

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE

I. I. ZARUBA
tehn. tead. kandidaat

Õhukese lehtterase
poolautomaatne keevitamine
süsihappegaasi keskkonnas

TALLINN
1 9 6 0

I. I. ZARUBA

tehn. tead. kandidaat

Õhukese lehtterase
poolautomaatne keevitamine
süsihappegaasi keskkonnas

TALLINN

1 9 6 0

Originaali tiitel

И. И. Заруба

канд. техн. наук

Полуавтоматическая сварка тонколистовой стали
в атмосфере углекислого газа

Ленинград

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

51758

ARHIIVKOGU

Viimasel ajal pööratakse tööstuses suurt tähelepanu keevitamisele süsihappegaasi keskkonnas.

Gaas-elektrikeevituse meetodid, sealhulgas ka keevitamine süsihappegaasi keskkonnas, võimaldavad nii masinaehituses kui ka teistes tootmisharudes käsitsi keevitamist asendada mehhaniseeritud tööviisiga.

Senised kogemused on tõestanud, et keevitamine süsihappegaasi keskkonnas on progressiivseks suunaks õhukesest lehtterastest konstruktsioonide valmistamisel. Selleks on eriti otstarbekohane rakendada poolautomaatset keevitamist sulava elektrodiga süsihappegaasi keskkonnas, millist meetodit kirjeldataksegi käesolevas brošüüris.

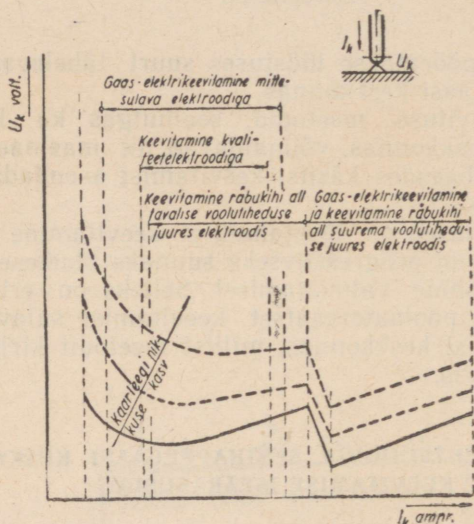
1. SULAVA ELEKTROODIGA SÜSIHAPPEGAASI KESKKONNAS KEEVITAMISE ISEÄRASUSED

Süsihappegaasi keskkonnas keevitamisel kaarleegilt põhi- metallile ülekanduva energiahulga vähenemisel väheneb läbisulutamise sügavus. Järelikult võib sel juhul keevitada õhemat metalli läbipõletamist kartmata. Õhukese lehtterase keevitamisel on energia erikulu alandamise põhiliseks meetodiks kaarleegi võimsuse vähendamine.

Kaarleegi võimsust võib vähendada teatud piirini, mis sõltub elektroditraadi läbimõõdust. Selle piiri ületamine võimsuse edasise vähendamise suunas põhjustab keevitusprotsessi ebastabiilsuse, kusjuures moodustub ebarahuldav õmblus. Keevitamisel vahelduvvooluga jõutakse selle piirini tunduvalt võimsama kaarleegi puhul kui vastupidise polaarsusega alalisvoolu kasutamisel. Seepärast on soovitatav keevitada õhukest terast vastupidise polaarsusega alalisvooluga (positiivne poolus on ühendatud elektrodiga). Minimaalselt lubatud keevitusvoolude näitajad alanevad rööbiti elektroditraadi läbimõõdu vähenemisega, voolutihedus aga seejuures kasvab. Et kindlustada kaarleegi võimsuse alane misel selle püsivat põlemist, on vaja suurendada voolutihedust elektroodis elektroditraadi läbimõõdu vähendamise teel. Õhukest terast keevitatakse praegu poolautomaatsete seadmetega

1,6—2 mm ja isegi 0,8 ning 0,5 mm läbimõõduga elektrooditraadi abil. Voolutiheduse suurenemisega sulavas elektroodis muutuvad keevituskaarleegi omadused niivõrd, et tuleb esitada hoopis teisi nõudeid alalisvoolu toiteallikate tunnusjoontele, mis erinevad tavalisest käsitsi kaarleekkeevituse või väikese voolutihedusega automaatsele keevitusele esitatavaist nõudeist.

Joonisel 1 on näidatud kaarleegi staatilised voltampeersed tunnusjooned, mis väljendavad voolu ja kaarleegi vastastikust sõltuvust konstantsel kaarleegi pikkusel.



Joon. 1. Kaarleegi voltampeerne tunnusjoon

Nagu joonisest selgub, koosneb kaarleegi iga voltampeerne tunnusjoon mitmest lõigust: langevast lõigust (voolutugevuse suurenemisega pinge langeb), peaaegu horisontaalsest lõigust (jäik lõik) ja tõusvast lõigust (voolutugevuse suurenemisega pinge kasvab). Sõltuvalt keevitustingimustest vastab kaarleegile üks nendest tunnusjoontest. Näiteks keevitamisel mitteresulava süsi- või volframelektroodiga, käsitsikeevitamisel kvaliteetelektroodidega, automaatsele keevitamisel räbukihi all suhteliselt väikese voolutihedusega ja mõnel muul juhul on keevituskaarleegi tunnusjoon langev, muutudes jäigaks. Keevitamisel räbukihi all või gaasilises kaitsekeskkonnas kõrget voolutihedust omava sulava elektroodi abil muutub kaarleegi tunnusjoon tõusvaks.

Juhul kui kaarleegi voltampeerne tunnusjoon on langev, võib ta püsivalt põleda üksnes sel tingimusel, kui keevitusgeneraatori välis-tunnusjoon on samuti langev (generaatori tühijooksupinge ületab tunduvalt keevitamisel tekkiva kaarleegi pinget).

Kaarleegi tõusva voltampeerse tunnusjoone puhul kindlustavad selle püsiva põlemise samuti generaatorid, mille välistunnusjooned on jäigad (generaatori tühijooksupinge on praktiliselt võrdne kaarleegi pingega). Seda nähtust täheldati Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelise Elektri keevituse Instituudis juba 1950. aastal. Nii kodumaal kui ka raja taga hakati selliseid generaatoreid viimaseil aastail juba laiaulatuslikult kasutama.

Jäikade välistunnusjoontega keevitusgeneraatorid on ökonoomsemad kui tavalised kõrge tühijooksupingega ning järsult langevate välistunnusjoontega keevitusgeneraatorid. Koos generaatori tühijooksupinge alanemisega väheneb nii aktiivmaterjali kulu kui ka generaatori kaal ja selle maksumus. Ent jäiku välistunnusjooni omavate generaatorite eelised ei seisne mitte ainult selles.

Poolautomaatsel keevitamisel seisneb kaarleegi tavaline ergutusviis elektrooditraadi vahetus etteandmises, muutmata traadi liikumise suunda ja kiirust. Seda viisi on soovitatav rakendada ka õhukese lehtterase poolautomaatsel keevitamisel süsihappegaasi keskkonnas, mille puhul antakse elektrooditraat väga kiiresti ette nõrga voolu juures. Mida kiiremini antakse ette elektrooditraat ja mida nõrgem on keevitusvool, seda raske on ergutada kaarleeki elektrooditraadi ühtlase etteandmise teel.

Kogemused näitavad, et järsult langeva välistunnusjoonega keevitusgeneraatorite kasutamisel ei lase end kaarleek real juhtudel antud viisil ergutada. Olukord muutub täiesti jäiku välistunnusjooni omava generaatori kasutamisel. Voolutugevus järsu kasvu mõjul elektroodi etteandmisel ergutab kaarleek praktiliselt häireteta. Lühistamine generaatorit ei kahjusta, sest peen elektrooditraat etendab praktiliselt sulavkaitsme osa vooluahelas, piirates lühistusvoolu läbivoolamise aega ja selle voolu suurust.

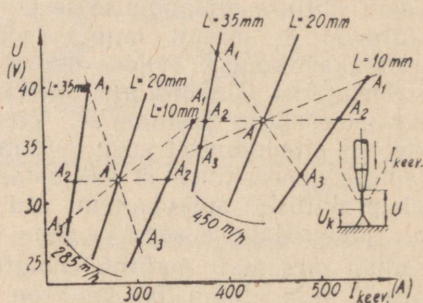
On teada, et mida järsumalt muutub voolutugevus kaarleegi pikkuse muutumisel, seda intensiivsemad on isereguleerimise protsessid ning seda kiiremini taastub antud keevitusrežiim. Järsult langevate tunnusjoontega generaatorite tarvitamisel muutub voolutugevus kaarleegi pikkuse juhuslike kõikumiste puhul palju vähem kui jäiku või tõusvaid tunnusjooni omavate generaatorite kasutamisel. Seepärast kindlustavad viimatinimetatud generaatorid väikese läbimõõduga elektrooditraadi kasutamisel keevitusprotsessi suure püsivuse.

Väga iseloomulikuks tuleb pidada generaatorite välistunnusjoonte mõju keevitusprotsessile ja õmbluse kujunemisele pilu suuruse muutumisel liites. Kogemused näitavad, et jäiga välistunnusjoonega generaatori kasutamisel kaarleegi toiteallikana ei mõjuta õmbluse normaalset kujunemist tavalisest suuremad pilud ühenduskohas. Sedasama täheldatakse ka voolutiheduse suurenemisel elektroodis.

Välistunnusjoone kuju ja samuti ka voolutiheduse mõju ühenduskohas lubatud pilu suurusele on nähtavasti seotud iseregulee-

rimisprotsesside intensiivsuse muutumisega sõltuvalt nendest teguritest.

Peale keevitusvoolu väikese tugevuse ja peene elektrooditraadi võrdlemisi suure etteandmiskiiruse on poolautomaatse keevitusviisi iseärasuseks elektroodi väljaulatuvuse muutuste olemasolu keevitamisel. Need muutused põhjustavad keevitusrežiimi kõikumisi, mis on vahel nii suured, et häirivad protsessi normaalset kulgemist. Tuleb teada tingimusi, mis kindlustavad kõige püsivama kaarleegi põlemise elektrooditraadi väljaulatuvuse muutuste korral. Nende tingimuste määramiseks kasutatakse tavaliselt kaarleegi staatilisi voltampeerseid tunnusjooni. Sel juhul on aga otstarbekohane kasutada mõnevõrra teistlaadi tunnusjooni, mis kannavad püsiva töö tunnusjoonte nimetust ning väljendavad sõltuvust keevitusvoolu ja pingel vahel elektrooditraadi konstantse etteandmiskiiruse juures. Nii need kui ka kaarleegi voltampeersed tunnusjooned sõltuvad elektrooditraadi läbimõõdust ning koostisest, kaarleegi tsoonis oleva gaasi koosseisust, elektroodi polaarusest jne. Nad sõltuvad ka elektrooditraadi väljaulatuvuse suurusel. Joonisel 2 on näidatud sellised tunnusjooned mitmesuguste keevitustingimuste juures.



Joon. 2. Püsiva töö tunnusjoon

Graafikul (joon. 2) näidatud keevitusrežiimi iseloomustab püsiva töö tunnusjoone ja keevitusgeneraatori tunnusjoone lõikumispunkt (punkt A). Väljaulatuvuse suuruse muutumisel keevitusrežiim muutub ja nagu selgub graafikult, on keevitusgeneraatorite mitmesugustel tunnusjoontel erisugused uued režiiminäitajad (punktid A_1 , A_2 , A_3). Elektroodi väljaulatuvuse suurenemisega kaasneb voolutugevuse vähenemine mistahes generaatoritüübi kasutamisel. Kaarleegi pinge ja pikkus suurenevad seejuures langeva välistunnusjoonega generaatori kasutamisel ning alanevad, kui generaatoril on tõusev tunnusjoon. Pinge peaaegu ei muutu jäiga välistunnusjoonega generaatori kasutamisel toiteallikana.

Generaatoritunnusjooni	Argoon			Süsihappegaas		
	Väljaulatuvus (mm)			Väljaulatuvus (mm)		
	12	20	35	12	20	35
Edarigeel						
Jäik						
Tõusev						

Joon. 3. Kaarleegi pikkuse muutumine elektroodi väljaulatuvuse kõikumise puhul langevaid, jäiku ning tõusvaid tunnusjooni omavate generaatorite kasutamisel

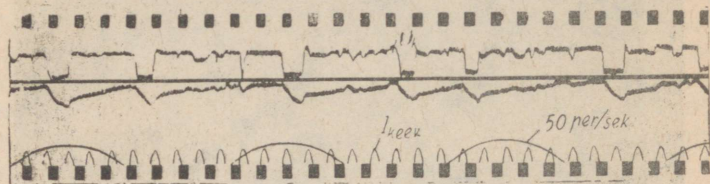
Joonisel 3 näidatud kaarleegid, mis tekkisid vähese süsnikusisaldusega terase keevitamisel elektrooditraadiga Cb-10ГC süsihappegaasi keskkonnas ning roostekindla terase keevitamisel elektrooditraadiga XI8H9T argooni keskkonnas, kinnitavad täiesti graafiku vaatlemisel tehtud järeldusi.

Kaarleegi pinge ja pikkuse tunduvad muutumised elektroodi väljaulatuvuse kõikumisel võivad langevate või tõusvate välis-tunnusjoontega generaatorite kasutamisel põhjustada häireid keevitusrežiimi normaalses kulgemises ning õmbluse kujunemises. Püsiva keevitusprotsessi kindlustamiseks tuleb seega elektroodi väljaulatuvuse kõikumisel kasutada jäiga välistunnusjoonega vooluallikat. Poolautomaatseks keevitamiseks süsihappegaasi keskkonnas on seepärast soovitatav rakendada jäikade välistunnusjoontega keevitusgeneraatoreid.

Tuleb pöörata tähelepanu sulava elektroodiga süsihappegaasi keskkonnas läbiviidava keevitusprotsessi veel ühele iseärasusele, mis ilmneb keevitusvoolu tugevuse ja elektrooditraadi läbimõõdu vähenemisel ning mis on iseloomulik õhukese lehtterase keevitusrežiimile.

On teada, et elektroodimetalli tilkade mõõtmed keevitusvoolu tugevuse suurenemisega vähenevad, kuid kaarleegi pinge kas-

vuga tilkade läbimõõt kasvab. On samuti teada, et voolutiheduse suurenemisega elektroodis ja elektroodi läbimõõdu vähenemisega väheneb ka kaarleegivahe. Uurimised näitasid, et režiimide puhul, mida tavaliselt rakendatakse 2 mm ja väiksema paksusega terase keevitamiseks, on kaarleegivahe nii väike, et isegi metalli ülekandmisel väikeste tilkade kujul leiab aset selle vahe lühistamine. Joonisel 4 on näidatud 0,8 mm elektrooditraadiga Cb-10TC teostatava keevitusprotsessi tüüpiline ostsillogramm (keevitusrežiim: $I = 100A$, $U = 17V$, $V_{keev.} = 25 \text{ m/h}$, $Vetteand. = 282 \text{ m/h}$).

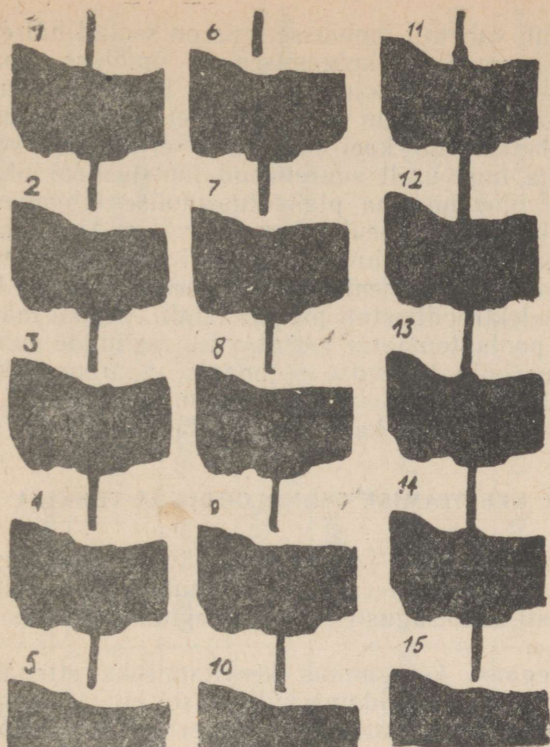


Joon. 4. Süsihappegaasi keskkonnas teostatava keevitusprotsessi ostsillogramm

Nagu selgub ostsillogrammist, kaasnevad metalli ülekandmisprotsessiga kaarleegivahe korduvad lühistused. Käsitatud režiimi puhul ulatub selliste lühistuste arv 150-ni ühe sekundi jooksul. Kaarleegi pinge suurenemisega kasvavad vastavalt tilkade mõõtmel ning pikeneb samuti nende tilkade kogunemise aeg elektroodi otsal. Lühistuste arv tilkade ülekandmisel väheneb (üldmainitud režiimil — $U = 20 \text{ V}$ puhul — 100 lühistust sekundis, $U = 24 \text{ V}$ juures — 50 lühistust sekundis). Ent õhukese terase (paksus 2 mm ja väiksem) keevitusrežiime iseloomustab elektroodimetalli ülekandmise korral nii väikeste kui ka suurte tilkade kujul kaarleegivahe lühistuste olemasolu. Automaatse keevitamise puhul, kus kaarleegivahe pikkust loetakse konstantseks, sellist nähtust tavaliselt ei toimu. See protsess erineb samuti käsiõli elektri-kaarleekkeevitamisest, mille kasutamisel leiavad aset kaarleegivahe kõikumised ja lühistused, ent lühistuste sagedus on võrdlemisi väike.

Joonisel 5 on näidatud peene sulava elektrooditraadiga süsihappegaasi keskkonnas teostatava keevitusprotsessi kiir-kinoülevõtte kaadrid. Kasutades nii kiir-kinoülevõtet kui ka ostsillograferimisel saadud tulemusi, võib saada selge kujutluse keevitusprotsessist.

Keevitus-kaarleegi ergutusel eelnevad reeglina vooluahela lühistused ning elektroodi läbipõlemised. Niipea kui läbipõlenud elektrooditraadi lõik, mille ots on hakanud sulama ja on eelnenud lühistuse mõjul, kuumaks läinud, muutub ühemõõtmeseks kaarleegi pikkusega, toimubki selle ergutus. Nii kaarleegi ergutus kui ka keevitusprotsessi stabiilsus sõltuvad suurel määral keevitus-



Joon. 5. Süsihappegaasi keskkonnas peene sulava elektrooditraadi abil läbiviidava keevitusprotsessi jäädvustamiseks tehtud kiirkinoülevõtte kaadrid

generaatori omadustest ja peamiselt selle võimest kindlustada lühistusvoolu tugevuse kiiret kasvu. Mida järsumalt kasvab lühistusvoolu tugevus, seda lühemas elektroodilõigus eritub lühistus- hetkel palju soojust ja seda tõenäolisem on, et läbipõlenud lõigu pikkus ei ületa kaarleegi pikkust antud pinge juures.

Pärast kaarleegi ergutust algab elektrooditraadi sulamine ning tilga moodustumine elektroodi otsal. Sulametalli tilgamahu suurenemisel väheneb elektrooditraadi sulamiskiirus, sest vedel metall aeglustab soojusülekanne kaarleegilt elektrooditraadi mittedulanud osale. Elektroodi etteandmise kiirus hakkab seejuures ületama sulamiskiirust ning tilk langeb põhimetallile. Kaarleegivahe lühenemise hetkel suureneb lühistusvoolu tugevus, mis kiirendab tilga ja elektroodi vahel oleva kaela läbipõlemist ning annab tilgale impulsi õmbluse suunas. Kaela läbipõlemise hetkel ergutub kaarleek. Seejärel protsess kordub. Juhul kui lühistus- voolu tugevuse suurenemiskiirus pole küllaldane, ei jõua tilga- ja elektroodivaheline ühenduskoht õigeaegselt läbi põleda ning

elektrood satub vahetult õmblusse, mis on seotud häiretega keevitusprotsessi normaalses kulgemises ja õmbluse ebarahuldava kujunemisega. Lühistusvoolu tugevuse liigne suurenemiskiirus on samuti ebasoovitav. Kui elektroodimetalli tilk puutub õmblusega kokku hetkel, mil kael elektroodil ei jõudnud veel tekkida, põhjustab oma tugevuselt suurenenud lühistusvool tilga ja õmbluse vahelise ühenduskoha plahvatusetaolise läbipõlemise, mille tulemusel tilk paiskub keevitussoonist välja. Akupatarei kasutamisel keevitusprotsessi läbiviimiseks, kui vool ahelas tekib pärast lühistamist peaaegu momentaalselt, halveneb õmbluse kujunemine tunduvalt ja elektroodimetall pritsub laiali. Allpool märgitud õhukese metalli poolautomaatse keevitamise režiimide puhul kindlustavad lühistusvoolu tugevuse optimaalse suurenemiskiiruse seeriasse АЗД kuuluvad 30-voldised laadimisagregaadid, mida võib soovitada toiteallikatena kasutusele võtta.

2. KEEVITAMISE TEHNOLOOGIA JA TEHNIKA

Elektrooditraat, mida kasutatakse vähese süsinikusisaldusega vähelegeeritud ja teiste teraseliikide räbukihi all keevitamiseks, ei kõlba enamasti samasuguste teraste keevitamiseks süsihappegaasi keskkonnas.

Süsihappegaasi keskkonnas keevitamiseks ettenähtud elektrooditraadid peavad sisaldama küllaldaselt hulgal taandavaid elemente peale nende elementide, mis legerivad õmblusmetalli, kindlustades sellele vajalikke mehaanilisi omadusi. Üksnes sel juhul läheb korda vältida pooride moodustumist ning kindlustada tihedate õmbluste saamist. Taandajatena võib elektrooditraadidesse sisse viia räni, mangaani, alumiiniumi, titaani ja teisi elemente.

Tabelis 1 on märgitud elektrooditraadide koostis, mis on ette nähtud vähese süsinikusisaldusega ja vähelegeeritud teraste keevitamiseks süsihappegaasi keskkonnas.

Keevitamiseks kasutatav süsihappegaas peab olema küllalt puhas. Ta ei tohi sisaldada mineraalõli, glütseriini, väävelvesinikku, ammoniaaki, soolhapet ja teisi happeid, vett vabas olekus jne.

Real juhtudel võib keevitamiseks kasutada ka balloonides turustatavat toiduainetetööstuse süsihappegaasi. Viimane tohib sisaldada kuni 1,5% lisandeid (mitte vähem kui 98,5% CO₂, kuni 0,05% veeldatud süsihappes lahustunud vett ja kuni 0,1% vett vabas olekus). Niisuguse süsihappegaasi kasutamisel tuleb seda juhtida läbi erilise niiskuseeraldaja, mis on täidetud kas vasevitrioli, silikogeeli või mõne muu niiskust absorbeeriva ainega.

Kui süsihappegaas sisaldab üle 0,1% lämmastikku, siis tekiavad õmbluses poorid.

Tuleb tähendada, et keevitamisel kuivatatud süsihappegaasi keskkonnas tekib õmbluses niiskuse (rooste) mõjul palju vähem poore kui keevitamisel samade tingimuste juures räbukihi all.

Tabel 1
Elektrooditraadid, mida kasutatakse süsinik- ja legeeritud teraste keevitamiseks süsihappegaasi keskkonnas

Traadi mark	Elementide sisaldus protsentides										ГОСТ või TV	Ostarve
	süsinik	mangaan	raani	kroom	nikkel	molibdeen	väävel		fosfor	mitte rohkem		
							0,03	0,04				
Cb-10ГC	kuni 0,11	0,8—1,1	0,6—0,9	kuni 0,2	kuni 0,3	—	0,03	0,04	0,04	0,04	ГОСТ 2246—54 (Mn ja Si ülemise piiri järgi)	Süsinik- ja vähelegeeritud terasest konstruktsioonide keevitamiseks
Cb-0,8ГC	kuni 0,10	1,0—1,3	0,7—1,0	kuni 0,2	kuni 0,3	—	0,03	0,04	0,04	0,04	ЧМТV 5142—55	
Cb-08ГC	kuni 0,10	1,2—1,5	0,7—0,95	kuni 0,2	kuni 0,25	—	0,03	0,035	0,035	0,035	TV 2—57 Moskva linna Rahvam. Nõukogu	Süsinik- ja vähelegeeritud terasest konstruktsioonide keevitamiseks
Cb-08Г2CA	kuni 0,11	1,7—2,1	0,7—0,95	kuni 0,2	kuni 0,25	—	0,03	0,035	0,035	0,035		
Cb-10ГCM	kuni 0,14	0,9—1,2	0,7—1,1	kuni 0,2	kuni 0,3	0,15—0,25	0,03	0,04	0,04	0,04	ГОСТ 2246—54	Võrdvastupidavusega õmbluste saamiseks terasel 30XГCA pärast üht noolutust
Cb-18XГCA	0,15—0,22	0,8—1,1	0,9—1,2	0,8—1,1	kuni 0,3	—	0,025	0,03	0,03	0,03	ГОСТ 2246—54	Kõrgema vastupidavusega keskmiselt legeeritud teraste keevitamiseks
Cb-18XMA	0,15—0,22	0,4—0,7	0,5—0,35	0,8—1,1	kuni 0,3	0,15—0,25	0,025	0,03	0,03	0,03	ГОСТ 2246—54	Kõrge vastupidavusega ühe kihijaste õmbluste saamiseks pärast termilist töötlemist terastel, mis sisaldavad üle 0,8—1,1% Cr

Poolautomaatsele keevitusprotsessile süsihappegaasi keskkonnas on iseloomulik tagasihoidlik keevituskiirus, kusjuures viimase kõikumisest sõltub läbisulatamise sügavus seda rohkem, mida suurem on keevitusvoolu tugevus. Läbipõletamiste vältimiseks elektroodi ebaühtlase käsitlemise tulemusel, mis leiab alati aset poolautomaatse keevitamise puhul, tuleb rakendada võrdlemisi nõrku keevitusvoole ja vastavalt väikese läbimõõduga elektrooditraati (kuni 0,5 mm).

Õhukese terase poolautomaatse keevitamise puhul on oluline, et hoidja oleks võimalikult kerge. Hoidja kaalu suurendamine mitte ainult väsitab keevitajat, vaid avaldab ka negatiivset mõju keevitusprotsessi läbiviimisele, raskendades õmbluse kujundamist.

Kuni 2 mm paksuse vähese süsinikusisaldusega terase poolautomaatse keevitamise režiimid ГОСТ 2246—54 kohase elektrooditraadi Cb-10ГC abil on ära toodud tabelites 2 ja 3. Väikese korrektoori puhul võib neid režiime kasutada teiste terasemarkide keevitamiseks, rakendades selleks vastavat elektrooditraati. Tabelis 4 on näidatud 0,8—2 mm paksuse roostekindla terase mark 1X18H9T keevitusrežiimid samast materjalist elektroodiga. Üldjuhtudel kasutatakse vastupidiselt polaarset alalisvoolu. Süsihappegaasi kulu ei ületa 6 liitrit minutis. Toodud režiimid kindlustavad elektroodimetalli väikese laialipritsimise ja õmbluse rahuldava kujunemise.

Tabel 2

1,5 mm paksuse vähese süsinikusisaldusega terase keevitamise orienteeruvad režiimid

Liidete tüübid	Elektrooditraadi läbimõõt <i>mm</i>	Keevitusvool <i>A</i>	Kaarleegi pinge <i>V</i>	Keevitamiskiirus <i>m/h</i>
Pötkliide	0,5	60	17—19	18
Ütekatteliide	0,5	60	17—19	18
Nurkliide	0,5	60	17—19	18
Nurkliide (nurga tipu järgi)	0,5	45	16—18	18
Vastakpötkliide	0,5	60	17—19	10
Ots- ehk servliide	0,5	45	16—18	18
Pötkliide (vertikaalne)	0,8	70	16—18	23
Nurkliide (vertikaalne)	0,8	90	16—18	27
Pötkliide (horisontaalne vertikaalses tasapinnas)	0,5	45	16—18	15

Põkkõmbusi on sobiv keevitada kaldu asendis. Õmbuse vastaspoolele tekib vööt, mis kujuneb õmbuse mõninga läbivalgumise arvel. Poolautomaatne keevitamine ei nõua nii suurt täpsust kokkupanekul kui automaatne keevitamine. Suurte pilude puhul võib rakendada käsitsi keevitamisele omaseid võtteid (metalli liigsel kuumenemisel katkestatakse perioodiliselt elektroodi etteandmist, keevitusprotsess katkeb ning pärast õmbuse jahtumist alustatakse keevitamist uuesti).

Nurkliidete keevitamist võib läbi viia nii sise- kui ka välisküljel (tabelid 2, 3 ja 4). Oluliseks eeliseks keevitamisel sulava elektroodiga süsihappegaasi keskkonnas on võimalus tagada õmbluste kvaliteetset kujunemist nurkõmbluste keevitamisel (keevitamine siseküljel), sest selliste õmbluste moodustamine tekitab teatud raskusi isegi argoon-kaarleekkeevitusel volframelektroodiga.

Süsihappegaasi keskkonnas saab keevitada õmbusi vertikaalses tasapinnas. Vertikaalliidete keevitamist on soovitatav teostada ülevalt alla. Horisontaal-põkkõmbluste keevitamine vertikaalses tasapinnas on samuti teostatav. Õmbluste kvaliteetse kujunemise saavutamiseks vertikaalses tasapinnas on tähti kohastada elektroodi liikumiskiirust põhimetalli sulamiskiirusele. Kaarleeki tuleb nihutada nii, et kaarleegisambal oleks alati väike osa sulammetalli. Vastasel korral halveneb õmbuse kvaliteet.

Tabel 3

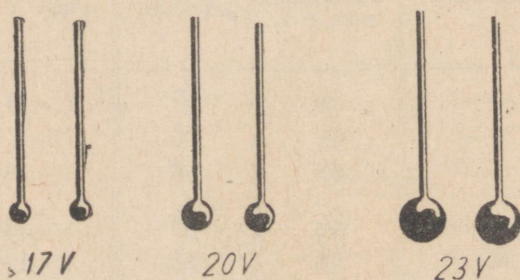
1 mm paksuse vähese süsinikusaldusega terase keevitamise orienteeruvad režiimid

Liidete tüübid	Elektrooditraadi läbimõõt <i>mm</i>	Keevitusvool <i>A</i>	Kaarleegi pingeline <i>V</i>	Keevitamiskiirus <i>m/h</i>
Põkkliide	0,5	35	17—19	12
Ülekatteliide	0,5	60	17—19	20
Nurkliide	0,5	60	17—19	18
Nurkliide (nurga tipu järgi)	0,5	35	17—19	20
Vastakpõkkliide	0,5	60	17—19	12
Ots- ehk servliide	0,5	35	17—19	20
Põkkliide (vertikaalne)	0,8	70	17—19	30
Nurkliide (vertikaalne)	0,8	90	16—18	28
Põkkliide (horisontaalne vertikaalses tasapinnas)	0,5	45	17—19	13

0,8–2 mm paksuse roostekindla terase keevitamise orienteeruvad režiimid

Liidete tüübid	Elektroodi- traadi läbi- mõõt <i>mm</i>	Keevitus- vool <i>A</i>	Kaarleegi pinge <i>V</i>	Keevitamis- kiirus <i>m/h</i>
Põkkliide	0,8	45	17—19	12
Ülekatteliide	0,8	60	17—19	20
Nurkliide	0,8	60	17—19	18
Vastakpõkkliide	0,8	60	17—19	12
Nurkliide (vertikaalne)	0,8	70	16—18	28
Põkkliide (horisontaalne vertikaalses tasapinnas)				13

Vähese süsinikusisaldusega terase keevitamisel tohib elektroodi väljaulatavus olla suurem (12—15) kui roostekindla terase keevitamisel (7—9 mm). Kuni 2 mm paksusest terasest moodustatud õmblustel on vajalik tihedus ja rahuldav väljanägemine. Metallile ülekandmise iseloomu kaarleekkeevitusel määrab peamiselt keevitamise režiim. Süsihappegaasi keskkonnas keevitamisel omandab eriti suure tähtsuse kaarleegipinge mõju. Pinge kasvul suurenevad muude võrdsete tingimuste juures tilkade mõõtmed (joon. 6), nende arv aga vastavalt väheneb. Samal ajal pikeneb tilkade kogunemise aeg elektroodi otsal.



Joon. 6. Tilkade mõõtmete suurenemine kaarleegipinge kasvamisel

Et keevitusrežiimi põhiline mõju metallurgiliste reaktsioonide intensiivsusele väljendub tilga kogunemisstaadiumil kui ka selle üleandmisel õmblusse, siis intensiivistub järsult kaarleegipinge

suurenemisel elementide hapendumine. Seega tuleb tabelis 2 näidatud kaarleegipingetest rangelt kinni pidada mitte üksnes õmbluse normaalse kujunemise kindlustamiseks, vaid ka õmblusmetalli vajaliku kvaliteedi tagamiseks.

Vähese süsinikisisaldusega õhukese lehtterase poolautomaatsel keevitamisel tabelites 2, 3 ja 4 näidatud režiimidel võib saavutada õmbluse rahuldava koostise mitte ainult elektrooditraadi Cb-08ГC, vaid ka elektrooditraadi Cb-10ГC kasutamisel (tab. 5).

Tabel 5

Materjalide keemiline koostis

Jrk. nr.	Uuritav materjal	Keemiline koostis %%		
		C	Si	Mn
1	0,8—2 mm paksune teras	0,05—0,08	0,02—0,05	0,37—0,54
2	Traat Cb-10	0,07	0,96	1,06
3	Õmblus	0,06—0,07	0,35—0,40	0,40—0,50

Keevisliidete mikrostruktuur erineb vähe analoogilistest liidetest, mis on kujundatud rübukihi AH-348 all traadi Cb-08 (ГОСТ 2246-54) abil. Jahtumiskiiruse suurenemisel keevitamise puhul süsihappegaasi keskkonnas tekib mõnevõrra väiksem kuumenemistsoon. Keevisliidete mehaanilised omadused on täiesti rahuldavad (ГОСТ 6996-54 järgi teostatud tõmbetugevuse ja õmbluse painduvuse kontrollimise andmed on antud tabelis 6).

Tabel 6

Keevisliidete mehaanilised omadused terasel mark Cr-3

Jrk. nr.	Terase paksus ja traadi (Cb-10ГC) läbimõõt, mm	Tõmbetugevuse piir kg/mm ²	Ristiasuvate proovide paindenurk kraadides	Pikitasuvate proovide paindenurk kraadides
1	1 mm paksune teras, traadi läbimõõt 0,5—0,8 mm	$\frac{31,0-32,3}{31,6}$	180	180
2	1,25 mm paksune teras, traadi läbimõõt 0,5—0,8 mm	$\frac{35,4-37,8}{36,6}$	180	180
3	1,5 mm paksune teras, traadi läbimõõt 0,1—1,0 mm	$\frac{40,9-42,3}{41,5}$	170	180

Tabelis 7 on antud 0,2—2 mm paksuse terase mark IX18H9T traadi Cb-IX18H9T ning õmbluste keemiline koostis.

Materjalide keemiline koostis

№	Uuritav materjal	Keemiline koostis %				
		Si	Mn	Cr	Ni	Ti
1	0,5—2,0 mm paksune teras mark IX18H9T	0,29	0,87—1,19	17,4—18,5	9,2	0,46
2	Traat Cb-IX18H9T	0,60	1,19	18,7	9,4	0,60
3	Õmblused 0,5—2,0 mm paksusel terasel	0,38—0,45	0,80—1,06	17,4	8,9—9,8	0,29

Nagu tabelist nähtub, hapenduvad titaan, kroom, räni ja mangaan vähe, vähem kui näiteks keevitamisel 2 mm-se läbimõõduga traadi abil, mis seletub kaarleegi madalama pingeaga. Metallstruktuur on desorienteeritud austeniit koos ferriidiga, kõvadus keskmiselt 170 Hb. Keevisliidete mehaanilised omadused on täiesti rahuldavad (tõmbetugevuse piir 62—65 kg/mm², pändenurk 180°). Vastupidavus kristallidevahelise korrosiooni suhtes loomulikult olekus pärast keevitamist on küllaltki suur.

Siinkohal soovitatud keevitusrežiimide rakendamiskõrgemused näitasid, et vilumuse omandamisel võib nii keevitamiskirust kui ka keevitusvoolu tugevust mõnevõrra tõsta.

Süsihappegaasi keskkonnas teostatava õhukese terase poolautomaatse keevitamise kontroll tootmistingimustes näitas, et see meetod sobib praktikas rakendamiseks ja et tal on rida väärtuslikke eeliseid.

Selle meetodi ökonoomsus võrreldes argoonkaarleekkeevitusega on tingitud süsihappegaasi odavast hinnast.

Võrreldes räbukihi all teostatava poolautomaatse keevitusega on süsihappegaasi keskkonnas läbi viidava keevitusviisi suureks eeliseks võimalus keevitada õmblusi mistahes ruumilises asendis.

Üksnes see asjaolu avab süsihappegaasi keskkonnas teostatud keevitamisele laialdased perspektiivid, sest ruumiliste õmbluste keevitamise mehhaniseerimine õigustas end majanduslikult seni vaid küllalt suure seeria puhul ning polnud igakord hoopiski võimalik.

Tehase tingimustes läbi viidud katsed on andnud üle ootuste häid resultate ka keevituskiiruse osas. Lisaks sellele langeb ära küllaltki töömahukas räbust puhastamise operatsioon.

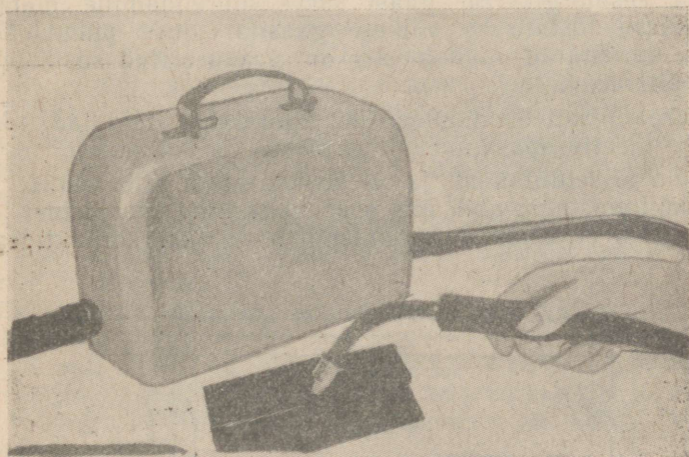
Selle keevitusmeetodi veel üheks positiivseks küljeks on väike kuumenemistsoon, mis on tingitud võrdlemisi suurest protsessi kiirusest ning süsihappegaasi joa jahutavast mõjust keevisõmblusele.

3. ÕHUKESE TERASE KEEVITAMISEKS ETTENÄHTUD POOLAUTOMAADI KÕNSTRUKTSIOON JA SELLE SEADME TÖÖSTUSLIKU RAKENDAMISE KOGEMUSED

Ukraina NSV Teaduste Akadeemia E. O. Patoni nimelise Elektri keevituse Instituut on välja töötanud poolautomaadi tüüp A-547 keevitamiseks süsihappegaasi keskkonnas 0,8—1,2 mm-se läbimõõduga traadi abil.

Poolautomaadi konstruktsioon on põhimõtteliselt sama nagu rübukihi all teostatava ПШ-5 tüüpi keevitamispoolautomaadil. Poolautomaat on ette nähtud õhukesest lehtterasest liidete keevitamiseks; teda saab kasutada ka väiksemate valudefektide parandamiseks.

Poolautomaadi komplekti kuuluvad: a) hoidja; b) etteandmise mehhanism; c) gaasiaparatuur; d) aparaadikast



Joon. 7. Poolautomaat A-547

Joonisel 7 on näidatud poolautomaadi hoidja ning etteandmise mehhanism.

Ränimangaantraat, läbimõõduga 0,8—1,2 mm liigub hästi poolautomaadi voolikus.

Poolautomaadi A-547 hoidja on kerge (150 g) ning hõlpsasti käsitsetav. Hoidja kaalu suurendamine traadi tõmbamise mehhanismi lisamise arvel mõjub halvasti keevitusprotsessi teostamisele isegi sel juhul, kui kasutada painduva võlliga transmisseiooni. Alla 2 mm paksuse õhukesese terase poolautomaatseks keevitamiseks on vajalik hoidja, mida saab keevitusprotsessi jooksul hõlpsasti käsitseda.

Hoidja düüs ja välisosad on isoleeritud voolujuhtivatest osadest.

Etteandmise mehhanism. Elektrooditraadi etteandmist teostab väike peavoolumootor. Elektrooditraadi etteandmiskiirus on konstantne (ei sõltu kaarleegipingest) ja on muudetav 120-st kuni 410 m/h mootori pöörete arvu muutmise teel. Etteandmise mehhanismi kaal ilma traadita on 5,75 kg. Ühes korpuses asuvad etteandmise mehhanism ja traadiga pool. Pool mahutab kuni 4 kg traati.

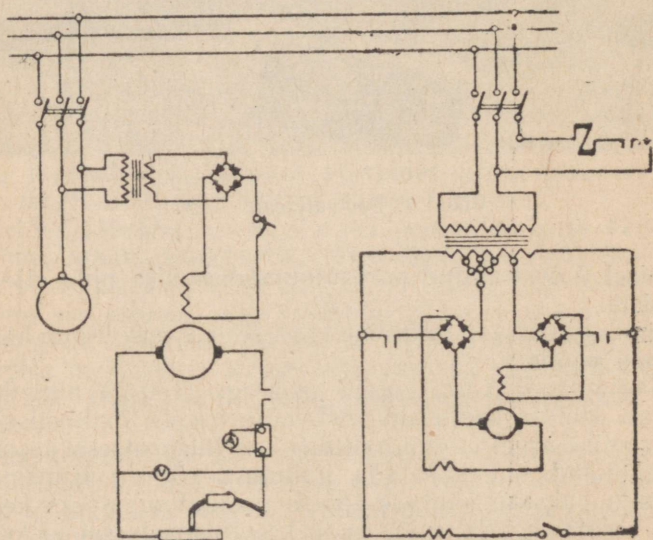
Gaasiaparatuuri komplekti kuuluvad:

- a) gaasi elektri-eelsoojendaja;
- b) süsihappegaasi kuivatusseade;
- c) reduktor koos gaasi kulu mõõtjaga.

Gaasi kulu mõõtja on valmistatud atsetüleenmanomeetrist, mis asub reduktori madalrõhu kambril. Manomeetri ees asetseb drosselseib kalibreeritud avaga, mille läbimõõt on 0,6 mm. Drosselseibi eesmärgiks on gaasi surve suurendamine manomeetri tundlikkuse tõstmiseks väikese gaasitarviduse puhul. Drosselseibiga varustatud manomeeter on gradupeeritud süsihappegaasi kulu näitamiseks.

Aparaadikasti on monteeritud kontaktor, alaldajad, kaitamisning reguleeriv aparaat, ampermeeter ja voltmeeter.

Voolu sisselülitamist ja elektrooditraadi etteandmist teostatakse kaitamisnupu abil, mis asub kaitsekilbi käepidemel ja mida ühendatakse etteandmismehhanismil asetsevate kontaktidega.



Joon. 8. Poolautomaadi elektriline skeem generaatori АЗД 7,5/30 kasutamisel toiteallikana

Toiteallikaks on alalisvoolu generaatorid jäiga välistunnusjõonega. Töökogemused tootmisprotsessis näitasid, et heaks vooluallikaks keevitamisel peene traadiga on laadimisagregaat tüüp АЗД 7,5/30, millel on sõltumatule toitmisele ümberlülitatud ergutusmähis. Generaatori võimsus on 7,5 kW ja ta kindlustab kuni 250—300-amprise voolu saamise.

Joonisel 8 on näidatud poolautomaadi elektriline skeem generaatori АЗД 7,5/30 toiteallikana kasutamisel.

Generaatoril on head dünaamilised omadused ja ta kindlustab stabiilse keevitamisrežiimi kaarleegi madala pinge juures (17—20 V).

Generaator ПС-500 ei kindlusta isegi jäiga välistunnusjoone puhul kaarleegi kvaliteetset ergutust ega püsivat keevitusprotsessi madalate pingete juures. Keevitamine aga 22—24-voldise kaarleegi pinge juures ei kindlusta alati tihedate õmbluste saamist.

Võib samuti rakendada, elektrilist skeemi ning aparaadikasti muutmata, poolautomaate ПШ-5, ПШ-5У ja УШ-54. Nendel poolautomaatidel vahetatakse hoidja koos voolikuga ning etteandmisrullidega peene traadi häreteta etteandmiseks. Keevitaja tarvitab tavalist kilpi, mille käepideme külge monteeritakse nupp keevitusvoolu sisselülitamiseks ja traadi etteandmise mootori käivitamiseks.

Tööstuslikes tingimustes rakendati poolautomaati А-547 käsitsi keevitamise asemel väikesegabariidiliste detailide valmistamiseks õhukesest lehtterasest.

Töökoht poolautomaatse keevitamise läbiviimiseks organiseeriti erikabiinis (joon. 9).

Traati anti ette vahetult traadikerast. Kabiin on varustatud tõmbeventilatsiooniga. Poolautomaadi toiteallikana kasutati agregaat tüüp АЗД 7,5/30, mille ergutusmähis oli ümber lülitatud sõltumatule toitele.

Poolautomaadi abil keevitati detaile vähese süsinikusisaldusega terasest ning terasest mark 30ХГСА. Kasutati elektrooditraati mark Сb-10ГС (ГОСТ 2246—54), mille läbimõõt oli 0,8 mm. Terase 30ХГСА keevitamisel kasutati elektrooditraate Сb-18ХМА, kuna keevisliide oli rohkem koormatud. Eespool soovitatud keevitusrežiime täpsustati sõltuvalt metalli paksusest ja eseme kujust. Mõnel juhul asetsesid õmblused nii ligidal eseme servale, et keevitamist tuli teostada alandatud režiimidel. Põhiliselt teostati keevitamist 60—120-amprise voolu juures, kuid tehti kindlaks, et kaarleek põles stabiilselt ka 40—50-amprise voolu juures. Kaarleegi pinget reguleeriti vahemikus 17—22 V. On lubatud madaldada pinget kuni 16 voldini, ent suurendada pinget üle 22 V ei ole soovitatav, sest seejuures täheldatakse metalli intensiivset laialiplitsimist. Keevitamisel traadiga Сb-18ХМА tuleb õmbluse parema kujunemise saavutamiseks kasutada kõrgemat pinget kui keevitamisel traadiga Сb-10ГС. Kogemused näitavad, et elektroodi väljaulatuvuse kõikumised kuni 3 mm ei avalda mõju keevi-



Joon. 9. Töökoht poolautomaatsel keevitamisel läbiviimiseks tööstuslikes tingimustes

tamiskvaliteedile. Süsihappegaasi kulu on 6—8 liitrit minutis. Tuleb märkida tehases saavutatud suurt kiirust õhukese terase poolautomaatsel keevitamisel (30—40 m/h). Rübukihi all teostataval poolautomaatsel keevitamisel ei ületa keevitamiskiirus teatavasti 20—25 m/h, sest kiiruse tõstmisel suureneb ka keevitaja käe liikumise ebahätluse negatiivne mõju keevitusprotsessi kulgemisele, põhjustades õmbluse kujunemiskvaliteedi alanemise.

Kaarleegi nähtavus keevitamisel süsihappegaasi-keskkonnas võimaldab keevitajal kindlustada täiesti rahuldava õmbluse kujunemise suurema keevitamiskiiruse juures.

Keevitamistehnika süsihappegaasi keskkonnas poolautomaadil, mis annab ette peent traati (0,5—1 mm), on võrdlemisi lihtne ning selle tehnika omandab keevitaja raskusteta. Pärast vajaliku režiimi valikut asetatakse hoidja ühes suudmikust väljaulatuva elektrooditraadiga 2—5 mm kaugusele tootest ning seejärel vajutatakse kilbil asuvale käitamispupule.

Kaarleegi kerge ergutuse kindlustab tunduval määral jäiga

välisilmejoonega generaator. Keevitusprotsess lõpetatakse elektrooditraadi etteandmise ja keevitusvoolu katkestamise teel, kuid kraatri parema täissulatamise saavutamiseks on kasulik elektrooditraadi etteandmine lõpetada varem, nii et kaarleek põleb edasi loomuliku katkemiseni. Seejärel lülitati tehases, kus oli vaja keevitada palju lühiõmbelusi, aparaadiskeemi täiendav pedaal voolu iseseisvaks väljalülitamiseks. Pärast kaarleegi põlemise lõppemist soovitatakse jätta hoidja 1—1,5 sekundiks kraatri kohale jahtuva õmbeluse kaitsmiseks süsihappegaasi abil. Poolautomaadi suurepärase süttimise võimaldas kasutada seda seadet ka väikegabariitsete detailide punktamiseks.

Vertikaalses asendis tehtud õmbelused ei erine kvaliteedilt ega väljanägemiselt alumises asendis keevitatud õmbelustest. Õmbeluse väikesed mõõtmed ja süsihappegaasi joa jahutav mõju avaldavad soodsat mõju vöödi kvaliteetsele kujunemisele mistahes ruumilises asendis. Vertikaalõmbelusi keevitati ülevalt alla.

Suur praktiline tähtsus on tööstuslikes tingimustes avastatud võimalusel keevitada poolautomaadi abil liiteid suurte piludega. Sel juhul teostatakse keevitamist järgmiselt. Pärast kaarleegi süütamist juhib keevitaja selle servalt servale mitme sekundi jooksul, siis lülitab ta voolu ning elektroodi etteandmise välja, jättes hoidja õmbeluse kohale ja jälgides läbi kaitseklaasi jahtuva metalli tumenemist; seejärel lülitab ta voolu jälle sisse ning operatsioon kordub. Pauside kestus keevitamise üksikute perioodide vahel sõltub metalli paksusest ja pilu suuruselt, kuid üldiselt ei ületa keevitusperioodi.

Sel viisil keevitati tehases 1 mm paksusest vähese süsinikusisaldusega terasest (Ст.3) valmistatud kesti kuni 2,5 mm suuruste kohalike piludega, 2 mm paksusest terasest Ст. 20 ja teistest terasest sortidest valmistatud detaile kuni 3,5 mm suuruste piludega.

Samal viisil keevitati keeruliste ühenduskohtadega detaile, mille keevitamine teiste meetoditega põhjustas servade lubamatu ülessulamise.

Hea kontakt suudmiku ja elektrooditraadi vahel osutus tähtsaks eelduseks kvaliteetõmbeluste saamiseks. Kontakti nõrgenemisel ja sellega seotud kaarleegi hajumisel võivad õmbelustes poorid tekkida; samuti nõrgeneb sel põhjusel ka gaasi kaitsev mõju (keevitamiskohale satub vähe süsihappegaasi). Tehase kogemused näitasid, et kvaliteetse kontakti ja hea gaasikaitse olemasolul ei teki keevisõmbelustes mingeid poore ülalmainitud sortidesse kuuluva õhukese terase keevitamisel.

Õhukese terase süsihappegaasi keskkonnas keevitatud õmbeluste kvaliteet on kõrge. Keevitatud detaile terasest 30XГСА kontrolliti pärast termilist töötlemist (karastamine, noolutamine) defektide avastamiseks magnetdefektoskoobi abil; pragusid keevitamistsoonis ei avastatud. Õmbeluste välisilme oli rahuldav.

Süsihappegaasi keskkonnas teostatava õhukese lehtterase kee-

vitamise juurutamise tulemusel tõusis tehases tööviljakus võrreldes käsitsi keevitamisega 3—5-kordselt.

Süsihappegaasi keskkonnas sulava elektroodi abil teostatava õhukese terase poolautomaatse keevitamise tööstusliku rakendamise tulemused kinnitavad, et seda meetodit võib laiaulatuslikult kasutada.

Teateid ja konsultatsioone keevitamise kohta süsihappegaasi keskkonnas võib saada Elektri keevituse Instituudilt (Kiiev, Gorki t. 69) ja Leningradi Teaduslik-Tehnilise Propaganda Majalt (ЛДНТП) — (Nevski prospekt, 58).

Toimetaja Lillema

Tehniline toimetaja V. Lemet

Korrektor A. Viil

Ladumisele antud 5. 07. 60. a. Trükkimisele antud 12. 08. 60. a. Paber $60 \times 92\frac{1}{16}$
Trükipoognaid 1,5. Arvutuspoognaid 1,31. Trüki arv 500.
Tellimise nr. 1209. MB-06270.

Tallinna trükikoda nr. 2. Sügise t. 14

Hind rbl. 0.70

1961. a. — 7 kop.

Hind rbl. 0.70.

1961. a. — 7 kop.

A-23739

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00366145 3