

A. KRUSAMÄGI

UUT
VALUTÖÖSTUSE
ALAL

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

2/42878

A-21903 II

A. KRUUSAMÄGI

UUT
VALUTÖÖSTUSE
ALAL



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1958

2

Tartu Riikliku Unikaal
Raamatukogu

42878

EESSONA

NLKP XX kongressi direktiivid NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kuuenda viie aasta plaani kohta aastaiks 1956—1960 näevad ette tootmisvahendite tootmise suurendamist viisaastaku jooksul 70% võrra. Et äga valatud detailid moodustavad masinate kaalust 65—70%, siis peab vastaval määral suurenema ka valutööstuse toodang. Õeldust on selge, milline osatähtsus ning arenemise mastaap on valutööstusel käesoleval viisaastakul.

NLKP XX kongressi direktiivides on öeldud, et selle saavutamiseks tuleb: «Võtta ulatuslikult tarvitusele abinõud tootmise tehnilise taseme tõstmiseks kõigis tööstusharudes edasise elektrifitseerimise, kompleksse mehhaniseerimise ja automatiseerimise, uusimate kõrge tootlikkusega seadmete ja eesrindliku tehnoloogia juurutamise ning vananenud seadmete laialdase asendamise ja moderniseerimise alusel» (1).

Valutööstuse mehhaniseerimise ja automatiseerimise aste käesoleval ajal on madalam kui teistel tööstusharudel, töötajad aga raskemad ja tööoperatsioonid suurt füüsilist jõudu nõudvad. Et kiiresti likvideerida see mahajäämus valutööstuses, näevad NLKP XX kongressi direktiivid ette suurendada metalli valuseadmete tootmine vähemalt 8-kordseks ja luua kompleksed mehhaniseeritud valutsehhid.

Nende NLKP XX kongressi direktiivide elluviimine on mõeldav ainult siis, kui insener-tehnilistel töötajatel ja eesrindlikel töölistel on selge ettekujutus antud tööstusharu arengu perspektiividest, kasutatavast uuest tehnikast, tehnoloogilistest protsessidest ja töömeetoditest.

Käesoleva brošüüri ülesandeks ongi tutvustada insener-tehnilisi töötajaid ja eesrindlikke töölisi mõningate uute suunade ja tehnikaga valutööstuses, et abistada neid uue tehnika ja tehnoloogia juurutamisel Eesti NSV valutsehhi-des.

1. SISSEJUHATUS

Uue tehnika ja tehnoloogia efektiivsuse mõõdupuuks on detaili või toote omahind. Seepärast tutvumegi küsimustega, kuidas on võimalik alandada valatud detailide omahinda.

Valatud detailid valmistatakse malmist, süsinik- ja legeeritud terastest ning värvilistest metallidest. Lähtudes nende lähtematerjalide hinnast, on malmist ja süsinikterastest valandite omahinna alandamisel põhilise tähtsusega tööviljakuse ja kaudsete kulude küsimus, legeeritud teraste ja värviliste metallide valamisel aga metalli kokkuhoid.

Omahind oleneb eelkõige detaili konstruktsiooni tehnoloogilisusest, s. t. sellest, kui võrd lihtne on olemasolevate tehnoloogiliste võimaluste juures antud detaili valmistamine. Konstruktsiooni tehnoloogilisusest oleneb:

- a) tööviljakus,
- b) valandi kvaliteet,
- c) materjalide kulu.

Valatud detaili konstruktsiooni tehnoloogilisuse määrab kõigepealt detaili üldkuju. Viimane peab olema lihtne ja kujutama endast lihtsate geomeetriliste kujundite (tasapind, pöördkeha) kombinatsiooni, omama minimaalsel hulgal järske üleminekuid ning seesmisi hargnevaid seinu, et saada vormi tasast täitmist. Detaili üldkuju peab võimaldama nõutava tugevuse ja jäikuse saavutamist minimaalse materjalikuluga, milleks tuleb kasutada kinnisi kontuure ja jäikusribisid, ning kahanemistühimike vältimiseks tagama sulametalli tardumise kas korraga või suunatult.

Peale selle peab detaili konstruktsioon ette nägema:

- a) mudeli lihtsat valmistamist;
- b) mudeli kerget eemaldamist vormist ilma mahavõetavate osade kasutamiseta;
- c) detaili valamist minimaalse kärnide arvuga;

d) detaili vormimist ühes vormipooles või tasapinnalise eralduspinnaga mudeli abil;

e) minimaalse kahanemisega ning termiliste pingeteta detaili saamist;

f) sujuvad üleminekud erineva paksustega seinte juures ning nõuetekohased ümardusraadiused;

g) minimaalses ulatuses töödeldavaid pindu.

Valandite õige konstruktiivne kujundamine võimaldab suuresti vähendada detailide kaalu. Näiteks Nikolajevi tehases «Dormašina» säästeti 1953. aastal mõnede detailide kuju parandamisega metalli enam kui 25 000 rubla väärtuses.

Valandi antud konstruktsiooni juures on omahinna alandamisel olulisemaks:

a) elava ja asjastatud töö kokkuvõtteid;

b) valandi kvaliteedi tõstmine ja praagi vähendamine;

c) valandi täpsuse ja pinnasileduse tõstmine.

Põhilised teed nende küsimuste lahendamiseks on:

a) tööprotsesside mehhaniseerimine ja automatiseerimine;

b) uute tehnoloogiliste protsesside ja eesrindlike töövõtete juurutamine;

c) metalli ja materjali kokkuvõtteid;

d) täisväärtuslike asendajate kasutamine;

e) töö organiseerimise ja sanitaar-hügieeniliste tingimuste parandamine;

f) insener-tehniliste töötajate ja valajate kultuurtehnilise taseme tõstmine.

Tööprotsesside mehhaniseerimise alal tuleb individuaal- ja väikeseeriatootmises täielikult mehhaniseerida vormide ja kärnide valmistamine, vormi- ja kärnisegude valmistamine ning nende transport, valu väljalöömine ja puhastamine. Käsitsi vormimist tuleb kasutada ainult erandjuhtudel. Suurseeria- ja masstootmisel tuleb kasutada komplekselt mehhaniseeritud valukonveiereid ning automatiseerida vormimistööd, väljalöömine ja muldade valmistamine.

Uute tehnoloogiliste protsesside hulka, mis võimaldavad tõsta tööviljakust ning detailide kvaliteeti ja mis on leidnud juba laialdast kasutamist NSV Liidu ja välismaistes tehases, kuid mida Eesti NSV valutsehides ei kasutata üldse või tehakse seda piiratud ulatuses, kuuluvad:

a) kuivade vormide asendamine märgade ja pindkuivatatud vormidega;

b) poolalaliste, metallkeraamiliste ning alaliste vormide kasutamine seerialiselt toodetavate detailide puhul;

c) tsentrifugaal- ja täpisvalu ning koorikvormide kasutamine;

d) kõrgetemperatuurilise malmi saamine vagrankas;

e) terase kiirsulatusmeetodite rakendamine;

f) värviliste metallide sulatamisel tööstusliku sagedusega induktsioonahjude kasutamine;

g) atmosfäärilise ja kõrgendatud surve all töötavate ja kergesti eemaldatavate valupeade kasutamine; soojusisolaatsiooni ja eksotermiliste segude kasutamine valupeade vormimisel;

h) kiiresti kuivavate vormi- ja kärnisegude kasutamine. Metall ja materjali kokkuhoidu on võimalik saavutada:

a) metallilaastude sulatamisega vagrankas;

b) valupritsmete eemaldamisega vormisegudest magnetseparaatorite abil;

c) valukasti pinna maksimaalse ärakasutamisega;

d) kõrgemate mehaaniliste omadustega metallide kasutamiseks.

Käesolevas töös käsitleme vaid üksikuid küsimusi, mis omavad esmajärgulist tähtsust Eesti NSV masinaehitustehaste valutsehhide töö parandamisel.

2. TÖÖPROTSESSIDE MEHHANISEERIMINE

A. Vormisegude valmistamine

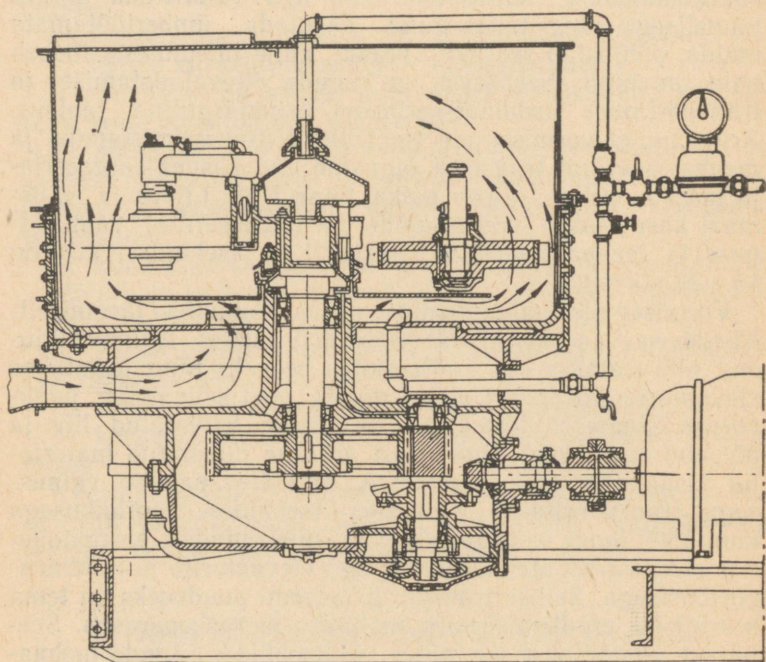
Et 90—95% valust valatakse muldvormidesse, on tööviljakuse tõstmisel muldvormidesse valamisel esmajärguline tähtsus. Muldvormidega seoses olevad tööd võime liigitada kolme gruppi: 1) vormi- ja kärnisegude valmistamine ning nende transportimine, 2) vormimine ja kärnide valmistamine ning 3) valu väljalöömine.

Vormi- ja kärnisegude hulk ühe tonni valu kohta moodustab keskmiselt 4—5 tonni. Kvaliteetse segu saamiseks tuleb kogu muld ümber töötada kas liikuvates või statsionaarsetes seadmetes. Põhiliselt leiavad kasutamist viimased. Vormisegu valmistamiseks tuleb kogu põlenud segu ja värske liiv ning savi transportida segajatesse ja sealt jälle vormimiskohtadele. Nagu spetsiaalselt läbiviidud uurimused näitavad, tuleb ühe tonni kõlbliku valu kohta valutseh-

hides transportida 100—140 tonni materjale. Nende tööde käsitsi teostamine nõuab suurt tööjõukulu, tekitab häireid vormimiskohtade varustamisel ja põhjustab vormimispinna ebaratsionaalset kasutamist. Kui aga valmistada ainult mudelisegu ning täiteseguna kasutada ümbertöötamata mulda, põhjustab see palju praaki, mille tulemusena tõuseb valu omahind. Seepärast on segude ettevalmistamise ja transportimise mehhaniseerimisel esmajärguline tähtsus. Arvamus, et vormisegude tsentraliseeritud valmistamine ja mehhaniseeritud transport õigustab end üksnes suurseriaja masstootmises, ei pea paika, kuna NSV Liidus ja välismaal kasutatakse vormisegude tsentraliseeritud valmistamist ja mehhaniseeritud transporti ka tsehhides, kus on 15—20 vormijat.

Vormisegude valmistamine peaks toimuma järgmiselt. Värske savi ja süsi kuivatatakse pöörlevates trummelahjudes, jahvatatakse siis kuulveskites peeneks ning tõstetakse elevaatorite või telferi abil segajate peal asuvasse punkritesse. Samasse tõstetakse ka värske kuivatatud liiv ja põlenud vormisegu. Punkritest antakse nimetatud materjalid dosaatorite abil segajatesse, milledest saadav vormisegu transporditakse väikestes tsehhides, tootlikkusega kuni 1500 tonni valu aastas, vormimiskohtadele elektritelferite abil, suuremates tsehhides aga elevaatorite ja lintransportööriididega. Sellise transpordisüsteemi puuduseks on tema keerulisus, võrdlemisi suur mahukus ja raskepärasus. Seepärast asendatakse uuemates valutsehhides segude mehhaaniline transport pneumaatilise transpordiga. Pneumaatilise transpordi korral imetakse või puhutakse lähtematerjalid või vormisegud torustiku kaudu suure kiirusega sihtkohtadesse ning sadestatakse seal tsükloonidega. Lisaks odavusele on pneumaatilisel transpordil veel rida teisi eeliseid: transportimisel vabanevad liivad ja põlenud vormisegud tolmust ning muutuvad kobedaks-õhuliseks, torustikku on kerge üles monteerida ja see nõuab vähe ruumi (kuna sagedamini kasutatavate torude läbimõõt on 100—150 mm) jne. Torustiku kulumise vähendamiseks kaetakse pöördekohad kummplaatidega.

Vormisegude valmistamiseks kasutatakse perioodilise tegevusega segajaid — kollereid (beguune), kuna teist tüüpi segajad ei taga kvaliteetse vormisegu saamist. Väiksemates valutsehhides kasutatakse vertikaalsete rullidega segajaid mudel 111 ja 112. Vanem mudel pole ekspluatatsi-



Joon. 1. Pendelsegaja.

oonikindel ega ohutu proovivõtmisel. Uuemal mudelil on need puudused kõrvaldatud. Nimetatud segajatel on kinnine reduktor-tüüpi ajam ja mehaaniline käsi proovide võtmiseks. Suuremates valutsehhdides on otstarbekam kasutada horisontaalsete rullidega pendelsegajaid mudel 115 (joonis 1). Rullid on liigendiliselt (šarniirselt) ühendatud peavõlliga, mis pöörleb kiirusega 80—100 p/min. Töösurve saavutatakse siin mitte rullide raskuse, vaid tsentrifugaaljõu mõjul. Segamise ajal puhutakse läbi segaja õhku, mis jahutab põlenud vormisegu ja eemaldab osaliselt tolmu. Segaja 115 asendab 3 kuni 5 samasuguse mahutavusega segajat mudel 112, ning selle tööd on kerge täielikult automatiseerida.

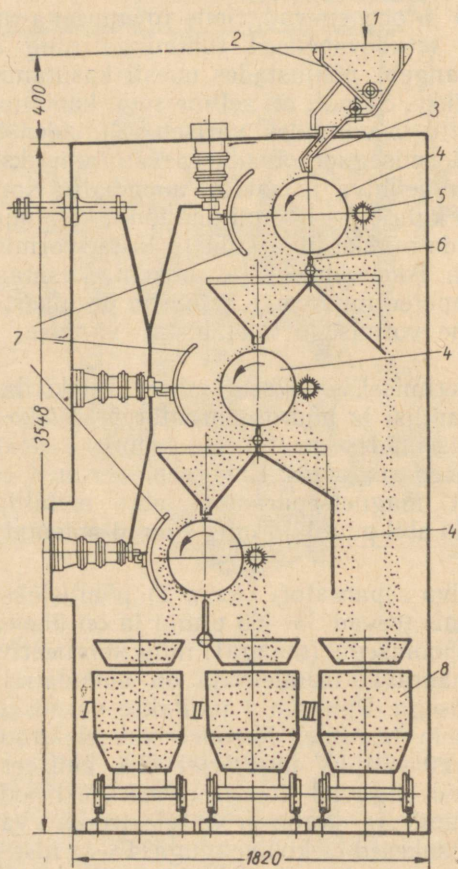
B. Vormisegude regenererimine

Valamisprotsessis kaotab savi kõrge temperatuuri mõjul oma siduvuse, liivaterad aga termiliste pingete tagajärjel pragunevad ja peenenevad. Selle tulemusena ummistatakse vormisegus teradevahelised tühimikud ning segu gaasiläbitavus langeb, põhjustades uuesti kasutamisel valandis gaasitühimikke. Samuti on selline segu kaotanud oma siduvuse, mistõttu ta vormides variseb, tekitades valanditesse liivapesi. Vormisegude omaduste säilitamiseks tuleb neid pidevalt värske liiva ja saviga uuendada. Normaalselt on värske liiva kulu 0,7—1 tonni ühe tonni kõlbliku valu kohta. Et vähendada värske liiva kulu ja tõsta vormisegude kvaliteeti, leiab ikka rohkem ja rohkem kasutamist vormisegude regenererimine, s. t. tolmu ja peenikeste liivaterade eemaldamine vormisegust, et tõsta viimase gaasiläbitavust.

Regenererimiseks kasutatakse elektrikoroneerivaid, õhu-, mehaanilisi ja hüdroseparaatoreid. Väikestes ja keskmistes valutsehhiides kasutatakse peamiselt elektrikoroneerivaid ja õhuseparaatoreid. Enne separeerimist eemaldatakse vormisegust magnetseparaatori abil metallipritsmed ja jämeda sõela abil puutükid ning suured põlenud mullakamad.

Koroneeriva separaatori (joon. 2) põhilisteks osadeks on trumlid 4, mis teevad 35—60 p/min ja on ühendatud vooluallika plusspoolusega (maaga), ning koroneerivad elektroodid 7, mis haaravad trumleid ja on ühendatud vooluallika miinuspoolusega. Punkrist 1 juhitakse vormisegu tigutoitja abil ülemisele trumlile. Koroneerival elektroodil mõjuva kõrgepinge 20—60 kV tagajärjel õhk ioniseeritakse, kusjuures ioonid liiguvad koroneerivalt elektroodilt trumlile, laadides trumli ja koroneeriva elektroodi vahel asuvad vormisegu osakesed elektrilaenguga. Elektrilise külgetõmbejõu mõjul liiguvad segu osakesed trumli suunas ning sadevad sellele. Trumlil mõjuvad osakestele elektriline külgetõmbejõud, tsentrifugaaljõud ja raskusjõud. Elektriline külgetõmbejõud oleneb osakese laadimis- ja tühjenemiskiiruste suhtest, on võrdeline osakese pinnaga ning on seda suurem, mida väiksemad on terad. Tsentrifugaal- ja raskusjõud on, vastupidi, suuremad jämedate terade juures, mistõttu jämedamad terad eralduvad kergesti trumlilt ja juhitakse järgmisse toitjasse, trumlile jääv tolmu aga eemalda-

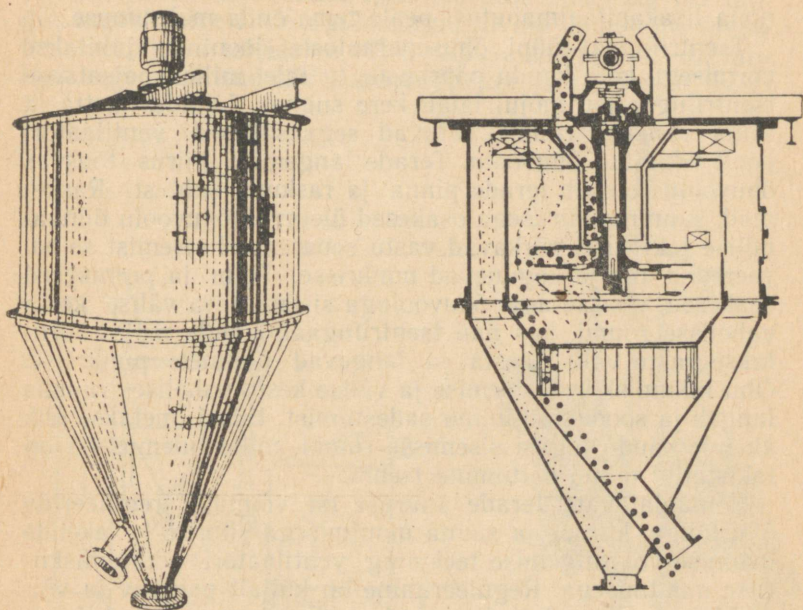
takse harjaga 5 ning see satub vagonetti. Viimasel trumliil jaotatakse tolmut vabastatud liiv kahte fraktsiooni. Reguleerides pinget ja koroneeriva elektroodi kaugust trumlist, on



Joon. 2. Kolmesektsioonilise elektri-koroneeriva separaatori skeem.

1 — punker, 2 — reguleerimissiiber, 3 — renn, 4 — trummel, 5 — hari, 6 — jaotuspind, 7 — koroneerivad elektroodid, 8 — vagonett.

võimalik reguleerida elektrilisi jõude ja seega vagonetti sattuvate terade suurust. Separeeritud liivas suureneb SiO_2 -sisaldus ning väheneb savi, raua-, kaltsiumi- ja magnee-



Joon 3. Tsentrifugaal-tüüpi õhuseparaator.

siumiokssüüdide hulk, mistõttu regenereeritud liivadel on kõrgem tulekindlus kui regenereerimata värskel liival. Põlenud vormisegusid võib regenereerida ka eelkuivatamata. Kuid sel juhul niiskuse suurenedes kasvab ka terade elektrijuhtivus ning separeerimine muutub raskemaks. Praktiliselt võib vormisegusid vabastada tolmust ja peenikestest teradest veel 4% niiskuse juures, kuid seda ainult tingimusel, et vormisegu pole tarvis jaotada fraktsioonideks. Vastasel korral tuleb vormisegu kuivatada. Regenereerida võib kõiki vormi- ja kärnisegusid, vaatamata kasutatavale sideainele. Kõlbliku, regenereeritud fraktsiooni väljatulek ulatub 75—90%, kusjuures vool on 0,5 mA ja elektrienergia kulu 2,5—3 kilovatt-tundi tonni regenereeritud liiva kohta (2).

Tehas «Krasnaja Presnja» laseb välja koroneerivaid elektriseparaatoreid tootlikkusega 5 ja 10 tonni tunnis. 5-tonnised separaatorid jaotavad liiva 3 fraktsiooni — jäme, keskmine ja tolm. 10-tonnised separaatorid jaotavad liiva

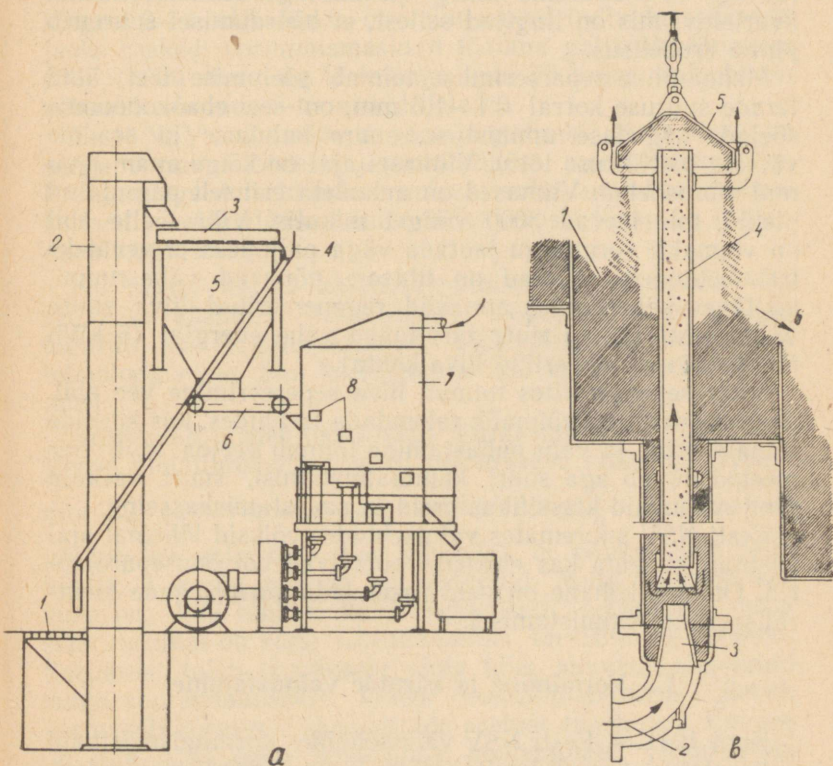
5 fraktsiooni. Elektriseparaatorid võtavad vähe ruumi ja ei nõua lisakapitaalmahutusi peale tema enda maksumuse.

Tsentrifugaal-tüüpi õhuseparaatoris (joon. 3) juhitakse vormisegu kolu kaudu pöörlevale kettale, millelt paisatakse tsentrifugaaljõu mõjul laiali kere suunas. Läbides ketta ja seina vahelise ruumi, satuvad seguosakesed ventilaatori poolt tekitatud õhuvoolu. Terade langemise kiirus tõusvas õhuvoolus on terade pinna ja raskuse suhtest. Raske-
mad, suurema kiirusega osakesed ületavad õhuvoolu dünaamilise takistuse, põrkavad vastu separaatori sisemist seina, veerevad alla ja kogunevad punkrisse. Tolm ja peenikesed osakesed viiakse aga õhuvooluga sisemise ja välise kesta vahelisse ruumi, kus nad tsentrifugaaljõudude mõjul surutakse vastu välist kesta ja langevad jäätmete punkrisse. Õhu liikumiskiirus sisemise ja välise kesta vahelises ruumis langeb ja soodustab tolmu sadestumist. Edasi imetakse õhk akende kaudu tagasi sisemisse ruumi, mille tulemusena on takistatud tolmu sattumine tsehhi.

Eemaldatavate terade suurust on võimalik reguleerida õhu hulga, kiiruse ja suuna muutmisega siibrite ja akende avamise või sulgemise teel ning ventilaatori pöörlemiskiiruse muutmisega. Reguleerimine on küllalt paindub ja võimaldab saada püsivate omadustega regenereeritud liiva, vaatamata segude mitmekesisusele. Regenereerida on võimalik vormisegusid niiskusega kuni 3,6%. Eemaldades vormisegust 15—20% tolmu ja peenikesi terasid, tõuseb vormisegu gaasiläbitavus 40—50 cm/min kuni 90—120 cm/min. Taoline regeneraat sisaldab suurel hulgal aktiivset savi, mistõttu sellele tuleb savi lisada vähem kui värsketele liivadele. Kui on tarvis saada puhast kvartslüiva, tuleb vormisegu enne regenereerimist töödelda kollerites või lasta läbi desintegraatori.

Regenereerimiseks kasutatakse ka teistsuguseid õhuseparaatoreid, mis regenereerimisel purustavad kuivanud sideaine filmi ja annavad kõrgekvaliteedilise regenereeritud liiva. Joonisel 4, *a* on toodud selletüübiline 4-sektsiooniline õhuseparaator tootlikkusega 4 tonni segu tunnis. Regenereeritud liiva väljatulek on 75—90%. Joonisel 4, *b* on toodud ühe sektsiooni skeem. Niisuguseid sektsioone asetatakse järjestikku 2 kuni 8. Toitesalvest 1 langeb liiv oma raskuse tõttu düüsi 3 juurde, millest surve all (3—6 at) puhutav õhk paiskab selle toru 4 kaudu suure kiirusega vastu kilpi 5. Torus liikudes ja vastu kilpi põrgates puruneb

teradevahelise hõõrdumise tõttu sideaine film ning liiv langeb tagasi salve 1. Osa puhastatud liivast langeb üle läve 6 teise sektsiooni toitesalve või tarviduse korral erikasti, millega regenereeritud liiv transporditakse segajatesse. Põle-



Joon. 4. Neljasektsiooniline inžektor-tüüpi õhuseparaator:

a — üldskeem; 1 — põlenud segu vastuvõtupunktri rest, 2 — koppelevaator, 3 — vibrosõel, 4 — suurte jäätmete eemaldamise toru, 5 — sõelutud põlenud segu punker, 6 — linttoitja, 7 — neljasektsiooniline separaator, 8 — vaateaknad; *b* — ühe sektsiooni skeem: 1 — toitesalv, 2 — suruõhutoru, 3 düüs, 4 — toru, 5 — kilp, 6 — lävi toitesalvede vahel.

nud liiv antakse punkrist linttoitja abil esimese sektsiooni toitesalve. Sektsioonid on asetatud ühisesse kambris, millest õhk imetakse läbi tsükloonide välja. Tsükloonides tolm sadeneb ning puhas õhk väljub peenfiltri kaudu. Separatori tootlikkust ja regenereerimise kvaliteeti on võimalik regu-

leerida düüsi ja toru vahelise pilu ning lävede asendi muutmise-
misega. Praktilised kogemused näitavad, et sisseseade
tasub end aasta jooksul (3).

Regeneereeritud liivad annavad sideaine sama hulga juu-
res ligi 30% suurema märg- ja kuivtugevuse kui harilik
kvartslüiv, mis on tingitud sellest, et hõõrdumisel suureneb
pinna krobelisus.

Mehaaniline separeerimine toimub sõelumise teel, kuid
terade suuruse korral 0,1—1,6 mm on see ebaökoonoomne
sõelade sagedase ummistuse, suure kuluvuse ja seadme
väikese tootlikkuse tõttu. Viimasel ajal on kõige enam levi-
nud vibrosõelad. Viimased on aukudeta erilisel painutatud
plekid, mis teevad 3000 võnget minutis. Vibrosõelte abil
on võimalik vormisegu jaotada väga paljudeks erinevateks
fraktsioonideks. Sõelad on lihtsad, nõuavad vähe ruumi,
tekitavad vähe tolmu, annavad regeneereeritud liiva suure
väljatuleku (80%) ning tarvitavad vähe energiat (5 kWh
ühe tonni regeneereeritud liiva kohta).

Hüdroseparaatorites toimub liiva separeerimine vee abil.
Seda meetodit on võimalik rakendada tsehkhides, kus kärnide
eemaldamine ja valu puhastamine toimub veejoa abil. See
meetod nõuab aga suuri kapitaalvahutusi, suurt veekulu
ning mahukaid klassifikaatoreid ja sadestamisbasseine.

Eesti NSV suuremates valutsehkhides võiksid lähemal ajal
kasutamist leida kas elektrikoroneerivad või õhuseparaato-
rid. Otstarbekohane on neid rakendada vormisegude tsent-
raliseeritud valmistamisel.

C. Vormimine ja kärnide valmistamine

Kuni 1941. a. Eesti NSV valutsehkhides vormimismasinaid
ei kasutatud. See oli kapitalistliku korra pärand, sest kodan-
likus Eestis ei olnud kapitalistidel odavapalgalise tööjõu
külluse tõttu masinate rakendamine kasulik. Rasked töötin-
gimused käsitsi vormimisel kurnasid aga töötajate tervise
ning harva leidis vormijaid, kelle tööstaaž oleks ületanud
25—30 aastat. Vormimistöde mehhaniseerimise ülesandeks
on kõigepealt vormijate töö kergendamine. Viimase 5—6
aasta jooksul on pilt suuresti muutunud ning käesoleval
ajal tehakse Eesti NSV valutsehkhides 30—35% vormimis-
töödest vormimismasinatele. Lisaks töötingimuste paranda-
misele tõstab masinormimine 4—5 korda ka tööviljakust
ning annab suurema täpsuse ja parema pinnakvaliteediga

valandid. Masinate kasutamine pole võimalik mitte üksnes mass- ja suurseriatootmises, vaid ka väikeseeria- ja individuaaltootmises. Uraali masinaehitustehase «Uralmaš» kogemused näitavad, et masinatega vormimine on õigustatud raskemate detailide korral ka siis, kui nende arv on kõigest 3—4. «Uralmaš» on valmistanud individuaaltoodete jaoks rasked vormimismasinad töölaua gabariitmõõdetega 6000×4000 mm ning tõstejõuga kuni 20 tonni, millel on võimalik vormida 5-tonniseid detaile.

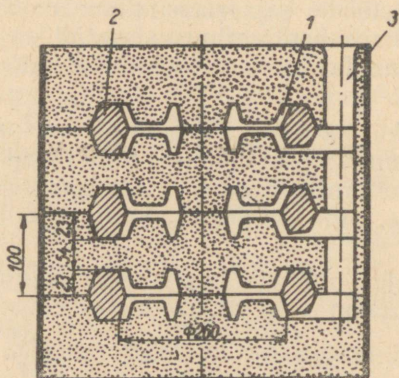
Eesti NSV valutsehhide esmajärguliseks ülesandeks on seega vormimistöde sajaprotsendiline mehhaniseerimine. Praegusaegsed mehhaniseerimisvahendid on väga mitmekesised ja võimaldavad suurt tööviljakuse tõusu ka individuaaltootmises.

Nii masin- kui ka käsitsivormimisel on peamiseks tööviljakuse küsimus. Tööviljakust mõjutavad väga paljud tegurid: töö organiseerimine, töötingimused, vormimise tehnoloogia jne. Siin käsitleme ainult tehnoloogilisi küsimusi.

Kõigepealt oleneb tööviljakus vormi metallimahutavusest. Vormi metallimahutavuse all mõistetakse vormitud valandite (Q) ja vormisegu (q) kaalulist suhet $\frac{Q}{q}$. Normaalselt võrdub see suhe 0,25. See tähendab, et vormis olev segu kaalub 4 korda rohkem kui valandid. Mida väiksem see suhe on, seda rohkem kulub suhteliselt vormisegu ning seda suurem on segu tihendamiseks tarvisminev töökulu. Seepärast tuleb tarvitusele võtta kõik abinõud nimetatud suhte suurendamiseks. Vormi metallimahutavus oleneb vormkasti kõrgusest ja valandite asetuse tihedusest. Kui see on alla 0,25, tuleb kontrollida madalamate vormkastide kasutamise võimalust või suurendada valandite arvu kastis. Vormi metallimahutavust on võimalik tõsta eriliste, valandi kujule vastavate vormkastide kasutamisega. Gaasiläbitavuse tõstmiseks peavad selliste kastide seinad olema aukudega. Tehases «Pioneer» valmistati vormija Artur Kõlu ettepanekul padade ja supelvannide vormimiseks nende kujule vastavad kerged terasest vormkastid, millede kasutamiselevõtmisega vähenes vormisegu kulu ligi 40% ja vormija tööviljakus tõusis 50% ümber.

Vormi metallimahutavust on võimalik tõsta ka kahepoolse postvalu kasutamise (joon. 5). Kahepoolse postvalu

puhul asuvad vormi õõned mõlemas vormipinnas. Kõige lihtsam on seda meetodit kasutada, kui üks vormipool on tasapinnaline või madalate õõntega. Kahepoolne postvalu võimaldab tõsta tööviljakust kuni 80%, vähendada metallikulu valukanalite arvel ja suurendada toodangut ühelt pinnaühikult. Sama efekti annab ka vahekärnide kasutamine (joon. 6). Peale öeldu võimaldab tööviljakust ja valandi täpsust suurendada kärnide sissevormimine (joonis 7) või ülemise vormipoolse asendamise kärniga.

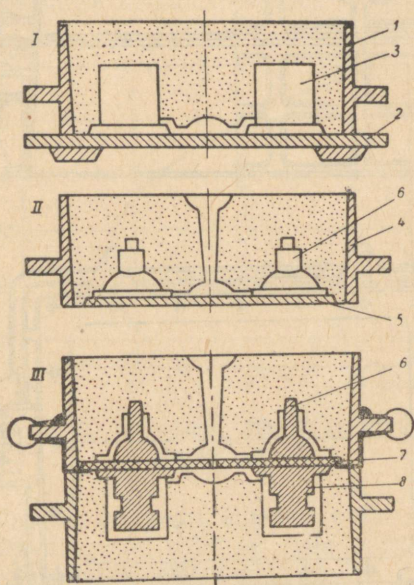


Joon. 5. Kahepoolne postvalu:

1 — valand, 2 — kärn, 3 — püstkanal.

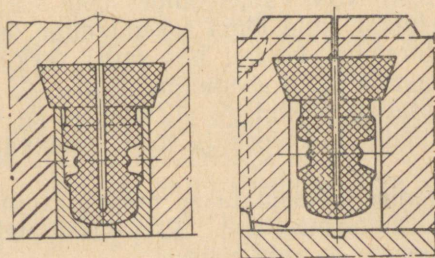
Enamik muldvorme vormitakse paaris vormkastidesse. See nõuab suurt kastide parki, eriti põrandvormimisel. Peale selle kaaluvad väikeste ja keskmiste valandite korral kasutatavad malm- ja terasvormkastid tavaliselt 10 kuni 50 kg, mis raskendab vormijate tööd ja valu väljalöömist. Nende puuduste vältimiseks kasutatakse äratõstetavaid vormkaste. Äratõstetavate kastidega vormimisel on võimalik valukasti valmistada alumiiniumisulamist või puidust, mis tunduvalt vähendab kasti kaalu ja kergendab vormija tööd. Äratõstetavad kastid on kas lahtivõetavad või küllalt suurte kallakutega, mis võimaldab kasti kergelt eemaldada (joonis 8).

Pärast kasti eemaldamist asetatakse kokkumonteeritud vormile plekk-kest ja raskus. Äratõstetavate kastidega vormitakse tehases «Sibtjažmaš» kuumuskindlast terasest

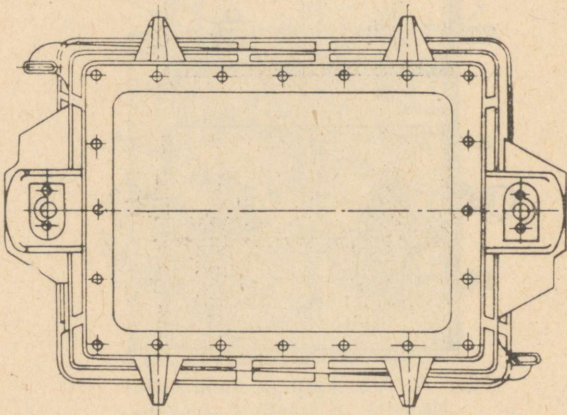
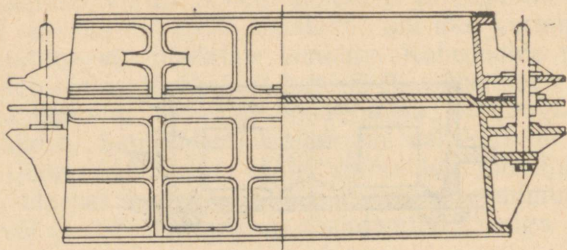


Joon. 6. Vahekärniga muldvorm:

1 — alumine vormkast, 2 — mudeliplaat,
 3 — mudel, 4 — ülemine vormkast, 5 —
 vahekärni mudel, 6, 7 ja 8 — kärnid.



Joon. 7. Sissevormitud kärniga vormid.



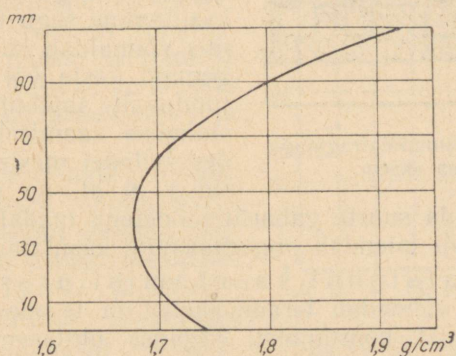
Joon. 8. Äratõstetav vormkast.

detaile gabariitmõõdetega 800×1400 mm ja kaaluga kuni 45 kg (4). Eesti NSV valutsehhiides pole see meetod veel kasutamist leidnud, kuid tema rakendamine on eriti tähtis astmelise valurežiimi korral, kus suuri raskusi teeb vastavate vormkastide pargi soetamine. Praegusel ajal kasutatakse äratõstetavate kastidega vormimisel ka spetsiaalseid vormimismasinaid, mis vormija tööd tunduvalt kergendavad.

Masinvormimiseks kasutatakse press-, raputus- ja kombineeritud vormimismasinaid. Pressmasinatel, võrreldes raputusmasinatega, on rida eeliseid:

- 1) vormisegu tihendamine toimub mürata,
- 2) pressmasinate tootlikkus on 1,5 korda suurem kui raputusmasinatel. Kuid kõrvuti loetletud eelistega on nimetatud masinatel ka tõsiseid puudusi, mis nende kasutamist

piiravad. Üheks põhipuuduseks on vormisegu ebaühtlane tihendamine. Joonisel 9 on toodud segu tihendamise kõver pealtpressimise korral, olenevalt valukasti kõrgusest.

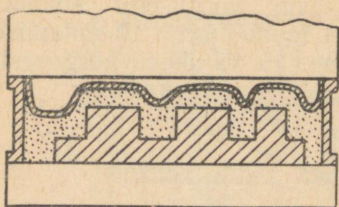


Joon. 9. Vormisegu tihenduse kõver pressimisel.

Vormkasti ülasaosas on segu tihedus palju suurem kui mudeli lähedal ning see vahe on seda märgatavam, mida kõrgem on vormkast. Seetõttu võib taolisi masinaid kasutada ainult vormkastide korral, millede kõrgus ei ületa 150 mm. Kõrgemate kastide puhul kasutatakse altpressimisega masinaid. Altpressimisel seisab pressiplaat paigal ning liigub töölaud sellele asetatud mudeliga. Nendel masinatel on võimalik vormida kaste kõrgusega 200 — 250 mm, kusjuures segu suurim tihedus saadakse mudeli pinnal. Samuti on nende masinate tootlikkus suurem ning töötamine lihtsam kui ülaltpressimisega masinatel, sest vormkastile pole tarvis asetada lisaraami.

Pressmasinad töötavad tavaliselt 4—6-atmosfäärilise suruõhuga, mis piirab masinatel vormitavate vormkastide mõõteid. Viimaste suurenemisega kasvab ühtlasi ka tihendamiseks vajalik jõud, mille saavutamiseks tuleks ehitada raskeid ja vähetootlikke masinaid. Pressmasinate parandamiseks kasutatakse kolme viisi.

1. **Suruõhu rõhu tõstmist.** Kasutatakse rõhkusid kuni 60 at, kusjuures surve antakse vormisegule edasi presspea kummist diafragma abil. Niisuguse elastse pressplaadi (joon. 10) kasutamine tagab segu ühtlasema ja parema tihendamise ning mudeli kontuuride hea üle-



Joon. 10. Kummidiafragmaga presspea skeem.

malik vormida suurte gabariitmõõdetega madalaid detaile, mis tunduvalt laiendab pressmasinate kasutamisala.

2. Fibratsiooni kasutamist pressimisel. Fibratsioon vähendab teradevahelist ja terade ning kasti seinte vahelist hõõrdumist, tagades ühtlasema ja suurema tihendamise, mis võimaldab nendel masinatel vormida kõrgemaid vormkaste. Sellel põhimõttel töötab Zaitsevi tüüpi fibratsioon-pressmasin.

3. Pneumaatiliste masinate asendamist mehaaniliste masinatega. Pneumaatilistel vormimismasinatele on võrdlemisi väike kasutegur, mida võimaldab tunduvalt tõsta pneumaatilise ajami asendamine mehaanilisega. Ühtlasi kaob sel juhul ka tarvidus keerulise suruõhumajanduse järele. See on eriti perspektiivne väiksemate valutsehhide jaoks. Taoline uut tüüpi vormimismasin valmistati Tartu tehases «Võit» insener Tederi projekti järgi ning see on katsetamisel andnud häid tulemusi.

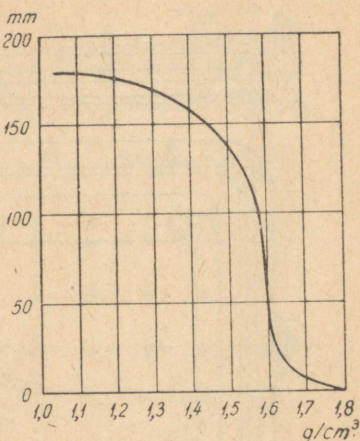
Välismaal kasutatakse magnetilisi pressvormimismasinaid altpressimisega. Nende eelisteks on väike energia-kulu ja mürata töö. Energiatarvidus vormi tihendamisel toimub ainult 1,5—2 sek. jooksul. Paljude niisuguste masinate kasutamisel ja nende käivitamisel kindla korra järgi on üheaegne elektrienergia tarvidus väike. Need masinad annavad kuni 350 poolvormi tunnis (5).

Raputusmasinatele saadakse segu suurim tihedus mudeli pinnal (joon. 11). Ülemise kihi tihedus on niivõrd väike, et kasti ümberpööramisele langeb segu kastist välja. Selle vältimiseks tuleb pealiskihti järeltihendada. Väikestes ja keskmistes masinates toimub järeltihendamine pressplaadi abil (nn. kombineeritud masinad), suurtes masinates,

kandmise vormile, mis võimaldab saada suuremat valandite täpsust. Peale selle suurendab kõrgemate rõhkude kasutamine segu tihendamist, mis võimaldab kasutada kõrgemaid kaste või vähendada tunduvalt savihulka vastava siduvuse saamiseks. Kasutades sellistel masinatel rõhkusid 4—6 at, on nendel või-

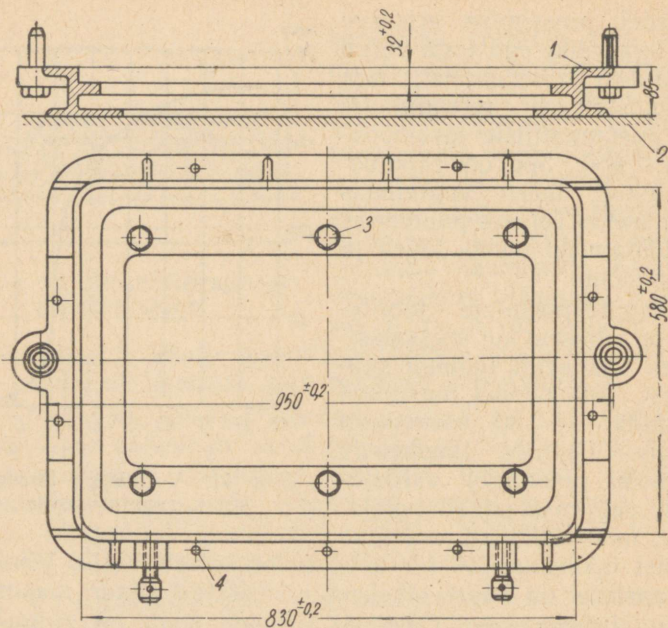
milledel pressimise erisurve on liiga väike ega taga vormi küllaldast tihendamist, aga pealetõstetava metallplaadi või pneumaatiliste «trambov-kade» abil. See on raputusmasinate üheks suuremaks puuduseks. Teiseks puuduseks on töötamisel tekkiv müra ja vibratsioon.

Raputusmasinate tootlikkus on väiksem kui pressmasinatel. Olenevalt töölaua suurusest võib nendel masinatel vormida 10—80 vormipoolt tunnis. Ühtlase tihedusega vormide saamiseks varustatakse raputusmasinad lugejatega, mis lülitavad masinad



Joon. 11. Vormisegu tiheduse kõver raputusmasinal.

pärast määratud löökide arvu automaatselt välja. Viimastel aastatel on suurt tähelepanu osutatud nende masinate automatiseerimisele. Üksikute firmade poolt on valmistatud poolautomaatseid ja täielikult automatiseeritud vormimismasinaid. Need masinad on kas ühepositsioonilised või karussellitüüpi, mitmepositsioonilised. Ühepositsioonilistel masinatel tõuseb masina tootlikkus vähe, kuid vormija vabaneb ja võib teostada ühtlasi kärnide asetamist ja vormide koostamist. Mitmepositsioonilised masinad valmistavad tunnis 250—300 vormipoolt. Näiteks firma Nicholls on valmistanud täielikult automatiseeritud vormimismasina, mille juures vormija ülesandeks on ainult masina käivitamine ja seiskamine nupplülitite abil. Masinal on võimalik vormida kaste mõõdetega 1000×800 mm. Masina töötsükkel on järgmine. Tühi vormkast antakse väljalöögiressilt transportööri abil erilisele rakisele, mis asetab kasti mudeliplaadile. Edasi avaneb automaatselt punkri sulgur, vajalik hulk segu langeb kasti ja lülitab sisse raputusmehhanismi ning sulgeb punkri. Pärast kindlaksmääratud löökide arvu lülitub raputusmehhanism automaatselt välja ning vormile liigub pressplaat, mis eemaldab üleliigse segu ja järepressib vormi. Rullidega varustatud tõstemehhanism tõstab vormi mudelilt ja paneb selle rulltele.

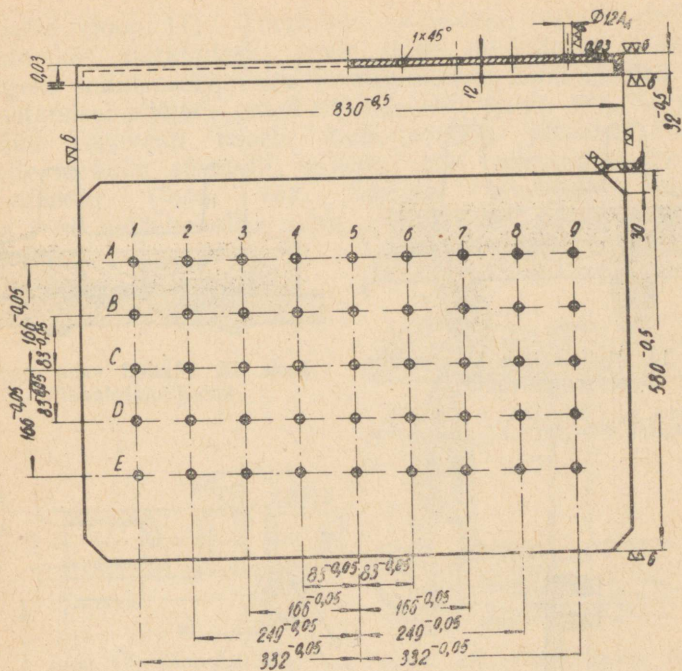


Joon. 12. Raam mudeli- või koordinaatplaadi asetamiseks vormimasinale 254 ja 242:

1 — raam, 2 — vormimismasina töölaud, 3 — kuus polti raami kinnitamiseks vormimismasinale 254, 4 — kuus polti raami kinnitamiseks vormimismasinale 242.

Viimase lõpus on rakis, mis pöörab alumise kastipoole ümber ja asetab konveierile. Ülemise või alumise kastipoole valmistamiseks kulub ca 15 sek. Niisuguseid automatiseeritud vormimismasinaid on võimalik kasutada mass- ja suurseriatootmisel.

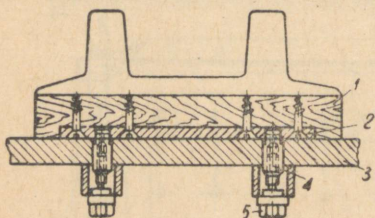
Press- ja raputus-vormimismasinaid on peamised, mis leiavad praegu kasutamist nii mass- kui ka individuaal- tootmises. Vormimismasinate rakendamine individuaaltootmises on efektiivne ainult kiiresti vahetatavate või koordinaat-mudeliplaatide kasutamisel, mis võimaldavad vahetada mudeli 4—5 minuti jooksul. Ühtlasi peavad ka valandid olema grupeeritud nende gabariitmõõdete järgi, mis võimaldab ühesuguste vormkastide kasutamist. Mida vähem grupe ja mida mitmekesisem on grupe nomenkla-



Joon. 13. Metallkoordinaatplaat.

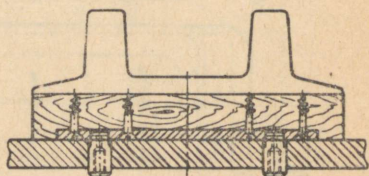
tuur, seda efektiivsem on masinate kasutamine. Mudelid valmistatakse samuti puust, nagu käsitsi vormimiselgi.

Kiirestivahetatavate mudeliplaatide ja koordinaatplaatide kasutamisel kinnitatakse masina töölauale raam (joon. 12), millesse pannakse mudeliplaat või koordinaatplaat (joon. 13). Metallraamil on tapid vormkasti õigeaks asetamiseks. Koordinaat-mudeliplaadile kinnitatakse mudelid kas jäigalt (joon. 14) või vabalt (joon. 15). Seejuures tekitab raskusi terasribade kinnitamine mudelile ja nende täpne märkimine. Asja lihtsustamiseks võeti Sverdlovi nimelises pingiehitustehases A. Šmelevi ettepanekul kasutamisele lihtne meetod (7). Valmistatakse konduktor avade vahekaugusega vastavalt koordinaatplaadile (joon. 16) ja kaheksa avaga naelte jaoks. Konduktor asetatakse mudelipoole eralduspinnale, kinnitatakse naeltega ning puuritakse mudelisse kinnitustihvtide augud. Pärast seda pressitakse aukudesse läbi konduktori pukside kinnitus-

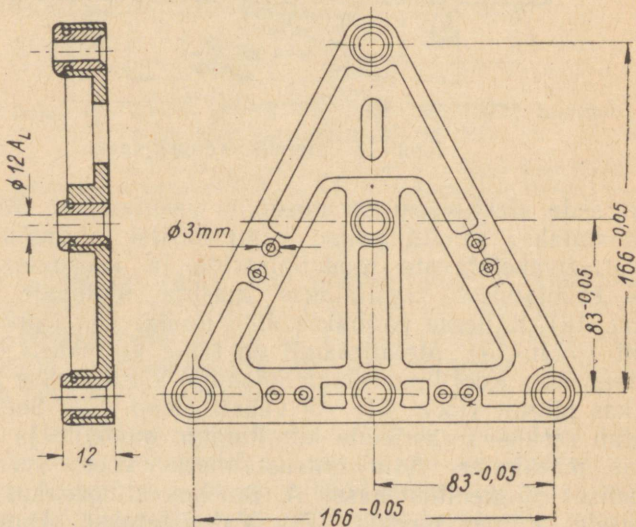


Joon. 14. Mudeli jäik kinnitamine koordinaatplaadile:

1 — mudel, 2 — terasriba, 3 — koordinaatplaat, 4 — tihvt, 5 — polt.

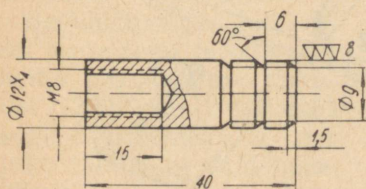


Joon. 15. Mudeli vaba asetus koordinaatplaadile

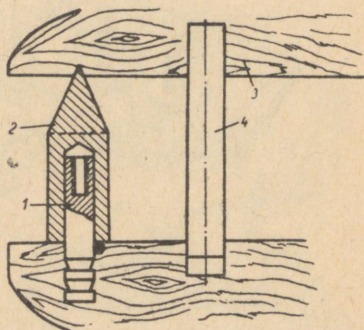


Joon. 16. Kondaktor aukude puurimiseks mudelisse selle asetamiseks koordinaatplaadile:

tihtid (joon. 17). Tihytidele asetatakse metallkärnid ja pannakse märkimiseks peale teine mudelipool. Viimase õigeaks kohaleasetamiseks tsentreeritakse mudelipooled valmistamisel pikkade puust tihvtide abil (joon. 18). Surudes nüüd tugevasti teisele mudelipöolele, jätavad kärnid sellesse kolm süvendit, millede abil asetatakse kohale konduktor (joon. 18). Seejärel puuritakse augud ka teise mudelipöolele ning pressitakse sisse kinnitustihvtid.



Joon. 17. Kinnitustihvt.



Joon. 18. Mudelipöole tsentreerimine juhttihvtide ja kärnide abil:

1 — kinnitustihvt, 2 — kärn, 3 — teine mudelipöol, 4 — juhttihvt.

Koordinaat-mudeliplaadi asemel võib kasutada ka universaalseid kiirestivahetatavaid mitmekohalisi mudeliplaate, mis võimaldavad vormida mitut detaili ja tarviduse korral kiiresti vahetada ühtesid mudeleid teistega. Neid plaate on kolme tüüpi:

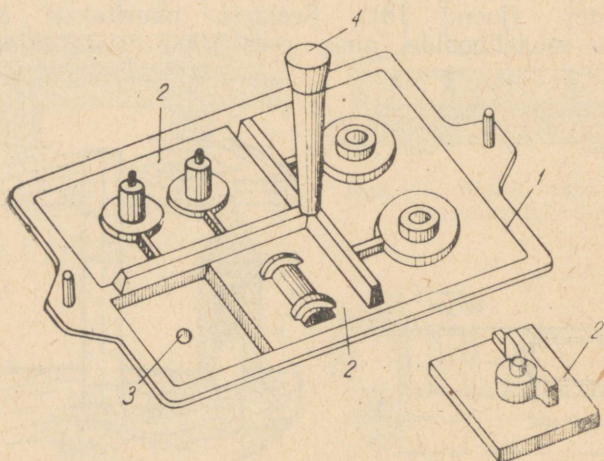
a) ühepoolne mudeliplaat vormi alumise ja ülemise poole vormimiseks. Seda plaati tarvitatakse väikeste detailide vormimisel, kus detaili asetus vormis ei oma erilist tähtsust;

b) kaks ühepoolset mitmepositsioonilist klišee tüüpi mudeliplaati — üks alumise, teine ülemise vormipöole vormimiseks (joon. 19);

c) kahepoolne mudeliplaat (joon. 20).

Iga üksik mudel on kinnitatud standardsele plaadile, mis lasevad end kergesti asetada vastavasse raami ning 2—3 minuti jooksul koostada mudeliplaadi.

Raputus- ja harilikud pressmasinad pole üldiselt suurte ja raskete detailide vormimiseks kasutatavad. Nendele masinatele omased puudused on aga kõrvaldatud seguheitjatel. Viimased annavad vormisegule nõutava tiheduse (suurema mudeli pinnal ja väiksema, kuid küllaldase vormi



Joon. 19. Mitmepositsiooni-
line klišeetüüpi mudeliplaat.

1 — alusplaat, 2 — sissepandavad
mudeliplaadid, 3 — kinnitusava,
4 — valukanalite süsteem.

ülemisel pinnal), nad on suure tootlikkusega ning võimaldavad vormida suuri, kõrgeid, madalaid ja väikesi vorme ning suuri ja keskmisi kärne. Suured seguheitjad vormivad 3 m³ vormkasti 4—6 minuti jooksul. Kuid see ei rahulda enam tänapäeva nõudeid ja vormimistsükli lühendamiseks valmistatakse juba seguheitjaid tootlikkusega 2 m³ minutis (8).

Seguheitja peamiseks tööorganiks on pea, milles pöörleb tiivik. Vanemates konstruktsioonides saab tiivik liikumise rihmülekande abil ja teeb 1100—1300 pööret minutis. Uuemates seadmetes saab tiivik liikumise hüdroajamilt, mis võimaldab kergesti reguleerida selle pöörlemiskiirust.

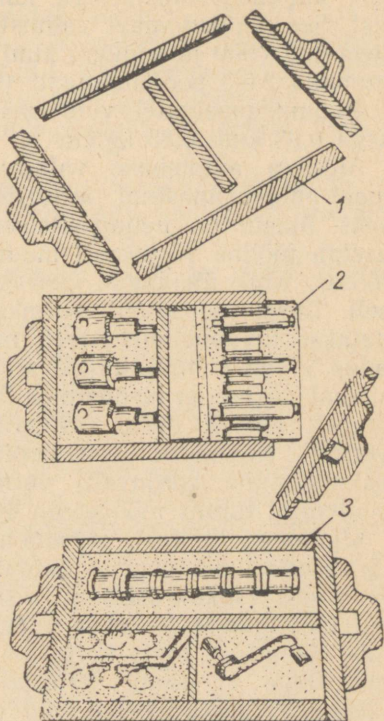
Seguheitja pea liikumist vastavalt mudelile ja vormkastile on võimalik väikestel heitjatel juhtida käsitsi, suur-

tel aga vastava juhtimis-
seadeldise või hüdraulilise
mehhanismi ja kiiresti-
vahetatava kopeeri abil.
Et seguheitja ainult täi-
dab ning tihendab vormi,
siis mudeli eemaldamiseks
ning vormkasti pöörami-
seks kasutatakse spetsiaal-
set liikuvat seadet. Vii-
masel ajal kasutatakse
seguheitjaid segu tihen-
damiseks ka vormimisauto-
maatides, mis võimaldab
automaatvormimisseadmeid
tunduvalt lihtsustada.

Seguheitjatega töötami-
sel vormisegu niiskus ega
heitja pea kaugus mude-
list (200 kuni 2000 mm)
segu tihendamist ei mõ-
juta, tähtis on vaid heite-
kiirus, mis peab olema
27—30 m/sek.

Kärnide valmistamiseks
kasutatakse kas raputus-
või liivapuhumismasinaid.
Puhumismasinaid on suu-
rema tootlikkusega ja
neid kasutatakse peamiselt
mass- ning suurseriatoot-

mises. Võttes tarvitusele erilised vaheplaadid, on puhu-
mismasinaid võimalik kasutada ka väikeseeriatootmi-
ses. Kärnkastid valmistatakse puhumismasinatele harili-
kult metallist, kuid USA-s ja Saksamaal kasutatakse laial-
daselt ka puidust kärnkaste. Kärnkasti täitmine ja segu
tihendamine toimub puhumismasinaga mõne sekundi jook-
sul. Nende tootlikkust võib aga tunduvalt tõsta kärni
eemaldamise mehhaniseerimisega kärnkastist. Suur toot-
likkus ja konstruktsiooni lihtsus põhjustab nende kasuta-
mist ka väiksemate vormide valmistamisel. Neid masinaid
on võimalik automatiseerida. Näiteks firma Beardsley
Piper poolautomaat-kärnipuhumismasin on varustatud eri-



Joon. 20. Kahepoolne mudeliplaat:

- 1 — raamiosad, 2 — mudeli koostamine,
3 — kõigest osast koostatud mudeli-
plaat.

lise automaatseadeldisega kärni eemaldamiseks kärnkastist. See poolautomaat valmistab tunnis 240 kärni mõõdetega 600×900 ja kaaluga kuni 28 kg. Üks tööline võib teendada 2—3 poolautomaati (9).

Puhumismasinatele võib kasutada segusid märgtugevusega 0,03 kuni 0,85 kg/cm² ja niiskusega kuni 8%.

Moskva autotehase valutsehhis kasutatakse poolautomaat-puhumismasinat äratõstetavate kastidega vormimiseks. Masin on neljapositsiooniline. Esimesel positsioonil asetab tööline vormkasti mudeliplaadile ja lülitab masina töösse. Kõik ülejäänud operatsioonid toimuvad automaatselt. Teisel positsioonil vormkast täidetakse ja segu tihendatakse liivapuhumise teel, misjärel toimub järeltihendamine alumise hüdraulilise silindri abil. Kolmandal positsioonil tõstab erimehhanism kasti mudelilt, pöörab selle ümber, asetab kasti vastuvõtulauale ja eemaldab kasti vormilt. Neljandal positsioonil toimub mudeliplaadi ettevalmistamine korduvaks vormimiseks. Masin annab 360 poolvormi tunnis mõõdetega $440 \times 320 \times 200$ mm (5).

Ülaltoodu näitab, et automatiseerimise küsimused on tänapäeva valutööstuses aktuaalsed. Automatiseerimisel on juba universaalne iseloom ja sellele ei vaadata mitte ainult kui tööviljakuse tõstmise vahendile, vaid ka kui abinõule, mis võimaldab anda kõrge ja püsiva kvaliteediga toodangut kõige väiksema materjalikulu juures. On loota, et lähema 10 aasta jooksul meil ehitatakse terve rida täiesti automatiseeritud valutsehhe. Automatiseerimisel suureneb toodang ühelt pinnaühikult vähemalt 60—80% ja ühe tööliste kohta 1,8—2 korda, kusjuures paranevad tunduvalt ohutustehnilised ja sanitaarhügieenilised tingimused ning väheneb suuresti madala kvalifikatsiooniga tööliste ja suureneb 3—4 korda kõrgeltkvalifitseeritud töötajate arv.

See töö on juba alanud. Nii töötab NSV Liidus täiesti automatiseeritud valutehas autokolbide valamiseks (10). Selles tehases lükatakse metallplokid automaatselt kindla aja tagant ahju, mis koosneb neljast kambri: eelkuumutus-, sulatus-, rafineerimis- ja kogumiskambri. Kõik kambri on eraldatud üksteisest seinte abil ja ühendatud kanalite kaudu. Ahi mahutab 7 tonni sulammetalli ja selle tootlikkus on 700 kg/tunnis. Niisugune suur mahutavus tagab temperatuuri püsivuse, mis on väga oluline seadme korralikuks tööks. Kogumiskambri toimub šlaki eraldumine ja eemaldamine, misjärel metall suundub mööda kanalit nõeltüüpi

dosaatorisse, viimane võimaldab metalli andmist vormi ilma šlakita. Valumasin on 6-positsiooniline, karussellitüüpi. Masina töölauale on kinnitatud 6 valusektsiooni, mis laua ühe pöörde juures saavad kõik vajalikud liikumised.

Esimesel positsioonil toimub metalli valamine kokku-monteeritud alalisse vormi.

Teisel positsioonil eemaldatakse keskmine kiilukujuline ja sõrmeavade kaks metallkärni, mis võimaldab valandi vaba kahanemist.

Kolmandal positsioonil avatakse vorm ja eemaldatakse viimased kärnid.

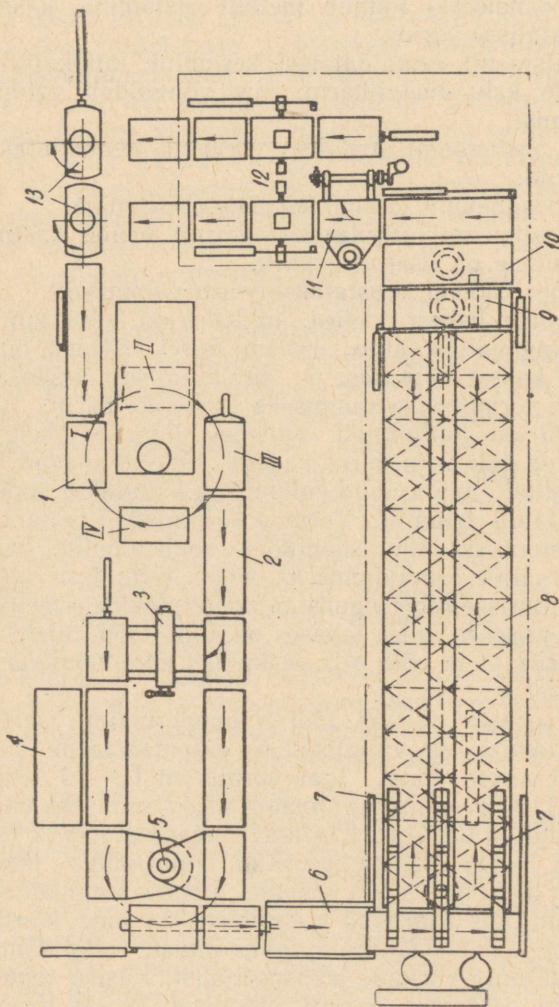
Neljandal positsioonil toimub kärnide koostamine.

Viiendal positsioonil jahutatakse kärnid nende kastmi-sega vette, millele on lisatud grafiiti.

Kuuendal positsioonil koostatakse vorm valamiseks.

Kokill koosneb kahest poolest, milledes on kolvi kujule vastav õõs ning valukanalite süsteem; kolvi sisemise õõne saamiseks on kahest külgosast ja kiilukujulisest keskosast koosnev kärn, sõrmeavade saamiseks aga kaks kärni. Igal valusektsioonil on juhtpinnad, millel liiguvad kelgud neile kinnitatud kokilli ja kärniosadega. Kelgud saavad liikumise suporditelt, mis asuvad kolonnil ja käitatakse kopee-ridega varustatud trumlilt. Vormist väljalöödud valandid liiguvad automaatselt jahutuskohtadele, sealt tööpinki valu-kanalite ja kraatide eemaldamiseks, edasi termilisse ahju, ahjust vahepunkrisse ning lõpuks automaatpinkidele mehha-niliseks töötlemiseks. Selles tehases on kõik tööd täielikult automatiseeritud ja ta võib olla eeskujuks automaattehaste projekteerimisel.

Eberhardi tehases (USA) töötab temperalmi tsehhis vormimise-valamise ja väljalöömise automaatseade toot-likkusega 300 vormi tunnis. Igas vormis on 12—60 detaili kaaluga 30—1100 grammi. Automaadi ülesseadmiseks vaja-lik põrandapind on 6×11,5 m. Antud nomenklatuuri ja too-dangu jaoks oleks mehhaniseeritud valutsehhis tarvis põrandapinda 3000 m². Sellel seadmel toimub automaatselt 12 operatsiooni, mis haaravad vormimist, vormide koosta-mist, valamist, valatud vormide lahtivõtmist, väljalöömist ja vormkastide ning vormide transportimist. Käsitsi toimub ainult kärnide asetamine vormi. Joonisel 21 on toodud seadme skeem. Karussellitüüpi vormimismasina I positsioo-nil I toimub vormi täitmine vormiseguga, milleks alumine ja ülemine vormkast antakse kordamööda erilise seadise abil



Joon. 21. Vormimise, valamise ja väljalöömise automaatseadme skeem:

- 1 — karussellitüüpi neljapositsiooniline vormimismasin, 2 — rulltee, 3 — vormkasti pööramiseade,
- 4 — konveier, 5 — vormi koostamiseade, 6 — konveier, 7 — vormkasti pööramiseade, 8 — jahutuskon-
- veier, 9 — elevaator alusplaatide tagastisünamiseks, 10 — elevaator vormide tälestamiseks, 11 — plat-
- vorm vormkasti lahtivõtmiseks, 12 — vibratsiooniseade vormide väljalöömiseks, 13 — seade vorm-
- kastide suunamiseks vormimismasinasse.

vastavale mudeliplaadile. Töölaud ühes vormkastiga tõuseb üles punkrini ja vormkast täidetakse vormiseguga. Täidetud vormkast ühes mudeliplaadiga liigub *II* positsioonile, kus toimub vormisegu tihendamine. *III* positsioonil toimub mudeliplaadi väljavõtmine ja kast lükatakse rullteele 2. *IV* positsioonil valmistatakse mudelplaadid ette järgmiseks vormimiseks.

Ülemine kast liigub mööda rullteed selle lõpuni, alumine kast aga suunatakse pöörajasse 3, pööratakse seal ümber ja lükatakse konveierile 4, kus toimub kärnide kohaleasetamine. Koostamiseadis 5 haarab ülemise kasti, asetab selle alumisele ja paneb kokkumonteeritud vormi ristkonveierile 6, mis viib selle valamisplatvormi alla. Siin tõstab rullidega varustatud alusplaat vormi üles vastu koormamisseadist 7, kuna vabanenud konveieri laud läheb algasendisse. Pärast valamist lükatakse alusplaat edasi ja vorm jääb ettenähtud ajaks koormuse alla. Edasi viiakse vormid jahutuskonveieri 8 abil vastuvõtuelevaatorisse 10, alusplaadid aga suunatakse elevaatori 9 ja jahutuskonveieri alumise poole abil tagasi lähtekohale. Elevaator 10 tõstab vormid kahekaupa üles ning lükkab platvormile 11, kus ülemine kast tõstetakse alumiselt maha ning pööratakse ringi, valanditega allapoole. Pneumaatilisel vibratsiooniseadisel 12 toimub vormide väljalöömine. Väljalöödud kastid antakse seadise 13 abil tagasi vormimismasinasse 1 (11).

Autotehases Buick on automatiseeritud valuliin kaheksasilindriliste mootoriplokkide valamiseks. Liinis töötavad firma Osborn kaks karussellitüüpi vormimisautomaati, tootlikkusega 180—200 vormi tunnis (11).

Moskva autotehases ehitatakse kolvirõngaste valamiseks liin kahe viiepositsioonilise vormimispoolautomaadiga. Vormid tihendatakse siin altpressimise teel ning laotakse seejärel üksteise peale postvaluks. Elektritelleri abil tõstab tööline vormkastid konveierile, millel toimub valamine. Valatud vormid tõugatakse automaatselt pneumaatilise silindri abil väljalöömisrestile, kust tühjad kastid suunatakse linttransportööri abil tagasi vormimismasinasse. Valandid langevad plaattransportöörile, mis viib need järgmisele töötlemiskohale. Poolautomaat annab 2200 vormi vahetuses ning seda teenindab 1 tööline (5).

Valutööde automatiseerimist ei kasutata mitte üksnes masstoodangu korral, vaid ka seeriatootmisel. Näiteks tehases Aduceverk Norras, mis toodab aastas 1500 tonni põllu-

tööriistade tempermalmist osi, töötab vormimise ja valu väljalöömise automaatliin. Vormimiseks kasutatakse kii-restivahetatavaid mudeliplaate, üldpinnaga 650×450 mm. Mudeliplaat asetatakse automaatselt esimesele positsioonile ja tõstetakse sellele vormkast. Teisel positsioonil täidetakse kast vormiseguga, kolmandal tihendatakse vormi raputamise ja järelpressimisega, neljandal võetakse mudel pöördplaadi abil välja ning suunatakse mudeliplaat tagasi lähteasendisse (12).

3. VORMIMATERJALID

Vormisegud koosnevad peamiselt kvartsliidest ja savist ning jagunevad looduslikeks vormimuldadeks ja sünteetilisesteks segudeks. Loodusliku vormimullana kasutatakse vastava teralisusega savist liiva, mis ei nõua täiendavat töötlemist, sünteetilised segud koostatakse aga kvartsliidest ja vormisavist. Sünteetilistel segudel on suurem gaasiläbitavus ja ühtlasemad füüsikalise-mehaanilised omadused kui looduslikel vormimuldadel, millel savisisaldus ja liiva teralisus suuresti muutuvad. Sünteetilises segus peavad saviosakesed liivatera katma ühtlaselt, et tagada segu maksimaalne tugevus minimaalse savisisalduse juures. Savi ühtlasemaks jaotamiseks tuleb teda kuivatada, jahvatada ning alles siis kvartsliidest segada. Kuivatada tuleb spetsiaal-ahjudes, et vältida ülekuumutamist. Ülekuumenenud, «põlenud» savi kaotab oma siduvuse ja on vormisegus ballastiks. Savi kuivatamiseks kasutatakse peamiselt pöörlevaid, vastuvoolu põhimõttel töötavaid trummelahjusid ja kuivatuspõliite. Viimaste puhul esineb aga savi ülekuumutamine, mistõttu nende kasutamisest tuleb loobuda ja üle minna kas trummelahjudele või saviemulsiooni kasutamisele. Saviemulsiooni valmistamiseks võib rakendada erilisi savinõude tööstuses kasutatavaid segajaid, kuid rahuldavaid tulemusi annavad ka lihtsad labidas-segajad. Saviemulsiooni kasutamisel saadakse ühtlasem segu paremate füüsikalise-mehaaniliste omadustega.

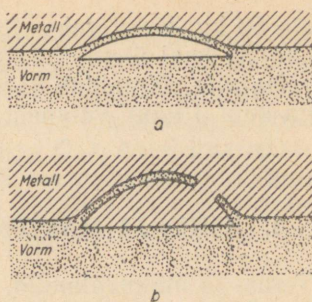
Viimasel ajal on muutunud ka vormiliivadele esitatavad nõuded. Varem loeti paremaks ühtlase teralisusega liiva; näiteis NSV Liidu standardi ГОСТ 2138—51 järgi loetakse liiv kõlblikuks, kui kolmele kõrvutiolevale sõelale ei jää vähem kui alla 70% liivast, näit. K 30/50, K 40/70, K 50/100, K 70/140. Nendel liivadel on suur gaasiläbitavus, kuid vormi

rebimise tõttu põhjustavad nad praaki. Selle vältimiseks on hakatud kasutama laialipillatud teralisusega liiva, mille terad jagunevad enam-vähem ühtlaselt 5–6 sõelale, või kahest kontsentreeritud teralisusega liivast, näit. 40/70 ja 70/140 koostatud segu. Nende liivade kasutamisel ei esine rebimisi, vormisegudel on suurem märg- ja kuivtugevus, vormi varisemine on väiksem ning valandi pind tuleb siledam.

Vormi rebimine on tingitud vormisegu ebähtlasest paisumisest vormi kuumenemisel, iseäranis 575°C juures, kui kvartsi α -modifikatsioon läheb üle β -modifikatsiooniks.

Kontsentreeritud teralisusega vormisegukihi, mis kokku puutub sulametalliga, toimub see üleminek järsku ja varem kui alumistel vormikihtidel. Et pealiskihi paisumine on takistatud, rebib ta end alumisest kihist lahti ja kummib üles (joon. 22, a). Õhukesse segukihti tekivad praod, sulametall tungib ülemise ja alumise kihi vahele (joon. 22, b) ning tekibki rebimisnähtus ja praakvaland. Laialipillatud teralisusega liivade paisumine toimub palju ühtlasemalt, sest väiksemates terades toimuvad struktuurilised muudatused kiiremini kui jämedates terades. Kõige sagedamini esineb rebimisi suurepinnalistel valanditel. Rebimiste vältimiseks lisatakse vormisegudesse kas kivisütt, puidujahu või kuni 1% tärklis sisaldavat sideainet. Need lisandid ei vähenda üksnes rebimist, vaid malmvalu puhul ka külgepõlemist. USA-s kasutatakse kivisöe asemel jahvatatud kivisöepigi sulamistemperatuuriga üle 120°C . Loetakse, et pigi vähendab paremini külgepõlemist kui kivisüsi. Võrdsete tulemuste saamiseks tuleb lisada kas 1–2% pigi või siis 5–6% kivisütt. Niisugused segud on vähemuhutatavad kuuma metalli poolt ja vähendavad valupraaki (13).

Samuti on märgata üleminekut ühtse vormisegu ja peenemate liivade kasutamisele. Ühtne segu lihtsustab segude valmistamise ja vormimise mehhaniseerimist ning tagab vormi kõrgema kvaliteedi. Peenemad liivad annavad valandile siledama pinna. Tsehvides, milledes valandite kaal ei



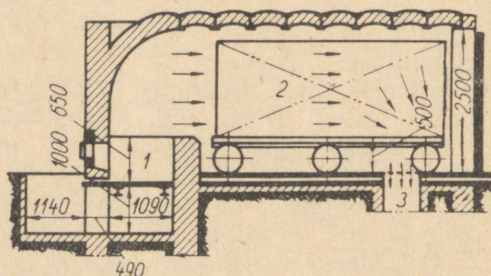
Joon. 22. Rebimisnähtuse tekkimise skeem:

a — kuumenenud kihi üleskummimine, b — metalli tungimine tekkinud õõnesse.

ületa 50 kg, kasutatakse liiva teralisusega 70/140, kui aga valandite kaal ületab 50 kg, kasutatakse liiva teralisusega 50/100, mis võimaldab ka suurte ja raskete valandite, kaaluga kuni 3 tonni valamist.

4. KUIV- JA MÄRGVORMIDE KASUTAMISEST

Teras- ja malmvalandid, kaaluga kuni 5 tonni, valatakse märgadesse või pindkuivatatud vormidesse. Eesti NSV valutsehhiides kasutatakse aga kuivvorme juba valandite

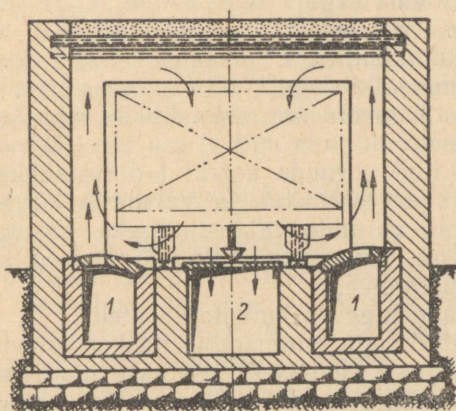


Joonis 23. Retsirkulatsioonita kamberahi.

korral kaaluga 100 kg, mis näitab suurt mahajäämist kaasaja valutehnoloogiast. Kuivvormide korral pikeneb tootmistsükkel, deformeeruvad vormkastid, tootmispinda kasutatakse ebatootlikult ja esineb suur kütusekulu. Kaasaegsetes parandatud konstruktsiooniga kuivatusahjudes on kütusekulu ühe tonni valu kohta vormide ja kärnide kuivatamisel 1,5 korda suurem kui ühe tonni terase sulatamiseks ja 2 korda suurem kui ühe tonni malmi sulatamiseks vabrikus. Seepärast on olulise tähtsusega kuivatusahjude konstruktsiooni ja kasuteguri parandamine ning maksimaalne märg- ja pindkuivatatud vormide kasutamine.

Harilikes kuivatites (joon. 23) ei esine nimetamisväärset gaaside retsirkulatsiooni. Gaasid tungivad küttekoldest 1 kuivatuskambrisse 2, annavad seal osa oma soojusest vormidele ning väljuvad suitsukanali 3 kaudu korstnasse. Nii-ugustes kuivatites esineb suur temperatuuride vahe, kuivati kasutegur on väike ning ühes tsoonis vormid põlevad ära, teises aga jäävad märjaks. Parandatud konstruktsioo-

niga ahjudes (joon. 24) esineb gaaside loomulik retsirkulatsioon —, see tähendab, et kuumade gaasidega (tähistame nende hulga Q_1), mis tungivad kuivatuskambris küttekoldest, segunevad kuivatuskambris olevad madalatemperatuurilised gaasid (tähistame nende hulga Q_2). Need gaasid viivad küttekoldest saabuvate gaaside temperatuuri alla, kuumenedes seejuures ise. Kuumad gaasid tõusevad kambri seina ja vormide vahelt üles, annavad oma soojust vormi-



Joon. 24. Loomuliku retsirkulatsiooniga kamberahi.

dele, muutuvad raskemaks ja langevad alla. Osa nendest gaasidest satub keskmisesse kanalisse 2 ja sealt korstnasse, teine osa imetakse aga kuumade gaasidega kaasa. Suhet $\frac{Q_2}{Q_1}$ nimetatakse gaaside ringlusastmeks. Mida suurem on gaaside ringlusaste, seda otstarbekohasem on kuivati konstruktsioon. Praegu kasutatakse valutsehvides kuivateid ringlusastmega 2 kuni 15. Ringlusastme 15 juures ei ületa maksimaalne temperatuuride vahe kuivatis 20°C , kuivatitel on parem kasutegur ning nad tagavad vormide ühtlase kuivatamise.

Märgvormidele üleminek nõuab kõrgemate füüsikalismehaaniliste omadustega vormisegusid, mida on võimalik saavutada, loobudes Pirita liiva ja telliste savi kasutamisest. Kõlblikudeks valuliivadeks Eesti NSV-s on Piusa klaasiliivad, teralisusega 70/140 ja 140/70, ning Eesti NSV

Kohaliku ja Põlevkivi-Keemiatööstuse Ministeeriumi Projekteerimise ja Teadusliku Uurimise Instituudi poolt uuritud Männiku liivad, teralisusega 50/100. Vormisavideks kõlbavad Petseri ja Põlva tulekindlad savid, kuid senini pole nende tootmist organiseeritud, mistõttu tuleb ajutiselt kasutada sisseveetavaid Tšasov-Jari või Kudinovi savisid.

Eriti viimastel aastatel on NSV Liidus ja Lääne-Euroopas levinud pindkuivatatud vormide kasutamine. Vormisid pindkuivatatakse:

- 1) põlevate värvidega,
- 2) gaasi või petrooleumi leeklambiga,
- 3) liikuvate kuivatitega,
- 4) infrapunaste kiirtega,
- 5) erilistes kamber- või meetoodilistes ahjudes,
- 6) keemiliselt.

Pindkuivatatud vormide korral tootmistsükkel ei katke, on tagatud suur tootlikkus ja valandite kõrge kvaliteet. Pindkuivatatud vormide valmistamiseks kasutatakse erilist mudelisegu, millele esitatakse järgmised põhinõuded:

- 1) kiire kuivamine,
- 2) küllaldane tugevus kuivatatud olekus,
- 3) kuivatatud segu minimaalne niiskuseimavus.

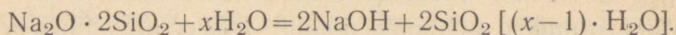
Nende omaduste saamiseks lisatakse mudelisegule sideainena vesiklaasi, sideaineid ЦП ja СБ, estolakki, kukersooli jne.

Vesiklaas on vees lahustuv naatriumsilikaat ning seda iseloomustavad moodul m

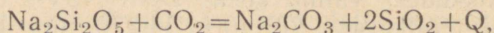
$$m = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \cdot 1,032$$

ja erikaal, mis näitab vesiklaasi kontsentratsiooni vesilahuses. Vesiklaasile mooduliga 2 vastab keemiline ühend $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$. Mooduli suurenemisega kasvab ka vaba ränidioksüüdi hulk vesiklaasis.

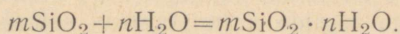
Õhu käes seistes vesiklaas kivineb, kuna toimub naatrium- või kaaliumsilikaadi hüdroolüüs ja vee sidumine ränidioksüüdi poolt:



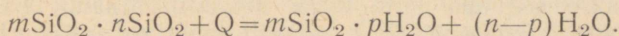
Vesiklaas kivineb eriti kiiresti vaba süsinikdioksüüdi juuresolekul:



kusjuures reaktsioon kulgeb eksotermiliselt. Tekkinud vaba ränidioksüüd seob vett ja kivineb:



Ränidioksüüd võib siduda vett mitmesugusel hulgal, tekitades ühendeid $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Mida vähem ränidioksüüd seob vett, seda tugevam on tekkinud film. Kõige tugevama filmi annab ühend $2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, mis sisaldab vett ca 13%. Et vesiklaasi lagunemisel tekkinud soojusest liigse vee aurustamiseks ei jätku, seob süsihappegaasiga läbipuhumisel ränidioksüüd palju vett, mistõttu kuivtugevus väheneb. Kuivatades vesiklaasiga segusid kuumade gaasidega, annab ränidioksüüd osa seotud veest ära ja film muutub tugevamaks



ГОСТ 962-41 ja ГОСТ 4419-48 järgi võib vesiklaasi moodul kõikuda piirides 2,2—3. Kõrge mooduliga vesiklaasigudel on rida olulisi puudusi — segud kõvenevad (kivinevad) õhu käes kiiresti, mistõttu nende kasutamise iga on lühike, ning annavad võrdlemisi väikese tugevusega ja murenevad vormid. Selle vältimiseks viiakse vaba ränidioksüüd seebikivi lisamisega aktiivsesse olekusse, vähendades vesiklaasi moodulit. Vormide ja kärnade valmistamiseks kasutatakse suuremalt osalt vesiklaasi mooduliga 2,2—2,3. Seebikivi hulk, mida tuleb lisada vesiklaasi mooduli alandamiseks kuni 2,2—2,3, on toodud tabelis 1.

Tabel 1.

Vesiklaasi moodul	Seebikivi hulk kilogrammides 100 kg vesiklaasi kohta
3,0	6,1
2,9	5,4
2,8	4,7
2,7	4,0
2,6	3,3
2,5	2,55
2,4	1,75

Seebikivi viiakse vesiklaasi 30—42% seebikivilahusena vees. Seebikivi vesilahuse valmistamisel ja selle lisamisel vesiklaasi tuleb kasutada kaitseprille ja kummikindaid.

Vesiklaasiga segude valmistamisel segatakse üksikud komponendid alltoodud järjekorras: kvartslüiv, põlenud segu, jahvatatud savi, seebikivilahus, vesiklaas.

Liiv, põlenud segu ja savi segatakse 2—3 minuti jooksul, lisatakse siis seebikivilahus ning segatakse veel 3—4 minutit.

Seejärel valatakse juurde tarvisminev hulk vesiklaasi (moodul 2,2—2,3) ja jätkatakse segamist 8—12 minutit. Kui segada kauem, hakkab vesiklaas lagunema ning vormi kuivtugevus langeb. Vähene segamine põhjustab segu kleepumist mudelitele ja raskendab vormimist. Vesiklaasiga segudel on üldse suur kleepuvus ning selle vähendamiseks lisatakse segudele kuni 0,5% masuuti. Masuut lisatakse segudele viimasena, 5—8 minutit enne segamise lõpetamist. Külgekleepumist on võimalik vältida ka mudelite katmise teel nitrolakiga 624A või 624C. Kõige paremaid tulemusi annab nitroemail HMЭ-25. Lakkide puudumisel võib mudelid sisse hõõruda petrooleumis niisutatud hõbegrafiidiga.

Vesiklaasi (moodul 2,2—2,3) lisatakse segule 6—7% ja kümneprotsendilist seebikivilahust 0,5—1,5%. Mida rohkem lisada 10—15%-list seebikivilahust, seda suurem on segude kasutamise iga ja kuivtugevus, kuid väiksem märgtugevus. Praktika näitab, et kui vormisegu peab säilitama oma omadused 48 tunni jooksul, tuleb kasutada vesiklaasi mooduliga 2,3—2,5, lisades segule 1—1,5% kümne- kuni kahekümneprotsendilist seebikivilahust. Öhu käes kuivavate vormide valmistamiseks on otstarbekohane kasutada vesiklaasi mooduliga 2,8—3,0, lisades segule 1% kahekümne- kuni kolmekümneprotsendilist seebikivilahust.

Vesiklaasi erikaal peab igal juhul olema 1,45—1,51. Vesiklaasiga vormisegudest valmistatud vormid pindkuivatatakse kas liikuvates kuivatites või siis leeklampide abil. Võib kasutada ka keemilist kuivatamist (kõvendamist) vormi läbipuhumise teel süsihappegaasiga, kuid sel korral saadakse väiksem pinnatugevus kui kuumade gaasidega kuivatades.

Vesiklaasiga segud oma väiksema soojusejuhtivuse tõttu, võrreldes harilike vormisegudega, võimaldavad vähendada valupeade kaalu (30—40% võrra) ja töötlemisvarusid ning

tõsta valandite täpsust. NSV Liidu tehastes on vesiklaasiga vormisegude kasutamise tulemusena õnnestunud vähendada 20-tonnistel terasvalanditel töötlemisvarusid 15%-lt kuni 3%-le [14].

Pärast pindkuivatamist tuleb vormid valada 4—6 tunni jooksul, sest vesiklaasiga segudel on üsna suur niiskuseimavus ja pärast pikemaajalist seismist tungib niiskus täitesegust kuivatatud kihti.

Pindkuivatatud vormide valmistamiseks kasutatakse ka põlevkiviõli ja oksüdeeritud petrolaatumi emulsioone sulfiitleelises. Nende sideainete kasutamisel on kuivatatud vormipinna mehaanilised omadused halvemad kui vesiklaasiga segudel, mistõttu neid tarvitatakse ainult väiksemate valandite vormimisel. Eriti häid tulemusi, nagu näitavad laboratoorsed katsed, annab põlevkiviõli formaldehüüdvaigu — estolaki kasutamine. Estolaki emulsiooniga segudel on kõrged mehaanilised näitajad ja väiksem niiskuseimavus kui vesiklaasiga segudel.

5. KÄRNI SIDEAINED

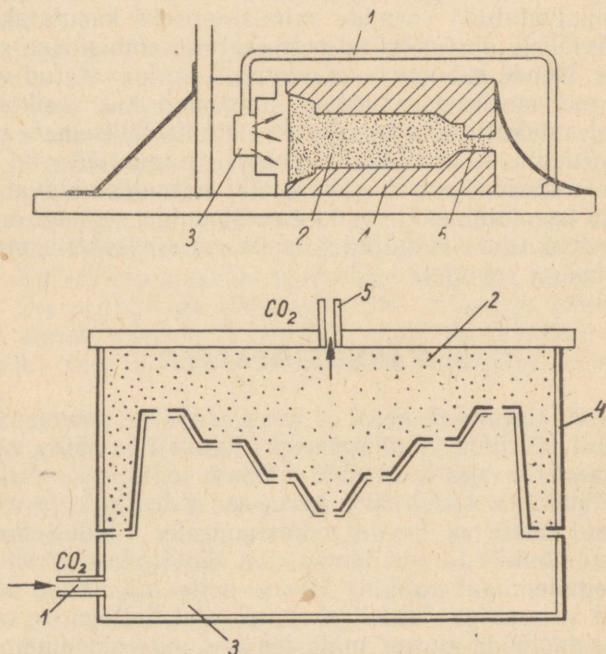
Valandi sisemised õõned ja avad saadakse peamiselt kärnide abil. Kärnide valmistamiseks kulub 20—35%, valandi puhastamiseks aga kuni 35% valandi tootmiseks kuluvast ajast. Viimasest kulub 80% kärni eemaldamisele ja valandi sisemiste õõnte ja avade puhastamisele. Toodud andmed näitavad, kuivõrd suur tähtsus on tööviljakusest lähtudes kärnisegude õigel valikul. Peale selle mõjutavad kärnid otseselt valandi kvaliteeti ja valupraaki. Sellega on seletav uurimistööde ulatus, mida tehakse uute sideainete leidmiseks, ja välismaal patentide rohkus, mida igal aastal võetakse ikka uute ja uute sideainete peale.

Kärni sideainetena kasutatakse NSV Liidus praegu peamiselt sulfiitleelist, sideaineid 4ГУ, П, КТ, КД, КВ, ГТФ, СП, СБ, БК, МФ-17, dekstriini, piiratud hulgal linaseemneõli, värnitsat. Viimasel ajal on eriti laialdaselt hakatud kasutama vesiklaasi. Välismaal on turule ilmunud terve rida sideaineid, mille põhiliseks koostisosaks on vesiklaas. Vesiklaasi laialdane levik on tingitud järgmistest asjaoludest:

1. Terasvalu puhul põlevad vesiklaasiga kärnid vähem külge kui teiste sideainetega valmistatud kärnid.

2. Süsihappegaasiga läbi puhudes langeb ära kärnide kuivatamine ning lüheneb kärnide valmistamise tsükkel.

3. Vesiklaasiga kärnisegud eraldavad valamisel mitu korda vähem tervisele kahjulikke gaase kui teiste sideainetega valmistatud segud, mis võimaldab parandada valamisehhiide töötingimusi. Nii näiteks kasvas Tšeljabinski Transpordi Masinaehitustehases vesiklaasiga segudest val-

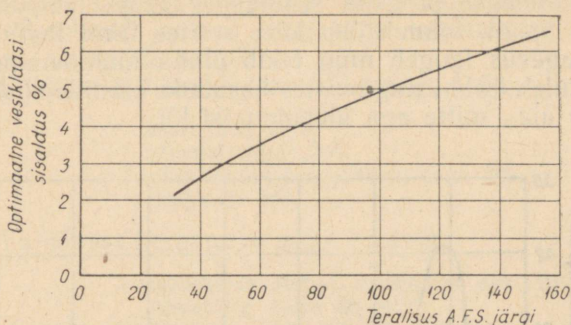


Joon. 25. Kärnide läbipuhumise skeemid süsihappegaasiga:

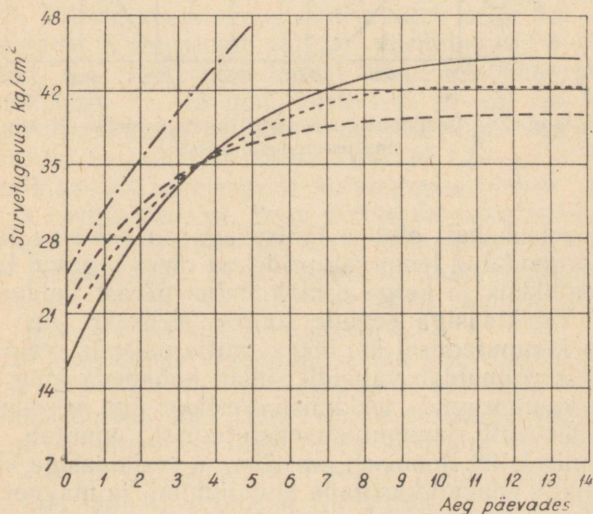
1 — toru, 2 — kärn, 3 — kamber, 4 — kärnkast, 5 — ventilatsiooniaava.

mistatud kärnide süsihappegaasiga läbipuhumisel tööviljakus üle 25%, peale selle saavutas tehas suurt säästu kütuse kokkuhoiu arvel. Selles tehases valmistatakse 98% kärnidest süsinikteraste valamisel vesiklaasiga segudest.

Süsihappegaasiga läbipuhumisel võib kasutada nii puitkui ka alumiiniumkärnkaste. Süsihappegaas puhutakse läbi kärni 10—30 sekundi jooksul 1,4—3 at surve all. Süsihappegaasiga kõvendatud kärnidel on suurem gaasiläbita-



Joon. 26. Vajalik vesiklaasisisaldus olenevalt liiva teralisusest.

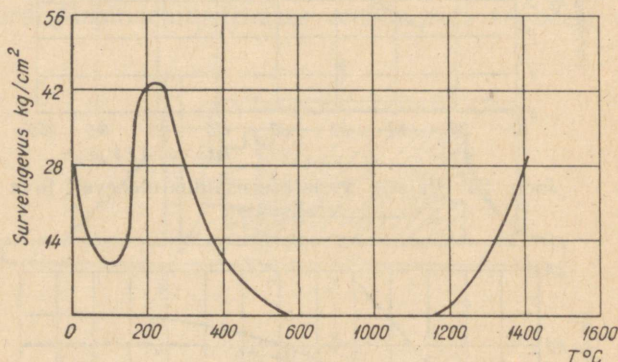


Joon. 27. Vesiklaasiga segude kõvenemine õhu käes pärast süsihappegaasiga läbipuhumist.

vus ja väiksem gaasitekitavus kui õlikärnidel. Kärnide läbipuhumise skeemid süsihappegaasiga on toodud joonisel 25.

Süsihappegaasiga kõvendades saame kärnide maksimaalse tugevuse ainult vesiklaasi kindla hulga juures. See optimaalne vesiklaasisisaldus on liiva teralisusest vastavalt joonisele 26. Pärast süsihappegaasiga läbipuhumist kõveneb kärn edasi õhus leiduva CO_2 tõttu (joon. 27). Kui

aga kõvenemise protsess süsihappegaasiga läbipuhumisel viiakse lõpuni, toimub õhu käes seistes filmi lagunemine, kärni tugevus langeb ning tekib pinna murenemine. Seejärel tuleb tsehhi tingimustes kasutada kärnide süsihappegaasiga ala-, mitte aga ülepuhumist [3].



Joon. 28. Vesiklaasiga segude tugevus olenevalt kuumutustemperatuurist.

Valu seisukohalt olulise tähtsusega on sideaine lagunemine kõrgendatud temperatuuridel, et oleks tagatud kärnide järeleandlikkus ja kerge eemaldamine pärast valandi jahutamist. Vesiklaasiga segude suureks eeliseks on nende omadus kuumutamisel üle 550°C mitte paisuda, vaid kahaneda, mis võimaldab valandil vabalt kahaneda ning väldib sellega kuumpragude tekkimist. Vesiklaasiga segude tugevus, olenevalt kuumutustemperatuurist, muutub vastavalt joonisele 28. Jooniselt on näha, et vesiklaasiga segusid on võimalik edukalt kasutada alumiiniumi- ja magneesiumisulamite ning terase valamisel. Malmvalu puhul on kärnid pärast valu kõvad ja tuleb võtta tarvitusele rida abinõusid kärni tugevuse vähendamiseks. Selleks lisatakse vesiklaasiga segudele puidujahu, orgaanilisi sideaineid, bituume jne.

Malmi jaoks võib soovitada järgmist vesiklaasiga segu [15]:

kvartsi liiva	100	kaaluosa,
bituume nit	kuni 1	„
vesiklaasi	4	„

Süsihappegaasiga läbipuhumisel (rõhul 1,3 atü) kõveneb segu 20 sekundi jooksul ning seda kasutatakse kuni 2,5-tonniste valandite puhul.

Rahuldavaid tulemusi annab ka segu [16]:

kvartsliaiva 69%,
põlenud segu 23%,
väljalöömist kergendavat segu 3%,
vesiklaasi 5%.

Väljalöömist kergendav segu koosneb:

peeneksjahvatatud tulekindlat savi 10%,
jahvatatud koksi 30—45%,
jahvatatud kivisütt 60—43%.

Süsihappegaasiga kõvendamisel on soovitatav kasutada vesiklaasi mooduliga 2,5—2,8 ja erikaaluga 1,42—1,52 g/cm³. Pärast vesiklaasi lisamist tuleb segu 1,5—2 minutit segada. Valmissegude säilitab vormitavuse 8—10 tunni jooksul. Suurte kärnide korral tehakse kärnmarki pisted läbimõõduga 10—15 mm, üksteisest 10—20 cm kaugusel. Pärast kõvendamist pritsitakse kärnid tugevama pealiskihi saamiseks vesiklaasilahusega (erikaal 1,3—1,35) üle.

Vesiklaasiga kärnisegude kuivtugevus oleneb põhiliselt vee- ja savisisaldusest. Segu üldine veesisaldus ei tohi ületada 4,5%. Veesisaldus üle 4,5% põhjustab kärnide ja vormide pragunemist, mõjub halvasti sooda eraldumisele ja soodustab gaasitühimikkude tekkimist. Sellest lähtudes ei tohi lähteliiva niiskus ületada 0,5%.

Savi absorbeerib vesiklaasi ja takistab ühtlase filmi tekkimist liivaterade ümber. Seepärast ei tohi segu üldine savisisaldus ületada 3%. Tähtis on ka vesiklaasi puhtus. Mida vähem on selles lisandeid, seda kiiremini ta kuivab ja seda suurem on segu kuivtugevus. Seepärast on soovitatav enne tarvitamist vesiklaasi filtreerida.

Põlenud vesiklaasiga segusid võib lisada kvartsliaivale ainult juhul, kui viimase Na₂O-sisaldus on alla 5%. Kui Na₂O-sisaldus tõuseb 5%-ni või üle selle, tekib külgepõlemine.

Vesiklaasi kulu tonni kõlbliku valu kohta on 35—42 kg, süsihappegaasi kulu 18—20 kg. Võib lugeda, et süsihappegaasi kulu suurte kärnide puhul on keskmiselt 1%, väikeste kärnide puhul 3% kärni kaalust ja vormide puhul 0,5—0,8% vormi kaalust.

Sulfiitleelis on tselluloositööstuse kõrvalprodukt ja kaju-

tab endast sulfo-ligniiniühendite kompleksi. Sulfiitleelis, mida saadakse otseselt tselluloositööstuse jäätmena, sisaldab liiga palju vett, sellel on väike siduvus ning ta on liiga happeline. Kõlbliku sideaine saamiseks tuleb sulfiitleelist lubjaga või ammoniaagiga neutraliseerida ja aurutada, kuni erikaal tõuseb 1,27—1,3. Sulfiitleelis erikaaluga 1,27 leiab kasutamist peaaegu kõigis NSV Liidu valutsehides. Sulfiitleelis üksi ei taga küllaldast kärnide kuivtugevust ja seepärast kasutatakse teda koos teiste sideainetega. Tuntud on rida sideainete emulsioone sulfiitleelises, mis annavad praktikas häid tulemusi, nagu põlevkiviõli raske fraktsiooni emulsioon — СБ, oksüdeeritud petrolaatumi emulsioon СП, turbapigi emulsioon КТ jne.

Sideaine П — oksüdeeritud petrolaatum, lahustatud kerges petrooleumis, annab kärnisegudele kuivtugevuse $\geq 3 \frac{\text{kg/cm}^2}{1\%}$, kuid nõuab kuivatamiseks kõrgendatud temperatuuri (220—240°C) ja pikemat kuivatusaega. Nende puuduste vältimiseks lisatakse segudele kuni 1% dekstriini. Seda sideainet kasutatakse peamiselt masstoodanguga tsehides, näiteks auto-traktoritööstuses. Moskva Lihhatševini nimelises Autotehases kasutatakse kombineeritud sideainet ЗИС, mis koosneb:

naftabituumen N4	— 25%
põlevkiviõli raske fraktsioon	— 55%
kerge petrooleum	— 20%

Seda sideainet võib kasutada veevabade kärnisegude valmistamisel ning see annab suhtelise tugevuse $\geq 5 \frac{\text{kg/cm}^2}{1\%}$.

Veesisalduse juures 0,25% ja rohkem langeb kuivtugevus enam kui kolm korda. Üldiselt tuleb märkida, et kõik õlid annavad veevabade segude korral 2—3 korda suurema kuivtugevuse kui veesisalduse juures. See on tingitud õli filmi purunemisest vee auramisel.

Põlevkiviõli raske fraktsioon leiab võrdlemisi laialdast kasutamist valutsehides kärni ja vormi sideainena. «Sojuzformopeski» ins. Šatskihhi uurimuste alusel töötati generaatorõli raskest fraktsioonist välja kärni sideaine ГТФ (ГОСТ 5339-50), mis koos sulfiitleelisega tagab kärnide kuivtugevuse $\geq 3 \frac{\text{kg/cm}^2}{1\%}$. Kuid sellele sideainele omaste puuduste tõttu — eriline terav lõhn, suur gaaside

eraldumine kärnide kuivatamisel, mis kondenseeruvad korstnates ja tekitavad nende ummistamist, — loobusid paljud tehased ГТФ kasutamisest.

Tallinna Polütehnilise Instituudi uurimused näitavad, et põlevkiviõli kui sideaine omadusi on võimalik tõsta esiteks tema läbipuhumise teel 240—260° C juures õhuga ja teiseks tema kondenseerimise teel formaliiniga happelise või aluselise katalüsaatori juuresolekul. Eriti häid tulemusi annab teine meetod, kui saadud vaik emulgeerida sulfiitleelises. Põlevkiviõli formaldehüüdvaigu emulsioon võimaldab saada kärnisegusid suhtelise kuivtugevusega kuiva sideaine kohta 6—8 $\frac{\text{kg/cm}^2}{1\%}$. Kärnisegude märgtugevust on võimalik reguleerida laiades piirides nii emulsiooni viskoossuse kui ka vee- ja savisisalduse muutmisega. Emulsioon on vähetundlik termilisele režiimile ja seetõttu võib teda kasutada nii kärnide kui ka pindkuivatatud vormide valmistamiseks. Emulsiooni valmistamiseks võetakse 90—80% sulfiitleelist ja 10—20% põlevkiviõli formaldehüüdvaiku. Emulsiooni valmistamine toimub järgmiselt. Aurusärgiga labidas-segajas (joon. 29) soojendatakse sulfiitleelist kuni 80° C. Põlevkiviõli formaldehüüdvaik soojendatakse kuni 100—120° C. Segaja, mis teeb 300 pööret minutis, käivitatakse, valatakse vähehaaval sisse vaik ja jätkatakse segamist 30—60 minuti jooksul, kuni peenikese ühtlase emulsiooni saamiseni. Emulsiooni omahind on ca 650—800 rbl./tonn. Näiteks emulsiooniga kärnisegu, mis koosneb:

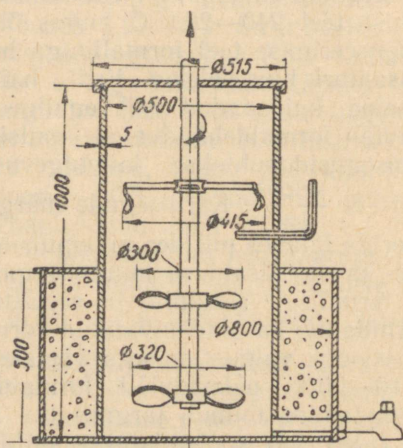
liiv K 70/140	89,5%
savi	3%,
vesi	3%,
10% põlevkiviõli formaldehüüdvaigu emulsioon sulfiitleelises	4,5%,

annab pärast 35-minutilist kuivatamist temperatuuril 200—240° C proovikehad tõmbetugevusega 18—20 kg/cm².

See sideaine väärib suurimat tähelepanu, ja võib loota, et oma heade tehnoloogiliste omaduste poolest lähemas tulevikus ta tõrjub välja terve rea teisi sideaineid.

Kärnide kuivatamises on märgata viimasel ajal üleminekut dielektrilisele või kõrgsageduskuivatusele. Kasutatakse ahjusid sagedusega 10—60 MHz, mis asetatakse iga töökoha juurde. Liikuv lint kannab märja kärni läbi kõrgsagedusahju, kus see kuivab 1—2 minuti jooksul. Kuivamis-

protsess algab kärni seest ja kulgeb pinnale. Sideainena on kõlblikud vees lahustuvad ained ja mitmed kunstlikud vaigud. Sideaine kulu ei ületa 1—2% ning kärnid saadakse



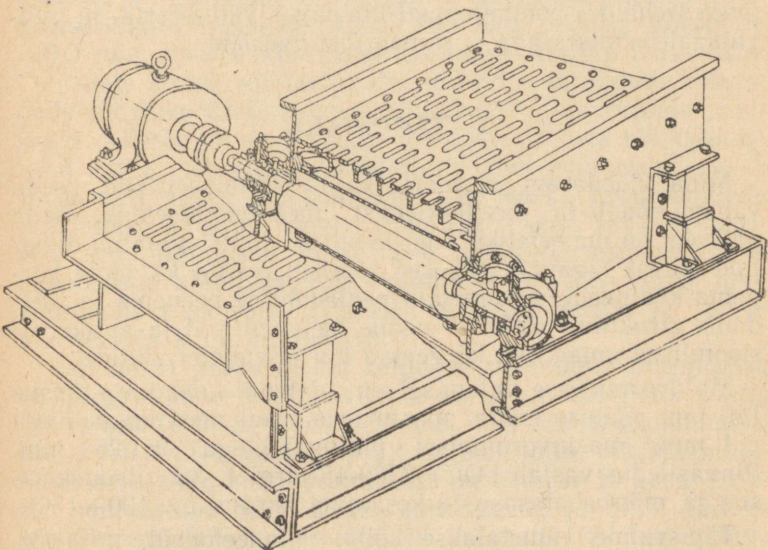
Joon. 29. Aurusärgiga labidas-segaja.

suurema kuivtugevusega kui harilikkudes ahjudes kuivatades. Energia kulu ühe tonni kärnide kuivatamiseks on 80 kWh. Meetod on väga perspektiivne ja koos liivapuhumise masinatega võib täielikult muuta kärnide valmistamise tehnoloogiat [17].

6. VALU VÄLJALÖÖMINE JA PUHASTAMINE

Ühes vormisegude transpordi mehaniseerimisega tuleb mehaniseerida ka valu väljalöömine ja puhastamine. Valu väljalöömiseks on otstarbekohane kasutada mehaanilisi reste. Pneumaatilised vibratsioon- ja raputusrestid nõuavad palju suruõhku ning on väiksema tootlikkusega, mistõttu nende ekspluatatsioon on kallis. Mehaanilistel restidel on ekstsentriline võll, mis toetub laagrite abil raamile ning on kinnitatud resti külge (joon. 30). Võlli pöörlemisel hakkab elastselt vedrude või kumppuhvrite abil raamile kinnitatud rest võnkuma ning raputab segu kastist välja.

Suurte gabariitmõõdetega valandite väljalöömiseks ühendatakse 2 kuni 4 resti ühiseks sektsiooniks. Nende restide puuduseks on laagrite kiire kulumine. Raskemate valandite väljalöömiseks kasutatakse inertsioonreste, mis on võimsate vedrude abil elastselt seotud raamiga. Restile kinnitatakse kas disbalansseeritud elektrimootor või võlli. Võlli pöörlemisel hakkab rest võnkuma ning raputab segu restile asetatud kastidest välja.



Joon. 30. Mehaaniline rest valu väljalöömiseks.

Väikeste valandite puhastamiseks on kõige otstarbekam kasutada puhastustrumleid, keskmiste valandite puhastamiseks — haavliheitelaudu ja raskete valandite puhastamiseks — haavliheitetekambreid. Haavliheitja tööorganiks on turbiin, mille rootor teeb 1100—1200 pöret minutis ja annab haavlitele kiiruse 75—85 m/sek. Turbiini võimsus on normaalselt 80—140 kg haavleid minutis. Haavlikulu on 5—9 kg tonni kõlbliku valu kohta.

Lähemas tulevikus tuleks täielikult loobuda liivapritside kasutamisest, sest nad tekitavad palju tervisele kahjulikku kvartstolmu, mille vastu võidelda on raske ka kõige parema

ventilatsiooniga. See puudus esineb haavliheitjate juures vähemal määral ja puudub täielikult liiv-hüdraulilisel puhastamisel. Liiv-hüdrauliline puhastamine toimub 100—120 at veejoaga, milles leidub liiva teralisusega 30/50. Veejoaga uhutakse välja ka kärnid ja puhastatakse valandi õõned. Liiv-hüdrauliline puhastus on suure tootlikkusega, annab puhta valandi pinna ja võimaldab vormiliiva regenereerida. Puudusteks on aga suur veekulu ning tarvidus suurte sadestusbasseinide ja võimsate pumpade järele.

Valukraatide eemaldamiseks kasutatakse masstoodangu tsehhides poolautomaat-lihvpinke, väikeseria- ja individuaaltootmises aga pneumaatilisi meisleid.

7. TÄPISVALU

Mida lähedasem on toorik kujult valmisdetailile, seda vähem nõuab ta järeltöötlemist mehaanikatsehhis, seda väiksem on materjalikulu ja detaili omahind. Valatud detailide korral tagavad väikesed töötlemisvarud ka toote kõrgema kvaliteedi, sest metalli pealiskihide peenema ja tihedama struktuuri tõttu on nende mehaanilised ja antikorroosioonilised omadused kõrgemad kui sisemistel kihtidel.

Muldvormidesse valamisel on valandi saadav täpsus 100 mm pikkuse kohta: masinvormimisel metallmudelitega ± 1 mm, masinvormimisel puitmudelitega $\pm 1,25$ mm. Pinnasiledus vastab ГOCT 2789-45 järgi 1.—2. siledusklassile ja mikroebatasuste keskmine kõrgus on 100—150 μ .

Täpisvaluks nimetatakse kõiki valumeetodeid, mis võimaldavad saada 100 mm pikkuse kohta täpsusi alla $\pm 0,5$ mm. Lähtudes sellest seisukohast, kuuluvad täpisvalu hulka järgmised valumeetodid:

- 1) valu metallvormidesse (kokillvalu),
- 2) valu väljasulatavate mudelite abil,
- 3) koorikvalu,
- 4) valu klaasvormidesse,
- 5) survevalu,
- 6) valu kärnidesse.

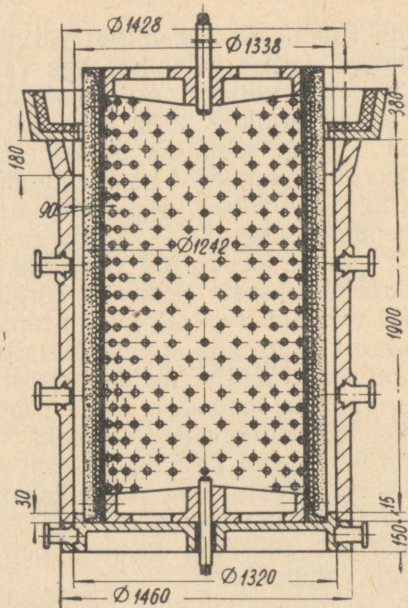
Alljärgnevalt käsitleme nelja esimest, millel Eesti NSV oludes on suurim tähtsus.

A. Valu metall- ehk alalistesse vormidesse

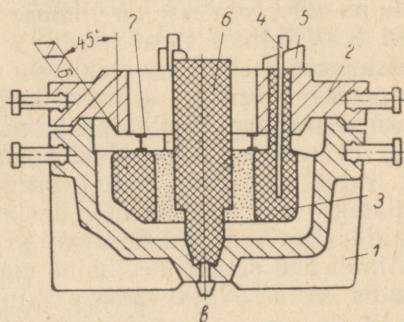
Seda meetodit kasutatakse peamiselt värviliste metallide ja malmi valamisel, terase valamisel aga vähem, sest viimasel korral riknevad vormid võrdlemisi kiiresti. Sula-metall jahtub metallvormides palju kiiremini kui muldvormides. Valatud detailid saadakse peeneteralise struktuuri ja kõrgete mehaaniliste omadustega. Nende pinnad on puhad ja siledad, mis võimaldab jätta väiksemaid töötlemisvarusid ja vähendada seega 1,5—2 korda mehaanilise töötlemise mahtu. Detailide täpsus 100 mm pikkuse kohta on $\pm 0,5$ mm, mikroebatasuste keskmine kõrgus 2,54—3,2 μ . Terasvalu korral võimaldab detaili kiirem tardumine vähendada mitmekordselt valupeade mahtu. Metallvormide põhiliseks eeliseks on see, et nad võimaldavad tõsta tööviljakust 2—5 korda, suurendada toodangut ühelt ruutmee-trilt 4—6 korda ning vähendada tunduvalt valupraaki. Vormimuldade puudumise tõttu paranevad tunduvalt tsehhi sanitaar-hügieenilised tingimused. Peale selle võimaldab metallvormide kasutamine alandada valu omahinda 10—25% ning ilma suuremate raskusteta täielikult mehhaniseerida ja automatiseerida kogu valuprotsessi.

Eeltoodust peaks olema selge, et valu metallvormidesse on progressiivne tootmisviis ja sellel on etendada tähtis osa nende ülesannete lahendamisel, mis NSVL Kommunistliku Partei XX kongressi poolt on püstitatud masinaehitustööstusele. Valu metallvormidesse on viimase 10 aasta jooksul suurenenud NSV Liidus mitu korda ja NSV Liit on metallvormidesse valu mahu ja valandite nomenklatuuri mitmekesisuse poolest maailmas esimesel kohal. Meil valatakse metallvormidesse väga laialdaselt ka malmi ja terast. Näiteks Sumski Frunze-nimelises Masinaehitustehases on 15—20% kogu valust viidud üle metallvormidesse. Metallvormidesse valatakse nii värvilisi metalle kui ka malmi, kusjuures detailide kaal on mõnestsajast grammist kuni 6—8 tonnini. Ainult ühe detaili üleviimine muldvormimiselt metallvormi andis aastas 30 000 rubla säästu [18]. Joonisel 31 on toodud näitena kaks tehases kasutatavat alalist vormi.

Kirovi 1. Mai-nimelises Masinaehitustehases kasutatakse metallvorme värviliste metallide, malmi ja terase valamiseks. Kogu terasvalust valatakse metallvormidesse 55%, mis võimaldas 1954. a. ainuüksi töötlemisvarude vähendamise tõttu säästa 50 tonni metalli, vähendada mehaanilise



a

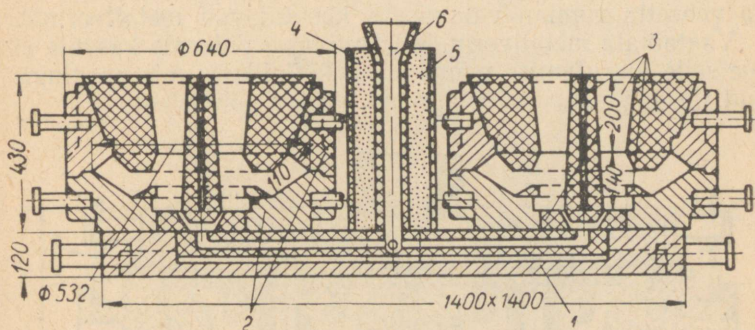


b

Joon. 31. Alalised vormid:

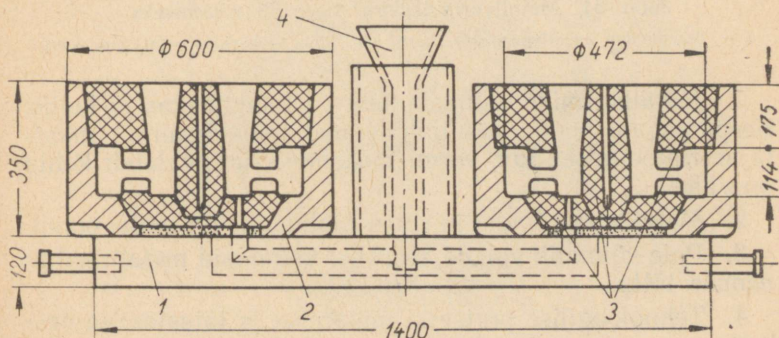
- a — kompressori hülsi valamiseks,
 b — silindri pea valamiseks.
 1, 2 — kokilli alumine ja ülemine osa,
 3, 6 — kärnid, 4 — ventilatsioonitoru,
 5 — kiil, 7 — kärnitoed.

töötlemise mahtu 25—30% võrra ja tõsta tööviljakust 4—5 korda [19]. Joonistel 32 ja 33 on toodud tehases kasutatavad metallvormid kooniliste ja silindriliste malmhammasratate valamiseks.



Joon. 32. Metallvorm koonilise hammasratta valamiseks:

1 — alusplaat, 2 — metallvorm, 3 — kärnid, 4 — metallkest, 5 — liiv, 6 — püstkanal.



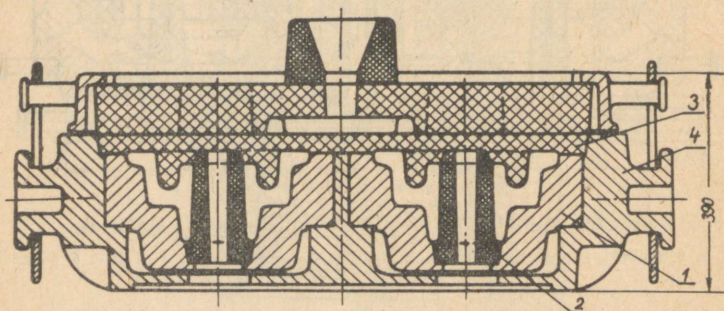
Joon. 33. Metallvorm silindrilise hammasratta valamiseks:

1 — alusplaat, 2 — metallvorm, 3 — kärnid, 4 — püstkanal.

Uus-Kramatorski Stalini-nimelises tehases, Mišurini Lenini-nimelises tehases ja tehases «Dnjepromet» valatakse märgade kärnidega metallvormidesse keedupotte ilma pinna valgenemiseta. Seda saavutati malmi keemilise koostise, valamistehnoloogilise režiimi ja vormi konstruktsiooni õige valiku ning vastava kaitsekihi kasutamise tulemusena [18].

Tšeljabinski Traktoritehases võimaldas traktori C-80 kahe detaili — alumise tugirulli ja veoratta rummu — üleviimine stantsimiselt kokillvalule säästa iga traktori kohta terast 473 kg ja vähendada töömahukust 3,2 normtunni võrra [20]. Joonistel 34 ja 35 on toodud alumise tugirulli ja veoratta rummu valamiseks kasutatavad metallvormid.

Vaatamata metallvormide kasutamise pidevale kasvule ei ole selle juurutamise tempo siiski küllaldane, mis on tingitud järgmistest tehnilis-majanduslikest põhjustest:



Joon. 34. Metallvorm traktori tugirulli valamiseks:

1 — sissepandav metallvorm, 2 — kärn, 3 — ülemine kärn, 4 — alumine kast.

1. Metallvormide valmistamine on töömahukas ja kallis. Seepärast on nende kasutamine majanduslik ainult mass- ja seeriatootmisel, kus vormi maksumus ühe valandi kohta on väike.

2. Metallvormi väike püsivus malm- ja terasvalu puhul.

3. Pole võimalik valada keerulisi valandeid metalli kahanemise tõttu.

4. Tehnoloogilise protsessi muutmise ja täiustamise raskus.

5. Metallvormidesse valamine nõuab pikaajalist juurutamist ja juurutamise perioodil esineb rohkem praaki.

6. Malmi valamisel tekib pinna valgenemine.

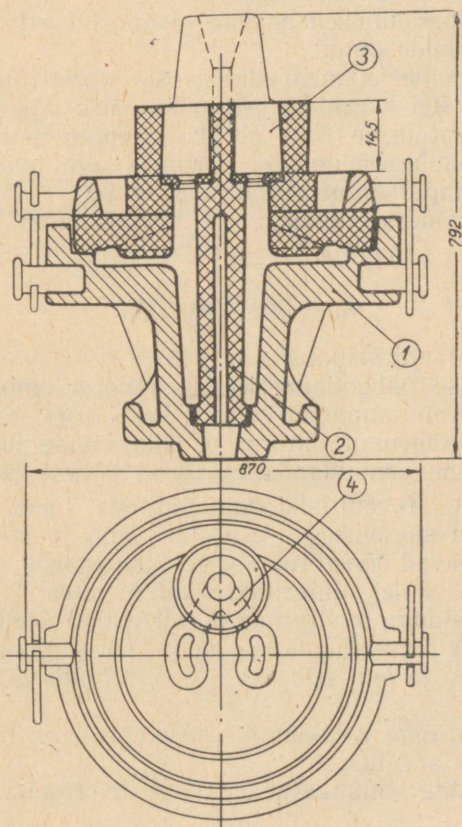
Metallvormide kasutamisele üle minnes tuleb lahendada põhiliselt kaks küsimust:

1) antud detaili valamise majanduslikkus,

2) kvaliteetse detaili saamise võimalus.

Metallvormidesse valatavad detailid peavad vastama järgmistele põhinõuetele:

1) valandid peavad kergesti eemalduma vormist minimaalse arvu tasapinnaliste eralduspindade juures,



Joon. 35. Metallvorm veoratta rummu valamiseks:

1 — vormi alumine pool, 2 — kärn, 3 — kergesti eemaldatav valupea, 4 — toitekanalid.

2) valandeil ei tohi olla järske üleminekuid ühelt seinapaksuselt teisele, väljaulatavaid osi, õõsi ega teravaid sisemisi nurki, mis takistavad kahanemist ja põhjustavad praaki pragude näol,

3) väikeste valandite minimaalne seinapaksus võib malmi

ja värviliste metallide valamisel muldkärnisid kasutades olla kuni 3 mm, suurtel valanditel aga mitte alla 15 mm,

4) välisseinte kallakud mitte alla $1-2^\circ$ ja siseseintel metallkärnide puhul mitte alla $6-7^\circ$,

5) ümardusraadiused peavad olema 2 korda suuremad kui muldvormide puhul.

Metallvormidel etendab olulist osa vormi seinapaksus. Paksuseinalistel vormidel põhjustab sise- ja välisseinte suur temperatuuride vahe ohtlike sisepingete ja pragude tekkimist, õhukeseseinalistel vormidel aga temperatuuride ebahütlane jagunemine vormi kaardumist.

Malmvormide seinapaksuse (δ_v) võib malmi jaoks kindlaks määrata valemiga

$$\delta_v = 12 + 0,5\delta \text{ mm,}$$

kus δ on valandi seinapaksus.

Kaardumise vähendamiseks tuleb vorm ümbritseda jäikusribidega, mis annavad vormile karbi kuju. Karbi kõrgus peab olema vähemalt 150 mm ja jäikusribide paksus $(0,6 \div 0,8)\delta_v$. Öhu eemaldamiseks vormi õõnest tuleb metallvorm varustada ventilatsioonikanalitega, mis lõigatakse eralduspinda sügavusega 0,15—0,25 mm ja laiusega 25—30 mm. Sügavad õõned tuleb varustada eriliste ventilatsioonikorkidega. Selleks puuritakse nõutavatesse kohtadesse avad läbimõõduga 6—10 mm, hõõritetakse need ning pressitakse kerge pressistuga sisse nelja- või kuuetahtlised korgid. Iga tahu ja ava seina vahele võib jääda pilu mitte üle 0,25 mm.

Oluline on õige valukanalite süsteemi valik ja valukanalite mõõdete arvutus.

Toitekanalite summaarne ristlõige määratakse valemiga

$$F = \frac{Q}{t \cdot \mu \cdot 0,31 \sqrt{H_p}},$$

kus F on toitekanalite summaarne ristlõige cm^2 ,

Q — valandi kaal kg,

t — valamise kestus sek.,

H_p — hüdrostaatiline surve cm,

μ — tegur.

Tegur μ määratakse alljärgnevast tabelist

Valandi keerulisus	Toitekanali asetus		
	alumine	külgmine	ülemine
	μ		
Ilma kärnideta	0,20—0,30	0,23—0,34	0,26—0,38
Lihtsate kärnidega	0,27—0,43	0,31—0,49	0,32—0,51
Keeruliste kärnidega	0,24—0,38	0,27—0,43	0,31—0,49

Märkus: Väiksemaid väärtusi kasutada juhul, kui gaaside eemaldumine vormist on raskendatud.

Hüdrostaatiline surve määratakse valemiga

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{2c},$$

kus H_0 on püstkanali kõrgus cm,

p — vahekaugus toitekanalist kuni valandi ülemise servani cm,

c — valandi kõrgus cm.

Valamise aeg määratakse valemiga

$$t = (3 - 3,9) \sqrt[3]{\delta Q} \text{ sek,}$$

kus δ on valandi seinapaksus cm,

Q — valandi kaal kg.

Paksuseinaliste valandite puhul kasutatakse ülemisi, keskmise seinapaksusega valandite puhul — alumisi, keerulise kujuga ja õhukeseseinaliste valandite puhul — külgmisi pilu- või korruskanaleid. Püstkanal peab ulatuma 40—50 mm üle valandi ülemise pinna. Õhu sisseimemise vältimiseks on püstkanal soovitav teha kooniline, arvutades selle kalde B. Rabinovitši ja N. Ignatovi valemiga

$$\frac{d_1}{d_2} = \sqrt[4]{\frac{H-h}{h}},$$

kus H on püstkanali kõrgus cm,

h — valukausi kõrgus cm,

d_1 ja d_2 — püstkanali ülemine ja alumine läbimõõt cm.

Üleminekuks valukausilt püstkanalile ja püstkanalilt valukanalitele tuleb teha suurte ümardusraadiustega, et vähendada takistust ja tagada suuremat metalli läbilaskevõimet. Toitekanalid tuleb teha pilukujulistena, vormi suunas laie-

nevatena, et tagada vormi tasast täitmist. Laienemise nurk ei tohi ületada $4-5^\circ$, vastasel korral eemaldub metallijuga kanali seintest ja tekib õhu sisseimemine.

Väikeste ja keskmiste valandite korral kasutatakse malmvorme, raskete valandite puhul aga terasvorme. Vormide purunemine on tingitud:

- 1) termilisest paisumisest ja kahanemisest, mis põhjustab vormi pinnal termiliste väsimuspragude tekkimist,
- 2) malmi kasvust,
- 3) interkristalse (teradevahelise) korrosiooni esinemisest.

Vormi püsivuse tõstmiseks tuleb nimetatud tegurite mõju kõrvaldada või vähendada.

1. Esimese teguri mõju saab osaliselt kõrvaldada: a) materjalide koostise valikuga. Metallvormideks kasutatav malm peab sisaldama süsinikku üle 3,6%, sest grafiitlehesed vähendavad metalli tundlikkust termilisele väsimusele; b) vormi õige temperatuurilise režiimiga. Uus vorm tuleb sisepingete vähendamiseks termiliselt töödelda, kõige parem lõõmutada. Enne valu tuleb vorm ette kuumutada $280-300^\circ\text{C}$. Valuprotsessis ei tohi vormi temperatuur ületada $450-500^\circ\text{C}$; c) vormi seinte katmise teel kaitsekihiga, mis vähendab termilise löögi mõju; d) vormi konstruktsiooni ja seinte paksuse õige valikuga.

2. Teise teguri mõju vähendamiseks tuleb väikeste valandite vormid valmistada perliit-grafiitmalmist. Peeneteralise ja püsiva perliitstruktuuri saamiseks on soovitatav kasutada legeritud malme ja modifitseerimist. Modifitseerimine tõstab vormi püsivust 50—60%. Raskete valandite jaoks on soovitatav kasutada ferriit-grafiitmalmist vorme, sest siin on vormi peamiseks purunemise põhjuseks sisepinged.

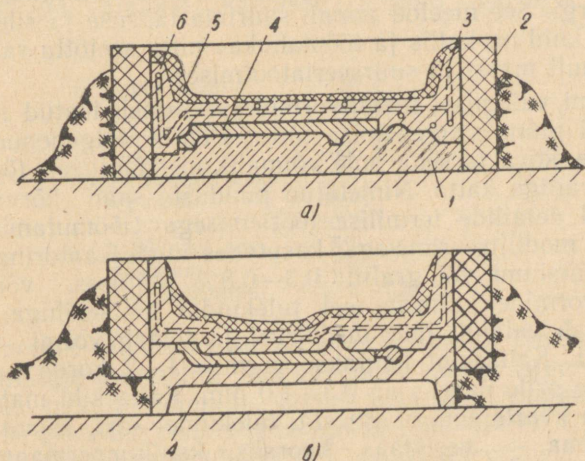
3. Kolmanda teguri mõju vähendamiseks tuleb kasutada väikese väävli- ja fosforisisaldusega malmi.

Vormi püsivus oleneb vormi pinnasiledusest. Maksimaalse püsivusega on lihvitud piinnaga vormid, mis võimaldavad saada 7. täpsusklassiga valandeid, üksikuid mõõteid aga kuni 5. täpsusklassi järgi. Mehaaniliselt töödeldud vormid on aga töötlemata vormidest 8—10 korda kallimad, mistõttu need on majanduslikud ainult mass- ja suurseriatootmises, kuna töötlemata (valatud) vorme võib kasutada ka väikeseeriatootmises.

Valatud piinnaga metallvorme on võimalik valmistada mitmel viisil.

1. Vormimisega muldvormidesse, kasutades puu-, metall-

või kipsmudelit. Seda viisi kasutatakse juhul, kui detailile ei esitata erilisi nõudeid täpsuse suhtes. Kõige odavam on metallvormi valmistada kipsmudeli järgi. Metallvormi kipsmudel valmistatakse kas detaili mudeli või valmisdetaili järgi, mis asetatakse paksust savist alusele 1 (joon. 36, a) nii, et vormi eralduspinnale jääks 1 mm töötlemisvaru. Vormi külgpinnad moodustatakse telliste 2 abil. Savist valmistatakse ka püst- ja valukanalite mudelid. Savist aluse ja



Joon. 36. Metallvormi kipsmudeli valmistamine.

1 — savialus, 2 — tellised, — 3 metallkarkass, 4 — detaili mudel, 5 — eemaldatav kiht, 6 — kipsist mudelipool.

detaili pind kaetakse seguga: masinaõli — 150 g, steariini — 250 g ja petrooleumi — 175 g. Steariin sulatatakse üles ja segatakse masinaõliga, lisatakse petrooleum ning segatakse veel 2—3 minutit. Pärast seguga katmist valatakse vormi vedelat kipsi (100 kaaluosa kipsi, 70 kaaluosa vett), asetatakse siis kohale metallkarkass 3 ning vormitakse paksemast kipsist jäikusribid. 20—40 minuti pärast võetakse vorm lahti, töödeldakse eralduspind ja eemaldatakse üleliigne kips. Edasi pööratakse metallvormi kipsist mudelipool ühes detailiga ümber (joon 36, b) ja valatakse eeskirjeldatud viisil ka teine mudelipool. Suuremate detailide korral tuleb mudeli pindasid metalli kahanemise võrra töödelda. Kipsmudel puhastatakse, kuivatatakse 3—5 päeva tsehhis või 8—16 tundi kuivatuskapis 40—50° C tempera-

tuuri juures. Pärast kuivatamist kaetakse mudeli pinnad 2 korda värnitsa või šellakiga [21].

2. Kärnide kasutamisega vormiõonte kujundamiseks. Selle meetodi korral saadakse metallvormi pind küll siledam, kuid vormi täpsus ei suurene. Kärnide deformeerumise tõttu esineb mitmekohaliste kokillide valamisel üksikute kärnide nihkumisi. Kokilli täpsust on võimalik tõsta, kasutades kärnide kohaleasetamiseks konduktorit.

3. Metallvormi valamine negatiivsete metall-mudeliplaatide järgi. See meetod annab suurima täpsuse ja siledaima pinna, kuid on kallid ja töömahukas ning seetõttu rakendatav ainult mass- ja suurseriatootmises.

Malmi valamisel metallvormidesse esineb teatud raskusi valandi pinna valgenemise tõttu. Detaili valgenenud pind on rabe, kõva ja seda pole võimalik mehaaniliselt töödelda ega emailiga katta. Nimetatud puudust saab kõrvaldada valatud detailide termilise töötlemisega (lõõmutamisega), malmi modifitseerimisega, kasutades modifikaatorina 75% ferrosiliitsiumi või grafiiti 0,3—0,8% ulatuses, või siis metallvormide katmise teel tulekindla kaitsekihiga, mis vähendab valandi jahtumiskiirust ja tõstab vormi vastupidavust. Kaitsekiht kantakse vormile 1—2 korda vahetuses ning selle paksus on 0,3—1,0 mm. Kaitsekihi materjalideks on kvartsjahu, magnesiit, tulekindel savi, šamott jne., sideainena — vesiklaas, booraks, kaaliumpermanganaat jne.

Toome kaitsekihi mõned koostised malmvalandite jaoks. Väikestele ja keskmistele valanditele:

1) kvartsjahu	100—150 g,
vesiklaasi	30—50 g,
vett	1000 g;
2) jahvatatud ferrosiliitsiumi	40—45%,
grafiiti	40—45%,
värnitsat	12—15%,
tulekindlat savi	4—5%,
vett erikaaluni	1,75—1,8.

Suurtele valanditele:

3) jahvatatud šamotti	35—45%,
tulekindlat savi	6—10%,
vesiklaasi	6%,
kaaliumpermanganaati	0,5%,
vett	30—40%;

4) tulekindlat savi	1,5 —1,7 kg,
peenestatud asbesti	0,3 —0,35 kg,
kaaliumpermanganaati	0,08—0,1 kg,
talki	0,25—0,30 kg,
vesiklaasi	0,07—0,1 kg,
vett	5—6 liitrit.

Kaitsekihid 1, 3 ja 4 kantakse kuumale metallvormile (120—150° C), kaitsekiht 2 aga külmale metallvormile, misjärel seda kuumutatakse kuni 200° C.

Pärast iga valamist kaetakse vormid värviga, mis koosneb:

1) lambi tahm	50 g,
vesiklaas	100 g,
tulekindel savi	50 g,
vesi	1000 g;
2) jahvatatud koks	20%,
sepasüsi	20%,
must grafiit	50%,
tulekindel savi	5%,
vesiklaas	5%,
vett erikaaluni	1,25—1,38.

Sulametalli saamiseks on soovitatav kasutada jämedalehelise grafiidiga toormalmi, mis vähendab pinna valgenemist. Ka vedela metalli hoidmine kopas vähendab valgenemist. Malmi temperatuur rennis peab olema 1380—1480° C, valamistemperatuur aga 1330—1350° C õhukeseseinaliste valandite puhul ja 1280—1310° C paksuseinaliste valandite puhul. Liiga madala temperatuuri korral tekivad pinnaalused gaasitühimikud ning vorm ei täitu korralikult. Kõrge temperatuuri korral väheneb vormi püsivus ja valandi paksemates kohtades tekivad kahanemistühimikud või poorid. Praagi tekkimise seisukohast on oluline tähtsus ka vormi temperatuuril. Külmade vormide korral (temperatuur alla 100—150° C) tekivad valandites gaasitühimikud, mida põhjustab adsorptsioonivee äraauramine. Kõrgetel temperatuuridel (550—600° C ja üle selle) tekivad gaasitühimikud vormi seintest eralduvate gaaside tõttu ja toimub vormi pinna oksüdeerimine. Metall oksüüdid reageerivad sulametalliga ja tekitavad gaase. N. Dubinin soovib metallvormide optimaalse valamistemperatuuri t määrata valemiga $t = 470 - 26\delta$, kusjuures minimaalne lubatav temperatuur on 100—150° C. Toodud valemis on δ tuletatud seinapaksus ($\delta = \frac{V}{s}$ V — valandi maht ja s — valandi pind.

Valandid tuleb eemaldada vormist 850—1000° C juures ja paigutada aeglaseks jahutamiseks soojusisolatsiooniga kaetud kastidesse või kaevu. Malmvalu korral, nagu näitavad tehaste praktilised kogemused, õigustab metallvormide kasutamine end väikeste detailide puhul täielikult, kui partii suurus on 800—1000 detaili, suurte detailide puhul aga, kui partii suurus on 150—200 detaili ja rohkem.

Värviliste metallide valamisel alalistesse vormidesse harilikult raskusi ei esine. Sulamid — alumiiniumsulamid, alumiinium ja ränipronks jne., milledele vedelas olekus tekib paks oksüüdikiht, nõuavad tasast vormitäitmist. Seepärast tuleb nende valamisel kasutada alumisi pidurdavaid või külgmisi pilukanaleid. Valukanalite ja valupeade süsteem peab tagama oksüdeeritud metallikihi tõusmise valupeadesse, ilma et oksüdeeritud kiht seguneks sulametalliga. Metallilisele sattudes halvendavad oksüüdid selle mehaanilisele omadusele ja kuna sedaliiki praaki on raske kindlaks teha, põhjustab see eksploatatsiooni-tingimustes avarisiid.

Metallvormide käsitlemise kergendamiseks tuleb kasutada erilisi mehaanilisi, pneumaatilisi või hüdraulilisi pinke, mis võimaldavad vorme kergelt avada ning sulgeda.

B. Valu väljasulatavate mudelite abil

Selle valuviisi põhimõte seisab järgmises: valatava detaili mudel valmistatakse vastavas pressvormis parafiini ja steariini segust, kaetakse tulekindla kihiga ja kuivatatakse; pärast kuivamist sulatatakse mudelisegu välja, mille tulemusena saadakse detailikujulise õõnega tulekindel koorik; viimane asetatakse valukasti, ümbritsetakse kuiva liivaga, kuumutatakse siis ahjus temperatuurini 850—900° C ning valatakse 500—600° C juures sulametalliga täis.

Seega erineb valu väljasulatavate mudelite abil harilikust valust sellega, et:

- a) vormil puudub eralduspind,
- b) vormil on eriline tulekindel kattekiht,
- c) metall valatakse kuuma vormi.

Eralduspinna puudumine võimaldab saavutada suuremat täpsust, sest kahe vormipoole kokkupanemisel esinevad alati nihked ja ebatäpsused. Tulekindel kattekiht tagab aga puhta valandipinna ja kuum vorm — vormi hea täitmise, mis võimaldab valada detaile seinapaksusega kuni 1,5 mm

ja avasid läbimõõduga kuni 2,5 mm. Kasutades sel puhul tsentrifugaalvalu, on võimalik valada detaile seinapaksusega kuni 0,25 mm ja jämedamat keeret.

Selle valuviisi eelised ja puudused, võrreldes teiste valuviisidega, oleksid järgmised:

Eelised:

a) on võimalik valada kõige keerulisema kujuga detaile,
b) suur täpsus (100 mm pikkuse kohta kuni $\pm 0,125$ mm), mis vastab 4. täpsusklassile,

c) on võimalik valada kõiki sulameid, peale leelismetallide, mis reageerivad SiO_2 -ga,

d) suur pinnasiledus (mikroebatasuste keskmine kõrgus kuni $1,6 \mu$), mis vastab ГОСТ 2789-45 järgi 4.—6. siledusklassile ja üksikuhtudel isegi 7. siledusklassile,

e) on võimalik valada detaile töötlemisvarudega 0,15—0,25 mm, mis võimaldab paljusid detaile viimistleda ainult lihvimise teel.

Puudused:

f) kallite abimaterjalide kasutamine,

g) võrdlemisi suur elektrienergia kulu seoses vormide kuumutamiseega.

Valu väljasulatatavate mudelite abil on õigustatud:

a) keerulise kujuga valandite puhul,

b) sulami raske töödeldavuse ja suure mehaanilise töömahu juures,

c) kallite ja defitsiitsete metallide valamisel.

Pressvormid mudelite valmistamiseks tehakse tina, antimoni ja plii sulameist. Kõige laialdasemalt kasutatakse sulameid: tina 33%, antimoni 11%, pliid 56% või antimoni 13%, pliid 87%. Masstoodangu puhul valmistatakse pressvormid terasest.

Pressvormid valmistatakse kas mehaanilise töötlemise teel või pressitakse välja valmisdetaili või etalooni abil. Mehaanilise töötlemise kõrge maksumuse tõttu leiab kasutamist peamiselt teine moodus. Mõnedel juhtumitel võib metallpressvormi asendada kipsist vormiga, kuid sel korral saadakse väiksema pinnasiledusega valandid.

Viimasel ajal kasutatakse täpsete pressvormide valmistamiseks galvano-metalliseerimise menetlust, mis seisab järgmises.

Alumiiniumisulamist valmistatakse detaili etaloon, arvestades mudelisegu ja valatava metalli kahanemist. Etaloon

puhastatakse ja kaetakse galvaanilisel teel 20—25 minuti jooksul niklikihiga. Pinnad, mis katmisele ei kuulu, kaetakse vaha ja kampoli seguga (vaha 50%, kampolit 50%). Edasi kantakse niklikihile happelises vasetusvannis 0,8—1,2 mm paksune vasekiht ning viimasele metalliseerimise teel 2,0—2,5 mm paksune vase- või terasekiht. Pärast vastava paksusega kihi saamist söövitatakse alumiiniummudel keevas seebikivilahuses välja ning eemaldatakse galvaanilisel teel väävelhappelahuses niklikiht. Saadud vaskkest asetatakse metallplaadile, vormi õõnega alla poole, kaetakse pressvormi väliskujule vastava kokilliga või muldvormiga ja valatakse alumiiniumi- või tsingisulamiga. Pressvormi kokkupuutepind ja valukanalid töödeldakse mehaaniliselt ja passitakse pressvormi teise poolega kokku. Pärast viimistlemist kaetakse vormi õõned harilikus niklivannis 10—12 μ paksuse niklikihiga. Niisugused vormid omavad pinnasiledust 9.—10. klassi järgi ja mõõteid täpsusega 2.—3. klassi järgi. Seda menetlust kasutatakse keerulise kujuga pressvormide valmistamiseks.

Väljasulatatavate mudelite valmistamiseks kasutatakse steariini ja parafiini pastataolist segu vahekorras 1:1. Pastataoline segu tekib energilisel segamisel 42—45° C juures. Segu kvaliteet määratakse kindlaks tema struktuuri ja neelatud õhu hulga järgi, mis ulatab kuni 10 mahuprotsendini. Mida peenem on struktuur, seda siledam on mudeli pind. Suurte ja õhukeseseinaliste detailide puhul tuleb tugevama mudeli saamiseks lisada segule 2—5% etüülselluloosi. Mudeli kohalikud kahanemised on tingitud vähesest õhusisaldusest segus ja ebaõigest temperatuuri-režiimist. Külgekleepuvuse vältimiseks hõõrutakse pressvormi seinad sisse transformaatoriõliga. 42—45° temperatuuri juures pressitakse segu 2—3 atü rõhu all pressvormi. Pärast täitmist jahutatakse pressvorm vees, eemaldatakse valmis mudel ja asetatakse 17—23° C vette, millele on lisatud 0,5—1% HCl. Mudelid ühendatakse samast segust valmistatud püstkanaliga ühtseks komplektiks.

Sideainena kasutatakse vormi tulekindla kihi saamiseks etüülsilikaati — $(C_2H_5O)_4Si$, ТУМХП 2818-51. Etüülsilikaat tuleb enne tarvitamist vee abil hüdrolüüsida, millesse on lisatud 0,5—1% soolhapet. Hüdrolüüsi kiirendamiseks lisatakse veele atsetooni, etüül- või metüülpriiritust. Filmi maksimaalne tugevus 10—15 kg/cm² saadakse, kui hüdrolüüsitud lahuses on 16—18% SiO₂. Elastsema filmi ja väik-

sema pragunemise saame, viies etüüsilikaadi hüdrolüüsitud lahusesse kuni 10% glütseriini.

Hüdrolüüs toimub järgmiselt. Vastav hulk vett segatakse atsetooniga või etüülpiiritusega ning seda intensiivselt segades lisatakse vähehaaval etüüsilikaati, jälgides, et temperatuur ei tõuseks üle 40–45° C. Kui temperatuur tõuseb 50° C, tuleb vähendada etüüsilikaadi lisamist. Pärast kogu etüüsilikaadi lisamist tuleb segada veel 40–60 minutit, kuni lahu temperatuur langeb 15–20° C. Hüdrolüüsitud iahus ei tohi sisaldada vaba vett, mida kontrollitakse pulbrikulise vasesulfaadiga (CuCO_4). Vasesulfaadi valge pulber muutub vaba vee puhul sinakaks.

Hüdrolüüsitud etüüsilikaat on kasutuseks kõlblik alles kvartsjahu, teda hästi segades.

Hüdrolüüsitud lahuse koostis

Komponendid	Komponentide mahu %, kui SiO_2 -sisaldus etüüsilikaadis on	
	alla 30%	üle 30%
Etüüsilikaat	50	40
Etüülpiiritus	35	40
Vesi HCl lisandiga	15	20

Etüülpiirituse asemel võib kasutada atsetooni. Atsetooni kerge lenduvuse tõttu segu viskoossus seistes kiiresti kasvab, kuid atsetoon takistab segu koaguleerimist.

Kattesegu saadakse, lisades hüdrolüüsitud lahusele kvartsjahu, teda hästi segades.

Kattesegu koostis

Komponendid	Koostise kaalu %	
	esimene kiht	teine ja järgmised kihid
Hüdrolüüsitud etüüsilikaadi lahus	30–35	35–40
Kvartsjahu	65–70	60–65

Segu erikaal 1,7–1,76

Etüüsilikaadi asemel võib teise ja järgmiste kihtide jaoks kasutada järgmist vesiklaasisegu:

vesiklaasi lahust, erikaaluga 1,12—1,25	— 30—35%,
kvartsjahu	— 15—40%,
kvartsliiva	— ülejäänud.

Mudelite komplekti (ploki) katmine toimub vanni kastmise teel. Esimene kiht kantakse peale kahekordse kastmise teel. Mudel võetakse aeglaselt vannist välja, pööratakse vanni kohal, kuni segu ühtlase jagunemiseni mudelil, ja raputatakse üle kvartsliivaga K 40/70 või K 50/100. Pärast katmist kuivatatakse plokkke tõmbekappides 18—30° C juures atsetooniga segu puhul 2—3 tundi, piiritusega segu puhul 4—6 tundi. Pärast kuivamist kaetakse plokk uuesti ja korratakse seda 3—5 korda. Kaetud ja kuivatatud plokkidest sulatatakse kas kuuma õhuga või kuumas vees (65—75° C) mudelisegu välja ja saadakse tulekindlast segust koorikud. Viimased asetatakse teraskastidesse ja ümbritsetakse kas kvartsliivaga, mida tihendatakse vastu kasti kloppides, või spetsiaalse seguga. Sisepakitud koorikud põletatakse 850—900° C temperatuuri juures 2—3 tundi. Põletamisel tulekindel kiht paakub ning tekib tugev koorik, kusjuures põlevad ära mudelisegu jäänused. Põletatud vormid valatakse metalliga 500—600° C juures.

Pärast jahtumist lüüakse valandid välja, lõigatakse ära valukanalid ja eemaldatakse külgepõlenud koorik lõplikult, keetes detaile 20—30%-lises seebikivilahuses 2—5 tundi. Kahanemistühimikkudest tingitud praagi vältimiseks tuleb toitekanal viia valandi paksemasse ossa, kusjuures selle ristlõige peab võrduma toidetava sõlme ristlõikega. Kui toitekanalite pikkus on üle 12 mm, tuleb nad teha püstkanali suunas 5° all laienevad. Püstkanali ristlõige peab olema 15—20% võrra suurem toitekanalite summaarsest ristlõikest. Püstkanali alla on vormide paremaks täitmiseks soovitatav teha 40—50 mm sügavune lohk.

Väljasulatatavate mudelite abil on võimalik valada detaile gabariitmõõdetega kuni 250—350 mm ning kaaluga kuni 12 kg.

Käsi pressi abil valmistab üks tööline 8 tunni jooksul 500—800 mudelit, ЛТМ — НИТИ poolautomaadil aga 4000—6000 mudelit.

Ligikaudne materjalide kulu ühe tonni kõlbliku valu kohta:

etüülsilikaati	65 kg,
atsetooni	50 „ ,
steariini	80 „ ,
parafiini	80 „ ,
kvartsjahu	300 „ .

Masinaehitustehases «Uralmaš» kasutatakse sideainena etüülsilikaadi asemel soodavesiklaasi. Vesiklaasi erikaal viiakse 1,4-ni, lisatakse kuivamise kiirendamiseks, olenevata vesiklaasi moodulist, iga 100 grammi vesiklaasi kohta 30 grammi järgmise kontsentratsiooniga ammooniumkloriidi (NH₄Cl) lahust.

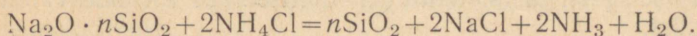
Vesiklaasi moodul	Ammooniumkloriidi lahuse kontsentratsioon %
2,7	8
2,8	7
2,9	6
3,0	5

Lisades vesiklaasile ammooniumkloriidi lahust, langeb välja kolloidaalne ränidioksüüd. Viimane lahustub 4—8 tunni jooksul uuesti ning tõstab vesiklaasi mooduli 3—3,4-ni, kusjuures vesiklaasi erikaal langeb 1,29—1,30. Vesiklaasi suurema erikaalu puhul praguneb koorik kergesti, väiksema puhul on aga liiga väikese tugevusega. Häid tulemusi saadakse, kui sel viisil ettevalmistatud vesiklaas sisaldab SiO₂ — 21—23% ja Na₂O — 6,5—7,5%.

Esimese kattekihi jaoks lisatakse ettevalmistatud vesiklaasile kvartsjahu 50—60%, järgmiste kihtide jaoks aga 45÷50%.

Mudel kastetakse vesiklaasi ja kvartsjahu segusse. Pärast liigse segu äranõrgumist raputatakse mudel üle kvartsliiyaga ja kastetakse 1÷2 minutiks kinnitajasse. Kinnitajana kasutatakse 18% ammooniumkloriidi (NH₄Cl) või ammooniumnitraadi (NH₄NO₃) vesilahust. Selleks lahustatakse ammooniumkloriid veega vahekorras 1:4,5.

Ammooniumkloriidi toimel vesiklaas laguneb, eraldades kolloidaalset ränidioksüüdi, järgmise valemi järgi



Kolloidaalne ränidioksüüd seob liiva ja kvartsjahu terad tugevaks monoliitseks koorikuks. Pärast kinnitamist kuivatatakse kaetud mudelit õhu käes 2—7 minutit, kuni on täielikult kadunud terav ammoniaagi lõhn, ning korratakse katmist 3 kuni 4 korda vastava paksusega kihi saamiseni.

Kinnitamisel eraldub ammoniaak (NH_3), mis vees lahustudes tekitab ammooniumhüdroksüüdi (NH_4OH). NH_4OH muudab vanni happelisust ja omadusi. Vastavate omadustega kooriku saamiseks ei tohi NH_4OH -sisaldus kinnitajas ületada 0,3%. NH_4OH vähendamiseks viiakse vanni iga protsendi NH_4OH kohta 1,04% HCl . Et hoida ammooniumkloriidisisaldust 18% piires, tuleb kinnitajasse aeg-ajalt lisada ammooniumkloriidi 20%-list lahust. Kinnitajatena võib kasutada ka lämmastik- ja soolhappelahuseid, kuid viimased annavad madalate mehaaniliste omadustega koorikud.

Peale vastava paksusega kihi saamist sulatatakse mudelid välja kuumas vees ($75\text{—}80^\circ\text{C}$), milles on 0,5% ammooniumkloriidi või 1% lämmastikhapet. Koorikut ei tohi kuumas vees hoida üle 10—15 minuti. Kui mudeli väljasulatamisel tekivad koorikul üleminekukohtades ja servadel praod, näitab see, et kinnitamine oli liiga intensiivne ja Na_2O -sisaldus koorikus on langenud alla 0,7%. Kui Na_2O -sisaldus koorikus on üle 1%, on koorik pehme ning siledatel pindadel tekivad kortsud ja praod. Pärast mudelisegu väljasulatamist loputatakse koorikuid kuuma ja külma veega ning kuivatatakse kas õhu käes 4—6 tundi või kuivatuskappides $180\text{—}200^\circ\text{C}$ juures 1,5—2 tundi. Pärast kuivatamist asetatakse koorikud ahju, mille temperatuur ei ületa 600°C , ning ahju temperatuuri tõstes põletatakse 800°C juures 2—3 tundi. Koorikud jahutatakse, pakitakse kastidesse ja valatakse külmas või kuumas olekus. [32]

C. Valu koorikvormidesse

Vaatamata asjaolule, et selle valumeetodi väljatöötamisest Croningi poolt on möödunud vähem kui kümme aastat, on ta valutsehvides leidnud juba väga laialdast kasutamist, tänu oma suurtele eelistele, võrreldes valuga muldvormidesse. See meetod võimaldab:

1) kergesti ja täielikult automatiseerida vormide valmistamist,

- 2) tõsta töötötkkust 4—8 korda,
- 3) saada suure täpsusega valandeid ($\pm 0,3$ — $\pm 0,5$ mm 100 mm pikkuse kohta), mis vastavad GOCT 5. täpsusklassile. Ühes vormipooles valades võib saavutada isegi täpsusi $\pm 0,2$ mm 100 mm pikkuse kohta,
- 4) saada valandil 4.—6. siledusklassiga (GOCT 2789-45 järgi) pindasid,
- 5) ühe töötaja kohta anda kuni 350—450 tonni toodangut aastas,
- 6) vähendada vormiliivade kulu 8—10 korda,
- 7) lihtsustada tootmisprotsessi valu väljalöömistöõde äralangemise arvel,
- 8) kasutada väikseid töötlemisvarusid (0,15—0,25 mm).

Need eelised on põhjustanudki selle meetodi (meetod «C») kiire leviku ja võimaldanud luua täiesti automaatsiseeritud valutsehhid toodanguga kuni 100 000 tonni valu aastas.

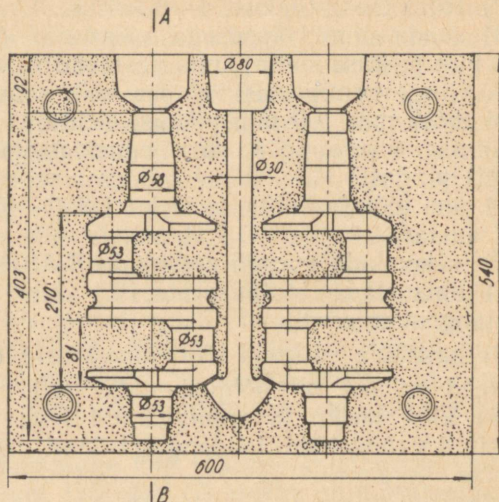
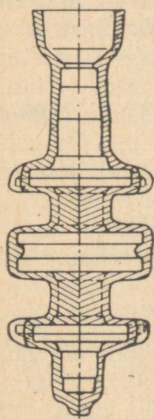
Selle meetodi põhimõte on järgmine. Ühepoolne metallmudeliplaat kuumutatakse sellele kinnitatud metallmudelitega kuni 200—260° C ning kaetakse vormiseguga, mis koosneb kvartsliidast ja termoreaktiivsest vaigust. Mudeliplaadi soojuse arvel sulab vaik mudeliga kokkupuutuvates kihtides ning tekitab mudeliplaadil 30—60 sekundi jooksul 5—8 mm paksuse ühtlase sitkusega kooriku, mis kleepub mudeliplaadi külge. Üleliigne segu eemaldatakse mudeliplaati ümber pöörates või õhujoaga puhudes. Mudel ühes tema peale tekkinud sitke koorikuga asetatakse ahju, mille temperatuur on 300—500° C. Ahjus muutub koorik 40—120 sekundi jooksul kõvaks. Kõva koorik eemaldatakse mudeliilt eriliste tihvt-tõukuritega või raammahavõtjaga ja üks vormipool ongi valmis. Kooriku ühte poolde asetatakse kärnid, kaetakse eralduspind vastava liimiga, paigutatakse kohale kooriku teine pool ning kinnitatakse need klambritega (joon. 37). Vorm valatakse sulametalliga. Metallijahutuses põleb õhuke koorik täielikult ära ja väljalöömistöõd langevad miinimumini.

Sideaineks kasutatavale termoreaktiivsele vaigule esitatakse terve rida erinõudeid, nagu:

1. Vaik peab olema kergesti jahvatatav ja ei tohi kleepuda veski seinte külge.

2. Jahvatatud vaik ei tohi hoidmisel niiskuda — muuttuda panklikuks.

Lõige AB



Joon. 37. Koorikvorm väntvõlli valamiseks.

3. Sulades peab vaik muutuma küllalt vedelaks, et saada siledat pinda ja täpset kuju.

4. Vaigul peab olema suur suhteline tugevus $\left(\frac{\text{kg/cm}^2}{1\%}\right)$.

5. Vaik peab kiiresti moodustama küllalt paksu sitke kooriku ja kiiresti kõvenema kõrgendatud temperatuuridel.

6. Vaigul ei tohi olla toksilisi ega kantserogeenseid omadusi.

7. Kuivamisel ja valamisel võib ta tekitada ainult minimaalsel hulgal tervisele kahjulikke gaase.

8. Vaigu omadused seismisel ei tohi muutuda.

Nendele tingimustele vastab kõige paremini pulberbakeliit (ГОСТ 3552-47), mis kujutab novolakktüüpi peeneksjähvatatud fenool-formaldehüüdvaiku, millele on lisatud kuni 10% tehnilist urotropiini (ГОСТ 1381-42). Pulberbakeliiti lisatakse vormiliivale 5—8%. Et vormimisel vaik liivast ei eralduks, lisatakse liivale 0,5—1% vedelat fenool-formaldehüüdvaiku või furfurooli. Selle tagajärjel tekib teradele õhuke lahustatud bakeliidifilm, mis annab liivale palju kõrgemad mehaanilised omadused. Kõige paremaid tulemusi annab plakeeritud liivade kasutamine. Selleks segatakse liiv vedela bakeliitvaiguga, kuivatatakse tempera-

tuuril 90—100° C ning jahvatatakse tekkinud tükid. Tulemusena on iga liivatera kaetud õhukese bakeliitfilmiga, mis võimaldab saada kõrge mehaanilise tugevuse ja gaasiläbitavusega koorikuid. Plakeeritud liiva valmistamine nõuab aga eriseadmeid kuivamisel eemalduva piirituse püüdmi- seks ning pole seetõttu meil veel rakendamist leidnud.

Vormiliivana kasutatakse kvartsi liiva 70/140 või 100/200, kusjuures puhtama pinna annab liiv 100/200. Peenemad liivad pinnasiledust ei tõsta, küll aga suurendavad vaigu- kulu. Kõige paremaid tulemusi annab ümarateralise liiva kasutamine, mis jaguneb enam-vähem ühtlaselt 4—5 sõe- lale. Peale liiva teralisuse mõjutab pinnasiledust veel side- aine hulk, mille kasvades pinnasiledus suureneb.

Pronksi Бр ОЦС-6-6-8 korral tuleb sileda pinna saami- seks kasutada kahekihilisi vorme. Esimeseks kihiks (pak- sus 1,5—2 mm) kasutatakse segu: kvartsjahu 12%, liiva K 70/140 — 78%, pulberbakeliiti — 10%. Teise kihi jaoks lisatakse liivale K 50/100 5% pulberbakeliiti.

Vormi tugevus on võrdeline vaiguhulgaga ning seismi- sel see ei lange. Gaaside tekitavus 4% vaigu juures on väiksem kui kärnisekul, milles on 1% linaseemneõli või 2% dekstriini. Küpsemistemperatuur 180—350° C vormi külmtugevust ei mõjuta. Seevastu savisisaldus vähendab seda aga olulisel määral. Nii näiteks 1% savi vähendab vormi tugevust kuni 25%, mistõttu tuleb kasutada savivaba või isegi pestud kuiva kvartsi liiva.

Terasvalu puhul väikestel detailidel külgepõlemist ei teki. Suuremate detailide puhul on soovitatav vormisegule lisada 2—5% MgO. MgO kulu vähendamiseks võib vormipinna ainult sisse hõõruda MgO-ga, mis tagab sileda pinnaga valandi saamise. Segu valmistatakse kas laboratoorses või tigusegajas.

Et pulberbakeliit on defitsiitne ja kallis, on tehtud rida katseid asendada seda vähemdefitsiitsete vaikudega. Nii kasutatakse alumiiniumi- ja magneesiumisulamite puhul edukalt karbamiidvaiku, mustade metallide puhul aga kre- sool-formaldehüüdvaike, mis oma omadustelt on lähedased fenool-formaldehüüdvaikudele.

ЦНИИТМАШ-i uurimused näitavad, et lihtsamate detai- lide korral võib kasutada fenool-formaldehüüdvaiku N 18 (ТУМХП Nr. 1—53) koos puupigi ja urotropiiniga. Puu- pigi tilktäpp peab Ubhelohde järgi olema üle 112° C. Segu koostis võetakse sel puhul järgmine:

kvartsiiva	100 kaaluosa,
vaiku N 18	3—4 „ ,
puupigi	5—4 „ ,
tehnilist urotropiini	15% vaigu ja pigi kaalust,
atsetooni	1—2 kaaluosa.

Ilma tihendamiseta valmistatud 6—8 mm paksuste ning temperatuuril 350° C 75 sekundit kuivatatud proovikehade tõmbetugevus on kuni 40 kg/cm². Gaasiläbitavus määratakse standardsete proovikehadega, mis valmistatakse järgmiselt. Standardsesse hülssi valatakse vabalt ilma tihendamata vastav hulk vormisegu. Katsekeha kuivatatakse samas hülsis 350° C juures 10 minuti jooksul. Pulberbake-liiti on võimalik kokku hoida ka sellega, et osa pulberbake-liiti asendatakse bakeliitvaiguga N 18. Pulberbakeeliidi ja vaigu N 18 segud annavad palju kõrgemaid mehaanilisi omadusi kui pulberbakeeliit üksi, mis võimaldab vähendada üldist vaiguprotsenti segus.

Mudeliplaat ja mudelid valmistatakse kas malmist, alumiiniumi- või vasesulamist. Alumiiniummudeleid kasutatakse väikeseeriatootmises. Masstootmises annavad paremaid tulemusi malmimudelid oma väikese paisumise, deformeerumise ja kuluvuse tõttu. Mudelid tuleb valmistada 4.—5. täpsusklassi järgi ja 7. klassi pinnasiledusega. Vertikaalseinte kalle ei tohi olla väiksem kui 0,5°. Kui mudeliplaadid valatakse, tuleb neid kunstlikult vanandada. Selleks noolutatakse neid 350—400° juures 24—30 tundi, kuna vastasel korral nad töötamisel deformeeruvad. Mudeliplaadid varustatakse fiksaatoritega, mis võimaldavad täpset vormipoolte kokkumonteerimist. Selleks tehakse ühele mudeliplaadile süvendid, teisele aga vastavate mõõdetega väljaulatuvad osad. Kooriku eemaldamiseks nähakse ette tõukurid või raamid. Tõukurid (joon. 38) tuleb asetada mudeli kõrgemate seinte lähedusse, mis võimaldab kooriku kergemat eemaldamist. Tõukurid peavad asetsema väljaspool mudelikontuuri ja nende vahekaugus peab olema ühtlane ning mitte üle 100 mm. Tõukurite otsad A ja B peavad olema lihvitud ja omavahel paralleelsed, otsad A peavad asetsema ka ühes tasapinnas. Tõukurid varustatakse vedrudega (traadist 4X13, 4X13Γ), mis viivad nad automaatselt algasendisse.

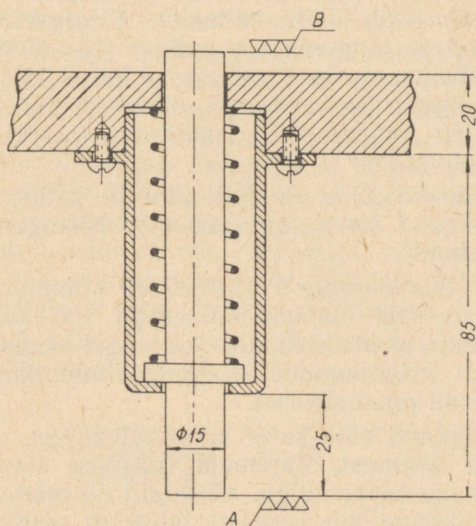
Et segu kuivades kleepub kõvasti mudelite külge, on selle eemaldamine mudelitelt ilma eriliste abinõudeta võimatu. Kooriku eemaldamiseks kantakse mudelitele kattekiht räni

orgaanilistest ainetest. Paremaks on osutunud etüülpolüsiloksan, tuntud vedelik N 5 all (ТУМХП 2416-54) või tema emulsioon ЭКЖ-94.

ЭКЖ-94 5%-lise lahuse koostis:

vedelikku N5	--	5% (kaalu),
majapidamisseepi	--	3%
vett	--	92%.

Emulsioon valmistatakse järgmiselt: Majapidamisseeplahustatakse väheses vees ja valatakse segajasse, kuhu lisatakse vedelik N 5 ja vesi ning segatakse intensiivselt



Joon. 38. Tõukur.

2,5—3 tundi. Siis võetakse katseklaasi 20 ml saadud segu ja lisatakse sellele 100 ml vett. Kui katseklaasi raputades tekib ühtlane mass, on emulsioon valmis, kui aga tekib kihistumine, tuleb jätkata segamist, kuni katsetamisel kihistumist enam ei esine.

Enne katmist tuleb uued mudelikomplektid puhastada õlist. Selleks kasutatakse alumiiniummudelite puhul lahu:

fosforhapu naatriumi	(Na_3PO_4)	30—50 g/l
seebikivi	(NaOH)	10—15 „
vesiklaasi		20—30 „

Malm- ja terasmudelite puhul lahu:

fosforhapu naatriumi (Na_3PO_4)	30—50 g/l
seebikivi (NaOH)	20—30 „
vesiklaasi	3—5 „

Malm- ja terasmudelid kaetakse selle lahusega, kuumutatakse siis kuni $70\text{--}90^\circ\text{C}$ ja hoitakse sellel temperatuuril $40\text{--}50$ minutit.

Hästi puhastatud mudel kuumutatakse $200\text{--}220^\circ\text{C}$, kaetakse pulverisaatorist silikoonmäärdega ЭКЖ-94 ja asetatakse ahju, mille temperatuur ei ületa $230\text{--}250^\circ\text{C}$, $1,5\text{--}2$ minutiks kuivama. Seda operatsiooni korratakse $2\text{--}3$ korda, kuni mudelile tekib läikiv kattekiht. Esialgseks katmiseks võib tarvitada ka kõrgemaprotsendilist ($25\text{--}30\%$) silikoonmääret. Vahetuse jooksul on tarvis kattekihti uuendada $2\text{--}5$ korda ühekordse katmisega, olenevalt töö intensiivsusest. Katmine toimub pulverisaatoriga (mark KP-10 või KP-2) või pintsliga.

Kuna silikoonmääre on defitsiitne ja kallis, on mõned tehased hakanud kasutama aseaineid. Niisuguste aseainetena on tuntud:

1. Segu, mis koosneb 3 kaaluosast alumiiniumpuudrist ning 2 kaaluosast majapidamisseebist 100 kaaluosa vee kohta. See segu võimaldab kooriku kergelt eemaldamist ka mudeliplaadi ülekuumutamisel ning alumiiniumpuuder ei vähenda vormi pinnasiledust.

2. Mudeliplaati võib katta naturaalvahaga, mis annab rahuldavaid tulemusi. Paremaid tulemusi annab mudeliplaadi katmine osokeriidiga. Osokeriit on mäevaha — vaigune mineraalne, mis kergesti lahustub eetris, bensiinis ja petrooleumis. Osokeriit eraldab hästi ja ühekordsest katmisest on küllalt mitme poolvormi eemaldamiseks.

Valmis vormipooled liimitakse kokku vesiklaasiga, millele on lisatud grafiiti, ja kinnitatakse klambritega. Liimikiht tuleb kanda nii servadele kui ka keskmistele kokku puutepindadele, mis takistab vormipoolte eemaldumist metalli surve mõjul. Liimiks võib kasutada vaiku МФ-17 (ОСТ МХП 2538-51), millele kuivamise kiirendamiseks lisatakse enne tarvitamist 2% kümneprotsendilist oblikhappelahust. Liimi säilimise aeg on $6\text{--}8$ tundi, seepärast tuleb seda valmistada ainult vajalikul hulgal. Liimitud koorikuid kuivatatakse $10\text{--}15$ minutit $180\text{--}200^\circ\text{C}$ tempera-

tuuri juures või lastakse klambritega kinnitatud olekus 5—6 tundi seista. Kui detaili vormimetalli kaal on alla 1 kg, võib vormi valada vertikaalasendis ilma täiendava kinnitusega. Suuremate detailide korral tuleb vormid asetada teraskastidesse ja nende vahed tihendada raputusmasinal kuiva liivaga 30/70 või terashaavlitiga. Vormide kaugus üksteisest peab olema vähemalt 125—150 mm. Vähekauguse puhul ühe koorikvormi valamisel enneaegu toimub järgmiste süttimine. Valatava metalli temperatuur, võrreldes muldvormidesse valatavaga, võib olla 30—50° C võrra madalam.

Pinnasiledus kogu valandi ulatuses pole ühtlane. Need pinnad, mis vormimisel olid horisontaalsed, tulevad siledamad kui vertikaalsed, mis on tingitud segu tihendamisest.

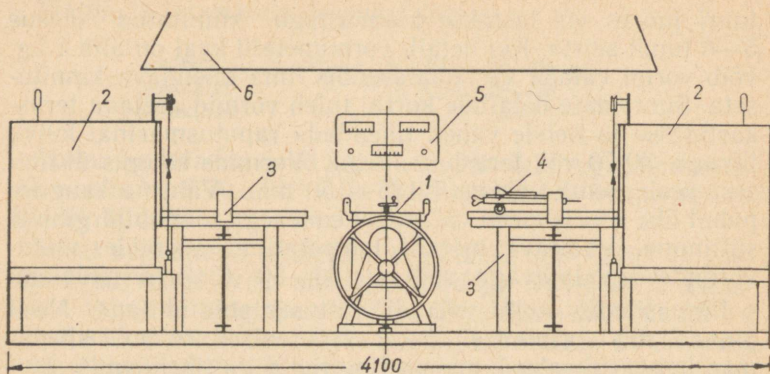
Koorikvormidesse valades puudub täielikult praak mullapesade, gaasi- ja kahanemistühimike tõttu. Kahanemistühimikud puuduvad selle tõttu, et valamine toimub madalama temperatuuri juures ja et vorm jahtub aeglasemalt kui harilik muldvorm. Sile, ilma sissepõlenud liivata pind võimaldab kõrgete lõikerežiimide kasutamist ja lõikeriista püsivus on suurem. Iseloomustavaks praagiks on metalli läbitungimine kõrgetest seintest, mis vormimisel olid vertikaalasendis, ja mõõdete suurenemine eralduspinnale ristsuunas, mis on tingitud halvast liimimisest ja pakkimisest.

Materjalide kulu koorikvormimisel ühe tonni kõlbliku valu kohta detailide kaalu juures 1—10 kg on:

kvartsiiva	700—1000 kg,
pulberbakeliiti	50—60 „
vedelikku N 5	0,2 „
iurfurooli	4—5 „

Koorikvalu tööde mehhaniseerimine toimub väikeseeria-tootmises harilikult überpööratavate punkrite abil. Sel juhul peab töökohal olema überpööratav punker ja kaks elektriühju. Joonisel 39 on toodud НИИТАВТОПРОМ-i poolt konstrueeritud kahepositsiooniline seade, mis võimaldab toota tunnis 45—60 poolvormi mõõdetega 400—600 mm. Töötatakse kahe mudeliplaadiga, mis võimaldab täielikult kasutada tööaega. Küllaldase tihendamise saamiseks mudeliplaadil ei tohi kihi paksus punkris langeda alla 200—250 mm.

Segu paremaks tihendamiseks on kasutamisele võetud ka järgmine liivapuhumise seade. Ülemisest punkrist 4 (joo-



Joon. 39. Kahepositsiooniline koorikvormide valmistamise seade:

1 — ümberpööratav punker, 2 — elektriahi, 3 — pink kooriku eemaldamiseks, 4 — mudeliplaat, 5 — kilp mõõteriistadega, 6 — kumm.

nis 40) langeb klapi ülestõstmisel plakeeritud segu kuumale mudelile. Pärast vajaliku hulga segu langemist klapp suletakse ning tihendatakse koorik läbi klapivarre antava 6—8-atmosfäärilise suruõhuga. Mittepaakunud segu puhutakse tagasi ülemisse kambrisse (22).

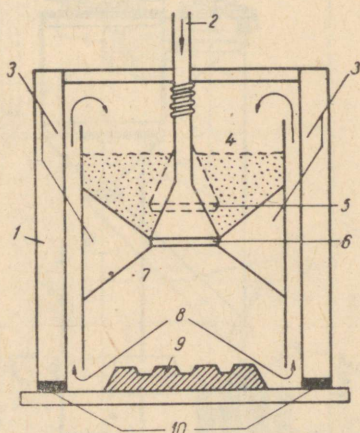
Tööde täielikuks mehhaniseerimiseks ja automatiseerimiseks on projekteeritud rida pool- ja täisautomaate. Näiteks tehases «Krasnaja Presnja» on valmistatud kuuepositsiooniline seade, mis võib töötada automaatsel ja poolautomaatsel režiimil. Poolautomaatsel režiimil töötades annab ta vahetuses 1500—1600 poolvormi, mõõdetega $550 \times 450 \times 650$ mm.

Tšeljabinski traktoritehases töötab Üleliidulise Transportmasinaehituse Tööstuse Ministeeriumi Teadusliku Uurimise Instituudi ВПИИ poolt konstrueeritud 14-positsiooniline täisautomaat, mis valmistab vahetuses 1400—1500 poolvormi.

Eriti otstarbekad on koorikkärnid suurte mõõdete korral. Harilikult tehakse suured kärnid liiva ja savi segust, metallkarkassidega. Taoliste kärnide kuivatamine nõuab suuri kuivateid ja nende väljalöömine on raske. Koorikkärn ei nõua metallkarkasse ja väljalöömistööd langevad täielikult ära.

Kolomna veduriehituse tehases on suurte kärnide, nagu silindri hülsi kärnid jne., valmistamiseks ehitatud eriline poolautomaat (23), mille skeem on toodud joonistel 41 ja 42.

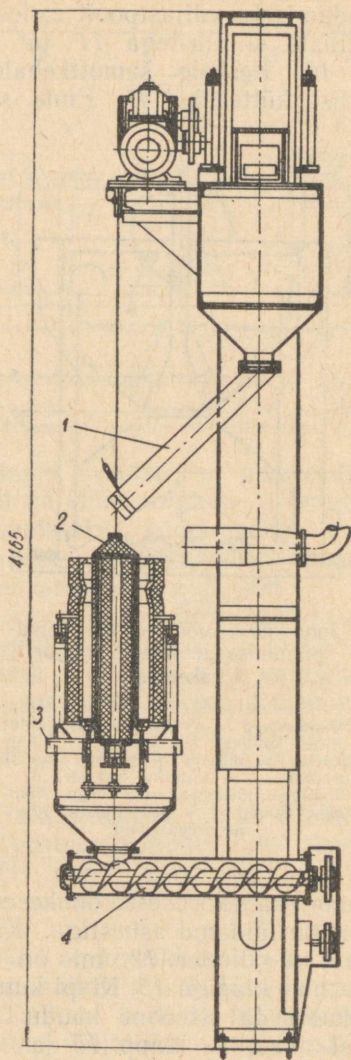
Seade töötab järgmiselt: kärnikasti pooled 8, mis on soojuskadude vähendamiseks väljastpoolt isoleeritud, on ühendatud pneumaatiliste silindritega 11 ja võivad liikuda mööda rullteed 10. Keskele šamottkehale on asetatud kroomnikkeltraadist küttekeha 4. Enne seadme täitmist



Joon. 40. Koorikvormide liivapuhumise masina töökambri skeem:

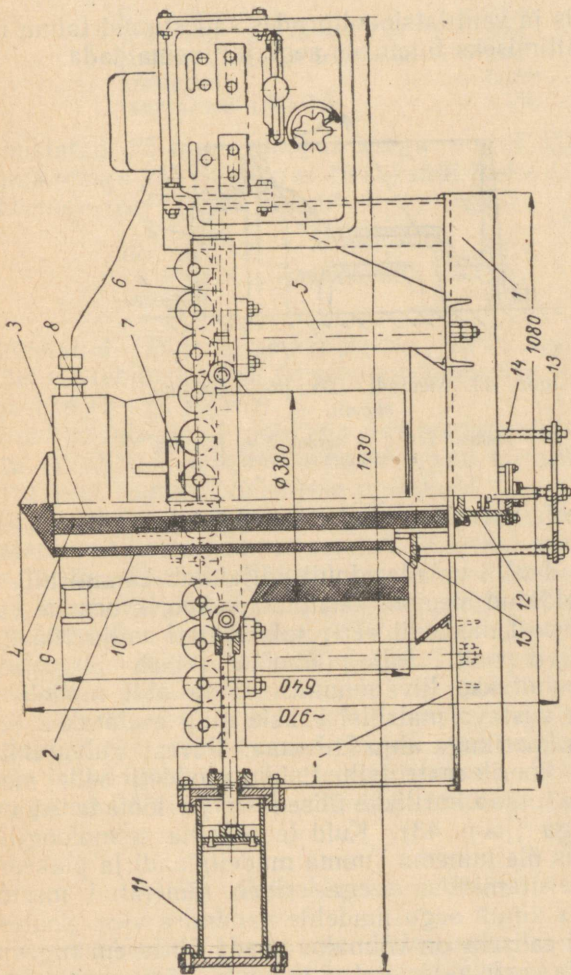
1 — kambri kere, 2 — suruõhu sissevooluava, 3 — vesijahutus, 4 — ülemine kamber seguga, 5 — klapp avatud asendis, 6 — klapp suletud asendis, 7 — alumine kamber, 8 — üleliigse, mittepaakunud segu liikumise suund, 9 — mudeliplaat, 10 — neopreentihend.

kaetakse küttekeha kahekordsest õhukesest plekist kattega 2, mille vahe on täidetud asbestiga. Küttekeha all on kolmas pneumaatiline silinder 12, mis on ühendatud varaste 14 abil koonilise klapi 15. Klapi kuumenemise vältimiseks jahutatakse seda siseõõne kaudu veega. Pärast kooriku tekkimist avatakse klapp 15 ja üleliigne segu voolab alumisse punkrisse, kust see tigu ja elevaatori abil üles tõstetakse. Küttekehalt eemaldatakse kate 2 ja toimub kooriku küpsemine. Pärast küpsemist lülitatakse sisse pneumaatilised silindrid, kastipooled saavad vastassuunalise liikumise ja vabastavad kärni.



Joon. 41. Suurte kärnide valmistamise poolautomaat-seadme skeem:

1 — segu väljavoolu toru, 2 — kate, 3 — tööpink, 4 — tigu.



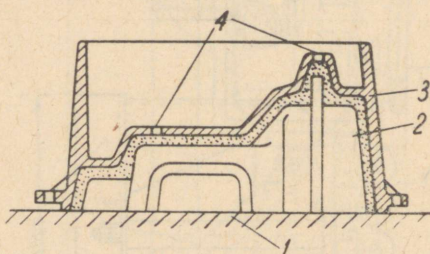
Joon. 42. Suurte kärnide valmistamise poolautomaatseadme tööpingi sõlm:

1 — raam, 2 — plekk-keha, 3 — šamott-keha metallkarkass, 4 — küttekeha, 5 — rulltee kande-
 sammas, 6 — kolvivar, 7 — kärnkasti tugikronstein, 8 — kärnkasti, 9 — kärnkasti tõstetapp, 10 —
 rulltee, 11 — silinder, 12 — pneumaatiline silinder, 13 — varraste sideplaat, 14 — vardad, 15 — kooni-
 line klapp.

Töötingimuste parandamiseks koorikvalu juures tuleb kinni pidada järgmistest nõuetest.

1. Ruumidel, kus toimub segu ja koorikute valmistamine ning vormide metalliga täitmine, peab olema hea ventilatsioon.

2. Ruumis ja ventilatsioonitorudes sadestunud tolmu isesüttimise vältimiseks tuleb see aeg-ajalt eemaldada.



Joon. 43. Meetodi «D» põhimõtteline skeem:

1 — mudeliplaat, 2 — mudel, 3 — matriits, 4 — sissepuhumise avad.

3. Segude ja vormide valmistamisel tuleb tingimata töötada kinnastes.

4. Vormisid võib valada ainult väljatõmbekummi all.

Peale kirjeldatud meetodi kasutatakse koorikvormide valmistamiseks veel meetodit «D», mis töötati välja 1953. a. USA-s Dieterti poolt. Selle põhimõtte seisab järgmises: vormisegu puhutakse liivapuhumismasina abil mudeli ja detaili kujule vastava matriitsi vahele ning asetatakse siis matriits ühes koorikuga ahju kuivama. Pärast kuivatamist eemaldatakse koorik matriitsilt. Esialgu loodeti selle meetodi juures kasutada harilikke õlisegusid ja töötada külma mudeliplaadiga (joon. 43). Kuid terve rida tehnoloogilisi raskusi sundis üle minema kuumale mudeliplaadile ja plakeeritud liivade kasutamisele. Seega erineb nimetatud meetod meetodist «C» ainult segu mudelile kandmise viisi poolest. Selle meetodi eeliseks on võimalus saada ühtlasem tugevus horisontaal- ja vertikaalseintel ning kontrollitava paksusega koorik (24).

Meetod МАМИ erineb meetodist «D» selle poolest, et koorik liivapuhumismasinal või eriseadisel puhutakse läbi kuumade gaasidega. Terve rea tehnoloogiliste raskuste tõttu

pole see meetod leidnud veel kasutamist, kuid on väga perspektiivne, sest avanevad võimalused sideaineks kasutada mittedefitsiitseid aineid. Tallinna Polütehnilises Instituudis läbiviidud uurimused näitavad, et segust

liiv K 50/100	— 94%,
sulfiitleelis, erikaaluga 1,27	— 3%,
põlevkiviõli raske fraktsioon	— 3%,
urotropiin	— 0,25%,
rauasulfaat (FeSO_4)	— 0,1%

valmistatud 25 mm seinapaksusega vormi läbipuhumisel kuuma õhuga 255°C juures 45 sekundi jooksul saab vorm tõmbetugevuse 11—13 kg/cm^2 . Vormisegust

liiv K 50/100	— 94%,
sulfiitleelis, erikaaluga 1,27	— 3%,
estolakk	— 3%

valmistatud 25 mm seinapaksune vorm kuivab õhuga (230°C) läbipuhumisel 60 sekundi jooksul ja saab tõmbetugevuse 12—14 kg/cm^2 .

Neid vormiseguseid pole aga rea tehnoloogiliste raskuste tõttu (ventilatsioonikanalid ummistuvad kiiresti pigitumise tõttu) veel võimalik tööstusse juurutada.

Inglismaal on välja töötatud veel üks koorikvormide valmistamise viis — Show meetod. Kooriku valmistamiseks kasutatakse kiiresti kivinevat kipsi ja piirituse või kvartsi-liiva ja etüüsilikaadi ning piirituse segu. Niisugune vedel segu valatakse kastiga ümbritsetud mudeliplaadile, kus see kivineb 3—5 minuti jooksul. Seejärel eemaldatakse koorik mudelilt ja põletatakse lahtisel tulel piirituse eemaldamiseks. Saadud vormipooled koostatakse ja valatakse sulametaliga. See meetod oma kalliduse tõttu võib kasutamist leida individuaal- ja väikeseeriatootmises, sest selle meetodi puhul on võimalik kasutada puitmudeleid.

D. Valu klaasvormidesse

Kuumuskindel klaasvorm valmistatakse peenestatud kvartsklaasist (4 kaaluosa) ja veest (1 kaaluosa). Mudel koos valukanalitega (kahest poolest) valmistatakse ükskõik missugusest materjalist. Mudeli järgi valatakse harilikust kipsist matriits ning viimase järgi poorsest kipsist mudel. Saadud mudel asetatakse mudeliplaadile, ümbritsetakse raa-

miga ja valatakse üle klaasist ning veest valmistatud vormiseguga. 5—10 minuti jooksul imbub vesi poorsest kipsist mudelisse ning mudeli ümber tekib klaasist koorik. Liigne segu valatakse ära. Edasi kuivatatakse koorikut ühes mudeliga 60° C juures 15 minutit, eemaldatakse siis koorik, kuivatatakse uuesti 90° C juures ning põletatakse temperatuuril 950—1000° C. Klaasvorme kasutatakse kuumuskindlate sulamite valamisel. Nad annavad suure pinnasiledusega valandid, millel pinna ebatasasused ei ületa 1 μ . (33).

8. POOLALALISED JA METALLKERAAMILISED VORMID

Metallvormide põhiliste puuduste — kalliduse ja malmvalu pinna valgenemise vältimiseks kasutatakse poolalalisi ja metallkeraamilisi vorme.

Poolalalised vormid valmistatakse segust: 41% jahvatatud šamotti, 10% kasutatud šamottsegu, 15% tulekindlat savi, 25% kvartslüüva ja 6—8% vett. Jahvatatud šamott võetakse teralisusega 1—4 mm. Tuleb vältida happeliste ja poolhappeliste tulekindlate kivide kasutamist, sest nendest valmistatud poolalalised vormid lagunevad pärast esimest valu. Pärast hoolikat segamist on segul järgmised näitajad: gaasiläbitavus $K_w = 50 \div 100$, survetugevus $T_s = 0,8—1$ kg/cm², kuivatatult tõmbetugevus $T_t = 1,2—1,5$ kg/cm².

Sellest segust valmistatakse vorm harilikes vormkastides. Pärast mudeli eemaldamist niisutatakse vormi pintsliga abil veega, lastakse siis õhu käes 4—5 tundi taheneda ning kuivatatakse seejärel 350—450° C juures 10 tundi. Edasi kontrollitakse vormi, määratakse kuivamisel tekkinud praod hoolikalt kinni ja kuivatatakse uuesti. Valamisvormi värvitakse kaks korda värviga, milles on musta grafiiti 19%, jahvatatud koksi 37%, tulekindlat savi 37%, puusütt 7% ja vett erikaaluni 1,3. Pärast valu lastakse valandil jahtuda, et tekiks pilu vormi ja valandi vahel, mis kergendab valandi eemaldamist vormist. Kui valandi eemaldamisel esineb purunemisi, siis vorm remonditakse, kuivatatakse kohapeal ja värvitakse kaks korda. Neid vorme kasutatakse lihtsate ja suurte valandite valamiseks, kusjuures nende püsivus ei ületa 15—20 valu.

Metallkeraamilised vormid võimaldavad laiades piirides

reguleerida valandi jahtumiskiirust ja saada malmvalandeid ilma pinna valgenemiseta ning soovitava terasuurusega. Metallkeraamilised vormid valmistatakse mudeli- ja täitesegust. Mudelisegu koosneb 40—50% malmilaastudest, 20—25% asbestiidist, 10—15% grafiidist, 15—20% tulekindlast savist ja 7—8% vesiklaasist mooduliga 2,1—2,3 ning erikaaluga 1,48; täitesegu — 72—80% malmilaastudest, 15—20% tulekindlast savist, 6—8% vesiklaasist. Segu niiskus peab küllaldase tihendamise saamiseks olema 7—8%. Asbestiiti võib asendada 4. sordi asbestiga, grafiiti — jahvatatud antratsiidiga; malmilaastud peavad olema puhtad, õlita ja oksüdeerimata.

Asbest, šamott, grafiit, tulekindel savi ja malmilaastud sõelutakse läbi sõela aukudega 1,5—2 mm, segatakse algul kuivalt 5 minutit ning peale vesiklaasi ja vee lisamist veel 12—15 minutit. Sellest segust vormitakse ribidega ja kanditud sisemiste servadega vormkasti vorm, kasutades ükskõik millisest materjalist mudelit. Pärast mudeli eemaldamist armeeritakse vorm kogu paksuses 4—5 mm läbimõduga traaditükkidega või lehtterase jäätmetega, silutakse pind ja värvitakse värviga, mis sisaldab 84—88% grafiiti, 8—10% tulekindlat savi, 4—6% vesiklaasi ja vett erikaaluni 1,3—1,4. Normaalselt võetakse metallkeraamilise kihi paksuseks 25—35 mm.

Vormi kuivatatakse algul 48 tundi õhu käes ning siis ahjus, mille temperatuur tõstetakse aeglaselt 550—600° C ja hoitakse sellel tasemel 4—5 tundi. Pärast seda jahutatakse vorm koos ahjuga kuni 300—350° C ning kaetakse siis 2 korda grafiitvärviga. Pärast grafiitvärvi kuivamist kantakse peale 1 mm paksune kattevärv, mis koosneb 27% grafiidist, 54% tolmu kujulisest põlenud vormisegust, 10% tulekindlast savist, 6% sulfiitleelisest, 3% vesiklaasist ja veest segu erikaaluni 1,45—1,5. Vormi paakumine toimub valamisel. Kui valandi seinapaksus on üle 40 mm, eemaldatakse esimene valand 300° C juures. Ohukeste seintega valandite puhul tuleb kuivatamisel temperatuur tõsta 850—900° ja hoida vorm sellel temperatuuril 5—6 tundi, kusjuures ahju keskkond peab olema taandav. Normaalselt on metallkeraamiliste vormide püsivus 700—1000 valandit. Laialdast kasutamist pole nad oma valmistamise keerulisuse ja ebaühtlase püsivuse tõttu leidnud. Vormi püsivus oleneb suuresti vormkasti konstruktsioonist, segu kvaliteedist ja tihendamisest,

kuivatamise ja paakumise astmest ning värvimisest. Peale 5—6 valandit tuleb vana värvikiht harjaga eemaldada ja peale kanda uus, 1 mm paksune värvikiht.

9. PIDEVVALU

Pidevvalu prioriteet kuulub Uraali töölisele Vassili Ivanovile, kes patenteeris selle meetodi 1905. aastal Saksamaal. Pidevvalu põhimõte seisab selles, et ühest otsast valatakse sulametall ühtlase ja pideva joana jahutatavasse metallvormi — kristallisaatorisse, teisest otsast aga eemaldatakse valatud lati või toru näol. Jahutatavas metallvormis toimub tardumine kiiresti alt üles, mistõttu saadakse suure tiheduse, ühtlase keemilise koostise ja kõrgete mehaaniliste omadustega valand. Pidevvalu põhimõtteline skeem on toodud joonisel 44. Kristallisaatori alumisse otsa asetatakse enne valu eriline varras-sulgur. Selle ülesandeks on takistada sulametalli väljavoolamist, siduda tardunud metall vardaga ja võimaldada valandi eemaldamist kristallisaatorist. Valu eemaldamine peab toimuma kristallisaatorist metalli tardumise kiirusega, s. o. 0,75—1,0 m/sek. Vastasel korral protsess katkeb. Valandi eemaldamise kergendamiseks antakse kristallisaatorile edasi-tagasi liikumine. Praktiliselt on võimalik sel viisil valada 15—20 kolme meetri pikkust toru tunnis või 60—80 m latti.

Selle valuviisi eelisteks on:

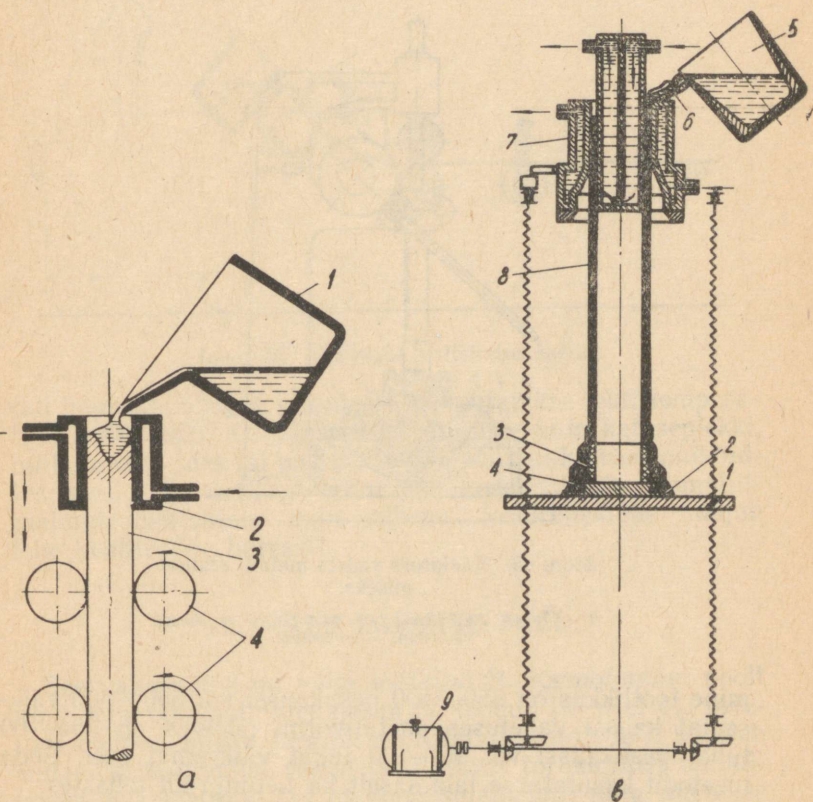
- 1) teoreetiline võimalus saada ükskõik missuguse pikkusega latti või toru;
- 2) suur kõlbliku valu väljatulek;
- 3) puuduvad kahanemis- ja gaasitühimikud;
- 4) suur pinnasiledus;
- 5) kõrged mehaanilised omadused;
- 6) madal omahind, sest langeb ära valtsimine.

Puuduseks on suured sisepinged, mis tekivad valandi kiirel jahtumisel.

10. VEDELA METALLI STANTSIMINE

Vedela metalli stantsimisel valatakse sulametall alumisse metallvormi — matriitsi 3 (joon. 45). Templi allaliikumisel täidab sulametall templi ja matriitsi vahe ning liigne

metall surutakse kanalisse 4. Pärast tardumist vorm avatakse ning võetakse valand välja. Vedela metalli stantsimiseks võib kasutada käsi-, mehaanilisi ja hüdropresse. Vormi



Joon. 44. Pidevvalu skeemid:

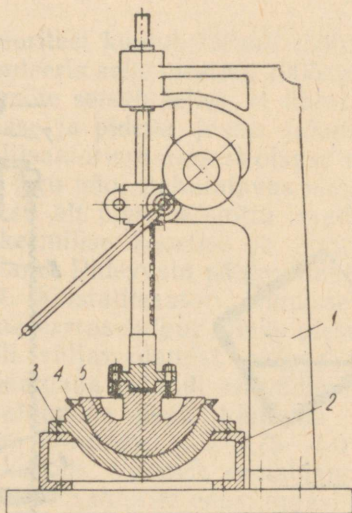
a — lati valamine; 1 — valukopp, 2 — kristallisaator, 3 — valatud latt, 4 — veovõllid; *b* — toru valamine; 1 — alus, 2 — kaasavedaja, 3 — kärn, 4 — toruäärik, 5 — valukopp, 6 — renn, 7 — kristallisaator, 8 — valatud toru, 9 — elektrimootor.

konstruktsioon peab takistama sulametalli väljapritsimist. Samal eesmärgil tuleb vorm ümbritseda kaitsekilbiga. Seda meetodit kasutatakse põhiliselt alumiiniumist ja tema sulamitest detailide valmistamisel.

Enne stantsimist kuumutatakse vorm 120—150° C ja kae-

takse katteseguga — 50 g tsinkoksüüdi (ZnO), 10 g kolloid-
aalgrafiiti, 15 g vesiklaasi liitri vee peale.

Edukalt on seda meetodit rakendanud Makejevka linna
tööstuskombinaat laiatarbekaupade valmistamisel. Kesk-



Joon. 45. Käsiress vedela metalli stantsi-
miseks:

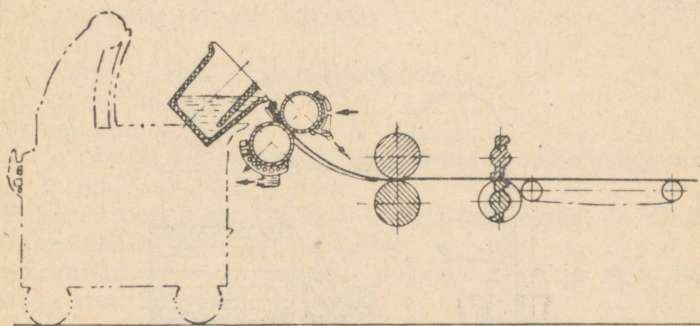
1 — raam, 2 — alus, 3 — matriits, 4 — kanali
välissein, 5 — tempel.

mine tootlikkus on 350—400 pesukaussi või 550—600 väik-
semat kaussi vahetuses, metallvormi püsivus on 50—60
tuhat pesukaussi või 90—100 tuhat väiksemat eset. Seda
meetodit kasutatakse laialdaselt ka Leningradi tehastes.

11. MALMLEHE VALTSIMINE

NSV Liidu valajate viimastest saavutustest omab suurt
tähtsust malmlehe tootmine valtsimise teel. Malmlehe valt-
simine on välja töötatud ja tootmisesse juurutatud V. Uli-
tovski ja E. Nikolajenko poolt. Selle meetodi põhimõte sei-
sab selles, et sulamalmi valatakse pidevalt renni, kust ta
kogu renni pikkuselt jookseb pöörlevate ja veega jahutata-

vate valtside vahele. Viimastes metall tardub ning suundub edasi järgmisesse valtsipaari, kus ta rotatsioonkääridega lõigatakse soovitava pikkusega lehtedeks (joon. 46). Kiire jahtumise tõttu lehed valtsimisel valgenevad ning muutu-



Joon. 46. Malmlehe valtsimise skeem.

vad hapraks. Sitkuse saamiseks lõõmutatakse lehti temperatuuril $900\text{--}950^{\circ}\text{C}$. Malmleht võib asendada katuseplekki, millega võrreldes tal on mitu korda suurem korrosioonikindlus, kuid selle tootmist pidurdab fosforivabade hematit-malmide defitsiitsus. Juba vähene fosforisisaldus mõjub lehe kvaliteedile halvasti.

12. VALU IMEMISE TEEL

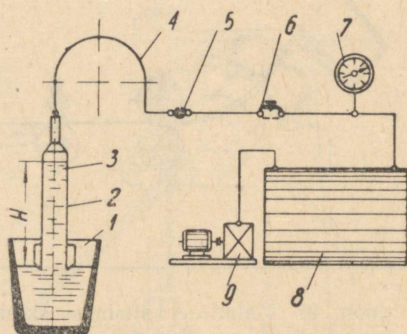
See valumeetod on välja töötatud B. Ksenofontovi poolt ning selle põhimõtteline skeem on toodud joonisel 47. Meetodi olemus seisab järgmises. Kristallisaator, mis kujutab endast kaheseinalist veega jahutatavat torukujulist metallvormi, sukeldatakse üht otsapidi sulametalli ning imetakse sellesse pumba poolt tekitatud vaakuumi mõjul sulam metall. Edasi tõstetakse kristallisaator üles, hoitakse kuni teatud paksusega tardunud kihi saamiseni ning lülitatakse siis vaakumpump välja. Selle tagajärjel voolab sulam metall kristallisaatori keskmisest osast tagasi tiiglisse ning tekib õõneskeha, mis kristallisaatorist eemaldatakse.

Seda meetodit kasutatakse nii õõneskehade kui ka täiskehade tootmiseks. Valandi välispind saadakse puhas, tolerantidega $\pm 1\text{ mm}$, sisemine pind aga laineline. Selle

vältimiseks asetatakse kristallisaatorisse kärn harilikust kärnisegust.

Selle meetodi eelised on:

- 1) kõlbliku valu suur väljatulek;
- 2) vorm täitub sujuvalt ning täitumine oleneb vähe töötajast;



Joon. 47. Valu imemise teel:

1 — tiigel, 2 — vorm, 3 — sulametall, 4 — kummitoru, 5 — kraan, 6 — vaakuumi sügavuse regulaator, 7 — vaakuummeeter, 8 — vaakuumballoon, 9 — vaakuum pump.

Puudused:

- 1) väike tootlikkus;
- 2) piiratud kasutamisevõimalused.

13. MALMI SULATAMINE VAGRANKAS

Vagranka, see tähelepanuvääriv vene leiutis (1774) oli, on ja jääb kauemaks ajaks põhiliseks malmisulatamise ahjuks. See on tingitud vagranka kõrgest termilisest kasutegurist, mis võrdub 35—40%.

Valandite kvaliteet oleneb suuresti sulametalli koostisest ja temperatuurist. Mida kõrgem on sulametalli temperatuur sulatamisel, seda kõrgemad on valandite mehaanilised omadused ja väiksem valupraak. Vagrankast võib aga saada sulametalli temperatuuriga 1260° C kuni 1450° C. Nii-sugune suur temperatuuri kõikumine ongi üheks perioodiliselt esineva massilise valupraagi põhjuseks. Praagi vältimiseks peab iga sulataja ja valutsehhi insener-tehniline

töötaja tundma vagrankas malmi sulatamisel kulgevaid protsesse ja tegureid, mis neid protsesse mõjutavad. Seejärel tutvumegi nende protsessidega ja teguritega lähemalt.

Vagrankas kulgevate protsesside kirjeldamiseks jaotatakse vagranka neljaks tsooniks:

- 1) kolle,
- 2) põlemis- ehk ülekuumutustsoon,
- 3) sulamistsoon,
- 4) eelkuumutustsoon.

Kolle ulatub vagranka põhjast (metalli väljalaskeavast) kuni furmide alumise seinani.

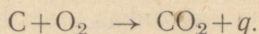
Põlemistsoon algab furmide alumisest seinast ja ulatub furmidest 600—800 mm ülespoole.

Sulamistsoon asub ülalpool põlemistsooni ja selle kõrgus on kuni 250 mm.

Ülemine šahtiosa kuni täiteavani moodustab eelkuumutustsooni.

Põlemisprotsessi uurimisel vagrankas on suure töö teinud NSV Liidu teadlased ja insenerid, eriti L. Marienbach, N. Giršovitš jt.

Põlemisprotsess vagrankas on võimalik hapniku ja kütuse süsiniku otsese kokkupuutumise teel. Otsese kontakti saavutamiseks on vajalik, et hapnik tungiks läbi kütuseosakesi ümbritseva gaasi- ja šlakikihi, s. t. et hapnik difundeeruks kütuseni, mille tulemusena tekib õhuhapniku ja kütuse süsiniku vahel keemiline reaktsioon



Suurt tähtsust omab siin difusioonitegur või hapniku transportimise aeg läbi gaasilise piirikihi ja šlaki.

Teisest küljest kulgeb iga protsess, nende hulgas ka süsiniku ja hapniku ühinemise protsess, teatud kiirusega, s. t. et süsiniku ühinemiseks hapnikuga kulub teatud aeg. Difusiooni ja keemiliste reaktsioonide kiiruste vahetegur etendab põlemisel otsustavat tähtsust. Võib esineda kaks juhtu, mis erinevalt määravad põlemisprotsessi käigu. Esimene juhus — kui keemiliste reaktsioonide kiirus, võrreldes difusiooni kiirusega, on suur, siis protsessi limiteerivaks teguriks on difusiooni kiirus, põlemine toimub difusioonisel alal. Teine juhus — kui difusiooni kiirus on suurem keemiliste reaktsioonide kiirusest, siis limiteerivaks teguriks on

keemiliste reaktsioonide kiirus ja põlemine toimub kineetilisel alal. Nii difusiooni kui ka keemiliste reaktsioonide kiirus oleneb temperatuurist, kuid difusiooni kiirus oleneb sellest suuremal määral kui keemiliste reaktsioonide kiirus. Eksperimentaalsed andmed näitavad, et vagrankas toimub põlemine difusioonisel alal ja et primaarseks põlemisproduktiks on süsinikoksüüd CO. Süsinikoksüüd, puutudes kokku vaba hapnikuga, hapendub (põleb) süsihappegaasiks, mille tulemusena süsihappegaasi-sisaldus tõuseb. Teatud kõrgusel ja sügavusel on süsihappegaasi-sisaldus maksimaalne ja vaba hapniku sisaldus minimaalne. Põhjakoksi seda ala, kus süsihappegaasi-sisaldus suureneb kuni tema maksimumini, nimetatakse hapnikutsooniks, sest siin on määravaks hapniku ja süsiniku või hapniku ja süsinikoksüüdi vahelised reaktsioonid. Ülalpool hapnikutsooni CO₂-sisaldus väheneb ja CO-sisaldus suureneb. Kuna gaasid peaaegu ei sisalda vaba hapnikku, siis ainsaks komponendiks, mis võib reageerida nendes tingimustes koksi süsinikuga, on süsihappegaas, mistõttu siin toimubki süsihappegaasi taandamine



Kuna põhjakoksi kogu kõrgusel gaasiline keskkond on metalli suhtes hapendava iseloomuga, siis seda ala ei kutsuta taandavaks, vaid reduktsioonialaks või -tsooniks. Seega koosneb põlemistsoon kahest alatsoonist — hapniku- ja reduktsioonitsoonist. Et vagrankasse juhitakse õhk furnide kaudu ja et õhuvool suundub perifeerialt keskele, siis ei ulatu hapnikutsoon vagrankas praktiliselt furnidest kõrgemale. Reduktsioonitsoon aga algab furnide ülemisest servast ja ulatub kuni sulamistsoonini [25].

Vaatame, millised tegurid mõjutavad hapniku- ja reduktsioonitsooni kõrgust.

1. Õhu hulk. Et hapnikutsoonis põlemiskiirus oleneb difusiooni (hapniku juurdetransportimise) kiirusest, siis õhuhulga suurenemisega kasvab gaaside liikumiskiirus ning võrdeliselt sellega suureneb kontakt hapniku ja koksisüsiniku vahel. Seetõttu ei olene hapnikutsooni kõrgus õhuhulgast ja hapnik kasutatakse põhjakoksi ühel ning samal kõrgusel, olenemata sellest, kas puhume vagrankasse 50 või 150 m³/m² õhku minutis.

2. Koksitükkide suurus. Mida suuremad ja tihedamad on koksitükid, seda väiksem on hapniku kokkupuutepind koksi-

süsinikuga, seda aeglasemalt kasutatakse ära kogu hapnik ning seda kõrgem on hapnikutsoon. Hapnikutsooni kõrgus (H), olenevalt koksitükkide keskmisest läbimõõdust (d_k). Kolodtsevi järgi, määratakse kindlaks valemiga

$$H = (4 \div 6) d_k.$$

3. Sissepuhutava õhu temperatuur. Õhu temperatuuriga suureneb difusiooni kiirus ja vastavalt sellele väheneb hapnikutsooni kõrgus.

4. Hapniku lisamine sissepuhutavale õhule. Hapnikusisalduse suurenemisega tõuseb põlemistemperatuur. Temperatuuri tõusuga suureneb aga difusiooni kiirus. Järelikult hapniku kasutamisel hapnikutsooni kõrgus väheneb.

Seega näeme, et põhjakoksi kõrgus, kus süsihappegaasisisaldus ja gaaside temperatuur on maksimaalne, ei olene antavast õhuhulgast, vaid ainult koksitükkide keskmisest läbimõõdust, õhu temperatuurist ja hapnikusisaldusest.

Reduktsioonitsoonis toimub süsihappegaasi taandamine süsinikoksüüdiks. See reaktsioon on endotermiline ja põhjustab gaaside temperatuuri langust. Temperatuuri langus on seda suurem, mida rohkem CO_2 taandatakse CO , s. t. mida rohkem gaasid sisaldavad süsinikoksüüdi. Reduktsioonitsooni kõrgus, arvatuna kindlale temperatuurile, õhuhulga suurenemisega kasvab, sest siin kulgevad protsessid kineetilisel alal, ja läheb teatud aeg Δt , et n protsenti CO_2 reageeriks süsinikuga. Mida suurem on gaaside liikumiskiirus v , seda kõrgemale nad tõusevad aja Δt vältel ja seda kõrgem on reduktsioonitsoon. Reduktsioonitsooni kõrgus H_r määratakse valemiga

$$H_r = v \cdot \Delta t.$$

Teiste sõnadega, ühel ja samal kõrgusel H_r furmidest on gaaside süsinikoksüüdisisaldus väljumisel põhjakoksisist seda väiksem, mida suurem on antava õhu hulk.

Reduktsioonitsooni kõrgus oleneb ka kütuse reaktiivsusest. Ühe ja sama protsendi CO_2 taandamiseks samades tingimustes, olenevalt kütusest, on tarvis eri kestused t , s. o. ühe ja sama aja Δt jooksul taandatud CO_2 hulk oleneb kütusest. Mida kiiremini kulgeb protsess $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$, seda reaktiivsem on kütus ja seda madalamad on reduktsioonitsooni kõrgus ning põhjakoksisist väljuvate gaaside temperatuur.

Seepärast ei kõlba vagranka kütuseks puusüsi, kõrgahjukoks, turvas, põlevkivi jne.

Seega näeme, et gaaside temperatuur põhjakoksisist väljudes oleneb gaaside koostisest. Õhuhulga suurenemisega kasvab gaaside liikumiskiirus, väheneb süsihappegaasi taandamine ja tõuseb gaaside temperatuur. Kuid gaaside temperatuur tõuseb õhuhulga suurenemisel ka selle tõttu, et suureneb ajaühikus eraldatud soojusehulk, kuna soojuskaod kasvavad suhteliselt vähem.

Sulamistsoonis annavad kuumad gaasid, puutudes kokku metallipanusega, osa oma soojusest viimasele, tõstes selle temperatuuri sulamistemperatuurini. Metall maksimaalne temperatuur võib siin tõusta kõige raskemini sulava komponendi sulamistemperatuurini. Sulamistsooni kõrgus vagranka töörežiimist peaaegu ei olene, kasvades ainult mõnevõrra koksikulu suurenemisel. Sulamistsooni kõrgus on normaalselt 150—200 mm ning see määrab ka vahekoksi normaalkihi paksuse. Ülalpool sulamistsooni — šahtis toimub täidise eelkuumenemine. Kõik eksperimentaalsed ja teoreetilised uurimused näitavad, et šahti kõrgus sulatamisprotsessi oluliselt ei mõjuta.

Sulametalli tilgad puutuvad põlemistsooni läbides kokku kuumade gaaside ja koksiga, kusjuures toimub soojuseülekanne konvektsiooni ja kiirgamise teel, mille tagajärjel sulametalli temperatuur tõuseb, kuni tilgad pole langenud furmideni. Mida kõrgem on põlemistsoon, seda pikem on tilkade tee kuni furmideni, seda rohkem soojust antakse gaasidelt ja koksilt sulametallile ja seda kõrgem on sulametalli temperatuur. Põlemistsooni kõrgus muutub perioodiliselt, kuna metalli sulatamiseks tarvisminev soojus saadakse põhjakoksi põlemise arvel. Viimase kõrguse vähenemisega langeb aga võrdeliselt ka põlemistsooni kõrgus. Mida suurem on metallipanuse, seda rohkem põleb põhjakoksi metallipanuse täieliku sulamiseni ja seda lühemaks muutub tilkade tee läbi kuumade gaaside ja koksi, mis põhjustab sulametalli temperatuuri languse. Uus vahekoksi kiht taastab põhjakoksi normaalse kõrguse ja sulametalli temperatuur ajutiselt tõuseb. Mida suuremad on põhjakoksi kõikumised, seda madalam on metalli temperatuur. Kõrgtemperatuurilise metalli saamiseks ei tohi põhjakoksi kõikumised ületada sulamistsooni kõrgust, s. t. 150—200 mm. Lähtudes sellest määratakse vahekoksi maht ja kaal valemitega

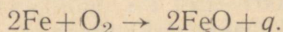
$$V_k = h \cdot F \text{ m}^3,$$

$$Q = h \cdot F \gamma \text{ kg},$$

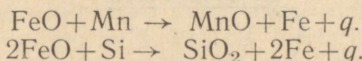
kus h on sulamistsooni kõrgus m, $h=0,15-0,20$ m,
 F — vagranka ristlõige m^2 ,
 γ — koksi mahukaal, $\gamma=450-500$ kg/m^3 .

Metallipanuse määratakse vahetult kaalust lähtudes ning võetakse 8—12 korda suurem kui vahetult panus.

Langedes läbi põlemistsooni, metallitilgad hapenduvad



Raudoksüüd läheb osaliselt šlakki, kuid peamiselt taandatakse räni või mangaaniga



Need reaktsioonid on eksotermilised ja tõstavad sulametalli temperatuuri $50-60^\circ \text{C}$ võrra. See temperatuuri tõus toimub metalli enda põlemise arvel ja põhjustab metalli kadu põlemise näol, mis ulatub vagrankas normaalselt 0,5—1%, kuid võib ebaõige režiimi korral tõusta kuni 2—2,5%.

Koldes või kogujas langeb sulametalli temperatuur soojuskadude tõttu.

Gaaside ja metalli temperatuuri muutused on toodud joon. 48.

Põhilisteks teguriteks, mis määravad vagrankas kulgevate protsesside iseloomu, on vagranka gaaside soojusemahutavus ja soojuseülekanne gaasidelt metallile. Soojuseülekanne suurendamiseks gaasidelt metallipanusele ning sulamisprotsessi kiirendamiseks on vaja:

1. Suurendada vagrankasse puhutava õhu hulka ja gaaside liikumiskiirust. Mida suurem on gaaside liikumiskiirus, seda suurem on soojuseülekanne.

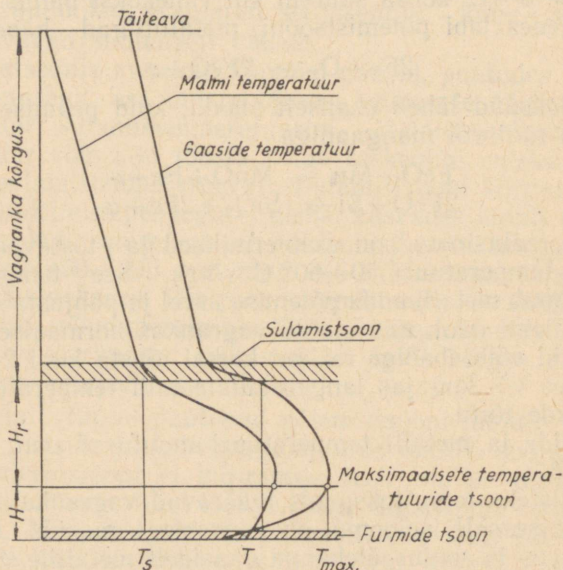
2. Kasutada metallipanuseks peenetükilist metalli. Mida väiksemad on tükid, seda suurem on metalli ja gaaside vaheline kokkupuutepind ning seda parem soojuseülekanne.

3. Tõsta põlemistsooni temperatuuri. Temperatuuri tõusu on võimalik saavutada põlemisprotsesside intensiivistamise teel.

Põlemisprotsessi on võimalik intensiivistada:

a) sissepuhutava õhu hulga suurendamisega, b) mitme-realiste furmide kasutamise, c) hapniku lisamisega õhule. d) õhu eelkuumutusega, e) gaasi, vedela või tolmu kujulise kütuse sissepuhumisega.

Vagranksse puhutava õhu kaal ületab vagranksse antava malmi, koksi ja flussi kogukaalu. Täidisesse antavat malmi, koksi ja flussi kaalutakse igas valitsehis võrdlemisi täpselt, vagranksse puhutavale õhuhulgale ei osutata aga mingit tähelepanu. Üksikutes tsehhides mõõdetakse sissepuhutava õhu mahtu, kuid selline mõõtmine ei õigusta



Joon. 48. Temperatuuride jagunemise skeem vagranks:

T_s — malmi sulamistemperatuur, T — sulamalmi temperatuur.

end, sest mahukaalude vahe talvel ja suvel ulatub 20—25%. Baromeetrilised rõhumuutused põhjustavad omakorda kuni 25—30% kaaluvahe. Vagranka täidise takistus gaaside liikumisele pole püsiv. Kasutades õhu puhumiseks tsentrifugaal-ventilaatoreid, väheneb vagranksse puhutav õhuhulk takistuse suurenemisega ja vastupidi. Need sissepuhutava õhuhulga kõikumised mõjutavad sulamisprotsessi ja malmi kvaliteeti. Valajad hindavad sissepuhutavat õhuhulka õhu erikuluga, s. o. sissepuhutava õhu hulgaga kuupmeetrites vagranka ristlõike ühe ruutmeetri kohta minutis — m^3/m^2 min. Normaalseks loetakse õhu erikulu 100—

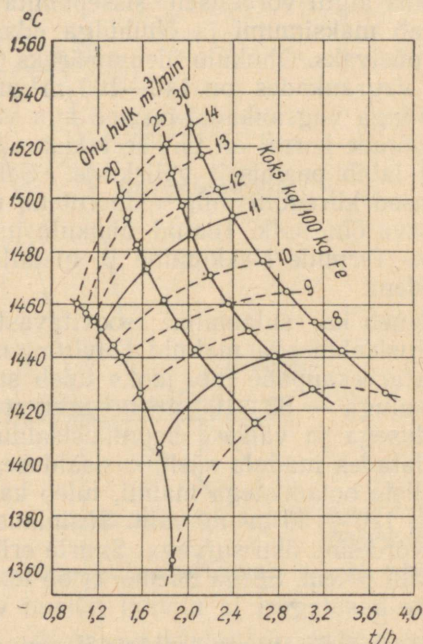
120 m³/m² min. Forsseeritud sulatamisel on see aga 120—160 m³/m² min. Õhu erikulu korral 180 m³/m² min. ja üle selle on kiirused niivõrd suured, et kogu hapnik ei jõua kütusega reageerida ning vaba hapniku sisaldus heitegaasides kasvab. Seega õhuhulga suurenemisega kasvab vagranka tootlikkus algul võrdeliselt sissepuhutava õhu hulga, saavutab maksimumi ja õhuhulga edasisel suurenemisel jääb püsivaks. Õhukulu ülemmääraks 600—800 mm läbimõõduga vagrankades on 140—160 m³/m² min., suurema läbimõõduga vagrankadel on see aga väiksem. Suuremate läbimõõtude korral on täidise takistus suurem, mistõttu õhuvool läbib peamiselt väliskihte. Selle tagajärjel põlevad viimased kiiremini ning seda rutem, mida suurem on sissepuhutava õhu hulk. Teatud õhukulu juures tekivad juba häired — furmide šlakkumine ja metallitükkide langetamine furmideni.

Õhukulu oleneb ka sulamalmi soovitatavast koostisest. Kõrge süsinikusisaldusega malmid kolvirõngaste, õhukese-seinaliste laiatarbekaupade jne. jaoks tuleb sulatada väiksema õhu erikuluga — 80—100 m³/m² min, et saada kõrge süsinikusisaldusega ja väikese hapnikusisaldusega malmi. Vastupidi, sulatades madala süsinikusisaldusega ning kõrgete mehaaniliste omadustega malmi, tuleb kasutada suurt õhu erikulu — 120—150 m³/m² min. Süsinikusisaldus malmis on pöördvõrdeline õhu survega. Suurte erikulude puhul suureneb metalli põlem. Seega näeme, et on teatud vastuolu kõrge termilise kasuteguri ja metalli põlemi vahel. Termiline kasutegur on seda suurem, mida väiksem on suhe $\frac{CO}{CO_2}$. Teisest küljest on põlem seda väiksem, mida suurem on suhe $\frac{CO}{CO_2}$. Et mitte põhjustada liigset metalli põlemist, mis oma maksumuselt ületab kokkuhoitud kütuse väärtuse, pole majanduslikult otstarbekohane töötada vahekoksi kuluga alla 10—12%. Hapnikusisalduse suurenemine 0,001% kuni 0,007% ei mõjuta malmi tehnoloogilisi omadusi [26].

Õhuhulga suurenemisega suureneb ka ajaühikus põlenud koksi hulk, vähenevad aga taandatud süsihappegaasi hulk ja soojusekaod. Vagranka tootlikkus on seda suurem ja malmi temperatuur seda kõrgem, mida kvaliteetsem on koks. Kui õhu erikulu ületab 150—160 m³/m² min., jahtub koks furmide juures, tekib furmide šlakkumine ja häired sulatus-

protsessis. Malmi tilgad, läbides jahtunud tsooni, kaotavad palju soojust ja sulametalli temperatuur langeb järsult.

Et reguleerida sulametalli kvaliteeti, on vaja reguleerida nii õhu hulka kui ka rõhku.



Joon. 49. Õhuhulga ja koksikulu mõju sulametalli temperatuurile ja vagranka tootlikkusele (Giesserei, 1956, N 8).

Õhuhulga ja koksikulu mõju sulametalli temperatuurile ja vagranka tootlikkusele on toodud joonisel 49.

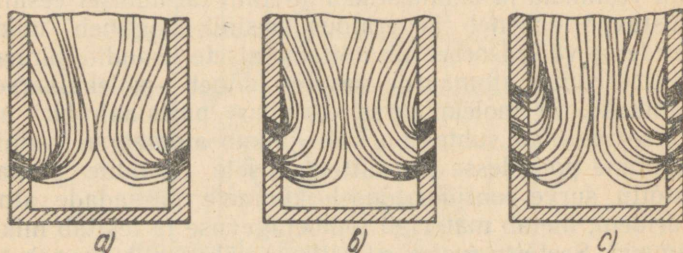
Uhes õhuga viiakse vagrankasse ka veeauru õhuniiskuse näol. Ükski tegur ei muutu sulatamisel nii laiades piirides kui õhu niiskus. Õhu niiskusesisaldus võib muutuda kuni 100 korda. Eesti NSV-s sisaldab 1 m³ õhku talvel -20° C juures vett 1 g/l, suvel 25° C juures aga kuni 24 g/l. Vagrankasse sattunud veeaurud lagunevad suuremalt osalt hapnikuks ja vesinikuks. Tekkinud vesinik lahustub vedelas malmis. Sulametalli kristalliseerumisel seovad karbiidid vesinikku. Vesinik tõstab karbiitide püsivust ja

põhjustab valandite pinna valgenemist. Aeglasel jahtumisel karbiidid lagunevad, vesinik vabaneb ja tekitab metallis mikropoore. Sidumata vesinik tardumisel eemaldub. Kui aga metallile on tekkinud koorik, ei saa vesinik vabalt eemalduda ning tekitab seetõttu gaasitühimikke. Vesinik soodustab ka kuumade pragude tekkimist. See on seletatav sellega, et suure niiskusesisalduse puhul metall lahustab palju vesinikku ja lämmastikku. Metalli tardumisel vesiniku lahustuvus väheneb ja eralduv vesinik koguneb mikropooridesse või adsorbeerub mittemetallsete lisandite pinnale. Adsorbeerunud atomaarne vesinik ühineb molekulaarseks vesinikuks. Et molekulaarse vesiniku partsiaalrõhk atomaarse vesiniku suhtes on null, jätkub atomaarse vesiniku tungimine pooridesse ja mittemetallsete lisandite pinnale, mistõttu surve poorides tõuseb kümnete ja sadade atmosfäärideni, ületab materjali tõmbetugevuse ja tekitab mikropragusid. Seetõttu malmi plastilisus väheneb, suureneb aga kalduvus kuumade pragude tekkimisele. Vesinikuisaldus suurendab ka metalli kahanemist ja kahanemistühimikkude tekkimist. Kõik see näitab, et niiskusesisalduse reguleerimine on olulise tähtsusega. Vastutusrikka valu puhul, kus gaasitühimikud, kahanemispoorsus ega mikropraod pole lubatud, tuleb õhu niiskus hoida minimaalsetes piirides ($3-5 \text{ g/m}^3$). Kui aga on tarvis saavutada vagranka maksimaalne tootlikkus, minimaalne koksikulu ja ülekuumutatud vedel malm, siis on soovitatav hoida õhu niiskus piirides $30-40 \text{ g/m}^3$. Käesoleval ajal on juba välja töötatud erilised seadeldised, mis võimaldavad reguleerida vagrankasse puhutava õhu niiskust. See on eriti tähtis valgendatud pinnaga valandite tootmisel.

A. Mitmerealised furmid

Mitmerealiste furmide kasutamine võimaldab õhuvoolu ühtlasemat jaotamist vagranka ristlõike ulatuses. Ühte ritta paigutatud furmide juures liiguvad gaasid juba põlemistsoonis läbi väliskihtide ja mööda vagranka sisemist seina (joon. 50), kuna siin takistus gaaside liikumisele on väiksem kui vagranka keskmises osas. Et hapnik ei tungi vagranka telgjooneni, toimub keskmises osas süsihappegaasi intensiivne taandamine, mille tulemusena langeb gaaside ja sulametalli temperatuur. Kolmerealiste furmide puhul suu-

reneb väliskihtides gaaside liikumise takistus, sissepuhutav õhk jaguneb ühtlasemalt vagranka ristlõike ulatuses (joon. 50, c), mistõttu paraneb keskmise osa toitmine õhuhapnikuga. Süsinikoksüüd, mis tekib keskmises osas, põletatakse 2. ja 3. rea furnide kaudu puhutud õhuhapniku arvel, mis laiendab kõrge temperatuuriga tsooni.



Joon. 50. Gaaside liikumise skeem vagrankas:

a) ühte ritta asetatud furnide puhul, b) kahte ritta asetatud furnide puhul, c) kolme ritta asetatud furnide puhul.

Mitmerealiste furnidega vagrankal on need eelised ainult õhu forsseeritud puhumisel, kui õhu erikulu on 140—160 m³/m² min. ja koksikulu 10—12%. Väiksema õhuhulga juures furnide mitmerealine asetus, võrreldes ühte ritta paigutatud furnidega, eeliseid ei oma. Õige režiimi juures L. Marienbachi andmetel [25] annab mitmesse ritta paigutatud furnidega vagranka järgmisi tulemusi, võrreldes furnide üherealise asetusega:

- 1) vedela metalli temperatuur tõuseb 20—25° C,
- 2) vagranka tootlikkus suureneb 25—30%,
- 3) koksikulu väheneb 15—20%,
- 4) väheneb furnide šlakkumine ja muutub lihtsamaks vagranka teenindamine.

Niisuguseid eeliseid annab furnide mitmerealine asetus vagrankadel, läbimõõduga kuni 900 mm. Keskmiste ja suure läbimõõduga vagrankade puhul kütuse kokkuhoidu ega tootlikkuse suurenemist ei esine, küll aga hoiab furnide mitmerealine paigutus ära furnide šlakkumise, tagab vagranka ühtlasema töötamise ja lihtsustab vagranka teenindamist.

B. Õhu eelkuumendamine

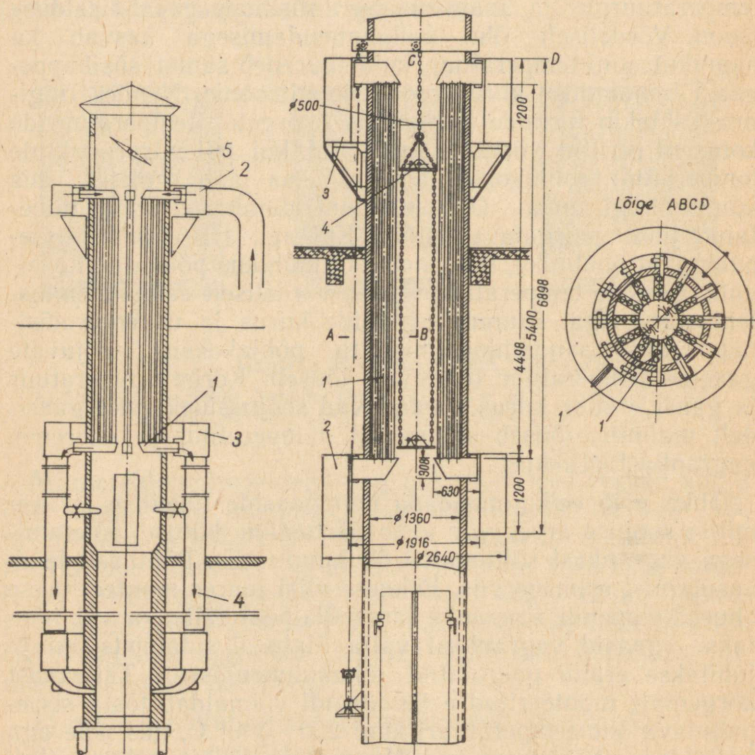
Õhu eelkuumendamine suurendab reaktsioonide ja difusiooni kiirust. Mida kõrgem on sissepuhutava õhu temperatuur, seda lähemale furmidele langeb maksimaalsete temperatuuride ja maksimaalse süsihappegaasi-sisalduse tsoon. Võrdeliselt õhu eelkuumendamisega kasvab ka hapnikutsooni temperatuur, kuid suureneb samuti süsihappegaasi taandamise kiirus reduktsioonitsoonis. Nendes tingimustes tekib furmide piirkonnas kõrgete temperatuuride kontsentreeritud vöönd, samal ajal kui põlemisproduktide temperatuur põhjakoksi ülemises osas jääb samaks, mis külma õhugi korral. Õhu eelkuumendamine ei anna nimetatud juhul märgatavat efekti. Kui aga suurendada sissepuhutavat õhuhulka, suureneb ka ajaühikus põletatud koksihulk, gaaside temperatuur tõuseb võrdeliselt eelkuumendus-temperatuuriga, suureneb gaaside kiirus ja väheneb süsihappegaasi taandamine, mistõttu põhjakoksist väljuvate gaaside temperatuur tunduvalt tõuseb. Kõrge temperatuur ja gaaside suur kiirus parandavad soojuseülekannet gaasidelt malmile, tõuseb sulametalli temperatuur ja suureneb vagranka tootlikkus.

Õhku võib eelkuumendada heitegaaside füüsilise ja keemilise soojuse arvel või väheväärtusliku kütuse põletamisega vagrankast sõltumatus õhukuumendis. Põhiliselt leiab kasutamist esimene viis. Esimese viisi juures monteeritakse õhueelkuumendi vagranka sisse ülalpool täiteava või imetakse gaasid vagrankast välja ülalpool sulamistsooni ja juhitakse eraldi paigutatud õhukuumendisse. Täiteavast kõrgemale monteeritud eelkuumendi võimaldab tõsta sissepuhutava õhu temperatuuri kuni $200\text{--}300^{\circ}\text{C}$, mis pole aga küllaldane. Niisugune ins. Homudesi tüüpi eelkuumendi (joon. 51) on üles seatud tehases «Stankolit». Ins. Soboli andmetel saavutas ta 3-aastase eksploatatsiooni andmetel nimetatud eelkuumendiga vagranka juures järgmised soojustehnilised ja tehnoloogilised näitajad:

1. Vagranka tootlikkus suurenes kuni 20%.
2. Furmide šlakkumist esines vähem.
3. Püsiva koksikulu (14%) ja õhu erikulu ($110\text{--}120\text{ m}^3/\text{m}^2\text{ min}$) juures suurenes vagranka termiline kasutegur 10—12%, kusjuures sulamalmi temperatuur tõusis 40°C võrra ja oli pidevalt 1450°C .

4. Vähendades koksi kulu 20% võrra, oli malmi temperatuur 10–15° C kõrgem kui külma õhu korral.

5. Vähenes mangaani ja räni väljapõlemine ning malmi rikastumine väävli ja fosforiga.



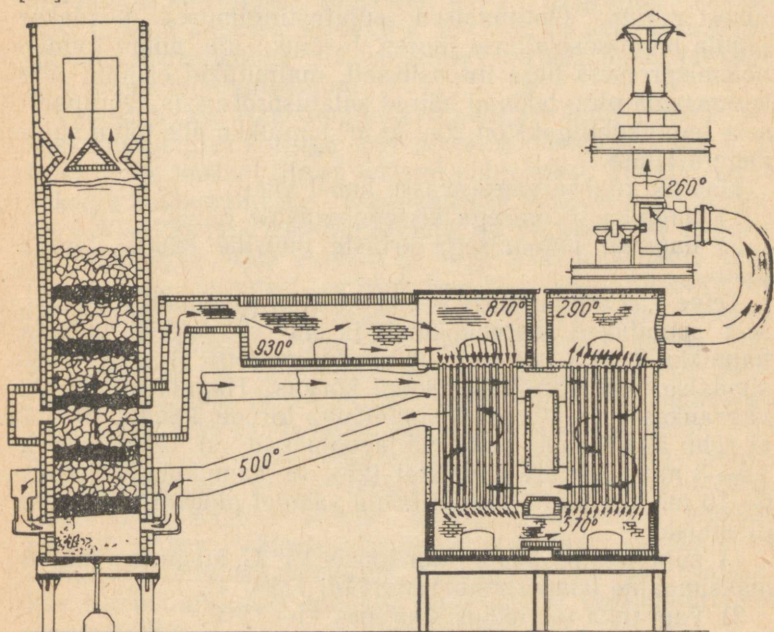
Joonis 51. Õhuelkuumendi:

1 — torud, 2 — külma õhu kollektor, 3 — kuumia õhu kollektor, 4 — kuumia õhu torud, 5 — šiiber.

6. Malmi vedelvoolavus suurenes 40–50% ning vähenes valgenemise oht ja joonkahanemine.

Õhu suurema eelkuumenduse (500–700° C) saamiseks imetakse heitegaasid välja natuke ülalpool sulamistsooni, kus gaaside temperatuur on 800–900° C, ja juhatakse vastuvoolu põhimõttel töötavasse õhuelkuumendisse (joon. 52).

Taolise õhuelekuumendiga vagranka, mille läbimõõt on 700 mm, võimaldab vähendada koksikulu 8—12%-ni ja saada metalli pidevalt temperatuuriga mitte alla 1410° C [27].



Joon. 52. Õhuelekuumendi.

C. Õhu rikastamine hapnikuga

Hapnikuprotsendi suurenemisega õhus tõuseb gaaside temperatuur ja sellega ka hapniku difusiooni kiirus, mis omakorda vähendab hapnikutsooni kõrgust ja lähendab kõrgete temperatuuride tsooni furmidale. Reduktsioonitsoonis suureneb kõrgemate temperatuuride tõttu süsihappegaasi taandamine süsinikoksüüdiks, mistõttu selle tsooni temperatuur langeb. Kõrge temperatuuri tõttu hapnikutsoonis paraneb soojusülekanne sulametallile, samal ajal kui reduktsioonitsoonis temperatuuri languse tõttu soojusülekanne väheneb. Tulemusena võib summaarne efekt võrduda nulliga. Et vältida reduktsioonitsoonis süsihappegaasi taandamist ja temperatuuri langust, tuleb suurendada sissepuhu-

tava õhu hulka, mis parandab soojuseülekannet põlemis-, sulatus- ja eelkuumendustsoonis. Et soojuseülekanne oleks parem sulamistsoonis, tuleb metallipanusena soojuseülekannde suurendamiseks kasutada hästi ettevalmistatud peenikest malmi. Optimaalsed sulatustingimused saadakse kindla hapnikusisalduse juures. Hapniku liia puhul toimub põlemisprotsess liiga intensiivselt, malmitükid ei jõua ette kuumeneda ning tekivad häired sulatusprotsessis. Optimaalseks hapnikuhulgaks on 20—30 m³ hapnikku ühe tonni sulametalli kohta.

Hapnik viiakse vagrankasse kahel viisil:

- 1) hapniku lisamisega sissepuhutavale õhule,
- 2) hapniku puhumisega eriliste düüside kaudu terava joana.

Teine viis annab võrreldes esimesega paremaid tulemusi, sest puuduvad hapnikukaod ja ta võimaldab puhuda hapnikku 2. ja 3. rea furnide kaudu, mistõttu ei lange maksimaalse temperatuuriga tsooni kõrgus. Hapnik puhutakse vagrankasse 8—10 mm läbimõõduga torude kaudu 10—12 at rõhu all. Torude otste väljavooluavad on läbimõõduga 1,5—3 mm. A. Kare andmetel (25) on hapnikukulu juures 6—10 m³ ühe tonni malmi kohta saadud pidevalt järgmisi tulemusi;

- 1) sulametalli temperatuur tõusis 15° C, kusjuures malmi maksimaalne temperatuur rennis oli 1395° C,
- 2) vagranka tootlikkus suurenes 11—12%,
- 3) koksikulu vähenes 10—11%,
- 4) oli võimalik kasutada madalaväärtuslikku koksi — kuni 25% tuhasisaldusega.

Teiste andmete järgi õhu rikastamine hapnikuga kuni 22,4—23 mahuprotsendini ei suurendanud vagranka tootlikkust, küll aga vähendas koksikulu 20% võrra. Malmi süsinikusisaldus hapniku kasutamisel suureneb 0,1—0,2% võrra. Kui aga tõsta hapnikusisaldust õhus üle 23%, põhjustab see metalli mehaaniliste omaduste langust (25).

14. MADALA SÜSINIKUSISALDUSEGA MALMI SULATAMINE VAGRANKAS

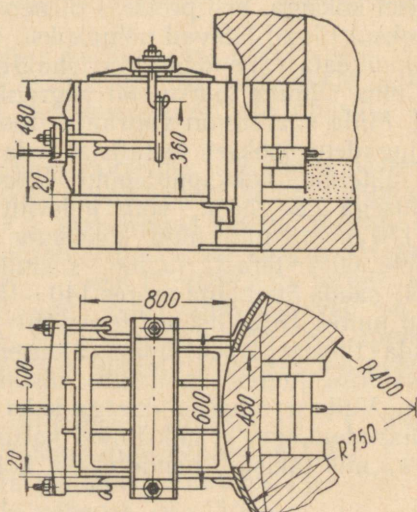
Modifitseeritud ja tempermalmi tootmiseks on vaja vähendada süsinikusisaldust malmis, mis pole aga lihtne saavutada. Sulatades vagrankas terasejätmeid, sisaldab sula-

metall 2,9—3% süsinikku. See ja igapäevased kogemused näitavad, et täidise valikuga ja kolde sügavuse muutmisega, ilma vagranka töörežiimi muutmata, pole võimalik saavutada süsinikusisalduse vähenemist. Süsinikusisaldus oleneb nii täidise keemilisest koostisest kui ka vagranka töörežiimist ja võib kõikuda 2,0—3,8% piirides. Olulisemaks teguriks süsinikusisalduse vähendamisel on vagranka protsesside intensiivne kulgemine.

Vedela terase rikastumine süsinikuga toimub sulametalli kokkupuutumisel koksiga. See protsess oleneb aga ajast ja teest, mille jooksul tilgad läbivad põhjakoksi. Tiilkade tee ja koksiga kokkupuuteaja vähendamiseks tehakse kolle kõrgusega 80—120 mm. Oluline tähtsus on vagrankasse puhutaval õhuhulgal. Mida suurem on vagranka tootlikkus, seda jämedamate jugadena jookseb metall ja seda väiksem on sulametalli suhteline kokkupuutepind koksiga. Malmi, süsinikusisaldusega 2,2—2,4%, võib pidevalt saada õhuhulga juures 170 m³/m² min ning koksikulu juures 20%, lisades täidisele 60% terast; malmi, süsinikusisaldusega 2,6—2,8%, võib saada õhuhulga juures 140—150 m³/m² min ning koksikulu juures 18%, lisades terast 40—50%. Soovitatav on kasutada tihedat koksi tuhasisaldusega 13—18%. Suure tuhasisalduse juures lahustub süsinikku vedelas metallis vähem. Väikese tuhasisaldusega koks on soovitatav immutada lubjavedelikuga, et koksitükid kattuksid vagrankas šlakikihiga, mis takistab nende otsesest kokkupuutumist sulametalliga.

Peenikese koksi korral on põlemine vagranka ristlõike ulatuses ebaühtlane ning sulamalmi temperatuur madal. Seepärast peab koksitükkide läbimõõt vagrankadel läbimõõduga 700—800 mm olema 60—80 mm. Et saada malmi temperatuuriga 1420—1460° C, tuleb võtta koksi 15—16% ja isegi 18%, puhuda õhku 135—150 m³/m² min ja lisada terast vähemalt 50% tädisest. Sel juhul on saadava malmi süsinikusisaldus 2,5—2,7%. Lisakoksi ei ole soovitatav anda, kuna see rikub põlemisrežiimi ühtlust ja põhjustab süsinikusisalduse suurenemist. Tähtis on ka tädisetükkide suurus. Suured tükid sulavad harilikult madalamates tsoonides, mis vähendab malmi süsinikusisaldust, peenemad tükid sulavad aga kõrgemates tsoonides ning tõstavad seega sulametalli temperatuuri. Reguleerides tükkide suurust, mõjutame sulametalli süsinikusisaldust ja temperatuuri. Põhjakoksi kõrgus peab olema suurem kui hariliku hallmalmi sulatamisel. Et

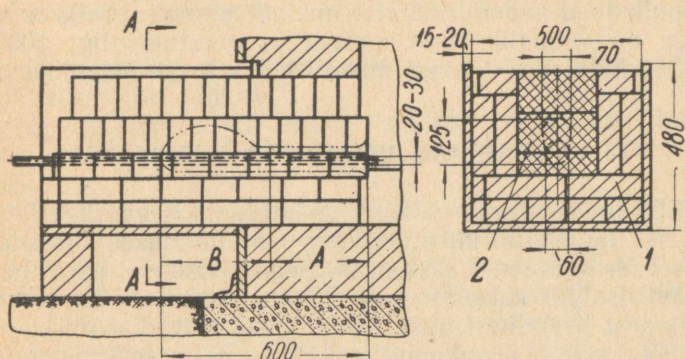
vähendada sulametalli ja koksi vahelist kokkupuuteaega, on soovitatav sulatada kogujatega vagrankades. Madala süsinikuisaldusega malmi sulatamisel tuleb lisada suuremal hulgal flusse, et tõrjuda räniühenditest välja FeO ja soodustada seega süsiniku suuremat väljapõlemist. Kogujateta vagrankade puhul ei tohi kolde sügavus olla alla 250 mm, kuna vastasel korral sulametall jahtuks sissepuhutava õhu toimel intensiivselt.



Joon. 53. Hapnikufurm.

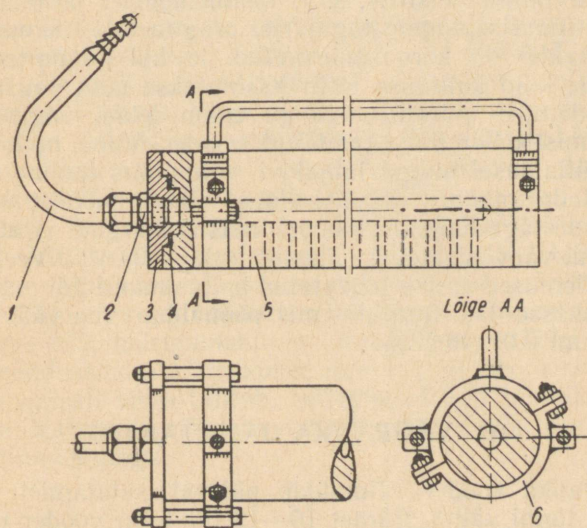
Vähese süsinikuisaldusega kõrgetemperatuurilist malmi on võimalik saada ka sulametalli läbipuhumisel hapnikuga. Sel juhul tuleb aga saavutada ühtlane lisandite väljapõlemise kiirus, milleks on tarvis anda pidevalt 1 tonni metalli kohta 5—6 m³ min hapnikku. Tulemusena tõuseb sulametalli temperatuur 80—100° C võrra [28]. Hapnik juhitakse kogujasse erilise hapnikufurmi abil (joon. 53 ja 54). Furmi püsivuse tõstmiseks tuleb kanal lõigata diinaskivide sisse.

Hapnikku võib viia metalli ka reñni peal ЦНИИТМАШ-i poolt väljatöötatud meetodil. Hapnikuballoonist juhitakse hapnik 10—12 at surve all grafiitorusse (toru pikkus 1000 mm, välisläbimõõt 100 mm), millesse on puuritud



Joon. 54. Hapnikufurmi ladumine:

1 — šamottkivid, 2 — diinaskivid.



Joon. 55. Seade hapniku andmiseks vagranka rennil:

1 — hapniku sissevoolutoru, 2 — nippel mutriga, 3 — kaas, 4 — tihend, 5 — grafiittoru, 6 — lahtivõetav klamber.

rida 1,5—2 mm läbimõõduga auke (joon. 55). Toru asetatakse eriliselt vormitud rennile, avadega allapoole, nii et hapnikujoad suunduksid risti metalli pinnale. Selle meetodiga on võimalik tõsta metalli temperatuuri ligi 100° C võrra, kulutades 1 tonni metalli kohta 1 m³ hapnikku [29].

15. ALUSELISE VOODRIGA VAGRANKAD

Et viimasel ajal väikese väävlisisaldusega koksistuva kivisöe tagavarad kiiresti vähenevad, minnakse koksi tootmisel üle suurema väävlisisaldusega kivisütele, mistõttu ka väävlisisaldus koksis tõuseb. Et aga väävel on üks kahjulikumatest lisanditest, tuleb sulatamisel võtta kasutusele eribinõud selle vähendamiseks valmis. Sel eesmärgil on paljud valmisulatusse tsehhid hakanud happelise voodri (šamott- ja poolhappeliste tulekindlate kivide) asemel kasutama aluselist voodrit. Aluseliseks voodriks kasutatakse magneesiiti, kroommagneesiiti ja stabiliseeritud dolomiiti. Magneesiitkividel on suur tulekindlus (üle 2000° C), kuid väike termiline püsivus, s. t. kuumenemisel ja jahtumisel nad suurte sisepingete tagajärjel pragunevad. Kroommagneesiitkividel on kõrge tulekindlus ja küllaldane termiline püsivus, kuid kalliduse tõttu kasutatakse neid vagrankade vooderdamiseks piiratult. Kõige enam leiab vagrankades kasutamist dolomiidist tambitud vooder. Viies malmi flussina küllaldasel hulgal lubjakivi, võimaldab taoline vooder vähendada malmi väävlisisaldust kuni 0,05—0,06% -ni. Kasutades aga lubjakivi asemel kaltsiumkarbiidi (CaC₂), on võimalik väävlisisaldust vähendada kuni 0,04%. Veel paremad tulemused annab jahvatatud kaltsiumkarbiidi puhumine vagrankasse läbi furmide, mis võimaldab viia väävlisisalduse kuni 0,01—0,02%.

16. VAGRANKA JAHUTAMINE

Vagranka vooder võimaldab pidevat sulatamist ainult 10—12 tunni vältel. Pärast 10—12 tundi on vooder niivõrd põlenud, et kuumeneb vagranka terasmantel ja sulatusprotsess tuleb katkestada. Selle tagajärjel on tulekindlate kivide kulu suur, vagranka vajab sagedast remonti ning sulatusrežiim on ebaühtlane, sest vagranka läbimõõt sulatusprot-

sessis muutub. Nende puuduste vältimiseks on hakatud välismaal laialdaselt kasutama vagranka sulatamis- ja põlemistsoonide jahutamist. Jahutamiseks kasutatakse kahte viisi:

a) vagranka voodrisse asetatakse torude võrk, millest juhitakse läbi külm vesi,

b) vagranka terasmantel kaetakse furmidest 1500—2000 mm kõrguseni jahutussärgiga, millesse juhitakse külm vesi.

Peamiselt kasutatakse teist moodust, mis on lihtsam ja ekspluatatsioonikindlam. Sellise jahutuse korral võib vagranka voodri paksust vähendada 250 mm kuni 65 mm. Vagranka läbimõõdu suurenemise tõttu tõuseb tootlikkus 30—50%. Tulekindlate kivide kulu väheneb 30—40%. Malmi temperatuuri võib hoida pidevalt 1370—1400° C. 800 mm läbimõõduga vagrankal on veekulu 10—12 m³ tunnis, kusjuures vee temperatuur sisenemisel on 12—18° C, väljumisel aga 45—60° C. Koksikulu suureneb 0,5—1%. Jahutusega vagrankad võivad pidevalt töötada 6—7 päeva [30, 31].

Moodsad vagrankad töötavad konditsioneeritud (kindla niiskusesisaldusega) kuuma õhuga, vesijahutusega ja automatiseeritud tsükliga. Näiteks Dirbornis töötab Fordi tehases 4 täielikult automatiseeritud vagrankat tootlikkusega igaüks 25 t/tunnis. Vagrankad on kinniste šahtidega, kõrgahjutüüpi sulguritega, vesijahutusega ja töötavad konditsioneeritud kuuma õhuga. Vagrankad töötavad kahekaupa ning nendel on ühine õhuelkuumendi ja heitegaaside puhastusseade. Vagranka täitmine toimub skiptõstukiga automatiseeritult, kusjuures tsükkel on blokeeritud täidise kõrgusega vagrankas. Vagranka gaasid imetakse šahtist välja kohe ülalpool sulatustsooni, põletatakse eelkuumendis, suunatakse läbi märgpuhasti ja juhitakse atmosfääri. Õhuelkuumendussüsteem on blokeeritud nii, et see rikke korral automaatselt välja lülitub, heitegaasid aga juhitakse korstnasse. Vagranka süütamine toimub spetsiaalsete gaasi- või bensiinipõletitega.

17. KÕRGE TUGEVUSEGA HALLMALMID

Masinadetailide mōõted sõltuvad neile mõjuvatest jõududest ja metalli mehaanilistest omadustest. Kui kasutada

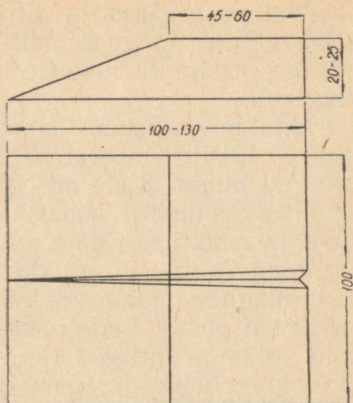
kõrgemate mehaaniliste omadustega metalle, siis võib tunduvalt vähendada detailide mõõteid ja kaalu. Neid võimalusi arvestavad konstruktorid ja tehnoloogid malmi kasutamisel vähe. Näiteks üleliidulises standardis ГOCT 1412-48 on ette nähtud kümme hallmalmi marki: CЧ 00, CЧ 12-28, CЧ 15-32, CЧ 18-36, CЧ 21-40, CЧ 24-44, CЧ 28-48, CЧ 32-52, CЧ 35-56, CЧ 38-60. Nendest malmimarkidest kasutatakse Eesti NSV tehastes esimest viit ja harva marki CЧ 24-44. Viimased neli marki ei leia aga üldse kasutamist, tingituna nende malmide tootmisel nõutavast kõrgemast tehnoloogilisest kultuurist ja püsivamast tehnoloogilisest režiimist. Küll aga annaks nende markide kasutamine metallisäästu, vähendaks tunduvalt masinate kaalu ja tõstaks nende ekspluatatsiooniiga.

Malmi mehaanilised omadused olenevad eelkõige grafiidi kujust ja põhimetalse massi struktuurist. Kuuel viimasel margil on peenelehekujuline grafiit ja perliitstruktuur. Viimast on võimalik saada süsiniku- ja ränisalduse vähendamise, termilise töötlemisega, legeerimisega ja modifitseerimisega. Mida rohkem vähendada süsiniku ekvivalenti ($C + \frac{1}{3} Si$), seda suurem on malmi struktuuri ühtlus erinevate seintepaksuste juures ning seda kõrgemad on ta mehaanilised omadused. Madala süsiniku-ekvivalenti puhul tekib aga dentriitidevaheline grafiit, mis tunduvalt alandab malmi mehaanilisi omadusi ja kulumiskindlust. Selle vältimiseks tuleb neid malme modifitseerida.

Viies täidisesse kuni 40% terast, võimaldab see vähendada süsinikusaldust malmis kuni 2,8—3%, mis tagab hallmalmi markide CЧ 21-40 ja CЧ 24-44 saamise. Terasel lisamisel paranevad valandite mehaanilised omadused ka siis, kui süsinikusaldus ei muutu. See on tingitud grafiidilehekeste peenenemisest. Grafiidi peenenemist mõjutab oluliselt sulamalmi temperatuur, mistõttu see ei tohi rennis olla alla 1390—1420° C.

Veel kõrgemate mehaaniliste omaduste saamiseks tuleb malmi modifitseerida. Modifitseerimiseks kasutatakse süsiniku väikese ekvivalentiga malmi, mis harilikes tingimustes tardub valgemalmiks või annab dendriitidevahelise grafiidi. Süsiniku ja räni summa võetakse 3,8—4,8% ($C + Si = 3,8 - 4,8$) või nende korrutis 3,0 — 5,5% ($C \cdot Si = 3,0 - 5,5$). Lisades niisugusele sulamalmile kopas või rennis 0,1—0,8% ferrosiliitsiumi, silikokaltsiumi, grafiiti vms., suurendame kunstlikult grafitiseerimistsentrite arvu

ja sunnime süsiniku eralduma peenelehelise grafiidi näol, mille tulemusena põhimetalne mass saab perliitstruktuuri. Modifitseeritud malmide üheks suuremaks paremuseks on nende struktuuri ja mehaaniliste omaduste ühtlus, mistõttu nad on kergesti töödeldavad. Peale selle on need suure tihedusega ning korrosiooni- ja kulumiskindlad. Valamisel tuleb arvestada modifitseeritud malmi suurema kahanemisega ning kahanemistühimikkude vältimiseks kasutada valupäid nagu terasvalugi



Joon. 56. Kiilproovikeha.

korral. Sulamalmi temperatuur rennis ei tohi olla alla 1400°C . Pärast peenestatud modifikaatori lisamist segatakse metall hästi läbi ja valatakse kohe vormidesse, sest modifikaator kaotab 10—15 minuti jooksul oma mõju. Suurte vormide korral (üle 6 tonni) viiakse modifikaator valukaussi.

Enne modifitseerimist tuleb rangelt kontrollida malmi omadusi, kasutades selleks kiilukujulisi proovikehi (joon. 56). Viimaste järgi mõõdetakse valgenenud seinapaksust. Proovikehad valatakse kuiva kärnisegust vormi, jahutatakse vormis kuni 600°C ja siis vees, murtakse pooleks ja määratakse valgenenud seinapaksus. Proovikehad valatakse enne ja pärast modifitseerimist. Valgenenud seinapaksus peab enne modifitseerimist võrduma valandi maksimaalse seinapaksusega, peale modifitseerimist aga $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ õhema seinapaksusega.

Modifitseerimiseks lisatakse sulametalile:

silikokaaltsiumi 0,2—0,3%,

75 ja 90 % ferrosiliitsiumi 0,25—0,35%,

45% ferrosiliitsiumi 0,35—0,8%,

ligatuuri: 1—2 osa ferrosiliitsiumi ja üks osa alumiiniumi 0,1—0,2%, grafiiti või peenestatud elektroode 0,05—0,1%.

Eriti perspektiivne ja suure tähtsusega on sferoidaalse grafiidiga malmvalandite tootmine. Sferoidaalse grafiidi saamiseks tuleb malmi kaks korda modifitseerida. Esiteks modifitseeritakse magneesiumiga, kusjuures magneesiumi-

sisaldus peab pärast modifitseerimist olema 0,05% ümber. Liiga väikese magneesiumisisalduse korral tekib lehekujuline grafiit, suure magneesiumisisalduse korral aga malm valgeneb.

Puhta magneesiumi kasutamine on ohtlik, sest viimase madala keemistemperatuuri tõttu on tema aurude rõhk 1400° C juures 8 at, mistõttu metall paisatakse magneesiumi sisseviimisel kopast välja. Seepärast võib magneesiumiga modifitseerida ainult spetsiaalse kummi all. Kui kasutada ligatuuri — niklit 85%, magneesiumi 15% —, ei ületa magneesiumiaurude rõhk 1 at ja ligatuuri sisseviimine on täiesti ohutu. Selle menetluse puuduseks on suur niklikulu. Kõige otstarbekohasem on kasutada magneesium-vase ja magneesium-räni sulameid, magneesiumisisaldusega alla 20%. Magneesiumi sisseviimisviise on lähemalt kirjeldatud literatuuris [14, 34, 35, 36, 37, 38]. Taandatuna puhtale magneesiumile tuleb magneesiumi sisse viia 0,4—1%, olenevalt valandi seinapaksusest. Pärast magneesiumiga modifitseerimist modifitseeritakse teist korda ferrosiliitsiumiga 0,6—0,9% ulatuses. Modifitseerimisel toimub metalli jahtumine. Seepärast peab sulametalli temperatuur rennis olema 1400—1450° C. Pärast modifitseerimist tuleb kohe valada, sest metalli seistes väheneb magneesiumisisaldus kiiresti ja kaob tema mõju. Sferoidaalse grafiidiga malmil on suur kahanemine, mistõttu kahanemistühimikkude vältimiseks tuleb kasutada valupäid.

Selle malmi normaalne keemiline koostis on: C=3,4—5,8%, Si=2—2,8%, Mn<0,5%, P<0,1%, S≤0,02%, Mg<0,04%, Fe — ülejäänud. Kõrge süsinikuisaldus annab malmile hea vedelvoolavuse, soodustab vormi täitmist, ning ei halvenda malmi mehaanilisi omadusi. Kõrge süsinikuisaldus on vajalik ka üldse, et tekiks sferoidaalse grafiidiga malm. Lisades sulametallile magneesiumi, väheneb süsiniku lahustuvus ja tekib süsiniku väljalangemine lahusest, mille tulemusena tekivad kristalliseerimistsentrid grafiidipesakeste näol. Osa tekkinud grafiidist tõuseb vedela metalli pinnale ja põhjustab üldise süsinikuisalduse langust. Väikese süsinikuisalduse korral ei teki magneesiumi sisseviimisel üleküllastatud süsinikulahust, järelikult aga ka kristalliseerumistsentreid. Seepärast peab süsinikuisaldus olema 3,3—3,6% piirides. Tardumisel kristalliseerub tekkinud grafiiditsentritele austeniit ning eraldab grafiiditsentrid sulametallist. Grafitiseerumine toimub kõva lahuse

— austeniidi kaudu, mis põhjustabki sferoidaalse kera-
kujulise grafiidi tekkimist [32]. Väävlisisaldus langeb modi-
fitseerimisel 0,02—0,03%.

Sferoidaalse grafiidiga malmil on kõrged mehaanilised
omadused. Pärast valamist on selle tõmbetugevus 55—70
kg/mm², paindetugevus 85—120 kg/mm², suhteline pikene-
mine 1,5%, kõvadus Brinelli järgi 230—280. Pärast lõõmu-
tamist on tõmbetugevus 42—55 kg/mm², paindetugevus
65—90 kg/mm², suhteline pikenemine 10—25%, löögituge-
vus 1,5—3 kgm/cm², kõvadus Brinelli järgi 140—180.

See malm võib paljudel juhtudel asendada terast, tem-
permalmi ja vasesulameid. Kuna ta on terasest 2 korda,
vasesulamitest aga 5—6 korda odavam, avab ta laialdased
võimalused masinate kvaliteedi ja eksploatatsiooniea tõst-
miseks. Sellest malmist valatakse väntvõlle, hammasrattaid,
põllutööriistade osi, pneumaatiliste vasarate keresid jne.,
valatakse detaile mõnestsajast grammist kuni 60 tonnini
ja üle. See malm on kergesti keevitav austeniit- ja nikkel-
elektroodidega. Pindkarastatud detailidel on iseäranis suur
kulumiskindlus ja väsimustugevus, mis pärast teda kasuta-
taksegi autode ja diislite väntvõllide tootmiseks.

Selle malmi omadused olenevad põhiliselt keemilisest
koostisest. Normaalselt on süsinikusisaldus 3—3,6%. Mida
väiksem on süsinikusisaldus, seda püsivam on perliitne
struktuur, kuid üksikutes kohtades võib tekkida vaba tse-
mentiit, mis tunduvalt vähendab malmi plastilisust. Suure
süsinikusisalduse juures (3,4—3,8%) on kerge saavutada
suure plastilisusega ferriit-grafiitstruktuuri. Ränisisalduse
suurenemisega 2 kuni 5% malmi tõmbetugevus suureneb,
kui aga ränisisaldus ületab 3%, langeb järsult löögituge-
vus. Mangaanisisaldus üle 0,5% vähendab malmi löögi-
tugevust. Fosforisisalduse suurenemisega väheneb malmi
plastilisus; seepärast ei tohi fosforisisaldus ületada
0,15—0,20%.

Pärast lõõmutamist jahutatakse detailid ühes ahjuga
kuni 600° C ja siis õhu käes. Aeglasel jahtumisel allapoole
600° C on sferoidaalse grafiidiga malm tundlik noolutus-
rabadusele, s. t. langeb malmi löögitugevus.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Высокопрочные чугуны. Машгиз, Киев 1954.
2. Регенерация формовочных и стрежневых смесей. ВНИТОЛ. Машгиз. 1951.
3. Foundry, 1956, vol. 84, N 3.
4. Литейное производство, 1956, № 2.
5. Литейное производство, 1956, № 5.
6. Foundry, 1954, vol. 82, N 7.
7. Вестник технической информации, 1955, № 1. Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности СССР.
8. Промышленно-экономическая газета, 1956, № 42.
9. Foundry, 1955, vol. 83, N 11.
10. Автоматизация литейного производства. ВНИТОЛ. Машгиз. 1954.
11. Технология транспортного машиностроения. 1956. № 2.
12. Foundry, 1955, vol. 83, N 100.
13. Foundry Trade Journal, 1953, vol. 95, N 1926 ja 1928.
14. Литейное производство. 1956, № 3.
15. Foundry Trade Journal, 1955, vol. 98, N 2021.
16. Metallurgie und Giessereitechnik, 1955, 5/1, N 2.
17. Giesserei, 1956, N 5.
18. Литейное производство, 1955, № 2.
19. Литейное производство, 1955, № 3.
20. Опыт повышения производительности труда. Под ред. А. Я. Сычева и С. А. Думлера. Челябинское книжное издательство, 1956.
21. Литейное производство, 1955, № 8.
22. Foundry, 1956, vol. 84, N 2.
23. Технология транспортного машиностроения, 1956, № 4, ВПТИ.
24. Технология транспортного машиностроения 1955, № 4, ВПТИ.
25. Современный ваграночный процесс. ВНИТОЛ. Машгиз, 1952.
26. Реф. журнал Metallurgia. 1956, № 1.
27. Metallurgie und Gissereitechnik. 1955, N 2.
28. М. Д. Лифшиц. Перегрев чугуна кислородом в копильнике вагранки при плавке модифицированного чугуна. Мин. тракт. и с/х машиностроения СССР. Москва, 1956.
29. Литейное производство. 1956, № 4.
30. Литейное производство. 1956, № 5.
31. Новое в теории и практике литейного производства. НТО машиностроительной промышленности Лен. обл. организации. Книга 39. Машгиз, 1956.
32. Першин П. С. Технология точного литья. Машгиз. 1955.
33. Machinery (L), 1955, vol. 87, N 2250.
34. Литейное производство. 1953, № 1 и № 10.
35. Технология транспортного машиностроения. 1956, № 4.
36. Реф. журнал Metallurgia. 1957, № 1, 705.
37. Высокопрочные чугуны. ВНИТОЛ. Машгиз 1951.

SISUKORD

	Lk.
Eessõna	3
1. Sissejuhatus	4
2. Tööprotsesside mehhaniseerimine	6
A. Vormisegude valmistamine	6
B. Vormisegude regenerereerimine	9
C. Vormimine ja kärnide valmistamine	14
3. Vormimaterjalid	32
4. Kuiv- ja märgvormide kasutamisest	34
5. Kärni sideained	39
6. Valu väljalöömine ja puhastamine	46
7. Täpivalu	48
A. Valu metall- ehk alalistesse vormidesse	49
B. Valu väljasulatavate mudelite abil	60
C. Valu koorikvormidesse	66
D. Valu klaasvormidesse	79
8. Poolalalised ja metallkeraamilised vormid	80
9. Pidevvalu	82
10. Vedela metalli stantsimine	82
11. Malmlehe valtsimine	84
12. Valu imemise teel	85
13. Malmi sulatamine vagrankas	86
A. Mitmerealised furmid	95
B. Öhu eelkuumendamine	97
C. Öhu rikastamine hapnikuga	99
14. Madala süsinikusaldusega malmi sulatamine vagrankas	100
15. Aluselise voodriga vagrankad	104
16. Vagranka jahutamine	104
17. Kõrge tugevusega hallmalmid	105
Kasutatud kirjandus	110

Круусамяги, Александр Хансович
НОВОЕ В ОБЛАСТИ ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе 10

*

Toimetaja A. Korva.

Tehniline toimetaja H. Kohu.

Korrektor E. Valdna.

Ladumisele antud 1. VIII 1957. Trükkimisele antud
11. II 1958. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 7. For-
maadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 5,74. Arvutus-
poognaid 5,74. Trükiarv 1500. MB-00558.

Telimise nr. 1868.

Trükikoda „Pioneer“, Tartu, Kastani 38.

Hind rbl. 2.—

Trükitügu

Lk.	Rida	On trükititud	Peab olema
59	1. alt	$(\delta = \frac{V}{s} V -$ valandi maht*	$(\delta = \frac{V}{s}), V -$ valandi maht
63	14. ülalt	kvartsjahu, teda hästi segades	pärast 4—5-tunni- list seismist.

Rbl. 2.—.

A-21903

"

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00389208 2