

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotannosuunnittelu

Salo 2012

Kalle Mäkinen

# PAINEVENTTIILIRUNGON JAUHEKAARIHITSAUKSEN SUUNNITTELU



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

Opinnäytetyön valmistumisajankohta 17.2.2012 | Sivumäärä 33+1 liitesivu

Työn ohjaaja Rabbe Storgårds

Työn teettäjä Haapasaari Works Oy

Kalle Mäkinen

## Paineventtiilirungon jauhekaarihitsauksen suunnittelu

Tässä insinööriyössä käsitellään Haapasaari Works Oy:n venttiilihitsausprosessissa suunnitelmaa joka pohjautuu jauhekaarihitsaukseen. Työn tavoitteena oli kehittää tämänhetkiselle Mag-hitsausprosessille korvaava hitsausmenetelmä. Uutta hitsausprosessia suunniteltaessa tavoiteltiin tuottavuuden parantamista, hitsauskustannusten laskua sekä tuotannon laadun paranemista.

Jauhekaarihitsaus on tehokas hitsausprosessi raskasmetalliteollisuudessa. Se mahdollistaa suurempien määrien hitsaamisen pienemmillä hitsausvirheillä kuin nykyisin käytössä oleva Mag-hitsaus, kun hitsataan käsin suuria, yli 20 mm:n ainevahvuuksia. Tarkoituksena oli kehittää suunnitelma, jossa olisi käytössä jauhekaarihitsauslaitteisto hitsaustorniin liitettynä. Kun tähän lisätään vielä pyörityspöytä, saadaan mekanisoitu hitsauslaitteistosuunnitelma pyöreille painelaitteventtiileille.

Työssä perehdyttiin jauhekaarihitsauksen soveltuvuuteen sekä prosessin hyviin ja huonoihin puoliin. Paineventtiilin hitsauksessa jauhekaarella työvaiheita olisivat venttiilirungon ulkovaipan pituussauman hitsaus pyöreäksi mankeloidusta aihioista ja sisäkehän hitsaus ulkovaippaan venttiiliin molemmin puolin.

Hitsaus vie painelaitetuotannossa suurimman osan valmistusajasta, joten kannattavuuden lisäämiseksi olisi tärkeää saada käyttöön tehokkaampi hitsausmenetelmä. Suunniteltu jauhekaarihitsauslaitteisto nopeuttaa merkittävästi venttiilirunkojen hitsausta ja lisää täten tuottavuutta ja tuotantokapasiteettia. Jauhekaarihitsaukseen siirtyminen parantaa hitsauksen laatua huomattavasti ja sillä pyritään myös ehkäisemään ylimääräisiä mittaus- ja tarkastuskuluja, joita hitsausvirheet aiheuttavat.

ASIASANAT: jauhekaarihitsaus, Mag-hitsaus, pyörityspöytä, paineventtiili

Mechanical and Production Engineering

Completion of the thesis 17.2.2012 | Total number of pages 33+1

Thesis supervisor Rabbe Storgårds

Commissioning company Haapasaari Works Oy

Kalle Mäkinen

# SUBMERGED ARC WELDING DESIGN FOR PRESSURE VALVE BODIES

## Abstract

This final year Bachelor's thesis project is about planning a modernized submerged arc welding machine for pressure valve bodies. The aim was to develop a new welding process based on submerged arc welding that could be used to replace existing Mag-welding processes. The new welding process was developed to improve productivity, reduce the cost of welding and improve production quality. The project was commissioned by Haapasaari Works Oy.

Submerged arc welding is an efficient welding process in heavy metal industries. It enables welding of larger quantities and with less welding errors than Mag-welding when over 20 mm thick iron is welded by hand. The objective of this study was to develop a submerged arc welding process attached to a welding tower. Furthermore, when a turning table is combined with the welding tower we have a mechanical welding process plan for round pressure valves.

This study discusses the applicability of the submerged arc welding and the benefits and disadvantages of the process. Welding of pressure valve bodies by using submerged arc welding would include length of the seams of length and the circular head.

Welding is the most time consuming process in the production of pressure equipment so an improved welding method would increase the profitability of production. The designed submerged arc welding equipment can reduce welding time significantly, which increases productivity and production capacity. Welding quality is significantly better with the submerged arc process and switching to submerged arc welding can also prevent additional costs caused by measurements and inspections related to welding errors.

KEYWORDS: Submerged Arc Welding, Mag- welding, turning table, pressure valve

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>5</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2. HITSAUS</b>	<b>7</b>
2.1 Hitsausprosessit	7
2.2 MIG/MAG hitsaus	8
2.3 Jauhekaarihitsaus	8
<b>3. MAG VS. JAUHEKAARIHITSAUS</b>	<b>10</b>
<b>4. HITSAUSVIISTEEN RAILON MUOTO</b>	<b>12</b>
4.1 Hitsausviisteen pinta-alat	14
4.2 Juurituki	14
<b>5. HITSAUSOHJE ELI WPS</b>	<b>15</b>
5.1 Hitsausohjeen laatiminen	16
5.2 Menetelmäkoe	18
<b>6. MENETELMÄKOKEITA VARTEN TARVITTAVAT LASKUKAAVAT</b>	<b>19</b>
6.1 Lämmöntuonti	19
6.2 Virtatiheys	20
<b>7. HITSAUSTALOUS JA TUOTTAVUUS</b>	<b>21</b>
<b>8. JAUHEKAARILAITTEISTO</b>	<b>22</b>
8.1 Lincoln Electric- hitsaustornilaitteisto	22
8.2 Esab-hitsaustornilaitteisto	25
<b>9. KÄSITTELYPÖYTÄ LISÄLAITTEENA HITSAUSTORNILLE</b>	<b>29</b>
<b>10. YHTEENVETO</b>	<b>32</b>
<b>LÄHDELUETTELO</b>	<b>33</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>Liite 1. Hitsausohje WPS (täydennettävä)</b>	

## KÄYTETYT LYHENTEET

MAG (135)	MetalActiveGas Welding on kaasuhitsausprosessi, jossa valokaari palaa kappaleen ja langan välissä. Suojakaasu reagoi sulan kanssa. Hitsaustunnuksen numero on 135.
MIG (131)	MetallnertGas Welding kaasuhitsausprosessi, jossa valokaari palaa kappaleen ja langan välissä. Suojakaasu ei reagoi sulan kanssa. Hitsaustunnuksen numero on 131.
SAW (121)	SubmergedArcWelding on jauhekaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojajauheen alla. Hitsaustunnuksen numero on 121.
WPQR	Welding Procedure Qualification Record on hitsausohjeen hyväksymispöytäkirja.
WPS	Welding Procedure Specification on hitsausohje.
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification on alustava hitsausohje.

# 1. JOHDANTO

Haapasaari Works Oy on Salossa sijaitseva tilauskonepaja. Yritys valmistaa erilaisia teräsrakenteita ja koneenosia. Toimipaikat sijaitsevat Salon Meriniityssä sekä Kiikalassa. Tuotantotiloja yrityksellä on yhteensä 6500 m<sup>2</sup> ja lisäksi 350 m<sup>2</sup> toimistotiloja. Yrityksen liikevaihto vuonna 2011 oli noin 4,5 miljoonaa euroa. Yritys työllistää 40 henkeä ja lisäksi monenlaista alihankintaa.

Tässä insinööriyössä käsitellään jauhekaarihitsaukseen liittyvää suunnitelmaa painelaitteventtiilille. Hitsattavan paineventtiilin runko koostuu mankeloidusta levyaihiosta sekä sisäkehästä. Suunnitelmassa käsitellään yleisesti jauhekaarihitsausta ja sen soveltamista tuotantoon hitsausapulaitteineen. Kokonaisuus koostuu hitsaustornista hitsauslaitteineen sekä pyörityspöydästä.

Työtä suunniteltaessa pyrittiin vahvistamaan hitsaustietoa, joka on yritykselle ensiarvoisen tärkeää osaamisaluetta. Tuotantokapasiteetin sekä hitsaustuoton kasvattaminen oli myös mielessä miksi lähdettiin tutkimaan jauhekaarihitsausta. Jauhekaarihitsauksen avulla pystytään tuotannossa vastaamaan tiukkoihin laatuvaatimuksiin, koska hitsaus tapahtuu mekanisoidusti ja hitsausohjeiden avulla pystytään tarkasti suorittamaan tasalaatuista hitsausaumaa.

Työssä tutkittiin, mitä vaatimuksia uusi hitsausprosessin käyttöönotto vaatisi standardien osalta. Tutkittiin hitsausta menetelmäkokeiden osalta, sekä perehdyttiin kokeisiin liittyen tarvittaviin hitsausohjeisiin.

Työssä oli oman tietämykseni apuna kirjallisuutta liittyen jauhekaarihitsaukseen, jota oli saatavilla melko hyvin. Myös kahden eri laitevalmistajan neuvoilla ja pohdinnoilla pystyttiin kartoittamaan mahdolliset ongelmat ja muut asiat, mitä tulee ottaa huomioon jauhekaarihitsauksessa. Kaikkia asioita ei sisällytetty tähän työhön vaan rajattiin sen ulkopuolelle.

## 2. HITSAUS

Hitsauksella tarkoitetaan metallien, muovien tai keraamien toisiinsa liittämistä siten, että kappaleet liittyvät jatkuvalla yhteydellä toisiinsa. Hitsaus on erittäin yleinen ja suosittu tapa liitettäessä metalleja toisiinsa. Sillä saadaan aikaan tiivis ja luja liitos. Materiaalit voivat olla hitsauksessa eri aineita, kuten rakenne- ja ruostumaton teräs tai metalli ja keraami. Pääsääntöisesti liitettävät materiaalit ovat samaa ainetta.

Hitsaus tapahtuu joko kuumentamalla aineet omaan sulamispisteeseensä, jolloin ne kiteytyvät toisiinsa yhtenäiseksi, sulattamalla lisäainetta kappaleiden väliin tai puristamalla yhteen siten, että liitos muodostuu. Ehdottomasti yleisin hitsauksen muoto on lisäaineen sulattaminen hitsattavien kappaleiden väliin, jolloin saadaan tiivis ja luja liitos aikaan. Hitsauslisäaine on pääsääntöisesti samaa materiaalia kuin hitsattavat kohteet ja sulamispisteeltään lähes sama kuin hitsattavien kappaleiden. Hitsauksella voidaan tarkoittaa myös pinnoittamista, jossa esim. rakenneteräs pinnoitetaan korroosiolta suojaavalla aineella. Hitsauksen yleisimpiä liitosmuotoja ovat piena- ja päittäishitsi. Pienhitsauksessa kappaleet ovat 90°:een kulmassa toisiinsa nähden ja päittäisliitoksessa vastakkain. [1, s.11]

### 2.1 Hitsausprosessit

On olemassa kymmeniä erilaisia hitsausprosesseja ja ne voivat erota toisistaan erittäin paljonkin. Jokaisella hitsausprosessilla on omat ominaisuudet, jotka vaikuttavat hitsausprosessia valittaessa. Kuten työolosuhteet, hitsausasento, materiaalit, mekanisointi, ainepaksuudet, luoksepäästävyys, tuottavuus, laatu, lisäainevalikoima ja hitsauksen helppous. Hitsausprosessien käyttö eri maanosissa vaihtelee paljon. Se johtuu tottumuksista, laitteiden sekä ammattitaiton saatavuudesta sekä lisäaineiden mahdollisesta valikoimasta. Yleisimmät hitsausprosessit ovat puikkohitsaus, MIG/MAG-hitsaus, TIG-hitsaus ja jauhekaarihitsaus. [1, s. 5, 13]

## 2.2 MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus on kaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä suojakaasun suojuksissa. Hitsauslisäaine siirtyy lankakelalta pistoolin kautta pisaroina sulaan, jolloin kappaleet liittyvät toisiinsa. Suojakaasu jäähdyttää ja suojaa metallisulaa hapettumista. MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, kuten hiilidioksidin ja argonin sekoitusta, joka reagoi metallisulan kanssa. MAG-hitsaus on MIG-hitsausta paljon yleisempi ja sitä käytetään myös rakenneterästen hitsauksessa. MIG-hitsausta käytetään yleensä austeniittisten terästen ja alumiinin hitsauksessa. MIG/MAG-hitsauksen huonoja puolia ovat arkuus vedolle ja vedelle. Hitsi vetelee paljon ja laitteisto vaatii usein huoltoa. Hyvinä puolina voidaan pitää mekanisoinnin helppous, lisäaineen edullisuus, soveltuvuus eri hitsausasentoihin, tunkeuma ja hitsausarvojen monipuolinen muokkaaminen. [1, s.159–160, 173–177]

## 2.3 Jauhekaarhitsaus

Jauhekaarhitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsausjauheen sisällä. Valokaari palaa työkappaleen ja hitsauslangan välissä suojajauheen alla. Jauhekaarhitsauksessa ei synny näkyvää valokaarta, eikä myöskään savukaasuja tai lämpösäteilyä. Tämän vuoksi jauhekaarhitsauksessa ei tarvitse käyttää laisinkaan hitsausmaskia. Hitsausprosessissa osa suojajauheesta sulaa hitsin päälle kuonaksi, joka poistetaan hitsin jäähtyttyä. Jauhekaarhitsauksessa lisäainelanka syötetään MIG/MAG-hitsauksen tavoin lankakelalta, vaihtoehtoisesti isoista tynnyreistä ja langan paksuus vaihtelee 2–4 mm välillä. [2, s. 3]

Jauhekaarhitsauksen etuja ovat helppokäyttöisyys, suuri hitsaustehokkuus, työympäristöystävällisyys, suuri tunkeuma ja pienet vetelyt. Huonoihin puoliin kuuluvat laitteiden kalleus, soveltuvuus vain konepajatuotantoon ja hitsauskappaleen muodon aiheuttamat rajallisuudet. [2, s. 10]



Jauhekaarihitsaus soveltuu ainepaksuuksille aina 2 mm:stä ylöspäin, eikä ylärajaa ole tullut vielä vastaan. Parhaiten jauhekaarihitsaus soveltuu levyjen ja säiliöiden hitsaukseen, jossa tavoitellaan suurta hitsauslisäainetuottoa. Lisäaineen tuotto yhdellä hitsauslangalla vaihtelee jauhekaarella 6–12 kg/h välissä ja tuottavuus saadaan lähes 100 kg/h polttimien ja lankojen määrää lisäämällä. Taulukossa 1 on kuvattu tuottavuuden paranemista eri jauhekaarihitsauksen sovelluksilla. Taulukko 1 kertoo sovelluksien eri hyötymäärät hitsaustuoton ja ajansäästön suhteesta. Jauhekaarihitsaus on hitsausprosesseista selvästi muita tuottavampi, mutta käyttö on rajallinen pitkälti konepajatuotannossa. Jauhekaarihitsaus soveltuu seostamattomien ja ruostumattomien terästen hitsaukseen. Jauhekaarihitsaus on käytössä keskiraskaassa ja raskaassa konepajatuotannossa, laivanrakennuksessa, painelaitetuotannossa, säiliöiden, palkkien ja putkien hitsauksessa. [2, s. 8, 10]

Taulukko1. Eri jauhekaarimenetelmien tuottavuuksia. [3]

Menetelmä	Yksilanka	TWIN	Kuumalanka		Tandem		TWIN/TWIN	
Lanka halk. mm	1 x 4,0	2 x 1,6	lanka1	kuumal.	lanka1	lanka2	lanka1	lanka2
			1 x 4,0	1 x 1,6	1 x 4,0	1 x 4,0	2 x 2,0	2 x 2,0
Virta A	650	800	650	-	750	600	900	750
Jännite V	31	34	31	-	30	36	32	36
Kuljetusnopeus cm/min	60	90	60		130		160	
Lämmöntuonti KJ/cm	20,2	18,1	20,2		20,5		21,0	
Hitsiaineentuotto kg/h	7,5	14	17,5		22		32	

Eri menetelmien erot:

Hitsiaineentuotto kg/h	7,5	+ 87 %	+ 133 %	+ 193 %	+ 326 %
Kuljetusnopeus cm/min	60	+ 50 %	+ 0 %	+ 117 %	+ 167 %
Aika minuuteissa, 100 m hitsiä	2720	1457	1166	927	638
Aikasäästö	-	46 %	57 %	66 %	77 %

Jauhekaarihitsaus on pääasiallisesti melkein aina mekanisoitu hitsaus ja hitsauksen suorittaa hitsausoperaattori. Hitsausoperaattorin tehtäviin kuuluu hitsattavien kappaleiden vaihtaminen, hitsauksen aloittaminen sekä seuraaminen ja mahdollisen keskeyttämisen tarpeen tullessa. Hitsauksen lopettaminen hitsausrillon päättyessä. Jauhekaarihitsauksesta on kehitetty useita versioita, joilla on pyritty saamaan lisää tuottavuutta ja joustavuutta hitsaukseen.

Eri versioita jauhekaarihitsauksessa ovat tandem-, twin-, kapearailo- ja nauhahitsaus. Yleisin käytetty prosessi on yhdellä polttimella tapahtuva hitsaus. Lisää tuottavuutta saadaan tandem- periaatteella jossa polttimia, lankoja ja virtalähteitä on kaksi. Twin-prosessissa on kaksi lankaa ja yksi yhtenäinen virtalähde. Twin/Twin käsittää kahden virtalähteen yhdistelmän, jossa molemmilla on yksi hitsauspää ja tämä syöttää kahta hitsauslankaa samanaikaisesti. Yksinkertaisuudessaan se käsittää kaksi virtalähdettä, kaksi hitsauspäää ja neljä hitsauslankaa, jotka sulavat samaan aikaan. Hitsauslangat kulkevat samasta hitsaussuuttimesta ulos ja vain yksi valokaari palaa hitsattaessa.

Taulukosta 1 näkee eri sovelluksien tuottomääriä verrattuna keskenään. Jauhekaarelle on kehitetty myös kahdeksalla langalla tapahtuvaa hitsausta. Prosessi on monilankahitsausta, mikäli hitsauslankoja on useampia. Nauhahitsauksessa lisäaineena on hitsausnauha, joka on yleensä paksuudeltaan 0,5 mm ja leveys vaihtelee 30 mm – 120 mm. Nauhahitsausta käytetään useasti metallien pinnoittamisessa. [2, s. 28–52]

### **3. MAG VS. JAUHEKAARIHITSAUS**

Nykyprosessilla eli Mag-umpilangalla hitsattaessa suuria levynpaksuuksia eli yli 20 mm tulee hitsaajalle monenlaisia ongelmia, joita voitaisiin välttää taikka vähentää jauhekaarihitsauksella. Käsin hitsattaessa hitsauskolvin lämpeneminen on ongelma hitsaajalle vaikkakin niiden ollessa nestejäähdytteisiä. Useiden hitsauspalkojen hitsaaminen aiheuttaa

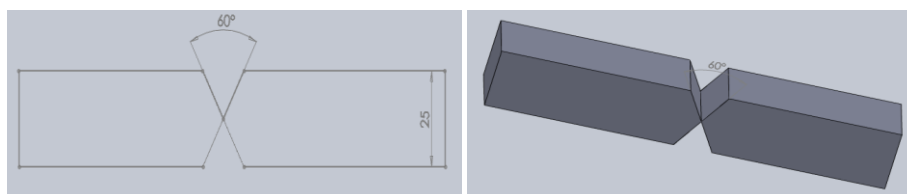
perusaineessa suuren lämmön muutoksen. Erittäin suuren lämmön läheisyydessä käsin hitsattaessa on hitsaaja riskialtis tekemään hitsausvirheitä suuremmissa määrin kuin mekanisoitu jauhekaarihitsauslaitteisto. Jauhekaarihitsaukseen siirtyessä hitsausvirheiden väheneminen on suuri asia tuotannon tehokkuuteen liittyen. Hitsausvirheiden korjaus tulee tunnetusti maksamaan moninkertaisesti alkuperäiseen hitsaukseen verrattuna. Määrän ollessa 3–10 -ertainen verrattuna siihen, että hitsausauma tulisi kerralla virheettömäksi. Aikaa säästetään hiilestämisen, hiomisen, uudelleen hitsauksen sekä uudelleen tarkastamisen verran. Alkuperäiseen aikaan verrattuna, antaa se aihetta tehdä kerralla virheettömiä hitsausaumoja.

Jauhekaarihitsauksessa hitsausauman laatu ei ole enää riippuvainen hitsaajasta, koska hitsausoperaattori suorittaa hitsauksen samoin hitsausarvoin joka kerralla. Jauhekaarihitsaus prosessina on luotettava, koska sen liikkeet ovat suurimmalta osin mekanisoituja ja parametrit suhteessa kuljetusnopeuden ja polttimen kulmaan nähden vakioita. Hitsin tasalaadun ansiosta hitsauskuluja pystytään pienentämään, joten tämän ja hitsauksen tehostamisen ansiosta, voidaan siirtymisestä sanoa olevan taloudellista hyötyä firman kannalta.

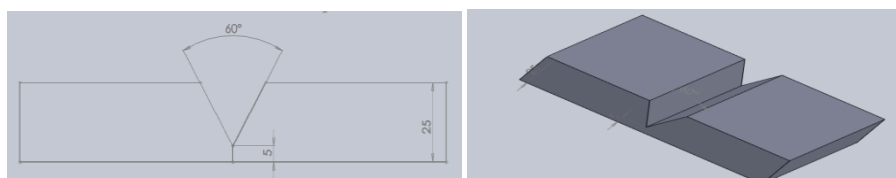
MAG-hitsauksessa syntyviä hitsauskaasuja tulisi välttää. Raitisilmamaskia käytettäessä hitsaus on terveellisempää kaasujen, lämmön ja säteilyn osalta. Jauhekaarihitsauksessa ei päälle levittyvän jauheen ansiosta hitsaajan hengitykseen siirry hitsauskaasuja ja valokaari palaa jauheen alla, jolloin ei hitsausmaskia tarvita. Jauhekaarihitsaus ei myöskään luovuta lämpöä MAG-prosessin tavoin ympäristöön. Työympäristön voidaan todeta muuttavan terveellisempään ja lisäksi ergonomisesti parempaan suuntaan työntekijöiden kannalta jauhekaarihitsaukseen siirryttäessä.

## 4. HITSAUSVIISTEEN RAILON MUOTO

Venttiilirungon ulkovaippa, ja sen pituussauman päittäishitsaus nyky menetelmällä tapahtuu MAG-hitsausprosessilla X-railoon (railonmuoto kuvassa 1). Railonmuodon ollessa X ja kulman  $60^\circ$ , jos levynpaksuus kaksinkertaistetaan, niin V-railossa lisäainemäärä nelinkertaistuu kun X-railossa se kaksinkertaistuu. Tästä syystä yli 12 mm:n suurissa levyvahvuuksissa on järkevää käyttää X-railoa. Levynpaksuus vaikuttaa hitsaustilavuuteen ja se taas hitsauskustannuksiin. Hitsaustilavuuden mahdollinen muuttaminen railosta X railoon Y muuttaa kustannuksia (railonmuoto kuvassa 2).



Kuva 1. Hitsausviiste MAG- hitsausprosessilla.



Kuva 2. Jauhekaarihitsaukseen soveltuva hitsausviiste.

Hitsauspalkojen määrä pienenee huomattavasti lisäainetuoton kasvaessa. Jauhekaarihitsauksen suuren tunkeuman ansiosta pystytään hitsaamaan Y-railoa vaikka 5 mm juuripinnalla, mikä ei aiheuta perusaineessa suurempia muodonmuutoksia tai vetelyjä. Hitsausrailoa hitsattaessa ulkopuolelta tapahtuu railon molemmiin puolin vetämistä ja se aiheuttaa muodonmuutosta eli sauman kohdalta kovertumista sisäänpäin. Ulkovaipan kehän säteen tulee näin ollen olla hieman vajaa levyn päistä, jossa hitsausviiste on. Hitsattaessa vain yhdeltä

puolelta tulee lämmön aiheuttama vetäminen oikaisemaan eli vetämään sädettä sisäänpäin. Mikäli täydellinen pyöreys ei tapahdu heti ensimmäisellä hitsauskerralla, mikä on todennäköistä, niin saadaan ympyrämäisyyttä palautettua painamalla kehää puristimessa (prässissä). Levyn jäädessä hitsausseaman kohdalta sisäänpäin koveraksi joudutaan kehää puristamaan mankeloinnin avulla ulospäin. Jokaisen hitsauskerran jälkeen ollaan aina viisaampia ja tiedostetaan enemmän levyjen käyttäytymisestä kyseisten hitsausvirtojen alaisuudessa.

Hitsattaessa jauhekaarella tulee hitsausviisteen ilmaraon olla minimaalinen. Jauhekaarhitsaus ei kärsi juurikaan ilmarakoa, mikä edellyttää juuripinnan tasaisuutta hitsausviisteessä ja oikeaa levyaihion kehämittaa. Mankeloitu levyaihio tulee silloittaa hitsaamalla siten, että ilmarakoa ei synny. Mikäli ilmarakoa syntyy kasaamisvaiheessa levymitan tietenkin ollessa rajoissaan, joudutaan hitsausviiste pohjaamaan eli esitäyttämään MAG-hitsauksella.

#### 4.1 Hitsausviisteen pinta-alat

Railonmuodon ollessa X ja kulman  $60^\circ$ , jos levynpaksuus kaksinkertaistetaan, V-railossa lisäaineen määrä nelinkertaistuu, kun X-railossa se kaksinkertaistuu.

Esimerkeissä 1 ja 2 on laskettu tilavuuden kasvu suhteessa railonmuotoon.

Esim.1  $10 \text{ mm} \times 11,5 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}/2 = 23000 \text{ mm}^3$  (V-railo)

$20 \text{ mm} \times 23,1 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}/2 = 92400 \text{ mm}^3$  (V-railo)

Esim.2  $10 \text{ mm} \times 11,6 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 46400 \text{ mm}^3$  (X-railo)

Hitsausviisteen tilavuus tuotteen materiaalivahvuuksilla

Kuvassa 1. on  $12,5 \text{ mm} \times 14,5 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 72500 \text{ mm}^3$  (X-railon tilavuus)

Kuvassa 2. on  $20 \text{ mm} \times 20,3 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}/2 = 92400 \text{ mm}^3$  (Y-railon tilavuus)

Vaikka kyseisten tuloksien perusteella nykyisen X-railon hitsauslisäainemäärä on noin  $20\,000 \text{ mm}^3$  pienempi kuin jauhekaarihitsaukselle suunniteltu Y-railo, ei se tee liian suurta painoarvoa kokonaisuudessa. Y-viiste perustuu jauhekaarihitsauksessa siihen, että pystytään hitsaamaan sauma yhdeltä puolelta valmiiksi asti. Tällöin säästetään merkittävästi aikaa hitsausviisteen sisäpuolen avauksen sijasta. Aikaa säästetään levynpaksuudesta riippuen kahden - kolmen hitsauspalon hitsausaika. Käsien hitsattaessa se vastaa noin 10 -15 minuutin aikasäästöä. Sekä kappaleen sisäpuolisen hitsaussauman puhdistus ja ylimääräinen kääntelyn jää kokonaan tekemättä.

#### 4.2 Juurituki

Hitsattaessa levyä yhdeltäpuolelta valmiiksi, tulee jauhekaarihitsauksessa juurituella olemaan osansa suunnittelun puitteissa. Juurituen tarkoituksena on estää sulan valuminen juurenpuolelta ja muotoilla juurisaumaa sekä pitää juurijauhe koossa. Tavoitteena tietenkin prosessille olisi että minkäänlaista juuritukea ei tulisi tarvitsemaan. Asiaan liittyy suuresti alihankinnasta tulevien levyaihioiden yhdenmukaisuus, mikä on oltava tietenkin tasalaatuista ylipäättään

koko mekanisoinnin kannalta. Kaikkein ihanteellisin olotila olisi että aihoiden mitat olisivat tarkat ja levyjen ilmarako jäisi pois. Silloin pystyttäisiin etsimään oikeiden hitsausarvojen avulla sopiva tunkeuma hitsisulalle, jolloin saataisiin aikaan tarvittava juurikupu ilman juuritukea. Vaihtoehtoja on keraamisen juurituen tai kuparisen juurituen käyttö. Keraamisen juurituen käyttö aiheuttaa lisätyötä asettaessa tukea ja samoin poistaessa sitä, joka hidastaa hitsausta. Lisäksi on vaikea sanoa tuleeko keraaminen juurituki kestäväksi hitsausvirtoja millä hitsataan. Kuparisen juurituen käyttö on myös mahdollista. Kupari johtaa hyvin lämpöä ja sillä on suuri sulamislämpötila. Se on myös helppo muokata haluttuun muotoon.

## **5. HITAUSOHJE ELI WPS**

WPS on suomeksi hitsausohje. Hitsausohje on dokumentti, missä ilmaistaan hitsaustapahtuman muuttujat. Siinä annetaan yksityiskohtaisesti kaikki tarvittava tieto hitsauksen suorittamiseen liittyen. Tällä ohjeella varmistetaan hitsauksen laatu ja toistettavuus tuotannossa. Hitsausohjeen avulla voidaan kertoa itse suorituksesta työssä. Ohjeessa kerrotaan työn eteneminen ja mm. palkojen hitsausjärjestys, railon muoto, perusaine, aineenpaksuus, hitsausprosessi sekä jälkikäsittelyt yms. Hitsausohje on hyvä olla olemassa yrityksessä missä tehdään toistuvaa hitsausta mekanisoidusti. Se takaa hitsauksen jatkuvuuden siinäkin tapauksessa, jolloin hitsaaja itse esimerkiksi lähtee talosta. Ohjeet ovat talon sisällä eikä hitsaajan päässä. [1, s. 55–57]

## 5.1 Hitsausohjeen laatiminen

Ennen varsinaista hitsausohjetta edeltävä toimenpide on tehdä alustava eli pWPS- hitsausohje. Molemmissa hitsausohjeissa (WPS ja pWPS) asiat ovat aivan samat. Alustava hitsausohje on hyväksyttävä tuotantoon, jotta se täyttää hitsausohjeen vaatimukset. Yleisin tapa ohjeen hyväksymiseen painelaitetuotannossa on menetelmäkokeen suorittaminen pätevöidyn tarkastajan läsnä ollessa ja hänen tarkistamillaan mittauksilla. [5]

Alustava hitsausohje on yleensä yhden sivun pituinen, johon kaikki tarvittava tieto saadaan mahtumaan. Hitsausohjeen pohja on aivan sama kuin alustavan ohjeenkin. Kuvassa 3 on malli standardin mukaisesta ohjeesta. Ohjeeseen tarkennetaan seuraavat tiedot: [4]

- monilankajärjestelmissä hitsauslankojen lukumäärä ja muoto sekä napaisuus
- suutinetäisyys: kosketussuuttimen ja hitsauskohdan välinen etäisyys
- Jauheen luokittelumerkintä, valmistaja ja kauppanimi
- Lisäainelanka
- Kaarijännitealue
- Juurituen muoto (jos käytössä)



**Liite A**  
(opastava)  
**Hitsausohje (WPS)**

Hitsausohje:  
 WPQR nro.: Railonvalmistusmenetelmä ja puhdistus:  
 Valmistaja: Perusaineen merkintä:  
 Aineensiirtymismuoto: Aineenpaksuus (mm):  
 Liitosmuoto ja hitsilaji: Putken ulkohalkaisija (mm):  
 Railon yksityiskohdat (Kuva)<sup>1)</sup> Hitsausasento:

Liitoksen kuva	Hiitsausjärjestys

Hitsauksen yksityiskohdat

Palko	Hitsaus- prosessi	Lisä- aineen koko	Hitsausvirta A	Kaarijännite V	Virtalaji/ Napaisuus	Langan- syöttö- nopeus	Yhden puikon palkopituus/ Kuljetusnopeus*	Lämmöntuonti*

Lisäaineen luokittelumerkintä ja kaupp nimi:

Lisäaineen käsittely:

Kaasun/jauheen merkintä: – Suojakaasu :  
 – Juurikaasu:  
 Kaasun virtausnopeus – Suojakaasu:  
 – Juurikaasu:

Muut tiedot\*, esim.:

Sivuttaisliike (palon enimmäisleveys):

Vaaputus: amplitudi, taajuus, pysäytysaika :

Pulssihitsauksen yksityiskohdat:

Suutinetäisyys:

Volframielektrodin tyyppi/koko:

Plasmahitsauksen yksityiskohdat:

Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat:

Hitsauspistoolin/hitsaimen kulma:

Korotettu työlämpötila:

Välipalkolämpötila:

Vedynpoistoehkutus:

Ylläpitolämpötila:

Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanheneminen:

(Aika, lämpötila, menetelmä:

Kuumennus- ja jäähtymisnopeudet\*):

.....  
 Valmistaja

Kuva 3. Hitsausohjeen alustava malli SFS-EN ISO 15609-1 [4]

## 5.2 Menetelmäkoe

Ennen uuden hitsausprosessin käyttöönottoa tulee suorittaa menetelmäkoe, jolla todistetaan hitsausliitoksen kestävyys. Hitsatun liitoksen tulee täyttää sen lujuusominaisuudet tuotannon olosuhteissa hitsattaessa. Menetelmäkokeen hitsausta varten valmistetaan standardinmukaiset koekappaleet, jotka hitsataan valvovien silmien alaisuudessa. Esimerkiksi voidaan tilata DEKRA Industrial Oy:n ammattihenkilökunnasta pätevästi tarkastaja valvomaan menetelmäkokeen hitsausta. DEKRA Industrial Oy myös testaa koekappaleet kokonaisuudessaan sisältäen pätevyyskokeen: valvonta, tarkastus, testaus sekä todistusten laadinta.

Koekappaleelle suoritetaan hitsauksen jälkeen seuraavat testaukset:

- Radiograafinen ja pintahalkeama tarkastus
- Isku ja kovuuskoe
- Poikittainen vetokoe
- Makrohietutkimus

Menetelmäkoe kattaa hitsatun kappaleen materiaalin eli tässä tapauksessa paineastiateräs EN 10028-2 P265GH ja sen alaryhmän. Hitsauspätevyys liittyy myös ainevahvuuksien alueet. Hitsattaessa koekappale 25 mm paksulla levyllä, niin tällöin pätevyys kattaa 20- 25 mm ainevahvuus alueen. Taulukosta 2 on valittu paksuuden mukaan kaava  $0,8 \times s$ .

Taulukko 2. Päittäishitsauksessa ainevahvuuksien pätevyysalueet

Perusaineen ainevahvuus	Pätevyysalue
$s < 3$	$0,5 \dots 2 \times s$
$3 < s \leq 20$	$2 \dots 3 \times s$
$s > 20$	$0,8 \times s$

## 6. MENETELMÄKOKEITA VARTEN TARVITTAVAT LASKUKAAVAT

Mahdollisen käyttöönoton ajankohtana, hitsausohjeita sekä menetelmäkokeita varten tarvitaan lämmöntuonnin ja virtatiheyden arvoja. Lämmöntuonnin arvot tulee kirjata ylös hitsausohjeeseen muiden hitsausparametrien lisäksi.

### 6.1 Lämmöntuonti

Lämmöntuonnin suuruutteen vaikuttavat tekijät ovat virta, jännite ja kuljetusnopeus. Kuljetusnopeutta suurentaessa niin lämmöntuonti pienentyy ja vastaavasti virtaa sekä jännitettä nostaessa lämmöntuonti kasvaa hitsattaessa. Lämmöntuonti aiheuttaa hitsauskappaleissa lämpömuutosvyöhykkeen, jonka leveys ja kapeus määräytyvät lämmöntuonnin suuruudesta. Mikäli lämmöntuonti on liian suuri, vaikuttaa se teräksen mikrorakenteissa muutoksia, jotka taas heikentävät sen kestävyyttä. Heikoin kohta löytyy yleensä lämpömuutosvyöhykkeen reunassa. Taulukossa 3 on laskettu lämmöntuontiarvoja tarkoitukseen sopivilla hitsausarvoilla.

Lämmöntuonti saadaan kaavasta: 
$$E = \frac{I \cdot U \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ (kJ/cm)}$$

E = lämmöntuonti (Joule)  
 I = virta (Ampeeri)  
 U = jännite (Voltti)  
 v = polttimen kuljetusnopeus (cm/min)

Taulukko 3. Lämmöntuonti eri hitsauspalkojen arvoilla.

Palko nro.	Virta (A)	Jännite (V)	Kuljetusnopeus (cm/ min)	Lämmöntuonti (kJ/ cm)
1	575	28	56	17
2-n	550	32	47	22
3	750	30	60	22
4-n	550	32	47	22

## 6.2 Virtatiheys

Virtatiheydellä tarkoitetaan hitsauslangassa kulkevan virran määrää langan poikkileikkaukseen neliömillimetriä kohden. Virtatiheyden kasvaessa suureksi, sitä suurempi on sulatusnopeus, langansyöttönopeus ja tunkeuma. Virtatiheyden kasvaessa liian suureksi, se aiheuttaa hitsauksessa epävakaan palokaaren jolloin reunahaavan riski kasvaa ja hitsin muodosta tulee kovera. Virtatiheyttä pitää pyrkiä tarkkailemaan hitsauksen aikana, jotta pystytään ennaltaehkäisemään ylimääräisiä hitsausvirheitä. [1, s.27]

Virtatiheys saadaan kaavasta: 
$$J = \frac{A}{\pi \cdot \frac{1}{4} \cdot \varnothing^2} \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

$J$  = virtatiheys (A/mm<sup>2</sup>)

$A$  = virta (Ampeeri)

$\varnothing$  = langan halkaisija (mm)

A/mm<sup>2</sup> = hitsauslangan poikkileikkauksen pinta-ala (mm<sup>2</sup>)

Taulukossa 4 on esitetty virtatiheyden arvoja tarkoitukseen sopivilla hitsausvirroilla. Virtatiheyden maksimi on  $\varnothing$  4,0 mm langalla 66 A/mm<sup>2</sup>. Virtatiheys pysyy sallituissa rajoissa taulukon 4 virran arvoilla. [ Liittyen keskusteluun hitsausinsinöörin kanssa ]

Taulukko 4. Virtatiheys hitsausvirroilla, langanpaksuuden ollessa 4mm.

Virta (A)	Langanhalkaisija (mm)	Virtatiheys (A/ mm2)
575	4	46
550	4	43
750	4	60

## 7. HITSAUSTALOUS JA TUOTTAVUUS

Hitsausaineen tuottoa pidetään usein tuottavuuden mittarina. Tarkastellessa jauhekaaren sekä mag-umpilankahitsauksen välillä hitsauskustannuksia, kaksi eniten vaikuttavaa asiaa ovat hitsausaineentuotto sekä paloaikasuhte. Hitsausaineentuotolla tarkoitetaan tuotettua hitsausainemäärä suhteessa aikayksikköön, kg/h. Paloaikasuhteella tarkoitetaan kaariaikaa suhteessa kokonaistyöaikaan prosentteina. Hitsausaineentuottoa pidetään usein tuottavuuden mittarina teollisuudessa. Hitsausprosessin tuottavuutta mitataan kaariaikatuntia kohden, missä paloaika on 100 prosenttia. Jos hitsataan 5 kg/h ja siinä paloaikasuhte on 40 prosenttia, tällöin todellinen hitsausaineentuotto on 2 kg/h. [3, s. 3]

Hitsausaineentuotto eri hitsausprosesseilla on ensisijassa riippuvainen hitsausvirran suuruudesta. Taulukossa 5 on esitetty eri hitsausainetuottomäärät. Peukalosäätökaavan mukaan kertoimet eri prosesseilla ovat: [3, s.3]

Mag- umpilangalla: Ø 1.2 mm

–  $0,018 \times I$  (A) [kg/h]

Jauhekaarhitsauksella: Ø 4 mm

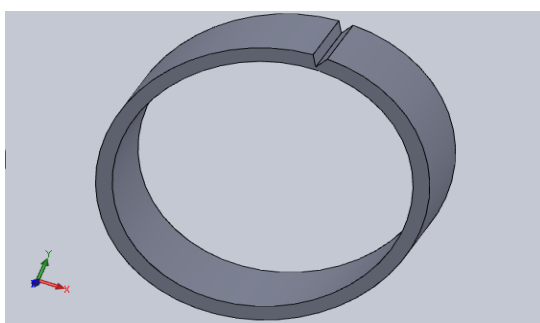
–  $0,013 \times I$  (A) [kg/h]

Taulukko 5. Hitsausaineen tuotto hitsausvirroilla.

Prosessi	Virta (A)	Langanhalkaisija (mm)	Hitsausaineen tuotto kg/h
Jauhekaari	575	4	7,475
Jauhekaari	550	4	7,15
Jauhekaari	750	4	9,75
Mag	200	1,2	3,6

## 8. JAUHEKAARILAITTEISTO

Tarkoitukseen soveltuva jauhekaarihitsauskokonaisuus sisältää virtalähteen, ohjauspaneelin ja hitsauspään. Hitsauslaitteisto on keskitettynä hitsaustorniin. Hitsaustornilla kuvan 4 mukaisen pituussauman hitsaus kannattaisi suorittaa usean aihion ollessa peräkkäin, tällöin vähentyisi kappaleiden asetusajat ja hitsauskatkokset olisivat vähäisiä. Seuraavassa tarkastellaan kahden eri valmistajan tarjoamia laitekokonaisuuksia.



Kuva 4. Rungon ulkovaipan pituussauman hitsausviiste

### 8.1 Lincoln Electric- hitsaustornilaitteisto

Kuvassa 5 on esitetty hitsaustorni WA-2x2. Jalustalla oleva torni, jonka vaakapuomissa on Lincoln hitsauspää. Jauhekaarihitsauspäällä on mahdollista hitsata putken sisäpuolisia pituussuuntaisia saumoja, putken minimi halkaisijan ollessa n. 300 mm. Jauhesuppilo jossa on pakotettu jauheensyöttö, sähkö tai paineilmatoimisella venttiilillä. Jauheimusuutin kerää ylimääräisen suojajauheen ja sitä kautta uudelleen käytettäväksi. Moottoroidun hitsauspään sivuttais- ja pystyliikkeen ohjaus tapahtuu ristiluistimen avulla, jonka liikematka on  $\pm 50$  mm. Laserosoitimen avulla seurataan hitsaussauman suuntaa ja paikkaa. Hitsauspään ohjauspaneli on kääntyvällä telineellä poikkipuomin sivulla. CCD-kamera ja kameranlamppu voi olla integroituna hitsauspäähän, joilla on oma virtalähde ja värillinen monitori. Hitsauksen ohjaus tapahtuu kuvan 6 mukaisella

MAXsa 10:n ohjauspaneelilla ja siinä olevan joystickin avulla, joystickillä ohjataan kaikkia hitsauspuomin liikkeitä.



Kuva 5. Hitsaustorni varustettuna Lincoln jauhekaarihitsauslaitteistolla.

Tekniset tiedot:

- Hitsauspään korkeus lattiasta min. 400 mm max. 2200 mm
- Poikkipuomin liikepituus (hitsauspituus) 2000 mm
- Hitsauspään kallistus sivusuunnassa  $\pm 45^\circ$
- Tornin kääntö manuaalinen
- Laitteistot, mekaaninen rakenne SLv Welding Automation
- Kaapeloinnit energiansiirtoketjuissa

Hitsauslaitteet:

- Virtalähde Lincoln Power Wave AC/CD 1000 SD
- Langansyöttölaite MAXsa 29

- Ohjauspaneeli MAXsa 10 [kuva 6]
- Hitsauslankakelateline ja 30 kg kela-adapteri puomissa

#### Laitekaappi:

- Taajuusmuuttajat
- Kontaktorit ja ohjausreleet
- Häätä-seis -rele
- Oheislaitteiden virtalähde (kamera yms.)
- Johdotukset kaapelikouruissa
- Suodattimella varustettu ilmanvaihto
- CE-merkki ja hyväksyntä logiikkakaapille ja sen kytkennöille

#### Ohjauspaneeli:

- Joystick- hitsaussuuttimen ja puomin liikkeiden ohjaukseen
- Hitsauksen nopeudensäätö
- Start/stop -painike
- Häätä-seis -painike



Kuva 6. MAXsa 10 ohjauspaneeli

#### Jauhelaitteet:

- Ejektoritoiminen kierrätyslaitteisto painesäiliön päällä  
(kuivan paineilman tarve 0,5 m<sup>3</sup> / min)
- Poistoilman mekaaninen suodatus
- Jauheentäytön keskussäiliö, 100 l painesäiliö



## 8.2 Esab hitsaustornilaitteisto

Kiinteästi lattiaan pulttavalla jalustalla toimiva Esabin CaB 300S 3x3 hitsaustorni kuvassa 7, jossa A6S Compact 300 hitsauspää kuva 8. Laitteistolla on mahdollisuus putkien sisäpuoliseen hitsaukseen, minimihalkaisijan ollessa 300 mm. Laitteistoon sisältyy jalusta, pystypilari, vaakapuomi sekä ohjausvarustus. Vaakapuomin nostokorkeuden muutos tapahtuu rullaketjun välityksellä, joka on varustettu putoamissuojalla, mikäli ketju pääsee löystymään tai katkeamaan. Nostonopeus puomissa on 0,7 m/min. Moottoroidun hitsauspään sivuttais- ja pystyliike ohjaus tapahtuu ristiluistimen avulla, jonka liikematka on  $\pm 25$  mm. Poikkipuomin siirto tapahtuu hammastankovedolla, jonka nopeus on 10 – 200 cm/min.



Kuva 7. Esabin hitsaustorni jauhekaarilaitteistolla

Tekniset tiedot:

- Hitsauspään korkeus lattiasta min. 610 mm max. 3750 mm
- Poikkiuomin liikepituus (hitsauspituus) 540 - 3850 mm
- Hitsauspään kallistus sivusuunnassa  $\pm 45^\circ$
- Tornin kääntö manuaalinen  $\pm 180^\circ$
- Laitteistot ja mekaaninen rakenne Esab

Hitsauslaitteet:

- Virtalähde LAF 1001 automaattitasasuuntaaja
- A6 PEK ohjauspaneeli kuva 9.
- A6S Compact 300 kuva 8.
- Hitsauslankakela 30kg ja kela-adapteri



Kuva 8. A6S Compact 300 hitsauspää.

Jauhelaitteet:

- FFRS 1200 jauheimuri, paineilmakäyttöinen
- Poistoilman mekaaninen suodatus
- Jauhesäiliö 10 l

Ohjauspaneli:

- Lisänä kauko- ohjain puomin liikkeitä varten
- Hitsauksen nopeudensäätö
- Start/stop -painike
- Häätä-seis -painike



Kuva 9. A6 PEK Ohjauspaneli.

Molempien valmistajien laitekokonaisuudet soveltuvat tarkoitukseen erinomaisesti. Suuria eroavaisuuksia ei juuri ole, jotka ovat ratkaisevia käytön kannalta. Nämä tiedot on vertailtu taulukossa 6. Puomin liikkuma matkoissa on eroja, mutta tarpeeseen riittäviä ovat molemmat.

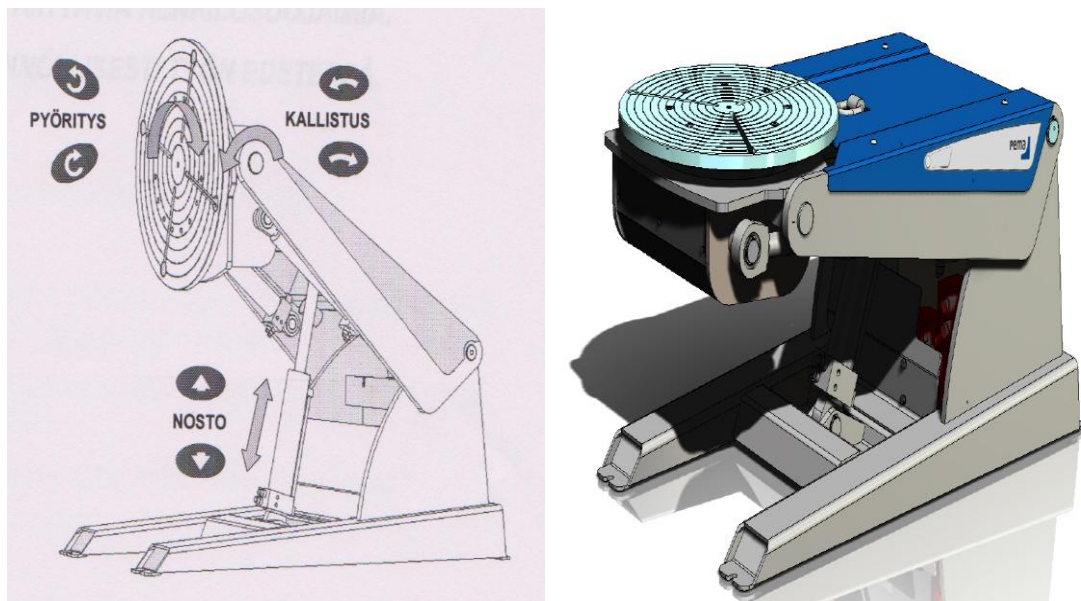
Taulukko 6. Teknisten tietojen pääkohtavertailu

	Lincoln Electric	Esab
Puomin liike x- suunnassa	1800 mm	3180 mm
Puomin liike y- suunnalla	2000 mm	3140 mm
Max hitsausvirta	1000 A	1000 A
Hitsauspään liikkuvuus x- ja y suunnassa	± 50 mm	± 25 mm
Max hitsausnopeus	0,1-1,8 (m/min)	0,1-2 (m/min)
Puomin kääntö manuaalinen		

Ratkaisevaksi asiaksi valittaessa kokonaisuutta voi syntyä se, halutaanko toimia jo tunnetun laitevalmistajan tuotteilla. Firmassa on ennestään käytetty ja käytetään nykyäänkin Esabin valmistamia laitteita sekä koneita. Huolto ja varaosien saatavuuden painoarvoa kannattaa myös huomioida päätöksenteon yhteydessä. Hintaerot eivät tule puoltamaan oikeastaan kumpaakaan kokonaisuutta eroavaisuudellaan. Laitteen saatavuus toimitusaikojen perusteella antaa painoarvoa silloin kun laitteen hankinta- ajankohta on tiedossa. Viime hetken hinta ja toimitusaika tulevat olemaan kyseisten laitteiden väliltä ne kriteerit, jotka pääosin ratkaisevat hankinnan laitteiden välillä.

## 9. KÄSITTELYPÖYTÄ LISÄLAITTEENA HITSAUSTORNILLE

Kuvassa 10 esitetty käsittelypöytä mahdollistaa tuotteelle parhaan mahdollisen käsittely ominaisuuden hitsattaessa venttiilin sisäkehän saumoja. Lisäksi pyörityspöydällä on mahdollista hitsata venttiilin laipat akseliin. Pituussaumojen hitsauksessa pöydästä ei ole apua. Pyörityspöydän avulla kappaleen korkeus, kallistuskulma sekä pyörimisnopeus ovat kaikki vapaasti säädettävissä. Taulukossa 6 on esitetty pyörityspöydän teknisiä ominaisuuksia. Liikkeiden portaattomien säätöjen avulla on helppo löytää paras työasento tuottavuuden kannalta. Käännettäessä pyörityspöytää 45° on hitsaus mahdollista suorittaa aina jalko-asennossa. Myös työskentelyergonomia parantuu käsittelypöydän ansiosta.



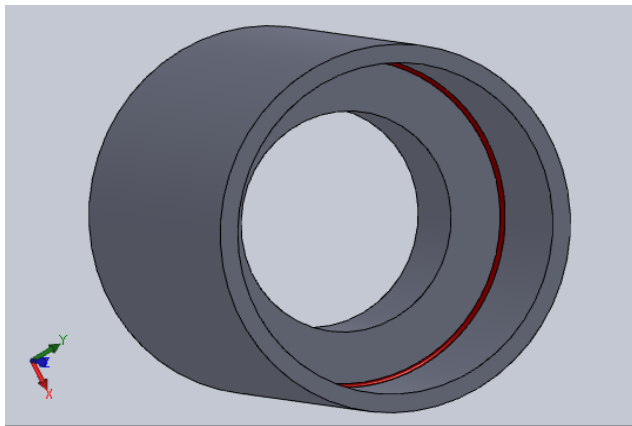
Kuva 10. Käsittelypöytä hitsattavalle kappaleelle.

Taulukko 6. Tekninen erittely pyörityspöydästä

<b>Pema AHMA 1500 sarja</b>	
Maksimi kuorma N	7 500
Pyöritysnopeus rpm	0,035 - 1,3
Maksimi pyöritysmomentti Nm	1000
Kallistuskulma °ast.	hydr. 135
Kallistusaika 0-maks. kulma s	25
Maksimi kallistusmomentti Nm	3000
Maksimi hitsausvirta A	700
Pöytälevyn halkaisija mm	700
T- uria pöytälevyissä	3 kpl
Pöytälevyn korkeus min – maks mm	770 - 1540
Paino kg	730

Käsittelypöydän pyörimisnopeutta on mahdollista vaihtaa sen taajuusmuuntajan arvoja muuttamalla. Parametrien arvoja eli hertsejä muuttamalla, saadaan etsittyä oikeat pyörimisnopeudet niin 300 mm kuin 1400 mm halkaisijoiltaan oleville työkappaleille.

Hitsauksen asemointia suunnitellessa tulee ottaa huomioon pöydän ja tornin liikkeet. Hitsaustornilla hitsaus kannattaa suorittaa kahdella eri asemalla. Pituussaumojen hitsaus suoritetaan tornin puomin liikkeen avulla yhdessä asemassa. Kääntäessä hitsauspuomia 90°, sijaitsee käsittelypöytä joka mahdollistaa venttiilin sisäkehän saumojen hitsauksen, mikä on merkattu kuvassa 11 punaisella. Sisäkehien halkaisijat vaihtelevat venttiilikokojen mukaan 50 mm välein 300 mm – 1400 mm asti.



Kuva 11. Sisäkehän hitsaussauma.

Puomin ollessa paikallaan asemassa tapahtuisi hitsaus työkappaleen tehdessä pyörimisliikettä. Hitsattava sisäkehä on kiinnitettynä ulkokehään katkohitsien avulla. Venttiilirunko kiinnittyisi käsittelypöytään asiaan kuuluvien rautojen kanssa. Kiristys tapahtuisi pöytälevyssä olevien T-kiinnitysurien avulla. Vaihtoehtoisena kiinnitystapana olisi kiristysliinojen taikka pikapuristimien käyttö. Venttiilirunko tulee keskittää pöytälevyyn mahdollisimman tarkasti, jottei pääsisi tapahtumaan epäkeskeistä pyörimisliikettä.

## 10. YHTEENVETO

Tässä työssä lähdettiin tutkimaan jauhekaarihitsausprosessin mahdollisuuksia venttiilirunkojen valmistuksessa. Tarkasteltiin hitsauslaittekokonaisuuksia, jotka soveltuvat tuotannon työkappaleille.

Työssä vertailtujen hitsausviisteiden osalta, hitsausrailon muoto tullaan valitsemaan mahdollisen laitteiston perusteella riippuen siitä, millä hitsauspäällä laitteisto on varustettu. Viistettä ei ole välttämättä tarpeen muokata nykyisestä X- railosta, koska laitevalmistajien eri sovelluksilla on mahdollista päästä myös sisäpuolelta hitsamaan pituussaumoja. Sisäpuoliseen hitsaukseen tarkoitettu jauhekaarihitsauspää on erittäin arvokas, noin kolme kertaa normaalia jauhekaarihitsauspäästä kalliimpi.

Perehdyttiin hitsausstandardeihin ja niiden vaatimiin menetelmäkokeisiin, missä hitsausohjeet tulevat olemaan hyödyksi. Hitsausohjeet mahdollistavat laadullisen ja onnistuneen hitsauksen tuotannossa. Hitsausohjeet tulevat olemaan hyödyksi firman laatukäsikirjan sisältöä ajatellen.

Firman taloudellisesta tilanteesta, rahoitushankkeiden onnistumisista sekä tilauskantojen ennusteiden näkymästä riippuen, ihanteellisin yhtälö olisi saada suunniteltu laitteisto hankituksi sekä päästä mukaan käyttöönoton eri vaiheisiin.

Jauhekaarihitsauksen suunnittelu hitsattavalle työkappaleelle onnistui erinomaisesti. Tämän työn pohjalta on tarvittaessa helppo siirtyä uuteen hitsausprosessiin. Tämän työn tuloksena voi todeta jauhekaarihitsauksen soveltuvuuden torniin liitettynä olevan hyvä ja ainoa oikea ratkaisu pituus sekä kehäsaumoja hitsattaessa. Korvaavia vaihtoehtoja jauhekaarihitsaustornille ovat robotit, puomit yms. mutta tämän tyyppisessä hitsaustehtävässä saadaan jauhekaarella parhaat hyödyt sekä hitsaustuotot.



## LÄHDELUETTELO

1. Lukkari, Juha 1997. Hitsaustekniikka. Perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Oy Edita Ab
2. Lukkari, Juha 1986. Jauhekaarihitsaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
3. Lukkari, Juha 2011. Hitsaustekniikka 3/2011. Helsinki: Suomen hitsaustekninen yhdistys ry.
4. SFS-EN ISO 15609-1. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
5. SFS-EN ISO 15607. Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisohjeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

# Liite 1. HITSAUSOHJE (TÄYDENNETTÄVÄ)

HAAPASAARI WORKS OY			HITSAUSOHJE (WPS)				WPS 000				
			WELDING PROCEDURE SPESIFICATION				dd.mm.yyyy				
Hitsausprosessi Welding process	121	Jauhekaarihitsaus - SAW				Perusaine Base material	EN 10028-2 P265GH				
Menetelmäkoe WPQR		num. 0000X	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span>↓ PA</span> </div>			Tuotelaji Type on product					
Vaatimukset Requirements		SFS-EN				Liitosmuoto Joint type	Päittäisiitos / BW				
Hitsausasento Welding position		PA				Materialin paksuus Material thickness	t =	25	mm		
						Putken halkaisija Pipe diameter	→ =	min 300	mm		
Lisäaine / Consumable			Luokitus / Classification			A-mitta / Throat thickness	Yksipalko / Single pass	-	mm		
						Multi pass	-	mm			
						Esilämmitys / Kuivaus Preheating / Moisture removal				°C	
						Välipalkolämpötila Interpass Temp.				°C	
						Polttimen kulma ja sivuttaisliike / Torch angle and weaving					
						Palko/Bead	työntö/push veto/pull	Kulma/Angle	Sivuttaisliike / Weaving		
Suojakaasu Shielding gas	-		Kaasun virtaus Gas flow	-	l/min	1-p		0°	0mm		
Juurituki Backing	-		Juurijauhe Root flux	-							
Juurikaasu Root gas			Kaasun virtaus Gas flow	-	l/min						
Railonvalmistus / Groove preparation			Juuren avaus / Back gouging			Muita tietoja Other info					
Leikkaus & Hionta / Cutting & Grinding											
Liitoksen kuva / joint design					Hitsausjärjestys / Welding Sequences						
Palko Bead no.	Lisäaine Fillet metal	Puikon/ langan halk. Electrode/ Wire diam	Virta Current A	Jännite Voltage V	Napaisuus Polarity AC/DC	Langan syöttö- nopeus / Wire feed speed m/mm	Vapaalan- kapitus Stick-out length mm	Kuljetus- nopeus Travel speed cm/min	Palon pituus/ puikko Bead length/ Elektrode cm	Hitsaus energia Arc energy kJ/cm	
1		4,0	575	28	DC+		25-30	56		17 +/- 5	
2-n		4,0	550	32	DC+		25-31	47		22 +/- 5	
3		4,0	750	30	DC+		25-32	60		22 +/- 5	
4-p		4,0	550	32	DC+		25-33	47		22 +/- 5	

