

---

# Juurituellisen jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotto painelaitetuotantoon

Mesera Yhtiöt Sorsakosken-yksikkö

---

Tomi Nykänen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Tomi Nykänen	
Työn nimi Juurituellisen jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotto painelaitetuotantoon	
Päiväys 9.3.2011	Sivumäärä/Liitteet 57 + (5)
Ohjaaja(t) Heikki Salkinoja ja Seppo Ryyänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Mesera Sorsakoski Oy/Erja Ronkainen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Insinööriö käsittelee Mesera Sorsakoski Oy:n hitsauksen modernisointia. Mesera Sorsakoski Oy oli hankkinut jauhekaarihitsauslaitteiston painelaitteiden hitsaukseen. Hitsauslaitteiston on valmistanut Lincoln Electric. Työ käsittelee tämän jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönoton vaiheita. Työn aikana selvitettiin standardeista, mitä erikoisvaatimuksia sen käyttöönotossa ja henkilöstön koulutuksessa on otettava huomioon.</p> <p>Työn tavoitteena oli etsiä jauhekaarelle hitsausarvot 6-12 mm ainevahvuksille painelaiteteräksille. Työn edetessä hitsauslaitteistolle jouduttiin tekemään muutoksia juuritukeen, langansyöttölaitteistoon ja maadoitusta jouduttiin muokkaamaan. Hitsausarvojen etsimisen aikana huomattiin aloitus- ja lopetuspalojen tärkeys hitsauksen laadulle.</p> <p>Työn tuloksena 6, 8, 10 ja 12 mm levyille tehtiin alustavat hitsausohjeet. Näiden hitsausohjeiden perusteella voidaan tulevaisuudessa tehdä menetelmäkokeet 6 ja 10 mm paksuisille levyille. Nämä kaksi menetelmäkoetta tulevat kattamaan 3-12 mm ainevahvuudet. Menetelmäkokeita ei suoritettu, koska taloudellinen tilanne ja tilauskanta eivät olleet suotuisia.</p>	
Avainsanat Hitsaus, jauhekaarihitsaus, hitsausohje, menetelmäkoe	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tomi Nykänen			
Title of Thesis Introduktion of the Submerged Arc Welding machine with backing to manufacture pressure equipments.			
Date	9.3.2011	Pages/Appendices	57 + (5)
Supervisor(s) Heikki Salkinoja and Seppo Rynnänen			
Project/Partners Mesera Sorsakoski Oy/Erja Ronkainen			
<p>Abstract</p> <p>This final year project concerns the modernization of welding at Mesera Sorsakoski Oy. Mesera Sorsakoski Oy had bought submerged arc welding machine to weld pressure equipments. The Manufacture of this welding machine is Lincoln Electric. This study concerns the introduction of the submerged arc welding machine and upcoming modification which needs to be done in introduction. During this work it was found out what special demands need to be taken into account in the introduction and education of the employees.</p> <p>The goal of this study was to search welding values for materials with a thickness of 6-12 mm. Changes needed to be made in the machine concerning, backing, wire feeding device and earthing. While searching welding values we noticed how important the starting and ending plates are for the high quality of welding.</p> <p>Preliminary Welding Procedure Specifications for material thickness with a of 6, 8, 10, 12 mm were drawn up. Based on this Welding Procedure Specification the company can make welding procedure tests for material thickness of 6 and 10 mm. These two welding procedure tests include the material thickness from 3 to 12 mm. Welding procedure tests weren't done because of the financial situation of the company.</p>			
<p>Keywords Welding, Submerged Arc Welding, Welding Procedure Specification, Welding Procedure Qualification Record</p>			

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
	TERMISTÖ .....	8
2	MESERA YHTIÖT OY .....	11
	2.1 Mesera Sorsakoski Oy.....	11
	2.1.1 Mesera Sorsakoski tuotanto .....	12
3	HITSAUS.....	13
§		
	3.1 Eri hitsausprosessit.....	13
	3.2 Puikkohitsaus .....	13
	3.3 MIG/MAG-hitsaus .....	14
	3.4 TIG-hitsaus.....	14
	3.5 Jauhekaarhitsaus.....	15
4	KÄYTTÖÖNOTETTU JAUHEKAARIKOKONAISUUS .....	17
	4.1 Virtalähde .....	18
	4.2 Jauheensyöttimet ja jauheimuri .....	21
	4.3 Hitsauspää .....	23
	4.4 Langansyöttö .....	23
	4.5 Juurituki .....	25
	4.6 Juurituen jäähdytys.....	25
	4.7 Puristuspöytä.....	27
	4.8 Rullasto .....	27
	4.9 Ohjauspaneeli.....	28
	4.10 Kauko-ohjain.....	29
5	HITSAUKSEN MODERNISOINTI .....	30
	5.1 Nykyiset hitsausprosessit.....	30
	5.2 Hitsauksen nopeutuminen .....	31
6	HITSAUKSEN VAATIMUKSET.....	33
	6.1 Vaatimukset perusaineelle.....	33
	6.2 Hitsausaineet ja niiden vaatimukset.....	33
	6.3 Hitsausasennot.....	34
	6.4 Hitsattavat railonmuodot ja ainevahvuudet .....	35
	6.5 Juuren ja pinnan vaatimukset .....	35
7	KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET .....	37
	7.1 Hitsauslankatelineen muokkaus.....	37
	7.2 Magneettinen puhallus.....	37
	7.3 Juuritukien muokkaus .....	38
	7.4 Hitsausarvojen etsiminen.....	39
	7.4.1 Hitsausarvojen vaikutukset.....	41
	7.4.2 Hitsin muotoon vaikuttavien arvojen tärkeysjärjestys .....	41
	7.4.3 Toisisijaiset hitsin muotoon vaikuttavia tekijät.....	42
	7.5 Juurijauhe.....	42
	7.6 Aloituspalat.....	43
	7.7 Silloitus.....	44

7.8 Hitsausoperaattori .....	45
7.8.1 Hitsausoperaattorin koulutus .....	45
7.8.2 Hitsausoperaattorin tehtävät .....	45
7.9 WPS .....	46
7.9.1 Hitsausohjeiden tekeminen.....	47
7.10 Menetelmäkoe .....	47
7.11 Hitsien testaus .....	49
8 MENETELMÄKOKEIDEN JA HITSAUSOHJEIDEN LAATIMISEEN AIKANA TARVITTAVAT LASKUKAAVAT .....	50
8.1 Lämmöntuonti.....	50
8.2 Virtatiheys.....	51
9 JATKOTOIMENPITEET .....	52
10 YHTEENVETO .....	53
LÄHDELUETTELO .....	55
LIITTEET .....	57
LIITTEET	
Liite 1 pWPS 6 mm levyvahvuudelle	
Liite 2 pWPS 8 mm levyvahvuudelle	
Liite 3 pWPS 10 mm levyvahvuudelle	
Liite 4 pWPS 12 mm levyvahvuudelle	

## 1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön yhteydessä otettiin käyttöön yhdeltä puolen juuritukea vasten hitsaava jauhekaarihitsauslaitteisto painelaitetuotantoon.

Koska painelaitetuotannossa hitsaus vie suurimman osan valmistusajasta, niin kannattavuuden lisäämiseksi oli uusi hitsausmenetelmä saatava käyttöön. Käyttöön otettava jauhekaarihitsauslaitteisto nopeuttaa merkittävästi lämmönsiirtimien vaippojen hitsausta ja tällä haetaan lisää tuottavuutta ja tuotantokapasiteettia. Jauhekaarihitsaukseen siirryttäessä pyritään myös ehkäisemään ylimääräisiä tarkastuskuluja, joita hitsausvirheet aiheuttavat. Jauhekaarihitsaukseen siirryttäessä hitsauksen laatu saadaan huomattavasti paranemaan.

Jauhekaarihitsauslaitteistolle etsittiin sopivat hitsausarvot 6- 12 mm levyvahvuuksille painelaiteteräksille. Näille levyvahvuuksille tehtiin hitsausohjeet, joita tarvitaan menetelmäkokeita suorittaessa. Hitsaushenkilöstön tarvittava koulutus ja mahdolliset kouluttajat selvitettiin. Hitsausarvojen ja alustavien hitsausohjeiden tekemisen jälkeen jauhekaarihitsauslaitteistolle tulee suorittaa menetelmäkokeet, jotta laiteella saa suorittaa tuotannollista hitsausta. Menetelmäkokeita varten selvitettiin menetelmäkokeen kattavuusalue levyvahvuuksien ja lämmöntuonnin osalta. Menetelmäkokeet rajattiin tämän työn ulkopuolelle.

Työn aikana tietoa tämän tyyppisen jauhekaarihitsauslaitteiston käyttöönotosta tai alustavista hitsausarvoista ei ollut saatavilla. Hitsaushenkilöstölle oli pidetty kaksi vuotta aikaisemmin lyhyt Lincoln Electric:n järjestämä koulutus jauhekaarihitsauksesta, jonka opetusmateriaali oli työn apuna.

## TERMISTÖ

111	Puikkohitsauksen tunnus.
121	Jauhekaariryksilankahitsauksen tunnus.
125	Jauhekaaritäytelankahitsauksen tunnus.
131	MIG-hitsauksen tunnus.
135	MAG-hitsauksen tunnus.
136	MAG-täytelankahitsauksen tunnus.
141	TIG-hitsauksen tunnus.
AC	Vaihtovirta
a-mitta	Hitsin sisäisen kolmion korkeus, hitsin paksuus.
Automaattihitsaus	Käsivarainen hitsausarvojen säätö ei mahdollista hitsauksen aikana. Kaikki pääasialliset toiminnot tapahtuvat automaattisesti.
BW	Butt Weld, suomeksi päittäishitsi
DC+	Positiivinen tasavirta
DC-	Negatiivinen tasavirta
FW	Fillet weld, suomeksi pienahitsi
HATZ	Heat Affected Zone eli lämpömuutosvyöhyke
Hitsaaja	Henkilö, joka kuljettaa hitsauspoltinta tai hitsauspistoolia käsivaraisesti
Hitsauskoordinaattori	Henkilö, joka on pätevä ja joka vastaa hitsauksen koordinoinnista.
Hitsausoperaattori	Henkilö, joka suorittaa automaattista tai mekanisoitua hitsausta.
Hitsausvirhe	Poikkeama hitsauksen laadussa.
Hitsiluokka	Kertoo hitsin hyväksymisrajat; D, C B.
Kovuuskoe	Koekappaletta painetaan tietyllä voimalla pyöreällä tai terävällä kartiolla, jolloin siihen syntyy painauma. Painauma mitataan ja saadaan aineen kovuus selville.
Lisäaine	Kiinteä tai jauhemainen aine, joka sulaa hitsattaessa valokaassa.
Lämmöntuonti	Hitsausprosessin aikaansaama lämpöenergia kJ/cm
MAG	Metal Active Gas Welding eli suojakaasu reagoi sulan kanssa. Kaasukaarihitsausprosessi, valokaari palaa hitsauskappaleen ja hitsauslangan välissä.



Magneettinen puhallus	Hitsauksessa tapahtuva magneettikenttä, joka vetää hitsin puoleensa jassaa aikaan hitsausvirheitä kuten reunahaavaa.
Makrohietutkimus	Koekappaletta hiotaan ja syövytetään siten, että sauvaan tulee näkyviin hitsin muutosvyöhykkeet, palkorakenne ja sularaja.
mb	Welding with backing eli hitsaus juuritukea vasten.
Mekanisoitu hitsaus	Käsivarainen hitsausarvojen säätö mahdollista hitsauksen aikana. Kaikki muut paitsi kappaleen käsittely automaattista.
Menetelmäkoe	Hitsattujen kappaleiden kovuus- ja voimakoepöytäkirja.
MIG	MetallInertGas Welding eli kaasu ei reagoi sulan kanssa. Kaasukaarihitsausprosessi, valokaari palaa hitsauskappaleen ja hitsauslangan välissä.
ml	Multilayer eli monipalkohitsaus
Palko	Yhdellä kerralla muodostunut hitsausaine kappaleen päästä päähän hitsattaessa
Paloaikasuhte	Kertoo prosenteissa, kuinka kauan työkappaleen tarkoitetusta hitsausajasta käytetään hitsaukseen.
Pienaliitos	Hitsattavat kappaleet hitsataan 90° toisiinsa nähden.
Pintapalko	Viimeinen ja pinnalle päin näkyvä palko monipalkohitsausessa
Pohjapalko	Ensimmäinen palko monipalkohitsauksessa
pWPS	PreliminaryWelding Procedure Specificationelialustavahitsausohje.
Päittäisliitos	Hitsattavat kappaleet hitsataan päittäin.
Pätevyys	Pätevyys hitsata pätevyyskoetta helpompia hitsauksia
Pätevyyskoe	Koe, joka pätevoittää hitsaajan kyseiselle prosessille
Railo	Hitsattavien kappaleiden välinen liitosalue.
Railokulma	Railojen viisteytyksen kulma.
SAW	SubmergedArcWelding eli suomennettuna jauhekaarhitsaus
Silloitus	Lyhyt ja ohut hitsi, jolla asemoidaan työkappaleet toisiinsa.
sl	Single layer eli yksipalkohitsaus
ss	Single side eli hitsaus yhdeltä puolelta.
Suojajauhe	Jauhekaarhitsauksessa käytetty jauhe juuren ja pinnan puolella, joka suojaa hitsaussaumaa hapettumiselta

TIG	Kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa työkappaleen ja volframielektrodin välissä.
Täyttöpalko:	Pohjapalon ja pintapalon väliset palot
Vetokoe	Päittäisliitoksesta tehdään koesauva, joka on keskeltä ohuempi. Vetosauvan molempia päitä vedetään vastakkaisiin suuntiin, jolloin sauva katkeaa ja mittari mittaa vetoon tarvittavan voiman ja siirtymän
WPQR	Welding Procedure Qualification Record elihitsausohjeen hyväksymispöytäkirja.
WPS	Welding Procedure Specification elihitsausohje.

## **2 MESERA YHTIÖT OY**

Mesera on suuri konserni, johon kuuluu kuusi eri toimipistettä. Meseran toimipisteet ovat Mesera Karhula, Mesera Paimio, Mesera Salo, Salon Konepaja, Mesera Sorsakoski ja Mesera Coating. Meseralla tehdään mm. lämmönsiirtimiä, paperikoneiden osien koneistusta ja huoltoa, keskiraskaskaita teräsrakenteita, metsäkoneiden nostureita ja teräsrakenteiden pintakäsittelyä. Mesera konserni työllistää Suomessa noin 300 henkilöä ja suurin toimipiste on Mesera Karhula, jossa on 145 työntekijää. (Mesera Yhtiöt)

### **2.1 Mesera Sorsakoski Oy**

Mesera Sorsakoski Oy:n konepaja sijaitsee Sorsakoskella Pohjois-Savossa. Mesera Sorsakoski Oy tuottaa painelaitteita ja yleisin tuote on lämmönsiirtimet. Mesera Oy:n suurimpia tilaajia ovat Metso, Andritz Oy ja UPM-Kymmene Oy. Mesera Sorsakoski Oy työllistää 11 henkilöä, joista 3 on toimistohenkilöitä ja 8 henkilöä työskentelee tuotannossa. Mesera Sorsakoski Oy:llä on omat suunnittelijat, jotka suunnittelevat ja mitoittavat tuotantoon tulevat lämmönsiirtimet.

Tuotantotilat Sorsakoskella ovat korkeat ja toimitilaa löytyy 6000 neliometriä. Tuotantotiloista löytyy kaksi siltanosturia, 10 tonnia ja 15 tonnia nostavat nosturit. Koneluettelo on laaja, siihen kuuluu 660x1500 kärkisorvi, Primero KM-200 työstökeskus, kaksi säteisporakonetta, CNC-polttoleikkauskone, Lincoln Electric Power Wave 1000 jauhekaarihitsauskone, TIG-, MIG/MAG-hitsauskoneita, kaksi rullaustaivutuskonetta ja levyleikkuri. (Mesera Sorsakoski)

### 2.1.1 Mesera Sorsakoski tuotanto

Mesera Sorsakoski Oy:n painelaitetuotanto koostuu pääasiassa lämmönsiirtimistä. Lämmönsiirrin on laite, jolla siirretään virtaavan nesteen tai kaasun lämpöenergiaa toiseen nesteeseen tai kaasuun. Yleisin lämmönenergian lähde on höyry, jonka lämpöenergiaa siirretään yleisimmin nesteeseen. Tällä saadaan lämmitettyä tehokkaasti putkistossa virtaavaa nestettä. Putkirakenteinen lämmönsiirrin koostuu yleensä neljästä osasta:

- Vaipasta
- Putkiryhmästä
- Kahdesta päätykammiosta

Putkilämmönsiirtimet voidaan jakaa käyttötarkoituksensa mukaan lämmittäviin ja lauhduttaviin. Lämmittävässä lämmönsiirtimessä lämmitettävä aineena on lähes poikkeuksetta höyry, joka yleensä kiertää vaipassa. Kuvassa 1 on esitetty putkiryhmä, jossa kiertää lämmitettävä aine. Tätä tyyppiä käytetään yleensä prosessiteollisuudessa ja kaukolämmöntuotannossa. Paperimassan valmistuksessa lipeän väkevöintiin käytettävä lämmönsiirtimet voivat olla halkaisijaltaan useita metrejä ja niitä voi olla useita rinnan kytkettynä.

Lauhduvassa vaipassa kiertää yleensä vesi, jolla putkiryhmässä kiertävä höyry lauhdutetaan nesteeksi. Tätä tyyppiä käytetään höyryvoimalaitoksissa turbiinien jäännöshöyryn lauhduttamiseen. Tämän jälkeen lauhde ohjataan höyrykattilaan. Prosessiteollisuudessa syntyy eri prosesseissa paljon hönkää, joka nesteytetään tällä lämmönsiirrintyyppillä. (Eri-Systems Oy. 2006)



Kuva 1. Lämmönsiirtimen putkiryhmä.

### 3 HITS AUS

Hitsauksella tarkoitetaan metallien, keraamien tai muovien liittämistä toisiinsa niin että kappaleiden välille syntyy jatkuva yhteys. Hitsaus on yleinen liitosmuoto liitettäessä metalleja toisiinsa, koska sillä saadaan luja ja tiivis liitos. Hitsauksessa materiaalit voivat olla eri ainetta kuten rakenneteräs ja ruostumatonteräs tai myös metalli ja keraami. Yleisimmin liitettävät materiaalit ovat samaa ainetta. Hitsaus tapahtuu, joko kuumentamalla aineita sulamispisteelle, jolloin ne liittyvät toisiinsa, sulattamalla lisäainetta kappaleiden välille tai puristamalla ne siten, että ne muodostavat liitoksen. Yleisin hitsauksen muoto on sulattaa lisäainetta hitsattavien kappaleiden väliin, jolloin muodostuu tiivis ja luja liitos. Hitsauslisäaine on yleensä samaa materiaalia, kuin hitsattavat kappaleet ja sen sulamispiste on suunnilleen sama, kuin hitsattavien kappaleiden. Hitsauksella tarkoitetaan myös pinnoittamista, kuten rakenneteräksen pinnoittamista korroosiota kestävämmällä haponkestävällä aineella. Hitsauksen yleisimpiä liitosmuotoja ovat pienahitsi eli kappaleet ovat 90° toisiinsa nähden ja päittäisliitos jolloin kappaleet ovat vastakkain. Hitsausta käytetään yleisesti teollisuudessa ympäri maailmaa ja sen suosio kasvaa kokoajan uusien tehokkaampien hitsausprosessien myötä. (Lukkari J. 2009, s.2-5)

#### 3.1 Eri hitsausprosessit

Hitsauksesta on kymmeniä erilaisia prosesseja, jotka eroavat toisistaan hyvinkin paljon. Eri hitsausprosesseilla on erilaiset ominaisuudet, kuten työskentelyolosuhteet, materiaalit, hitsausasennot, ainepaksuudet, mekanisointi, tuottavuus, luoksepääsevyys, laatu, hitsauksen helppous ja lisäainevalikoima. Eri hitsausprosessien käyttö vaihtelee paljon maanosasta riippuen. Tämä johtuu mm. tottumuksista, hitsauslisäaineiden, laitteiden ja ammattitaidon saatavuudesta. Yleisimpiä hitsausprosesseja ovat puikkohitsaus, MIG/MAG-hitsaus, TIG-hitsaus ja jauhekaarihitsaus. Euroopassa yleisin hitsausmuoto on MIG/MAG-hitsaus 64 %:lla ja 435tn/vuosi, kun taas Kiinassa puikkohitsaus on ylivoimaisesti yleisin 60 %:lla ja 1560tn/vuosi. (Lukkari J. 2009, s.2)

#### 3.2 Puikkohitsaus

Puikkohitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa työkappaleen ja hitsauspuikon välissä. Hitsauspuikon metallinen ydin sulaa pisaroina ja sitä ympäröivä suojakerros sulaa lisäaineen päälle kuonaksi. Kuona suojaa hitsiä hapettumiselta ja sen voi

poistaa hitsin jäähtyttyä. Puikkohitsauksen hyviä puolia ovat yksinkertaisuus, luoksepääsevyys, riippumattomuus ainepaksuudesta tai työolosuhteista ja hyvä hitsauksen laatu. Huonoina puolina on huono mekanisoitavuus, huono tuottavuus ja lyhyt lisäaineen pituus. Lyhyen lisäaineen pituuden johdosta tulee paljon aloituksia ja lopetuksia, jotka ovat alttiita hitsausvirheille. (Lukkari J. 1997, s.88-91)

### **3.3 MIG/MAG-hitsaus**

MIG/MAG-hitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa työkappaleen ja hitsauslangan välissä suojakaasun suojauksessa. MIG/MAG-hitsauksessa hitsauslisäaine siirtyy lankakelalta hitsauspistoolin kautta pisaroina sulaan, joka liittää kappaleet toisiinsa. Suojakaasu suojaa metallisulaa hapettumiselta ja myös jäähtyttää sitä. MIG-hitsauksessa suojakaasuna toimii yleensä argon, joka on inertti kaasu eli se ei reagoi hitsisulan kanssa. MIG-hitsausta käytetään yleisesti alumiinin ja austeniittisten terästen hitsauksessa. MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista kaasua, kuten argonin ja hiilidioksidin sekoitusta, joka reagoi hitsisulan kanssa. MAG-hitsaus on yleisempi kuin MIG-hitsaus ja sitä käytetään mm. rakenneteräksen hitsauksessa. MIG/MAG-hitsausken hyviä puolia ovat suuri tunkeuma, suuri tuottavuus, hitsausarvojen monipuolinen muokkaaminen, kuten pulssittaminen ja kylmä/kuumakaari, mekanisoinnin helppous, aloitus- ja lopetuskohtien vähyyys, lisäaineen edullisuus ja hitsauksen soveltavuus eri hitsausasentoihin. MIG/MAG-hitsauksen huonoina puolina ovat sen arkuus tuulelle ja vedelle, hitsi vetelee paljon ja hitsauslaitteisto vaatii paljon huoltoa. (Lukkari J. 1997, s.159-159-160,173-177)

### **3.4 TIG-hitsaus**

TIG-hitsaus on mekaanista kaasukaarihitsausta. TIG-hitsauksessa valokaari palaa työkappaleen ja volframielektrodin välissä. Valokaari palaa suojakaasun sisällä, joka on yleisimmin argoniaeli inerttiä kaasua. TIG-hitsauksessa polttimen kuljetus ja lisäaineen syöttö tapahtuu useimmiten manuaalisesti, jonka vuoksi se on vaativimpia hitsausprosesseja. TIG-hitsauksessa hitsauslisäaineen paksuus määräytyy käytettävistä hitsausvirrasta, ainepaksuudesta ja lisäaineen tarpeesta. TIG-hitsauslangan paksuudet vaihtelevat 1-4 mm:n välillä ja langan yleisin pituus on noin metrin. TIG-hitsausta käytetään yleisesti vaativissa hitsauksissa, kuten juuripalkojen, prosessiputkistojen ja alumiinin hitsauksessa. TIG-hitsauksen hyvinä puolina voi pitää hyvää tunkeuman ja sulan hallintaa, hitsin muodon hallittavuutta ja kuonattomuutta.

TIG-hitsauksen huonoina puolina on sen arkuus tuulelle ja kosteudelle, suuri lämmöntuotto ja huono tuottavuus.(Lukkari J. 1997, s.249)

### 3.5 Jauhekaarihitsaus

Jauhekaarihitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsausjauheen sisällä. Valokaari palaa suojajauheen alla työkappaleen ja hitsauslangan välissä. Jauhekaarihitsauksessa ei synny näkyvää valokaarta, savukaasuja tai suurta lämpösäteilyä. Tästä syystä jauhekaarihitsauksessa ei tarvitse käyttää hitsausmaskia. Hitsausprosessin aikana suojajauhe sulaa hitsin ympärille kuonaksi, joka poistetaan hitsin jäähtyttyä. Jauhekaarihitsauksessa hitsauslisäaine tulee lankakelalta, kuten MIG/MAG-hitsauksessa ja paksuus vaihtelee 2-4mm välillä. (Lukkari J. 1986 s. 3)

Jauhekaaren etuina on helppokäyttöisyys, suuri hitsaustehokkuus, työympäristöstävällisyys, suuri tunkeuma ja pienet vetelyt. Huonoina puolina on laitteiden kalleus, soveltuvuus vain konepajatuotantoon ja hitsattavien kappaleiden rajallinen muoto.(Lukkari J. 1986 s. 10)

Jauhekaarihitsaus soveltuu ainepaksuuksille noin 2 mm:stä lähtien ja maksimia ei ole. Jauhekaarihitsaus soveltuu parhaiten levyjen ja säiliöiden hitsaukseen, jossa haetaan suurta hitsauslisäainetuottoa. Jauhekaarihitsauksessa lisäaineen tuotto yhdellä hitsauslangalla vaihtelee 6-12 kg/h välillä ja tuottavuus saadaan jopa 100kg/h lisäämällä polttimien ja lankojen määrää. Jauhekaarihitsaus on muita hitsausprosesseja selvästi tuottavampi, mutta sen käyttö rajoittuu pitkälti konepalatuotantoon. Jauhekaarihitsaus soveltuu hyvin ruostumattomien ja seostamattomien terästen hitsaukseen. Jauhekaarihitsausta käytetään yleisesti keskiraskaassa ja raskaassa konepajatuotannossa, laivanrakennuksessa, painelaitetuotannossa, säiliöiden hitsauksessa, ja palkkien sekä putkien valmistuksessa.(Lukkari J. 1986 s. 8, 10)

Jauhekaarihitsaus on mekanisoitua hitsausta ja hitsauksen suorittaa hitsausoperaattori. Hitsausoperaattorin tehtävä on kappaleiden vaihtaminen, hitsauksen aloittaminen, hitsauksen seuranta ja sen keskeyttäminen mikäli jotain odottamatonta tapahtuu ja hitsauksen lopettaminen ennen kappaleen loppumista.

Jauhekaarihitsauksesta on kehitelty useita versioita, joilla on haettu lisää tuottavuutta ja joustavuutta hitsaukseen. Jauhekaarihitsauksesta on kehitelty tandem, twin ja monilankaprosesseja sekä nauhahitsaus. Yleisin prosessi on yhdellä polttimella tapahtuva hitsaus. Lisää tuottavuutta voidaan hakea mm. tandem prosessilla jossa hitsauspolttimia, hitsauslankoja ja virtalähteitä on kaksi. Twin-jauhekaariprosessissa on kaksi lankaa, joilla on yksi yhteinen virtalähde. Hitsauslangat kulkevat saman hitsaussuuttimen läpi ja niillä on vain yksi valokaari. Jauhekaaresta on kehitelty myös jopa kahdeksalla langalla tapahtuvaa hitsausta. Näitä useammalla langalla tapahtuvia prosesseja kutsutaan monilankahitsaukseksi. Nauhahitsauksessa lisäaineena on hitsausnauha, joka voi olla jopa 120mm leveä. Nauhahitsausta käytetään metallien pinnoituksessa. (Lukkari J. 1986 s. 28-52)



#### 4 KÄYTTÖÖNOTETTU JAUHEKAARIKOKONAISUUS

Kuvassa 2 on esitetty tässä työssä käyttöön otettu jauhekaarilaitteisto kokonaisuudessaan. Jauhekaarilaitteiston virtalähteet, ohjauspaneelit ja hitsauspään on valmistanut Lincoln Electric. Virtalähteet ovat malliltaan Power Wave 1000 AC/DC ja niiden teho on 1000 A. Hitsausvirran, jännitteen ja hitsausohjelman valinta tapahtuu ohjauspaneelista. Ohjauspaneelista valvotaan myös hitsauspään kuljetusnopeutta. Jauheensyöttimet ja jauheimurit on valmistanut Esab ja ne sijaitsevat hitsauspään yläpuolella.

Puristuspöydän ja pyöritysrollaston on valmistanut ruotsalainen Relfab. Puristuspöytä toimii hydraulikalla ja sen puristusvoima on 35 tonnia. Puristuspöydän pituus on noin 4 metriä ja leukojen maksimi etäisyys toisistaan 100 mm. Puristuspöydässä on uritettu ja irrotettava juurituki, joka on valmistettu kuparista. Juurituki on jäähdytetty, jottei se hitsauksen aikana kuumene liikaa.

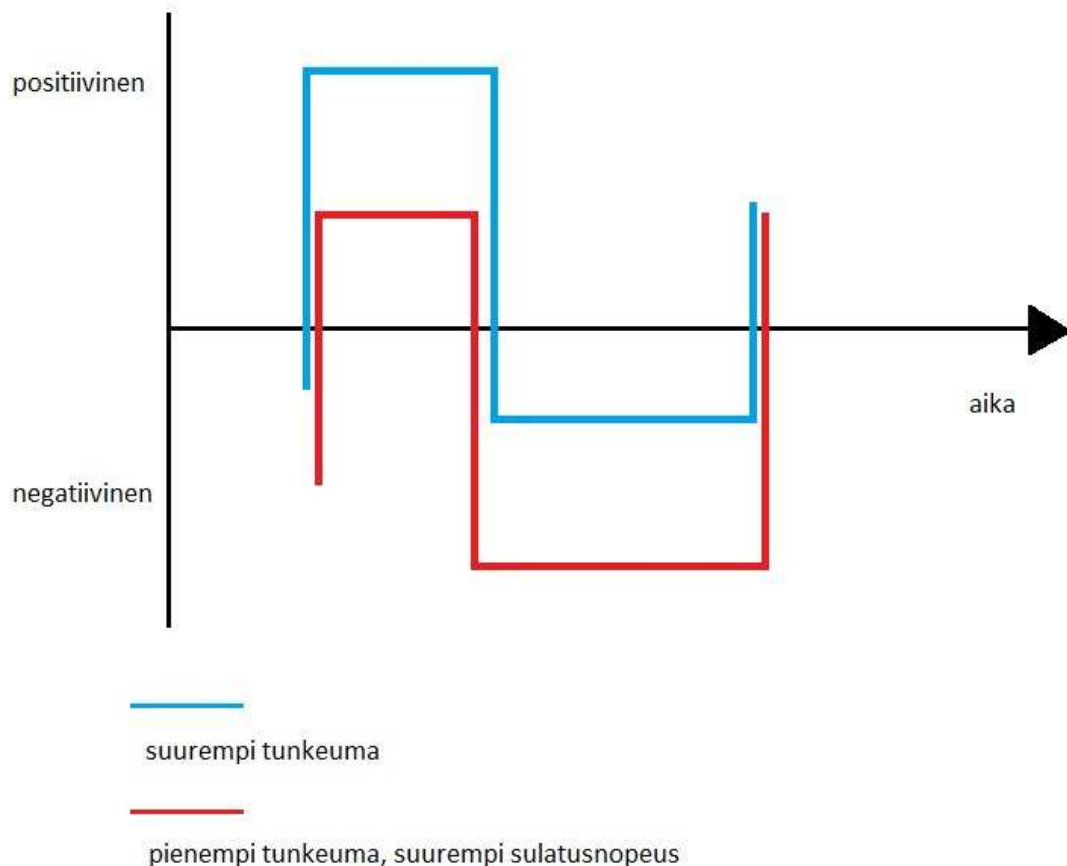
Käyttöönotetulla jauhekaarihitsausprosessilla hitsataan yhdeltä puolen juuritukea vasten. Tällä maksimoidaan hitsauksen nopeus ja saadaan hyvä hitsin laatu. Yleisesti lämmönsiirrintuotannossa jauhekaarihitsausprosessilla vaipat hitsataan kummaltakin puolen, jolloin hitsauspalkoja tulee kaksi. Käyttöönotetulla prosessilla hitsauspalkojen määrä saadaan pidettyä yhtenä aina 12mm ainevahvuuteen asti.



Kuva 2. Käyttöönotettu jauhekaarihitsauslaitteisto.

#### 4.1 Virtalähde

Kuvassa 4 on esitetty käyttöönotetun jauhekaarilaitteiston virtalähteet, jotka on valmistanut Lincoln Electric. Lincoln Electric Power Wave AC/DC 1000 manuaalin mukaan virtalähteiden teho ja jännite 100 % kuormitusaikasuhteella on 1000A ja 44V. Lincoln Electric Power Wave-virtalähteen erikoisuus muihin markkinoilla oleviin jauhekaarivalmistajiin nähden on vaihtovirran eli AC:n ja tasavirran eli DC:n virtojen rajaton muokattavuus. Virtalähde mahdollistaa DC+:lta DC:-lle muuttumisen ja AC aaltomuodon muuttumisen hitsauksen aikana ilman virtalähteen uudelleen kytkemistä. Näiden ominaisuuksien säädöllä voidaan muokata palon muotoa ja rajoittaa tunkeumaa. Pulssihitsauksen arvojen positiivista ja negatiivista suuruutta pystyy muokkaamaan 1A:n tarkkuudella ja myös niiden pituutta voidaan muokata. Tällä voidaan rajoittaa tunkeumaa lisäämällä negatiivista jaksoa ja vähentämällä positiivista jaksoa. Aaltomuotojen balanssia voi myös muokata, jonka muokkaamisella voidaan saada lisää sulatusnopeutta. Kuvassa 3 on esitetty pulssivirran aaltomuodon muokkaamisen vaikutus. (Lincoln Electric koulutusmateriaali s.17–24)



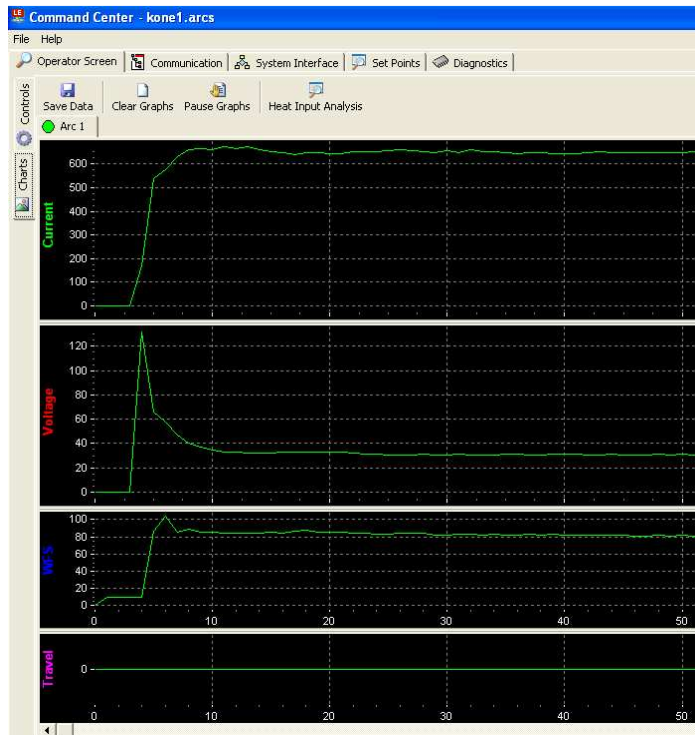
Kuva 3. Aaltomuodon muokkaamisen vaikutus.

Jauhekaari oli alun perin tyypiltään tandem, eli siinä oli kaksi virtalähdettä ja poltinta. Yksilankahitsaukseen päädyttiin, koska lämmöntuonti olisi tandemina mennyt yli toleranssien ja yksilankahitsaus on helppokäyttöisempi. Jauhekaaren toinen poltin ja virtalähteistä toinen jäi varalle. Toisen virtalähteen pystyy jatkossa kytkemään rinnan, mikäli hitsausvirta ei ole riittävä yhdellä virtalähteellä. Yhden virtalähteen teho riitti kaikille levyvahvuuksille, joille etsittiin hitsausarvot.

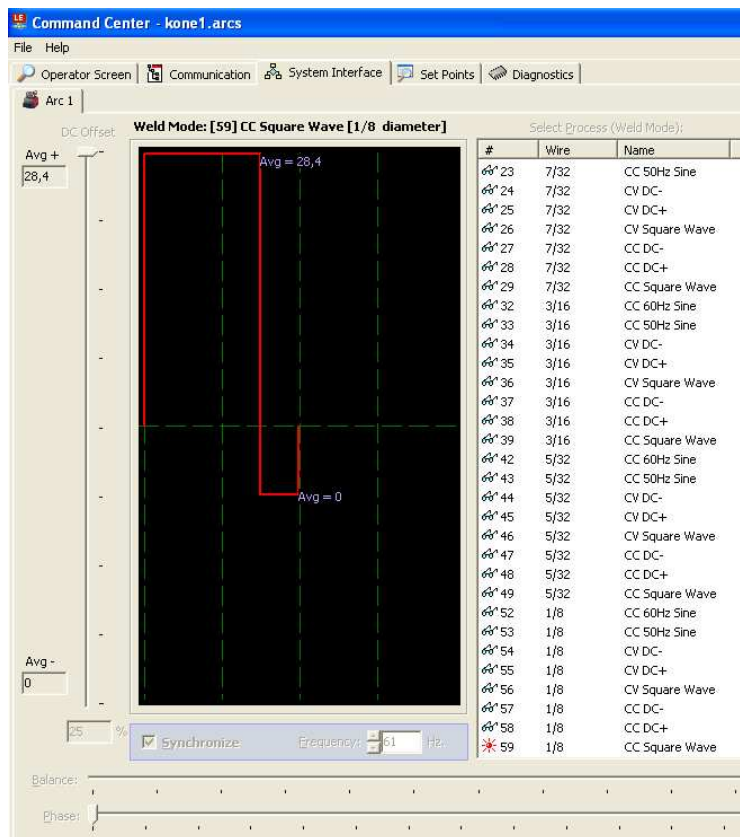
Hitsauksen aikana virtaa, jännitettä, kuljetusnopeutta ja langan syöttönopeutta pystyy seuraamaan tietokoneelta Lincoln Electric Command Center - ohjelmalla. Tietokone kytketään virtalähteen Ethernet portin kautta tai langattomalla lähettimellä, jolloin hitsausoperaattori voi valvoa hitsausprosessia toimistostaan. Tietokone tallentaa hitsauksen aikana hitsausparametrit, joita voidaan analysoida hitsauksen jälkeen. Tietokoneella on myös mahdollista muokata ja tallentaa hitsausarvoja eri materiaaleille ja ainevahvuuksille. Lincoln Electric Submerged Arc Cell - ohjelmalla pystytään valvomaan virtalähteiden käyttöaikoja, tarvittavia huoltoja ja hitsauslaitteistossa tapahtuvia häiriöitä.



Kuva 4. Lincoln Electric Power Wave 1000 virtalähteet.



Kuva 5. Command Centerin näkymä, josta näkyy ylhäältä päin lueteltuna Virta (A), jännite (V), langansyöttönopeus (WFS) ja kuljetusnopeus joka pysyy vakiona koko hitsauksen ajan.



Kuva 6. Command Centerin näkymä, josta tapahtuu hitsausarvojen hakeminen ja mahdollinen räätälöinti.

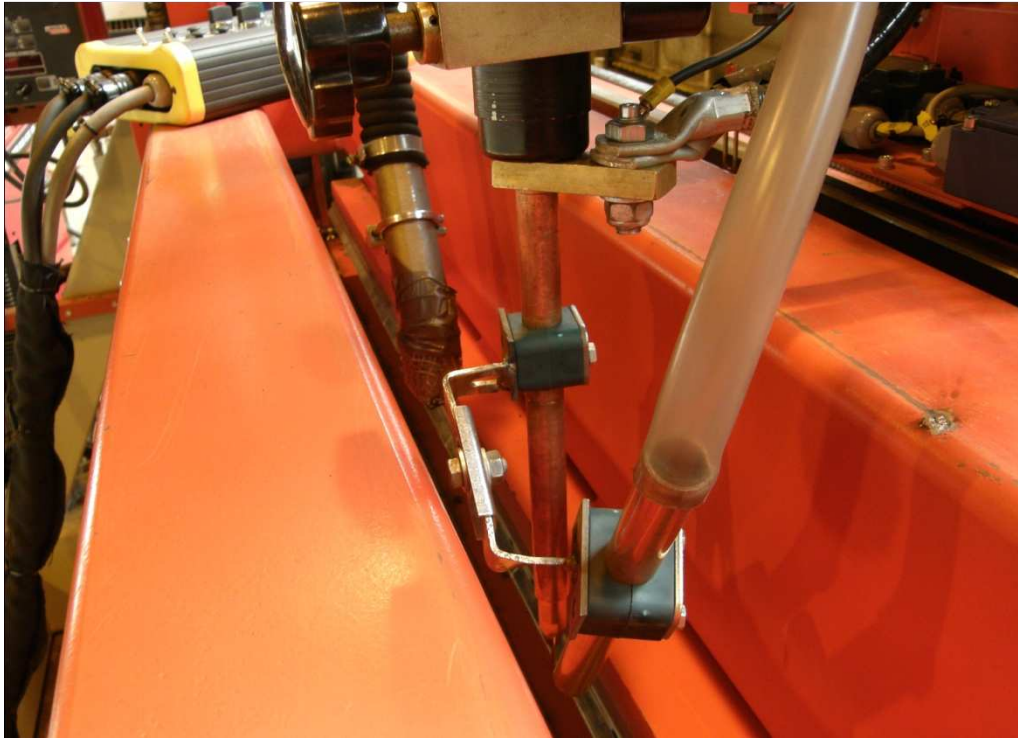
## 4.2 Jauheensyöttimet ja jauheimuri

Jauheensyöttimet ja jauheimurit vaihdettiin alkuperäisestä Lincoln Electric mallista Kuvassa 8. esitettyihin Esabin vastaaviin. Koska ne ovat paremman muotoisia, ne suodattavat jauheen paremmin ja ovat varmatoimisempia

Jauheensyöttimeen mahtuu noin yksi säkillinen jauhetta eli 25 kg. Jauheen lisäys tapahtui lisäämällä sitä jauhekuivuriin, jossa jauheesta poistuu suurin kosteus ja siitä erottuvat suurimmat roskat. Jauhekuivurista jauhe siirtyy paineilmalla letkua pitkin hitsauspään yläpuolella sijaitsevaan säiliöön, jolloin jauhe on valmista hitsausta varten.

Jauheensyöttötorvi sijaitsee hitsauspolttimen edellä ja se on samassa rungossa kuin hitsauspolttin. Hitsauksen aikana jauheensyöttötorvi kulkee hitsauspääteen kanssa samaa rataa ja levittää jauheen hitsausrailon päälle. Jauheen syöttö alkaa automaattisesti noin 5cm ennen hitsauksen aloituskohtaa, jotta hitsauksen aloitukselle saadaan riittävä suojaus. Jauheen määrän määrittelee jauheensyöttötorven korkeus hitsattavasta kappaleesta. Riittävä suojajauheen kerroksen paksuus on noin 20-30 mm. Liian vähäinen jauheen määrä saa aikaan huokoisuutta ja epätasaisen hitsin. Liian suuri jauheen määrä saa aikaan palon epätasaisuuden, koska paine on suurempi ja hitsaushuurut eivät pääse poistumaan. Liian suurta jauheen määrä ei jauheimuri jaksakaan imeä kerralla pois, jolloin hitsauksen jälkeen ylimääräiset jauheet joudutaan imemään erikseen.

Jauheimurintorven tehtävä on imeä ylimääräiset jauheet hitsin päältä. Jauheimuritorvi sijaitsee noin 20 senttimetriä hitsauspolttimen takana ja näkyy kuvassa 7. Imutorven paikka on tärkeä, jotta hitsi ja kuona ovat ehtineet jäähtyä tarpeeksi ennen jauheen poistoa. Mikäli kuona ja hitsi eivät ehdi jäähtyä riittävästi, niin siitä seuraa pintahuokoisuutta, hapettumaa ja jauheimuri saattaa mennä tukkoon sulan kuonan takia. Imurintorven päässä on siivilä, joka siivilöi irtotoukat ja muut suuren roskat. Tämän jälkeen jauhe kulkee suodatinpussin läpi, jossa pöly ja siivilän läpi päässeet kuonan palaset siivilöityvät pois. Tämän jälkeen jauhe kulkeutuu takaisin säiliöön, jolloin se on taas valmis uudelleen käytettäväksi.



Kuva 7. Edestäpäin luettuna jauhetorvi, hitsauspää ja jauheimuri.



Kuva 8. Ylhäällä oikealla jauhesäiliö, ylhäällä vasemmalla jauheensuodatin ja näiden alapuolella langansyöttökoneisto.

### 4.3 Hitsauspää

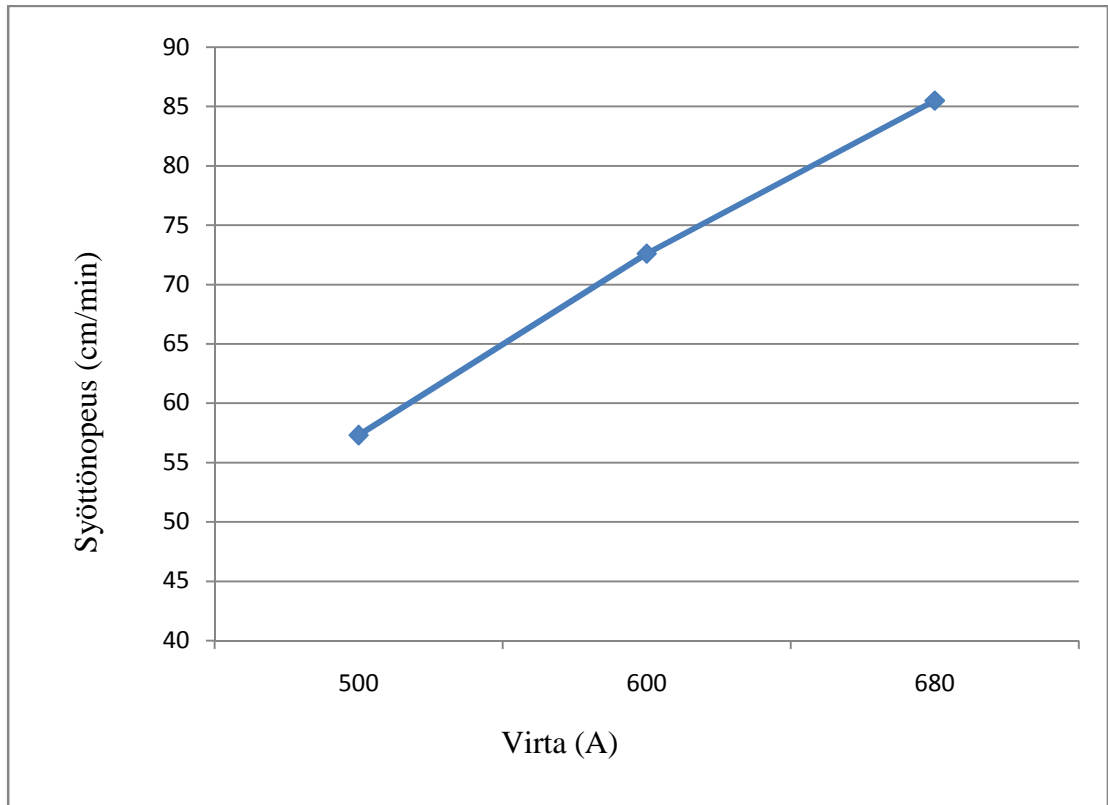
Hitsauspää kulkee kahden putkipalkin välissä työkappaleen yläpuolella. Kuvassa 7 esitetty hitsauspää liikkuu sähkömoottorilla kiskoa pitkin koko puristinpalkin matkan. Hitsauspäättä voi liikuttaa siinä olevista rullista kummallekin sivulle noin 10 mm ennen hitsausta. Hitsauspääte on keskitettävä keskelle hitsausrailoa noin 1 mm tarkkuudella, jotta hitsistä tulee tasalaatuinen. Hitsauspään huonosta keskittämisestä seuraa vajaata hitsautumissyvyyttä. Hitsausuutin on sovitettava jokaiselle lankakoolle, jottei liian suuri suutinreikä aiheuta vapaalangassa vaappumista. Vapaalangan pituus on jokaisella levypaksuudella 25 mm ja se pysyy vakiona koko hitsauksen ajan. Hitsauslangan asento on jokaisella levypaksuudella pystysuora, jotta kappaleiden vaihtuessa ei jouduta säätämään hitsauspäättä uudelleen.

### 4.4 Langansyöttö

Langansyöttökoneisto sijaitsee hitsauspään yläpuolella. Langansyöttökoneisto vetää lankaa kuvassa 9 esitetyltä hitsauskelalta, joka sijaitsee hitsauslaitteiston takana keskellä. Hitsauslanka tulee hitsauspäälle pitkin kaapelia, joka soveltuu jokaiselle käytössä olevalle hitsauslankakoolle. Hitsauslangan syöttönopeutta ei voi säätää erikseen, vaan langansyöttönopeus muuttuu kuvan 10 mukaisesti. Virtaa lisättäessä langansyöttönopeus kasvaa ja vähennettäessä syöttönopeus pienenee. Taulukossa 1 on esitetty hitsausvirta ja langansyöttönopeus eri levyn vahvuuksilla.



Kuva 9. Lankakela ja lankakaapeli, jota pitkin hitsauslanka kulkee hitsauspäälle.



Kuva 10. Langansyöttönopeuden riippuvuus hitsausvirrasta Ø 3.2mm langalla.

Taulukko 1. Langansyöttönopeuden muutos virtaalisättäessä käytettävillä hitsausarvoilla ja eri levynvahvuuksille

Levyvahvuus (mm)	Virta (A)	Syöttönopeus (cm/min)
6	500	57.3
8	600	72,6
10	680	85.5



#### 4.5 Juurituki

Juurituen tehtävä on pitää juurijauhe kasassa ja estää juuren valuminen. Juurituen tehtävä on myös juurijauheen avulla muotoilla juuri. Juurituki on valmistettu kuparista, joka johtaa hyvin lämpöä ja jolla on suuri sulamislämpötila. Kupariseen juuritukeen päädyttiin, koska se on helppo muokata halutun muotoiseksi ja joka kestää puristuspöydän suuren puristuksen. Juurituki on koko puristuspalkin mittainen ja koostuu viidestä 80 cm pitkästä palasta. Juurituen ura on 16 mm leveä ja 2 mm syvä, ja sen muoto näkyy kuvassa 11.

#### 4.6 Juurituen jäähdytys

Juurituen alapuolella kulkee rinnakkain kaksi kupariputkea, jotka näkyvät Kuvassa 11. Putkissa kiertää vesi, jonka tehtävä on jäähdyttää juuritukea hitsauksen aikana, jottei lämpötila kohoaisi liian korkeaksi. Ilman jäähdytystä on mahdollista, että juurijauhe palaa kiinni juuritukeen tai juurituki sulaa. Lyhytkestoisissa koehitsauksissa juurituen lämpötila ei noussut merkittävästi myöskään ilman jäähdytystä.

Juurituen jäähdytykseen käytetään vesijohtovettä, jonka sekaan on lisätty jäätymisenestoainetta. Vesi kiertää vesipumpun avulla koko ajan, kun pumppu on päällä. Vedelle on tehty erillinen säiliö, johon mahtuu noin 200 litraa vettä. Vesi suodatetaan ennen vesipumppua ja vesisäiliötä erillisessä suodattimessa, joka näkyy kuvassa 12. Suodattimella poistetaan suurimmat roskat ja muut epäpuhtaudet, jotka voisivat aiheuttaa pumpun rikkoontumisen. Veden lämpötilan seuraamiseksi juurituen jäähdytysvesiputkistossa on kaksi erillistä lämpömittaria meno- ja paluulinjoissa. Tällä varmistetaan ettei jäähdytysvesi pääse kiehumaan.



Kuva11. Juurituki ja jäähdytysputkistot.



Kuva 12. Vedensuodatin, vesipumppu ja vesisäiliö.

#### 4.7 Puristuspyytä

Kuvassa 13 esitetty puristusmekanismi ja rullasto on ruotsalaisen Relfabin valmistama. Puristuspyytä puristaa hitsattavan kappaleen tiiviisti juuritukea vasten. Puristusleukojen maksimi etäisyys toisistaan on 100 mm ja ne puristuvat noin 1 mm päähän toisistaan. Puristuspyytä toimii hydraulilla ja sen puristusvoima on noin 35 tonnia. Suuri puristusvoima on tärkeä, jotta juurijauhe painuu tasaisesti ja tiiviisti koko matkalta. Puristuspyydän korkeutta pystyy hydraulisesti laskemaan ja nostamaan, jolloin se soveltuu kaikille hitsattaville lämmönsiirtimien runkojen halkaisijoille. Puristuspyydän pituus on 4 metriä ja myös suurimman hitsattavan kappaleen pituus on 4 metriä.

#### 4.8 Rullasto

Pyöreitä kappaleita hitsattaessa puristuspyydän alapuolelle tuodaan kiskoja pitkin pyöritysrollasto. Pyöritysrollastoa pystyy säätämään eri halkaisijoiden mukaan. Rullastojen säätö tapahtuu nostamalla molemmat pyöritysrollat ylemmän koloon, jolloin se soveltuu suuremmalle halkaisijalle. Rullastojen etäisyyttä toisistaan pystyy säätämään portaattomasti, mutta suurin etäisyys toisistaan on noin 3 metriä.



Kuva 13. Hitsauspyytä vasemmalla ja alhaalla pyöritysrollasto, joka laitetaan hitsauspyydän alle pyöreitäkappaleita hitsattaessa.

#### 4.9 Ohjauspaneeli

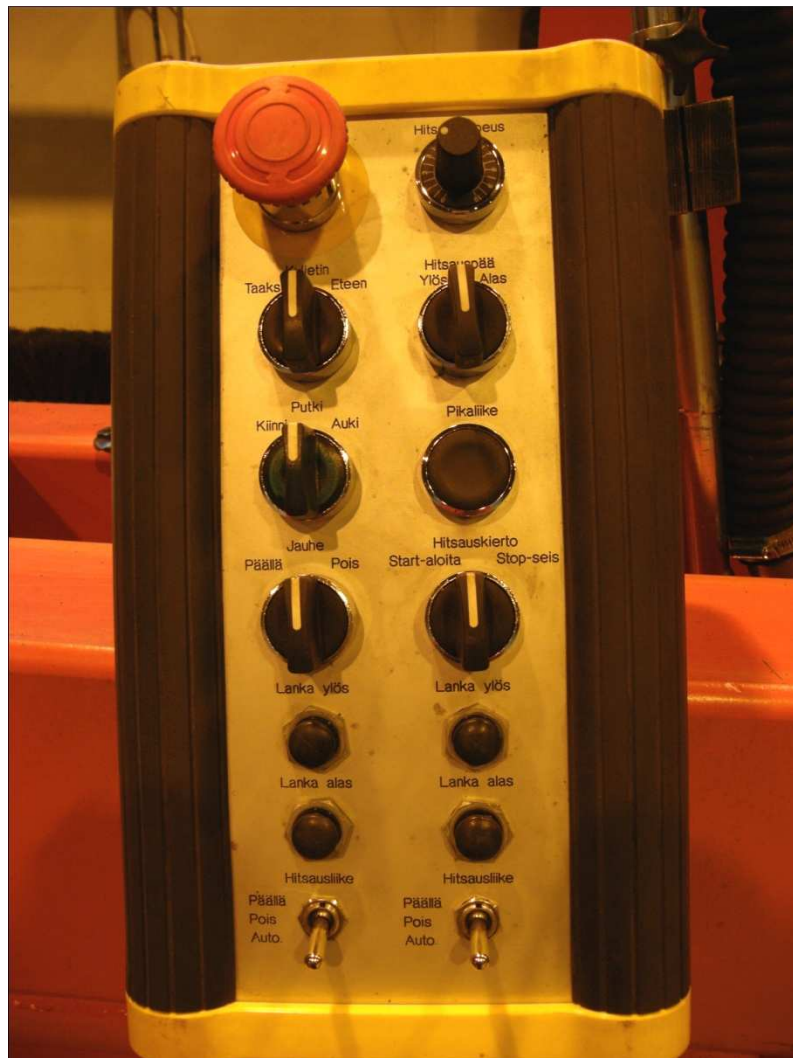
Kuvassa 14 esitetystä ohjauspaneelistä tapahtuu jännitteen ja virran säädöt. Ohjauspaneeli sijaitsee hitsauspöydän etuosassa ja se säädöistä vastaa hitsausoperaattori. Ohjauspaneeleita on kaksi, joista toinen on varavirtalähteelle ja sen on poissa käytöstä. Ohjauspaneelista näkyy virta, jännite, hitsausnopeus, langan syöttönopeus ja muistista valittu hitsausohje. Ohjauspaneeliin pystyy tallentamaan kuusi erillistä hitsausohjetta. Ohjauspaneeliin on tallennettu 6 mm, 8 mm, 10 mm ja 12 mm hitsausarvot, jotka voidaan valita nopeasti kappaleen vaihtuessa. Hitsausarvojen säätö tapahtuu aina ennen hitsausta ja arvoihin ei tule koskea hitsauksen aikana.



Kuva 14. Ohjauspaneelit, joista seurataan hitsausnopeutta, jännitettä ja virtaa.

#### 4.10 Kauko-ohjain

Kuvassa 15 esitetystä kauko-ohjaimesta ohjataan hitsauspään, jauheensyötön ja puristuspöydän toimintoja. Kauko-ohjaimesta säädetään hitsausnopeus (cm/min), joka tulee näkyviin hitsauksen aloituksen jälkeen ohjauspaneelissa ja tietokoneella. Ennen hitsausta kaukosäätimellä säädetään hitsauslangan etäisyys kappaleesta, jonka tulee olla noin 10 mm. Hitsauksen aloitus ja lopetus, hitsauspään nostaminen ja laskeminen, puristuspöydän laskeminen ja nostaminen tapahtuu myös kaukosäätimestä. Kaukosäätimestä tapahtuu myös manuaalinen jauheen syötön lopetus, joka on hyvä tehdä noin 10cm ennen hitsauksen lopetusta, jotta vältetään liian suuresta jauheenmäärästä hitsauksen lopetuksessa.



Kuva 15. Kauko-ohjain.

## 5 HITSUKSEN MODERNISOINTI

Jauhekaarihitsauksen hankinnan syynä oli hitsauksen tehostaminen ja hitsauksen merkittävä nopeuttaminen. Uuden hitsausmenetelmän käyttöönotolla saavutettaisiin merkittävä hitsauksen nopeuttaminen vaippojen pituushitseissä, koska jauhekaarihitsaus on selvästi nopeampi kuin MAG-hitsaus. Hitsauksen nopeuttamisella saavutettaisiin myös parempi kannattavuus ja suurempi tuotantokapasiteetti. Jauhekaarihitsaukseen siirryttäessä ympäristöystävällisyys paranee, koska savukaasuja ei synny, jauhekaareissa ei ole näkyvää valokaarta ja lämpö ei hehku ympäristöön. Jauhekaarihitsauksella saavutetaan suuri tehokkuus pituushitsien hitsauksessa, koska hitsitilavuus laskee railon muodon muuttuessa V-railosta I ja Y-railoon, ja hitsauspalkojen määrä laskee jopa kymmenestä palosta yhteen. Jauhekaarihitsaus on myös luotettava hitsausprosessi, koska se on pitkälti mekanisoitua ja hitsausparametrit, kuten polttimen kulma ja kuljetusnopeus ovat vakiot. Koska hitsausparametrit eivät vaihtelee eri käyttäjien mukaan, hitsistä saadaan aina tasalaatuinen. Tasaisella hitsauksen laadulla saadaan pienennettyä kuluja, joita syntyy hitsien korjauksesta ja ylimääräisistä tarkastuksista. Hitsausta tehostamalla saadaan tehtaan kannattavuutta nostettua merkittävästi ja tästä voidaan katsoa olevan merkittävää taloudellista hyötyä.

### 5.1 Nykyiset hitsausprosessit

Nykyisenä hitsausmenetelmänä lämmönsiirtimen vaipan hitsauksessa käytetään TIG- ja MAG-hitsausta, joka on esitetty kuvassa 16. Railon valmistusmenetelmänä käytetään jyrsimistä ja railo on V-railo. Jyrsimisen jälkeen railojen pinnat viimeistellään kulmahiomakoneella. Lämmönsiirtimien vaippojen laidat silloitetaan noin 3mm päähän toisistaan ja juuri hitsataan TIG-hitsauksella. Mikäli juuresta tulee vajaa, niin sen pystyy korjaamaan sisäpuolelta jälkikäteen. Juuripalon jälkeen hitsataan ainevahvuudesta riippuen 4-8 väli- ja pintapalko.

Nykyisellä hitsausmenetelmällä hitsauksen aloitus- ja lopetuskohtia tulee huomattavasti enemmän kuin jauhekaarihitsauksella. Suuri aloitus- ja lopetuskohtien määrä altistaa hitsausvirheille, kuten kuonasulkeumalle. Pinta- ja välipalkojen välillä hitsauspalko on puhdistettava kulmahiomakoneella. Tästä syntyy paljon ääntä ja pölyä työympäristöön. Nykyisellä hitsausmenetelmällä hitsaajien välillä on merkittäviä eroja hitsauksen laadussa ja nopeudessa. Jauhekaarihitsaukseen siirryttäessä hitsauksen laatu ja hitsausnopeus eivät ole riippuvaisia hitsausoperaattorista.



Kuva 16. Lämmönsiirtimenvaipan hitsausta MAG-hitsauksella.

## 5.2 Hitsauksen nopeutuminen

Lämmönsiirtimenvaipan hitsaus nopeutuu merkittävästi siirryttäessä jauhekaarihitsaukseen. Railon valmistus yksinkertaistuu huomattavasti, sillä 6 ja 8 mm ainevahvuuksille asti levyn pinnat ovat valmiita levyleikkurin jäljiltä. 6 ja 8 mm levyjen railomuoto on I-railo ja hitsin tilavuus on paljon pienempi kuin V-railolla hitsattaessa. 10 ja 12 mm ainevahvuuksille tehdään Y-railo, joka tehdään jysimällä. Y-railoa ei tarvitse viimeistellä kulmahiomakoneella, vaan pelkästään isompien purseiden poisto riittää. Jauhekaarihitsauksella riittää yksi palko 12 mm:n ainevahvuuteen asti, kun taas nykyisillä hitsausmenetelmillä tarvitaan jopa kymmenen. MAG-hitsauksella hitsauspalkojen välissä joutuu aina puhdistamaan palkojen pinnat ja hiomaan epätasaisuudet ennen uuden palon hitsausta.

Hitsauksen viimeistelyksi jauhekaarihitsauksessa riittää pelkkä kuonanirrottaminen, sillä jauhekaarihitsauksessa ei synny roiskeita ja hitsi on aina tasalaatuista. Tämä nopeuttaa hitsauksen jälkeistä työtä, sillä yksi työvaihe jää kokonaan väliin. Jauhekaarihitsauksen nopeuden huomaa myös paloaikasuhteissa verrattuna TIG- ja MAG-hitsaukseen. Jauhekaarihitsauksen paloaikasuhte on noin 75 % kun taas TIG-hitsauksessa ja MAG-hitsauksessa se on noin 20 %.

Taulukko 2. Käytetty hitsausaika 8 mm paksuisen vaipan hitsaukseen yhden metrin matkalta.

	Prosessi	Hitsausaika (min)	Prosessi	Hitsausaika (min)
	141	7,14	121	2,54
	135	3,33		
	135	3,33		
	135	3,33		
Yhteensä		17,14		2,54
<b>Suhteutettuna paloaikasuhteeseen</b>		<b>85,71</b>		<b>3,38</b>

Taulukossa 2 näkyy lämmönsiirtimen vaipan hitsaukseen käytetty aika, joka oli TIG ja MAG-hitsauksella noin 86 minuuttia. Jauhekaarihitsauksella se saadaan pudotettua alle kolmeen ja puoleen minuuttiin. Tästä huomataan, että jauhekaarihitsaus on selvästi nopeampi, sillä hitsausaika putoaa noin neljään prosenttiin alkuperäisestä.



## **6 HITSUKSEN VAATIMUKSET**

Seuraavassa on käsitelty vaatimuksia, jotka tulee ottaa huomioon korkean hitsausksen laadun aikaansaamiseksi. Tärkeitä huomioon otettavia asioita on levyjen säilytys ja käsittely ennen hitsausta, hitsauslisäaineiden säilytys ja käsittely, hitsattavat ainevahvuudet ja niiden vaatimukset, railomuodot ja juuren ja pinnan vaatimukset.

### **6.1 Vaatimukset perusaineelle**

Käyttöönottetuilla jauhekaarihitsauslaitteilla hitsataan paineastiastandardin SFS-EN 13445-2 mukaisia teräksiä. Hitsattava P355GH teräs kuuluu CR ISO 15608 standardin luokituksessa ryhmään 1.2. P355GH on kuumalujaa ja normalisoitua terästä. P355GH on huomattavasti lujempaa kuin normaali paineastiateräs P235GH. Ainevahvuudet P355GH teräkselle ovat 5-15 mm.

Hitsattavia kappaleita on säilytettävä siten, etteivät ne pääse altistumaan muille metalleille, kosteudelle tai epäpuhtauksille. Levyjä säilytetään sisällä niille tarkoitettussa varastohyllykössä. Levyt varastoidaan hyllykköön siten, etteivät ne sekoitu keskenään ja niistä on helposti luettavissa tunnistuskoodit. Levyjä säilytetään hyllyssä siten, etteivät ne pääse vaurioitumaan säilytyksen tai siirron aikana.

Korkean laadun aikaansaamiseksi kappaleet on puhdistettava ennen hitsausta kaikista epäpuhtauksista ja kosteudesta. Epäpuhtaudet ja kosteus saattavat aiheuttaa huokoisuutta, halkeamia tai muuten huonolaatuisen hitsin. Ennen hitsausta kappaleet on puhdistettava maalista, rasvasta, öljystä, ruosteesta, valssihilseestä ja kosteudesta. Rasvan, öljyn ja maalin, ruosteen ja valssihilseen poisto tapahtuu hiekkapuhalluksella tai hiomalla. Kappaleiden puhdistus ennen hitsausta on tärkeää, sillä huokosten ja muiden hitsausvirheiden vuoksi hitsattavan kappaleen voi juotua hylkäämään ja tämä tarkoittaa taloudellisia tappioita.

### **6.2 Hitsausaineet ja niiden vaatimukset**

Käyttöönottetussa jauhekaarihitsauslaitteistossa käytetään pelkästään Lincoln Electric lisäaineita, joille on tehty alustavat hitsausohjeet eli pWPS:t. Hitsausprosessissa saa käyttää vain hitsausohjeessa eli WPS ja menetelmäkokeessa määritellyjä hitsauslisäaineita. Hitsauslisäaineita säilytetään niille tarkoitettussa

hitsauslisäainevarastossa, jossa hitsauslisäaineiden paikat on määritelty. Näin ollen ne eivät pääse varastoinnin aikana kosketuksiin toisten lisäaineiden, kosteuden ja epäpuhtauksien kanssa.

Hitsauslisäaineena käytetään vain Lincoln Electric:in valmistamaa L-61Ø 3.2 mm umpilankaa. Hitsauslisäaine toimitetaan 20 kg keloissa, jotka on pakattu pahvilaatikkoon, jossa kela on peitetty muovilla kosteuden ja muiden epäpuhtauksien estämiseksi. Lisäainetta säilytetään varastossa noin 100 kg ja koneella on käytettävissä vain yksi kela kerrallaan. Ennen hitsausprosessia hitsaaja tarkastaa hitsauslisäaineen kunnon, ettei se ole ruostunut tai kostea. Lisäainelangan kunto on tärkeää tarkistaa ennen hitsausta, jottei hitsiin synnyhitsausvirheitä.

Jauhekaaren suojajauheena käytetään kahta erilaista Lincoln Electric:in valmistamaa suojajauhetta. Juurituen urassa käytetään tyyppin 761 jauhetta ja hitsauskappaleen päällä tyyppin 860 jauhetta. Suojajauheet toimitetaan suljetuissa metalliastioissa ja muovisäkeissä. Käytettävät suojajauheet on pakattu 25 kg muovisäkkeihin ja hitsauksessa on käytössä vain yksi säkki kutakin suojajauhetta kerrallaan. Pinnanpuoleista suojajauhetta 860 varastoidaan 100 kg ja juurenpuoleista suojajauhetta 761 50 kg. Jauheet voidaan kuivattaa erillisessä kuivaimessa, jotta varmistetaan suojajauheiden kuivuus. Jauhekaaren jauheet eivät valmistajan antamien tietojen mukaan ime ilmakosteutta itseensä, mutta avoimiin pusseihin kondensoituu ilmasta kostetta. Kosteus jauhekaaren jauheessa saa aikaan epävakaa valokaaren ja tuo vetyä hitseihin. Kostealla jauheella hitsiin voi tulla sisälle tai pinnalle huokoisuutta ja näin ollen hitsistä ei tule laatuvaatimuksien mukaista.

### **6.3 Hitsausasennot**

Levyn ja vaipan hitsauksessa käytetään jalkoasentoa (PA) eli kappale on vaakasuorassa ja kappaletta hitsataan ylhäältäpäin. Käyttöön otettu jauhekaarilaitteisto on suunniteltu vain jalkoasennolle. Jalkoasento on helpoin tapa hitsata, koska sulan hallinta on muihin asentoihin verrattuna helpompaa, ja jauhe pysyy helposti hitsauskohdassa

#### 6.4 Hitsattavat railonmuodot ja ainevahvuudet

Kaikki levyt hitsataan päittäishitseinä eli levyjen reunat ovat toisiaan vasten. Käyttöön otetulla jauhekaarihitsauslaitteistolla hitsattavat materiaalivahvuudet ovat 6-12 mm. Näille ainevahvuuksille on tehty alustavat hitsausohjeet eli pWPS:t. Tätä paksumpia levyjä ei yleensä käytetä Mesera Sorsakoski Oy:n tuotannossa.

6-8 mm levyillä railoa ei tarvitse valmistaa, vaan kappaleet hitsataan I-railolla, ilman ilmarakoa. 6-12 mm levyt pystytään hitsaamaan yksipalkohitsillä eli levy hitsataan yhdellä kertaa. 10 ja 12 mm:n ainevahvuudet hitsataan yksipalkohitsinä Y-railoon. Y-railossa levyn alareunaan jääainevahvuudesta riippuen 5-10 mm pystysuora osuus. Y-railoa käytetään, koska I-railolla hitsi ei tunkeudu levyn läpi ja se jää vajaaksi. Railokulmana Y-railossa on 60°. Tällä railokulmalla hitsin tilavuudesta ei tule liian suuri ja hitsille saadaan tarpeeksi suuri leveys.

Mikälikäyttöön otetulla jauhekaarilaitteistolla halutaan hitsata yli 12 mm ainevahvuuksia, ne tulee hitsata monipalkohitsauksena. 14-18 mm ainevahvuudet hitsataan 2-palkohitsinä eli hitsataan juuri- ja pintapalkko. Yli 12 mm levyvahvuuksille ei etsitty hitsausarvoja, sillä niitä ei ole käytetty Meseran tuotannossa. Juuripalon jälkeen hitsille ei tarvitse tehdä muuta kuin kuonan poisto käsin tai mekaanisesti ja pinnan puhdistus ennen pintapalon hitsausta. Mikäli juuripalossa on pintahuokosia, onteloita tai halkeamia, hitsausvirheet tulee hioa mahdollisimman tarkkaan pois. Jauhekaarihitsillä on hyvä tunkeuma, joten pienet pintahalkeamat ja epätasaisuudet eivät haittaa.

#### 6.5 Juuren ja pinnan vaatimukset

Painelaitteiden hitsit kuuluvat tiukimman B-luokan mukaan tarkastettaviin. Standardit asettavat tiukat rajat hitsin pinnan ja juuren mitoille. Standardin SFS-EN ISO 5817 mukaan B-luokassa hitsin pinnan korkeus saa olla enintään  $1 \text{ mm} + 0.1 \times \text{pinnan leveys}$ , mutta silti korkeus saa olla korkeintaan 5 mm. Hitsin juuren korkeudelle on myös tarkat vaatimukset. Hitsin korkeus saa olla  $1 \text{ mm} + 0.2 \times \text{juuren leveys}$ , mutta enintään 3 mm. Nämä rajat asettivat tarkat vaatimukset hitsin juurelle ja pinnan vaatimuksille ja raja-arvoihin pääseminen osoittautui ennakoitua vaikeammaksi. Hitsin maksimi- ja minimileveydet ja korkeudet mitattiin jokaisen koekappaleen jälkeen. Tulokset näkyvät taulukosta 3.

Taulukko 3. Hitsin pinnan ja juuren leveydet ja korkeudet

WPS:n hitsausarvoilla.

<b>Ainevahvuus (mm)</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Pinnan leveys (mm)	16-17	16-19	15-18	16-20
Pinnan korkeus (mm)	0,8-1,3	1,4-2,0	1,7-2,2	1,0-2,0
Juuren leveys (mm)	11-14	12-15	11-14	12-15
Juuren korkeus (mm)	1,0-2,6	1,0-2,5	1,1-2,2	1,0-2,3

## **7 KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET**

Seuraavassa on käsitelty käyttöönoton vaiheita, kuten hitsauslaitteiston muokkausta, hitsauksen laadun parantavia toimenpiteitä, hitsausarvojen etsimistä ja menetelmäkokeessa huomioonotettavia asioita.

### **7.1 Hitsauslankatelineen muokkaus**

Alunperin hitsauslankateline sijaitsi puristuspaikan etuosassa, mutta sen sijainti aiheutti langan syötössä nykimistä, koska lanka joutui tekemään liian jyrkän mutkan. Myöskään hitsauslankakaapeli ei tahtonut riittää hitsin loppuun asti. Hitsaustornin palatessa hitsauspöydän alkuun lankakaapeli oli vaarassa sotkeutua tai jäädä hitsauspään rullaston alle.

Hitsaustelineen uusi sijoituspaikka valittiin hitsauspöydän takapuolelta, sen puolivälistä. Nyt hitsauslankakaapeli ei jää hitsauspään väliin ja lisäksi sekä alku- että loppupäähän on sama matka, joten hitsauslankakaapeli ei joudu rasitukselle. Hitsausteline jouduttiin irrottamaan leikkaamalla telineen varsi irti rungosta. Tämän jälkeen telineen vartta jouduttiin jatkamaan noin 20 cm, jotta se saatiin oikealle korkeudelle. Lopuksi hitsausteline hitsattiin kiinteäksi jauhekaarhitsauslaitteiston runkoon.

### **7.2 Magneettinen puhallus**

Koehitsauksien aikana huomattiin maadoituskaapelin väärän paikan aiheuttavan hitsissä magneettista puhallusta. Magneettinen puhallus näkyi hitsin suomissa, jotka olivat maadoituskaapelia kohti. Magneettisen puhalluksen estämiseksi hitsauspöydän loppuosaan kiinnitettiin keskelle juuritukea toinen maakaapeli. Tämän jälkeen suoritetuissa koehitsauksissa todettiin toimenpiteen onnistuneen, koska hitsin pinnanlaadussa huomattiin merkittävä parannus. Hitsin suomut olivat tasoittuneet ja ne osoittivat suoraan taaksepäin.

### 7.3 Juuritukien muokkaus

Alunperin juuritukien urat olivat profiililtaan puoliympyrän muotoiset. Juuritukien urat olivat 2 mm syvät ja 2 mm leveät. Uriin ei mahtunut paljoa juurijauhetta ja se paloi kokonaan kuonaksi. Alkuperäisellä uran muodolla juuresta ei tullut tasalaatuista, vaan siinä oli havaittavissa paljon hitsausvirheitä. Juuri jäi 2 mm leveäksi, siinä oli jyrkkää liittymää, reunahaavaa ja huokosia. Hitsausarvojen vaihtaminen ei auttanut asiaa, joten päädyttiin muokkaamaan juurituen uran muttoa.

Juuritukia muokattiin kuvan 17 mukaiseksi leventämällä uraa 16 mm leveäksi ja syvyys pidettiin alkuperäisessä 2 mm:ssä. Uran muodoksi tuli nelikulmio, johon mahtui juurijauhetta huomattavasti enemmän. Juurituen muokkaus sai aikaan sen, että hitsausarvoja piti nostaa, koska juuren leveys kasvoi. Nyt juurijauhe ei sulanut kokonaan kuonaksi. Juuren leveys kasvoi 2 mm:stä jopa 15 mm:iin ja jyrkkä liittymä poistui kokonaan. Juurituen muokkaamisen jälkeen juuresta tuli huomattavasti jouhevampi ja huokoisuutta tai reunahaavaa ei enää ollut havaittavissa. Juurituen uran muokkauksen jälkeen pystyttiin keskittymään hitsausarvojen säätämiseen eri ainevahvuuksille, sillä nyt voitiin todeta juuren laadun olevan riittävän hyvä.



Kuva 17. Muokattu juurituki, jonka leveys on 16 mm ja syvyys 2 mm.

#### 7.4 Hitsausarvojen etsiminen

Hitsausarvojen etsiminen aloitettiin 8 mm paksuiselle levyille, koska sitä oli varastossa suurin määrä. Koelevyiksi leikattiin kaksi 80 cm pitkää ja 20 cm leveää levyä, jotka silloitettiin toisiinsa ilman ilmarakoa. Hitsauslangan paksuudeksi valittiin Ø 3.2 mm, koska sillä on laaja käyttöalue. Ø 3.2 mm lanka toimii hyvin pienellä, jopa alle 400 A virralla ja suurella, yli 700 A virralla. Ø 3.2 mm:n lankakeloja varattiin varastoon kolme kappaletta ja Ø 4.0 mm:n lankakeloja yksi. Ø 4.0 mm langalla hitsataan ainevahvuuksiltaan yli 10 mm paksut levyt, sillä näiden hitsauksessa tarvitaan suurta tehoa ja lisäaineen tuottoa.

Hitsin muotoon ja mittoihin vaikuttavia tekijöitä on kolme, jotka ovat kuljetusnopeus, hitsausvirta ja -jännite. Näille arvoille tuli etsiä optimiarvot. Hitsauksen alkuvaiheessa huomattiin hitsausarvojen pienellä muutoksella olevan suuri vaikutus hitsin muotoon. Jo 5 A muutos hitsausvirtaan sai aikaan aivan erilaisen hitsin. Koska kappaleet hitsattiin yhdeltä puolen läpi, hitsausarvojen muuttaminen vaikutti pinnan ja juuren muotoihin yhtä aikaa. Hitsausarvojen etsiminen osoittautui täten todella haastavaksi. Hitsausvirran, jännitteen ja kuljetusnopeuden heittoa sai olla vain alle 1 %, muutoin hitsistä ei tullut riittävän hyvä. Koekappaleita hitsattiin yhteensä 121 kappaletta, jonka jälkeen oli saatu hitsausarvot 6, 8, 10 ja 12 mm paksuisille levyille. Hitsausarvojen etsimiseen kului aikaa noin kolme viikkoa eli yhteensä 120 tuntia. Yhden hitsauskoekappaleen valmistamiseen kului aikaa noin 30 minuuttia, joka koostui levyjen leikkauksesta, puhdistuksesta ja silloittamisesta. Hitsaukseen, juuripurun levittämiseen ja levyn asetteluun kului noin 5 minuuttia. Hitsauksen laadun tarkasteluun ja hitsin muotojen mittaukseen ja dokumentointiin kului noin 20 minuuttia. Näin ollen yhden kuvan 18 mukaisen koekappaleen valmistamiseen, hitsaukseen ja dokumentointiin kului aikaa noin tunti.



Kuva 18. Silloitettu koelevy aloituspalalla.

Hitsausarvojen etsiminen aloitettiin etsimällä hitsausarvoille haarukka, jonka välistä oikeat arvot löytyisivät. Hitsausvirtalähteeseen kytkettiin tietokone, jolla jälkikäteen tutkittiin hitsausvirran, -jännitteen, langansyöttönopeuden ja kuljetusnopeuden mahdollisia muutoksia. Saadut arvot tallennettiin tietokoneelle ja niitä tutkittiin hitsauksen jälkeen. Tietokoneella pystyi myös tutkimaan vikalokeja, mikäli tapahtuisi jotain odottamatonta.

Ensimmäisiksi valittiin riittävän pieni virta, jottei juurituki sulaisi. Hitsauksen jälkeen koekappale irrotettiin puristuspöydästä ja tarkastettiin tunkeuman syvyys. Tämän jälkeen virtaa lisättiin reilusti, jotta saataisiin riittävä tunkeuma. Sen jälkeen siirryttiin tarkkailemaan pinnan ja juuren muotoja. Hitsauksen jälkeen koekappaleesta kirjattiin hitsausvirheet, hitsin pinnan ja juuren leveys sekä korkeus. Hitsien mittoja ja virheitä tarkasteltaessa mietittiin hitsausarvoihin tehtäviä muutoksia. Yleisin havaittu hitsausvirhe hitsausarvoja etsittäessä oli juuren reunahaava, joka saatiin poistettua jännitettä pudottamalla. Hitsausarvoja piti muokata jokaisella ainevahvuudella paljon, jotta saatiin riittävä laatu pinnan ja juuren osalta.



### 7.4.1 Hitsausarvojen vaikutukset

Seuraavaksi on lueteltu hitsausarvojen muutoksien vaikutuksia hitsiin.

Virran lisäys

- Langan syöttö kasvaa
- Tunkeuma kasvaa
- Kupu kasvaa
- Juuri paksunee
- Juuri levenee
- Sulatusnopeus kasvaa

Jännitteen lisäys

- Pinta levenee
- Kupu pienenee
- Tunkeuma vähenee
- Juuri kapenee

Kuljetusnopeuden lisäys

- Pinta kapenee
- Kupu kasvaa
- Tunkeuma pienenee
- Juuri kapenee

Virran, jännitteen ja kuljetusnopeuden pudottamisella on päinvastaiset vaikutukset kuin lisäyksellä.

### 7.4.2 Hitsin muotoon vaikuttavien arvojen tärkeysjärjestys

Seuraavaksi on lueteltu hitsausarvojen tärkeysjärjestys hitsausarvoja etsittäessä.

1. Virta (A)
2. Hitsauslangan halkaisija (mm)
3. Jännite (V)
4. Kuljetusnopeus (cm/min)

### 7.4.3 Toissijaiset hitsin muotoon vaikuttavia tekijät

Seuraavaksi on lueteltu toissijaisia hitsausmuuttujia hitsausarvoja etsittäessä

- Vapaalanganpituus
  - Polttimen asento
    - työntävä
    - vetävä
  - Railon valmistusmenetelmä
  - Maadoituksen sijainti
  - Hitsauksen ominaiskäyrä
- (Lincoln Electric jauhekaarikoulutus 1. s.18)

### 7.5 Juurijauhe

Juurijauheena käytetään Lincoln Electricin valmistamaa jauhetta 761, joka esiintyy kuvassa 19. Juurijauhe levitetään juurituen päälle juurijauheen levittämiseen tarkoitetulla kannulla. Juurijauhe tulee levittää koko juurituen uran leveydelle siten, että sitä on noin 10 mm paksu kerros. Ylimääräiset juurijauheet tulee pyyhkiä pois juurituen reunoilta, jotta hitsattava levy painaa juurijauheen riittävän tiukkaan. Juurijauhetta ei tule levittää koko juurituen matkalle, vaan sille matkalle, mihin hitsattava kappale tulee. Tällä optimoidaan juurijauheen kulutus, koska juurijauhetta ei voida käyttää uudelleen.



Kuva 19. 761 juurijauhesäkki.

## 7.6 Aloituspalat

Hitsattaessa työkappaleita on käytettävä aina aloitus- ja lopetuspaloja, kuten kuvan 18 koekappaleessa on käytetty. Näin hitsi pysyy tasalaatuisena alusta loppuun asti. Aloitus- ja lopetuspalat ovat tärkeitä, koska ilman aloituspala työkappaleen alkuun jää 50 mm pitkälti vajaata hitsiä ja ilman lopetuspala työkappaleen loppuosa palaa liikaa läpi ja pinta painuu kuopalle. Aloituspalaan on tehtävä noin 6 mm syvä ura koko pituudelle. Aloituspalan ura on keskitettävä railon keskelle, jotta saadaan paras mahdollinen hitsauksen laatu.



Kuva 20. Hitsattu koelevy aloitus- ja lopetuspaloilla.

## 7.7 Silloitus

Yksi tärkeimmistä työvaiheista on levyjen silloitus hitsaamalla. Levyjen ja vaippojen reunat tulee puristaa tai pyöristää mahdollisimman lähelle toisiaan. Mikäli kappaleiden väliin jää ilmarakoa, palaa hitsi liikaa läpi ja pinnasta tulee vajaa. Levyt tulee silloittaa mahdollisimman lähelle toisistaan siten, ettei ilmarakoa jää. Silloituksessa käytetään TIG-hitsausta, jolloin saadaan mahdollisimman luja liitos vähällä lisäainemäärällä, joka on esitetty kuvassa 21. Silloituksesta tulee tehdä mahdollisimman jouheva ja mahdollisimman pienellä lisäainemäärällä. Mikäli silloituksesta tulee liian paksu, se haittaa tunkeumaa ja juuresta saattaa tulla vajaa. Silloitukset tulee olla noin 50 mm pitkiä ja ne tulee tehdä noin 250 mm päähän toisistaan, jottei puristimen voima tai lämpölaajeneminen saa niitä ratkeamaan. Mikäli puristimen voima murtaa silloitukset, hitsi palaa liikaa läpi. Mikäli puristusvaiheessa silloitukset ratkeavat, niin työkappale tulee ottaa irti ja uusia silloitukset



Kuva 21. 10 mm paksun levyn Y-railoon tehdystä silloitushitsistä.

## **7.8 Hitsausoperaattori**

Hitsausoperaattori on henkilö, joka suorittaa mekanisoitua hitsausta. Mekanisoidulla hitsauksella tarkoitetaan hitsausta, jossa hitsausoperaattorin tehtäviin kuuluu työkappaleen paikalleen laittaminen ja hitsausarvojen säätäminen ennen hitsausta. (Suomen Standarditoimisto 2007, s.88)

### **7.8.1 Hitsausoperaattorin koulutus**

Pätevöityäkseen hitsaamaan nyt käyttöönotetulla uudella jauhekaarhitsauslaitteella, on henkilöstön suoritettava jokin seuraavista kokeista: menetelmäkokeeseen perustuva pätevyyskoe, esituotannolliseen kokeeseen tai työkokeeseen perustuva pätevyyskoe, näytteenottokokeeseen perustuva pätevyyskoe tai toimivuuskokeeseen perustuva pätevyyskoe. Täydentääkseen tietojaan hitsausoperaattorin tehtävistä, tulee hitsausoperaattorin suorittaa Inspecta Oy:n järjestämä kurssi. Kurssi kestää kaksi päivää ja siellä käsitellään jauhekaarhitsaukseen liittyviä asioita. Kurssilla käytäviä asioita ovat hitsausarvojen muutosten vaikutus, hitsausvirheiden tunnistaminen ja ehkäisy, hitsausrailon valmistaminen ja liitospintojen puhdistaminen WPS:n mukaan, työturvallisuus, oman pätevyysalueen tietäminen, jauhekaarhitsauslaitteiston perustuntemus, yleinen hitsaustermistö ja hitsausohjeiden lukeminen. Koulutuksen päätteeksi on koe, jonka läpäistyään henkilöstä saa hitsausoperaattorin pätevyuden jauhekaarhitsaukselle. (Suomen Standarditoimisto 2007, s.88-98)

### **7.8.2 Hitsausoperaattorin tehtävät**

Seuraavaksi on lueteltu ne toimenpiteet jotka kuuluvat hitsausoperaattorin tehtäviin ennen hitsausta, hitsauksen aikana, levykoon vaihtuessa ja hitsauksen loputtua.

Ennen hitsausta

- Käynnistettävä hitsauslaitteisto
- Käynnistettävä hydraulikka
- Käynnistettävä vesipumppu
- Laitettava juurijauhe
- Aseteltava työkappale
- Avattava jauheensyöttöventtiili
- Säädettävä hitsauspää railon keskelle 1 mm tarkkuudella

- Säädettävä kuljetusnopeus manuaalisesti

#### Hitsauksen aikana

- Seurattava hitsausta
- Tarkkailtava hitsausarvoja
- Lopetettava pintajauheen syöttö noin 10 cm ennen lopetusta
- Lopettaa hitsaus

#### Levykoon vaihtuessa on lisäksi

- Tarkastettava langan paksuus, vaihdettava tarvittaessa
- Vaihdettava hitsaussuutin mikäli lankakoko vaihtuu
- Vaihdettava hitsausohjelma ohjauspaneelista

#### Hitsauksen loputtua

- Ajettava hitsaustorni alkupäähän
- Laitettava jauheensyöttöventtiili kiinni
- Irrotettava työkappale
- Ajettava puristuspalkki täysin ylös
- Sammutettava hydraulikka
- Sammutettava hitsausvirtalähde
- Sammutettava vesipumppu
- Suljettava paineilma
- Puhdistettava puristuspöytä kuonista ja hitsausjauheesta

## 7.9 WPS

WPS eli Welding Procedure Specifications tarkoittaa suomeksi hitsausohjetta. Hitsausohje on asiakirja, jossa kuvataan hitsausmuuttajat, joiden avulla varmistetaan hitsauksen toistettavuus tuotanto-olosuhteissa. Hitsausohjeessa kuvataan hitsauksen työn eteneminen, kuten hitsauspalkojen hitsausjärjestys, railomuoto ja tarvittavat jälkikäsitellyt hitsauksen päätyttyä. Hitsausohje on dokumentti hitsauksen suorituksesta hitsaustyön päätyttyä, jolla voidaan osoittaa hitsaustyön eteneminen. (Lukkari J. 1997 s. 55-57)

### 7.9.1 Hitsausohjeiden tekeminen

Hitsausohjeen tekeminen aloitetaan tekemällä alustava hitsausohje eli pWPS. Alustavaan hitsausohjeeseen tulee samat asiat, kuin varsinaiseen hitsausohjeeseen. Alustavaa hitsausohjetta ei ole hyväksytty tuotantoon, joten se on hyväksyttävä menetelmäkokeen, testatun lisäaineen, aikaisemman hitsauskokemuksen, standardihitsausohjeen tai esituotannollisen kokeen avulla. Yleisin hyväksymistapa hitsausohjeen päteväinnille painelaitetuotannossa on menetelmäkokeen yhteydessä tapahtuva suoritus, jolloin pätevoidetty tarkastaja mittaa hitsausmuuttujat kalibroidulla mittarilla. (Suomen Standarditoimisto 2007, s.88)

Alustavan hitsausohjeen tekeminen aloitettiin tutkimalla SFS-KÄSIKIRJA 66-1:Hitsaus. Osa 1: Hitsauksen laadunhallinta, josta ilmeni mitä pWPS tulee sisältää. Alustavassa hitsausohjeessa tulee hitsauksen osalta esiintyä hitsausprosessi, -virta, -jännite, lisäainelangan paksuus, lisäainelangan syöttönopeus, polttimen kuljetusnopeus, hitsausasento, hitsauslisäaineen luokittelumerkinnot, palkomäärä ja niiden hitsausjärjestys. Alustavassa hitsausohjeessa tulee myös esiintyä valmistaja, hitsaaja, ainepaksuus sekä valvojan tekemät merkinnot. (Suomen Standarditoimisto 2007, s.484-488)

Alustavasta hitsausohjeesta tuli yhden sivun pituinen, johon saatiin kaikki tarvittava tieto mahtumaan. Sama lomakepohja soveltuu käytettäväksi myös lopullisessa hitsausohjeessa. Hitsausohjeeseen tuli jauhekaarihitsaukseen liittyentarkennettua tietoa, kuten hitsausjauheen merkinnot, juurituen yksityiskohdat, suutinetäisyys ja railon valmistusmenetelmä. Hitsausohjeille tehtiin myös kuva hitsausprosessista. Kuvasta näkyy railomuoto, ainevahvuus ja ilmarako. Hitsausohjeeseen merkittiin myös hitsausjärjestys, joka oli jokaisessa ohjeessa yksipalkohitsaus. Hitsausohjeet tehtiin 6, 8, 10 ja 12 mm levyvahvuuksille. Materiaalina oli P355GH painelaiteteräs.

### 7.10 Menetelmäkoe

Ennen tuotantoonottoa on tehtävä menetelmäkokeet, joissa testataan työkappaleiden kestävyys. Menetelmäkokeella varmistetaan, että hitsausliitos täyttää myös tuotantolosuhteissa sen lujuudelle asetetut vaatimukset ja on tasalaatuista hitsaajasta riippumatta. Menetelmäkoea varten tehdään standardikoekappaleet. Ilmoitettu laitos testauttaa koekappaleet hitsauksen jälkeen ja laatii menetelmäkoepöytäkirjan. (Suomen Standarditoimisto 2007, s.419-476)

Menetelmäkokeen jälkeen koekappale testataan standardin SFS-EN ISO 15614-1 taulukon 1 mukaan. Yrityksen oma hitsausoperaattori vastaa hitsauskappaleen 100 %:sta silmämääräisestä tarkastuksesta ja loput testaukset tekee ilmoitetun laitoksen hyväksymä testauslaitos, kuten Metlab Oy Tampereella. Koekappaleelle tehdään seuraavat testaukset:

- Radiograafinen tarkastus
- Pintahalkeaminen tarkastus
- Poikittainen vetokoe
- Poikittainen taivutuskoe
- Iskukoe
- Kovuuskoe
- Makrohietutkimus

(Suomen Standarditoimisto 2007, s. 436)

Menetelmäkoe kattaa vain kokeessa käytetyn materiaalityypin ja alemman alaryhmän materiaalit, virtalajin, hitsausprosessin ja hitsauslisäaineet. Koska koemateriaaleille ei ole asetettu iskutietovaatimuksia, alle 10 mm ainevahvuuksilla lämmöntuonti saa ylittää kokeessa käytetyn. Koemateriaalille on asetettu kovuusvaatimus, jonka vuoksi lämmöntuonti saa alittaa kokeessa käytetyn korkeintaan 25 %. Pätevyysalue määräytyy koekappaleen paksuuden mukaan ja se kattaa 0,5x -1,3x ainevahvuuden välisen alueen. Koska tuotannossa käytetään pääsääntöisesti 6-12 mm materiaalihahvuksia, menetelmäkokeet tulee tehdä 6 mm ja 10 mm ainevahvuuksille. Näillä menetelmäkokeilla saadaan kattavuus välille 3-12mm ja myös lämmöntuonti pysyy hyväksytyissä rajoissa, kuten taulukko 4 osoittaa.

(Suomen Standarditoimisto 2007, s. 424-462)

Taulukko 4. Menetelmäkokeessa käytettävien koekappaleiden raja-arvot.

Koekappaleen paksuus (mm)	Min. paksuus (mm)	Max. paksuus (mm)	Koekappaleen lämmöntuonti (kJ)	Min. lämmöntuonti (kJ)
6mm	3	7,8	19,1	14,3
10mm	5	12	34,4	25,8



### 7.11 Hitsien testaus

Ennen menetelmäkokeiden tekemistä päätettiin hitsit testata erikseen omilla kokeilla. Kahdelle 10 mm paksuiselle levyille tehtiin radiograafiset testaukset Inspecta Oy:n toimesta, joiden perusteella voitiin todeta hitsien olevan virheettömiä koko matkalta. Hitseissä ei ollut röntgenkuvien perusteella hitsausvirheitä ja myöskäänsilmämääräisiä hitsausvirheitä ei ollut havaittavissa. Koekappaleista tehtiin kaksi koessaiuvaa standardin SFS-EN 910 mukaisesti ja ne testattiin omalla taivutuslaitteella. Onnistuneiden kokeiden perusteella tehtiin kuusi koessaiuvaa, jotka testautettiin taivutuskokeella Varkauden Inspecta Oy:llä. Kaikki kuusi koessaiuvaa kestivät taivutuskokeet virheettömiä.

## 8 MENETELMÄKOKEIDEN JA HITSAUSOHJEIDEN LAATIMISEEN AIKANA TARVITTAVAT LASKUKAAVAT

Käyttöönoton aikana jouduttiin laskemaan menetelmäkokeita ja hitsausohjeita varten hitsauksen aikana tapahtuva lämmöntuonti ja virtatiheys jotteivätne kasvaisi liian suureksi.

### 8.1 Lämmöntuonti

Lämmöntuonnin suuruuteen vaikuttaa virta, jännite sekä kuljetusnopeus. Suurempi kuljetusnopeus pienentää lämmöntuontia, ja suurempi virta sekä jännite nostavat sitä. Lämmöntuonti vaikuttaa lämpömuutosvyöhykkeen leveyteen ja pienemmällä lämmöntuonnilla saadaan aikaan kapeampi lämpömuutosvyöhyke. Liian suuri lämmöntuonti saa aikaiseksi teräksen mikrorakenteessa muutoksia, jotka heikentävät teräksen kestävyttä. Yleensä heikoin kohta sijaitsee lämpövaikutusalueen reunassa. Lämmöntuonti lasketaan seuraavan kaavan 1 avulla (Lukkari J. 1997 s.27)

Lämmöntuonti saadaan kaavasta

$$E = \frac{I \cdot U \cdot 60}{v \cdot 1000} \text{ (kJ/cm)} \quad (1)$$

*E on lämmöntuonti*

*I on virta*

*U on jännite*

*v on polttimen kuljetusnopeus cm/min*

Lämmöntuonnin ylärajaksi otettiin 38kJ/cm, joka on jo kohtalaisen suuri. Lämmöntuonnilla ei nähty vaikutusta materiaalin kestävyteen taivutuskokeissa, jotka koesauvat läpäisivät. Lämmöntuonti saatiin kaikille levyvahvuuksille alle maksimin. Taulukossa 5 on esitetty lämmöntuonnin arvot 6-12 mm levyvahvuuksille, joille etsittiin hitsausarvot.

Taulukko 5. Lämmöntuonti eri ainevahvuuksilla.

Ainevahvuus (mm)	Virta (A)	Jännite (V)	Kuljetusnopeus (cm/min)	Lämmöntuonti (kJ/cm)
6	500	29	45,5	19,1
8	600	30,5	39,4	27,9
10	682	31,5	37,5	34,4
12	815	32	41,5	37,7

## 8.2 Virtatiheys

Virtatiheydellä tarkoitetaan hitsauslangassa kulkevan virran määrää langan poikkileikkaukseen neliömillimetriä kohden. Mitä suurempi on virtatiheys, sitä suurempi on sulatusnopeus, langansyöttönopeus ja tunkeuma. Liian suuri virtatiheys saa aikaan epävakaa kaaren, josta seuraa reunahaavavirheitä sekä kovera hitsin muoto. Virtatiheyttä pyrittiin seuraamaan koehitsauksien aikana, jolloin vältyttiin ylimääräisiltä hitsausvirheilä. (Lincoln Electric jauhekaarikoulutus 1. s.19-20)

Virtatiheys saadaan kaavasta

$$J = \frac{A}{\pi \cdot \frac{1}{4} \cdot \varnothing^2} \quad (A/mm^2) \quad (2)$$

*J on virtatiheys*

*A on virta*

*∅ on langan halkaisija*

*A/mm<sup>2</sup> on hitsauslangan poikkileikkauksen pinta-ala*

Taulukossa 6 on esitetty virtatiheyden arvot käyttöönotetuilla hitsausarvoilla. Virtatiheyden maksimi ∅ 3,2 mm langalla on noin 91 A/mm<sup>2</sup> ja ∅ 4,0 mm langalla 66 A/mm<sup>2</sup>. Virtatiheys saatiin pidettyä alle maksimin. (Lincoln Electric jauhekaarikoulutus 1. s. 25)

Taulukko 6. Virtatiheys käytössä olevilla virroilla ja lankapaksuuksilla.

Virta (A)	Langanhalkaisija (mm)	Virtatiheys A/mm <sup>2</sup>
500	3,2	62,2
600	3,2	74,6
682	3,2	84,8
815	4	64,9

## 9 JATKOTOIMENPITEET

Jotta käyttöön otettu jauhekaari olisi valmis tuotantoon, sille on suoritettava menetelmäkokeet. Menetelmäkokeita tarvitsee tehdä kaksi, 6 mm ja 10 mm ainevahvuuksille. Nämä menetelmäkokeet kattavat ainevahvuuden 3-12 mm. Hitsaushenkilöstö tulee myös kouluttaa ennen jauhekaarilaitteiston tuotantokäyttöön ottoa. Käyttöön otetulle jauhekaarihitsauslaitteistolle pätevoidetään menetelmäkokeella kaksi henkilöä. Lisäksi heidän tulee suorittaa Inspecta Oy:n järjestämä jauhekaarikoulutus, jossa testataan hitsaushenkilöstön pätevyys. Kokeen läpäistyään kaksi henkilöä saa hitsausoperaattorin pätevyuden jauhekaarihitsaukselle. Näiden toimenpiteiden suorittamisen jälkeen jauhekaarilaitteisto on valmis tuotantoon.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli uuden jauhekaarilaitteiston käyttöönotto tuotantoon. Jauhekaarihitsauslaitteisto oli hankittu kaksi vuotta takaperin ja se oli ollut käyttämättömänä hankinnasta lähtien. Vastaavanlaista jauhekaarihitsausmenetelmää ei tietävästi ole muualla Suomessa, joten jauhekaaren käyttöönottoon ei ollut saatavilla apua. Jauhekaarilaitteistolle etsittiin hitsausarvot 6-12 mm levyvahvuuksille, tehtiin alustavat hitsausohjeet eli pWPS:t, selvitettiin tarvittava koulutus hitsaushenkilöstölle, selvittiin hitsausoperaattorin tehtävät ja menetelmäkokeiden kannalta suotuisimmat levyvahvuudet, joilla saadaan mahdollisimman kattava levyvahvuusalue.

Käyttöönoton aikana hitsauslaitteistolle joutui tekemään muutoksia. Hitsauslankatelineen paikka vaihdettiin, juurituen ura muotoiltiin uudelleen ja magneettinen puhallus estettiin. Suurin ongelma käyttöönoton aikana oli juurituen muodon etsiminen. Muodolla oli suuri vaikutus hitsin muotoon. Juurituen oikean muodon löydyttyä hitsausarvojen etsiminen helpottui huomattavasti, koska juuren reunahaava hävisi. Käyttöönoton aikana huomattiin aloitus- ja lopetuspalojen tärkeys hitsin laatuun, joten työkappaleissa tullaan käyttämään niitä. Käyttöönoton aikana saatiin hyödyllistä tietoa juurijauheen ja pintajauheen korkeuden riittävydestä, jolloin tuotannossa lisäainekulut saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä.

Käyttöönotettu jauhekaarihitsauslaitteisto osoittautui ongelmalliseksi hitsausarvojen etsimisen kannalta, koska hitsausmuuttujien pienellä muutoksella oli suuri vaikutus hitsin laatuun. Erityisesti ilmaraon muutokset aiheuttivat eniten ongelmia. Railot on koneistettava, jotta hitsin laatu olisi hyvät myös tuotanto-olosuhteissa. Myös lämmöntuonti osoittautui odotettua suuremmaksi ja laitteen todellinen käyttö yli 10 mm aineella on kyseenalaista. Alkuperäistä tandem-prosessia ei pystytä koskaan käyttämään korkeanlämmöntuonnin vuoksi ja siksi toinen poltin ja virtalähde olivat tarpeettomia hankintoja. Laitteistoa hankittaessa oli suunniteltu sillä hitsattavan myös austeniittisia materiaaleja. Jauhekaarilaitteistoa hankittaessa ei ollut huomioitu kuparista juuritukea, jota ei voida seostumisvaaran vuoksi käyttää austeniittisia materiaaleja hitsattaessa. Suuren puristusvoiman takia ei voida myöskään käyttää keraamista juuritukea.

Jauhekaarihitsauslaitteistolle saatiin etsittyä hitsausarvot 6, 8, 10 ja 12 mm ainevahvuuksille. Näille levyvahvuuksille tehtiin alustavat hitsausohjeet. Hitsaushenkilöiden koulutukseen etsittiin kaikki tarvittava tieto, jotta henkilöstö saa hitsausoperaattorin pätevyyden ja he ovat päteviä hitsaamaan käyttöönotetulla jauhekaarihitsauslaitteistolla. Menetelmäkokeet tulee tehdä 6 mm ja 10 mm ainevahvuuksille, jotta ne kattavat kaikki tarvittavat levyvahvuudet.

Menetelmäkokeiden kalleuden ja vähäisen tuotannon vuoksi niitä ei suoritettu vaan ne jätettiin odottamaan suurempia tilauksia. Hitsauslaitteisto on valmis menetelmäkokeita varten ja tarvittavat tiedot on hankittu. Menetelmäkokeita varten on tehty alustavat hitsausohjeet eli pWPS:t, joita tarvitaan menetelmäkokeen aikana.

## LÄHDELUETTELO

### Kirjalliset lähteet:

- Lukkari J. 1997  
Hitsaustekniikka: Perusteet ja kaarihitsaus. Opetushallitus. Helsinki.
- Lukkari J. 1986  
Jauhekaarihitsaus. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Helsinki
- Lukkari J. 2009  
Hitsaustekniikka 3/2009. Millä maailmalla hitsataan.  
Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. Helsinki
- Suomen Standarditoimisto. 2007  
SFS-KÄSIKIRJA 66-1:Hitsaus. Osa 1: Hitsauksen laadunhallinta.  
Suomen standarditoimistoliitto. Helsinki
- Suomen Standarditoimisto. 1995  
Standardi SFS 3052: Hitsaussanasto. Yleistermit.  
Suomen standarditoimistoliitto. Helsinki
- Lincoln Electric. 2005  
Power Wave AC/DC 1000 virtalähteen käyttöohje.  
Lincoln Electric. Cleveland, USA
- Lincoln Electric. 2005  
Koulutusmateriaali: Johdatus jauhekaarihitsausteknologian etuihin.  
Lincoln Electric.
- Lincoln Electric  
Yksilankahitsaus jauhekaarella pdf-tiedosto  
Lincoln Electric
- Lincoln Electric  
Jauhekaarikoulutus 1-pdf-tiedoto  
Lincoln Electric
- Eri-Systems Oy. 2006  
Eri-Systems Oy luentomateriaali. Rantasalmi

**Internet lähteet:**

Mesera Yhtiöt Oy kotisivut  
Perustietoa Yhtiöstä  
<http://www.mesera.fi/fi/>  
Luettu 12.1.2011

Mesera Sorsakoski Oy kotisivut  
Perustietoa Mesera Sorsakoskesta  
<http://www.mesera.fi/fi/Toimipisteet/Mesera%20Sorsakoski>  
Luettu 12.1.2011

Esab Oy Suomen kotisivut  
Hitsaustietoa  
<http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes.cfm>  
Luettu 12.10.2010



**LIITTEET**

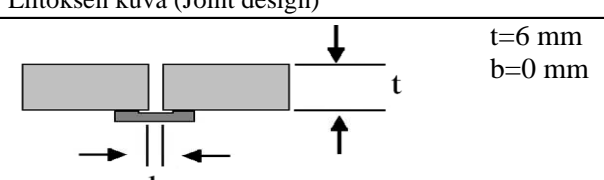
- Liite 1**      Standardiviitteet
- Liite 2.**      pWPS 6 mm levyvahvuudelle
- Liite 3.**      pWPS 8 mm levyvahvuudelle
- Liite 4.**      pWPS 10 mm levyvahvuudelle
- Liite 5.**      pWPS 12 mm levyvahvuudelle

## Standardiviitteet:

SFS-EN 10028-2	Painelaiteteräokset. Kuumalujat seostetut ja seostamattomat teräokset.
CEN ISO 15608	Hitsaus. Metallisten materiaalien ryhmittely.
SFS-EN 756	Hitsausaineet. Hitsauslangat ja lanka-jauheydistelmät seostamattomien terästen ja hienoraeterästen jauhekaarihitsaukseen.
SFS-EN 760	Hitsausaineet. Hitsausjauheet jauhekaarihitsaukseen.
SFS-EN 1418	Hitsausoperaattoreiden pätevyyskokeet.
SFS-EN 287-1	Hitsaajan pätevyyskokeet. Sulahitsaus. Teräokset.
SFS-EN ISO 14731	Hitsauksen koordinointi. Tehtävät ja vastuut.
SFS-EN ISO 5817	Hitsien hyväksymisrajat.
SFS-EN ISO15607	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisohjeet.
SFS-EN ISO 15609-1	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa1: Kaarihitsaus.
SFS-EN ISO 16614-1	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella.
SFS-EN 970	Hitsien rikkoman aineenkoestus. Sulahitsausliitosten silmämääräinentarkastus.
SFS-EN 1435	Hitsien rikkoman aineenkoetus. Hitsausliitosten radiograafinen tarkastus.
SFS-EN 1321	Hitsien rikkova aineenkoestus. Hitsien makro- ja mikrohietutkimukset.
SFS-EN 895	Hitsien rikkova aineenkoestusmetalleille. Poikittainen vetokoe.
SFS-EN 910	Hitsien rikkova aineenkoestusmetalleille. Taivutuskokeet.
SFS-EN 1043-1	Hitsien rikkova aineenkoestusmetalleille. Kovuuskokeet.
EN ISO 4063	Hitsaus ja sen lähiprosessit. Prosessiennimikkeetjanumerotunnukset.

**MESERA SORSAKOSKI VALMISTAJAN HITSAUSOHJE ( WPS )  
 MANUFACTURER`S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION SFS-EN288-1**

WPS-tunnus WPS ID:	Perusaineen merkintä Parent material designation	Hitsausprosessi Welding process:	Lisäaineen luokittelumerkintä ja kaupp nimi (Filler material designation and make):
1/1-plate121B	Group 1.2 (P355GH)	121	L-61 ;AWS A5.17 EN756:S2Si

Valmistaja: Mesera Sorsakoski Oy Manufacturer:	Kokeen valvoja/testauksen suorittaja: Examiner or test body:
Hyväksymispöytäkirjan nro: WPQR no:	Viite nro: Reference no:
Hitsaajan nimi: Welder`s name:	Aineenpaksuus (mm): 6 mm Material thickness (mm):
Liitosmuoto: Päittäisliitos väliaikaisella juurituella Joint type: BW ss mb	Putken ulkohalkaisija: Pipe outside diameter (mm):
Hitsausasento: Jalkoasento Welding position: PA	Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus: Leikkaus ja hionta Method of preparation and cleaning: Cutting and grinding
<b>Hitsauksen yksityiskohdat / Welding details:</b>	
Liitoksen kuva (Joint design)	Hitsausjärjestys (Welding sequences):
 <p>t=6 mm b=0 mm</p>	yksipalkohitsaus single run

Palko Run	Hits.prosessi Process	Lisäain mitta mm Size of filler	Hitsausvirta A Current A	Kaarijännite V Voltage V	Virta/napaisuus Current/Polarity	Syöttönopeus/ Wire feed speed	Kuljetusn. cm/min	Lämmönt. kJ/mm
1	121	Ø 3.2	500 +/-10	29.0+ /-1	DC+	57,3 cm/min	45,5 cm/min	1,9

Lisäaineen käsittely: Any special packing or drying :
Jauheen merkintä: Pinta (surface): 860 ;AWS A5.17/23 EN760: A AB1 56 AC H5 1-16 Designation of flux: Juuri (back): 761 ;AWS A5.17 EN760:S A MS/CS 1 88 AC H5 1-16
Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat: Väliaikainen, kuparinen, urallinen juurituki; uran leveys 16 mm, syvyys 2 mm Details of back gouging/backing: Temporary, copper, backing with groove, groove wide 16 mm, depth 2 mm
Suutinetäisyys (Distance nozzle/work piece): 25 mm
Korotettu työlämpötila (Preheat temperature):
Välipalkolämpötila (Interpass temperature):
Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanheneminen (Aika, lämpötila, menetelmä): Post-weld heat treatment and/or ageing (Time, temperature, method):
Kuumennus- ja jäähtymisnopeudet: Heating and cooling rates:

**HYVÄKSYNTÄ (APPROVALS):**

VALMISTAJA ( MANUFACTURER): MESERA SORSAKOSKI	HITSAUSKOKOEN VALVOJA INSPECTING AUTHORITY:	
Laatinut (Prepared by): _____	Hyväksynyt (Accepted by): _____	
Date and signature	Date and signature	

**MESERA SORSAKOSKI VALMISTAJAN HITSAUSOHJE ( WPS )  
MANUFACTURER`S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION SFS-EN288-1**

<b>WPS-tunnus WPS ID:</b>	<b>Perusaineen merkintä Parent material designation</b>	<b>Hitsausprosessi Welding process:</b>	<b>Lisäaineen luokittelumerkintä ja kauppanimi (Filler material designation and make):</b>
1/1-plate121C	Group 1.2 (P355GH)	121	L-61 ;AWS A5.17 EN756:S2Si

Valmistaja: Mesera Sorsakoski Oy Manufacturer:	Kokeen valvoja/testauksen suorittaja: Examiner or test body:
Hyväksymispöytäkirjan nro: WPQR no:	Viite nro: Reference no:
Hitsaajan nimi: Welder`s name:	Aineenpaksuus (mm): 8 mm Material thickness (mm):
Liitosmuoto: Päätteisliitos väliaikaisella juurituella Joint type: BW ss mb	Putken ulkohalkaisija: Pipe outside diameter (mm):
Hitsausasento: Jalkoasento Welding position: PA	Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus: Leikkaus ja hionta Method of preparation and cleaning: Cutting and grinding
<b>Hitsauksen yksityiskohdat / Welding details:</b>	
Liitoksen kuva (Joint design)	Hitsausjärjestys (Welding sequences):
 <p>t=8 mm b=0 mm</p> <p>yksipalkohitsaus single run</p>	

Palko Run	Hits.prosessi Process	Lisäain. mitta Size of filler	Hitsausvirta A Current A	Kaarijännite V Voltage V	Virta/napaisuus Current/Polarity	Syöttönopeus/ Wire feed speed	Kuljetusn. Travel speed	Lämmönt. kJ/mm
1	121	Ø 3.2	600 +/-10	30,5+ / -1	DC+	72,6 cm/min	39,4 cm/min	2,8

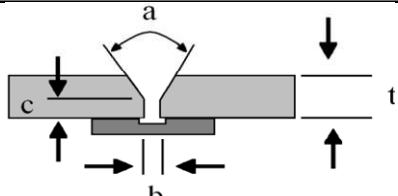
Lisäaineen käsittely: Any special packing or drying :
Jauheen merkintä: Pinta (surface): 860 ;AWS A5.17/23 F6A2-EL12 EN760: A AB1 56 AC H5 1-16 Designation of Flux: Juuri (back): 761 ;AWS A5.17 EN760:S A MS/CS 1 88 AC H5 1-16
Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat: Väliaikainen, kuparinen, urallinen juurituki; uran leveys 16 mm, syvyys 2 mm Details of back gouging/backing: Temporary, copper, backing with groove, groove wide 16 mm, depth 2 mm
Suutinetäisyys (Distance nozzle/work piece): 25 mm
Korotettu työlämpötila (Preheat temperature):
Välipalkolämpötila (Interpass temperature):
Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanhentaminen (Aika, lämpötila, menetelmä): Post-weld heat treatment and/or ageing (Time, temperature, method):
Kuumennus- ja jäähtymisnopeudet: Heating and cooling rates:

**HYVÄKSYNTÄ (APPROVALS):**

VALMISTAJA ( MANUFACTURER): MESERA SORSAKOSKI	HITSAUSKOKEEN VALVOJA INSPECTING AUTHORITY:	
Laatinut (Prepared by): _____	Hyväksynyt (Accepted by): _____	
Date and signature	Date and signature	

**MESERA SORSAKOSKI VALMISTAJAN HITSAUSOHJE ( WPS )  
 MANUFACTURER'S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION SFS-EN288-1**

<b>WPS-tunnus</b> <b>WPS ID:</b>	<b>Perusaineen merkintä</b> <b>Parent material designation</b>	<b>Hitsausprosessi</b> <b>Welding process:</b>	<b>Lisäaineen luokittelumerkintä ja kaupan nimi (Filler material designation and make):</b>
1/1-plate121D	Group 1.2 (P355GH)	121	L-61 ;AWS A5.17 EN756:S2Si

Valmistaja: Mesera Sorsakoski Oy Manufacturer:	Kokeen valvoja/testauksen suorittaja: Examiner or test body:
Hyväksymispöytäkirjan nro: WPQR no:	Viite nro: Reference no:
Hitsaajan nimi: Welder's name:	Aineenpaksuus (mm): 10 mm Material thickness (mm):
Liitosmuoto: Päittäisliitos väliaikaisella juurituella Joint type: BW ss mb	Putken ulkohalkaisija: Pipe outside diameter (mm):
Hitsausasento: Jalkoasento Welding position: PA	Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus: Leikkaus ja hionta Method of preparation and cleaning: Cutting and grinding
<b>Hitsauksen yksityiskohdat / Welding details:</b>	
Liitoksen kuva (Joint design)	Hitsausjärjestys (Welding sequences):
 <p>t= 10 mm b= 0 mm c= 6 mm a= 60°</p>	yksipalkohitsaus single run

Palko Run	Hits.prosessi Process	Lisäain. mitta mm Size of filler	Hitsausvirta A Current A	Kaarijännite V Voltage V	Virta/napaisuus Current/Polarity	Syöttönopeus/ Wire feed speed	Kuljetusn. cm/min	Lämmönt. kJ/mm
1	121	Ø 3.2	682 +/-10	31,5+ /-1	DC+	85,5 cm/min	37,5 cm/min	3,4

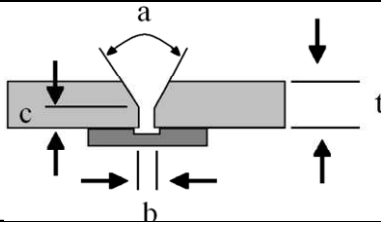
Lisäaineen käsittely: Any special packing or drying :
Jauheen merkintä: Pinta (surface): 860 ;AWS A5.17/23 F6A2-EL12 EN760: A AB1 56 AC H5 1-16 Designation of flux: Juuri (back): 761 ;AWS A5.17 EN760:S A MS/CS 1 88 AC H5 1-16
Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat: Väliaikainen, kuparinen, urallinen juurituki, uran leveys 16 mm, syvyys 2 mm Details of back gouging/backing: Temporary, copper, backing with groove, groove wide 16 mm, depth 2 mm
Suutinetäisyys (Distance nozzle/work piece): 25 mm
Korotettu työlämpötila (Preheat temperature):
Välipalkolämpötila (Interpass temperature):
Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanhentaminen (Aika, lämpötila, menetelmä): Post-weld heat treatment and/or ageing (Time, temperature, method):
Kuumennus- ja jäähtymisnopeudet: Heating and cooling rates:

**HYVÄKSYNTÄ (APPROVALS):**

VALMISTAJA ( MANUFACTURER): MESERA SORSAKOSKI	HITSAUSKOKOEN VALVOJA INSPECTING AUTHORITY:	
Laatinut (Prepared by): _____	Hyväksynyt (Accepted by): _____	
Date and signature	Date and signature	

**MESERA SORSAKOSKI VALMISTAJAN HITSAUSOHJE ( WPS )  
 MANUFACTURER'S WELDING PROCEDURE SPECIFICATION SFS-EN288-1**

WPS-tunnus WPS ID:	Perusaineen merkintä Parent material designation	Hitsausprosessi Welding process:	Lisäaineen luokittelumerkintä ja kauppanimi (Filler material designation and make):
1/1-plate121E	Group 1.2 (P355GH)	121	L-61 ;AWS A5.17 EN756:S2Si

Valmistaja: Mesera Sorsakoski Oy Manufacturer:	Kokeen valvoja/testauksen suorittaja: Examiner or test body:
Hyväksymispöytäkirjan nro: WPQR no:	Viite nro: Reference no:
Hitsaajan nimi: Welder's name:	Aineenpaksuus (mm): 12 mm Material thickness (mm):
Liitosmuoto: Päätäisliitos väliaikaisella juurituella Joint type: BW ss mb	Putken ulkohalkaisija: Pipe outside diameter (mm):
Hitsausasento: Jalkoasento Welding position: PA	Railon valmistusmenetelmä ja puhdistus: Leikkaus ja hionta Method of preparation and cleaning: Cutting and grinding
<b>Hitsauksen yksityiskohdat / Welding details:</b>	
Liitoksen kuva (Joint design)	Hitsausjärjestys (Welding sequences):
 <p>t= 12 mm b= 0 mm c= 7 mm a= 60°</p> <p>yksipalkohitsaus single run</p>	

Palko Run	Hits.prosessi Process	Lisäain. mitta mm Size of filler	Hitsausvirta A Current A	Kaarijännite V Voltage V	Virta/napaisuus Current/Polarity	Syöttönopeus/ Wire feed speed	Kuljetusn. Travel speed	Lämmönt. kJ/mm
1	121	Ø 4,0	815 +/-10	32+ /-1	DC+	66,1 cm/min	41,5 cm/min	3,77

Lisäaineen käsittely: Any special packing or drying :
Jauheen merkintä: Pinta (surface): 860 ;AWS A5.17/23 F6A2-EL12 EN760: A AB1 56 AC H5 1-16 Designation of flux: Juuri (back): 761 ;AWS A5.17 EN760:S A MS/CS 1 88 AC H5 1-16
Juuren avauksen/juurituen yksityiskohdat: Väliaikainen, kuparinen, urallinen juurituki, uran leveys 16 mm, syvyys 2 mm Details of back gouging/backing: Temporary, copper, backing with groove, groove wide 16 mm, depth 2 mm
Suutinetäisyys (Distance nozzle /work piece): 25 mm
Korotettu työlämpötila (Preheat temperature):
Välipalkolämpötila (Interpass temperature):
Hitsauksen jälkeinen lämpökäsittely ja/tai vanhentaminen (Aika, lämpötila, menetelmä): Post-weld heat treatment and/or ageing (Time, temperature, method):
Kuumennus- ja jäähtymisnopeudet: Heating and cooling rates:

**HYVÄKSYNTÄ (APPROVALS):**

VALMISTAJA ( MANUFACTURER): MESERA SORSAKOSKI	HITSAUSKOKKEEN VALVOJA INSPECTING AUTHORITY:	
Laatinut (Prepared by):  _____	Hyväksynyt (Accepted by):  _____	
Date and signature	Date and signature	

---

[www.savonia.fi](http://www.savonia.fi)

