi enne iga detaili stantsimist;

7) stantsis väikeste pragude avastamisel töö kohe lõpetada, et praod eemaldada või kinni temmida.

Töö lõpetamisel:

1) üle puhuda stantsi peegelpind suruõhu või auruga, et eemaldada tagi ja prügi;

2) kui antud stantsis stantsimine lõpetatakse, on tarvis: a) stants vasaralt või pressilt maha võtta; b) vaod ja peegelpind narmastega puhtaks pühkida; c) vaod ja peegelpind tavotiga sisse määrida; d) stants selleks ettenähtud kohta asetada.

Stantside valmistamine

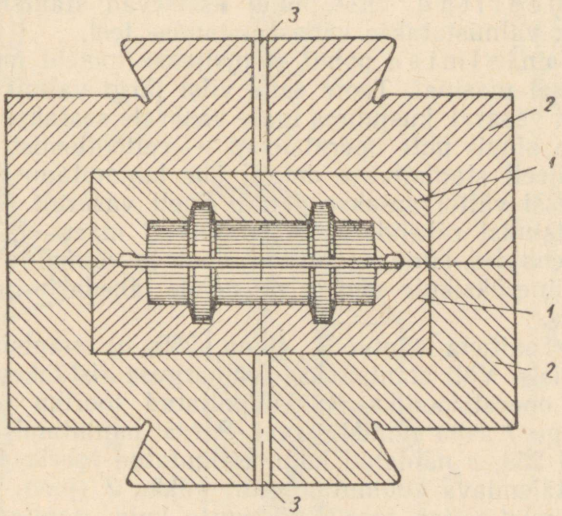
Käesoleval ajal kasutatakse malmist, valatud terasest ja sepistatud terasest stantse.

Malmstantse kasutatakse ainult väikese arvu detailide stantsimisel presside all. Malmstantside eelisteks on nende odavus ja valmistamise lihtsus. Malmstantsid aga purunevad kiiresti, eriti löökide mõjul. Valatud terasstantse kasutatakse harva, kuna valatud terase pind on tavaliselt poorne ja peale selle mehaaniliselt raskesti töödeldav. Valatud terasstantside püsivus ei ole

kuigi suur, mistõttu neid kasutatakse väiksemate detailide partiide valmistamiseks.

Süsinikterasest stantse kasutatakse samuti väiksemate partiide tootmisel. Masstootmisel kasutatakse peamiselt legeeritud terasest stantse.

Terasstantside valmistamine algab nn. kuubikute sepistamisest. Stantsiterase valuplokid surutakse pressi all üle ja sepistatakse, siis raiutakse maha valuploki ülemine osa ja lõpuks raiutakse välja nõutava suurusega kuubikud. Kuubikuid kuumutatakse ja, neid kõigist külgedest vasara või pressi all tagudes, vaheldumisi jämendatakse ja venitatakse. Niisugust sepistamise meetodit kasutatakse selleks, et metalli läbi taguda ja igas suunas ühesuguseid mehaanilisi omadusi saavutada. Pärast sepistamist kuubikud lõõmutatakse ja antakse mehaanikatsehhi töötlemiseks höövel-, trei- ja freespinkidel. Vaod töödeldakse tehaste stantsitöökodades eripinkidel, mis töötavad mudeli või šablooni järgi. Kui puhasvagu on valmis, pannakse mõlemad stantsipooled kokku selliselt, nagu nad töötamisel peavad olema, ja valatakse puhasvagu seatina täis. Saadud seatinast valandit mõõdetakse ja seega kont-



Joon. 258. Plokkstants:
1 — sissepandav stants; *2* — plokid; *3* — augud sissepandavate stantside väljalöömiseks.

rollitakse, kas vagu on õigesti valmistatud. Lõplikult kontrollitakse stantsi vasaral või pressil proovitoodete stantsimisega. Pärast stantside mehaanilist töötlemist toimub nende termiline töötlemine — karastamine ja noolutamine. Pärast stantside termilist töötlemist lihvitakse nende tööpinnad ja vaod.

Kirjeldatud stantside valmistamise viis on liiga töömahukas ega ole kohane masstootmiseks. Seepärast minnakse nüüd üle niinimetatud plokkstantside valmistamisele, mis on suurema püsivusega ja odavamad kui mehaanilise töötlemisega valmistatud stantsid.

Stants *1* (joon. 258) on ise väike ja ta asetatakse stantsiplokki *2* sisse.

Plokkstantside valmistamine võimaldab kokku hoida kallist legeeritud terast, kuna sellest valmistatakse ainult sissepandav stants, ümbritsev plokk aga valmistatakse odavamast süsinikterasest. Sissepandavaid stantse saab nende kulumisel hõlpsalt ja kiiresti vahetada, kuna stantsiplokk jääb endiseks.

§ 91. STANTSIMISVIISID

On olemas kolm kuumstantsimise viisi: mitme vaoga stantsis stantsimine, kombineeritud ja voolstantsimine.

Mitme vaoga stantsis stantsimisel toimub kogu stantsimise operatsioon ühe ja sama vasara all.

Kombineeritud viisi puhul asetsevad stantsis lõppvaod, kuna toorik valmistatakse vabasepistamise teel.

Voolstantsimise puhul stantsitakse tooteid mitmes stantsis ja mitmel masinal. Toote selle viisi järgi valmistamiseks on tarvis mitut vasarat, kusjuures igale vasarale seatakse üles stants, mis teostab ainult ühte operatsiooni — eeltöötlemist või stantsimist. Tavaliselt stantsitakse detaili ühe kuumutamisega; valmistamisprotsessi vältel antakse detaili ühelt vasaralt teisele edasi.

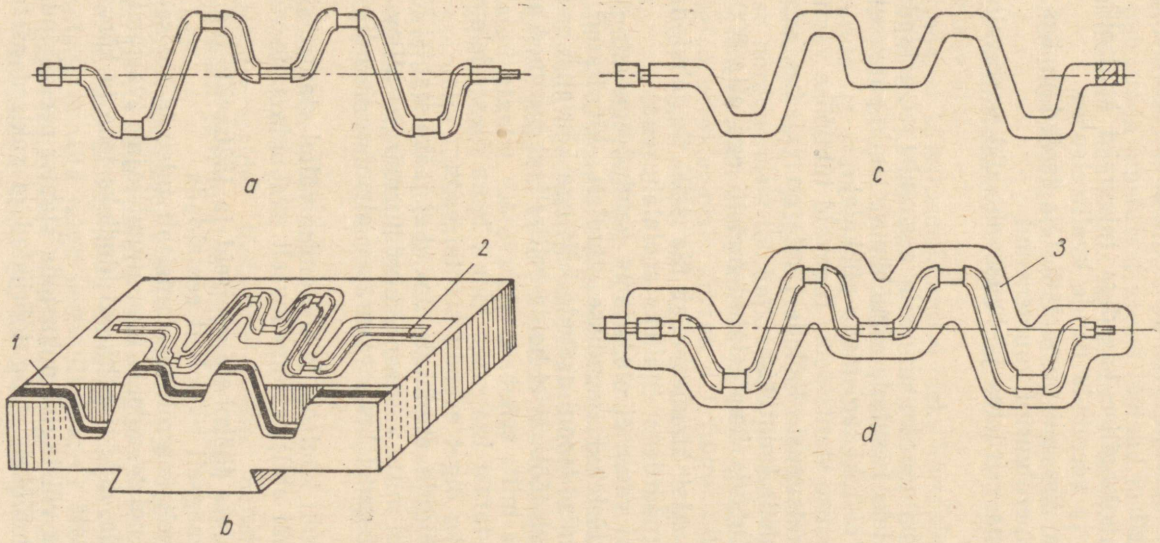
Voolstantsimist rakendatakse laialdaselt mass- ja suurseeriatootmise tsehhides, kuna see on tootlikum ja võimaldab organiseerida vooluliine üksikute sepiste või nende lähedaste gruppide valmistamiseks.

Vaatleme näitena väntvõlli (joon. 259, *a*) stantsimist mitme vaoga stantsis. Võll stantsitakse ümmarguse ristlõikega toorikust. Esimeseks operatsiooniks on kuumutatud tooriku painutamine. Painutusvagu *1* asub stantsi serval. Pärast painutamist võtab toorik joonisel 259, *c* näidatud kuju. Painutatud toorik paigutatakse siis (ilma täiendava kuumutamiseta) vakku *2* (joon. 259, *b*). Pärast stantsimist võtab toorik niisuguse kuju, nagu on näidatud joonisel 259, *d*. Lõpuks eemaldatakse kraat teisel pressil lõikestantsis ja võlli sepis võtab oma lõpliku kuju (joon. 259, *a*).

§ 92. TÖÖKOHA ORGANISEERIMINE JA OHUTUSTEHNIKA REEGLID STANTSIMISVASARATEL TÖÖTAMISEL

Stantsimisvasaratel töötamisel tuleb täita järgmisi ohutustehnika põhireegleid. Enne töö alustamist:

1. Kontrollida, kas seadmed on korras, kas on olemas määret;



Joon. 259. Väntvõlli stantsimine:

a — väntvõlli joonis; *b* — stantsi alumine pool; *c* — toorik pärast painutamist; *d* — võlli sepis pärast stantsimist; *1* — painutamisvagu; *2* — lõppvagu; *3* — kraat pärast stantsimist.

üle vaadata stants, puhastada see tagist ja soojendada stants ning vars temperatuurini 100—200° C.

2. Valida tarvilikud tööriistad (pihid, suurvasarad jne.).

3. Kontrollida suruõhu etteandmist, samuti määrde olemasolu ja selle kvaliteeti.

4. Pärast tehnoloogilise kaardiga tutvumist kontrollida toorikute olemasolu ja veenduda nende kvaliteetsuses.

5. Kontrollida, kas ahi on metalli täis laotud ja kas toorikud on nõutava temperatuurini kuumenenud.

6. Selga panna eririietus ja kaitsevahendid vastavalt kehtivatele nõuetele.

Töötamise ajal:

1. Enne kuuma tooriku stantsile asetamist eemaldada stantsi õõnest tagi (selleks kasutada suruõhku või selle puudumisel kaseluuda; kindaga ei tohi tagi maha pühkida).

2. Vältida ülemise stantsipoole tugevaid tühilööke vastu alumist poolt, kui aga niisuguste löökide järele on vajadus, siis asetada stantsipoolte vahele lauatükid.

3. Ei tohi stantsida ülepõletatud metalli ega alla 800—750° C jahtunud metalli.

4. Vältida stantsi kuumenemist üle 400° C; jahutada stantsi suruõhuga või määrdega (näiteks soolalahusega).

5. Niikaua kui vasar ei ole seisma pandud ega aur suletud ja vasarapea ülestõstetud asendisse kindlalt kinnitatud, ei tohi vasarapea liikumise tsooni asetada kätt ega kõrvalisi esemeid.

6. Pihtisid tuleb töötamisel hoida selliselt, et pidemed asetseksid keha kõrval, aga mitte ees.

7. Kasutada stantsi iga vagu ainult tema ülesandele vastavalt ja jälgida tooriku õiget asendit stantsi vaos.

8. Hoolikalt jälgida, et pihtide mokad ei jääks stantsi löögi alla.

9. Mingil juhul mitte vasarapead hoiatusmärgist allapoole lasta.

10. Töö vaheaegadel lasta vasarapea alumisse asendisse ja sulgeda aur.

11. Perioodiliselt kontrollida töötamise vältel stantsi alusplaadi asendit (vesiloodi abil), et õigeaegselt avastada selle võimalikku kaardumist.

12. Mitte kuhjata töökohale sepiseid ja jäätmeid; laduda need taarasse ja õigeaegselt töökohalt eemaldada.

13. Perioodiliselt kontrollida stantsi alt tulevaid sepiseid: defektide, nagu kaardumiste, aukude, ülemuljumiste jne. avastamisel stantsimine katkestada, defekti põhjused kindlaks teha ja kõrvaldada.

Töö lõpetamisel:

1. Üle puhuda või tagist puhastada stantsi peegelpind.

2. Korrastada töökoht ning tööriistad ja rakised asetada oma kohale.

3. Kui stantsil töötamist ei jätkata, siis stants maha võtta, puhastada, vaod ja peegelpind tavotiga sisse määrida ja toimetada hoiukohale.

Enne töö alustamist:

1. Kontrollida, kas seadmed on korras ja kas on olemas määret; ühtlasi puhastada mustusest pressi töölaud ja liugur.

2. Kontrollida, kas stants on korras ja kindlalt kinnitatud pressile.

3. Kontrollida toorikute olemasolu ja veenduda nende kvaliteetsuses.

4. Ette valmistada tarvilikud tööriistad ja rakised.

Töötamise ajal:

1. Jälgida, et käivitusmehhanism oleks korras; selle väikseimagi rikke puhul töö katkestada ja teatada brigadirile.

2. Kasutada stantsi ainult selleks, milleks ta on määratud.

3. Vältida, et stantsipoolte vahele ei satuks kõrvalisi metallitükke.

4. Töötamise ajal jälgida, et stants oleks kindlalt kinnitatud; kinnituse nõrgenemisel töö katkestada ja teatada brigadirile.

5. Jälgida, et rihm oleks korras ja hästi pingul.

6. Jälgida, et pidur oleks korras, s. t. liugur peatuks kohe pärast lööki; piduri rikke puhul töö kohe katkestada ja sellest brigadirile teatada.

7. Jälgida, et pressi osad oleksid määritud.

8. Mitte jätta pressi töölauale stantsitud detaile ega jäätmeid, vaid paigutada need selleks ettenähtud kohale.

9. Pidevalt jälgida, et enne pressi sisselülitamist käed oleksid eemaldatud stantsi töötavatelt osadelt.

Töö lõpetamisel:

1. Press välja lülitada.

2. Koristada tööriistad, rakised, stantsitud detailid ja mahalõiked selleks ettenähtud kohtadesse.

3. Puhastada mustusest pressi osad ja need narmastega üle pühkida.

4. Stants sisse määrida.

5. Töökoht korrastada.

Stantsimispressidel töötamisel tekib õnnetusjuhtumeid, kui stantsija käed jäävad stantsi vahele. Käed võivad stantsi vahele jääda, kui:

a) detaili pannakse stantsi sisse või võetakse välja kätega (seda on tarvis teha vastava tööriistaga: pintsetiga, vardaga jne.); b) press lülitub kinnijäänud detailide väljavõtmisel uuesti sisse, kui stantsija ei võta jalga pedaalilt ära; c) töötatakse ilma kaitseta; d) press lülitatakse juhuslikult sisse kõrvalise isiku poolt või pedaalile kukkunud esemega, kui pedaalil puudub eriline kaitsekate.

Stantsija tööohutust võivad kindlustada järgmised abinõud:

1) ratsionaalse konstruktsiooniga presside kasutamine;

2) rakiste kasutamine toorikute ohutuks sissepanemiseks või

edasitõstmiseks ja detaili väljavõtmiseks, kui pressil puuduvad kaitseseadmed; niisugusteks rakisteks on konks või varras kinnijäänud detailide väljavõtmiseks, pihid või pintsett detailide sissepanemiseks või väljavõtmiseks jne.;

3) tööohutuse seisukohalt kõige täiuslikuma konstruktsiooniga stantside kasutamine;

4) töökoha ratsionaalne organiseerimine; ohutuse kindlustamiseks on tarvis töötamisel kinni pidada järgmistest tingimustest: a) kasutada mugavaid istmeid, mis vähendab väsivust; b) õigesti paigutada töökohal toorikud, valmisdetailid, jäätmed, tööriistad ja abimaterjalid; c) koristada töökohalt kõik mittetarvilikud esemed;

5) sanitaarhügieenilistest nõuetest kinnipidamine ja nimelt: a) läbikäikude vabastamine toorikutest, valmistoodetest, jäätmetest, taarast jne.; b) süstemaatiline hoolitsemine töökoha puhtuse eest — tolmu, mustuse jne. eemaldamine; c) töökoha õige valgustus; päevavalgusega ei pea olema küllaldaselt valgustatud mitte ainult press ja stants, vaid ka kõik käigud pressi ümber; kunstliku valgustuse puhul peab peale üldvalgustuse olema veel kohalik valgustus stantsijast vasakul ja tema taga; d) töötamiseks kohane eririietus;

6) töölise õigeaegne instrueerimine brigadiri poolt uue tööülesande kätteandmisel.

§ 93. STANTSIMISE TEHNOLOOGILINE PROTSESS

Vasarate all kuumstantsimise tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest operatsioonidest: 1) tooriku lõikamine; 2) tooriku kuumutamine; 3) stantsimine; 4) kraatide mahalõikamine ja 5) sepise õgvendamine.

Sellest operatsioonide järjekorrast on võimalik kinni pidada ainult siis, kui stantsitakse mitme vaoga stantsis või voolumeetodil. Juhul kui stantsimine toimub kombineeritud viisil, siis pärast teist operatsiooni (kuumutamist) sepistatakse toorikut vabasepistamise vasara all, millele järgneb uus kuumutamine ja alles seejärel stantsimine.

Kuumstantsimise toorik ja selle lõikamine

Kuumstantsimise lähtetoorikuks võib olla tavaline valtsitud sordimaterjal kui ka eriline (eritellimise järgi valmistatud) valtsmaterjal, mis on erineva ristlõike ja mõõdetega (vt. joon. 21).

Erilise valtsmaterjali kasutamine lähtetoorikuna osutub kuumstantsimisel eriti soodsaks suurseeria- ja masstootmise tingimustes. Lähtetooriku profiil (s. t. erilise valtsmaterjali profiil) vastab sel juhul sepise profiilile, mistõttu langevad ära vahepealsed operatsioonid enne lõppvaos stantsimist ja säästetakse metalli.

Viimasel ajal stantsitakse mark Ст. 3 ja 4 terasest mittevastutavaid detaile ka valatud toorikutest. Viimastele antakse tavaliselt niisugune kuju, et neid oleks võimalik kohe stantsida stantsi lõppvaos. Valatud valtsimistoorikute kasutamine võimaldab stantsida keerulise kujuga detaile, kasutamata kallihinnalisi mitme vaoga stantse.

Valatud toorikute stantsimisel valudefektid, nagu mullid, urbed jne. tavaliselt kaovad. Normaal- või eri profiiliga valtsmaterjal saabub sepatsehhi 3—8 m pikkuste varbadena.

Esimeseks operatsiooniks on sepatsehhis varbade tükeldamine nõutava pikkusega toorikuteks.

Kui seeria- ja masstootmise sepa-stantsimistsehhides toimub toorikute lõikamine tavaliselt erilistes ettevalmistusosakondades, siis üksik- ja väikeseeriatootmise sepatsehhides erilised ettevalmistusosakonnad tavaliselt puuduvad ning toorikute lõikamiseks kasutatakse sepatsehhi põhiseadmeid.

Eesrindlike sepa-stantsimistsehhide töökogemused on näidanud, et igas sepatsehhis peab nii üksik- kui ka seeriatootmise tingimustes olema ettevalmistusjaoskond või -osakond, mis osutub eriti tähtsaks tootmise organiseerimise ja metalli säästmise seisukohalt.

Ettevalmistusosakond peab olema varustatud vajalike seadmetega, kusjuures kõik operatsioonid peavad olema mehhaniseeritud. Ettevalmistusosakonna ülesannetesse ei pea kuuluma mitte ainult valtsitud lattide kindlamõõdulisteks toorikuteks tükeldamine, vaid ka järelejäävate otste väiksemale ristlõikele venitamine vasarate või presside all; pärast stantsimist või vabasepistamist järelejäävate tehnoloogiliste jäätmete ettevalmistamine nende edasiseks ärakasutamiseks teiste sepiste valmistamisel; sepistusjäätmete sorteerimine terasemarkide järgi ja rida muid töid.

Toorikute lõikamine toimub järgmisel viisil: a) kääridel lõikamine; b) külmaltmurdjates tükeldamine; c) külmalttöötavatel saagidel ja elektrisaagidel (elektromehaanilisel viisil) lõikamine; d) gaasiga lõikamine.

Kääridel lõikamine. Mass- ja suurseeriatootmise tsehhides on kõige rohkem levinud toorikute lõikamine kääridega ja tükeldamine külmaltmurdjates.

Oma konstruktsioonilt jagunevad käärid ketas-, hoob- ja giljotiinkäärideks. Kõige rohkem kasutatakse sepatsehhides giljotiinkäärisid. Need käärid töötavad väntpressi põhimõttel, mispärast neid mõnikord nimetataksegi presskäärideks.

Kääridel lõigatakse nii külmi kui ka kuumi toorikuid. Käesoleval ajal lastakse välja presskääre, mis lõikavad toorikuid ristlõikega kuni 300×300 mm.

Presskäärid on tootlikud seadmed, kuna igal käigul toimub tooriku lõikamine. Ühe minuti vältel teevad presskäärid 3 kuni 22 käiku, seejuures, mida suurem on lõigatava materjali ristlõige, seda väiksem on kääride käikude arv. Kääridega on võimalik lõi-

gata toorikuid ka profiilmaterjalist, kuid selleks on tarvis kasutada eri rakiseid ja nuge.

Külma metalli lõikamisel tekivad lõikekohas suured pinged ja võivad tekkida praod. Seepärast, kui lõigatakse kõrge süsinikusisaldusega ja legeeritud terasest toorikuid, kuumutatakse viimaseid enne lõikamist kuni temperatuurini 350—700° C; mida kõrgem on kuumutustemperatuur, seda vähem tuleb kulutada energiat lõikamiseks.

Vähese ja keskmise süsinikusisaldusega pehmeid teraseid ristlõikega kuni 200×200 mm lõigatakse tavaliselt külmalt. Kääridel lõikamisel saadakse toorikute otspinnad ebatasased, kusjuures ebatasasus on seda suurem, mida suurem on tooriku ristlõige ja mida kõrgem on metalli kuumutustemperatuur. Seepärast sõltub temperatuur, milleni metalli enne lõikamist kuumutatakse, terase margist ja järgnevast stantsimise viisist.

Püsti asetatava tooriku stantsimisel peab lõige olema võimalikult tasane ja sirge. Seda ei ole alati võimalik saavutada, eriti kõrgelt legeeritud ja kõrge süsinikusisaldusega teraste lõikamisel, kuna lõike kohal pragude tekkimise vältimiseks on toorikut tarvis kõrgema temperatuurini (kuni 700—800 ja isegi kuni 1000° C) kuumutada ja sellise kõrge kuumutamise puhul pole võimalik saada kääride abil sirget lõiget. Seepärast tuleb niisugustel juhtudel kasutada teistsugust lõikamisviisi, näiteks elektrilist, külmaltlõikavatel saagidel jne.

Toorikute lõikamist (raiumist) toimetatakse ka vänt- ja hüdraulilistel pressidel eri stantside ja rakiste kasutamisel. Toorikute sepa- või stantsimispressidel külmaltraiumist ei kasutata, kuna selline operatsioon ei ole kaugeltki ohutu.

Külmaltmurdjatel tükeldamine. Toorikuid võib tükeldada (murda) ka hüdraulilistel ja ajampressidel (vänt- ja ekstsenterpressidel).

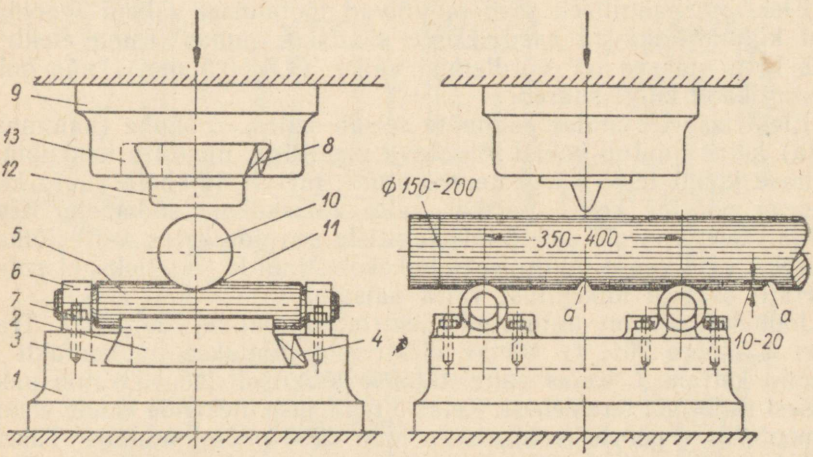
Külma metalli murdmise protsess seisab selles, et toorik asetatakse kahele toele, pealtpoolt aga surutakse toorikule tugede keskkohal nüri noaga; surve mõjul toorik murdub.

Enne murdmist märgitakse latt (varb) vajaliku pikkusega toorikuteks ja murdekohtadesse tehakse 10—15 mm sügavune sisselõige (gaasiga või harvem külmaltlõikava saega). Varva murdmisel peab sisselõige asetsema teisel pool pealesuruvat nuga, täpselt tugede keskkohal.

Sisselõige on tarvilik selleks, et murdumine toimuks sisselõike kohal ilma varva märgatava deformatsioonita. Külmade toorikute tükeldamine murdmise teel on laialdaselt levinud kui ökonoomsem viis, mis ei nõua eri seadmeid.

Peale selle kontrollitakse külmaltmurdmisel murdekoha järgi metalli kvaliteeti, mis on eriti tähtis kõrge kvaliteediga legeeritud terastest sepiste valmistamisel. Tooriku minimaalne pikkus külmaltmurdmisel ei või olla alla $0{,}8D$, kus D on varva (lati) läbimõõt või ruudu küljepikkus.

Joonisel 260 on toodud näide külmaltmurdja ülesseadmisest väntpressile [21]. Selleks võib kasutada ka teisi presse. Vasaratel külmaltmurdmine on keelatud, kuna sellist operatsiooni loetakse ohtlikuks.



Joon. 260. Külmaltmurdja ülesseadmine pressile (*a* — sisselõike koht): *1* — alusplaat; *2* — tugiplaat; *3* — klots; *4* — kiil plaadi kinnitamiseks; *5* — rullid; *6* — klamber; *7* — polt; *8* — kiil; *9* — pressi ülemine plaat; *10* — murtav varb; *11* — süvend; *12* — survenuga; *13* — klots.

Joonisel 260 näidatud külmaltmurdja on järgmise ehitusega. Pressi alusplaadile *1*, mis kinnitatakse töölaua külge kalasabal, on kinnitatud plaat *2*, mida hoiavad kohal kiil *4* ja klots *3* (nagu vabasepistamise vasaratelgi). Risti plaadiga *2* asetsevad kaks rulli *5*, mis käivad plaadi *2* erilistesse sisselõigetesse. Rullid *5* kinnitatakse alusplaadi *1* külge klambrite *6* ja poltide *7* abil. Ülemise liikuva plaadi *9* külge kinnitatakse kalasabal kiilu *8* ja klotsi *13* abil nüri nuga *12*. Murtav varb *10* asetatakse pärast märkimist ja sisselõigete tegemist (sisselõike koht on märgitud tähega *a* varraste *5* süvenditesse *11* selliselt, et noa *6* keskkoht oleks täpselt ühel vertikaaljoonel tooriku *10* sisselõikega *a*. Noa *6* survel toorik murdub. Pärast seda, kui nuga on metallini jõudnud, piisab metalli murdmiseks õige lühikesest pressi käigust (15—20 mm).

Toorikute lõikamine külmaltlõikavatel saagidel ja elektrisaagidel. Külmaltlõikavaid saage kasutatakse siis, kui vajatakse tooriku tasast otspinda ja täpset pikkust, samuti juhul, kui on tarvis lõigata lühikesi toorikuid suure ristlõikega latist (kui tooriku pikkus on väiksem kui 0,8 *D*, kus *D* on läbimõõt või ruudu küljepikkus). Külmaltlõikavad saed on väikese tootlikkusega ega leia sepatöödel laialdast kasutamist.

Suurt huvi pakuvad elektromehaanilised saed metalli lõikamiseks, eriti aga kõrgeltlegeeritud terastest ja eriti kõvadest sula-

mitest toorikute lõikamiseks, mispuhul vajatakse erilisi kõvasulamitest lõiketeri. Elektromehaanilistel saagidel lõikamisel ei sõltu lõikekiirus praktiliselt lõigatava metalli mehaanilistest omadustest. Elektromehaanilisel viisil lõikamise tootlikkus on tavalistel saagidel lõikamisega võrreldes kuni 10 korda suurem [21].

Elektromehaanilised saed kulutavad töötamisel vähem energiat kui külmaltlõikavad saed. Lõige saadakse puhas. Kuna elektrisae ketta paksus on võrdlemisi väike (1,5—0,5 mm), siis pole metallikaod kuigi suured.

Elektrisae töötamise põhimõte seisab selles, et õhuke (hammasteta) ketas puutub kokku lõigatava metalliga, mistõttu kokkupuutumise kohal tekib kõrge temperatuur, metall sulab ja suure kiirusega pöörlev ketas paiskab selle lõikekohast sädemete näol välja. Seega ei ole elektromehaaniliste saagide ketas mitte lõikamiseks, vaid voolu juhtimiseks lõikekoha juurde ja selleks, et sulametalli osakesi lõikepilust välja paisata.

Joonisel 261 on kujutatud elektromehaaniline saag [21]. Trafost *1* (joon. 261, *I*) võetav elektrivool juhitakse liugkontakti *2* kaudu kettale *3*. Ketas valmistatakse tavaliselt 2,5—3,0 mm paksusest raud- või teraslehest. Ketas *3* pannakse ülekande kaudu elektrimootorilt *4* pöörlema kiirusega kuni 2200 pööret minutis. Tükeldatav toorik *a* (joon. 261, *I*) on ühendatud trafo juurde suunduva juhtmega.

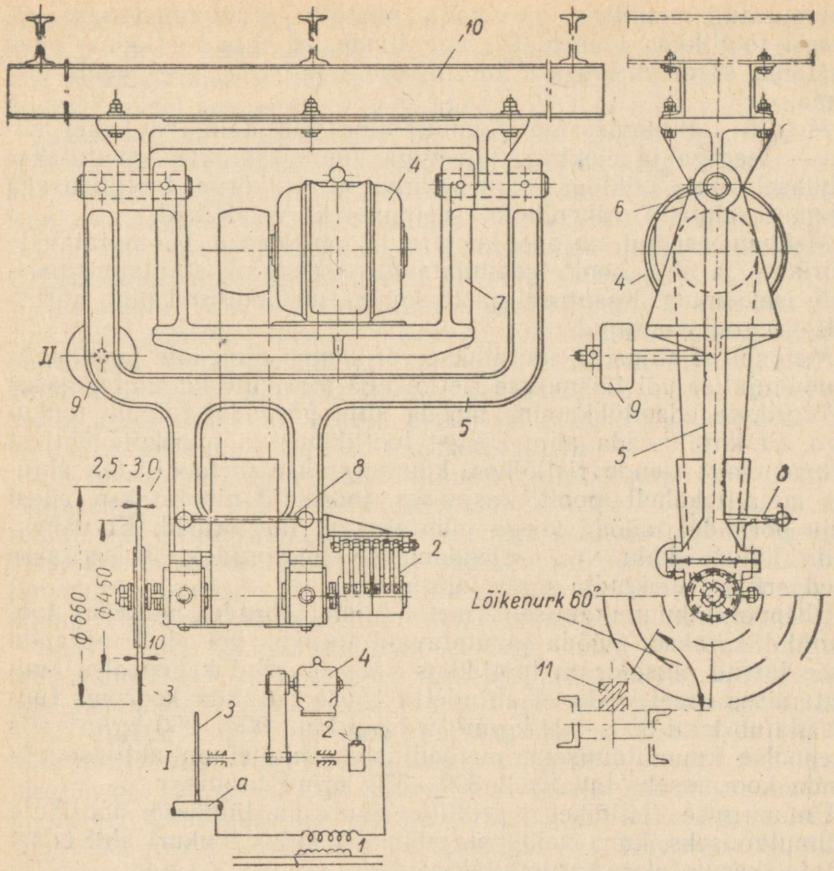
Seega läbib pöörlevat ketast ja tükeldatavat toorikut elektrivool. Ketta ja lõigatava metalli kokkupuutekohal tekitab vool soojust ning temperatuur tõuseb kuni lati sulamiseni; seepärast lõikub ketas kergesti metallisse ja paiskab seda sädemetena välja.

Elektrisaag on monteeritud valatud raamile *5* (joon. 261, *II*), mis on liigendiliselt tala *10* küljes. Elektrimootor *4* asub kronsteinil *7*, mis on kinnitatud raami liigendteljele *6*. Liikumine antakse elektrimootorilt kettale rihmajami kaudu. Raami *5* koos kettaga *3* ümber liigendtelje *6* pöörates lükatakse saagi käepideme *8* abil järk-järgult lõigatava lati *11* sisse. Raami lähteasendisse tagasiviimist kergendab vastukaal *9*.

Lõikeketast võib valmistada igasugusest terasest (näiteks Ст. 3). Isegi kõrge süsinikusisaldusega teraste lõikamisel kulub ketas vähe, kuna ta puutub kokku lõikekohaga (kus on kõrge temperatuur) õige lühikese aja vältel ja suure kiirusega pööreldes jahtub kiiresti.

Gaasiga lõikamine. Gaasiga lõikamise protsess seisab selles, et hapnikujoas põletatakse kõrge küttevääruusega kütust (bensiini, petrooleumi, atsetüleeni, koksigaasi jne.) ja kuumutatakse selle leegiga metall puhtas hapnikus süttimise temperatuurini. Seejärel juhitakse lõikekohale hapnikujuga, milles kuumutatud metall hakkab põlema. Metalli põlemisel tekkiv sularäbu puhutakse hapnikujoa poolt lõikekohast välja.

Lõikamiseks kasutatavaid erilisi põleteid, sõltuvalt kasutatava kütuse liigist (bensiinist või petrooleumist), nimetatakse bensiini-



Joon. 261. Elektromehaaniline saag (21):
I — elektrisae kinemaatiline skeem; *II* — elektrisaag; *1* — trafo; *2* — liugkontaktid; *3* — ketas; *4* — elektrimootor; *5* — raam; *6* — raami liigendtelg; *7* — elektrimootori kronstein; *8* — käepide; *9* — vastukaal; *10* — tala; *11* — lõigatav latt.

või petrooleumi-lõikepõletiteks, gaaskütuse kasutamisel aga gaasilõikepõletiteks. Gaasiga lõikamist kasutatakse sepatöödel sagedasti; sel viisil lõigatakse toorikuid nii paksulehelisest materjalist kui ka profiilmaterjalist.

Metalli kuumutamine stantsimiseks

Metalli stantsimiseelne kuumutamine taotleb sama eesmärki mis metalli kuumutamine vabasepistamisekski, s. t. metalli plastilisuse suurendamist.

Stantsimismasinad on vabasepistamise masinatega võrreldes tootlikumad. Sageli ei suuda kuumutusahjud stantsimisagregaati

kuumutatud metalliga varustada, mistõttu stantsimisvasara või pressi tootlikkus alaneb. On aga ilmne, et ahju tootlikkus peab vastama stantsimisvasara tootlikkusele ja seda isegi veidi ületama.

Metalli stantsimiseelne kuumutamine võib toimuda kahel viisil — leegiga ja elektriga. Leegiga kuumutamiseks kasutatakse viimasel ajal laialdaselt mehhaniseeritud kõrge tootlikkusega kuumutusahjusid, rakendades seejuures kiirmeetodeid.

Mehhaniseeritud ahjude konstruktsioon oleneb kuumutatavate toorikute ja ahju poolt teenindatavate sepistamis-stantsimismasinate iseloomust. Kasutusel on tõukuriga metoodilised ning karussell- ja konveierahjud.

Metoodilisi ahjusid kasutatakse võrdlemisi jämedate ja pikkade ruudukujulise või täisnurkse ristlõikega toorikute kuumutamiseks. Toorikute edasilükkamine mööda ahju põrandat toimub tõukuriga. Et kindlustada ahju kõrget tootlikkust ja toorikute ühtlast kuumenemist nende ristlõikes, kuumutatakse metoodilistes ahjudes metalli kahelt poolt, kusjuures toorikuid nihutatakse edasi ahju põrandal mööda veega jahutatavaid liugtorusid. Et vähendada kütuse kulu vee soojendamisele liugtorudes, isoleeritakse need erilise tulekindla materjaliga.

Ühepoolse kuumutamisega metoodilistel ahjudel, milledes toorikuid lükatakse mööda jahutatavaid torusid või ahju põranda sisse lastud aluseid, on tootlikkus väiksem. Kui kahepoolse kuumutamisega metoodilistel ahjudel aktiivse põranda koormus tunnis ulatub kuni 500—600 kg/m² ja isegi kuni 900—950 kg/m², siis ühepoolse kuumutamisega metoodilistel ahjudel on aktiivse põranda koormuseks tavaliselt 300—350 kg/m² tunnis.

Ümmarguse ristlõikega profiiltoorikute ja lühikeste toorikute kuumutamiseks, kuna neid pole võimalik ahjus tõukuri abil edasi lükata, kasutatakse karussellahjusid.

Tõukuriga varustatud metoodiliste ahjudega võrreldes on karussellahjudel järgmised põhilised eelised: 1) nad vajavad 20—30% võrra väiksemat tootmispindala kui metoodilised ahjud; 2) nad võimaldavad kuumutada igasuguse kujuga toorikuid. Eriti kasulik on kuumutada karussellahjudes lühikesi toorikuid, mida võib püstasendis ahju paigutada, kuna nad sel juhul igalt poolt tuliste gaasidega kokku puutuvad ja seetõttu kiiremini kuumenevad kui ühepoolsel kuumutamisel.

Varbade otste kuumutamiseks, näiteks enne horisontaal-sepistamismasinal jämendamist, kasutatakse piludega kamberahjusid või mehhaniseeritud konveierahjusid; konveierkett ei asetse sel juhul mitte ahju tööruumis, vaid ahju kõrval. Käesoleval ajal levib järjest laiemalt toorikute kuumutamine elektriga nende eeliste tõttu, mis on sellel kuumutusviisil leekahjudes kuumutamisega võrreldes.

Sepa-stantsimistöödel kuumutatakse elektriga kahel viisil — induktsioon- ja kontaktmenetlusel. Leekahjudes kuumutamisega

võrreldes on elektriga kuumutamisel järgmised põhilised eelised: metalli kiirem kuumenemine, väike tagihulk (leekahjudes muutub ühe kuumutamise vältel 3 kuni 1,5% metalli tagiks, elektriga kuumutamisel aga ei ületa need kaod 0,3%) ja hügieenilisem töö.

Elekterkontaktkuumutamisel on induktsioonkuumutamisega võrreldes eeliseid. Elekterkontaktkuumutamisel on kõrgem kasukraad, s. t. elektrienergia kulu on väiksem kui induktsioonkuumutamisel. Kontaktkuumutamise sisseseadmiseks tarvilikud esialgsed kulutused on mitu korda väiksemad kui induktsioonkuumutamisel. Elekterkontaktkuumutamise seadmed on oma ehituselt lihtsad.

Peale selle võib kontaktkuumutamisel hõlpsalt üle minna tooriku ühelt profiililt teisele. Elekterkontaktkuumutamise põhiliseks puuduseks induktsioonkuumutamisega võrreldes on asjaolu, et kontaktide vahele kinnipigistamise kohtades, s. t. otstel kuumeneb toorik aeglasemalt kui keskel. Seepärast pole kontaktkuumutamist võimalik kasutada lühikeste toorikute korral.

On tarvis märkida, et kontaktkuumutamine toimub 2,5—2 korda aeglasemalt kui induktsioonkuumutamine, kuid 15—20 korda kiiremini kui leekahjus kuumutamine. Sepa-stantsimistöödel kasutatakse kontaktkuumutamist kõige sagedamini pikkade 80—100 mm jämeduste toorikute kuumutamiseks. Otste ja lühikeste toorikute kuumutamiseks sobib paremini elekterinduktsioonkuumutamine.

Suurt kahju tekitab stantsimisel tagi, kuna ta rikub stantse, teda stantsitakse metalli sisse jne., seepärast tuleb enne stantsimist tagi metalli pinnalt eemaldada. Tagi eemaldamiseks on palju viise, millest järjest rohkem juurutatakse sepa-stantsimistöödel hüdraulilist viisi. Tagi hüdraulilise eemaldamise olemus seisab alljärgnevas. Tagiga kaetud kuumutatud toorik asetatakse mõneks ajaks eri kambrisse ja tooriku pinnale juhitakse kõrge surve (50—150 atü) all vett, mis eemaldabki tagi. Kuna toorik viibib kambris lühikest aega (1—0,5 sek.), siis ei jõua ta vee mõjul ära jahtuda.

Stantsimine

Toote sellist stantsimist, kui toorik asetatakse stantsile püsti, nimetatakse jämendamisega stantsimiseks. Seejuures on toorik arvestatud ühele tootele. Alati, kui seda võimaldab tehnoloogiline protsess, on kasulikum toorikust stantsida mitu toodet, raskemate toodete puhul aga — kaks toodet toorikust.

Kahele tootele arvestatud toorikust stantsimisel pööratakse töötamisel toorikut, s. t. kõigepealt stantsitakse üks toode tooriku ühest otsast, siis pööratakse toorik ümber ja stantsitakse toode tooriku teisest otsast.

Mitme toote stantsimisel on see eelis, et tekib vähem metallijäätmeid kui üksiktoorikust toodete stantsimisel.

Üksiktoorikutest stantsimisel tuleb pihtidega haaramiseks jätta igale toorikule 50—60 mm pikkune ots, mis läheb koos kraatidega

jäätmetesse. Kui aga stantsitakse haaramisotsaga toorikust, siis tuleb see ots pärast vastavat ettevalmistust (venitamist) ära kasutada teiste toodete valmistamiseks. Käesoleval ajal juurutatakse stantsimistöödel toodete stantsimist ilma haaramisotsata üksiktoorikutest.

Stantsimise tehnoloogilise protsessi ja viisi valikul arvestatakse igal üksikul juhul neid tingimusi, millistes detail peab masinas töötama. Stantsimise tehnoloogilise protsessi mõju stantsitud detaili kvaliteedile vaatleme veokonksu stantsimise näites.

Veokonks on vastutav detail. Nii näiteks võtab vaguni veokonks vastu veduri tõmbejõu ja liiklemise ohutus sõltub konksu tugevusest. Seepärast peab veokonksu valmistamise tehnoloogiline protsess kindlustama konksule suure tugevuse. Veokonksu stantsimisel tuleb arvestada metallikiudude suunda; metallikiudusid ei tohi stantsimisel läbi lõigata, kuna siis konksu tugevus väheneks.

Joonisel 262 on näidatud veokonksu stantsimise protsess vana viisi järgi, kui metallikiud lõigati läbi. Operatsioonide järjekord on selle stantsimisprotsessi puhul järgmine: 1) tooriku lõikamine; 2) pea venitamine vabasepistamise vasara all (joon. 262, *b*); 3) pea labidataoliseks tagumine (joon. 262, *c*); 4) konksu stantsimine (joon. 262, *d*) koos sellele järgneva süvendi väljaraiumisega ekstsenterpressil.

Konksu selline valmistusviis põhjustab metallikiudude läbilõikamist kõige ohtlikumas ristlõikes — konksu ninaosas, ja kuna tõmbejõud on suunatud mitte risti, vaid piki kiudusid, siis võib konks selles kohas murduda (lõhestuda).

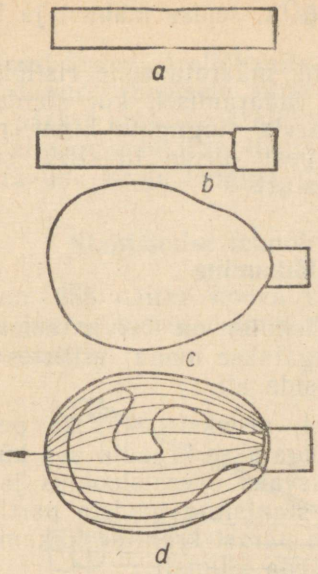
Joonisel 263 on näidatud uus veokonksu stantsimise tehnoloogia, kus metallikiud asetsevad soodsalt. Veokonksu uus valmistusviis erineb vanast selle poolest, et pärast pea venitamist (joon. 263, *a*) toimub selle painutamine (joon. 263, *b*), siis stantsimine ja kraatide mahalõikamine (joon. 263, *c*). Tehnoloogilise protsessi sellise muutmise tagajärjel on tõmbejõud suunatud piki kiudusid (joon. 263, *d*).

Uue tehnoloogilise protsessi järgi stantsitakse kolme vaoga stantsis. 1. vagu on tooriku pea venitamiseks, 2. vagu — painutamiseks ja 3. vagu — puhasstantsimiseks. Sellises stantsis stantsitud konksu mehaanilised omadused on märksa kõrgemad, kui neid on võimalik saada vana tehnoloogilise protsessi kasutamisel.

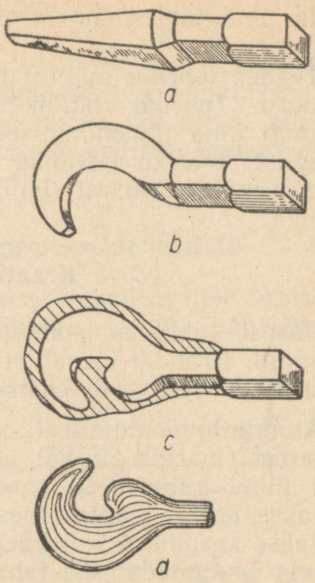
Toote stantsimiseks tarviliku metalli mahtu arvutatakse valemi järgi:

$$V_{toor} = V_s + V_{kr} + V_p \text{ cm}^3,$$

kus V_{toor} — vajalik tooriku maht cm³;
V_s — sepise maht cm³;
V_{kr} — kraadi maht cm³;
V_p — metalli põlemiskadude maht cm³.



Joon. 262. Veokonksu stantsimine vana viisi järgi:
a — toorik; *b* — pea venitamine; *c* — pea laiakstagumine; *d* — pea stantsimine; nool näitab tõmbejõu suunda.



Joon. 263. Veokonksu stantsimine uue viisi järgi:
a — otsa venitamine; *b* — otsa painutamine peaks; *c* — pea stantsimine; *d* — metallikiudude suund stantsitud konksus.

Kui stantsitakse kinnistes stantsides, siis kraadi mahtu V_{kr} ei arvestata, kuna toorikut stantsitakse ilma kraadi eemaldamiseta.

Pihtidega haaramiseks tarviliku otsa metalli maht lisatakse tooriku arvutatud mahule. Kui näiteks toote stantsimiseks vajatakse arvutuse järgi toorikut pikkusega 600 mm, siis suurendatakse pikkust veel pihtidega haaramiseks 50—60 mm võrra, s. t. võetakse tooriku pikkuseks 650—660 mm.

Sepise maht V_s määratakse kas kaalumisega või arvutatakse toote joonise järgi ja lisatakse töötlusvarud. Kraadi maht V_{kr} arvutatakse valemiga:

$$V_{kr} = Pab \text{ cm}^3,$$

kus P — toote perimeeter, millel asetseb kraat, cm;
a — kraadi keskmine laius cm;
b — kraadi keskmine paksus cm.

Kraatide mõõted määratakse tabelite järgi, sõltuvalt vasarast ja stantsimisviisist.

Põlemiskadudeks kuluva metalli maht V_p võrdub 1,5—3% leekahjudes kuumutamisel ja 0,5—1,0% elektriga kuumutamisel, läh-

tudes mahtude summast $V_s + V_{kr}$ (s. t. sepise mahust ja kraadi mahust).

Teades tooriku mahtu on võimalik määrata selle ristlõiget ja pikkust. Tooriku ristlõike suuruse määramisel, kui stantsimine toimub ilma jämendamiseta, on tarvis tingimata kinni pidada reeglist: tooriku ristlõike pindala peab olema 10—15% suurem sepise maksimaalsest ristlõike pindalast.

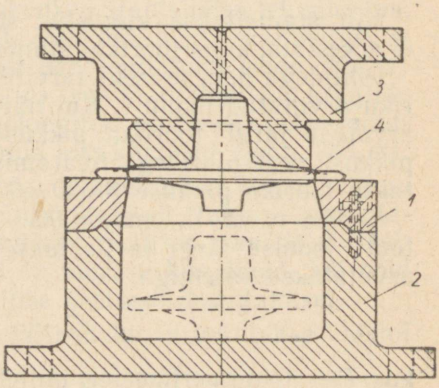
Kraatide mahalõikamine

Pärast lahtistes stantsides stantsimist on tarvis eemaldada kraadid. Kraadid eemaldatakse (lõigatakse maha) erilistes lõikestantsides vänt- või ekstsenterpresside all.

Alumiiniumisulamitest, messingist, pronksist kui ka pehmest terasest (margid 20, 25) toodetel lõigatakse kraadid ära külmalt. Sel juhul kujuneb lõikamine iseseisvaks operatsiooniks ja seda tehakse eraldi stantsimisest. Kogu stantsitud toodete partiil lõigatakse kraadid ära üheaegselt. Kui pärast kraatide lõikamist on tarvis õgvendada, siis tehakse ka seda külmalt.

Kõvematest terastest, samuti ka suurtel toodetel toimub kraatide äralõikamine ja õgvendamine kuumalt. Sel juhul on stantsimine ja kraatide äralõikamine omavahel tihedalt seotud, kuna kogu töö tehakse ühe kuumutamisega; stantsitud toode suunatakse kraadi äralõikamisele ja sealt tagasi vasara alla õgvendamisele ilma vahepealse kuumutamiseta.

Lõikestants (joon. 264) koosneb matriitsist *1* ja templist *3*; matriits on kinnitatud erilisele alusele *2*. Alus *2* kinnitatakse poltidega pressi töölaua külge, tempel *3* oma sabaga pressi liuguri külge. Lõikematriits kujutab endast tööriistaterasest plaati. Matriitsi sisselõige tehakse niisuguse kuju ja suurusega, mis vastab kraatidest vabastatavale tootele *4*, s. t. vastab stantsi lõppvao kontuurile. Tempel valmistatakse matriitsi august veidi väiksem (0,5—1 mm võrra). Stantsitud toode asetatakse matriitsile, kusjuures osa tootest läheb matriitsi sisse — toode jääb kraadile rippuma. Pressi sisselülitamisel liigub tempel *3* alla ja surub toote *4* matriitsist läbi. Toode langeb aluse *2* põhjale, kuna äralõigatud kraat jääb matriitsile *1*, millelt see tuleb ära koristada.



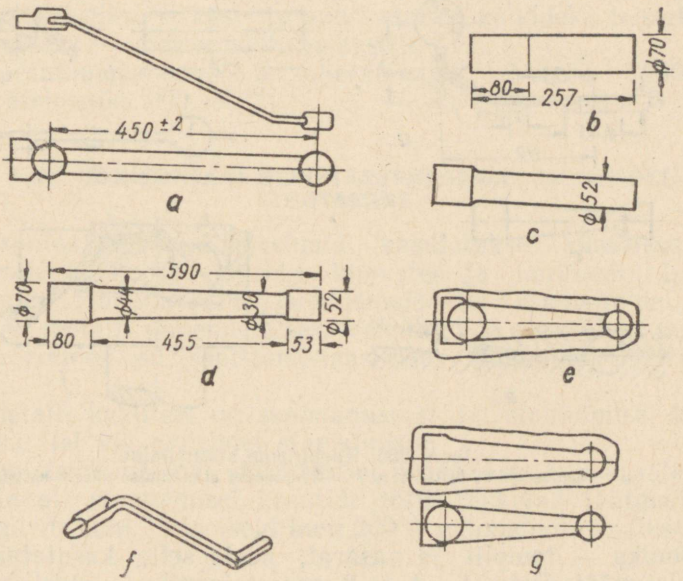
Joon. 264. Kraatide lõikamise stants.

Õgvendamine

Pärast kraadi äralõikamist võib sepis olla veidi deformeerunud (kaardunud). Sepisele õige kuju andmiseks õgvendatakse teda kohe pärast kraatide äralõikamist kas vasara või pressi all. Vasara all õgvendatakse stantsi lõppvaos või erilises õgvendusvaos vasara ühe kerge löögiga.

Stantsimise tehnoloogiliste protsesside näiteid

Joon. 265 näitab hoova valmistamise tehnoloogilist protsessi, mille juures toorik valmistatakse stantsimiseks ette vabasepistamise vasaral.



Joon. 265. Hoova stantsimine:
a — hoova sepise skits; *b, c, d, e, f, g* — hoova stantsimise siirete skitsid.

Tooriku kaal on 7,8 kg, sepise kaal 6,2 kg; metalli ärakasutamise tegur on 80%. Materjal — teras Ст. 40. Sepise skits on toodud joonisel 265, *a*.

Tehnoloogiline protsess näeb ette järgmised operatsioonid:

1) metalli vastuvõtmine välise ülevaatuse, ülemõõtmise ja sertifikaadi järgi;

2) tooriku lõikamine kääridel (joon. 265, *b*);

3) sepistamine 500 kg-sel vabasepistamise vasaral (joon. 265, *c, d*);

4) sepistatud tooriku vastuvõtmine ja stantsimine: a) puhasvaos stantsimine (joon. 265, *e*); b) kraadi äralõikamine (joon. 265, *f*); c) painutusvaos painutamine (joon. 265, *g*); operatsiooni need siirded teostatakse 6,5 t-sel stantsimisvasaral ja 600 t-sel ekstsenterpressil;

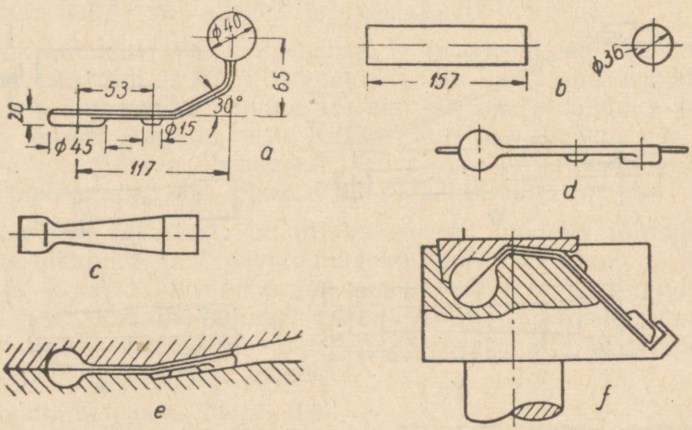
5) kraadikoha puhastamine käial;

6) tembeldamine;

7) söövitusvannides söövitamine;

8) detaili vastuvõtmine välise ülevaatuse ja valikmõõtmise järgi.

Nimetatud operatsioonideks kasutatakse järgmisi tööriistu: 2. operatsiooniks — lõikenuge; 3. operatsiooniks — lapikut pinni ja alasit; 4. operatsiooniks — sepistamise- ja lõikestantse; 6. ope-



Joon. 266. Käepideme stantsimine:
a — sepise skits; *b, c, d, e, f* — käepideme stantsimise siirete skitsid.

ratsiooniks — templit ja vasarat; peale selle kasutatakse veel järgmisi mõõteriistu: 1.—4. ja 8. operatsiooniks — meetrit ja tastrit; 8. operatsiooniks täiendavalt veel šablooni.

Stantsimise temperatuurivahemik: 3. operatsiooniks — 1150—750°; 4. operatsiooniks — stantsimiseks — 1200—900°; kraadi äralõikamiseks — 800—750°; painutamiseks — 750—700°.

Joonisel 266 on näidatud käepideme stantsimise tehnoloogiline protsess.

Tooriku kaal on 1,31 kg, sepise kaal 0,96 kg; metalli ärakasutamise tegur on 73%. Materjal — teras Ст. 3. Sepise skits on toodud joonisel 266, *a*. Tehnoloogiaga on ette nähtud järgmised operatsioonid:

1) metalli vastuvõtmine välise ülevaatuse, ülemõõtmise ja sertifikaadi järgi;

2) tooriku lõikamine kääridel (joon. 266, *b*);

3) venitamine 1 t-sel vasaral (joon. 266, *c*); stantsimine 1 t-sel vasaral (joon. 266, *d*); kraadi äralõikamine 125 t-sel pressil; painutamine 1 t-sel stantsimisvasaral (joon. 266, *e*);

4) tembeldamine;

5) painutamine friktsioonpressil painutusstantsi kasutamisel (joon. 266, *f*);

6) tagist puhastamine söövitusvannides;

7) smirgelkäial puhastamine;

8) detaili vastuvõtmine välise ülevaatuse, valikmõõtmise ja märkimise järgi.

Operatsioonide teostamisel kasutatakse järgmisi tööriistu: 2. operatsiooniks — nuge; 3. operatsiooniks — allapandavat ja lõikestantsi; 4. operatsiooniks — templit; 5. operatsiooniks — painutusstantsi; abitööriistadest ja mõõteriistadest kasutatakse: 4. operatsiooniks — käsi- ja suurvasarat; kõikideks teisteks operatsioonideks — meetermõõtu ja tastrit.

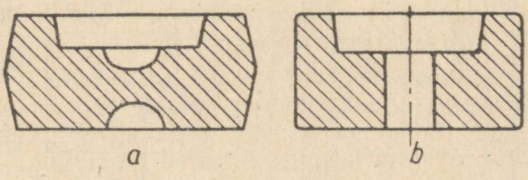
Temperatuurivahemik 3. operatsiooni siireteks 1200—750°, 5. operatsiooniks 900—750°.

§ 94. HORISONTAAL-SEPISTAMISMASINAD JA NENDEL TÖÖTAMINE

Horisontaal-sepistamismasinaid kasutatakse käesoleval ajal laialdaselt kuumstantsimiseks kinnistes ja harvemini lahtistes stantsides. Horisontaal-sepistamismasinatel stantsimine seisab peamiselt metalli jämendamises. Vasaratel ja pressidel stantsimisega võrreldes on sepistamismasinatel stantsimisel järgmised eelised:

1) metalli kvaliteet on sepistamismasinal stantsimisel kõrgem kui vasaratel või pressidel stantsimisel;

2) sepistamismasinal stantsimisel peaaegu ei teki kraate, kuna vasarate all stantsimisel kraatide tõttu tekkivad jäätmed moodustavad 10 kuni 75 ja isegi kuni 200% valmistoote kaalust;



Joon. 267. Vasaral stantsitud detail *(a)* ja sepistamismasinal jämendatud detail *(b)*.

3) sepistamisvasarate tootlikkus on suurem; ekspluatatsioonikulud aga madalamad kui vasaratel stantsimisel;

4) stantsimismasinatel stantsimisel ei vajata niisuguseid stantsimiskaldeid, milleta pole võimalik vasarate all stantsimine,

mistõttu osutub võimalikuks metalli kokku hoida ja alandada kulutusi mehaanilisele töötlemisele;

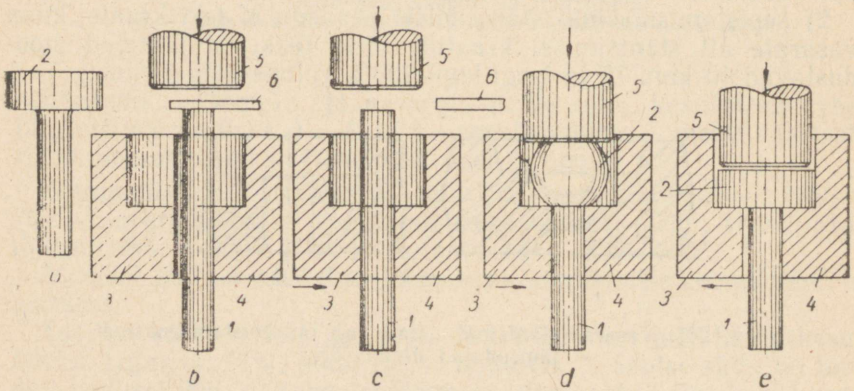
5) töötlusvarud on sepistamismasinatel stantsimisel väiksemad kui vasaratel stantsimisel;

6) rõngakujuliste detailide või läbivaukudega (hammasrataste tüüpi) detailide stantsimisel valmistatakse neid vasaratel ilma aukudeta või saadakse need suurte kalletega, mis tingib täiendavat operatsiooni — kalibreerimist või augulöömist. Sepistamismasinal stantsimisel saadakse auke ilma stantsimiskalleteta ja jäikade töötlusvarudega, seepärast lisaoperatsioone ei vajata.

Näitena on joonisel 267, *a* kujutatud vasaral stantsitud detail, joonisel 267, *b* aga sepistamismasinal stantsitud detail. Joonisel 267, *a* kujutatud detailil ei ole auku; sellel detailil on stantsimiskalded. Samal detailil aga, mis on valmistatud sepistamismasinal (joon. 267, *b*), ei ole stantsimiskaldeid, kuid sellesse on löödud auk. Viimasel juhul on metalli kulu ja mehaanilise töötlemise maksumus väiksemad.

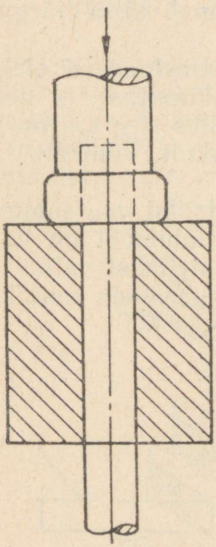
Sepistamismasinatel kuumstantsimise eelised vasaratel ja pressidel stantsimisega võrreldes, milliseid loetleti eespool, soodustavad sepistamismasinatel detailide stantsimise laialdast levimist. Praegusel ajal areneb see progressiivne stantsimisviis järjest laiemalt, eriti mass- ja suurseeriatootmise tsehhides.

Sepistamismasinatel jämendamist on kujutatud joonisel 268. Oletame, et tooriku *1* otsa on tarvis jämendada pea *2* (joon. 268, *a*). Selleks võetakse ümmargune varb, selle ots kuumutatakse ja kuumutatud otsaga asetatakse varb matriitsi poolte *3* ja *4* vahele kuni piirajani *6* (joon. 268, *b*). Matriitsi üks pool — *4* — on kohtkindel, teine — *3* — liikuv; liikuvat poolt võib tugevasti vastu kohtkindlat suruda ja sellest eemaldada.



Joon. 268. Horisontaal-sepistamismasinal jämendamise protsessi skeem:
a — sepis; *b* — masina sisselülitamise moment; *c* — jämendusmatriitside kokkusurumine ja automaatse piiraja eemaldumine; *d* — tooriku jämendamine; *e* — jämendamine on lõppenud: tempel ja matriits lähevad lähteasendisse tagasi; *1* — toorik; *2* — tooriku jämendatud osa; *3* — liikuv matriitsipool; *4* — kohtkindel matriitsipool; *5* — tempel; *6* — automaatne piiraja.

Vasaratest ja pressidest erinevalt on sepistamismasinate tööriistal kaks liikuvat osa — üks matriitsipool ja tempel *5;* matriitsi ja templi liikumine on kooskõlastatud. Pärast varva matriitsisse paigutamist (joon. 268, *b*) hakkab matriits *3* paremale liikuma ja surub varva *1* otsa tugevasti vastu matriitsi kohtkindlat poolt *4*; samal ajal nihkub automaatne piiraja *6* kõrvale (joon. 268, *c*). Nüüd hakkab varva väljaulatuvat otsa suruma ja seda jämendama tempel *5*, metall täidab matriitsi õõne, s. t. saadakse vajalik pea (joon. 268, *a*).



Joon. 269. Lahtisel viisil (matriitsi serval) jämendamine.

Jämendamise algus on kujutatud joonisel 268, *d*. Pärast pea jämendamist lähevad tempel ja matriits *3* lähteasendisse tagasi ja valmis sepis vabaneb matriitsist (joon. 268, *e*). Jämendamine võib toimuda ka lahtiselt (joon. 269), kuid seda viisi rakendatakse harva, kuna detaili servad ei tule ühtlased. Peale jämendamise, mis on sepistamismasinate põhitööks, on võimalik lüüa ka auke (näiteks äärikutesse), kas täiesti läbi või teatud sügavuseni. Peale selle saab sepistamismasinal painutada, lõigata ja tooriku otsi venitada.

Horisontaal-sepistamismasina töötamise skeem

Sepistamismasinad jagunevad horisontaalseteks ja vertikaalseteks. Kõige rohkem on levinud horisontaal-sepistamismasinad. Need masinad on oma töötamispõhimõttelt peaaegu ühesugused ja erinevad teineteisest ainult konstruktiivselt. Horisontaal-sepistamismasinaid valmistatakse 20 kuni 225 mm jämeduste varbade jämendamiseks, maksimaalse survega metalli deformeerumisel 50 kuni 3000 t.

Joonisel 270 on toodud horisontaal-sepistamismasina töötamise kinemaatiline skeem. Mootor paneb liikuma väntvõllile *2* kinnitatud hooratta *1*. Võll paneb liikuma kepsu *3,* mis on ühendatud liuguriga *4*. Liugurisse *4* on kinnitatud padrun *5,* millesse asetatakse tempel. Keps *3* ühendatakse liuguriga ainult pedaali sisselülitamise momendil. Sel hetkel langeb kepsu vaba ots liuguri pesasse ja paneb liuguri liikuma. Hoobade *6* abil paneb liugur liikuma külgpale *7,* millesse on kinnitatud liikuv matriitsipool. Teine matriitsipool on kinnitatud kohtkindla pale *8* sisse. Liuguri *4* ja külgpale *7* liikumised on reguleeritud selliselt, et stantsitav varb *9* pigistatakse kõigepealt palede *7* ja *8* vahele kinni ning alles seejärel alustab pealesurumist liugurisse kinnitatud tempel.

Tagasikäigul väljub tempel matriitsist ja külgpaled vabastavad varva. Matriitsi ülesseadmine peab olema väga täpne, kuna varva nõrgal kinnipigistamisel tõukab tempel varva matriitsist välja.

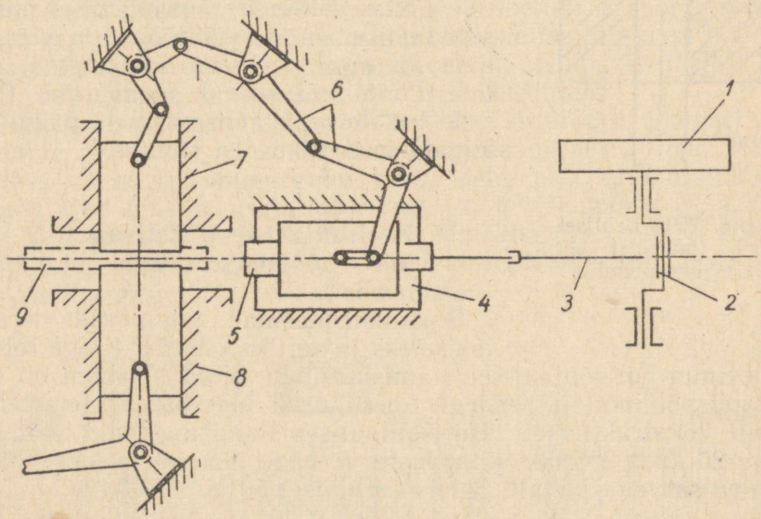
Horisontaal-sepistamismasinate teenindamise reeglid

Horisontaal-sepistamismasinal töötamisel tuleb täita järgmisi ohutut töötamist tagavaid reegleid.

1. Enne töö alustamist veenduda, et kõik masinaosad oleksid korras, ja kontrollida matriitsi ning templi kinnitust ja nende seisukorda. Masin tuleb käivitada tühjalt ja alles siis, kui on selgunud, et kõik mehhanismid töötavad korralikult, võib alustada tööd.

2. Enne töö alustamist kontrollida, kas matriitsi vao läbimõõt vastab varva läbimõõdule. Kui matriitsi vao läbimõõt on varva läbimõõdust suurem, siis lööb tempel varva matriitsist välja.

3. Enne varva matriitsisse lükkamist tuleb puhastada selle kuumutatud osa tagist.



Joon. 270. Horisontaal-sepistamismasina kinemaatiline skeem:
1 — hooratas; *2* — väntvõll; *3* — keps; *4* — liugur; *5* — padrun; *6* — hoovad; *7* — liikuv pale; *8* — kohtkindel pale; *9* — varb.

4. Varva lükkamisel matriitsi sisse kuni piirajani on tarvis jälgida, et varb ei asetseks viltu.

5. Eriti tähelepanelikult on tarvis sisse lükata varva viimane ots viimase sepise stantsimiseks; sel juhul tuleb jälgida, et pihid või padrun ei satuks matriitsi sisse.

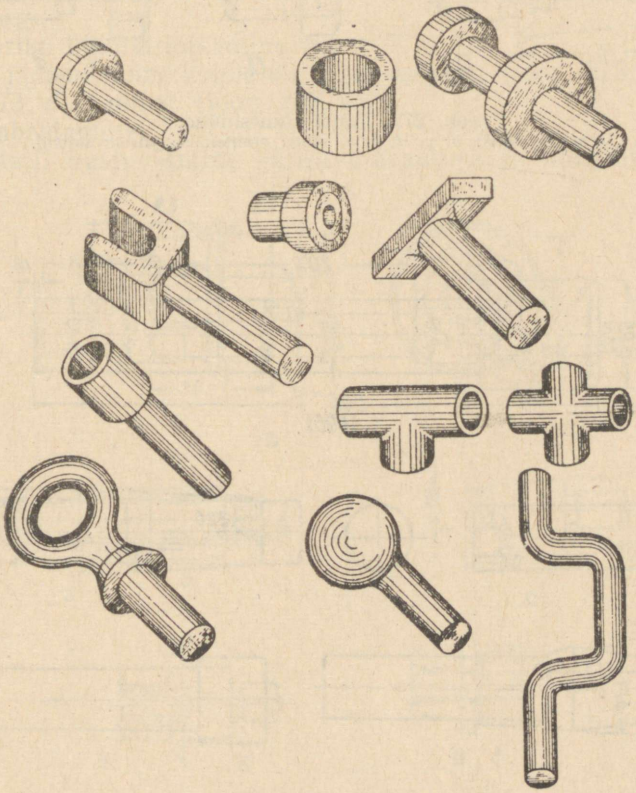
6. Töötamisel ei tohi käsi asetada matriitsipoolte vahele.

7. Stantsimise vältel peab silmi kaitsma tagi eest kaitseprillidega.

8. Ei tohi stantsida alla 850° C jahtunud metalli.
9. Elektrimootorit peab käivitama ja peatama elektrik.
10. Õlitama peab masinat (kui selle õlitamine ei toimu automaatselt) selleks spetsiaalselt määratud ja instrueeritud tööline.

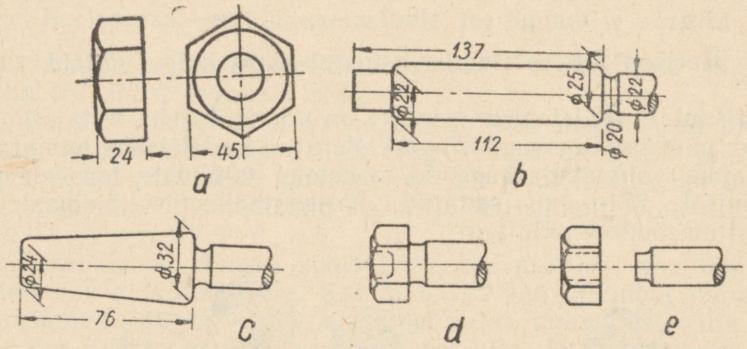
Horisontaal-sepistamismasinatel stantsimise näiteid

Horisontaal-sepistamismasinatel on võimalik teha mitmesuguse kujuga päid ja jämendusi nii varbadele kui ka lattidele, painutada, lüüa auke, valmistada äärikuid toodetele, varbadele, torudele jne. Joonisel 271 on esitatud horisontaal-sepistamismasinatel stantsitud toodete näidiseid.

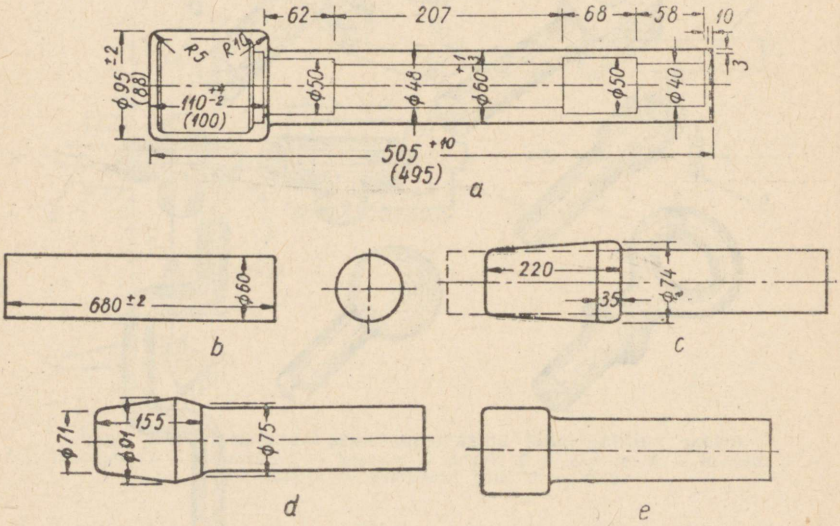


Joon. 271. Näidiseid toodetest, mida on võimalik stantsida horisontaal-sepistamismasinal.

Toome näiteid toodete stantsimise tehnoloogiast horisontaal-sepistamismasinatel. Joonisel 272 on näitena toodud mutri stantsimine 2″-sel sepistamismasinal. Mutter stantsitakse 22^{+5} mm jäme-



Joon. 272. Mutri stantsimine:
a — sepise skits; *b, c, d, e* — mutri stantsimise siirete skitsid.



Joon. 273. Hammasrattaga võlli stantsimine:
a — hammasrattaga võlli sepise joonis; *b, c, d, e* — stantsimise siirete skitsid.

dusest varvast; igale mutrile vajatakse 137 mm pikkust varba; ühest toorikust stantsitakse 17 mutrit. Stantsimine toimub nelja operatsiooniga: esimene operatsioon on varva jämendamine 112 mm pikkuseks (joon. 272, *b*); teine operatsioon — varva jämendamine 76 mm pikkuseks (joon. 272, *c*); kolmas — mutri kujundamine (joon. 272, *d*); neljas — augulöömine ja kraadi äralõikamine (joon. 272, *e*).

Joonisel 273 on näidatud hammasrattaga võlli stantsimise tehnoloogia 4″-sel horisontaal-sepistamismasinal.

Sepise kaal on 15 kg, tooriku kaal 15,1 kg. Materjal — teras 40. Sepise joonis on toodud joonisel 273, *a*.

Hammasrattaga võll stantsitakse kolme operatsiooniga. Tehnoloogia näeb ette järgmised operatsioonid:

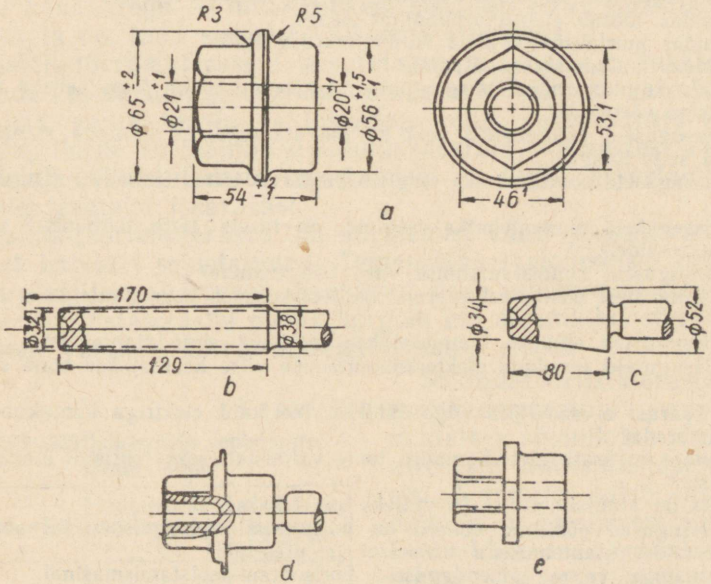
1) metalli vastuvõtmine välise ülevaatuse, mõõtmise ja sertifikaadi järgi;

2) tooriku külmaltlõikamine (joon. 273, *b*);

3—5) jämendamine kolme siirdega: esimene (joon. 273, *c*), teine (joon. 273, *d*), kolmas (joon. 273, *e*);

6) tembeldamine;

7) detaili vastuvõtmine välise ülevaatuse ja mõõtmise järgi.



Joon. 274. M 30×3,5 mutri stantsimine:
a — mutri sepise joonis; *b, c, d, e* — stantsimise siirete skitsid.

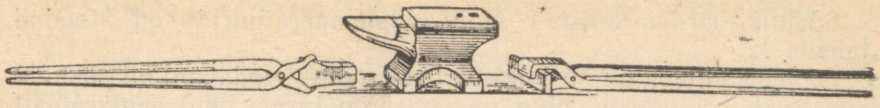
Operatsioonidel kasutatakse järgmisi töö- ja mõõteriistu: meetermõõt, taster, noad, jämendamisstants, tempel, vasar.

Temperatuurivahemik 3.—5. operatsiooni jaoks on 1200—900°.

Joonisel 274 on näidatud M30×3,5 mutri stantsimise tehnoloogia 4″ sepistamismasinal. Sepise skits on toodud joonisel 274, *a*. Mutrit stantsitakse ühe kuumutamisega nelja operatsiooni abil (joon. 274, *b, c, d, e*).

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missugused eelised on stantsimisel, võrreldes vabasepistamisega?
2. Mispoolest erinevad stantsimisvasarad sepistamisvasaratest?
3. Missuguseid stantsimisvasarate tüüpe teie tunnete?
4. Kuidas töötab ekstsenterpress?
5. Kuidas töötab friktsioonpress?
6. Kuidas töötab väntpress?
7. Missugused eelised on väntpressil, võrreldes stantsimisvasaraga?
8. Kas stantsimisvasaratel on võimalik stantsida kinnistes stantsides?
9. Kas stantsimispressidel on võimalik stantsida toorikut lahtistes stantsides?
10. Mispärast tekib lahtistes stantsides stantsimisel kraat?
11. Missuguseid ettevalmistusvagusid kasutatakse stantsimisel ja missugusteks operatsioonideks?
12. Missugustel masinatel eemaldatakse kraate?
13. Missuguseid toorikute lõikamise viise stantsimise jaoks teie tunnete?
14. Kas legeeritud terast on võimalik kääridel külmalt lõigata?
15. Kuidas töötab elektromehaaniline saag?
16. Kuidas murtakse toorikuid külmaltmurdja abil.
17. Kuidas valmistatakse stantse?
18. Mida kujutab endast plokk-stants ja missugused on tema eelised tavalise stantsiga võrreldes?
19. Missuguseid põhireegleid peab täitma stantsija, et säilitada stantsi ja pikendada selle tööiga?
20. Missuguseid ohutustehnika reegleid on tarvis täita töötamisel stantsimisvasaral?
21. Missuguseid ohutustehnika reegleid on tarvis täita töötamisel ajamstantsimispressidel?
22. Missuguseid kuumstantsimise viise teie tunnete?
23. Missugustest põhilistest operatsioonidest koosneb kuumstantsimise tehnoloogia?
24. Missugustes ahjudes kuumutatakse toorikuid enne stantsimist?
25. Missuguseid toorikute elekterkuumutamise viise kasutatakse enne stantsimist?
26. Mispärast ei soovitata väga lühikesi toorikuid elektriga kontaktmenetlusel kuumutada?
27. Kuidas määrata metalli mahtu toote valmistamiseks lahtistes stantsides stantsimisel?
28. Mis on stantsimiskalle ja milleks see tehakse?
29. Missugused põhilised eelised on horisontaal-sepistamismasinal stantsimisel, võrreldes stantsimisega vasaratel ja pressidel?
30. Jutustage varva jämendamisest horisontaal-sepistamismasinal.
31. Missuguseid sepistamisoperatsioone võib teha horisontaal-sepistamismasinal?
32. Jutustage joon. 270 järgi, kuidas töötab horisontaal-sepistamismasin.
33. Missuguseid põhilisi ohutustehnika reegleid on tarvis täita töötamisel horisontaal-sepistamismasinal?



XIV PEATÜKK

TÖÖRIISTA- JA LEGEERITUD TERASTE NING VÄRVILISTE METALLIDE SEPISTAMISE ISEÄRASUSI

§ 95. SÜSINIK-TÖÖRIISTATERASTE SEPISTAMISE ISEÄRASUSED

Teraseid süsinikusisaldusega 0,6 kuni 1,4% nimetatakse *süsinik-tööriistateraste*ks. Süsinik-tööriistaterased on suure kõvadusega — mida rohkem sisaldab teras süsinikku, seda kõvem ta on, kuid see-eest väiksema sitkusega.

Süsinik-tööriistateraseid kasutatakse nii sepa- ja lukksepatööriistade kui ka stantside valmistamiseks. Nii näiteks valmistatakse meisleid, suurvasaraid ja lukksepa- ning sepavasaraid terasest У7; augutorne, vormpinne ja silumisvasaraid — terastest У7 ja У8.

Süsinik-tööriistateraste sepistamisel on tarvis arvestada nende teraste järgmisi iseärasusi.

Süsinik-tööriistaterased on võrdlemisi vähe plastilised ja seepärast halvasti sepistatavad. Temperatuuri alanemisel nende teraste plastilisus halveneb. Seepärast peab sepistamise lõpptemperatuur tööriistaterastel olema kõrgem kui süsinik-konstruktsiooniterastel. Vastasel korral tekivad metallis praod.

Tabel 12

Süsinik-tööriistateraste sepistamise temperatuur

Terase mark	Sepistamise algtemperatuur °C	Sepistamise lõpptemperatuur °C
У7 ja У7А	1130—1150	800—840
У9—У13 ja У9А—У13А	1100—1120	820—870

Süsinik-tööriistateraste kuumutustemperatuur peab olema madalam süsinik-konstruktsiooniteraste kuumutustemperatuurist. Seejuures tuleb silmas pidada, et mida suurem on süsinikusisaldus, seda madalam peab olema kuumutustemperatuur, sest vastasel korral võib teras üle kuumeneda või isegi üle põleda. Seega on süsinik-tööriistateraste sepistamise temperatuurivahemik, s. t. sepistamise alg- ja lõpptemperatuuride vahe väiksem kui süsinik-konstruktsiooniterastel. Seepärast tuleb nende teraste sepistamisel toorikut sagedamini kuumutada.

Süsinik-tööriistateraste sepistamistemperatuurid on toodud tabelis 12.

Soojusejuhtivus on süsinik-tööriistaterastel madalam kui süsinik-konstruktsiooniterastel ning seepärast on tarvis neid aeglasemalt ja ettevaatlikumalt kuumutada.

Süsinik-tööriistaterastest sepiseid tuleb jahutada järgmisel viisil. Sepistamise lõpetamisel hoitakse sepist vaikse õhu käes 5—10 minutit, sõltuvalt sepise suurusest, et sepise välispind jahtuks ligikaudu temperatuurile 700°. Seejärel tuleb sepis kaevata kuiva liiva või räbu sisse, kus ta lastakse lõplikult jahtuda.

Sepiste jahutamine liivas või räbus on tarvilik selleks, et vältida pragude tekkimist.

Enne sepistamist vaadatakse toorik väliselt üle, et avastada pragusid, kilesid ja muid väliseid defekte. Väikesed välised praod on tarvis enne sepistamist meisliga välja raiuda. Peale selle tuleb kontrollida, kas antud toorik on tõesti valmistatud sellest terasemargist, millest toode tuleb valmistada.

On soovitav kord või kaks vahetuses (süsinik-tööriistaterasest sepiste masstootmisel) kontrollida murdekoha järgi terase kvaliteeti. Selleks sepistatakse umbes 10×10 mm ristlõikega proovikeha, millele raiutakse sisse väike sälk. Proovikeha karastatakse ja murtakse katki. Murdekoht peab olema matt.

Süsinik-tööriistaterase sepistamisel võivad esineda järgmised defektid.

Ristpraod. Niisuguse praagi põhjusteks võivad olla:

a) sepistatava tooriku liiga kiire kuumutamine, eriti temperatuurini 800—900°, kui tooriku väliskiht on suutnud kuumeneda ahju temperatuurini, keskkoht aga veel mitte; metalli väliskihid paisuvad rohkem kui sisemised, mille tagajärjel tooriku keskel tekivad suured sisepinged ja need võivad põhjustada pragusid;

b) tooriku ebaühtlane kuumutamine selle paksuses, mistõttu metall on keskelt vähem plastiline kui väljast; sellise tooriku sepistamisel tekivad praod.

Pinnapraod. Tooriku pinnal tekivad praod siis, kui metall sepistamise vältel kiiresti jahtub. Pinnapragude tekkimise vältimiseks on tarvis: a) sepistada kiirete ja energiliste löökidega, sepist iga kahe-kolme löögi järel pöörates (kantides); b) sepistada selliselt, et ei tekiks teravaid nurki ega servi, mis kiiresti jahtuvad ja soodustavad pragude tekkimist. Sepistamisel tekkinud teravad nurgad on tarvis kohe lamedaks taguda.

Kui sepistamise vältel ilmnevad praod, tuleb need kohe välja raiuda. Kui sepise pind on jahtunud (tumedaks tõmbunud), tuleb sepistamine lõpetada, toorikut aga uuesti kuumutada.

Lõhestumine. Toorik lõhestub vasaralöökide mõju all mitmeks tükiks, kui metall on üle põletatud.

Legeeritud eriterasteks nimetatakse niisuguseid teraseid, mille koostisse kuuluvad peale süsiniku veel eriotstarbel lisandatavad kasulikud legeerivad elemendid. Niisugused eriotstarbelised legeerivad lisandid muudavad ühel või teisel määral terase omadusi. Legeerivateks lisanditeks on kroom, nikkel, molübdeen, volfram, vanaadium, alumiinium ja koobalt ning ka räni ja mangaan, kui viimaste hulk ületab nende normaalset sisaldust tavalistes terastes.

Legeeritud teraste kuumutamise iseärasused

Kuumutamisrežiim sõltub peamiselt soojusejuhtivusest. Soojusejuhtivus on legeeritud terastel väiksem kui süsinikterastel. Legeeritud terased on vähem plastilised ja kalduvad kergemini pragunema. Peale selle on nad süsinikterastest kergemini ülekuumutatavad ja ülepõletatavad.

Temperatuuri tõusmisel terase plastilisus suureneb. Seepärast võib kõrgematel temperatuuridel lubada legeeritud terastele suuremat kuumutamise kiirust, ilma et oleks karta pragude tekkimist. Kuumutamise algul aga, kui teras on väikese plastilisusega ja madalama soojusejuhtivusega, peab kuumutamine toimuma aeglasemalt ja ettevaatlikumalt.

Kõigest eelseletatust võib legeeritud teraste kuumutamise iseärasuste kohta teha järgmisi järeldusi.

1. Valuplokid tuleb ahju laadida madalamatel ahju temperatuuridel. Legeeritud teraste kuumutamiseks on olemas mitmeid viise:

a) teras laaditakse külma ahju ja kuumutatakse koos ahjuga;

b) eelkuumutamist toimetatakse madalama temperatuuriga eri ahjus, mille järel valuplokk laaditakse ümber kõrgema temperatuuriga ahju;

c) kuumutamist toimetatakse kahe kambriga ahjudes, milledest üks kamber on madalama temperatuuriga ja on ette nähtud eelkuumutamiseks;

d) kuumutamist toimetatakse metoodilises ahjus, kus metall kuumeneb järk-järgult vastavalt edasiliikumisele külmemast ahju osast kuumemasse.

2. Legeeritud terasest valuploki kuumutamise režiim peab koosnema kolmest perioodist:

a) esimene periood: aeglane kuumutamine madala plastilisuse ja väikese soojusejuhtivusega piirkonnas temperatuurini 550—600°, mõnede eriti habraste teraste puhul aga kuni 700—800°-ni;

b) teine periood: kiirem kuumutamine sepistamistemperatuurini;

c) kolmas periood: metalli hoidmine püsival temperatuuril, et ühtlustada temperatuuri valuploki kogu ristlõikes.

3. Legeeritud terastest valtsitud toorikuid (ristlõikega kuni 100×100 mm) võib kuumutada suurema kiirusega, samuti nagu tavalistest süsinikterastest toorikuidki.

4. Üldine kuumutamise kestus on legeeritud terastel suurem kui tavalistel süsinikterastel.

5. Kuumutamise kestus on legeeritud teraste eri markidel erisugune.

Tabelis 13 on toodud mõnede legeeritud teraste sepistamise temperatuurirežiimid.

Tabel 13

Legeeritud teraste sepistamise temperatuurirežiimid

Terase mark	Maksimaalne metalli kuumutamise temperatuur °C	Maksimaalne ahju temperatuur kuumutamisel °C	Sepistamise lõpptemperatuur °C	
			ettevalmistusoperatsioonidel	viimistlusoperatsioonidel
15X, 20X, 35X, 40X, 30H, 40H, 2XCMA, OXM . . .	1220	1270	800	700
18XHMA, 5XHM, 5XГM, 6XHM, 45XH	1200	1250	800	700
7X3, 9X, 9X2	1150	1200	850	800

Legeeritud teraste sepistamise iseärasused

Enne legeeritud teraste sepistamist tuleb eemaldada tooriku või valuploki pinnalt praod, ülemuljutused ja üldse kõik defektid, mis on tekkinud terase valamisel kokillidesse või valtsimisel.

Toorikute pind puhastatakse suruõhumeislite või smirgelkäiadega. Legeeritud terastest valuplokkidel töödeldakse (kooritakse) mõnikord eripinkidel kogu pind. Kooritud või puhastatud valuplokk asetatakse ahju ja kuumutatakse seal vasara või pressi all sepistamiseks. Ahju ning sepistamise alg- ja lõpptemperatuuri on tarvis hoolikalt kontrollida.

Iga legeeritud terase margi jaoks määratakse oma sepistamise temperatuurirežiim, millest sepp peab kinni pidama.

Valuplokki tuleb üle suruda järk-järgult, algul surudes vähem (20—30 mm) ja alles pärast esimest (veel parem teist) ülesurumist võib surumise jõudu suurendada. Sellisel viisil välditakse valuploki välist pragunemist. Kui sepistamisel ilmnevad tooriku pinnal praod, siis tuleb need kohe välja raiuda. Seejärel kuumutatakse toorikut ja jätkatakse tööd.

Et saavutada legeeritud terastest vastutavate toodete sepistamisel kõrget kvaliteeti, tuleb täita järgmisi reegleid:

1) kasutada võimsamaid vasaraid või presse;

2) sepise iseloomust sõltuvalt jämendada tingimata kahel-kolmel korral;

3) pärast iga jämendamist ja sellele järgnevat venitamist tuleb vahepeal lõõmutada;

4) kuna legeeritud ja süsinik-tööriistateraste sepistamise temperatuurivahemik ei ole kuigi suur, siis selleks, et vähendada külma pinni ja alasi jahutavat mõju, on soovitav pinn ja alasi ning pealepandavad tööriistad (plaadid, rõngad jne.) soojendada temperatuurini 400—500° C;

5) tööriistade (pinni, alasi, plaatide jne.) tööpinnad tuleb alati hoida heas seisukorras ja jälgida, et nendes ei oleks mõlke ega täkkeid.

§ 97. VÄRVILISTE METALLIDE JA SULAMITE SEPISTAMISE ISEÄRASUSED

Tööstuses, eriti aga lennuki- ja mootoriehituses rakendatakse laialdaselt värviliste metallide ja sulamite kuum- ja külmstantsimist. Värviliste metallide ja sulamite vabasepistamist tehakse harva.

Värviliste sulamite sepistamiseks kasutatakse samu masinaid mis mustmetallide puhulgi, s. t. sepistamis- ja stantsimisvasaraid ning presse ja vastavaid sepatööriistu. Värviliste metallide sepistamisel-stantsimisel kasutatakse samu reegleid ja võtteid mis mustmetallide puhulgi. Lisaks mustmetallide sepistamise-stantsimise üldreeglitele tuleb värviliste metallide ja sulamite puhul arvestada mõningaid iseärasusi.

Sepistatavaid värvilisi metalle ja sulameid võib jaotada kahte gruppi — rasketeks ja kergeteks. Raskete metallide ja sulamite gruppi kuuluvad: vask, pronks, nikkel, kroomnikkel, messing; kergete gruppi kuuluvad: alumiinium, duralumiin ja magneesiumisulamid. Vaatleme mõnede sulamite sepistamise põhitingimusi.

V a s k e kasutatakse peamiselt elektritööstuses elektriaparatuuri detailide, voolulattide jne. valmistamiseks. Temperatuuril 250 kuni 600° C on vask väikese sitkusega, temperatuuril üle 800° C aga väga habras, mispärast vaske üle 800° C temperatuuril sepistada ega stantsida ei ole võimalik. Puhast vaske sepistatakse ja stantsitakse väga harva; sepistamisele kuuluvad tavaliselt vase sulamid — messing ja pronks.

M e s s i n g on vase ja tsingi sulam. Kõige sagedamini kasutatakse sepistamiseks nn. sepistatavat messingit, mis sisaldab 59% vaske, 40% tsinki ja 1 kuni 0,5% seatina. Mõnikord kasutatakse stantsimiseks ka seatina mittesisaldavat messingit. Messingit stantsitakse samasugustel seadmetel ja samade meetodite järgi kui terastki. Kuumutada võib messingit tavalistes sepaahjudes, mis võimaldavad ühtlast kuumenemistemperatuuri.

Messingi stantsimisel on tarvis arvestada järgmisi iseärasusi: 1) stantsimise temperatuurivahemik on 730 kuni 750° C, opti-

maalne temperatuur 730—720° C; seepärast on messingit tarvis stantsida väga kiiresti, soovitavalt ühe löögiga, kuna temperatuurivahemik on väga väike (kõigest 10—15° C); 2) kraat lõigatakse ära kas sepistamistemperatuuril, s. t. 730—720° C juures või pärast sepise jahtumist toatemperatuurini.

Pronks on vase sulam, mis sisaldab alumiiniumi, tina ja teisi elemente. Alumiiniumpronks on hästi sepistatav ja stantsitav nii pressidel kui ka vasaratel. Alumiiniumpronksi sepistamise temperatuurivahemik on 900—750° C piirides. Pronksi võib kuumutada samasugustes ahjudes, nagu neid kasutatakse terastoorikute kuumutamiseks.

Alumiinium ja duralumiin on hõbejasvalged metallid, väga plastilised ja hästi stantsitavad.

Duralumiin — alumiiniumi sulam, mis sisaldab vaske (kuni 4,5%), mangaani ja magneesiumi (kumbagi umbes 0,5%). Sepistamise temperatuurivahemikud: alumiiniumil 475—425° C, duralumiinil 470—380°.

Alumiiniumisulameid kasutatakse eriti laialdaselt lennukitööstuses, kuna nad on kerged ja küllalt tugevad. Alumiiniumi ja tema sulameid kuumutatakse elektri-takistusahjudes, ning märksa aeglasemalt kui terast.

Alumiiniumi ja tema sulamite stantsimisel, mis võib toimuda nii vasaratel kui ka pressidel, tuleb arvestada järgmisi iseärasusi:

1. Kõik kasutatavad sepatööriistad (stantsid, pinnid, alasid jne.) tuleb enne stantsimist kuumutada temperatuurini 200—250°C.

2. Täisnurkse ristlõikega valuplokid ja toorikud, nagu näitavad kogemused, on paremini stantsitavad kui ümmargused, mis stantsimisel sageli pragunevad. Seepärast ei maksa kasutada ümmargusi valuplokke ja toorikuid.

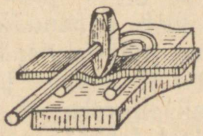
3. Alumiiniumisulamid võivad stantsi tööpindadele külge kleepuda ja muuta sepise pinna ebatasaseks. Seepärast peavad stantside tööpinnad olema hoolikalt lihvitud. Stantsimise ajal tuleb neid pindu määrida, stantse aga enne töö alustamist kuni 200—250° C temperatuurini kuumutada. Stantside määrimiseks võib kasutada grafiiti koos taimeõli või masuudiga.

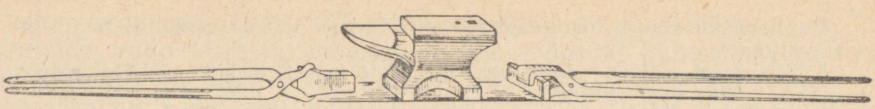
4. Alumiiniumitolmu ja rauatagi segu on plahvatusohtlik. Samal ajal aga võidakse sepatsehhi ühes ja samas ruumis stantsida nii alumiiniumi kui ka terast. Seepärast tuleb tarvitusele võtta abinõud, mis hoiaksid ära alumiiniumitolmu ja rauatagi segunemise ning järelikult ka plahvatuse.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Mispoolest erineb süsinik-tööriistateraste sepistamine süsinik-konstruktsiooniteraste sepistamisest?
2. Mis võib toimuda süsinik-tööriistaterasega, kui seda kuumutada väga kõrge temperatuurini, näiteks kuni 1300° C?
3. Kuidas jahutada sepiseid pärast nende valmistamist?

4. Mispärast võivad tööriistateraste sepistamisel tekkida ristpraod ja kuidas neid vältida?
5. Mispärast võivad tööriistateraste sepistamisel tekkida välised pinnapraod ja kuidas neid vältida?
6. Mispärast võib tööriistateraste sepistamisel toorik lõheneda tükkideks ja kuidas on võimalik seda vältida?
7. Missuguseid teraseid nimetatakse legeeritud terasteks?
8. Missugustest tingimustest tuleb kinni pidada legeeritud terastest valuplokkide kuumutamisel?
9. Missugustes ahjudes on legeeritud teraseid parem sepistamiseks kuumutada?
10. Missugustest põhilistest tingimustest on tarvis kinni pidada legeeritud teraste sepistamisel?
11. Mille poolest erineb pronksi stantsimine terase stantsimisest?
12. Missugustest reeglitest tuleb kinni pidada alumiiniumi ja tema sulamite stantsimisel?
13. Missugune temperatuurivahemik on tarvilik pronksi stantsimiseks?
14. Missugune temperatuurivahemik on tarvilik alumiiniumi ja tema sulamite stantsimiseks?
15. Missugune temperatuurivahemik on tarvilik messingi stantsimiseks?
16. Missugustes ahjudes tuleb kuumutada alumiiniumi ja tema sulameid?





XV PEATÜKK

SEPISTE TERMILINE TÖÖTLEMINE, DEFEKTID JA KONTROLLIMINE

§ 98. SEPISTE JAHUTAMINE

Sepiste termilise töötlemise eesmärgiks on: 1) pingete kaotamine, mis tekivad terases sepistamisel ja jahutamisel; 2) metalli struktuuri ühtlustamine sepise ristlõikes; 3) terasele niisuguse kõvaduse andmine, et teda oleks pinkidel kergem töödelda; 4) terase mehaaniliste omaduste parandamine.

Sepistamine, nagu meile on juba teada, lõpeb küllalt kõrge temperatuuri juures (700—800° C). Sepiste jahutumisel tekib terases pinge, mis võib muutuda nii suureks, et ületab terase tugevuse. Selle tagajärjel võivad sepises tekkida palja silmaga mittenähtavad, nn. mikropraod, mõnikord aga ka väga suured praod. Niisugusel juhul läheb sepistatud toode praaki.

Jahutumisel tekivad terases pinged sepise metalli väliste ja sisemiste kihtide erineva temperatuuri tõttu.

Sepis jahtub pinnalt. Seepärast on metalli väliskihtides temperatuur madalam kui sisekihtides; seejuures on temperatuur seda kõrgem, mida lähemal on sepise ristlõike keskpunkt. Sepise pinnakihid jahtuvad ja tõmbuvad kokku märksa kiiremini kui soojemad keskmised kihid. Selle tagajärjel väliskihid suruvad kokku sepise sisekihte, sisekihid aga venitavad metalli väliskihte.

Metallikihtide edasisel jahtumisel (kui sepise välised osad on peaaegu täiesti jahtunud) väliste osade kokkutõmbumine peaaegu lakkab, kuid kuna metalli väliskihid on külmad, muutub metall vähe plastiliseks. Samal ajal aga on sepise metalli sisekihtide temperatuur ikka veel kõrge ja jätkub nende kihtide kokkutõmbumine. Selle tagajärjel pingete märgid muutuvad: väliskihtides tekivad survepinged, sisekihtides aga — tõmbepinged.

Nagu eespool juba oli nimetatud, tekivad sepises, kui pinged ületavad jahtumisel terase tugevuse, praod. Pragude tekkimine jahtumisel sõltub ka terase kvaliteedist. Terase ebaühtlus, õhumullide, kahanemisõõnte, mittemetalliliste lisandite jne. esinemine soodustab pragude tekkimist nii toote sees kui ka selle pinnal. Siit järeldub: sepiseid on tarvis jahutada niiviisi, et see soodustaks terases tekkivate pingete osalist või täielikku kadumist.

Aeglasel jahutamisel temperatuurilt 700—800° C toimub sepise ristlõikes temperatuuride ühtlustumine. Selle tagajärjel kaovad sepistamisel terases tekkinud deformatsiooni jääkpinged, vähenevad jahtumisel terases tekkivad pinged, mis on põhjustatud toote välis- ja sisekihtide temperatuuride vahest.

Sepiste jahutamisel on kasutusel järgmised viisid: 1) õhus jahutamine; 2) mitteköetavates aukudes (kaevudes) jahutamine; 3) köetavates kaevudes ja ahjudes jahutamine.

Jahutusviisi valik sõltub terase margist, sepise kujust ja selle ristlõike suurusest. Tavaliselt on tehastes tabelid ja instruktsioonid, mille järgi toimetatakse jahutamist. Jahutamise viis ja režiim peavad olema näidatud sepistamisprotsessi tehnoloogilises kaardis.

Kõige kiiremini jahtuvad sepised õhu käes. Õhus jahutamiseks laotakse sepised üles kolmel viisil: ühte ritta ilma vahedeta, ühte ritta vahedega ja riitadesse. Seejuures jahtuvad sepised kiiremini, kui need on laotud ühte ritta vahedega, aeglasemalt, kui nad on laotud ühte ritta ilma vahedeta, ja veel aeglasemalt — riitadesse laotult.

Sepiste jahutamisel õhu käes tuleb need alati asetada kuivale mullale. Sepiste ladumine märjale mullale, metallpõrandale või külmadele sepistele põhjustab ebaühtlast jahtumist.

Sepiste õhu käes jahutamise koht peab olema kaitstud tõmbetuule eest. Aukudes või kaevudes jahtumine toimub aeglasemalt kui õhu käes. Aukudes jahtumise kiirust võib muuta ja reguleerida kaasi avades või sulgedes, riputades sepistele väikese soojusejuhtivusega materjale (liiva, räbuvatti, kivisõetuhka jne.), suurendades või vähendades pealeriputatava kihi paksust.

Sepiste temperatuur ei tohi olla auku asetamisel mitte alla 500—550° C. Sepised laotakse auku nii, et nad ei puutuks kokku külmade seintega. Aukudes jahtumisel, kui sepiste vahele puistatakse väikese soojusejuhtivusega materjali, tuleb sepised laduda selliselt, et nende vahele jääksid 25—50 mm vahed. Sepiste peale riputatakse samast materjalist 80—100 mm paksune kiht.

Köetavates ahjudes jahutatakse kõige vastutusrikkamaid sepiseid ja nende jahtumist tuleb täpselt reguleerida selleks ettenähtud režiimi järgi. Enne sepiste ahju ladumist tuleb ahi kuumutada temperatuurini 500—700° C, kusjuures ahju laadimise temperatuur ei tohi olla alla 500—600° C. Sepiste jahutamiseks kasutatakse tavaliselt väljatõmmatavate põrandatega ahjusid.

Kui sepiseid tuleb termiliselt töödelda, näiteks lõõmutada, siis on otstarbekohane ühendada jahtumine lõõmutamisega. Selleks laaditakse sepised, mille temperatuur ei ole alla 500° C, ahju ja kuumutatakse lõõmutustemperatuurini, misjärel nad jahutatakse koos ahjuga ettenähtud režiimi järgi. Sellisel viisil lühendatakse jahtumisaega ja vähendatakse kütusekulu, kuna jääb ära üks kuumutamine ja üks jahutamine.

§ 99. SEPISTE LÕÕMUTAMINE JA NORMALISEERIMINE

Lõõmutamist kasutatakse pingete kaotamiseks, sepiste mehaaniliste omaduste parandamiseks ja nende edasise mehaanilise töötlemise kergendamiseks.

Lõõmutamisprotsess seisab selles, et sepised kuumutatakse ahjus temperatuurini 750—900 °C, sõltuvalt terase süsinikusisaldusest (20—50° võrra kõrgemale kriitilisest punktist A_{C3}), ja seejärel jahutatakse neid aeglaselt. Niisuguse lõõmutamisega saavutatakse:

1) terase terade peenenemine, kuna need suurenevad sepises, kui sepistamine lõpetatakse kõrge temperatuuri juures;

2) metalli kuumtöötlemisest tingitud sisepingete kadumine;

3) terase suhteline pehmenemine, millega kergendub sepise mehaaniline töötlemine metalli lõiketöötlemise pinkidel.

Sepiste normaliseerimine seisab selles, et neid kuumutatakse samuti nagu lõõmutamiselgi. Pärast kuumutamist aga võetakse ahjust välja ja jahutatakse õhu käes. Sepiste normaliseerimine annab järgmisi tulemusi:

1) saadakse peeneteraline teras, kusjuures terad peenenevad paremini kui lõõmutamisel;

2) paranevad metalli mehaanilised omadused ning suurenevad sitkus ja tugevus;

3) sepises kaotatakse sisepinged.

§ 100. SEPISTE DEFEKTID VABASEPISTAMISEL

Defektid võivad sepistes tekkida järgmistel põhjustel: 1) tooriku halb kvaliteet; 2) selle ebaõige kuumutamine; 3) ebaõige sepistamise režiim; 4) ebaõiged sepistamise võtted; 5) sepise ebaühtlane jahtumine pärast sepistamist.

Lähtemetalli kvaliteet tingib ka valmis sepise kvaliteedi; halvakvaliteedilise metalli kasutamisel ei ole võimalik saada head toodet. Enne sepistamist on tarvis teada metalli kvaliteeti, mispärast seda lastakse enne sepistamist keemiliselt ja mehaaniliselt katsetada. Kui katsetamine näitab, et metall ei vasta ülesseatud tehnilistele tingimustele, mis esitatakse antud tootele, siis metall praagitakse või kasutatakse teda teise toote valmistamiseks, mille tehnilisi tingimusi ta rahuldab.

Hea kvaliteediga metalli, mis vastab kõikidele antud toote jaoks ettenähtud tehnilistele tingimustele, on võimalik ära rikkuda kas ebaühtlase kuumutamisega või ebaõige sepistamisrežiimi tõttu (näiteks kui sepistamine lõpeb liiga kõrge või liiga madala temperatuuri juures) või ebaõigete võtete kasutamisega sepistamisel.

Sepiste ebaühtlasel jahtumisel tekivad metallis sisepinged, mis põhjustavad toote kaardumist ja pragunemist. Ahjude tugevasti oksüdeerivas atmosfääris põleb metalli väliskihtidest süsinik osaliselt välja, mistõttu metalli mehaanilised omadused osaliselt alanevad. Seda viga on raske kõrvaldada. Niisugusel juhul on ots-

tarbekohane ära kasutada legeeritud terasest sepis vähem vastutusrikka toote valmistamiseks.

Tähtsamaid loetletud sepiste vigadest on võimalik jaotada kahte gruppi: a) mittekõrvaldatavad vead; b) vead, millede kahjulikku mõju on võimalik vähendada või hoopis kõrvaldada.

Mittekõrvaldatavate vigade hulka kuuluvad: sügavad praod, rebestused, urbed, ülepõletamine ja süsiniku väljapõlemine. Niisuguste vigadega tooted praagitakse.

Kõrvaldatavate vigade hulka kuuluvad: väikesed praod, metalli ülekuumutamine, jämedateraline struktuur, metallis tekkivad sisepinged ja kaardumine.

Vabasepistamise või stantsimise teel valmistatud toodetes leiduvaid vigu kõrvaldatakse järgmiste abinõude rakendamisel.

1. Väikesed praod ja õhuaugud raiutakse välja kas suruõhuvasaratega külmas olekus või eriliste kirvestega sepistamise vältel.
2. Pinnapraod eemaldatakse ja vähenenud süsinikusisaldusega kiht võetakse maha vastutavatelt sepistelt nende koorimisega eripinkidel.
3. Kõverdunud ja kaardunud tooteid õgvendatakse pressidel.
4. Metalli mehaaniliste omaduste parandamiseks kui ka sisepingete kaotamiseks töödeldakse tooteid termiliselt — lõõmutatakse või normaliseeritakse. Tutvume sepistes esinevate põhiliste defektidega (praagiga).

Praod. Praod (nii piki- kui ka ristipraod) kujutavad endast kõige sagedamini esinevat sepiste viga. Pragude tekkimise põhjusteks sepises võivad olla: a) madala kvaliteediga valuplokk; b) ebaõige kuumutamine; c) sepistamine madalatel temperatuuridel; d) sepiste ebaõige jahutamine (legeeritud teraste puhul); e) ebaõigete sepistamisvõtete kasutamine.

Kui sepistamisel ilmnevad praod, siis tuleb need eriliste kirveste abil viivitamatult eemaldada. Pragude viivitamatu eemaldamine kuumalt sepiselt osutub ökonoomsemaks nende väljaraiumisest külmalt sepiselt. Pragusid raiutakse välja järgmisel viisil. Käepideme abil asetatakse kirves sepisele. Kirves surutakse sepisesse veidi kõrgemal sellest kohast, kus avastati pragu. Seejärel pööratakse veidi sepist ja kirvele antavate kergete löökidega lõigatakse välja praoga metallitükk.

Juuspraod. Juuspragudeks nimetatakse õige väikesi pragusid, mille laius ei ületa millimeetri murdosa. Juuspragude tekkimise põhjuseks on: a) metalli (valuploki) mingid defektid; b) sepise liiga kiire jahtumine.

Räbu, liiv ja poorsus. Räbu, liiv ja poorsus sepise pinnal või selle sees võivad tekkida valuploki vigade tõttu või valuploki ülemise osa mittetäieliku eemaldamise tagajärjel.

Õõnsused ja tühimikud. Õõnsused ja tühimikud võivad tekkida ümmarguste sepiste sepistamisel lameda pinni ja alasi vahel ilma ruudule üleminekuta, kui venitatakse otse ringile.

Rebestused. Rebestuste põhjusteks on: a) madala temperatuuri

juures sepistamine valuploki esimesel ülesurumisel; b) madala kvaliteediga valuplokk; c) ebaõige kuumutamine (ülepõletamine).

Pinnakonarused. Pinnakonarusi põhjustab alasi ja pinni hooletu puhastamine tagist, mis pressitakse sepistamisel sepisesse.

Ülemuljumised. Ülemuljumised tekivad sepa hooletust töötamisest (liiga suurelt pinnide vahele juurdehaaramine) või mittekorrasolevate (teravate servadega) pinnide vahel sepistamisel.

§ 101. SEPISTE DEFEKTID STANTSIMISEL

Kuumstantsimisel võivad toodetes tekkida mitmesugused defektid.

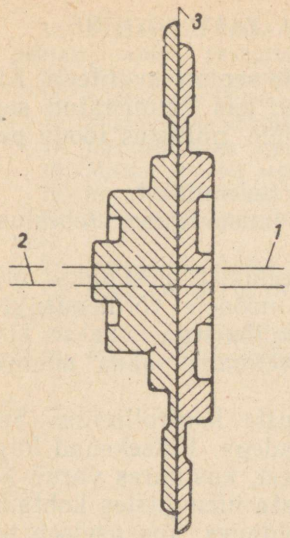
Toote mõõdete mittevastavus joonise mõõdetele. Pole õige arvata, et ühes ja samas stantsis stantsimisel peavad kõik tooted tulema täpselt ühesugused ja täpselt vastama joonise mõõdetele. Tegelikult ei ole lugu nii. Stants töötab rasketes tingimustes (kõrge temperatuur tulise metalliga kokkupuutumise tagajärjel, tugevad löögid), töötamise vältel läheb stants pidevalt korrast ära ja kulub kiiresti, kaotades oma esialgsed mõõted.

Kui sepis jääb stantsi puhasvakku kinni, siis on see stantsi kulumise signaaliks. Stantsi kulumisel suurenevad tugevasti sepise mõõted ja töötlusvarud saadakse kaks ja isegi kolm korda normaalsetest suuremad. Stantside seisukorra ja nende kulumise kontrollimiseks kui ka remondist väljunud stantside seisukorra kindlakstegemiseks on tarvis süstemaatiliselt, teatava sepiste arvu järel tooted üle vaadata, mõõta ja kaaluda.

Viltuseis. Stantsid lähevad töötamisel tihti korrast ära. Alumine stantsipool tuleb üles seada selliselt, et ta ei annaks liikuda ja oleks kindlalt kinnitatud ilma mingite vahelehtedeta, kuna ülemine stantsipool tuleb ülesseadmisel sobitada alumise järgi. Pärast stantsipoolte kokkusobitamist alustatakse proovistantsimist.

Proovitooteid kontrollides peavad kontrolör ja meister otsustama nende kõlblikkuse küsimuse; alles pärast nendelt loa saamist võib sepp alustada toodete kogu partii stantsimist. Kuid nii hästi kui ka stantsipooled ei ole üles seatud ja kinnitatud, võivad nad ometi töötamisel löökide ja nendest tingitud põrutuste tõttu oma vastastikust asendit muuta.

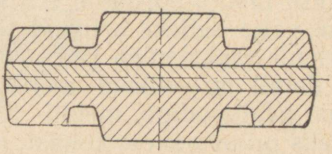
Paigaltnihkunud stantsipoolte vahel stantsimine põhjustab toodete viltuseisu (joon. 275). Viltuseisu on kerge kindlaks teha niikaua, kui kraadid pole toodetelt maha lõigatud. Kui vaadata tootele piki kraadi tasapinda, siis võib kergesti märgata toote ühe poole nihkumist teise suhtes. Silmaga märgatava viltuseisu korral osutub toode praagiks. Seepärast peab stantsija perioodiliselt kontrollima, kas toodetel ei esine viltuseisu, ja õigeaegselt kiilusid sissepoole lööma, ootamata nende nõrgenemist. Viltuseisu avastamisel tuleb stantsimine kohe lõpetada ja stantsipooled uuesti kokku sobitada.



Joon. 275. Stantsitud hammasratta kaardumine:
1 — hammasratta ülemise poole telgjoon; *2* — hammasratta alumise poole telgjoon; *3* — hammasratta eraldusjoon.

Lõpuni stantsimata tooted. Lõpuni stantsimata toode (joon. 276) ei vasta joonise mõõdetele; enamasti lähevad niisugused tooted praaki. Lõpuni stantsimata tooteid saadakse kas seepärast, et ei antud küllaldasel arvul lööke, või seepärast, et toorik jahtus sedavõrd ära, et metall kaotas oma plastilisuse ega täitnud stantsi.

Ülemuljumised. Ülemuljumised ehk voldid tekivad stantsi vagude



Joon. 276. Lõpuni stantsimata toode.

metalliga ebaõige täitumise tagajärjel. Ülemuljumiste massiline esinemine on tingitud stantsi puudulikust konstruktsioonist, kui ettevalmistus- ja mustvaod ei vasta puhasvaole. Sel puhul esineb metalli ebaõiget voolamist, mis põhjustab ülemuljumiste tekkimist. Peale selle võivad ülemuljumised tekkida musttooriku ebaõigest paigutamisest puhasvakku. Sel juhul võib stantsipoolte kokkusurumisel kraat sepise ümbermõõdul välja voolata ebaühtlaselt.

Auklik pind. Auklik pind tekib toodetel tagi sissestantsimisest sepisesse, kui töötamisel ei puhastata stantsi hoolikalt tagist. Stantsi õõnsusse kogunev tagi surutakse stantsimisel kuuma ja sitke tooriku sisse ja selle pinnal tekivad sügavad augud. Sügavate aukude puhul läheb sepis praaki, kuna pärast mehaanilist töötlemist jäävad aukude kohad mustaks. Et sepise pind ei muutuks auklikuks, tuleb toorik ja stantsi õõnsus enne stantsimist puhastada tagist.

Mõlgid ja täkked. Mõlgid ja täkked tekivad hooletul töötamisel: 1) tooriku ebaõigel paigutamisel stantsi sisse lõplikuks löögiks; 2) sepise kinnijäämisel ülemise stantsipoole sisse ja sealt väljakukkumisel pärast lööki; 3) tuliste sepiste ühest kohast teise loopimisel ja 4) sepiste kraadi äralõikamisel mittekorrasolevas lõikestantsis.

§ 102. SEPISTE KONTROLLIMINE JA VASTUVÕTMINE

Pärast sepistamist kontrollitakse kõikide sepiste kvaliteeti. Kvaliteedi kontrollimisel tuleb kindlaks teha, kas valmistatud sepis vastab oma tugevuselt nendele tingimustele, millistes toode peab töötama.

Kontrollimine koosneb järgmistest operatsioonidest.

1. Sepise väline ülevaatus pragude, juuspragude, rebestuste, ülemuljumiste, kilede jne. avastamiseks.

2. Toote mõõdete kontrollimine. Kontrollimist teostatakse mõõteriistade abil mõõtmisega ning sepise mõõdete võrdlemise teel joonise mõõdetega. Toote mõõdete kontrollimisega tehakse kindlaks, kas mehaanilise töötlemisega on võimalik saada nõutavat detaili.

3. Mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste kontrollimine. Seda tehakse laboratooriumis eriliste katsekehadega. Katsekehad lõigatakse välja selleks eriliselt jäetud varudest, kusjuures varud katsekehade jaoks tuleb jätta või välja lõigata niisugustes kohtades, kus detail on rohkem koormatud, või kohtades, kus asetseb halvema kvaliteediga metall (valuplokkidest sepistamisel võetakse näiteks proov sellest kohast, mis on sepistatud valuploki ülemisest osast).

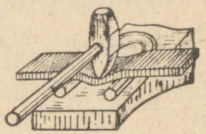
4. Kõvaduse kontrollimine. Kõvadust kontrollitakse toote pinnal. Selleks puhastatakse kontrollitav koht toote pinnal smirgelkäia abil ja kontrollitakse kõvadust eriliste aparaatidega, milledest oli juttu eespool.

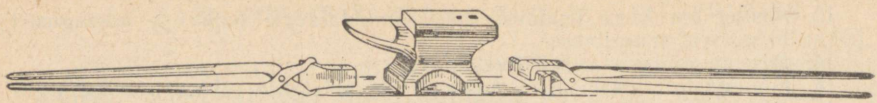
Peale loetletud kvaliteedi kontrollimise viiside kontrollitakse vastutavatest sepistest võetud proovidel veel makro- ja mikrostruktuuri. Selleks valmistatakse väljalõigatud proovidest erilised lihvid.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Jutustage, kuidas toimub terassepise jahtumine ja mispärast tekivad terases jahtumisel sisepinged?
2. Mispärast on terase aeglasel jahtumisel sisepinged väiksemad kui kiirel jahtumisel?
3. Missuguseid jahutamisviise teie tunnete?
4. Missugust ühest ja samast terasemargist valmistatud sepist on tarvis jahutada aeglasemalt, kas paksu või õhukest, ja mispärast?
5. Kuidas jahutatakse sepist õhus?
6. Missuguse minimaalse temperatuuri juures asetatakse sepiseid jahutamiseks ahju või auku?
7. Missugune temperatuur peab olema ahjus, kuhu laaditakse sepised jahutamiseks?
8. Kuidas on võimalik muuta sepiste jahtumise kiirust mitteköetavates aukudes?
9. Milleks lõõmutatakse sepiseid?
10. Kuidas lõõmutatakse sepiseid?
11. Milleks normaliseeritakse sepiseid?
12. Missuguste tähtsamate põhjustega on seletatavad vabasepistamise teel valmistatavate sepiste defektid?

13. Missugused vead kuuluvad mittekõrvaldatavate hulka ja missugustel põhjustel sepiseid praagitakse?
14. Missugused vead on kõrvaldatavad?
15. Missuguste tähtsamate meetoditega kõrvaldatakse vabasepistamise vigu?
16. Missugustel põhjustel tekivad sepises praod?
17. Mis põhjustab sepises juuspragude tekkimist?
18. Millest tekivad sepises õõnsused ja tühimikud?
19. Mispärast tekivad sepistes rebestused?
20. Missugustel põhjustel ei vasta kuumaltstantsitud detail joonise mõõdetele?
21. Mispärast tekivad stantsimisel viltuseisud?
22. Mida kujutavad endast lõpuni stantsimata tooted ja mispuhul neid saadakse?
23. Milleks kontrollitakse sepiste kvaliteeti?
24. Milles seisab sepiste kvaliteedi kontrollimine?





XVI PEATÜKK

TÖÖ JA TÖÖKOHA ORGANISEERIMINE

§ 103. SEPASEADMETE RATSIONAALNE KASUTAMINE

Kui tsehhi saabub uus tellimus sepiste valmistamiseks, tekib küsimus: missugusel vasaral (pressil või sepistamismasinal) on kasulikum antud sepiseid valmistada.

Ühe või teise sepise valmistamiseks seadmete valiku küsimuse otsustab tsehhi juhtkond. Sepale antakse kätte tehnoloogiline kaart, milles on näidatud sepiste valmistamise viis ja seadmed, milledel sepised tuleb valmistada. Iga sepp peab aga teadma, millest on tingitud sepiste valmistamise viisi ja seadmete valik. Seda peab ta teadma selleks, et täiustada oma igapäevases tööpraktikas tehnoloogilist protsessi, suurendada tootlikkust ja püüda vähendada valmistatavate sepiste maksumust.

Sepiste valmistamise viisi määramine ja selleks tarvilike seadmete valik sõltuvad: 1) sepiste arvust ja 2) sepiste ristlõike suurusest.

Kui sepiste arv ei ole suur ja uut tellimust nendele sepistele ette näha ei ole, siis on kasulikum neid valmistada sepistamisvasara või pressi all vabasepistamise teel. Kui aga sepiste arv on suur ja tulevikus on ette näha nendele uusi tellimusi, siis on otstarbekohane neid valmistada sepistamisvasaral (pressil) stantsimise teel või sepistamismasinal jämendamise teel.

Sepiste ristlõike suurus määrab sepaseadmete võimsuse. Sepistamismehhanismi võimsuse õigel valikul on suur tähtsus. Kui pressi või vasara võimsus ei ole küllaldane, siis kulub sepistamiseks palju aega, see aga tingib liigseid kuumutamisi ja liigset kütusekulu. Kõige selle tagajärjel suureneb sepiste maksumus. Peale selle ei saa mittepiisava võimsusega pressi või vasara all sepistamisel metall kogu paksuses küllaldaselt läbi taotud ja sepistatud toote mehaanilised omadused kujunevad madalateks. Pole ka lubatav valida sepistamismehhanismi niisuguse võimsusega, mis on märgatavalt suurem vajalikust, kuna selle tagajärjel tõuseb sepise maksumus.

Sepaseadmete tootlikkuse tõstmine

Vasarate, presside ja sepistamismasinate valmistaja-tehas annab andmed nende tootlikkuse kohta, s. t. töö hulga (kaaluühikutes või tükkides), mida võivad antud seadmed toota ajaühikus (näiteks tunnis). Eesrindlikud töölised ja tootmise novaatorid on avastanud viise seadmete tootlikkuse tõstmiseks; nendest osutuvad tähtsamateks: 1) tööliste tehniliste teadmiste taseme tõstmine; 2) seadmete seisukorra pidev jälgimine ja nende õigeaegne remont; 3) sepistamiseks vajaliku kvaliteediga lähtematerjali kasutamine; 4) sepistamist kergendavate ja kiirendavate rakiste ning tööriistade kasutamine; 5) ratsionaalsete tehnoloogiliste protsesside rakendamine; 6) töökoha hea sisustamine, töö õige organiseerimine; 7) abioperatsioonide lühendamine ja maksimaalse tööaja saavutamine põhilistel operatsioonidel.

Kapitalistlikes maades ei ole töölised, kes töötavad ettevõtjate heaks, huvitatud töötootlikkuse tõstmisest. Teisiti on meil. Meie maal ei tööta inimesed mitte ekspluataatorite heaks, mitte muidusööjate rikastamiseks, vaid enda ja oma nõukogude ühiskonna hüvanguks. Seepärast ongi meil töö määratu suure ühiskondliku tähtsusega ja töötootlikkuse tõstmisest on huvitatud kõik nõukogude inimesed. Üheks põhjuseks, mis kutsus esile tootmiseesrindlastenovaatorite liikumise, oli just asjaolu, et tõusis tööliste tehniline tase. Tööline muutus lihtsast töötegijast sotsialistliku majanduse teadlikuks ülesehitajaks. Tänu omandatud tehnilistele teadmistele hakkasid töölised kriitiliselt suhtuma tootmise organiseerimisse omas tehases, mis võimaldas neil kõrvaldada puudusi ja korraldada tööd selliselt, et tehniliselt mahajäänud töölisele kättesaamatud töönormid on muutunud nüüd täiesti reaalseteks ja teostatavateks. Iga tööline peab päevast päeva tõstma oma tehnilist taset, et suurendada seadmete tootlikkust, täiustada tehnoloogilist protsessi, kergendada töötingimusi, töötada füüsilisel tööl väiksema jõukuluga, kuid maksimaalse efektiga (tootlikkusega).

Kuigi seadmete (vasarate, presside, ahjude jne.) seisukorra pidev jälgimine ja nende õigeaegne korrastamine ei kõrvalda täielikult kapitaalremontide vajadust, vähendab see ometi märgatavalt nende arvu ja sellega ka seadmete seisuaega.

Materjali kvaliteedil ja selle mõõdetel on samuti suur tähtsus töötootlikkuse tõstmiseks. Mida kõrgem on lähtematerjali (tooriku) kvaliteet, seda vähem tekib praaki. Mittevastavate mõõdetega toorik sunnib täiendavaid operatsioone kasutusele võtma, mida muidu oleks võidud vältida. Nii näiteks toob ülemäära paks toorik juurde liigse venitusoperatsiooni. Pikast toorlatist toodete sepistamine nõuab maharaiumist, mida ei vajata, kui vasarale antakse ette õigesse pikkusse lõigatud toorik. Tööd kergendavate rakiste ja tööriistade kasutamine ning ratsionaalsete tehnoloogiliste protsesside rakendamine on mõlemad esmajärgulise tähtsusega.

Metallide sepistamist, eriti aga vabasepistamist loetakse ammust ajast raskeks füüsiliseks tööks ja samal ajal ka kunstiks. Kõrge temperatuurini kuumutatud materjali märkimisväärseks deformeerimiseks lühikese aja jooksul, mil metall ei ole veel kaotanud oma plastilisi omadusi, nõuab tõepoolest suurt meisterlikkust ja füüsilist jõudu.

Sepatööde iseloom ja ulatus nõuavad käesoleval ajal järjest tungivamalt käsisepistamise võtete lihtsustamist ja kergendamist, eriti aga üleminekut toodete vabasepistamiselt stantsimisele. Nendel juhtudel aga, kui see ei ole mingitel põhjustel võimalik, tuleb kergendada vabasepistamist töömahukate käsisepistamise võtete mehhaniseerimisega, rakiste kasutamisega ja vähemalt mõnegi sepistamisoperatsiooni teostamisega lihtsaimates stantsides.

Alljärgnevalt on näidatud põhilised abinõud, millede rakendamisel sepa tööala eesrindlased lihtsustavad ja kiirendavad oma tööd: 1) käepäraste käsitööriistade valmistamine; 2) rakiste kasutamine, mis kergendavad raskete toorikutega töötamist; 3) rakiste kasutamine, mis koondavad mitu käsisepistamise võtet üheks; 4) universaalsete sepatööriistade asemel venitusraudade jne. kasutamine, mis on eriti kohandatud antud töö jaoks; sama kehtib ka mõnesuguste tööriistade, nagu kirveste ja alusplaatide kohta; 5) stantse asendavate lihtsate rakiste valmistamine; 6) tööd kergendavate muudatuste läbiviimine tööriistade konstruktsioonis; 7) sepistamise teel stantside valmistamine väiksemate sepiste partiide jaoks; 8) rakiste kasutamine üksikute käsisepistamise võtete mehhaniseerimiseks; 9) abiaja lühendamine rakiste kasutamisega, mis võimaldavad mitme detaili üheaegset valmistamist.

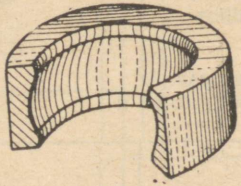
Ahjude tootlikkuse suurendamine

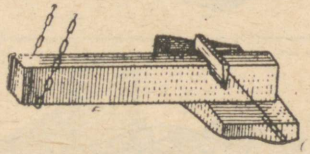
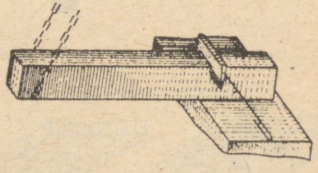
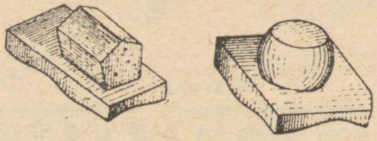
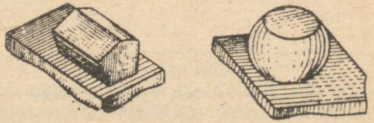
Sepatöödel esineb sageli seadmete seisakuid metalli kuumutamise ootel. Seetõttu alaneb märgatavalt vasara või pressi tootlikkus. Seadmete seismist likvideeritakse: 1) olemasoleva ahju asendamise teel uue suurema tootlikkusega ahjuga või lisa-ahju ülesseadmisega; 2) abinõude tarvituselevõtuga olemasoleva ahju tootlikkuse tõstmiseks.

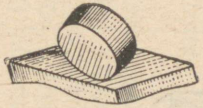
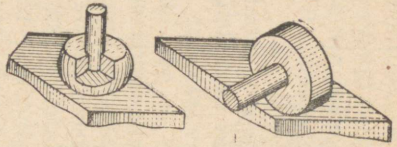
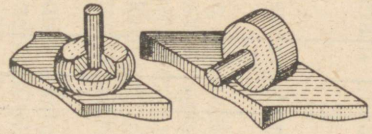
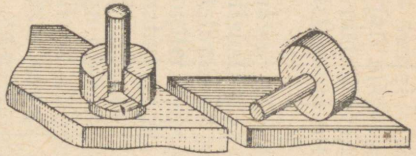
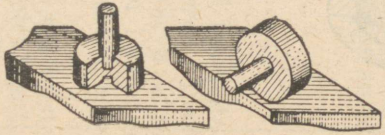
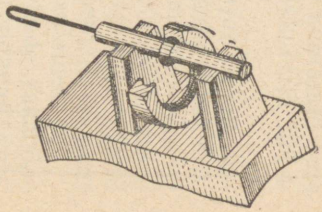
Kohalike tingimuste, majanduslikkude kaalutluste ja rea teiste põhjuste tõttu ei ole lisa-ahju ülesseadmine või olemasoleva ahju kapitaalne ümbertegemine alati võimalik. Seepärast töötavad tootmise eesrindlased selle kallal, et avastada olemasolevate ahjude peidetud tootlikkuse reserve ja juurutada uusi norme metalli kuumutamiseks.

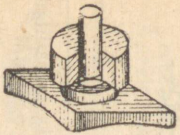
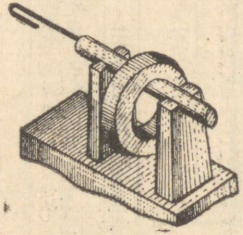
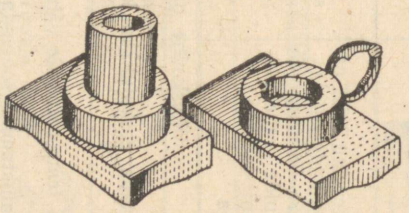
Ahjude tootlikkuse suurendamise abinõude hulka kuuluvad: 1) heitgaaside soojuse kasutamine metalli kuumutamiseks eelkuumenduskambris, mis kiirendab kuumutamist ja tõstab ahju kasukraadi; 2) toorikute sepistamis-temperatuurini kuumutamiseks kuluva aja lühendamine, milleks parandatakse kuumutatava too-

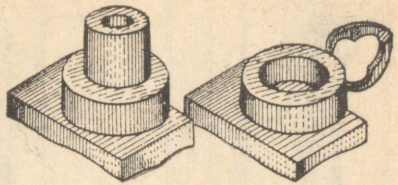
Kuullaagri rõnga sepistamine



Jrk. nr.	Vana sepistamisviis		Jrk. nr.	Kompleksne tehnoloogia	
	Töövõtte kirjeldus	Siirde skits		Töövõtte kirjeldus	Siirde skits
1	Toorlati ette-andmine Raiumine		1	Toorlati ette-andmine Raiumine	
2	Servade maha-tagumine Jämendamine		2	Servade maha-tagumine Jämendamine	

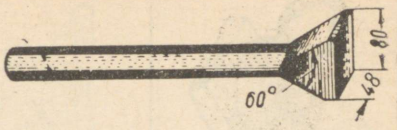
Jrk.nr.	Vana sepistamisviis		Jrk.nr.	Kompleksne tehnoloogia	
	Töövõtte kirjeldus	Siirde skits		Töövõtte kirjeldus	Siirde skits
3	Külgpinna silumine		3	Augulöömine Külgpinna silumine	
4	Augulöömine Külgpinna silumine		4	Augu löömine teiselt poolt Külgpinna silumine	
5	Augu löömine teiselt poolt Külgpinna silumine		5	Profiiltornil avardamine	

6	Augulõõmine	
7	Tornil avardamine	
8	Ümbermõõdu rihtimine	

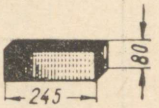
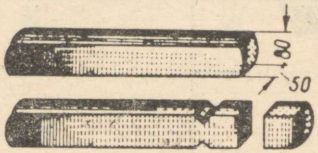
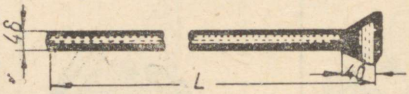
6	Ümbermõõdu rihtimine Mõõdete kontrollimine	

Majanduslik efekt:

1. Rõnga siseläbimõõdu järgi väljasurumise arvel saavutatav metalli kokkuhoid moodustab 3 kg detaili kohta.
2. Operatsioonide nr. 3 ja nr. 6 ärajätmise arvel tõusis töötootlikkus 16% võrra. Auk lüüakse kohe jämedamate tornidega.
3. Väheneb mehaanilise töötlemise maht.



Poldi vana sepistamisviis

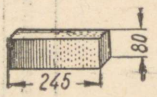
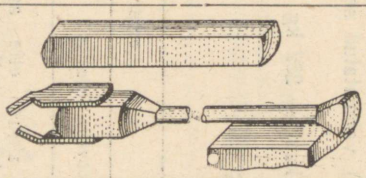
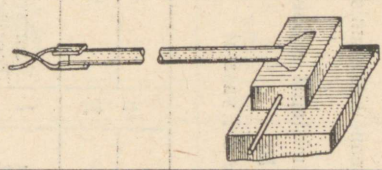
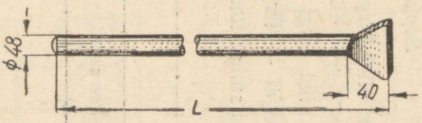
Jrk. nr.	Töövõtte kirjeldus	Siirde skits
	Toorik	
1	Venitada 80×80 mm ristlõikega toorik 50×80 mm latiks Märkida metall sälguga ja liigne osa maha raiuda	
2	Venitada sepise keskmine osa algul mustalt, seejärel ümmarguste vormpinnide vahel läbimõõduni 48 mm	
3	Venitada tooriku teist otsa. Õgvendada-siluda kogu varb ümmarguste vormpinnide vahel läbimõõduni 48 mm Rihtida pea	

Keskmine operatiivaeg 10 minutit

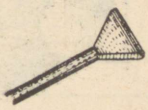
Kuidas saada eeskujulikku kvaliteeti	Kuidas kasutada ja säilitada seadmeid paremini
1. Kuumutada temperatuurile vähemalt 1180° C 2. Enne töö alustamist soojendada allapandavaid tööriistu kuni 150° C 3. Lõikeriistad tuleb hoolikalt poldipeale sobitada ja puhastada	1. Tööd teostada pinni ja alasi keskkohal 2. Tagi alasilt eemaldada

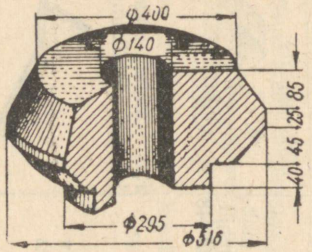
Detaili iseloomustus:
Sepise kaal 12,0 kg
Materjal — teras Ст. 3

Kompleksne tehnoloogia

Jrk. nr.	Töövõtte kirjeldus	Siirde skits
	Toorik	
1	Venitada toorik 50×80 mm latiks Välja mõõtnud pea jaoks vajaliku metalli, venitada kohe keskkoht alasi ja pinni vahel	
2	Venitada teist otsa ja siluda varb ümmarguste vormpinnide vahel läbimööduni 48 mm Stantsida pea erilises allapandavas stantsis	
3	Ära lõigata kraat erilises allapandavas lõikestantsis, kasutades pea perimeetrile vastava kujuga pealepandavat plaati	

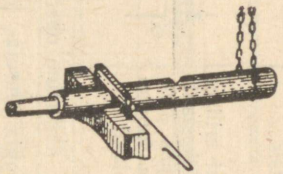
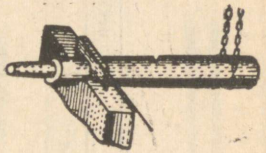
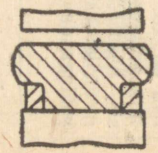
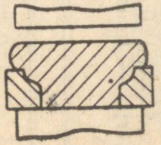
Keskmine operatiivaeg 6,5 minutit

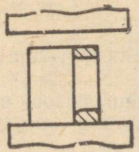
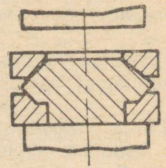
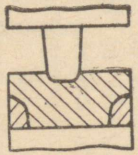
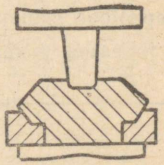
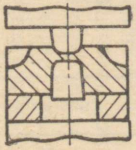
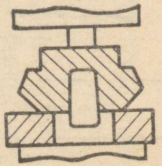
Komplekssе tehnoloogia juurutamisest saavutatav sääst	Vajalike tööriistade ja rakiste loetelu	Uue rakise skitsid
1. Uue viisi järgi sepistamisel jäävad ära pea märkimine, sälguga liigse metalli maharaiumine ja pea rihtimine	1. Lapikute ja ümmarguste mokkadega pihid, vormpinn Ø 48	Lõikematriits 
2. Detailide kvaliteet märgatavalt tõuseb, saadakse kõikidel poltidel ühesugune pea	2. Allapandav stants. Lõikematriits	Pealepandav plaat kraadi äralõikamiseks
3. Töötootlikkus tõuseb 35% võrra	3. Pealepandav plaat, kirves	
4. Metalli sääst — 1 kg detaili kohta		

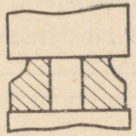


Sepise iseloomustus

1. Vana viisi järgi (enne üldistamist) valmistatud sepise kaal — 322 kg
2. Uue viisi järgi valmistatud sepise kaal — 282 kg
3. Materjal — teras 50
4. Sepistamine toimub 5 t vasaral

Jrk. nr.	Vana sepistamisviis: Töövõtte kirjeldus	Vana sepistamisviis: Sirde skits	Jrk. nr.	Kompleksne tehnoloogia: Töövõtte kirjeldus	Kompleksne tehnoloogia: Sirde skits
1	Toorlatt ahjust kahvli abil ette anda. Toorikuteks raiumine nende ühe otsa eelneva venitamisega		1	Toorlatt ahjust ette anda. Toorikuteks raiumine iga tooriku ühe otsa eelneva venitamisega	
2	Allapandava rõnga sees jämendada tehnoloogias antud mõõdeteni		2	Esialgne jämendamine allapandavas koonusrõngas tehnoloogias antud mõõdeteni	

3	Külgpind koos rõngaga siluda		3	Peale asetada ülemine koonusrõngas. Lõplik jämendamine	
4	Augulöömine 120 mm jämeduse torni abil (toorik jääb rõngasse)		4	Maha võtta ülemine rõngas. Lüüa auk torniga, mille läbimõõt 150 mm. Sepis rõngast välja võtta	
5	Augulöömine teiselt poolt. Augutorni väljavõtmine august ja sepise väljavõtmine rõngast		5	Augu lõplik läbilöömine teiselt poolt. Augutornide sepisest väljavõtmine	

Jrk. nr.	Vana sepistamisviis: Töövõtte kirjeldus	Vana sepistamisviis: Sliirde skits	Jrk. nr.	Kompleksne tehnoloogia: Töövõtte kirjeldus	Kompleksne tehnoloogia: Sliirde skits
6	Kõrguse rihtimine. Mõõdete kontrollimine		6	Kõrguse rihtimine. Mõõdete kontrollimine	

Töökoha ratsionaalne organiseerimine

1. Detaile on soovitav sepistada partiidena, et vältida alasi ja pinni liigset vahetamist

Kuidas saada eeskujuliku kvaliteediga toodangut

1. Enne toorlati toorikute lähtepikkusteks märkimist kontrollida tooriku läbimõõtu
2. Enne toorlati tükeldamist lüüa punktidesse, mis märgivad tooriku pikkust, sälgud, et säilitada tooriku mahtu
3. Raiumist toimetada neljalt poolt
4. Jälgida ääriku õiget jämendamist, pöörates toorikut koos rõngaga ümber telje

Kuidas kasutada ja säilitada seadmeid paremini

1. Allapandavaid rõngaid enne töö alustamist soojendada
2. Vältida ekstsentrilisi vasaralööke
3. Sepistamise temperatuuri vahemik $t = 1200—750°$

Sääst kompleksse tehnoloogia juurutamisest

1. Ääriku kujundamises ülemise ja alumise koonuse allapandavate rõngaste abil ja augu läbimõõdu suurendamisega säästetakse metalli
2. Ääriku mahu vähendamise ja kahelt poolt jämendamise tagajärjel kiireneb töö; langeb ära ümbermõõdu siiumine
3. Säästetakse aega sepise mehaaniliseks töötlemiseks
4. Sepise mahu vähendamise tõttu säästetakse kütust
5. Hoitakse kokku metalli

riku kokkupuutumist tuliste gaasidega tooriku õige paigutamisega ahju põrandale; 3) ratsionaalsema režiimi rakendamine toorikute ahju laadimisel.

Ahju kõige paremaks laadimise režiimiks on toorikute sisselaadimine tükkhaaval: kuumutatud toorik võetakse ahjust välja, külm toorik laaditakse aga kohe ahju. Tükkhaaval laadimise viisi soovitatakse kasutada kõikidel toorikute kuumutamise juhtudel, välja arvatud väikesed toorikud, kui sepistamine või stantsimine toimub väga kiiresti ja kuumutaja ei jõua toorikuid vasara või pressi juurde ette anda ja samaaegselt neid tükkhaaval ahju laadida; vasar või press jääb siis kuumutamise ootel seisma. Niisugustel juhtudel tuleb toorikuid ahju laadida väiksemate partiidena (5 kuni 10 tk. korraga). Ahjus samaaegselt kuumutatavate toorikute arv sõltub kuumutamise kestusest ja vasara või pressi all sepistamiseks kuluvast ajast.

Eesrindlik kompleksne sepistamise tehnoloogia

Tootmisnovaatorite — sepa T. L. Oleinikovi ja tehnoloogi A. V. Pozdejevi algatusel rakendatakse Uraali Masinaehitustehases ja teistes ettevõtetes eesrindlikku komplekssset sepistamise tehnoloogiat, mis avab uusi teid võitluses töötootlikkuse tõstmise, toodangu kvaliteedi parandamise, seadmete ja tööaja efektiivse kasutamise ning sepatööde kõikide kvalitatiivsete näitajate tõstmise eest.

Eesrindlik tehnoloogia töötatakse välja seppade — tootmisnovaatorite kogemuste kompleksse uurimise ja üldistamise alusel. Eesrindlikke meetodeid uurivad ja üldistavad novaatorid-sepad ise tihedas koostöös oma tehaste insener-tehniliste töötajatega ja instituutide ning teaduslike uurimisorganisatsioonide teaduslike töötajatega. Seppade-novaatorite parimaid töövõtteid üldistatakse niinimetatud eesrindliku komplekssе tehnoloogia instruktsioonikaartides, mida kasutavad sepad oma jooksvas töös. Tehnoloogilistel kaartidel 1, 2 ja 3 on toodud näiteid sepiste valmistamisest eesrindliku komplekssе tehnoloogia järgi, mis on välja töötatud Uraali Masinaehitustehases. Näitlikkuse otstarbel on kaartides näidatud uued ja vanad sepistamisviisid ja nende kõrvutamine tõstab selgelt esile novaatorite poolt rakendatavate viiside eelised.

§ 104. SEPA TÖÖKOHT

Sepa töökohaks nimetatakse seda osa sepatsehhi pindalast, mis ümbritseb vahetult sepistamisagregaati (vasarat, pressi), millel sepp töötab.

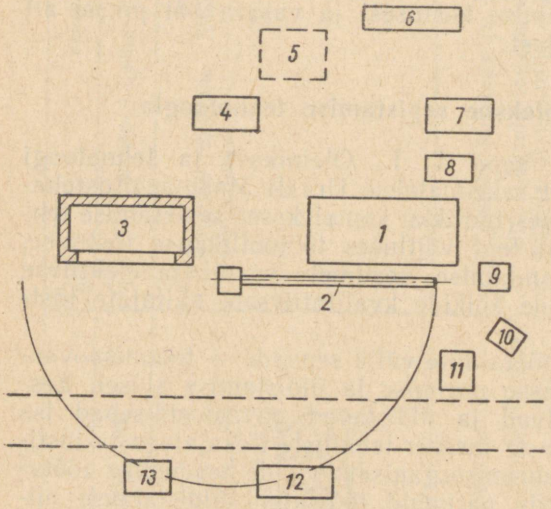
Töökoha õige organiseerimine ja selle teenindamine mõjutavad töötootlikkust. Tootmisnovaatorite poolt töö enda ja töökoha õigel organiseerimisel saavutatud töötootlikkuse tõus tõestab, et produktiivne ja heakvaliteediline töö sõltub suurel määral töökoha heast

sisustamisest, selle õigest teenindamisest ja töö tehniliselt õigest organiseerimisest.

Töökoha organiseerimisel on tarvis kindlalt kinni pidada põhireeglist: töökohal ei tohi leiduda midagi liigset, sepale töötamisel mittevajalikku ja teiselt poolt peab siin olema käepärast kõik, mida vajab sepp töötamiseks.

Nii põhiseadmed (vasar, ahi) kui ka abiseadmed (kraana, laud, tööriistade riiul jne.) peavad asetsema selliselt, et sepal ei tuleks töötamisel teha liigseid liigutusi.

Õige, hästi läbimõeldud töökoha organiseerimise näiteks võib tuua töökoha sepistamisvasara juures G. M. Kovalenko brigaadis Uraali Masinaehitustehases (joon. 277).



Joon. 277. Töökoha organiseerimise skeem 3 t võimsusega vabasepistamise vasara juures (5): *1* — mehaaniline vasar; *2* — konsoolkraana; *3* — ahi; *4* — tagi kast; *5* — raskete tööriistade koht; *6* — kergete tööriistade kapp; *7* — maharaiete kast; *8* — veepaak; *9* — masinisti asukoht; *10* — ülepuhumise ventilaator; *11* — mõõteriistade laud; *12* — koht sepiste esitamiseks kontrollrile; *13* — koht sepiste jahutamiseks.

Ei tule siiski arvata, et niisugune seadmete paigutus, nagu on näidatud joonisel 277, on kohustuslik kõikidel juhtudel. Võivad esineda ja sageli leiavad kasutamist teistsugused planeerimisviisid, sõltuvalt seadmete tüübist ja teostatava töö liigist. On tarvis ainult meeles pidada põhireeglit, et sepal ja tema brigaadi liikmetel oleks töötamine hõlbus ja ohutu.

Töökoht peab olema hästi valgustatud. Ahjude kohal peavad olema tõmbekuplid, ohtlikud kohad aga tõkestatud kaitsekilpidega. Teiste sõnadega, töökoht peab täielikult vastama ohutustehnika nõuetele.

Tööriistu ja rakiseid tuleb hoida igal töökohal selliselt, et neid oleks hõlbus kasutada; peale selle tuleb nad paigutada nii, et neile oleks võimalik igal ajal juurde pääseda ülevaatuseks ja nende kohaloleku kontrollimiseks. Rikkis tööriistu ei tohi hoida koos korrasolevatega.

Sepp ei tööta mitte üksi, vaid koos brigaadiga. Brigaadi koosseis

sõltub seadmetest ja tehtava töö iseloomust. Brigaadi põhiline koosseis peab olema püsiv. Sepp on brigadiriks; tema ülesannetesse ei kuulu mitte ainult enda töö tegemine, vaid ka brigaadi liikmete töö juhtimine. Sepp peab alati meeles pidama, et tema kätte on usaldatud keerulised ja kallid seadmed. Sepa õigest töötamisest sõltub tema kätte usaldatud seadmete säilimine, töö ohutus, tööülesannete täitmine ja ületamine ning järelikult ka tema enda ja ta brigaadi liikmete töötasu.

Kuidas siis peab sepp oma töökohal vahetuse vältel töötama? Enne töö algust tsehhi saabumisel peab sepp töökoha eelmise vahetuse sepalt puhtalt ja täies korras vastu võtma, kontrollima seadmete ja tööriistade seisukorda ja nende riketest kohe teatama meistrile. Peale selle peab ta meistrilt saama tööülesande ja töökäsu, selgeks tegema endale joonise ja tutvustama eelseisva tööga kõiki brigaadi liikmeid. Enne töö alustamist kontrollib sepp sepistamiseks vajalike toorikute olemasolu ja seisukorda. Eelmine vahetus peab toimetama toorikud sepa töökohale ja laadima neid ahju arvestusel, et need kuumeneksid töö alguseks sepistamistemperatuurini. Seejärel jaotab sepp oma brigaadi töölised töökohtadele. Ja alles pärast töökoha sellist ettevalmistamist laseb ta kuumutajal tooriku ahjust vasara alla toimetada.

Vahetuse vältel ei tohi sepp oma töökohalt pikemaks ajaks lahkuda. Ära minna võib ta ainult meistri või tsehhi ülema väljakutsel. Brigaadi liikmed võivad töökohalt lahkuda ainult brigadiri loal.

Vahetuse lõpul korrastab sepp töökoha ja annab selle üle järgmise vahetuse sepale. Sepp ei tohi tsehhist lahkuda, ootamata järgmise vahetuse seppa ja üle andmata temale töökohta. Järgmise vahetuse sepa tööle mitteilmumisel (näiteks haiguse tõttu) võib sepp tsehhist lahkuda ainult meistri loal.

§ 105. TEHNILINE NORMEERIMINE

Seni vaatlesime ainult sepatööde tehnoloogiat ega puudutanud küsimust, kui palju aega tohib sepp kulutada ühe või teise toote valmistamiseks.

Kuidas aga kindlaks teha, kui palju peab sepp ühtesid või teisi detaile ajaühikus (tunnis, vahetuses) valmistama? See küsimus lahendatakse tehnilise normeerimisega. Tehniline normeerimine teeb kindlaks, kui palju aega vajab tööline üheks või teiseks tööks ja selliselt, et toode vastaks esitatavatele tehnilistele tingimustele.

Tehniline normeerimine aitab: 1) tõsta töötootlikkust; 2) alandada toodangu omahinda ja 3) planeerida täpsemalt tootmist.

Tehnilise normeerimisega tehakse kindlaks ajanorm ja töönorm. Ajanormiks nimetatakse tööaega, millest jätkub antud töövahendite puhul selleks, et vastava eriala ja kategooria tööline, kes töötab töö ja tootmise õige organiseerimise tingimustes, suudaks valmistada heakvaliteedilise toodangu-ühiku. Ajanorm antakse inim-

tundides. Sepatöödel antakse ajanorm tavaliselt brigaadi kohta. Sepabrigaadi ajanorm kujutab endast kõikide brigaadi koosseisu kuuluvate tööliste ajanormide summat, mis kulub ühe toodanguühiku valmistamiseks. Olgu näiteks ajanorm ühe poldi sepistamiseks 0,5 inimtundi, kusjuures tööd teeb kahest inimesest — sepast ja pealelööjast — koosnev brigaad; eelöeldu kohaselt peab siis kumbki inimene kulutama ühe poldi sepistamisele $\frac{0,5}{2} = 0,25$ inimtundi.

Töönormiks nimetatakse heakvaliteedilise toodangu (sepiste) sellist hulka, mida peab ajaühikus (tunnis, vahetuses) antud töövahendite abil valmistama vastava eriala tööline, kes töötab töö ja tootmise õige organiseerimise tingimustes. On tarvis vahet teha ühe töölise (sepa, pealelööja) ja sepabrigaadi töönormide vahel.

Sepabrigaadi töönormiks on toodangu (sepiste) hulk, mille peab valmistama ajaühikus (tunnis, vahetuses) kogu brigaad tervikuna.

Et arvutada kogu sepabrigaadi vahetuse-töönormi antud ajanormi järgi, on tarvis brigaadi kogu tööaeg jagada ajanormiga. Olgu näiteks ajanormiks ühe võlli sepistamisel 2 inimtundi. Võlli sepistab ühest sepast ja kahest pealelööjast koosnev sepabrigaad. Määrame, mitu võlli peab kaheksatunnilise vahetuse vältel sepistama brigaad, et täita tööülesannet 100%-liselt. Sepabrigaadi tööajaks on vahetuse vältel $3 \times 8 = 24$ inimtundi. Ühele võllile on määratud ajanormiks 2 inimtundi. See tähendab, et 24 inimtunniga, s. t. vahetuse vältel peab sepabrigaad sepistama $\frac{24}{2} = 12$ võlli, siis on tööülesanne täidetud 100%-liselt.

Pideva tehnilise progressi, tehnika taseme tõusu (s. t. suurema tootlikkusega seadmete ülesseadmise, töö ja töökoha parema organiseerimise jne.) ja tööliste tehnilise taseme tõusu tingimustes tõuseb töötootlikkus meie ettevõtetes kiiresti. Pole harvad juhtumid, et need ajanormid, mis aasta või paar tagasi loeti raskesti täidetavateks, ületatakse nüüd tööliste rõhuva enamuse poolt. Seepärast on tarvis ajanorme aeg-ajalt üle vaadata ja parandada, et nendes õigeaegselt kajastuksid tootmisnovaatorite saavutused ja seadmete täiustamise ning tootmise organiseerimise edusammud. Ainult perioodiliste ülevaatuste tingimustes suudavad ajanormid organiseerida töölismasse kõige selle ümber, mis tootmises on eesrindlik, uus ja progressiivne.

§ 106. TÖÖLISTE KVALIFIKATSIOON JA TÖÖDE TARIFITSEERIMINE

Erinevad tööd ei ole oma raskuselt ühesugused. Üks asi on sepistada meislit — see on võrdlemisi kerge töö ja seda võib teha algaja sepp. Hoopis teine asi on sepistada näiteks väntvõlli või mingit teist profiilsepist. Need on rasked tööd, mis vajavad suuri

kogemusi. Niisuguseid töid võib usaldada ainult kogenud ja tehniliselt haritud töölistele.

Töölised jagunevad tsehhides erialadesse: sepad, pealelööjad, kuumutajad, vasarate või presside masinistid jne. Mõnede erialade töölised jagunevad veel kitsamatesse liikidesse, nagu näiteks vabasepistamise sepp, sepp-stantsija, sepistamisvasara masinist, sildkraana masinist jne. Tehase eri tsehhide kõikide erialade ja kitsamate liikide nimekiri määratakse kindlaks niinimetatud tariifikvalifikatsiooniteatmikuga.

Iga eriala (või kitsama liigi) piirides antakse igale töölisele kategooria. Töölisele antud kategooria määrab kindlaks tema töötasu taseme: mida kõrgem on kategooria, seda suurem on tema töötasu. Kokku on ette nähtud seitse kategooriat. Kõrgeimaks kategooriaks on seitsmes. Kategooria antakse eri komisjoni poolt, arvesse võttes töölise poolt valmistatud proovitööd. Komisjon annab töölisele ülesande mingi sepise valmistamiseks: oletame, et see ülesanne vastab 5. kategooriale. Tööline valmistab nõutava sepise, komisjon võtab selle vastu, kui see on rahuldavalt valmistatud, ja annab sepale 5. kategooria.

Töötasu suuruse määramiseks on olemas erilised tariifivõrgud. Tariifivõrk kujutab endast tabelit, milles on näidatud töö maksumus rublades ja kopikates, sõltuvalt töö kategooriast ja ajanormist. Tariifivõrke on kahte põhitüüpi: külmtööde tariifivõrk ja kuum- ning kahjulike tööde tariifivõrk. Sepatsehhi töid tasutakse kuumtööde tariifivõrgu järgi.

§ 107. TÖÖTASU SÜSTEEMID

Sõltuvalt tehtavast tööst ja kohalikest tingimustest rakendatakse sepatsehhides järgmisi töötasu süsteeme: 1) tükitöö-; 2) progressiivne tükitöö- ja 3) ajatasu.

Tükitöötasu

Tükitöötasu süsteemi mõõteühikuks on tükihinne. See hinne väljendab töötasu suurust iga töö jaoks toodangu ühiku eest. Tükitöölise töötasu arvutatakse tükihinnete korrutamise teel ajaühikus (näiteks vahetuses, kuu vältel) valmistatud toodanguühikute arvuga.

Sepatöödel ei tee põhitöid mitte üks inimene, vaid brigaad; sel juhul rakendatakse kollektiivset (brigaadi-) tükitasu.

Kollektiivse tükitasu puhul ei anta töö mitte üksiktöölisele, vaid brigaadile; normid ja hinded ei määrata mitte individuaalsele, vaid brigaaditööle, töötasu ei arvutata mitte üksiktöölisele, vaid brigaadile tervikuna ja alles hiljem jaotatakse üksikute tööliste vahel. Kollektiivse tükitasu puhul ei sõltu iga töölise hinne seega tema individuaalsest tööst, vaid kogu brigaadi tööst.

Progressiivne tükitöötasu

Erinevalt otsesest tükitöötasu süsteemist, mispuhul rakendatakse ühtseid hindeid olenemata töönormide täitmisest, sisaldab progressiivne tükitöötasu süsteem mitmesuguseid kasvavaid hindeid: ühed nendest on tavalised, teised aga kõrgemad lähtenormide ületamise eest. Sel viisil stimuleerib progressiivne tükitöötasu süsteem ka töötootlikkuse tõusu.

Ajatöötasu süsteemid

Ajatöötasu süsteemid on kõige väiksema stimuleeriva toimega. Neid rakendatakse ainult niisugustel juhtudel, kui ei ole võimalik tehtud tööd arvestada. Nii rakendatakse neid peamiselt abitööliste suhtes, kes töötavad tsehhi koristamisel, seadmete jooksevremontidel jne.

Ajatöötasu süsteemid jagunevad puht aja- ja aja-premiaalsüsteemideks.

Puht ajasüsteemi puhul sõltub töölise kogu töötasu ainult tema poolt töötatud ajast. Aja-premiaalsüsteemi puhul sõltub töölise töötasu osaliselt ka tema töötulemustest.

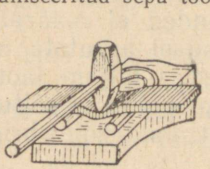
Selle süsteemi puhul saab tööline peale ajatöötasu veel preemiat töö teatavate näitajate eest. Sel viisil osutub aja-premiaalsüsteem töötasu määramisel enam stimuleerivaks kui puht ajasüsteem.

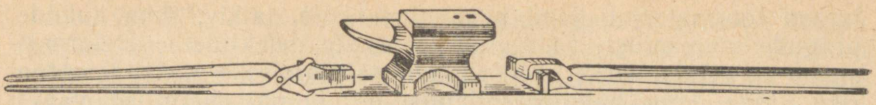
Kõige õigemaks ja stimuleerivamaks töötasu süsteemiks on tükitöötasu süsteem.

See on süsteem, mis kõige rohkem vastab sotsialistliku jaotuse põhimõttele. Paremini kui kõik teised süsteemid soodustab ta töötootlikkuse tõusu ja toodangu omahinna alanemist.

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Millest sõltub seadmete valik sepistamisel?
2. Mispärast sõltub sepistamisseadmete tootlikkuse tõus tööliste tehniliste teadmiste tasemest?
3. Mispärast mõjutab vajaliku suurusega kvaliteetse tooriku kasutamine vasara või pressi tootlikkust?
4. Missuguseid abinõusid, rakiseid ja tööriistu kasutavad tootmisnovaatorid sepistamisseadmete tootlikkuse suurendamiseks?
5. Mispärast mõjutab ratsionaalne tehnoloogiline protsess sepistamisseadmete tootlikkust?
6. Missuguseid abinõusid kuumutusahjude tootlikkuse suurendamiseks teie tunnete?
7. Kuidas peab olema organiseeritud sepa töökoht?





XVII PEATÜKK

SEPA-STANTSIMISAUTOMAADID

§ 108. ÜLDANDMEID SEPA-STANTSIMISAUTOMAATIDEST

Automaatideks nimetatakse automaatse juhtimisega masinaid, mis teostavad kõiki liikumisi tehnoloogilise protsessi realiseerimiseks ilma tööliste osavõtuta. Töölise ülesandeks on ainult automaadi töö kontrollimine (käivitamine, õlitamine, peatamine, detailide kvaliteedi perioodiline kontrollimine jne.).

Sepa-stantsimisautomaate kasutatakse laialdaselt peaaegu kõikides masinaehitustööstuse harudes, eriti aga auto-, traktori-, lennukiehitus- ja teistes tehastes. Automaatidel valmistatakse massilisel hulgal polte, mutreid, neete, roopanaelu, puidukruvisid, rulle, kuullaagrite kuule ja muid detaile. Detailide valmistamine automaatidel toimub külmalt, kuumalt või ka niinimetatud poolkuumal viisil (s. t. tooriku 600—800° C temperatuuri juures).

Valmistamise viisi valik sõltub automaatidel valmistatavate detailide suurusest, kujust ja täpsusest. Kõige täpsemalt toimub detailide külmstantsimine külmjämendamisautomaatidel. Külmjämendamisautomaatidel valmistatavate toodete täpsus on lähedane metalli lõiketöötlemise pinkidel valmistatavate toodete täpsusega.

Sepa-stantsimisautomaatide tootlikkus on kümme ja isegi sada korda suurem automaatsete metalli lõiketöötlemise pinkide tootlikkusest. Peale kõrge tootlikkuse annavad sepa-stantsimisautomaadid suurt metalli kokkuhoidu, eriti detailide valmistamisel külmjämendamise teel.

Nüüdisaegsetel automaatidel on suur hulk täpseid ja keerulisi mehhanisme, mis võivad ebaõige käsitsemise puhul kiiresti rivist välja langeda. Seepärast sõltub automaatide tootlikkus, nende töötamise kestus ja valmistatud detailide kvaliteet kõikide ekspluatatsiooni eeskirjade täitmisest. Eriti suurt tähelepanu tuleb pöörata automaadi mehhanismide õigele õlitamisele, kuna need töötavad rasketes tingimustes. Automaatides kasutatakse tsentraliseeritud ja individuaalõlitamist.

Toorikutena kasutatakse automaatide jaoks kalibreeritud traati, vardaid ja harvemini lattrauda või linte. Automaatide jaoks kasu-

tatava toormaterjali pind peab olema sile, läikiv, ilma aukude, pragude marrastuste ja muude sarnaste defektideta. Deformatsiooni kergendamiseks ja tööriistade säilitamiseks määritakse tooriku pinda enne külmjämendamist õli ja pulbrikujulise väävli seguga (sulfofresooliga).

Iga automaat on arvestatud kindla mõõdetega toormaterjali ja profiili jaoks ning seepärast ei ole automaadi töötamine teistsuguse toormaterjali kasutamise korral võimalik.

§ 109. SEPA-STANTSIMISAUTOMAATIDE EHITUSE SKEEM JA TÖÖTAMINE

Külmjämendamisautomaadid

Külmjämendamisautomaate kasutatakse kalibreeritud traadist või vardast niisuguste detailide, nagu neetide, poltide, puidukruvide jne. valmistamiseks külmjämendamise teel. Külmjämendamisautomaate on kahte tüüpi: 1) väntmehhanismiga automaadid ja 2) vänt-hoobmehhanismiga automaadid. Rohkem levinud on väntmehhanismiga automaadid.

Peale selle jagunevad automaadid tervik- ja lahtikäiva matriitsiga automaatideks. Esimesi kasutatakse toodete jämendamiseks, kui varva pikkus on alla kaheksakordset traadi või varda läbimõõtu. Teisi kasutatakse toodeteks, mille varva pikkus ületab traadi või varda läbimõõdu kaheksakordselt. Tervik- ja lahtikäiva matriitsiga automaadid jagunevad omakorda ühe-, kahe- ja kolmelöögilisteks.

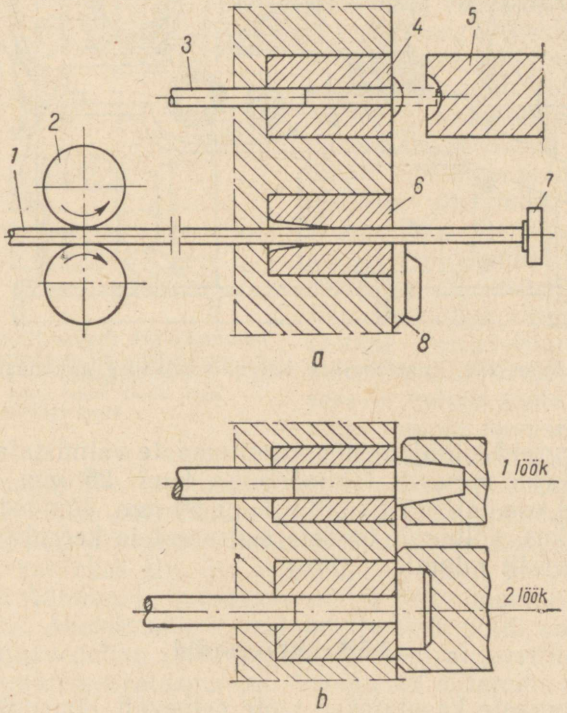
Ühelöögilises automaadis jämendatakse toodet templi ühe löögiga, kahelöögilises — kahe ja kolmelöögilises — templi kolme löögiga. Ühelöögilisel automaadil on võimalik jämendada ainult niisuguseid tooteid, milledel jämendatava osa pikkus ei ületa tooriku 2,0—2,5 läbimõõtu. Niisugustel automaatidel valmistatakse neete, puidukruvisid ja muid sarnaseid tooteid.

Kahelöögilistel automaatidel jämendatakse tooteid, milledel jämendatava osa pikkus ei ületa tooriku 4 läbimõõtu.

Kolmelöögilistel automaatidel jämendatakse tooteid, milledel jämendatava osa pikkus ulatub kuni tooriku 8 läbimõõduni. Kahekolmelöögilistel automaatidel jämendatakse keerulise kujuga tooteid, milledelt nõutakse suuremat täpsust ja puhast pinda.

Joonisel 278 on kujutatud toodete jämendamise protsess külmjämendamisautomaatidel. Traat või varras *1* antakse ette katkeliselt pöörduvate nõgusrullide *2* poolt lõikematriitsi *6* auku kuni piirajani *7*. Lõikenoa *8* etteliikumisega lõigatakse vardast *1* maha toorik, mis antakse üle erimehhanismide poolt jämendamisliinile (joon. 278, *a*, ülal). Templ *5* tõukab tooriku matriitsi *4* auku, kuni see toetub vastu varrast *3*. Templi *5* edasiliikumisel toimub pea jämendamine. Siis tõmbub templ *5* tagasi ja valmis toode lükatakse varda *3* abil matriitsi *4* august välja.

Joonisel 278, *a* on kujutatud pea jämendamise protsess templi ühe käiguga, s. t. ühelöögilisel automaadil, kuna joonisel 278, *b* on näidatud jämendamise protsess kahelöögilisel automaadil (s. t. kahe löögiga). Templi esimese musta löögiga antakse toorikule joonise 278, *b* ülemises osas näidatud kuju. Siis eemaldub esimene tempel ja asemele tuleb teine, millega pea lõplikult jämendatakse (joon. 278, *b* alumine osa). Kahe (kolme) löögi teostamiseks kinnitatakse eri liugurile, mis on vertikaalsuunas vastavatel juhtpindadel nihutatav, kaks (kolm) templit.

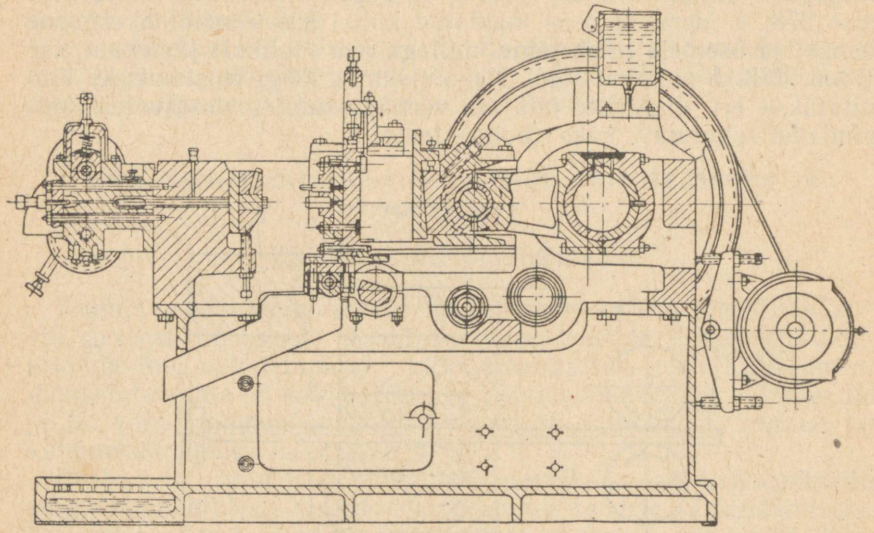


Joon. 278. Jämendamine automaadil:
a — ühelöögilisel; *b* — kahelöögilisel.

Automaat koosneb järgmistest põhilistest mehhanismidest:

1) materjali matriitsi sisse etteandmise mehhanism koos rullide vahel õgvendamise seadisega;
2) mehhanism tooriku mahalõikamiseks ja etteandmisjoonelt jämendamisjoonele üleandmiseks;
3) jämendamisliugur;
4) templite kelgu ümberpaigutamise mehhanism;
5) toote väljatõukamise mehhanism.

Joonisel 279 on toodud kahelöögilise külmjämendamisautomaadi mudel A121 üldvaade. See automaat on varustatud 6×50 mm tervikmatriitsiga.



Joon. 279. Kahelöögiline külmjämendamise automaat.

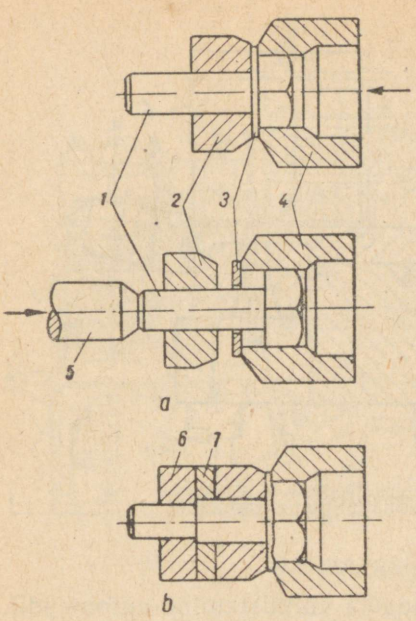
Nüüdisaegseid külmjämendamisautomaate valmistatakse toodete jämendamiseks varvast läbimõõduga kuni 25 mm, kuna toote jämendatud osa läbimõõt ulatub kuni 50 mm. Jämendusautomaatide tootlikkus, sõltuvalt toodete suurusest ja keerulisusest on 30 kuni 400 detaili minutis.

Lõikeautomaadid

Lõikeautomaate kasutatakse toote eelnevalt jämendatud peaosa väljalõikamiseks kontuuri järgi, peamiselt pea nelja- või kuuekandilise kuju puhul. Lõikeautomaatides võib üheaegselt jämendatud pea küljest kraatide äralõikamisega vähendada (ahendada) poldi varva otsa läbimõõtu keerme jaoks ning kalibreerida poldi silindrilist osa.

Joonisel 280, *a* on kujutatud poldilt kraadi äralõikamise protsess ilma silindrilise osa ahendamiseta, kuna joonisel 280, *b* on näidatud poldi pealt kraadi äralõikamise protsess koos poldi varva otsa samaaegse ahendamisega keerme pealerullimiseks.

Lõikeautomaat töötab järgmisel viisil. Toorik (polt) *1* lükatakse liikuva matriitsi *4* poolt kohtkindla matriitsi *2* auku. Seejärel, kui matriits *4* on jõudnud tiheda kokkupuutumiseni matriitsiga *2*, hak-



Joon. 280. Poldilt kraadi äralõikamine: *a* — kraadi äralõikamine ilma silindrilise osa ahendamiseta; *b* — poldipealt kraadi äralõikamine koos poldi varva otsa ahendamisega.

kab tõukur *5* suruma poldi vastupidisele otsale ja toimub kraadi äralõikamine poldipealt. Pärast kraadi äralõikamist tõmbub matriits *4* lähteasendisse tagasi, kuna tõukur *5* lükkab poldi läbi liikuva matriitsi *4* augu välja (joon. 280, *a*, all).

Joonisel 280, *b* on kujutatud kraadi äralõikamise protsess koos poldi varva otsa samaaegse ahendamisega keerme pealerullimiseks. Sel juhul seatakse üles kohtkindla matriitsi *2* juurde silm *6* ja vaherõngas *7*, mis on vahetatav, sõltuvalt sellest, kui pikalt tahetakse poldi otsa keerme alla ahendada. Poldi varb (joon. 280, *b*) surutakse enne kraadi äralõikamist liikuva matriitsi *4* poolt matriitsi *2* silma sisse ja toimub varva otsa ahendamine pealerullitava keerme alla. Kraadi äralõikamiseprotsess ja valmis toote väljatõukamine toimub joonisel 280, *a* all näidatud skeemi järgi.

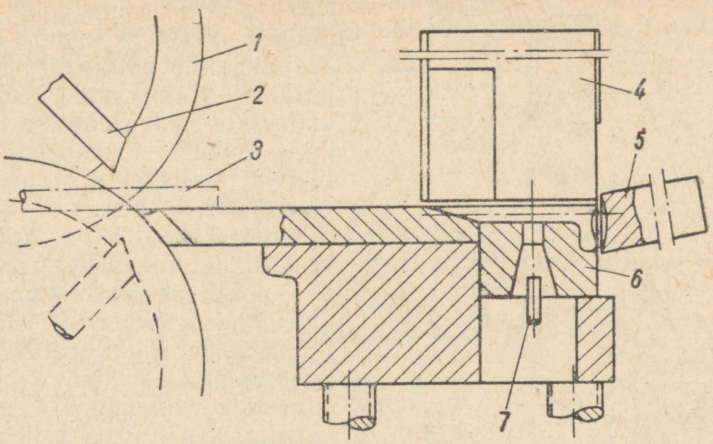
Lõikeautomaatides on tooriku etteandmine, pea kraadi äralõikamine, varva otsa ahendamine ja valmis toote ahendamine täiesti automatiseeritud. Toorikud laaditakse punkrisse, kust nad satuvad toitjasse ja kantakse siis üle etteandmise liinilt kraadi äralõikamise liinile. Automaati käitatakse eraldi elektrimootorilt hammasajami kaudu. Ahendamise korral jahutatakse poldi varba ja tööriistu. Jahutusvedeliku etteandmine on tsentraliseeritud ja selleks kasutatakse hammasrataspumpa. Automaadi õlitamine on ka tsentraliseeritud.

Lõikeautomaate ehitatakse mitmesuguse suurusega toorikute jaoks: 6×60 mm; 10×75 mm; 10×120 mm jne. Automaatide tootlikkus ulatub 75 kuni 130 poldini minutis ja üle selle.

Automaat roopanaelte valmistamiseks

Automaat on ette nähtud kuumutatud varvast roopanaelte massiliseks valmistamiseks.

Materjali etteandmine, naela otsa teritamine koos selle järgneva mahalõikamisega ja matriitsi juurde ülekandmisega, pea jämendamine ning valmis roopanaela väljatõukamine on täiesti automatiseeritud.



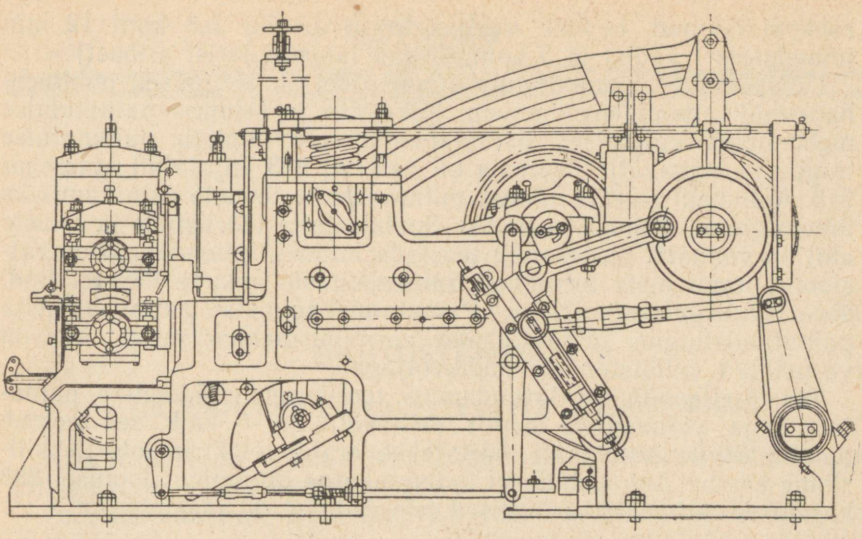
Joon. 281. Roopanaela valmistamine automaadil.

Joonisel 281 on kujutatud roopanaela valmistamine automaadil. Ruutlõikega kuumutatud varb *3* haaratakse rullide *1* vahele ja toimetatakse nende poolt automaati. Samaaegselt varva automaati etteandmisega toimub varva otsa teritamine, mis teostatakse ette-anderullidesse kinnitatud venitusstantside *2* abil. Otsa teritamisel toimub tooriku osaline eraldamine varvast. Tooriku varva küljest lahtirebimine toimub pärast teritamist eriliste pihtidega, mis kannavad ka tooriku stantsi *6* sisse. Stantsis *6* pigistatakse toorik kinni liikuva matriitsi *4* poolt ja tooriku väljaulatuv osa jämendatakse templi *5* poolt, misjärel matriits *4* eemaldub ülespoole, tempel aga tahapoole. Valmis roopanaela väljatõukamist teostab varras *7*, mis käib stantsi *6* augu sisse.

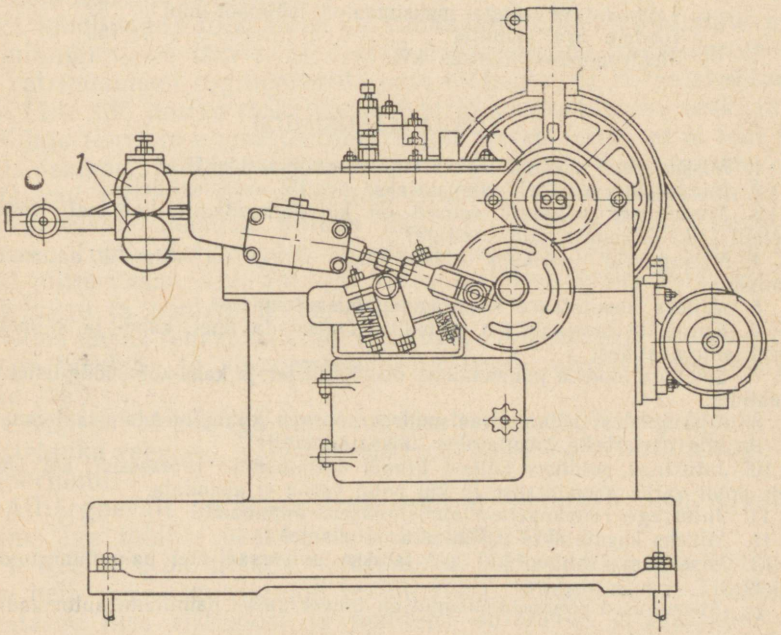
Joonisel 282 on kujutatud külgvaates 16×16 mm ristlõikega roopanaelte automaat. Automaadi tootlikkus on 85 naela minutis. Väntvõlli pöörete arv minutis on 85, s. t. väntvõlli iga pöördega valmistatakse üks roopanael. Automaadi juhtimine toimub surunuppudega, õlitamine on kombineeritud — osalt tsentraliseeritud, osalt individuaalne.

Painutamisautomaadid

Painutamisautomaate valmistatakse nii universaalseid kui ka kitsalt spetsialiseerituid. Universaalsetel painutamisautomaatidel valmistatakse traadist või latist mitmesuguseid detaile, nagu lõhiseid, kirjaklambreid, klambreid, konkse jne. Spetsialiseeritud painutamisautomaatidel valmistatakse ainult seda toodet, milleks ta on konstrueeritud (näiteks vedruseibe, kette jne.).



Joon. 282. Roopanaelte automaat.



Joon. 283. Painutusautomaat.

Nendel automaatidel toimub toodete valmistamine enamasti külmalt. Kuumtöötlemist kasutatakse ainult siis, kui toorik on suure ristlõikega. Universaalsed painutamisautomaadid on kõige

rohkem levinud, nendel valmistatakse detaile 0,8 kuni 12 mm jämedusest traadist ja 5 kuni 25 mm laiusest latist (ribast).

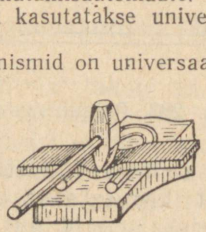
Universaalsetel painutamisautomaatidel on järgmised põhimehhanismid: etteandemehhanism, lõikamise ja esimese painutamise mehhanism, külgmised painutamisliugurid, lõpliku painutamise liugur ja mahavõtja. Näitena on joonisel 283 kujutatud automaat 913. Automaat on ette nähtud mitmesuguste toodete painutamiseks ümmargusest traadist ja lindist. Spetsiaalsete tööriistade ja rakiste abil on võimalik automaadil teostada mitmeid täiendavaid operatsioone, nagu otste teritamist, mitmesuguste aukude löömist lindi sisse, lindi gofreerimist jne. Painutamist toimetab automaat nelja painutamisliuguri ja vertikaalse vormimismehhanismiga, mis on varustatud valmistoodete mahavõtjaga.

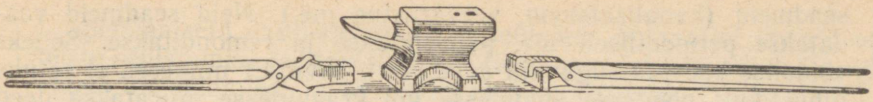
Traadi etteandmine, õgvendamine, tooriku mahalõikamine, painutamine ja valmistoote tornilt mahavõtmine — kõik see teostub automaatselt. Automaati käitatakse eraldi elektrimootorilt kiilrihma kaudu. Automaadil on individuaalne õlitamine. Joonisel 283 kujutatud automaadi tehnilised põhiandmed on järgmised:

Traadi maksimaalne läbimõõt mm	3
Lindi maksimaalne laius mm	25
Tooriku maksimaalne pikkus mm	200
Valmistatava rõnga maksimaalne läbimõõt mm	32
Toodete arv minutis	150
Elektrimootori võimsus kW	1,5

KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missuguseid masinaid nimetatakse automaatideks?
2. Missugustel viisidel valmistatakse detaile automaatidel?
3. Missugused põhilised eelised on külmjämendamisautomaadil võrreldes metalli lõiketöötlemise automaadiga?
4. Missuguseid toorikuid (välise kuju järgi) on võimalik automaatidel stantsida?
5. Milleks kasutatakse külmjämendamisautomaate?
6. Kui pikki toorikuid on võimalik jämendada ühe-, kahe- ja kolmelöögilistel automaatidel?
7. Seletage toodete jämendamist ühelöögilistel ja kahe-kolmelöögilistel automaatidel.
8. Missugustest põhimehhanismidest koosneb külmjämendamisautomaat?
9. Mis otstarbeks kasutatakse lõikeautomaati?
10. Jutustage poldipea küljest kraadi äralõikamise protsessist, kui üheaegselt poldi varba ahendatakse ja kui poldi varba ei ahendata.
11. Jutustage roopanaelte valmistamisest automaadil.
12. Milleks kasutatakse painutamisautomaate?
13. Missugust lähtetoorikut kasutatakse universaalsetel painutamisautomaatidel?
14. Missugused põhimehhanismid on universaalsel painutamisautomaadil?





XVIII PEATÜKK

OHUTUSTEHNIKA

§ 110. OHUTUSTEHNIKA ETTEVÕTTE TERRITOORIUMIL

NSV Liidus on loodud kõik tingimused õnnetusjuhtumite ja kutse-haiguste likvideerimiseks.

Õnnetusjuhtumid, mis esinevad veel tootmisel, sealhulgas ka sepatsehhides, on tingitud organisatsioonilis-tehnilistest puudustest ja tööliste poolt ohutustehnika reeglite mittetundmisest või nendest mittekinnipidamisest.

Et kindlustada tööohutust ja vähendada õnnetusjuhtumite arvu miinimumini, on tarvis: a) õigesti organiseerida tootmisprotsessi; b) ratsionaalselt organiseerida oma töökohta; c) kõrvalekaldumatult täita töö juures töökaitseseadusi ja ohutustehnika eeskirju.

Kõige tähtsam ohutustehnika reegel seisab selles, et ei tohi töötada seadmel, millega töölist ei ole tutvustatud. Enne iga uue operatsiooni täitmist või enne uuel seadmel töötama hakkamist on tarvis küsida meistrilt, kuidas tööd läbi viia ja kuidas kasutada seadet. Tuleb alati meeles pidada, et põhilist ohtu ei kujuta enesest mitte vasar, ääs, ahi ega ka mingi muu seade, vaid nendega oskamatu ja hooletu ümberkäimine.

Olles üheks tehase tootmistsehhidest on sepatsehh seotud tehase teiste tsehhide ja allüksustega (transport, veevarustus, energeetika jne.).

Seepärast ei pea iga sepp tundma mitte ainult oma tsehhi ohutustehnika reegleid, vaid ka neid, mis kehtivad ettevõtte kogu territooriumil.

Alljärgnevalt on toodud põhireeglid, milledest peab kinni pidama iga tööline ükskõik millises ettevõttes.

1. Keelatud on ületada raudteid, kui tõkkepuu on alla lastud või kui heli- või valgussignaal teatab rongi lähenemisest. Tõkkepuud seatakse üles ristteedel ja nendega suletakse jalakäijatele ülepääs veduri, rongi või auto lähenemisel. Peale tõkkepuude kasutatakse veel heli- või valgussignalisatsiooni, mis hoiatab jalakäijat rongi eest.

2. Tehase maa-ala peab olema tasane ja sellel ei tohi leiduda kraave ega auke. Tehase territooriumil on aga palju maa-aluseid

seadmeid (kanalisatsioon, veevarustus jne.). Neid seadmeid vaadatakse perioodiliselt üle, puhastatakse ja remonditakse. Selleks võidakse kaevata sügavaid auke või kraave. Et inimesed ei satuks juhuslikult nendesse aukudesse või kraavidesse, piiratakse need tõkkepuudega ja pannakse üles hoiatussildid (näiteks «Läbikäik suletud»). Tööliselе ei ole keelatud mitte ainult tõkkepuudest üleronimine, vaid ka sealt läbikäimine, kus on üles pandud niisugune silt.

3. Öösel peab tehase maa-ala olema valgustatud. Ometi esineb juhtumeid, et valgustus on tehase territooriumi mõnel osal ajutiseks välja lülitatud (valgustusvõrgu remont, elektrilamp on läbi põlenud jne.). Pimedast piirkonnast läbiminekul peab olema eriti ettevaatlik. Veel parem on, kui hoiduda pimedast piirkonnast läbiminemast ja leida valgustatud tee.

4. Tehase territooriumil on ruume ja allüksusi, kuhu sissekäik on kõrvalistele isikutele kategooriliselt keelatud (näiteks elektrialajaamad, kompressorjaamad jne.). Pealkirjaga «Võõrastele sissekäik keelatud» ruumidesse minna ei tohi. Nendesse ruumidesse minekuks on tarvilik eri luba tehase või tsehhi administratsioonilt. Sepatsehhi tööline ei tohi ilma mingi vajaduseta ja ilma tsehhi või ettevõtte administratsiooni loata minna tehase teistesse tsehhidesse (näiteks mehaanikatsehhi). Mitte tundes teise tsehhi tööd ega ohutustehnika reegleid võib tööline-sepp sel juhul sattuda suurde ohtu.

5. Tehase territooriumil on suitsetamine keelatud; suitsetamiseks nähakse ette eri kohad või ruumid.

Sellest reeglist mittekinnipidamine võib põhjustada tulekahju, kohtades aga, kus hoitakse kergestisüttivaid vedelikke (näiteks bensiini), — plahvatust, mis võib põhjustada surma mitte ainult selle reegli rikkujale, vaid ka teistele töölistele, rääkimata veel sellest suurest materiaalsest kahjust, mida ta tekitab riigile.

6. Teatavates kindlates kohtades toimuvad tehase territooriumil peale- ja mahalaadimistööd; enamasti tehakse neid tõstekraanade või muude mehhanismide abil. Piirkonnas, kus toimetatakse laadimistöid, on tarvis olla eriti ettevaatlik. Õnnetusjuhtumite vältimiseks ei tohi viibida ülestõstetud raskuse all.

Eespool loetleti ainult mõningaid reegleid, mida tööline peab ükskõik millise ettevõtte territooriumil viibimisel kõrvalekaldumatult täitma.

Mitmesuguste tehaste maa-aladel kehtivad ohutustehnika reeglid erinevad teataval määral üksteisest; seepärast peab tööline peale eelloetletud kuue üldise ohutustehnika reegli täitma ka teisi reegleid, mis on kehtivad selles ettevõttes, kus ta töötab.

Tavaliselt on igal tehasel eriline instruktsioon, mis reglamenteerib käitumist ettevõtte territooriumil. Tööle võetavat uut töölist lubatakse ettevõtte territooriumile alles pärast seda, kui selleks ettenähtud töötajad on teda tutvustanud antud ettevõtte territooriumil käitumise reeglitega.

Spetsiaalseid ohutustehnika reegleid, mis on seotud ühtede või teiste sepistamise ja stantsimise võtetega, on juba käsitletud nende võtete kirjeldamisel ja neid siinkohal ei vaadelda.

§ 111. ESMAABI ÕNNETUSJUHTUMITEL, MEDITSIINILINE JA SANITAARNE TEENINDAMINE

Õnnetusjuhtumi puhul peab kannatadasaanu (kui vigastus pole suur) minema arstiabipunkti või (kui vigastus on suur) peavad tema sinna toimetama töökaaslased. Kui seda mingil põhjusel pole võimalik teha, siis tuleb kohe arst või õde tsehhi välja kutsuda, enne seda aga anda kannatanule esmaabi. Iga tööline peab teadma, kuidas abistada ennast või oma seltsimeest õnnetusjuhtumi puhul.

Sidumine. Iga haav, ka tähtsusetu, nõuab veremürgituse vältimiseks erilist puhtust. Kui seltsimehel tekib haav, tuleb võtta esmaabi-apteegist individuaalpakend ja haav kiiresti kinni siduda. Tugeva verejooksu puhul tuleb ülalpoole haava asetada ja õige tugevasti kinni tõmmata teine side, kasutades selleks kokkukeeratud käterätti või rätikut. Veega haava pesta ei tohi.

Põrutused ja muljumised. Kehaosade väikeste põrutuste (muljumiste) puhul tuleb asetada vigastatud kohale külma vee kompress, kannatadasaanud kehaosale aga anda rahulik asend. Kui põrutus või muljumine on raske (kui on tegemist sisemiste organite vigastusega), tuleb haige asetada ettevaatlikult kanderaamile või voodisse, teda enne seda kitsendavast riietusest vabastada, ja kiiresti välja kutsuda arst. Kuni arsti kohalesaabumiseni tuleb asetada vigastatud kohale külmi kompresse.

Luumurded. Jäsemete luumurrete puhul tuleb kannatadasaanu asetada kanderaamile või põrandale ja panna murdekoht lahasse, kasutades selleks sidet koos kahe puukooretükiga, lauakesega, papitükiga jne. Lahas hoiab ära murdunud luu otste kohaltnihkumise ja vähendab valu.

Silmade vigastus. Puru silma sattumisel ei tohi silma hõõruda ega püüda puru mingi esemega eemaldada. Kui puru ise silmast välja ei tule, samuti silma haavamise või vigastamise puhul tuleb kohe arsti poole pöörduda.

Elektrilöök. Elektrilöögi puhul tuleb kõigepealt lüliti välja lülitada või elektrivool mingi kuiva puitkäepidemega tööriista abil katkestada, näiteks juhtmed kirvega läbi raiuda. See, kes seda teeb, peab ise olema maast hästi isoleeritud, kuna muidu võib ta ka ise elektrilöögi saada. Seepärast ei tohi seista paljal, eriti niiskel maapinnal. Tuleb jalga panna kalossid ja kätte kummikindad, või kui neid ei ole käepärast, astuda kivile või kuivale puutükile. Alles pärast kannatadasaanu vabastamist voolu mõju alt võib temale abi anda.

Kui kannatadasaanu on kaotanud meelemärkuse, tuleb ta asetada selili, lahti teha riietus, avada aknad ja uksed ning kohe välja kutsuda arst.

Kuni arsti saabumiseni tuleb kannatadasaanule teha kunstlikku hingamist. Kunstlikku hingamist ei tehta kannatanule elektrilöögi puhul mitte ainult siis, kui ta näitab elumärke, vaid ka siis, kui ta neid üldse ei näita. See on tarvilik seepärast, et näiv surm osutub elektrilöögi puhul enamasti ainult raskeks minestuseks.

Et päästa elektrilöögist tabatut surmast, on tarvis teha kunstlikku hingamist kannatlikult ja visalt vähemalt kolm tundi, paljudel juhtudel aga veelgi pikema aja vältel.

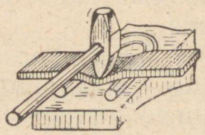
Põletushaavad. Põletuskohale tuleb panna kompresse söögisoodalahusega (üks supilusikatäis klaasi vee kohta) või seatinakompressilahusega. Kui ei ole käepärast soodat ega kompressilahust, tuleb põletuskoht puhta sidemega kinni siduda ja kohe pöörduda esmaabipunkti.

Kuumarabandus. Kuumarabandus võib tekkida juhul, kui organism tugevasti üle kuumeneb. Kannatadasaanul tekib minestus, pulss nõrgeneb, mõnikord tekivad krambid.

Kuumarabanduse puhul tuleb kannatadasaanu asetada jahedasse kohta, riietus lahti teha, piserdada rinda ja nägu külma veega ning panna kehale külmi kompresse. Kui kannatadasaanu ei hinga, tuleb teha temale kunstlikku hingamist ja kohe esmaabi punkti arsti või õe järele saata.

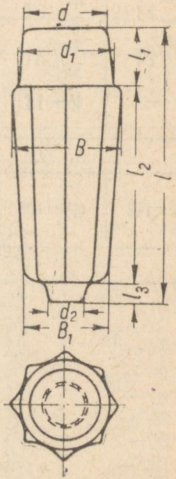
KORDAMISKÜSIMUSI

1. Missugustest põhilistest ohutustehnika reeglitest peab kinni pidama tööline ükskõik millises tööstusettevõttes?
2. Kunas tohib lubada uut töölist ettevõtte territooriumile?
3. Mida tuleb teha haavamiste puhul, kui töölisel tekib verejooks?
4. Mida tuleb teha töölisega, kellel on tekkinud väliste ja sisemiste kehaosade põrutusi?
5. Missugust esmaabi tuleb anda mingi jäseme, näiteks jala luumurde puhul?
6. Missugust esmaabi tuleb anda elektrilöögi saanud töölisele?
7. Missugust esmaabi antakse põletushaavade puhul?
8. Milles seisab kuumarabanduse puhul antav esmaabi?



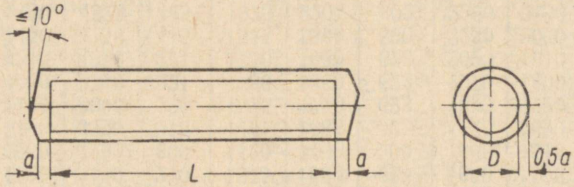
Valuplokkide mõõted ja kaal

Jrk. nr.	Kaal kg			Mõõted mm									Ristlõige
	üldine	ülem. osa	alum. osa	l	l_1	l_2	l_3	d	d_1	d_2	B	B_1	
1	1250	265	10	1400	370	1000	30	325	400	140	455	385	Ruut ümmargune
2	2165	450	15	1600	400	1150	50	430	500	200	550	400	„
3	3250	650	25	1800	450	1350	60	500	580	250	630	500	Ruut paljuk.
4	3791	758	93	1926	410	1400	116	535	610	296	670	585	Paljuk.
5	5120	1155	105	2096	455	1526	116	693	670	296	730	635	„
6	6413	1270	173	2266	500	1650	116	630	723	296	795	695	„
7	9149	1820	219	2527	560	1825	142	720	825	397	895	785	„
8	12671	2490	251	2682	600	1940	142	815	930	397	1000	916	„
9	15606	3100	306	2832	640	2050	142	875	1000	397	1070	980	„
10	18581	3790	331	3027	690	2195	142	981	1065	397	1135	1040	„
11	26328	5200	578	3574	770	2420	184	1040	1185	542	1265	1155	„
12	32368	6600	668	3644	840	2620	184	1220	1275	542	1365	1250	„
13	46013	9950	763	4044	940	2920	184	1277	1440	542	1520	1395	„
14	52631	10850	1081	4250	980	3060	210	1325	1510	623	1600	1460	„
15	58123	12100	1123	4425	1025	3190	210	1375	1560	623	1650	1505	„
16	63000	12600	1400	4480	950	3230	300	1420	1560	500	1630	1515	„
17	72159	15200	1259	4700	1100	3390	210	1491	1685	623	1775	1620	„
18	85410	16000	1419	4991	1170	3600	221	1576	1780	623	1880	1720	„
19	97722	20800	1522	5221	1230	3770	221	1656	1860	623	1970	1800	„
20	118664	25000	2664	5531	1310	4000	221	1756	1980	623	2090	1910	„
21	145000	23850	3840	6015	1450	4150	415	1645	1890	800	2280	2070	„
22	170000	35800	3174	6460	1490	4525	445	1975	2200	802	2360	2150	„
23	215000	47000	7700	6837	1625	4900	312	2184	2430	828	2560	2325	„
24	250000	53750	10390	7744	2020	5100	624	2280	2530	768	2700	2450	„



Sepiste mehaanilise töötlemise varud ja vasaratel sepistamise tolerantsid

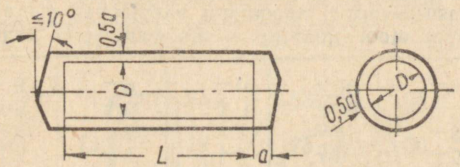
Siledad ümmargused sepised



Toote pikkus *L*	Mõõde *D*								
	kuni 50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—200	201—250	251—320
	töötlusvaru *a* ja tolerantsid								
Kuni 400	5 ± 2	5 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	—
401— 800	5 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}
801— 1600	6 ± 2	6 ± 2	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}
1601— 2500	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	17^{+4}_{-5}
2501— 4000	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-4}	17^{+4}_{-5}	—
4001— 6500	—	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-5}	17^{+4}_{-5}	18^{+4}_{-6}	—	—
6501—10000	—	—	16^{+3}_{-5}	17^{+4}_{-5}	18^{+4}_{-5}	19^{+5}_{-7}	—	—	—

Valuplokkidest toodete valmistamisel läbimõõduga üle 1600 mm suurendatakse töötlusvarusid 10% võrra

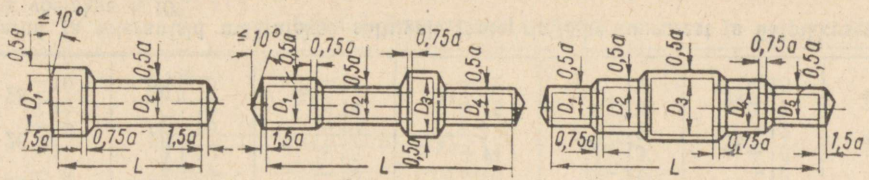
Siledad ümmargused sepised



Toote pikkus *L*	Mõõde *D*							
	kuni 200	201—250	251—320	321—400	401—500	501—650	651—800	801—1000
	töötlusvaru *a* ja tolerantsid							
Kuni 1000	16^{+7}_{-5}	18^{+8}_{-6}	20^{+9}_{-7}	22^{+10}_{-7}	24^{+10}_{-8}	26^{+11}_{-9}	—	—
1001— 1600	18^{+8}_{-6}	20^{+9}_{-7}	22^{+10}_{-7}	24^{+10}_{-8}	26^{+11}_{-9}	28^{+12}_{-10}	30^{+13}_{-10}	—
1601— 2500	20^{+9}_{-7}	22^{+10}_{-7}	24^{+10}_{-8}	26^{+11}_{-9}	28^{+12}_{-10}	30^{+13}_{-10}	32^{+14}_{-11}	36^{+16}_{-12}
2501— 4000	22^{+10}_{-7}	24^{+10}_{-8}	26^{+11}_{-9}	28^{+12}_{-10}	30^{+13}_{-10}	32^{+14}_{-11}	34^{+15}_{-12}	38^{+17}_{-13}
4001— 6500	24^{+10}_{-8}	26^{+11}_{-9}	28^{+12}_{-10}	30^{+13}_{-10}	32^{+14}_{-11}	34^{+15}_{-12}	36^{+16}_{-12}	40^{+18}_{-14}
6501—10000	26^{+11}_{-9}	28^{+12}_{-10}	30^{+13}_{-10}	32^{+14}_{-11}	34^{+15}_{-12}	36^{+16}_{-12}	38^{+17}_{-13}	45^{+20}_{-16}
10001—15000	28^{+12}_{-10}	30^{+12}_{-10}	32^{+14}_{-11}	34^{+15}_{-12}	36^{+16}_{-12}	38^{+17}_{-13}	42^{+19}_{-15}	50^{+23}_{-17}

Töötlusvarud ja tolerantsid määratakse sõltuvalt toote ristlõike suurusest ja üldpikkusest *L*.
Kaldenurk võetakse $\leqslant 10°$.

Astmetega ja süvenditega ümmarguste sepiste mehaanilise töötlemise varud ja vasaratel sepistamise tolerantsid *Lisa 4*



Toote pikkus *L*	Läbimõõdud D_1, D_2, D_3, D_4, D_5										
	kuni 50	51—65	66—80	81—100	101—125	126—160	161—200	201—250	251—320	321—400	401—500
	töötlusvaru *a* ja tolerantsid										
Kuni 400	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	—	—
401— 800	7 ± 2	8^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-5}	18^{+4}_{-6}	—
801— 1600	9^{+2}_{-3}	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	17^{+4}_{-5}	18^{+4}_{-5}	20^{+5}_{-8}	22^{+6}_{-10}
1601— 2500	10 ± 3	11 ± 3	12^{+3}_{-4}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-5}	18^{+4}_{-6}	20^{+5}_{-8}	22^{+6}_{-10}	24^{+6}_{-10}
2501— 4000	12^{+3}_{-2}	13^{+3}_{-4}	14^{+3}_{-4}	15^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-5}	17^{+4}_{-5}	18^{+4}_{-6}	20^{+5}_{-8}	22^{+6}_{-10}	23^{+6}_{-10}	—
4001— 6500		15^{+3}_{-4}	16^{+3}_{-5}	17^{+4}_{-5}	18^{+4}_{-6}	19^{+5}_{-7}	20^{+5}_{-8}	22^{+6}_{-10}	24^{+8}_{-10}	—	—
6501—10000			20^{+5}_{-8}	21^{+6}_{-9}	22^{+6}_{-10}	22^{+6}_{-10}	28^{+6}_{-10}	25^{+8}_{-10}	—	—	—

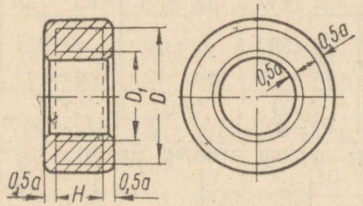
Töötlusvarud ja tolerantsid määratakse: a) läbimõõdule — sõltuvalt toote üldpikkusest ja vaadeldavast läbimõõdust; b) pikkustele — mis võetakse 0,75 ja 1,5 vaadeldava läbimõõdu töötlusvarust ja tolerantsist.

Kui astmete ja süvendite puhul läbimõõtude suhe on suurem kahest töötlusvarust, võidakse töötlusvaru ja tolerantsi suurendada 20% võrra.

Valuplokkidest toodete valmistamisel läbimõõduga üle 160 mm suurendatakse töötlusvarusid 10% võrra.

Sepiste mehaanilise töötlemise varud ja pressidel sepistamise tolerantsid

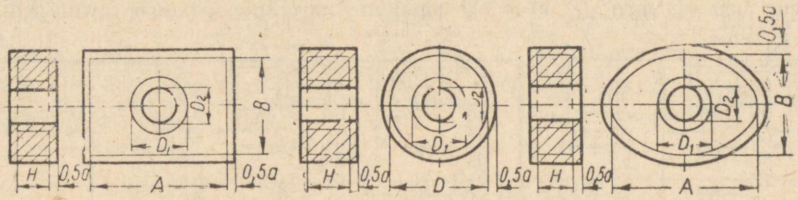
Avardatavad rõngad ja bandaažid



Kõrgus *H*	Läbimõõt *D*						
	801—1000	1001—1250	1251—1600	1601—2000	2001—2500	2501—3200	3201—4000
	töötlusvaru *a* ja tolerantsid						
Kuni 250	$32\pm\frac{14}{11}$	$35\pm\frac{16}{12}$	$40\pm\frac{18}{14}$	$50\pm\frac{22}{17}$	$55\pm\frac{25}{19}$	$60\pm\frac{27}{21}$	$68\pm\frac{31}{24}$
251— 400	$35\pm\frac{16}{12}$	$38\pm\frac{17}{13}$	$43\pm\frac{19}{15}$	$54\pm\frac{24}{19}$	$59\pm\frac{27}{21}$	$64\pm\frac{29}{22}$	$72\pm\frac{33}{25}$
401— 650	$38\pm\frac{17}{13}$	$42\pm\frac{19}{15}$	$46\pm\frac{20}{16}$	$58\pm\frac{26}{20}$	$62\pm\frac{28}{22}$	$68\pm\frac{31}{24}$	$76\pm\frac{34}{27}$
651—1000	$42\pm\frac{19}{15}$	$45\pm\frac{20}{16}$	$50\pm\frac{22}{17}$	$60\pm\frac{27}{21}$	$66\pm\frac{30}{23}$	$73\pm\frac{33}{25}$	$80\pm\frac{36}{28}$

Töötlusvarud ja tolerantsid kehtivad rõngastele, milledel $H<D$ ja $D_1<0{,}5D$, ja neid määratakse sõltuvalt toote gabariitidest. Otspinna kuju ei kontrollita; sepise kõlblikkus tehakse kindlaks märkimisega.

Sepiste mehaanilise töötlemise varud ja vasaratel sepistamise tolerantsid. Hammasrattad, äärikud ja nendetaolised sepised



Toote kõrgus H	Mõõted D_1, A_1, B								
	Kuni 100	101—125	126—160	161—200	201—250	251—320	321—400	401—500	501—650
	töötlusvaru a ja tolerantsid								
Kuni 100	6 ± 2	7 ± 2	18^{+2}_{-3}	9^{+2}_{-3}	10^{+3}_{-4}	12^{+4}_{-6}	14^{+4}_{-6}	16^{+4}_{-6}	18^{+4}_{-6}
101—210	—	8^{+2}_{-3}	10^{+2}_{-3}	12^{+2}_{-3}	13^{+3}_{-4}	14^{+4}_{-6}	16^{+4}_{-6}	18^{+4}_{-6}	20^{+4}_{-6}
211—300	—	—	—	13^{+3}_{-4}	14^{+4}_{-6}	16^{+4}_{-6}	18^{+4}_{-6}	20^{+4}_{-6}	22^{+5}_{-7}
301—320	—	—	—	—	—	18^{+4}_{-8}	20^{+4}_{-6}	22^{+5}_{-7}	—
Augutornide normaal-läbimõõdud D_2 sõltuvalt puhaste aukude läbimõõtudest D_1, kui $H>160$ mm									
Augu läbimõõt D_1	45—50	56—65	66—75	76—85	86—95	96—105	106—115	116—125
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	30 ± 5	40 ± 5	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	80 ± 5	90 ± 5	100 ± 5
Augu läbimõõt D_1	126—135	136—150	151—160	161—170	171—180	181—190	191—200	201—210
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	110 ± 5	120 ± 5	130^{+10}_{-5}	140^{+10}_{-5}	150^{+10}_{-5}	160^{+10}_{-5}	170^{+10}_{-5}	180^{+10}_{-5}
Augu läbimõõt D_1	211—220	221—230	231—240	241—250	251—260	261—275	276—285	286—295
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	190^{+10}_{-5}	200^{+10}_{-5}	210^{+10}_{-5}	220^{+10}_{-5}	230^{+10}_{-5}	240^{+10}_{-5}	250^{+15}_{-10}	260^{+15}_{-10}
Augu läbimõõt D_1	296—305	306—315	316—325	326—340	—	—	—	—
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	270^{+15}_{-10}	280^{+15}_{-10}	290^{+15}_{-10}	300^{+15}_{-10}	—	—	—	—

Sepiste mehaanilise töötlemise varud ja vasaratel sepistamise tolerantsid

Hammasrattad, äärikud ja nendetaolised sepised

Augutornide normaal-läbimõõdud D_2 sõltuvalt puhaste aukude läbimõõtudest D_1, kui $H>160$ mm

Augu läbimõõt D_1	70—80	81—90	91—100	101—110	111—120	121—130	131—145	146—155
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	80 ± 5	90 ± 5	100 ± 5	110 ± 5	120^{+10}_{-5}
Augu läbimõõt D_1	156—165	166—175	176—185	186—195	196—210	211—220	221—230	231—240
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	130^{+10}_{-5}	140^{+10}_{-5}	150^{+10}_{-5}	160^{+10}_{-5}	170^{+10}_{-5}	180^{+15}_{-0}	190^{+15}_{-10}	200^{+15}_{-10}
Augu läbimõõt D_1	241—250	251—260	261—270	271—280	281—290	291—305	306—315	316—325
Augutorni läbimõõt D_2 . . .	210^{+15}_{-10}	220^{+15}_{-10}	230^{+15}_{-10}	240^{+15}_{-10}	250^{+15}_{-10}	260^{+15}_{-10}	270^{+15}_{-10}	280^{+15}_{-10}

Lubatavate aukude minimaalsed läbimõõdud D_2 hammasrataste, äärikute ja nendetaoliste sepiste valmistamisel

H	D_2						
	65—120	121—200	201—240	241—320	321—400	401—480	481—650
Kuni 120	30	30	30	40	50	60	70
121—160	—	40	40	50	60	70	80
161—200	—	50	50	60	70	80	90
201—240	—	—	60	70	80	90	100
241—320	—	—	—	80	90	100	110
321—350	—	—	—	—	100	110	120

Töötlusvarud ja tolerantsid kehtivad silindrilise kujuga sepisele, kui $D \leqslant 200$ mm ja $H < D$ puhul suhe $\frac{D_1}{D} \leqslant 0{,}65$ ja kui $D>200$ mm ja $H < D$ puhul suhe $\frac{D_1}{D} \leqslant 0{,}55$. Suuremate suhete $\frac{D_1}{D}$ puhul kasutatakse tornil avardamise meetodit.

RAAMATU KOOSTAMISEL KASUTATUD KIRJANDUS

1. Л. С. Голицын, Очерк по истории кузнечного дела в СССР, «Вестник машиностроения» № 2. 1950.
2. М. А. Кассенков, Работа и обслуживание кузнечных печей, Машгиз, 1944.
3. К. Ф. Неймайер, Ковка, штамповка и оборудование кузнечных цехов, Металлургиздат, 1945.
4. Д. И. Бережковский, Нагрев металла перед ковкой и штамповкой, Машгиз, 1950.
5. М. Г. Златкин, Кузнец свободной ковки, Машгиз, 1951.
6. Н. Н. Дорохов и М. Г. Златкин, Технологические процессы ковки крупных поковок, Машгиз, 1950.
7. А. А. Игнатов и Б. Я. Лежнев, Ремонт молотов, ОНТИ, 1938.
8. С. И. Губкин, Ковка и штамповка цветных металлов, Металлургиздат, 1950.
9. Машиностроение, Энциклопедический справочник, т. 14, Машгиз, 1947.
10. В. Керекеш и П. Фаткин, Паспортизация кузнечно-прессового оборудования, Стандартиздат, 1935.
11. А. М. Бекеревич и И. С. Мещеряков, Техника безопасности и промышленная санитария в кузнечно-штамповочных и кузнечно-прессовых цехах, Оборонгиз, 1951.
12. П. В. Дмитриев, Малая механизация кузнечно-штамповочных работ, Машгиз, 1953.
13. Новаторы производства. Из опыта новаторов кузнечных и штамповочных цехов ленинградских заводов, Машгиз, 1951.
14. А. В. Потехин, Комбинированная ковка-штамповка на кривошипных прессах, Машгиз, 1950.
15. А. В. Потехин, Ковка-штамповка на кривошипно-коленчатых прессах в мелкосерийном производстве, Гостехиздат, 1952.
16. Б. А. Морозевич и Н. Н. Дорохов, Технологический справочник мастера кузнеца, Уралмашзавод, 1935.
17. Е. П. Унксов, Новое в технологии горячей штамповки, Машгиз, 1948.
18. П. В. Комнев, Новое в технологии кузнечно-штамповочного производства, Машгиз, Ленинград, 1953.
19. А. А. Игнатов, Кривошипные горячештамповочные прессы, Машгиз, 1953.
20. И. М. Дин, Горячая листовая штамповка и гибочные работы, Машгиз, 1950.
21. Я. М. Охрименко, Технология горячей штамповки стали, Машгиз, 1949.
22. К. Н. Соколов, Оборудование термических цехов, Машгиз, 1951.
23. П. В. Козлов, Кузнец-новатор Г. К. Зудов, Машгиз, 1952.
24. А. Г. Александров, Стахановская ковка деталей на прессе, Машгиз, 1952.
25. Е. М. Миронов, С. В. Шипулин, Кузнец-новатор Н. А. Герасимов, Машгиз, 1952.

26. Оргтяжмаш, Внедрение комплексной стахановской технологии изготовления поковок. Машгиз, 1952.
27. Институт технико-экономической информации. Бюллетени № 944/29; 944/27; 944/37; 1076/35, 1950.
28. Левитский, Электрический способ нагрева заготовок, газ. «За тяжелое машиностроение» № 131, 1945.
29. М. Г. Лозинский, Электронагрев заготовок для ковки и штамповки, Машгиз, 1950.
30. М. А. Гончаров, Ковка крупных поковок, Машгиз, 1951.
31. В. Г. Шальнов, Механические прессы, Машгиз, 1946.
32. Под ред. М. А. Глинкова, Металлургические печи, Металлургиздат, 1951.
33. В. В. Петровичев, Промышленные печи на пылеугольном топливе, Машгиз, 1949.
34. В. Ф. Копытов, Механизированные кузнечные печи, Машгиз, 1952.
35. С. Н. Хржановский, Проектирование кузнечных цехов, Машгиз, 1948.
36. Ленинградские кузнецы и штамповщики в борьбе за технический прогресс, Сборник статей, Лениздат, 1952.
37. ЛОНИТОМАШ, Книга 31, Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства, Машгиз, 1953.
38. Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства, Сборник статей, Машгиз, 1953.
39. В. М. Иванов, Справочник по тепловому контролю и автоматике в черной металлургии, Металлургиздат, 1951.
40. Г. А. Навроцкий, Высадочные и обрезные автоматы, Машгиз, 1949.
41. Каталог, Кузнечно-прессовое оборудование, Министерство станкостроения СССР, ЦБТИ, 1949.

SISUKORD

Venekeelse teise väljaande eessõna 3
I peatükk. **Sissejuhatus** 5
§ 1. Masinaehitustööstuse arenemisest 5
§ 2. Riiklikud tööjõureservid 6
§ 3. Sepatööde tähtsus masinaehituses 6
§ 4. Vabasepistamise sepa kvalifikatsiooni iseloomustus . . . 7
II peatükk. **Lukksepatööd** 9
§ 5. Metallide raiumine käsitsi 9
§ 6. Detailide viilimine 12
§ 7. Aukude puurimine 14
§ 8. Mõõteriistad 15
Kordamisküsimusi 17
III peatükk. **Üldmõisteid sepistamisest** 18
§ 9. Sepatööde liigid 18
§ 10. Sepatööstuse arenemise ajaloost Venemaal 18
§ 11. Lühiteadmisi terasest ja selle omadustest 20
§ 12. Teraste liigitus 23
§ 13. Teraste margid 24
§ 14. Mõisteid terase struktuurist 25
§ 15. Sepistamise lähtematerjal 30
Kordamisküsimusi 35
IV peatükk. **Kütus ja selle põletamine** 36
§ 16. Üldandmeid kütusest 36
§ 17. Kütuse liigid ja iseloomustus 36
§ 18. Sepaahjude kütuse valik 39
§ 19. Kütuse põlemine 41
§ 20. Kolded 43
§ 21. Vedelkütuse põletamine 49
§ 22. Gaaskütuse põletamine 52
§ 23. Tolmkütuse valmistamine ja põletamine 55
Kordamisküsimusi 58
V peatükk. **Kuumutusseadmed** 60
§ 24. Sepaääsid 60
§ 25. Põhireeglid ääsidel töötamiseks 64
§ 26. Kuumutusahjud 65
§ 27. Ahjude tootlikkus 66
§ 28. Ahju kasutegur 67
§ 29. Lahkuvate põlemissaaduste soojuse ärakasutamine . . . 68
§ 30. Põlemissaaduste väljajuhtimine ahjust 73
§ 31. Sepaahjude tüübid 74
§ 32. Kamberahjud 75
§ 33. Mehhaniseeritud ahjud 81
§ 34. Muhvelahjud 84
§ 35. Elektriahjud 84
§ 36. Ahjude valmistamiseks kasutatavad materjalid 85
§ 37. Sepaahjude ladumine 87
§ 38. Kontroll-mõõteriistad 88
§ 39. Ahjude kasutamine 92
§ 40. Ohutustehnika sepaahjude juures töötamisel 96
Kordamisküsimusi 97
VI peatükk. **Metalli kuumutamine sepistamiseks** 99
§ 41. Metalli kuumutamise tähtsus sepatöödel 99
§ 42. Metalli omaduste muutumine kuumutamisel 99
§ 43. Metalli oksüdeerumine ja süsinikusisalduse vähenemine . 101
§ 44. Metalli ülekuumutamine ja ülepõletamine 103
§ 45. Sepistamise temperatuuri-intervallid 105
§ 46. Metalli kuumutamine ahjus 106

§ 47. Terase kuumutamise kestuse määramine 108
§ 48. Elektrivooluga kuumutamine 109
Kordamisküsimusi 110
VII peatükk. **Käsisepistamise põhioperatsioonid** 112
§ 49. Üldandmeid sepatööriistadest 112
§ 50. Üldandmeid käsisepistamisest 117
§ 51. Venitamine 118
§ 52. Raiumine 127
§ 53. Jämendamine 131
§ 54. Painutamine 134
§ 55. Augulöömine 140
§ 56. Sepakeevitamine 144
§ 57. Näiteid detailide käsisepistamisest 151
Kordamisküsimusi 160
VIII peatükk. **Deformatsiooni mõju sepisele ja tooriku arvutamine** . . . 161
§ 58. Plastilise deformatsiooni mõiste 161
§ 59. Sepistamise mõju metalli struktuurile ja mehaanilistele omadustele 164
§ 60. Sepiste mehaanilise töötlemise varud, sepistamise tolerantsid 166
§ 61. Sepise joonis 168
§ 62. Sepistamise tehnilised tingimused ja tooriku valik . . . 170
Kordamisküsimusi 183
IX peatükk. **Vabasepistamisvasarad** 184
§ 63. Üldandmeid mehaanilistest vasaratest 184
§ 64. Hoobvasar 185
§ 65. Vedruvasarad 186
§ 66. Pneumaatilised vasarad 187
§ 67. Hoob-, vedru- ja pneumaatiliste vasarate teenindamise reeglid 190
§ 68. Auru-suruõhuvasarad 190
§ 69. Vasarate šabotid ja vundamendid 198
§ 70. Aurujaotus ja auruvasarate juhtimine 200
§ 71. Vasarate langevad osad 203
§ 72. Auruvasarate kaitseseadmed 208
§ 73. Auruvasarate määrimine 209
§ 74. Vasarate tonnaaži (võimsuse) valik ja määramine . . . 212
§ 75. Auru-suruõhuvasarate teenindamise eeskirjad 213
§ 76. Langevvasarad 214
§ 77. Ohutustehnika vasaratel töötamisel 218
Kordamisküsimusi 221
X peatükk. **Vabasepistamine mehaaniliste vasarate all** 222
§ 78. Tähtsamad sepatööriistad 222
§ 79. Rakised 228
§ 80. Põhilised sepistamisoperatsioonid vabasepistamise vasaratel 234
Kordamisküsimusi 244
XI peatükk. **Sepistamise tehnoloogiline protsess ja vasarate all vabasepistamise näiteid** 245
§ 81. Mõisteid sepistamise tehnoloogilisest protsessist 245
§ 82. Vabasepistamise näiteid 246
Kordamisküsimusi 261
XII peatükk. **Sepapressid ja nendel töötamine** 262
§ 83. Hüdraulilised ja auru-hüdraulilised pressid 262
§ 84. Pressi surve valik 267
§ 85. Ohutustehnika eeskirjad sepapressidel töötamisel 268
§ 86. Pressi all tehtavate sepatööde võtted 269
§ 87. Presside all sepistamisel kasutatavad transpordimehhanismid ja rakised 273

§ 88. Näiteid toodete sepistamisest sepapressidel 276
Kordamisküsimusi 292
XIII peatükk. **Kuumstantsimine** 294
§ 89. Tähtsamad kuumstantsimise seadmed 294
§ 90. Vasaratel kuumstantsimiseks kasutatavad tööriistad ja rakised 305
§ 91. Stantsimisviisid 312
§ 92. Töökoha organiseerimine ja ohutustehnika reeglid 312
§ 93. Stantsimise tehnoloogiline protsess 316
§ 94. Horisontaal-sepistamismasinad ja nendel töötamine . . . 329
Kordamisküsimusi 336
XIV peatükk. **Tööriista- ja legeeritud teraste ning värviliste metallide ja sepistamise iseärasusi** 337
§ 95. Süsinik-tööriistateraste sepistamise iseärasused 337
§ 96. Legeeritud teraste sepistamise iseärasused 339
§ 97. Värviliste metallide ja sulamite sepistamise iseärasused . 341
Kordamisküsimusi 342
XV peatükk. **Sepiste termiline töötlemine, defektid ja kontrollimine** . . 344
§ 98. Sepiste jahutamine 344
§ 99. Sepiste lõõmutamine ja normaliseerimine 346
§ 100. Sepiste defektid vabasepistamisel 346
§ 101. Sepiste defektid stantsimisel 348
§ 102. Sepiste kontrollimine ja vastuvõtmine 350
Kordamisküsimusi 350
XVI peatükk. **Töö ja töökoha organiseerimine** 352
§ 103. Sepaseadmete ratsionaalne kasutamine 352
§ 104. Sepa töökoht 363
§ 105. Tehniline normimine 365
§ 106. Tööliste kvalifikatsioon ja tööde tarifitseerimine 366
§ 107. Töötasu süsteemid 367
Kordamisküsimusi 368
XVII peatükk. **Sepa-stantsimisautomaadid** 369
§ 108. Üldandmeid sepa-stantsimisautomaatidest 369
§ 109. Sepa-stantsimisautomaatide ehituse skeem ja töötamine . . 370
Kordamisküsimusi 376
XVIII peatükk. **Ohutustehnika** 377
§ 110. Ohutustehnika ettevõtte territooriumil 377
§ 111. Esmaabi õnnetusjuhtumitel, meditsiiniline ja sanitaarne teenindamine 379
Kordamisküsimusi 380
Lisad 381
Raamatu koostamisel kasutatud kirjandus 388

Г. Г. Каменщиков
КУЗНЕЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
На эстонском языке
Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

*

Toimetaja H. Märtson
Tehniline toimetaja K. Einberg. Korrektorid P. Hiie ja M. Sepp
Ladumisele antud 7. III 1958. Trükkimisele antud 16. X 1958. Paber 60×92, 1/16. Trükipoognaid 24,5. Arvutuspoognaid 26,02. Trükiarv 3000. Tellimise nr. 824. Trükikoda «Ühiselu», Tallinn, Pikk tn. 40/42.
Hind rbl. 7.50
3—7

Rbl. 7.50

A-22 362

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00396045 9