

---

# JAUHEKAARIHITSAUKSEN KÄYTTÖSUHTEEN NOSTAMINEN OUTOTEC TURULA OY:N KONEPAJALLA

---

**Antti Nykänen**

**Opinnäytetyö**

**Ammattikorkeakoulututkinto**





Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Antti Nykänen	
Työn nimi Jauhekaarihitsauksen käyttösuhteen nostaminen Outotec Turula Oy:n konepajalla	
Päiväys 15.09.2011	Sivumäärä/Liitteet 53+1
Ohjaaja(t) Heikki Salkinoja, Matti Yrjänä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Outotec Turula Oy, Kari Koistinen	
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli lisätä jauhekaarihitsauksen (SAW, <i>Submerged Arc Welding</i>) käyttöä Outotec Turula Oy:n konepajalla. Työssä selvitettiin jauhekaarihitsauksen prosessisovellukset ja tehtiin kirjallinen tutkimus jauhekaarihitsauksesta. Eri prosessien käyttöä ja konepajan jauhekaarihitsauksen käyttöastetta arvioitiin nykytila-analyyseissä. Lisäksi tehtiin vertailua MAG- ja SAW-hitsausprosessien välillä tuottavuuden, laadun, ergonomian ja konepajan sisäilman suhteen.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin aikaan uusia tuotteita, jotka hitsattiin jauhekaari-prosessilla. Kirjallinen selvitys antoi lisätietoa jauhekaarihitsauksesta ja sen prosessisovelluksista. Lisäksi saatiin teoreettisia ja käytännön vertailutuloksia MAG- ja SAW-prosessien välillä. Työn aikana uusia SAW-hitsaajia pätevitettiin seitsemän, mikä lisäsi konepajan resursseja. SAW-prosessin hyödyt selvitettiin myös työterveyden edistämisen ja työssä jaksamisen näkökulmasta.</p> <p>SAW:lla hitsattujen tuotteiden laatu oli parempi visuaalisesti sekä teknisesti. Hitsausajat olivat lyhyempiä joten tuottavuus ja läpimenoajat lyhenivät. Hitsaajien työergonomia parani SAW-prosessin myötä. Hallin sisäilman laadun taso parani, koska haitallisia hitsaussavuja ja -huuruja ei tullut.</p>	
Avainsanat SAW, MAG, hitsaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Antti Nykänen			
Title of Thesis Increasing the Use Ratio of Submerged Arc Welding at Outotec Turula Oy's Workshop			
Date	15.09.2011	Pages/Appendices	53+1
Supervisor(s) Heikki Salkinoja, Matti Yrjänä			
Project/Partners Outotec Turula Oy			
<p>This thesis was made with an intention to increase the use of SAW (<i>Submerged Arc Welding</i>) process in the machine shop of Outotec Turula Oy. The literature study was made about SAW, where the applications of the process were discussed. The current use of different processes and the utilization rate of SAW were assessed in a present state analysis. In addition comparison was made between MAG and SAW welding processes by assessing the productivity, quality of products, ergonomics and quality of inside air.</p> <p>As an outcome of this study new products were made with SAW process. The literature study gave new information about SAW and its applications. In addition useful comparison material was received about MAG and SAW processes. Seven welders were educated for SAW during this study, which improved the resources of the machine shop. The advantages of SAW were evaluated also from the perspective of occupational health and well-being at work.</p> <p>The products welded with SAW were superior in their quality both visually and technically. The welding was faster, which improved the productivity and decreased the lead-time. Also the working ergonomics was improved. The quality of inside air was improved because detrimental welding fumes were not developed in the SAW process.</p>			
Keywords SAW, MAG, WELDING			

## ALKUSANAT

Suuret kiitokset ESAB OY:n Juha Lukkarille. Häneltä kirjoittaja sai käytännössä kaiken kirjalliseen tutkimukseen liittyvän aineiston. Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajilleni Heikki Salkinojalle ja Matti Yrjänälle, monet kerrat soiteltiin ja oikoluettiin saatiin onnistunut lopputulos. Kiitokset työnantajalleni, että sain tehdä tutkimustani työn ohessa joustavasti aina kun työtehtävät sen sallivat, vapaa-aikani pystyin käyttämään perheelleni ja muihin tärkeisiin asioihin. Kiitokset myös HIM-tiimini hitsaajille, jotka olitte mukana kehittämässä SAW-hitsausta ja kaikille uusille SAW-pätevyys omaaville hitsaajille. Kiitokset ihanalle perheelleni tuesta tämän projektin aikana. Kiitos yliopistotutkija Raniselle oikein ammattitaitoisista neuvoista ja raportin parannusehdotuksista.

15.9 2011 Outokummussa

Antti Nykänen

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	9
1.1 Yrityksen esittely .....	9-1
1.2 Työn taustatietoa .....	11
1.3 Työn tavoite .....	11
1.4 Työn toteutus .....	11
1.5 Jauhekaarihitsaus 121 .....	12
1.5.1 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat .....	12-13
1.5.2 Jauhekaarihitsauksen prosessisovellukset .....	13-25
2 NYKYTILA.....	26
2.1 Hitsauslisäaineiden kulutus .....	26-27
2.2 Käyttökohteet.....	27
2.3 Apulaitteidenkäyttö.....	28
2.4 Henkilöstön pätevyydet ja menetelmäkokeet.....	28
3 JAUHEKAARIHITSAUKSEN TEHOSTAMISTOIMENPITEET .....	30
3.1 Soveltuvuus ja vertailu MAG-hitsaukseen .....	29-31
3.2 Käytännön hitsaukset ja ajan mittaaminen .....	31-41
3.3 Pyörityspöytien ja pyöritysrullastojen käytön lisääminen .....	41-42
3.4 Työturvallisuus ja ergonomia.....	42-44
4 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	45-46
4.1 uudet menetelmäkokeet.....	47-48
4.2 Henkilöstön päteväittäminen .....	48-49
4.3 Jatkoimenpiteet.....	49-50
4.4 Yhteenveto.....	50-51

## LÄHDELUETTELO

LIITTEET: pWPS

## KÄYTETYT LYHENTEET JA TERMIT

121 SAW	Submerged Arc Welding, Jauhekaarihitsaus
WPS	Welding Procedure Specification
pWPS	Alustava hitsausohje
Q	Lämmöntuonti
I (A)	Kaarihitsausvirta
U (V)	Kaarijännite
v (cm/min)	Hitsausnopeus senttimetriä minuutissa
MIG/ MAG	Metal-Arc Inert Gas Welding ja Metal-Arc Active Gas Welding
MAG	Kaasukaarihitsausprosessi jossa seoskaasu reagoi sulan kanssa
MIG	Reagoimaton kaasu, jollaisia ovat argon ja helium ( inertti kaasu )
PB/2F	Levyjen pienahitsaus, alapiena-asento
PA/1G	Levyjen päittäishitsaus, jalkoasento
t (mm)	Materiaalin ainevahvuus
Hitsausmenetelmä	Eritelty sarja toimenpiteitä, joka sisältää tietyn hitsaustyön kaikki oleelliset vaiheet ja komponentit (Doria)
Hitsausprosessi	Erityinen tapa hitsata, johon sisältyy tiettyjä metallurgisten, sähköisten fysikaalisten, kemiallisten tai mekaanisten periaatteiden soveltamista (Doria)
Hitsaustyöohje	Yksinkertaistettu ohje tuotantoa varten (Doria)
Menetelmäkoe	Standardisoidun koekappaleen valmistaminen alustavan hitsausohjeen ( pWPS ) mukaisesti
Hitsausaineet	Hitsauksessa käytetyt materiaalit, kuten lisäaineet, jauheet ja kaasut (Doria)
Mankelointi	Suoran levyn muokkausta vaipaksi
Silloitus (heftaus)	Kappaleiden kokoonpanoa ja liittämistä toisiinsa lyhyin hitsein
Särmäys	Taitoksien tekoa levyihin
Koekappale	Hitsaamalla tehty koekappale, jota käytetään testaukseen
Lämmöntuonti	Hitsauksen aikana hitsiin tuotu lämpö (Doria)
Perusaineen paksuus	Hitsattavan materiaalin paksuus (Doria)
Kaarihitsausvirta	Virta, joka kulkee elektrodin kautta (Doria)
Kaarijännite	Kosketussuuttimen tai puikonpitimen välinen potentiaaliero (Doria)

Hitsausnopeus	Nopeus, jolla hitsaus etenee hitsaussuuntaan (Doria)
Välipalkolämpötila	Monipalkohitsin ja sen läheisyydessä olevan perusaineen lämpötila juuri ennen seuraavan palon hitsausta (Doria)
Langansyöttönopeus	Aikayksikössä kulutetun langan pituus
Jauhekaaritraktori	Omilla vetävillä pyörillä toteutettu SAW-sovellus
Hitsausasennot	Hitsausasento tarkoittaa sitä, missä asennossa railo on, eli siis missä asennossa hitsattava rako tai hitsi on (Doria)
HIM	Seostamattoman rakenneteräsen hitsausosasto Turulassa
HIK	Ruostumattoman teräksen hitsausosasto Turulassa
Musta rauta	Seostamaton rakenneteräs ( Turulan konepajan käytetyin on S355 )
Kirkas rauta	Ruostumattomia teräksiä, joita on seostettu nikkelillä, molybdeeniilla ja kromilla
Jigi	Aputyökalu jolla kappale esimerkiksi kiinnitetään hitsausta varten tai kappale kootaan jigiä apuna käyttäen
TIG	On kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välillä ( Doria)



## 1 JOHDANTO

Tässä työssä tutkittiin jauhekaaren käytön lisäämistä Outotec Turula Oy:n konepajalla. Yritys hankki tammikuussa 2011 uuden jauhekaarihitsaustornin, joka on ESAB:n LAF/TAF 1250 AC/DC tandem. Uudelle koneelle haluttiin järjestää aiempaa enemmän työtä ja kouluttaa lisää hitsaajia tähän prosessiin. Työssä selvitettiin jauhekaari-prosessin aikaisempi ja nykyinen käyttö sekä tehtiin kirjallinen tutkimus jauhekaarihit-sauksesta prosessisovelluksineen.

### 1.1 Yrityksen esittely

Outotec Oyj on maailmanlaajuisesti toimiva suomalainen pörssiyhtiö, joka suunnittelee ja toimittaa ympäristön kannalta kestäviä mineraalirikastamoja ja metallurgisia laitoksia, prosesseja, erikoislaitteita ja elinkaaripalveluja perusmetallien tuotantoon, rautamalmin, ferroseoksien ja titaanipitoisten raaka-aineiden prosessointiin, rikkiha-pon tuotantoon, sekä alumiinioksidin ja kevytmetallien tuotantoon. Lisäksi Outotecin teknologioita käytetään poistokaasujen käsittelyyn, koksitukseen, bioenergian tuotta-miseen, öljyliuskeen ja öljyhiekan jalostamiseen sekä teollisuusvesien käsittelyyn. Toimitusten laajuus vaihtelee kannattavuusselvityksistä kokonaisuun avaimet käteen laitoksiin. Tyypillinen toimitus käsittää räätälöidyn teknologiaratkaisun, suunnittelun, prosessilaitteet, automaation, projektin toteutuksen ja laitoksen elinkaaripalvelut.

Outotec Turula Oy on konepaja, joka valmistaa koneita, komponentteja, laitteita ja tuotantolinjoja tarkasti asiakkaan toiveiden, vaatimusten ja suunnitelmien mukaisesti. Yrityksellä on 17 500 neliometriä tuotantotilaa Outokummun teollisuuskylässä. Avarat hallit on suunniteltu mittavien laitekokonaisuuksien valmistamiseen ja kokoonpanoon. Sisäisiin kuljetuksiin on mm. 60 tn vetomestari ja siltanostureita, maksimi nostokapa-siteetti 50 tn. Yrityksessä työskentelee n. 170 henkilöä. ( Outotec )

### Konepajan hitsausosasto

Hitsausosastolla satsataan jatkuvaan lisä- ja täsmäkoulutukseen. Mittava joukko ko-koneita hitsareita työskentelee useiden IWE, IWT ja IWS-koulutuksen saaneiden huippuammattilaisten johdolla. Käytössä on ISO 9001 sisältäen SFS EN ISO 3834-2 -laadunvalvontajärjestelmän.

Konepajalla on käytössä seuraavat hitsausprosessit ja hitsauslaitteet.

### **TIG- ja MIG hitsaus**

Yhteensä n. 70 kpl TIG-, MIG/MAG- ja puikkovirtalähteitä.

### **Jauhekaaritorni**

Jauhekaaritorni l = 12 000 mm, h = 5000 mm

Jauhekaaren käsittelylaitteita: PEMA- pyöritysrullastot 40tn PEH- ohjainkortilla, PE-MA 40 tn pyöritysrullastot ja useita pyörityspöytiä max. 10tn.

Jauhekaaritraktori A2 Multitrac

### **Plasmahitsaus**

Plasmahitsauslaitteisto Plasmaweld 400. Levyreunakiinnittimen pituus 5000 mm, maksimi halkaisija rullien päällä 3000 mm

### **Robottihitsaus**

Robottihitsauksessa virtalähde 500 A, pyöristyslaitteessa kappaleen enimmäispituus 9000 mm, halkaisija 1200 mm, kantavuus 1600 kg tai servopöydässä 3000 mm x 3000 mm, kantavuus 1500 kg.

### **CO<sub>2</sub>-laserhitsausasema**

Kestokatodien valmistukseen on ABB:n käsittelyrobotti ja CO<sub>2</sub> –laser portaaliraobotti. Lisäksi kestokatodien profiiliputken tulppien hitsaus on robotisoitu ABB:n käsittely-, ja hitsausroboteilla.

(Outotec 2011)

## 1.2 Työn taustatietoja

Konepajalla tuotteet ovat aikaisemmin olleet rakenteeltaan pitkälti sopimattomia jauhekaarihitsaukseen ja mekanisointiin. Rakenteet ovat olleet monimutkaisia ja hitsattavat hitsit lyhyitä. Konepajalle hankittiin tammikuussa 2011 uusi jauhekaarihitsauskone ja sen käyttösuhteen nostaminen tuli ajankohtaiseksi. Hitsattavissa tuotteissa on paksujakin ainevahvuuksia, pääsääntöisesti kuitenkin 10-20 millimetriä. Teoreettisesti tutkittaessa on selvää, että jauhekaarihitsauksen paloaikasuhteet saadaan mekanisoimalla huomattavasti paremmiksi ja hitsiaineiden tuotot ovat n. puolet suurempia, kuin MAG- hitsauksessa. Uuden koneen ja edellä mainittujen asioiden johdosta oli selvää, että jauhekaarihitsauksen tasoa oli saatava parannetuksi.

## 1.3 Työn tavoite

Aluksi selvitettiin jauhekaaren nykyinen käyttö, lisäaineiden kulutukset, menetelmät, hitsaajat, käytetyt tehosteet (metallijauheet yms.) ja apulaitteet. Markkinoilla olevista laitteistoista, prosessisovelluksista sekä niiden käytöstä erilaisin tuotteisiin tehtiin kirjallinen tutkimus. Työn päätavoite oli saada lisättyä jauhekaariprosessin käyttöä ko-

nepajassa. Kirjoittajan tavoitteena oli miettiä uusia tuotteita, joita voitaisiin hitsata jauhekaariprosessilla.

Sivuajat kartoitettiin ja sen perusteella voitiin päätellä onko tapauksessa järkevää hitsata MAG:lla vaiko SAW:lla. Tavoitteena oli saada pätevoitettyä uusia hitsaajia SAW-prosessiin ja sitä kautta tehdä sen käyttöä paremmaksi. Myös hitsaajien työergonomian parantuminen ja työssä jaksamisen merkitys ja vaikutukset ovat tärkeitä asioita prosessivalintoja tehdessä. Tavoitteena oli uusien hitsausasentojen ja apulaitteiden, kuten uuden pyöritysalustan hyväksikäyttäminen prosessissa. Tavoite oli myös ottaa kaiken em. suunnittelun lisäksi huomioon metallurginen puoli, materiaalien vaatimukset, lämmöntuonti ja hitsausenergia sekä laskea myös paloaikasuhteita, hitsien tuottoja ja käyttösuhteita ja verrata täällä eniten käytettyä MAG-hitsausta jauhekaarihitsaukseen.

#### 1.4 Työn toteutus

Asian tutkiminen aloitettiin haastattelemalla HIM:n hitsaustyönjohtaja Kauko Vänskää sekä jauhekaarella hitsaavia hitsareita. Syynä nykyisen käytön vähäisyyteen tuli esille seuraavanlaisia asioita:

Jauhekaarihitsaustorni oli kiinteästi sijoitettuna ja kappaleen kuljettaminen sen luokse ja asetusten tekeminen hitsausta varten oli koettu työlääksi. Yleinen ajattelumalli oli, että siinä ajassa missä kappaleen siirsi jauhekaariautomaatille, sen hitsasi käsin MAG:lla. Jauhekaarihitsauksen lämpötilan muutokset olivat myös olleet ongelmallisia.

Esimerkiksi valupöydän säteisalkin hitsaus vaihdettiin tehtäväksi robotilla MAG-prosessilla, koska siinä oli helppo hitsata eri puolilta, jotta lämpömuodonmuutokset pysyisivät vähäisinä. Selkeä syy jauhekaaren vähäiseen käyttöön oli myös jauhekaariprosessin pätevyyksien vähyys.

Hitsauslisäainetoimittajalta pyydettiin viime vuosien kaikkien hitsauslisäaineiden toimitukset, joista selvitettiin nykytila. Mikäli valmistukseen tulevilla tuotteilla oli potentiaalia jauhekaarihitsaukseen, ne otettiin hitsattavaksi. Hitsausajat mitattiin ja verrattiin näin ollen läpimenoaikoja aikaisempiin MAG-prosessilla tehtyihin hitseihin, kokeiltiin erilaisia asentoja ja pyörityslaitteiden kombinaatioita yms. Tulokset kirjattiin ja lisättiin tähän raporttiin. Myös vuorovaikutus hitsaajien ja työnsuunnittelijoiden kanssa oli tärkeää ja siitä saatiin tutkimukseen paljon erilaisia näkökantoja. Tarkoitus oli tehdä

tutkimusta koko kesän 2011 ajan tuotteiden vaihtuessa ja saman vuoden syksyllä tehtiin tarvittavia laskelmia ja yhteenvetoja.

## 1.5 Jauhekaarihitsaus 121

Jauhekaarihitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkapaleen välissä hitsausjauheen alla. Hitsausjauhe suojaa hitsaustapahtuman ympäröivältä ilmalta. Osa jauheesta sulaa ja muodostaa hitsin päälle kuonakerroksen, joka myöhemmin poistetaan. (ESAB)

Valokaari ei ole näkyvä kuten muissa prosesseissa, vaan palaa piilossa jauheen alla. Tästä syystä jauhekaarihitsauksessa ei synny lämpö- ja valosäteilyä eikä hitsaussavuja, mikä tekee siitä työympäristön kannalta edullisen hitsausprosessin. Englanninkielinen nimitys on *Submerged Arc Welding*. Hitsausaineet ovat hitsauslanka ja hitsausjauhe. Hitsauslangat ovat paksuja lisäainelankoja, joiden yleisin halkaisija on 4,0 mm, mutta jauhekaarihitsauksessa käytetään myös tätä ohuempia ja paksumpia lankoja. Hitsausjauheet ovat raemaisia, sulavia ja mineraalista ja metallista alkuperää olevia tuotteita, joita on kemialliselta koostumukseltaan erilaisia. (ESAB 2011)

### 1.5.1 Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat

Jauhekaarihitsauksen etuina on suuri tehokkuus (hitsiaineentuotto), suuri tunkeuma, työympäristöystävällisyys, tunteettomuus vedolle ja tuulelle sekä pitkäikäiset ja toimintavarmat laitteet. Hitsiaineentuotto on tyypillisesti 6-12 kg/h, jolla tarkoitetaan kaariaikatunnissa sulatettua lisäainemäärää. Erilaisissa suurtehojauhekaariprosesseissa se on jopa 100 kg tunnissa. Käyttöalue alkaa noin 5 mm:n aineenpaksuudesta lähtien. Jauhekaarihitsaus on lähes poikkeuksetta mekanisoitua hitsausta. (ESAB)

Tehokkaana hitsausprosessina jauhekaarihitsausta käytetään paljon lähinnä keskiraskaassa ja raskaassa konepajateollisuudessa ja laivanrakennuksessa. Kattila-, säiliö- ja paineastiavalmistuksessa sitä käytetään mm. lieriöiden kehä- ja pituushitseihin sekä ulkopuolisena että sisäpuolisena hitsauksena. Suuret palkit ja putket valmistetaan myös jauhekaarihitsauksella. Jauhekaarihitsaus soveltuu hyvin useimpien terästen hitsaukseen. Erilaisia hitsattavia teräksiä ovat mm. seostamattomat, hienorae-, kuumalujat, lujat ja ruostumattomat teräkset. (ESAB)

Jauhekaarihitsauksen tyypillisiä etuja ovat mm:

- Laaja käyttöalue: ohuet levyt, paksut levyt, seostamattomat, runsasseosteiset, ruostumattomat, pinnoitus, ja korjaushitsaukset.
- Suuri tunkeuma merkittävästi vähentää tai jopa poistaa railonvalmistusta.
- Taloudellinen, lisäaineen määrä on usein pienempi, kuin muissa hitsausprosesseissa .
- Erittäin hyvä hitsin ulkonäkö.
- Hyvät mekaaniset ominaisuudet.
- Ei näkyvää valokaarta, vähentää hitsaajan suojautumistarvetta eikä aiheuta häiriötä muille.
- Helppo oppia ja käyttää.
- Ei hitsaussavuja, parantaa hitsaajan viihtyvyyttä ja säästää kuluja ilmanvaihdossa. (RETCO 2011)

Haittoina ovat mm. seuraavat asiat:

- asentohitsausmahdollisuudet hyvin rajoitetut
  - kalliit laiteinvestoinnit
  - tiukat railonvalmistus- ja sovitustarkkuusvaatimukset
  - huono soveltuvuus monimuotoisiin kappaleisiin ja hitseihin
  - suuri hitsausenergia
  - jauheen käsittelystä aiheutuva pöly
- ( Lukkari, 1997, 131)

#### 1.5.2 Jauhekaarihitsauksen prosessisovellukset

Tämä luku perustuu Lukkarin (1997,132-140) kuvaukseen erilaisista prosessisovelluksista. Kuvat ja hitsiaineentuottomäärät ovat ESAB HITSAUSUUTISET- lehden artikkelista otettuja sekä Juha Lukkarin kirjoittajalle lähettämiä. (2/2005 ja 3/2008)

Kuvassa 1 esitetyn jauhekaarihitsauksen perussovelluksesta yksilankahitsauksesta on kehitetty paljon erilaisia sovelluksia. Pää tavoitteena on ollut tehokkuuden parantaminen, mutta myös hitsauksen monipuolistaminen on ollut tärkeä tekijä.

Alla vertailupohjana jauhekaarihitsaus yhdellä 4 mm:n langalla jonka keskimääräinen hitsiaineen tuotto on 10 kg/h.



KUVA 1. Yksilankahitsaus levyjen päittäisliitoksessa. ( ESAB )

**Erlaisia sovelluksia hitsiaineen tuoton nostamiseksi:**

- **Hitsaus - navassa 12-14 kg/h**
- Jauhekaarihitsauksessa käytetään yleensä tasavirtaa ja + napaa, koska sillä saadaan suurin tunkeuma. Tiiviysvarmuus ja palkomuoto ovat parempia kuin – navassa tai vaihtovirralla. Jos hitsataan – navassa, niin lanka sulaa huomattavasti nopeammin ja hitsiaineen tuotto kasvaa 20-40 % verrattuna hitsaukseen + navassa. Tämä hitsaustapa soveltuu erinomaisesti eritoten päälle hitsaukseen, missä pyritään samanaikaisesti suureen tuottoon ja pieneen sekoittumiseen.
- **Hitsaus pitkällä vapaalangalla 12-15 kg/h**
- Mitä pidempi vapaalanka sitä enemmän lanka esikuumentuu vapaalangan vastuslämmön vaikutuksesta, silloin myös sulaminen nopeutuu.
- Hitsiaineen tuotto kasvaa vapaalangan pituudesta riippuen noin 20-50 %.

- Pitkän vapaalangan käyttö on yksinkertainen tapa nostaa tuottoa eikä se edellytä muuta lisälaitetta kuin mahdollisen langanohjaimen.
- Käytetään etupäässä päällehitsauksessa, koska tuotto suuri ja sekoittuminen pieni.
- **Kaksoislankahitsaus Twin 15 kg/h**



KUVA 2. Kaksoislankahitsaus jauhekaarella. ( ESAB )

- Kaksoislankahitsauksessa johdetaan hitsausvirta samasta virtalähteestä kahden lankaan, joita yhteinen langansyöttölaite syöttää kaksireikäisen kosketusuuttimen läpi samaan hitsisulaan.
- Langat ovat lähekkäin, etäisyys noin 4-8 mm.
- Langat ovat ohuempia kuin yksilankahitsauksessa ja tandem-hitsauksessa.
- Virtatiheys on suurempi kuin yksilankahitsauksessa.
- Tuotto on 20-40 % suurempi kuin yksilankahitsauksessa.
- Kaksoislankahitsaus soveltuu parhaiten pienehköjen alapienahitsien hitsaukseen suurella nopeudella.

### Tandem-hitsaus eli kaksilankahitsaus 20 kg/h



KUVA 3. A6 Tandem master.( ESAB )

- Tandem- eli kaksilankahitsauksessa käytetään samanaikaisesti myös kahta hitsauslankaa, joilla kummallakin on oma virtalähde, langansyöttölaite ja ohjausyksikkö.
- Valokaaret palavat saman kuonakerroksen alla joko omassa tai samassa kaariontelossa riippuen lankojen välisestä etäisyydestä.
- Langat ovat yleensä paksuja 4 + 4 mm, 5 + 5 mm tai 6 + 6 mm, ja niiden etäisyys toisistaan on normaalisti noin 15-25 mm.
- Etäisyydellä on vaikutusta mm. tunkeumaan ja palon muotoon.
- Valokaaret palavat saman kuonakerroksen alla joko omassa tai samassa kaariontelossa riippuen lankojen välisestä etäisyydestä.
- Etäisyydellä on vaikutusta mm. tunkeumaan ja palon muotoon.
- Ensimmäisellä langalla pyritään mahdollisimman suureen tunkeumaan ja toisella saadaan aikaan palon levitys.
- Ensimmäinen lanka on joko pystysuorassa tai hiukan kallistettuna hitsaus-suuntaan nähden eli vetävään asentoon, millä parannetaan tunkeumaa.
- Toinen lanka on yleensä hiukan työntävässä asennossa.



- Tandem-hitsauksella saadaan kaksinkertainen hitsiaineentuotto yksilankahitsaukseen verrattuna.
- Hitsausenergia myös korkea, joskaan ei kaksinkertainen, koska nopeus on vastaavasti myös suurempi
- Käyttökohteita ovat paksut levyt → 40 mm levy kaksipalkohitsauksena, suuret putket ja palkit, suuret pienahitsit ja paksuseinämaisten painelaitteiden pituus- ja ympäryshitsit.
- **Nauhahitsaus 10-40 kg/h**
  - Erona lankahitsaukseen on, että tässä käytetään lisäaineena metallinauhaa.
  - Yleisin nauhakoko on 0,5x60 mm.
  - Erityispiirre on valokaaren käyttäytyminen. Se ei pala koko nauhan leveydeltä vaan paikallisesti yhdessä tai useammassa kohdassa liikkuen edestakaisin nauhan reunasta reunaan
  - Käytössä ovat samat laitteistot kuin lankahitsauksessa. Muutostyönä tarvitaan ainoastaan nauhahitsauspään vaihtaminen vastaavan lankahitsauspään tilalle.
  - Nauhahitsausta käytetään mm. seostamattomien tai niukkaseosteisten terästen päälle hitsaukseen korroosion kestäväällä lisäaineella (esim. 309MOL) kuten kuvassa 4.
  - Hitsausenergian ollessa erittäin suuri tulee levyn olla paksua, jotta se säilyttää muotonsa



KUVA 4. Pallomaisen kappaleen pinnoitushitsausta nauhallalla. ( ESAB )

- Tyypilliset kohteet ovat paineastioiden sisäpinnat, ydinvoima- ja prosessiteollisuuden reaktoripaineastiat, lämmönsiirtimien putkilevyt sekä telat ja rullat.
- **Hitsaus käyttäen metallijauhetehostusta 15 kg/h**



KUVA 5. Metallijauheen lisäys yksilanka menetelmään. ( ESAB)

- Hitsiaineentuottoa voidaan nostaa myös syöttämällä kuvan 5 tavalla hitsiainetta muodostavaa metallijauhetta sopivalla tavalla railoon.
- Käytössä on kaksi tapaa, metallijauheen syöttö hitsauspään edellä railoon ja metallijauheen syöttö langan ympärille.
- Jauhe syötetään tarkasti syöttölaitteen avulla esim. 0-200 g/min eli 0-12 kg/h.
- Tyypillinen syöttömäärä on noin 40-80% hitsaus langan määrästä.
- Hitsiaineen tuotto on suurimmillaan kaksinkertainen yksilankahitsaukseen verrattuna.
- Metallijauheen syöttö pienentää tunkeumaa, mistä syystä sitä ei käytetä pohjapalon hitsaukseen.
- Hitsatessa käytetään samoja arvoja kuin normaalihitsauksessa.

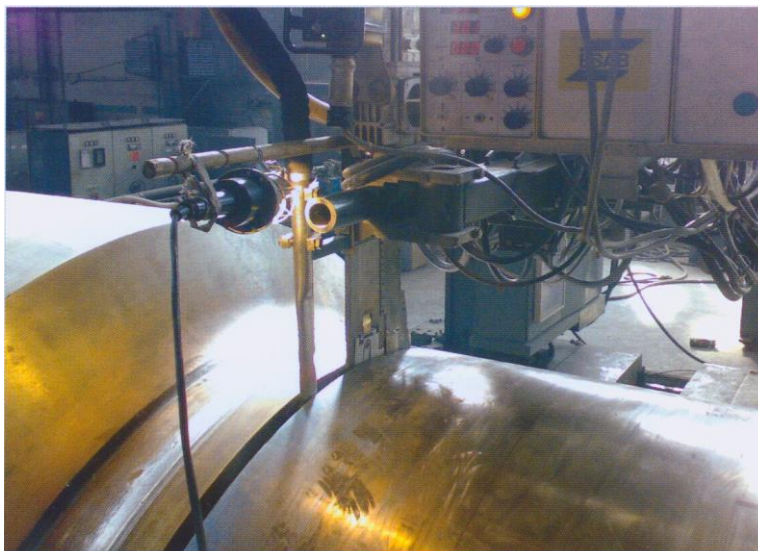
- Tyypilliset käyttökohteet ovat mm. paksuseinämaisten putkien ja telojen pituushitsit, lieriömäisten kappaleiden hitsaus ja paksujen levyjen hitsaus.
- **Kuumalankahitsaus**
- Kuumalankahitsauksessa syötetään erillistä virrallista , ohutta lisälankaa hitsauspään etupuolelta hitsisulaan.
- Kuumalankaa varten tarvitaan lisävarustuksena oma virtalähde, ohjausyksikkö ja langansyöttölaite.
- Kuumalankahitsauksella saavutetaan huomattava hitsiaineentuoton kasvu hyvin pienellä energian lisäyksellä.
- Kuumalangan syöttömäärä voi olla 0-100 % kaarilangan määrästä.
- Kuumalankahitsauksen käyttö on vähäistä, pienentää tunkeumaa ja se vaatii tarkkuutta ja huolellisuutta.
- Systemi on arka häiriöille jatkuvassa käytössä.
- **Kylmälankahitsaus 15 kg/h**



KUVA 6. A6-synerginen kylmälangansyöttö. ( ESAB )

- Kuvassa 6 esitetty prosessi muistuttaa kuumalankahitsausta.
- Siinä syötetään kuitenkin virratonta, ohutta lisälankaa etupuolelta hitsisulaan.
- Lisävarusteena tarvitaan vaan langansyöttölaiteisto.
- Tapa on vähän käytetty, koska siinä on helposti ilmeinen liitosvirhevaara.
- Kokeissa on päästy hyviin tuloksiin ja pystytty kasvattamaan tuottoa 50 % yksilankahitsaukseen verrattuna.
- **Kapearailohitsaus**

- Kapearailohitsauksella tarkoitetaan paksujen levyjen hitsausta kapeaan I-railoon, jonka kyljet ovat pystysuorat tai lähes pystysuorat ja jossa ilmarako on prosessin ja levynpaksuuden mukaan noin 10-30 mm.
- Tällä tavalla pyritään hyvään tuottavuuteen pitämällä tarvittava hitsiainemäärä pienenä kapean railon ansiosta.
- Rajapaksuus on luokkaa 50-80 mm, josta ylöspäin kannattaa harkita kapearailohitsausta.
- Ominaispiirteet ovat: kapea I-railo, railonseurannan käyttö, tarkka palkojen sijoittelu, yleensä kaksi palkoa kerrosta kohti, pienehkö hitsausenergia (15-25 kJ/cm).
- Kun hitsataan kaksi palkoa kerrosta kohti, niin hitsit ovat itse asiassa pienähitsejä, jolloin kuonan irtoaminen on hyvä ja se tapahtuu itsestään eikä vaadi mitään erikoisjauhetta.
- Kapearailohitsaus tarvitsee sitä varten rakennetun hitsauspään, joka on kapea, levymäinen ja eristetty.
- Hitsauspää tarvitsee myös kääntölaitteen, jonka avulla hitsauslanka suunnataan vuorotellen railon kummallekin kyljelle, kun hitsataan palkokerros kahdella palolla.
- Kapearailon mekaaniset ominaisuudet ovat erittäin hyvät.



KUVA 7. Kapearailohitsausta paksuseinämaiseen painelaitteeseen.  
( ESAB )

- **Täytelankahitsaus 13 kg/h**
- Langat muistuttavat paljon MAG- täytelankoja.
- Täytetyypit ovat emäs- ja metallijauhe.

- Käyttökohteet metallitäytelangoille ovat nopeat pienat eli telakoilla hitsataan jäykisteteitä paksuihin levyihin nopeudella 1,5 metriä minuutissa.
- Emästäytteisillä langoilla saadaan tehokkaasti hitsattua päittäisliitokset.
- Hitsausnopeus on kasvanut joissain sovellutuksissa jopa 30 % käytettäessä täytelankaa verrattuna umpilankaan.
- Tätä prosessia käytetään myös yhdeltä puolelta hitsauksessa.



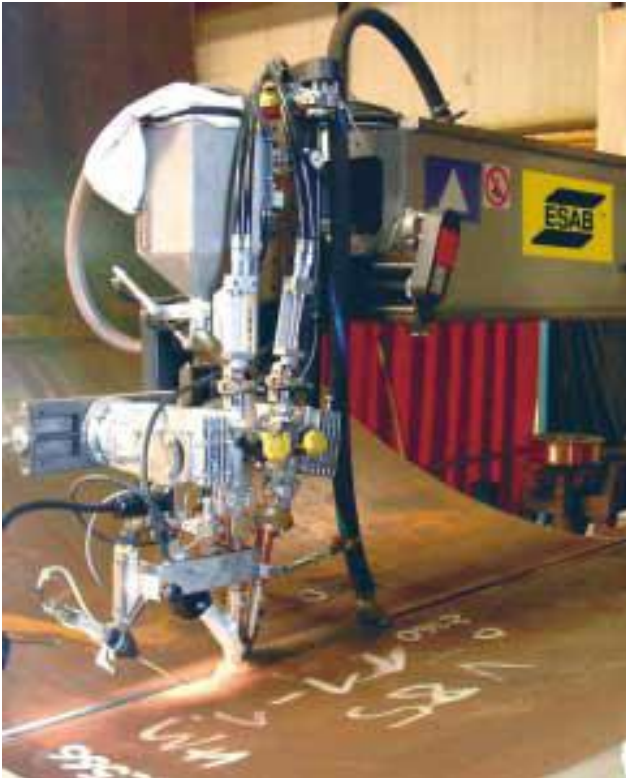
KUVA 8. Jauhekaarihitsausta täytelangalla. ( ESAB )

Alla olevissa kuvissa 8-11 on esitelty erikoissovelluksia em. prosesseista yhdistettyinä. ( ESAB )





KUVA 9. Kaksoislanka-tandem+kylmälinka=40kg/h.



KUVA 10. Kaksoislanka-tandem=30 kg/h.



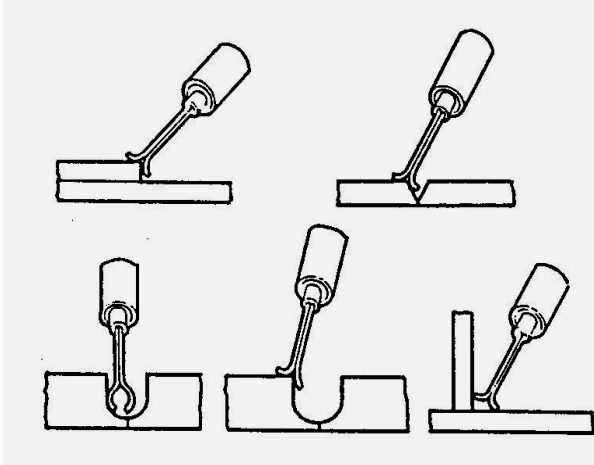
KUVA 11. 4-lankahitsaus=60 kg/h.



KUVA 12. 6-lankahitsaus=100 kg/h.

Lisäksi markkinoilla on monia oheislaitteita jauhekaarihitsausta varten, mm. automaattiset jauheenkäsittelylaitteet ja railonseurantalaitteet.

Turulassa on käytössä kuvassa 13 esitetty sähkömekaaninen railonseurantajärjestelmä.



KUVA 13. Tuntoelin+ pysty ja vaakaluisti. ( ESAB )

Nykyisin on käytössä myös adaptiivisia railonseurantajärjestelmiä, mutta tässä tutkimuksessa ei syvemmin tutkittu niitä.

Adaptiivinen hitsaus on hitsausta, jossa prosessin hallintalaitteisto mittaa hitsausolosuhteita kuten railon geometriaa tai syntynyttä hitsiä automaattisesti. Saatua tietoa käsitellään ja muutetaan takaisinkytkennän kautta siten, että jatkuvasti saavutetaan vaadittu laatu. ( Cary 2005, s. 291.)





KUVA 14. Outotec Turula Oy:n tandem jauhekaaritorni.

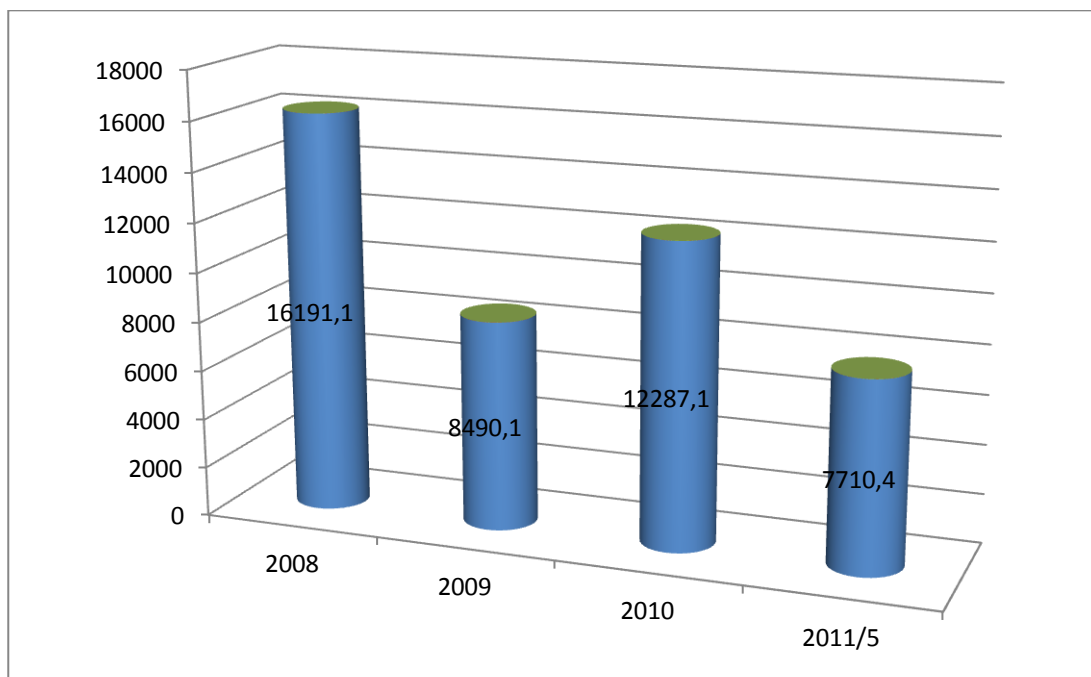
Tornin maksimi hitsauskorkeus on n. 6 metriä sekä puomin pituus 6 metriä. Lattiassa on 20 metriä pitkät kiskot joilla saadaan lisää ulottuvuutta jauhekaarihitsaukseen. Lisäksi hankittiin tornin vasemmalle puolelle grilli-tyyppinen käsittelylaite, johon voi kiinnittää maksimissaan 13 metriä pitkän ja maksimissaan 40 tn painavan kappaleen. Jauhekaaritorni ylittää käsittelylaitteen keskiakselille.

## 2 NYKYTILA

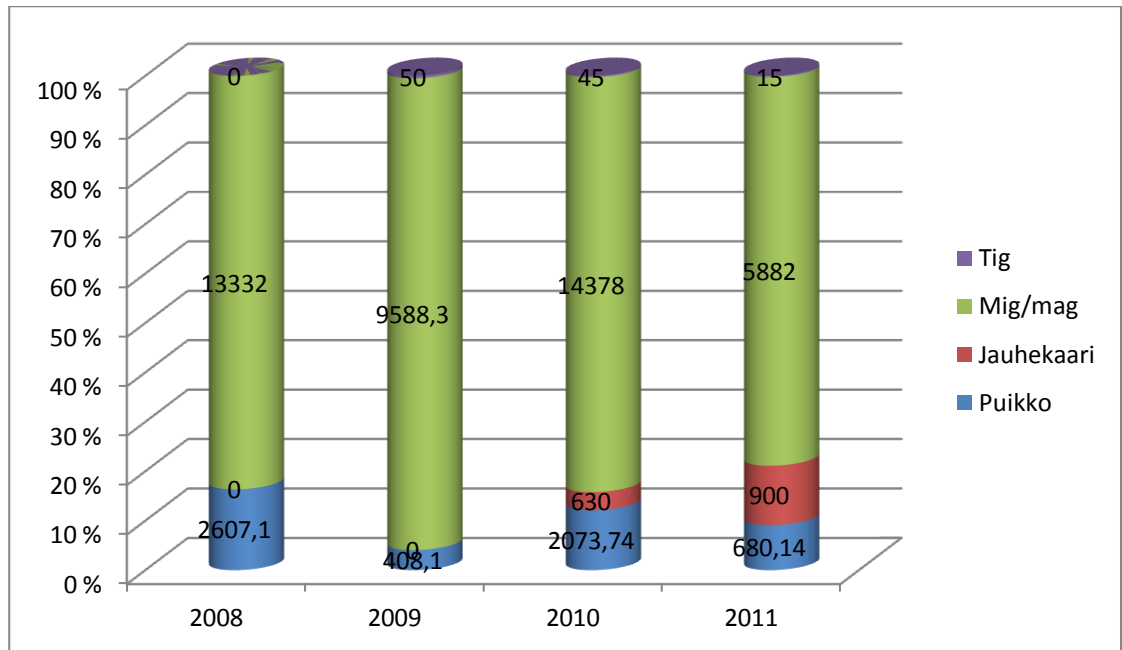
### 2.1 Hitsauslisäaineiden kulutus

Lisäainetoimittajilta (Böhler Oy ja Esab Oy) hankittiin kaikkien tilattujen lisäaineiden määrät ja luettelot. Hitsauksen työnjohdon toimesta on tilattu joitain yksittäisiä lankakeloja, puikkopakkauksia ja lisäainelankoja, mutta määrät ovat pieniä ja kyseessä on pääosin erikoismateriaaleja, kuten SMO. Näitä ei ole huomioitu lainkaan. Pyrittiin siis antamaan kuva tämän konepajan hitsausprosesseista ja niiden käyttösuhteista. Tästä voidaan helposti päätellä, että lankakoneet ovat ylivoimaisesti käytetyimmät prosessit ja jauhekaaren käyttö on vähäisempää. TIG- hitsauksen pääkohteet eli ohutseinämaiset halkaisijaltaan pienehköt putket eivät kovin paljoa lisäainetta vaadi, joten kilojen vertailu ei ole suoraan verrannollista muihin prosesseihin. TIG on yleinen ja käytetty prosessi konepajalla. Hitsaajien ja työnjohdon haastattelujen perusteella suurin osa hitsauksesta tapahtuu nykyisin MAG:illa.

Alla olevassa kuvassa 15 on esitetty kaikkien lisäaineiden tilaukset neljältä vuodelta.



KUVA 15. Konepajan kaikki tilatut hitsauslisäaineet kilogrammoina 2008-2011/5. Alla olevasta kuvasta käy ilmi SAW- prosessin pieni osuus hitsauksessa. Neljän vuoden aikana on SAW-lisäainelankaa on tilattu 1530 kg ja muita lisäaineita melkein 50000 kg.

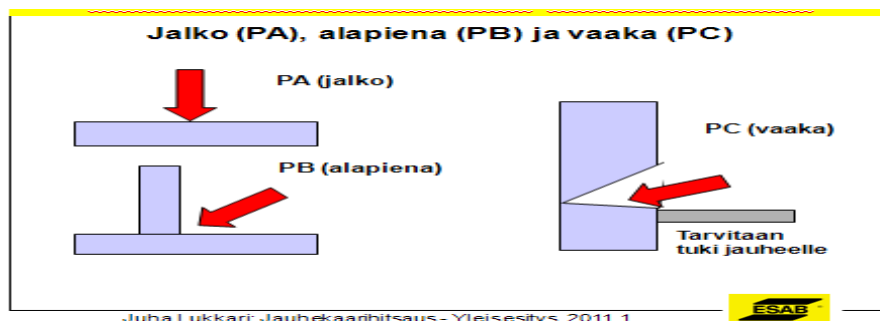


KUVA 16. TIG-, MIG/MAG-, Puikko- ja jauhekaariprosessien lisäaineiden kulutuksen jakauma, kirkkaita ja mustia lisäaineita ei ole eritelty.

Tulevaisuudessa voidaan esimerkiksi verrata lisäaineen kulutusta tämän raportin lähtötilanteeseen ja havaita näin ollen tilanteen kehittyminen.

## 2.2 Käyttökohteet

Jauhekaariprosessilla on aiemmin hitsattu Kaldo-uunin kehähitsejä, pellettirumpuja, kennon pohja, valupöydän säteispalkkeja. Hitsausasennot ovat olleet alapienasento PB ja levyjen päittäishitsaus jalkoasennossa PA jotka on esitetty kuvassa 18. Yleisemmät hitsausasennot jauhekaarihitsauksessa ovat PB ja PA. Käyttökohteita olisi kyselyiden perusteella enemmänkin, mutta valmistettavien tuotteiden pieni sarjako ja harvinaisuus on rajoittanut jauhekaaren käytön aloittamista. Esimerkiksi tuotetta tehdään kerran vuodessa ja asetusten teko koetaan hankalaksi.



KUVA 17. Yleisimmät SAW:n hitsausasennot. ( ESAB )

### 2.3 Apulaitteiden käyttö

Edullisimman alapiena- tai jalkoasennon vuoksi kappaletta on pidetty joko pyöritysrullastoilla, lattiassa olevalla tai siirrettävällä pyöritysalustalla. Rullasto on tyyppiä PEMA-40T. Lisäksi hankittiin uudet PEMA A80-pyöritysrullastot, jotka ovat yhteydessä jauhekaaritorniin PEH- liitäntäkortin avulla. Uutena käsittelylaitteena otettiin käyttöön myös aiemmin mainittu JUCAT:n grilli.

### 2.4 Henkilöstön pätevyudet ja menetelmäkokeet

Konepajassa olevien jauhekaarella hitsaavien hitsaajien määrä on selkeästi liian pieni. Pätevitettyjä hitsaajia ei ole kuin kaksi ja nyt Big Kaldo- uunin valmistukseen oli tullut yksi vuokramies. Tässä on suurin syy jauhekaaren vähäiselle käytölle kappaleiden pienen sarjakoon ja harvinaisuuden ohella. Toisaalta myös tehtyjen tuotteiden yksittäisyys on yksi este, jauhekaaren epäsäännöllinen ja harva käyttö johtivat siihen, että opitut asiat unohdetaan. Jos pätevitettyjä ja osaavia hitsaajia on enemmän, he tekisivät suoraan työnjohdolle parannusehdotuksia jauhekaaren käytöstä. Yleisesti ottaen kirjoittajalle on muodostunut kuva, jauhekaaritorni on pelätty ”mörkö” jonka käyttö on vaikeaa ja sille vietävien kappaleiden asettaminen on hitsattavaan kuntoon tuntuu olevan paljon enemmän aikaa vievää, kuin se todellisuudessa on. Hitsaajien yleinen mielipide on, että siinä ajassa kun kappale tuodaan jauhekaaritornille ja tehdään asetteet, niin sen olisi hitsannut jo MAG:lla.



KUVA 18. Kiskot ja molemmin puolin olevat käsittelylaitteet lisäävät käytettävyyttä.

### 3 JAUHEKAARIHITSAUKSEN TEHOSTAMISTOIMENPITEET

Kirjoittaja on kiinnittänyt työssään huomioita erityisesti hitsausmenetelmiin ja niitä silmällä pitäen on päässyt vertailemaan nykyistä vallitsevaa käytäntöä aikaisempaan työssään oppimaansa työskentelytapaan. Kirjoittaja kyseenalaisti monia nykyisiä mekaniroidusti tehtyyn hitsaukseen verrattuna työläiltä, hitailta ja laadullisesti heikoilta vaikuttavia käytäntöjä. Konepajan tuotekirjo on niin laaja, että varmasti myös tulevaisuudessa tulee eteen tuotteita, joiden hitsaustapaa pitää miettiä uudelleen. Tässä luvussa esitellään havaittuja muutoksen kohteita.

#### 3.1 Soveltuvuus ja edut verrattuna MAG/MIG- hitsaukseen

Konepajan ylivoimaisesti käytetyin hitsausprosessi on MAG- täytelankahitsaus eli nro. 136. Konepajan tuotteiden laaja kirjo ja kappaleiden monimutkaisuus ovatkin tehokkain toteuttaa pääosin MAG- hitsauksella. Hitsien piteuden kasvaessa sekä levypaksuuksien kasvaessa roolit vaihtuvat ja hitsattaessa yksilankatekniikalla on jauhekaaren nopeus ja tuottavuus parempia, koska sulatusteho (kg/h) on suurempi. Jauhekaaren hitsiaineentuottoja käytiin läpi edellisessä luvussa, joten tässä keskitytään MAG- hitsauksen teoreettisiin arvoihin.

Hitsiaineentuotto MIG/MAG- hitsauksessa on 100%:n paloaikasuhteella hitsausvirrasta ja langanhalkaisijasta riippuen noin 2-7 kg/h. Siihen vaikuttavat hitsausvirran lisäksi myös langanhalkaisija, suutinetäisyys, ja lisäainelangan laatu. Sekä MAG- hitsaukseen niin kuin jauhekaareenkin, joita kuvattiin edellisessä luvussa on olemassa vaikka minkälaisia prosessisovelluksia jolla toinen on toisessa tilanteessa nopeampi kuin toinen menetelmä. Kirjoittajan tutkimuksessa kuitenkin lähtökohtana on konepajan nykyiset laitteet ja prosessit. Niiden käyttökohteiden muuttaminen ja tekotapojen muuttaminen sen sijaan on olennaista. ( Lukkari 1996, 159-248 )

TAULUKKO 1. Jauhekaarihitsauksen hitsin tuotot. ( Lukkari 1996, 144 )

Hitsausvirta (A)	Langanhalkaisija (mm)	
	4	5
	Hitsiaineentuotto kg/h	
300		
400	4,6	
500	5,7	5,7
600	6,8	6,8
700	8,7	8,2
800	10,6	9,8
900	12	11,7
1000		13,7

TAULUKKO 2. Seostamaton metallitytelanka Esab OK Tubrod 14.12 Hitsausvirta ja tuottotiedot MAG- hitsauksessa. ( Lukkari 1996, 238 )

Halk. (mm)	Hitsausvirta (A)	Kaarijännite (V)	Langansyöttö(m/min)	Hitsiaineentuotto kg/h
1,2	100-290	17-31	2,4-13,5	1,2-6,2
1,4	100-360	18-32	1,8-12,3	1,3-7,5

Konepajalla yleisesti käytettävällä 14.12 langalla ja MAG- prosessilla päästään siis 1,4 mm:n langalla ja 100%:n paloिकासuhteella enimmilläänkin 7,5 kg:n tuottoon, kun konepajan SAW- kaksoislankamenetelmällä se on 20 kg/h.

Paloिकासuhde on tunnetusti kovin epämääräinen käsite, erityisesti minkäläistä lukuarvoa käytetään erilaisissa hitsaustöissä ja eri hitsausmenetelmillä. Esitetyt arvot ovat usein kovin ristiriitaisia ja ehkä liian korkeita verrattuna todellisuuteen. Turulan konepajalla ei voitu laskennallisesti laskea jauhekaaren paloिकासuhteita, koska SAW-tunteja ei ole yksilöity työmääräimen tunneissa. Kirjallisuudessa ne annetaan usein menetelmäkohtaisesti. Paras tapa on selvittää paloिकासuhteen arvo omassa yrityksessä. Seuraavassa luettelossa on joitakin lähtöarvoja. ( ESAB )

Puikkohitsaus: 10-30 %

MIG/MAG-hitsaus: 10-30 %

Jauhekaarihitsaus: 40-70 %

Mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus:

70-90 %



Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa tehtiin hyvin laaja kartoitus, jossa selvitettiin asiaa 713 yrityksessä, joissa käytettiin puikko-, MIG/MAG- ja täytelankahitsausta. Siellä saatiin paloikasuhteen keskiarvoksi vain 14,8 %. Vain noin 100 yrityksessä paloikasuhde oli 25 % tai yli sekä noin 400 yrityksessä 10 % tai vähemmän. ( ESAB)

Edellä olevat päätelmät ovat kuitenkin realistisen tuntuisia ja täysin vertailukelpoisia Turulan konepajan paloikasuhteisiin. Tutkittiin asiaa seuraamalla muutaman hitsaajan työskentelyä Big Kaldo- työn osien valmistuksessa jotka on esitetty kuvissa 20-25, jossa hitsattavat hitsit ovat pitkiä ja hitsausta mekanisoitiin. Parhaillaan päästiin yhteen hitsattuun lisäainekelaan (16kg) työvuorossa, mutta tämä taso saavutetaan MAG- hitsauksessa vain mekanisoimalla joko traktorilla tai käytettäessä kappaleen pyöritystä.

Hitsaajan väsymistä ei voi mitata millään mittarilla, mutta on erittäin kuluttavaa hitsata noinkin pitkiä hitsejä kuin Kaldo- uunin parissa, että jo hitsaajien työergonomian ja työssä jaksamisen takia on järkevä ohjata kyseisiä töitä jauhekaaritornille.

### 3.2 Käytännön hitsaukset ja ajan mittaaminen

Big Kaldo- uunin osia



KUVA 19. BIG KALDON kartio.

Kartio: halkaisija 3800 mm alapuoli ja 2430 mm yläpuoli. Ainevahvuus (t) on 25mm. Suurempaan halkaisijaan tuli hitsattavaksi t= 40 laippa ja pienempään t= 20. Pienahitsien vaatimukset a-mitalle olivat alalaippaan ulkopuolelle 8 mm ja sisäpuolelle 12 mm. Ylälaippaan ulkopuolelle 6 mm ja sisälle 12 mm.

Sisäpuolen hitsit hitsattiin käsin MAG:lla ja lisäaineena käytettiin ESAB:n OK 14.12 metallitäytelankaa ( lankakela 16 kg/1.2 mm ). Hitsipalkoja tuli 8 kpl. A-mitta oli helppompi saavuttaa koska kartio pienenee ylöspäin mentäessä. Hitsejä tuli yhteensä noin 95 metriä. Ulkopuolelle hitsattiin 3 palkoa käsin, että päästiin kuvassa 21 olevassa asennossa jauhekaarella hitsaamaan loput. Ulkopuolen hitsejä tulee enemmän kuin sisälle, koska railokorkeus kasvaa kartion kavetessa. Ulkopuolelle ajettiin vielä 7 hitsiä jauhekaarella käyttäen OK 12.22 lisäainetta halkaisijaltaan 4 mm. Virta oli 600 A ja jännite oli 29 V. Hitsausnopeus vaihteli 45 cm/min- 50 cm/min. Tämä kappale hitsataan jatkossa jauhekaarella kokonaisuudessaan. U-palkista tehdään ristikko, jonka avulla kappale kiinnitetään maksimikantokyvyltään 10 tonnin pyöritysalustaan. Kappaleen kiinnityksen ajaksi arvioitiin 2 tunti. Kartion kiinnityksessä voidaan käyttää esimerkiksi u-palkista tehtyä ristikkorakennetta jonka avulla kartio silloitetaan pyöritysalustaan kiinni. Teoreettisten taulukoidenkin valossa pelkästään läpimenoaika kartion hitsauksessa on huomattavasti parempi.

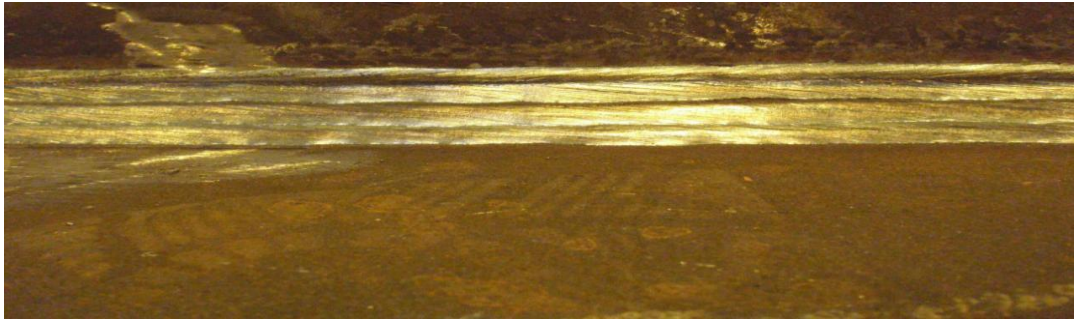
Uuden hitsaustavan ansioista välttyttiin turhilta savukaasuilta ja ylimääräiseltä hitsien hiomiselta. Lisäksi melu- ja värinätyöhaitat vähenivät. Hitsaajien työergonomia parani hitsauksen mekanisoinnin ansiosta ja työssä jaksaminen sekä tekemisen laatu parantivat.



KUVA 20. Kartion laipan alapienahitsi SAW:lla hitsattuna. Hitsauksen lämmöntonkinaan suhteen ei tullut ongelmia vetelyistä, laippa kesti lähes suorana ja koneistusvaraa jäi riittävästi.



Kuvassa 22 hitsaaja hitsaa mekanisoiden lattian pyöritysalustalla kartiota. Kartio keskitettiin hyvin pyöritysalustaan ja hitsaaminen onnistui hyvin. Kuvassa 22 on esitetty valmista monipalkohitsiä. Pinta on hitsattu kolmella palolla.



KUVA 21. Hitsi on laadukkaan näköinen ja teknisesti hyvä.



KUVA 22. Kartion hitsausta SAW:lla lattiapyöritysalustalla .

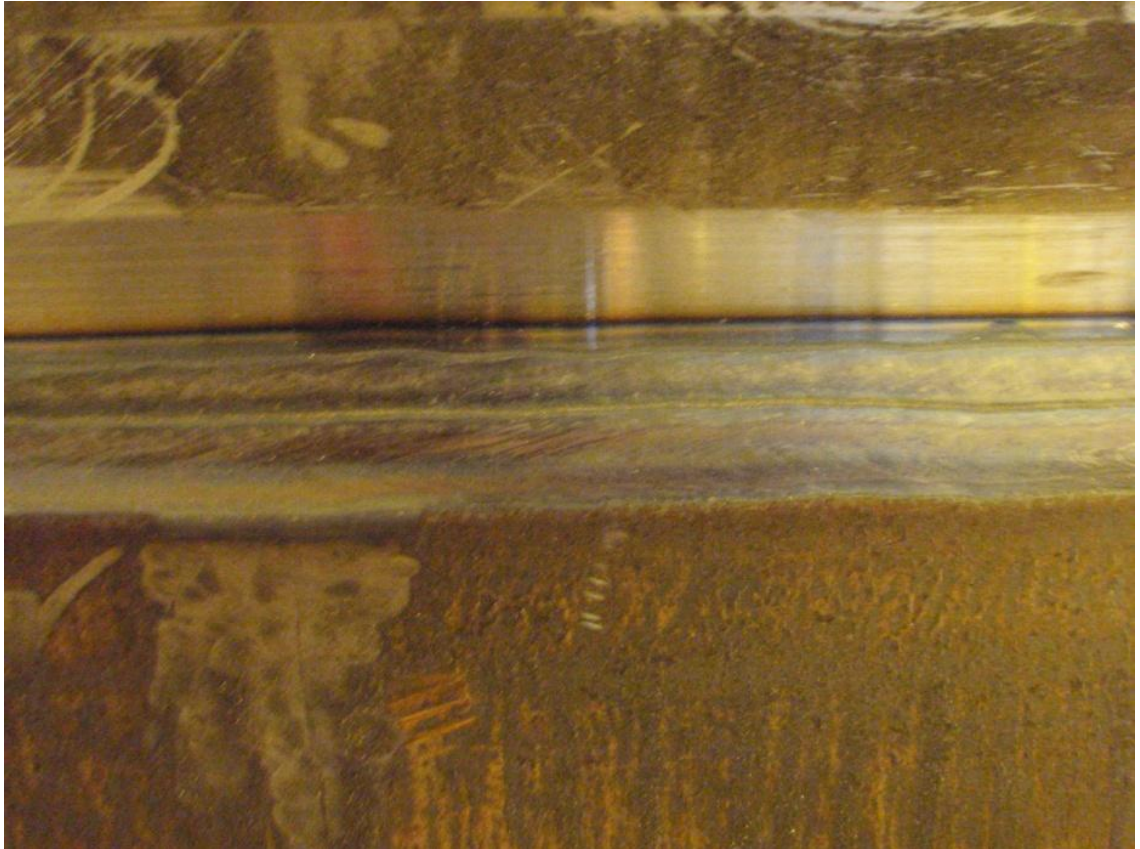
Kuvassa 23 on Big Kaldon uuni. Kokonaispaino 21138 kg ja pituus 5495 mm ja halkaisija suurimmillaan laipassa 4200 mm. Alalaippa hitsattiin käsin mekanisoidusti

traktorilla, koska sitä ei saatu pyöritysalustaan. Jatkossa se hitsataan jauhekaarella pyöritysalustassa. Näin ollen kaikki kehähitsit Kaldo- uunissa voidaan ajaa SAW:lla.



KUVA 23. Big Kaldo liitettynä. Kehähitsit (3kpl) hitsattiin SAW:lla molemmin puolin x-railona.





KUVA 24. Valmis kehähitsi kahdella pintapalolla ajettuna.

#### Atrain E10268 nostopalkki

Kaksi särmättyä levyä joiden pituus on 5620 mm silloitettiin toisiinsa kiinni. Levyjen päät viistettiin V-railoksi ja 60 asteen kulmaan. Levyn paksuus oli 10 mm. Levyt silloitettiin kuvissa 25-26 esitetyllä tavalla 2-hallissa ja toinen siirrettiin käsin MAG:lla hitsattavaksi eri työpisteeseen. Sisäpuolelle hitsattiin metallitäytelangalla yksi peitepalkko. Seuraavaksi railo avattiin kulmahiomakoneella ulkopuolelta ja se hitsattiin käsin n.400-500 mm pätkissä valmiiksi.

Aikaa meni nostoineen ja siirtoineen yksi 8 tunnin työvuoro. Toisenkin palkin käsin hitsaus toteutettiin huonosti. Se hitsattiin ulkopuolelta valmiiksi ja avaaminen jäi sisäpuolelle hankalaan paikkaan. Lämpimenoaika piteni verrattuna toisen palkin hitsaukseen.



KUVA 25 ja 26. Silloitettu nostopalkki ennen hitsausta.

#### Uusi toteutustapa

Silloitusvaiheessa jätettiin 2-3 mm:n ilmarako ja sisäpuolelle laitettiin metallinen 5-6 millimetrin paksuinen juurituki. SAW: lla hitsattiin juuritukea vasten kaksi palkoa. Jauhekaarihitsi tehtiin kahdella hitsillä keskeltä päihin, jolloin vetelyt saatiin pieniksi.

Saavutetut hyödyt: Visuaalisesti siisti hitsi joka on teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvä. Aloitus- ja lopetuskohtia ei ole ja viimeistelyä ei tarvitse tehdä. Läpimenoaikaa ei pystytty mittaamaan, koska uusia palkkeja ei ole vielä tulossa tuotantoon. Tulossa on kuitenkin puolenkymmentä atrainta, jolloin nähdään ajallinen hyöty. Teoreettisten arvojen pohjalta ajan säästökin on hyvä tässä kohteessa. Tässä toteutustavassa ei kulmahiomakoneella tapahtuvaa aukaisua ja viimeistelyä juuri ole, jauhekaaren hyvän tunkeuman ansiosta. Hiomisesta aiheutuva pöly ja kova ääni jää pois ja niin parannetaan konepajan sisäilmanlaatua. Paineilmakulmahiomakoneen tärinän vaikutukset saadaan myös pois. Hitsaajan työasento saadaan hyväksi ja tällä edistetään hitsaajien työssä jaksamista. Palkin siirtoon jauhekaarelle kuluva aika ei pystytty mittaamaan, mutta työnjohdon hyvän työnsuunnittelun ja ennakkoinnin avulla palkin viemisen ja asetusten tekoon ei mene tuntia kauempaa. Työnjohdon on tarkistettava kuljetus/nostoreitti, että siinä ei ole esteitä, jauhekaaren edustan on oltava tyhjä, hitsauksessa käytettävät pukit huolehdittava paikalle ja jauhekaariprosessin pätevyys omaavan hitsaaja varattuna tähän työhön sekä tarvittavan vetomestari/ trukkikuljetus järjestettävä.

## Laivakangas Paste E11077-040 Sakeuttimen haran akseli

14 mm:n rakenneterästä (S355 Ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräkset EN 10025-5: "Ilmastokorroosiota kestävät rakenneteräkset" sisältää eurooppalaiset säänkestävät teräkset myötölujuusluokissa 235 ja 355 MPa). Teräksiä on saatavana sekä nauhalevyinä että kvarttolevyinä. Halkaisija 786mm. Rautaruukki). Kolmesta osasta koostuva putki on kokonaispituudeltaan 6853 mm (2257mm + 2298 mm + 2298 mm). Putkeen tulee pituushitsit ja kehähitsit. Käytössä on V- railo ja levyjen päät viistetty 45 asteen kulmaan. Juuripintaa on 3 mm.



KUVA 27. Yksi putkista mankelointivaiheessa.

Edellä mainitut putket tulivat tuotantoon kirjoittajan kirjoittaessa tätä raporttia. Yksi putki oli jo silloitettu kiinni ilman juuritukea ja toinenkin menossa kiinni. Juurituki jouduttiin silloittamaan jälkikäteen kiinni ja ulkopuolelta keventämän heftit sekä avaamaan hieman, että hitsi menee hyvin läpi yhdeltä puolelta. Nyt jouduttiin turhaan käyttämään tärinää aiheuttavaa kulmahiomakonetta ja tuottamaan tarpeetonta pölyä sekä melua halliin. Laadullisestikin lopputulos on huonompi, koska käsin avattu railo ei ole niin tarkka kuin koneellisesti viistetyt levyt.

Loput putket tehtiin uudella tavalla. Etukäteen silloitettiin metalliset juurituet ( $t=8$  mm ja leveys 25 mm) sisäpuolelle ja jätetään 2 mm:n ilmarako. Jatkojen kohdille kehähitsijä varten mankeloitiin myös juurituet kuvassa 28 esitetyllä tavalla. Sisäpuolelle nes-



tetunkit painamaan railonkohtaa ulospäin, jotta hitsauksen jälkeistä oikomistyötä ei ole niin paljon. Hitsaus suoritettiin jauhekaarella ulkopuolelta juuritukea vasten läpi-hitsauksena. Hitsauksen lopputulos on esitetty kuvissa 29 ja 30.



KUVA 28. Juurituellinen railo, silloitushitsit kevennettiin ennen hitsausta.



KUVA 29. SAW- hitsauksen jälkeen.



KUVA 30. Akselin tyven levytkin hitsattiin pääasiassa SAW:lla.



KUVA 31. Hitsaaja Peinola liittämässä akselin puolikkaat kiinni ennen viimeistä kehähitsiä.



TAULUKKO 3. Akselin hitsausparametrit, hitsityypit sekä hitsausajat.

Pituushitsi					
Palko	Pituus	A	V	cm/min	Aika
1	2300	550	30	50	4min 36s
2	2300	610	32	47	4min
3	2300	590	33	47	4min36s
<b>Kehähitsi</b>					
1	2469	550	30	50	4min50s
2	2500	630	30	50	5min
3	2554	600	30	50	5min6s
4	2554	600	30	50	5min6s
<b>Alapiena( s14+s35)</b>					
1	2572	600	28	50	5min9s
2	2572	500	28	50	5min9s
3	2585	500	28	50	5min10s
4	2572	500	28	47	5min28s
5	2582	500	30	80	5min30s
6	2610	520	30	50	5min13s
7	2610	540	28	50	5min14s

Taulukossa 3 esitetyt parametrit antoivat hitseille hyvän lopputuloksen. Seuraavissa vastaavanlaisissa töissä parametrit voitiin hyödyntää.



KUVA 32. Sakeuttimen hara koekasattuna. Kun osat sovitettiin ne merkittiin ja purettiin pintakäsittelyä ja pakkausta varten.



## Valupöydän keskiö E 11093

Kirjoittajan työskennellessä HIM:n työnjohtajana ja kirjoittaessa tätä raporttia, tuli työhön valmistettavaksi valupöydän keskiöitä. Rakenteen perusteella päätettiin hitsaukset suorittaa SAW:lla. Silloitustyö tehtiin 2-hallissa ja keskiöt kiinnitettiin kuvan 33 tavalla pareittain toisiinsa kiinni. Hitsauksen olisi voinut toteuttaa SAW:lla kehähitsien osalta täysin sekä sisä-, että ulkopuolelta. SAW:lla oli kuitenkin BIG KALDON uunit hitsauksessa ja sisäpuolen hitsit ajettiin käsin MAG:lla. Siirtotyön ennakoinnilla ja hitsaajien etukäteisohjeistamisella ei siirtoon mennyt tuntia kauempaa. Hitsaukseen kuluva aika kuitenkin lyheni huomattavasti enemmän, kuin mitä siirtoon ja pyöritysalustaan kiinnitykseen meni. Laadullisista ja hitsaajan ergonomisista asioista puhumattakaan.



KUVA 33. Keskiöt toisiinsa kiinnitettyinä ja pyöritysalustassa kiinnitettyinä SAW-hitsauksessa.

### 3.3 Pyörityspöytien ja pyöritysrullastojen käytön lisääminen

Konepajan kaksi suurempaa siirreltävää pyöritysalustaa ( 10 tn ja 8 tn ) voivat olla paljon suuremmalla käytöllä kuin nyt. Pyöritysalustoihin on valmistettava teräsprofiliirakenteisia jigejä joiden avulla esimerkiksi pyöreät ja lieriömäiset kappaleet voidaan nopeasti kiinnittää pyöritysalustoihin. Kappaleen keskityksen jälkeen merkataan kappaleen ääriiviivat jigiiin stanssaten niin, että ne myös säilyvät.

Kun kappaleita tulee tulevaisuudessa lisää on asetusten teko nopeaa. Projektien aloituspalavereissa tulee jo miettiä mitä hitsauksia voidaan tehdä jauhekaarella ja näin hitsauksen työnjohto voi ennakoida ja miettiä kappaleen kiinnityksen ja hitsauksen toteutuksen ajoissa niin, että valmistuksen alkaessa työ menee juohevasti eteenpäin. Kirjoittajan kirjoittaessa tätä pyydettiin uusia rullastoja, joissa on kapasiteettia suurempiin halkaisijoihin sekä PEH- hitsausohjain joilla rullastot saadaan liitettyä ESAB-hitsauskoneisiin. Näin ollen pyöritysliike ohjataan muun automatisoidun hitsausprosessin kanssa samasta ohjauksesta. Heinäkuussa ostettiin PEMA A80 4D pyöritys-rullastot.

### 3.4 Työturvallisuus ja ergonomia

Seuraavat asiat ovat yleisesti hitsaajan työssä terveydelle haitallisiksi todettuja asioita. Jauhekaarhitsauksen lisäämisellä voidaan vaikuttaa näihin kaikkiin epäkohtiin hitsaajan terveyttä säästäen ja työmukavuutta lisäten. ( Työterveyslaitos ja ESAB )

#### Ergonomia hitsaustyössä

Työn ergonomiasta huolehtiminen on tärkeää hitsaustyössä. Hitsaustyötehtävät ovat ergonomian kannalta usein hyvin haastavia ja edellyttävät työn hyvää suunnittelua. Työasentoihin pitää kiinnittää riittävää huomiota ja hitsausasentoa täytyy vaihtaa riittävän usein. ( Työterveyslaitos )

#### Rasitus

Hitsaustyö aiheuttaa rasitusta ranteisiin ja kyynärpäihin. Rasitusta aiheuttavat esimerkiksi voimaa vaativat vääntö- ja kääntöliikkeet, yksipuoliset toistuvat liikkeet, raskaat esineet sekä työskentely kädet koholla. Työvälineiden epäsopiva mitoitus ja muoto vaikuttavat rasituksen määrään. Myös epäsopivat työasennot aiheuttavat ylimääräistä rasitusta.

*SAW:n käyttö parantaa huomattavasti hitsaajan ergonomiaa. Mekanisointiaste on korkea. ( ESAB )*

#### Hitsaussavut ja – huuрут

Hitsaus tuottaa terveydelle vaarallisia savuja, joten tärkein toimenpide on estää niiden pääsy hengityselimiin. Höyrystyvistä metallista syntyy rautaa, mangaania, kromia, nikkeliä ja alumiinia sisältäviä oksidihuuруja. Hitsaussavussa on suojakaasusta

peräisin olevia kaasuja. Kaasuja muodostuu myös hitsausprosessissa lämmön ja ultravioletti (UV) -valon vaikutuksesta. Syöpävaarallisia kromi- ja nikkeliyhdisteitä muodostuu ruostumattoman teräksen ja happoteräksen hitsauksessa, joten työnteekijät ilmoitetaan syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuvien rekisteriin eli ASA-rekisteriin. Hitsaushuurut kulkeutuvat pienen hiukkaskokonsa ( $< 0,5 \mu\text{m}$ ) takia keuhkorakkuloihin asti aiheuttaen hengitystieärsytystä. Elimistö poistaa suuren osan metallihuuruista, mutta osa imeytyy verenkiertoon ja osa jää keuhkoihin. Hitsauksen terveystarpeita arvioitaessa otetaan huomioon työnteekijän erityinen sairastumisherkkyys ja ennen kaikkea tupakointi, joka nostaa hitsaajan keuhkosyöpäriskiä entisestään. Monivuotinen työskentely huonoissa työolosuhteissa voi aiheuttaa mm. muutoksia keuhkoissa, astmaa, hermostovaurioita ja lisääntyneen keuhkosyöpäriskin. Syntyvistä kaasuista haitallisimmat, otsoni, vaikuttaa silmien, nenän ja hengitysteiden limakalvoihin, mistä voi seurata mm. tulehdus. ( Työterveyslaitos)

*Jauhekaarhitsaus on ylivoimaisesti paras hitsausmenetelmä, koska siinä yhdistyvät savuttomuus (huuruttomuus) korkeaan tuottavuuteen. (ESAB OY)*

#### Hitsaussäteily

Hitsauksessa syntyy säteilyä ja kirkasta lyhytaaltoista säteilyä ns. sinistä valoa. Lisäksi hitsattaessa syntyy aina voimakasta lämpösäteilyä.

Vaikutukset: UV-säteily voi aiheuttaa ihon punoitusta ja tilapäisen vaurion silmän sarveiskalvoon eli "hitsaajan silmän". Säteilyn pitkäaikaisvaikutuksia ovat ihon nopea ikääntyminen, silmän sarveiskalvon vaurioituminen ja harmaakahi. Lisäksi UV-säteily lisää ihosyöpäriskiä. Hitsauksessa esiintyvälle "siniselle valolle" altistuminen voi aiheuttaa verkkokalvon rappeutumista. ( Työterveyslaitos)

*Jauhekaariprosessissa ei edellä mainittuja haittoja ole, koska valokaaripalaa piilossa pulverin sisässä.*

#### Melu hitsaustyössä

Melu aiheuttaa useimmat hitsaajilla todetuista ammattitautista. Hitsausprosessit itsessään tuottavat ympäristöön melua. Lisäksi hitsaustyöhön liittyvät esi- ja jälkikäsittelytyöt synnyttävät voimakasta melua. Esimerkkinä on työterveyslaitoksen tutkimuksista otetut mittautulokset MAG:n (101 dB) ja SAW:n (85 dB) tuottamat melutasot. SAW on siis melutasoltaankin paljon edullisempi prosessi. Hionnan ( 94-115 dB) väheneminen SAW:n käytön myötä on myös suuri etu. Myös hitsausjärjestys ja esijänni-

tykset töissä vähentävät hitsauksen jälkeistä oikomista, joka osaltaan auttaa melutason pienentämisessä.

#### Tärinä

Hitsaustyöpaikoilla tehtävät hionta- ja oikaisu työt aiheuttavat työntekijöiden altistumista tärinälle. Hitsaustyöpaikoilla esiintyy pääosin käsiin kohdistuvia tärinävaikutuksia. Tärinää aiheuttavien käsityökalujen käyttö vähenee SAW:n vuoksi. ( Suuri tunkeuma → vähemmän aukaisua ja puhdas hitsi jonka päälle voi ajaa seuraavan palon ilman hiomista.)

Kuvassa 34 on jauhekaarihitsauksessa työn alla kolme eri työtä. Näidenkin hitsauksen toteuttaminen verrattuna MAG- prosessiin paransi jokaista edellä mainittua hitsaajan työssään kohtaamaa räsitusta.



KUVA 34. Big Kaldo, valupöydän keskiöt sekä sakeuttimen haran akseli.

#### 4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lukkaria mukaillen kustannusten pienentämiseen on käytettävissä seuraavat tavat:  
Hitsiainemäärän pienentäminen (kg/m) = railoon tarvittava hitsiaineen määrä.

Poikkipinta-alaltaan pieni railomuoto

Tämä voidaan tehdä seuraavilla tavoilla:

- Tekemällä jatkossa tarkemmat levyjen leikkaukset, jos mahdollista. valmistamalla tarkemmat railot sekä tarkemmat levyjen sovitukset silloitusvaiheessa.
- Käyttämällä suuren tunkeuman omaavaa hitsausmetelmää. → SAW
- Käyttämällä tunkeumaa hyödyksi pienahitsissä.
- Hitsaamalla piirustuksen mukaisia a-mittoja ja näin ollen välttämään ylisuuria hitsejä.
- Jo suunnittelussa ja lujuuslaskennassa hitsien mitoituksen laskeminen oikein sekä hitsaajien a-mittojen mukaan hitsaaminen ja näin ollen vältetään tarpeettoman suuria hitsejä. Säästetään kustannuksissa ja vältytään turhilta hitsausken jälkeisiltä muodonmuutoksilta.
- Valitaan teräkset oikein ja käytetään lujia teräksiä.
- Tarpeettomien osien lukumäärää vähentämällä suunnittelussa sekä käyttämällä taivutuksia ja profiileja mahdollisuuksien mukaan.

Hitsiaineentuoton suurentaminen (kg/h) = aikayksikössä hitsiin siirtyneen lisäaineen määrä. Alla tehokkaita keinoja hitsiaineentuoton suurentamiseen.

- Käytetään suurempia hitsausvirtoja.
- Käytetään paksumpia, enemmän virtaa kestäviä lisäaineita (SAW).
- Käytetään hitsiaineentuoltaan tehokkaita lisäaineita.
- Vältetään asentohitsauksia, jos hitsataan asennossa niin käytetään rutiililankoja.
- Hitsataan jalkoasennossa ja hyväksikäytetään pyöritysalustoja sekä pyöritysrullastoja.
- Käytetään useaa hitsauspäätä jauhekaarihitsauksessa.
- Käytetään mahdollisimman paljon kappaleesta riippuen kevytmekanisointia ja mekanisoidaan ja automatisoidaan aina kun mahdollista.

Paloikasuheen parantaminen= Valokaaren paloajan eli kaariajan osuus koko työajasta → käyttämällä SAW- prosessia ja mekanisoimalla.

Virheiden korjaus: Virheetön hitsaus (hyvä koulutus ja pätevyys hitsaajille sekä oikea suoritustekniikka ja hitsausohje, hitsattavat railot puhtaita).

- Juurenavaus: Riittävä tunkeuma (kunnollinen läpihitsaus, yhdeltä puolen hitsaus keraamista juuritukea vasten).
- Muodonmuutosten oikomiset: Oikea hitsausjärjestys, suuri hitsausnopeus, kapea hitsi, pieni hitsiainemäärä, ylihitsauksen välttäminen, mittatarkka valmistus.

Tuotantoon liittyvät sivuajat ovat huomattava osa valmistuksen tuottavuuden kannalta. Alla tärkeimpiä:

- Töiden hyvä järjestely.
- Työturvallinen työpaikka.
- Työpaikan hyvä järjestys.
- Hyvin järjestetty osien tuonti työpaikalle.
- Esimiesten IWE/EWE/EWT/EWS- koulutus.
- Hyvä työnopastus ja neuvonta.
- Hitsausohjeiden käyttö.
- Kappaleenkäsittelylaitteiden käyttö.
- Mekanisointi ja automatisointi.

Hitsattavaan rakenteeseen liittyviä asioita, joiden avulla voidaan lyhentää sivuaikoja:

- Valmistus- ja hitsausystävällinen suunnittelu
- Rakenne helppo valmistaa
- Muodot yksinkertaisia ja selkeitä
- Liitokset yhdenmukaisia
- Luoksepäästävyys hyvä

Suunnittelu:	Valmistus- ja hitsausystävällinen rakenne.
Tuotanto:	Hyvin järjestetty, sujuva ja ohjattu, hitsausohjeet.
Työpaikka:	Hyvä ja turvallinen.
Tuotantokalusto:	Hyväkuntoiset ja jatkuva kunnossapito, riittävät käsittelylaitteet.
Railot :	Puhtaat ja tarkat.
Henkilöstö:	Ammattitaitoista ja pätevää.
Hitsaus:	Tehokkaat menetelmät, parametrit ja jalkoasentohitsaus mahdollisuuksien mukaan.
Mekanisointi:	Mahdollisuuksien mukaan aina!



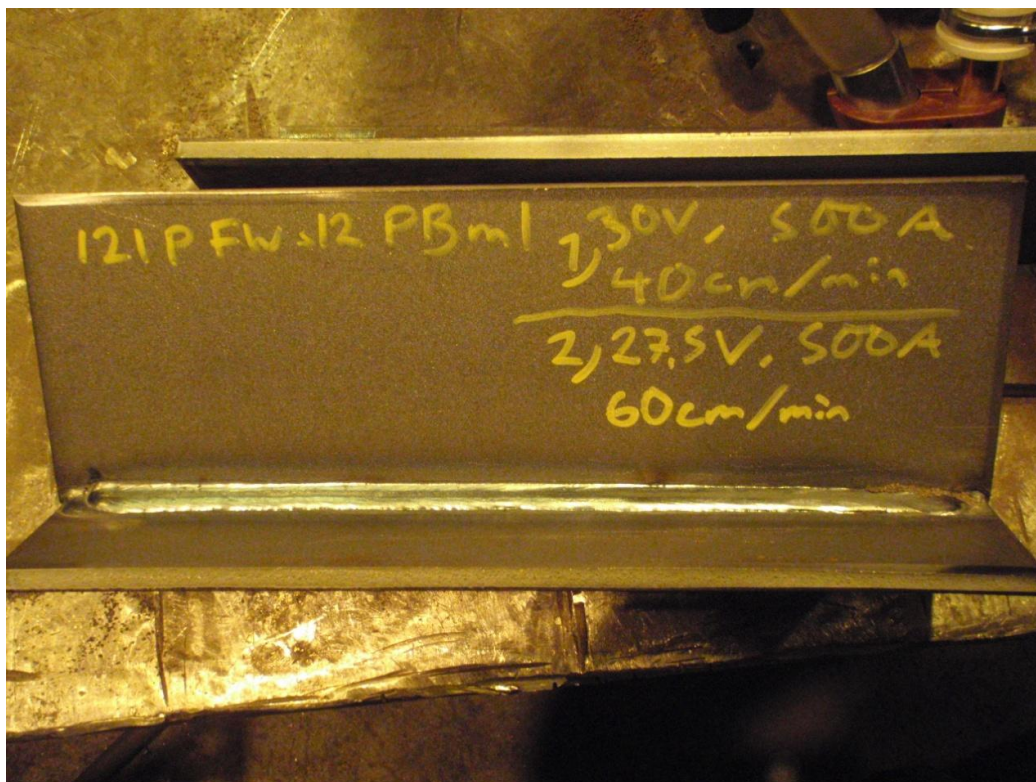
#### 4.1 Uudet menetelmäkokeet ja henkilöstön päteväittäminen

Kirjoittaja huomasi jo projektin alussa, että nykyinen jauhekaaritorni ei riitä yksinään tehostamaan SAW- hitsauksen lisäämistä syinä mm. torni on sijoitettu kiinteästi 4-halliin eli 2- ja 3-hallin valmistuksessa olevien kappaleiden luokse olisi hyvä päästä jauhekaarihitsauslaitteiden kanssa ja välillä tulee töitä liikaakin sille ja torni ei vedä tarpeeksi. Tätä ongelmaa helpottamaan pyydettiin hankkimaan jauhekaaritraktori. Traktori on yleisemmin käytössä niin, että sillä ajetaan. Jauhekaaritraktoria voidaan kuitenkin hyödyntää paljon enemmän kuten laittamalla se pukin päälle ja kappaleen pyöriessä pyöritysalustalla tai rullastoilla voi hitsausta mekanisoida. Jauhekaaritraktori hankittiin ESAB Oy:ltä ( ESAB A2 Multitrack ).

Konepajalle saatiin uusi SAW- traktori heinäkuussa. Hitsaajat olivat pääosin kesälomalla silloin. Kauppaan sisältyvä käyttökoulutus järjestettiin elokuun viimeisellä viikolla joka on esitetty kuvissa 35 ja 37. Koulutukseen halukkaita hitsaajia ilmoittautui 7 kappaletta.



KUVA 35. SAW- traktorin käyttökoulutus HIM-tiimin hitsaajille. Kouluttajana Usko Kuivanen EWS/EFW ESAB Oy:ltä.



KUVA 36. SAW- traktorilla 3mm:n langalla ajettu jalkopienakoe. Parametrit näkyvät koelevyssä.

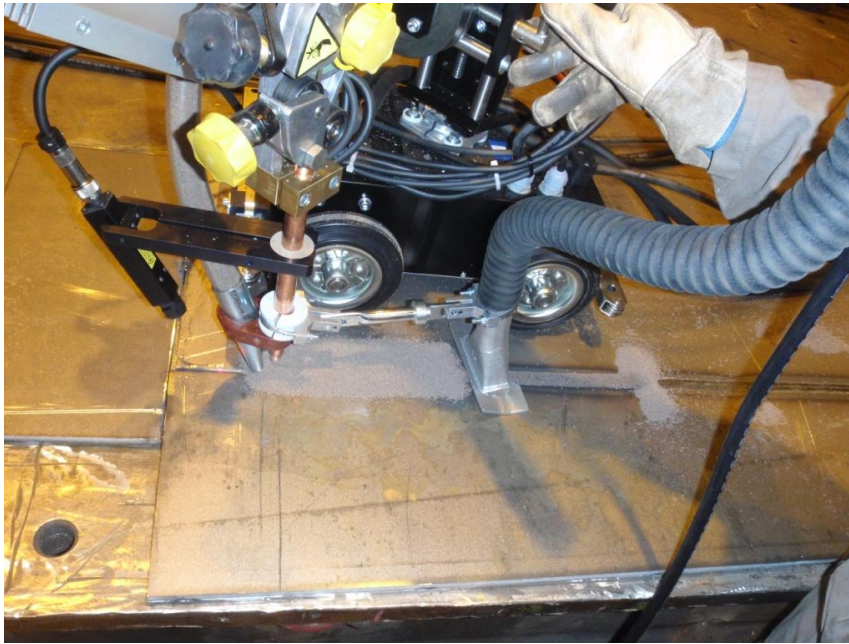
#### 4.2 Henkilöstön pätevöittäminen

Jauhekaaritraktorikauppaan kuului mukaan myös käyttökoulutus. Opettaja tuli konepajalle ja laittoi koneen käyttökuntoon hitsaajan auttaessa ja opiskellessa koneen toimintoja. Mekaanisella leikkurilla leikattiin valmiiksi eripaksuisia ( 8-12 mm ) S355 teräslevyjä noin 200 mm:n levyisiksi ”soiroiksi” ja ne silloitettiin toisiinsa kiinni. I-railon ilmaraon ollessa 0 mm. Opettaja neuvoi ja opasti ihan SAW- hitsauksen perusteita, koska joukossa oli hitsaajia, jotka eivät olleet koskaan olleet hitsanneet SAW:lla. Jokainen sai vuorollaan ajaa traktoria ja hitsaajat oppivat hyvinkin nopeasti koneen perustoiminnot.

Käyttökoulutuksen päätteeksi hitsaajat pätevoidettiin jalkopienahitsiin ( 121 P FW > 12 ). Koekappaleina käytettiin (150mm\*450mm\*12mm) levyjä jotka liitettiin monipalkohitsauksena kahdella palolla. Ensimmäinen palko ajettiin hieman enemmän jalkolevyn puolelle ja toinen keskelle ensimmäistä hitsiä. Hitsaukset tarkistetaan myöhemmin murtokokeella, jossa levyt mekaanisesti taivutetaan väkisin irti toisistansa. Traktorille pitää suorittaa vielä menetelmäkoe johon tarvitaan ulkopuolinen valvoja. Metelmäkokeena hitsataan 15 mm:n levyt, v-railo yhdeltä puolelta läpi metallista juuritukea vas-



ten monipalkohitsauksena. Samalla pätevoidetään myös hitsaajat samaiselle menetelmälle. Sekä menetelmäkoe, että hitsaajien pätevyyskokeet lähetetään röntgenkuvattaviksi. Samassa yhteydessä ajetaan myös tornille uusia menetelmiä ja traktorilla pienakokeen ja jalkolevyn suorittaneet uudet hitsaajat pätevoidetään tornilla jalkohitsiin. Tällä SAW- pätevoidyden saaneiden tiimillä on hyvä pyörittää jauhekaarihitsausta tarvittaessa vuorossa tai viikonloppuisin. Myös lomien tai sairauslomien aikana konepajassa on nyt aikaisempaa parempi miehitys SAW- pätevoidettyjen hitsaajien osalta.



KUVA 37. Traktorin eniten käytetty hitsausasento, eli jalkoasento PA. Käyttökoulutuksessa harjoiteltiin vain levyjen päittäisliitoksien hitsaamista jalkoasennossa.

#### 4.3 Jatko-toimenpiteet

Jatkossa SAW:n hitsauksen kehittäminen on pitkälti kirjoittajan omasta aktiivisuudesta kiinni. Alkavien projektien aloituspalaverissa mietitään valmistuksen toteutusta ja jo siinä vaiheessa pitää miettiä käytettävät hitsausprosessit. Kirjoittajan konepajaan tuloa ennen solmittujen kauppojen ja uusien tuotteiden kohdalla täytyy menetellä samoin kuin nyt eli olla tiivisti mukana aloitettavissa projekteissa ja hitsaajien kanssa yhteistyössä miettiä mitä hitsejä on järkevä hitsata SAW:lla. Heti työmääräimen tulostuksen ja osien keräyksen jälkeen voidaan jo silloitusvaiheessa toimia niin, että mahdollinen SAW-hitsaus on otettu huomioon. Lähtökohtainen ajattelumalli on, että ensin mietitään miten hitsaus voidaan mekanisoida ja voidaanko SAW hyödyntää. Kirjoittajan toimiessa HIM:n työnjohtajana työjonoa seuraamalla ja töiden ennakoinnil-

la voidaan rytmittää SAW:n hitsausta ottamalla töitä niin, että hitsaus tapahtuu mahdollisimman joustavasti. Kuvissa 39 ja 40 esitetty uudet kappaleiden käsittelyyn hankitut laitteet jotka omalta osaltaan lisäävät jauhekaarihitsauksen toimintaedellytyksiä.



KUVA 38. Grillityyppinen käsittelylaite, joka on monipuolinen aputyökalu SAW- ja MAG- hitsaukseen. Erilaisilla kiinnitysvaihtoehdoilla voidaan hitsata monimuotoisiakin kappaleita.



KUVA 49. Pyörittysrullastot lieriömäiselle kappaleelle. Kapasiteetti halkaisijalle on 600mm-6500mm ja 40 tn.

Kirjoittaja on huomannut, että töiden toteutustavan ennakoinnilla sekä siirtojen ja muiden tekijöiden huolellisella etukäteissuunnittelulla on ratkaiseva merkitys. Toinen tärkeä tekijä tulee olemaan pätevoitettyjen SAW- hitsaajien ammattitaidon jatkuva vaaliminen. Hitsaaja pitää kierrättää säännöllisesti SAW- tornilla ja -traktorilla, että tuntuma säilyy. Ammattitaidon kehitykselle taas on ratkaisevaa hitsata mahdollisimman paljon erilaisia kappaleita. Kirjoittaja on todennut, että työ on paras ammattitaidon kehittäjä. Tulevaisuudessa torni pyritään pitämään vähintäänkin kahdessa vuorossa, että saataisiin mahdollisimman paljon tuotteita ajettua läpi SAW:lla. Myös pätevyksien uusinta tulee olla säädettyjen aikojen puitteissa. Pätevyudet tulee suorittaa heti, kun ne alkavat mennä vanhoiksi.

Toinen asia on sitten saada SAW- hitsaukseen perustuva tuotesuunnittelu. Outotec Turula Oy:n suunnittelu tapahtuu Espoossa ja on mietittävä miten saadaan tuotesuunnittelu mukaan suunniteltaessa tuotteita SAW- prosessille sopiviksi.

#### 4.4 Yhteenveto

Konepajalla vanhojen tottumusten muuttaminen on kaiken perusta. Perinteisesti MAG- hitsaus on ollut se käytetyin prosessi. Työnsuunnittelu, työnjohtaminen ja hitsaaminen on ollut vahvasti MAG- hitsausmyönteinen ja SAW:n käyttöä on vasta aloitettu. Kirjoittajan tullessa uutena henkilönä toisenlaisista konepajaolosuhteista on pystytty havaitsemaan mahdollisia muutoksen kohteita paremmin. Aloituspalaverissa mietittiin hitsausprosessiksi jo alun alkaen SAW ja työnsuunnittelusta lähtien tuotiin uutta näkökulmaa tuotteiden hitsaukseen. Oma kokemus hitsaajana on myös helpottanut ajattelua ja työn suunnittelua sekä toteutusta SAW:lla.

Työn lopputulos onnistui odotusten mukaisesti. SAW:n käyttösuhteen lisääminen oli päätavoite. Uusia tuotteita tuli SAW:lla hitsatuksi useita ja jauhekaarihitausta oli tasaisesti koko kevään ja kesän ajan. Parhaimmillaan hitsattiin kahdessa vuorossa ja ylitöinä viikonloppuisin, ja tuotteita oli jopa liikaakin silloitettuna ja odottamassa SAW- hitausta. Saavutetut hyödyt olivat läpimenoaikojen lyheneminen, laadun paraneminen, hitsaajien ergonomian paraneminen sekä melu-, pöly-, värinä-, valokaarihaittojen väheneminen SAW:lla hitsauksen ansiosta. Myös hitsaajien haastattelun perusteella työn mielekkyys ja helppous on ollut suuri tekijä. Projektin alussa tehtiin myös selvitys nykytilasta, selvitettiin tilatut lisäaineet ja voitiin havainnollistaa eri prosessien käyttöastetta verrattuna SAW:iin. Tehtiin myös teoreettinen vertailu MAG- prosessiin, jotta saatiin myös teoreettinen vertailupohja SAW- ja MAG- prosessille. Työssä tutkittiin SAW- prosessin hyötyjä myös ergonomian, työterveyden ja työssäjaksamisen kan-

nalta. Samalla tehtiin kirjallinen selvitys erilaisista SAW- prosessisovelluksista ja tehtiin kirjallista tutkimusta SAW- hitsauksesta. Onnistuttiin tekemään kattava selvitys myös kirjallisella puolella.

Opinnäytetyön teko on ollut haastavaa ja opettavaa päivätyön ohella. Haasteellista oli enimmäkseen tuotetuntemuksen osalta, koska tuotteet olivat kirjoittajalle uusia. Pelkän 2D-piirustuksen perusteella suuren kokonaisuuden hahmoittaminen ja erivaiheisten hitsausten miettiminen on hankalaa.

On ollut mukava huomata, että oppimista on tapahtunut sillä tätä kirjoittaessa kaiken kiireen keskelle tuli valmistukseen sakeuttimen hara, jonka valmistusaikataulu materiaalien alkujalostus mukaan lukien oli vain 4-5 vko. Tämän raportin yhtenä esimerkkityönä oli saman kokoluokan hara ja sen perusteella pystyttiin päättämään valmistustavat työhön, sopivat hitsaajat ja kaikki muut huomioon otettavat asiat. Näillä perusteilla laadittiin valmistuksen aikataulu. Kirjoittaja keräsi tiimin, jopa yksi hitsaaja siirsi kesälomansa tämän projektin tieltä ja valmistus aloitettiin. Osaaminen on kehittynyt ja työ on mielekästä. Tulevaisuudessa kirjoittaja haluaa opiskella lisää hitsausta työn ohella ja ainakin ensi vuoden ohjelmaan kuuluu International Welding Engineer (IWE) tutkinto.

## Verkkolähteet

1. Verkkojulkaisu [viitattu 20.5.2011] Saatavissa:  
<http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes-mig-gmaw.cfm>
2. Verkkojulkaisu [viitattu 23.5.2011] Saatavissa: [www.outotec.com](http://www.outotec.com)
3. Verkkojulkaisu [viitattu 23.5.2011] Saatavissa:  
[http://www.outotec.com/pages/Page\\_36832.aspx?epslanguage=FI](http://www.outotec.com/pages/Page_36832.aspx?epslanguage=FI)
4. Verkkojulkaisu [viitattu 23.5.2011] Saatavissa:  
<http://www.retco.fi/fi/tuotteet/jauhekaarihitsaus-/jauhekaarihitsaus-yleista.html>
5. Verkkojulkaisu [viitattu 24.5.2011] Saatavissa:  
<http://www.ttl.fi/fi/toimialat/metalliala/hitsaus/tarina/sivut/default.aspx>
6. Verkkojulkaisu [viitattu 23.5.2011] Saatavissa:  
<http://www.esab.fi/fi/fi/news/Hitsausuutiset-arkisto.cfm>
7. Verkkojulkaisu [viitattu 6.9.2011] Saatavissa:  
[http://www.impomet.com/impomet/julkaisut/hitsaajan\\_kasikirja.html](http://www.impomet.com/impomet/julkaisut/hitsaajan_kasikirja.html)
8. Verkkojulkaisu [viitattu 13.9.2011] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-jaratkaisut/Terastuotteet/Kuumavalssatut-terakset/Standarditerakset/EN-10025%e2%80%935-Ilmastokorroosiota-kestavat-rakenneterakset>
9. Verkkojulkaisu [viitattu 26.9.2011] Saatavissa:  
<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/30043/TMP.objres.388.pdf?sequence=1>
10. Verkkojulkaisu [viitattu 26.9.2011] Saatavissa:  
[http://www.outotec.com/pages/Page\\_6973.aspx?epslanguage=FI](http://www.outotec.com/pages/Page_6973.aspx?epslanguage=FI)
11. Verkkojulkaisu [viitattu 26.9.2011] Saatavissa: [http://www.esab.com/fi/fi .../processes-saw.cfm](http://www.esab.com/fi/fi.../processes-saw.cfm)
12. Verkkojulkaisu [viitattu 26.9.2011] Saatavissa: [http://www.retco.fi/fi/tu .../us-yleista.html](http://www.retco.fi/fi/tu.../us-yleista.html)

## Julkaistut lähteet

13. Lukkari Juha. Hitsaustekniikka, Perusteet ja kaarihitsaus, 1997. ISBN 951-719-469-2
14. ESAB HITSAUSUUTISET 2/2005
15. ESAB HITSAUSUUTISET 3/2008
16. ESAB HITSAUSUUTISET 1/2005
17. ESAB HITSAUSUUTISET 2/2006

18. Lukkari Juha. Jauhekaarihitsaus-yleisesitys 2011.
19. Jukka Martikainen. Hitsauksen laadunvarmistus. Luennot 2009. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, konetekniikan osasto, hitsaustekniikan ja lasertyöstön laboratorio.
20. Lepola Pertti ja Makkonen Matti. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 2008. ISBN-1: 9789510271582
21. Cary, Howard B, Scott C. Modern Welding Technology. 2005. Pearson prentlice Hall 715 s.

#### Haastattelut

Petri Peinola

Hitsaaja IWS. Outokumpu. Kesällä 2011. Haastattelu.

Kauko Vänskä

Team Leader Welding/IWT. Kesällä 2011. Haastattelu.

Teemu Koponen

Hitsaaja IWS/SAW. Outokumpu. Kesällä 2011. Haastattelu.

Marko Pasanen

Hitsaaja SAW. Outokumpu. Kesällä 2011. Haastattelu.

# Outotec

## ALUSTAVA HITSAUSOHJE pWPS

Nro/ No. 121-1-152

Monipalkohitsaus/ Multi Run Welding

7.9.2011

Menet.keop. nro/ WPQR No.

Asema/ Status

Hyv.tapa/ Approval by

Käyttöalue/ Operat.range

**Aikaisemmalla kokemuksella**

Laatija/ Made by

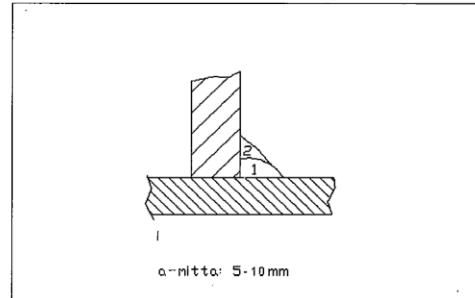
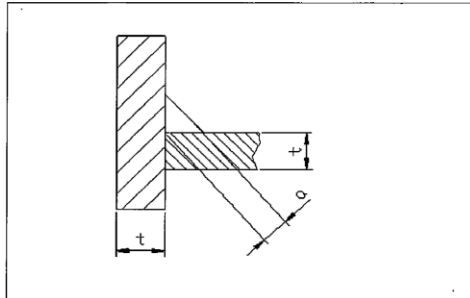
Päivämäärä/ Date

Hyv.stand./ Standard

**RAUNO KAKKOLA IWL-C FI 00119**

**5.9.2011 Outokumpu**

**SFS-EN 15611**



Perusaine/ Parent metal		Luokitus/ Classifier	Paksuus/ Thickness (t)	Halkaisia/ Outside diam.
		ISO 15608		
A	S235JR	1.1	12,0 - 12,0	-
B	S235JR	1.1	12,0 - 12,0	-

Lisäaineen käsittely/ Spec. backing or drying

--

Koostumus / Composition		Standardi/ Standard	Luokitus / Classification	Virt.nop./ Flow rate l/min
Suojakaasu/ Shielding gas	<b>OK Flux 10.70</b>			
Juurikaasu/ Backing gas				

Juuren yks.kohdat/ Back

Railion valm./ Groove prep.

Railion puhd./ Groove cleaning

Palko/ Run	Prosessi/ Process	Lisäaine/ Filler metal	Mitta/ Size	Hitsausvirta/ Current (A)	K.jännite/ Voltage (V)	Vap.lankapituus/ Length	Nap. Pol.	Kuli.nop./ Trav.speed* (cm/min)	S.nop/ F. Speed	L.tuonti/ Heat in* (kJ/cm)
1	121	<b>OK Autrod 12.22 SFA/AWS A5.17-89 EL12</b>	3,0	450-550	27-29			50		14,6-19,1
2	121	<b>OK Autrod 12.22 SFA/AWS A5.17-89 EL12</b>	3,0	500-600	28-32			50-60		14-23

Hitsauspross./ Process **121 Jauhekaarilankahitsaus**

Piena a-mitta

Tuotemuoto

Asento/ Position

Volframielektrodi/ Electrode

Mittausmen./ Method

Aika, lämpötila/ Time, Temp

Jälkilämpökäs./ Post Heat

Kuum.men./ Heating method

Hitsaustekniikka/ Weld.Tech.

Liitosmuoto

Kor. työlämpö/ Preheat temp

Palk.väl.työlämpö/ Interp. temp

Kuumennusnop./ Heating rate

Jäähdytysnop./ Cooling rate

**FW**

**Max 200 astetta**

\*Jos vaadittu/ If required

Lisätietoja/ Further Information

--

Valmistaja/ Manufacturer

Asiakas/ Customer

Viranomainen/ Authority

**OUTOTEC TURULA OY**

OUTOTEC TURULA OY  
Kuvernöörinkatu 2, P.O.Box 22  
FIN-83501 Outokumpu, Finland

Tel. +358 20 720 5300, fax +358 13 554 261  
Domicile: Outokumpu, Finland  
Business ID 0722480-8, VAT FI07224808