

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2025

Mikko Suominen

Käytännön hitsausharjoitusten kehittäminen



Opinnäytetyö (AMK / YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2025 | 45 sivua

Mikko Suominen

Käytännön hitsausharjoitusten kehittäminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Turun ammattikorkeakoulun valmiiksi määrittämille hitsausharjoituksille hitsausohjeet sekä mallikappaleet harjoituksista. Hitsausohjeesta tuli selvitä hitsaajalle kaikki oleellinen tieto, jonka hitsaaja tarvitsee hitsatakseen liitoksen onnistuneesti. Hitsausohjeet tehtiin Kempin Weldeye-ohjelmalla. Työn aikana suoritettiin monia testihitsauksia, joiden avulla pyrittiin hakemaan optimaaliset hitsausarvot sekä hitsausnopeudet harjoituksiin. Nämä dokumentoitiin konkreettisesti WPS:ään eli hitsausohjeeseen.

Työ käsittelee myös laajasti TIG-hitsausta. Työssä käydään läpi TIG-hitsauksen teoria, sekä syvennyttään erilaisiin TIG-hitsausprosesseihin kuten mekanisoituun TIG-hitsaukseen. Työssä käsitellään myös ruostumattoman teräksen TIG-hitsaukseen liittyviä haasteita sekä ratkaisuja näihin haasteisiin. Työ käsittelee myös erilaisia juurisuojauksen menetelmiä ja vertailee näiden käyttökohteita sekä tehokkuutta.

Työn tuloksena saatiin haettua kaikille harjoituksille sopivat hitsausarvot, ja näiden pohjalta saatiin tehtyä hitsausohjeet. Myös kaikista harjoituksista saatiin tehtyä mallikappaleet, joita tehdessä oli käytetty hitsausohjeen mukaisia hitsausarvoja. Tällä varmistuttiin siitä, että ohjeiden mukaan hitsatessa päästään hyvään lopputulokseen.

Asiasanat:

TIG-hitsaus

MAG-hitsaus

Puikkohitsaus

Hitsausohje

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2025 | 45 pages

Mikko Suominen

Improvement of welding exercises

The objective of this thesis was to create welding procedure specifications (WPS) for the welding exercises predefined by Turku University of Applied Sciences. The welding procedure specifications were designed to provide welders with all the essential information needed to successfully complete the weld joint. The welding instructions were created using Kemppi's Weldeye-software. During the project, extensive test welding was conducted to determine the optimal welding parameters and speeds for the exercises. These parameters were then documented in the WPS.

The thesis also extensively covers TIG welding. It includes an overview of TIG welding theory and delves into various TIG welding processes, such as mechanized TIG welding. The study also addresses the challenges associated with TIG welding of stainless steel and explores solutions to overcome these challenges. Furthermore, the thesis examines different root shielding methods, comparing their applications and efficiency.

As a result of the work, suitable welding parameters were determined for all exercises, and based on these, welding instructions were created. Additionally, sample pieces were produced for all exercises, using the welding parameters specified in the instructions. This ensured that following the instructions would lead to a good result.

Keywords:

MIG-welding

TIG-welding

Stick-welding

Welding procedure specification

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	8
1 Johdanto	9
2 Juuren suojausmenetelmät ja TIG-hitsaus yleisesti	10
2.1 TIG-hitsaus yleisesti	10
2.2 Kaasusuojaus TIG-hitsauksessa	11
2.3 Juurensuojaus TIG-hitsauksessa	13
2.3.1 Juurituki	14
2.3.2 Juuritahnat	14
2.3.3 Juurikaasu	15
3 Orbitaalihitsaus	17
3.1 Umpipihdit	18
3.2 Avopihdit	19
3.3 Langansyöttö orbitaalihitsauksessa	20
4 Hitsausohjeiden kehittäminen	23
4.1 MAG-hitsaus	23
4.2 Puikkohitsaus	27
4.3 TIG-hitsaus	29
5 Lopuksi	30
Lähteet	31

Liitteet

- Liite 1. Hitsausohjeet prosessille 135 (MAG)
- Liite 2. Hitsausohjeet prosesseille 141 ja 142 (TIG)
- Liite 3. Hitsausohjeet prosessille 111 (Puikkohitsaus)
- Liite 4. Manuaalinen langansyöttö TIG-hitsauksessa

Kuvat

Kuva 1. TIG-hitsauslaitteisto (K Weman, 2012, s. 63.)	10
Kuva 2. Ruostumattoman teräksen TIG-hitsi, jossa näkyy kromiköyhä vyöhyke harmaana värinä hitsissä.	12
Kuva 3. Vasemmalla normaalin kaasusuuttimen luoma suojakaasuvirtaus, oikealla kaasulinssin luoma suojakaasuvirtaus. (Tommy Wright, 2023.)	13
Kuva 4. Ruostumattoman teräksen TIG-hitsi, jossa kromiköyhää vyöhykettä ei ole syntynyt hitsin kohdalle.	13
Kuva 5. Juurituki. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 172.)	14
Kuva 6. Tulpat, joiden väliin syötetään juurikaasua (P Lepola & M Makkonen, 2005, 173.)	15
Kuva 7. Formierilla suojattu juuripuoli ruostumattoman teräksen putkihitsauksessa.	16
Kuva 8. Umpinainen orbitaalihitsauspää (Orbitalum 2025)	19
Kuva 9. Avonainen orbitaali. (Polysoude 2017)	20
Kuva 10. Lankaa syöttävä orbitaali kiskokiinnityksellä. (Polysoude 2025.)	21
Kuva 11. Hitsausrailomuodot (Metsta 2020.)	22
Kuva 12. 5 mm levyjen päittäisliitos juuripalon hitsauksen jälkeen MAG-hitsausprosessilla.	24
Kuva 13. 5 mm levyjen päittäisliitoksen juuripuoli.	25
Kuva 14. MAG-pystypiena.	26
Kuva 15. Puikkohitsaus alapiena.	27
Kuva 16. 5 mm päittäisliitos puikkohitsaus.	28
Kuva 17. 2 mm levyjen TIG-alapiena.	29

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

TIG	Tungsten inert gas welding
MAG	Metal active gas welding
WPS	Welding procedure specification

1 Johdanto

Tämän työn tilaajana oli Turun ammattikorkeakoulu. Työn tavoitteena oli hakea hitsauskurssilla tehtäville harjoituksille sopivat hitsausarvot sekä tekniikat, ja tehdä näiden pohjalta jokaiselle liitokselle hitsausohje eli WPS. Tämän lisäksi tehtiin kirjoitettu ohje koskien manuaalista langansyöttöä TIG-hitsauksessa. Kaikista harjoituksista tehtiin myös mallikappaleet.

Kun henkilö jolla on vähän tai ei lainkaan hitsauskokemusta aloittaa hitsaamisen harjoittelun, on oikeiden hitsausarvojen ja tekniikan löytäminen todella vaikeaa. Tämän dokumentin on tarkoitus antaa nämä tiedot hitsaajalle WPS:n muodossa, jotta lopputulos olisi mahdollisimman hyvä. TIG-ohjeen on tarkoitus antaa hitsaajalle riittävät tiedot onnistuneen TIG-hitsin suorittamiseen. Ohjeessa käydään läpi kaikki oleellinen tieto, jonka hitsaaja tarvitsee aina hitsausasennosta langan sijoituspaikkaan sulassa.

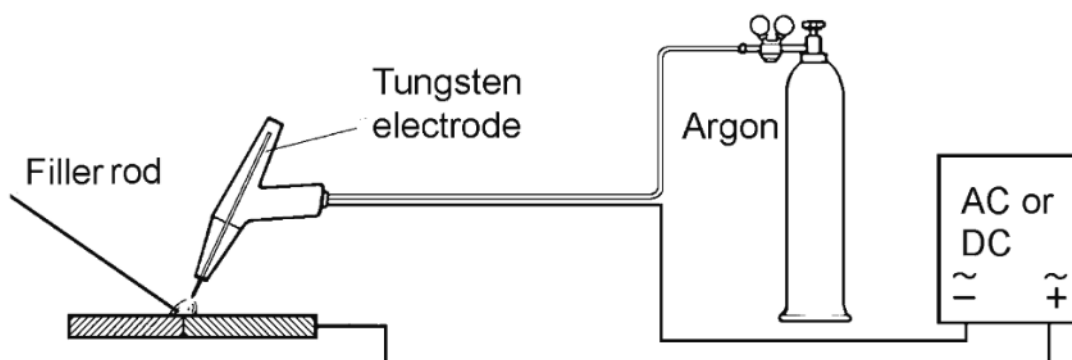
Hitsaus on pitkälti käsialalaji, ja jokainen kokenut hitsaaja hienosäätää koneen palvelemaan omaa tekniikkaansa. Täten on hyvin vaikea määrittää absoluuttisia totuuksia hitsausarvoissa tai tekniikoissa. Tämä työ perustuu hitsaajan omaan kokemukseen, kirj tietoon sekä moniin testihitsauksiin, joita suoritettiin työtä tehdessä. Näiden pohjalta tehtiin hitsausohjeet, joita noudattamalla päästiin testihitsauksia tehdessä hyviin lopputuloksiin jokaisessa liitoksessa.

Työ sisältää myös laajan osuuden TIG-hitsauksesta. Tässä osuudessa on perehdytty TIG-hitsauksen eri muotoihin, sekä käyttökohteisiin. Tämän lisäksi lähdettiin selvittämään voisiko kaasusuojausta parantamalla vaikuttaa ruostumattoman teräksen hitsiin siten, ettei erillistä jälkikäsittelyä tarvittaisi. Tämä perustui siihen, että hitsi ehtisi jäähtyä tarpeeksi alhaiseen lämpötilaan ennen kuin se pääsisi kosketuksiin ilman kanssa. Tällöin haitallista oksidikerrosta ei pääsisi syntymään, eikä jälkikäsittelyä tarvittaisi.

2 Juuren suojausmenetelmät ja TIG-hitsaus yleisesti

2.1 TIG-hitsaus yleisesti

TIG-hitsaus eli tungsten inert gas welding on hitsausprosessi, jossa sulatetaan metallikappaleet valokaaren avulla toisiinsa kiinni. Prosessissa valokaari syttyy työkappaleen ja sulamattoman volframielektrodin välille, muodostaen hitsisulan. Polttimesta syötetään inerttikaasua, useimmiten puhdasta argonia suojaamaan sulaa sekä elektrodia ilmakehän vaikutuksilta. (K. Weman, 2012, 63.)



Kuva 1. TIG-hitsauslaitteisto (K Weman, 2012, s. 63.)

TIG-hitsauksen etuja ovat vakaa valokaari, jota on helppo hallita sekä tarkka työnjälki. TIG-hitsaus on myös puhdas ja roiskeeton prosessi. Tämä vähentää hitsin jälkikäsittelyyn vaadittua aikaa. TIG-hitsausprosessilla voidaan hitsata joko ilman lisäainetta tai lisäaineen kanssa. Jos lisäainetta käytetään, syöttää hitsaaja yleisesti sen manuaalisesti hitsisulaan. Lisäaineen manuaalinen syöttö

helpottaa hitsisulan hallintaa, sillä hitsausvirta ja lisäaineen määrä eivät ole riippuvaisia toisistaan. (K. Weman, 2012, 63.)

TIG-hitsausta käytetään useimmiten ohuiden materiaalipaksuuksien hitsaamiseen (0,5-3 mm), sekä paksumpien ainepaksuuksien juuripalkojen hitsaamiseen. TIG-hitsaus soveltuu hyvin käyttökohteisiin, joissa vaaditaan puhdasta sekä tarkkaa lopputulosta. Yleisimpiin käyttökohteisiin lukeutuvat prosessiputkistot sekä ohutlevyteollisuus. Yleisimmät hitsattavat materiaalit ovat ruostumattomat teräkset, sekä alumiiniseokset. TIG-hitsausprosessi sopii kuitenkin kaikkien yleisimpien metalliseosten hitsaamiseen. (K. Weman, 2012, 63.)

2.2 Kaasusuojaus TIG-hitsauksessa

Suojakaasun tehtävä on suojata hitsisulaa sekä volframielektrodia ympäröivän ilman haitallisilta vaikutuksilta. Yleisimmin suojakaasuina käytetään inerttejä kaasuja, kuten argonia, heliumia tai näiden sekoitusta. Heliumia sisältävää kaasua käytettäessä valokaaren lämmöntuonti on hitsiin suurempi. Tästä syystä sitä käytetään muun muassa paksua kuparimateriaalia hitsattaessa.

Suojakaasuun voidaan myös lisätä pieniä määriä vetyä tai typpeä. Vetyä tai typpeä lisäämällä pyritään pienentämään hitsauksessa syntyvää otsonia, joka on hitsaajalle haitallista. (Linde plc 2011-2024)

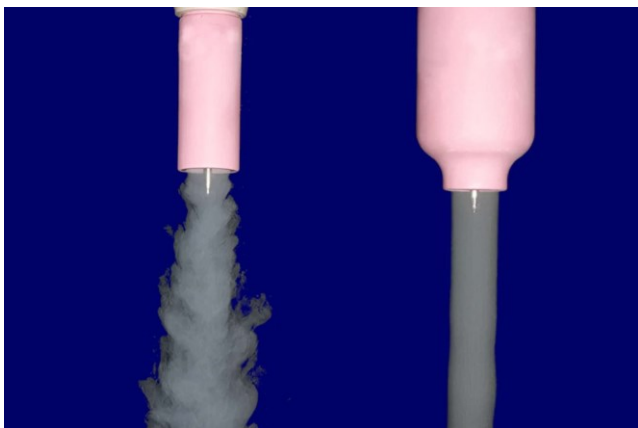
Ruostumattomia teräksiä hitsatessa syntyy hitsin kohdalle usein kromiköyhä vyöhyke. Tämä johtuu siitä, että metalli on päässyt kosketuksiin ympäröivän ilman kanssa sen lämpötilan ollessa liian korkea. Kromiköyhä vyöhyke on perusainetta alttiimpi korroosiolle, jonka takia se yleisesti poistetaan mekaanisesti hiomalla tai peittaamalla. (British stainless steel association 2024.)



Kuva 2. Ruostumattoman teräksen TIG-hitsi, jossa näkyy kromiköyhä vyöhyke harmaana värinä hitsissä.

Tämä ongelma voidaan pyrkiä poistamaan myös kaasusuojausta parantamalla. Käyttämällä kaasulinssiä normaalin kaasusuuttimen sijaan voidaan kaasun virtausta tasoittaa. Kaasulinssissä on normaalin suuttimen sijaan verkko, jonka ansiosta kaasu virtaa tasaisemmin ulos luoden tasaisen kaasuvirtauksen. (Kimbrel K, 2011, 7.)

Toinen keino parantaa kaasusuojausta on suuremman kaasukuvun käyttäminen. Suurempaa kaasukupua käyttäessä inerttikaasun suojaama alue laajenee. Tämä antaa hitsille enemmän aikaa jäähtyä. Kun ruostumaton teräs ehtii jäähtyä alle 300 °C lämpötilaan, ei kromi enää reagoi ilman kanssa eikä kromiköyhää vyöhykettä synny. Hitsin korroosionkestävyys on tällöin perusmateriaalin tasolla, eikä se tästä syystä vaadi välttämättä jälkikäsittelyä. (Kimbrel K, 2011, 7.)



Kuva 3. Vasemmalla normaalin kaasusuuttimen luoma suojakaasuvirtaus, oikealla kaasulinssin luoma suojakaasuvirtaus. (Tommy Wright, 2023.)



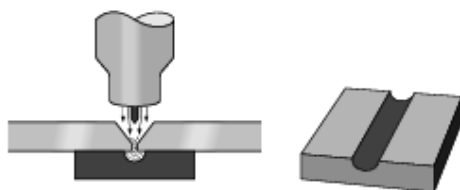
Kuva 4. Ruostumattoman teräksen TIG-hitsi, jossa kromiköyhää vyöhykettä ei ole syntynyt hitsin kohdalle.

2.3 Juurensuojaus TIG-hitsauksessa

Juurensuojaus on oleellisessa asemassa putkien ja ohuiden levyjen TIG-hitsausprosessia varsinkin, kun hitsataan ruostumatonta terästä tai titaania. Polttimesta virtaava suojakaasu suojaa hitsin päällyspuolen, mutta se ei riitä suojaamaan hitsin juuripuolta. Jos juuripuolta ei suojata millään menetelmällä, se hapettuu ilmakehän vaikutuksesta ja siitä tulee epätasainen ja rosainen. Hitsauksen aikana myös lämpötila hitsin juuripuolella nousee, mikä aiheuttaa oksidikerroksen syntymisen. Tämä heikentää hitsin korroosionkestävyyttä merkittävästi. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 172.)

2.3.1 Juurituki

Juuritukea käytetään useimmiten levyjen hitsauksessa. Juurituen tehtävä on muodostaa hitsisulalle noja juuren puolelle, ja joissain tapauksissa myös muotoilla muodostuvaa juuripalkoa. Hitsatessa levyjä yhteen kulkeutuu hitsattavan materiaalin ja juurituen väliin suojakaasua, joka jää jumiin. Jumiin jäänyt suojakaasu suojaa tehokkaasti juurta hapettumiselta. Juurituella on myös olennainen jäähdyttävä vaikutus ohutlevyjen hitsauksessa. Levyjen muodonmuutokset jäävät vähäisemmiksi, sillä juurituki imee itseensä muodonmuutoksia aiheuttavan lämmön. (P Lepola & M Makkonen, 2005, s. 172.)



Ilmaraosta juurituen uraan tunkeutuva suojakaasu syrjäyttää ilman.

Kuva 5. Juurituki. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 172.)

2.3.2 Juuritahnat

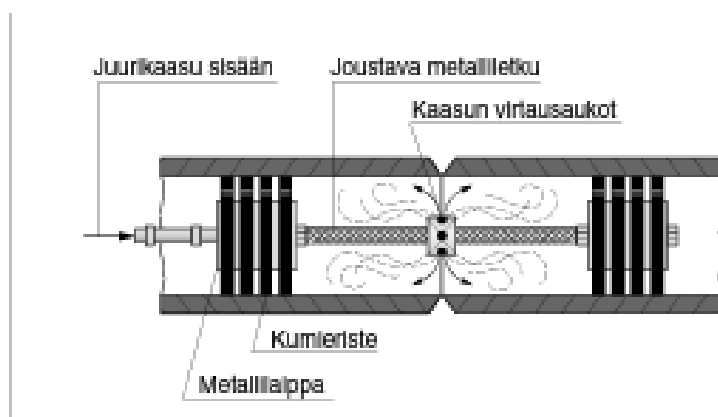
Juuritahnat soveltuvat putken juuren suojaukseen, jos juurikaasun käyttö on vaikeaa tai mahdotonta, tai hitsillä ei ole suuria laatuvaatimuksia. Jauhemainen aine sekoitetaan liuottimeen ja levitetään siveltimellä putken liitoskohtiin ennen silloitusten tekemistä. Hitsatessa tahna muodostaa puikkohitsauksen kuonaa muistuttavan seoksen juuripuolelle, joka suojaa juurta hapettumiselta. Juuresta

tulee kuitenkin usein röpelöinen, ja putken sisälle jäänyttä kuonaa on vaikea poistaa putken sisältä. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 173.)

2.3.3 Juurikaasu

Paras lopputulos juurta suojatessa saavutetaan yleisesti juurikaasua käyttämällä. Kun juureen johdetaan suoraan takapuolelta juurikaasua, ei hitsi pääse hapettumaan, eikä hitsitapahtumasta jää juureen kuonaa. Yleisimmin käytettyjä juurisuojakaasuja ovat puhdas argon tai Formier 10. Formier 10 on typestä ja vedystä koostuva kaasuseos. Kun käytetään ilmaa raskaampaa argonia, pitää argonin tuonti toteuttaa siten että argon virtaa alhaalta ylöspäin. Ilmaa kevyempiä tyypiseoksia käytettäessä täytyy kaasun taas virrata ylhäältä alaspäin. Näin varmistetaan siitä, että juurikaasu syrjäyttää kaiken putkessa olevan ilman. (P Lepola & M Makkonen, 2005, s. 173.)

Juurikaasun pääasiallinen käyttökohde on ruostumattoman teräksen putkistot. Pienikokoiset putket ja jopa kokonaiset putkistot voidaan täyttää kokonaan suojakaasulla. Tällöin putken toiseen päähän tulee kaasuletku ja toinen pää tukitaan, jättäen kuitenkin pieni reikä, jotta ilma poistuu putkesta. Tällä tavoin voidaan hitsata monta hitsiä yhdellä kerralla. Suurempien putkien suojaamiseen käytetään kustannussyistä erilaisia vedettäviä tulppia. Putken sisällä olevia tulppia käyttämällä suojataan vain hitsattava alue, jolloin juurikaasua ei kulu niin paljon. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 173.)



Kuva 6. Tulpat, joiden väliin syötetään juurikaasua (P Lepola & M Makkonen, 2005, 173.)



Kuva 7. Formierilla suojattu juuripuoli ruostumattoman teräksen putkihitsauksessa.

Kun juurikaasun virtaus on säädetty sopivaksi, jää hitsin juuri putkessa olevan paineen ansiosta lähes tasaiseksi sekä sileäksi. Tämä on todella tärkeää, kun hitsataan esimerkiksi elintarviketeollisuudessa käytettäviä putkistoja, joissa hitsin juuri ei saa sisältää epätasaisuuksia tai karheutta. Epätasainen juuri lisää bakteerien aiheuttamaa mikrobiologista korroosiota, pesuongelmia sekä saastumista. (P Lepola & M Makkonen, 2005, 193.)

3 Orbitaalihitsaus

Orbitaalihitsaus on automaattinen hitsausmenetelmä, jossa poltin kiertää ohjatusti ympyrärataa pitkin putken tai muun ympyränmuotoisen kappaleen ympäri. Orbitaalihitsaus mahdollistaa todella tasalaatuisen hitsin, sillä muuttujat on minimoitu. Elektrodi liikkuu tasaista vauhtia ennalta säädetyllä virralla. Tämä mahdollistaa todella korkealaatuiset ja helposti toistettavat hitsit. Orbitaalilla putkia hitsatessa saadaan juuripalko tarvittaessa lähes täysin tasaiseksi. Tästä on suuri hyöty putkistoissa jossa on virtaus, sillä juuri ei aiheuta kuluttavia pyörteitä putkistossa. Tasainen juuri ei myöskään kerrytä likaa tai bakteereja juuren kohdalle, joka parantaa putkiston hygieenisyyttä sekä korroosionkestoa. Näistä syistä orbitaalihitsausta käytetäänkin pääasiassa kemianteollisuuden, voimalaitosten sekä elintarviketeollisuuden rakennuskohteissa. Orbitaalilla sovelletaan yleisimmin TIG-hitsaukseen, mutta sitä on mahdollista soveltaa myös MIG/MAG hitsauksessa. (P Lepola & R Ylikangas, 2016, 145.)

TIG-orbitaalihitsauksessa käytetään yleisesti kahdenlaisia laitteita, joko umpi- tai avopihdejä. Avopihdeissä voidaan hitsaustapahtumaan lisätä myös langansyöttöominaisuus, joka mahdollistaa materiaalin lisäämisen hitsiin. Umpipihdeissä tätä ominaisuutta ei ole, vaan hitsaus tapahtuu vain sulattamalla liitos yhteen. Langansyöttökoneistoa käyttämällä voidaan avopihdeillä hitsata myös monipalkkoliitoksia, kun taas umpipihdejä käytetään vain ohuiden putkistojen päittäisliitoksien hitsaamiseen. (P Lepola & R Ylikangas, 2016, 146-147.)

3.1 Umpipihdit

Umpipihdit ovat koteloituja pihtejä, joissa hitsaus tapahtuu suljetussa hitsauskammiossa. Elektrodi pyörähtää putken ympäri pihtien sulkemassa tilassa. Kun koko hitsi on eristetty ilman vaikutukselta, ei hitsi pääse hapettumaan eikä lämpövärjäymiä esiinny. Umpipihtejä käytetään ohutseinämäisten putkien mekanisoituun lisäaineettomaan TIG-hitsaukseen. Liitosmuoto on aina päittäisliitos. Putkien seinämäpaksuudet ovat yleisesti 1,2-3 mm, ja halkaisijaltaan 6-170mm. Tätä suurempien putkien mekanisoituun hitsaukseen käytetään yleisesti avopihtimallia. Eri putkikoot vaativat erikokoiset pihtipäät, joten umpipihdit ovat tehokkaimmillaan, kun saman putkikoon liitoksia on monta. (P Lepola & R Ylikangas, 2016, 146.)

Juurikaasu on myös oleellinen osa prosessia. Jos juurikaasun paine on liian pieni, syntyy hitsiin helposti reunahaava koko matkalle, sillä prosessi ei käytä lisäainetta. Jos taas juurikaasun paine on liian suuri, jää juuri helposti kuopalle. Sopivalla juurikaasun paineella tulee juuresta sekä päälipuolesta tasainen. Umpipihtien yleinen käyttökohde on prosessiputkistot, sillä putkikoot ovat yleensä pieniä, ja hitsien puhtauden vaatimustaso on korkea. (P Lepola & R Ylikangas, 2016, 146.) (Orbitalum, 2024)



Kuva 8. Umpinainen orbitaalihitsauspää (Orbitalum 2025)

3.2 Avopihdit

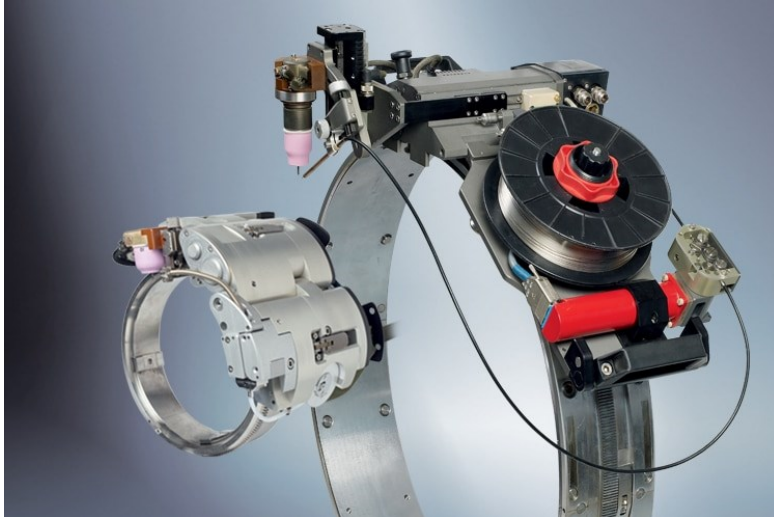
Avonaisessa mallissa laite kiinnitetään putken ympäri pihtien tai hitsausvaunun avulla. Hitsauksen aikana poltin pyörähtää putken ympäri putken pysyessä paikallaan. Avopihdit tarjoavat huomattavasti enemmän mahdollisuuksia hitsauksen suhteen umpipihteihin verrattuna. Avopihtien säätö on portaaton, ja se kattaa yleensä suuren putkikokoalueen, esim. 25–115 mm. Tämä mahdollistaa eri halkaisijakoon omaavien putkien hitsauksen ilman komponenttien vaihtoa. Kun putkikoko kasvaa tarpeeksi suureksi käytetään pihtimallin sijaan kiskoilla kulkevaa mallia. Avomalli antaa myös mallista riippuen paljon mahdollisuuksia lisäominaisuuksiin, kuten levitysliikkeeseen sekä valokaaren automaattiseen korkeudenseurantaan. Hitsaustapahtumaa on myös mahdollista dokumentoida helposti, sillä hitsaustapahtuma on avoin. Kaasusuojaus on avopihdeissä huonompi kuin umpipihdeissä, sillä kaasusuojaus ulottuu vain kaasukuvun kokoiselle alueelle. Avopihtimalli on myös suurempi kuin umpimalli. Tämä vaikuttaa merkittävästi ahtaiden asentohitsien hitsaamiseen. Yleisesti umpimalli on helpompikäyttöisempi asentohitsejä hitsatessa laitteiston keveyden ja pienen koon takia. (P Lepola & R Ylikangas, 2016, 146–147.)



Kuva 9. Avonainen orbitaali. (Polysoude 2017)

3.3 Langansyöttö orbitaalihitsauksessa

Mekanisoituun TIG-hitsaukseen voidaan yhdistää myös koneellinen langansyöttö, jossa kone syöttää ohutta lisäainelankaa hitsisulaan. Langansyöttölaitteella voidaan oleellisesti parantaa TIG-hitsauksen huonoa tuottavuutta, johon liittyy olennaisesti pieni lisäaineentuotto muihin prosesseihin verrattuna. Langansyöttölaitetta käytetään useimmiten paksuseinämaisten putkien hitsauksessa, mutta myös ohutseinämäisten putkien I- ja U-railojen hitsauksessa. (A Kyröläinen & J Lukkari, 2002, 353.)



Kuva 10. Lankaa syöttävä orbitaali kiskokiinnityksellä. (Polysoude 2025.)

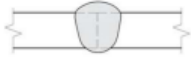











Mekanisoidussa TIG-hitsauksessa on kaksi erilaista langansyöttömenetelmää, kuuma- ja kylmälangansyöttö. Kylmälangansyötössä laite syöttää lisäainelankaa sulan etupuolelle. Langansyöttöpää pyörii orbitaalin poltinpään mukana hitsattavan kappaleen ympäri. Langan paksuus on yleisesti 0,8–1,2 mm. Kylmälangansyötössä lanka jäädyttää sulaa merkittävästi, ja se onkin otettava huomioon hitsatessa liitosvirheiden välttämiseksi. Langansyöttönopeus on kylmälangalla 0,5-3 m/min, eli hitsiaineentuottoarvo on 0,5-3 kg/h. Suuremmilla hitsausvirroilla voidaan käyttää nopeampaa langansyöttöä, kun taas pienellä virralla hitsatessa on langansyöttöä pienennettävä. (A Kyröläinen & J Lukkari, 2002, 353.)

Hitsauksessa on mahdollista käyttää tasa- tai pulssivirtaa. Näistä yleisemmin käytetään pulssivirtaa. Pulssivirtaa käyttäessä lanka syötetään yläpulssin aikana, eli myös syöttölaitteen on pulssitettava langansyöttöä. Tämä edellyttää virtalähteen sekä langansyöttölaitteen toimivan synkronoidusti yhdessä. (A Kyröläinen & J Lukkari, 2002, 353.)

Kuumalangansyötössä nimensä mukaisesti lanka kuumennetaan ennen hitsisulaan syöttämistä erillisen virtalähteen ja virtapiirin avulla. Kuumennus tapahtuu vastuskuumenemista hyödyntäen. Erillinen virtalähde muodostaa

lisäainelangan kautta kulkevan virtapiirin, joka lämmittää lisäainelangan. Langan ollessa jatkuvassa kosketuksessa sulan kanssa toimii lanka vastuksena piirissä, joten se lämpenee. Erillisen virtalähteen tuottama jännite on niin pieni, ettei valokaaren ja langan väliin pääse muodostumaan erillistä valokaarta. Langan esikuumennuksella pyritään vähentämään langan jäähdyttävää vaikutusta sulaan. Tällä taas pyritään suurempiin langansyöttönopeuksiin, eli hitsauksesta tulee tehokkaampaa kuin kylmälangalla hitsatessa. (A Kyröläinen & J Lukkari, 2002, 353.)

Kumpaakin langansyöttömenetelmää käytetään pääasiassa paksuseinämaisten putkien kapearailohitsauksessa. Kapearailohitsauksessa railo on U-railo, jonka leveys määrittyy ainepaksuuden mukaan. Oleellinen ero U-railon ja normaalisti käytettävän V-railon välillä on tilavuus. U-railon täyttämiseen tarvitaan huomattavasti vähemmän lisäainetta kuin V-railon. Kapeaa U-railoa käytettäessä TIG-hitsauksen tuottavuus paranee huomattavasti. Lisäksi muodonmuutoksia esiintyy kapearailohitsauksessa vähemmän, sillä lämmöntuonti on vähäisempää kuin V-railoa hitsatessa. (A Kyröläinen & J Lukkari, 2002, 353-355.)

Hitsilaji	Kuva (katkoviiva kuvaa railon muodon ennen hitsausta)	Tunnus
I-hitsi		
V-hitsi		
V-hitsi (osaviistetty V-railo)		
Puoli-V-hitsi		
Puoli-V-hitsi (osaviistetty railo)		
U-hitsi		

Kuva 11. Hitsausrailomuodot (Metsta 2020.)

4 Hitsausharjoitteiden kehittäminen

Toimeksiantona oli parantaa Turun ammattikorkeakoulun järjestämiä käytännön hitsausharjoituksia. Tämä toteutettiin siten, että valmiiksi määrätyistä hitsausharjoitteista tehtiin mallikappaleet, sekä hitsausohjeet. Hitsausprosessit, joiden harjoituksia lähdettiin kehittämään olivat TIG, MAG, ja puikkohitsaus. Materiaalina oli kaikissa hitsatuissa kappaleissa teräs. Harjoitteet tehtiin 5 ja 2 mm levyille. 5 mm levyjen materiaali oli S355J2 ja 2 mm levyjen materiaali DC01.

Projekti aloitettiin miettimällä alustavasti sopivia hitsausarvoja jokaiselle eri prosessille ja hitsiliitokselle. Hitsausarvoja hakiessa käytettiin apuna Froniuksen WeldConnect mobiilisovellusta sekä hitsaajan omaa kokemusta. Lisäksi suoritettiin testihitsauksia identtisillä liitoksilla, jotta varmistuttiin arvojen sopivuudesta juuri kyseiselle liitokselle. Kun sopivat hitsausarvot olivat löytyneet, tehtiin vielä mallikappaleet kyseisistä hitseistä. Testihitsauksista dokumentoitiin kaikki oleelliset tiedot, kuten hitsausnopeus ja hitsausarvot. Näiden pohjalta tehtiin hitsausohjeet jokaiselle harjoitusliitokselle.

4.1 MAG-hitsaus

MAG-hitsaus oli hitsaajalle tuntemattomin kolmesta prosessista, joten se vaati eniten koehitsauksia ja arvojen hakemista. MAG-hitsausharjoituksia oli myös kolmesta prosessista eniten. Hyvien hitsausarvojen löytyessä onnistuivat hitsaukset kuitenkin tyydyttävästi, ja esimerkkikappaleet saatiin tehtyä. MAG-harjoituksia olivat muun muassa pystypiena, alapiena ja päittäisliitoksia eri paksuisilla levyillä.



Kuva 12. 5 mm levyjen päittäisliitos juuripalon hitsauksen jälkeen MAG-hitsausprosessilla.



Kuva 13. 5 mm levyjen päittäisliitoksen juuripuoli.



Kuva 14. MAG-pystypiena.

4.2 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus harjoitteita tehtiin kaksi, nämä olivat alapiena sekä päittäisliitos. Molemmat tehtiin 5 mm paksuihin S335J2 teräslevyihin.



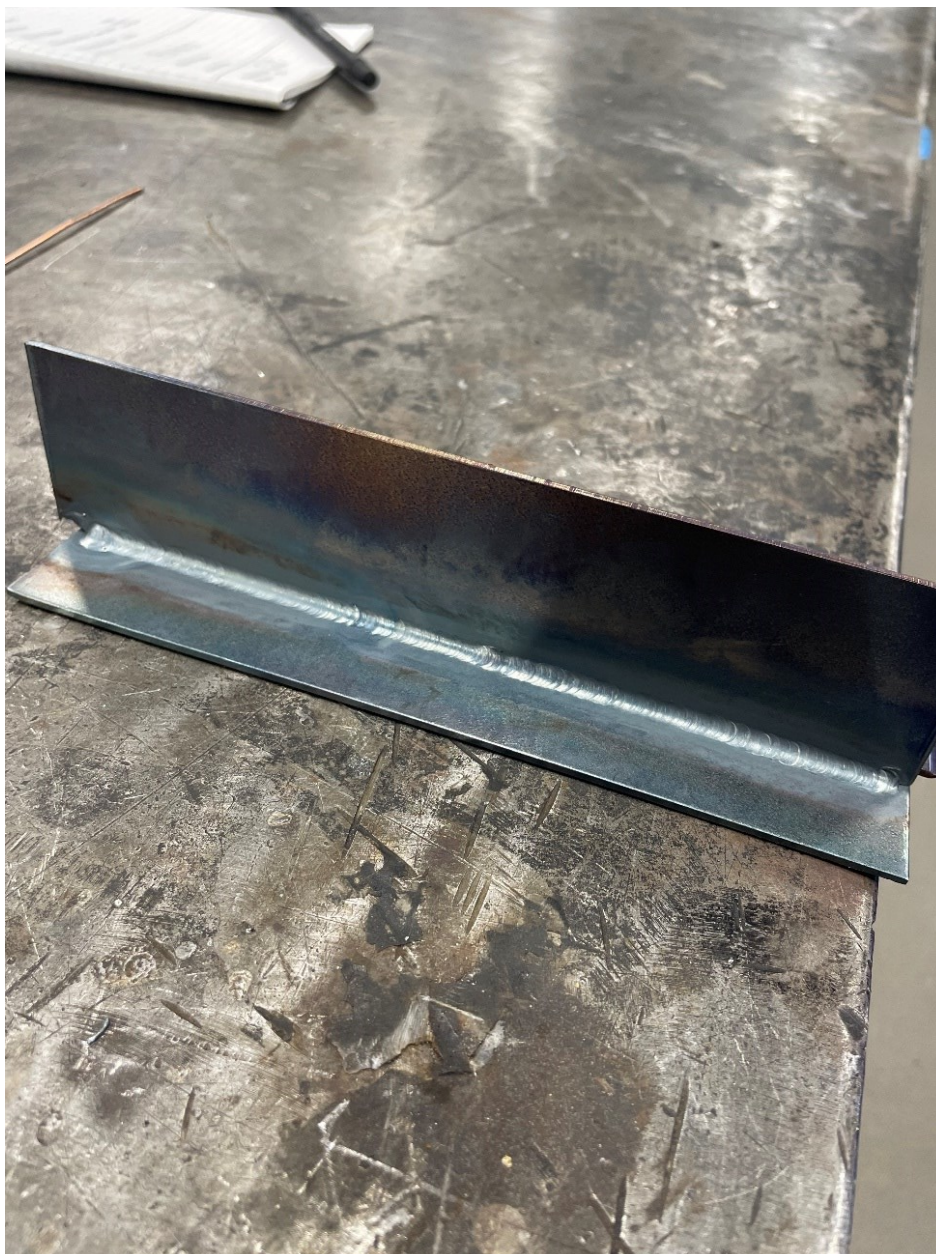
Kuva 15. Puikkohitsaus alapiena.



Kuva 16. 5 mm päittäisliitos puikkohitsaus.

4.3 TIG-hitsaus

TIG-hitsauksia olivat 2 mm levyjen päittäishitsi sekä alapiena. TIG-hitsaukseen liittyen tehtiin myös ohje koskien manuaalista langansyöttöä.



Kuva 17. 2 mm levyjen TIG-alapiena.

5 Lopuksi

Työn tavoitteena oli parantaa Turun ammattikorkeakoulun käytännön hitsausharjoituksia. Tarkoitus oli etsiä hitsausharjoituksiin sopivat hitsausarvot kullekin eri liitokselle sekä prosessille, ja tehdä näiden perusteella hitsausohjeet, sekä mallikappaleet. Tavoitteisiin päästiin hyvin – jokaisesta liitoksesta saatiin tehtyä mallikappaleet sekä hitsausohjeet.

Työn on tarkoitus auttaa tulevia konetekniikan opiskelijoita hitsauskurssilla suoritettavissa hitsausharjoituksissa tarjoamalla kaiken oleellisen tiedon jokaisesta eri hitsausharjoituksesta. Hitsausohjetta noudattaessa voidaan helposti varmistua hitsausarvojen sopivuudesta juuri kyseiselle liitokselle. Lisäksi voidaan varmistua polttimen sopivasta kuljetusnopeudesta, sekä mahdollisesta levitysliikkeistä, jos liitos sellaista vaatii.

Lisäksi työ sisältää kirjoitetun ohjeen manuaalisesta langansyötöstä TIG-hitsauksessa. TIG-hitsaus mielletään usein kolmesta yleisimmästä prosessista haastavimmaksi. Ohjeen on tarkoitus opettaa hitsaajalle perusteet käytännön TIG-hitsauksesta, sekä auttaa välttämään helposti tapahtuvat virheet, jotka ovat yleisiä kokemattomalle hitsaajalle. Ohje pyrkii selventämään asiat, joihin on hyvä kiinnittää huomiota hitsauksen aikana, jotta saavutetaan paras mahdollinen lopputulos.

Yleisesti työ onnistui hyvin, ja tavoitteisiin päästiin. Työskentely oli mielekästä, ja oli hienoa päästä syventämään omaa hitsausosaamista niin käytännön kuin teoriansikin puolella.

Lähteet

A Kyröläinen & J Lukkari, 2002. Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus. Metalliteollisuuden Kustannus oy.

British stainless steel association, 2025. Heat Tint colours on stainless steel surface heated in air. https://bssa.org.uk/bssa_articles/heat-tint-temper-colours-on-stainless-steel-surface-heated-in-air/

K Kimbler, 2011. Determining acceptable Levels of Weld discoloration 2011. <https://www.bpe-technology.com/system/download/Weld%20Discoloration%20-%20Pharmaceutical%20Engineering%202011.pdf.1bc06d9aad3fc7705ca2f79bdf81ec8d>

K Weman, 2012. Welding processes handbook. Woodhead publishing.

Metsta, 2020. Hitsausmerkit. https://metsta.fi/wp-content/uploads/2021/10/METSTA_Hitsausmerkit_2020.pdf

P Lepola & M Makkonen, 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki WSOY

P Lepola & R Ylikangas, 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Helsinki Sanoma Pro oy

Polysoude, 2017. <https://www.polysoude.com/>

T Wright, 2023. Using a Gas lens for TIG welding applications. <https://americanindustrialsupl.com/using-a-gas-lens-for-tig-welding-applications/>

Hitsausohjeet prosessille 135 (MAG)

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, päällehitsaus, 135
Reference

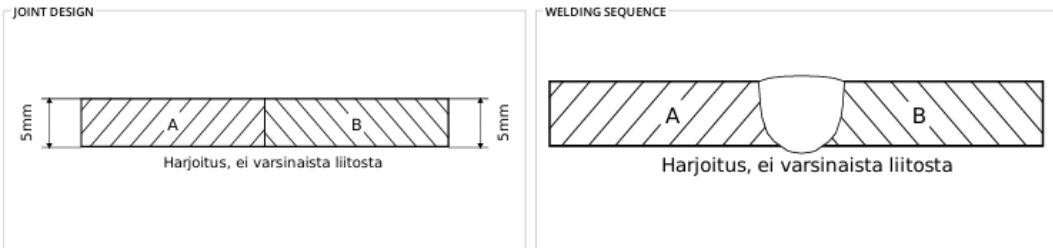
Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location

Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
09.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen
Revision
0

IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL						
	Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 - 5.0	Diameter [mm]
	Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 - 5.0	Diameter [mm]



	Joint type harjoitus	Product type P	Backing nb	Sides ss	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc.
	Welding position PA	Throat thickness [mm]	Torch angle [°]	Mode of metal transfer Short circuiting	Flux designation	Joint preparation and cleaning	Tungsten electrode
	Stick out length [mm] 10.0 - 15.0	Technique					

WELDING PROCESS		
	Welding process 135	
	Shielding gas Name SK-18	Group M21
	Backing gas Name	Group
	Filler material Trade name Lincoln ULTRAMAG G3S11	Group
	Classification(s) EN ISO 14341-A G46 4M 3S11/G42 3C 3S11	
	Weaving Maximum width [mm]	<input type="checkbox"/>
	Welding equipment Name	

WELDING PARAMETERS									
Pass	Welding process	Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	135	1	4.0 - 6.0		17.0 - 20.0	DC+	200 - 250		0.5 - 0.8

HEAT TREATMENT						
	Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
	Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES
Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, FW, PF, 135
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location

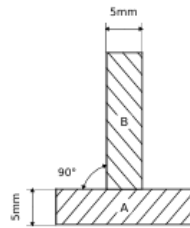
Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
09.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen
Revision
0

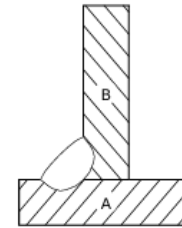
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard	Delivery condition	Thickness (mm) 5.0 – 5.0	Diameter (mm)
Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard	Delivery condition	Thickness (mm) 5.0 – 5.0	Diameter (mm)

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type FW	Product type P	Backing nb	Sides ss	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc.
Welding position PF	Throat thickness (mm)		Torch angle [°]		Mode of metal transfer Short circuiting	Flux designation
Stick out length (mm) 5.0 – 12.0	Technique Edestakainen levittävä liike, pieni pito sivuilla		Joint preparation and cleaning Grinding		Tungsten electrode	

WELDING PROCESS

Welding process 135	Shielding gas Name SK-18		Group M21
Backing gas Name	Group		
Filler material Trade name Lincoln ULTRAMAG G3Si1	Group		
Classification(s) EN ISO 14341-A G46 4M 3Si1/G42 3C 3Si1			
Weaving Maximum width (mm) <input checked="" type="checkbox"/> 7			
Welding equipment Name			

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Filler ø (mm)	Wire feed speed (m/min)	Current (A)	Voltage (V)	Current & Polarity	Travel speed (mm/min)	Gas flow [l/min]	Heat input (kJ/mm)
1	135	1	2.9 – 4.0		16.0 – 18.0	DC+	100 – 150		0.9 – 1.1

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, FW, 135
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location

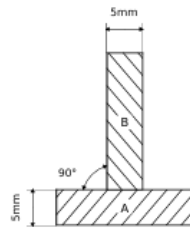
Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
09.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen
Revision
0

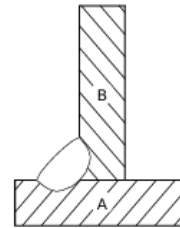
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



FW Welding position PA Stick out length [mm] 10.0 – 20.0	Product type P	Backing nb Throat thickness [mm] Technique	Sides ss Torch angle [°]	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc. Kiinnityshitsit päihin
					Mode of metal transfer Globular Joint preparation and cleaning Grinding	Flux designation Tungsten electrode

WELDING PROCESS

135 Shielding gas Name SK-18 Group M21 Backing gas Name Group Filler material Trade name Lincoln ULTRAMAG G3Si1 Classification(s) EN ISO 14341-A G46 4M 3Si1/G42 3C 3Si1 Weaving Maximum width [mm] <input type="checkbox"/> Welding equipment Name		
---	--	--

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	135	1	8.5 – 10.5		26.4 – 28.4	DC+	250 – 300		1.0 – 1.2

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C] Temperature control	Interpass temp. max [°C] Method	PWHT Temperature [°C] Procedure no.	Duration	Soaking Temperature [°C] Heating rate	Duration Cooling rate
---	------------------------------------	--	----------	--	--------------------------

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, BW, 135
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location

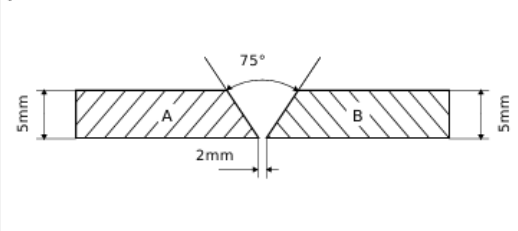
Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
09.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen
Revision
0

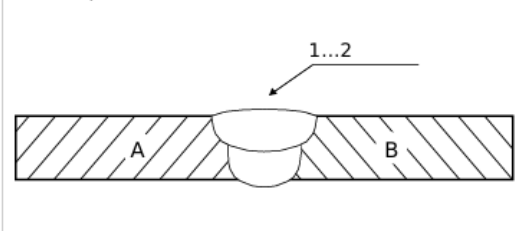
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type BW	Product type P	Backing nb	Sides ss	Layers ml	Back gouging	Tack welding proc. Silloitus juuripuolette
Welding position PA		Throat thickness [mm]	Torch angle [°]		Mode of metal transfer Short circuiting, Globular	Flux designation
Stick out length [mm] 5.0 – 15.0		Technique			Joint preparation and cleaning Grinding and machining	Tungsten electrode

WELDING PROCESS

Welding process 135		
Shielding gas Name SK-18	Group M21	
Backing gas Name	Group	
Filler material Trade name Lincoln ULTRAMAG G3Si1	Group	
Classification(s) EN ISO 14341-A G46 4M 3Si1/G42 3C 3Si1		
Weaving Maximum width [mm] <input checked="" type="checkbox"/> 6		
Welding equipment Name		

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	135	1.00	3.3 – 3.7		16.0 – 18.0	DC+	100 – 150		0.8 – 1.0
2	135	1.00	5.5 – 6.5		21.0 – 24.0	DC+	200 – 250		0.7 – 1.0

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
DC01, 2mm, BW, 135
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

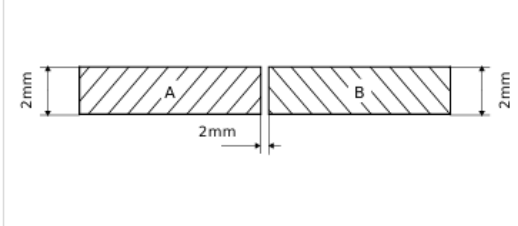
Revision date
09.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

Revision
0

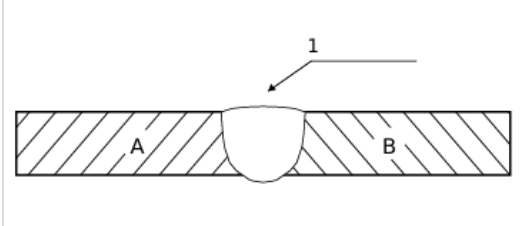
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



BW	P	nb	ss	sl	Back gouging	Tack welding proc.
PA		Throat thickness [mm]	Torch angle [°]		Mode of metal transfer Short circuiting	Flux designation
Stick out length [mm] 5.0 – 10.0		Technique vetävä liike			Joint preparation and cleaning Levyjen puhdistus	Tungsten electrode

WELDING PROCESS

135						
SK-18	Group M21					
	Group					
Lincoln ULTRAMAG G3Si1	Group					
Classification(s) EN ISO 14341-A G46 4M 3Si1/G42 3C 3Si1						
Weaving Maximum width [mm] <input checked="" type="checkbox"/> 4						

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	135	1	2.9 – 3.5		16.1 – 18.0	DC+	200 – 250		0.4 – 0.6

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

Hitsausohjeet prosesseille 141 ja 142 (TIG)

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
DC01, 2mm, päällehitsaus, 142
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

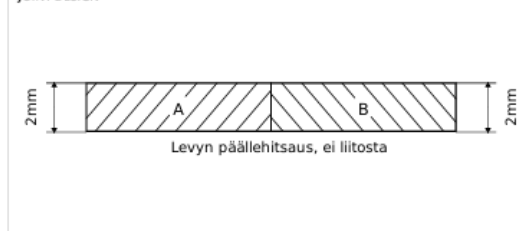
Revision date
08.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

Revision
0

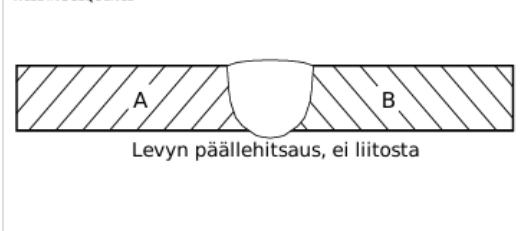
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material Name/Grade	Material group	Standard	Delivery condition	Thickness [mm]	Diameter [mm]
DC01	1.2	EN10130		2.0 - 2.0	
DC01	1.2	EN10130		2.0 - 2.0	

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type harjoitus	Product type P	Backing	Sides	Layers	Back gouging	Tack welding proc.
Welding position PA	Throat thickness [mm]	Torch angle [°]			Mode of metal transfer	Flux designation
Stick out length [mm] 1.0 - 3.0	Technique				joint preparation and cleaning	Tungsten electrode 2.4mm

WELDING PROCESS

Welding process 142						
Shielding gas Name argon	Group I1					
Backing gas Name	Group					
Filler material Trade name	Group					
Classification(s)						
Weaving Maximum width [mm]						
Welding equipment Name						

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Wire feed speed Filler ø [mm] [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	142		70 - 80		DC-	100 - 150	7.0 ≤	0.28 - 0.40

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
DC01, 2mm, FW, 141
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

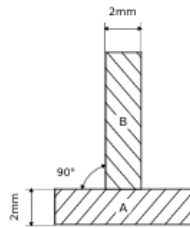
Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
08.01.2025
Revision
0
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

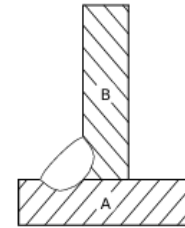
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type FW	Product type P	Backing nb	Sides SS	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc. kiinnityshitsit ensin päistä sitten keskeltä, ilman lisäainetta. 100A Flux designation
Welding position PA	Throat thickness [mm]	Torch angle [°] 10 – 20	Mode of metal transfer	Joint preparation and cleaning Levyjen puhdistus	Tungsten electrode 2.4mm	
Stick out length [mm] 1.0 – 3.0	Technique					

WELDING PROCESS

Welding process 141	Shielding gas Name Argon	Group I1	
Backing gas Name	Group		
Filler material Trade name OK tigrod 13.09	Classification(s)	Group	
Weaving Maximum width [mm]	<input type="checkbox"/>		
Welding equipment Name			

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Wire feed speed Filler ø [mm] [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	141	1.6	75 – 85		DC-	100 – 150	7.0 – 7.0	0.3 – 0.4

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
DC01, 2mm, BW, 141
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

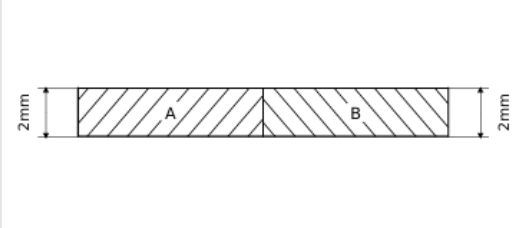
Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
09.01.2025
Revision
0
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

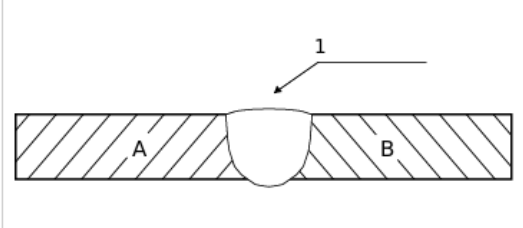
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade DC01	Material group 1.1	Standard EN10130	Delivery condition	Thickness [mm] 2.0 – 2.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type BW	Product type P	Backing nb	Sides SS	Layers sl
-------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------	---------------------

Back gouging

Tack welding proc.
kiinnityshitsit ensin päistä sitten keskeltä, ilman lisäainetta. 100A
Flux designation

Mode of metal transfer

Joint preparation and cleaning
Levyjen puhdistus

Tungsten electrode
2.4

Welding position PA	Throat thickness [mm]	Torch angle [°] 10 – 20
Stick out length [mm] 1.0 – 3.0	Technique	

WELDING PROCESS

Welding process 141	Group
Shielding gas Name Argon	Group I1
Backing gas Name	Group
Filler material Trade name OK tigrod 13.09	Classification(s)
Weaving Maximum width [mm]	<input type="checkbox"/>
Welding equipment Name	

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Wire feed speed Filler ø [mm] [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	141	1.6	65 – 80		DC-	100 – 150	7.0 – 7.0	0.4 – 0.5

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	Cooling rate

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

Hitsausohjeet prosessille 111 (puikkohitsaus)

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, päällehitsaus, 111
Reference

Referenced standards Manufacturer Mikko Suominen Location Turku	Client Turun ammattikorkeakoulu Reference specification	Revision date 08.01.2025 Project Opinnäytetyö Mikko Suominen Revision 1
---	--	---

IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]
Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]

JOINT DESIGN

WELDING SEQUENCE

Joint type harjoitus	Product type P	Backing nb	Sides ss	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc.
Welding position PA	Throat thickness [mm]	Torch angle [°]	Mode of metal transfer	Flux designation	Joint preparation and cleaning	Tungsten electrode
Stick out length [mm] 0 ≤	Technique	Back gouging	Mode of metal transfer	Flux designation	Joint preparation and cleaning	Tungsten electrode

WELDING PROCESS

Welding process 111		
Shielding gas Name	Group	
Backing gas Name	Group	
Filler material Trade name Lincoln Conarc 48 Classification(s) EN 499-94 : E 46 4 B 42 H5	Group FM1	
Weaving Maximum width [mm]	<input type="checkbox"/>	
Welding equipment Name		

Pass	Welding process	Wire feed speed Filler ø [mm] [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Run out length [mm]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	111	2.5	100 – 110		DC+	200 – 250			0.4 – 0.7

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Duration
Temperature control	Method	Procedure no.	Heating rate	Cooling rate	

REMARKS	SIGNATURES Prepared by
---------	---------------------------

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, FW, 111
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

Revision date
08.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

Revision
1

IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL						
	Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]
	Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness [mm] 5.0 – 5.0	Diameter [mm]



Joint type FW	Product type P	Backing nb	Sides ss	Layers sl	Back gouging	Tack welding proc. Kiinnityshitsit päihin sekä keskelle
Welding position PA	Throat thickness [mm]		Torch angle [°]		Mode of metal transfer	Flux designation
Stick out length [mm] 0.0 ≤	Technique				Joint preparation and cleaning Grinding	Tungsten electrode

WELDING PROCESS		
Welding process 111		
Shielding gas Name	Group	
Backing gas Name	Group	
Filler material Trade name Lincoln Conarc 48 Classification(s) EN 499-94 : E 46 4 B 42 H5	Group	
Weaving Maximum width [mm] <input checked="" type="checkbox"/> 2		
Welding equipment Name		

WELDING PARAMETERS										
Pass	Welding process	Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Run out length [mm]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	111	2.5		95 – 100		DC+	150 – 200			0.5 – 0.7

HEAT TREATMENT						
Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]		PWHT Temperature [°C]		Duration	Soaking Temperature [°C]
Temperature control	Method		Procedure no.			Heating rate
						Cooling rate

REMARKS	SIGNATURES Prepared by
----------------	----------------------------------

PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (pWPS)

Preliminary welding procedure name
S355J2, 5mm, BW, 111
Reference

Referenced standards

Manufacturer
Mikko Suominen
Location
Turku

Client
Turun ammattikorkeakoulu
Reference specification

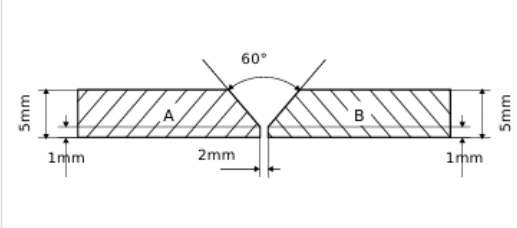
Revision date
08.01.2025
Project
Opinnäytetyö Mikko Suominen

Revision
1

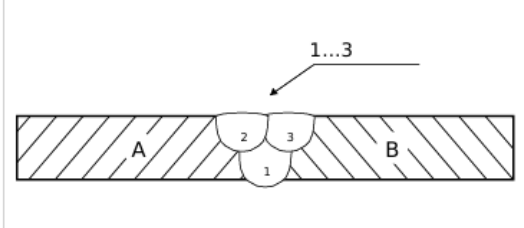
IDENTIFICATION OF PARENT MATERIAL

Parent material A Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness (mm) 5.0 – 5.0	Diameter (mm)
Parent material B Name/Grade S355J2	Material group 1.2	Standard EN 10025-2	Delivery condition	Thickness (mm) 5.0 – 5.0	Diameter (mm)

JOINT DESIGN



WELDING SEQUENCE



Joint type BW	Product type P	Backing nb	Sides SS	Layers ml
Welding position PA	Throat thickness [mm]		Torch angle [°]	
Stick out length [mm] 0.0 ≤	Technique			

Back gouging	Tack welding proc. silloitus juuripuolelle
Mode of metal transfer	Flux designation
Joint preparation and cleaning Grinding and machining	Tungsten electrode

WELDING PROCESS

Welding process 111	
Shielding gas Name	Group
Backing gas Name	Group
Filler material Trade name Lincoln Conarc 48 Classification(s) EN 499-94 : E 46 4 B 42 H5	Group FM2
Weaving Maximum width [mm] <input checked="" type="checkbox"/> 4	
Welding equipment Name	

WELDING PARAMETERS

Pass	Welding process	Wire feed speed Filler ø [mm]	Wire feed speed [m/min]	Current [A]	Voltage [V]	Current & Polarity	Travel speed [mm/min]	Run out length [mm]	Gas flow [l/min]	Heat input [kJ/mm]
1	111	2.5		70 – 75		DC+	130 – 170			0.45 – 0.65
2	111	2.5		90 – 100		DC+	200 – 250			0.40 – 0.55
3	111	2.5		90 – 100		DC+	200 – 250			0.40 – 0.55

HEAT TREATMENT

Preheat temp. min [°C]	Interpass temp. max [°C]	PWHT Temperature [°C]	Duration	Soaking Temperature [°C]	Cooling rate
Temperature control	Method	Procedure no.		Heating rate	

REMARKS

SIGNATURES

Prepared by

Manuaalinen langansyöttö TIG-hitsauksessa



Langasta tulisi pitää kuvassa näkyvällä tavalla kiinni. Lankaa pitäisi pystyä liikuttamaan eteenpäin peukalolla työntämällä. Langan pitäisi liukua eteenpäin kun sitä ujuttaa peukalolla. Tämä ei kuitenkaan ole kriittisen tärkeää harjoitteluvaiheessa, sillä jos hitsataan lyhyt matka ei lankaa välttämättä tarvitse liikuttaa, koska lanka ei "lopu kesken".

Hitsausasento



Kun ottaa hitsausasennon kannattaa kiinnittää huomioita näihin asioihin:

-Poltinkäsi ottaa tukea pöydästä

-Lankakäsi ottaa tukea pöydästä

-Polttimen ja langan kulma on n. 90°, ja poltin tulisi olla sen verran vinossa että hitsaaja näkee sulan.

-Lankaa syötetään aina suoraan polttimen edestä, suunnasta johon liikutaan.

Asennon tulisi olla mukava, ja poltinta pitäisi pystyä liu'uttamaan jonkin matkaa eteenpäin hitsauksen edessä. Tätä kannattaa kokeilla ennen polttimen sytyttämistä.

hitsaustekniikka

Ennen polttimen sytyttämistä, vie lanka noin 15-20mm päähän elektrodista. Lanka olisi hyvä pitää kaasukuvun suojaavan vaikutuksen alla hitsauksen alusta loppuun asti. Jos sen vie ulkopuolelle, se hapettuu ja vie epäpuhtauksia hitsiin.

Elektrodin tulisi olla noin 1-3mm päässä hitsattavasta materiaalista, yleisesti mitä lähempänä sen parempi, kuitenkin koskematta hitsattavaan kappaleeseen. Jos elektrodin vie tätä kauemmas, hitsisula laajenee hallitsemattomasti ja hitsauksesta tulee todella vaikeaa. Kannattaa kiinnittää elektrodin etäisyyteen huomiota niin aloituksessa, kuin kesken hitsauksenkin. Hitsauksen edetessä elektrodi helposti karkaa turhan kauas kappaleesta ja sula lähtee leviämään. Jos kesken hitsauksen lanka alkaa palloutumaan ennen kuin se koskettaa sulan reunaa, on elektrodi lähes aina liian kaukana.

Hitsauksen aloitus:

Kun lanka on lähellä elektrodia, hitsausasento on hyvä ja elektrodi n.2mm päässä kappaleesta, voi polttimen sytyttää. Heti ei tarvitse tehdä mitään, vaan kannattaa seurata sulan muodostumista.

Kun sula on saanut olla hetken (2-4s) paikallaan, se yleensä pysähtyy johonkin kokoon. Kun sula näyttää siltä, ettei se juurikaan enää laajene, voi langan päällä koskettaa sulan reunaa. Lankaa ei tarvitse työntää hitsisulaan, vaan se kannattaa ennemminkin vain "kastaa" sulan reunaan. Tällä pyritään välttämään tilannetta, jossa lanka osuu elektrodiin, sillä tämän tapahtuessa täytyy elektrodi hioa uudestaan teräväksi ennen hitsauksen jatkamista.

Kun langalla on kosketettu sulan reunaa, nostetaan se takaisin sopivan matkan päähän hitsisulasta, ja poltinta liikutetaan n.1-2mm eteenpäin. Kun poltin on liikutettu uuteen kohtaan, voi taas odottaa hetken (yleensä noin 1s) että hitsisula saa halutun koon ja on pyöreä, jonka jälkeen kastetaan lanka taas sulan reunaan, liikutetaan poltinta taas vähän eteenpäin, kastetaan lanka sulan reunaan. Tätä jatketaan kunnes ollaan hitsattu haluttu matka.