



Metallide ühendamine jootmistehnoloogiaga ei ole pelgalt tinapanek nagu tihtipeale ekslikult arvatakse, vaid oskusi ja teadmisi vajav töö, mis on õnneks kergelt omandatav.

Jooteprotsessis vajamineva eritehnoloogia lühiülevaade

Jooteprotsessi olemus:

jootmine on metallide lahtivõetamatu liitmise tehnoloogiline protsess, mille puhul kergemini sulav lisametall (joodis) sulatatakse ja täidetakse sellega liidetavate detailide vaheline pilu. Teisisõnu tähendab see, et jootmiseks nimetatakse metalltoodete üksikute osade ühendamist sulatatud metallide või sulamite abil, mida nimetatakse joodisteks.

Sulas olekus märgab joodis hästi ühendatavaid detaile, tardudes aga ühendab nad kindlalt. Jooteprotsess meenutab metallide keevitamist, kuid keevitamisel kuumutatakse ühendatavad detailid enamasti kuni sulamiseni, jootmisel aga joodise sulamistemperatuurini. Vedel sulajoodis tungib detailide vahelisse lõtku kapillaarjõudude toimele. NB! Mida kitsam on ühendatavate detailide vaheline lõtk, seda paremini tungib joodis kapillaarjõudude toimele lõtku. Põhimetalli ja joodise vahelise tugeva liite saamiseks on vajalik, et vedel joodis hästi märgaks põhimetalli ja tagaks hea külgekleepuvuse. Näiteks: Puhas plii märgab vaske ja terast halvasti, plii-tinasulam aga hästi. Plii märgamisvõimet parandab mõne teise metalli, näiteks tsingi lisand.

Joodise tugev liitmine metalliga on võimalik ainult sel juhul, kui joodetavate metallide pinnad hästi puhastada rasvast, õlist, värvist ja oksiididest, kasutades selleks terasharja või keemilisi abivahendeid (räbusteid). Räbustitel on võime puhastada jootekoht oksiididest ja soodustada sulajoodise valgumist joodetavate detailide vahelisse lõtku. Räbustitena kasutatakse soolade segusi, samuti mitmesuguste soolade, hapete ja orgaaniliste ühendite lahusteid või pastasid.

Jootemeetodid jagunevad olenevalt temperatuurist kahte põhiliki: jootmine pehmejoodistega (temperatuuril kuni 450°C) ja jootmine kõvajoodistega (temperatuuril üle 450°C). Õigesti korraldatud jooteprotsessid võimaldavad saada tugevaid, esteetilise välimusega jooteliiteid ilma täiendava mehaanilise töötlemiseta.

Pehmejoodiseid kasutatakse toodete jootmisel, mida ei tohi tugevasti kuumutada ning kus liidetele ei mõju suured jõud. Kõvajoodiseid kasutatakse nendel juhtudel, kui liidetelt nõutakse suurt tugevust. Joodise sulamistemperatuuri võib reguleerida nii sulamisse kuuluvate põhimetallide (tina-, plii-, vask jms.), kui ka teiste metallide (lisa metallide: antimon, kaadium jt.) hulga muutmise teel. Raskelt sulavate joodistega jootmisel oksüdeerub joodetava metalli pind hapniku oksüdeeruva toime tõttu kiirelt, mistõttu joodis ei nakku detailiga. Detailide pinna oksüdeerimise vältimiseks kasutatakse räbusteid. Kuumutamise ajal ühinevad need metallioksiididega ning moodustavad räbu, mis tõuseb sula joodise pinnale. Räbustid peavad olema väiksema mahukaaluga kui joodised, taandama metalli ning lahustama metallipinnale tekkivat oksiidikiilet. Soovitavalt kasutada tsingi ja tsingitud terase jootmisel räbustina soolhapet, kõigi metallide (välja arvatud alumiinium) jootmisel pehmejoodistega tsinkkloriidi, terase ja vase jootmisel kõvajoodistega booraksit või naatriumboraati jne.



Metallide jootmine:

jootmisel põhimetall ei sula vaid kuumeneb joodise sulamistemperatuurini. Soojusallikana kasutatakse olenevalt võimalustest ja vajadusest jootmisel gaasileeki, samuti elektrilist ja induktsioonkuumutamist ning jootleid. Jootmise eelis on see, et põhimetall ei sula vaid kuumeneb tühisel määral. See eelis võimaldab saada kvaliteetseid liiteid mitte ainult samast metallist detailide, vaid ka erinevatest metallidest ja sulamitest valmistatud detailide vahel. Joota on võimalik malmi, süsinikuvaest ja legeeritud terast, vaske, niklit, alumiiniumi, nende sulameid jt. metalle. Enne jootmist puhastatakse ühendatavad detailid hoolikalt rasvast, oksiididest ja muust mustusest. Pulberräbusteid puistatakse puhastatud servadele õhukese kihina. Tihti kuumutatakse servad ette, et räbustiosakesed sulaksid ja kleepuksid metalli külge, siis ei saa gaasileek neid jootmisel maha puhuda. (Jootepastal on seega räbustite ees eelis ja see on ka põhjus miks jootepasta on tuntum kui pulberräbustid). Pulberräbustit puistatakse ka jootevarda otsale (kui see ei sisalda seda). Pastad ja vedelad lahused kantakse ühendavate detailide pinnale pintsliga või kastetakse joodis nendesse. Suurema leviku osaks on saanud katteliited, seda eelkõige torude puhul (annab jooteliitele kuni 100% rohkem tugevust kui pökkliide). Liidetavate pindade vaheline pilu peab olema minimaalne. Jootmisel kuumutatakse liitekoht joodise sulamistemperatuurini, joodis viiakse liitekohta ja sulatakse. Harilikult kasutatakse jootmisel neutraalset gaasileeki, vasktsink joodisega jootmisel soovitatakse kasutada hapnikurikast gaasileeki. Ühtlase soojenemise tagamiseks tehakse põletiga piki õmblust ringikujulisi liigutusi. Pärast seda, kui eelnevalt liiteservadele kantud räbusti on sulanud ja täitnud vahed, toode aga kuumenenud vajaliku temperatuurini, alustatakse joodise viimist jootekohta. Et praod täituksid joodisega täielikult, kuumutatakse jootekohta põletiga veel veidi aega peale seda kui joodise pealeandmine on lõpetatud. Pärast jootmise lõpetamist peab jootekoht aeglaselt maha jahtuma, räbustijäägid tuleb hoolikalt kõrvaldada.

Joodised:

joodisel on sulas olekus omadus määrata metallide pindu ja tungida joodetavate detailide vahelisse lõtku, õmbluse saamiseks. Joodised peavad vastama järgmistele nõuetele: nende sulamistemperatuur peab olema 60-100 °C madalam joodetava metalli sulamis temperatuurist. Nad peavad tagama liitetugevuse, mis on lähedane ühendavate metallide liitetugevusele. Nad ei tohi eraldada mürgiseid gaase ega mõjutada keemiliselt joodetavaid detaile. Nende jooteprotsessis eralduvad oksiidid peavad kergelt eralduma räbusti toimel. Nendel peab olema vajalik elektrijuhtivus (juhtmete, kaablite jootmisel), nad peavad olema ühendavate metallide lähedase korrosioonikindlusega. Nad peavad olema odavad ja mitte defitsiitsed. Olenevalt sulamistemperatuurist liigitatakse joodised kahte gruppi: kergelt sulavad (pehmejoodised) sulamistemperatuuriga alla 450 °C ja raskelt sulavad (kõvajoodised) sulamistemperatuuriga üle 450 °C.

Kergelt sulavad ehk pehmejoodised:

kasutatakse tööstusharudes esemete jootmiseks, mis ei allu kõrgetele temperatuuridele ega suurtele mehaanilistele koormustele. Neil on madal sulamistemperatuur ja nende põhikomponentideks on tina ja plii. Viimati nimetatud komponentide sisalduse muutmine võimaldab saada erinevate omadustega joodiseid. Kuna enamik kergelt sulavaid joodiseid on suhteliselt väikese kõvadusega, siis nimetatakse neid sageli pehmejoodisteks. Mõnede pehmejoodistele lisatakse eriomaduste andmiseks vismutit, kaadiumi, antimoni, hõbedat ja teisi metalle. Vismut ja kaadium alandavad, antimon ja hõbe aga tõstavad joodiste sulamistemperatuuri. Antimon vähendab joodise sitkust, suurendab joodise kõvadust ja tugevust. Kõige enamkasutatavateks pehmejoodisteks on tina-plii, plii-hõbe, tina-tsink, kaadium-tsink, ja madalatemperatuurilised joodised. Tina-plii joodiseid kasutatakse ehk kõige laiemalt, sest neil on suur korrosioonikindlus. Tina-plii joodiseid kasutatakse vase, valgevase, pronksi, terase, tsingitud terase ja plii

jootmisel. Joodiste oleku paremaks mõistmiseks kasutatakse tavaliselt nn olekudiagramme, mille järgi võib täpselt määrata sulamistemperatuuride intervalle igale antud süsteemi kuuluvale sulamile.

Plii-hõbedajoodised:

puhta plii kasutamine joodisena on raskendatud, kuna ta märgab halvasti ja sulas olekus oksüdeerub kergesti. Plii tehnoloogiliste omaduste parandamiseks lisatakse talle mõnikord hõbedat, samuti tina, antimoni ja vismutit. Hõbedat lisand joodises suurendab selle soojakindlust võrreldes tina-plii joodistega.

Tina-tsinkjoodised:

tina-tsinkjoodiseid kasutatakse alumiiniumsulamitest esemete jootmiseks madalal temperatuuril. Väike tsingilisand tinale (kuni 9%) alandab joodise sulamistemperatuuri kuni 199 °C -ni. Edasine tsingisisalduse suurendamine joodises tõstab uuesti sulamistemperatuuri. Nimetatud joodistega võib joota ultraheli ja abrasiivkolbidega. Joodetud õmblusel on väike korrosioonikindlus ja nad nõuavad kaitset korrosiooni vastu.

Tsink-kaadiumjoodised:

tsink-kaadiumjoodised on tsingi, kaadiumi ja tina kergelt sulavad sulamid, mida kasutatakse alumiiniumi ja selle sulamite jootmisel. Nende joodiste väikese korrosioonikindluse tõttu tuleb jooteõmblust kaitsta lakkide, värvide ja teiste katetega. Sulamistemperatuur erinevate koostistega tsink-kaadiumjoodiste puhul oleks 150-350 °C.

Madalatemperatuurilised joodised:

kasutatakse nendel juhtudel kui nõutakse madalat jootetemperatuuri, et vältida detailide ülekuumenemist. Sellised joodised on vajalikud õhukeste tinaesemete jootmisel (elektri-, soojusaparaatides jms). Madalatemperatuuriliste joodiste koostisesse kuuluvad peale plii ja tina veel vismut ja kaadium. Need joodised on rabadamad kui tina-pliijoodised, eriti kui nad sisaldavad tunduvalt hulgal vismutit.

Raskelt sulavad ehk kõvajoodised:

kasutatakse liidete saamiseks, mille suur tugevus peab säilima ka kõrgetel temperatuuridel. Tööstuses laialt kasutamist leidnud kõvajoodiste hulka kuuluvad : vaskjoodised (vask-, vase-tsingi-, vase-fosforsulamid), hõbejoodised (hõbe-, hõbedat-vase-, hõbedat-vase-tsingi-, hõbedat-vase-fosfori-, hõbedat-vase-tina-, hõbedat-vase-tsingi-kaadiumi sulamid), kuldjoodised, alumiiniumjoodised, tööriistajoodised.

Vaskjoodised:

vaske kasutatakse laialdaselt terasest toodete ilma rübustita jootmiseks kaitsekeskkonnaga ahjudes, samuti rübustiga jootmiseks kõrgsageduskuumutites ja soolavannides. Gaasipõletiga kuumutamist vasega jootmisel ei soovitata. Vaskjoodised on vedeloolavad, tungivad hästi lõtkudesse, tagavad liite suure tugevuse ja plastisuse. Joodise sulamistemperatuuri alandamiseks ja tehnoloogiliste omaduste parandamiseks lisatakse vasele tsinki, hõbedat ja teisi metalle.

Vask-tsinkjoodised:

vask-tsinkjoodised on erinevate koostistega vase ja tsingi kaksiksulamid. Sulami keemilisest koostisest sõltuvad nii ta mehaanilised omadused kui ka sulamistemperatuur (näiteks: tina ja räni lisamisel on liide tugevam ja tihedam). Vask-tsinkjoodistega jootmine rübustite kasutamisel toimub gaasipõletite, kõrgsageduskuumutitega, samuti kastmisel soolavannidesse. Tsingi lenduvuse tõttu aeglasel kuumutamisel kasutatakse ahjudes jootmist

harvem.

Vask-fosforjoodised:

on kaksiksulamid, mis koosnevad vasesst ja fosforist. Nende omapäraks on vase jootmisel iseräbustumine. Pronkside jootmisel on räbustite kasutamine ilmtingimata vajalik. Valgevaskede kasutamisel ei ole vaskfosforjoodise kasutamine soovitatav, kuna jooteõmblus tuleb rabe, terase jootmisel aga on selle joodise kasutamine lubamatu.

Hõbejoodised, (hõbe-vaskjoodised):

on suure elektrijuhtivusega. Need joodised märgavad ahjus taandavas keskkonnas jootmisel vaskdetailide hästi, ilma räbustita. Samade joodiste kasutamine ahjus tavalises õhuatmosfääris vase ja terase jootmisel on võimalik ainult räbustiga. Laialdast kasutust on leidnud elektrivaakumaparaatide jootmisel, kuna nad tagavad vaakumikindla liite.

Hõbe-vask-tsinkjoodised:

tehnoloogiliste ja mehaaniliste omaduste poolest on nad paremad vask-tsinkjoodistest. Seetõttu kasutatakse neid tööstuses laialdaselt erinevate vask-, valgevask-, pronks- ja teraste jootmisel. Hõbe-vask-tsinkjoodiseid võib kuumutada gaasipõletiga, ahjus ja soolavannis.

Hõbe-vask-fosforjoodised:

nendel joodistel on vask-fosforjoodistega parem vedelvoolavus ja nad annavad tihedaid ja plastilisi õmblusi. Kaitsekeskkonnaga ahjudes on nad võimalised iseräbustuma. Nende iseärasuseks on jooteliite suur plastsus.

Nominaalne koostis %			Sulamis vahemik`C	Töö tempr. `C	Erisurve g/cm2	Tõmbe-tugevus Cu	Elektri juht m/S mm2
Ag hõbe	Cu vask	P fosfor					
15	80	5	650-800	710	8,4	250	7
5	89	6	650-810	710	8,2	250	5
2	91,8	6,2	650-810	710	8,1	250	4

Hõbe-vask-tinajoodised:

kuna selle joodise koostisesse kuulub ka tina, siis tungib ta liitekohta lõtku ka ilma räbustita. Kasutatakse peamiselt vask, nikkel ja terasdetailide jootmisel.

Hõbe-vask-tsink-kaadiumjoodised:

kergelt sulavad, plastsed ja hea vedelvoolavusega. Nad annavad tugevaid jooteliiteid. Nendega võib joota vaske, valgevask, pronksi ja terast mitmesuguste kuumutusseadmetega. Selle rühma joodiste sulamistemperatuur võimaldab neid joodiseid kasutada mitmesuguste terasdetailide jootmisel, ilma et nad sealjuures lõõmutuksid. Kasutatakse peamiselt vase, pronksi, messingu, terase ja nikli jootmiseks ning karastatud terase jootmiseks ilma lõõmutamiseta.

Üldkasutatav kaadiumi sisaldav hõbejoodis:

Enim kasutatav hõbejoodis, kuna tema töötemperatuur on kõige madalam, voolavus suurepärase ja sidumistugevus parem kui teistel hõbejoodistel. Joodis on kasutatav madalatel temperatuuridel, näiteks vedela heeliumiga temperatuuril -269 °C. Kuna madalaim sulamispunkt on 600 °C juures, siis seda joodist ei ole võimalik kasutada kõrgema järgu jootmiseks. Tavaliselt kasutatakse koos räbustiga.

Nominaalne koostis%	sulamis vahemik °C	Töö-temperatuur °C	Tõmbetugevus		Erisurve g/cm ²	Kasutus-valdkond	Põhimaterjalid
			Fe37	Fe50			
Cd-Kaadium 20% Ag-Hõbe 40% Cu-Vask 19% Zn- Tsink 21%	595-630	610	410	510	9,3	kasutus-temperatuur max 200 °C	Kõik terased, vask, vasesulamid, nikkel, nikli sulamid.

Alumiiniumjoodised:

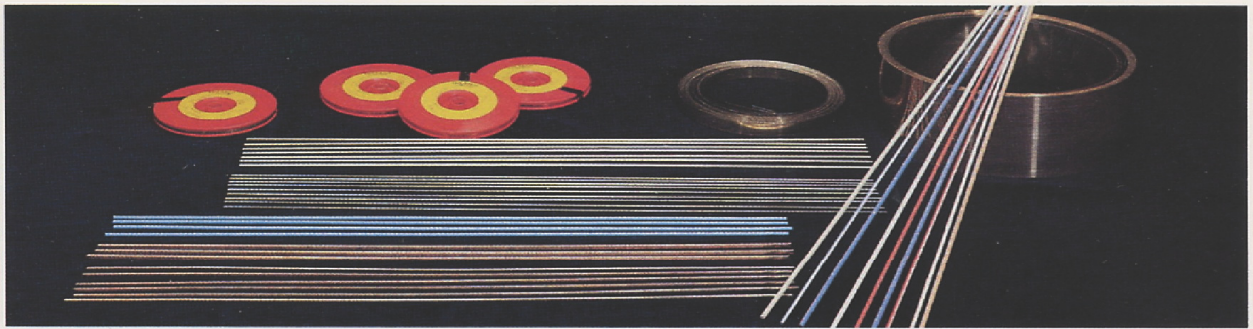
kasutatakse alumiiniumi ja selle sulamite (nt. silumiin) jootmiseks, kuumutades neid põletiga, sissekastmisega, kõrgsagedusvooluga ja ahjudes räbusti kasutamisega. Sulamistemperatuuri alandamiseks, mehaanilise tugevuse ja korrosioonikindluse suurendamiseks lisatakse alumiiniumjoodistele räni-, vaske-, tina-, tsinki- ja teisi metalle. (425-590 °C)

Joodised kõvasulamplaatide jootmiseks lõikeriistadele:

lõikeriistade valmistamisel kasutatakse laialdaselt kõvasulam- ja kiirlõiketerasest plaatide pealejootmist süsinikterasest valmistatud lõiketera kehale. Kõige levinum ja tootlikum on pealesulatamine kõrgsagedusvooluga. Kõvasulamplaatide jootmiseks kasutatavate joodiste sulamistemperatuur on 900-1000 °C. Joodis valitakse olenevalt lõikeriista eksploatatsioonitingimustest.

Joodised kiirlõiketerasest plaatide jootmiseks lõikeriistadele:

pealejoodetud kiirlõiketerasest plaatidega lõikeriistade valmistamisel kasutatakse joodisena spetsiaalseid kõrge sulamistemperatuuriga keevituspulbreid, mille koostises on ferromangaani ja ferrosiliitsiumi. Kõige väärtlikumad neist on need joodised mis võimaldavad kiirlõiketerasest plaate joota lõikeriistadele kiirlõiketerase karastamistemperatuuril. See võimaldab peale jootmist lõikeriista karastada kohe õlis või õhus ilma uuesti kuumutamiset. (1200-1350 °C).



HÖBEKÖVAJOODISED – KAADMIUMITA

NIMI	KOOSTIS	SULAMIS-TEMP. °C	TÖÖ-TEMP. °C	TÖMBETUGE-VUS N/mm ²	STANDARD		KASUTUSALA
					BS 1841	DIN 8513	
M 25 T	55 Ag Cu Zn Sn	630–660	660	438	AG14	L–Ag 55 Sn	18/8 terastele kõvametallile, erinevatele terastele, vasele, vasesulamitele, niklile ja niklisulamitele.
M 19 MN*	49 Ag Cu Zn Mn Ni	680–705	700	475	AG18	L–Ag 49	
M 10 T	40 Ag Cu Zn Sn	650–710	700	470	AG20	–	
M 0 T	30 Ag Cu Zn Sn	665–755	740	441	AG21	–	
L 13 S	20 Ag Cu Zn Si	690–810	810	513	–	L–Ag 20	

LISANDITEGA KAETUD FC

FC 552	55 Ag Cu Zn Sn	630–660	660	438	AG14	L–Ag 55 Sn	Kõigile terastele, vase- ja niklisulamitele.
FC 402	40 Ag Cu Zn Sn	650–710	700	470	AG20	–	
FC 302	30 Ag Cu Zn Sn	665–755	740	441	AG21	–	
FC 20S	20 Ag Cu Zn Si	690–810	810	513	–	L–Ag 20	

HÖBEKÖVAJOODISED – KAADMIUMIGA

MX 12*	42 Ag Cu Zn Cd	610–620	620	440	AG2	–	Erinevatele terastele, vasele- ja vasesulamitele.
MX 10	40 Ag Cu Zn Cd	595–630	610	450	AG10	L–Ag 40 Cd	
MX 8	38 Ag Cu Zn Cd	605–650	640	432	–	–	
MX 0	30 Ag Cu Zn Cd	600–690	680	420	AG12	L–Ag 30 Cd	
LX 13	20 Ag Cu Zn Cd	620–735	725	339	–	L–Ag 20 Cd	

LISAAINETEGA KAETUD FC

FC 400	40 Ag Cu Zn Cd	595–630	610	450	AG2	L–Ag 40 Cd	Erinevatele terastele, vasele- ja vasesulamitele.
FC 300	30 Ag Cu Zn Cd	600–690	680	420	AG12	L–Ag 30 Cd	
FC 200	20 Ag Cu Zn Cd	620–735	725	339	–	L–Ag 20 Cd	

Tavaläbimõõdud: 1,5–2,0 mm. Rullis ja tavaläbimõõtudest erinevad mõõdud valmistatakse tellimisel.

* Hõbeksvajoodislindina olemas laos.

 **bolidenbergsoe oy**

MUUNTOTIE 1 01510 VANTAA
Puh. 90-826 544 Telefax 90-822 141

Räbustid:

et saada kvaliteetset jooteõmblust, tuleb joodetavate detailide pinnad hoolikalt puhastada oksiididest, rasvast ja muust mustusest. Kuid isegi kõige hoolikamalt puhastatud pinnad ja joodis võivad jootmisel oksüdeeruda ning tekkinud oksiidikile takistab tugeva ja tiheda õmbluse saamist. Kvaliteetse jooteõmbluse saamiseks tuleb oksiidid joodise ja detaili pindadelt jooteprotsessis eemaldada. Selleks kasutatakse räbusteid. Jooteräbustiteks nimetatakse materjale, mis puhastavad jootmisel detailide ja joodiste pindu oksiididest ning mustusest. Nad parandavad ühendavate detailide pindade märgumist joodistega ja tagavad joodise tungimise nende vahelisse lõtku. Jooteräbustid peavad: aktiivselt puhastama ühendavate metallide pindu oksiididest nende lahustamise ja kergelt sulavate keemiliste ühendite tekitamise teel. Olema veidi madalama sulamistemperatuuriga kui joodis, aurumistemperatuur aga tunduvalt kõrgem jooteprotsessi temperatuurist. Olema võrdlemisi väikese tihedusega, et nad jootmisel tõuseksid metallipinnale ega jääks jooteliidesesse. Jootetemperatuuril olema vedeloolavad ja võimelised täitma täielikult lõtkud liites, tekitama oksüdeerimisvastase kaitsekihi kuumutatud metalli ja joodise kaitsmiseks. Olema peale jootmist kergesti eraldatavad. Nii nagu joodiseid liigitatakse ka räbusteid kahte gruppi: kergelt sulavate (pehme) joodistega jootmise räbustid ja raskelt sulavate (kõva) joodisega jootmise räbustid.

Kergelt sulavate joodistega jootmise räbustid jagatakse omakorda kolme gruppi: happelised, happeta ja aktiveeritud.

Happelised ehk aktiivsed räbustid, mis on koostatud klooriühendite baasil, lahustavad hästi oksiidikilesid detailidel ja kaitsevad nende pindu edasise oksüdeerimise eest jooteprotsessis. Sellesse rühma kuuluvad tsinkkloriid, amooniumkloriid ja mõned teised keemilised ühendid. Tsinkkloriidi baasil valmistatud räbusteid kasutatakse metallide jootmisel tina-, plii ja teiste suhteliselt kergesti sulavate plii või tinajoodistega. Elektri ja raadioaparatuuri jootmisel on happeliste räbustite kasutamine keelatud.

Happeta räbustid on koostatud kampoli ja teiste orgaaniliste ühendite baasil. Kampol on happeta räbustite sarnane aine, mida saadakse männivaigust. Kuumutamisel 125 °C kampol sulab. Sealjuures on ta võimeline lahustama oksiide, pärast tardumist jäävad räbusti jäägid ei tekita jootekohal korrosiooni, mistõttu räbusti jääke enamasti ei eemaldata.

Aktiveeritud räbustite koostises on peale kampoli aktivaatoreid, mis suurendavad kampolrübustite aktiivsust. Aktivaatoritena lisatakse väikestes kogustes hüdrasiini, aniliini, trietanoolamiini, salitsüüdhapet ja teisi. Aktiveeritud on samuti glütseriini baasil valmistatud räbustid tsinkkloriidi, hüdrasiini ja ammooniumkloriidi lisanditega.

Raskelt sulavate vask-, hõbe- ja teiste joodistega jootmisel on vaja aktiivseid räbusteid kõrge sulamistemperatuuriga. Nende räbustite peamiseks komponendiks on tavaliselt boorhape (H_3BO_3), booraks e. ammooniumkarbonaat ($Na_2B_4O_7$), diboortrioksiid (B_2O_3) ja mõned teised soolad. Raskelt sulavate joodistega jootmise räbustid liigitatakse kahte gruppi: joodistele jootetemperatuuriga 850-1100 °C ja joodistele temperatuuriga 600-850 °C.

Esimesse gruppi kuuluvad räbustid, mida kasutatakse vask-, vask-tsink- ja raskemini sulavate joodistega jootmiseks, st. et häid tulemusi annab booraksi ja boorhappe kasutamine räbustina-, terase, vase ja vasesulamite jootmisel joodistega mille sulamistemperatuur on üle 800 °C. Booraks on vedeloolav ja lahustab hästi paljude metallide eriti aga vase oksiide. Vähem aktiivseks räbustiks on boorhape. Kuumutamisel laguneb ta veeks ja diboortrioksiidiks, mis tekitab vask-, tsink-, raud- ja nikkeloksiididega kergelt lahustuvaid ühendeid. Kõige aktiivsem toime on boorhappel temperatuuril 900 °C ja üle selle. Booraksi

ja boorhappe alusel valmistatud rübustite aktiivsuse suurendamiseks lisatakse neile teisi komponente nt. kaltsiumfluoriid, naatrium fluoriid, kaalium fluoriid, liitium fluoriid jms.

Teise gruppi kuuluvad fluori baasil valmistatud rübustid. Fluoriühenduste kõrval on nende rübustite koostises boorhape, dibooritriksiid ja muud komponendid. Selle grupi rübusteid kasutatakse raskelt sulavate joodistega jootmisel, millel on suhteliselt madalam sulamistemperatuur. Selle grupi rübustid kaotavad oma aktiivsuse temperatuuril üle 850 °C, seetõttu võib neid kasutada roostekindlate ja konstruktsiooniterastele-, vase ja kuumuskindlate sulamite jootmistel hõbejoodistega, mille sulamistemperatuur on 550-850 °C. Alumiiniumi ja selle sulamite jootmisel peavad rübustid olema suurendatud aktiivsusega ja tihedate oksiidikilede purustamise võimega. Need rübustid koosnevad kloori soolade segust ning naatriumi, liitiumi ja fluori soolade lisanditest. Selle grupi rübustite jäägid tekitavad alumiiniumisulamitele tugevat korrosiooni, seepärast tuleb detailid peale jootmist hoolikalt pesta. Alumiiniumi jootmine hapnik-atsetüleeniga ei ole lubatud.

Kõvasulamplaate jootmisel soovitatakse booraksrübustit samuti aga ka booraksi ja boorhappe ning kaltsiumi-, naatriumi-, kaaliumi ja liitiumi fluorisoolade segu. Booraks ja boorhape on nimetatud rübustites baasiks, fluoriühendid on metallpindade oksiidikilede täiendavateks lahustajateks. Rübusti kantakse jootekohale pulbrina-, kondenseeritud vesilahusena- või pastana.

Soovitused joodise valikuks mitmesuguste metallide jootmisel gaasipõletiga

Põhimetall	Joodis							
	Tina-pliit	Vask	Vask-tsink	Vask-fosfor	Hõbe	nikkel	Alumiinium	Magneesium
Vask	S	E	S	S	S	E	E	E
Vasesulamid	S	E	L	S	S	E	E	E
Süsinik ja vähe legeeritud terased	S	S	L	E	S	L	E	E
Rooste- ja kuumuskindlad terased	S	S	S	L	S	L	E	E
Tööriistateras ja kõvasulamid	E	S	S	E	E	L	E	E
Hall ja tempermalm	L	S	S	E	S	E	E	E
Nikkel ja niklisulamid	L	S	S	E	L	L	E	E
Alumiinium ja selle sulamid	E	E	E	E	E	E	S	E
Magneesium ja magneesiumi sulamid	E	E	E	E	E	E	S	S
Hõbe ja hõbesulamid	L	L	S	L	S	L	E	E

TÄHISED: S-soovitatakse; E-ei soovitata; L-lubatakse.

Nb! Erinevatel jootemeetoditel kasutage vajadusel erinevaid joodiseid !

Jooteliidete defektid:

igasugused defektid jootesõlmuses nõrgestavad ühendust ja võivad viia selle kiirele purunemisele. Jooteliite põhedefektideks oleks: õmbluse väike tugevus, joodise ja liidetavate servade vahelise üleminekuümarduse

puudumine, räbupesad õmbluses, joodise vallid, õmbluse boorsus, praod õmbluses, põhimetalli läbipõlemine ja sulamine, nihkumised ja põikumised jooteõmbluses.

Õmbluse väike tugevus tekib peamiselt kahel põhjusel: joodise halval märgamisel ja halval lõtku langemisel. Metallipindade halb märgavus joodisega tekib jootetsooni puuduliku puhastamise tõttu, samuti aga ka räbusti nõrgast aktiivsusest ja ebapiisavast kogusest ning jooditava pinna ebapiisavast kuumutamisest. Halval märgamisel ei saa tugevat õmblust kuna joodis võtab kera kuju ja ei valgu laiali. Joodise halb laialivalguvus detailide pindade vahelisse lõtku toimub kas liiga väikese või liiga suure lõtku tõttu, samuti ka põikumise tõttu ühenduses. Sel juhul ei täitu lõtk joodisega täielikult ja jooteõmblus jääb nõrgaks. Joodise ja liidetavate servade vahelise üleminekuümarduse puudumine tekib joodise mittepiisava koguse ja liiga kõrge temperatuuri tõttu, samuti ka jootekoha liiga pikaajalise kuumutuse tõttu. Ümarduse puudumine vähendab ühenduse tugevust. Räbupesad esinevad jooteõmbluses sel juhul kui joodise sulamistemperatuur on madalam räbusti omast, samuti kui räbusti tihedus on suurem joodise tihedusest, mistõttu räbustit ei suruta lõtkust sulajoodisega välja. Õmblusesse jäänud räbusti halvendab õmbluse kvaliteeti kuna võib tekitada korrosiooni. Joodisevallid tekivad jootekohas joodetavate pindade puuduliku kuumenemise tõttu. Nad halvendavad samuti õmbluse kvaliteeti. Õmbluse poorsus on joodise ebapiisava koguse, kõrge kuumutustemperatuuri, joodise ja räbusti komponentide aurustumise ning gaaside eraldumise tulemuseks jooteprotsessis. Poorsus halvendab õmbluse kvaliteeti ja järelkult ka jooteõmbluse tugevust. Praod õmbluses võivad tekkida detailide nihkumisel joodise tardumise ajal, õmbluse järsul jahutamisel peale jootmist ja joodise kasutamisel, mille soojuspaisumistegur on tunduvalt erinev põhimetalli omast. Pragusi jooteliites ei lubata. Põhimetalli läbipõlemine ja sulamine tekib liiga kõrge kuumutustemperatuuri ja samuti eseme liiga kauaaegse kuumutamise tõttu. Nihked ja põikumised jooteõmbluses toimuvad detailide lohaka kinnitamise tõttu enne jootma asumist.

Ohutustehnika ja tuleohutus ning esmaabi.

Jootetöid lubatakse teostada vähemalt 18-aastastel töölistel, kes on läbinud erialase väljaõppe koos ohutusekirjade tundmise kontrollimisega. Tööle asumisel käiakse läbi arstlikust kontrollist. Töötajad kes töötavad suletud ruumis ja joodavad värvilisi metalle teevad igal aastal läbi arstliku kontrolli ühes kohustusliku röntgenlambivalgustuse ning vereanalüüsiga. Keevitajatele ja gaasilõikajatele on ette nähtud lisapuhkus **kuni 12** päeva. Keevitus ja jootetöödel võib tootmisruumide õhk saastuda tolmu ja kahjulike gaaside ning aurudega. Kahjulike ainete suurimad lubatavad konsentratsioonid töötsoonis on järgmised:

	Kontsentratsioon
Mürgitu tolm	10
Mürgit, kuid rohkem kui 70% SiO ₂ sisaldav tolm	1
Süsinikoksiid CO	20
Vääveldioksiid SO ₂	20
Lämmastikuoksiid	5
Tsingioksiidid	5
Vesinikufluoriid ja fluorhappesoolad	0,5
Mangaaniühendid	0,3

Töökeskonna keemiliste ohutegurite piirnormid on määratletud Vabariigi Valitsuse määrusega nr.293 (18.sept.2001a.) Värviliste metallide, messingi ja plii jootmisel/keevitamisel on soovitatav kanda respiraatorit.



Jootekolviga ja elektriliste jootetangidega töötamisel:

- 1)Jootetööde tegemiseks ettenähtud ruumil peab olema üldine ventilatsioon, mis kaitseb töötajaid jootmisel eralduvate kahjulike aurude ja gaaside eest.
- 2) Jootekolvi kuumenemisel tuleb silmas pidada üldisi tehase juhendis toodud kuumusallikatega ümberkäimise reegleid.
- 3)Elektrikolviga töötamisel tuleb rangelt jälgida elektritraumadest hoidumise reegleid. Tootmistingimustes ei tohi elektrijootekolvi toitevõrgu pinge olla üle 36V.

Jootelambiga ja gaasikeevitusega töötamisel:

- 1)Enne jootelambi süütamist tuleb kontrollida selle korrasolekut ning vajaduse korral kõrvaldada avastatud lekkimised.
- 2)Jootelampi peab kaitsma ülekuumenemise eest
- 3)Keelatud on süüdata jootelampi läbi põleti.
- 4)Tuletöid võib teostada ainult vastavat kirjalikku luba ja vastava koolituse läbinud isik.
- 5)Tuletööde kirjalikul loal peab olema ära märgitud: isik kellele luba on välja antud, isik kes vastutab tuleohutuse eest, isik kes on loa väljastanud, loa väljaandmise kuupäev ja kehtivusaeg, määratletud peab olema tuletööde teostamise koht ning luba peab olema tuletöid teostava isiku käes. (Nõudke kindlasti tuletööde teostamise kirjalikku luba kui objektil käivad tuletööd aga suitsetada ei lubata).
- 6)Keelatud on joota rõhu all olevaid seadmeid.
- 7)Vabas õhus jootmisel peab töökoht olema tuleohtlikest materjalidest vähemalt 10m eemal
- 8)Kanda spetsiaalseid tööriideid ja kaitsevahendeid jms.
- 9) Pliirikaste joodistega jootmisel eralduvad mürgised pliiaurud, kloorvesinik ja vingugaas. Alumiiniumi ja magneesiumi jootmisel kasutatavad räbustid sisaldavad aluseliste metallide fluori- ja kloorisooli mille aurud saastavad õhku ja tekitavad silma sarvkesta ja ülemiste hingamisteede põletikku. Silmade kipitamise korral loputage silmi külma veega ja pöörduge vajadusel arsti poole. Plii ja selle ühenditega mürgitumisel tekib suus metallimaitse ning keel muutub valkjaks. Pliimürgituse korral tehakse maoloputus 1%-lise inglise või glaubrisoola lahusega.



10) Esmaabi karp peab olema kergelt kättesaadavas kohas ja komplekteeritud.

11) Põletuse korral tuleb põletatud kohta puhastada piirituse või kaaliumpermanganaadiga jt. arstimatega

12) Mürgituse korral toimetada kannatanu värske õhu kätte. Mürgitumisel tekivad iiveldus, peavalu, peapööritus võib kaduda teadvus.

13) Vigastuste tekkimisel või mürgitusjuhtude ilmnemisel pöörduda koheselt arsti poole.

Siin on äratoodud ainult mõned, ohutustehnika ja tuleohutuse reeglid. Täpsemad ja põhjalikumad nõuded annab tööandja.

Järgides tuleohutust ja ohutustehnikat hoidute võimalikest õnnetustest ja saate ehk pensionifondidest rõõmu tunda !

Kasutatud kirjandus: I. Vinnikov JOOTETÖÖD

I. Borodin TORUSTIKE JA SANITAARTEHNILISTE SEADMETE MONTAAZ I. Sokolov GAAS-KEEVITUS

www.aga.ee

www.anapol.ee www.interflux.ee