

I. K. POHODNJA
tehniliste teaduste kandidaat

**KULUMISKINDLATE
SULAMITE PEALEKEEVITUSE
KAASAEGSED MEETODID**

(Loengu stenogramm)

EESTI NSV MINISTRITE NOUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE
TALLINN, 1961

I. K. POHODNJA
tehniliste teaduste kandidaat

KULUMISKINDLATE
SULAMITE PEALEKEEVITUSE
KAASAEGSED MEETODID

(Loengu stenogramm)

EESTI NSV MINISTRITE NOUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE
TALLINN 1961

Originaali tiitel:

И. К. ПОХОДНЯ
канд. техн. наук

Современные способы наплавки износостойких сплавов
(стенограмма лекции)

Под редакцией чл. корр. АН УССР Б. Е. Патона

2



ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS

Sageli oleneb toote vastupidavus eksploatatsioonile tema pealispinna töökindlusest. Kuna kuluvaid osi masinatel on suhteliselt vähe, võrreldes masina üldkonstruktsiooniga, on otstarbekohane neid maksimaalselt tugevdada. Pealispinna kulumiskindluse tõstmiseks kasutatakse mitmeid töötlemis-meetodeid (nitreerimine, tsementeerimine, tsüaneerimine, kroomimine, kalestamine, pealispinna karastamine, pealekeevitus jm.).

Üheks sobivamaks meetodiks on pealekeevitus, kuna ta võimaldab taastada kulunud toodete mõõtmeid ning suurendab sealjuures töötavate detailide kulumiskindlust. Pealekeevitatud kiht moodustab põhimetalliga ühtse terviku, rahuldab mitmesuguseid nõudeid, millele toode peab vastama ning hoiab kokku kalleid ja defitsiitseid materjale.

Pealekeevitustööde maht on meie maal väga suur ning kasvab iga aastaga. Loomulikult ei ole võimalik seda ulatuslikku tööd teostada vähetootlike käsitsimeetoditega.

Pealekeevituse protsessi automatiseerimine võimaldab järsult tõsta tööviljakust, ökonoomsust, parandada pealekeevitatud metalli kvaliteeti ning töötingimusi tööde teostamisel. Automaatse pealekeevituse meetoditest on laialt levinud pealekeevitus rübustaja kihi all. Juurutusstaadiumis on räbu-elektriline pealekeevitus ja pealekeevitus kaitsegaaside keskkonnas. Rakendatakse ka vibrokontakt-pealekeevitust, mehhaniseeritud pealekeevitust süsikaarleegiga ja pealekeevitust kõrgsagedusvoolu abil.

Automaatset pealekeevitust ei kasutata enam mitte ainult remondivahendina, vaid ka südamikujude ja pealispinna optimaalsete omadustega uute bimetalloodete valmistamise meetodina. Pealekeevitusmaterjalide omaduste ja kulumiskindlate sulamite käsitsi pealekeevituse kohta on välja antud mitmeid spetsiaalseid teoseid (1, 2, 3 jt.).

Käesolevas brošüüris antakse ülevaade kulumiskindlate sulamite automaatse pealekeevituse meetoditest, mida rakendatakse NSV Liidus ja välismaal.

*

Käesolevat brošüüri on täiendatud vibrokontakt-pealekeevitusmeetodi kirjeldusega. Hoolimata sellest, et sel viisil ei saavutata nii suurt tootlikkust kui automaatsel pealekeevitusel rübustaja kihi all, on vibrokontakt-pealekeevitusmeetodi oluliseks eeliseks detailide praktiliselt tähtsusetu deformatsioon. Vibrokontakt- ja vibrokaar-pealekeevitus võimaldab detaile katta õhukese kihiga ning täiesti kvaliteetselt. Kuna pealekeevitatud kihi kõvadus on kuni $R_c=60$, siis pole vajadust järgnevals termiliseks töötlemiseks. Ülaltoodust selgub, et keerulisema konfiguratsiooniga detailide (väntvõllid, spindlid jne.) remondil pealekeevitamisega on sobivaimaks meetodiks vibrokontakt- ja vibrokaar-pealekeevitus. Selle meetodi laialdasemat levikut on seni pidurdanud asjaolu, et vajalikke seadmeid ei toodeta veel tsentraliseeritud korras.

Autori poolt kasutatud kirjanduse loetelu on täiendatud värskemate pealekeevitamist käsitlevate teostega.

I. AUTOMAATNE PEALEKEEVITUS RÄBUSTAJA KIHII ALL

Pealekeevitus rübustaja kihii all on akadeemik E. O. Patoni juhtimisel Ukraina NSV Teaduste Akadeemias väljatöötatud rübustaja kihii all automaatkeevituse meetodi variandiks. Sellel meetodil tekitatakse kaarleek keevitatava toote ja elektroodi vahel gaaside ning aurudega täidetud ülessulanud rübukestas. Keevitustsoon on täielikult kaetud granuleeritud rübustaja kihiga. Töövijakuse tõus automaatsel pealekeevitusel rübustaja kihii all saavutatakse peamiselt keevitusvoolu tugevnemise ja protsessi katkestamatuse arvel. Voolutugevuse suurenemisele kaasneb pealesulatatud vöödi läbikeevituse sügavuse ja selles ülessulanud põhimetalli hulga suurenemine. Kõrgeltlegeeritud elektroodimetalli segunemine põhimetalliga pealekeevitamisel on ebasoovitav. See tõttu töövijakuse tõstmisel püütakse vähendada põhimetalli läbikeevitust, milleks on väljatöötatud mitmesuguseid võtteid ja meetodeid.

1. Ülessulanud põhimetalli hulga vähendamise meetodid

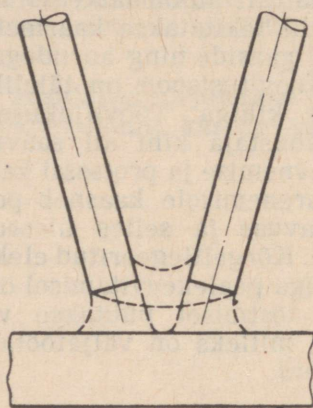
Ühe kaarleegi kasutamisel on võimalik läbikeevituse sügavust vähendada liugkeevituse abil nurgaga ette, kasutades nõrka voolu või vastupidise polaarsusega alalisvoolu. V. I. Djatlov tegi ettepaneku pealekeevitust läbi viia ettevalmistatud soone sisse asetatud varrast mööda. Seda meetodit rakendatakse praegu tehastes, kus valmistatakse pealekeevitatud lõikeriistu.

Läbikeevituse sügavuse vähendamine saavutatakse kahe kaarleegiga pealekeevitamisel. Elektroodid asetatakse järjestikku pealekeevituse suunas: teine kaarleek sulatab omakorda esimese kaarleegiga pealekeevitatud metalli. Kumbagi kaarleeki toidetakse eri vooluallikast. Kui kaugus kahe kaarleegi vahel on küllalt suur, siis läbikeevituse sügavus ja laius on määratud esimese kaarleegi režiimiga. Seda meetodit rakendati suure süsinikusisaldusega vagunirataste bandaažide standardse elektrooditraadiga pealekeevitusel. See meetod ei ole kasutatav väikese läbimõõduga pöördkehade pindade pealekeevitusel sulametalli halva formeerumise ja mahavalgumise tõttu.

Läbikeevituse sügavuse mittesõltuvus voolutugevusest ning kõrge tööviljakus saavutatakse pealekeevitusel sõltumatu kaarleegi kasutamisel. Kaarleek tekitatakse kahe sulava elektroodi vahel ning ei ole elektriliselt ühendatud tootega. Põhimetall sulab kaarleegi kiirguse arvel.

Soovitame eelmisele sarnast lihtsat meetodit, mida teostatakse ühefaasilise keevitusvooluga.

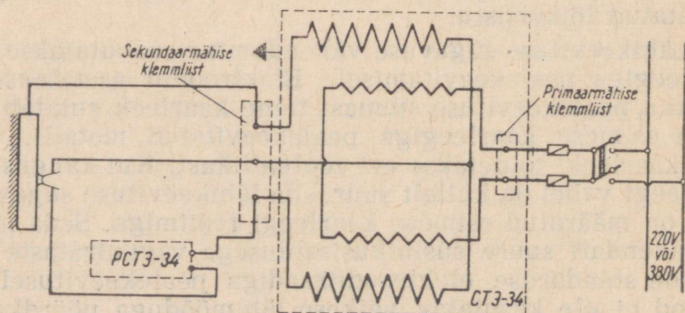
Protsessi skeem on järgmine: (vt. joon. 1). Keevitussooni antakse üheaegselt kaks üksteisest isoleeritud elektroodi, milliseid toidetakse ühest transformatorist CT3-34 paispooliga PCT3-34.



Joon. 1.

Transformaatori ja paispooli montaažskeem on väga lihtne (vt. joon. 2).

Kõigi kolme kaare põlemine pealekeevituse protsessis on täiesti stabiilne ning elektroodide sulamine toimub püsiva kiirusega.



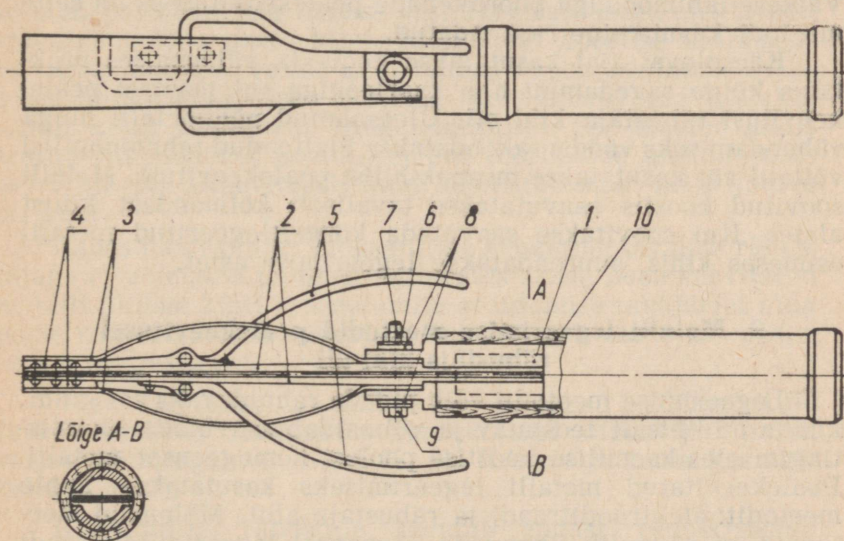
Joon. 2.

Kahe äärmise kaare võimsus on tunduvalt väiksem kui kaarel, mis põleb kahe elektroodi vahel. Põlemisprotsessis elektroodidevaheline kaar ioniseerib kogu kaareümbruse ruumi ning seetõttu protsess kulgeb pidevalt.

Võib soovitada järgmisi pealekeevituse režiime:

Elektroodide läbimõõt mm	Elektroodide arv	Voolutugevus amprites	Tugevuskoeffitsient kg/m
4	2	210—200	2,0—2,1
5	2	250—270	2,5—2,6
6	2	320—350	5,2—5,4

Elektroodi juhtimise tehnika sellise keevitusviisi juures erineb vähe pealekeevitamisest ühe elektroodiga. Tingimuseks on ainult see, et elektrood oleks rangelt perpendikulaarne detaili suhtes.



Joon. 3. Elektroodihoidja kahe elektroodiga keevitamiseks.

1 — otsik; 2 — voolu juhtivad plaadid; 3 — surveklamber; 4 — plaat; 5 — hoob; 6 — vedruseib; 7 — mutter; 8 — seib; 9 — polt; 10 — käepide.

Kolmefaasilise ja kombineeritud kaarleegiga pealekeevitamine erineb sõltumatu kaarleegiga pealekeevitusest selle poolest, et lisaks elektroodidevahelisele kaarleegile tekitatakse kaarleek veel elektroodide ja toote vahel. Kolmefaasilise kaarleegi kasutamine tõstab tunduvalt protsessi tööviljakust ja vähendab põhimetalli läbikeevitust.

Üldiseks puuduseks, mis on omane kõigile pealekeevituse meetoditele sõltumatu ja kombineeritud kaarleegi abil, on põhimetalli läbikeevituse sõltuvus kaugusest pealekeevitatava toote pinna ning elektroodile voolu juurdeviimise punkti vahel. Vähesel läbikeevitusega pealekeevitusel esineb sageli defekt — osaline läbikeevitus. Sel põhjusel ei ole need meetodid veel leidnud tootmisalast rakendamist.

Läbikeevituse sügavuse vähendamine saavutatakse mitme elektroodiga pealekeevituse meetodi rakendamisel kimp elektroodiga, mis seisneb selles, et põiki või nurga all liikumise telje suhtes üksteisest teatud kaugusele paigutatud mitu elektroodi viiakse kaarleegi tsooni paralleelselt ja üheaegselt, kusjuures kõik elektroodid on lülitatud ühele faasile või keevitusgeneraatori ühele poolusele. Vähenenud läbikeevituse sügavus saavutatakse elektroodide sulamise vaheldumisega. Seda meetodit võib rakendada tasapindade ja suure läbimõõduga pöördkehade pindade pealekeevitusel. Väikese läbimõõduga pöördkehade pealekeevituseks on selle meetodi kasutamine raskendatud.

Käesoleval ajal kasutatakse kodu- ja välismaises praktikas kõige sagedamini ühe kaarleegiga automaatset pealekeevitust rübustaja kihi all. Ülessulanud põhimetalli hulga vähendamiseks võõdis rakendatakse ülaltoodud tehnoloogilisi võtteid või kasutatakse mitmekihilist pealekeevitust. Metall soovitatakse saavutatakse tavaliselt kolmandast kihist alates. Kui soovitatakse saavutada kõrgeltlegeeritud metalli esimeses kihis, suurendatakse legerimise astet.

2. Metall legerimise meetodid pealekeevitusel rübustaja kihi all

Legerimise meetodit võib pidada rahuldavaks sel juhul, kui ta on lihtsalt teostatav ja võimaldab saavutada tootmis tingimustes keemilise koostise poolest homogeenset metalli. Pealekeevitatud metalli legerimiseks kasutatakse kahte meetodit: elektrooditraadi ja rübustaja abil. Mõlemaid meetodeid on võimalik ühendada üheaegselt legerimisel traadi ja rübustaja kaudu.

Kõige lihtsamaks, kindlamaks ja laialdasemalt levinud meetodiks on standardse legeritud täisristlõikelise elektrooditraadi kasutamine. Standardiga on ette nähtud vaid mõningad elektrooditraadi margid, mis on kulumiskindlaks pealekeevituseks kõlbulikud: 18XГСА, 30XГСА, 18XМА, 1X13, 2X13, samuti rida kroonnikkel ja kroonnikkelmangaan austeniittraate. Mitmeid kõrgeltlegeeritud sulameid, mis omavad eriti suurt kulumiskindlust (sormait, X12, P18, P9, Г13 jt.) on väga raske või peaaegu võimatu töödelda automaatsel pealekeevitusel vajalikeks traadikeradeks.

Kaasaegsed sulatatud rübustajad legeerivad metalli rä-niga või mangaaniga. Pealekeevitatud metalli kroomiga, vanaadiumiga või volframiga legeerimine nende taastamise teel rübustajast ei ole võimalik, sest nende elementide oksüü-dide suure sisalduse tõttu halvenevad rübustaja tehnoloogili-sed omadused.

Mõnikord legeeritakse metalli rauasulamite puistami-sega pealekeevituse kohale. Rauasulamite võetakse niisugu-ses koguses, et nad täielikult sulaksid kaarleegi toimel. Pealekeevitust teostatakse üldiselt vähese süsinikusalda-vusega elektroodiga. See meetod ei taga paljudel juhtudel pealekeevitatud metalli koostise nõutavat konstantsust ning leiab kasutamist tasapinnalisel pealekeevitusel, kui on luba-tud pealekeevitatud metalli koostise suur kõikumine (19). Selle meetodi üheks variandiks on sideainete lisamine raua-sulamitele ning saadud pasta pealekandmine tootele ühes järgneva kuivatamise ja läbikuumutamise (4). Sel juhul toimub pealekeevitus vähese süsinikusisaldusega elektroodi-traadiga mööda pasta kihti. Ettenähtud koostise saamiseks on tarvis hoolikalt valida keevitamise režiim, töötlemise viis, segu proportsioon jne. Koostise konstantsus saavutatakse ainult kõigi tingimuste rangel täitmisel. See meetod leidis teatud rakendamist kombineeritud tööriistade ühetüübiliste toorikute pealekeevitusel, kuid käsitsitöö maht selle juures oli suur.

Rauasulami pulbri mehaaniline segamine tavalise rübustajaga ei võimalda tootmistingimustes saada pealekeevitatud metalli ühtlast kihti rauasulamite eraldumise tagajärjel ning peale selle sulatatud rübustaja hulk kõigub olenevalt peale-keevituse režiimist.

Uusi võimalusi metalli legeerimiseks pealekeevituse juures annavad sulatamata keraamilised rübustajad, mille väljatöötamisega tegelevad K. K. Hrenov ja tema kaastöö-lised (5, 6, 7).

Keraamiline rübustaja kujutab endast vedelklaasiga seostatud vastava granulatsiooniga terakeste peeneksjähvata-tud pulbri sarnaste komponentide mehaanilist segu. Kom-ponentide homogeensus saavutatakse kuivade materjalide hoolika segamisega ning seejärel vedelklaasiga seostatud massi veelkordse põhjaliku segamisega.

Keraamilistel rübustajatel on eeliseid, milledest tuleks eelkõige märkida pealekeevitatud metalli ettenähtud keemi-lise koostise valiku lihtsust ja paindlikkust, vähese süsiniku-sisaldusega elektrooditraadi kasutamist kõrgeltlegeeritud teraste keevitamisel ja pealekeevitusel, mittetundlikkust kor-roosiooni suhtes, võõdi head kujunemist jm.

Keraamilised rübustajad võimaldavad kasutada minimaalse ränimullaga rübutekitavat koostist, mis mõjub soodsalt pealekeevitatud metalli esialgsele struktuurile.

Keraamilistel rübustajatel on ka puudusi, milledest võiks nimetada: terade vähest vastupidavust võrreldes sulatatud rübustajatega, kõrgendatud hügroskoopsust, tehnoloogiliste omaduste muutumise võimalust seoses toormaterjali koostise kõikumisega. Peale legeerivate lisandite oksüdeerumise räbu ja metalli vahelise vastastikuse toime tagajärjel, tekib pealekeevitusel keraamiliste rübustajatega legeerivate elementide kadu veel nende kleepumise tõttu räbu kooriku külge, sest rübustajat ei ole võimalik teistkordselt kasutada. Nii näiteks moodustab volframi kadu kleepumisel räbu kooriku külge ligi 25% (7).

Keraamiliste rübustajate kasutamisel pealekeevitatud metalli keemilise koostise kõikumised pealekeevituse režiimi muutumisel on suuremad kui legeerimisel elektrooditraadi kaudu J. A. Juzvenko (7) andmete kohaselt terase X12 pealekeevitusel rübustajaga KC-X12T (vool 340-360 A) pinge muutmisel 25 voldist 34 voldini, muutub süsiniku sisaldus pealekeevitatud metallis piirides 1,75% kuni 2,2% kroomi sisaldus aga 11% kuni 14,5%.

Võrdluseks olgu märgitud, et pulbertraadi ППТ-X12BΦ ja sulatatud rübustaja AH-30 kasutamisel pealekeevitatud metalli koostise muutumine samadel režiimidel on: süsinik 1,8—1,95%, kroom 12,6—13,3%.

Keraamiliste rübustajatega on võimalik pealekeevitusel saavutada kindlaksmääratud režiimidel ühtlast ja sama koostisega metalli. Kõrvalekaldumisel optimaalsest režiimist on vajalik metalli nõutava koostise saamiseks korrigeerida rübustaja koostist.

Üheaegne legeerimine rübustaja ja elektroodi abil, mida kasutatakse mõningates tehastes tööriistade pealekeevitusel, tundub põhjendamatuna, kuna nõuab nii kõrgeltlegeeritud elektroodi kui ka spetsiaalse legeeriva rübustaja kasutamist.

Pealekeevitatud metalli legeerimise meetod torukujulise elektroodi abil on juba ammu tuntud. Seda tüüpi elektroodi valmistatakse vähese süsinikusisaldusega ribast moodustatud torukesest, mille ava täidetakse legeerivate materjalidega. Käesoleva ajani puudus kindlalt väljakujunenud ja tootlik meetod torukujuliste elektroodide valmistamiseks.

I. I. Frumin tegi ettepaneku valmistada torukujulist pulbrisisaldavat niinimetatud «pulbrilist» elektroodi tömbamise abil (8). Pulbriline elektrood valmistatakse vähese süsinikusisaldusega teraslindi pideva kokkukeeramise teel

torukeseks, täites üheaegselt torukest peeneksjahvatatud legeerivate elementide seguga ning sellele järgneva tõmbamisega traadi läbimõõdu vähendamiseks (südamikku kinnipressimiseks). Pealekeevitusel pulbriline elektrood sulab kaarleegis ja moodustab homogeenne vedela sulami.

Pulbrilise elektroodi valmistamise tehnoloogia ei ole keerukas ja on edukalt rakendatud juba mitmes ettevõttes. NSV Liidu Musta Metallurgia Ministeeriumi süsteemis on organiseeritud pulbrilise elektroodi tsentraliseeritud tootmine (Magnitogorski Metiiside ja Metallurgia Tehas). Pulbrilise elektroodi abil saab viia pealekeevitatud metallis legeerivate lisandite sisalduse 40—50% -ni. Käesoleval ajal kasutatakse laialdaselt pulbrilist elektroodi kõrgeltlegeeritud terasesortide pealekeevituseks (10, 11, 12, 13, jt.). Pealekeevitatud metalli legeerimisel pulbrilise elektroodi abil on rida eeliseid. See meetod on väga sobiv ja lihtne eksperimentide läbiviimiseks pealekeevitatud metalli keemilise koostise valikul. Meie ja teiste uurijate poolt teostatud katsed (10, 11, 14, 15) näitasid, et pealekeevitatud metall on koostiselt täiesti homogeenne, formeerub hästi, ei sisalda poore, räbu ega pragusid. Neutraalsete rübustajate kasutamisel on legeerivate elementide kaod vähesed.

Muutused pealekeevitatud metalli koostises pealekeevituse režiimi kõikumisel ei ole suured. Seda legeerimise meetodit võib edukalt rakendada rübuelektriliseks pealekeevituseks.

Pulbrilise elektroodi puudustena tuleks märkida vajadust kasutada spetsiaalseid abinõusid valmis elektroodi säilitamisel roostetamise vältimiseks ja raskusi väikese läbimõõduga (vähem kui 2,5 mm) elektroodi valmistamisel.

Järelikult, metalli legeerimine automaatsel pealekeevitusel rübustajaga tuleb teostada elektroodi abil. Nõutava koostisega standardmargiliste elektroodide puudumisel võib kasutada täisväärtuslike asendajatena pulbrilist elektroodi.

3. Rübustajad pealekeevituseks

Rübustajate suhtes esitatakse kõrgeltlegeeritud teraste pealekeevitusel rida nõudeid: pooride, kuumpragude, räbusisaldavuse ja teiste defektide puudumine, pealekeevituse protsessi stabiilsuse tagamine ja metalli õmbluse hea formeerumine. Väga tähtis on, et rübustaja kõrgeltlegeeritud teraste peale- või kokkukeevituseks oleks võimalikult neutraalne. Rübustaja ja metalli energilise vastastikuse reageerimise tulemusena pealekeevituse protsessis tekib väärtuslike legeerivate lisandite kadu. Peale selle tagab koostiselt

neutraalne rübustaja rübukooriku hea eraldumise, mis on vajalik pidevaks pealekeevituseks. Suure manganisisaldusega rübustajad (AH-348-A ja OCLI-45), mida toodab meie tööstus, ei vasta automaatse keevitamise nõuetele, peasjalikult pragunemisele kalduvuse, rübukooriku eraldumise ning legeerivate elementide oksüdeerumise tõttu, ehkki neid rübustajaid kasutatakse mõnikord pealekeevituseks.

On tehtud kindlaks (16), et sula rübustaja, millel on tunduv oksüdeeruv toime, oksüdeerib kristalliseerunud vöödi pealispinna. Sellele tekib üliõhuke oksüüdikiht, mis koosneb peamiselt vüstiidist (FeO).

Vüstiidi kristallvõre kujuneb α -raua kuubiliseks võreks, seetõttu püsib oksüüdikiht üsna vastupidavalt raua ja selle sulamite pealispinnal.

Räbu tugev ühinemine oksüüdikihiga esineb siis, kui räbu sisaldab kuubilises süsteemis kristalliseeruvaid ühendeid, mis on võimelised moodustama vüstiidi kristallvõre. Sellised on špinelid — keemilised ühendid MeR_2O_4 , kus Me tähendab Fe, Mn, Mo ja R — Al, Cr, V, Fe.

Kroomi ja vanaadiumi sisaldavate teraste pealekeevitusel oksüdeeruvate rübustajatega esineb räbu koostises kolmevalentne kroomi ja vanaadiumi oksüüd, mis kristalliseerub špinelitena. Seetõttu on räbu eraldamine kroomi ja vanaadiumiga legeeritud teraste pealekeevitusel tavaliselt raskendatud.

Paljudel kõrgeltlegeeritud terastel on madal sulamistemperatuur, mille tagajärjel väikese läbimõõduga detailide (100—300 mm) pealekeevitusel esineb ebarahuldavat formeerumist, tekivad mügerikud ja kühmud. Nende defektide vältimiseks peavad rübustajad olema raskestisulavad ja «lühikesed».

Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelises Elektri keevituse Instituudis on viimastel aastatel väljatöötatud mitu uut süsteemi rübustaja marke — niinimetatud vähese ränisisaldusega rübustajad.

Nende rübustajate valmistamise põhimõtte, omadused ja kasutusala on üksikasjaliselt kirjeldatud I. I. Frumini, D. M. Rabkini, V. V. Podgajetski, I. K. Pohodnja ja J. I. Leinatšuki töös (17).

Legeeritud teraste pealekeevituseks soovitatakse rübustajaid mark AH-10, AH-22, AH-20, AH-30. Nende koostis on toodud tabelis 1.

Vähese ränisisaldusega rübustajate keemiline koostis

Rübustaja märk	Sisaldus %									
	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	K ₂ O	FeO	S	P
	mitte üle									
AH-10	20,0— 23,0	29,5— 33,5	3,0— 7,0	0,5— 1,2	19,0— 21,0	18,0— 24,0	0,4— 0,6	1,2	0,15	0,20
AH-22	18,0— 21,5	6,0— 9,0	12,0— 15,0	11,5— 15,0	19,0— 23,0	20,0— 24,0	1,3— 1,7	1,0	0,06	0,06
AH-20	21,0— 23,0	≤ 0,5	3,0— 7,0	9,0— 13,0	28,0— 32,0	25,0— 33,0	2,4— 3,0	1,0	0,08	0,05
AH-30	2,0— 5,0	≤ 0,5	16,0— 20,5	13,0— 16,0	39,0— 44,0	19,0— 23,0	—	1,0	0,08	0,05

Koostiselt kõige neutraalsemaks rübustajaks on AH-30, kõige oksüdeerivam — AH-10.

Vähese ränisisaldusega rübustajad valmistatakse sulatamise teel elektriahjudes. Vajalik granulatsioon saadakse sulatise vette kallamisega. Pärast kuivatamist lastakse rübustaja läbi sõela, ülejääk jahvatatakse peeneks vajaliku suurusega osakeste saamiseks. Vähese ränisisaldusega rübustajad kombineeritult vastava elektrooditraadiga tagavad keevitusõmbluste hea formeerumise, vähese kalduvuse pooride tekkimiseks, pragude puudumise ja kahjulike fluorgaaside vähese eraldumise, vaatamata suurele fluori sisaldusele.

Kulumiskindlate teraste pealekeevitus teostatakse peale toote eelnevat soojendamist. Soojendamine suurendab vedela räbu mõju kestvust pealesulatatud vöödile ja halvendab rübukooriku eraldumist. Vähese ränisisaldusega mangaanita rübustajad AH-20 ja AH-30 tagavad kooriku hea eraldumise madala oksüdeerimisvõime tõttu.

Peale selle omab rübustaja AH-30 kõrge sulamistemperatuuri, mille tagajärjel rübukoorik kiiresti tardub. Mida kõrgem on toote temperatuur, seda suuremad on vöödi pinna oksüdeerumise võimalused ning seda raskem on kõrvaldada rübukoorikut. Seetõttu räbu eraldumise temperatuur võib olla kriteeriumiks räbu eraldatavuse hindamisel. Tabelis 2 on toodud võrdlev iseloomustus mitme rübustaja räbu eraldatavuse kohta. Pealekeevitus teostati kruvijoont mööda silindrilisele terastotele elektrooditraadiga mark CB18XICA.

Räbu eraldatavus pealekeevitusel vähese ränisisaldusega rübustajatega

Räbu eraldumine	Soojendamise temperatuur kraadides		
	AH-348-A	AH-20	AH-30
Iseenesest	kuni 50—60	kuni 70—80	kuni 100—120
Kergele löökide abil . . .	60—250	80—450	120—600
Raskelt	250—400	450—600	—
Suurte raskustega	400—600	—	—

Räbu eraldatavus rübustajate AH-10 ja AH-22 kasutamisel on veidi halvem kui rübustajaga AH-20, kuid tunduvalt parem kui rübustajaga AH-348-A.

Vähese ränisisaldusega rübustajaga pealekeevitusel avaldub nõrgemini pealekeevitatud metalli dendriitne struktuur ja ümberkristallinemine. Eriti tähelepanev on esialgse struktuuri muutumine, kui metalli õmblus sisaldab vähe süsinikku, aga elektrooditraadi koostisse kuulub mingi aktiivne modifikaator, näiteks titaan. Vähese ränisisaldusega rübustajad vähendavad järsult metalli õmbluse hapnikusisaldust, sest hapnik on aktiivne vedela terase pinnal. Peale selle säilib metallis suur osa titaanist. Selle tagajärjel muutub tugevasti õmblusmetalli struktuuri iseloom.

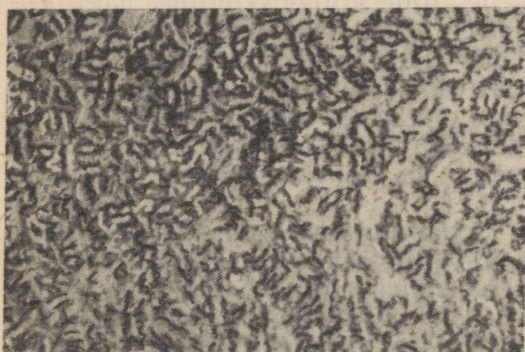
Pealekeevitusel vähese ränisisaldusega rübustajaga AH-30, nagu on näidatud joonisel 1, metalli õmbluse dendriitne struktuur peaaegu kaob, samal ajal kui rübustajaga AH-348-A pealekeevitus tekitab selgepiirilisi sammaskristalle. Omades võimet efektiivselt kõrvaldada väävlit, vähendada räni sisaldust, täiendavalt legerida õmblust mangaaniga (rübustajad AH-10 ja AH-22) ning säilitada kasulikke modifikaatoreid, on vähese ränisisaldusega rübustajad sageli asendamatuks vahendeiks pragude vältimisel kristalliseerumisel.

Teraste P18 ja P9 mitmekihilisel pealekeevitusel on isegi rübustaja AH-30 kasutamisel rübukooriku eraldatavus raskendatud kõrge vanaadiumi sisalduse tõttu elektrooditraadis. Väga hea kooriku eraldatavus suurel hulgal vanaadiumi ning teisi špineleid moodustavaid elemente sisaldavate teraste pealekeevitusel saavutatakse meie poolt väljatöötatud vähese ränisisaldusega rübustaja AH-21 kasutamisel, mis sisaldab minimaalsel hulgal savimulda. Rübustajal AH-21 on madal oksüdeerimise võime. Sobivate pulbriliste elektroodide kasutamisel tagab nimetatud rübustaja poorideta, pragudeta ja rübuisalduseta metalli saamise. Vöödi formeerumine on hea. Rübustaja on raskelt sulav ja «lühike» ning

võimaldab edukalt pealekeevitada teraseid P18 ja P9 silindrilistele toortükkidele läbimõõduga üle 70 mm. Toote temperatuuri juures 700—800°C eraldub rübukoorik kergesti vasaralöökide abil.



a



b

Joon. 4. Metalli õmbluse struktuur, mis on pealekeevitatud traadiga X20H10Г6Т (ЭИ613) (X110): a — rübustajaga AH-348-A; b — rübustajaga AH-30.

Rübustaja AH-21 sulatatakse elektriahjus, granuleeritakse kuivalt kristalliseerunud ja hangunud sulami killustamise teel. Rübustaja AH-21 keemilise analüüsi tulemused on toodud tabelis 3.

Tabel 3

Rübustaja AH-21 keemilise analüüsi tulemused

Sisaldus %							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	CaF ₂	TiO ₂
1,8	2,6	2,3	21,3	16,94	3,1	30,8	20,93

4. Üksikute terasetüüpide pealekeevituse tehnoloogia

a) Kõrge kroomisisaldusega ledeburiitтерaste pealekeevitus

Kõrge kroomisisaldusega ledeburiitтерaste hulka kuuluvad terasemargid X12; X12Φ1; X12B1Φ; X12M; X12TΦ; X12ΦN jt., samuti sulam sormait nr. 2. Tüüp X12 teraste põhiliseks legerivaks elemendiks on kroom (11,5—13,5%). Seda tüüpi terasemarke legeritakse peale selle vähese hulga volframi, molübdeeni, nikli, vanaadiumi ja titaani abil. Suure süsinikusisalduse ja kroomiga legerimise tõttu paistavad seda tüüpi terased silma eriti suure kõvadusega, erakordse kulumiskindlusega, sügava läbikarastumisega ja vähese deformeerumisega karastamisel. Pärast löömutamist on neid võimalik rahuldavalt töödelda. X12 tüüpi terased on asendamatud keerukate raskelt koormatud stantsidena, metalli külmlõike nugaena, tõmbeplaatidena ning teiste tööriistadena ja detailidena, millel esineb ekspluatatsioonis suur kulumine.

X12 tüüpi terase kihi pealekeevituse abil on võimalik tunduvalt tõsta selliste detailide kulumiskindlust nagu giljotiinkäärde noad, metallurgiatehaste punkrite soomusplaadid, külmstantsimise stantsid, külmvaltsimise rullid, tõmbetrumlid, sahaõhmad, kultivaatorikäpad, ehitus- ja teedehitustehaste detailid, templid ja matriitsid pruunsõe briketeerimiseks, tellistepresside laagriliuad; süvendajate, pinnasepumpade, söejahvatusveskite ja teiste kiireltkuluvate seadmete detailid.

Me töötasime välja seda tüüpi teraste pealekeevituse tehnika ja tehnoloogia (11). Pealekeevituseks kasutatakse pulbrilist elektroodi läbimõõduga 3,0 ja 3,5 mm ning räbusajat AH-30. Pulbriliste elektroodide mõningate markide koostis kõrge kroomisisaldusega ledeburiitтерaste pealekeevituseks on toodud tabelis 4.

Nende elektroodide kasutamine pealekeevitusel vastupidise polaarsusega alalisvooluga režiimidel: voolutugevus 200—500 A ja pingeline 27—35 V, võimaldab saavutada kolmandas kihis metalli, mis vastab oma koostiselt antud terasemargile. Põhimetallina bimetalltoodete valmistamisel pealekeevituse abil soovitatatakse kasutada terasemarke 45, 50, 55, 18XIT. Pulberelektroode on võimalik kasutada ka toodete taastamiseks terasest tüüp X12.

Et vältida pragusid, soojendatakse toortükke enne pealekeevitust temperatuurini 500—550°C. Sellist toote temperatuuri tuleb säilitada ka pealekeevituse protsessis. Pärast pealekeevitust kuumutatakse toortükki ahjus 600—700°C temperatuuri juures ning jahutatakse seejärel aeglaselt. Pealekeevitatud kihi kõvadus pärast jahutamist on ~ 58—60 Rc.

Eelsoojendus vähendab oluliselt pealekeevitatud metalli jahtumise kiirust kristalliseerumisel.

Tabel 4

Pulbriliste elektrootide keemiline koostis X12 tüüpi teraste pealekeevituseks kaarleegiga

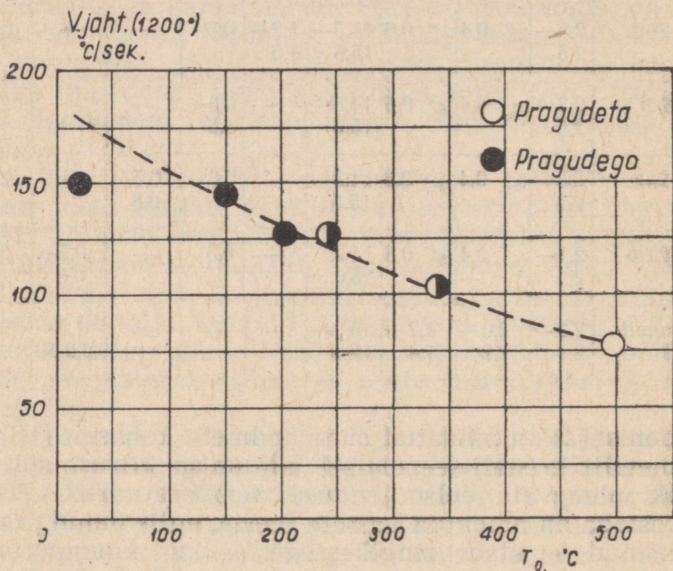
	Sisaldus %								
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ti	Na ₂ SiF ₆
ПП-X12	2,7— 2,9	≤ 0,4	≤ 0,6	14,0— 15,0	—	—	—	—	2,5—3,0
ПП-X12ВФ	2,3— 2,5	≤ 0,4	≤ 0,6	14,5— 15,5	1,2— 1,5	0,3	—	—	2,5—3,0
ПП-X12Ф	2,3— 2,5	≤ 0,4	≤ 0,6	14,5— 15,5	—	0,3— 0,5	—	—	2,5—3,0
ПП-X12М	2,3— 2,5	≤ 0,4	≤ 0,6	14,5— 15,5	—	0,3	0,5— 0,8	—	2,5—3,0
ПП-X12ТФ	2,1— 2,3	≤ 0,4	≤ 0,6	14,0 25,0	—	0,3	—	0,5— 0,6	2,5—3,0
ПП-sormait nr. 2	2,3— 2,7	2,0— 2,2	1,2— 1,4	16,0— 19,0	—	—	—	1,5— 2,2 Ni	2,5—3,0

Joonisel 2 on näidatud meie andmete kohaselt (18) õmb-luse metalli kristalliseerumisel jahtumise kiiruse sõltuvuse graafik olenevalt eelsoojenduse temperatuurist. Valgete ringikestega on näidatud katsete seeria, mille puhul pragusid ei esinenud, mustade ringikestega — kus kuumpraod esi-nesid nii õmbluses kui ka kraatris, poolmustade ringikes-taga — kus praod esinesid ainult kraatris. Punktiirkõver on tõmmatud arvestusandmete alusel. Pealekeevitus toimus pulbrilise elektrootidiga ПП-X12В1Ф režiimil $I = 220$ A; $U = 30—32$ V; $V = 16,2$ m/h. Eelsoojendusel väheneb tem-peratuuride vahe õmbluses ja põhimetallis ning järelkult ka termiliste pingete suurus ja nende kasvamine; väheneb kuum-pragude tekkimise võimalus. Siiski ei ole eelsoojendusega võimalik alati vältida kristallisatsioonilisi (kuum-) pragusid. Neil juhtumel on vajalikud metallurgilist laadi abinõud — elektrootiditraadi, rübustaja koostise muutmise jne.

Eelsoojenduse puudumisel, või juhul kui eelsoojendus oli mitteküllaldane, tekivad pealekeevitatud metallis külmp-raod. Eelsoojendus kuni optimaalsete temperatuurideni (X12 tüüpi terastele on need $500—550^{\circ}$) ning sellele järgnev aeglane jahutamine vähendab deformatsioonide suurust

ning võimaldab täielikult vältida külmpragusid. Kui töö iseloomu tõttu on lubatud tootes pragude olemasolu, siis ei ole eelsoojendus vajalik.

Kui pealekeevitatud kohti on vaja mehaaniliselt töödelda, siis tuleb kihti lõõmutada. Lõõmutamisel toimub karbiidide eraldumine kroomiga legeeritud austeniidist. Eraldunud karbiidide hulk ja nende mõõtmed olenevad temperatuurist ja lõõmutamise kestvusest. Pikemaajaline hoidmine kõrgetel temperatuuridel kutsub esile karbiidide ülemäärase suurenemise, mis vähendab pealekeevitatud metalli karastusvõimet.



Joon. 5. Eelsoojendustemperatuuri mõju jahtumiskiirusele kristalliseerumisel ja kuumpragude tekkimisele.

Pealekeevitatud toortükkide lõõmutamist soovitatakse teostada isothermilise tsükli järgi: kuumutamine kuni 870—900°C, hoidmine sellel temperatuuril 1—2 tundi, jahutamine koos ahjuga kuni 700°C ja hoidmine 700°C juures 5—8 tundi, edaspidine jahtumine õhu käes. X12 tüüpi teraste kõvadus pärast sellist lõõmutamist on 25—29 Rc.

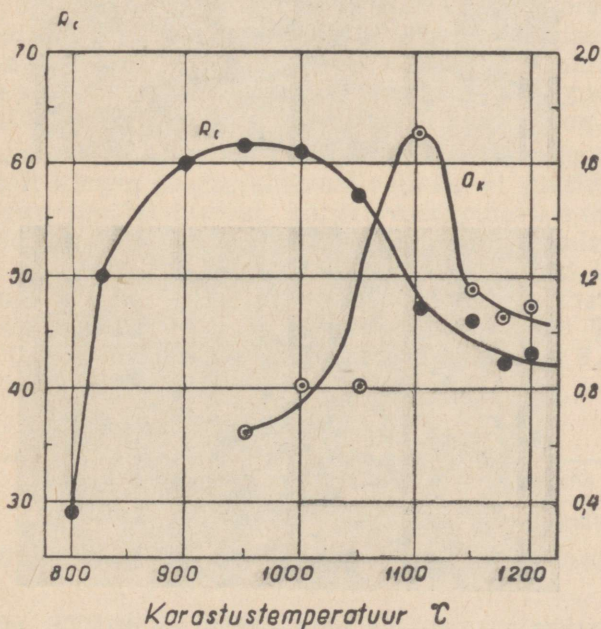
Pärast isothermilise režiimi järgi lõõmutamist koosneb pealekeevitatud metalli struktuur sorbiidist, suurest hulgast karbiididest ja ledeburiit tüüpi karbiidsest eutektilisest võrest. Austeniidi ja karbiidi terakesed pealekeevitatud metallis on peenemad kui sama koostisega valatud ja valtsitud

terasest. Kõrge kroomisisaldusega pealekeevitatud metalli struktuur ja omadused olenevad suurel määral karastustemperatuurist.

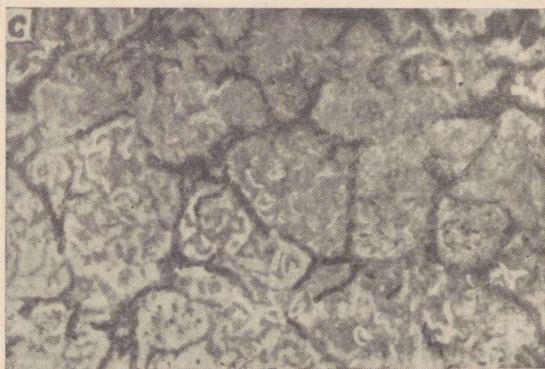
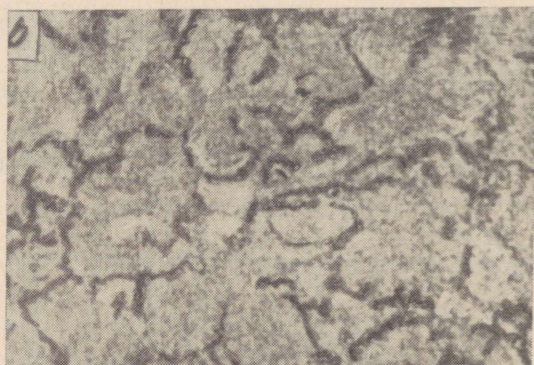
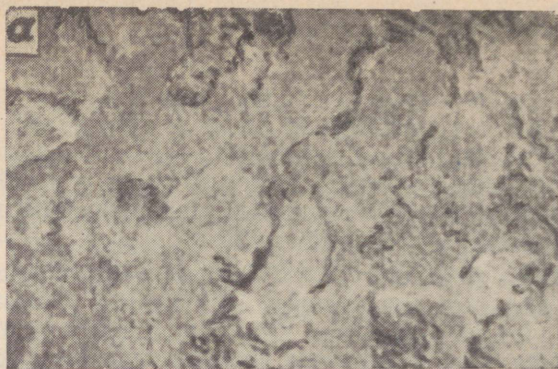
Karastustemperatuuri mõju pealekeevitatud metalli X12B1Φ kõvadusele, löögisitkusele ja struktuurile on kujutatud joonistel 3 ja 4. Karastustemperatuuri tõstmine soodustab karbiidide lahustumist austeniidist, mistõttu karastatud pealekeevitatud metallis suureneb austeniidi hulk ning vähe- neb martensiidi ja karbiidide hulk.

Olenevalt pealekeevitatud toodete töötingimustest, soovitakse kasutada mitmesuguseid termilise töötlemise variante. Nii näiteks juhul, kui tootel on nõutav suur kõvadus ja kuumuskindlus, tuleb teda töödelda teisesele kõvadusele — karastamine kõrgelt temperatuurilt (1125—1150°C) austeniidile ja kõrge noolutamise 500—550°C juures. Kui toode töötab tugeva kulumise tingimustes suhteliselt madalatel temperatuuridel (mitte üle 200—250°C), siis võib teda karastada esmasele kõvadusele — karastamine 1000—1050°C ja madal noolutamine 180—200°C juures.

Pealekeevitatud metalli kõvadus pärast termilist töötlemist esmasele kõvadusele on 61—63 R_c, pärast termilist tööt-



Joon. 6. Karastustemperatuuri mõju pealekeevitatud metalli X12B1Φ kõvadusele ja löögisitkusele (noolutus 200°C juures 1,5 tundi).



Joon. 7. Karastustemperatuuri mõju pealekeevitatud metalli X12BΦ struktuurile (noolutus 200°C juures 1,5 tundi), (X600); a — 950°C; b — 1050°C; c — 1175°C.

lemist teisesele kõvadusele — 62—64 R_c. Rahuldav vastupidavus löökkoormustele saavutatakse pealekeevitatud metalli karastamisel temperatuurilt 1100°C austeniidile ning sellele järgneva madala noolutusega. Löökkide mõjul pealekeevitatud austeniitne metall, mille kõvadus on 40—45 R_c, karestub, pealiskihi kõvadus suureneb, millega tagatakse kõrge kulumiskindlus. X12 tüüpi terase kulumiskindla kihi pealekeevituse tehnoloogia pulbrilise elektroodiga ning rübustajaga leidis kasutamist rea toodete ja tööriistade tugevdamisel — nagu külmstantsimise stantsid, külmvaltsimise rullid, profiilrullid jne.

Pealekeevitatud stantsid osutusid viis kuni kuus korda kulumiskindlamaks võrreldes stantsidega, mis olid valmistatud terasest Y7 ja Y10. Külmvaltsimise rullide pealekeevitamine X12 tüüpi terasega on juurutatud F. A. Homusko ja A. V. Melniku poolt Dnepropetrovski Lenini nimelises Toruvaltsimise Tehases. Pealekeevitatud rullide püsivus on väga suur.

b) 3X2B8 tüüpi terase pealekeevitus

Rida tooteid (kuumstantsimise stantsid, kuumvaltsimise rullid, survevalu pressvormid, matriitsid, puksid ja surve-nõelad alumiiniumi, vase, mangaanisulamite pressimiseks ja paljud teised) töötavad vahelduva kuumenemise ja jahtumise tingimustes, mis kutsub esile metalli termilise väsimuse ja selle tulemusena pragude tekkimise. Pragudele kaasneb pealiskihide kulumine, korrosioon ja erosioon.

Niisugustes tingimustes töötamisel peab materjal omama suhteliselt kõrget soojusjuhtivust selleks, et juhtida kiiresti ära soojust pealiskihidest, kõrget vastupidavust termilisele väsimusele, korrosioonile, erosioonile, soojuslikule ja abrasiivsele kulumisele, kõrgeid mehaanilisi omadusi kõrgendatud temperatuuride juures. Mainitud nõuetele vastab kõige enam kroomvolframteras 3X2B8. Selle terase keemiline koostis GOST 5950—51 järgi on toodud tabelis 5.

Tabel 5

Terase 3X2B8 keemiline koostis protsentides

C	Mn	Cr	W	V	Si	Ni	S	P
					mitte üle			
0,30—0,40	0,20—0,40	2,2—2,7	7,50—9,00	0,20—0,50	0,35	0,30	0,03	0,03

Teras 3X2B8 on kallis ning seetõttu valmistatakse temast peamiselt väikesemõõtelisi tooteid. Suuremahuliste toodete valmistamiseks kasutatakse asendajaid, millistel on halvemad omadused. Teras 3X2B8 pealekeevitus võimaldab

efektiivselt ja ökonoomselt kasutada tema väärtuslikke omadusi.

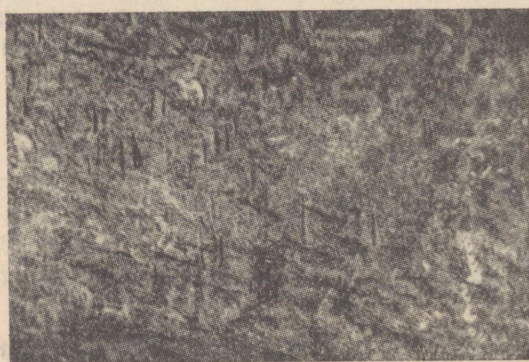
Terase 3X2B8 pealekeevituse tehnoloogia töötas välja I. I. Frumin (10). Pealekeevituseks kasutatakse pulbrilist elektroodi mark ПП-3X2B8 või täisristlõikelist elektroodi mark ЭИ-701. Elektroodide koostis on toodud tabelis 6.

Tabel 6

Elektroodide keemiline koostis terase 3X2B8 pealekeevituseks

Elektroodi mark	Sisaldus %										Märkus
	C	Cr	W	V	Mn	Si	Ni	S	P	Na ₂ SiF ₆	
ПП-3X2B8	0,7	2,8	9,75	0,3	1,45	≤0,3	—	≤0,04	—	2,0	ЧМТУ-5141-55
ЭИ-701	0,55—0,65	2,6—3,1	9,4—10,2	0,3—0,5	1,3—1,8	0,4—0,6	≤0,30	≤0,04	≤0,04	—	ЧМТУ-5527-56

Nende elektroodide kasutamine koos rübustajaga AH-20 võimaldab saada metalli (vastupolaarse alalisvooluga režiimidel: voolutugevus 200—500 A ning pinge 27—35 V), mis põhiliste leegerivate elementide suhtes vastab terasele mark 3X2B8, kuid on mõnevõrra kõrgema räni- ja mangaanisaldusega. Suuremõõteliste toodete pealekeevitusel (põhimetaliks teras 50, 60, 65 jt.) on soovitatav järgmine terminiline tsükkel: kuumutamine kuni 350—400°C toote temperatuuri ühtlustamiseks, aeglane jahtumine õhu käes, noolutamine 400°C juures 0,5—1 tunni jooksul.



Joon. 8. Pealekeevitatud metalli 3X2B8 mikrostruktuur-pärast noolutamist 400°C juures (X120).

Pealekeevitatud metalli kõvadus pärast noolutamist on 44—47 R_c. Tema mikrostruktuur kujutab hajutatud karbiide tahke lahu foonil (joon. 8). Pealekeevitatud kihi kõvaduse tõstmiseks või juhul, kui on vajalik taastada varem terasest 3X2B8 valmistatud toodete mõõtmeid, on võimalik kasutada isotermilist pealekeevitust. Isotermilise pealekeevituse termiline tsükkel: toote kuumutamine kuni 500—550°C, pealekeevitus, toote läbikuumutamine pärast pealekeevitust 550°C juures, jahutamine õhu käes või õlis, noolutamine 600°C juures 0,5—1 tunni jooksul. Pealekeevitatud kihi kõvadus pärast noolutamist on 52—56 R_c. Eeltoodud termiliste tsüklite järgi pealekeevitatud metalli on veel võimalik töödelda kõvasulamist plaadikestega BK3 ja BK6 varustatud treiteradega.

Kui tekib vajadus edasiseks mehaaniliseks töötlemiseks hõõveldamise, freesimise, puurimise jne. teel, lõõmutatakse pealekeevitatud toodet 820—840°C temperatuuri juures, kõvadus pärast lõõmutamist on 207—229 (Brinelli järgi). Lõõmutatud toodete karastamine toimub temperatuurilt 1050—1100°C õlisse, järgneva noolutamisega 600°C juures. Toote eelkuumutamine ja aeglane jahutamine pärast pealekeevitust on vajalik pragude vältimiseks.

Terase 3X2B8 kihi pealekeevitamine kuumvaltsimise rullide tööpinnaile, mida valmistatakse süsinikterastest ja madalaltlegeeritud terastest, võimaldas mitmekordselt (5—10 korda) tõsta nende vastupidavust. Kuumvaltsimise rullide pealekeevitus I. I. Frumini poolt väljatöötatud tehnoloogia kohaselt on juurutatud ning leiab rakendamist reas metallurgiatehastes. Ökonoomiline efekt ulatub kümnetele miljonitele rubladele.

Metalli kuumlõikamise nügade pealekeevitus terasega 3X2B8, mis juurutati Magnitogorski metallurgia kombinatis F. A. Homusko juhtimisel, võimaldas tõsta nügade püsivust 3—4 korda. Käesoleval ajal juurutatakse kuumstantsimise stantside, pressriistade ja paljude teiste detailide pealekeevitust, mis töötavad sarnastes tingimustes.

c) Kiirlõiketeraste pealekeevitus

Kiirlõiketerased on keemilise koostise poolest kõrgeltlegeeritud terased, mis sisaldavad kroomi ning kallihinnalisi karbiide moodustavaid elemente (volfram, vanaadium, molübdeen).

NSV Liidus on kõige rohkem levinud kiirlõiketerased P18 ja P9. Nende standardkoostis on toodud tabelis 7.

Terase- margid	Sisaldus %					
	C	W	Cr	V	Si	Mn
P18	0,70—0,80	17,5—19,0	3,8—4,4	1,0—1,4	≤ 0,4	≤ 0,4
P9	0,85—0,95	8,5—10,0	3,8—4,4	2,0—2,6	≤ 0,45	≤ 0,45

Terased P18 ja P9 paistavad silma suure kõvaduse, kulumiskindluse ja kuumuskindlusega; nad peavad hästi vastu löökkooormustele, mille tõttu on asendamatud profiillõike-riistade valmistamiseks.

Pulbrilise elektroodi kasutamine võimaldab saada P18 ja P9 tüüpi metalli defektideta homogeense koostise. Ühekahekihiline pealekeevitus toimub rübustajaga AH-30 (13), paljukihilisel pealekeevitusel soovitatakse kasutada rübustajat AH-21 (vt. tabel 3). Nende elektroodidega vastupolaarse alalisvooluga pealekeevitatud metall (režiimil: voolutugevus 200—500 A, pingeline 27—35 V), vastab koostiselt kolmandas ja järgnevates kihtides terastele P18 ja P9. Elektrood valmistatakse terase O8KП ribast mõõdetega 0,65×20 mm. Elektroodide koostis on toodud tabelis 8.

Tabel 8

Pulbriliste elektroodide koostis kiirlõiketeraste pealekeevituseks

Elektroodide margid	Sisaldus %						
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Na ₂ SiF ₆
ПП-P18	1,1—1,2	≤ 0,4	≤ 0,4	4,2—4,4	18,5—19,5	1,5—1,6	3,5—4,0
ПП-P9	1,4—1,5	≤ 0,4	≤ 0,4	4,2—4,4	9,5—10,5	2,7—2,9	3,5—4,0

Pragude vältimiseks on vajalik detaili eelnev kuumutus 500—550°C. Pealekeevituse protsessis ei tohi detaili temperatuur langeda alla 500°C. Pärast pealekeevitust asetatakse detail ahju, temperatuuri ühtlustamiseks kuumutatakse läbi 700°C juures ning jahutatakse ahjus. Vajalikuks järgneviks mehaaniliseks töötlemiseks viiakse läbi lõõmutus režiimide järgi, mis on kasutatavad sepisteraste P18 ja P9 suhtes. Pärast lõõmutamist omab pealekeevitatud metall kõvaduse 24—27 R_c, mis võimaldab lõikeriistadega rahuldava töötlemise. Pealekeevitatud toote karastamine ja noolutamine toimub teraste P18 ja P9 suhtes standardsetel režiimidel. Pealekeevitatud kihi kõvadus pärast karastamist ja kahekordset noolutamist on 62—64 R_c. Pealekeevitatud kihi

struktuur on eutektiliste karbiidide katkestatud võre ja tahke lahus. Karastus kõrgetel temperatuuridel (1260—1280°C) kutsub esile põhimetalli ülekuumenemise (teras 45, 55 jt.) ning tema plastiliste omaduste halvenemise. Instrumendi suhtes, mis kuulub pärast pealekeevitust töötlemisele abrasiivkääidega, on võimalik vältida detaili põhimetalli ülekuumenemist. Selleks otstarbeks kasutatakse NSV Liidus ja välismaal niinimetatud isothermist (astmelist) karastamist. Detaili kuumutatakse enne pealekeevitust temperatuurideni, kus pealekeevitatud metalli austeniit on küllaldaselt määralt püsiv (P18 ja P9 jaoks on see 500—600°C). Pealekeevitus toimub selle temperatuuri juures, kusjuures pealekeevitatud kiht jahutatakse vedelast olekust isothermilise püsivuse temperatuurideni (500°C). Pärast pealekeevitust detail kuumutatakse läbi 600°C juures temperatuuri ühtlustamiseks ning seejärel jahutatakse õhu käes. Pärast kahekordset noolutust on pealekeevitatud kihi kõvadus 62—65 R_c.

Rohkearvulised kiirlõiketerastega pealekeevitatud tööriistade katsetamised näitasid, et vastupidavuse suhtes nad ei ole sepietatud kiirlõiketerasest tööriistadest halvemad.

d) Kõrge mangaanisisaldusega austeniit-teraste pealekeevitamine

Seda tüüpi teraste hulka kuulub eelkõige teras Г13 (1,2% C ja 12—13,0% Mn) ja selle modifikatsioonid. Teras Г13 omab suurt kulumiskindlust kui kulumisele kaasnevad ka löökkoomused ja kõrged erisurved. «Puhta», löökideta abrasiivkulumise juures teras Г13 ei ole kulumiskindel. Pärast karastust vees 1100°C juures iseloomustab seda terast suur tugevus ja sitkus.

Antud juhul austeniidi lagunemine (mis kutsub tavaliselt esile kõvaduse suurenemise) on takistatud kõrge mangaanisisalduse ja kiire jahtumise tõttu. Toote temperatuur enne pealekeevitust peab olema võimalikult madal. Pealekeevitamisel kuumenedes kuni 400°C austeniit-terakeste servadel eralduvad mangaaniga rikastatud karbiidid, tahke lahuse vaesumise tõttu toimub samuti muutumine martensiidiks. Pealekeevitatud metall kaotab sealjuures oma sitkuse ja deformeerumisvõime ja muutub rabedaks.

Suure mangaanisisaldusega pealekeevitatud teraste kalduvust eraldada karbiide ja praguneda, on võimalik vähendada süsinikusisalduse vähendamisega elektroodis kuni 0,7—0,8% (20) ning nikli juurdelisamise teel 3—3,5% ulatuses austeniidi stabiliseerimiseks.

Sellise elektroodiga pealekeevitatud metallil on hea deformatsioonivõime ning ta ei pragune.

Ühekihilise pealekeevituse puhul võib kasutada pulbrilist elektroodi, mis sisaldab 1,3% C ja 18% Mn ning räbus-tajat AH-30 (13).

Rahuldavaid tulemusi saavutatakse standardelektroodi CB-X20H10Г6 ja räbus-taja AH-22 kasutamisel.

Elektroodide koostis, mida võib kasutada terase Г13 pealekeevitusel, on toodud tabelis 9.

Tabel 9

Elektroodide koostis terase Г13 pealekeevituseks

Elektroodi mark	Sisaldus %				
	C	Si	Mn	Ni	Cr
ПП-Г13	1,3	0,2—0,3	17,0—18,0	—	—
CB-X20H10Г6	0,12	0,3—0,7	5,0—7,0	9,0—11,0	18,0—22,0
—	0,7—0,8	0,3—0,5	11,5—12,5	3,0—4,0	—

Kivi- ja sõejahvatuse veskid, kivipurustajate lõuad, raudtee-ristid, roomiku lülid, ekskavaatori koppade hambad jm. valmistatakse tavaliselt terasest Г13. Pealekeevitusel elektroodidega, mille koostis on toodud tabelis 9, on neid võimalik edukalt taastada. Terasе Г13 kihti tavaliselt ei keevitata vahetult toote tööpinnale, kuna põhi- ja pealekeevitatud metalli joonpaisumise koefitsiendid on erinevad ning tekiva rabeda martensiitkihi tagajärjel pealekeevituse ja toote vahel võib esineda juhtumeid, kus pealekeevitatud metall lööb karastamisel lahti. Lahtilöömisi on võimalik vältida vahepealse kihi pealekeevituse teel kroomnikkel-austeniit-elektroodiga.

e) Muud tüüpi teraste pealekeevitus

Automaatset pealekeevitust räbus-tajaga kasutatakse pin-nasekaevamise masinate, jahvatus- ja tõmbe-puhumise sead-mete detailide vastupidavuse suurendamiseks.

Pealekeevitatud kulumiskindla metalli saamiseks kasu-tatakse torukujulist elektrooditraati. Elektrooditraadi val-mistamine ja pealekeevitus toimub B. N. Panovi poolt konst-rueeritud automaadiga ОПРЭС (21). Pinnasepumpade töö-rataste kuluvatele kohtadele ja šahtveskite purustihoidjatele keevitatakse peale kõrgeltlegeeritud metalliga, mis sisaldab 3% C, 14,0% Cr, 1% Ti ja 0,6% B. Saavutatakse mitme-kordne tööviljakuse tõus võrreldes elektroodide T-590 kä-sitsi pealekeevitusega. Presside laagriliudadele pealekeevi-tuseks on väljatöötatud toruelektroodi koostis, millega saa-dakse järgmise koostisega metall: 1,5—1,8% C; 7,0—9,0% Cr; 0,3—0,6% Ti.

Pealekeevitatud pooltoode lõõmutatakse temperatuuril 880°C, seejärel on teda võimalik rahuldavalt mehaaniliselt töödelda. Ölisise karastamine 880—900°C ja sellele järgnev noolutamine 200°C juures võimaldab saada pealekeevitatud kihi kõvaduse 58—62 R_c. Bagerpumpade soomuse tugevdamine saavutatakse kulumiskindla sulami pealekeevituse teel, mis sisaldab 3,5% C, 14% Cr, 0,6% Ti, 1,0% B. Kõrge räni-sisaldusega mangaanrübustajate AH-348 ja OCLI-45 kasutamine titaani- ja boorisaldusega kõrgeltlegeeritud sulamite pealekeevituseks ei ole ratsionaalne. Nende kasutamisel tekib legeerivate elementide suur kadu, pealekeevitatud metallil on kalduvus pragude tekkimisele.

Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelises Elektri keevituse Instituudis on E. I. Leinatšuki poolt väljatöötatud traktorite, autode ja põllumajandusmasinate detailide (tugirullid, pingutus rattad, teljed jne.) taastamise tehnoloogia pealekeevituse teel rübustaja kihi all. Kasutatakse standardseid täisristlõikelisi elektrootraate mark 10Г2, 30ХГСА, 20ХГСА ning rübustajaid AH-348-A ja AH-20.

Väntvõlli kaelte taastamiseks pealekeevituse teel A. E. Asnis ja A. I. Korennoi soovivad kasutada elektroodi ЭИ-681 (0,15% C; 1,6—1,9% Mn; mitte üle 0,12% Si; 1,2—1,5% Cr; mitte üle 0,04% S ja mitte üle 0,04% P) ning rübustajat AH-348-A. Kroomisisalduse suurendamine elektrootraadis võimaldab veelgi tõsta võllikaelte kulumiskindlust.

V. P. Subbotovski poolt koos Kuibõševi nimelise Ždanovi Toruvaltsimise Tehase töötajatega on juurutatud toruvaltsimispingi valtsirullide automaatne pealekeevitus. Pealekeevituseks kasutatakse pulbrilist elektroodi ПП-3Х2В8 või standardelektroodi CB-X20H10Г6 koos rübustajaga AH-20.

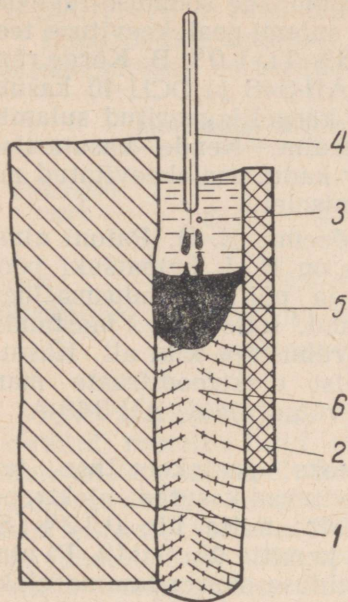
Pealekeevitus toimub eelsoojendusega. Sel teel on saavutatud tunduv kulumiskindluse suurenemine.

II. KULUMISKINDLATE TERASTE RÄBUELEKTRILINE PEALEKEEVITUS

1. Protsessi olemus

Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelises Elektri keevituse Instituudis on G. Z. Vološkevitši (22) poolt välja töötatud rübuelektriline protsess, mis võimaldab bimetaltoodete valmistamist pealekeevituse teel. Rübuelektriline protsess on ühendatud sundformeerumise meetodiga (23).

Räbuelektriliseks nimetatakse keevitusviisi, mis põhineb elektrivoolu läbimisel eralduva soojuse kasutamisele metallide sulatamiseks. Räbuelektrilise pealekeevituse protsessi skeem on toodud joonisel 9.



Joon. 9. Räbuelektrilise pealekeevituse protsessi skeem.

Ruumis, mis on tekitatud pealekeevitatava pinna 1 ja formeeriva osa 2 abil, tekib sulanud räbustajast räbuvann 3, kuhu pidevalt antakse metallist elektroodi 4. Elektrivool, kulgedes elektroodi ja pealekeevitatava toote vahel, kuumutab sularäbu ning hoiab ülal kõrge temperatuuri ja elektrijuhtivuse. Räbu sulatab elektroodi ja toote pealispinna. Räbuvanni põhjas kujuneb metallivann 5, mis tardudes annab põhimetalliga kindlalt kokkusulanud kihi 6.

Formeeriv osa jahutab metallivanni pinda ning samaaegselt hoiab räbuvanni.

Räbuelektrilisel pealekeevitusel on põhimetalli kuumenemine vähem kontsentreeritud, mis võimaldab suure ulatuses reguleerida põhimetalli läbisulatamise sügavust.

Tavalisel pealekeevitusel räbustaja kihi all on raske saavutada esimeses kihis põhimetalli hulka vähem kui 30—40%; räbuelektrilise protsessi puhul on põhimetalli hulk pealekeevitatud kihis vähene ning selle sisaldust on kergesti võimalik viia 10—15%-ni. Räbuelektriline pealekeevitus teostatakse ühekordselt; räbustaja kulu on mitu korda väiksem kui kaarleegiga pealekeevituse puhul.

Kindlaksmääratud režiimi juures puuduvad täiesti laiialipritsimisest tekkinud kaod. Sundformeerimise meetod võimaldab rakendada suuri voolutugevusi toodete suhteliselt väikeste gabariitmõõdete juures ja head metalliõmbluse formeerumist. Protsessi tootlikkus on kõrge (vt. tabel 19).

Räbuelektrilise pealekeevituse puhul, erinevalt kaarleegilisest, on võimalik kõrgeltlegeeritud pealekeevitatud metalli saada ainult täisriistloikelise või pulbrilise elektroodi legerimise abil.

Ei ole võimalik kasutada tugevalt legeerivat keraamilist räbustajat. Sellise räbustaja koostises on palju metalliosa-

kesi, mille tagajärjel kaarleek tekib elektroodi ja räubustaja pinna vahel ning räubuelektriline protsess ei ole püsiv. Madalaltleegeritud keraamiliste räubustajate kasutamisel võib saavutada püsivat räubuelektrilist protsessi.

2. Räubustaja räubuelektriliseks pealekeevituseks

Räubustaja osatähtsus räubuelektrilise protsessi juures on erinev tema ülesandest kaarleegilise protsessi juures. Räubustaja-räbu füüsikalised omadused — elektrijuhtivus, sitkus, keemistemperatuur, samuti elektrijuhtivuse olenevus temperatuurist omandavad suure tähtsuse, kuna nad määravad räubuelektrilise protsessi teostamise võimaluse.

Kvaliteetse keevisõmbluse või pealekeevitatud metallikihi saamiseks on eriti tähtis, et räubuelektriline protsess oleks stabiilne.

Räubuelektriline protsess katkeb kaarleegi tekkimisel elektroodi ja räubuvanni vaba pinna vahel või räubuvanni sügavuses, elektroodi ja metallivanni vahel. Selline kaarleek on ebastabiilne ning tekitab keevisõmbluses või pealekeevitatud metallis defekte.

Räubuelektrilise protsessi stabiilsus oleneb paljudest tehnoloogilistest teguritest (toiteallika iseloomustus, ruumi osa geomeetrilised mõõtmed, kus toimub keevitus või pealekeevitus, pealekeevituse režiim, räubuvanni jahtumise intensiivsus jne.), samuti räubustaja-räbu koostisest, kuivõrd temast sõltuvad eelmainitud füüsikalised omadused.

Formeerivate osade poolt räubuvanni intensiivse jahutamise tagajärjel (pealekeevitusel eriti kitsa piluga pooltoote ja formeerivate osade vahel) toimub sularäbu kiire tardumine ning protsess muutub ebastabiilseks. Räbu tardumise vältimiseks on vajalik tema minimaalne sitkus protsessi temperatuuril.

Voolu katkemise vältimiseks peab räbu omama kõrge elektrijuhtivuse temperatuuride juures, mis on kõrgemad vanni metalli sulamise temperatuurist.

Rea tehnoloogiliste tegurite muutumise tagajärjel (räbu mahu vähenemine, pealekeevituse pinge vähenemine, elektrooditraadi etteande kiiruse vähenemine jm.) võib räbu temperatuur tõusta nii kõrgele, et räbu hakkab keema. Räbu keemine kutsub esile tema elektrijuhtivuse vähenemise, mille üle võib otsustada voolutugevuse vähenemise ja pinge suurenemise järgi keemahakkamise momendil ning selle tulemusena elektroodimetalli mittekokkukeevitumise pooltoote metalliga. Selle nähtuse vältimiseks on vajalik, et räbu omaks võimalikult kõrget keemistemperatuuri.

Kui räbu koostises satuvad raua, kroomi, vanaadiumi ja teiste elektroodi elementide hapendid, ei tohi tema füüsikalised omadused suure ulatuses muutuda.

Kõrgeltlegeeritud teraste pealekeevituseks peab räbustaja-räbu omama võimalikult vähest oksüdeerimisvõimet ning tagama pealekeevitatud metalli hea formeerumise, pooride, pragude, räbusisalduse ja teiste defektide puudumise, räbukoorigu kerge eraldatavuse.

Kirjeldatud nõuded on vastuolulised. Rübuelektriliseks keevituseks väljatöötatud räbustajad vastavad nendele nõuetele osaliselt. Kõige sobivamaks kõrgeltlegeeritud sulamite rübuelektriliseks pealekeevituseks on vähese ränisisaldusega räbustaja AH-22, mille koostis on toodud tabelis 1.

3. Mõningate terasemarkide pealekeevitus

Rübuelektrilist pealekeevitust on võimalik teostada nii tasapindadele kui ka pöördkehade pindadele. Pealekeevitust võib kasutada nii väikeste kui ka suuremõõduliste toodete puhul.

Rübuelektrilise pealekeevituse iseloomustavaks omaduseks on pealekeevitatud metalli sile ja ühetasane pind, mis võimaldab paljudel juhtumitel vältida toote järgnevat mehaanilist töötlemist.

Tasapindade ja pöördkehade pindade pealekeevituse tehnikat on üksikasjaliselt kirjeldatud meie töös (24).

Käesoleval ajal on omandatud mitme kõrge kroomisisaldusega X12 tüüpi ledeburiit-terase, kiirlõiketerase, kroommoolübdeenvanaadiumterase, samuti rea austeniit-teraste (kroomnikkel, kroomnikkelmangaan jt.) rübuelektriline pealekeevitus.

4. X12 tüüpi teraste pealekeevitus

X12 tüüpi teraste omadused on kirjeldatud juba eespool. Nende teraste rübuelektriliseks pealekeevituseks ettenähtud pulbriliste elektroodide keemiline koostis on toodud tabelis 10.

Tabel 10

X12 tüüpi teraste rübuelektriliseks pealekeevituseks ettenähtud pulbriliste elektroodide keemiline koostis

Mark	Sisaldus %							
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni
ПП-Х12ВФ/ЭШ	2,3—2,4	0,3	0,4	16,0—17,0	1,2	0,3	—	—
ПП-Х12М/ЭШ	2,0	0,3	0,4	15,5	—	0,3	0,7	—
ПП-Х12Ф1/ЭШ	2,0	0,3	0,4	16,0	—	1,2	—	—
ПП-Х12Н4Ф/ЭШ	2,3—2,5	0,3	0,4	16,0	—	0,3	—	4,0
ПП-Х12/ЭШ	2,3—2,5	0,3	0,4	16,0—17,0	—	—	—	—

Räbuelektrilisel pealekeevitusel rübustajaga AH-22 talistel režiimidel (voolutugevus igale elektroodile 220—500 A ning pinge 30—35 V) elektroodi läbimõõduga 2,8—3 mm, pealekeevitatud metalli keemiline koostis vastab X12 tüüpi teraste standardkoostisele.

Teatud kroomi, vanaadiumi, süsiniku jt. lisandite oksüdeerumine pealekeevituse juures kompenseeritakse nende elementide vastava suurendamisega pulbrilises elektroodis. Legeerivate lisandite oksüdeerumine pealekeevitusel on leeb pealekeevituse režiimidest, voolu liigist, polaarsusest, rübustaja koostisest jne. Need küsimused on üksikasjalikult kirjeldatud meie töös (25).

Räbuelektrilist pealekeevitust on võimalik teostada nii vahelduva- kui ka alalisvooluga. Vahelduvvoolu kasutamise eeliseks on seadmete lihtsus. Suurt tähtsust omab asjaolu, et legeerivate lisandite oksüdeerumine pealekeevitusel vahelduvvooluga on väiksema intensiivsusega kui alalisvoolu kasutamisel.

Pealekeevituse režiimi muutmisel pealekeevitatud metalli koostise kõikumised vahelduvvoolu kasutamisel ei ole nii järsud kui kaarleegilise pealekeevituse juures.

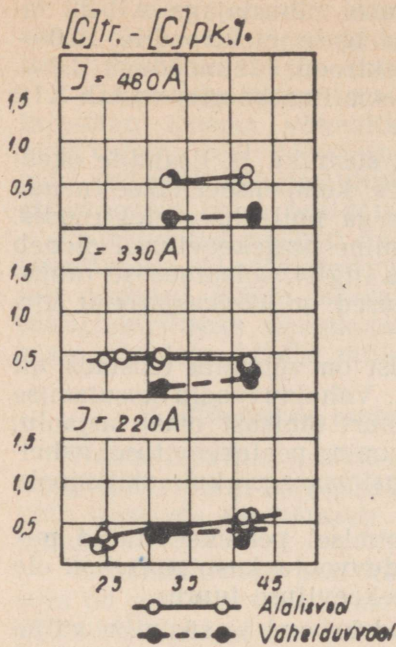
Joonisel 10 a, b, c on toodud kroomi ja süsiniku väljapõlemise ning mangaani ülemineku olenevus voolu liigist räbuelektrilise pealekeevituse mitmesuguste režiimide juures.

Pealekeevitus toimus võrdsetes tingimustes rübustajaga AH-22.

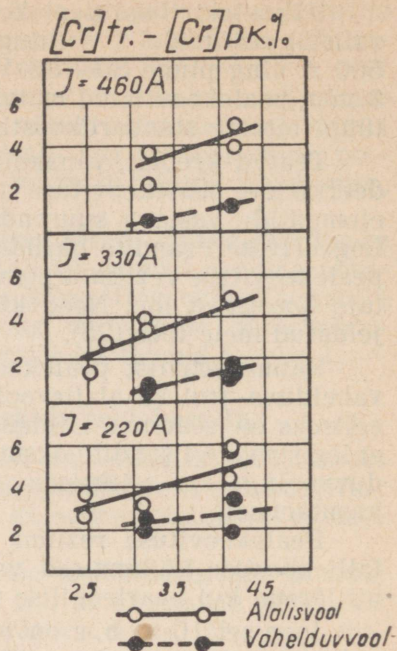
Räbuelektriline meetod võimaldab ilma eelsoojenduseta pealekeevitada 20—25 kg raskustele pooltoodetele. Pragude vältimiseks suurtele pooltoodetele pealekeevitatud kihis on vajalik eelsoojendus, mille temperatuur määratakse kindlaks olenevalt pooltoodete mõõtmetest. Mida suuremad on mõõtmed, seda kõrgem peab olema eelsoojenduse temperatuur. Suuregabariidiliste toodete pealekeevituse puhul osutub mõnikord vajalikuks ka soojendamine pealekeevituse ajal. X12 tüüpi pealekeevitatud metall on väheplastiline, seetõttu on külmpragude tekkimise vältimiseks vajalik toodet kohe pärast pealekeevitust kuumutada temperatuurini 700°C, hoida 1—2 tundi ning garanteerida järgnev aeglane jahtumine. Juhul kui toote töötingimused lubavad pragude olemasolu pealekeevitatud kihis, on sellised ettevaatusabinõud mittevajalikud. Räbuelektrilisel meetodil pealekeevitatud metalli termilise töötlemise režiimid on samad, mis kaarleegilise pealekeevituse juures.

Räbuelektrilisel meetodil pealekeevitatud metalli mehaanilised omadused sõltuvad oluliselt tema jahtumiskiirusest kristalliseerumisel, terade suurusel jne.

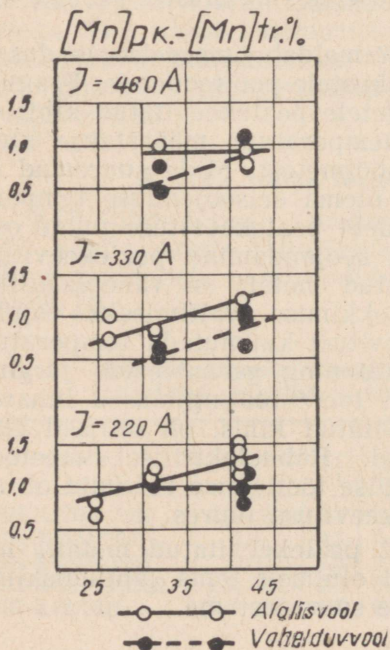
a)



b)



c)



Joon. 10. Vooluliigi ja režiimi mõju rübelektrilise pealekeevituse puhul: a — süsiniku väljapõlemisele; b — kroomi väljapõlemisele; c — mangaani üleminekule rübustajast metalli (rübustaja AH-22).

Tabelis 11 on toodud andmed pealekeevitatud metalli kristalliseerumisel jahtumiskiiruse mõjust löögigegevusele.

Tabel 11

Pealekeevitatud metalli X12B1Φ ja X12M jahtumiskiiruse mõjust löögigegevusele

Pealekeevitatud metalli mark	Jahtumiskiirus 1200° juures, °C/sek.	Löögigegevus kg m/cm ²
X12B1Φ	1,4	0,92
	4,6	2,99
X12M	2,0	2,17
	3,5	2,88

5. Kiirlõiketeraste pealekeevitus

Tabelis 12 on toodud pulbrilise elektroodi koostis kiirlõiketerase pealekeevituseks ning selle elektroodiga pealekeevitatud metalli koostis (14).

(Pealekeevituse režiim: I = 360 A; U = 35—38 V; räbus-taja AH-22).

Tabel 12

Pulbrilise elektroodi ja pealekeevitatud metalli keemiline koostis

Materjal	Sisaldus %				
	C	Cr	W	V	Mn
Elektrood	1,28	2,53	13,3	1,51	Ei määrata
Pealekeevitatud metall .	0,84	1,57	13,0	1,58	0,66

Pealekeevitatud metall on täiesti homogeenne. Kogu pealekeevitatud metalli kõvaduse lõikumine on 1—2 Rockwelli ühiku piirides.

Pärast noolutust 580°C juures on pealekeevitatud metalli kõvadus 64,5 Rc. Peeneteralise struktuuri saamiseks on soovitatav pooltoodet kiirelt jahutada. Pealekeevitatud metalli püsivus on umbes 1,5 korda kõrgem kui sepistatud terasel P18.

Pealekeevitatud metalli süsinikusisalduse suurenemine kutsus esile kõvaduse vähenemise metalli struktuuris jääkausteniidi sisalduse suurenemise tõttu.

Kasutades pulbrilist elektroodi, mille koostis on toodud tabelis 12, on võimalik valmistada bimetall pooltooteid suuremõõtmelistele tigufreesidele, hambatõukuritele, ketasfreesidele jne.

6. Terase 5X2M pealekeevitus

Suur kõvadus koos suure sitkusega on omane kroom-molibdeenvanaadiumterastele. Selliseid teraseid soovitatakse erialases kirjanduses kasutada stantside valmistamiseks, millel nõutakse suurt vastupidavust ning head järskude löökide talumist (näiteks rahalöömise templid).

Elektrikeevituse Instituudis töötati A. V. Melnikovi poolt välja tehnoloogia bimetallkuubikute valmistamiseks stantside jaoks rübuelektrilise pealekeevituse teel. Pealekeevitus teostati aparaadil A-372 pulbrilise elektroodiga, läbimõõduga 3 mm, rübustajaga AH-22.

Pulbrilise elektroodi ja pealekeevitatud metalli koostis on toodud tabelis 13.

Tabel 13

Pulbrilise elektroodi ja pealekeevitatud metalli keemiline koostis

Materjal	Sisaldus %					
	C	Si	Mn	Cr	V	Mo
Elektrood	0,65	0,3	1,4	2,3	0,30	0,65
Pealekeevitatud metall .	0,61	0,37	0,91	1,92	0,30	0,55

Protsessi stabiilsuse suurendamiseks kasutati rauapulbri asemel vähese süsinikusisaldusega traati läbimõõduga 1,4 mm.

Pealekeevituse režiimid: $I=580-600$ A; $U=40-45$ V; traadi etteande kiirus — 400 m/h; rübuvanni sügavus 50 mm; väljaulatus — 40 mm, pilu laius 25 mm. Pealekeevitus võib toimuda alalis- või vahelduvvooluga.

Kõrgeltlegeeritud teraste rübuelektrilisel pealekeevitusel on mõningaid eeliseid võrreldes kaarleegilise pealekeevitusega.

1. Kristalliseerumise soodsate tingimuste ning tunduvalt väiksemate jahtumiskiiruste tagajärjel on pooride ja kuumpragude tekkimise oht tunduvalt väiksem.

Rübuelektrilise pealekeevituse protsessis kuumeneb väikesemõõtmeliste toodete põhimetall tugevasti. Seetõttu ei ole eelsoojendus vajalik ning pealekeevitatud kõrgeltlegeeritud metalli süsiniku sisaldust võib tõsta 1,5—2% ilma, et oleks karta pragude tekkimist.

2. Rübuelektrilist pealekeevitust teostatakse tavaliselt ühe ülekäiguga, seetõttu ei ole vaja kasutada eriabinõusid pealekeevitatud metallilt rübukooriku eraldatavuse parandamiseks. Nagu teada, mitme ülekäigulise kaarleegiga

pealekeevituse puhul rübukooriku halb eraldatavus takistab pideva protsessi teostamist. Rübuelektriline pealekeevitus võrreldes kaarleegilisega omab suurema tööviljakuse, elektroodi ja rübustaja väiksema kulu jne.

Seni oli rübuelektrilise pealekeevituse puuduseks pealekeevitatud metalli struktuuri jämeteralisus jahtumiskiiruste aeglustamise tõttu, mis kutsub esile pealekeevitatud metalli plastilisuse vähenemise.

Käesoleval ajal on peeneteralisuse probleem keevitusvanni kristalliseerimise protsessis edukalt lahendatud.

Peeneteralisust on võimalik pealekeevitusel saavutada vähendades energia hulka elektroodi jooksvale meetrile. Soovitav on kasutada erivoolutugevust 10—15 A/mm, elektroodi etteandmise kiirust 0,5—1,0 m/tunnis pealekeevitamisel plaatelektroodiga, kus A/mm on voolutugevus plaadi 1 mm laiuse kohta. Traatelektroodiga pealekeevitamisel elektroodi etteandmise kiiruse vähendamine ning sel kombel voolutugevuse vähendamine mõjub soodustavalt peeneteralisuse saavutamisele.

Peale selle on võimalik peeneteralisust saavutada keevitusvanni modifitseerimisega. Modifitseerimiseks nimetatakse metallurgilist protsessi peeneteralisuse saavutamiseks mitmesuguste modifikaatoritega. Modifikaatoriteks kasutatakse ferrotitaani, tseesiumi, magneesiumi, kaltsiumi. Nende ainete hulk pealekeevitatud metallis peab olema õige väike — 0,02 kuni 0,04%. Antud elemendid viiakse pealekeevitatud metalli koostisse kõige sagedamini sula rübustajaga, spetsiaalsete dosaatorite abil. Modifikaator tekitab hulgaliselt kristalliseerumistsentreid, mille tõttu saadakse peeneteralise struktuuriga metall.

III. KAARLEEGILINE PEALEKEEVITUS SULAVA ELEKTROODIGA KAITSEGAASIDE ATMOSFÄÄRIS (GAASELEKTRILINE PEALEKEEVITUS)

Gaaselektriline keevitus leidis laialdast rakendamist NSV Liidus ja välismaal mitmesuguste värviliste metallide ning sulamite, samuti raua, nikli jne. alusel kõrgeltlegeeritud sulamite ühendamiseks. Kaitsegaasidena kasutatakse argooni ja heeliumi. Nende hind on kõrge, pealegi on tehnilise argooni ja heeliumi kaitsel pealekeevitatud metallil omadus kalduda poride tekkimisele. Seetõttu ei ole argooni ja heeliumi kasutamine levinud süsinikteraste ja madalaltlegeeritud teraste keevitamisel.

Keevitus mittesulava elektroodiga on vähetootlik. Keevituse tootlikkust on võimalik tõsta sulava elektroodi kasutamisega. Keevitus sulava elektroodiga kaitsegaaside atmosfääris on eelistatud võrreldes rübustajaga keevitusega seal, kus on vaja teostada selliseid operatsioone nagu kõverjooneliste või lühikeste õmbluste pealekeevitus, valudefektide kinnikeevitamine jne., s. o. seal, kus on vaja keevitusprotsessi vahetu jälgimine.

Protsessi vahetu jälgimine ja elektroodi juhtimine on tihti vajalik pealekeevituse tööde juures (keerukate kõverjoonelisi sooni omavate stantside pealekeevitus, väiksemõtmeliste detailide pealekeevitus jne.).

Süsinikteraste ja legeritud teraste keevituseks K. V. Ljubavski ja N. M. Novožilov (26) tegid ettepaneku kasutada kaitsegaasina odavamam ja kättesaadavamam gaasi — süsihappegaasi. Süsihappegaasi kasutamine nõudis elektroditraadide spetsiaalsete koostiste väljatöötamist selleks, et täielikult vältida pealekeevitatud metalli poorsust.

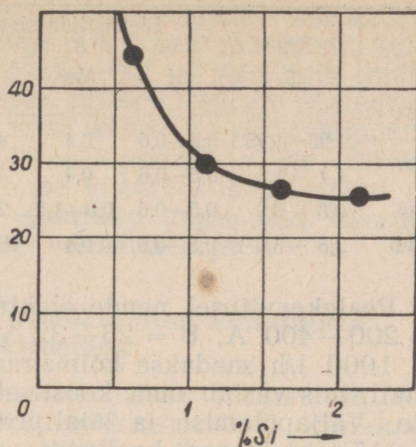
Kulumiskindlate sulamite pealekeevitust sulava elektroodiga kaitsegaaside keskkonnas ei ole käesoleva ajani kasutatud. Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelises Elektriikeevituse Instituudis on väljatöötatud elektroditraadide koostised ning kiirlõike-, kõrge kroomisisaldusega ledeburiit- ning kroomvolfram stantsteraste pealekeevituse tehnoloogia sulava elektroodiga süsihappegaasi keskkonnas. Metallil legerimine toimub pulbrilise elektroditraadi abil.

Sulava elektroodiga süsihappegaasi keskkonnas keevitamise puuduseks on suurendatud kaod väljapõlemise ja laialipritsimise tõttu. See puudus on eriti märgatav kõrge süsinikusisaldusega kulumiskindlate teraste pealekeevitusel.

Intensiivne elektroodi süsiniku oksüdeerumine kutsub esile elektrodimetalli intensiivse laialipritsimise, mis ulatub kuni 50% elektroditraadi kaalust. Süsiniku oksüdeerumist on võimalik vähendada elektroditraadi koostisse taandaja sisseviimise teel.

Joonisel 11 on toodud andmed räni mõjust elektrodimetalli väljapõlemisele ja laialipritsimisele terase P18 pealekeevitusel süsihappegaasi keskkonnas. Ränisisalduse suurenemine elektroditraadis vähendab teatud määral väljapõlemise ja laialipritsimise kadusid. Kuid kaod osutuvad siiski väga suureks, kusjuures ränisisaldus pealekeevitatud metallis suureneb lubamatult (1,29% Si kui ränisisaldus elektroditraadis on 2,08%). Elektrodimetalli ülekanne kaarleegis toimub suurte tilkadena. Gaase moodustavate ainete

Joon. 11. Ränisisalduse mõju elektroodis elektroodimetalli väljapõlemisele ja laialipritsimisele terase P18 pealekeevitusel süsihappegaasi keskkonnas (%-des).



sisseviimine elektrooditraadi koostisse, näiteks Na_2SiF_6 , halvendab kaarleegi põlemise stabiilsust ning suurendab laialipritsimise kadusid.

Nagu näitasid I. I. Frumini poolt teostatud katsed, sisaldab pulbrilise elektroodiga pealekeevitatud metall rohkem lämmastikku võrreldes täisristlõikelise elektrooditraadiga pealekeevitatud metalliga. Selle tagajärjel esinevad pealekeevitatud metallis mõnikord lämmastiku poolt esilekutsutud poorid.

Pealekeevitatud metalli poorsuse vältimiseks ja väljapõlemise ning laialipritsimise kadude vähendamiseks melegeerisime elektrooditraadi tugevama taandajaga — titaaniga. Titaan väldib süsiniku intensiivset oksüdeerumist kaarleegis, vähendades sellega ka laialipritsimist. Peale selle seob titaan lämmastiku stabiilseteks ühenditeks — titaani nitriidideks.

P18 tüüpi elektrooditraadis 1% titaani sisalduse puhul moodustavad väljapõlemise ja laialipritsimise kaod 15% elektrooditraadi kaalust. Titaanisalduse tõstmine kuni 2%-ni võimaldas vähendada neid kadusid 10%-ni ning saavutada tiheda peeneteralise struktuuriga heade mehaaniliste omadustega pealekeevitatud metalli.

Läbiviidud uurimuste tulemusena on väljatöötatud pulbriliste elektroodide koostised teraste P18, P9, X12BΦ, 3X2B8 pealekeevituseks süsihappegaasi keskkonnas. Nimetatud elektroodide orienteeruv koostis on toodud tabelis 14.

Pulbriliste elektrootide koostis kõrgeltleegeritud teraste pealekeevituseks süsihappegaasi keskkonnas

	Elementide sisaldus elektrootdis %						
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Ti
P18	1,25—1,35	0,5—0,6	0,4	4,5—4,8	19,0—21,0	1,3—1,5	1,3—1,5
P9	1,4 —1,5	0,5—0,6	0,4	4,5—4,8	9,0—11,0	2,5—2,8	1,3—1,5
3X2B8	0,8 —0,9	0,5—0,6	0,8—1,2	2,9—3,2	9,0—11,0	0,3—0,4	1,3—1,5
X12BΦ	2,5 —3,0	0,5—0,6	0,4	16,5—19,5	1,0—1,5	0,9—1,1	1,3—1,5

Pealekeevitusel nende elektrootidega režiimidel:

$I = 200—400$ A; $U = 26—32$ V, süsihappegaasi kulu juures 1000 l/h saadakse kolmandas ja järgnevates kihtides metall, mis vastab oma koostiselt vastavatele terasemarkidele. Väljapõlemise ja laialipritsimise kaod moodustavad 10—15% elektrooti kaalust.

IV. TEISI AUTOMAATPEALEKEEVITUSE LIIKE

1. Vibrokontakt-pealekeevitus¹

Automaatse vibrokontakt-pealekeevituse juures põhi- ja elektrootimetalli sulamine toimub võimsa mittepüsiva elektrilise laengu lahendamisel tekkiva soojuse arvel, mis kujutab endast ülemineku staadiumi sädelahendusest kaarlegile perioodilisusega $10^{-3}—10^{-2}$ sek.

Lahendus toimub elektrolüüdis. Elektrootitraat vibreerub ja pöörleb pealekeevituse protsessis. Toodet nihutatakse elektrooti suhtes. Kõvema pealispinna saamiseks kasutatakse elektrootde mark 30XГC, 12X, 65Г jm., pehme pealispinna saamiseks tavalist keevitustraati Cb-08 või Cb-10.

Kvaliteetne kiht saavutatakse pingega 16—30 V ja pealekeevituse kiirusega 0,6—1,0 m/min.

Elektrooti etteandmise kiirust reguleeritakse keevituspea etteande mehhanismiga piirides 800—1200 mm/min. Vibrokontakt-pealekeevitus on parimaks võimaluseks keerulise konfiguratsiooniga termiliselt töödeldud detailide taastamisel (teljed, vāntvõllid, tööpinkide spindlid, autode ja traktorite detailid). Selle meetodi tööviljakus ei ole kõrge (1,5—2,5 kg/h.), kuid tema eeliseks on väike deformatsioon. Pealekeevitatud metalli struktuur ja omadused on stabiilsed

¹ G. P. Klekovkini poolt väljatöötatud meetod (27).

ning kõvadus muudetav laiades piirides. Elektrooditraadi väljapõlemise ja laialipritsimise kaod moodustavad 8—25%. Vibrokontakt-pealekeevitust on otstarbekohane kasutada detailide taastamiseks remondil ja ka neil juhtumel, kui on vaja pealekeevitada väga õhuke (0,2—1 mm) kiht metalli, s. o. seal, kus pealekeevitus rübustajaga on raskendatud võõdi halva formeerumise tõttu (rübustaja mahavalgumine). Suure koguse metalli pealekeevitamiseks ei ole vibrokontakt-pealekeevituse kasutamine otstarbekohane (juhul, kui seda siiski ei nõua detaili tehnilised tingimused: keeruline kuju, mehaanilise töötlemise võimalused jne.).

2. Mehhaniseeritud pealekeevitus mittesulava elektroodiga

Selle pealekeevituse meetodi juures kasutatakse elektroodidena söe-(grafiidist) või volframvardaid. Pealekeevitust volframelektroodiga teostatakse argooni või heeliumi keskkonnas. Pealekeevitusel söekaarleegiga kaitsekeskkonda tavaliselt ei kasutata. Pealekeevitatav kõvasulam raputatakse pulbrina toote pinnale või paigutatakse kaarleeki vardana. Elektroodi nihutatakse toote suhtes. Kaarleegi soojuse toimel sulab pulbriline kõvasulam ning katab toote pinna. Vastavalt elektroodi ärapõlemisele lähendatakse teda tootele. Pulbrilistest kõvasulamitest on kõige levinenumaks staliniit ja ВІСХОМ-9, valusulamitest — stelliidid ja sormaidid. Mittesulava elektroodiga pealekeevituse meetodi tööviljakus ei ole kõrge. Väljapõlemise ja laialipritsimise kaod on võrdlemisi suured. Märgitud pealekeevituse meetodit kasutatakse traktoriatrade hõlmade kulumiskindluse suurendamiseks (29) ning õhukese (1—2 mm) kulumiskindla sulami kihi pealekandmiseks tasapinnalistele kujunditele.

3. Induktsioonpealekeevitus kõrgsagedusvooludega

Kõvasulam kantakse pasta näol pealekeevitatavale pinnale. Induktoriga paigutamisel toote juurde indutseeruvad pealiskihhi pöörivoolud ja pealispind kuumeneb sulamiseni. Kõvasulami osakesed ei sula nii kergesti ning suure erikaalu tõttu vajuvad sulametalli sisse.

Toiteallikateks on tööstuse poolt toodetavad kõrgsageduse masin- või lampgeneraatorid.

Kõvasulamina kasutatakse volframi valukarbiide, metallkeraamilisi sulameid, staliniiti, ВІСХОМ jne.

Pealekeevitust kõrgsagedusvooludega kasutatakse laialdaselt puurpeitlite lõikeosa armeerimiseks kõvasulamitega (30, 12), teostatakse edukalt mootorite klappide ja klappide

tõukurite pealekeevitus; BICXOM keevituslaboratooriumis on väljatöötatud adrahõlmade kõrgsagedusvoolude abil pealekeevituse tehnoloogia (29). Selle meetodi tööviljakus on võrdlemisi väike. Ratsionaalne kasutusala — metallkeraamiliste kõvasulamite ja karbiidide pealekeevitus juhul, kui on nõutav nende omaduste säilitamine ning minimaalne karbiidiosakeste lahustumine sidemetallis.

V. PEALEKEEVITUSE OLUKORD VÄLISMAAL

Välismaal on kulumiskindlate sulamite pealekeevitus leidnud laialdase leviku just viimase aastakümne jooksul. Tutvumine ülevaatlilike ja originaalsete töödega lubab otsustada, et põhiline osa pealekeevitustöödest teostatakse käsitsi (Inglismaa, Rootsi, Lääne-Saksamaa, USA). USA-s hakati viimasel ajal rööbiti kaarleek- ja gaaspealekeevitusega kasutama ka automaat-pealekeevitust räubustaja kihi all.

Rootsis laseb välja elektroode seeriast OKH pealekeevitustööde jaoks firma «ESAB». Nende elektroodidega pealekeevitatud metalli koostised ja pealekeevituse ratsionaalsed kasutusalaad on toodud tabelis 15.

Metalli legeerimine teostatakse katte kaudu. Katte räbukujundav osa on kas põhiline või rutiilne (OKH-3 ja OKH-4). Elektroodid OKH on kõlbulikud pealekeevituseks nii alalis- kui ka vahelduvvooluga. Eelistatav on siiski alalisvoolu kasutamine, millist põhiliselt kasutataksegi pealekeevitustöödeks välismaal. Instrumentaalteraste pealekeevituseks kasutatakse tavaliselt isothermilist (astmelist) termilist tsüklit.

Inglise metallurgiatööstuses kasutatakse metalli kuumlõikenugade, kangide haaramise kärnide, meislite jne. pealekeevituseks elektroode, mis võimaldavad saada metalli, mis oma koostiselt vastab markidele OKH-6, OKH-5, OKH-10 (32). Pealekeevituse tõttu suureneb mitmekordselt paljude kiireltkuluvate detailide vastupidavus.

Lääne-Saksamaal klassifitseeritakse pealekeevituselektroode vastavalt pealekeevitatud metalli kõvadusele (37-st kuni 68 ja rohkem) (20). Ei ole ette nähtud kindlaksmääratud koostisi metallide jaoks. Kasutatakse järgmisi pealekeevitatud metalli koostisi: kroomilised (martensiit ja ledebuuriit), kroomnikkel-austeniitsed, kroomnikkel-mangaanausteniitsed, kõrge mangaanisaldusega-austeniitsed.

Tabelis 16 on toodud kõrgeltlegeeritud elektrooditraadi koostised, mida kasutatakse pealekeevituseks Lääne-Saksamaal (20).

Firma «ESAB» (31) elektroodiga OKH pealekeevitatud metalli keemiline koostis

Elektroodide mark	Sisaldus, %										Kõvadus R _c		Soovitatavad kasutusala
	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	Co	termilise töötlemiseta	pärast termilist töötlemist				
OKH-1	0,40	1,0—1,5	1,0—1,5	—	—	—	—	—	24—25	58—60	võllid, teljed, kraanarattad, hammasrattad, kepsud, juhtrattad		
OKH-2	0,10	0,60	0,60	3,0	—	—	—	—	31—34	—	sama, lisaks bluumingurullid		
OKH-3	0,1	0,30—0,60	0,30—0,60	12,0	—	—	—	—	44—49	35—45	sama, lisaks bluumingurullid		
OKH-4	0,25	0,30—0,60	0,30—0,60	13,0	—	—	—	—	51—56	—	sama, lisaks bluumingurullid		
OKH-5	0,35	0,85	1,20	1,5	7,5	—	2,0	47—52	53—57	65—67	tööriistad kuumiõttlemiseks		
OKH-6	0,9	1,6	1,4	4,5	2,0	7,5	1,6	~ 60	—	—	tööriistad, külmnõad, stantsid		
OKH-8	1,2	—	13,0	—	—	—	—	15—20	50—60	—	killustusseadmed, süvendajate hambad		
OKH-10	ei ole antud	—	—	—	Fe jääk	14,0—16,0	30—32	43—46	66—68	—	fassongtööriistad, stantsid, nõad külmtöödeks		
OKH-11	0,6	1,2	2,0	1,5	3,0	—	—	62—64	62—64	—	nõad, stantsid külmtöödeks, segumasinad		
OKH-13	0,8	4,5	0,2	2,0	—	—	—	58—63	58—62	—	koppade hambad, killustusseadmed, punkrid		

Pealekeevituseks kasutatava elektroodifraadi koostised

1. Cr-W-Co, vähese raua sisaldusega

Sisaldus %						Kõvadus R _c
C	Mn	Cr	W	Co	Fe	
1,2	0,5	28	4	62	2	42—45*)
2,5	0,5	18	32	45	2	55—58

2. Cr-W-Co, rauasisaldusega

C	Mn	Cr	W	Co	Fe	Kõvadus R _c
1,7	0,5	28	6	33	30	42—46*)

3. Kõvasulamid ilma W ja Co

C	Si	Mn	Cr	Fe	Kõvadus R _c
3,7	1,0	1,3	32	62	54—58
4,3	0,3	0,7	32	62	59—62

Karastuse abil 900—1000°C võib tõsta kõvadust 6—8 ühiku võrra.

4. Kõvasulamid vähese Cr sisaldusega.

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Kõvadus R _c
2,3	0,5	1,0	5,0	4,0	—	56—58
3,0	1,0	1,4	3,0	—	3,3	54—58
2,4	1,0	0,8	4,2	—	—	47—50

4. grupi sulamite kõvadus pärast karastust 850—900°C õlisse on 65—68 R_c

1. ja 2. grupi sulamid omavad peale kõrge kulumiskindluse head korrosioonikindlust ja tugevust kõrgetel temperatuuridel. 3. ja 4. grupi sulamid töötavad laitmatult intensiivse abrasiiv-kulumise tingimustes ning neid kasutatakse pealekeevituseks detailidele maagi-, paemurru- ja tsemendi-tööstuses.

*) Pikemaajalisel hoidmisel 800°C juures kõvadus suureneb kuni 8 R_c ühikut.

Enamik kulumiskindlaid sulameid, mida kasutatakse USA-s, on niisuguse koostise ja mehaaniliste omadustega, mis ei võimalda neist valmistada traadikerasid automaatse pealekeevituse jaoks. USA-s kasutatakse kulumiskindlate sulamite automaatsel pealekeevitusel metalli legerimiseks torukujulist elektrooditraati (9), ehkki viimasel ajal on ilmunud artikleid, mis reklaamivad niinimetatud aglomereeritud rübustajat (33 jt.).

Torukujulist elektroodi valmistatakse USA-s pideva valtsimise teel ribast. Valtsimise ajal formeeritakse torusse rauasulamite ja metallide segu. Korduvat tõmbamist südamikku kinnipressimise eesmärgil ei teostata, vaid täitematerjalide koostisse viiakse sideaine, mis väldib südamiku väljarisemise elektroodi transportimisel ja kasutamisel.

Tabelis 17 on toodud USA-s sagedamini kasutatavate kulumiskindlate torukujuliste pealekeevitus-elektroodide koostised (9).

Tabel 17

Torukujuliste elektroodide koostised automaatseks pealekeevituseks kaarleegiga

Tüüp	Sisaldus %					
	C	Cr	Mn	Si	Mo	W
1	0,60	5,0	0,80	—	0,80	—
2	1,0	9,0	0,60	—	1,15	—
3	2,75	27,5	0,65	—	—	—
4	1,0	14,0	4,0	—	—	—
5	3,0	17,0	—	—	16,0	6,0 Co
6	0,85	8,50	—	1,0	1,0	1,75

Nende elektroodidega pealekeevitatud metalli kolmanda kihi koostis ja soovitatavad kasutusalaad on toodud tabelis 18.

Torukujulist elektroodi, mis on täidetud volfram-karbiididega, kasutatakse käsitsi ja automaatseks pealekeevituseks gaasileegiga, samuti pealekeevituseks rübustajaga (puurtorude lukkude, kaeluste ning teiste puurimisseadmete taastamine).

Mangaanisisalduse vastastamine pealekeevitatud metallis ja elektroodis (vt. tabel 17 ja 18) lubab järeldada, et USA-s kasutatakse kulumiskindlate sulamite pealekeevitamiseks oksüdeerivaid kõrge mangaanisisaldusega rübustajaid, mida ei saa pidada ratsionaalseks.

Torukujulise elektroodiga pealekeevitatud metalli 3-da kihi koostis

Elektrooditraadi tüüp	Sisaldus %					Keskm. kõvadus R_c	Tüüp	Soovitavad kasutusala
	C	Cr	Mn	Mo	W			
1	0,57	3,99	1,14	0,76	—	57—59	martensiit	Võllide kaelad, riimasebid, pingutus rattad, skreepelite noad jne.
2	0,60	9,22	1,80	1,35	—	54—60	martensiit	võllide kaelad, riimasebid, pingutus rattad, skreepelite noad jne.
3	2,02	22,75	1,88	—	—	45—50	ledeburiit	kivipurustajate detailid, punkrid, voolukanalid, pneumaatilise transpordi torud
4	0,62	15,53	4,9	—	—	27—34, pärast kales-tamist 42—48	austeniit	ekskavaatorikoppade hambad, pingutus rattad, kivipurustajate detailid
5	1,68	15,58	1,21	15,94	5,94 Co	56—60	austeniit-ledeburiit	sõudekruvide labad, pumpade töö rattad jm.
6	0,75	8,64	0,96	0,98	1,62	44—49	martensiit-austeniit	adrahõlmad, kraanarattad, tööriistad

VI. OLEMASOLEVATE PEALEKEEVITUSE MEETODITE KARAKTERISTIKATE VÕRDULUS

Pealekeevituse ühe või teise meetodi valikul tuleb eelkõige arvesse võtta tema tootlikkust, kõrge kvaliteediga ühtlase metallikihi saamist, ökonoomsust, tööde teostamise tingimusi, otstarbekohast kasutusala jne.

Pealekeevituse meetodite tootlikkuse üle võib otsustada ajaühikus pealekeevitatava metallihulga ning pealekeevituse koefitsiendi järgi. Need andmed kõige rohkem kasutatavate režiimide suhtes on toodud tabelis 19 ja 20.

Mitmesuguste pealekeevituse meetodite tootlikkus

Pealekeevituse meetod	Tootlikkus kg/h
Käsitsi elektri-kaarleegiline	0,8—1
Automaatne, ühe kaarleegiga, räubustajaga . . .	2—10
Sama, kahe kaarleegiga	4—18
Sama, kolmefaasiline	10,6—23,5
Mitme elektroodiga, räubuelektriline	12—25 ja rohkem, olenevalt elektroodide hulgast
Sulava elektroodiga, süsihappegaasi keskkonnas	1,5—7
Vibrokontaktne	1,5—2,5
Mehhaniseeritud, söekaarleegiga	2—6

Nagu nähtub tabelites 19 ja 20 toodud andmeist, on pealekeevituse automaatsete meetodite tootlikkus mitu korda kõrgem kui käsitsimeetodite kasutamisel. Automaatsetest meetoditest on võimalik saavutada kõrgemat tootlikkust, kasutades räubuelektrilist meetodit, samuti pealekeevitust kolmefaasilise kaarleegiga.

Tabel 20

Pealekeevituse koefitsiendid metalli pealekandmise mitmesuguste meetodite kasutamisel

Pealekeevituse meetod	Pealekeevituse koefitsient g/A tunniss
Käsitsi elektri-kaarleegiline	elektroodid ЦИ [*] 7,5—9,5 elektroodid ЦС 10—14
Automaatne, ühe kaarleegiga, räubustajaga . . .	11—15
Sama, kahe kaarleegiga	12—18
Sama, kolmefaasiline	30—33
Räubuelektriline	25—30
Sulava elektroodiga, süsihappegaasi keskkonnas	12—18
Vibrokontaktne	2,2—4,5
Mehhaniseeritud, söekaarleegiga	6—9

Käsitsi pealekeevituse meetodite puuduseks on pealekeevitatud metalli koostise ebaühtlus,

Gaasilise pealekeevituse puhul metalli koostis on suurel määral leegi iseloomust (oksüdeeruv, taastav). Seda olukorda illustreerivad tabeli 21 andmed.

Leegi iseloomu mõju metalli koostisele gaas-pealekeevitusel (34)

Uuritav objekt	Keemiline koostis %				Leegi iseloom
	C	W	V	Cr	
Lisavarras	0,73	17,8	1,2	4,1	—
Pealekeevitatud metall	1,4	16,2	0,8	3,6	ettenähtust suurema atsetüleeniga
Pealekeevitatud metall	2,0	15,8	0,8	3,5	atsetüleeni üliküllusega

Gaasilisel meetodil pealekeevitatud metalli struktuur ei ole stabiilne, kõvaduse kõikumised on väga suured (33—58 R_c) (34).

Katsed, mida süstemaatiliselt viiakse läbi elektrootodide valmistajate poolt, näitavad, et sama marki elektrootodiga pealekeevitatud metalli koostis ja omadused võivad kõikuda suurtes piirides. Meie poolt teostatud katsed näitasid, et need kõikumised on eriti märgatavad vähese süsinikusisaldusega terasest traadi ning spetsiaalse kattega elektrootodide kasutamisel (35).

Rohkearvulised uurimused metalli suhtes, mis oli pealekeevitatud automaatsetel meetoditel legerimisega elektrootoditraadi kaudu näitasid, et selle koostis on täiesti ühtlane.

Käsitsi pealekeevitusel elektrootodimetalli kaod laialipritsimisest ja väljapõlemisest ulatuvad kuni 25%, samal ajal kui pealekeevitusel rübustajaga need kaod ei ületa 1,5—2%. Käsitsi pealekeevitusel on legerivate elementide väljapõlemine suur. Kirjanduses tuuakse selles suhtes palju andmeid, kuid neid ei tohi samastada, kuna kasutatud materjalid on erinevad.

Meie viisime läbi legerivate elementide väljapõlemise võrdluse pealekeevituse nelja meetodi puhul: 1) atsetüleenhapniku leegiga (käsitsi pealekeevitus), 2) lahtise kaarleegiga, neutraalse kvaliteetse kattega elektrootodidega (käsitsi pealekeevitus), 3) rübustajaga; ühe kaarleegiga (automaatne pealekeevitus), 4) rübuelektrilisel meetodil. Kõigi katsete puhul kasutati juurdelisatava materjalina elektrootoditraati, mis sisaldas 2,34% C; 0,15% Si; 0,39% Mn; 17,64% Cr; 0,15% V. Autogeeniline pealekeevitus toimus atsetüleenist üleküllastatud leegiga. Elektrootodidel käsitsi pealekeevitamiseks kasutati katet H3A (1). Automaatne ja rübuelektriline pealekeevitus toimus rübustajaga AH-30. Legerivate elementide kaod pealekeevitusel, millede arvestus tehti spektraalanalüüsi tulemuste põhjal, on toodud tabelis 22.

Legeerivate elementide väljapõlemine mitmesuguste kõrgeltlegeeritud teraste pealekeevituse viiside juures

Pealekeevituse meetod	Elementide väljapõlemine (üleminek) %			
	C	Si	Mn	Cr
Gaasiga	-0,43	-0,05	-0,76	-4,9
Lahtise kaarleegiga	-0,28	+0,75	+0,54	-3,2
Räbustajaga	-0,45	+0,05	-0,45	-2,5
Räbuelektriline	-0,06	+0,05	-0,07	-0,24

Elementide üleminek räbustajast (kattest) metalli on toodud plussmärgiga, väljapõlemine — miinusmärgiga.

Nagu nähtub tabelist 22, esineb lisandite minimaalne väljapõlemine räbuelektrilisel pealekeevitusel, maksimaalne — käsitsi pealekeevitusel gaasileegiga.

Metalli kvaliteet käsitsi pealekeevituse meetodite puhul sõltub suurel määral ka pealekeevitaja kvalifikatsioonist.

Töötingimused on käsitsi pealekeevitusel teatavasti tunduvalt halvemad kui mehhaniseeritud meetodite kasutamisel.

Vaatamata käsitsi pealekeevituse meetodite puudustele on palju tootmisharusid, kus neid laialdaselt kasutatakse. Gaasileegiga pealekeevitust kasutatakse kuluvate pindade katmiseks volframi, titaani ja karbiididega. Gaasileegi suhteliselt madala temperatuuri tõttu erakordselt kõvad ja kulumiskindlad karbiidid ei sula pealekeevitusel ning, järelikult, ei kaota oma omadusi. Viimasel ajal töötati välja täiuslikum meetod kõvasulamitega katmiseks kõrgsagedusvoolude abil, mis konkureerib mõningail juhtumeil gaasilise pealekeevitusega. Gaasilist pealekeevitust kasutatakse remondil ja väikesemõõtmeliste toodete valmistamisel.

Laialdast kasutamist leidis käsitsi kaarleegiline pealekeevitus. On väljatöötatud palju spetsiaalsete elektrodide marke. Käsitsi kaarleegilise pealekeevituse kasutusalaadeks on remont, väikesemõõtmeliste detailide ning tööriistade valmistamine, tööd välistes tingimustes, üksikute detailide taastamine jms. Praegu tõrjub käsitsi pealekeevitamist järjest enam välja vibrokontakt pealekeevitamine.

Reas tööstusharudes (metallurgia, ehitus, masinaehitus, maapõuevarade kaevandamine jne.) ning põllumajanduses tuleb pealekeevitada suurt hulka metalli tervetele partiidele ühetüübilistele toodetele nii nende taastamisel kui ka uute bimetalloodete valmistamisel. Sel juhul on otstarbekohane kasutada automaatset pealekeevitust räbustajaga, räbuelektrilist ning gaas-elektrilist.

1. Справочные материалы для сварщиков, под ред. Г. А. Николаева, Машгиз, 1951.
2. В. С. Раковский и И. И. Крюков. Наплавочные твердые сплавы. Машгиз, 1948.
3. Г. Д. Вольперт. Наплавка износостойчивыми сплавами. Промстройиздат, 1953.
4. И. Г. Космачев. Сварка и наплавка в производстве режущего инструмента. Машгиз 1955.
5. К. Н. Хренов, Д. М. Кушнерев. Керамические неплавленные флюсы для автоматической сварки. Автогенное дело, № 6, 1951.
6. К. Н. Хренов. Состав и изготовление керамических флюсов для автоматической дуговой сварки. Сб. докладов научно-технической конференции сварщиков. Машгиз, 1953.
7. Ю. А. Юзвенко. Исследование автоматической дуговой наплавки штампов, автореферат диссертации. Киев, КПИ, 1955.
8. И. И. Фрумин. Легирование наплавленного металла при сварке под флюсом. Автоматическая сварка, № 1, 1952.
9. R. P. Culbertson. Surfacing with composite tube rod, «The Welding Journal», Nr. 9, 1955.
10. И. И. Фрумин. Повышение стойкости прокамных посредством наплавки. Автоматическая сварка № 3, 1954.
11. И. К. Походня. Автоматическая наплавка слоя высокохромистой износостойкой стали типа X12 на поделочную сталь. Автоматическая сварка, № 4, 1953.
12. И. И. Фрумин, И. К. Походня, И. В. Кирдо. Биметаллические шарошки для буровых долот. Автоматическая сварка, № 4, 1954.
13. И. И. Фрумин и И. К. Походня. Автоматическая наплавка порошковой электродной проволокой под флюсом — новый способ изготовления биметаллических изделий. Сб. «Автоматическая наплавка износостойчивыми сплавами». Машгиз, 1955.
14. Г. С. Тягун-Белоус. Наплавка респов порошковой проволокой под флюсом. Автоматическая сварка, № 4, 1953.
15. Е. С. Куделя и В. Т. Субботовский. Исследование состава и однородности высоколегированного наплавленного металла спектральным методом. Автоматическая сварка, № 3, 1954.
16. Д. М. Рабкин, Ю. Н. Готальский, Е. С. Куделя, В. В. Подгаецкий. Об определмости шланговой корки при автоматической сварке под флюсом. Автоматическая сварка, № 3, 1950.
17. И. И. Фрумин, Д. М. Рабкин, В. В. Подгаецкий, И. К. Походня, Е. И. Лейначук. Низкремнистые флюсы для автоматической сварки и наплавки. Автоматическая сварка № 1, 1956.
18. И. К. Походня. О влиянии скорости охлаждения на образование кристаллизационных трещин, «Автоматическая сварка», № 6, 1955.
19. С. Р. Фрумин. Автоматическая наплавка под флюсом износостойкого металла. Автоматическая сварка, № 4, 1952.
20. Hummitzsch W., Leitungsteigerung durch Auftragschweissen, Grosse Schweisstechnische Tagung 1955. Vorträge. D. V. S Düsseldorf, 1955.
21. Б. Н. Панов. Автоматическая наплавка легированных сплавов трубчатым электродом, Сб. «Автоматическая наплавка износостойчивыми сплавами». Машгиз, 1955.
22. Г. З. Волошкевич. Электрошланговая новая сварка. Автоматическая сварка, № 6, 1953.

23. Г. З. Волошкевич. Метод принудительного формирования и его применение. Автоматическая сварка, № 1, 1951.
24. Руководство по электрошлаковой сварке, под редакцией Б. Е. Патона. Машгиз, 1956.
25. И. К. Походня. Взаимодействие шлака и металла при дуговой и электрошлаковой наплавке высокохромистых ледобуритных сталей. Автоматическая сварка, № 5, 1955.
26. К. В. Любавский и Н. М. Новожилов. Сварка плавящимся электродом в атмосфере защитных газов. Автогенное дело, № 1, 1953.
27. Г. П. Клековкин. Автоматическая виброконтактная холодная наплавка стали и твердых сплавов в струе электролита, Сб. «Автоматическая наплавка, износостойчивыми сплавами». Машгиз, 1955.
28. И. Р. Пацкевич, Г. Д. Куликов. Исследование и внедрение автоматической дуговой наплавки деталей вибрирующим электродом. Сварочное производство, № 5, 1956.
29. И. А. Нилковский. Методика механизированное наплавки твердых сплавов на детали машин для сельского хозяйства. Сб. «Автоматическая наплавка износостойчивыми сплавами». Машгиз, 1955.
30. Е. М. Кузман, А. И. Курдин, Х. И. Ческис. Технология оснащения твердыми сплавами долот для бурения. Гостоптехиздат, 1954.
31. Auftragschweissen mit ESAB^B OKH-Elektroden, Elektriska Sveitsning-saktiebolaget, Göteborg (Schweden).
32. Birkhead M. Hardfacing Application in the Iron and Steel Industry, «Welding and Metal Fabrication», № 1, 1956.
33. Keighan J. S. Mc. Automatic Hard Facing with Mild Steel Electrodes and Agglomerated Alloy Fluxes, «The Welding Journal». № 4. 1955.
34. Ф. Ф. Смирнов. Наплавка режущего инструмента быстрорежущей сталью. Сб. «Литой и наплавленный инструмент», Машгиз, 1954.
35. И. К. Походня. Дуговая наплавка многолезвийного режущего инструмента. Сб. докладов научно-технической конференции сварщиков. Машгиз, 1953.
36. И. Р. Пацкевич. Виброконтактная наплавка. Машгиз, 1958.
37. А. М. Балабанов. Вибродуговая наплавка. Москва, 1959.
38. Виброконтактная наплавка металла для восстановления изношенных деталей, ВПТИ, Обмен передовым опытом № 65. 1957.
39. Ю. Е. Гнедовский. Автоматическая наплавка цилиндрических деталей из легированных сталей. Сборник — Сварка, резка, пайка, наплавка и металлизация. Выпуск 1, Москва, 1960.
40. Н. И. Доценко. Электроимпульсная наплавка металла при ремонте автомобильных деталей. НИИАТ. Автотрансиздат. Москва, 1958.
41. К. В. Багрянский. Наплавка деталей под керамическими флюсами. Сталино, 1959.

SISUKORD

Sissejuhatus	3
I. Automaatne pealekeevitus räubustaja kihi all	5
1. Ülessulanud põhimetalli hulga vähendamise meetodid	5
2. Metalli legerimise meetodid pealekeevitusel räubustaja kihi all	8
3. Räubustajad pealekeevituseks	11
4. Üksikute terasetüüpide pealekeevituse tehnoloogia	16
II. Kulumiskindlate teraste räubelektriline pealekeevitus	27
1. Protsessi olemus	27
2. Räubustaja räubelektriliseks pealekeevituseks	29
3. Mõningate terasemarkide pealekeevitus	30
4. X12 tüüpi teraste pealekeevitus	30
5. Kiirlõiketeraste pealekeevitus	33
6. Terase 5X2M pealekeevitus	34
III. Kaarleegiline pealekeevitus sulava elektroodiga kaitsegaaside atmosfääris (Gaaselektriline pealekeevitus)	35
IV. Teisi automaatpealekeevituse liike	38
1. Vibrokontakt-pealekeevitus	38
2. Mehhaniseeritud pealekeevitus mittesulava elektroodiga	39
3. Induktsioonpealekeevitus kõrgsagedusvooluga	39
V. Pealekeevituse olukord välismaal	40
VI. Olemasolevate pealekeevituse meetodite karakteristikate võrdlus	44
Kirjandus	49

Toimetaja H. Lillema
Tehniline toimetaja ja korrektor F. Lipp

Trükkimisele antud 1. III 1961. Paber $60 \times 92 \frac{1}{16}$. Trükiarv 350.
Trükipoognaid 3,25. Arvutuspoognaid 3,0. Tellimise nr. 23.
MB-02302.

ENSV MN Asjadevalitsuse Trükikoda, Tallinn.

Hind 15 kop.

Hind 15 kop.

A-23678

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00365858 2