# 1. modulis «Pamatprocesi metināšanā»

1. Metālapstrādes procesi (pirmsākumi, izmantošana senatnē, mūsdienu metālapstrādes procesu veidi).

2. Metināšana metālapstrādes procesos (pirmsākumi, mūsdienu metināšanas procesu veidi).

3. Metināšanas procesu iedalījums

**Spēj:** aprakstīt metālapstrādes procesu vēsturisko attīstību.

**Zina:** metālapstrādes procesus un to iedalījumu, metināšanas nozīmi metālapstrādē.

**Izprot:** metināšanas lomu metālapstrādē

# Lokmetinatājs metināšanā ar mehanizēto iekārtu aktīvās gāzes vidē (MAG) (135)

# 1.1. Metālapstrādes procesi

## 1.1.1. Metālapstrādes procesu pirmsākums. Metālapstrādes procesu produktu izmantošana senatnē

Metālapstrāde ir viena no vecākajām amatniecības tehnoloģijām, kas ir nogājusi garu ceļu no vienkāršiem rokas instrumentiem līdz modernām augsto tehnoloģiju iekārtām. Šajā rakstā apskatīsim galvenos metālapstrādes evolūcijas posmus un salīdzināsim mūsdienu tehnoloģijas ar tradicionālajām metodēm.

Pirmie mēģinājumi metāla apstrādē ir datējami ar seniem laikiem, kad cilvēki sāka kausēt un kalt metālu. Senie ēģiptieši, šumeri un grieķi izmantoja varu, bronzu un dzelzi, lai radītu instrumentus, ieročus un rotaslietas. Process ietvēra kalšanu – metāla karsēšanu līdz augstām temperatūrām un veidošanu, izmantojot āmurus un laktas.

 Viduslaikos metālapstrāde būtiski attīstījās, pateicoties kalumu un ūdensdzirnavu izgudrošanai. Kā arī darināja āmurus un citus instrumentus. Šajā periodā parādījās tērauds - izturīgāks un izturīgāks materiāls, kas ļāva radīt sarežģītākus un kvalitatīvākus izstrādājumus. 18. gadsimta rūpnieciskā revolūcija bija pagrieziena punkts metālapstrādes vēsturē. Tvaika dzinēju izgudrošana un ražošanas mehanizācija ļāva būtiski palielināt metālapstrādes apjomu un ātrumu. Rokas darbarīkus nomainīja mehāniskie āmuri, presēšanas mašīnas un virpas, kas varēja strādāt ātrāk un precīzāk.

19.gadsimtā tika izstrādāts Bessemer process, kas ļāva masveidā ražot tēraudu, kas ievērojami samazināja tā izmaksas un padarīja to pieejamu plašai lietošanai. Tika radīti jauni sakausējumi, piemēram, nerūsējošā tērauda, ​​alumīnija un titāna sakausējumi, kas pavēra jaunas iespējas metālapstrādē.

20. gadsimta otrā puse iezīmējās ar datoru ciparvadības (CNC) iekārtu parādīšanos. Šīs iekārtas kontrolē datori, un tās ļauj veikt sarežģītas darbības ar augstu precizitāti. CNC iekārtas tiek izmantotas dažādās jomās, sākot no mašīnbūves līdz aviācijai, un būtiski uzlabo metālapstrādes produktivitāti un kvalitāti.

Mūsdienu tehnoloģijas ietver lāzera un plazmas griešanu, kas ļauj apstrādāt metālus ar augstu precizitāti un ātrumu. Lāzergriešanai tiek izmantots koncentrēts gaismas stars, kas var griezt metālu ar minimāliem materiāla zudumiem un augstu precizitāti. Plazmas griešana izmanto jonizētu gāzi, kas izkausē metālu un izpūš to no griešanas zonas. Moderno un tradicionālo metožu salīdzinājums.

Mūsdienu metālapstrādes tehnoloģijas precizitātes, ātruma un efektivitātes ziņā ievērojami pārspēj tradicionālās metodes. Tomēr tradicionālās metodes, piemēram, kalšana un roku apdare, joprojām tiek izmantotas amatniecības ražošanā un unikālu izstrādājumu radīšanā. Mūsdienu tehnoloģijas ļauj automatizēt un paātrināt procesu, samazinot izmaksas un paaugstinot produktu kvalitāti.

Metālapstrāde ir stratēģiska nozare: tā ir augstas pievienotās vērtības nozare, kurā nepieciešamas plašas zināšanas un pieredze un kura apgādā visas pārējās tautsaimniecības nozares ar mašīnām, ražošanas sistēmām, to sastāvdaļām un saistītajiem pakalpojumiem, kā arī ar nozarēm vajadzīgajām tehnoloģijām un zināšanām. Metālapstrāde ir nevis viendabīga, bet gan ļoti daudzveidīga nozare, kas aptver ļoti daudzas apakšnozares, viena no tām ir metināšana.

Pirmās elektrolokmetināšanas iekārtas bija paredzētas metināšanai ar pārklātiem elektrodiem

(mūsdienu MMA metināšana). Kā pirmais pārklātais elektrods tika izmantots tērauda stienis ar plānu māla kārtas pārklājumu. Elektriskajam lokam degot un tērauda stienim kūstot, izkusa arī plānā māla kārtiņa, kura reizē piedalījās kā ķīmiski metalurģiskajos procesos, tā šķidrā metāla aizsardzībā no apkārtējās vides iedarbības. Gadu gaitā tika attīstītas, uzlabotas un modernizētas metināšanas iekārtas un izstrādāti daudziem dažādiem metāliem paredzēti pārklātie elektrodi un pārklājumu veidi, kuru efektivitāte kvalitātes sasniegšanai ir panākta zinātniski pētnieciskā darbā un eksperimentāli pierādīta laboratorijās.

# 1.1.2. Mūsdienu metālapstrādes procesu veidi

Metālapstrāde var tikt iedalīta vairākos veidos:

Mehāniskā apstrāde – darbs ar metāliem mehāniskā veidā, kā norāda nosaukums. Tas ietver griešanu, pulēšanu un slīpēšanu, plastmasas deformāciju, deformējošu griešanu. Apstrāde notiek ar īpašām mašīnām, un mašīnas ir gan manuālas, gan automātiskas, kā arī pusautomātiskas. Apstrāde var būt rupja apstrāde, pusapstrāde, apdare un finiša apstrāde.

Metālapstrādes procesu veidi: Virpošana – ieslēdzot īpašas virpas, skrūvējamas virpas, tornīšu virpas. Viņi uz tiem sasmalcina cilindrus, izveido vītnes, urbj caurumus, apstrādā galus un noceļ.

Frēzēšana ir metālapstrādes veids, kura laikā griezējs pārvietojas vienā virzienā, bet apstrādājamais – otrā virzienā, kā rezultātā izrādās izveidotas diezgan elegantas detaļas, kuras bieži izmanto instrumentu izgatavošanai. Frēzēšanas process notiek arī ar specializētām mašīnām, kurām ir vairāki veidi: universāls, horizontāls, vertikāls, garenisks un citi. Liela nozīme ir griezēju īpašībām – tie ļauj veikt projektam nepieciešamo apstrādes veidu.

Atslēdznieks strādā, kā likums, bez specializētām mašīnām, taču atsevišķu detaļu ražošanai ir atļauta automatizācijas izmantošana. Piemēram, metināšanas iekārtas, locīšanas iekārtas, urbji tiek plaši izmantoti. Metālapstrāde atslēdznieka darba laikā ir saistīta ar liela skaita rokas darbarīku izmantošanu – āmuriem un vīlēm, kaltiem, smilšpapīru, skavām, serdeņiem, perforatoriem utt.

Metālu termiskā apstrāde var būt vienkārši termiska sacietēšana, kristalizēšana, apstrāde ar aukstumu, tā var būt ķīmiski termiska iedarbība, ķīmiski aktīvās vidēs, tā var būt termomehāniska vide, (manuālās deformācijas un dzesēšanas kombinācija, tā ir arī kalšana) . Termiskās apstrādes galvenais mērķis ir padarīt metālus stiprākus, palielināt no tiem ražoto detaļu un priekšmetu veiktspējas īpašības un mainīt to formu.

Slīpēšana, pulēšana. Ietver produktu, galu, atveru ārējo un iekšējo dobumu apstrādi, kā arī darbu ar sarežģītas formas izstrādājumiem, pat ļoti maziem izmēriem.

Metināšana – viengabala detaļu izveidošana, savienojot tās termiskās apstrādes laikā. Termoplastmasa un metāli, sakausējumi uz vara, niķeļa, titāna bāzes ir labi metināmi. Turklāt metināšanas darbus veic arī ar dažādām metodēm: elektrisko loku , elektrisko gāzi , plazmu un citiem metināšanas veidiem. Ikviens ir labs savam mērķim.

#

# 1.2.Metināšana metālapstrādes procesos.

Par metināšanu sauc procesu, kurā tiek iegūts neizjaucams savienojums atomu pievilkšanās spēku darbības rezultāts. Metināt var gan metālus, gan arī metāla sakausējumus.

# 1.2.1.Metināšanas procesu pirmsākumi

Pirmais patents metināšanā tika izdots 1885. gadā Lielbritānijā (N. Benardos un S. Olševskis), kaut arī metināšanas pirmsākumi meklējami daudz agrāk. Iekārtu un tehnoloģiju izstrādāja (tērauda metināšanai ar kustošu elektrodu) N. Slavjanovs, viņa metodes izmantojam arī šodien.

1904.gadā saka lietot elektrodus ar pārklāju, ko atklāja O. Kjelbergs. 1906. gadā Kjelbergam tiek piešķirts patents, kā unikālam izgudrojumam – pārklātie elektrodi, kurus, lietojam arī šodien (OK)

Elektrolokmetināšanas pirmsākumi meklējami 19. gadsimta beigās un 20. gadsimta sākumā, kad

sāka parādīties pirmās metināšanas iekārtas, kuras bija ārkārtīgi vienkāršas gan uzbūves, gan

lietošanas ziņā. Jāņem vērā, ka tieši tā laika metināšanas iekārtu ražotāji pamatlicēji arī mūsdienās

turpina piedāvāt savu produkciju, par pamatu ņemot vairāk nekā 110 gadu ilgo pieredzi, kas nodota

no paaudzes paaudzē. Pastāv arī vēlāk (20. gadsimta 50. gados) dibinātas kompānijas, kuras sākotnēji

ražoja citu veidu produkciju, kas tieši nebija saistīta ar metināšanas iekārtām un to aprīkojumu, vai arī ražoja atsevišķas elektroierīču komponentes.

# 1.2.2. Mūsdienu metināšanas procesu veidi.

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

Metinot izmanto dažādus vietējos siltuma avotus, tie var būt: elektriskais loks, gāzes liesma, ķīmiska reakcija, izkausēti sārņi, plazma, lāzera stara enerģija.

Visu veidu kausēšanas metināšanā izkusušais vienas malas šķidrais materiāls brīvi savienojas (daļēji sajaucas) ar otras malas šķidro materiālu. Rodas šķidra materiāla kopīgs tilpums, ko sauc par „metināšanas vannu”.

Kopš gadsimta sākuma metināšanas procesi ļoti strauji attīstījušies, pašlaik rūpniecībā lieto vairāk nekā 20 dažādus metināšanas veidus:

311 Acetilēna-skābekļa metināšana(OAW) - Gāzes metināšana

21 process – (RSWR-esistance Spot Welding) - Kontaktmetināšana

Metināšana zem kušņu kārtas

125 Loka metināšana ar pulverstiepli zem kušņiem(daļēji mehanizēta)

## Automātiskā metināšana zem kušņiem ar monolīta šķērsgriezuma stiepli (Submerged Arc Welding) 121 SAW

Tipisks pielietojums: spiediena trauku, tādu kā apkures katli, cauruļvadi, dzelzceļa un zemes rakšanas, celtniecības iekārtas, lokomotīvju un kuģu būve. SAW priekšrocības: metināšana tiek veikta bez dūmiem, dzirkstelēm. Parasti tiek iegūts nevainojams šuves izskats un vienmērīgas šuvju formas. Izkausētie kušņi nodrošina piemērotus apstākļus augstai strāvas plūsmai, kas nodrošina augstu metināšanas ātrumu bieziem materiāliem. Praktiski, maliņu sagatavošana nav nepieciešama materiāliem, kuru biezums ir mazāks par 12 mm. Ar lielu ātrumu var sametināt vienkāršās metināšanas šuves vienā gājienā.

Plusi: Augsta siltuma koncentrācija un augsts metināšanas ātrums izraisa zemu savienojuma deformāciju.

Mīnusi: Tā kā operators nespēj redzēt metināšanas vannu, viņš nevar pareizi novērtēt tās veidošanos. Tāpēc, lai pareizi metinātu, parasti tiek izmantoti piederumi, piemēram, statīvi un stiprinājumi, mehanizētas vadīklas.

## Plazmas metināšana (Plasma Arc Welding) 15 PAW

Plazmas loka metināšana ir bieži izmantota metode metālu metināšanā. Šī tehnoloģija atgādina TIG metināšanu - elektriskā loka degšana notiek starp volframa elektrodu un apstrādājamo materiālu.

Plazmas metināšanas lielākā priekšrocība parādās biezāku plākšņu (2 - 8 mm) metināšanā, kad var izmantot caurkausējošo atslēgas cauruma metodi – kontrolētu cauruma izdedzināšanu metāla plāksnē visā tās biezumā, izmantojot jaudīgu plazmas loku. Virzot degli pa plāksni, caurums pārvietojas līdz ar loku. Loka radītais spiediens aizvada cauruma priekšējā malā kūstošo materiālu uz cauruma aizmuguri. Tur izkusušais metāls sacietē, veidojot, līdzenu šuvi un vienmērīgu sakausējumu.

## Rokas lokmetināšana ar pārklātiem kūstošiem elektrodiem (Manual Metal Arc welding ) 111 MMA

Vienkāršs, bet reizē uzticams metināšanas veids. Ļoti labi piemērots darbam āra apstākļos, jo ir ērti transportējams, kā arī nav izteikti jūtīgs pret vēja ietekmi. Sanāk kvalitatīvs šuves metāls, galvenokārt tādēļ, ka šuves rafinēšanas un leģēšanas pasākumos piedalās kušņi, kuri atrodas elektroda pārklājumā.

Galvenie uzstādīšanas parametri atkarībā no metināmā materiāla īpatnībām, savienojuma tipa, noslīpinājuma (fāzītes), pozīcijas, biezuma, montāžas spraugas un pieslīpējuma:

1) Strāvas stiprums (A - Ampēri).

2) Polaritāte - (+/-), atkarībā no elektroda pārklājuma tipa.

3) Hot Start - palielināta starta strāva, lai vieglāk būtu ierosināt elektrisko loku.

4) Arc Force - ļauj izvēlēties starp mīkstu (apkausējošu) elektrisko loku vai rokošu (dziļi kausējošu) elektrisko loku.

5) Antystick Function - tiek aktivizēta brīdī, kad elektrods pielīp pie metināmās detaļas, nekavējoties atslēdzot metināšanas strāvu, tādējādi nesabojājot elektrodu un neradot pārkaršanu metināšanas iekārtai.

## Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu izmantojot pašaizsargājošo pulverstiepli (Flux Cored Arc Welding (without shielding gas)) 114 FCAW- pašaizsargājošā stieple

Šajā metināšanas veidā izmanto pulverstiepli, kas caur stieples padeves mehānismu un metināšanas pistoli tiek padota uz metināmo virsmu. Elektriskā loka ietekmē tiek nodrošināta gan stieples, gan metināmās virsmas sakausēšana. Ekranējumu (aizsarggāzes) nodrošina ap stiepli esošo kušņu

sadalīšanās produkti. Šim metināšanas veidam pēc nepieciešamības caur degļa uzgali ir iespēja pievadīt gāzi vai gāzu maisījumu, tādējādi nodrošinot papildu ekranējumu. Veicot metināšanu ar pulverstieples (kušņu) metodi, iegūst gludus, pietiekoši izturīgus un kvalitatīvus metinājumus.

## Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu inertās aizsarggāzes vidē (Metal Inert Gas) 131 MIG

Metode tiek saukta arī par metāla inertās gāzes metināšanu (MIG) vai metināšanu ar pusautomātu.

Šīs metināšanas principa pamatā ir metāla stieple, kas caur stieples padeves mehānismu un metināšanas pistoli tiek padota uz metināmo virsmu, un elektriskā loka ietekmē tiek nodrošināta gan stieples, gan metināmās virsmas sakausēšana. Stieple darbojas gan kā strāvu vadošs elektrods, gan kā metināmā metāla pildījums. Kā inertā gāze tiek izmantots argons, hēlijs vai šo gāzu maisījumi, kas ķīmiski nepiedalās metināšanas procesā. Aizsarggāze, kas plūst caur gāzes sprauslu, aizsargā loku un izkusušo materiālu, veidojas augstas kvalitātes metinājumi visiem metāliem un sakausējumiem. Pēc metināšanas, nav jāvelta daudz pūļu metinājuma tīrīšanai. Process ir ātrs un ekonomisks bez sārņu veidošanās. MIG metināšanas procesa pielietošana: labi piemērots lokšņu metāla metināšanai, parasti ar šo procesu var metināt visus pieejamos metālus, arī krāsainos un to var izmantot dziļu šuvju metināšanai.

Priekšrocības:

1) Tas ir ātrāks salīdzinājumā ar rokas loka metināšanu (MMA), jo tas piegādā elektroda materiālu nepārtraukti.

2) Tas nodrošina tīru, labāku, kvalitatīvu šuvi.

3) Nav sārņu.

4) Samazina šuves defektus.

5) To var viegli automatizēt.

## Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu aktīvās aizsarggāzes vidē (Metal Active Gas) 135 MAG

Metāla Aktīvā Gāzes metināšana – pusautomātisks metināšanas process aktīvas gāzes vidē. Viena no visizplatītākajām un ātrākajām tēraudu savienošanas metodēm. Metināšana notiek padodot metināšanas strāvu uz stiepli, kas pieskaroties detaļai veido elektrisko loku. Izmanto galvenokārt rūpnīcās, ražošanas uzņēmumos un autoservisos.

MAG metināšanā kā aizsarggāzi izmanto ogļskābo gāzi un argona maisījumus. Ogļskābās gāzes (CO priekšrocība ir tās zemā cena.

Tomēr tam seko vairāki šīs gāzes lietošanas trūkumi:

1) Lietojot Ogļskābo gāzi metināšanas ātrums ir mazāks (nav iespēja iegūt metāla strūklveida pārnesi).

2) Metināšanas parametri ir grūtāk kontrolējami.

3) Rodas vairāk defektu (poru, metāla šļakatu u.c.).

136 Loka metināšana ar pulverstiepli ar kušņu pildījumu aktīvajā gāzē (MAG)

138 Loka metināšana ar pulverstiepli ar metāla pildījumu aktīvā gāzē (MAG)

## Lokmetināšana ar volframa elektrodu inertās aizsarggāzes vidē (Tungsten Inert Gas) 141 TIG

TIG tika izstrādāta 1940. gadā alumīnija sakausējumu metināšanai. Papildus alumīnija metināšanai šī metode tiek izmantota nerūsējošā tērauda, ka arī oglekļa saturoša un maz leģēta tērauda metināšanai. Metināšana ir iespējama ar metināšanas materiāliem, kuru biezums ir sākot no 0,6 mm.

TIG metināšanā starp elektrodu un metināmo virsmu veidojas (deg) elektriskais loks, kā rezultātā metāls tiek sakarsēts un kūst. Loks kļūst aktīvs bez pieskāriena, t.i. ar augstvoltu impulsu palīdzību.

Pa degļa sprauslu plūstošā aizsarggāze (argons vai hēlijs vai to maisījums) nodrošina izkusušā metāla un volframa elektroda aizsardzību no atmosfēras gaisā esošo gāzu nevēlamās iedarbības. Volframa elektrods ir novietots gāzes degļa vidū. Ar šo metodi var iegūt augstākās kvalitātes metinājumus visiem metāliem un sakausējumiem. Pēc metināšanas vajadzīga minimāla šuves apstrāde, jo procesa laikā praktiski neveidojas metināšanas šļakatas un sārņi. Volframa Inertā Gāzes metināšana – metināšana ar nekūstošu volframa elektrodu aizsarggāzu vidē. Var metināt pilnīgi visus metālus sākot

no parastā tērauda, līdz pat nerūsējošajam tēraudam, alumīnijam, titānam, magnija sakausējumiem. Populārākie saīsinājumi:

TIG - Tungsten Inert Gas

WIG - Wolfram Inert Gas

GTAW - Gas Tungsten Arc Weldin

Volframs ir viens no cietākajiem un grūtkūstošākajiem metāliem.Blīvums 19.25 g/cm3 Kušanas temperatūra 3410 grādi C. Par aizsarggāzi izmanto argonu (visbiežāk), hēliju (nodrošina padziļinātu penetrāciju, šuve būs dziļāka). Izmanto gan līdzstrāvu, gan maiņstrāvu.

Metinot parasti lieto atbilstošu piedevas materiālu, kas tiek piedāvāts dažāda diametra stienīšos, jo metinot bez tā, detaļai atdziestot veidojas spriegumi kuri var radīt plaisas.

No 160 A deglim lieto piespiedu slēgto dzesēšanu.

141 – TIG – Lokmetināšana ar volframa elektrodu inertās aizsarggāzes vidē.

142 – TIG – Lokmetināšana ar volframa elektrodu inertās aizsarggāzes vidē bez piedevmateriāla.

143 – TIG - Lokmetināšana ar volframa elektrodu inertās aizsarggāzes vidē pielietojot ar kušņiem pildītu piedevmateriālu.

145 – TIG - Lokmetināšana ar volframa elektrodu reducējošas aizsarggāzes vidē, pielietojot pilna šķērsgriezuma piedevu (ūdenraža piemaisījums līdz 2%) .

# 1.1.Metināšanas procesu iedalījums

Metināšanas klasifikācija pēc darbības principa iedala:

Mehāniskajā klasē notiek metināmo detaļu plastiska deformācija.

Ietver: berzes metināšanu, metināšanu ar ultraskaņu, sprādzienmetināšanu.

Termomehāniskajā klasē, lai palielinātu metāla plastisko deformāciju lieto uzkarsēšanu.

Ietver: kalējmetināšanu, kontaktmetināšanu, rullīšmetināšana, difūzijmetināšanu.

Termiskajā klasē notiek savienojamo detaļu malu izkausēšana. Izkausētais metāls saplūst un veido metinātu savienojumu.

Ietver: visus loka metināšanas veidus, plazmas un lāzermetināšanu, kā arī gāzmetināšanu.

Metināšanas veidu iedalījums: 1) Kausēšanas metināšana 2) Spiedienmetināšana

Kausēšanas metināšanas būtība ir tāda, ka metāls metināmo detaļu 1 un 2 malās izkūst siltuma avota iedarbībā, izkusušās virsmas saplūst un kristalizējās.

Spiedienmetināšanas būtība ir nepārtaukta vai daļēji pārtraukta metināmo detaļu malu plastiska deformācija.

Visu veidu kausēšanas metināšanā izkusušais vienas malas šķidrais materiāls brīvi savienojas (daļēji sajaucas) ar otras malas šķidro materiālu. Rodas šķidra materiāla kopīgs tilpums, ko sauc par „metināšanas vannu”. Metināšanas procesus iedala divās lielās pamatgrupās – Metināšana ar

kausēšanas metodi un Cietvielas metināšanu. Atkarībā no izmantotās tehnoloģijas metināšanas procesus var iedalīt trīs metināšanas veidos: Termiskā metināšana, Termomehāniskā metināšana un Mehāniskā metināšana.

****

Metināšanas veidu klasifikācija:

Izejot no iepriekšminētā, visus metināšanas procesus iedala 3 grupās :

# 2.1.1. Termiskās metināšanas veidi.

## 3. grupa – Termiskā klase

Metināšanas veida pamatā ir savienojamo detaļu malu izkausēšana, izkausētais metāls saplūst un veido divu metāla malu savienojumu

Pie šīs klases pieder:

 Visi loka metināšanas veidi: Gāzmetināšana, elektrosārņu, plazmas, lāzermetināšana

Loka metināšana sākas ar elektrisko loku.

Visu veidu elektrometināšanā izkusušais vienas malas šķidrais metāls brīvi savienojas ar otras malas šķidro metālu tā rezultātā: Rodas šķidra metāla kopīgs tilpums, ko sauc par “ metināšanas vannu”

Metināšanas vannas metālam atdziestot, rodas “šuves metāls”

Lai iegūtu elektrisko loku, ir vajadzīga elektriskā ķēde ar speciālu barošanas avotu. No barošanas avota strāvu pa metināšanas vadiem caur elektrodu turētāju pievada elektrodam

Iespējama pusautomātiska stieples padeve loka zonā TIG metināšanai. TIG metināšanu lieto visos telpiskos stāvokļos labi var novērot šuves veidošanos, pēc metināšanas nav jāatdala sārņi

Produktivitāte, salīdzinot ar MIG/MAG un MMA metināšanu, ir zemāka. Šī iemesla dēļ TIG metināšanu lieto galvenokārt nerūsējošo tēraudu (arī citu speciālo tēraudu) un alumīnija sakausējumu metināšanā.

Gāzes metināšana ir viens no senākajiem metināšana veidiem. Gāzes metināšanā savienojamās virsmas tiek izkausētas pateicoties liesmas temperatūrai. Gāzes metināšana var tik realizēta gan ar stieples pievadīšanu, gan bez papildus piedevmateriāla. Kā deggāze parasti tiek lietots acetilēns, kas tiek sadedzināts tīrā skābeklī, radot liesmas temperatūru līdz 3200oC

Bezloka elektrometināšana,( Elektrosārņu) kausējot detaļu sadurvietu ar siltumu, kas izdalās strāvai plūstot caur izkausētiem sārņiem, strāvas ietekme, sārņi uzkarst līdz 2000oC. Sakarsētajos sārņos kūst elektrodu stieple un apkausējas pamatmetāla metināmās malas, stieples metāls metināšanas vannā saplūst ar pamatmetālu veidojot šuvi. Plazmas metināšana ir ļoti līdzīga TIG metināšanas procesam, t.i. loks veidojas starp elektroda smaili un pamatmetālu.

Termiskā metināšana ir divu virsmu savienošanas process ar lokālu kausēšanas metodi, nepieliekot ārēju spiedienu un izmantojot pildvielu vai bez tās.

Atbilstoši standartam EN ISO 4063, termiskā metināšana tiek iedalīta sekojošos procesos:

1) Skābekļa-deggāzes jeb Autogena metināšana (31)

2) Rokas lokmetināšana jeb MMA (111)

3) Lokmetināšana zem kušņiem jeb SAW (12)

4) Lokmetināšana aizsarggāzes vidē ar kūstošu elektrodu jeb MIG/MAG (13)

5) Lokmetināšana aizsarggāzes vidē ar nekūstošu elektrodu jeb TIG (14)

6) Plazmas metināšana jeb PAW (15)

7) Lāzermetināšana jeb LW (52)

Metināšana ir process, kurā nepieciešams, pievadīt enerģiju izkausējot metāla malas, lai iegūtu neizjaucamu metālkonstrukciju

## 2.1.2. Termomehāniskās un mehāniskās metināšanas veidi

## 2. grupa – Termomehāniskā klase

Lai paātrinātu metināmo malu metāla plastisko deformāciju, lieto uzkarsēšanu

 Plastiskās deformācijas un temperatūras (karsēšanas) apvienošana ļauj sametināt dažādus metālus

Pie šīs klases pieder: kalējmetināšana, kontaktmetināšana, difūzijas metināšana.

Vissenākais metināšanas veids ir kalējmetināšana

Kalējmetināšana – šis ir vissenākais metināšanas veids, kas pazīstams jau no dzelzs laikmeta sākuma

 Pats process sastāv no vismaz divu detaļu sakarsēšanas drusku augstāk par kalšanas temperatūru, bet nesasniedz kušanas temperatūru, detaļu savienošanu kopā un caurkalšanu

Piemēram: tēraudam ar zemu oglekļa saturu metināšanas temperatūra būs ~1350-1379 C grādi(gaiši dzeltena krāsa). Rezultātā tiek iegūta viena vesela detaļa.

Trūkumi: – kalējmetināšana nav ražīga un lai to veiktu, kalējam ir jābūt ļoti lielam meistaram, jo ja netiek ievērota kalšanas tehnoloģija tad metinājums būs neizturīgs šuves vietā, vai arī metāls zaudēs savu stiprību(ja tiks pārkarsēts)

Masveidīgi šī metināšanas metode tika izmantota līdz 19. gs beigām, jo vienkārši tad nebija citu alternatīvu

Elektriskā kontaktmetināšana: Izmanto siltumu, kas izdalās, strāvai plūstot caur detaļu saskarsmes vietu. Kad saskarsmes zonā ir sasniegta nepieciešamā temperatūra, metināmās detaļas saspiež, tā panākot to sametināšanos

Ir trīs kontaktmetināšanas veidi: Sadurmetināšana, Punktmetināšana, Rullīšmetināšana

Tiek realizēta ievietojot detaļu starp 2 elektrodiem, kurus ar speciāla mehānisma palīdzību piespiež pie metināmajām plāksnēm tādējādi ierosinot loka rašanos.

 Loka iedarbībā kontakta vieta sakarst līdz metināšanas temperatūrai un ar piespiedējierīces spiedienu tiek minimāli caurkalta. Atvirzot elektrodus loks pārstāj degt un detaļa ir sametināta. Arī ir kontaktmetināšanas paņēmiens ar rullīšiem, kur detaļa tiek vienkārši ielikta starp 2 patstāvīgi fiksētiem rullīšiem-elektrodiem un virzīta no sākuma uz beigu punktu, beigās iegūstot abpusēju simetrisku šuvi visā metinājuma garumā

Ir gan rokas kontaktmetināšanas ierīces, gan arī automatizēti kontaktmetināšanas darbagaldi un roboti, kurus izmanto rūpnīcās. Tiek realizēta ievietojot detaļu starp 2 piespiedējiem, kurus ar speciāla mehānisma palīdzību piespiež pie metināmajām plāksnēm tādējādi ierosinot loka rašanos

 Loka iedarbībā kontakta vieta sakarst līdz metināšanas temperatūrai un ar piespiedējierīces spiedienu tiek minimāli caurkalta. Atvirzot elektrodus loks pārstāj degt un detaļa ir sametināta.

Jaunākās paaudzes profesionālie metināmie aparāti domāti divpusējai un vienpusējai kontaktmetināšanai pie automašīnas virsbūves remonta, pie bukšu iztaisnošanas, paplākšņu, skrūvju, moldingu turētāju un citu elementu piemetināšanai. Veic vakummā sagataves sildot un vienlaicīgi saspiežot, materiāla virsējos slāņos notiek savstarpēja atomu pārvietošanās (difūzija). Kuras rezultātā detaļas sametinās.

## 1. grupa - Mehāniskā klase

Metināmo detaļu malu plastiska deformācija

Rezultātā: savienojamās detaļās rodas liela mehāniskā cietība, laba siltumvadītspēja un elektronu kustības spēja jeb starpatomu saites

Pie šīs klases pieder:

 Aukstā metināšana, Berzes metināšana, Ultraskaņas metināšana, Sprādzienmetināšana.

Aukstā metināšana: Spiedienmetināšanas veids. Lieto plastisku materiālu metināšanā, savienojot sagatavju virsmas, bez sekundārās sildīšanas ar šuves veidu un punktu veidu

Priekšrocības: Nevajag spēcīgu elektrisko enerģiju, šuve nepiesārņojas ar piemaisījumiem, nav deformāciju

Trūkumi: Var tikai metināt plastiskus materiālus

Berzes metināšana: Priekšrocība berzes metināšana ļauj sametināt metālus, kuri citiem metināšanas paņēmieniem nepadodas

Piemēram: tērauds-alumīnijs, varš-alumīnijs, nerūsējošais tērauds-augstleģēts karstumizturīgais tērauds

Metināšana ar ultraskaņu: Procesa gaitā elektriskās strāvas pulsācija tiek pārvērsta par mehānisko pulsāciju ar ultraskaņas ātrumu, tādejādi pārvietojot siltumu šuves vietā

Termoplastisko materiālu metināšana ar ultraskaņu ir mūsdienās plaši pielietojama metode dažādu izstrādājumu izgatavošanā

Metodes priekšrocība: - hermētiskas šuves vienlaikus nodrošina materiāla pasargāšanu no siltuma ietekmes

Metināšana ar sprādzienu

Detaļu sametināšana notiek, sprāgstvielu lādiņam sprāgstot noteiktā virzienā, kur rodas sametināmo detaļu savstarpējais trieciens, trieciena rezultātā metāla virsējos slāņos metāls plūst līdzīgi šķidrumam nodrošinot savstarpējo sametināšanos

# 1.1. Metināšanas procesu izmantošana.

## 2.2.1. Metināšanas procesu izmantošana mašīnbūvē

**Mašīnbūve**

Atkarībā no metināšanas tehnoloģijas mašīnbūves industrijā tiek izmantoti gandrīz visi procesi. Gan metināšanas ar kausēšanu, gan termomehāniskā, gan mehāniskā metināšana nodrošina ne tikai svarīgo mezglu, bet arī palīgaprīkojuma un dažādu stiprinājumu izgatavošanu.

Daudzas iekārtas, kas tiek izgatavotas no metāla tiek metinātas. Kā vienu no piemēriem var minēt daudzu iekārtu korpusi. Bieži vien tie ir izgatavoti no locītām metāla loksnēm, bet atsevišķi stūri ir sametināti. Atkarībā no metāla biezuma un nepieciešamās precizitātes metināšanā tiek veikta ar MAG, vai TIG metināšanas tehnoloģijām. Pēdējo gadu laikā būtiski ir attīstījusies lāzermetināšana, kas dēļ lielāka metināšanas ātruma un samazinātas sametināto detaļu deformācijas sāk ieņemt lielāku lomu mašīnbūvē.

Zaļās enerģijas ražošana

Pēdējo gadu desmitu laikā plaši tiek attīstīta zaļās enerģijas ieguve un kā viena no šīm enerģijām ir vēja enerģija. Vēja ģeneratoru turbīnas tiek uzstādītas uz torņiem, kas izgatavotas no metāla. Torņu apakšējā daļa parasti tiek izgatavota no līdz pat 100mm bieza materiāla, no kura tiek veidotas koniskas apaļas sekcijas. Tās tiek metinātas kopā savā starpā, tādejādi veidojot pašu torni. Lai nodrošinātu biezu metālu metināšanu, tiek izmantota lokmetināšana zem kušņiem (SAW), jo šī metode ir visproduktīvākā biezu materiālu metināšanas tehnoloģijām ar visaugstāko lietderību. Šiem torņiem tiek metinātas arī kāpnes, ieejas durvis un daudzi citi stiprinājumi, ko pārsvarā veic ar MAG metināšanas procesu. Gadījumos, kad vēja ģeneratori tiek uzstādīti jūrā, tad papildus tiek izgatavotas

arī pamatnes, kas tiek ieguldītas jūras dzelmē. Šo pamatņu izgatavošanā tiek izmantota gan lokmetināšana zem kušņiem (SAW) biezākām sekcijām, gan MAG metināšanas procesi plānāku sekciju un stiprinājumu piemetināšanai.

Naftas ieguve

Līdzīgi kā vēja ģeneratori, arī naftas ieguves platformas ne reti tiek uzstādītas tālu no sauszemes. Šīm platformām no metāla tiek izgatavotas pamatnes, kas tiek iegremdētas jūras dzelmē. Šo pamatņu cilindriskās formas kājas tiek izgatavotas no bieza materiāla (līdz pat 100mm), līdz ar to viens no pamata metināšanas procesiem ir lokmetināšana zem kušņiem (SAW). Pati platforma ir izgatavota pārsvarā tikai no dažāda biezuma metāla izstrādājumiem – trepēm, margām, grīdām, norobežojošām barjerām u.c. Daudzi no šiem izstrādājumiem tiek izgatavoti metinot ar MAG metināšanas procesu.

Derīgo izrakteņu ieguve

Ļoti plaša nozare, kur tiek izgatavotas dažāda izmēra iekārtas, ir derīgo izrakteņu ieguves rūpniecība, kā piemēram, ogles, krāsainie metāli, kā arī pēdējos gados būtiski pieaugusi kobalta ieguve pasaulē. Šos darbus veic lielas iekārtas, kas pārsvarā izgatavotas no metāla konstrukcijām. Šīs konstrukcijas lielākoties ir metinātas un kā viens no populārākajiem metināšanas veidiem tiek izmantots tieši MAG metināšanas process. Konstrukciju sarežģītības dēļ reti ir iespējams izmantot citus procesus, jo MAG process ir viegli adaptējams dažādas sarežģītības darbu veikšanai un nodrošina augstu ražību.

Pētniecības un ražošanas iekārtas

Metināšanas procesi, jo īpaši MAG process, tiek izmantoti arī dažādu lielāka vai mazāka izmēra aprīkojumu un iekārtu konstrukciju izgatavošanā. Šo iekārtu pielietojums var būt saistīts ar dažādām jomām:

 kosmosa pētījumu teleskopi un stacijas,

 lidmašīnu apkalpošanas aprīkojums,

 dažāda izmēra celšanas ierīces,

 beramkravu transportieri;

 CNC vadāmi darbagaldi (lāzera, plazmas, autogena griešana, mehāniskās apstrāde).

 ventilācijas iekārtu korpusi un konstrukcijas;

 kokapstrādes līniju un darbagaldu konstrukcijas;

 pārtikas rūpniecības iekārtu konstrukcijas;

Precīzās iekārtas un datortehnika

MAG, TIG un pārējiem termiskās metināšanas procesiem ir raksturīgas sametināto konstrukciju deformācijas. Tā kā mašīnbūvē tiek izgatavotas arī augstas precizitātes iekārtas, ir nepieciešams izmantot arī termomehāniskās un mehāniskās metināšanas tehnoloģijas, kur deformācijas ir mazākas, vai to nav vispār. Precizitāti un stabilu kvalitāti dažādu mezglu detaļu izgatavošanā spēj nodrošināt berzes metināšana. Tādi izstrādājumi, kā zobrati, vārpstas, hidrauliskie cilindri, radiālo sūkņu virzuļi un virzuļu vārpstas, dažāda veida asis un vārpstas, kloķvārpstas tiek izgatavotas izmantojot berzes metināšanas tehnoloģiju.

Katrai CNC vai NC vadāmai iekārtai ir nepieciešams uzstādīt arī datorvadības sistēmas. Gan vadības bloku, gan datu glabāšanas serveru korpusi un iekšējās detaļas, kas izgatavotas no plāna lokšņu metāla tiek metinātas izmantojot punkta metināšanu.

Ražošanas iekārtu dzesēšanas aprīkojums

Mašīnbūves nozarē iekārtu dzesēšanai tiek izmantotas dažāda veida dzesēšanas sistēmas. To detaļas tiek izgatavotas izmantojot dažādus termomehāniskās metināšanas procesus, lai iegūtu precīzus savienojumus ar pēc iespējas mazākām deformācijām.

Secinājumi

Mašīnbūves rūpniecībā metināšanas procesi tiek izmantoti ļoti plašā spektrā, jo dažāda veida metāli ir ilgtspējīgi un to konstrukcijas ir izturīgas un uzticamas. Atsevišķi metāli, kā mazleģēti tēraudi ir plaši pieejami, viegli apstrādājami un metināmi.

Autobūve

Auto korpusi

Kopš autobūves attīstības pagājušā gadsimta sākumā, to konstrukcija un izgatavošanas tehnoloģijas ir attīstījušās un to turpina arī mūsdienās. Gadu laikā gan auto konstrukcijās, gan virsbūves materiālu izvēlē ir ieviesti daudzi dažādi materiāli, kas ir augstas izturības mazleģētiem tēraudie, alumīnijs materiāliem un kompozītmateriāli (oglekļa šķiedra, stiklašķiedra). Līdz ar to attīstījusies laika gaitā ir arī izmantotās metināšanas tehnoloģijas. Jau kopš 20. gadsimta vidus automašīnu rāmju, korpusu un citu detaļu metināšanā, kas izgatavotas no dažādas markas tērauda, kā arī alumīnija, plaši tiek izmantoti gan punkta, gan reljefmetināšanas procesi. Daudzus gadus šie metināšanas procesi ir robotizēti, lai nodrošinātu augstu precizitāti, metināšanas kvalitāti un arī ražību. Mūsdienās savu

lomu metināšanas procesos autobūvē sāk iekarot arī lāzermetināšana, kas nodrošina augstu precizitāti plānu metālu metināšanā un arī uzlabo procesa ražību.

Dzinēju un piedziņas detaļas

Daudzas automobiļu detaļas, kas nodrošina ne tikai automašīnu pārvietošanos, bet arī iekšdedzes dzinēju darbību, tiek izgatavotas ar dažādām metināšanas tehnoloģijām. Daļa no šīm detaļām tiek izgatavota no dažādiem materiāliem ar atšķirīgām fizikālajām īpašībām, tāpēc to izgatavošanai tiek izmantota berzes metināšana. Ar šo metināšanas tehnoloģiju tiek izgatavotas sekojošas automašīnu detaļas: pusasis un sviras, ieplūdes un izplūdes vārsti, piedziņas vārpstas, pārslēgšanas stieņi, sadales un kloķvārpstas, turbokompresori, pārnesumkārbas daļas, cauruļveida vārpstas, gaisa (drošības) spilvenu piepūtēji, elektroinstalācijas. Automašīnu vieglmetāla disku izgatavošanā arī tiek izmantota berzes metināšana, tādejādi savienojot dažāda materiāla sagataves.

Piekabes un palīgiekārtas

MAG metināšanas process plaši tiek izmantots smago un vieglo automašīnu piekabju izgatavošanā. Bieži vien piekabju rāmji tiek izgatavoti no mazleģēta tērauda tā stiprības un ilgizturības īpašību dēļ. Lai arī termiskās ietekmes dēļ pastāv iespēja rāmju konstrukcijām deformēties, MAG metināšanas process ir visvieglāk adaptējams šo darbu veikšanai. Kravas transporta kravas kastes, pārvadāšanas konteineri, platformas u.c. metāla konstrukcijas tiek izgatavotas no mazleģēta tērauda un šuves tiek metinātas izmantojot MAG procesu, jo to ģeometrijas izmaiņas un materiāla biezums nedod iespējas izmantot citas ražīgas metināšanas tehnoloģijas kā PAW un SAW metināšanu. Lai šo izgatavošanas procesu paātrinātu, tiek izmantoti paaugstinātas ražības MAG procesi kā T.I.M.E (jonizētas kausēšanas enerģijas pārnese), vai TWIN (divu kūstošā elektroda stieples metināšana viena aiz otras). Kravas kastes, kuras tiek izmantotas beramkravu transportēšanā, tiek izgatavotas no paaugstinātas nodilumizturības tērauda, kā piemēram HARDOX® un QUARD®. Vieglo beramkravu transportēšanai, kā piemēram graudaugiem, kravaskastes tiek izgatavotas no alumīnija. Tas tiek

darīts, lai atvieglotu kravas transportlīdzekļu svaru, dod iespēju pārvadāt lielāku kravu apjomu. Alumīnija oksīds, ar ko pārklājas šīs kravaskastes ir nodilumizturīgs, nerūsē un nemijiedarbojas ar mitrumu. To izgatavošanai tiek izmantots MIG metināšanas process, kas ir automatizējams un viegli adaptējams dažādas formas un ģeometrijas detaļu izgatavošanai. Autocisternas

Kravas transporta līdzekļi tiek izmantoti arī dažādu šķidrumu pārvadāšanā, kā piemēram piens, ūdens, naftas produkti, kriogēnas vielas u.c. To izgatavošanā tiek izmantoti dažādi materiāli, atkarībā no to pielietojuma. Pārtikas rūpniecībā šādas tvertnes pārsvarā tiek izgatavotas no nerūsošā tērauda.

Naftas produktu transportēšanā tiek izmantots mazleģēts tērauds, bet kriogēnu vielu pārvadāšanai tiek izmantots augstas izturības mazleģēts tērauds ar triecienizturību pie zemām temperatūrām. Izmantotais materiāla biezums var atšķirties tāpēc šo tvertņu metināšanā var izmantot gan MAG, gan SAW metināšanas procesus

Militārā tehnika

Pēdējo gadu laikā ir aktivizējusies militārās tehnikas rūpniecība. Daudzas dažādas tehnikas vienības tiek izgatavotas, izmantojot dažāda veida augstas izturības un pastiprinātus tēraudus. Lai atvieglotu bruņu transporta līdzekļa konstrukciju, daudzas detaļas, kuras neatrodas bruņu transporta ārpusē, tiek izgatavotas no augstas izturības mazleģēta tērauda, kā piemēram STRENX®, kura stiprība var sasniegt līdz pat 850 MPa. Bruņu tehnikas korpusi tiek izgatavoti no speciāla tērauda, kā piemēram ARMOX®. Visas šīs konstrukcijas tiek kopā metinātas pārsvarā izmantojot MAG metināšans procesu.

Specializētā transporta tehnika

Plašs mazleģēta tērauda pielietojums ir speciālo transporta līdzekļu ražošanā, kā piemēram, auto celtņi, auto evakuātori, lauksaimniecības, mežistrādes un traktor tehnika, kā arī ielu uzkopšanas tehnika. Atsevišķas detaļas, kā piemēram celtņa korpuss, vai evakuātora nesošā konstrukcija, tiek izgatavotas no augstas izturības mazleģēta tērauda kā STRENX®, kas dod iespēju atvieglot visas konstrukcijas svaru, tajā pašā laikā nezaudējot tās stiprību. Lauksaimniecības, mežistrādes un traktortehnikas izgatavošanā, kur iekārtas tiek pakļautas dažādu ārējo spēku ietekmei, tiek izmantots nodilumizturīgs tērauds, kā piemēram HARDOX® un QUARD®. Ielu uzkopšanas iekārtas, kuru slodze un ārējo faktoru iedarbība nav tik būtiska, jo pārsvarā tā notiek pilsētvidē, tiek izgatavotas no mazleģēta tērauda. Tehnikas vienības tiek izgatavotas izmantojot dažāda biezuma detaļas, tāpēc vispiemērotākā un izplatītākā metināšanas tehnoloģija ir MAG metināšana.

Secinājumi

Tā pat kā vieglo automašīnu ražošanā, daudzi piedziņas un iekšdedzes dzinēju detaļas tiek izgatavotas ar berzes metināšanas, kā arī citiem metināšanas procesiem. Gan vieglo, gan smago automašīnu izplūdes sistēmas tiek izgatavotas izmantojot metināšanas tehnoloģijas, kas atkarībā no materiālu biezuma un detaļu izmēra var atšķirties.

Līdz ar to var secināt, ka autobūves un ar to saistītās nozarēs metināšanas procesi ir ļoti izplatīti un bez šīm tehnoloģijām mūsdienās būtu grūti atrast tehnikas vienības, kur metināšana vispār netiek izmantota.

Dzelsceļa nozare

Kravu transports

Dzelzceļa industrija ir ļoti nozīmīga loģistikas joma, jo liels apjoms sauszemes pasažieru un kravu pārvadājumu notiek tieši pa dzelzceļu. Tā pat kā auto būvē un mašīnbūvē, dzelzceļa tehnikas vienību izgatavošanā ir nepieciešams izmantot ilgtspējīgus un izturīgus materiālus, kas nodrošina drošu kravu pārvietošanu pa dzelzceļa infrastruktūru. Tāpēc dzelzceļa kravu pārvadāšanas jomā tiek izmantoti dažāda tipa vagoni, kas izgatavoti no dažādas markas mazleģētiem tēraudiem: cisternas, kravas kastes, bunkur tipa (graudu transportēšanai), kokmateriālu, platformu (jūras konteineru pārvadāšanai) u.c. vagoni. Visi iepriekš minētie vagoni tiek metināti, pārsvarā izmantojot MAG metināšanas procesu. Konstrukcijas mēdz būt dažādas sarežģītības, tāpēc MAG process ir visvieglāk adaptējams to izgatavošanā. Garu šuvju gadījumā ir iespējams izmantot gan TWIN, gan T.I.M.E metināšanas tehnoloģijas metināšanas procesu paātrināšanai.

Pasažieru transports

Pasažieru pārvadājumu jomā lielākā daļa vagonu tiek izgatavoti no mazleģēta tērauda, taču atsevišķos gadījumos vagonu korpusi tiek izgatavoti arī no alumīnija, jo īpaši ātrvilcienu ražošanā. Tas dod iespēju samazināt sastāva kopējo svaru un ietaupīt to ekspluatēšanas izmaksas. Mazleģēta tērauda konstrukciju un arī korpusu izgatavošanā tiek izmantota MAG metināšana, bet alumīnija vagonu ražošanā MIG metināšana. Atsevišķu elementu un detaļu stiprināšanā var tikt izmantoti arī citi metināšanas procesi, kā kontaktmetināšana un berzes metināšana, kas arī tiek izmantota atsevišķu elektroinstalācijas materiālu izgatavošanā u.c.

Dzelzceļa sastāva ritošā daļa

Būtiska sastāvdaļa tieši transporta vagonu izgatavošanā ir vagonu ratiņu jeb ritošās daļas ražošana. Tās pamatā ir mazleģēta tērauda metināta konstrukcija, kas tiek metināta ar MAG metināšanas

procesu. Izmantotais materiāla biezums, tā sagatavošana pirms metināšanas un pašas konstrukcijas forma nedod plašas izvēles iespējas citu metināšanas tehnoloģiju izvēlei.

Dzelzceļa infrastruktūra

Dzelzceļa infrastruktūras uzturēšanā, kā piemēram sliežu un sliežu pārmiju remontā arī tiek izmantoti metināšanas procesi. Dzelzceļa sliežu metināšanai izmanto speciālu metināšanas procesu, ko sauc par termīt metināšanu. Tās pamatā ir ķīmiskā reakcija, kas notiek pie augstas temperatūras (līdz pat 2500°C), reaģējot savā starpā alumīnija un dzelzs oksīdam, kā rezultātā tiek izkausēts dzelzs. Process notiek speciālā formā, kas kopē sliedes profilu. Dzelzceļa pārmiju remontā pārsvarā tiek izmantots MMA metināšanas process, izmantojot speciālus elektrodus ar paaugstinātu leģējošo materiālu saturu.

Secinājumi

Līdz ar to var secināt, ka dzelzceļa nozarē metināšanas procesi ir neatņemama sastāvdaļa, jo izmantotie materiāli un konstrukcijas neļauj izvēlēties citas savienošanas metodes, kā tikai metināšanu.

Kuģubūve

Laivas, kuteri un katamarāni

Metināšanas procesi plaši tiek izmantoti arī ūdens transporta ražošanā. Izmantoto materiālu izmantošana ir atkarīga no ūdens transporta līdzekļa pielietojuma. Vieglā tehnika, kā piemēram laivas, kuteri, katamarāni tiek izgatavoti no viegliem materiāliem. Kā viens no izturīgākajiem materiāliem tiek izmantots alumīnijs. Atkarībā no metinātās šuves atrašanās vietas (redzama, vai paslēpta) tiek izmantots vai nu TIG vai MIG metināšanas process. Redzamajām šuvēm, kas atrodas korpusa ārpusē, pārsvarā tiek izmantots TIG process, bet stiprības ribu un dažādu stiprinājumu metināšanas MIG metināšanas process tiek izmantots tā lielākas ražības, termiskās ietekmes (deformāciju) un izmaksu dēļ

Kravas kuģu būve

Transporta kuģu būvē pārsvarā tiek izmantots mazleģēts tērauds. Visas kuģos izmantotās konstrukcijas nodrošina to kravnesību un noturību pret ārējiem apstākļiem, kā piemēram jūras viļņi vētras laikā un arī ledus gabali ziemā. Pārsvarā kuģa karkasa konstrukcijas un arī korpusa detaļas tiek metinātas. Grūtās pieejamības un sarežģītības dēļ pārsvarā tiek izmantota MAG metināšanas tehnoloģija. Pēdējo gadu laikā, lai atvieglotu atsevišķu konstrukciju izgatavošanu, palielinātu procesa ražību un nodrošinātu atbilstošu metināšanas kvalitāti, tiek izmantota arī lāzermetināšana. Šajā

gadījumā tiek izmantota šī procesa priekšrocība, ka lāzera staru ir iespējams fokusēt uz materiāla apakšējo virsmu.

Kruīza kuģi

Kruīza kuģu būvniecībā tiek kombinēta dažādu materiālu izmantošana, jo tiem ir jābūt ne tikai izturīgiem, bet arī to izskatam jābūt pievilcīgam. Tāpēc šo kuģu izgatavošanā tiek izmantots gan mazleģēts, gan nerūsošais tērauds, gan arī alumīnija materiāli. Kuģa karkasa konstrukcijā visvairāk izmantotais materiāls ir mazleģēts tērauds, kura metināšana tiek veikta pārsvarā izmantojot MAG metināšanas tehnoloģiju. Alumīnija detaļas korpusu un citu dekoratīvo elementu izgatavošanā tiek vairāk izmantota TIG metināšana. Līdzīgi arī nerūsošā tērauda detaļas, kā piemēram, dažāda tipa margas un rokturi tiek izgatavoti izmantojot TIG metināšanas procesu.

Piedziņas mezgli

Līdzīgi kā auto būvē arī kuģubūvē daudzas piedziņas, iekšdedzes dzinēju un citas detaļas tiek izgatavotas ar berzes metināšanu. Interesants ir fakts, ka dzenskrūves (bronzas lējums) un piedziņas ass (instrumentu tērauds) savienošana notiek neizmantojot metināšanu, bet gan uzspīlēšanu.

Secinājumi

Metināšanas procesi kuģubūvē tiek izmantoti lielā apjomā. Tā pat arī kuģu remontā metināšana ir neatņemama sastāvdaļa, jo cauruļvadu remontā bieži tiek izmantota kopumā maz lietotā metode – autogena metināšana. Gadījumos, kad kuģa remontu nav iespējams veikt dokos, bet to dara ūdenī esošam kuģim, remonta darbus veic ar MMA procesu, jo šo metodi ir iespējams izmantot arī zem ūdens.

# 2.2.2. Metināšanas procesu izmantošana būvniecībā.

Vairāku gadu desmitu laikā, tieši metāla konstrukcijas ieņem būtisku lomu būvniecības sektorā. Daudzi debesskrāpji, tilti un citas celtnes nav iedomājamas bez metāla konstrukcijām.

Dzelzbetona konstrukcijas

Būvniecības process sākas ar stabilu pamatu izgatavošanu. Lai sasniegtu noturīgu un ilgtspējīgu pamatni ēku būvniecībai, tiek izmantotas dzelzsbetona konstrukcijas, kā piemēram, pāļi, monolīti lentveida pamati, vai platne. To izgatavošanai pirms betona masas ieliešanas formās tiek veidoti metāla karkasi no dzelzs armatūras stieņiem. Daudzas operācijas tiek veiktas ar rokām, sasienot stieņus kopā ar metāla stiepli, bet liela daļa karkasa konstrukciju tiek sametinātas pirms nogādāšanas uz būvlaukumu. Tas tiek veikts gan automatizēti, gan manuāli pārsvarā izmantojot MAG metināšanu. Atsevišķi darbi tiek darīti uz vietas būvlaukumā, kur tiek izmantots MMA metināšanas process. Bet gadījumos, kad armatūras stieņi ir jāpagarina, tos sametinot vienu ar otru kopā, tiek izmantots termomehāniskais metināšanas process - sadurkontaktmetināšanas ar pretestību (Process 25 atbilstoši EN ISO 4063), kur stieņi tiek saspiesti viens pret otru, kontakta brīdī tiek saslēgts elektriskais loks, kā rezultātā stieņu gali tiek uzkarsēti, izkausēti un sametināti viens ar otru kontakta vietā.

Arī pašas būves, ne tikai pamati, tiek izgatavoti no dzelzsbetona konstrukcijām, kā piemēram ēkas, tilti, ceļu pārvadi kur tiek izmantotas armatūras stieņu konstrukcijas. Arī šīs konstrukcijas atsevišķos gadījumos ir metinātas izmantojot gan MAG, gan MMA metināšanas procesus.

Dažādas būves

Daudzus gadus dažādu lielveikalu, noliktavu un citu ēku būvniecībā tiek izmantotas metāla konstrukcijas. To izgatavošanā pārsvarā tiek izmantoti mazleģēti tēraudi, jo tie ir ilgtspējīgi materiāli ar augstu slodzes izturību, kā arī viegli metināmi. Konstrukciju izgatavošanā lielākoties tiek izmantots MAG metināšanas process, bet atsevišķos gadījumos SAW metināšana var tikt izmantota, kad ir nepieciešams pagarināt, vai kopā sametināt biezāka izmēra plāksnes. Būvniecības procesā objektā papildus var tikt izmantots arī MMA process kļūdu novēršanai, vai atsevišķu papildus darbu veikšanai.

Daudzdzīvokļu mājas

Daudzstāvu dzīvojamo ēku būvniecībā bieži tiek izmantotas metāla sijas, uz kurām tiek balstītas dzelzbetona plāksnes. Šīs sijas sastāv no dažāda biezuma mazleģēta tērauda materiāliem un kopā tiek sametinātas izmantojot MAG metināšanas procesu. Biezāku siju gadījumā var arī tikt izmantota SAW metināšana. Atsevišķu konstrukciju izgatavošanā, kur tiek veikta papildus betona masas ieklāšana, var tikt arī piemetināti armatūras stieņi, izmantojos MAG vai MMA procesus, kā arī var tikt veikta

speciālu tapu metināšana, izmantojot reljefmetināšanas jeb tapu metināšanas procesu. Tas būtiski var paātrināt veicamā darba izpildi, samazinot arī metāla konstrukciju deformāciju metinājuma vietā.

Ekskluzīvu ēku būvniecība

Atsevišķos gadījumos celtniecībā var tik izmantotas arī alumīnija un nerūsošā tērauda konstrukcijas. Šie materiāli būtiski sadārdzina celtniecības procesus, tāpēc tiek izmantoti reti un ekskluzīvu ēku būvniecībā. Arī apstrādes un konstrukciju izgatavošanas tehnoloģijas atšķiras no tām, ko izmanto mazleģēta tērauda metināšanā. Nepieciešams arī izmantot pilnīgi atsevišķas telpas, kas ir nodalītas, lai mazleģēta tērauda skaidas, vai putekļi nenonāktu saskarsmē ar nerūsošo tēraudu, vai alumīniju. MIG un TIG metināšanas procesi tiek izmantoti alumīnija konstrukciju izgatavošanā. MAG process tiek izmantots konstrukciju ražošanā no nerūsoša tērauda. Pēc darbu veikšanas šuves ir jāapstrādā, lai noņemtu pēc metināšanas palikušos nosēdumus. Turklāt atsevišķu ēku elementu izgatavošanā, kā piemēram trepju, vai balkonu margas, tiek izmantots TIG metināšanas process, kas nodrošina smalku, akurātu un estētisku metināšanas šuvi.

Atsevišķu detaļu izgatavošanā, kā piemēram, fasādes stiprināšanas enkuri un stiprinājumi, tiek izgatavoti ar berzes metināšanas procesu.

Tilti un pārejas

Dažāda izmēra tiltu un pārvadu būvniecībā gan nesošās metāla konstrukcijas, gan kāpnes, gan margas, gan citi to stiprinājumi tiek izgatavoti ne tikai no mazleģēta tērauda, bet arī no alumīnija, vai nerūsošā tērauda. Pamata konstrukcijas bieži vien tiek ražotas no mazleģēta tērauda, jo tas ir ilgtspējīgs materiāls ar augstu slodzes izturību, kā arī viegli metināms. Konstrukciju izgatavošanā lielākoties tiek izmantots MAG metināšanas process, bet atsevišķos gadījumos SAW metināšana var tikt izmantota, kad ir nepieciešams pagarināt, vai kopā sametināt biezāka izmēra plāksnes. Būvniecības procesā objektā papildus var tikt izmantots arī MMA process kļūdu novēršanai, vai atsevišķu papildus darbu veikšanai.

Alumīnija tiltu izgatavošanas procesā tiek izmantots MIG un arī TIG metināšanas process. MIG metināšana tiek izmantota pamata konstrukciju izgatavošanā, bet TIG process tiek vairāk izmantots redzamo konstrukciju detaļu un margu ražošanā. Tiltu margas bieži vien var būt izgatavotas no nerūsošā tērauda, jo tas ir estētisks materiāls, tam nav nepieciešama ne cinkošana, ne krāsošana. Margu savienojumu metināšanā tiek izmantots TIG metināšanas process un atsevišķos gadījumos šuves netiek slīpētas.

Viens no pēdējo gadu veikumiem, kopš attīstījusies adatīvā ražošana, ir gājēju tilta 3D izprintēšana no metāla. Procesā izmantots MAG metināšanas process un konstrukcija pārsvarā sastāv no

metinātajām šuvēm. Līdz ar to var secināt, ka mūsdienās būvniecības nozarē ir ļoti plašs metināšanas procesu pielietojums. Izplatītākais ir MAG metināšanas process, jo tas ir ērts, ražīgs, to ir iespējams veikt gan manuāli, gan mehanizēt, gan arī robotizēt, adaptējot dažādiem metāla izstrādājumiem. MMA procesa priekšrocība ir tikai uz vietas būvlaukumos, jo gadījumos, ja metināšanas darbi ir jāveic sarežģītās vietās, zem atklātas debess, sametinātā šuve tiek pasargāta no apkārtējās vides ar šlakas kārtu, metināšanas aprīkojums ir kompakts un viegli pārnēsājams un nav nepieciešams nest līdzi gāzes balonus.

# 2.2.3. Metināšanas procesu izmantošana citās nozarēs.

Dažāda metāla izstrādājumi tiek izmantoti daudzās nozarēs, kur nepieciešamas lielāka vai mazāka izmēra izturīgas konstrukcijas. Kā piemērus bez mašīnbūves un būvniecības nozarēm var minēt: Pārtikas rūpniecība, Ķīmisko vielu ražošanas un pārstrādes nozare, medicīnas un farmācijas rūpniecības nozare, vieglā rūpniecība, elektronika u.c.

##

## Pārtikas, ķīmijas un medicīnas nozares

Gan pārtikas, gan ķīmisko vielu, gan medicīnas nozarēs plaši tiek izmantots nerūsošais tērauds. Tā metināšanā tiek izmantoti vairāki procesi – MAG, TIG, PAW un arī atsevišķos gadījumos lāzermetināšana. Arvien retāk tiek izmantota MMA metināšanas tehnoloģija.

Pārtikas, ķīmijas pārstrādes rūpniecībā, ūdens apgādes sistēmās u.c. tiek daudz izmantotas cauruļvadu līnijas no nerūsošā tērauda. Izplatītākais metināšanas process, kas tiek izmantots to izbūvē, ir TIG metināšana. Darbu automatizēšanai tiek izmantotas arī orbitālās TIG metināšanas iekārtas, kas nodrošina ātru, stabilu un kvalitatīvu metināšanas procesu, tomēr ne visos mezglos to ir iespējams izmantot.

Vieglā rūpniecība

Vieglās rūpniecības iekārtas tiek izgatavotas no dažāda veida materiāliem. Šajās iekārtās tiek izmantoti arī smalki, precīzi mehānismi. To izgatavošanā bieži tiek izmantota gan punktmetināšana, gan reljefmetināšana, gan berzes metināšana, gan ultraskaņas un augsta spiediena metināšana, kad nepieciešams savienot dažāda tipa materiālus stipru un noturīgu savienojumu izgatavošanai.

Siltumapgāde un dzesēšana

Dažādu metāla izstrādājumu, kā piemēram radiatoru, siltummaiņu, atsevišķos gadījumos arī tvertņu metināšanā var izmantot rullīšmetināšanu, nodrošinot blīvu nepārtrauktu metināšanas šuvi un hermētismu. Daudzas apkurei paredzētas iekārtas, kā piemēram granulu katli, krāsniņas un ugunskura vietas, tiek izgatavotas no mazleģēta tērauda. Iekārtu uzbūve ne reti ir sarežģīta un izgatavošana

darbietilpīga, tāpēc pārsvarā tiek izmantots MAG metināšanas process, kas ir viegli adaptējams un nodrošina pietiekami augstu produktivitāti.

Virsmu apstrāde un atjaunošana

Metināšanas procesi tiek plaši izmantoti arī dažādu metāla izstrādājumu nodilušo virsmu atjaunošanā. Tā piemēram smagās tehnikas un cita liela izmēra asu atjaunošanā tiek izmantota metināšanas tehnoloģija, lai palielinātu izstrādājuma diametru. Šādām darbībām tiek izmantoti vairāki procesi, kā piemēram MAG, PAW un arī lāzermetināšana. Pēdējā no tehnoloģijām pēdējos gados kļūs arvien populārāka, jo nodrošina augstu ražību, salīdzinoši mazāku termisko ietekmi uz pamatmateriālu, kā arī materiāla vienmērīgu struktūru.

Adatīvā ražošana

Viens no ražošanas procesiem, kas sāk arvien plašāk izmantots dažādās nozarēs ir adatīvā ražošana jeb 3D detaļu printēšana. Izmantojot robotizētas iekārtas, šo tehnoloģiju ir iespējams arī attīstīt

izmantojot metināšanu. Izmantojot MAG metināšanas procesu ir iespējams izgatavot izstrādājumus no mazleģēta, leģēta un arī nerūsoša tērauda. Ar MIG procesu ir iespējams izgatavot jeb izprintēt dažādas formas un sarežģītības alumīnija detaļas. Pēdējos gados, attīstoties lāzermetināšanai, 3D printēšanu ir bijis iespējams attīstīt vēl vairāk, izmantojot 3D printēšanu ar hibrīdmetināšanas tehnoloģiju, kur materiāla kausēšanai tiek izmantots lāzera aprīkojums, bet stieples padevi nodrošina MIG vai MAG tehnoloģija atkarībā no materiāla izvēles. Tas dod iespēju palielināt procesa ražību vismaz divas reizes. Procesu sarežģī tas, ka ir nepieciešami divi roboti, kas sinhroni nodrošina gan lāzera stara, gan MIG/MAG degļa pārvietojumu.

Precīzā inženierija

Daudzās industrijās, kur nepieciešama precīzu un sarežģītu detaļu izgatavošana no atšķirīgiem materiāliem, tiek izmantota berzes metināšana. Tā piemēram to izmanto:

 Lidaparātu un kosmosa kuģu konstrukcijās: Rotori, turbīnas, vārpstas, sadegšanas kameras sprauslas u.c.;

 Instrumentu ražošanā:

Spirālveida urbji, griežņi, frēzes, puansoni, kalti, instrumentu turētāji u.c.;

 Elektrotehnikas industrijā: lodāmuri, slēdžu kontakti, kabeļu savienotāji, elektroerozijas anodi u.c.;

 Medicīnas nozarē: Rotējošo anodu vārpstas rentgena lampām, gūžas locītavas protezēšana, kaulu stiprinājumu stieples u.c.; Cauruļvadu ražošana: presēšanas instrumenti un iekārtas, caurules, flanči, veidgabali, vārstu korpusi, pārejas savienojumu daļas u.c.

Elektrotehnika

Augsta spiediena metināšana tiek izmantota nozarēs, kā elektrotehnika, kur tiek izgatavoti bimetāla slēdži, pusvadītāju metināšana un kondensatoru ražošana. To izmanto arī detaļu savienošanai precīzās mašīnbūves un iepakošanas nozarēs.

# Secinājumi

Var secināt, ka daudzas nozares savā starpā ir ļoti saistītas un metināšanas tehnoloģijas tiek ļoti plaši izmantotas visās no tām. Dažādos gadījumos, kur tiek izmantoti īpaši materiāli klasiskās metināšanas ar kausēšanu metodes kā MMA, MAG, TIG nav iespējams izmantot, bet metināšanas procesus iespējams veikt izmantojot termomehāniskās un mehāniskās metināšanas tehnoloģijas.

#

# 1.1. Metināto šuvju veidi.

Metināšanas savienojums ir konstrukcijas (izstrādājuma) daļa, kurā konstrukcijas elementi (izstrādājumi) savienoti ar metināšanu. Metinātās šuves pēc to ģeometriskās un šķērsgriezuma laukuma formas iedala saduršuvēs (BW) un kakta šuvēs ( FW). Kakta šuves lieto pārlaidsavienojumos, T  - veida savienojumos un stūrsavienojumos, turpretim saduršuves lieto sadursavienojumu izveidošanai.

Šuves pēc ārējās virsmas formas var būt normālas, izliektas vai ieliektas. 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 piedevmateriāla. 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. 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.[11]

Atkarībā no šuves garuma šuves iedala:

· Īsās šuvēs – līdz 250 … 300mm;

· Vidējās šuvēs – līdz 350 … 1000mm;

· Garās šuvēs – garākas par 1000mm.

Pēc šuves šķērsgriezuma aizpildīšanas paņēmiena izšķir vienkāršas šuves, daudzkārtu daudzgājienu šuves un vienas kārtas šuves.

Ja kārtu skaits vienāds ar gājienu skaitu, tad tādu šuvi sauc par daudzkārtu šuvi. Ja dažas kārtas veido vairākos gājienos, tad šādu šuvi sauc par daudzkārtu daudzgājienu šuvi. Pārtrauktās šuves garums ir no 50 - 200mm

# 2.3.1. Kakta šuves.

Kakta šuves var būt nepārtrauktas un pārtrauktas (ar šaha vai ķēdes šuves daļu izvietojumu). Tās raksturo vai nu katetes augstums "z", vai šuves augstums "a", vai caurkausējuma dziļums "s". Kakta

šuves klasificē arī pēc malu apstrādes formas šķērsgriezuma. Izšķir sekojošus galvenos malu apstrādes veidus:

 Bez malu sagatavošanas;

 Vienas malas apstrāde (vienpusēja un divpusēja – taisna fāzīte, vai J-veidā).

Malu noslīpināšanu kakta šuvēm veic atkarībā no plākšņu biezuma. Noslīpinājuma parametri (sprauga, slīpuma leņķi) atkarībā no plākšņu biezuma un metināšanas veida var mainīties. Kakta šuvju sagatavošanai izmanto dažādas šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas atbilstoši EN ISO 9692:

 Kakta šuve T – veida savienojumā;

 Kakta šuve pārlaidsavienojumā;

 Kakta šuve stūra savienojumā;

 Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (ar spraugu);

 Divpusēja kakta šuve stūra savienojumā (bez spraugas);

 Divpusēja kakta šuve T - veida savienojumā.

# 2.3.2. Saduršuves.

Saduršuves lieto sadursavienojumu izveidošanai tās parasti izpilda nepārtraukti. Saduršuves raksturo platums "b", pastiprinājums "q" un caurkausējuma dziļums "s". Saduršuves klasificē arī pēc malu apstrādes formas šķērsgriezuma. Izšķir sekojošus galvenos malu apstrādes veidus:

 Ar atlocītām malām;

 Bez malu sagatavošanas (vienpusēja un divpusēja);

 Vienas malas apstrāde (vienpusēja un divpusēja – taisna fāzīte, vai J-veidā);

 Abu malu apstrāde (vienpusēja (V-veidā, U-veidā) un divpusēja X-veidā, U-veidā).

Saduršuvju sagatavošanai izmanto dažādas šuvju savienojumu malu sagatavošanas formas atbilstoši EN ISO 9692:

 I - šuve – sadursavienojums bez malu noslīpinājuma;

 V - šuve – sadursavienojums ar malu noslīpinājumu;

 Y - šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu;

 Y - šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu un ar aizmetināšanas apakššuvi;

 Divpusēja Y – šuve – sadursavienojums ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu šuve.

****

# 2.4. Metināto savienojumu veidi.

Metināto konstrukciju izgatavošanā tiek lietotas dažāda veida metinātās šuves, atkarībā no konstrukcijas veida un pielietojuma tās iedala:

· Sadursavienojumi,

· T  - veida savienojumi,

· Pārlaidsavienojumi,

· Leņķveida jeb Stūrsavienojumi,

· Kniežsavienojumi jeb elektrokniežu savienojumi,

· Iegriezuma savienojumi,

· Punktsavienojumi. [11,20]

Sadursavienojums 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 viena plāksne novietota perpendikulāri pret otru. Šo savienojuma veidu lieto siju, karkasu u.c. telpisku konstrukciju ražošanā. Pārlaidumsavienojumā 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 metināšanas (nav nepieciešama malu apstrāde un izmēru neprecizitāti nosedz pārlaidums). Leņķsavienojumā jeb Stūrsavienojumā metināmās loksnes novieto zem taisna vai cita leņķa. Šādus savienojumus lieto galvenokārt rezervuāru metināšanai, kas paredzēti nelielam gāzu vai šķidrumu spiedienam. Kniežsavienojumi jeb Elektrokniežu savienojumus lieto metināta savienojuma iegūšanai, kad šuvi nedrīkst izveidot savienojuma ārpusē. Augšējo loksni izurbj un urbumu aizkausē tā, lai metinājums skartu arī apakšējo loksni. Iegriezuma savienojumus lieto, ja normāla garuma pārlaidu šuve nenodrošina vajadzīgo izturību. Punktsavienojumus lieto kontaktmetināšanā. Ar punktmetināšanu var sametināt loksnes, kā arī dažāda veida armatūru un profilus celtniecības

darbos.[11,20] Atkarībā no šuves pozīcijas telpā tās iedala apakšējās, horizontālās, vertikālās un virsgalvas šuvēs. Dažādi šuvju pozīcijas loksnēm un caurulēm tiek apzīmētas pēc EN (no angļu val. European Standard) unAWS (no angļu val. American Welding Society) standartiem un ir parādīti 2.22.Attēlā.



#

# 2.4.1. Kakta šuvju izmantošana dažādos savienojumos.

Kakta 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.

2.23. Attēls. Kakta šuvju norādīšanas veidi [2.27.]



Simboli veido tikai daļu no pilna attēla, kurš papildus pie simbola satur vēl bultas līniju, bāzes līniju, kura sastāv no divām paralēlām līnijām – nepārtrauktās un svītrlīnijas, izmēru skaitļiem un citiem datiem. 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. Kakta šuves pamata apzīmējuma simbols ir taisnleņķa trijstūris, kas atrodas uz apzīmējuma bāzes līnijas pa vidu. Atkarībā no šuves novietojuma, vai vairāku šuvju gadījumā, simbols var tikt novietots zem bāzes līnijas spoguļskatā. Katram simbolam ir jābūt ar noteiktu izmēru, skaitli. Galvenā šķērsgriezuma izmērus norāda pirms simbola (mm). Garuma izmērus (mm) 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 – ir norādīts burts z, kas nosaka kakta šuves katetes lielumu (mm), vai burts a, kas nosaka kakta šuves augstumu (mm). Atsevišķsos gadījumos ar dziļu caurkausējumu šuves biezums a tiek norādīts kopā ar caurkausējuma dziļumu s (mm), piemēram, s8a6.[11]

# 2.4.2. Saduršuvju izmantošana dažādos savienojumos

Saduršuves 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.

2.24. Attēls. Piemērs izmēru uzlikšanai saduršuvei [2.28.]



Simboli veido tikai daļu no pilna attēla, kurš papildus pie simbola satur vēl bultas līniju, bāzes līniju, kura sastāv no divām paralēlām līnijām – nepārtrauktās un svītrlīnijas, izmēru skaitļiem un citiem datiem. 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. Saduršuves apzīmē ar dažādiem simboliem, atkarībā no malu sagatavošanas:

 I - šuve – sadursavienojuma bez malu noslīpinājuma šuve tiek apzīmēta ar

 V - šuve – sadursavienojuma ar malu noslīpinājumu šuve tiek apzīmēta ar

 Y - šuve – sadursavienojuma ar divu malu noslīpinājumu un palielināto nogriezummalu šuve tiek apzīmēta ar Saduršvju apzīmējumā šuves simbols tiek novietots virs bāzes līnijas un pirms simbola tiek norādīts caurkausējuma dziļums (mm), bet pēc simbola šuves garums (mm). [11] Saduršuvju gadījumā var tikt izmantoti arī papildus simboli, kas nosaka metināto šuvju saknes aizsardzību.

# 2.4.3. Citi metināto savienojumu veidi.

No citu metināto savienojumu veidiem, ko attēlo rasējumos, var minēt visus trīs kontaktmetināšanas paveidus – punktmetināšanu, rullīšmateināšanu un reljefmetināšanu. Atsevišķi rasējumos tiek apzīmēta arī lokmetināšanas punktmetināšana, ja tāda ir paredzēta izgatavojamajā konstrukcijā. Saskaņā ar Eiropas standartu EN 22553 punktveida metināšana ar lokmetināšanu tiek apzīmēta ar simbolu, kas ir novietots virs bāzes līnijas (vai zem tās) pa vidu. Pirms simbola skaitlis nozīmē metinātā punkta lielumu (diametru, mm), pēc simbola skaitlis nozīmē attālumu starp metinātiem punktiem (mm). Kontaktmetināšanas gadījumos, atkarībā no tā paveida, rasējumos norāda ar vispār pieņemtiem grafiskiem apzīmējumiem. 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. Simboli veido tikai daļu no pilna attēla, kurš papildus pie simbola satur vēl bultas līniju, bāzes līniju, kura sastāv no divām paralēlām līnijām – nepārtrauktās un svītrlīnijas, izmēru skaitļiem un citiem datiem. Izmērs, kurš nosaka attālumu no šuves līdz detaļas malai, netiek parādīts, jo tas ir parādīts rasējumā.

2.21. Attēlā redzams veids, kā ar kontaktmetināšanu metinātās šuves apzīmē pēc Eiropas standarta EN 22553.[26] 2.25. Attēls. Kontaktmetināšanas šuvju apzīmējumu un apraksta tabula [2.29.]



Gan punktmetināšanai, gan rullīšmetināšanai nepieciešama piekļuve no abām savienojuma pusēm, tāpēc metinājuma simbols ir centrēts uz bāzes līnijas. Reljefmetināšanā metināšana var tikt veikta gan pamatmateriāla virspusē, gan apakšpusē, tāpēc pēc standarta rasējumos jāievēro atbilstošs novietojums uz vai zem bāzes līnijas. Atšķirībā no citiem apzīmējumiem, reljefmetināšanas šuvju apzīmēšanai ir rasējumā jānorāda attālums no šuves līdz detaļas malām. Atsauce uz projekcijas lielumu ir norādīta rasējumā ar atsevišķu skici.[26]

# 3.1. Metināto šuvju kvalitātes kontrole.

Metināšanas procesā šuves metālā un termiskās ietekmes zonā var rasties defekti metāla fizikālo un ķīmisko īpašību dēļ, kā arī metinātāja nepareizas rīcības rezultātā.[11]

Pēc to izveidošanās dabas un novietojuma defekti ir daudzveidīgi un tiek iedalīti pēc to:

· novietojuma – ārējie un iekšējie defekti

· lieluma - makroskopiskie un mikroskopiskie defekti

· izveidošanās rakstura - defekti, kas radušies nepareizas novietošanas, metināšanas tehnoloģiju, piedevu nepareizas izvēles u.c. ar metināšanas procesu saistītu apstākļu neievērošanu.[11]

Galvenie defekti saskaņā ar EN ISO 6520–1 standartu (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.[11,20]

Ja ārējos defektus, kā piemēram, šuves ģeometrisko izmēru neatbilstība, pārāk lieli šuves virsmas negludumi, neaizkausēti krāteri, iedegumu rievas, poras šuves virspusē, caurdegumi, sārņu ieslēgumi un ārējās plaisas ir redzamas ar vizuālu pārbaudi, tad iekšējos defektus kā poras, cietie ieslēgumi, necaurmetinājums, iekšējās plaisas nav iespējams noteikt tik vienkārši. Tādēļ pēc metināšanas izstrādājumi tiek pakļauti vairākām kontroles operācijām, kuru sastāvs ir atkarīgs no izstrādājuma materiāla, metināšanas veida un konstrukcijas atbildīguma. Pēc pārbaudes veida, kontroles metodes var iedalīt metināto šuvju sagraujošās un nesagraujošās metodēs.[11]

Kvalitātes kontroles nozīme

Lai izvairītos no defektu veidošanās metināšanas procesa laikā ir nepieciešams veikt gan iepriekšējo procesa kontroli, gan arī kontroli metināšanas procesa laikā. Iepriekšējā kontrolē jāpārbauda pamatmetāls un piedevu materiāli, salikšanas kvalitāte, metināšanas iekārtas un metinātāja kvalifikācija. Turklāt metināšanas laikā jāseko izvēlēto parametru ievērošanai. Modernām metināšanas iekārtām dati var tikt fiksēti iekārtas cietajā diskā, vai tiešsaistes režīmā nosūtīti uz kvalitātes kontroles nodaļas datoru, kas var sekot, ar kādiem parametriem tiek metināta konkrētā detaļa. 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.[11]

# 3.1.1.Metināto šuvju kvalitātes kontroles sagraujošās metodes.

Paraugu mehānisko pārbaužu jeb metināto šuvju sagraujošās kontroles 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, kā arī atsevišķos

gadījumos tiek veikta šuves cietības pārbaude. Paraugus visiem mehānisko pārbaužu veidiem izgatavo, ievērojot attiecīgo standartu prasības.[11,20]

Stiepes pārbaudē nosaka metinātā savienojuma stiprības robežu (tensile strength) stiepē, ko apzīmē ar Rm. Sametinātais paraugs tiek iespīlēts satvērējos (žokļos) un tiek stiepts līdz metinātā šuve tiek

plastiski deformēta jeb pārrauta. Ja uzrādītais spēks pie saraušanas ir lielāks, kā pamatmetāla stiprības robeža, tad metināšanas process ir veikts pareizi.[11]

Lieces pārbaudē nosaka izlieces leņķi, kāds iegūts līdz pirmās plaisas parādīšanās momentam. Jo lielāks ir šis leņķis, jo augstāks ir šuves metāla plastiskums, jo metināšanas process ir veikts pareizi.[11]

Triecienizturības tests nosaka metinātās šuves stigrību, sagraujot paraugu ar triecienslodzi un fiksējot patērēto darbu džoulos (J). Stigrību apzīmē ar KCV vai Charpy V (šādi arī ir nosaukts veiktā pārbaude) un parasti uzrāda istabas un pazeminātā temperatūrā, atkarībā no konstrukcijas paredzētās ekspluatācijas vides (piemēram jūrā).[11]

Cietības pārbaudē nosaka materiāla cietību gan pamatmetālam, gan šuves metālam, gan arī termiskās ietekmes zonā esošajam metālam. Visbiežāk cietība ir mazāka materiālam termiskās ietekmes zonā, bet gadījumos, ja tā ir zemāka arī sametinātās šuves zonā, tas nozīmē, ka metināšanas process nav veikts atbilstoši, vai izvēlētie materiāli nav atbilstoši.[11]

Papildus mehāniskajām pārbaudēm, pie sagraujošām testēšanas metodēm tiek pieskaitīta arī metināto savienojumu metalografiskā analīze. Tā parāda pamatmetāla, šuves metāla, sakusuma un termiskās ietekmes 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.

Parasti mehāniskās pārbaudes un metalogrāfiskos pētījumsu veic pēc nesagraujošās kontroles. Sagraujošā kontrole ir obligāta metinātāju atestācijas procesā, atestējot jaunu tehnoloģisko procesu, ko veic izlases veidā atbildīgo konstrukciju metināšanā, kā arī analizējot kādas avārijas iemeslus.[11,20]

Piebilde: 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.[11,20]

# 3.1.2. Metināto šuvju kvalitātes kontroles nesagraujošās metodes

Kvalitātes kontroles nozīme

Lai izvairītos no defektu veidošanās metināšanas procesa laikā ir nepieciešams veikt gan iepriekšējo procesa kontroli, gan arī kontroli metināšanas procesa laikā. Iepriekšējā kontrolē jāpārbauda pamatmetāls un piedevu materiāli, salikšanas kvalitāte, metināšanas iekārtas un metinātāja kvalifikācija. Turklāt metināšanas laikā jāseko izvēlēto parametru ievērošanai. Modernām metināšanas iekārtām dati var tikt fiksēti iekārtas cietajā diskā, vai tiešsaistes režīmā nosūtīti uz kvalitātes kontroles nodaļas datoru, kas var sekot, ar kādiem parametriem tiek metināta konkrētā detaļa.[11]

Nesagraujošās kvalitātes kontroles metodes

Lai veiktu padziļinātu sametinātās šuves analīzi, ir nepieciešams veikt tās caurskatīšanu. Tā 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. Pēc veikto pārbaužu veida nesagraujošās testēšanas kontroles metodes tiek iedalītas sekojoši:

 Vizuālā kontrole;

 Rentgena caurstarošana;

 Magnētiskā kontrole;

 Ultraskaņas kontrole;

 Blīvuma (hermētisma) kontrole;

 Krāsainā defektoskopija u.c.[11,20]

**Vizuālā kontrole(VT)** jeb 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.[11]

**Rentgena caurstarošanas(RT)** jeb rentgendefektoskopijas pamatā tiek izmantota rentgena stara īpašības, kas 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.[11] Rentgenogrāfijai ir augsta jūtība defektu atklāšanai šuvēs, ja biezums ir līdz 50mm.[20] Pārbaudes metodi var izmantot gan mazleģētu, gan nerūsoša tērauda metināto šuvju kontrolē.

**Magnētiskās kontroles metode(MT)** pamatojas uz magnētiskās izkliedes principa. Ja metinātajā šuvē nav defektu, tad magnētiskā spēka līnijas pa šuves šķērsgriezumu sadalās vienmērīgi. Ja šuvē ir defekti, tad līniju plūsma aplieks šo vietu, radot magnētsikās plūsmas izkliedi, jo defekta vietā būs mazāka magnētiskā caurlaidība. Pārbaudāmo šuvju vietās ar aerosolu izsmidzina balto krāsu un magnētiskās daļiņas petrolejā, ap šuvi novieto divus magnētus. Baltā krāsa darbojas kā fons tumšām svītrām un punktiem, kuri veidojas, ja šuvē ir defekts. Pēc šuvju kvalitātes pārbaudes izstrādājumu atmagnetizē.[20] Šī metode dod iespēju atklāt visas virsmas plaisas, kā arī plaisas un necaurmetinājumus, kas atrodas līdz 6mm dziļumam.[20] Magnētiskās kontroles metodi ir iespējams izmantot tikai ferromagnētiskiem materiāliem, kas nozīmē, ka lielāko daļu nerūsošā tērauda izstrādājumus nav iespējams ar šo metodi pārbaudīt.

**Ultraskaņas kontroles metode(TU)** ir balstīta 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.[11] Ja šuvei ir kāds defekts, piemēram, plaisa, tad ultraskaņas impulsa daļa atstarosies no tā, bet pārējā daļa - no metinātā savienojuma pretējās puses. Tad speciālās aparatūras ekrānā būs redzamas trīs smailes. Pēc vidējās smailes nosaka, ka šuvē ir defekts. Attālums starp smailēm ļauj noteikt, kādā dziļumā atrodas defekts. Ar šo metodi var atklāt plaisas, dobumus, necaurmetinājumus, sārņu ieslēgumus un poras.[20] Kontroles trūkums ir sarežģīta defektu atšifrēšana atkarībā no metinātā savienojuma darba virsmas stāvokļa.[11]

**Atsevišķos gadījumos šuvju blīvuma jeb hermētiskuma pārbaudēm(PT)** tiek pakļauti trauki (tvertnes), kas paredzēti šķidrumiem (ūdens, degviela, eļļa), kā arī cauruļvadi, gāzu baloni, tvaika katli u.c. Tiem tiek veikti spiediena pārbaude ar hidrauliku vai pneimatiku, kā arī pārbaude ar petroleju, amonjaku, hēliju un vakuumaparātu. Veicot Hidraulisko 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. Testu laikā pārbauda, vai netek šuves, vai nav pilienu un nosvīdumu. Pneimatiskās pārbaudes laikā pārbaudāmā traukā ievada saspiestu gaisu vai gāzi. Nelielus traukus iegremdē ūdenī – gaisa pūslīši norāda defekta vietu. Liela izmēra trauku un cauruļvadu šuves pārbauda, noziežot vai nopūšot šuvi ar ziepju šķīdumu. Ar petrolejas pārbaudi (PT) ir iespējams pārbaudīt sametinatās šuves blīvumu un arī spiedtvertnes hermētismu, jo petrolejai ir

spēja iesūkties vissīkākajās porās un plaisās. Pārbaudāmās šuves vienu pusi noziež 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.[11]

**Krāsainās defektoskopijas metodes(DPT)** būtība ir šāda: lai atklātu defektus, iepriekš notīrīgu šuves un blakus esošās zonas virsmu pārklāj ar speciāla sastāva šķidrumu, kam ir liela kapilaritāte un kas ir nokrāsots spilgtā krāsā (piem. sarkanā, vai rozā).Kapilāro spēku iedarbības rezultātā šķidrums iekļūst sīkajās spraugās un caurumiņos – virsmas defektos. Pēc tam krāsas pārpalikumu notīra un virsmu pārklāj ar specialu baltu krāsu, rezultātā uz baltās krāsas fona izveidojas sarkans vai rozā zīmējums, kas attēlo defekta formu un raksturu. Šī ir vienkārša un samērā lēta metode virsmas plaisu atklāšanai.[20]

# 4.1. Darba aizsardzības prasības metināšanā.

Metināšanas darbi ietilpst plašajā metālapstrādes darbu kopumā. Veicot metālapstrādes darbus, t.sk metināšanu, nodarbinātajiem var nākties strādāt ar ļoti dažādu darba aprīkojumu vai ķīmiskām vielām /maisījumiem, kā arī veikt ļoti atšķirīgus darba uzdevumus. Katram no šiem specifiskajiem gadījumiem ir raksturīgi savi darba vides riska faktori. Lai novērstu, vai samazinātu riska faktoru ietekmi uz metinātāja veselību ir jāievēro vairāki drošības pasākumi un jāpielieto dažādi risinājumi riska samazināšanai.

# 4.1.1.Darba aizsardzības prasības metināšanas darbos.

Elektrisās strāvas riska faktori un preventīvie drošības pasākumi

Lai samazinātu riska faktorus un izvairītos no riskiem, kas saistīti ar elektriskās strāvas iedarbību, nepieciešams veikt sekojošus drošības pasākumus:

 Pirms elektrometināšanas ietaišu pieslēgšanas tīklam un darba sākšanas jāpārliecinās par ietaises tehnisko stāvokli, kā arī drošības līdzekļu nodrošinājumu. Konstatējot bojājumus vai drošības līdzekļu neatbilstību, ietaisi pieslēgt nedrīkst un darbu sākt nav atļauts;

 Metināšanas iekārta elektrotīklam jāpieslēdz pie atsevišķas drošinātāju grupas. Elektrometināšanas iekārtas jāpieslēdz elektrotīklam tikai ar palaišanas ierīču palīdzību. Metināšanas aparāta pievienošanu pie elektrotīkla jāveic atbilstoši izeju marķējumam, kas ir obligāts;

 Elektrometināšanas iekārtas korpuss un sekundārā tinuma kontakts, pie kura pievienots atpakaļvads, ir jāzemē. Atpakaļvadam jābūt saistītam ar metināmo detaļu vai konstrukciju;

 Elektrometināšanas iekārtās visiem elementiem, kas atrodas zem sprieguma, jābūt nožogotiem;

 Gadījumos, kad vienā darba telpā vai pie vienas lielgabarīta detaļas strādā vairāki elektrometinātāji, viņu darba vietas ir jāatdala ar gaismas necaurlaidīgiem ekrāniem no nedegoša materiāla ar augstumu vismaz 1,8 m;

 Pirms metināšanas uzsākšanas nepieciešams droši nostiprināt metināmās detaļas un konstrukcijas.

 Attālumam starp metināšanas aparātu un sienu jābūt ne mazāk kā 0,5 m.

 Darba laikā pastāvīgi jākontrolē metināšanas vadu izolācijas derīgums, elektrodu turētāju un kontaktu savienošanas stingrums. Pie vadu sākotnējās izvietošanas un pie katras pārvietošanas jāizsargājas no izolācijas bojājumiem vai vadu saskaršanās ar ūdeni, eļļu, tērauda trosēm, šļūtenēm ar degošām gāzēm, gāzu uzliesmojošu aparatūru un karstiem cauruļvadiem. Elektrometināšanas

aparāta, vadu vai sazemējuma bojājumu gadījumā elektrometinātājam ir pienākums pārtraukt darbu un paziņot par to darbu vadītājam.

 Strāvas padevei uz elektrodu jāizmanto speciāls metināšanas iekārtām paredzēts kabelis, kādu ir paredzējusi iekārtas izgatavotājrūpnīca. Lai avārijas gadījumā iekārtu varētu ātri atslēgt, pievadkabeļa garums nedrīkst pārsniegt 10 m.

 Kā atpakaļvadu var izmantot atbilstoša šķērsgriezuma metāla vadītājus (profildzelzi, caurules u.c.), kuri netiek izmantoti citiem nolūkiem, tikai atpakaļvadam. Kā atpakaļvadu nedrīkst izmantot ūdensvada un centrālapkures sistēmas, ēku metāla konstrukcijas, tehnoloģiskas nozīmes metāla konstrukcijas, zemēšanas un nullēšanas tīklus.

 Elektroda turētājam jābūt vieglam, parocīgam darbā, nodrošinot drošu elektroda stiprinājumu un ātru tā nomaiņu bez pieskaršanās pie strāvu vadošajām daļām, jābūt drošam savienojumam ar metināšanas kabeli un aizsargam, kas aizsargā metinātāja roku. Elektroda turētāja rokturim jābūt

izgatavotam no siltumizolējoša dielektriska materiāla. Aizliegts pielietot elektrodu turētājus ar pievadkabeļa pieslēgumu rokturī pie strāvas stipruma 600 A un vairāk. Aizliegts lietot pašizgatavotus (nestandarta) elektrodu turētājus.

 Elektrometināšanas iekārtai, kas paredzēta darbam sevišķi bīstamā vidē, (metāla rezervuāros, tuneļos, akās, katlos, kā arī telpās ar paaugstinātu bīstamību) ir jābūt apgādātai ar automātiskajām ierīcēm, kas atslēdz tukšgaitas spriegumu vai arī to samazina līdz lielumam, kas nav bīstams cilvēkam. Sprieguma samazināšanai jānotiek 0,5 sekunžu laikā un šajā laikā jānodziest elektriskajam lokam (atraujot elektrodu no metināmā priekšmeta, tukšgaitas spriegumam jāsamazinās līdz 12 V).

 Pie vienlaicīga vairāku metināšanas iekārtu darba, tas jāuzstāda attālumā ne mazākā, kā 0,35m viena no otras.

 Aizliegts pieslēgt visa veida metināšanas agregātus pie elektriskā tīkla ar spriegumu lielāku par 660 V. Aizliegts barot metināšanas loku tieši no spēka vai apgaismošanas elektrotīkla.

 Metināšanas iekārtu pārvietošana atļauta tikai pēc to atslēgšanas no elektrotīkla. Nedrīkst atstāt bez uzraudzības zem sprieguma esošu elektrometināšanas iekārtu.

 Ja lokmetināšanas darbi ēkās veicami pastāvīgi, tad šie darbi jāveic speciālās telpās, kas aprīkotas ar ventilāciju, vai speciālās kabīnēs. Metināšanas agregātam vai kabīnei jābūt izveidotai no gaismu necaurlaidīgiem un nedegošiem materiāliem. Telpa, tās platība un apjoms jāizvēlas, pamatojoties uz

metināšanas iekārtas gabarītiem, metināmo detaļu izmēriem un pieļaujamajām tvaika un gāzu koncentrācijas normām. Metināšanas iekārta jāizvieto tā, lai tai varētu brīvi piekļūt. Ultravioletā starojuma riska faktori un preventīvie drošības pasākumi.

Lai samazinātu riska faktorus un izsargātos no riskiem, kas saistīti ar ultravioletās gaismas iedarbību, jāveic šādi drošības pasākumi:

 Jāizmanto īpaši gaismu necaurlaidīgi nožogojumi (sienas, ekrāni, aizkari utml.).

 Jāizmanto darba apģērbs ar augstu apkakli, lai pasargātu kakla zonu no apdegumiem.

 Acu un sejas aizsardzībai no starojuma un izkausēta metāla šļakatām nepieciešams seju aizsegt ar masku ar gaismas filtru. Pielietojamajiem gaismas filtriem jāatbilst metināšanas strāvas lielumam.

**Metināšanas masku filtru izvēles nosacījumi**

Atbilstoši DIN EN 169-2003 standartam (Individuālā acu aizsardzība - Filtri paredzēti metināšanas un radniecīgiem procesiem - Caurlaidības prasības un rekomendācijas) ir noteiktas prasības metināšanas masku filtriem/indeksiem, kādi jālieto dažādos metināšanas un radniecīgos procesos.

Lokmetināšanā filtru indeksi - no 10 (pie 40 - 80A) - 15 (>400A);

 Autogena metināšanā/griešanā - no 4 (pie Ac patēriņa <70l/min) - 7 (Ac patēriņš >800l/min).

**Kaitīgo gāzu un metināšanas dūmu ieelpošanas riska faktori un preventīvie drošības pasākumi**

Lai samazinātu riska faktorus, kas saistīti ar kaitīgo gāzu un metināšanas dūmu ieelpošanu, nepieciešams izmantot dūmu nosūkšanas iekārtas. Pēc pielietojuma var iedalīt trīs dažādas kaitīgo gāzu nosūkšanas iekārtas:

 Metināšanas deglis ar iebūvētu dūmu nosūkšanas iekārtu;

 Filtrējoša ventilācijas iekārta; Tehniskā ventilācija.

**Papildus rekamendējamie drošības pasākumi**

Papildus tam tiek rekomendēti pasākumi, kas palīdz samazināt riskus un samazināt bīstamo vielu iedarbību uz veselību un darba vidi:

 Procesu ar mazu bīstamo vielu saturu izvēle;

 Ūdens izmantošana plazmas griešanas procesā;

 Nekūstošu elektrodu bez torija izmantošana (TIG process);

 Kadmiju nesaturošu ložu izmantošana (lodēšanas process);

 Izvairīšanās no ievērojama gāzes liesmas lieluma;

 Labvēlīgu lokmetināšanas parametru izvēle;

 Aizsarggāzes daudzuma samazināšana;

 Kontaktmetināšanas parametru optimizācija;

 Izvairīšanās no attaukojošo līdzekļu sasildīšanas;

 Darbs slēgtās kabīnēs;

 Piemērotas dabiskās un tehniskās ventilācijas organizācija;

 Piemērotu individuālo elpceļu aizsardzības līdzekļu (piemēram, metināšanas masku ar piespiedu gaisa padevi) izmantošana.

Metinot krāsainos metālus un to lējumus, kuru sastāvā ir cinks, svins, varš, jālieto respiratori ar ķīmisko filtru.

**Ar vibrāciju saistītie riska faktori un preventīvie drošības pasākumi**

Metālapstrādei izmantotās iekārtas var radīt ievērojamu vibrācijas līmeni, kas, līdzīgi kā trokšņa līmenis, ir atkarīgs no iekārtu tehniskā stāvokļa un konkrētā veicamā darba. Tomēr saskaņā ar

pieejamo laboratorisko mērījumu datiem vairums izmantoto iekārtu nerada tādu vibrācijas līmeni, kas pārsniegtu dienas ekspozīcijas darbības vērtību vai ekspozīcijas robežvērtību. Ja tas tiek pārsniegts, darba devējam ir jāizstrādā pasākumu plāns, lai līdz minimumam samazinātu vibrācijas iedarbību un ar to saistītos riskus; iekārtu tehniskā stāvokļa uzraudzība un savlaicīga to apkope;

 nodarbināto informēšana un apmācība gan par pareizu un drošu darba aprīkojuma lietošanu, lai līdz minimumam samazinātu viņu pakļaušanu vibrācijai, gan par darba vietās esošajiem vibrācijas līmeņiem; pieejamo individuālās aizsardzības līdzekļu (piemēram, vibrāciju samazinošu darba cimdu) lietošana.

**Individuālie aizsarglīdzekļi**

Metālapstrādē metinātāji veic ne tikai metināšanas darba pienākumus, bet arī ne reti ir nepieciešams veikt atslēdznieka pienākumus. Šī iemesla dēļ gan metināšanas riska faktoru, gan citu faktoru, kas saistīti ar atslēdznieka darbību, novēršanai ir nepieciešams darbā izmantot sekojošus aizsardzības līdzekļus:

 Aizsargekrāni; Aizsargbrilles; Metināšanas maskas ar gaismas filtriem; Ugunsdrošs metināšanas tērps; Ugunsdroši apavi; Ugunsdroši cimdi; Galvas aizsarglīdzekļi (darbu izpildei virs plecu līmeņa)

#  4.1.2 Darba vides riska faktori metināšanā, riska faktoru ietekme uz strādājošo veselību.

Metināšanas darbi ietilpst plašajā metālapstrādes darbu kopumā. Veicot metālapstrādes darbus, t.sk metināšanu, nodarbinātajiem var nākties strādāt ar ļoti dažādu darba aprīkojumu vai ķīmiskām vielām /maisījumiem, kā arī veikt ļoti atšķirīgus darba uzdevumus. Katram no šiem specifiskajiem gadījumiem ir raksturīgi savi darba vides riska faktori.

Riska faktori lokmetināšanas un lāzerapstrādes darbos

1. Fiziskie darba vides riska faktori: elektriskās strāvas iedarbība; ultravioletā, redzamā un infrasarkanā spektra starojums; elektromagnētiskais lauks.

2. Ķīmiskie darba vides riska faktori – kaitīgo gāzu un putekļu ieelpošana;

3. Darba vides traumatisma riska faktori: Troksnis un vibrācija; Ugunsbīstamība un sprādzienbīstamība.

**Fiziskie darba vides riski faktori- Elektriskās strāvas iedarbība**

Lokmetināšanas iekārtās kā enerģijas avots tiek izmantota elektriskā strāva. Tādēļ ir būtiski, metināšanas darbus veicot, stingri ievērot Latvijas energostandarta LEK025 „Drošības prasības, veicot darbus elektroietaisēs” prasības, kā arī „Patērētāju elektroietaišu tehniskās ekspluatācijas noteikumu” prasības. Elektriskās strāvas iedarbība uz cilvēka organismu var būt fizioloģiska, termiska, elektroķīmiska un mehāniska. Elektriskās strāvas iedarbības bīstamību uz cilvēka organismu nosaka caur ķermeni plūstošās strāvas stiprums un spriegums, strāvas ceļš ķermenī, strāvas iedarbības ilgums, kontakta virsmas lielums, kā arī strāvas veids (līdzstrāva, dažādu frekvenču maiņstrāva) un cilvēka fizioloģiskais (ietekmē ķermeņa elektrisko pretestību) un psiholoģiskais stāvoklis. Metinātājam ir paaugstinātas iespējas saņemt elektriskās strāvas iedarbību, jo metinātājam ir saskare ar strāvu vadošām daļām, kā arī strādājot slēgtās telpās un mitros vai karstos apstākļos

(mitruma un sviedru izdalīšanās dēļ cilvēka ādas, darba apģērba vai aizsargaprīkojuma elektriskā pretestība samazinās).

**Fiziskie darba vides riska faktori- Elektromagnētiskais lauks**

Magnētiskais lauks izraisa nervu un muskuļu kairinājumu, kā arī laukam pakļauto ķermeņa daļu sasilšanu. No magnētiskā lauka iedarbības praktiski nav iespējams izvairīties. Tas ir bīstams darbiniekiem ar aktīvu vai pasīvu papildaprīkojumu. No elektromagnētiskā lauka rašanās viedokļa visbīstamākie ir metināšanas procesi, kuriem raksturīga stipras strāvas izmantošana. Tāpat magnētiskais lauks var izraisīt loka nobīdi (magnētiskā pūte).

**Fiziskie darba vides riska faktori-Ultravioletā, redzamā un infrasarkanā spektra starojums**

Veicot metināšanas darbus, pateicoties augstām temperatūrām metināšanas vietā, tiek intensīvi izstarota gaisma visā tās spektrā, sākot no infrasarkanā līdz pat ultravioletajam starojumam. Gāzes metināšanas procesā izdalās redzamā gaisma un infrasarkanais starojums, lokmetināšanas procesā izdalās arī ultravioletais starojums. Šis izstarojums ir bīstams ne tikai pašam metināšanas darbu veicējam, bet arī apkārtējiem. Ultravioletais starojums ir bīstams acīm, kā arī rada saules apdegumam līdzīgu efektu. Redzamā gaisma praktiski bez šķēršļiem izspiežas cauri acs tīklenei, pie lielas gaismas intensitātes novedot pie akluma. Infrasarkanais starojums savukārt noved pie acs tīklenes iekaisuma (īsviļņu izstarojums), kā arī pie akluma (kataraktas) pie garāku infrasarkano viļņu izstarojuma. Īpaši papildnoteikumi aizsardzībai no optiskā (gaismas) izstarojuma jāievēro lāzerrmetināšanas un citos materiālu lāzerapstrādes procesos. Lāzera izstarojums var ietekmēt redzi (acu iekaisums, katarakta), kā arī iedarboties uz ādu (apsārtums, apdegums, ādas vēža veicināšana). Iedarbības bīstamību nosaka lāzera stara enerģija un jaudas blīvums, gaismas viļņa garums, iedarbības laiks, kā arī iedarbībai

pakļautā atklātā ādas laukuma stāvoklis. Lāzera izstarojums ar termisko iedarbību var sadedzināt ādu. Tāpat lāzera starojums var izraisīt termoakustisko efektu, veicinot iztvaikošanu un bīstamu spiediena viļņu rašanos. Tāpat lāzera stars var izraisīt fotoķīmisku efektu, kā rezultātā iespējama aklo plankumu veidošanās uz tīklenes, lāzera staram lūstot, ejot cauri acs lēcai. Lāzera starojums pēc iedarbības tiek dalīts 5 klasēs:

 1. klases starojums tiek uzskatīts par nekaitīgu,

 2. klases starojums, kas atrodas tikai redzamajā spektra daļā, nav bīstams acīm, ja iedarbības laiks nepārsniedz 0,25 sekundes

 3A klases starojums kļūst bīstams acīm, samazinoties stara

 šķērsgriezumam;

 3B klases starojums ir bīstams acīm, kā arī ādai

 4. klases starojums ir ļoti bīstams acīm un ādai, bīstams var būt arī izfokusēts starojums.

**Ķīmiskie darba vides riska faktori**

Metināšanas procesa laikā izdalījušies metināšanas aerosoli var būt īpaši bīstami, jo to sastāvā var būt vielas, kuras ietilpst metāla sastāvā, kā arī sadegušās krāsas un lakas daļiņas. Metināšanas aerosoli iekļūst dziļi plaušu audos, bieži radot t. s. metinātāju drudzi (akūtu plaušu reakciju uz izkusušajām un bieži toksiskajām metāla daļiņām), kā arī hroniskas plaušu slimības. Metināšanas aerosoli ir viens no tiem ķīmiskajiem darba vides riska faktoriem, kurš vairāk nekā 60% gadījumu no veiktajiem

mērījumiem pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību (citiem vārdiem sakot, drošo koncentrāciju). Veicot lokmetināšanas darbus, tiek izmantotas tehniskās gāzes (aizsargggāzes, plazmu veidojošās gāzes utml.), tāpat augsto temperatūru dēļ notiek metināmo materiālu, palīgmateriālu un pildvielu iztvaikošana, kā arī notiek dažādas ķīmiskas reakcijas starp metināšanas procesā iesaistītajām vielām, kas ir bīstamas cilvēka organismam. Tās visas var nonākt cilvēka ķermenī ieelpojot (gāzes, tvaiki, putekļi), norijot (putekļi un šķidrumi), kā arī caur atklātām ādas virsmām (putekļi un šķidrumi). Bīstamās vielas var rasties no elektrodu pārklājuma vai aizsarggāzēm, iztvaikojot pamatmateriālam un pildvielām, kā arī degot un iztvaikojot dažādiem piejaukumiem un netīrumiem (eļļai, taukiem, rūsai utml.), bez tam lokmetināšanas procesos izdalās dūmi.

Dažu bīstamu gāzveida vielu piemēri:

1. Slāpekļa oksīdi (NOx):

 Veidojas temperatūrās virs 1000°C;

 Nosmakšanas risks pēc 6 – 12 stundām.

2. Ozons (O3):

 Rodas no gaisa skābekļa ultravioletā starojuma rezultātā;

 Kairina gļotādas;

 Izraisa nogurumu un galvassāpes.

3. Tvana gāze (CO) un ogļskābā gāze (CO2):

 Tvana gāze rodas no nepilnīgas deggāzu sadegšanas vai sadaloties ogļskābajai gāzei;

 Tvana gāze izraisa galvassāpes, sliktu dūšu, miegainību, reiboņus un samaņas zudumu;

 Ogļskābā gāze rodas oglekļa pilnīgas sadegšanas rezultātā;

 4% ogļskābās gāzes koncentrācija elpojamajā gaisā izraisa galvassāpes, reiboņus un samaņas zuduma risku.

4. Fosgēns – ogļskābes dihloranhidrīds (COCl2) – nedrīkst izmantot metināšanas darbos!:

 Šī gāze rodas sildīšanas procesā vai iedarbojoties ultravioletajam starojumam uz attaukojošajiem līdzekļiem, kuru sastāvā ir hloru saturoši ogļūdeņraži;

 Zema fosgēna koncentrācija izraisa bojājumus, sākot no gļotādu kairinājuma līdz pat nopietniem plaušu bojājumiem.

Tāpat bīstamas vielas ir sastāvi, kurus izmanto nerūsošā tēraudu šuvju kodināšanai, lai atjaunotu metināšanas vietu korozijas izturības atjaunošanai, tie ir toksiski, ļoti toksiski, kairinoši, kodīgi utml.

**Darba vides traumatisma riska faktori –Troksnis un vibrācijas**

Troksnis - veicot metālapstrādes darbus, ir viens no izplatītākajiem darba vides riska faktoriem, kuru lielākoties rada dažāda darba aprīkojuma (piemēram, slīpmašīnu) lietošana. Katra no šīm iekārtām strādājot rada troksni – dažādu frekvenču un dažādas intensitātes skaņu haotisku sakopojumu, kas

var ievērojami pārsniegt pieļaujamo (drošo) līmeni. Metālapstrādes darbu laikā veiktie mērījumi norāda uz trokšņa līmeni, kas ļoti bieži pārsniedz t. s. zemāko ekspozīcijas darbības līmeni – 80 dB(A), kad ir nepieciešami dažādi nodarbināto dzirdes aizsardzības pasākumi, tostarp individuālo trokšņu aizsardzības aprīkojuma izmantošana. Ļoti intensīva akūta trokšņa iedarbība var izraisīt īslaicīgu vai pastāvīgu dzirdes zudumu – akustisku traumu, savukārt pastāvīga, ilgstoša trokšņa iedarbības dēļ var attīstīties aroda vājdzirdība – dzirdes neatgriezeniska un neārstējama

pasliktināšanās, kas ir viena no visvairāk izplatītajām arodslimībām pasaulē. Dzirdes pavājināšanās pakāpe visbiežāk ir tieši proporcionāla darba stāžam trokšņainā vidē, tomēr tā var attīstīties jau dažu gadu laikā, īpaši strauji – pirmo piecu gadu laikā. Turklāt troksnis traucē savstarpēju sazināšanos, apgrūtina brīdinošu skaņas signālu uztveršanu, traucē sadzirdēt dažādas norādes un tādējādi veicina

nelaimes gadījumus darbā. Ja darba vide ir trokšņaina, nodarbinātajam ir gandrīz neiespējami brīdināt citus nodarbinātos par draudošām briesmām, kas arī rada paaugstinātu nelaimes gadījumu risku.

**Darba vides traumatisma riska faktori- Ugunsbīstamība un sprādzienbīstamība**

Metināšanas darbiem ir raksturīgs ļoti augsts sprādzienbīstamības vai ugunsbīstamības risks, jo bieži vien metināšanas darba vietās tiek izmantotas viegli uzliesmojošas ķīmiskās vielas (gāzes, šķīdinātāji u. c.), tur mēdz būt arī karstas virsmas, kā arī rodas dzirksteles vai pat atklāta liesma (piemēram, šuvju slīpēšana ar leņķa slīpmašīnām un pati metināšana). Tāpat jāizvērtē, kāda veida apkuri izmantot darba zonā, jo, piemēram, izmantojot elektrosildītāju, tiem var būt atklāta sildošās spirāles virsma, kuras izmantošana darba vietās, kur notiek darbs ar viegli uzliesmojošiem šķidrumiem, nav pieļaujama. Arī malkas apkures krāsnis bez papildu izolācijas var izraisīt ugunsnelaimi. Tāpat smēķēšana neatļautās vietās vai ķīmisko vielu glabāšanas vietu tuvumā var izraisīt ugunsnelaimi.

Saturs

[1.1. Metālapstrādes procesi 1](#_Toc193115355)

[1.1.1. Metālapstrādes procesu pirmsākums. Metālapstrādes procesu produktu izmantošana senatnē 1](#_Toc193115356)

[1.1.2. Mūsdienu metālapstrādes procesu veidi 2](#_Toc193115357)

[1.1.Metināšana metālapstrādes procesos. 3](#_Toc193115358)

[1.2.1.Metināšanas procesu pirmsākumi 3](#_Toc193115359)

[1.2.2. Mūsdienu metināšanas procesu veidi. 4](#_Toc193115360)

[Automātiskā metināšana zem kušņiem ar monolīta šķērsgriezuma stiepli (Submerged Arc Welding) 121 SAW 4](#_Toc193115361)

[Plazmas metināšana (Plasma Arc Welding) 15 PAW 5](#_Toc193115362)

[Rokas lokmetināšana ar pārklātiem kūstošiem elektrodiem (Manual Metal Arc welding ) 111 MMA 5](#_Toc193115363)

[Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu izmantojot pašaizsargājošo pulverstiepli (Flux Cored Arc Welding (without shielding gas)) 114 FCAW- pašaizsargājošā stieple 5](#_Toc193115364)

[Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu inertās aizsarggāzes vidē (Metal Inert Gas) 131 MIG 6](#_Toc193115365)

[Lokmetināšana ar mehanizēto iekārtu aktīvās aizsarggāzes vidē (Metal Active Gas) 135 MAG 6](#_Toc193115366)

[Lokmetināšana ar volframa elektrodu inertās aizsarggāzes vidē (Tungsten Inert Gas) 141 TIG 7](#_Toc193115367)

[1.1.Metināšanas procesu iedalījums 8](#_Toc193115368)

[2.1.1. Termiskās metināšanas veidi. 9](#_Toc193115369)

[3. grupa – Termiskā klase 9](#_Toc193115370)

[2.1.2. Termomehāniskās un mehāniskās metināšanas veidi 11](#_Toc193115371)

[2. grupa – Termomehāniskā klase 11](#_Toc193115372)

[1. grupa - Mehāniskā klase 12](#_Toc193115373)

[1.1. Metināšanas procesu izmantošana. 13](#_Toc193115374)

[2.2.1. Metināšanas procesu izmantošana mašīnbūvē 13](#_Toc193115375)

[2.2.2. Metināšanas procesu izmantošana būvniecībā. 20](#_Toc193115376)

[2.2.3. Metināšanas procesu izmantošana citās nozarēs. 22](#_Toc193115377)

[Pārtikas, ķīmijas un medicīnas nozares 23](#_Toc193115378)

[Secinājumi 24](#_Toc193115379)

[1.1. Metināto šuvju veidi. 25](#_Toc193115380)

[2.3.1. Kakta šuves. 25](#_Toc193115381)

[2.3.2. Saduršuves. 26](#_Toc193115382)

[2.4. Metināto savienojumu veidi. 28](#_Toc193115383)

[2.4.1. Kakta šuvju izmantošana dažādos savienojumos. 29](#_Toc193115384)

[2.4.2. Saduršuvju izmantošana dažādos savienojumos 30](#_Toc193115385)

[2.4.3. Citi metināto savienojumu veidi. 31](#_Toc193115386)

[3.1. Metināto šuvju kvalitātes kontrole. 32](#_Toc193115387)

[3.1.1.Metināto šuvju kvalitātes kontroles sagraujošās metodes. 33](#_Toc193115388)

[3.1.2. Metināto šuvju kvalitātes kontroles nesagraujošās metodes 35](#_Toc193115389)

[4.1. Darba aizsardzības prasības metināšanā. 37](#_Toc193115390)

[4.1.1.Darba aizsardzības prasības metināšanas darbos. 37](#_Toc193115391)

[4.1.2 Darba vides riska faktori metināšanā, riska faktoru ietekme uz strādājošo veselību. 41](#_Toc193115392)

**Izmantotā literatūra**

1. <https://lv.redxpart.com/info/history-of-metalworking-17123982383014912.html>

2.https://skolo.lv/mod/hvp/view.php?id=87049628#h5pbookid=3579563&section=top&chapter=h5p-interactive-book-chapter-92cc71c5-fa56-48db-a3f7-60de40ba9e19

3.https://skolo.lv/mod/hvp/view.php?id=87000335#h5pbookid=3573749&section=top&chapter=h5p-interactive-book-chapter-c12e9e8a-6230-496f-b4fa-61fadbe147c4