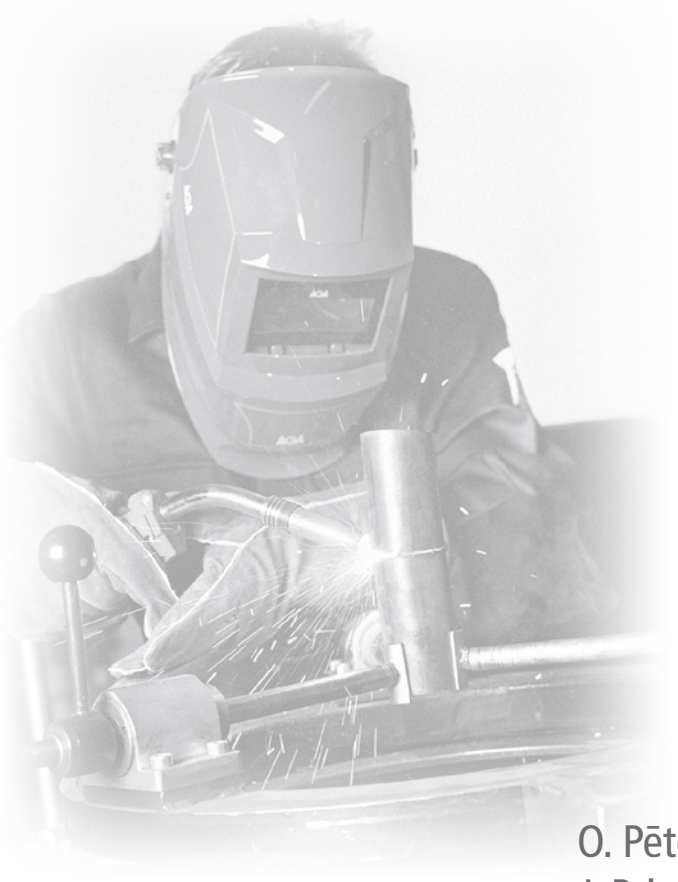


O. Pētersons
J. Priednieks

MIG/MAG METINĀŠANA

A Member of
The Linde Group
AGA

MIG/MAG metināšana. 2. izdevums
Rīga, 2010.
Ojārs Pētersons, Juris Priednieks
© AGA SIA

Visas autortiesības ir aizsargātas.
Tulkošana, kopēšana vai jebkāda veida pārpublikācija –
tikai ar AGA SIA rakstisku atļauju.

Dizains, datorsalikums un vāka noformējums –
Edgara Bataraga dizaina studija SIA
www.DrukasDizains.lv

Satura rādītājs

Priekšvārds 5

1. MIG/MAG metināšana 7

2. Metinātie savienojumi un šuves 10

3. Elektriskais loks 23

4. Metināšanas materiāli 31

5. MIG/MAG iekārtas 45

6. MIG / MAG metināšanas tehnoloģija 63

7. Metināšanas metalurģisko procesu pamati 71

8. Spriegumi un deformācijas 77

9. Neleģēto un mazleģēto tēraudu metināšana 82

10. Augstleģēto tēraudu metināšana 86

11. Alumīnija un tā sakausējumu metināšana 94

12. Metināmo savienojumu defekti un to labošana 100

13. Metināto savienojumu kvalitātes kontrole 105

14. MIG/MAG metinātāju sagatavošana 111

Izmantotā literatūra 122

Priekšvārds

MIG/MAG metināšana mūsdienās ir ļoti plaši pielietota metode. Tā kā tās izpildījums prasa nopietnu teorētisko zināšanu bāzi, tad mēs ar gandarījumu atbalstām iniciatīvu atkārtoti izdot grāmatu "MIG/MAG metināšana". Tās pirmais izdevums bija ļoti noderīgs mācību materiāls kvalificētu metinātāju sagatavošanā un pieprasīts jau profesionālu speciālistu vidū.

Šajā izdevumā ir atjaunota informācija par standartiem, iekārtām un materiāliem, kā arī uzlabots satura izklāsts.

Grāmata būs noderīgs palīgs arodskolu un metināšanas kursu audzēkņiem un ikvienam profesionālim, kam ir svarīgi būt izglītotam un kvalificētam sava darba darītājam. Tajā ir ietverti apraksti par materiāliem, procesa tehnoloģiju, mērījumiem un kvalitātes kontroli.

AGA uzņēmumam ir ļoti sena vēsture un zināšanas par aizsarggāzu pielietojumu un MIG/MAG metodi, tāpēc uzskatām, ka varam sniegt savu artavu tehnoloģiju labākā apguvē. Esam atbalstījuši arī grāmatas "TIG metināšana" tapšanu, kas iznāca pērnā gada pavasarī.

Vēlos uzsvērt, ka abu grāmatu autori ir pieredzējuši profesionāļi ar daudzu gadu pieredzi kā akadēmiskajā, tā arī praktiskajā darbā:

Ojārs Pētersons, Dr sc.ing., – pasniedzējs ar vairāk nekā 40 gadu pieredzi darbā Rīgas Tehniskajā universitātē, Latvijas Jūras akadēmijā, profesionālās kvalifikācijas kursos metālapstrādē Jelgavas reģionālajā Pieaugušo izglītības centrā. Ieguvis popularitāti savu audzēkņu vidū, jo prot pasniegt sarežģītas lietas vienkārši un saprotami. Konsultējis daudzus Latvijas uzņēmumus par metināšanas procesiem.

Juris Priednieks – sertificēts metināšanas inženieris – praktiķis, kurš ieguvis Eiropas Metināšanas federācijas un Starptautiskā metināšanas institūta sertifikātus (EWE Nr. LV – SLV–180069-1173-040612-013, IWE Nr. LV–SLV-18069-1173-040612-013-291IIW). Ikdienas darbā pārbauda un testē AGA klientu ražošanas procesus, konsultē un vada apmācības par drošību darbā ar gāzēm, uzņēmumu metināšanas procesu uzlabojumiem un efektivitātes paaugstināšanu.

Mēs ticam, ka šis ieguldījums veicinās speciālistu izaugsmi un sniegumu darbā dažāda profila uzņēmumos.

Olavs Ķiecis,
AGA SIA ģenerāldirektors

1. MIG/MAG metināšana

1. MIG/MAG metināšana

Pirmais patents metināšanā tika izdots 1885. gadā Lielbritānijā (N. Bernados un S. Olševskis), kaut arī metināšanas pirmsākumi meklējami daudz agrāk.

Mūsdienās metināšana ieņem ievērojamu vietu metālapstrādes procesā. Starp daudzajiem metināšanas veidiem pašlaik galveno vietu stabili ieņem metināšanas veidi, kuros metāla kausēšanai izmanto siltumu, ko izdala elektriskais loks.

Galvenie loka metināšanas veidi:

1) Rokas loka metināšana – MMA *(manual metal arc)*, procesa Nr. 111.

2a) Metināšana ar kompakto stiepli aizsarggāzu vidē – MIG/MAG *(metal inert gas / metal active gas)*, procesa Nr. 131/135.

2b) Metināšana ar pulverstiepli – ja lieto aktīvo gāzi (MAG), procesa Nr. 136, lieto inerto gāzi (MIG), procesa Nr. 137. Ja metina ar pašaizsargājošo pulverstiepli – procesa Nr. 114.

3) Metināšana ar volframa elektrodu aizsarggāzu vidē – TIG *(tungsten inert gas)*, procesa Nr. 141.

4) Metināšana zem kušņu kārtas – SAW *(submerged arc welding)*, procesa Nr. 121 – ar kompakto stiepli.
Nr. 125 – ar pulverstiepli.

Tieši MIG/MAG metināšana pēdējos 20 gados ir ļoti strauji attīstījusies, aizvietojot ražošanā MMA metināšanu.

Kāds tad ir MIG/MAG metināšanas princips un kādas ir šī metināšanas veida galvenās priekšrocības?

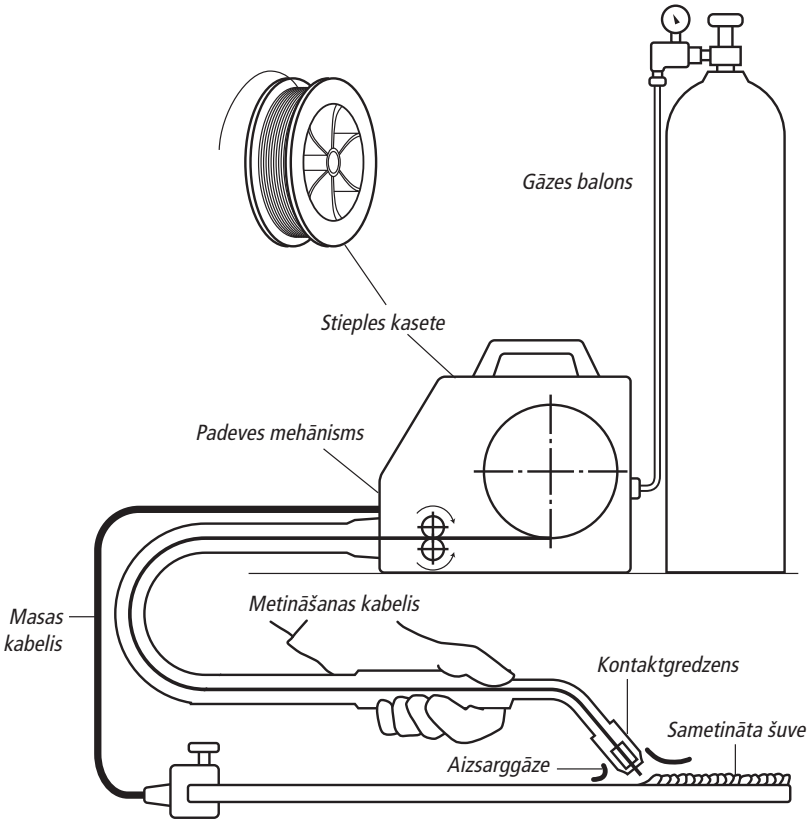
MIG/MAG procesā (1.1. zīm.) elektriskais loks deg starp stiepli, kuru mehāniski nepārtraukti padod loka zonā, un sametināmām detaļām. Izkausētā metāla aizsardzību no gaisa veic gāze, kuru tāpat nepārtraukti padod loka zonā. Par aizsarggāzēm izmanto ogļskābo gāzi, argonu, hēliju un gāzu maisījumus. Strāvu stieplei no barošanas avota pievada netālu no loka ar speciāla slīdkontakta palīdzību.

MIG/MAG procesam ir vairākas būtiskas priekšrocības, kas nosaka šīs metodes straujo izplatīšanos.

1. Strauji pieaug produktivitāte, jo sakarā ar strāvas pievadīšanu netālu no loka, ir iespējams būtiski palielināt strāvas blīvumu MMA ~ 25 A/mm^2; MIG/MAG ~ 100 A/mm^2.
2. Produktivitāte pieaug arī tāpēc, ka nav nepieciešams laiks elektrodu maiņai un sārņu notīrīšanai.
3. Iespējams metināt visus izplatītākos konstrukciju metālus visos telpas stāvokļos.
4. Paaugstinās šuves kvalitāte sakarā ar labāku šuves aizsardzību un procesa nepārtrauktību.
5. Metināšanas procesu var viegli kontrolēt un mehanizēt.

Tieši šo iemeslu dēļ MIG/MAG metināšana pašlaik ieņem galveno vietu starp dažādajiem metināšanas veidiem.

* Ja kā piedevu materiālu izmanto stiepli ar pulverpildījumu, procesa Nr. 136.



1.1. zīm. MIG/MAG procesa shēma

2. Metinātie savienojumi un šuves

2.1. Metināto savienojumu veidi.....11

2.2. Metinātās šuves 12

2.3. Metāla sagatavošana metināšanai 14

2.4. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos 19

2.1. Metināto savienojumu veidi

Metināto konstrukciju izgatavošanā lieto sadursavienojumus, T - veida savienojumus, pārlaidsavienojumus, leņķsavienojumus, iegriezuma savienojumus, kā arī punktsavienojumus un elektrokniežu savienojumus.

Sadursavienojums (2.1. zīm. a) ir visizplatītākais savienojuma veids. Šim savienojuma veidam ir vairākas priekšrocības – neierobežots lokšņu biezums, minimāls metāla patēriņš, vienmērīgs slodzes sadalījums materiālā, kas ļoti svarīgi dinamiskā slodzē, un atvieglota kvalitātes kontrole.

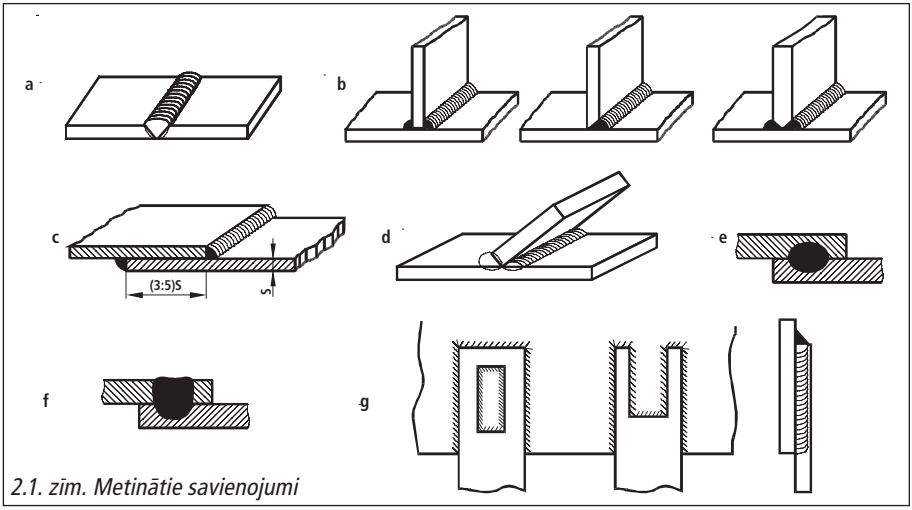
T - veida savienojumā (2.1. zīm. b) viena plāksne novietota perpendikulāri pret otru. Šo savienojuma veidu lieto siju, karkasu u.c. telpisku konstrukciju ražošanā.

metināšanas (nav nepieciešama malu apstrāde un izmēru neprecizitāti nosedz pārlaidums).

Leņķsavienojumā (2.1. zīm. d) metināmās loksnes novieto zem taisna vai cita leņķa. Šādus savienojumus lieto galvenokārt rezervuāru metināšanai, kas paredzēti nelielam gāzu vai šķidrumu spiedienam.

Punktsavienojumus (2.1. zīm. e) lieto kontaktmetināšanā. Ar punktmetināšanu var sametināt loksnes, kā arī dažāda veida armatūru un profilus celtniecības darbos.

Elektrokniežu savienojumus (2.1. zīm. f) lieto metināta savienojuma iegūšanai, kad šuvi nedrīkst izveidot savienojuma ārpusē. Augšējo loksni izurbj un urbumu aizkausē



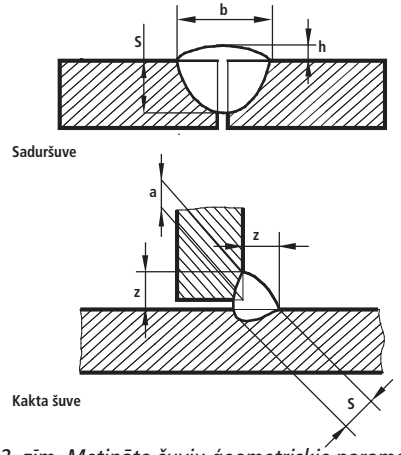
2.1. zīm. Metinātie savienojumi

Pārlaidumsavienojumā (2.1. zīm. c) metināmie elementi viens otru pārklāj. Pārlaidums rada pamatmetāla pārtēriņu, dinamiskā slodzē tā stiprība ir mazāka salīdzinājumā ar sadursavienojumu. Tomēr pārlaidumsavienojumi atvieglo detaļu sagatavošanu un salikšanu pirms

tā, lai metinājums skartu arī apakšējo loksni.

Iegriezuma savienojumus (2.1. zīm. g) lieto, ja normāla garuma pārlaidu šuve nenodrošina vajadzīgo izturību.

2.2. Metinātās šuves



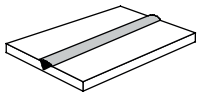
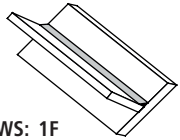
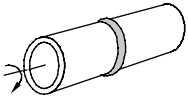
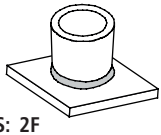
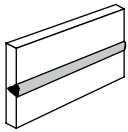
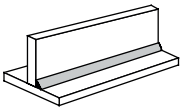
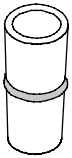
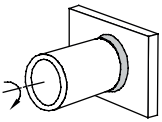
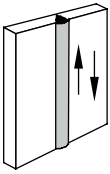
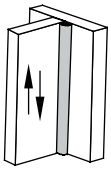
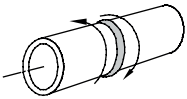
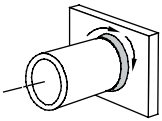
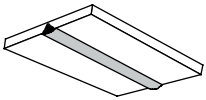
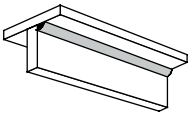
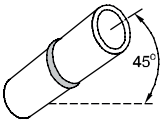
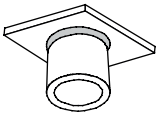
2.2. zīm. Metināto šuvju ģeometriskie parametri

Metinātās šuves pēc to ģeometriskās formas iedala saduršuvēs un kakta šuvēs (2.2. zīm.).

Saduršuves lieto sadursavienojumu izveidošanai, un tās raksturo platums **b**, pastiprinājums **q** un caurkausējums **s**. Kakta šuves lieto pārlaidsavienojumos, T - veida savienojumos un leņķsavienojumos, un tās raksturo katete vai biezums **a**.

Atkarībā no šuves stāvokļa telpā tās iedala apakšējās, horizontālās, vertikālās un virsgalvas šuvēs. Dažādi šuvju stāvokļi loksnēm un caurulēm un to apzīmējumi pēc **EN** un **AWS** parādīti 2.3. zīmējumā.

2.3. zīm. Metināto šuvju apzīmējumi pēc EN un AWS

Saduršuves loksnēm	Kaktu šuves loksnēm	Saduršuves caurulēm	Kaktu šuves caurulēm
 AWS: 1G EN: PA	 AWS: 1F EN: PA	 AWS: 1G EN: PA	 AWS: 2F EN: PA
 AWS: 2G EN: PC	 AWS: 2F EN: PB	 AWS: 2G EN: PC	 AWS: 2F EN: PB
 AWS: 3G EN: PG, PF	 AWS: 3F EN: PG, PF	 AWS: 5G EN: PG, PF	 AWS: 5F EN: PG, PF
 AWS: 4G EN: PE	 AWS: 4F EN: PD	 AWS: 6G EN: H-L045	 AWS: 4F EN: PD

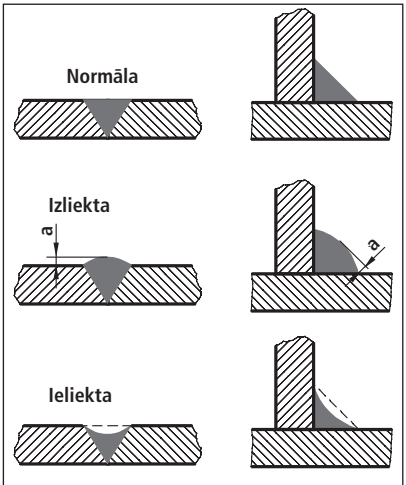
Šuves pēc ārējās virsmas formas var būt normālas, izliektas vai ieliektas (2.4. zīm.).

Saduršuves parasti mēdz būt normālas un izliektas. Metināti savienojumi ar izliektām šuvēm labāk iztur statisku slodzi. Tomēr šuves ar lielu izliekumu nav ekonomiskas, jo to izveidošanai izlietots daudz piedevu metāla.

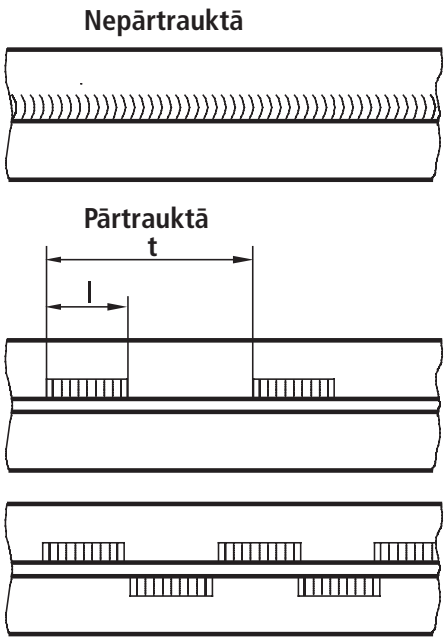
Kaktu šuves var būt arī ieliektas, jo tās labāk iztur dinamiskas slodzes. Tas izskaidrojams ar to, ka šīm šuvēm nav strauju pāreju no uzkausētā uz pamatmetālu.

Pēc garuma šuves iedala nepārtrauktās un pārtrauktās (2.5. zīm.).

Pārtrauktās šuves lieto, ja šuvei nav jābūt blīvai un pēc izturības aprēķina nepārtraukta šuve nav vajadzīga. Pārtrauktās šuves garums parasti ir 50 – 150 mm, attālums starp šuvēm t = 1,5 ÷ 2,5 reizes lielāks. Šo lielumu sauc par šuves soli.



2.4. zīm. Metināto šuvju forma



2.5. zīm. Nepārtrauktā un pārtrauktā šuve

2.3. Metāla sagatavošana metināšanai

Jebkurā gadījumā pirms metināšanas nepieciešams detaļas sagatavot metināšanai. Sagatavošana ietver sevī malu apgriešanu, noslīpināšanu, taisnošanu un tīrīšanu.

Malu apgriešanu pēc konkrētajiem izmēriem un noslīpināšanu veic atbilstoši rasējumā uzrādītajiem izmēriem ar kādu no mehāniskās vai termiskās griešanas paņēmieniem. Galvenie lokšņu sagatavošanas veidi ir: mehanizētā griešana ar skābekli, griešana ar plazmas strūklu un griešana ar lāzeru.

Malu noslīpināšanu sadursavienojumiem un T - veida savienojumiem veic atkarībā no plākšņu biezuma. Noslīpinājuma parametri (sprauga, slīpuma leņķi) atkarībā no plākšņu biezuma un metināšanas veida var mainīties.

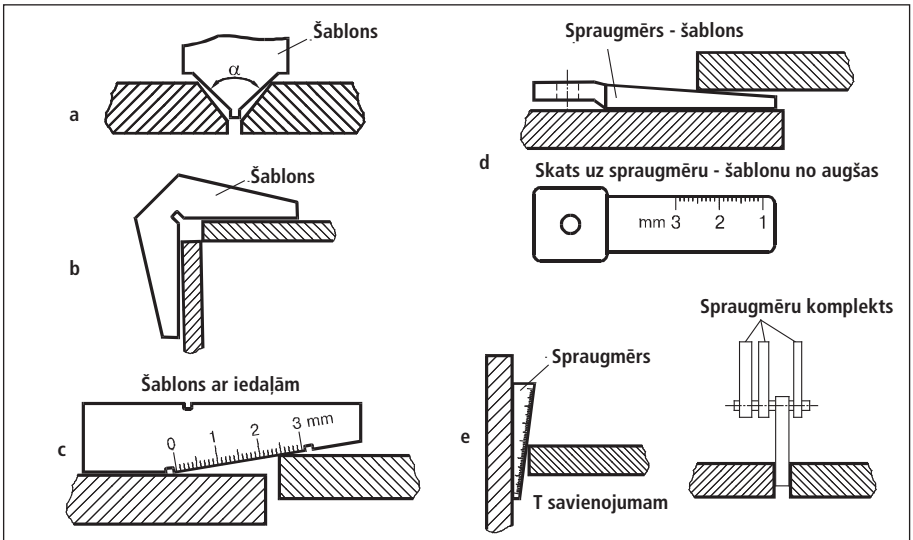
Eiropas standartā **LVS EN ISO 9692** ietverti malu sagatavošanas noteikumi tēraudu metināšanai aizsarggāzu vidē (tab. 1.).

Pēc lokšņu malu apgriešanas un noslīpināšanas loksnes jātaisno, lai metināmās malas atrastos paralēli viena otrai. Taisnošanu veic ar lielas jaudas presēm vai skrūvspīlēs (nelielām detaļām).

Metināmo detaļu malas jānotīra no rūsas, eļļas, krāsu traipiem un citiem netīrumiem, kas pazemina loka degšanas stabilitāti un rada poras izkausētā metālā.

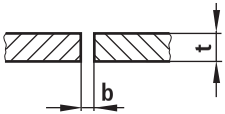
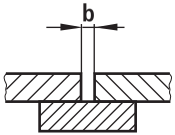
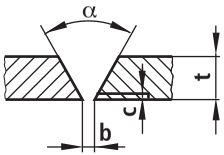
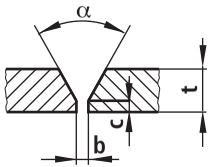
Metināmo detaļu salikšanas precizitāte atkarīga no metinātās konstrukcijas uzdevuma un metināšanas veida. Parasti pieļaujamās neprecizitātes detaļu salikšanā uzrāda rasējumā vai tehniskajos noteikumos.

Detaļu salikšanas precizitātes pārbaudei lieto šablonus, mērlineālus un spraugmērus. To lietošanas veidi parādīti 2.6. zīmējumā.

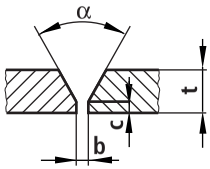
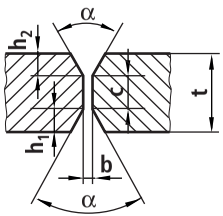


2.6. zīm. Salikšanas kvalitātes pārbaude

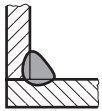
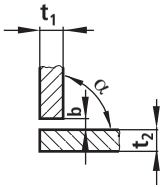
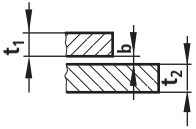
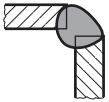
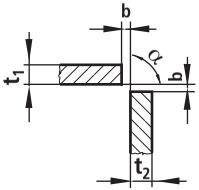
1. tabula. Vienpusēji metināto sadursavienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma			
Detaļas biezums *t*	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis α, β	Sprauga *b*	Nogriezummala *c*
t≤4	I - šuve – sadursavienojums bez malu noslīpinājuma			–	b≈t	–
3<t≤8				–	6≤b≤8	–
3<t≤10	V - šuve – sadursavienojums ar malu noslīpinājumu			40°≤α≤60°	b≤4	c≤2
5<t≤40	Y - šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu			α≈60°	1≤b≤4	2≤c≤4

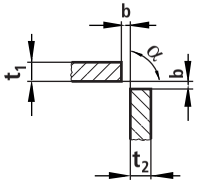
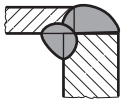
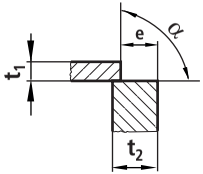
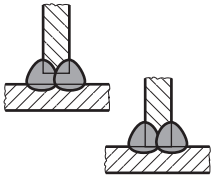
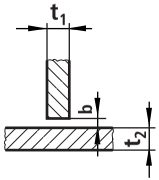
2. tabula. Divpusēji metināto sadursavienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma			
Detaļas biezums *t*	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis α, β	Sprauga *b*	Nogriezummala *c*
t>10	Y - šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu un ar aizmetināšanas apakšŝuvi			α≈60° 40°≤α≤60°	1≤b≤3	2≤c≤4
t>10	Divpusēja Y - šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu šuve			α≈60° 40°≤α≤60°	1≤b≤4	2≤c≤6

3. tabula. Vienpusēji metināto kaktu šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma		
Detaļas biezums *t*	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis α, β	Sprauga *b*
$t_1>2$ $t_2>2$	Kakta šuve T - veida savienojumā			70°≤α≤100°	b≤2
$t_1>2$ $t_2>2$	Kakta šuve pārlaidsavienojumā			–	b≤2
$t_1>2$ $t_2>2$	Kakta šuve stūra savienojumā			60°≤α≤120°	b≤2

4. tabula. Divpusēji metināto kaktu šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas

Šuve			Malu sagatavošanas forma		
Detaļas biezums *t*	Nosaukums	Attēls	Šķērsgriezums	Leņķis α, β	Sprauga *b*
$t_1>3$ $t_2>3$	Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (ar spraugu)			70°≤α≤110°	b≤2
$t_1>2$ $t_2>5$	Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (bez spraugas)		 $e_{min} = t_2-3$	60°≤α≤120°	–
$2\le t_1\le 4$ $2\le t_2\le 4$	Divpusēja kakta šuve T - veida savienojumā			–	b≤2
$t_1>2$ $t_2>2$				–	–

2.4. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos

Metinātās šuves rasējumos norāda ar pieņemtiem grafiskiem apzīmējumiem. Pēc Eiropas normām metinātās šuves apzīmē saskaņā ar **EN 22553**.

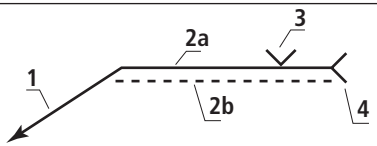
Saskaņā ar šo standartu šuves ir jānorāda atbilstoši tehnisko rasējumu vispārējiem noteikumiem. Simboliskajam apzīmējumam skaidri jānorāda viss, kas nepieciešams šuvēm, nepārslogojot rasējumu ar piezīmēm un papildu datiem (2.7. zīm.).

Simboli (3) veido tikai daļu no pilna attēla, kurš papildus pie simbola satur vēl bultas līniju (1), bāzes līniju, kura sastāv no divām paralēlām līnijām – nepārtrauktās (2a) un svītrlīnijas (2b), izmēru skaitļiem un citiem datiem.

Bāzes līnija galā tiek papildināta ar dakšu (4), ja tiek norādīts metināšanas process, piedevas materiāli u.c.

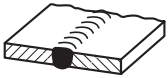
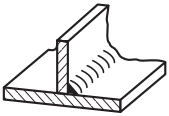
2.4.1. Pamatsimboli

Dažādu šuvju veidus apzīmē ar simboliem, kuri ir līdzīgi esošām šuvēm. Simbolam nav jārāda lietojamais metināšanas veids. Pamatsimbolu piemēri ir doti 5. tabulā. Tiek lietoti šādi simboli:



2.7. zīm. Metināto šuvju apzīmējums rasējumos:
1 – bultas līnija; 2a – bāzes līnija (nepārtrauktā); 2b – bāzes līnija (svītrlīnija); 3 – simbols; 4 – dakša

5. tabula. Metināto šuvju veidi un to pamatsimboli rasējumos

Nr. p.k.	Nosaukums	Attēls	Simbols
1.	I - šuve – sadursavienojuma bez malu noslīpinājuma šuve		
2.	V - šuve – sadursavienojuma ar malu noslīpinājumu šuve		
3.	Y - šuve – sadursavienojuma ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu šuve		
4.	Aizmetināšanas apakššuve		
5.	Kakta šuve		

2.4.2. Papildsimboli

Papildsimboli raksturo šuves virsmas formu vai pašu šuvi. Ja nav papildsimbola, tad tas nozīmē, ka šuves virsma vai pati šuve var būt jebkāda (6. tabula). 7. tabulā ir doti papildsimbolu lietošanas piemēri.

6. tabula. Papildsimboli

Šuves virsmas forma vai pati šuve	Simbols
a) plakana (parasti plakani apstrādāta)	
b) izliekta (pastiprināta)	
c) ieliekta (pavājināta)	
d) ar slaidu pāreju uz pamatmetālu	
e) ar paliekošu paliktni	M
f) ar pagaidu paliktni	MR

7. tabula. Papildsimbolu lietošanas piemēri

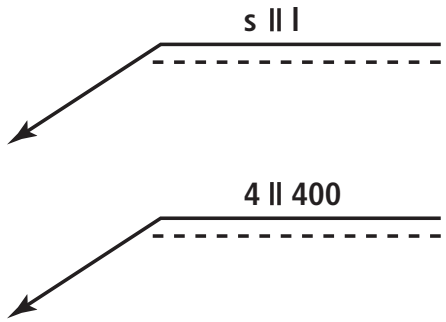
Nosaukums	Attēls	Simbols
Pavājināta plakana apstrādāta V - šuve		
Plakana pēc apstrādes V - šuve		
Y - šuve ar aizmetināšanas (no pretējās puses) šuvi		
Pavājināta (ieliekta) kaktu šuve		
Kaktu šuve ar slaidu (lēzenu) pāreju uz pamatmetālu		

2.4.3. Izmēru norādīšana

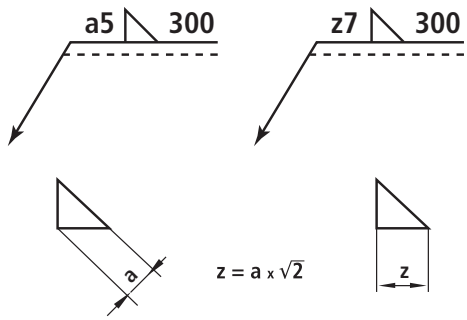
Katram simbolam ir jābūt ar noteiktu izmēru skaitli. Galvenā šķērsgriezuma izmērus norāda pirms simbola. Garuma izmērus liek aiz simbola, ja nepieciešams, norāda arī citus izmērus ar mazāk svarīgu nozīmi.

Izmērs, kurš nosaka attālumu no šuves līdz detaļas malai, netiek parādīts, jo tas ir parādīts rasējumā. Ja pie simbola šuves garums nav norādīts, tad tas nozīmē, ka šuve iet cauri visam detaļas garumam.

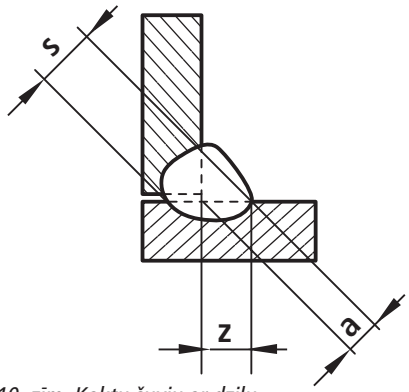
Kaktu šuvju izmēru norādīšanai ir divas metodes (2.9. zīm.). Tāpēc pirms attiecīgā izmēra ir norādīts burts **a** vai **z**. Kaktu šuvēm ar dziļu caurkausējumu šuves biezums **a** tiek norādīts kopā ar caurkausējuma dziļumu **s** (2.10. zīm.), piemēram, **s8a6**.



2.8. zīm. Piemērs izmēru uzlikšanai saduršuvei.
s – caurkausējuma dziļums (4); l – šuves garums (400)

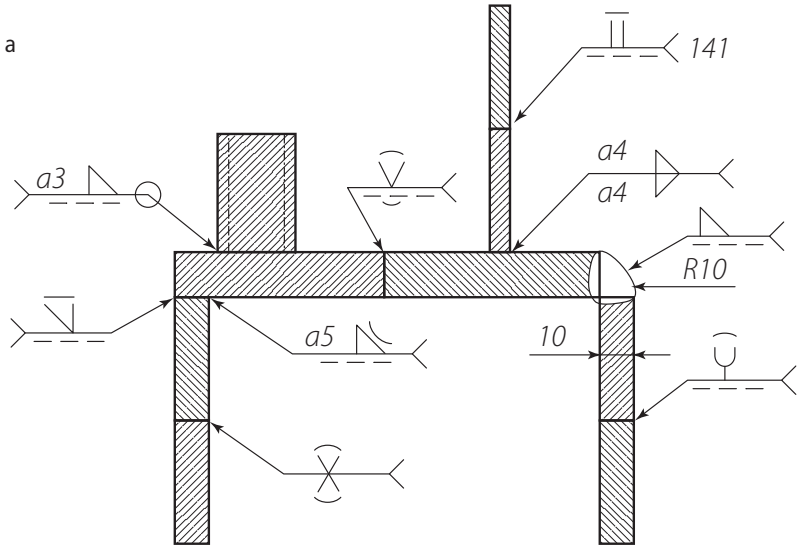


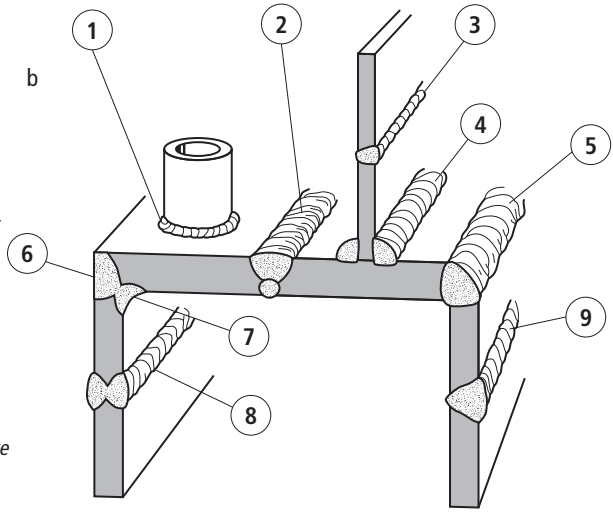
2.9. zīm. Kaktu šuvju norādīšanas veidi



2.10. zīm. Kaktu šuvju ar dziļu caurkausējumu norādīšanas veidi

2.4.4. Metināto šuvju apzīmējumu piemēri





Zīm. 2.11. Metināto šuvju apzīmējumi rasējumos (a) un izpildījums (b)

1. Kakta šuve pa noslēgtu kontūru (O)

2. Sadursavienojuma ar malu noslīpinājumu (V) šuve; ar aizmetināšanu no otras puses

3. Sadursavienojuma bez malu noslīpinājuma (II) šuve, veikta ar TIG metodi (141)

4. Kakta šuve, divpusēja ( )

5. Kakta šuve ar noteiktu noapaļojumu (R10)

6. Sadursavienojuma ar vienas malas noslīpinājumu ( ) šuve

7. Pavājināta (ieliekta) kaktu šuve

8. Divpusīgā V - šuve (X šuve)

9. Sadursavienojuma ar līklīniju malu noslīpinājumu ( ) šuve

3. Elektriskais loks

3. Elektriskais loks 24

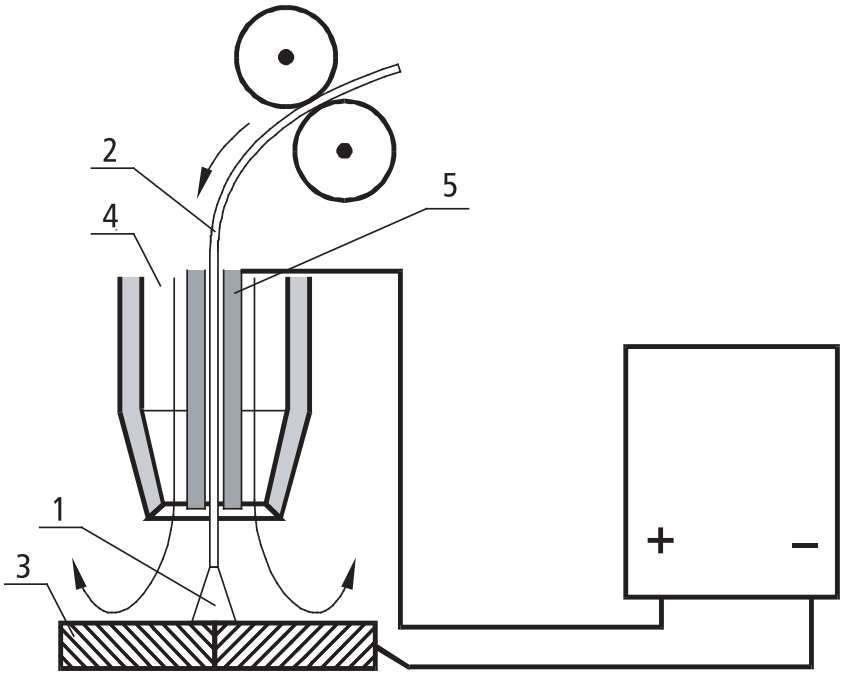
3.1 Elektriskā loka īpašības 25

3.2. Elektriskā loka veidi 27

3.3 Elektriskā loka veidi atkarībā no šķidrā metāla pārneses no elektroda uz detaļu 28

3. Elektriskais loks

Loka metināšanas veidos, lai nodrošinātu loka degšanu, nepieciešams barošanas avots, kas pieslēgts tīkla spriegumam. Elektriskais loks (1) deg starp stiepli (2) un detaļu (3), kas pievienoti barošanas avotam ar kabeļiem. Lai nodrošinātu stabilu loka degšanu, nepieciešams, lai barošanas avota parametri atbilstu loka īpašībām.



3.1. zīm. MIG/MAG procesa shēma

3.1. Elektriskā loka īpašības

Gaiss parastos apstākļos nevada elektrisko strāvu. Ja elektroda galu, kurš pieslēgts strāvas avota vienam polam, tuvina detaļai, kas pieslēgta strāvas avota otram polam, tad zināmā attālumā starp tiem pārlec dzirkstele. Ilgstošu, noturīgu elektriskā lādiņa izlādēšanos gāzu vidē starp diviem vadītājiem sauc par **elektrisko loku**.

Šis process raksturīgs ar augstu strāvas blīvumu un temperatūru. Strāva plūst starp diviem elektrodiem, kuri atrodas gāzu vidē un ir pievienoti elektriskās enerģijas avotam ar pietiekamu jaudu (N=IU). Elektrodus sauc par elektriskā loka poliem. Negatīvo polu sauc par **katodu**, bet pozitīvo polu par **anodu** (3.2. zīm.).

Elektriskā lauka ietekmē no katoda atraujas elektroni (E1; E2) un virzās uz anodu. Saduroties ar gāzu atomiem (A), elektroni izsit no to apvalkiem jaunus elektronus un turpina kustību uz anodu. Atomi, kas zaudējuši elektronus, kļūst par joniem (J) un sāk kustēties uz katodu. Atduroties pret katodu, tie izsit jaunus elektronus, tādējādi uzturot loka degšanu.

Vadītājos elektriskās strāvas nesēji ir brīvie elektroni. Gāzes molekulas parastos apstākļos ir elektriski neitrālas. Lai gāzes kļūtu par vadītāju, ir jānotiek **jonizācijai** – elektroniski neitrālu atomu vai molekulu pārvēršanās par joniem un brīviem elektroniem. Pozitīvie joni ir molekulas, kas zaudējušas elektronus, un negatīvie joni ir molekulas, kas ir pievienojušas elektronus.

Līdztekus jonizācijai notiek arī pretējais process – pozitīvie joni savienojas ar brīvajiem elektroniem, veidojot neitrālus atomus. Šo procesu sauc par **rekombināciju**.

Jonizācija un rekombinācija notiek ar lielu siltuma un gaismas daudzuma izdalīšanos. Enerģiju, kas nepieciešama, lai atrautu elektronus no atoma, sauc par **jonizācijas enerģiju** un mēra elektronvoltos (ev).

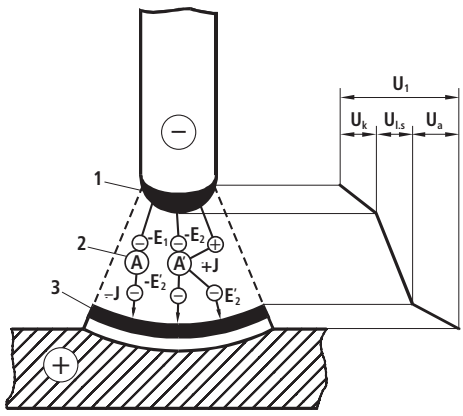
Jo mazāka jonizācijas enerģija, jo viegāk gāze jonizējas. Rezultātā – vieglāk aizdedzināt loku un tas deg stabilāk.

Lādēto daļiņu plūsmas enerģija lokā pārvēršas siltumā (Q).

$$Q = I.\ U.\ T. \quad / J /$$

Q – siltums **(J)**;
I – strāvas stiprums **(A)**;
U – loka spriegums **(V)**;
T – loka degšanas laiks **(s)**.
Līdzstrāvas lokā uz anoda izdalās 42 – 43% no kopējā siltuma daudzuma, uz katoda – 36 – 38%, pārējais – loka zonas centrā.

Temperatūra dažādās loka vietās ir atšķirīga. Pie katoda tā ir 2400°C ÷ 3200°C, pie anoda – 2600°C ÷ 3900°C. Loka zonas centrā temperatūra sasniedz 5000°C ÷ 7000°C.

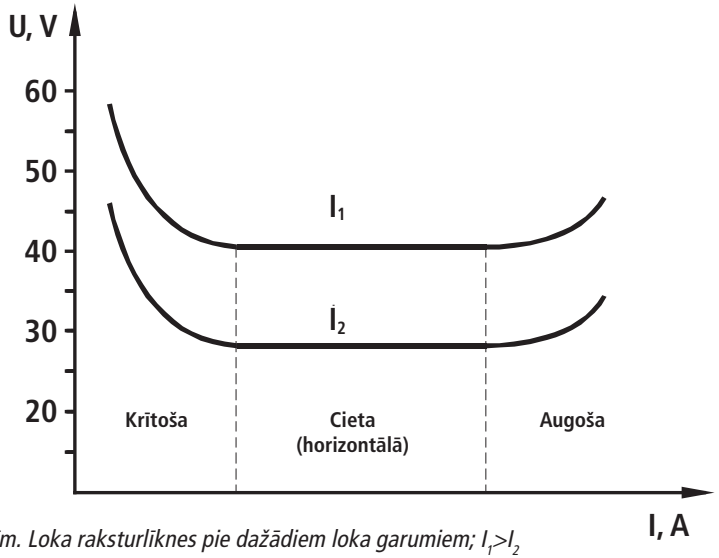


3.2. zīm. Tiešās polaritātes līdzstrāvas loks:
1 – katoda zona; 2 – loka stabs; 3 – anoda zona

3.1. Elektriskā loka īpašības

Ja detaļai pievienots pozitīvais pols (anods), tad tādu loku sauc par **tiešās polaritātes loku**, ja pozitīvais pols ir pievienots elektrodam, tad tādu loku sauc par **apgrieztās polaritātes loku**.

Kopējais sprieguma kritums lokā atkarībā no loka garuma un metināšanas veida ir 15 ÷ 45 V. Elektroloka raksturlīkne parāda sakritību starp šo sprieguma kritumu un strāvas stiprumu (3.3. zīm.).



3.3. zīm. Loka raksturlīknes pie dažādiem loka garumiem; $I_1 > I_2$

Ja strāvas stiprums ir mazs, lokam ir krītoša raksturlīkne. Pie vidējās strāvas spriegums nav atkarīgs no strāvas stipruma. Paaugstinot strāvas stiprumu, raksturlīkne kļūst augoša.

Metināšanā, mainot loka garumu, izmainās tā sprieguma kritums (pie garāka loka lielāks sprieguma kritums), bet sakarība paliek iepriekšējā.

Elektrodam kūstot, metāla pilieni nonāk šuvē. Pilienu pārvietošanā piedalās gravitācijas, virsmas spraiguma, elektromagnētiskie spēki, gāzu plūsma un iekšējo gāzu spiediens.

Gravitācijas spēks ir vēlams, metinot šuves apakšējā stāvoklī, bet nevēlams – griestu horizontālo un vertikālo šuvju metināšanā.

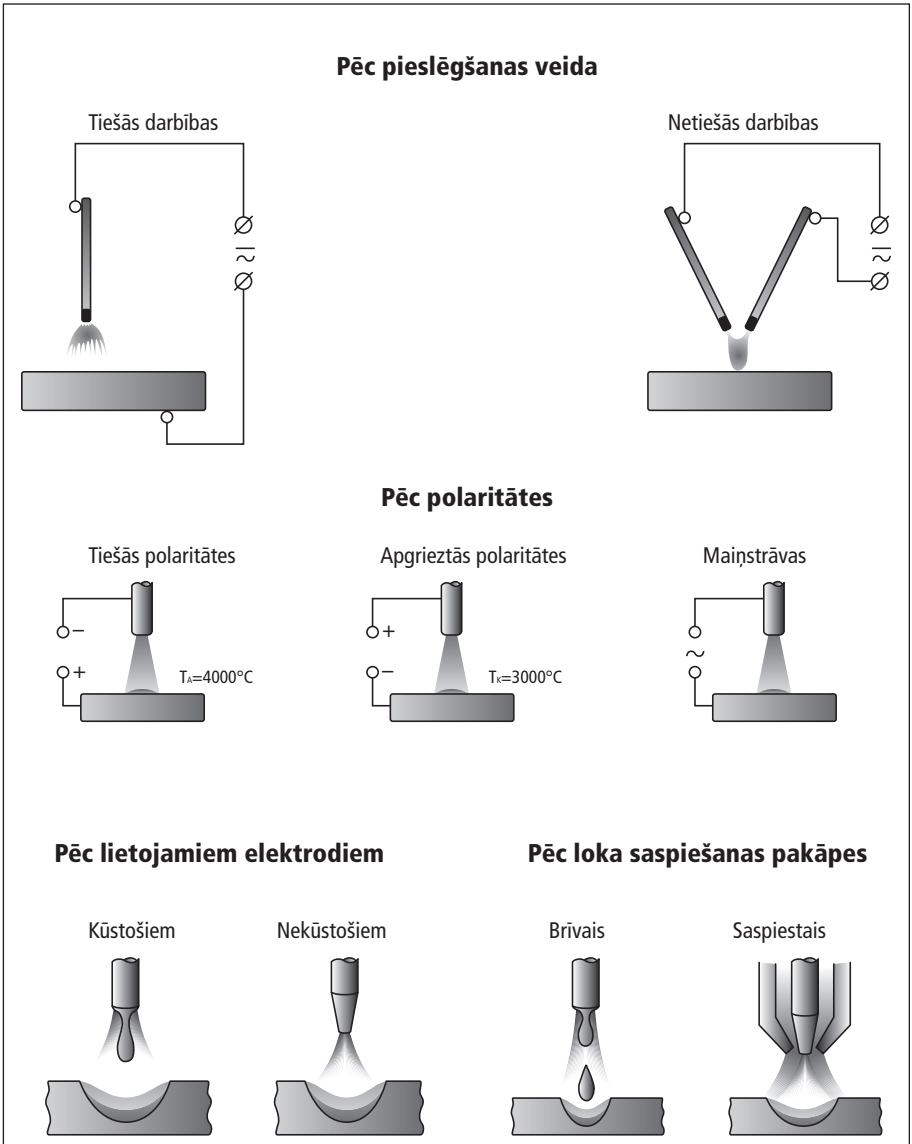
Virsmas spraiguma spēki piešķir pilieniem lodveida formu un satur to, aizkavējot metāla izšļakstīšanos.

Gāzu plūsma virza pilienu uz priekšu neatkarīgi no šuves stāvokļa telpā.

Strāva ap vadītāju rada magnētisko lauku. Elektromagnētiskie spēki virza pilienu uz priekšu, un tie ir galvenie piliena pārvietotāji.

Metāli satur izšķīdušas gāzes. Temperatūrai pieaugot, tās izplešas un cenšas no piliena izrauties, tādējādi gāzes pilienu sašķaida un veicina izšļakstīšanos.

3.2 Elektrisko loku klasifikācija



3.4. zīm. Elektrisko loku klasifikācija

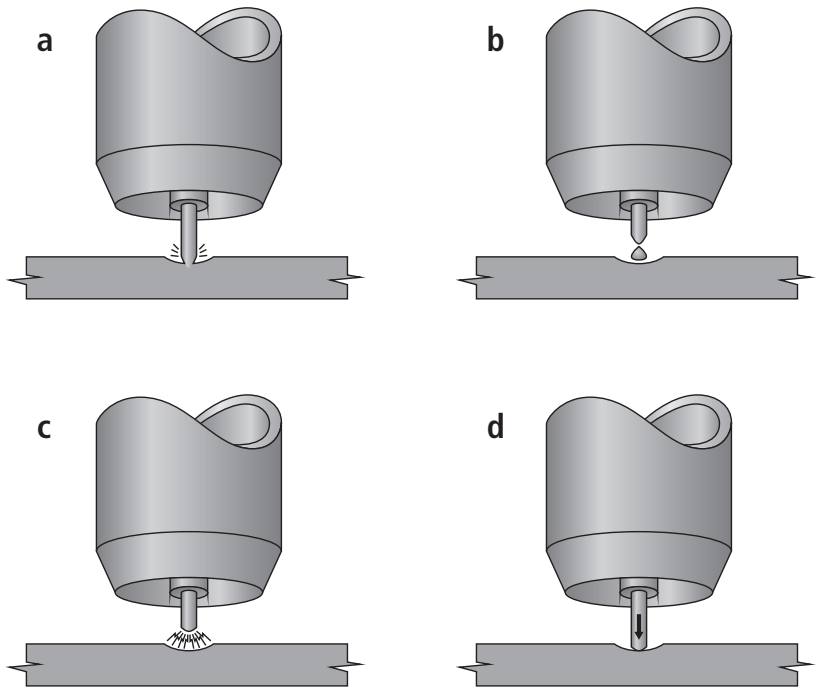
3.3. Loka veidi atkarībā no šķidrā metāla pārneses no elektroda uz detaļu

Atkarībā no izvēlētā sprieguma, strāvas, stieples padeves ātruma, stieples diametra un izvēlētās aizsarggāzes, kā arī droseles (induktivitātes regulators) stāvokļa, izkausētais metāls nonāk šuvē dažādā veidā.

Metāla pārnese, veidojot īsslēgumus, norit šādi (3.4. zīm.). Izkausētā metāla pilieni koncentrējas metāla elektroda galā un pieņem bumbierveida formu. Pēc tam piliena pamatnē izveidojas tievs kakliņš, kurā strāvas blīvums strauji palielinās, metāls sakarst, kakliņš kļūst tievāks, garāks, un beidzot pieskaras metināšanas vannai, uz mirkli savienojot metālu un elektrodu. Vienlaicīgi kakliņš pārtrūkst un piliens tvaiku un gāzu spiedienu ietekmē tiek sviests uz priekšu krātera virzienā. Tūlīt pēc tam loks aizdegas no jauna un piliena veidošanās process atkārtojas.

Sekundes laikā no elektroda uz pamatmetālu tiek pārnesti 20 – 50 aptuveni vienāda izmēra pilieni. Šādu metāla pārneses veidu ārzemju literatūrā sauc par īso loku *(short arc)*.

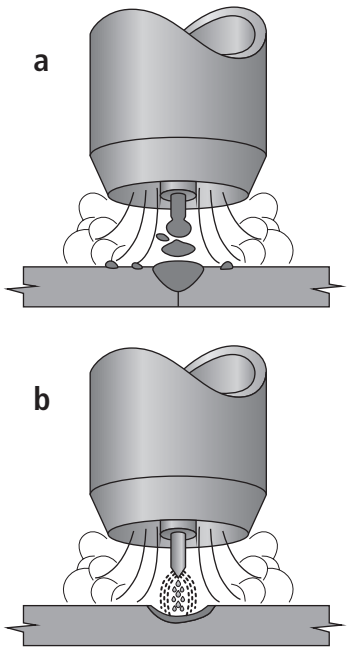
Izmainot loka degšanas apstākļus (strāva, spriegums, aizsarggāze u.c.), var panākt, ka šķidrais metāls pārvietojas uz detaļu atsevišķu pilienu veidā, kuri neveido īsslēgumu (3.5. zīm. a).



3.4. zīm. Metāla pārnese ar īsslēgumiem

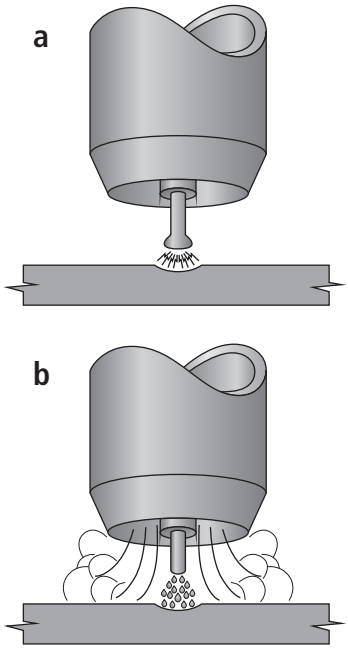
3.2. Loka veidi atkarībā no šķidrā metāla pārneses no elektroda uz detaļu

Metinot aizsarggāzu atmosfērā, var nodrošināt elektroda metāla pārnesi ar sīkiem pilieniem vai pat strūklu. Sīkie pilieni tiek pārnesti cits aiz cita, radot nepārtrauktas strūklas iespaidu.



3.5. zīm. Metāla pārnese pilienu veidā (a) un strūklas veidā (b)

Šādā lokā nav īssavienojumu, tādēļ tas ir ļoti stabils. Ārzemju literatūrā šādu loku sauc par izkliedēto loku *(spray arc)* (3.5. zīm. b).



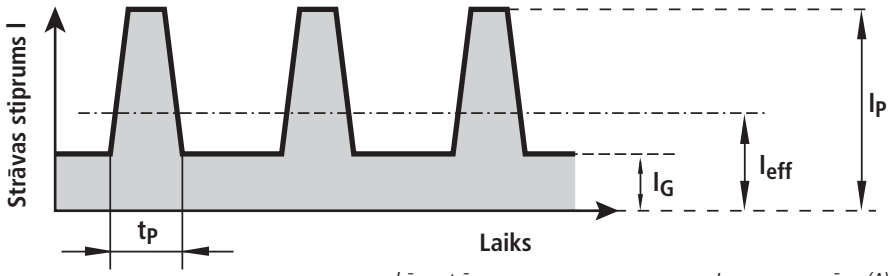
3.6. zīm. Metāla pārnese ar pulsējošo loku: a – stāvoklis pie pamatstrāvas; b – stāvoklis pie maksimālās strāvas

3.2. Loka veidi atkarībā no šķidrā metāla pārneses no elektroda uz detaļu

Invertora tipa loka barošanas avoti (skat. tālāk) ļauj metināšanas laikā mainīt strāvas stiprumu ar frekvenci no 60 līdz vairākiem simtiem. Tādu loku sauc par *pulsējošo loku (pulsed arc)*. Principā metāla pārnese, izmantojot pulsējošo loku, ir līdzīga pārnesei strūklas veidā.

Pie bāzes strāvas deg loks un kūst stieple, taču pārnese uz pamatmetālu nenotiek. Impulsa laikā palielinās šķidrā metāla piliena tilpums un piliena metāls tiek pārnests uz pamatmetālu strūklas veidā.

Šāda veida loks ļauj metināt bez īsslēgumiem un šļakatām pie nelielas loka jaudas, kas svarīgi plānu lokšņu metināšanā, turklāt ļauj kontrolēt šķidrā metāla vannu, kas atvieglo metināšanu vertikālā un virsgalvas pozīcijās. Katra impulsa jaudu un ilgumu var precīzi regulēt.



bāzes strāva	I_G	*ampēros (A)*
impulsa strāva	I_P	*ampēros (A)*
impulsa ilgums	t_P	*milisekundēs (ms)*
impulsa frekvence (impulsi sekundē)	f	*hercos (Hz)*
efektīvais strāvas stiprums	I_{eff}	*ampēros (A)*

3.7. zīm. Pulsējošā loka princips

4. Metināšanas materiāli

4.1. Metināšanas stieples 30

4.2. Aizsarggāzes 34

4.1. Metināšanas stieples

Ar nosaukumu stieple parasti saprot kompakto (monolīto) stiepli un stiepli ar pulverveida pildījumu (pulverstiepli).

4.1.1. Kompaktas stieples

Šīs stieples MIG/MAG metināšanai izgatavo ar dažādiem diametriem (0,6 : 2,4 mm) un dažādu ķīmisko sastāvu. Tērauda stieples virsma parasti pārklāta ar plānu kapara kārtiņu, kas pasargā stiepli no rūsēšanas glabāšanas laikā un atvieglo strāvas pievadīšanu stieplei. Stiepli patērētājiem piegādā noteikta izmēra kasetēs.

Katrai stieples partijai jābūt pievienotam sertifikātam, kurā norādīts konkrētās stieples ķīmiskais sastāvs.

Kompaktās stieples neleģēto un smalkgraudaino tēraudu MIG/MAG lokmetināšanai aizsargāzu vidē klasificē pēc **LVS EN ISO 14341:2008**. Saskaņā ar šo standartu stiepli apzīmē šādi:

A.

ISO 14341-A-G 46 5 M G3Si1
vai
ISO 14341-A-G G3Si1

Šīs stieples tiek klasificētās pēc sametinātās šuves tecēšanas robežas un stigrības 47 J.
G – kompakta stieple metināšanai aizsarggāzēs;
46 – sametinātās šuves garantētā tecēšanas robeža 46 kg/mm^2;

Apzīmējums	Tecēšanas robeža, N/mm^2	Stiprības robeža, N/mm^2	Relatīvais pagarinājums, %
35	355	440÷570	22
38	380	470÷600	20
42	420	500÷640	20
46	460	530÷680	20
50	500	560÷720	18

5 – sametinātās šuves garantētā stigrība, 47 J pie – 50°C;

Apzīmējums	Stigrība 47 J pie temperatūras
Z	–
A	+20°C
0	0°C
2	-20°C
3	-30°C
4	-40°C
5	-50°C
6	-60°C
7	-70°C
8	-80°C
9	-90°C
10	-100°C

M – lietojamais aizsarggāzu maisījums pēc **LVS EN ISO 14175**;

G3Si1 – stieples ķīmiskais sastāvs (C=0,06–0,14%, Si=0,7–1,0%, Mn=1,3–1,8%).

B.

ISO 14341-B-G 49A 6 M 63
vai
ISO 14341-B-G3

Šīs stieples tiek klasificētās pēc sametinātās šuves stiprības robežas un stigrības 27 J.

Pēdējā laikā tiek piedāvāta jauna stieple ar kaparu nesaturošu pārklājumu *Aristorod*. Šai stieplei pēc ESAB datiem ir sekojošas priekšrocības: augstāks pieļaujamais strāvas stiprums, stabilāks loks, mazāk šļakatu, kapara daļiņu nesaturoši dūmi un labāka šuves kvalitāte (nav kapara ieslēgumu).

Speciāla ražošanas tehnoloģija garantē *Aristorod* stieplei homogēnu virsmas struktūru, kas kopā ar speciālu ziedi nodrošina drošu stieples padevi un strāvas pievadu. Ziede pasargā *Aristorod* no korozijas pie ilgstošas uzglabāšanas.

Kompaktās stieples nerūsējošo un karstumizturīgo tēraudu lokmetināšanai klasificē pēc LVS EN ISO 14343:2007. Saskaņā ar šo standartu stieples apzīmē šādi:

A.

ISO 14343–A–G 19 12 3 L Si

G – kompakta stieple metināšanai aizsarggāzēs;

19 12 3 L Si – produkta ķīmiskā sastāva apzīmējums.

Šīs stieples var tikt klasificētas arī pēc sakausējuma tipa:

B.

ISO 14343–B–SS 316 L Si

SS – produkta simbols – stieple nerūsējošo tēraudu metināšanai aizsarggāzēs;

316 L Si – produkta ķīmiskais sastāvs.

4.1.2. Stieples ar pulverveida pildījumu

Šīs stieples izgatavo no lentes, to saliecot un piepildot ar speciāli sagatavotu pulverveida masu. (4.1. zīm.).

Pildījums metināšanas procesā daļēji pilda tās pašas funkcijas, ko elektrodu pārklājs MMA metināšanā, t.i.:

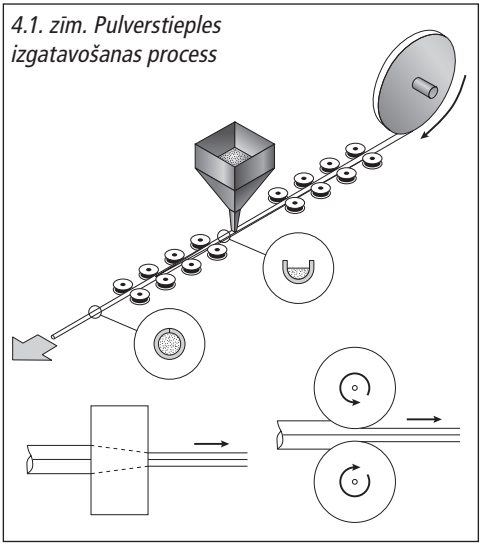
- veido gāzes, kas aizsargā izkausēto metālu no apkārtējā gaisa iedarbības;
- veido sārņus, kas aizsargā šķidrā metāla vannu;
- veic šuves metāla leģēšanu.

Pēc ķīmiskā sastāva izšķir trīs veidu pildījumus: rutila, bāzisko un metāla pulvera pildījumus.

Rutila tipa pildījums nodrošina metāla pārnesi ar strūklu, mazu izšļakstīšanos un rutila – bāziskā tipa sārņus kas pilnībā noslēdz metināšanas vannu. Var lietot PA un PB pozīcijās.

P tipa stieples līdzīgas rutila tipam, bet rada ātri sacietējošus sārņus, kas ļauj tās izmantot visās pozīcijās.

4.1. zīm. Pulverstieples izgatavošanas process



Bāziskā tipa pildījums nodrošina augstas šuves mehāniskās īpašības un labu pretošanos pret plaisu veidošanos. Metināt ar šo pildījumu ir grūtāk, iespējams tikai apakšējā un horizontālā stāvoklī. Pārējām pozīcijām nepieciešams lietot pulsējošo loku.

Metāla pulvera pildījumā nav sārņu veidojošo elementu, vienīgi metāla pulveris. Tas dod lielāku produktivitāti. Loks ir stabils un metāla izšļakstīšanās neliela. Šīs stieples parasti izmanto mehanizētā un robotizētā metināšanā. Var metināt PA un PB pozīcijās, pārējām pozīcijām nepieciešams pulsējošais loks.

Pulverstieples neleģēto un sīkgraudaino tēraudu lokmetināšanai, ar vai bez aizsarggāzes, klasificē pēc **LVS EN ISO 17632:2008**. Saskaņā ar šo standarta stiepli apzīmē šādi:

A.

ISO 17632-A-T46 3 INi B M 1 H5
vai
ISO 17632-A-T46 3 INi B M

Šīs stieples tiek klasificētās pēc sametinātās šuves tecēšanas robežas un stigrības 47 J. kur

T – stieple ar pulverpildījumu;

46 – sametinātās šuves garantētā tecēšanas robeža 46 kg/mm^2 (pilnu atšifrējumu skat. sadaļā Kompaktās stieples);

3 – sametinātās šuves garantētā stigrība, 47 J pie -30°C (pilnu atšifrējumu skat. sadaļā Kompaktās stieples);

1Ni – ķīmiskais sastāvs (pilnu atšifrējumu skat. sadaļā Kompaktās stieples);

B – pildījuma tips;

Simbols	Raksturojums	Aizsarggāze
R	Rutila, lēni kristalizējošies sārņi	Nepieciešama
P	Rutila, ātri kristalizējošies sārņi	Nepieciešama
B	Bāziskais	Nepieciešama
M	Metāla pulveris	Nepieciešama
V	Rutila vai bāziskais	Nav nepieciešama
W	Bāziskais, lēna kristalizācija	Nav nepieciešama
Y	Bāziskais, ātra kristalizācija	Nav nepieciešama
Z	Pārējie tipi	

M – lietojamā aizsarggāze pēc **LVS EN ISO 14175**;

4 – metināšanas stāvokļi telpā;

Simbols	Metināšanas pozīcijas
1	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG
2	PA, PB, PC, PD, PE, PF
3	PA, PB
4	PA
5	PA, PB, PG

H5 – maksimālais ūdeņraža daudzums šuvē.

Simbols	Ūdeņraža daudzums ml/100g
H5	5
H10	10
H15	15

Pulverstieples rada labvēlīgus apstākļus kvalitatīvas šuves veidošanai (papildu aizsardzība, leģēšana) un paaugstina produktivitāti.

Pulverstieples nerūsējošo un karstumizturīgo tēraudu lokmetināšanai klasificē pēc LVS EN ISO 17633:2008.

4.1.3. Pašaizsargājošās stieples

Ja pildījuma sastāvā ievada elementus, kuri pilnībā aizsargā izkausēto metālu no apkārtējā gaisa iedarbības, tad tādu stiepli sauc par pašaizsargājošo, un aizsarggāzes plūsma nav nepieciešama (pēc LVS EN ISO 17632:2008 – V, W, Y tipa stieples).

Pašaizsargājošo stiepļu izmantošana ir ļoti izdevīga montāžas apstākļos, jo nav nepieciešams pārvietot gāzes balonus.

Plašāku šo stiepļu pielietošanu konstrukciju metināšanā ierobežo stieples salīdzinoši augstā cena, kas neatsver aizsarggāzu izmaksas.

Svarīgi: visos gadījumos sametinātās šuves mehānisko īpašību komplekss ir atkarīgs no izmantotās stieples un aizsarggāzes. Mainot aizsarggāzi, pie tās pašas stieples tiks iegūta šuve ar atšķirīgām mehāniskām īpašībām un ķīmisko sastāvu.

4.1.4. MIG/MAG metināšanā lietojamās stieples

A. Kompaktās stieples

Marka un izgatavotājs	Apzīmējums	Šuves mehāniskās īpašības			
		Re N/mm²	Rm N/mm²	A_5 %	KCV J
a) neleģēto un mazleģēto tēraudu metināšanai					
1. Carbofil 1 *Oerlikon*	G 46M G3Si1	>420	500- 640	>22	>47 (-200°C)
2. OK autrod 12.50 *ESAB*	G3Si1	470	570	25	80 (-20°C)
3. Elgamatic 100 *Elga*	G 46 2 M G3Si1	460	560	25	55 (-20°C)
4. Geka SG1	G2Si1	460	550	24	47 (-40°C)
5. Weko 4	G4Si1	515	600	26	88 (+20°C)
b) augstleģēto tēraudu metināšanai					
1. Interfil 19.9 *Oerlikon*		>350	570-670	>30	>65
2. OK. Autrod 16.32 *ESAB*		440	620	37	100 (-60°C)
3. Cromamig 316Lsi *Elga*		400	600	40	120 (-20°C)
4. Fil 316L *Selectarc industries*		>400	>560	>35	40 (-120°C)
c) stieples ar pulverpildījumu					
1. Fluxofil 11 *Oerlikon*	T 42 ARC 3 H5	>410	510-600	>22	>55 (+20°C)
2. Megafil 321 R	T 50 6 1Ni PM 1	500	700	22	32 (-60°C)
d) pašaizsargājošās stieples					
1. E71T-8 *ESAB*		457	552	29	43 (-40°C)
2. E71T-8 *UNITOR*		550	635	27	45 (-30°C)

4.2. Aizsarggāzes

4.2.1. Atsevišķu aizsarggāzu elementu raksturojums

Argons (Ar)
Zemes atmosfērā argons (0,934%) ir izplatītākā cēlgāze. Tā ir vienatoma gāze bez krāsas un smaržas. Argons ir aptuveni 1,4 reizes smagāks par gaisu. Argonu iegūst šķidra gaisa frakcionēšanas procesā. Argonu galvenokārt lieto inertas atmosfēras radīšanai dažādos ķīmiskos, metalurģiskos un metināšanas procesos.

Hēlijs (He)
Hēlijs pēc ūdeņraža ir kosmosā visvairāk izplatītais elements. Tas arī ir vienatoma gāze bez krāsas un smaržas. Hēlijs ir nākamā vieglākā gāze aiz ūdeņraža un ir septiņas reizes vieglāka par gaisu un 10 reižu vieglāka par argonu. Hēliju iegūst no dabasgāzēm, tās sašķidrinot un atdalot piemaisījumus.

Ūdeņradis (H_2)
Ūdeņradis ir visizplatītākais elements kosmosā. Tas veido aptuveni 50% no saules un citu zvaigžņu masas, kā arī ietilpst Visuma gāzu un miglāju sastāvā. Ūdeņradis ietilpst ūdens, daudzu minerālu un iežu, naftas, akmeņogļu, dabasgāzu, visu dzīvo organismu, kā arī mākslīgo un sintētisko organisko vielu sastāvā.

Ūdeņradis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tā ir visvieglākā gāze – 14,5 reizes vieglāka par gaisu, slikti šķīst ūdenī, bet labi šķīst metālos.

Slāpeklis (N_2)
Stabilu divatomu molekulu N_2 veidā slāpeklis atrodas gaisā (78,08%). Slāpeklis ir visu augu un dzīvnieku olbaltumvielu sastāvdaļa, tas atrodams arī akmeņoglēs un kūdrā.

Slāpeklis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tas ir nedaudz vieglāks par gaisu, slikti šķīst ūdenī. Slāpeklis parastos apstākļos ir ķīmiski neaktīvs.

4.2. zīm. Aizsarggāzu klasifikācija

Ogleķļa dioksīds (CO_2)
Ogļekļa dioksīds ir trīsatomu gāze, bez krāsas, tā ir pusotras reizes smagāka par gaisu. Ogleķļa dioksīds nav indīgs, bet tam ir slāpējošas īpašības. Ja CO_2 tilpumdaļa gaisā palielinās līdz 3%, strauji pasliktinās pašsajūta, bet, ja ieelpojamais gaiss satur 10% CO_2, iestājas bezsamaņa un nāve. Rūpniecībā CO_2 iegūst spirta rūgšanas procesā, kā arī termiski sadalot kaļķakmeni un dolomītu.

Skābeklis (O_2)
Skābeklis dabā ir izplatītākais elements. Diskābekļa O_2 veidā tas atrodas atmosfērā un hidrosfērā, bet savienojumos ar citiem elementiem ietilpst iežu, ūdens, daudzu minerālu, kā arī organisko savienojumu sastāvā, no kuriem veidota visa dzīvā daba. Parastos apstākļos skābeklis ir bezkrāsaina gāze bez smaržas. Tīrs skābeklis ir nedaudz smagāks par gaisu, tas slikti šķīst ūdenī.

Skābeklis O_2 ir ķīmiski aktīva viela, tas ir spēcīgs oksidētājs.

Gāzes un to īpašības

Nosaukums	Simbols	Blīvums (kg/m3) 1.013 bar,150°C	Molekulsvars
Ūdeņradis	H_2	0,083	2
Hēlijs	He	0,169	4
Slāpeklis	N_2	1,160	28
Argons	Ar	1,690	40
Ogļekļa dioksīds	CO_2	1,870	44
Skābeklis	O_2	1,430	32

4.2.2. Aizsarggāzu atsevišķu komponentu ietekme uz metināšanas procesu

Metināšanas process ir ietekmējams dažādos veidos, arī ar aizsarggāzu izvēli. Katram atsevišķam metinājuma veidam, procesam un metāla specifikai pielieto atbilstošu gāzu sastāvu.

Tas nozīmē, ka gāzes un to maisījumi jāizvēlas tā, lai metināšanas laikā tiktu sasniegti optimālie kvalitātes rādītāji (caurmetinājums, metināšanas ātrums, laidena šuves pāreja uz pamatmateriālu, šuves gludums utt.). Tas ir būtiski.

Gāzu fizikālās īpašības iespaido metāla pārneses veidus, metāla pilienu spraiguma spēkus, caurmetinājuma dziļumu un formu, metināšanas ātrumu, loka aizdedzināšanu un stabilitāti. Kombinējot gāzu maisījumus ar augstu jonizācijas enerģiju (He) un zemu jonizācijas enerģiju (Ar), sekmējas elektriskā loka stabilizācija un aizdedzināšana.

Gāze	Disociācijas enerģija (eV/molekula)	Jonizācijas enerģija (eV/molekula)
H_2	4,5	13,6
O_2	5,1	13,6
CO_2	4,3	14,4
N_2	9,8	14,5
He		24,6
Ar		15,8
Kr		14,0

Inertām gāzēm, pievienojot aktīvās gāzu sastāvdaļas, CO_2, NO vai O_2, stabilizējas elektriskais loks, kas savukārt var uzlabot metinājuma gala rezultātu. Turklāt gāzu molekulu disociācijas un rekombinācijas process uzlabo siltuma pārnesi uz pamatmetālu.

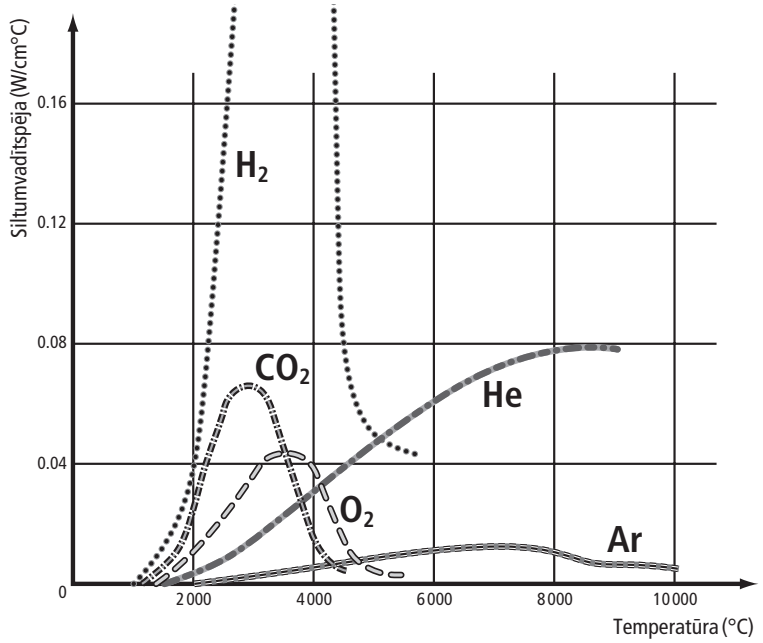
Aizsarggāzu siltuma vadītspēja (4.3. zīm.) ietekmē metinājuma ģeometrisko formu, metināšanas vanniņas temperatūru, degazāciju un metināšanas ātrumu. Piemēram, metināšanas ātrums būtiski pieaug, ja:

- MIG procesā aizsarggāzei pievieno hēliju (He);
- TIG procesā alumīnija metināšanā aizsarggāzei pievieno hēliju (He);
- TIG procesā, metinot nerūsējošo tēraudu, aizsarggāzei pievieno ūdeņradi (H_2).

Gāzu ķīmiskās īpašības ietekmē metalurģiskās pārvērtības un šuves virsmas kvalitāti. Piemēram:

- **oksidējošās** gāzes – skābeklis (O_2) un oglekļa dioksīds (CO_2), veicina sakausējuma elementu izdegšanu un šķidrā metāla plūstamību metināšanas vanniņā;
- **reducējošās** gāzes – ūdeņradis (H_2) saista skābekli un no oksīdiem izdala metālu;
- **inertās** gāzes – argons (Ar) un hēlijs (He) nereaģē ar metālu.

4.3. zīm. Aizsarggāzu siltuma vadītspēja



4.2.3. Aizsarggāzu darbība un būtība

Aizsarggāzu pamatfunkcija ir aizsargāt stieples elektrodu, elektrisko loku un metināšanas vanniņu no apkārtējā gaisa ietekmes. Ja gaiss nonāk saskarsmē ar izkausēto vai karsto metālu, gaisā esošais skābeklis oksidē metālu, slāpeklis var būt par galveno iemeslu šuves trauslumam, bet mitrums ir galvenais iemesls šuves porainībai. Rezultātā tiek veicināts oksidācijas process, veidojas poras, samazinās metinātās šuves stiprība, tiek ietekmēta elektriskā loka stabilitāte.

Aizsarggāzes ietekmi MIG/MAG procesos var sagrupēt sekojoši:

- **ietekme uz vidi** – dūmu un putekļu emisija daudzējādā ziņā ir atkarīga no aizsarggāzes veida;
- **aizsardzība** – izkausētā metāla aizsardzība no apkārtējā gaisa un vides;
- **materiāla pārnese** – tās veidu nosaka aizsarggāzes tips. Aizsarggāze ietekmē šļakatu daudzumu un to izmērus;
- **loka stabilitāte** – aizsarggāze vistiešākā veidā ietekmē loka stabilitāti;
- **metināšanas ātrums** – kvalitatīva un pareizi izvēlēta gāze dod iespēju palielināt metināšanas ātrumu;
- **šuves kvalitāte** – aizsarggāze ietekmē šļakatu daudzumu un izmērus. Piemēram, CO_2 vai argona maisījumi;
- **mehāniskās īpašības** – aizsarggāze ietekmē leģējošo materiālu izdedzināšanu, šuves mehāniskās īpašības un ģeometriju.

Galvenie aspekti, ko metināšanas procesā ietekmē aizsarggāze, ir: metināmā materiāla pārnese (pilienu vai strūklas), šuves veidošana, caurmetinājuma dziļums un metināšanas ātrums. Gala rezultāts ir darba ražība un metināšanas izmaksas.

Ir ļoti svarīgi, lai kvalitatīva un tehniskajiem noteikumiem atbilstoša aizsarggāze tiktu pareizi novadīta no gāzu balona līdz metināmajam detaļu savienojumam.

Faktori, kas to ietekmē:

- gāzu tīrība, kas tiek garantēta no piegādātāja puses;
- sūces un plaisas šļūtenēs un savienojumos;
- difūzija caur šļūteņu sieniņām (novecojušas šļūtenes);
- sūce metināšanas uzgalī, kas tiek dzesēts ar ūdeni;
- pārāk maza aizsarggāzes plūsma;
- pārāk liela aizsarggāzes plūsma (turbolentā plūsma);
- caurvējš;
- aizsērējusi gāzes padeves sprausla.

Ja metināšanas iekārta nav lietota ilgāku laiku, ir jāizpūš reduktors un šļūtenes.

Iegaumē: katrai metālu grupai lieto piemērotu aizsarggāzi.

Alumīnija **MIG** metināšanā izmanto argonu vai hēliju, vai šo gāzu maisījumu. Tīru argonu nevar lietot tērauda metināšanā tāpēc, ka loks kļūst pārāk nestabils.

1) 100% Ar

2) 70% Ar + 30% He

Mazoglekļa tērauda un mazleģētiem tēraudiem **MAG** metināšanai lieto argona maisījumus ar oglekļa dioksīda (5 ÷ 25%) vai argona un skābekļa (5 ÷ 10%) maisījumu.

Var lietot arī tīru oglekļa dioksīda aizsarggāzi. Priekšrocība ir tajā, ka šī aizsarggāze ir lētāka nekā argona gāzu maisījumi, bet tai ir arī virkne trūkumu: metināšanas ātrums mazāks (nav iespējams iegūt metāla strūklveida pārnesi), metināšanas parametri ir grūtāk kontrolējami un metināšanas procesā rodas daudz vairāk dūmgāzu un metāla šļakatu. Gala rezultātā sametinātās šuves metra pašizmaksa CO_2 vidē ir daudz lielāka nekā argona gāzu maisījumiem.

Loka veids	Ieteicamais maisījums
Īsais loks	Ar + 15 ÷ 25% CO_2
Garais loks	Ar + 5 ÷ 20% CO_2
Pulsējošais loks	Ar + max 15% CO_2

1) 75% Ar +25% CO_2

2) 80% Ar +20% CO_2

3) 82% Ar +18% CO_2

4) 92% Ar +8% CO_2

5) 60% Ar +10% CO_2 + 30% He

Nerūsējošo tēraudu MIG/MAG metināšanā tiek izmantoti argona gāzu maisījumi ar mazu oglekļa dioksīdu piedevu (2 – 4%) vai argona un skābekļa maisījumi (1 – 2%). Skābekļa līmenis virs 2% un oglekļa dioksīda līmenis virs 4% palielina oksidāciju (jo lielāka oksidācija, jo lielāka iespēja, ka sametinātā šuvē veidosies korozija).

Augsti leģētiem nerūsējošajiem tēraudiem *(super duplekss, super austenīts)* vai uz niķeļa bāzes kausējumiem tīrs argons ir akceptējams, kaut gan nav ideāls. Šie augsti leģētie materiāli ir ļoti jutīgi pret skābekļa ietekmi, standarta gāzu maisījumi nerūsējošajiem materiāliem var izraisīt metinātās šuves virsmas oksidāciju. Lai izvairītos no oksidācijas un stabilizētu elektrisko loku, argonam pievieno 0,05 CO_2.

4.2. Aizsarggāzes

Lai palielinātu produktivitāti (metināšanas ātrumu) un metinājumu kvalitāti, argona maisījumiem pievieno hēliju. Kā vienmēr aizsarggāzes ar augstu hēlija saturu virs 75% dod mazāk stabilu loku.

1) 98% Ar + 2% CO_2

2) 98% Ar + 2% O_2

3) 68% Ar + 30% He + 2% CO_2

4) 67,95% Ar + 30% He + 0,05% CO_2

Visu aizsarggāzu maisījumi pēc to iedarbības uz metālu metināšanas procesā (oksidējošās, reducējošās, inertās) tiek iedalītas grupās pēc LVS EN ISO 14175 standarta.

Procesu gāzu klasifikācija kausēšanas metināšanai un radniecīgiem procesiem

LVS EN 14175		Komponenti, procentos pēc tilpuma					
Simbols		Oksidējoša		Inerta		Reducējoša	Maz aktīva
Galvenā grupa	Apakš grupa	CO_2	O_2	Ar	He	H_2	N_2
I	1			100			
	2				100		
	3			līdzsvarā	$0,5 \le He \le 95$		
M1	1	$0,5 \le CO_2 \le 5$		līdzsvarā*		$0,5 \le H_2 \le 5$	
	2	$0,5 \le CO_2 \le 5$		līdzsvarā*			
	3		$0,5 \le O_2 \le 3$	līdzsvarā*			
	4	$0,5 \le CO_2 \le 5$	$0,5 \le O_2 \le 3$	līdzsvarā*			
M2	0	$5 < CO_2 \le 15$		līdzsvarā*			
	1	$15 < CO_2 \le 25$		līdzsvarā*			
	2		$3 < O_2 \le 10$	līdzsvarā*			
	3	$0,5 \le CO_2 \le 5$	$3 < O_2 \le 10$	līdzsvarā*			
	4	$5 < CO_2 \le 15$	$0,5 \le O_2 \le 3$	līdzsvarā*			
	5	$5 < CO_2 \le 15$	$3 < O_2 \le 10$	līdzsvarā*			
	6	$15 < CO_2 \le 25$	$0,5 \le O_2 \le 3$	līdzsvarā*			
	7	$15 < CO_2 \le 25$	$3 < O_2 \le 10$	līdzsvarā*			
M3	1	$25 < CO_2 \le 50$		līdzsvarā*			
	2		$10 < O_2 \le 15$	līdzsvarā*			
	3	$25 < CO_2 \le 50$	$2 < O_2 \le 10$	līdzsvarā*			
	4	$15 < CO_2 \le 25$	$10 < O_2 \le 15$	līdzsvarā*			
	5	$25 < CO_2 \le 50$	$10 < O_2 \le 15$	līdzsvarā*			
C	1	100					
	2	līdzsvarā	$0,5 \le O_2 \le 30$				
R	1			līdzsvarā*		$0,5 \le H_2 \le 15$	
	2			līdzsvarā*		$15 < H_2 \le 50$	
N	1						100
	2			līdzsvarā*			$0,5 \le N_2 \le 5$
	3			līdzsvarā*			$5 < N_2 \le 50$
	4			līdzsvarā*		$0,5 \le H_2 \le 10$	$0,5 \le N_2 \le 5$
	5					$0,5 \le H_2 \le 50$	līdzsvarā
O	1		100				
Z	Gāzu maisījumi, kuru sastāvā ir gāzes, kas nav minētas tabulā, vai arī gāzu maisījumi, kuru proporcijas aršķiras no tabulā norādītajām						

*argons var tikt daļēji vai pilnībā aizvietots ar hēliju.

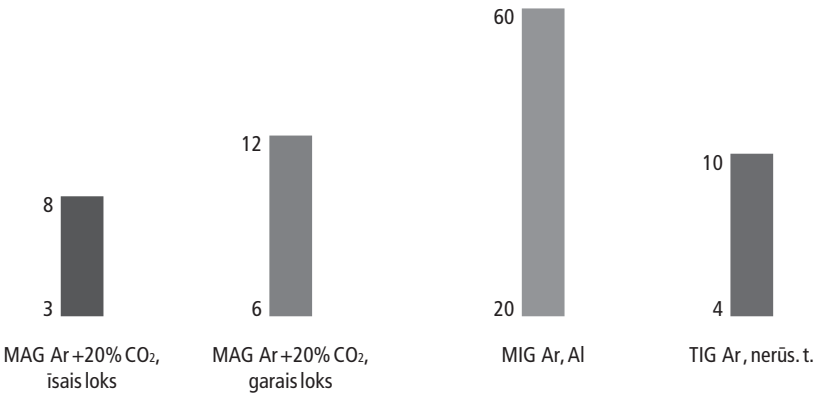
4.2.4. MISON® aizsarggāzes

Metināšanas procesā rodas apkārtējas vides piesārņojums un neveselīgi darba apstākļi metinātājiem. Galvenie piesārņojuma veidi ir putekļi, dūmi un kaitīgās vielas. Viena no toksiskākajām gāzēm ir ozons O_3.

Dabā ozona emisija notiek zibens ietekmē, bet rūpniecībā spēcīgu ozona emisiju rada elektriskais loks. Zināšanai: atmosfēras apakšējos slāņos emitētais ozons nekādā veidā nepapildina ozona slāni atmosfērā, jo tas ir nestabils savienojums, kas ilgākā laika posmā sadalās.

Sadzīvē jēdziens ozons bieži vien asociējas ar tīru gaisu mežos un atpūtas vietās. Nelielās devās saskaņā ar ārstēšanas metodēm ozons darbojas kā dezinficējošs līdzeklis, bet devās, kas pārsniedz maksimāli noteikto robežu, tas kļūst par vienu no nevēlamākajām gāzēm. Ozons jau zemā koncentrācijā ir toksiska un kairinoša gāze. Paaugstināta ozona deva ilgstošā laika posmā cilvēkam rada ievērojamu kaitējumu veselībai. Tā graujošā ietekme izskaidrojama ar ozona ļoti augsto ķīmisko aktivitāti.

Gāze	Ķīmiskā formula	Maksimāli pieļaujamā koncentrācija (ppm)
Ozons	O_3	0,1
Slāpekļa dioksīds	NO_2	3
Slāpekļa monoksīds	NO	30
Tvana gāze	CO	35



4.4. zīm. Ozona emisija MIG/MAG metināšanā (ppm) (maks. 0,1 ppm)
** - 1 ppm = 1 miljonā daļa*

4.2. Aizsarggāzes

Vislielākā ozona emisija notiek aptuveni 15 cm no metināšanas loka. Cilvēks ozona koncentrāciju gaisā ar ožas palīdzību sāk just no 0,004 – 0,015 ppm.

Ozons var izraisīt:

- elpceļu iekaisumus;
- sausuma sajūtu mutē;
- acu asarošanu;
- biežas nepārejošas galvassāpes;
- biežu saaukstēšanos;
- sāpes krūtīs un sirds rajonā;
- pastāvīgu nogurumu;

(pēc Rīgas Stradiņa universitātes, Higiēnas un arodslimību laboratorijas datiem)

Daudzas dzīvās radības: kaķi, kāmji, peles un žurkas, atrodoties 2 stundas vidē, kur ir 4 ppm ozona deva, iet bojā.

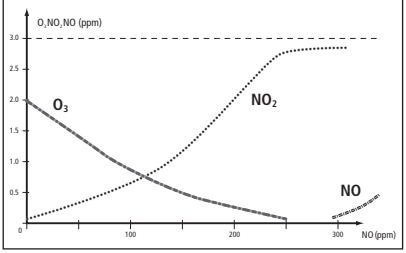
Ir divu veidu gaisa piesārņojuma novēršanas metodes – **pasīvā** un **aktīvā**. Pasīvā ir ventilācija, t.i., ozons tiek pārvietots no vienas vietas uz citu, nenovēršot tā graujošo ietekmi. Palielinot gaisa vilkmi, lai nodrošinātu metināšanas procesu, jāpalielina aizsarggāzu plūsma, kas savukārt palielina produkcijas pašizmaksu. Aktīvā jeb ķīmiskā metode nodrošina strauju ozona līmeņa samazināšanu zem maksimāli pieļaujamās normas. AGA attīstīja aktīvo metodi, izstrādājot jauno aizsarggāzu grupu MISON®.

$$O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$$

MISON® aizsarggāzēm NO piedeva aktīvi piesaista ozona lieko atomu, pārvēršot ozonu mazāk toksiskā savienojumā NO_2, turklāt nepārsniedzot pieļaujamo normu 3 ppm NO_2.

Daudzu valstu institūcijas, tādas kā Vācijas *BAM*, Austrijas *SZA*, Lielbritānijas *TWI*, Dānijas *FORCE*, Norvēģijas *SINTEF*, Francijas Souduras institūts, Holandes *TNO*, Zviedrijas Veselības departaments, ir akceptējušas MISON® tehnoloģiju, kura tagad tiek plaši pielietota Latvijā.

4.5. zīm. MISON® darbības būtība



MISON®25	- Ar + 25% CO_2 + 0,03% NO
MISON®18	- Ar + 18% CO_2 + 0,03% NO
MISON®8	- Ar + 8% CO_2 + 0,03% NO
MISON®Ar	- Ar + 0,03% NO

4.2. Aizsarggāzes

Izstrādājot metināšanas procedūru specifikācijas (*WPS*), saskaņā ar LVS EN ISO 15609-1 standarta prasībām, jānorāda sekojoša informācija un parametri:
1. Aizsarggāzes apzīmējums saskaņā ar LVS EN ISO 14175.
2. Aizsarggāzes sastāvs.
3. Aizsarggāzes ražotājs.
4. Aizsarggāzes nosaukums.
5. Aizsarggāzes plūsma.
6. Degļa uzgaļa diametrs.

Tabulā apkopotas aizsarggāzes dažādu materiālu MIG/MAG metināšanai un šuves saknes aizsardzībai, kā arī cita nepieciešamā informācija metināšanas procesa specifikācijas sastādīšanai:

Ražotājs	**Gāzes nosaukums**	**Apzīmējums saskaņā ar LVS EN ISO 14175**	**Komponenti, procentos pēc tilpuma %**						
			Oksidē-joša		Inerta		Redu-cējoša	Maz aktīva	Spe-ciāla
			CO_2	O_2	Ar	He	H_2	N_2	NO
AGA	MISON Ar	LVS EN ISO 14175-Z-Ar+NO-0,03			līdzsvarā				0,03
AGA	MISON 2	LVS EN ISO 14175-Z-ArC+NO-2/0,03	2		līdzsvarā				0,03
AGA	MISON 2 He	LVS EN ISO 14175-Z-ArHeC+NO-30/2/0,03	2		līdzsvarā	30			0,03
AGA	MISON 8	LVS EN ISO 14175-Z-ArC+NO-8/0,03	8		līdzsvarā				0,03
AGA	MISON 18	LVS EN ISO 14175-Z-ArC+NO-18/0,03	18		līdzsvarā				0,03
AGA	MISON 25	LVS EN ISO 14175-Z-ArC+NO-25/0,03	25		līdzsvarā				0,03
AGA	MISON He30	LVS EN ISO 14175-Z-ArHe+NO-30/0,03			līdzsvarā	30			0,03
AGA	CORGON 3	LVS EN ISO 14175-M23-ArCO-5/5	5	5	līdzsvarā				
AGA	CORGON 4	LVS EN ISO 14175-M14-ArHeCO-4/2/3	2	3	līdzsvarā	4			
AGA	CORGON 8	LVS EN ISO 14175-M20-ArC-8	8		līdzsvarā				
AGA	CORGON 18	LVS EN ISO 14175-M21-ArC-18	18		līdzsvarā				
AGA	AGA MIX 20	LVS EN ISO 14175-M21-ArC-20	20		līdzsvarā				
AGA	VARIGON He 50	LVS EN ISO 14175-I3-ArHe-50			līdzsvarā	50			
AGA	VARIGON He 70	LVS EN ISO 14175-I3-ArHe-70			līdzsvarā	70			
AGA	FORMIER 10	LVS EN ISO 14175-N5-NH-10					10	līdzsvarā	
AGA	Argons	LVS EN ISO 14175-I1-Ar			100				
AGA	Oglekļa dioksīds	LVS EN ISO 14175-C1-C	100						

AGA aizsarggāzu tabula

● Ieteicamā ▲ Alternatīva ■ Iespējami papildus ieguvumi

Process	Materiāls	MISON® AR	MISON® HE30	MISON® 2	MISON® 2HE	MISON® 8	MISON® 18	MISON® 25	ARGONS	ARGONS 4.8	VARIGON® HE50	VARIGON® HE70	CRONIGON®S2	CRONIGON®HE	CORGON®3	CORGON®8	CORGON®18	AGA MIX® 20	CORGON®25	OGLEKĻA DIOKSĪDS
TIG	Neleģēti/mazleģēti tēraudi	●	■						▲		■									
	Nerūsošie austenīta tēraudi	●	■						▲		■									
	Nerūsošie dupleksa tēraudi	●	■						▲		■									
	Alumīnijs un tā leģējumi	●	■						▲		■									
	Varš un tā leģējumi	●	■						▲		■									
	Titāns								▲	●	■									
MIG/MAG	Neleģēti/mazleģēti tēraudi						●								▲					
	Nerūsošie austenīta tēraudi				■								▲	■						
	Nerūsošie dupleksa tēraudi			●									▲	■						
	Alumīnijs un tā leģējumi	●	■						▲		■	■								
	Varš un tā leģējumi	●	■						▲		■	■								
PLAZMA	Neleģēti/mazleģēti tēraudi							●		■										
	Nerūsošie austenīta tēraudi							▲												
	Nerūsošie dupleksa tēraudi							●												
	Alumīnijs un tā leģējumi							●												
	Varš un tā leģējumi							●												
	Titāns							▲		●										
SAKNES AIZSARDZĪBA	Neleģēti/mazleģēti tēraudi							▲												
	Nerūsošie austenīta tēraudi							▲												
	Nerūsošie dupleksa tēraudi							▲												
	Alumīnijs un tā leģējumi							●												
	Varš un tā leģējumi							●												
	Titāns	●						▲												

MIG / MAG : tabula veidota metināšanai ar monolīto stiepli.
www.aga.lv

® MISON, VARIGON, CRONIGON, CORGON & FORMIER ir reģistrētas The Linde Group preču zīmes.

5. MIG/MAG iekārtas

5. MIG/MAG iekārtas 46

5.1. Loka barošanas avoti 47

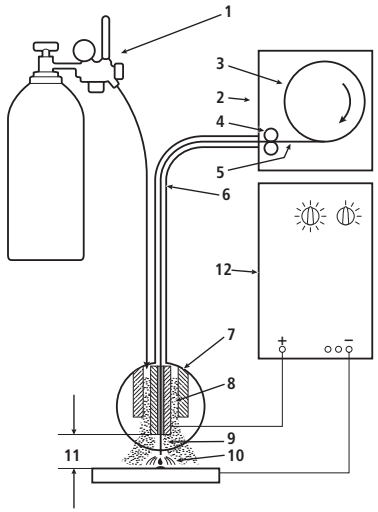
5.2. Stieples padeves sistēma 50

5.3. Gāzes padeves sistēma 55

5.4. Vadības bloks 59

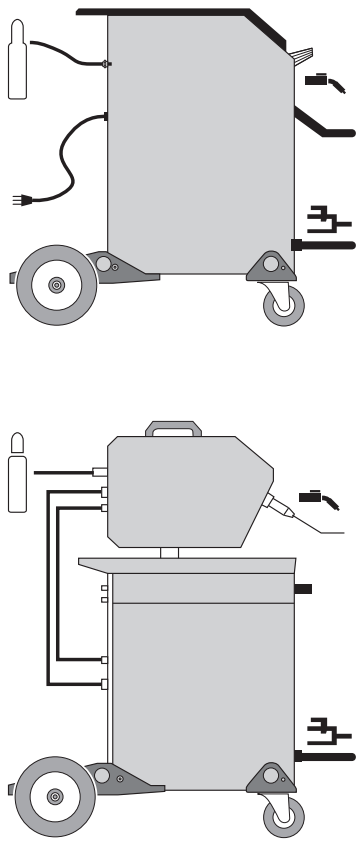
Jebkura MIG/MAG iekārta sastāv no 4 pamatblokiem (5.1. zīm.):

1. Loka barošanas avots (12), kas pievada lokam nepieciešamo elektrisko enerģiju ar noteiktiem parametriem.
2. Stieples padeves sistēma, kas nepārtraukti ar noteiktu ātrumu loka zonā padod stiepli (s).
3. Gāzes padeves sistēma, kas no balona padod loka zonā noteikta daudzuma izvēlēto aizsarggāzi.
4. Vadības bloks, kas ļauj ieregulēt izvēlētos metināšanas parametrus un uzturēt tos nemainīgus (vai arī mainīt tos) metināšanas laikā.



5.1. zīm. Iekārtas principiālā shēma:
1 – reduktors, 2 – vadības bloks,
3 – stieples kasete, 4 – padeves rullīši,
5 – stieple, 6 – lokanā šļūtene,
7 – deglis (pistole), 8 – kontaktuzgalis (dīze), 9 – aizsarggāze, 10 – elektriskais loks, 11 – attālums no kontaktuzgaļa līdz detaļai, 12 – loka barošanas avots

Konstruktīvi iekārta var būt samontēta vienā korpusā vai arī stieples padeves mehānisms ar vadības bloku var tikt novietots uz barošanas avota atsevišķā korpusā (5.2. zīm.). Šajā gadījumā padeves mehānismu var pārvietot atsevišķi no barošanas avota līdz 5 m attālumam.



5.2. zīm. MIG/MAG iekārtu konstruktīvais izveidojums

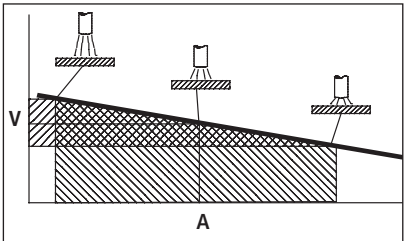
5.1.1. Galvenās loka barošanas avotam izvirzītās prasības

Elektriskais loks ar barošanas avotu un savienojošiem kabeļiem veido kopīgu enerģētisku sistēmu, tādēļ, ievērojot loka īpašības, nevar lietot parastos barošanas avotus (piemēram, pieslēgties elektriskajam tīklam). Elektroloka barošanas avoti jākonstruē speciāli šim nolūkam, ievērojot noteiktas prasības:

1. Tukšgaitas spriegumam jānodrošina loka aizdedzināšana (jābūt pēc iespējas lielākam) un tajā pašā laikā tam jābūt nelielam no drošības viedokļa. MIG/MAG metināšanas barošanas avotu tukšgaitas spriegums *(OCV – open circuit voltage)* ir 30 - 70V.

2. Barošanas avota raksturlīknei jābūt tādai, lai nodrošinātu stabilu loka degšanu. MIG/MAG metināšanai nepieciešama raksturlīkne, kad, loka garumam izmainoties, strauji mainās strāvas stiprums (5.3. zīm.). Šāda raksturlīkne nodrošina, ka loka garuma izmaiņas neizraisa tā pārtrūkšanu vai īsslēgumu.

3. Loka barošanas avotam jānodrošina strāvas stipruma regulēšana. Tas nepieciešams, lai ar vienu loka barošanas avotu varētu metināt dažāda biezuma materiālus (iegūt dažādas jaudas lokus).



5.3. zīm. MIG/MAG barošanas avota lēzeni krītoša raksturlīkne

4. Īsslēguma strāvas stiprumam jābūt ierobežotam. Metināšanas procesā īsslēgumi nedrīkst izraisīt strāvas stipruma bezgalīgu pieaugumu, kā tas ir parastajās elektriskajās ķēdēs.

Metināšana ar līdzstrāvu nodrošina kvalitatīvāku metināta savienojuma iegūšanu, salīdzinot ar metināšanu ar maiņstrāvu. Tā kā nav polaritātes maiņas, kad strāvas stiprums vienlīdzīgs nullei, palielinās loka stabilitāte, samazinās izšļakstīšanās, uzlabojas loka aizsardzība un samazinās defektu daudzums.

Samazinātā izšļakstīšanās palielina piedevu materiāla izmantošanas koeficientu un samazina darba apjomu, kas nepieciešams, lai metālu attīrītu no šļakatām.

Turklāt daudzus materiālus, tādus kā augstleģētos tēraudus, ķetus, titānu, kapara un niķeļa sakausējumus var metināt tikai ar līdzstrāvu.

Ņemot vērā iepriekšminēto, MIG/MAG metināšanā kā loka barošanas avotus izmanto tikai taisngriežus un invertorus.

5.1.2. Metināšanas taisngrieži

Metināšanas taisngrieži parasti sastāv no trim daļām (5.4. zīm.):

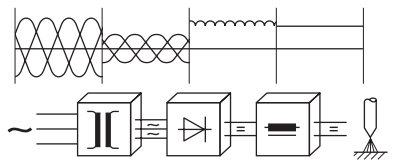
1. Metināšanas transformatora (parasti trīsfāžu), kas pazemina spriegumu, veido nepieciešamo raksturlīkni, regulē strāvas stiprumu utt.

2. Taisngriežu (pusvadītāju) bloka, kas maiņstrāvu pārveido līdzstrāvā.

3. Droseles, kas izlīdzina iztaisnoto līdzstrāvu.

Strāvas iztaisnošanai (maiņstrāvas pārvēršanai līdzstrāvā) parasti izmanto silīcija diodes vai tiristoru. Silīcija diodes un tiristori ir mazāk jūtīgi pret pārslodzēm nekā selēna, kas metināšanā ir ļoti svarīgi.

Pusvadītāju ventiļiem nepieciešams noteikts temperatūras režīms, tāpēc metināšanas taisngriežu svarīga sastāvdaļa ir dzesēšanas bloks: radiators, ventilators, strāvas releji un termostats.



5.4. zīm. Taisngrieža principiālā shēma

Metināšanas strāvu taisngriežos ar diodēm regulē ar diviem paņēmieniem: elektromehānisko un elektrisko. Elektromehāniskajā variantā regulēšana notiek pirms strāvas iztaisnošanas, t.i., uz taisngrieža bloka nonāk maiņstrāva ar metināšanai nepieciešamajiem parametriem.

Elektroniskajās regulēšanas shēmās strāvas regulēšana notiek pēc tās iztaisnošanas vai tieši taisngrieža blokā.

Vienkāršāki un izplatītāki ir taisngrieži ar tiristoriem. Raksturlīknes veidošana šajos taisngriežos notiek ar fāžu nobīdes palīdzību tiristoros, kas nodrošina bezpakāpju regulēšanu (tai skaitā arī ar distances vadību) un ļauj iegūt loku ar augstu stabilitāti.

5.1.3. Metināšanas invertori

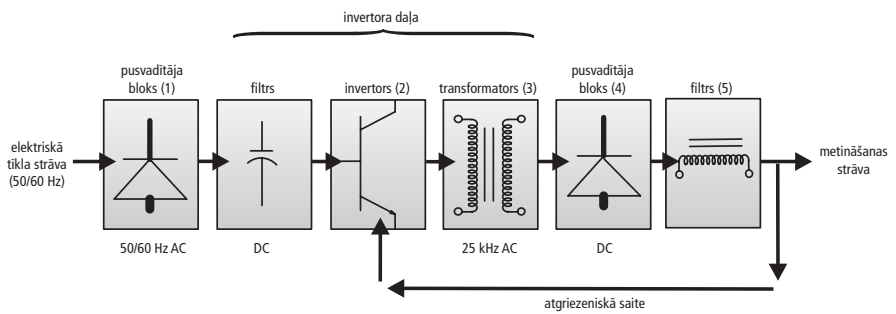
Modernāki, bet vienlaikus arī tehniski sarežģītāki, ir metināšanas invertori. Nelielo izmēru un svara dēļ invertori ir ļoti perspektīvi barošanas avoti metālkonstrukciju ražošanā un cauruļvadu metināšanā, kur apgrūtinoši ir nepārtraukti pārvietot smagos transformatorus vai taisngriežus. Savukārt iespēja iegūt jebkura veida raksturlīkni (no strauji krītošas līdz augošai) dod iespēju radīt metināšanas kompleksus visiem metināšanas veidiem, izmantojot vienu loka barošanas avotu.

Invertora principiālā shēma parādīta 5.5. zīmējumā.

Blokā (1) trīsfāžu maiņstrāva ar rūpniecisko frekvenci 50 Hz tiek pārveidota ar pusvadītāju bloka palīdzību līdzstrāvā.

Iegūtā līdzstrāva blokā (2) tiek pārveidota (invertēta) augstfrekvences maiņstrāvā ar frekvenci 20 kHz un vairāk. Šinī blokā notiek arī nepieciešamo parametru ieregulēšana. Atgriezeniskā saite vienlaicīgi nodrošina ieregulēto parametru saglabāšanu metināšanas laikā.

Pateicoties augstajai frekvencei, visas regulēšanas operācijas notiek ļoti ātri.



5.5. zīm. Invertora principiālā shēma

Trešajā blokā transformators veido nepieciešamo metināšanas spriegumu. Tā kā frekvence ir augsta, transformatora izmēri un svars ir nelieli.

Iegūtā strāva vēlreiz tiek iztaisnota blokā (4) un caur filtru (5), kas izlīdzina svārstības, pievadīta lokam.

Sarežģītās un dārgās elektronikas izmantošana strauji paceļ iekārtu cenas, kurās tiek izmantoti invertori, taču plašais metināšanas veidu spektrs, mazais svars un gabarīti, kā arī ieregulēto parametru stabilitāte metināšanas laikā padara invertora tipa loka barošanas avotus aizvien perspektīvākus.

5.1.4. Loka barošanas avotu raksturojums

Lai pareizi izvēlētos loka barošanas avotus, nepieciešams saprast tos nosacītos apzīmējumus un skaitļus, kuri norādīti iekārtu raksturojumos.

Barošanas avota jauda

Padomju laikā izgatavotajos loka barošanas avotos marķējumā uzstādītais cipars atbilda nominālajam strāvas stiprumam. Maksimālais strāvas stiprums bija lielāks. Piemēram, transformatoram TC – 500 maksimālā strāva ir 650 A.

Lielākajā daļā rietumu valstu loka barošanas avotu marķējumā uzrādītais cipars atbilst maksimālajai strāvai. Piemēram: *BOH Ouls Sync 400 – 400 A.*

Tīkla spriegums

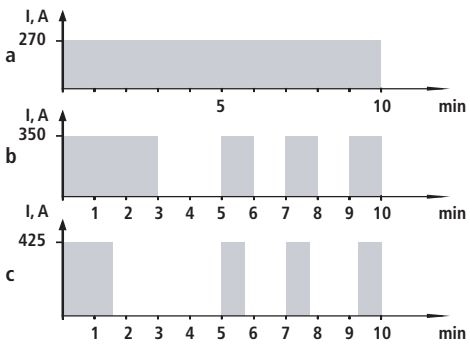
Rietumvalstu loka barošanas avotiem nominālais tīkla spriegums ir 400 V. Parasti instrukcija pieļauj tīkla svārstības ± 10%. Tātad mūsu 380 V tīkla spriegums atļauj šo iekārtu ekspluatāciju (400 V – 10% 400 V = 360 V).

Slogošanas cikls

Barošanas avotiem parasti uzrāda maksimālo strāvu pie 35%; 60% un 100% noslodzes (5.6. zīm.).

Gadījumā **b** strāvas stiprums var būt lielāks nekā gadījumā **a** (350A pret 270A), bet no kopējā laika 10 min. loks var degt tikai 6 min.

Visi loka barošanas avoti ir apgādāti ar termorelejiem, kuri pārkaršanas gadījumā atslēdz metināšanas ķēdi.



5.6. zīm. Dažādi loka barošanas avota noslogošanas cikli: a – nepārtraukts cikls, b – noslodze 65% no kopējā laika, c – noslodze 35% no kopējā laika.

Aizsardzības klase

Piemēram: **1P23**

2 – cipars parāda aizsardzību pret cietu daļiņu iekļūšanu iekārtā (virs 12mm);

3 – parāda aizsardzību pret šķidruma iekļūšanu, attur pilienus kas krīt 60° leņķī (piemērots darbam ārpus telpām).

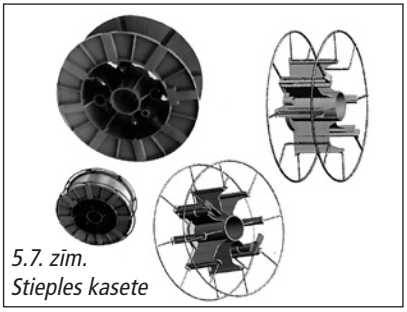
Iekārtu pasēs parasti vēl uzrāda tukšgaitas jaudu, lietderības un jaudas koeficientus, kā arī pieļaujamo darba un glabāšanas temperatūru, temperatūras un aizsardzības klasi, gabarītus un svaru.

5.2. Stieples padeves sistēma

Stieples padeves sistēma ietver šādus elementus: stieples kaseti, padeves mehānismu, lokano šļūteni un degli.

5.2.1. Stieples kasete

Stieple patērētājiem tiek piegādāta kasetēs, kuras var būt izgatavotas no plastmasas vai metāla ar plastmasas adapteri.



5.7. zīm. Stieples kasete

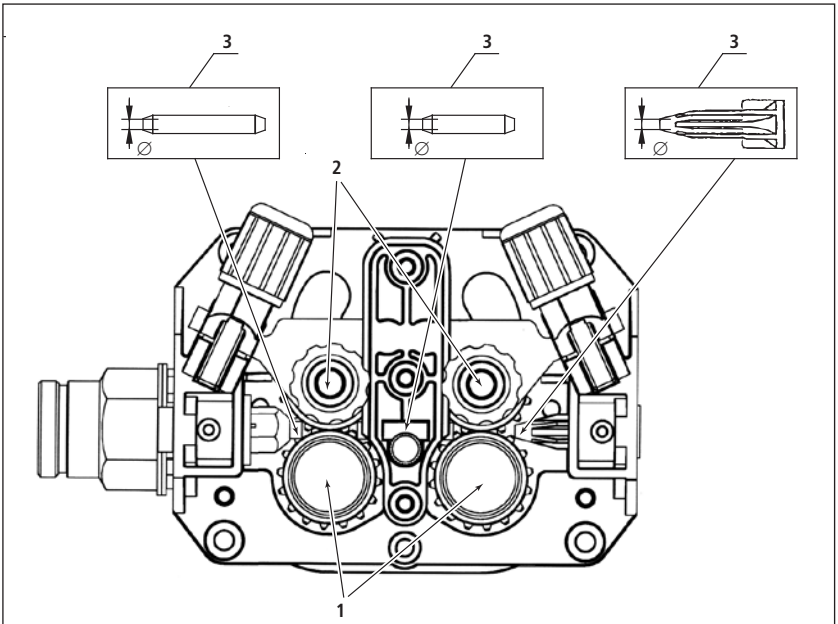
Parasti izmanto kasetes ar ārējo diametru 300 mm un iekšējo 51 mm, uz kuras var uztīt līdz 15 kg tērauda stieples (5.7. zīm).

Mazas jaudas pusautomātos izmanto mazāka diametra kasetes, bet rūpnieciskajā ražošanā spoles – ar diametru līdz 650 mm, kurās var ievietot līdz 350 kg stieples *(Marathon Pac)*.

5.2.2. Stieples padeves mehānisms

Stieples padeves mehānisma uzdevums ir stiepli no kasetes caur degļa šļūteni padot loka zonā ar noteiktu nemainīgu ātrumu.

Padeves mehānisma galvenā sastāvdaļa ir padeves rulliši, kuri nodrošina stieples kustību. Atkarībā no iekārtas jaudas, lietojamo stiepļu diametra un stieples mehāniskajām

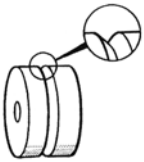
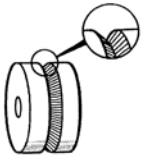
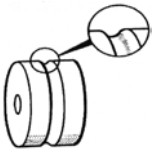


5.8. zīm. Stieples padeves mehānisms: 1 – padeves rulliši, 2 – piespiedējrulliši, 3 – virzītājcaurules dažādiem stieples diametriem

īpašībām var būt šādas padeves rullīšu shēmas:

1. Divu rullīšu sistēma, no kuriem viens ir velkošais, bet otrs piespiedējrullītis.
2. Divu rullīšu sistēma, abi ir velkošie, ko piedzen viens elektromotors.
3. Četru rullīšu sistēma, no kuriem divi ir velkošie, bet divi – piespiedējrullīši.
4. Četru rullīšu sistēma, kurā visi rullīši ir velkošie.

5.9. zīm. Dažādu veidu rievas padeves rullīšos

Fe **Ss** **Al**	*Gludā V - rieva* 	0.6 0.6 0.8/0.9 0.8/0.9 1.0 1.0 1.2 1.2 1.4 1.4 1.6 1.6 2.0 2.0 2.4 2.4	1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2
Fe **Fc** **Mc**	*Rievotā V - rieva* 	1.0 1.0 1.2 1.2 1.4/1.6 1.4/1.6 2.0 2.0 2.4 2.4	1 2 1 2 1 2 1 2 1 2
Fe **Fc** **Mc** **Ss** **Al**	*U - veida rieva* 	1.0 1.0 1.2 1.2 1.6 1.6	1 2 1 2 1 2

1. velkošais rullītis; 2. piespiedējrullītis

Padeves rullīšiem ir dažāda dziļuma un dažāda veida rievas atkarībā no stieples materiāla un stieples diametra. Zīmējumā 5.8. parādīts *Kemppi* iekārtas FAST MIG padeves mehānisms SF 53.

Lai nodrošinātu nepārtrauktu stieples padevi ar izvēlēto ātrumu, ievēro:

1) jābūt pareizi izvēlētiem padeves rullīšiem;
2) padeves rullīšu rievām un virzītājcauruļu asīm jāatrodas uz vienas līnijas;
3) pēdējai virzītājcaurulei jāatrodas maksimāli tuvu padeves rullīšiem;
4) rullīšiem jābūt pareizi nospriegotiem (saspiestiem).

Spiediens starp padeves rullīšiem jānoregulē tā, ka stieple brīvi pārvietojas pa virzītājcaurulēm bez slīdēšanas starp rullīšiem (buksēšanas). Pārāk liels spiediens saplacina stiepli un sabojā tās pārklājumu. Tāpat buksēšana izsauc pastiprinātu rullīšu dilšanu. Nospriegojumam jāpieaug, palielinoties stieples padeves ātrumam.

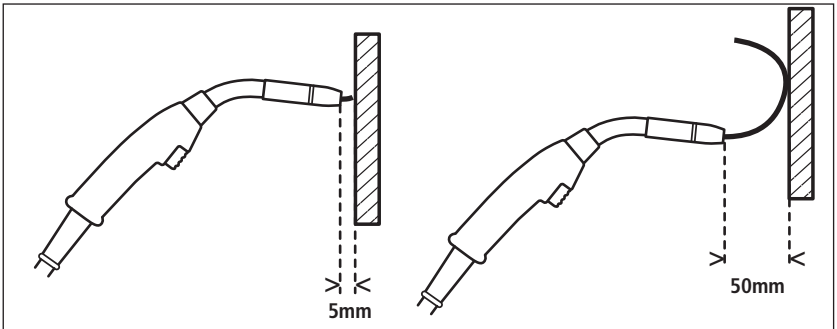
ESAB nospriegojumu iesaka regulēt šādi: (zīm. 5.10) Padodot stiepli no degļa pret koka šķērsli 5mm attālumā, padeves rullīšiem ir jāizslīd. Atvirzot degli 50 mm attālumā, stieple tiek padota un saliecas.

5.2.3. Degļa šļūtene un metināšanas deglis

Zīmējumā 5.10. parādīta degļa šļūtene un metināšanas deglis. Degļa galvenās daļas ir kontaktuzgalis (8), aizsarggāzes sprausla (7) un slēdzis (6) metināšanas uzsākšanai un nobeigšanai.

Kontaktuzgalis pievada strāvu no kabeļa uz stiepli. Atšķirībā no rokas loka metināšanas, zem strāvas atrodas tikai neliels stieples gabals. Kontaktuzgaļi ir maināmi dažādiem stieples diametriem.

5.2. Stieples padeves sistēma



5.10. zīm. Rullīšu nospriegojuma pārbaude

Kontaktuzgali aptver aizsarggāzes sprausla. Caur šo sprauslu plūst gāze, kas aizsargā stiepli, loku un metināšanas vannu no gaisa iedarbības. Aizsarggāzes sprauslas ir ar dažādiem izmēriem atkarībā no gāzes plūsmas.

Metināšanas degli dzesē cauri plūstošā gāze un apkārtējais gaiss. Lielas jaudas degļus dzesē ar ūdeni.

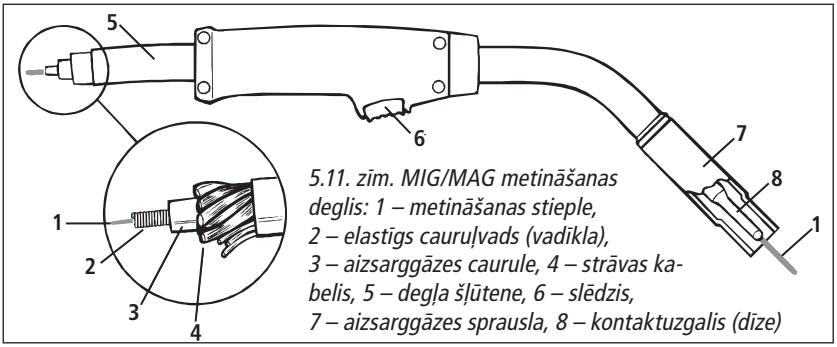
Degļa šļūtenē ievietotas vairākas caurules: vadīkla (2) stieplei, aizsarggāzes caurule (3), kā arī strāvas kabelis (4). Ar ūdeni dzesējamos degļos šļūtenē vēl ir cauruļvadi ūdenim.

Vadīkla var būt izgatavota no dažādiem materiāliem. Tērauda stieplei vadīkla tiek izgatavota no tērauda spirāles, bet nerūsējošā tērauda un alumīnija stieplēm vadīkla ir no teflona.

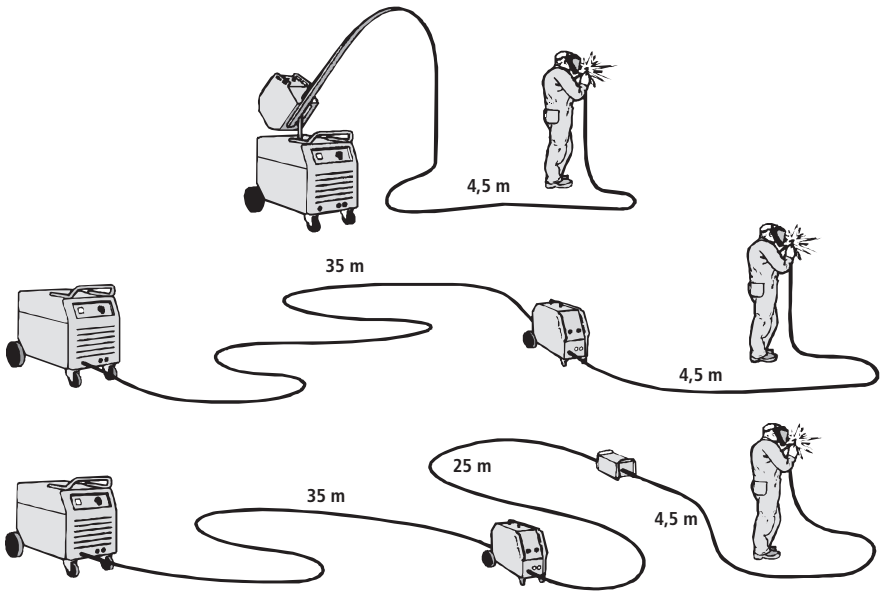
Degļus pievieno stieples padeves iekārtai. Ja iekārta un šļūtene aprīkotas ar *EIRO* sistēmas savienojumu, tad var savienot jebkuras markas iekārtas un degļus. Savienojums jāpievelk rūpīgi, lai nebūtu sprieguma un gāzes zudumu. Pārāk brīvs savienojums karsēs degli un padeves iekārtu. Savienojums jākontrolē katru dienu.

Stieples padeves mehānisms stiepli pa lokano šļūteni virza (stumj) uz priekšu. Pie šādas padeves shēmas šļūtenes garums parasti nepārsniedz 4,5 m.

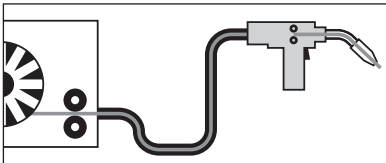
Celtniecības un montāžas darbos, kad nepieciešama plaša darba zona, lieto pagarinātājus, kuri nodrošina stieples padevi lielā attālumā, nepārvietojot strāvas avotu. Atsevišķos gadījumos lieto stumšanas – vilkšanas padeves sistēmu *(PUSH-PULL).*



5.11. zīm. MIG/MAG metināšanas deglis: 1 – metināšanas stieple, 2 – elastīgs cauruļvads (vadīkla), 3 – aizsarggāzes caurule, 4 – strāvas kabelis, 5 – degļa šļūtene, 6 – slēdzis, 7 – aizsarggāzes sprausla, 8 – kontaktuzgalis (dīze)



5.12. zīm. Dažādi pagarinātāju varianti



5.13. zīm. Push – pull sistēma

Šie degļi apgādāti ar papildu velkošo mehānismu, kas ievietots tieši metināšanas pistolē. Tādā veidā, sinhroni darbojoties stumjošiem un velkošiem padeves rullīšiem, tiek nodrošināta stabila (vienmērīga) stieples padeve ar noteiktu ātrumu. Šāda tipa degļus izmanto maza diametra tērauda stieplēm pie liela šļūtenes garuma un alumīnija stieplēm.

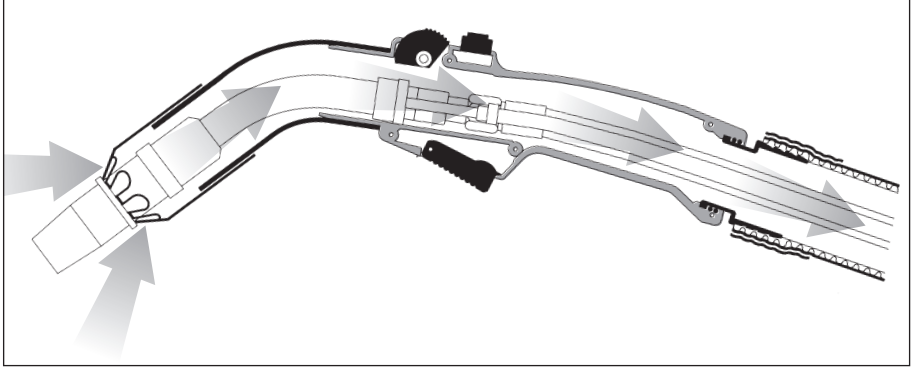
Metināšanas laikā radušās kaitīgās gāzes un dūmus var atsūkt tieši metināšanas vietā, izmantojot speciālus šim nolūkam konstruētus degļus. Dūmu atsūcēja iekārta caur degli atsūc radušās gāzes un sīkās, cietās daļiņas (putekļus) tieši no metināšanas vietas caur degli. Zīmējumā 5.14. parādīta tāda degļa darbības shēma *(FRONIUS)*.

5.2.4. Stieples vadīklas un stieples montāža

Konkrētas darbības šo procesu veikšanai ir noteiktas katras izgatavotājfirmas iekārtu pasēs, bet ir arī visām iekārtām kopīgi noteikumi un noteiktas darbības.

Pēc stieples markas un diametra izvēles vēlams pārliecināties, vai stieples vadīklas materiāls atbilst izvēlētajai stieplei. Pirms stieples ievadīšanas šļūtenē jānoņem gāzes

5.14. zīm. Deglis ar gāzu atsūkšanu tieši metināšanas vietā



sprausla un jāatvieno (jānoskrūvē) strāvas dīze. Stieples galu vēlams iztaisnot (apm. 200 mm) un novīlēt neasu, jo ass stieples gals var sabojāt stieples vadīklu.

Stiepli vadīklā var ievadīt:
a) manuāli (ar roku), atbrīvojot padeves rullīšus;
b) ar padeves mehānisma palīdzību.

- Slēdzis *VIRE INCH* ieslēdz stieples padevi, bet neieslēdz strāvas barošanas avotu. Piedevu stieple var tikt ievadīta stieples padeves mehānismā un deglī arī ar slēdzi metināšanas deglī, bet tad ieslēdzas barošanas avots un stieplei tiek pievadīta strāva, kas var izraisīt bīstamu situāciju, nejauši pieskaroties apkārtējiem priekšmetiem.

Pēc stieples ievadīšanas jāuzskrūvē strāvas dīze (atbilstošs diametrs) un jāuzmontē gāzes sprausla. Vēlams katru reizi pārbaudīt šļūtenes savienojumu ar iekārtu.

Biežāk sastopamie darbības traucējumi:

1. Deglis prasa regulāru apkopi, jo pakļauts augstas temperatūras un slodzes iedarbībai. Apkopes periodiskums un darbu uzskaitījums norādīts iekārtas pasē. Svarīgi: vairums ražotājfirmu garantijas termiņus uz metināšanas šļūtenēm un degļiem neattiecina.

2. Ja metināšanas stieple nepārvietojas vienmērīgi vai arī stieple iestrēgst vadīklā:

- stieples vadīkla ir netīra. Jāiztīra ar saspiestu gaisu atbilstoši instrukcijai;
- bojāta stieples vadīkla. Vadīkla jānomaina;
- bojāta strāvas dīze. Tā jānomaina;
- degļa šļūtenei ir asi locījumi. Šļūtene jāiztaisno;
- traucējumi stieples padeves mehānismā. Mehānisms jānoregulē.

3. Ja metināšanas vanna vārās, loks ir nestabils:

- netīrs metināmais materiāls (rūsa, krāsa). Metināmās detaļas jānotīra;
- sprauslas iekšējā virsma piesārņota. Virsma jāiztīra, neizmantojot asus rīkus, jo saskrāpēta virsma palielina šļakatu pielipšanu. Ieteicams lietot pretpielipšanas aerosolus;
- palielināts spiediens, kas izsauc turbulenci un gaisa samaisīšanos ar aizsarggāzi. Jānoregulē gāzes plūsma, izmantojot plūsmas mērītāju, ko novieto tieši uz aizsarggāzes sprauslas;

5.3. Aizsarggāzes padeves sistēmas

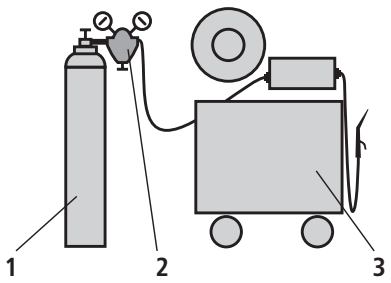
Aizsarggāzes padeve MIG/MAG metināšanai var tikt nodrošināta no atsevišķa gāzes balona, kas ir piestiprināts pusautomātam, vai no centralizētas gāzu sistēmas padeves tīkla.

Spiediens pilnā gāzes balonā parasti ir 150 vai 200 bāri. Lai samazinātu augsto spiedienu līdz darba spiedienam, aizsarggāzes balonam pievieno reduktoru. Reduktors nodrošina nemainīgu aizsarggāzes plūsmu (l/min) metināšanas laikā, neraugoties uz to, ka spiediens balonā krītas līdz ar gāzes patēriņu.

Ventilim, kas iebūvēts pusautomātā, ir elektriskā saikne ar metināšanas degļa sprūdu, kas nodrošina aizsarggāzes plūsmu, metināšanu uzsākot, vai aizsarggāzes plūsmas pārtraukšanu, metināšanu beidzot.

Ja ir nospiests sprūds, aizsarggāze plūst no balona caur reduktoru uz metināšanas iekārtu, degļa šļūteni, aizsarggāzes sprauslu un izolē no apkārtējās vides stieples elektrodu, elektrisko loku un metināšanas vanniņu.

Svarīgi: katrs regulatora tips ir paredzēts konkrētai aizsarggāzei un ar šo gāzi tad arī jālieto. Pretējā gadījumā pareizā gāzes plūsma netiks nodrošināta.



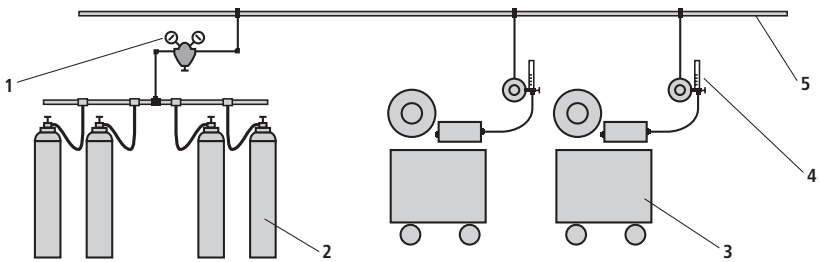
5.14. zīm. Individuālā gāzu padeves sistēma: 1 – gāzes balons, 2 – reduktors, 3 – metināšanas iekārta

Lai pagarinātu reduktora darba mūžu, ievēro:

1) beidzot darbu – noslēdz balona ventili, izlaid aizsarggāzi no reduktora un izskrūvē reduktora plūsmas regulēšanas skrūvi;

2) mainot aizsarggāzu balonu:

- noslēdz gāzu balona ventili;
- izskrūvē reduktora plūsmas regulēšanas skrūvi!
- nomaini balonu;
- atgriez pilnā gāzu balona ventili un tikai tad regulē aizsarggāzu plūsmu.



5.15. zīm. Centralizēta gāzu sistēma: 1 – centrālais reduktors, 2 – gāzes baloni, 3 – metināšanas postenis, 4 – individuālais gāzu plūsmas reduktors, 5 – gāzu cauruļvadi

5.3.1. Gāzes plūsmas lieluma izvēle

Ir būtiski ieregulēt pareizo aizsarggāzes plūsmu. Tā nedrīkst būt pārāk liela vai pārāk maza. Abos gadījumos var rasties porainība. Rekomendējamās plūsmas:
Īsais loks: 5 – 12 l/min;
Garais loks: 12 – 20 l/min.

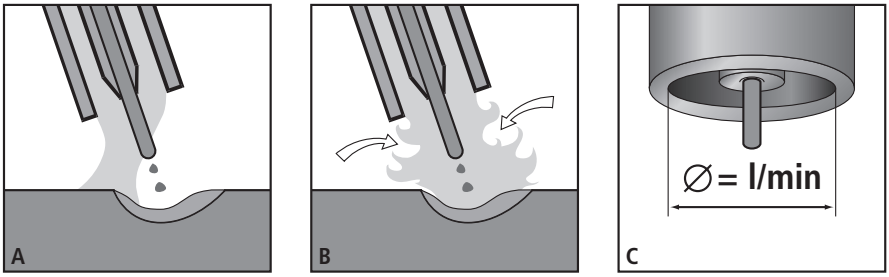
Svarīgi: jo lielāka metināmā strāva, jo lielāka aizsargplūsma.

Dažreiz ir nepieciešama lielāka gāzes plūsma nekā parasti. Piemēram:

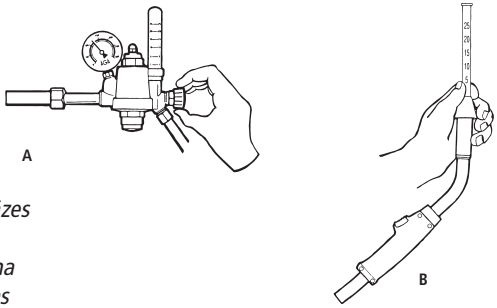
- jutīgiem materiāliem, kā varš un alumīnijs;
- caurvējš viennozīmīgi palielina aizsarggāzu plūsmu;
- metināšanai grūti pieejamās vietās, ja netiek saglabāti optimālie sprauslas leņķi.

Ir vispār pieņemta aptuvena rekomendācija – gāzes plūsmai (l/min) jāatbilst sprauslas diametram ($D_{sprauslai}$ = $plūsma_{l/min}$).

Svarīgi: vienmēr rūpīgi jāseko metināšanas iekārtu hermētiskumam. Efektīvs paņēmiens, kā to pārbaudīt, ir salīdzināt reduktora iestatīto gāzu plūsmas lielumu ar plūsmu pie metināšanas degļa izejas, kas ir izmērīts ar speciālo aizsarggāzu plūsmas mērītāju. Var izmantot arī dažādus sūces indikatorus, der arī ziepju putas.



5.16. zīm. Aizsarggāzes plūsma:
A – pārāk maza aizsarggāzes plūsma; B – pārāk liela aizsarggāzes plūsma;
C – piemērs: ja aizsarggāzes sprauslas diametrs ir 19 mm,
tad iestatiet gāzes plūsmu 19 litri minūtē



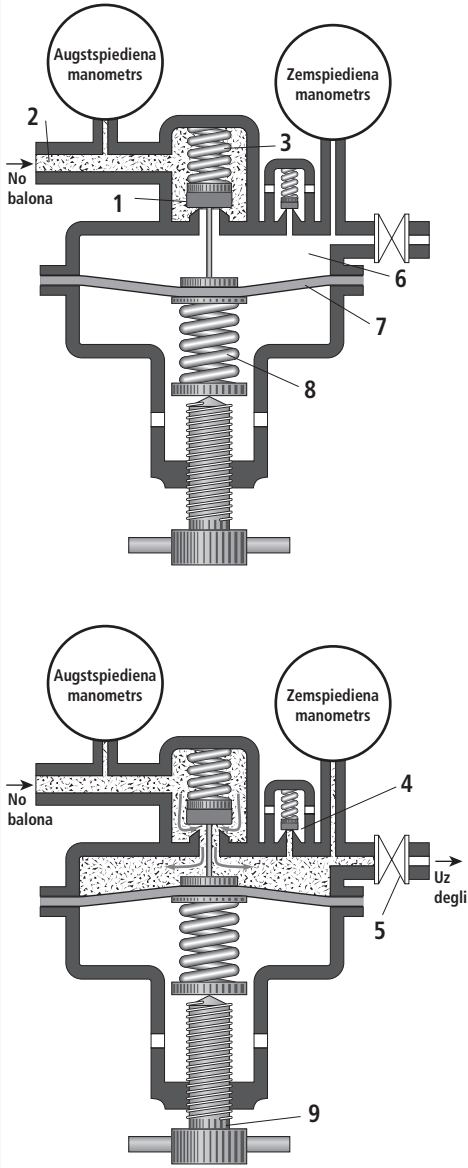
5.17. zīm. Aizsarggāzes plūsmas regulēšana: A – gāzes plūsmas iestatīšana reduktoram; B – plūsmas mērīšana pie metināšanas degļa izejas

5.3.2. Reduktora darbības princips

Reduktoram ir divas kameras: augstspiediena kamera (2), kurā spiediens ir vienāds ar gāzes spiedienu balonā, un zemspiediena kamera (6). Starp kameru (2) un kameru (6) atrodas vārsts (1), uz kuru darbojas atsperes (3) un (8). Caur vārstu (1) izplūstošā gāze izliec membrānu, saspiež atsperi (8) un vārsts (1) noslēdzas. Gāzei izplūstot no kameras (6), atspere (8) iztaisnojas un vārsts (1) atveras, un no augstspiediena kameras ieplūst jauna gāzes doza zemspiediena kamerā.

Atsperes spriegojumu regulē ar skrūvi (9), jo vairāk saspiesta atspere (8), jo ilgāk vārsts (1) ir atvērts, un līdz ar to lielāks spiediens kamerā (6).

Aizsarggāzu reduktoriem zemspiediena kameras izplūdes kanāls ir kalibrēts, līdz ar to zemspiediena manometra skalas iedalījums ir l/min vai zemspiediena manometra vietā ir iemontēts plūsmas mērītājs.



5.18. zīm. Gāzes reduktora shēma

5.3.3. Baloni

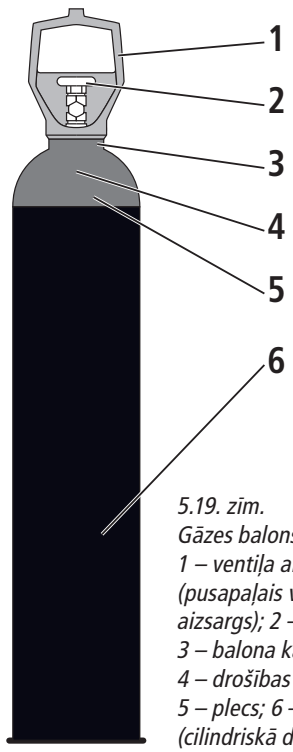
Aizsarggāzu baloni ir izgatavoti no speciāli leģētiem tēraudiem. Baloni ir aprīkoti ar augstspiediena ventiļiem un to aizsargvākiem (ventiļa aizsargvāks ar rokturi, slēgts ventiļa aizsargvāks, pusapaļais ventiļa aizsargvāks, AGA apaļais ventiļa aizsargvāks).

Baloniem izmanto krāsu kodēšanas sistēmu, kuru lieto balona plecu joslā, bet balonu korpusu (cilindrisko daļu) industriālajām gāzēm krāso melnā krāsā un katram balonam ir drošības uzlīmes.

Svarīgi: baloni ir jānostiprina, lai tie negāztos, neripotu.

Krāsu kodēšana

Argons		Tumši zaļš
Slāpeklis		Melns
Oglekļa dioksīds		Pelēks
Hēlijs		Brūns



5.19. zīm.
Gāzes balons:
1 – ventiļa aizsargvāks (pusapaļais ventiļa aizsargs); 2 – ventilis; 3 – balona kakls; 4 – drošības uzlīmes; 5 – plecs; 6 – korpuss (cilindriskā daļa)

5.4. Vadības bloks

Atkarībā no iekārtas ražotājfirmas un sarežģītības pakāpes vadības ierīces var būt dažādi izveidotas un ievietotas vadības panelī.

Tomēr visām iekārtām galvenās sastāvdaļas ir līdzīgas.

5.14. zīm. Vadības panelis

5.4.1. Galvenais slēdzis

Slēdža nulles pozīcijā visas strāvas ķēdes ir izslēgtas (bez sprieguma). Ieslēdzot galveno slēdzi, iekārtai tiek pievadīta strāva.

Zināšanai:

– metināšanas strāva ieslēdzas tikai nospiežot degļa slēdzi;

– galveno slēdzi var izslēgt tikai pēc dzesējošā ventilatora apstāšanās.

5.4.2. Metināšanas sprieguma regulēšana

Metināšanas spriegumu regulē vai nu pakāpjveidīgi (atkarībā no jaudas var būt 4 – 12 pakāpes), vai arī ar potenciometru bez pakāpēm – nepārtraukti.

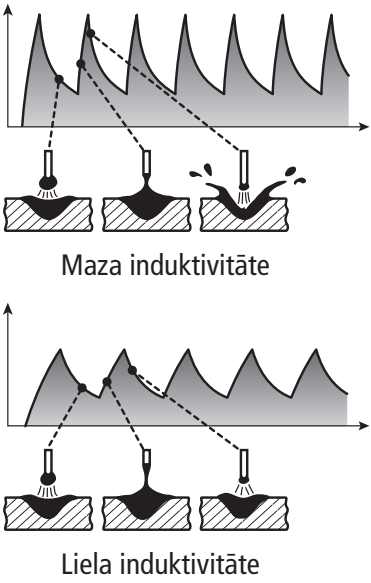
5.4.3. Metināšanas strāvas stipruma un stieples padeves ātruma regulēšana

Metināšanas strāvas vērtība ir saistīta ar stieples padeves ātrumu. Tāpēc šīs vērtības tiek regulētas ar vienu potenciometru. Palielinot stieples padeves ātrumu, pieaug arī metināšanas strāva, un otrādi.

Vienkāršākajām iekārtām šīs arī ir visas regulēšanas iespējas, tāpēc bieži to sauc par divu pogu sistēmu.

5.4.4. Metināšanas dinamikas (Arc Force) regulēšana

Strāvas ķēdes induktivitāte iespaido loka degšanas stabilitāti un metāla izšļakstīšanos. Lielāka induktivitāte dod mīkstāku loku un mazāku izšļakstīšanos, savukārt mazāka – stabilizē loku, bet palielina izšļakstīšanos – rupjāks loks.



5.15. zīm. Induktivitātes iespaids

Ja iekārtā paredzēta induktivitātes regulēšana, tad to var veikt:

a) pieslēdzot masas kabeli vienai no divām kontaktligzdām;

b) ar induktivitātes potenciometra palīdzību.

5.4.5. 2/4 taktu cikls

Divu taktu ciklā iekārta darbojas pēc principa: degļa slēdzis nospiests – metināšanas sākums; degļa slēdzis atlaists – metināšanas beigas. Divu taktu ciklā metināšanas laikā slēdzis visu laiku jātur nospiests, kas ir apgrūtinoši garu šuvju metināšanā. Turklāt slēdzi nevar izmantot citām darbībām.

Četru taktu ciklā iekārtu tāpat ieslēdz, slēdzi nospiežot, bet pēc tam to var atlaist un metināšana turpinās. Ja metināšana jāpārtrauc, jānospiež degļa slēdzis un tas jāatlaiž. Metināšanas laikā, kad degļa slēdzis ir atlaists, to var izmantot citām darbībām (skat. *minilog* funkciju).

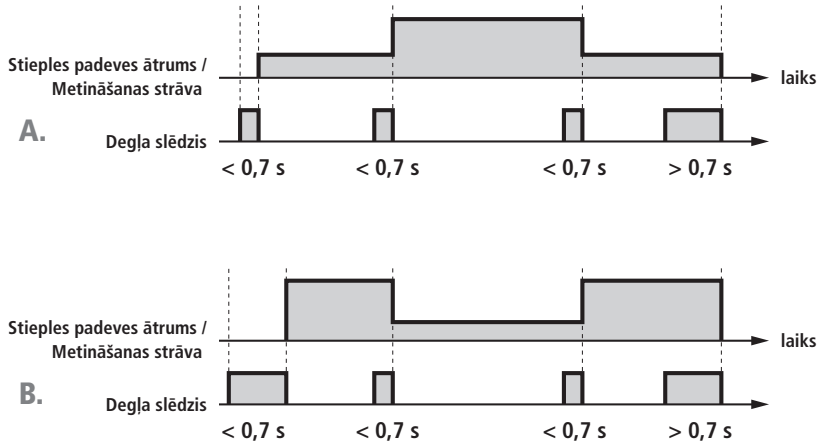
5.4.6. Loka nodzēšanas laika regulēšana (burn back)

Dažādiem piedevu materiāliem un aizsarggāzēm nepieciešami dažādi veidi, kā nodzēst loku. Atlaižot degļa slēdzi, metināšanas strāvai jāizslēdzas un stieplei jāapstājas saskaņoti. Ja metināšanu beidz ar nepareizu loka nodzēšanas laiku, stieple var iekust strāvas dīzē, var rasties liels piliens stieples galā vai arī stieple var pielipt šuves nobeiguma punktam.

Parasti lietošanas instrukcijā ir doti izejas dati regulēšanai. Galīgā noregulēšana jāveic katram gadījumam atsevišķi.

5.4.7. Minilog funkcija

Minilog funkcija ļauj izmainīt stieples padeves ātrumu un metināšanas strāvu loka degšanas laikā. Pirms metināšanas uzsākšanas uz iekārtas jāiestata izvēlētā izmainītā vērtība (parasti % no pamatvērtības), un četru taktu ciklā, īslaicīgi nospiežot degļa slēdzi, iekārta pārslēgsies uz izvēlēto izmainīto vērtību.



5.15. zīm. Minilog funkcijas darbība.
***A**. metināšanas uzsākšana un nobeigšana pie samazinātas strāvas;*
***B**. metināšana ar palielinātu uzsākšanas un nobeigšanas strāvu*

5.4.8. Gāzes priekšplūde (pre-flow) un pēcplūde (post flow)

Vadības bloks pēc slēdža nospiešanas atver gāzes vārstu, bet neieslēdz strāvu un neiedarbina stieples padeves mehānismu. Aizsarggāzes plūsma izspiež gaisu no metināšanas zonas, tā uzlabojot šuves sākuma kvalitāti. Pēc noteikta laika, kuru var regulēt, iedegas loks un var uzsākt metināšanu. Degļa slēdzi atlaižot, loks nodzisīs, bet aizsarggāze vēl plūdīs noteiktu laiku, atdzesējot šuves beigas un neļaujot piekļūt gaisam.

5.4.9. Starta strāva (hot start) un krātera aizpildīšana (crater fill)

Uzsākot metināšanu, vēlams materiālam pievadīt vairāk siltuma, lai to uzkarsētu. Savukārt metināšanas beigās strāvu vēlams samazināt pakāpeniski, kontrolējot krātera piepildīšanu. Izmantojot degļa slēdzi, šos procesus var vadīt pēc iepriekš iestādītas programmas.

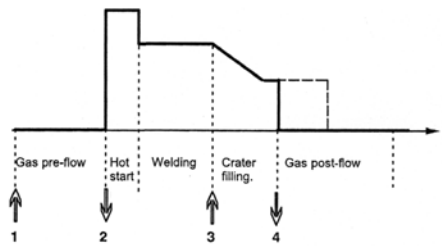
Nospiežot degļa slēdzi (1), sāks plūst aizsarggāze, slēdzi atlaižot, aizdegsies loks ar palielinātu strāvu. Pēc tam loks turpinās degt, bet jau ar iestādīto metināšanas strāvu. Šuves beigās, atkārtoti nospiežot slēdzi (3), metināšanas strāva pakāpeniski samazināsies līdz krātera aizpildīšanai nepieciešamajam strāvas stiprumam. Slēdzi atlaižot (4), loks nodzisīs, bet aizsarggāze turpinās plūst.

5.4.10. Metināšana ar intervāliem (spot welding)

Nospiežot degļa slēdzi, sākas metināšana, kas turpinās noteiktu, iepriekš ieregulētu laiku. Pēc tam metināšana apstājas uz noteiktu laiku (pauze). Tā pie nospiesta degļa slēdža notiek periodiska metināšana.

5.4.11 Pārkaršanas indikators (overheating)

Ja iekārta ir pārkarsusi, metināšanas strāva atslēdzas un iedegas pārkaršanas indikators. Ventilators turpina strādāt un dzesē iekārtu. Indikators nodziest, kad temperatūra ir pazeminājusies līdz normālai.



5.16. zīm. Strāvas stipruma izmaiņas dažādās šuves vietās

5.4.12. Tālvadība (remote control)

Uz metināšanas degļa bez slēdža var būt izvietots potenciometrs stieples padeves ātruma koriģēšanai metināšanas laikā.

Turklāt iespējams lietot speciālas tālvadības pultis, ar kuru palīdzību metinātājs metināšanas laikā var koriģēt spriegumu un stieples padeves ātrumu.

5.4.13. Sinerģētiskā metināšana (1 – MIG)

Sakarību starp stieples padeves ātrumu un spriegumu dažādiem materiāliem var ieprogramēt iekārtas atmiņā. Tas dod iespēju regulēt loka jaudu ar vienu potenciometru parasto divu vietā.

Metināšanas parametru izvēles secība strādājot 1 – MIG režīmā:

1 – iekārtu ieregulē darbam 1 – MIG režīmā;

2 – pēc stieples diametra, metināma materiāla markas un izvēlētās aizsarggāzes izvēlas programmas numuru;

3 – izvēlētās programmas numurs parādās displejā;

4 – tālākā regulēšana notiek ar vienu potenciometru, iestādot sametināmās detaļas biezumu.

5.4.14. Metināšana ar pulsējošo loku

Ja iekārtā ir paredzēta metināšana ar pusējošo loku *(MIG – pulse)*, tad parasti ir iespēja regulēt bāzes strāvu, pulsa frekvenci un pīķa strāvu (skat. metāla pārnesi ar pulsējošo loku).

Bāzes strāva jāizvēlas pēc iespējas mazāka, lai nenotiktu šķidrā metāla pārnese. Tanī pašā laikā loks nedrīkst nodzist.

Pīķa strāvai jānodrošina šķidrā metāla pārnese bez īsslēgumiem. Pārāk liela pīķa strāva izraisa izšļakstīšanos.

Pieaugot pulsa frekvencei, palielinās pilienu skaits. Metinot ar nelielu (20 – 50 Hz) frekvenci, tiek piepūlētas metinātāja acis loka raustīšanās dēļ.

Konkrētie pulsējošā loka parametri jāpiemeklē eksperimentālā ceļā.

Pēdējā laikā vadošās iekārtu firmas piedāvā jauna tipa pulsējošu loku: *pulse-on-pulse* vai *double pulse*. Šinī veidā uz pamatimpulsa tiek uzlikts vēl viens impulss, kā arī sinhroni ar loka maiņu mainās arī stieples padeves ātrums. Rezultātā vēl precīzāk tiek kontrolēts siltuma daudzums, kas tiek ievadīts šuvē. Tas ir sevišķi svarīgi, metinot alumīniju un plānas tērauda loksnes.

5.4.15. MIG lodēšana (MIG brazing)

Bieži aizsardzībai pret koroziju tērauda detaļas pārklāj ar cinku. Metinot šādus izstrādājumus, rodas grūtības – cinks iztvaiko. Cinka tvaiki un oksīdi rada poras, ieslēgumus un aizsargslānis tiek sagrauts.

Piedāvātā tehnoloģija paredz pamatmetāla neizkausēšanu, kūst tikai piedevu stieple, kas izgatavota no kapara (lodēšanas princips). Šuve ir ar mazāku stiprību, bet korozijnoturīga (tās sastāvs līdzīgs misiņam). Metināšanas iekārtai jābūt ar iespēju veidot pulsējošo loku.

5.4.16. Iekārtas darbam bez aizsarggāzes – MOG (Metal–Open arc–Gas)

Montāžas darbos aizvien vairāk sāk lietot pašaizsargājošās pulverstieples. Dažas firmas šim nolūkam ražo pusautomātus bez gāzes padeves bloka. Iekārta kļūst vienkāršāka, vieglāka un lētāka. Šo iekārtu tālāko pielietojumu noteiks pašaizsargājošo pulverstiepļu cenas.

6. MIG / MAG metināšanas tehnoloģija

6.1. Iekārtas sagatavošana darbam 64

6.2. Metināšanas tehnika 66

6.3. Iekārtas aprūpe 70

6.1. Iekārtas sagatavošana darbam

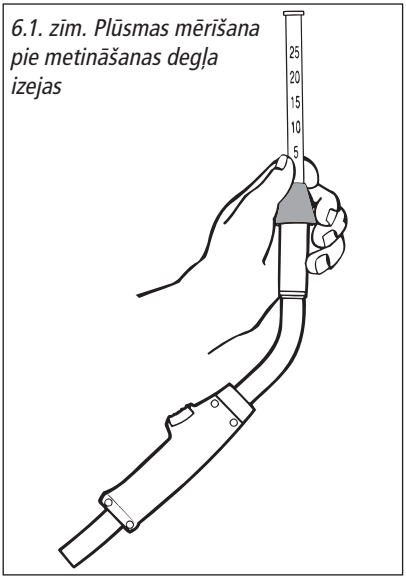
Pirms metināšanas uzsākšanas jāizvēlas un uz iekārtas jāuzstāda šādi parametri:

1. Atbilstoši metināmajam materiālam (ķīmiskais sastāvs, biezums, savienojuma veids, malu apstrāde) jāizvēlas stieples marka un diametrs.

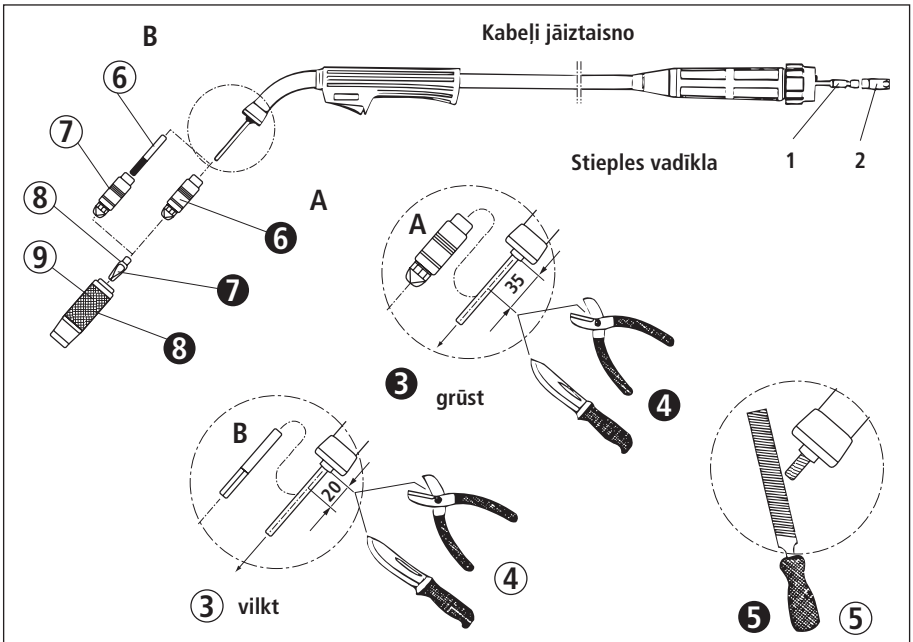
Ja stieple jāmaina, tā pareizi jāiemontē padeves sistēmā, nomainot vajadzības gadījumā vadīklu, virzītājcaurules, padeves rullīšus un strāvas dīzi (6.2. zīm.).

2. Jāizvēlas aizsarggāzes veids un jāieregulē tās plūsma.

Svarīgi: tabulās uzrādītie plūsmas lielumi ir doti, gāzei izejot no sprauslas, nevis no reduktora. Tāpēc periodiski jākontrolē savienojumu blīvums un jāmēra plūsmas lielums degļa galā (6.1. zīm).



6.1. zīm. Plūsmas mērīšana pie metināšanas degļa izejas



6.2. zīm. Stieples vadīklas un stieples montāža

3. Jāiestata metināšanas spriegums un stieples padeves ātrums.

Stieples padeves ātrums tieši saistīts ar strāvas stiprumu (iestatot noteiktu stieples padeves ātrumu, tiek ieregulēts arī strāvas stiprums).

Ja nav pārliecības, ka uz aparāta iestādītais lielums ir pareizs (rullīši izslīd, skala nobīdīta), to var pārbaudīt šādi:

– ieslēgt padeves mehānismu un padot stiepli 15 sekundes;

– izmērīt izvirzītās stieples garumu;

– sareizināt garumu ar 4;

– iegūtais rezultāts ir faktiskais stieples padeves ātrums m/min.

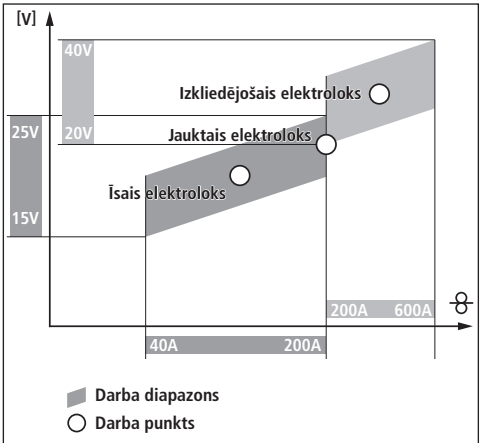
Atkarībā no loka jaudas (loka sprieguma un strāvas stipruma reizinājuma) darba punkts atrodas īsā elektroloka zonā, kur metāla pārnese notiek ar īsslēgumiem, vai arī izkliedētā elektroloka zonā, kur metāla pārnese notiek strūklas veidā (6.3. zīm.).

Starp spriegumu un stieples padeves ātrumu (strāvas stiprumu) jābūt noteiktai sakarībai, lai darba punkts atrastos darba zonā. Izejot ārpus darba zonas, loks degs nestabili un veidosies nepareizas formas šuve, kā tas parādīts zīmējumā 6.4.

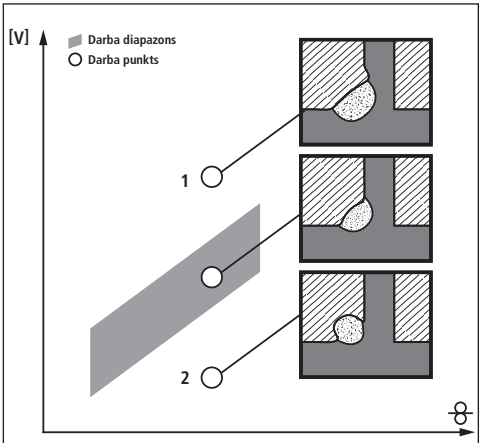
4. Jāieregulē ķēdes induktivitāte.

Vajadzīgais regulējums ir atkarīgs no aizsarggāzes tipa un metināšanas parametriem. Maza induktivitāte (mazs droseles iespaids) rada paaugstinātu izšļakstīšanos, bet stabilu loka aizdegšanos pēc īsslēgumiem. Rezultātā – veidojas nelīdzena (zvīņaina) šuves virspuse.

Liela induktivitāte (liels droseles iespaids) rada samazinātu izšļakstīšanos, bet loks pēc īssavienojumiem aizdegas lēnāk. Rezultāts – gludāka šuves virspuse.



6.3. zīm. Elektroloka veidi atkarībā no loka jaudas



6.4. zīm. Šuves formas izmaiņa, izejot ārpus darba zonas: 1 – pārāk liels spriegums, 2 – pārāk zems spriegums

6.2. Metināšanas tehnika

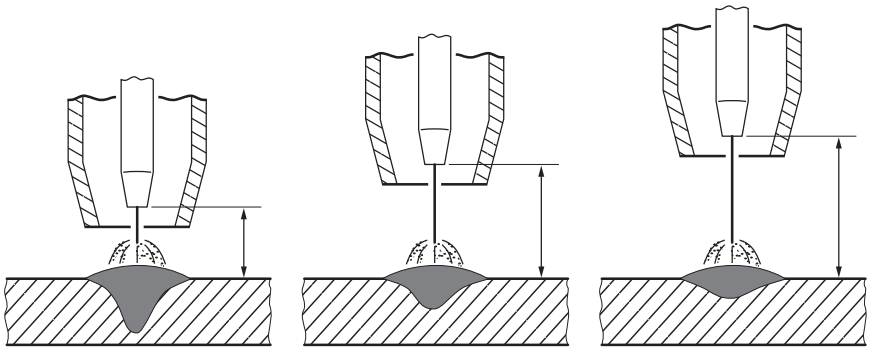
Metināšanas laikā metinātājs patstāvīgi izvēlas metināšanas ātrumu (pusautomātiskajā metināšanā), attālumu no sprauslas līdz detaļu virsmai (loka garumu) un degļa nolieces leņķi.

Izvēloties metināšanas ātrumu, metinātājam ir jāseko, lai veidotos pareizas ģeometriskas formas šuve. Pārāk liels metināšanas ātrums dos šauru šuvi ar šuves saknes necaurmetinājumu. Savukārt pārāk mazs metināšanas ātrums rada daudz izkausētā metāla, kas virzās lokam pa priekšu.

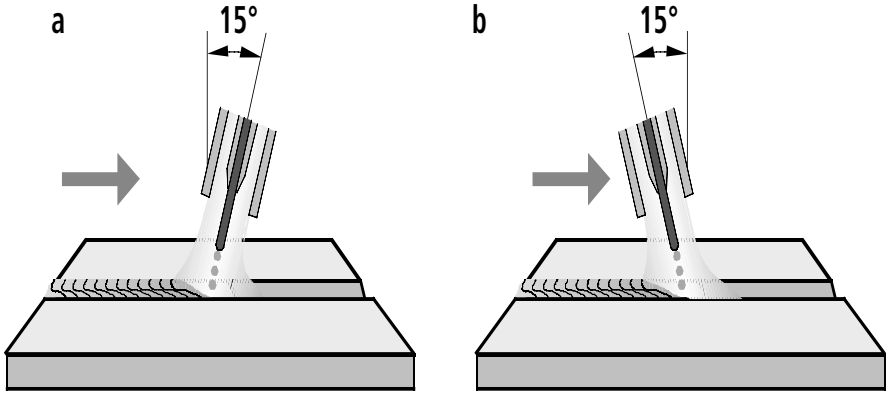
Loka garums jātur nemainīgs, lai nodrošinātu nemainīgu siltuma daudzuma pievadīšanu metālam.

Pareizas sprauslas attālums no metināmās virsmas ir 10 – 20 mm, izmantojot kompakto stiepli, un 15 – 20 mm, izmantojot pulverstiepli.

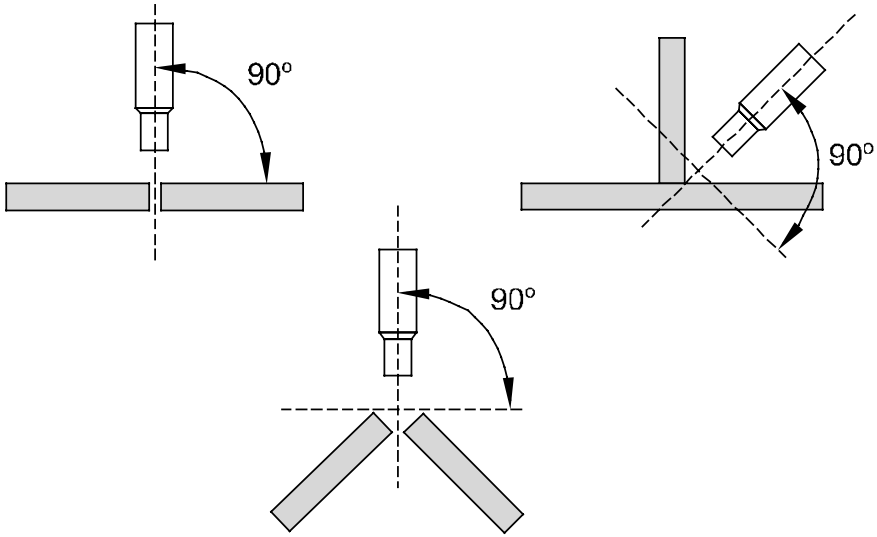
Izmainot kontaktuzgaļa attālumu no metināmās virsmas, pie pārējiem nemainīgiem parametriem mainīsies šuves forma (6.6. zīm.).



6.6. zīm. Šuves formas izmaiņa, izmainot degļa attālumu no metināmās virsmas



6.7. zīm. Degļa sagāzuma leņķis:
a – metināšana atpakaļ, b – metināšana uz priekšu



6.8. zīm. Degļa stāvokļi atkarībā pret metināšanas virzienu

6.2. Metināšanas tehnika

Metināšanas degli parasti nedaudz noliec metināšanas virzienā. Šis sagāzuma leņķis ir 5 – 15°. Parasti degli sagāž tā, lai sametinātā šuve paliktu aiz degļa. Šādu metināšanas paņēmienu sauc par metināšanu atpakaļ (6.7.a. zīm.). Dažreiz to sauc arī par aizmugures metināšanu. Šādu veidu lieto vidēju un biezu lokšņu metināšanā, jo ļauj labāk izkausēt šuves sakni. Metinot plānas loksnes, degli sagāž uz sametināto šuvi (metināšana uz priekšu) (6.7.b. zīm.).

Visos gadījumos degļa leņķim jābūt perpendikulāram metināšanas virzienam (6.8. zīm.).

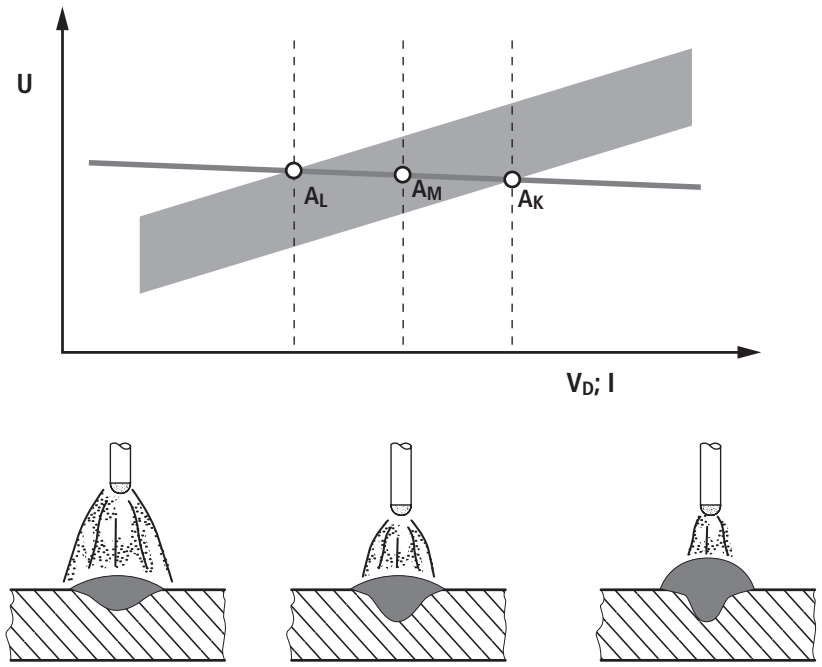
Šuves formu iespējams izmainīt, neizejot ārpus darba zonas. Šinī gadījumā pie nemainīga sprieguma uzstādījuma jāmaina stieples padeves ātrums (strāvas stiprums). Stieples padeves ātruma palielināšana pie nemainīga sprieguma izraisa (6.9. zīm.):

1. loka garuma samazināšanu;

2. strāvas stipruma pieaugumu;

3. šuves formas izmaiņu (caurkausējuma palielināšanu);

4. izkausētā metāla daudzuma palielināšanu.



6.9. zīm. Šuves formas izmaiņas, mainot stieples padeves ātrumu pie nemainīga sprieguma

Izstrādātie metināšanas parametri tiek apkopoti metināšanas procesa specifikācijā (WPS), kas ir metinātāja darba dokuments

METINĀŠANAS PROCESA SPECIFIKĀCIJA (**WPS**)
(saskaņā ar standartu **LVS EN ISO 15609 – 1:2005**)

Atrašanās vieta: _____
Metināšanas procesa specifikācija: _____
Ražotāja WPQR Nr.: _____
Ražotājs: _____
Metināšanas process: _____
Savienojuma tips: _____
Metināšanas stāvoklis: _____
Malu sagatavošanas veids: _____

Eksaminētājs vai eksaminācijas institūcija: _____
Sagatavošanas un attīrīšanas metode: _____
Pamatmateriāla specifikācija: _____
Materiāla biezums **t**, [mm]: _____
Caurules ārējais diametrs **D**, [mm]: _____
Atstarpe starp detaļām **b**, [mm]: _____

ŠUVES SAGATAVOŠANAS ELEMENTI (SKICE)*):

Savienojuma zīmējums	Metināšanas secība

METINĀŠANAS ELEMENTI

Gājiens	Process	Piedevas materiāla izmērs [mm]	Strāvas stiprums [A]	Spriegums [V]	Strāvas tips/ polaritāte	Stieples padeves ātrums [m/min]*)	Gājiena garums/ ātrums [m/min]*)	Siltuma enerģija uz garuma vienību [KJ/mm]*)

Piedevas materiāls:
apzīmējums: _____
tirdzniecības nosaukums un ražotājs: _____
Jebkura speciāla karsēšana vai žāvēšana: _____
Gāze / kušņi:
Aizsargāšana no virspuses: _____
Aizsargāšana no saknes puses: _____
Gāzes plūsmas ātrums:
Aizsargāšana no virspuses: _____
Aizsargāšana no saknes puses: _____
Volframa elektroda tips/ izmērs: _____
Saknes izciršanas elementi / paliktnis: _____
Iepriekšējās uzsildīšanas temperatūra: _____
Starpgājienu sildīšanas temperatūra: _____
Termiskā apstrāde pēc metināšanas un / vai vecošana: _____
Laiks, temperatūra, metode: _____
Sildīšanas un dzesēšanas ātrums*): _____

Cita informācija*), piem.:
Šķērskustība (maksimālais gājiena platums): ____
Svārstības: amplitūda, frekvence, pārtraukuma laiks: ____
Attālums līdz strāvas noņēmējam: _____
Uzgaļa diametrs: _____
Stieples elektrodu daudzums: _____
Degļa leņķa slīpums: _____
Metāla pārnesuma veids: _____

*) **Ja ir prasīts**

Ražotājs: _____
(Uzvārds, datums un paraksts)

Eksaminētājs vai eksaminācijas institūcija: _____
(Uzvārds, datums, paraksts)

6.3. Iekārtas aprūpe

Metināšanas iekārtai jābūt ne tikai pareizi noregulētai, tā arī jāuztur kārtībā darba laikā un regulāri jāaprūpē.

1. Strāvas avots reizi gadā (putekļainās telpās biežāk) jāizpūš ar sausu gaisu. Tāpat jāpārbauda un nepieciešamības gadījumā jāpievelk vadu savienojumi.
2. Kontaktgredzens (dīze) ir regulāri jāmaina, tiklīdz urbums izdilst un kļūst vājāks kontakts starp dīzi un stiepli. Tas rada strāvas svārstības un tā rezultātā – nekvalitatīvu šuvi.
3. Regulāri jātīra gāzes sprausla. Aizsērējusi gāzes sprausla samazina gāzes plūsmu, kas izraisa porainību. Lai izvairītos no pārāk biežas šļakatu pielipšanas, jālieto speciālas pastas vai aerosols.
4. Mainot stieples spoli, jāiztīra padeves rullīši un jāizpūš stieples vadīkla. Vadīkla jāizpūš virzienā uz metināšanas degli.
5. Regulāri jāpārbauda iespējamās noplūdes gāzes padeves sistēmā.

Metināšanas iekārtu pasēs parasti ir norādīts, kādi darbi ir jāveic katru dienu, kādi – profilaktiskajās apskatēs, kā arī ir norādīts, kā jāveic iekārtu utilizācija – Eiropas Savienības direktīva 2002/96/ES.

7. Metināšanas metalurģisko procesu pamati

7. Metināšanas metalurģisko procesu pamati 72

7.1. Loka metināšanas galvenie metalurģiskie procesi 73

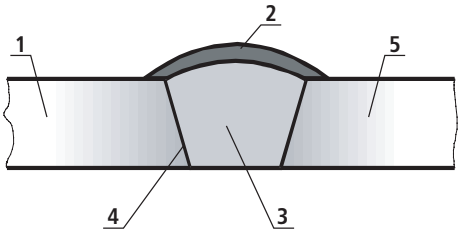
7.2. Šuves metāla kristalizācija 74

7.3. Termiskās ietekmes zona 75

7.4. Metālu metināmība 76

7. Metināšanas metalurģisko procesu pamati

Metināšanas procesā notiek pamatmetāla malu apkausēšana, piedevu metāla (stieples) izkausēšana, šķidrā metāla vannas izveidošanās un šuves kristalizācija (sacietēšana). Metināšanas laikā notiek šķidrā metāla ķīmiskā sastāva izmaiņas un kristalizācijas procesā izveidojas jauna, no pamatmetāla atšķirīga struktūra. Šķidrā metāla vannai blakus esošajā zonā, metālam sakarstot un atdziestot, izmainās tā struktūra (iekšējā uzbūve) (7.1. zīm.).



7.1. zīm. Metināta savienojuma uzbūve

1 – pamatmetāls, 2 – sacietējušie sārņi, 3 – sametinātā šuve, 4 – sakusuma zona, 5 – termiskā iespaida zona.

Pamatmetāls: bez izmaiņām.

Termiskā iespaida zona: tāds pats ķīmiskais sastāvs kā pamatmetālam, bet izmainīta struktūra.

Sametinātā šuve: piedevu metāla un pamatmetāla sakausējums ar atšķirīgu ķīmisko sastāvu un jaunizveidotu struktūru.

** Literatūrā termiskā iespaida zonu parasti apzīmē saīsināti: TIZ – latviski, 3TB – krieviski, HAZ – angliski*

Metalurģiskie procesi notiek visā metināšanas laikā: stieples kušanas periodā, šķidrā metāla piles ceļā caur loka zonu un pašā metināšanas vannā. Atšķirībā no tiem procesiem, kuri norit tērauda kausēšanas agregātos, metināšanas metalurģiskie procesi raksturīgi ar nelielu izkausētā metāla daudzumu, augstu tā temperatūru, intensīvu šķidrā metāla maisīšanu un lielu atdzesēšanas ātrumu.

Šādos apstākļos notiek aktīva šķidrā metāla un apkārtējās gāzes vides mijiedarbība. Turklāt ķīmiskās reakcijas parasti nenotiek līdz galam un nemetāliskiem ieslēgumiem, oksīdiem un gāzēm grūti izkļūt no šķidrā metāla vannas.

Metalurģisko procesu rezultātā notiek šuves metāla oksidēšana un reducēšana, leģēšana, gāzu šķīšana šķidrajā metālā un gāzu izdalīšanās. Šo procesu kopums nosaka galarezultātu – metinātās šuves ķīmisko sastāvu un īpašības.

Tātad – galarezultātu nosaka ne tikai pamatmetāla un stieples ķīmiskais sastāvs, bet lielā mērā arī metalurģiskie procesi, kuri notiek metināšanas laikā.

7.1. Loka metināšanas galvenie metalurģiskie procesi

Fe
FeO

7.1.1. Gāzu disociācija

Disociācija – savienojumu sadalīšanās atomos vai sastāvdaļās. Metināšanas laikā augstās temperatūras ietekmē vispirms notiek gāzu molekulu sadalīšanās. Piemēram:

$$O_2 \leftrightarrows 0+0$$
$$CO_2 \leftrightarrows CO+0$$

Atrodoties atoma stāvoklī, gāzes kļūst ķīmiski aktīvas un, reaģējot ar izkausēto metālu, strauji pazemina tā kvalitāti.

7.1.2. Metāla oksidēšanās

Skābeklis ir viskaitīgākais piemaisījums, jo tas oksidē dzelzi, izveidojot ķīmiskus savienojumus – oksīdus (FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4). Dzelzs oksidējas, ja uz to iedarbojas skābeklis, ūdens tvaiki, gāze un rūsa.

Vislielākās briesmas šuves kvalitātei rada FeO, kurš spējīgs izšķīst dzelzī. Tā kušanas temperatūra ir zemāka nekā dzelzij, tāpēc, šuvei sacietējot, tas kristalizējas pēdējais un paliek kā starpslānis uz graudu robežām, kas krasi pazemina šuves metāla plastiskās īpašības. Pārējie oksīdi (Fe_2O_3 un Fe_3O_4) dzelzī nešķīst, un, ja tie nepaspēj iziet šuves virspusē, tad paliek šuvē sārņu ieslēgumu veidā.

Metināšanas laikā oksidējas arī ogleklis, silīcijs un mangāns. Oksidējoties tie samazina attiecīgā elementa daudzumu šuvē un var palikt šuvē ieslēgumu veidā.

Skābekļa daudzuma pieaugums pazemina šuves metāla kvalitāti, tāpēc jādara viss, lai pazeminātu tā daudzumu šuvē, aizsargājot metināšanas zonu no apkārtējā gaisa iedarbības.

7.1.3. Metāla dezoksidācija (reducēšana)

Metināšanas procesā lietotie aizsargpasākumi (gāzes plūsma) ne vienmēr pilnībā aizsargā šuvi no apkārtējā skābekļa iedarbības. Tādēļ skābeklis jāizvada no šuves – jāveic tās dezoksidācija (reducēšana). Par reducēšanu sauc dzelzs atbrīvošanu no skābekļa. Skābekli saista ar elementiem, kuri veido nešķīstošus savienojumus, kas pāriet sārņos.

Oskidācija un dezoksidācija ir viena un tā paša ķīmiskā procesa pretējie virzieni:

$$FeO + R \leftrightarrows RO + Fe$$

kur R – reducētājs

Par reducētājiem izmanto elementus, kuri metināšanas apstākļos saista skābekli stiprāk nekā dzelzs. Parasti izmanto silīciju (Si), mangānu (Mn), titānu (Ti), alumīniju (Al), oglekli (C), kurus metināšanas vannā ievada ar stiepli. Piemēram:

$$FeO + Mn \leftrightarrows Fe + MnO$$

7.1.4. Šuves metāla leģēšana

Šuvi leģē (ievada šuves metāla sastāvā papildus elementus), lai uzlabotu tās mehāniskās īpašības, kā arī lai veidotos šuve ar noteiktu ķīmisko sastāvu.

Leģējošos elementus ievada stieples sastāvā. Metināšanas laikā šie elementi, kūstot pilnīgi vai daļēji, papildina šuves metālu, izmainot tā ķīmisko sastāvu.

7.2. Šuves metāla kristalizācija

Par kristalizāciju sauc graudu veidošanos izkausētā metālā, tam pārejot no šķidra stāvokļa cietā.

Piedevu metāla un pamatmetāla attiecība šuvē ir atkarīga no kušanas ātruma, šķidrā metāla vannas tilpuma u.c. faktoriem. Pamatmetāla daudzums šuvē parasti ir no 30 – 70%.

Kristalizācijas procesā vispirms izveidojas kristalizācijas centri un tālāk notiek kristālu augšana ap šiem centriem. Jo straujāk metāls atdziest, jo izveidojas vairāk kristalizācijas centru un smalkgraudaināks ir metāls.

Jo tīrāks ir izkausētais metāls, jo labākas ir tā mehāniskās īpašības, tāpēc ka piemaisījumi sacietējot novietojas pa graudu robežām, tā pazeminot metāla stiprību un plastiskumu.

Piemaisījumu novietojumu ietekmē arī šuves forma. Parasti platās šuvēs ieslēgumi iespiežas virspusē, šaurās – bieži paliek starp graudiem.

Tēraudu metināšanā šuves metāla ķīmiskais sastāvs nav viendabīgs. Kristalizācijas procesa beigās izveidojušies posmi ir vairāk piesārņoti – nekā pirmie sacietējušie posmi.

Šuves metāla pētīšana ar nolūku atklāt tā uzbūvi un iespējamos defektus notiek ar speciālu paraugu (šlifu) palīdzību, kurus izgatavo, šuvi sagriežot šķērsvirzienā vai garenvirzienā.

Izšķir jēdzienus makrostruktūra un mikrostruktūra. Par makrostruktūru sauc šuves metāla uzbūvi, kas redzama bez palielinājuma vai arī ar nelielu (10x) palielinājumu.

Mikrostruktūra raksturo šuves un termiskā iespaida zonas uzbūvi, kas iegūta ar metalografisko mikroskopu palīdzību ar palielinājumu 300 ÷ 400x un vairāk.

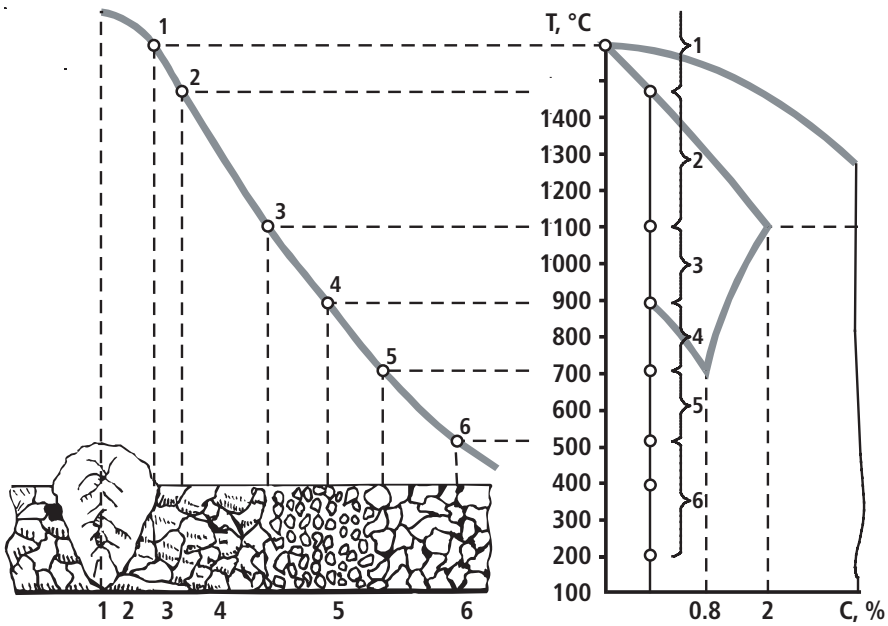
7.3. Termiskās ietekmes zona

Starp šuves metālu, ko sauc arī par uzkausēto metālu un pamatmetālu atrodas sakusuma zona (1) (7.2. zīm.). Ja šuves un pamatmetāla graudi labi saauguši, šuvei ir maksimāla izturība. Sakusuma zonas izmēri ir ļoti niecīgi un bieži pat, aplūkojot mikroskopā, tā saplūst ar šuves robežu.

Otro un trešo zonu veido pamatmetāls, kas metināšanas procesā sakarsis līdz 1100 – 1500°C. Šajās zonās novērojama metāla graudu augšana, tādēļ mehāniskās īpašības parasti ir nedaudz zemākas. Seko pārkristalizācijas zona (3), ko veido pamatmetāls, kas sakarsis līdz 900 – 1100°C, ar smalkgraudainu struktūru un labām mehāniskām īpašībām. Pēdējā zona, kur saskatāmas struktūru izmaiņas, ir nepilnās rekristalizācijas zona (5) ar rupjgraudaināku struktūru. Šinī zonā metāls sakarst līdz 300 – 700°C. Tālāk seko pamatmetāls ar neizmainītu struktūru (6).

Metinot struktūras maiņa termiskās ietekmes zonā gandrīz vienmēr pasliktina metāla mehāniskās īpašības. Tāpēc, veicot metināšanu, jāievēro struktūras iespējamās izmaiņas zonā, kas atrodas blakus šuvei, un jāveic pasākumi, lai iegūtu labvēlīgāku struktūru. Katram metinātam savienojumam jāizvēlas racionālākā metināšanas tehnoloģija. Tā var būt diezgan sarežģīta, jo, iespējams, jāveic iepriekšējā sakarsēšana, pēcmetināšanas termiskā apstrāde u.c. operācijas, taču nodrošina maksimāli iespējamās mehāniskās īpašības.

7.2. zīm. Termiskās ietekmes zonas, metinot mazoglekļa tēraudus



7.4. Metālu metināmība

Metināmība ir metālu un to sakausējumu spēja metināšanas procesā veidot savienojumus ar noteiktām mehāniskām u.c. īpašībām. Metināmība atkarīga no sakausējumu ķīmiskā sastāva, tā fizikālajām īpašībām, metināšanas tehnoloģijas, izstrādājuma konfigurācijas u.c.

Metināmībai vienota rādītāja nav, tai ir komplekss raksturs, galvenokārt to raksturo metāla īpašības.

Tēraudu metināmību visspēcīgāk iespaido oglekļa un leģējošo elementu daudzums tajā. Lai varētu salīdzināt ķīmiskā sastāva ziņā atšķirīgus tēraudus, lieto jēdzienu – ekvivalentais oglekļa daudzumus šuvē, kur visu leģējošo elementu ietekmi pielīdzina ogleklim.

Tēraudus pēc metināmības pieņemts iedalīt 4 grupās:

1. *Labi metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} <0,25%, kuri labi metinās bez ierobežojumiem. Pie šīs grupas pieskaita 1. grupas tēraudus pēc ISO 15608.
2. *Apmierinoši metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} līdz 0,35%. Parasti, metinot šos tēraudus, virs 0°C nav jāievēro speciāli nosacījumi, taču pie pazeminātas temperatūras nepieciešama iepriekšēja uzkarsēšana un lēna atdzesēšana.
3. *Ierobežoti metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} līdz 0,45%, kuriem ir tieksme rūdīties, metinot ar vienkāršoto tehnoloģiju. Metinot šos tēraudus, jāveic iepriekšēja sakarsēšana un metinātā savienojuma termiskā apstrāde pēc metināšanas.
4. *Slikti metināmie* – tēraudi ar C_{ekv} virs 0,45%. Šiem tēraudiem parasti tiek izstrādāta speciāla metināšanas tehnoloģija atkarībā no ķīmiskā sastāva.

Metināto konstrukciju izgatavošanai parasti nerekomendē tēraudus ar Cekv virs 0.45%.

$$Cekv = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Ni + Cu}{15} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5}$$

8. Spriegumi un deformācijas

8.1. Vispārīgas ziņas 78

8.2. Spriegumu un deformāciju rašanās 79

8.3. Pasākumi spriegumu un deformācijas samazināšanai 80

8.1. Vispārīgas ziņas

Lai spriestu par metālu izturību ārējo slodžu iedarbības rezultātā ekspluatācijas apstākļos, jāzina metālu tehniskās īpašības, t.i., spēja pretoties deformācijai vai sagraušanai, ko izraisa ārējie spēki, kurus pieņemts saukt par ***slodzi***.

Pēc darbības rakstura slodzi iedala ***statiskā*** un ***dinamiskā*** slodze.

Par ***statisku slodzi*** sauc tādu slodzi, kas lēni pieaug līdz kādai maksimālai vērtībai un pēc tam paliek nemainīga vai mainās tikai nedaudz.

Par ***dinamisku slodzi*** sauc tādu slodzi, kura rodas trieciena rezultātā, tās darbības ilgumu mēra sekundes daļās.

Materiālu ***mehāniskās īpašības*** raksturo šādi rādītāji: stiprība, plastiskums, elastība, cietība un stigrība.

Stiprība

Stiprība ir materiāla spēja pretoties ārējiem spēkiem nesagrūstot.

Plastiskums

Par plastiskumu sauc materiāla spēju deformēties ārējo spēku iedarbībā un saglabāt iegūto formu pēc slodzes noņemšanas.

Elastība

Par elastību sauc materiāla spēju ieņemt sākotnējo formu pēc ārējās slodzes darbības izbeigšanās.

Cietība

Par cietību sauc materiāla spēju pretoties cita cietāka ķermeņa iespiešanai tajā.

Stigrība

Par stigrību sauc materiāla spēju pretoties triecienveida slodžu iedarbībai. Stigrība ir pretēja īpašība trauslumam. Stigrība ir svarīga materiāla īpašība tādām detaļām, kas darbības procesā pakļautas īslaicīgām triecienveida slodzēm.

Spriegums un deformācija

Par deformāciju sauc ķermeņa formas un izmēru izmaiņas, kas rodas pielikto slodžu iedarbības rezultātā. Deformācijas, kas pēc slodzes noņemšanas izzūd (materiāls ieņem sākotnējo formu un izmērus), sauc par elastīgām deformācijām. Deformācijas, kas paliek pēc slodzes noņemšanas (materiāls saglabā iegūto formu), sauc par paliekošām vai plastiskām deformācijām.

Izšķir šādus deformācijas pamatveidus: stieple, spiede, vērpe, cirpe un liece.

Spriegums ir spēks, kas attiecināts uz šķērsgriezuma laukumu. Parasti spriegumu izsaka ņūtonos (N) uz kvadrātmilimetru (mm^2).

8.2. Spriegumu un deformāciju rašanās

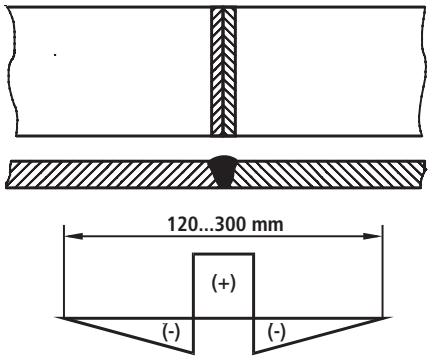
Metālu sakarsējot, notiek tā strukturālas izmaiņas – palielinās tilpums. Sakarsētie iecirkņi cenšas palielināt savus izmērus, kam pretojas blakus esošie nesakarsētie iecirkņi. Rezultātā – metālā rodas iekšēji spriegumi, kas noved pie deformāciju rašanās. Par iekšējiem spriegumiem sauc spriegumus, kas veidojas izstrādājumos bez ārējo spēku pielikšanas.

Iekšējos spriegumus iedala izzūdošos un paliekošos. Ja spriegumi karsēšanas procesā nepārsniedz tecēšanas robežu, tie izzūd pēc izstrādājuma atdzišanas. Paliekošie spriegumi paliek izstrādājumā.

Parasti, metinot plāksnes, pēc metināšanas šuvē rodas paliekoši stiepes spriegumi, bet blakus esošajā zonā – spiedes spriegumi (12.4. zīm.).

Jo vienmērīgāka ir šuves atdzišana visā tās garumā, jo mazāki ir paliekošie spriegumi metālā un mazāka deformācija. Lai to panāktu, veic iepriekšēju metināmo mezglu sakarsēšanu un lēnu atdzesēšanu pēc metināšanas.

Tā kā metinot pilnībā izvairīties no spriegumu un deformāciju rašanās nav iespējams, ir izstrādāta virkne konstruktīvu un tehnoloģisku paņēmienu to samazināšanai.



8.1.zīm. Sadursavienojumā paliekošo spriegumu sadalījums

8.3. Pasākumi spriegumu un deformāciju samazināšanai

Metināšanas deformāciju samazināšanas metodes iedala konstruktīvos pasākumos (izveido tādu sametināmo elementu izvietojumu, kas rada vismazākās deformācijas), tehnoloģiskos pasākumos (optimālie metināšanas režīmi un pareiza šuvju uzlikšanas secība) un pasākumos pēc metināšanas – aukstā un karstā labošana.

Sametinātās konstrukcijas atlaidināšana termiskās krāsnīs

Šī metode paredzēta nelielām detaļām, kuras var ievietot krāsnīs. Detaļas sakarsē līdz 600 – 650°C, iztur šajā temperatūrā un atdzesē gaisā. Pēc termiskās apstrādes iekšējie spriegumi gandrīz pilnīgi izzūd.

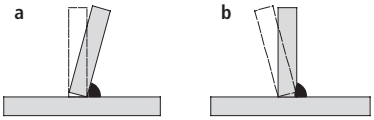
Var veikt arī vietējo atlaidināšanu, sakarsējot atsevišķus sametinātos iecirkņus ar gāzes liesmu.

Šuvju kaldināšanas metode novērš paliekošos spriegumus un vienlaicīgi samazina deformācijas. Kaldināšanu jāveic karstā stāvoklī, lai neveidotos uzkalde.

Daži praktiski piemēri metināto savienojumu paliekošo spriegumu un deformāciju samazināšanai:

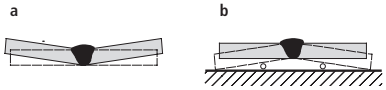
1. Izvēloties materiālu metinātai konstrukcijai un piedevu materiālu, jācenšas lietot tādus metālus, kas gaisā nerūdās un dod pietiekami plastisku šuves metālu.

8.2.zīm. Pretējo deformāciju izmantošanas piemēri



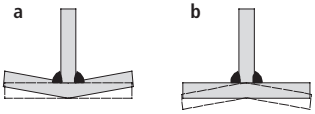
a) Metinot T - veida savienojumus, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki noliec plāksni uz šuves pusi.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), pirms metināšanas plāksni var noliekt pretējā virzienā, lai kompensētu saraušanos.



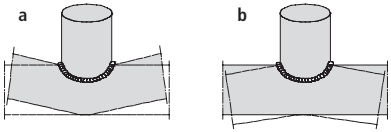
a) Metinot sadursavienojumu brīvi novietotām plāksnēm un gadījumos, kad sakarsētā zona augšpusē ir platāka nekā metinājuma apakšpusē, plāksnes tiek vilktas uz augšu.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), plāksnes var novietot slīpi, lai kompensētu saraušanos.



a) Metinot T - veida savienojumu, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki velk plāksnes sānus uz augšu.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu (a zīm.), plāksnes malas var noliekt uz pretējo pusi, lai kompensētu saraušanos.



a) Ja caurulei piemetina atzaru, kā parādīts zīmējumā, saraušanās spēki saliec cauruli atzara virzienā.

b) Lai neitralizētu saraušanās efektu, (a zīm.), cauruli var saliekt pretējā virzienā, lai kompensētu saraušanos.

2. Konstrukcijas jācenšas sametināt pa daļām. Beigās sametina jau gatavus mezglus. Tas samazina nevēlamo ietekmi, kas rodas, ja detaļas ir savstarpēji saistītas ar metinātām šuvēm.

3. Lietot galvenokārt saduršuves, jo tās rada mazāko spriegumu koncentrāciju.

4. Nepieļaut metināmo šuvju koncentrāciju krustošanos.

5. Ievērot pareizu šuvju metināšanas secību. Metināšanas laikā detaļām jābūt brīvā stāvoklī. Metinot vairākas loksnes ar garenšuvēm un šķērsšuvēm, vispirms jāmetina visas šķērsšuves un pēc tam garenšuves. Tādējādi loksnes nebūs savstarpēji saistītas un metinot varēs brīvi pārvietoties.

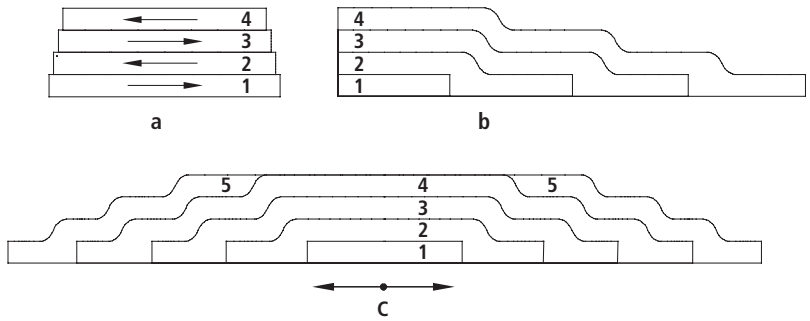
6. Izmantot pretējās deformācijas. Šajā gadījumā metināmās detaļas deformē pretēji tai, kāda sagaidāma metināšanā.

7. Izmantot izlīdzinošās deformācijas. Šajā gadījumā šuvju uzlikšanas secību izvēlas tā, lai katrā nākamajā šuvē rastos deformācijas, pretējas iepriekšējās šuves deformācijām.

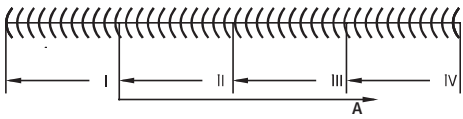
8. Metinot biezas loksnes, kad jālieto vairākkārtu šuve, izmantot kalniņa vai kaskādes metodi.

9. Garas šuves ieteicams metināt ar atpakaļkāpienu paņēmienu. Visu šuves garumu sadala atsevišķos posmos un katru posmu metina virzienā, kas pretējs kopējam metināšanas virzienam. Posma garumus izvēlas no 100 līdz 200 mm.

Kādu konkrētu paņēmienu (vai paņēmienus) izvēlēties, jānosaka aprēķinu un eksperimentālā ceļā (sērijveida ražošanā). Individuālajā ražošanā paņēmienu izvēle paliek metinātāja ziņā un ir pilnīgi atkarīga no viņa profesionālās meistarības.



8.3. zīm. Šuvju metināšanas secība vairākkārtu metināšanā:
***a** – pa sekcijām, **b** – kaskādes metode, **c** – kalniņa metode*



8.4.zīm. Atpakaļkāpiena šuves metināšanas secība

9. Neleģēto un mazleģēto tēraudu metināšana

9.1. Tēraudu sastāvs un īpašības 83

9.2. Tēraudu klasifikācija un marķēšana 84

9.3. Neleģēto un mazleģēto tēraudu metināšana..... 85

9.1. Tēraudu sastāvs un īpašības

Neleģēto konstrukciju tēraudi satur ne tikai dzelzi, bet arī oglekli (C) (līdz ~0,5%), mangānu (Mn), silīciju (Si) (zem 1%), sēru (S) un fosforu (P) (atkarībā no kvalitātes procentu desmitdaļās vai simtdaļās).

Šajos tēraudos mehāniskās īpašības visspēcīgāk izmaina ogleklis. Palielinoties oglekļa daudzumam tēraudā, pieaug tā stiprība un cietība (Rm; HRC), bet samazinās plastiskums un stigrība (A_5; KCV).

Palielinoties oglekļa daudzumam, pasliktinās tērauda metināmība.

Mangāns un silīcijs tādos daudzumos, kādā tie ir oglekļa tēraudos, metināmību neietekmē.

Sērs un fosfors ir kaitīgie piemaisījumi, kas pazemina tērauda mehāniskās īpašības un pasliktina metināmību (var rasties plaisas).

Lai izmainītu tēraudu mehāniskās īpašības, tajos ievada papildu elementus – molibdēnu (Mo), hromu (Cr), niķeli (Ni) u.c. vai paaugstina silīcija (Si) un mangāna (Mn) daudzumu virs 1%. Tādus tēraudus sauc par **leģētiem**. Ja leģējošo elementu summa tēraudā nepārsniedz 2,5%, tad tādus tēraudus sauc par **mazleģētiem**.

Nelielais leģējošo elementu daudzums metināmību iespaido maz un parasti metināšanas tehnoloģiju nosaka oglekļa daudzums metālā. Precīzāk to izsaka ekvivalentais oglekļa daudzums metālā (Cekv), kas visu leģējošo elementu ietekmi pielīdzina ogleklim.

$$Cekv = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Ni + Cu}{15} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5}$$

Metināto konstrukciju izgatavošanai parasti nerekomendē izmantot tēraudus, kuru Cekv ir lielāks par 0,45%.

9.2. Tēraudu klasifikācija un marķēšana

Saskaņā ar Eiropas standartiem tēraudu klasifikāciju veic pēc:

- ķīmiskā sastāva – neleģēti un leģēti tēraudi;
- kvalitātes – bāzes, kvalitatīvie un speciālie tēraudi;
- stiprības raksturojumiem;
- sēra un fosfora satura tēraudā;
- termiskās apstrādes veida.

Tēraudi var tikt apzīmēti pēc to pielietošanas un mehāniskām īpašībām vai arī saskaņā ar to ķīmisko sastāvu.

Piemēri:

1. ***S 275 J2 G2***
Bāzes vispārējās nozīmes konstrukciju tērauds ar minimālo tecēšanas robežu 275 N/mm^2; J2 triecienstigrība 27 J pie -20°C; G2 – mierīgais tērauds.

2. ***C20***
Kvalitatīvais konstrukciju tērauds: C=0.17–0.24%, Mn=0.35–0.65%, Si=0.17–0.37%, S<0.04%, P<0.035%.

3. ***15 Cr Mo V 13 - 9***
Leģētais tērauds, kura sastāvā neviens no leģējošiem elementiem nepārsniedz 5%; ar oglekļa saturu 0,15% (C = 15:100); hromu 3,25% (Cr = 13:4); molibdēnu 0,9% (Mo = 9:10) un nedaudz vanādija.

4. ***X 8 Cr Ni Mo 18 - 10***
Leģētais tērauds, kurā leģējošo elementu daudzums pārsniedz 5%, ar oglekļa saturu 0,08% (C = 8:100), hromu 18%, niķeli 10% un molibdēnu zem 1%.

9.3. Neleģēto un mazleģēto tēraudu metināšana

Neleģēto tēraudu metināšana ar MAG metodi pasaulē ir plašāk lietotais paņēmiens pasaulē.

Uzsākot metināšanu, jāizvēlas:

1. metināmo detaļu malu apstrāde;
2. stieples marka un tās diametrs;
3. aizsarggāzes sastāvs un tās patēriņš.

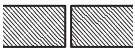
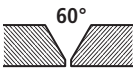
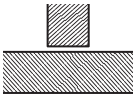
Uz iekārtas jāuzstāda nepieciešamais stieples padeves ātrums (kas saistīts ar strāvas stiprumu), loka spriegums un papildparametri, ko atļauj lietojamā iekārta.

Metināšanas laikā metinātājs pārvieto degli ar nepieciešamo ātrumu, ievērojot degļa slīpuma leņķus attiecībā pret sametināmo detaļu un degļa attālumu no sametināmās detaļas.

Parasti, uzsākot metināšanu, sākuma parametrus atrod pēc tabulām.

Izvēloties metināšanas parametrus, jāatceras, ka vienlīdz labus rezultātus dod dažādu parametru kombinācija. Metinātā savienojuma gala izmaksas noteiks galvenokārt stieples un gāzes patēriņš, to cenas kā arī metināšanas ātrums un nepieciešamā pēcapstrāde.

Tabula 9.1. Rekomendējamie metināšanas režīmi

Neleģētā tērauda metināšana ar MIG/MAG metodi, par aizsarggāzi izmantojot AGA MIX® 20								
	Plāksnes biezums (mm)	Sprauga (mm)	Stieples diametrs (mm)	Stieples patēriņš (kg/m)	Stieples padeves ātrums (m/min)	Strāvas stiprums (A)	Metināšanas ātrums (cm/min)	Spriegums (V)
	1	0	0,6	0,02	7,0	60	83	14
	2	1,0	0,8	0,03	6,8	110	83	16
	3	2,0	1,0	0,05	6,0	150	63	20 / 22
	6	2,0	1,2	0,085	8,5	205	50	22 / 26
	6	1,5	1,0	0,145	6,8 / 8,0	150 / 190	68 / 45	20 / 45
	10	2	1,2	0,239	6,0 / 24	150 / 340	38 / 60	20 / 34
	15	2	1,2	0,620	6,0 / 24	150 / 340	38 / 60	20 / 34
	20	3	1,6	1,450	6,0 / 12	200 / 430	44 / 450	20 / 38
	2	0	0,8	0,04	10 / 17	110	61 / 113	16
	4	0	1,0	0,078	7 / 13	180 / 280	54 / 99	22 / 34
	6	0	1,2	0,176	5 / 14	200 / 350	24 / 67	24 / 35
	12	0	1,2	0,673	5 / 14	200 / 350	7 / 17	24 / 35
	20	0	1,2	1,817	5 / 14	200 / 350	2,5 / 6,5	24 / 35

® AGA MIX – AGA AB reģistrēta preču zīme

10. Augstleģēto tēraudu metināšana

10.1. Augstleģēto tēraudu raksturojums 87

10.2. Metālu korozija 88

10.3. Augstleģēto tēraudu iedalījums pēc struktūras 89

10.4. Augstleģēto tēraudu metināšana 90

10.5. Vispārējie noteikumi augstleģēto tēraudu metināšanā 91

10.6. Šuves saknes aizsardzība 92

10.6. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle 93

10.1. Augstleģēto tēraudu raksturojums

Noturību pret apkārtējās vides iedarbību var panākt ievadot tēraudā leģējošos elementus, kuri veido ar dzelzi šķīdumus tādā daudzumā, ka lēcienveidīgi palielinās sakausējuma elektroķīmiskais potenciāls.

Šādā veidā tēraudiem rodas īpašības, kas parastajos sakausējumos nav novērojamas: pretošanās korozijai agresīvās vidēs, pretošanās oksidācijas procesam augstā temperatūrā, nemagnētiskums u.c. Šos tēraudus bieži literatūrā mēdz dēvēt arī par tēraudiem ar sevišķām īpašībām.

Augstleģētos tēraudus klasificē pēc dažādām pazīmēm, galvenokārt pēc leģēšanas sistēmas, struktūras un īpašībām.

Pēc leģēšanas sistēmas augstleģētos tēraudus iedala hromtēraudos, hromniķeļa, hrommangāna, hromniķeļmangāna, hrommangāna – slāpekļa tēraudos.

Pēc struktūras augstleģētos tēraudus iedala martensīta klases tēraudos, martensīta – ferīta klases tēraudos, ferīta klases tēraudos, austenīta – martensīta klases tēraudos, austenīta – ferīta klases tēraudos un austenīta klases tēraudos.

Pēc īpašībām augstleģētos tēraudus iedala korozijizturīgos (nerūsējošos) tēraudos, karstumnoturīgos (kvēles noturīgos) karstumstipros tēraudos.

10.1.1. Nerūsējošie tēraudi

Šie tēraudi ir noturīgi pret rūsēšanu dažādās vidēs (gaisā, ūdenī, gāzēs, sāļos, skābēs u. c.) Parasti šos tēraudus iegūst ievadot lētāko un efektīvāko leģējošo elementu – hromu, tā saturs nerūsējošos tēraudos ir virs 12%. Pretkorozijas pretestība rodas izveidojoties uz virskārtas plānai un blīvai hroma oksīda kārtiņai.

Labākas tehnoloģiskās īpašības un pretkorozijas pretestība ir hroma niķeļa tēraudiem (biežāk 18% Cr un 9% Ni). Šie tēraudi arī saglabā stiprību paaugstinātā temperatūrā.

10.1.2. Karstumizturīgie tēraudi

Šie tēraudi augstā temperatūrā tik pat kā neveido plāvu. Šo īpašību rada hroms, silīcijs un alumīnijs, veidojot blīvu oksīdu kārtiņu, kas aizsargā metālu no tālākas oksidēšanās.

10.1.3. Karstumstiprie tēraudi

Karstumstiprie tēraudi paaugstinātā temperatūrā saglabā savas mehāniskās īpašības. Galvenais leģējošais elements, kas nosaka stiprību, šajos tēraudos ir molibdēns.

10.2. Metālu korozija

Par koroziju sauc metālu un sakausējumu sagrūšanu ķīmiskās vai elektroķīmiskās iedarbības rezultātā.

Korozijas rezultātā uz metāla virsmas parādās korozijas produkti. Vienkāršākajā gadījumā tēraudiem tā ir rūsa, tāpēc arī radies nosaukums – nerūsējošie tēraudi.

Ķīmiskā korozija – sairšanas process gāzu iedarbības rezultātā. Vienkāršākais piemērs – gaiss, kura sastāvā esošais skābeklis veido oksīdus uz sakausējuma virskārtas. Ja oksīdu kārtiņa ir blīva, tad tālākā korozija tiek nobremzēta, ja irdena – process turpinās.

Elektroķīmiskā korozija – sairšanas process elektrolītu iedarbības rezultātā. Elektroķīmiskā korozija notiek sāļu, skābju un sārmu iedarbības rezultātā.

Ūdens ar piemaisījumiem arī ir elektrolīts, kurš izraisa koroziju.

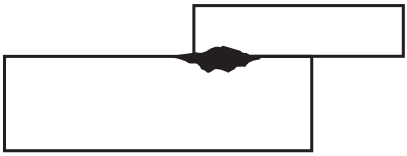
Pēc tā, kādā veidā korozija iedarbojas uz sakausējumu, izšķir:

Nepārtrauktā (vispārējā) korozija – tā aptver visu metāla virsmu.

Vietējā korozija – tā izpaužas atsevišķos iecirkņos. Izplatītākā ir punktveida korozija (*pittings*).

Starpkristāliskā korozija – tā izplatās pa metāla graudu robežām.

Nažveida korozija, lokāla korozija metināto savienojumu sakusuma vietā.



Sprieguma korozija – rodas, ja agresīvā vide iedarbojas vienlaicīgi ar slodzi.

10.3. Augstleģēto tēraudu iedalījums pēc struktūras

10.3.1. Austenīta augstleģētie tēraudi

Vairums augstleģēto tēraudu, kurus izmanto metināto konstrukciju izgatavošanai, ir ar austenīta struktūru. Pēc ķīmiskā sastāva parasti tie ir hroma – niķeļa tēraudi (izplatītākais – 18% Cr un 8% Ni). Hroma un niķeļa attiecība var mainīties, kā arī var tikt pievienoti citi leģējošie elementi.

Šie tēraudi ir raksturīgi ar zemu tecēšanas robežu un augstu stiprības robežu. Labas mehāniskās īpašības tie iegūst pēc termiskās apstrādes. Atlaidinātā stāvoklī tiem ir austenīta struktūra, kas nodrošina labas mehāniskās īpašības zemā temperatūrā.

Austenīta augstleģētiem tēraudiem ir augstāka pretošanās spēja korozijai nekā citiem augstleģētiem tēraudiem.

10.3.2. Ferītiskie augstleģētie tēraudi

Tiem ir raksturīgs augsts hroma saturs (14 – 27%), zems oglekļa daudzums, sastāvā ir titāns un alumīnijs, kā leģējošu elementu neizmanto niķeli. Mainoties temperatūrai, tie nemaina savu ferītisko struktūru, tādēļ nav nepieciešama termiska apstrāde. Temperatūras izmaiņas neietekmē tērauda magnētiskās īpašības. Tērauda pamatsastāvs ir C ≈ 0,12%; Cr ≈ – 18%; Mn ≈ 1%.

10.3.3. Martensīta augstleģētie tēraudi

Šajos tēraudos hroma saturs ir zemāks, bet oglekļa – augstāks nekā ferītiskos tēraudos. Sakarsējot izveidojusies martensīta struktūra paliek tāda pati dzesēšanas procesā, tā nodrošinot šiem tēraudiem augstu cietību un stiprību. Tēraudi ir magnētiski visos stāvokļos. Šos tēraudus parasti izmanto, kad nepieciešama abrazīvā noturība (žiletes, ķirurģiskie instrumenti).

10.3.4. Dupleksa (duplex) augstleģētie tēraudi

Šo tēraudu struktūra sastāv no ferīta un austenīta maisījuma. Lai iegūtu šādu struktūru ķīmiskajam sastāvam jābūt šādam: C ≈ 0,02 – 0,03%, Cr ≈ 21 – 27%, Ni ≈ 4 – 7%, Mn ≈ 1,5 – 2%, Mo ≈ 2 – 4%, Si ≈ 1%. Šiem tēraudiem ir augsta pretošanās spēja korozijai.

10.4. Augstleģēto tēraudu metināšana

Savienojumiem no augstleģētiem tēraudiem bez parastajām prasībām (stiprība, plastiskums, defektu minimums) tiek uzstādītas vēl papildprasības atkarībā no konstrukciju pielietojuma:

- nerūsējošiem tēraudiem – noturība pret visiem korozijas veidiem,
- karstumizturīgiem tēraudiem – noturība pret oksīdu veidošanos un starpkristālu koroziju,
- karstumstipriem tēraudiem – ilgstoša stiprība augstās temperatūrās, mikrostruktūras stabilitāte, pretošanās šļūdei u. c.

Vienu un to pašu augstleģēto tēraudu var izmantot dažādiem mērķiem. Tādā gadījumā metināšanas materiāli un tehnoloģijas būs dažādi.

Salīdzinot ar mazoglekļa tēraudiem, augstleģētiem tēraudiem ir 1,5 reizes lielāks izplešanās koeficients un 1,5 – 2 reizes mazāks siltumvadītspējas koeficients. Mazās siltumvadītspējas dēļ metinot rodas siltuma koncentrācija un vairāk izkūst pamatmateriāls. Lai iegūtu vajadzīgo izkusuma dziļumu, jāmaina metināšanas režīmi. Lielā izplešanās koeficienta dēļ metāls ievērojami deformējas, bet liela stinguma gadījumā rodas plaisas.

Korozijnoturīgie tēraudi, kas nesatur titānu vai niobiju, sakarstot virs 500°C, zaudē antikorozijas īpašības, jo uz graudu robežām var parādīties dzelzs un hroma karbīdi, kas kļūst par korozijas centriem (starpkristālu korozija).

Augšminētās parādības novēršanai veic sekojošus pasākumus:

- samazina oglekļa daudzumu pamatmetālā līdz 0,02 – 0,03% (izvēlas citu tērauda marku),
- veic metinātā savienojuma termisko apstrādi – sakarsē līdz 850°C (hroma karbīdi no jauna izšķīst) un, strauji atdzesējot, tie vairs neizdalās. Šādu termisko apstrādi sauc par stabilizāciju.

Augstleģētiem tēraudiem ir pazemināta noturība pret plaisu veidošanos. Paaugstinot ferīta daudzumu šuvē no 2 – 10%, šuves metāla plastiskums palielinās un kristalizācija notiek bez plaisu veidošanās uz plastisko deformāciju rēķina. Zinot metāla ķīmisko sastāvu, var prognozēt šuves mikrostruktūru, izmantojot Šeflera diagrammu (skat. pielikumu).

Uzkarsēšana līdz 100 – 300°C ieteicama augstleģēto tēraudu metināšanā atkarībā no pamatmateriāla mikrostruktūras, kā arī oglekļa satura un metāla biezuma.

10.5. Vispārējie noteikumi augstleģēto tēraudu metināšanā

10.5.1. Metāla sagatavošana

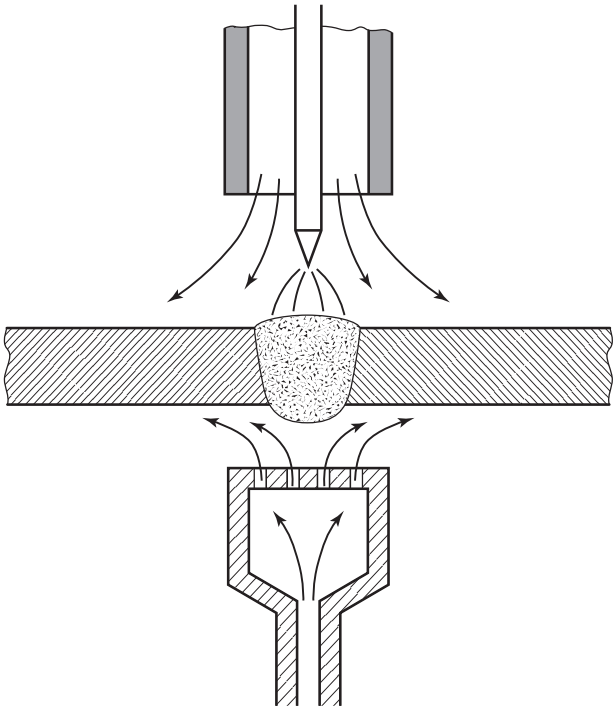
Sagatavošanas procesā jālieto tikai nerūsējošā tērauda instrumenti. Pretējā gadījumā oglekļa tērauda daļiņas, kas noteikti iespiedīsies metālā, veidos galvanisko pāri un tas izraisīs elektroķīmisko koroziju.

Regulāri metinot augstleģētos tēraudus, arī metināšanas galdu būtu vēlams izgatavot no šī materiāla.

10.5.2. Šuves saknes aizsardzība

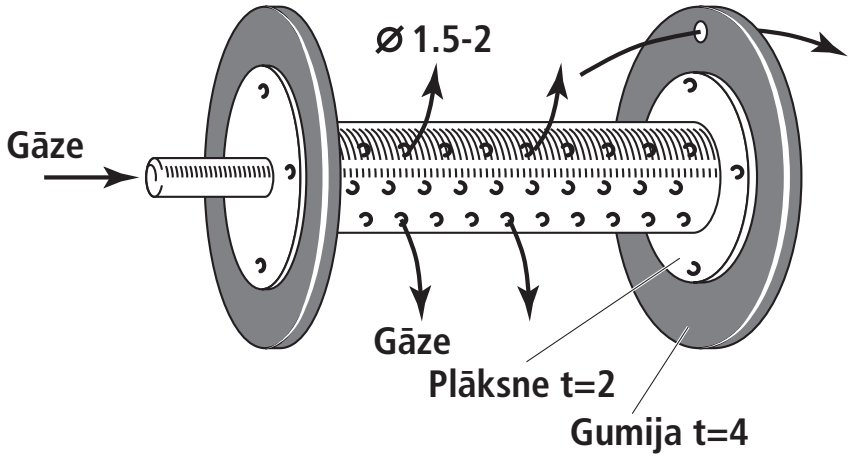
Metinot augstleģētos tēraudus, nepieciešams aizsargāt sakarsēto metālu no gaisa iedarbības arī no šuves saknes puses. To var veikt padodot aizsarggāzi no otras puses (gāzes patēriņš apmēram ½ no galvenās plūsmas (10.2. zīm.). Metinot caurules, piepilda visu cauruli ar aizsarggāzi, vai arī lieto ierīces, kuras ievieto caurulē (10.3. zīm.). Nelielu sagatavju metināšanā var izmantot kameras, kurās iepildīta aizsarggāze.

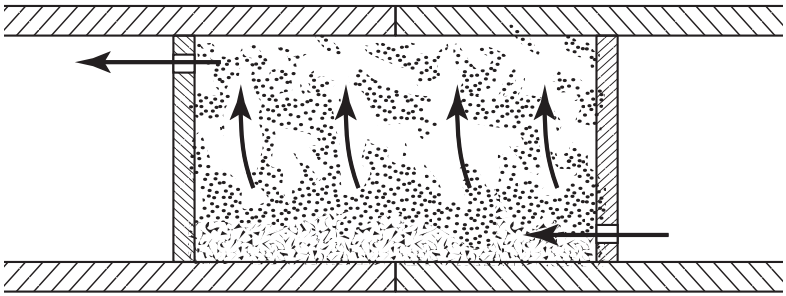
Argona un ūdeņraža maisījumi nodrošina reducējošu ķīmisko reakciju (pārvērš oksīdus atpakaļ metālā). Šādus maisījumus nedrīkst lietot alumīnija un tā sakausējumu metināšanā.



10.2. zīm. Aizsarggāzes padeve no šuves saknes puses

10.6. Šuves saknes aizsardzība





Zīm. 10.1. Šuves saknes aizsardzība
a) ierīce, kuru ievieto metināmā caurulē;
b) ierīce, kuru piespiež metināmām plāksnēm no otras puses

10.7. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle

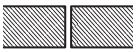
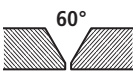
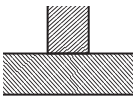
Pēc pamatmetāla grupas jāizvēlas attiecīga metināšanas stieple un aizsarggāze.

Viena no izplatītākajām stieplēm ir ER 308 LSi (pēc AWS) ar sevišķi zemu oglekļa saturu, kas aizkavē karbīdu veidošanos. Stieple izmantojama Cr – Ni nerūsējošiem tēraudiem, savienojums saglabā korozijnoturību līdz 350°C.

Metinot augstleģētos tēraudus:

1. Visiem instrumentiem, kuri tiek lietoti sagatavošanas procesā (grieznes, vīles, cirtņi, veseri utt.), jābūt izgatavotiem no nerūsējošā tērauda.
2. Aizsarggāzes padevi nedrīkst pārtraukt uzreiz pēc loka nodzēšanas, tā jāturpina, līdz metinātais savienojums atdziest līdz apm. 300°C.

Tabulā 10.2. Orientējoši metināšanas režīmi

	Plāksnes biezums, mm	Sprauga, mm	Stieples diametrs, mm	Stieples patēriņš šuvei, kg/m	Stieples padeves ātrums, m/min	Strāvas stiprums, A	Metināšanas ātrums, cm/min	Spriegums, V
	2	0	0,8	0,08	6 / 8	90 / 115	80 / 100	14 / 18
	3	1,0	1,0	0,05	7 / 9	100 / 130	80 / 100	16 / 18
	4	1,5	1,2	0,07	6 / 8	120 / 150	90 / 130	20 / 24
	5	2,0	1,2	0,08	7 / 9	120 / 200	90 / 140	22 / 24
	5	0	1,2	0,125	6 / 8	120 / 190	60 / 90	20 / 24
	6	0	1,2	0,160	6 / 8	120 / 190	60 / 80	20 / 24
	8	1,5	1,2	0,200	7 / 10	150 / 230	50 / 90	20 / 26
	10	2,0	1,2	1,250	7 / 10	150 / 230	60 / 90	20 / 26
	2	0	0,8	0,04	8 / 10	90 / 120	70 / 100	16 / 18
	3	0	1,0	0,06	6 / 9	100 / 160	60 / 90	16 / 20
	4	0	1,0	0,80	8 / 10	110 / 190	50 / 90	20 / 26
	5	0	1,2	0,210	6 / 10	130 / 240	30 / 70	20 / 26
	6	0	1,2	0,260	6 / 12	130 / 300	30 / 70	20 / 26
	8	0	1,2	0,820	6 / 12	180 / 300	30 / 60	20 / 26

11. Alumīnija un tā sakausējumu metināšana

11.1. Alumīnija un tā sakausējumu īpašības 95

11.2. Grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā 96

11.3. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle..... 98

11.1. Alumīnija un tā sakausējumu īpašības

Alumīnijs – sudrabbaltas krāsas metāls ar mazu blīvumu, lielu siltumvadītspēju un elektrovadītspēju un plastiskumu. Alumīnijs, pretēji izplatītam uzskatam, ir ķīmiski aktīvs elements, kas viegli oksidējas gaisā. Taču atšķirībā no dzelzs, oksīdu kārtiņa, kas izveidojas (Al_2O_3) ir blīva un pasargā to no tālākās oksidēšanās.

Tabula nr. 11.1. Al un Fe atšķirības

Īpašība	Mērvienība	Al	Fe	Attiecība
Blīvums	$9/cm^3$	2,7	7,87	≈ 1: 3
Kušanas t°	°C	660	1535	1: 2,5
Kušanas siltums	J/9	390	272	1,5: 1
Elektrovadītspēja	$m/\Omega \times mm^2$	38	10	4: 1
Oksīdi		Al_2O_3	FeO	
			Fe_2O_3	
			Fe_3O_4	
Oksīdu blīvums	$9/cm^3$	3,89	5,7	FeO vieglāks par Fe
			5,24	Al_2O_3 smagāks par Al
			5,0	
Oksīdu kušanas t°	°C	2050	1400	FeO šķidrā veidā
			1455	Al_2O_3 cietā veidā
			1600	

Tabulā 11.1. parādītas alumīnija un dzelzs, kā arī to oksīdu īpašību atšķirības. Metinot sakausējumus uz Fe bāzes, oksīdi metināšanas vannā ir šķidrā veidā un kā vieglākie uzpeld vannas virspusē. Savukārt, metinot sakausējumus uz Al bāzes, metināšanas vannā atrodas cietie oksīdu gabaliņi, kas nosēžas vannas apakšējā daļā.

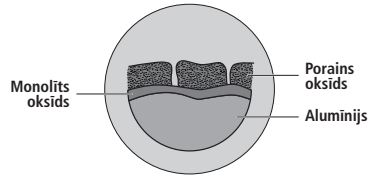
Galvenie alumīnija sakausējumu veidi:

1. **Lejamie alumīnija sakausējumi.** No šiem sakausējumiem detaļas izgatavo lejot. Pēc ķīmiskā sastāva tie var būt Al – Si (alumīnija un silīcija sakausējumi – silumīni), Al – Si – Cu, Al – Cu, Al – Mg, Al – dažādi elementi (Cu, Ni, Mg, Si, Zn) u. c.
2. **Deformējamie alumīnija sakausējumi.** No šiem sakausējumiem ar spiedienu (velmēšana, presēšana, vilkšana) izgatavo loksnes, caurules, dažādus profilus. Deformējamos alumīnija sakausējumus iedala termiski nenostiprināmos un termiski nostiprināmos sakausējumos. Termiski nenostiprināmie sakausējumi ir Al – Mg un Al – Mn. Šie sakausējumi karsēšanas atdzesēšanas laikā nemaina savas mehāniskās īpašības. Termiski nostiprināmie sakausējumi (dūralumīniji) bez Al satur arī Cu, Mg, Mn. Šie sakausējumi izstrādājumos tiek lietoti termiski apstrādātā veidā (rūdīšana + vecināšana).
3. **Metālkeramiskie alumīnija sakausējumi.** Šos sakausējumus iegūst ar alumīnija sakausējumu pulvera presēšanu, saķepināšanu un deformēšanu. Tā tiek iegūtas sarežģītas konfigurācijas detaļas bez materiāla kausēšanas (šķidrās fāzes).

11.2. Grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā

Galvenās grūtības alumīnija sakausējumu metināšanā:

- uz metāla virsmas vienmēr ir izveidojusies slikti kūstoša alumīnija oksīda kārta,



11.1. zīm. Alumīnija un tā oksīdu izvietošanās uz sagataves virskārtas

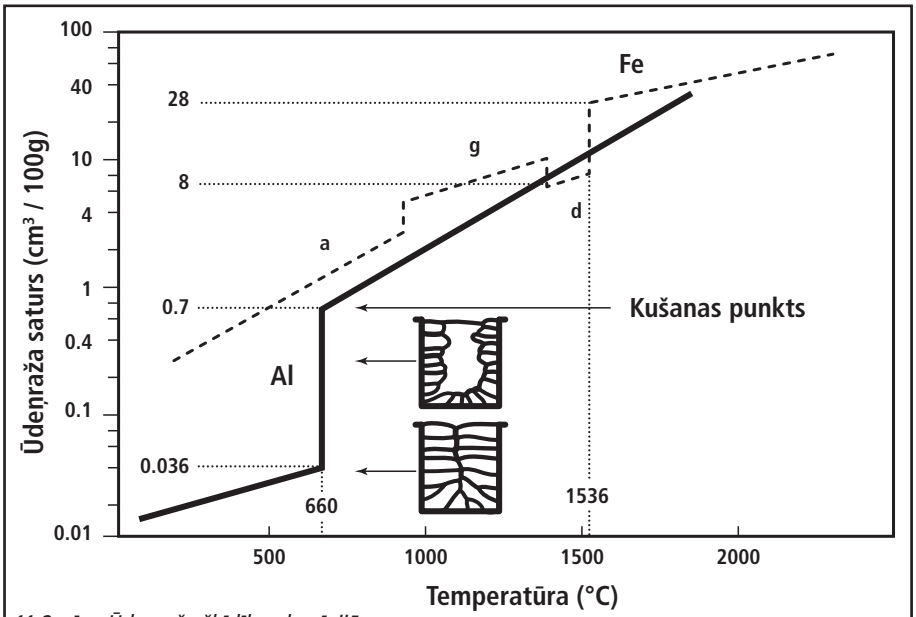
- sakarā ar gāzu uzsūkšanu (absorbciju) metinātā šuvē var izveidoties poras.

Al_2O_3 kārtas iznīcināšanai metināšanā lieto divus paņēmienus:

1. Oksīdu šķīdināšana. Pārklāja vai kušņu sastāvā ievada vielas, kas šķīdina oksīdus un kopā ar tiem pāriet no metināšanas vannas sārņos. Šo paņēmienu izmanto MMA, SAW un OAW metināšanā.
2. Katoda izputekļošana. Metinot ar elektrisko loku aizsarggāzu plūsmā, loka iedarbībā oksīdu kārta sasmalcinās un tiek aizpūsta no detaļu virsmas. Oksīdu kārtiņa un tās biezums ietekmē metināšanas procesu: no tā ir atkarīga loka stabilitāte un sprieguma kritums lokā.

Poru veidošanās saistīta ar ūdeņraža šķīdību alumīnijā. Šī šķīdība ir ļoti atkarīga no temperatūras.

Tātad, pārejot šķidrā stāvoklī, strauji pieaug ūdeņraža šķīdība alumīnijā, tā veidojot poru rašanos iespēju. Mitruma daudzums (kondensāts) ir atkarīgs no gaisa relatīvā mitruma – jo lielāks mitrums, jo mazāka drīkst būt temperatūru starpība starp gaisu un metināmām detaļām.



11.2. zīm. Ūdeņraža šķīdība alumīnijā

Tab. 11.3. Pieļaujamā temperatūru starpība un gaisa mitrums

$(T_{air} - T_{metal})°$	Relatīvais mitrums	$(T_{air} - T_{metal})°$	Relatīvais mitrums
0	100	12	44
1	93	13	41
2	87	14	38
3	81	15	36
4	75	16	34
5	70	18	30
6	66	20	26
7	61	22	23
8	57	24	21
9	53	26	18
10	50	28	16
11	48	30	14

Galvenie defekti, kas var veidoties alumīnija un tā sakausējumu metināšanas procesā, ir oksīdu ieslēgumi un poras. Lai izvairītos no šiem defektiem nepieciešams:

- Izlīdzināt metināmā materiāla un telpas temperatūru. Nedrīkst metināt materiālu tūlīt pēc tā ienešanas telpā.
- Attīrīt detaļu virsmas no oksīdu kārtiņas, lietojot mehāniskos un ķīmiskos paņēmienus. Nedrīkst paļauties tikai uz katoda izputekļošanu. Metināšanu jāveic ne vēlāk kā 30 minūtes pēc attīrīšanas.

11.3. Metināšanas materiālu un režīmu izvēle

Metinot alumīnija sakausējumus, pareiza piedevu materiāla (stieņa, stieples) izvēle atkarībā no pamatmetāla grupas nosaka gala rezultātu – metinātā savienojuma stiprību un pretestību korozijai.

Metinot alumīniju un termiski nenostiprināmos alumīnija sakausējumus, piedevu materiālam jābūt tāda paša tipa kā pamatmetālam. Savukārt, metinot termiski nostiprināmos alumīnija sakausējumus, piedevu stieņiem jābūt ar augstu silīcija (Si) un magnija (Mg) saturu, lai novērstu plaisu veidošanos.

1.3.1. Malu sagatavošana

Malu apstrādei vislabāk izmantot mehānisko apstrādi (virpošana, frēzēšana, vīlēšana), lai nebūtu siltuma ietekmes uz sakausējumu. Pieļaujama arī griešana ar plazmu.

Tīrīšanai jāizmanto nerūsējošo tēraudu sukas, un ķīmiskā attīrīšana (spirts, acetons) jāveic īsi pirms metināšanas.

1.3.2. Piedevu materiāla izvēle

Piedevu stieples MIG metināšanā pieņemts iedalīt 5 grupās pēc to ķīmiskā sastāva. Tabulā 11.4 parādīti šo grupu apzīmējumi un ķīmiskais sastāvs.

Tabula 11.4. Stieples grupas

Piedevu stieņu grupas	Apzīmējums	Ķīmiskais sastāvs
1	S Al 1098	S Al 99,98
	S Al 1098 A	S Al 99,98 (Al)
	S Al 1450	S Al 99,5 Ti
2	S Al 2319	S AlCu6MnZrTi
3	S Al 3103	S AlMn1
4	S Al 4043 A	S AlSi5 (A)
	S Al 4018	S AlSi7Mg
	S Al 4046	S AlSi10Mg
	S Al 4047 A	S AlSi12 (A)
5	S Al 5249	S AlMg2Mn0,8Zr
	S Al 5554	S AlMg2,7Mn
	S Al 5754	S AlMg3
	S Al 5356	S AlMg5Cr (A)
	S Al 5556 (A)	S AlMg5Mn
	S Al 5183	S AlMg4,5Mn0,7 (A)
	S Al 5087	S AlMg4,5Zr

Zinot metināmā materiāla marku, no tabulas 11.4 un tabulas 11.5 var atrast vislabāk piemēroto piedevu stieni.

Piemēram, lai sametinātu AlZnMg sakausējumu (skat. tab. 11.5, 7. rinda) ar AlCu sakausējumu (skat. tab. 11.5, 2. kolonna) jālieto 4. grupas stieple.

Tabula 11.5

	līnija	AlCuMn	AlCu	AlSiCu	AlSiMg	AlZnMg	AlMgSi	AlMg5% utt.ar Mn	AlMg3% utt.ar Mn	AlMg<1%	AlMn	Al
Al	1			4	4	5	4 o.5	5	4 o.5	4 o.5	4 o.5	4
	2			4	4	5	5	5	5d	1	1	1
	3			4	4	5	4	5	4 o.5	4	4	4
AlMn	1			4	4	5	4 o.5	5	5	4	3 o.4	
	2			4	4	5	5	5	5d o.3	4	3	
	3			4	4	5	4	5	4	4	4	
AlMg<1%	1			4	4	5	4 o.5	5	5	4		
	2			4	4	5	5	5	5d	4		
	3			4	4	5	4	5	4	4		
AlMg3% utt. ar Mn	1			4	4	5	5	5	5			
	2			4	4	5	5	5	5d			
	3			4	4	5	4	5	5			
AlMg5% utt. ar Mn	1			4	4	5	5	5				
	2			4	4	5	5	5				
	3			4	4	5	4	5				
AlMgSic	1		4	4	4	5	4 o.5					
	2		4	4	4	5	5					
	3		4	4	4	5	4					
AlZnMg	1		**4**	4	4	5						
	2		**4**	4	4	5						
	3		**4**	4	4	5						
AlSiMg	1		4	4	4							
	2		4	4	4							
	3		4	4	4							
AlSiCu	1		4	4								
	2		4	4								
	3		4	4								
AlCu			4									
AlCuMn	1	2										
	2	2										
	3	2										

Piezīme:
1. līnija – optimālās mehāniskās īpašības;
2. līnija – optimālā korozijizturība;
3. līnija – optimālā metināmība;
Ja nav apzīmējuma – netiek rekomendēts.

12. Metināmo savienojumu defekti un to labošana

11.1. Defektu klasifikācija.....101

11.2. Kvalitātes līmeņa noteikšana defektiem 103

11.3. Metināto savienojumu defektu labošana 104

11.1. Defektu klasifikācija

Metināšanas procesā šuves metālā un termiskā iespaida zonā var rasties defekti metāla fizikālo un ķīmisko īpašību dēļ, kā arī metinātāja nepareizas rīcības rezultātā (12.1. zīm).

Šuves saknes defekti (1). Saknes nesametināšanās veidojas nepietiekama strāvas stipruma, vai palielināta metināšanas ātruma dēļ. Defekti var rasties arī nepareizas detaļu salikšanas rezultātā. Pie palielināta strāvas stipruma šuves saknes metāls ir pārdedzināts.

Nesametināšanās (2) (pamata un šuves metāla nesakusums) rodas, ja ir nepietiekama strāva vai pārāk liels metināšanas ātrums. Nesakusumi novērojami arī vairākslāņu šuvēs, ja metina pa iepriekšējo metāla kārtu bez sārņu notīrīšanas.

Iegriezumi (3) rodas pārāk stipras strāvas dēļ. Šis defekts var rasties arī pie nepareizi izvēlētas strāvas, ja metina ar pārāk garu loku. Metinot vertikālas šuves, defekts veidojas, ja nepareizi virza elektrodu. Šis ir bīstams defekts konstrukcijām, kas strādā dinamiskās slodzēs, jo pēc zināma laika iegriezuma vietā veidojas plaisa.

Poras (4) galvenokārt rodas, metinot mitru vai pietiekami neattīrītu pamatmetālu. Poras pazemina šuves stiprību. Sīkas, vienmērīgi izvietotas poras ir mazāk bīstamas nekā lielas poras. Gāzes, kas palikušas šuvē, palielina metāla cietību un samazina plastiskumu.

Sārņu ieslēgumi (5) ir metāla oksīdi, kas, šuves metālam sacietējot, nav paspējuši pacelties virspusē. Parasti sārņu ieslēgumi novērojami, metinot ar palielinātu ātrumu. Ieslēgumi var arī rasties, ja no metāla nav notīrīta rūsa.

Plaisas šuvē (6). Ja pie pareizi ievērotas tehnoloģijas rodas šīs defekts, jāveic papildus pasākumi, piemēram, iepriekšēja sakarsēšana.

Metinātās šuves pastiprinājums (7) veidojas, ja nepareizi izvēlēts metināšanas režīms, kā arī ja ir zema metinātāja kvalifikācija. Šis defekts nav pieļaujams, ja metinātais savienojums pakļauts dinamiskai slodzei.

Uzplūdumi (8) rodas, ja elektrods kūst pārāk ātri un šķidrais elektroda metāls uzplūst uz nepietiekami sakarsētas virsmas. Šis defekts veidojas arī tad, ja uz metināmajām malām ir bieza plāvas kārta.

Metāla pārkaršana (9). Ja metāls sakarsēts augstāk par noteiktu temperatūru un pārāk ilgi atrodas šajā temperatūrā, tad notiek metāla graudu augšana – rezultātā pazeminās metāla mehāniskās īpašības.

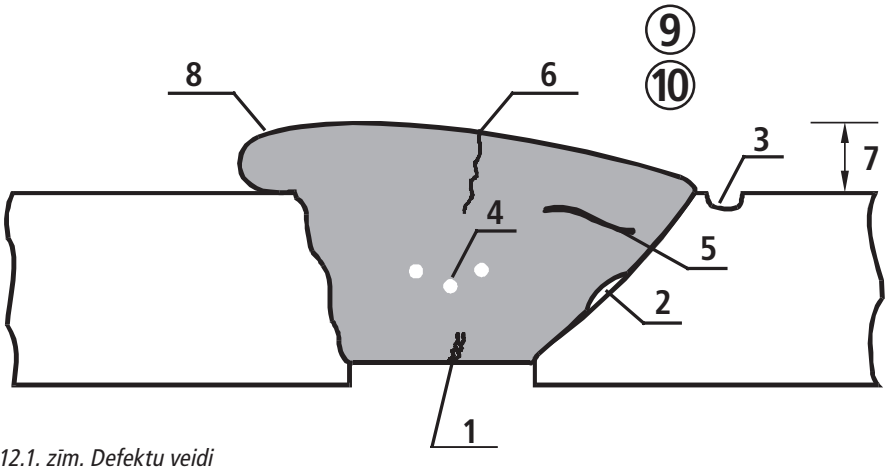
Metāla pārdedzināšana (10). Šuvē rodas metāla graudiņi ar oksidētu virskārtu. Rodas galvenokārt gāzes metināšanā, ja liesmā ir skābekļa pārākums. Pārdedzinātais metāls ir ļoti trausls.

Galvenie defekti saskaņā ar ISO 6250–1

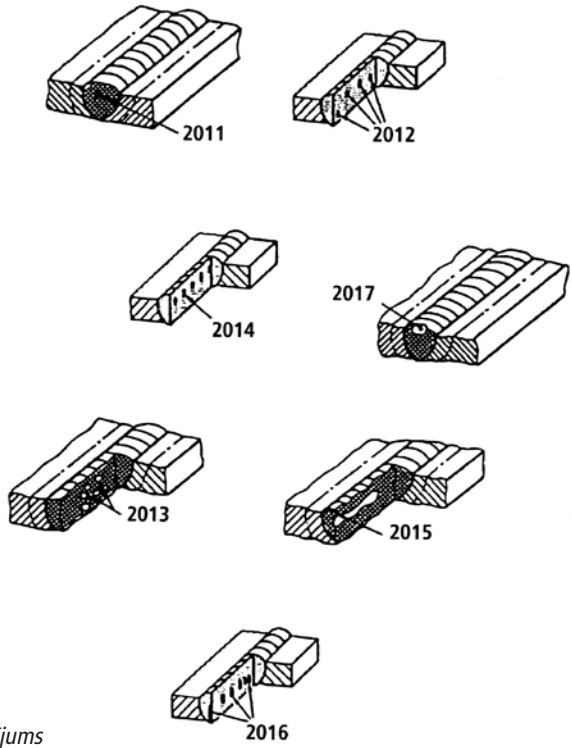
Galvenie defekti saskaņā ar ISO 6250–1 (ģeometrisko nepilnību klasifikācija metālos) tiek iedalīti 6 grupās:

1. plaisas,
2. dobumi un gāzes poras,
3. cietie ieslēgumi,
4. necaurmetinājumi,
5. formu un izmēru neatbilstība,
6. pārējās nepilnības.

Katra no šīm defektu grupām tiek sadalīta sīkāk. Piemēram, porainība un gāzes poras 2011, 2012, 2014, 2017; lokāla porainība 2013; iegareni dobumi un gāzes kanāli 2015, 2016 (skat. 12.2. zīm.).

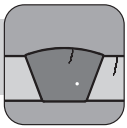


12.1. zīm. Defektu veidi



12.2. zīm. Poru iedalījums

11.2. Kvalitātes līmeņa noteikšana defektiem



EN ISO 5817 nosaka trīs kvalitātes līmeņus šuves defektiem: D – mērens, C – vidējs, B – stingrs. Kvalitātes līmeni, kas nepieciešams katrā gadījumā, jānosaka ar lietošanas standartu vai atbildīgajam konstruktoram kopā ar ražotāju, patērētāju un citām ieinteresētām pusēm. Līmenis jānosaka pirms ražošanas uzsākšanas, labāk pieprasījuma vai piedāvājuma stadijā.

Kvalitātes līmeņa izvēlē jebkurai lietošanai jāņem vērā projekta apsvērumi, tehnoloģiskie procesi, slodzes veids (statiskā, dinamiskā), ekspluatācijas apstākļi (temperatūra, vide) un bojājuma sekas.

Standarts ietver materiāla biezumu robežās no 3 līdz 63 mm, bet to var lietot arī citiem materiāla biezumiem.

Galvenie defekti, kas uzrādīti šajā standartā (11.3. zīm.):

– plaisas 100 (ISO 6250 norāde),

– poras 200,

– cietie ieslēgumi 300,

– nesakausējumi 400,

– iegriezumi 500,

– šļakatas 600.

Katra no šīm defektu grupām tiek sadalīta sīkāk. Piemēram, porainība un gāzes poras 2011, 2012, 2014, 2017; lokāla porainība 2013; iegareni dobumi un gāzes kanāli 2015, 2016 (skat. 11.4. zīm.).

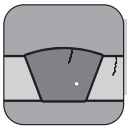
Atkarībā no kvalitātes līmeņa tiek noteikta poru laukuma kopsumma (1), atsevišķas poras maksimālais izmērs (2) un maksimālais izmērs lokālai sagrupētai porainībai (3).

	D	C	B
1	16%	8%	4%
2	d<0,45x	d<0,4s	d<0,3s
3	4 mm	3 mm	2 mm

Tādā veidā, iepriekš vienojoties par pieņemto kvalitātes līmeni, var noteikt metinātā savienojuma kvalitāti.

Defektoskopisti novērtējot šuves, parasti izmanto reālo ilustrāciju katalogu, kas parāda izmērus pieļaujamiem defektiem dažādiem pieņemšanas līmeņiem.

	D	C	B
1	2,5%	1,5%	1%
2	d<0,4s	d≤0,3s	d≤0,2s
3	4 mm	3 mm	2 mm



11.3. Metināto savienojumu defektu labošana

Metināto savienojumu defekti, kas atklāti, apskatot šuvi tieši pēc metināšanas, vai tos atklāj metinātā savienojuma nesagraujošās kontroles metodes, ir jālabo.

Metinātā defekta vieta vispirms rūpīgi jāatbrīvo no sārņiem un, ja nepieciešams, jāizcērt. Plaisu garumu var noteikt, virsmu kodinot ar 20% slāpekļskābes šķīdumu. Plaisu galos nepieciešams ieurbt caurumus, pēc tam tā jāaizmetina visā plaisas garumā un dziļumā. Ja nevar metālu izkausēt visā plaisas dziļumā, tad plaisā jāizcērt rieva, kuru pēc tam piepilda ar piedevu materiālu.

Iegriezuma rievas labo, uzmetinot tievu šuvi visā rievas garumā.

Neaizkausētus padziļinājumus (krāterus), sārņu paliekas izcērt līdz pamatmetālam un aizmetina.

Šuves nevienmērīgumu (pastiprinājumus, uzplūdumus, šuves platuma maiņas u.c.) likvidē, šuvi apstrādājot ar abrazīviem un pneimatiskiem instrumentiem un, ja nepieciešams, uzmetina papildu valnīšus.

Metāla pārkarsēšanu var labot ar termisko apstrādi, pārdedzinātu metālu izlabot nav iespējams.

13. Metināto savienojumu kvalitātes kontrole

13.1. Iepriekšējā kontrole 106

13.2. Kontrole metināšanas procesā.....107

13.3. Metināto savienojumu kvalitātes pārbaude 108

13.1. Iepriekšējā kontrole

Metināto savienojumu kontrole ietver sevī trīs secīgus kontroles etapus:
1. Pirms metināšanas – metināmo materiālu, metināšanas materiālu un iekārtu kontrole.
2. Metināšanas laikā – izvēlētās tehnoloģijas kontrole.
3. Kontrole pēc metināšanas – metinātā savienojuma kvalitātes kontrole.

Iepriekšējā kontrolē jāpārbauda pamatmetāls un piedevu materiāli, salikšanas kvalitāte, metināšanas iekārtas un metinātāja kvalifikācija.

Pamatmetālam jāatbilst noteiktām prasībām, kuras norādītas sertifikātā. Ja sertifikāta nav, tad jāveic metāla pārbaude, nosakot tā marku. Parasti markas noteikšanai nepieciešams zināt metāla ķīmisko sastāvu un mehāniskās īpašības. Ja šāda analīze nav iespējama, obligāti jānosaka vismaz metāla grupa, izmantojot magnēta un dzirksteles pārbaudes.

Metāla ārējā apskatē nosaka, vai nav plaisu, rūsas, ieliekumu u.c. defektu. Metālu iepriekšējā pārbaude ir nepieciešama, lai novērstu nekvalitatīva un neatpazīta metāla izmantošanu metināto konstrukciju izgatavošanā.

Metināšanas materiāliem (stieplei, gāzēm), tāpat kā pamatmetālam, arī jābūt ar sertifikātu. Sertifikāts ir garantija, ka materiāli ir derīgi noteiktam metināšanas procesam. Svarīgi, lai metināšanas materiāli būtu atestēti tajā valstī, kurai piegādā produkciju.

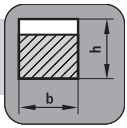
Uz metināšanas stieples virsmas nedrīkst būt plāva, rūsa, netīrumi un eļļa. Pašlaik gandrīz visas stieples, kuras paredzētas metināšanai ar MIG/MAG procesiem, ir pārklātas ar plānu vara kārtiņu labāka strāvas kontakta radīšanai.

Salikšanas kvalitāte. Salikšana ir viena no atbildīgākajām operācijām. No tās kvalitātes ir atkarīga metinātā savienojuma kvalitāte. Piemēram, ja saliekot izveidojas palielinātas spraugas vai metināmās malas nesakrīt biezuma virzienā, tad vajadzīgs liels uzkausētā metāla tilpums, kas palielina paliekošās deformācijas. Salikšanas tehnoloģiju nosaka galvenokārt ražošanas veids. Sērijveida ražošanā salikšanu veic konduktoros, speciālās salikšanas ierīcēs vai izmantojot kontrolurbumus. Individuālā ražošanā salikšanu galvenokārt veic ar iepriekšēju aizzīmēšanu. Parasti pieļaujamā nobīde (novirze) salikšanā ir uzrādīta rasējumā. Tā, piemēram, cauruļvadu sadurmetināšanā cauruļu galu pieļaujamā malu nobīde ir ne vairāk kā 1/4 no sieniņu biezuma.

Metināšanas aparatūra. Tai jābūt labā tehniskā kārtībā. Ja rokas loka metināšanā izmantojamai aparatūrai iespējamo defektu daudzums ir neliels, tad, izmantojot mehanizētos metināšanas veidus, jārēķinās ar iespējamiem aparatūras darbības traucējumiem, kas var radīt nekvalitatīvu metināto savienojumu. Ja izdiluši stieples padeves mehānisma rullīši vai nepareizi nospriegota stieple, tad metināšana notiks, taču stieples padeves ātrums (faktiskais) atšķiras no iestatītā. Tāpēc periodiski jāveic iekārtu tehniskā apkope, ko paredz izgatavotājfirmas.

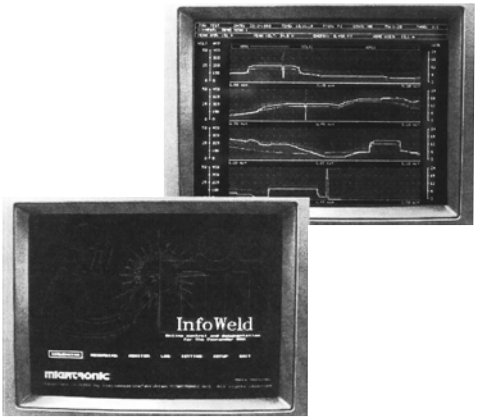
Priekšroka noteikti dodama iekārtām ar parametru ciparu indikāciju, kura ļauj ļoti precīzi ieregulēt izvēlētos parametrus. Tāpat, ja nepieciešams iegūt maksimāli labāko rezultātu, jālieto iekārtas, kuras ļauj ieregulēt arī papildparametrus (induktivitāti, BURN BACH, MINILOG u.c.).

13.2. Kontrole metināšanas procesā



Metināšanas laikā jāseko izvēlēto parametru ievērošanai. Modernām metināšanas iekārtām var pieslēgt pašrakstīšanas iekārtas (printerus), kas fiksē, ar kādiem parametriem tiek metināta konkrētā detaļa.

Piemēram, *Migatronic BOH* tipa MIG/MAG metināšanas iekārtām ir izstrādāta speciāla programma *Infoweld*, kas darbojas caur datoru. *Migatronic Infoweld* ir datorprogramma, kas paredzēta metināšanas darbu kontrolei un dokumentēšanai.



Programma piedāvā divas galvenās funkcijas:

1. Metināšanas parametru ierakstīšana un attēlošana skaitliskā un grafiskā veidā (metināšanas strāva, spriegums, stieples padeves ātrums, gāzes priekšplūde un pēcplūde, metināšanas laiks u.c.).

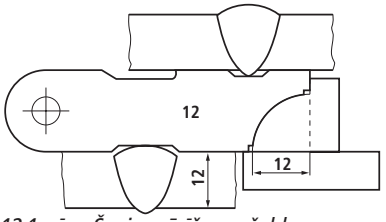
2. Programma atļauj aprēķināt un iestatīt vajadzīgos parametrus iepriekš un kontrolēt to ievērošanu metināšanas laikā ar datora palīdzību.

13.3.1. Šuves ārējā apskate un izmēru pārbaude

Ārējā šuves apskate ir obligāta gatavā izstrādājuma kvalitātes pārbaudes daļa, to veic visos gadījumos neatkarīgi no citiem pārbaudes veidiem.

Ārējā šuves apskate atklāj šuves ārējos defektus: platuma nevienmērību, pastiprinājumus, iedeguma rievas, šuves saknes necaurmetinājumus, sārņu ieslēgumus u.c. defektus.

Šuvju izmēriem jāatbilst rasējumā norādītajiem un jāiekļaujas pielaidēs. Lai gan pastiprināta šuve palielina savienojuma stiprību, tomēr palielinās arī metināšanas materiālu un elektroenerģijas izlietojums, samazinās produktivitāte un palielinās deformācijas. Nav pieļaujama jebkura faktiskā izmēra samazināšanās. Kontroles šablons ar iegriezumiem šuvju dažādu izmēru noteikšanai parādīts 12.1. zīmējumā.



12.1. zīm. Šuvju mērīšanas šablons

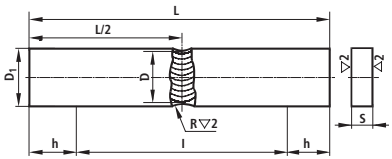
13.3.2. Mehāniskās pārbaudes

Paraugu mehānisko pārbaužu veids ir atkarīgs no slodzes veida, kādu metinātais savienojums uzņem ekspluatācijā. Ir statiskās (ar nemainīgu vai lēni augošu slodzi), dinamiskās (ar triecienslodzi) un vibrāciju pārbaudes. Izplatītākās no mehāniskajām pārbaudēm ir pārbaude stiepē, liecē un ar triecienslodzi stigrības noteikšanai. Paraugus visiem mehānisko pārbaužu veidiem izgatavo, ievērojot attiecīgo standartu prasības.

Stiepes pārbaude

Pārbaudē nosaka metinātā savienojuma stiprības robežu *(tensile strength)* stiepē, ko apzīmē ar Rm.

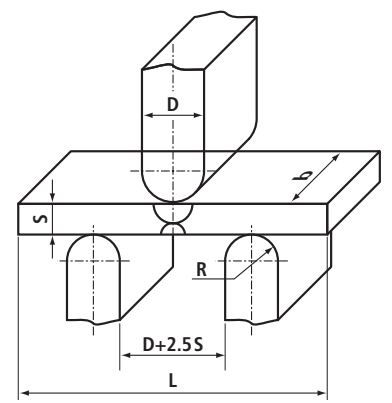
$$Rm = \frac{\text{Maksimālā slodze}}{\text{Šķērsgriezuma laukums}} \ (N/mm^2)$$



12.2. zīm. Kontrolparaugs šuves stiprības pārbaudei stiepē. Izmēri b, R, D u.c. atkarīgi no plākšņu biezuma S

Lieces pārbaude

Lieces pārbaudē nosaka izlieces leņķi, kāds iegūts līdz pirmās plaisas parādīšanās momentam. Jo lielāks ir šis leņķis, jo augstāks ir šuves metāla plastiskums.

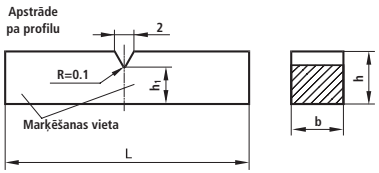


12.3. zīm. Parauga lieces pārbaudes shēma

Stigrības pārbaude

Materiāla stigrību nosaka, sagraujot paraugu ar triecienslodzi un fiksējot patērēto darbu džoulos (J).

Stigrību apzīmē ar *KCV* vai *Charpy V* un parasti uzrāda istabas un pazeminātā temperatūrā.



12.4. zīm. Paraugs stigrības pārbaudei

Mehāniskām pārbaudēm pakļauj ne vien standartformas kontrolparaugus, bet arī gatavus izstrādājumus un konstrukcijas. Šādu pārbaužu, kuras parasti veic izstrādājumu ekspluatācijas apstākļiem tuvos apstākļos, mērķis ir noteikt izstrādājuma stiprību konkrētajām slodzēm.

13.3.3. Metināto savienojumu metalografiskā analīze

Metalografiskā analīze parāda pamatmetāla, šuves metāla, sakusuma un termiskā iespaida zonas makroskopisko un mikroskopisko struktūru. Makrostruktūrā redzamas metinātā savienojuma zonas, uzkausētā metāla kārtas (vairākslāņu šuvēm) un defekti (poras, nesakusumi, plaisas u.c.).

Mikrostruktūra parāda metāla graudu lielumu un formu, struktūras sastāvdaļas (ferītu, perlītu, martensītu u.c.), kā arī defektus atsevišķos metinātā savienojuma posmos.

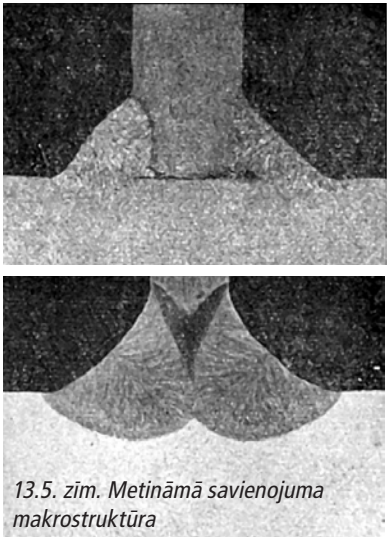
Mikrostruktūra palīdz atklāt metāla pārkaršanas un pārdedzināšanas zonas, oksīdus uz graudu robežām, metāla sastāva izmaiņas, kā arī citus defektus, ko nevar noteikt ar citām metodēm.

13.3.4. Hidrauliskās un pneimatiskās pārbaudes

Blīvuma pārbaudēm pakļauj traukus, kas paredzēti šķidrumiem (ūdens, degviela, eļļa), kā arī cauruļvadus, gāzu tvertnes, tvaika katlus u.c.

Hidrauliskā pārbaude. Veicot šo pārbaudi, traukā pēc tā piepildīšanas ar ūdeni rada spiedienu, kas 1,5 ÷ 2 reizes pārsniedz darba spiedienu. Pārbaudāmo trauku zem spiediena iztur 5 ÷ 10 minūtes. Pārbauda, vai netek šuves, vai nav pilienu un nosvīdumu.

Pneimatiskā pārbaude. Pārbaudāmā traukā ievada saspiestu gaisu vai gāzi. Nelielus traukus iegremdē ūdenī – gaisa pūslīši norāda defekta vietu. Liela izmēra trauku un cauruļvadu šuves pārbauda, noziežot šuvi ar ziepju šķīdumu.

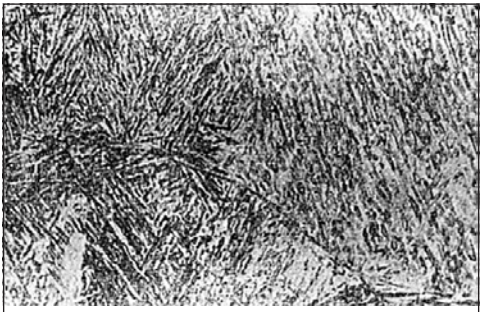


13.5. zīm. Metināmā savienojuma makrostruktūra

Petrolejas pārbaude. Šuves blīvumu var pārbaudīt arī ar petroleju, kurai ir spēja iesūkties vissīkākajās porās un plaisās. Pārbaudāmās šuves vienu pusi nozież ar krīta pastu. Kad krīts ir nožuvis, tad šuvi no otras puses samitrina ar petroleju. Ja ir kādi šuves defekti, tad petroleja sūcas cauri, un uz krīta parādās dzelteni traipi.

13.3.5. Metināto šuvju caurskatīšana

Caurskatīšana dod iespēju atklāt iekšējos defektus – plaisas, poras, sārņu ieslēgumus. Šo metodi lieto svarīgu izstrādājumu šuvju kontrolei – tiltiem, transporta mehānismu atbildīgiem mezgliem, spiediena katliem u.c.



13.6. zīm. Metinātā savienojuma mikrostruktūra

Ultraskaņas paņēmiens dibināts uz augstfrekvences (virs 20 kHz) svārstību, kuras cilvēka auss neuztver, spēju iespiesties metālā un atstaroties no poru, plaisu un citu defektu virsmas. Atbalsotās ultraskaņas svārstības uztver ar speciālu aparatūru, kas tās pārvērš elektriskos impulsos. Kontroles trūkums ir sarežģīta defektu atšifrēšana atkarībā no metinātā savienojuma darba virsmas stāvokļa.

Rentgena paņēmiens. Rentgena stari ir neredzami elektromagnētiski viļņi, kas spējīgi izspiesties cauri necaurspīdīgiem ķermeņiem (metālam) un iedarboties uz fotofilmu, tāpat kā gaismas stari. Starojums, ejot cauri šuvei ar defektiem, samazinās mazāk nekā viendabīgā metālā, kā rezultātā defektu vietas filmā nomelnē. Defekti atklājas kā melni plankumi un melnas līnijas uz šuves gaišā fona.

Rentgena stari ir kaitīgi organismam, tāpēc šuvju caurskatīšanu veic speciāli apmācīts personāls.

Metināto šuvju caurskatīšanai lieto arī radioaktīvos izotopus.

14. MIG/MAG metinātāju sagatavošana

Saskaņā ar Labklājības ministrijas 2004. gada 22. jūnija rīkojumu Nr. 77 "Par grozījumiem Profesiju klasifikatorā" izveidotas jaunas metinātāju profesijas:

7212 10 Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē (MAG).

7212 11 Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē (MIG).

Ar Izglītības un zinātnes ministrijas 2005.gada 6. jūlija rīkojumu Nr. 505 apstiprināti šo profesiju standarti.

APSTIPRINĀTS
ar Izglītības un zinātnes ministrijas
2005.gada 6.jūlija
rīkojumu Nr. 505

PROFESIJAS STANDARTS

Reģistrācijas numurs PS 0318

Profesija	**Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē (MAG)**
Kvalifikācijas līmenis	**2**
Nodarbinātības apraksts	**Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē (MAG) strādā metālapstrādes un mašīnbūves uzņēmumos, būvfirmās, autoremonta firmās un citos tautsaimniecības uzņēmumos, kuru darbība saistīta ar metālizstrādājumu, to konstrukciju un mehānismu izgatavošanu, lietošanu vai remontu, kā arī var veikt individuālo darbu. Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē veic tērauda detaļu, mezglu un konstrukciju metināšanu.**

2

Pienākumi un uzdevumi

Pienākumi	Uzdevumi
1. Savienot metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu.	1.1. Sakārtot darba vietu. 1.2. Izvēlēties metināšanas stieples diametru saskaņā ar metāla biezumu un pozīciju telpā. 1.3. Izvēlēties turētāja strāvas noņēmēja urbuma diametru. 1.4. Uzlikt un nostiprināt aizsarggāzes balonu uz metināšanas iekārtas ratiņiem. 1.5. Pievienot balona reduktoru, drošības vārstu un šļūteni aizsarggāzes balonam. 1.6. Uzlikt un nostiprināt stieples spoli padeves mehānismā. 1.7. Izvēlēties stieples padeves rullīšu rievas formu un izmērus atkarībā no metināšanas stieples diametra. 1.8. Pievienot metināšanas turētāju un gāzes šļūteni stieples padeves mehānismam. 1.9. Savienot metināšanas stieples mehānismu ar barotājavotu. 1.10. Pievienot metināšanas kabeli barotājavotam un detaļām.
2. Sagatavot detaļas un konstrukcijas metināšanai.	2.1. Noteikt tērauda metināmību saskaņā ar sertifikātā norādīto ķīmisko sastāvu. 2.2. Sagatavot instrumentus (atslēgas, skrūvgriežus, kombinētās plakanknaibles, rokas elektroinstrumentus metāla griešanai un/vai slīpēšanai, tērauda stieples suku metāla tīrīšanai, aizzīmēšanas adatu). 2.3. Veikt metināmo detaļu malu sagatavošanu. 2.4. Salikt detaļas metināšanai (iespīlēšanas ierīcēs un/vai pieķert).
3. Veikt dažādu šuvju metināšanu.	3.1. Izvēlēties piedevstieples marku un diametru, aizsarggāzes vai to maisījumu tipu, metināšanas secību un metināšanas režīmus saskaņā ar metināšanas procedūras specifikāciju. 3.2. Ieregulēt izvēlētos metināšanas režīmus. 3.3. Veikt T-veida un stūrsavienojumu metināšanu apakšējā (PA, PB), vertikālajā (PF, PG) un griestu (PD) pozīcijās. 3.4. Veikt sadursavienojumu metināšanu apakšējā (PA) un vertikālajā (PF, PG) pozīcijās. 3.5. Veikt T-veida savienojumu (caurule pie plāksnes) metināšanu apakšējā (PB) pozīcijā (ar un bez malu noslīpinājuma).
4. Veikt vizuālo metināto savienojumu šuvju kvalitātes pārbaudi.	4.1. Pārbaudīt vizuāli ar šuvmēru un šabloniem šuves ģeometriskos izmērus. 4.2. Pārbaudīt vizuāli iegriezumus, redzamās poras, necaurmetinājumu, caurdegumus ar un bez piekares, uztecējumus, apdegumus, šļakatas un sārņus (plēves).
5. Lietot tehnisko dokumentāciju.	5.1. Lasīt metināto savienojumu un konstrukciju rasējumus. 5.2. Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. 5.3. Ievērot EN standartus metināto savienojumu apzīmēšanai. 5.4. Strādāt ar metināšanas procedūras specifikāciju.
6. Ievērot darba aizsardzības un ugunsdrošības noteikumus.	6.1. Ievērot darba drošības un ugunsdrošības noteikumus (darbs augstumā, slēgtā telpā, ar traukiem, kuros glabājušies viegli uzliesmojoši šķidrumi, paaugstinātas ugunsbīstamības telpās). 6.2. Sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos.

Īpašie faktori, kas raksturo darba vidi

- **Organizatoriskie** – nav.

3

- **Fizikālie** – paaugstināts trokšņu līmenis, fiziska slodze (darbs nemainīgā stāvoklī telpā).
  – darbs ar augsta spiediena iekārtām (skābekļa, acetilēna un citu gāzu baloni)

- **Bioloģiskie** – nav.
- **Ķīmiskie** – metināšanas aerosoli,
  – kaitīgi gāzu izdalījumi.

Īpašās prasības uzdevumu veikšanai
- vecums ne jaunāks par 18 gadiem (uzsākot patstāvīgu darbu);
- A (II kvalifikācijas grupa elektrodrošībā).

Prasmes

Kopīgās prasmes nozarē	Specifiskās prasmes profesijā	Vispārējās prasmes/spējas
• Noteikt metāla grupu, novērtēt metināmību. • Strādāt ar kontroles un mērinstrumentiem (šuvmēru, šabloniem, bīdmēru). • Lasīt rasējumus. • Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. • Izmantot un kopt elektriskos rokas instrumentus. • Ievērot darba drošības, elektrodrošības, ugunsdrošības un vides aizsardzības noteikumus.	• Saslēgt metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu. • Izvēlēties nepieciešamos metināšanas piedevmateriālus. • Regulēt metināšanas darba režīmus. • Strādāt ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē (MAG). • Metināt lokšņu un cauruļu konstrukcijas apakšējā un vertikālajā pozīcijā. • Noteikt vizuāli metināto šuvju defektus, novērtēt un novērst tos.	• Komunicēšanās spējas. • Spēja strādāt komandā. • Pārbaudīt sava darba rezultātu. • Organizēt savu darba vietu. • Spēja pašizglītoties. • Sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos. • Radoša pieeja darbam.

Zināšanas

Zināšanas	Zināšanu līmenis		
	Priekšstats	Izpratne	Pielietošana
Profesionālā terminoloģija			
Profesionālā terminoloģija svešvalodā			
Aritmētikas pamatdarbības			
Trigonometrijas pamati			
Mehānikas pamatzināšanas fizikā			
Elektrības pamatzināšanas fizikā			
Elektrotehnikas pamati			
Elektrodrošība			
Pamatzināšanas neorganiskajā ķīmijā			
Materiālu mācības pamati			
Rasēšanas pamati			
Lokmetināšanas iekārtas, aparatūra un aprīkojums metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē			
Lokmetināšanas darbu tehnoloģija metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē			
Darba drošības, ugunsdrošības un vides aizsardzības noteikumi			
Datoru lietošanas pamati			
Lietišķās saskarsmes pamati			

APSTIPRINĀTS
ar Izglītības un zinātnes ministrijas
2005.gada 6.jūlija
rīkojumu Nr. 505

PROFESIJAS STANDARTS

Reģistrācijas numurs PS 0319

Profesija	**Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē (MIG)**
Kvalifikācijas līmenis	**2**
Nodarbinātības apraksts	**Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē (MIG) strādā metālapstrādes un mašīnbūves uzņēmumos, būvfirmās, autoremonta firmās un citos tautsaimniecības uzņēmumos, kuru darbība saistīta ar metālizstrādājumu, to konstrukciju un mehānismu izgatavošanu, lietošanu vai remontu, kā arī var veikt individuālo darbu. Lokmetinātājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē veic leģēto un neleģēto tēraudu, krāsaino metālu un to sakausējumu detaļu, mezglu un konstrukciju metināšanu.**

2

Pienākumi un uzdevumi

Pienākumi	Uzdevumi
1. Savienot metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu.	1.1. Sakārtot darba vietu. 1.2. Izvēlēties metināšanas stieples diametru saskaņā ar metāla biezumu un pozīciju telpā. 1.3. Izvēlēties turētāja strāvas noņēmēja urbuma diametru. 1.4. Uzlikt un nostiprināt aizsarggāzes balonu uz metināšanas iekārtas ratiņiem. 1.5. Pievienot balona reduktoru, drošības vārstu un šļūteni aizsarggāzes balonam. 1.6. Uzlikt un nostiprināt stieples spoli padeves mehānismā. 1.7. Izvēlēties stieples padeves rullīšu rievas formu un izmērus atkarībā no metināšanas stieples diametra. 1.8. Pievienot metināšanas turētāju un gāzes šļūteni stieples padeves mehānismam. 1.9. Savienot metināšanas stieples mehānismu ar barotājavotu. 1.10. Pievienot metināšanas kabeli barotājavotam un detaļām.
2. Sagatavot detaļas un konstrukcijas metināšanai.	2.1. Noteikt tērauda metināmību saskaņā ar sertifikātā norādīto ķīmisko sastāvu. 2.2. Sagatavot instrumentus (atslēgas, skrūvgriežus, kombinētās plakanknaibles, rokas elektroinstrumentus metāla griešanai un/vai slīpēšanai, tērauda stieples suku metāla tīrīšanai, aizzīmēšanas adatu). 2.3. Veikt metināmo detaļu malu sagatavošanu. 2.4. Salikt detaļas metināšanai (iespīlēšanas ierīcēs un/vai pieķert).
3. Veikt dažādu šuvju metināšanu.	3.1. Izvēlēties piedevstieples marku un diametru, aizsarggāzes vai to maisījumu tipu, metināšanas secību un metināšanas režīmus saskaņā ar metināšanas procedūras specifikāciju. 3.2. Ieregulēt izvēlētos metināšanas režīmus. 3.3. Veikt T-veida un stūrsavienojumu metināšanu apakšējā (PA, PB), vertikālajā (PF, PG) un griestu (PD) pozīcijās. 3.4. Veikt sadursavienojumu metināšanu apakšējā (PA) un vertikālajā (PF, PG) pozīcijās. 3.5. Veikt T-veida savienojumu (caurule pie plāksnes) metināšanu apakšējā (PB) pozīcijā (ar un bez malu noslīpinājuma).
4. Veikt vizuālo metināto savienojumu šuvju kvalitātes pārbaudi.	4.1. Pārbaudīt vizuāli ar šuvmēru un šabloniem šuves ģeometriskos izmērus. 4.2. Pārbaudīt vizuāli iegriezumus, redzamās poras, necaurmetinājumu, caurdegumus ar un bez piekares, uztecējumus, apdegumus, šļakatas un sārņus (plēves).
5. Lietot tehnisko dokumentāciju.	5.1. Lasīt metināto savienojumu un konstrukciju rasējumus. 5.2. Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. 5.3. Ievērot EN standartus metināto savienojumu apzīmēšanai. 5.4. Strādāt ar metināšanas procedūras specifikāciju.
6. Ievērot darba aizsardzības un ugunsdrošības noteikumus.	6.1. Ievērot darba drošības un ugunsdrošības noteikumus (darbs augstumā, slēgtā telpā, ar traukiem, kuros glabājušies viegli uzliesmojoši šķidrumi, paaugstinātas ugunsbīstamības telpās). 6.2. Sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos.

3

Īpašie faktori, kas raksturo darba vidi

- **Organizatoriskie** – nav.
- **Fizikālie** – paaugstināts trokšņu līmenis, fiziska slodze (darbs nemainīgā stāvoklī telpā),
  – darbs ar augsta spiediena iekārtām (skābekļa, acetilēna un citu gāzu baloni)
- **Bioloģiskie** – nav.
- **Ķīmiskie** – metināšanas aerosoli,
  – kaitīgi gāzu izdalījumi.

Īpašās prasības uzdevumu veikšanai

- vecums ne jaunāks par 18 gadiem (uzsākot patstāvīgu darbu);
- A (II kvalifikācijas grupa elektrodrošībā).

Prasmes

Kopīgās prasmes nozarē	Specifiskās prasmes profesijā	Vispārējās prasmes/spējas
• Noteikt metāla grupu, novērtēt metināmību. • Strādāt ar kontroles un mērinstrumentiem (šuvmēru, šabloniem, bīdmēru). • Lasīt rasējumus. • Sastādīt vienkāršu detaļu un konstrukciju skices. • Izmantot un kopt elektriskos rokas instrumentus. • Ievērot darba drošības, elektrodrošības, ugunsdrošības un vides aizsardzības noteikumus.	• Saslēgt metināšanas posteņa iekārtu, aparatūru un aprīkojumu. • Izvēlēties nepieciešamos metināšanas piedevmateriālus. • Regulēt metināšanas darba režīmus. • Strādāt ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē (MIG). • Metināt lokšņu un cauruļu konstrukcijas apakšējā un vertikālajā pozīcijā. • Noteikt vizuāli metināto šuvju defektus, novērtēt un novērst tos.	• Komunicēšanās spējas. • Spēja strādāt komandā. • Pārbaudīt sava darba rezultātu. • Organizēt savu darba vietu. • Spēja pašizglītoties. • Sniegt pirmo palīdzību nelaimes gadījumos. • Radoša pieeja darbam.

Zināšanas

Zināšanas	Zināšanu līmenis		
	Priekšstats	Izpratne	Pielietošana
Profesionālā terminoloģija			
Profesionālā terminoloģija svešvalodā			
Aritmētikas pamatdarbības			
Trigonometrijas pamati			
Mehānikas pamatzināšanas fizikā			
Elektrības pamatzināšanas fizikā			
Elektrotehnikas pamati			
Elektrodrošība			
Pamatzināšanas neorganiskajā ķīmijā			
Materiālu mācības pamati			
Rasēšanas pamati			
Lokmetināšanas iekārtas, aparatūra un aprīkojums metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē			
Lokmetināšanas darbu tehnoloģija metināšanā ar mehanizēto iekārtu inertās gāzes vidē			
Darba drošības, ugunsdrošības un vides aizsardzības noteikumi			
Datoru lietošanas pamati			
Lietišķās saskarsmes pamati			

_____
(izglītības iestādes nosaukums)

PROFESIONĀLĀS KVALIFIKĀCIJAS APLIECĪBA

Sērija **№**

_____
(apliecības ieguvēja vārds un uzvārds)

personas kods _____
ir nokārtoj_____ kvalifikācijas eksāmenu, un
viņa___ ar valsts kvalifikācijas eksāmenu komisijas
200___. gada _____ lēmumu
piešķirta kvalifikācija

_____

_____

Piešķirtā kvalifikācija atbilst
otrajam profesionālās kvalifikācijas līmenim.

Z.v.

Izglītības iestādes vadītājs _____ (paraksts) _____ (vārds, uzvārds)

Kvalifikācijas eksāmenu komisijas priekšsēdētājs _____ (paraksts) _____ (vārds, uzvārds)

Sekretārs _____ (paraksts) _____ (vārds, uzvārds)

Apliecība izsniegta _____ 200__. gada ____. _____

Reģistrācijas Nr. _____

14. MIG/MAG metinātāju sagatavošana

Saskaņā ar EWF (Eiropas metināšanas federācija) prasībām, lai iegūtu Eiropā atzītu MIG/MAG metinātāja sertifikātu, jāiziet atbilstošs apmācību kurss.

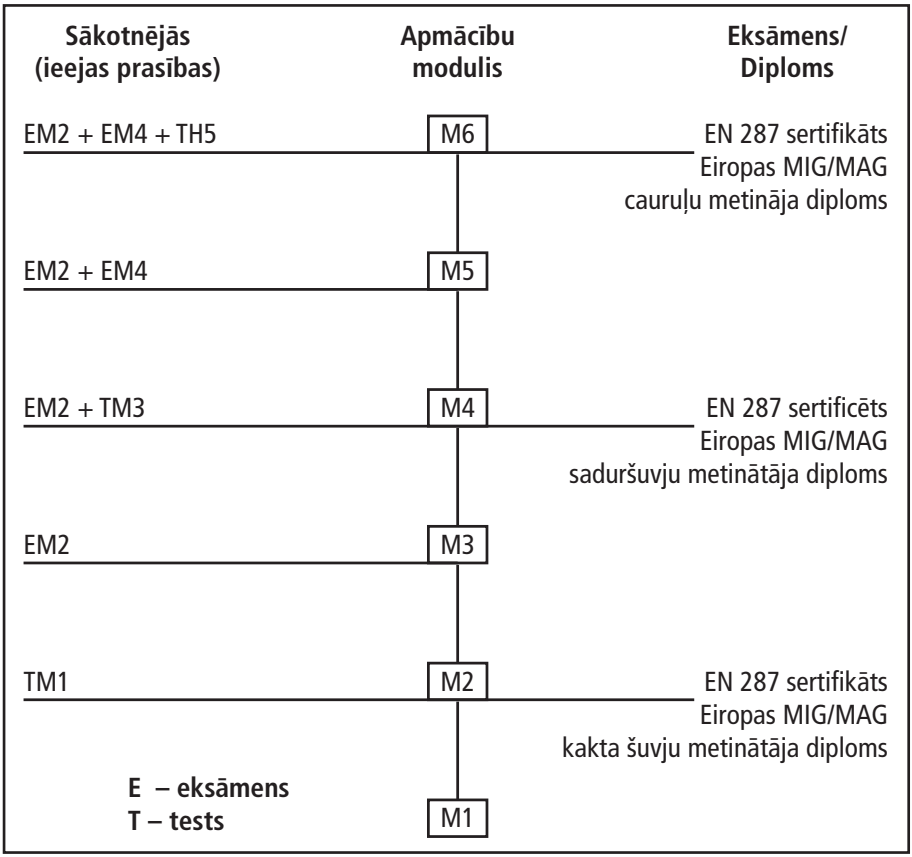
EWF paredz MIG/MAG metinātājiem 6 pakāpes saskaņā ar zemāk pievienoto shēmu.

Katrā no pakāpēm (moduļiem) paredzēts noteikts stundu skaits, kā teorētiskajā, tā praktiskajā un pārbaudes daļā. Nokārtojot moduļa prasības, var pāriet uz nākošā (augstākā) moduļa apgūšanu.

MIG/MAG metinātāju sagatavošanas programmā sīki aprakstītas katrā modulī ietilpstošās prasības teorētiskajā un praktiskajā apmācībā.

Pēc kvalifikācijas eksāmena nokārtošanas pretendents saņem vienota parauga EWF MIG/MAG metinātāja kvalifikācijas pārbaudes apliecību (1. pielikums).

Pēc metinātāja kvalifikācijas apzīmējuma saskaņā ar LVS EN 287–1+AC+A2 var noteikt to kvalifikācijas diapazonu, kurā metinātājs ir atestēts (2. pielikums).



1. pielikums

Metinātāja kvalifikācijas pārbaudes apliecība

Apzīmējums (i) .....
.....

WPS – Atsauces Nr.:

Eksaminētājs vai eksaminācijas institūcija – Atsauce Nr.:

WPS – Atsauces Nr.:
Metinātāja vārds, uzvārds:
Identifikācija: personas kods
Identifikācijas metode:
Datums un dzimšanas vieta:
Darba devējs: darba vieta
Likums / Testēšanas standarts:
Darba zināšanas: pieņemamas / nav testētas (svītrot nevajadzīgo)

Fotogrāfija (ja nepieciešama)

	Kontrolparaugs	Kvalifikācijas diapazons
Metināšanas process (i) Izstrādājuma tips (plāksne vai caurule) Šuves tips Materiālu grupa (as) Metināšanā izlietojamie materiāli (Apzīmējums) Aizsarggāze Palīgierīces (piemēram, aizsarggāze no iekšpuses) Materiāla biezums (mm) Caurules ārējais diametrs (mm) Metināšanas pozīcija Šuves elementi		

Kvalifikācijas testa tips	Izpildīts un pieņemts	Nav testēts
Vizuālā testēšana		
Radiografiskā testēšana		
Laušanas tests		
Lieces tests		
Stieples tests ar iegriezumu		
Makroskopiskā pārbaude		

Eksaminētāja uzvārds vai eksaminācijas institūcija:
Eksaminētāja vai eksaminācijas institūcijas vieta, datums un paraksts:
Metināšanas datums:
Kvalifikācijas derīgums līdz:

Darba devēja / metināšanas koordinatora derīguma apliecinājums turpmākajiem 6 mēnešiem

Datums	Paraksts	Ieņemamais amats vai tituls

Eksaminētāja vai eksaminācijas institūcijas kvalifikācijas pagarinājums turpmākajiem 2 gadiem (skat. 9.3)

Datums	Paraksts	Ieņemamais amats vai tituls

2. pielikums

Apzīmējuma piemēri

Piemērs Nr. 1.

Metinātāja kvalifikācija

EN 287-1†135 P FW 1.2 t10 PB ml

Izskaidrojums			Kvalifikācijas diapazons
135	Metināšanas process	MAG metināšana	135, 136 (tikai M)
P	Plāksne	–	P T: D ≥ 150mm
FW	Kakta šuve	–	FW
1.2	Materiālu grupa saskaņā ar CR ISO 15608	Materiālu grupa 1.2: tecēšanas robeža 275 N/mm^2 < R_{eH} ≤ 360 N/mm^2	1.1, 1.2, 1.4
S	Metināšanā izlietojamais materiāls	Monolīta stieple	S, M
T10	Biezums	Materiāla biezums: 10 mm	≥ 3mm
PB	Metināšanas pozīcija	Horizontāli vertikāla pozīcija (kakta šuvei)	PA, PB
Ml	Šuves elementi	Daudzslāņu	sl, ml

Piemērs Nr. 2.

Metinātāja kvalifikācija

EN 287-1†136 P BW 1.3 B t15 PE ss nb

Izskaidrojums			Kvalifikācijas diapazons
136	Metināšanas process	Metināšana ar pulverstiepli aktīvajā aizsarggāzes vidē	136
P	Plāksne	–	P T: D ≥ 150mm PA, PB, PC D ≥ 500mm PF
BW	Saduršuve	–	BW, FW (skat. 5.4 b)
1.3	Materiālu grupa saskaņā ar CR ISO 15608	Materiālu grupa 1.3: Normalizētie sīkgraudainie tēraudi ar tecēšanas robežu ReH > 360 N/mm^2	1, 2, 3, 9.1, 11
B	Metināšanā izlietojamais materiāls	Stieple ar bāzisko pildījumu	B, R, P, V, W, Y, Z
t15	Kontrolparauga materiāla biezums	Materiāla biezums: 15mm	≥ 5mm
PE	Metināšanas pozīcija	Griestu pozīcija (saduršuvei)	PA, PB, PC, PD, PE, PF
ss nb	Šuves elementi	Vienpusīga metināšana, bez paliktņa Daudzslāņu	ss nb, ss mb, bs FW: sl, ml

Izmantotā literatūra

1. Metinātāja palīgs MIG/MAG metināšanā. Rīga, AGA SIA, 1996.
2. O. Pētersons. Metālu metināšana. Rīga, Buts, 1999
4. J. Gill, M.College. Welding Basics. Outario, 1998.
5. R.Killing. Welding Processes and Thermal Cutting. Düsseldorf, 2001.
6. The procedure handbook of are welding. ISA, The Lincoln electric company, 1994.
7. Handbook on for maritime welders. Norway, Unitor. 8. edition.
8. Juha Lukkari. Hitsaus Ė tehniikka. Helsinki, opetushallitus, 1997.
11. Metallbag svetsning. Stockolm, 1983.
12. MIG/MAG svetsnig. Stockolm, 1995.
13. В.Л. Лихачев. Электросварка. Москва, 2004.
14. А.И. Савицкий. Сварка, наплавка и резка металлов при ремонте изделий железнодорожного транспорта. Рига, РТУ, 2004.
15. EN un ISO standarti metināšanā.
16. Firmu katalogi un prospekti un iekārtu pases:
    - AGA (Zviedrija)
    - Binzel (Vācija)
    - Elga (Zviedrija)
    - ESAB (Zviedrija)
    - FIMER (Itālija)
    - Froniuss (Austrija)
    - JACKLE (Vācija)
    - Kemppi (Somija)
    - Lincoln (ASV)
    - Linde (Vācija)
    - LORCH (Vācija)
    - Messer (Vācija)
    - Migatronic (Dānija)
    - Oerlikon (Šveice)
    - SELCO (Itālija)
    - Telwin (Itālija)
    - Unitors (Norvēģija)

Pielikums

TERMISKĀ METĀLU GRIEŠANA

Mērķauditorija

Apmācības ir orientētas uz uzņēmumiem, kas ieviesuši vai plāno ieviest griešanas mašīnas un vēlās uzlabot griezuma kvalitāti, ražīgumu vai samazināt griešanas izmaksas. Tās tiek piedāvātas griešanas mašīnu operatoriem un vidējā līmeņa vadītājiem, kas tieši atbild par griešanas kvalitāti.

Apmācības mērķis

Papildināt klienta darbinieku kompetenci un pieredzi griešanā.

Saturs

- Termiskā griešana – veidi un galvenās atšķirības;
- Skābekļa deggāzes griešanas process;
- Plazmas griešanas process;
- Lāzergriešanas process;
- Izmaksu aprēķins mašīngriešanā, dažādu griešanas veidu salīdzinājums;
- Gāzu izvēle termiskajā griešanā;
- Skābekļa kvalitātes ietekme uz griešanas procesu;
- ISO9013 – Termiskā griešana:
    - Griešanas kvalitātes prasības termiskajā griešanā,
    - Kvalitātes nodrošināšana,
    - Pielaides,
    - Griezumu marķēšana rasējumos;
- Pareizu griešanas parametru izvēle, to ietekme uz griešanas procesu;
- Griešanas defektu cēloņi, to novēršana;
- Darba drošība termiskās griešanas procesos;
- Drošības iekārtas mašīngriešanai;

Metodika

Kursa pamatā ir AGA un Linde izstrādāta apmācību programma, kas ietver videomateriālus un slaidus.

Kursa vērtība

Apmācība tiek piedāvāta grupām, kuru maksimālais dalībnieku skaits ir 15 personas.
Kursa ilgums līdz 6h.

WELDONOVA®

Ja vēlaties pasūtīt šo apmācību, lūdzam kontaktēties ar AGA SIA klientu servisa centru vai tirdzniecības pārstāvjiem. Tālr. 80005005.

PUSAUTOMĀTISKĀ (MIG/MAG) METINĀŠANA

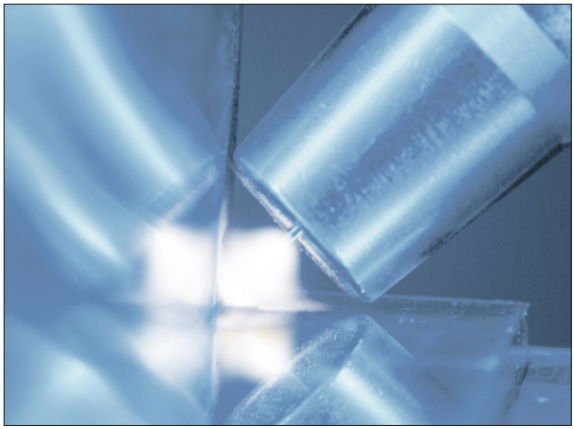
Mērķauditorija

Apmācības kurss ir paredzēts dažādu metālapstrādes uzņēmumu metinātājiem, kuru darba pienākumos ietilpst pusautomātiskā metināšana, kā arī vidējā līmeņa vadītājiem, kas atbild par ražošanu.

Apmācības mērķis

Papildināt klienta darbinieku kompetenci un pieredzi pusautomātiskajā metināšanā. Izskaidrot pareizas aizsarggāzes un režīmu izvēli.

Saturs



- pusautomātiskās metināšanas pamatprincipi;
- izpratne par metināšanas procesu un loku veidiem;
- metināšanas parametru izvēle un to savstarpēja mijiedarbība;
- aizsarggāzu veidi un to pareizā izvēle;
- defekti pusautomātiskajā metināšanā un to cēloņi;
- defektu novēršana;
- darba apstākļu uzlabošana, strādājot ar MISON® grupas aizsarggāzēm;
- praktiski padomi un ieteikumi;
- norādījumi par defektu kvalitātes līmeņiem saskaņā ar EN 25817

Metodika

Kursa pamatā ir AGA AB izstrādāta apmācību programma, kas ietver videomateriālu un slaidus. Veiksmīgi nokārtojot zināšanu pārbaudi, kursa dalībnieki saņem sertifikātus.

Kursa vērtība

Apmācība tiek piedāvāta grupām, kuru maksimālais dalībnieku skaits ir 15 personas. Kursa ilgums ir 5 stundas. Apmācības ir maksas pakalpojums.

WELDONOVA®

Ja vēlaties pasūtīt šo apmācību, lūdzam kontaktēties ar AGA SIA klientu servisa centru vai tirdzniecības pārstāvjiem. Tālr. 80005005.

TIG – METINĀŠANA AR NEKŪSTOŠO VOLFRAMA ELEKTRODU

Mērķauditorija

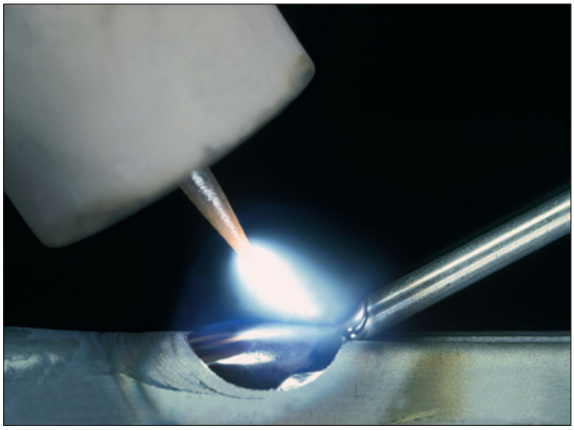
Apmācības kurss ir paredzēts dažādu metālapstrādes uzņēmumu metinātājiem, kuru darba pienākumos ietilpst metināšanas procesi, kā arī vidējā līmeņa vadītājiem, kas atbild par ražošanu.

Apmācības mērķis

Papildināt klienta darbinieku kompetenci un pieredzi metināšanā ar nekūstošu volframa elektrodu. Izskaidrot pareizas aizsarggāzes un režīmu izvēli.

Saturs

- TIG metināšanas pielietojums;
- TIG shēma;
- metināšanas metodika;
- pareiza elektroda diametra izvēle;
- aizsarggāzes sprauslas;
- elektrodu izvēle;
- elektroda leņķi;
- saknes aizsardzība;
- volframa elektrodi;
- strāvas stiprums, kas nepieciešams, lai sametinātu 1mm biezu materiālu;
- elektroda asinājuma garums,
- metināšanas aizsarggāzes;
- darba drošība metināšanas.



Metodika

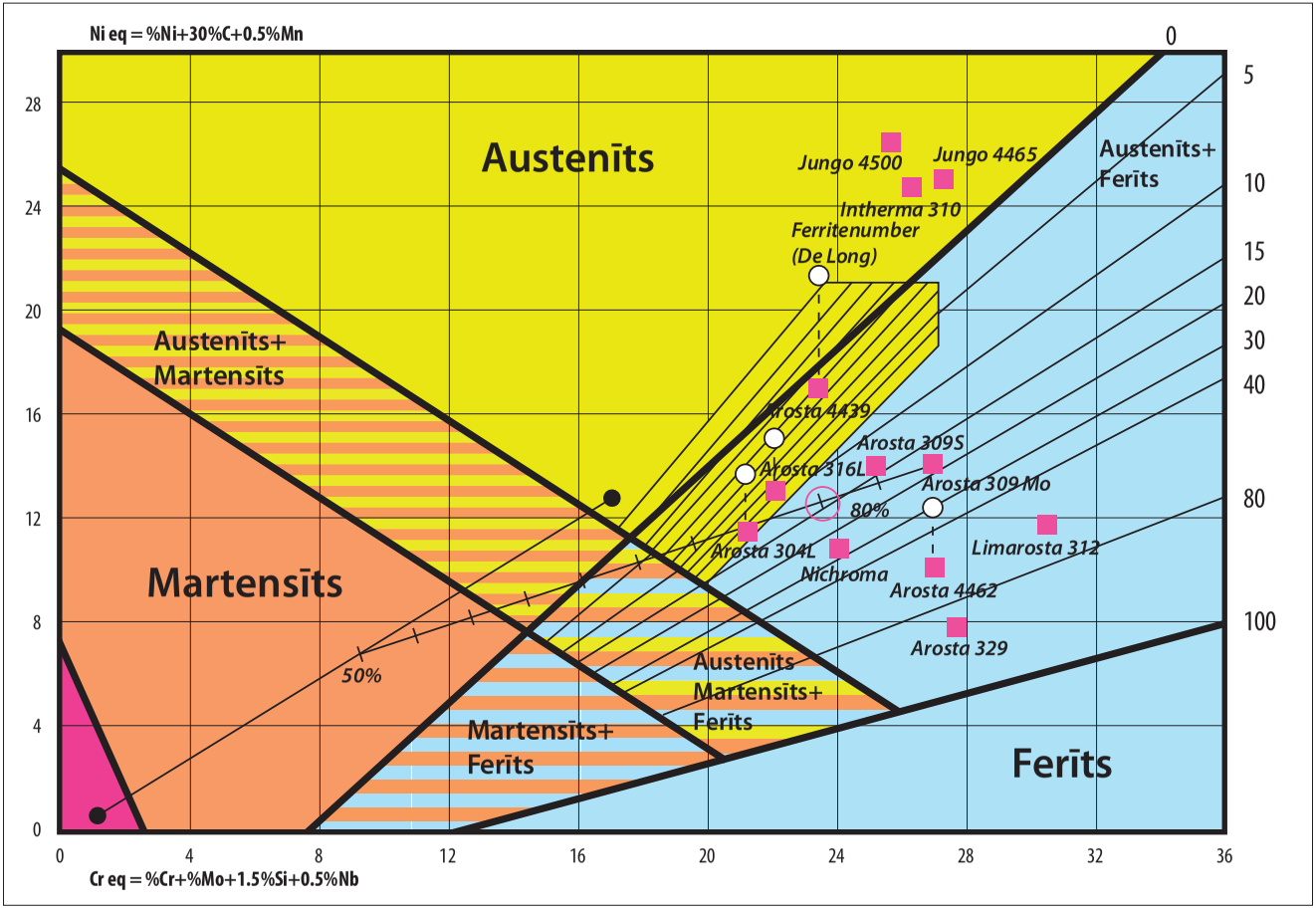
Kursa pamatā ir uzņēmuma AGA izstrādāta apmācību programma, kas ietver videomateriālu un slaidus.

Kursa vērtība

Apmācība tiek piedāvāta grupām, kuru maksimālais dalībnieku skaits ir 15 personas. Kursa ilgums ir 6 stundas. Apmācības ir maksas pakalpojums.

WELDONOVA®

Ja vēlaties pasūtīt šo apmācību, lūdzam kontaktēties ar AGA SIA klientu servisa centru vai tirdzniecības pārstāvjiem. Tālr. 80005005.



10.1. zīm. Šuves metāla struktūru diagramma. (Šeflera diagramma)

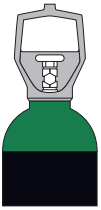
MIG-MAG metināšanā izmantojamo balonu krāsojums

Plecu daļu krāso atbilstoši Eiropas standartam LVS EN 1089–3

Balona korpuss ir AGA standarta krāsā

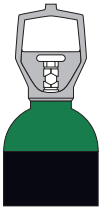
MISON® Ar

Ar + 0.03% NO



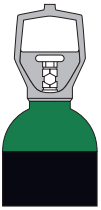
MISON® 2

Ar + 2 % CO_2 + 0.03% NO



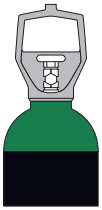
MISON® 2He

Ar + 2% CO_2 + 30% He + 0.03% NO



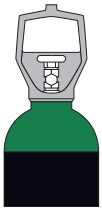
MISON® 8

Ar + 8% CO_2 + 0.03% NO



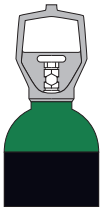
MISON® 18

Ar + 18% CO_2 + 0.03% NO



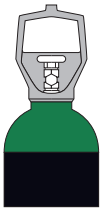
MISON® 25

Ar + 25% CO_2 + 0.03% NO



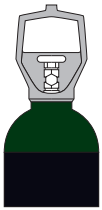
MISON® He30

Ar + 30% He + 0.03% NO



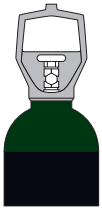
Argon

Ar 4.0 (99.990% Ar)



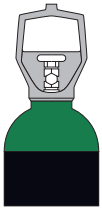
Argon 4.8

Ar 4.8 (99.998% Ar)



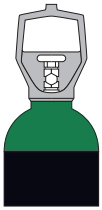
CORGON® 8

Ar + 8% CO_2



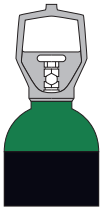
CORGON® 18

Ar + 18% CO_2



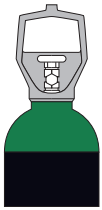
CORGON® 25

Ar + 25% CO_2



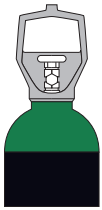
CORGON® 3

Ar + 5% CO_2 + 5% O_2



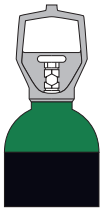
CORGON® 4

Ar + 2% CO_2 + 3% O_2 + 4% He



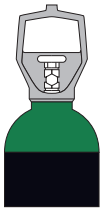
CRONIGON® He

Ar + 30% He + 1% O_2



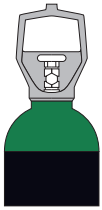
CRONIGON® S2

Ar + 2% O_2



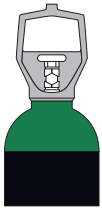
VARIGON® He50

Ar + 50% He



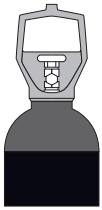
VARIGON® He70

Ar + 70% He



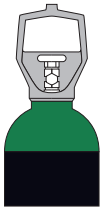
Oglekļa dioksīds

CO_2 2.7 (99.7% CO_2)



AGA MIX® 20

Ar + 20% CO_2



Neļaujiet ozonam kaitēt savai veselībai.

Izvairieties no kaitīgā ozona – metinot vienmēr lietojiet MISON® aizsarggāzi.

Metinot rodas ozons. Tas ir toksisks un kairina acis, degunu un kaklu. Pat zems ozona līmenis var jums kaitēt – arī labi ventilētās darbnīcās. Laimīgā kārtā no ozona var viegli izvairīties. MISON® aizsarggāzes - AGA augstākās klases aizsarggāzes, mazina kaitīgo ozonu līdz tādam līmenim, kas nerada risku. MISON® aizsarggāzes uzlabo metinātās šuves kvalitāti un darba efektivitāti kopumā. Metinot lietojiet MISON® aizsarggāzes – vienīgās aizsarggāzes, kas pasargā jūs no ozona.

AGA – idejas pārtop risinājumos.

www.aga.lv

Ar odorizēto skābekli ODOROX® – drošība pirmajā vietā!

Noplūde nav ne saredzama, ne sadzirdama, toties tā ir saožama – ar ODOROX® odorizēto skābekli.

AGA odorizētais skābeklis ODOROX® ir savlaicīga brīdinājuma sistēma, kas paredzēta izmantošanai visos skābekļa un deggāzu pielietojumos, lai uzlabotu darba vides drošību. Tas mazina ugunsgrēka risku, izplatot brīdinošu smaku situācijās, kad notiek neparedzēta skābekļa noplūde un tā koncentrācija gaisā palielinās. Palielināta skābekļa koncentrācija var likt aizdegties pat tādam materiālam, kas uzskatāms par nedegošu. Tā kā AGA gāzi piegādā balonos, tad ODOROX® produkts ir pieejams visiem lietotājiem. Tā ir piesardzība, kas var glābt dzīvības.

AGA – idejas pārtop risinājumos.

www.aga.lv

® ODOROX ir The Linde Group reģistrēta preču zīme.