KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Petri Peinola

HITSAUKSEN TUOTANTOSUUNNITELMA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Karelia AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Petri Peinola

Nimeke
HITSAUKSEN TUOTANTOSUUNNITELMA

Toimeksiantaja
Outotec Turula Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella työohjepohja hitsauksen käyttöön. Työn toimeksiantaja on prosessi- ja mineraaliteknologian koneita ja laitteita valmistava Outotec Turula Oy Outokummussa. Tällä hetkellä yrityksellä ei konepajassa ole käytössä valmista mallia, jolla hitsauskokoonpanon eri työvaiheet voitaisiin dokumentoida yhdenmukaisesti. Osana opinnäytetyötä oli tehdä kaksi valmista työohjetta CC-sarjan keraamisten kiekkosuotimien rummun valmistamisesta.

Työ alkoi kartoittamalla, mitä informaatiota ohjeen tulee pitää sisällään ja millainen tulisi olla visuaalinen rakenne. Kahteen valmiiksi tehtyyn työohjeeseen haastateltiin asiakasyrityksessä pitkän työuran tehnyttä levyseppähitsaaja. Varsinainen työ tehtiin Microsoft Wordilla ja valmiissa ohjeissa olevat työtä havainnollistavat kuvat Creo Parametric 1.0 3D ohjelmalla.

Työohjeet valmistuivat keväällä 2014 ja otettiin tuotantokäyttöön Outotec Turulassa syksyllä 2014. Työohje sai positiivisen vastaanoton ja siitä koettiin olleen suuri apu hitsaustyössä.

Kieli
suomi

Sivuja 27
Liitteet 1
Liitesivumäärä 7

Asiasanat
hitsaus, työohje, työohjeistus, tuotantosuunnitelma

THESIS
May 2015
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358 13 260 6800

Author(s)
Petri Peinola

Title
Welding Production Plan

Commissioned by
Outotec Turula Oy

Abstract

The goal of this thesis was to plan a work instruction for workshop welding. The client is Outotec Turula workshop in Outokumpu, Eastern Finland. The workshop manufactures components and production lines for process and mineral technology. At this moment the client has no uniform way how to document welding-stages for the work. A part of this thesis was to complete two work-instructions for manufacturing of CC-series ceramic filters drum.

The project was started by charting what kind of information should be included in the work instructions and visual layout. For two complete instructions a specialist with a long career in Outotec Turula was interviewed. The study was made by using Microsoft word and the illustrative photos for complete instructions were made by using Creo Parametric 1.0 3D-programme.

Work instructions were finished in spring 2014 and during autumn 2014 one of the instructions were taken into use. Work instruction has got positive feedback from employees and it was reported to give a magnificent help in welding work.

Language	Pages 27
Finnish	Appendices 1
	Pages of Appendices 7

Keywords
welding, work instruction, work specification, manufacturing plan

Sisältö

Tiivistelmä
Abstract
Käytetyt lyhenteet ja termit 5
1 Johdanto 6
1.1 Taustaa 6
1.2 Yrityksen tarpeet 7
2 Asiakasyrityksen esittely 8
2.1 Outotec Turula Oy 8
2.2 Hitsauksen laadunhallinta 9
2.3 Käytössä olevat hitsausprosessit 11
2.4 Hitsauksen mekanisointi 15
3 Työn toteutus 15
3.1 Opinnäytetyön esivalmistelut 15
3.2 Tietoa tuotteista 17
3.3 CC-144 kiekkosuotimen rumpu 18
3.4 CC-30, 45 & 60 kiekkosuodinten rumpu 19
3.5 Opinnäytetyö ja Lean 21
4 Pohdinta 23
4.1 Lisäarvo konepajan toimintaan 23
4.2 Käytännön kokemuksia 23
4.3 Työohjeen tulevaisuus 25
Lähteet 26

Liite
Liite 1 Hitsauksen työohje CC-144 Rumpu

Käytetyt lyhenteet ja termit

Auditointi	Yrityksen kannalta riippumattoman tahon suorittama arviointi, jossa selvitetään täyttääkö yrityksen toiminta asetetut laatuvaatimukset.
DNV	Det Norske Veritas, auditoinnin suorittava sertifiointilaitos.
Jigi	Aputyökalu, johon koottava kappale voidaan kasata mittatarkasti. Soveltuu erityisesti sarjojen tekemiseen. Osa jigeistä soveltuu myös hitsaukseen, jolloin hitsauksessa tapahtuvia muodonmuutoksia pyritään estämään. Jigi voi olla myös kevyt apulaite, millä kokoonpanoon tuleva yksittäinen osa voidaan asemoida paikalleen.
Juuripalko	Monipalkohitsauksessa ensimmäinen railon pohjalle hitsattu palko.
Lisäaine	Esim. hitsauslanka ja hitsauspuikko. Liitoskohtaan sulatettava aine, joka on yleensä samaa materiaalia kuin perusaine.
Lämpökäsittely	Hitsauksen jälkeen tehtävä käsittely, joka poistaa suuret jäännösjännitykset ja lisää rakenteen väsymiskestävyyttä. Lämpökäsittelyllä voidaan palauttaa aineen alkuperäinen mikrorakenne.
NDT	Non distruction testing. Ainetta rikkomaton tarkastus, käytetään hitseille ja materiaaleille asetettujen vaatimusten täyttymisen toteamiseen.
Parametrit	Hitsauksessa käytettävät muuttujat, joita voi olla: kaarijännite, hitsausvirta, lämmöntuonti, suojakaasunvirtaus ja kuljetusnopeus.
Perusaine	Yhteen hitsattavien kappaleiden materiaalit.
WPS	Welding Procedure Spesification. Hitsausohje, dokumentti josta selviää hitsauksen suorittamiseen tarvittavat muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi. On hyväksytty joko käyttämällä testattuja lisäaineita, aikaisemmalla kokemuksella, standardimenetelmällä, menetelmäkokeella tai esituotannollisella kokeella.
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification. Alustava hitsausohje, jota ei ole vielä hyväksytty varsinaiseksi hitsausohjeeksi. Käytetään menetelmäkokeessa jolla hyväksyntä varsinaiselle WPS:lle.

1 Johdanto

1.1 Taustaa

ISO-standardi 3834-2 suosittelee hitsausta suorittavaa konepajaa laatimaan tuotteilleen tuotantosuunnitelman. Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä Outotec Turula Oy:ssä on sertifioitu kyseinen standardi käyttöön osana hitsaustyön laadunhallintaa. Vaikka standardi ei edellytä tuotantosuunnitelman laadintaa, on sen uskottavan laadunhallinnan vuoksi syytä olla olemassa. Suurten ikäluokkien eläkkeelle jääminen tuo esille kysymyksen siitä, miten hiljaista tietoa voitaisiin dokumentoida ja siirtää nuorempien työntekijäryhmien tietoon. Tämä tukee osaltaan tarvetta saada aikaiseksi toimiva tuotantosuunnitelma asiakasyrityksen käyttöön.

Hitsaus määritellään erikoisprosessiksi, jossa tuloksia ei voida täysin todentaa valmiin tuotteen tarkastuksella. Onkin suotavaa että hyväksi koetuille valmistustavoille ja menetelmille saataisiin toistuvuutta ja minimoitaisiin virheiden tapahtuminen. Kun tiedetään mitä ja miten työ suoritetaan, saadaan läpimenoaikoja lyhennettyä. Tämä taas tuo kustannussäästöjä ja lopputuloksena laadukkaan lopputuotteen asiakkaalle. Laatujärjestelmien ja standardien SFS-EN 3834-2 ja SFS-EN 1090 vaatimukset edellyttävät hitsaavilta konepajoilta pysyviä muutoksia toiminnassaan. Hitsaustoimintoja tulee koordinoida entistä tarkemmin ja tiettyjen menetelmien käyttö tulee olla systemaattista ja pysyvää. [1, s.7.]

Tavoitteena on luoda asiakasyritykseen toimintamalli, jolla toistuvien vaikeasti valmistettavien tuotteiden dokumentointi on mahdollista toteuttaa yhdenmukaisesti. Opinnäytetyössä tarkastellaan mitä etuja ja haittoja tämän mallin käyttämisellä tulee olemaan. Opinnäytetyötä kuvataan termeillä tuotantosuunnitelmalla, työohje ja ohje.

1.2 Yrityksen tarpeet

Vuosina 2014–2017 tulee asiakasyrityksessä jäämään eläkkeelle yhteensä 14 eri alojen osaajaa, joista hitsaajien osuus on seitsemän henkilöä. Heistä osa on erikoistunut tiettyihin paljon työtunteja ja erityistä ammattitaitoa vaativiin tuotteisiin. Eläkkeelle jäämisen myötä yrityksestä katoaa arvokasta hiljaista tietoa kyseisten tuotteiden valmistuksesta.

Asiakasyrityksen vaatimuksena oli saada käyttöön dokumenttipohja, jota voidaan käyttää useita eri tuotteita varten tehtävissä työohjeissa. Rakenteessa tuli käydä ilmi työn nimi, työvaiheet, mahdollisesti kuvia kokoonpanon etenemisestä ja lyhyet hitsaussuositukset. Päämääränä oli saada perehdytettyä työntekijä tuotteen oikeaoppiseen tekemiseen, mikäli hänellä ei kyseisen tuotteen valmistuksesta ollut aikaisempaa kokemusta. Joidenkin tuotteiden osalta toistuvuutta tulee perin harvoin. Yksittäisellä työntekijällä saattoi olla jopa vuosien väli jonkin työn toistuvuudessa, tämä toi osaltaan haasteita tuotteiden oikeaoppiselle kokoonpanolle. Aikojen saatossa yksityiskohtaiset tiedot tekemisestä olivat voineet unohtua ja oli vaarana tehdä kerran tehdyt virheet uudestaan.

Monimutkaisissa ja laajoissa hitsattavissa rakenteissa oikeaoppinen kokoonpano ja hitsausjärjestys ovat avainasemassa sujuvan läpimenon kannalta. Väärässä järjestyksessä tehty kokoonpano voi aiheuttaa sen, että jotkut railot ovat mahdottomia hitsata ja pahimmillaan voi edessä olla tiettyjen komponenttien purkaminen. Hitsausjärjestyksellä tarkoitetaan hitsaussuuntaa, ja mitä hitsejä hitsataan missäkin vaiheessa. Oikeaoppinen hitsausjärjestys voi vähentää lämmöllä oikomisen tarvetta, tai jopa poistaa sen kokonaan. Koska hitsattuun rakenteeseen jää aina jäännösjännityksiä, on lämpökäsittely osattava tarvittaessa tehdä oikeaoppisesti. Turulassa on huomattu, että on olemassa tiettyjä tuotteita, joihin pitää soveltaa yhtä lämmitysjärjestystä. Tuolloin oikomiseen voi aikaa mennä vain tunti, mutta väärin toteutettuna jopa kokonainen työpäivä, ja lisäksi perusaineen mikrorakennetta voidaan pilata.

2 Asiakasyrityksen esittely

2.1 Outotec Turula Oy

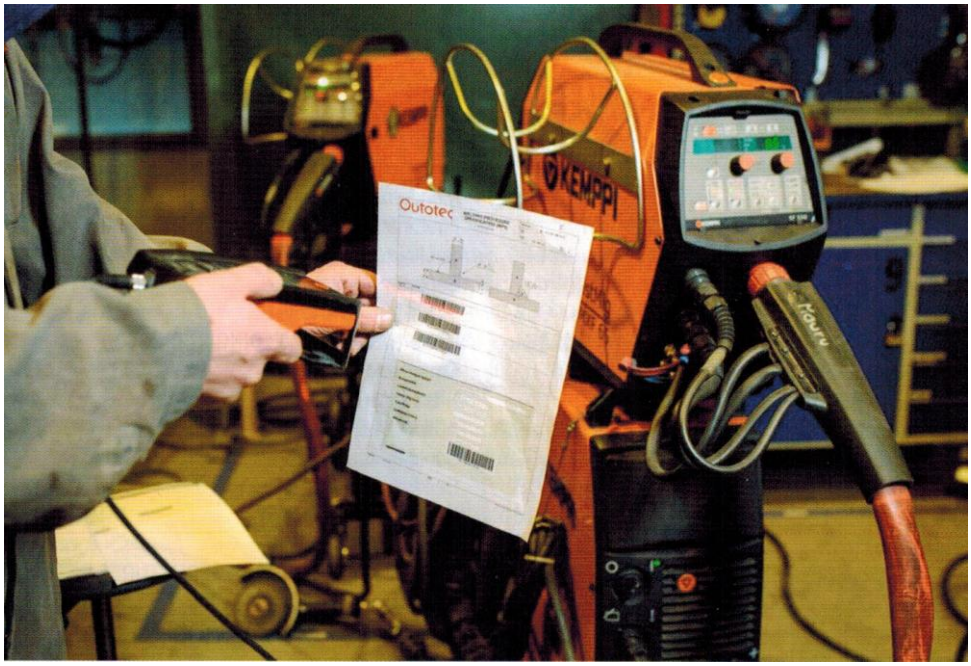
Yli kolme vuosikymmentä sitten alettiin Outokummussa luoda pohjaa tulevaisuuden elinkeinoelämälle. Oli selvää että paikkakunnalla pitkään työtä tarjonnut kaivos tulisi 1980-luvun loppuessa sulkeutumaan ja korvaavia työpaikkoja oli luotava. Niinpä alettiin suunnitella teollisuuskylää, jonka pesämunaksi Outokumpu Oy perusti kaivos- ja mineraalitekniikan laitteita valmistavan Turulan konepajan vuonna 1979. [2, s.188.] Vuonna 2006 Outokumpu Oyj luopui teknologiatuotannostaan ja perusteli uuden yhtiön, jonka nimeksi tuli Outotec [3]. Nykyisin konepaja toimii nimellä Outotec Turula Oy ja on kolmen vuosikymmenen aika kasvanut yhden hallin konepajasta liki 20000m² kokoiseksi tuotantolaitokseksi (kuva 1). Päätuotteita ovat alusta asti olleet mineraali ja prosessiteknologian koneet ja laitteet. Henkilöstöä on kaikkiaan vajaa 200.

Kuva 1. Outotec Turulan konepaja [3].

Yritys toimittaa asiakkaalle tuotteita yksittäisistä varaosa-komponenteista, aina laajoihin kokonaisuuksiin asti. Konepajan töistä noin 80–90% on konsernin sisäisiä projekteja, sekä pienissä määrin alihankintatöitä. Tuotteista suurin osa menee vientiin ja toimitetaan ympäri maailmaa.

2.2 Hitsauksen laadunhallinta

Hitsauskoordinaattori vastaa hitsauksen laadunhallinnasta ja hitsausohjeiden laadinnasta. Työnjohtaja toimittaa hitsaajalle tarpeelliset piirustukset, työmääräimen ja hitsausohjeen. Osana hitsauksen laadunhallintaa aloitettiin konepajassa vuonna 2012 Kempin ArcQ-järjestelmän koekäyttö ensimmäisenä Suomessa. Järjestelmässä MAG-hitsauskoneisiin kiinnitetään lukulaite, johon hitsaaja kirjaa oman henkilönumeronsa, WPS-numeron, suojakaasun, lisäaineen ja työmääräimen. Järjestelmän tarkoituksena on seurata hitsausparametreissa tapahtuvia poikkeamia ja tarjota tarvittaessa asiakkaalle dokumentti hitsauksen suorituksesta. Kaikkia hitsausprojektien osa-alueita voi hallita kokonaisuutena systemaattisesti. Esimerkiksi NDT-tarkastuksien, hitsausohjeiden, hitsaajalistojen ja hitsaajien pätevyystodistusten hallinta onnistuu yhdellä tietokone ohjelmalla. [4, s.47.] Työnjohtaja pystyy seuraamaan tietokoneeltaan käytettyjä hitsausparametreja reaaliaikaisesti, sekä puuttumaan tarvittaessa poikkeamiin. Asiakkaan niin vaatiessa voidaan tietojärjestelmästä tulostaa data, missä selviää lämmöntuonti, hitsausaika ja hitsausparametrit lukuun ottamatta kuljetusnopeutta. Viimeksi mainitun seuraamiseen ei ole käytössä menetelmiä, mutta WPS:n mukainen kuljetusnopeus on otettu huomioon lämmöntuonnin laskukaavassa. Myös SFS-EN ISO 3834-2 -sertifikaattien myöntäjä DNV seuraa näitä asioita vuotuisessa auditoinnissa.



Kuva 2. Kemppi ArcQ:n käyttöä [4, s.47].

Kaikille hitseille suoritetaan hitsaajan toimesta visuaalinen tarkastus standardin SFS-EN ISO 17637 mukaan. Visuaalisessa tarkastuksessa todetaan, että hitsit täyttävät standardin SFS-EN ISO 5817-C:n vaatimukset. Näistä mainittakoon riittävän a-mitan, hitsin geometrian ja silmällä näkyvän pinnan virheettömyyden toteamiset. Asiakkaan vaatimuksesta ulkopuolinen, standardin SFS-EN ISO 9712 mukaan pätevöitetty tarkastaja käy tarvittaessa suorittamassa NDT-tarkastuksia. Yleisimpiä konepajassa tehtäviä ulkopuolisen tarkastajan suorittamia NDT-tarkastuksia ovat magneettijauhetarkastus standardin SFS-EN ISO 9934-1 mukaan, tunkeumanestetarkastus standardin SFS-EN 571 mukaan ja ultraäänitarkastus standardin SFS-EN ISO 17640 mukaan. Edellä mainitut eivät kuitenkaan tunkeumanestettä lukuun ottamatta sovellu suoraan ruostumattomille ja haponkestäville materiaaleille. Näissä tapauksissa hitseille tehdään yleensä radiografia eli röntgenkuvaus standardin SFS-EN ISO 17636-1 mukaan. Ruostumattomille ja haponkestäville teräksille voidaan kuitenkin suorittaa ultraäänitarkastus, mikäli käytössä on vertailukelpoinen hitsi. Tämä voi olla esimerkiksi testilevy, joka on radiografialla todettu hyväksi. Tarkastaja vertaa testilevyn kaikua tarkastettavaan hitsiin.

2.3 Käytössä olevat hitausprosessit

Outotec Turulassa käytössä olevat hitausprosessit, prosessin numerotunnus ja kuvaus.

Laserhitsaus 52

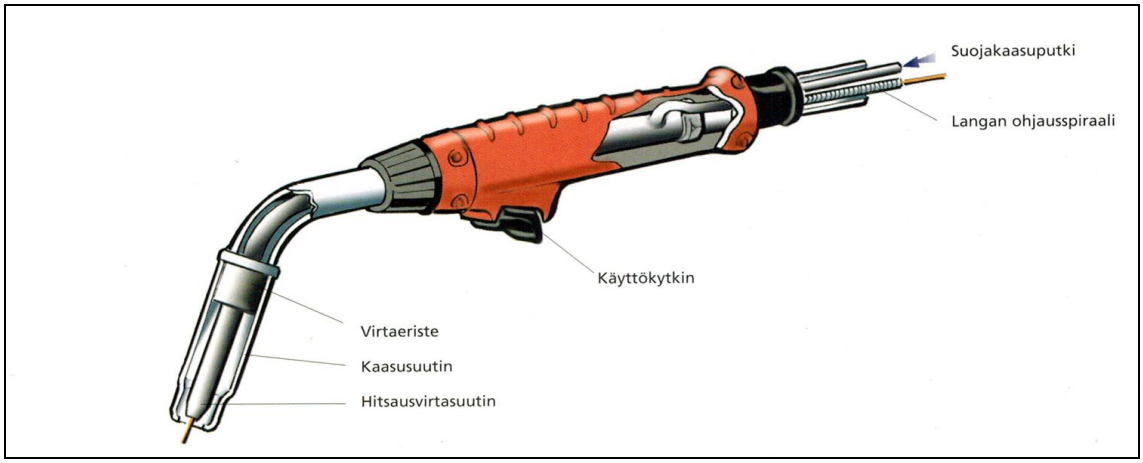
Prosessi jossa pieneen pisteeseen työkappaleen pinnalla kohdistetaan laservalo materiaalin sulattamiseksi tai höyrystämiseksi. Metallien laserhitsaus voidaan jakaa kahteen eri prosessiin: sulattavaan laserhitsaukseen ja syvätunkeumalaserhitsaukseen.
Syvätunkeumahitsauksessa korkealämpötilainen metallihöyry ja plasma laajenevat voimakkaasti muodostaen kapean sylinterimäisen reiän, niin kutsutun avainreiän sulaan metalliin. Kuljetettaessa lasersädettä työkappaleen pinnalla metalli sulaa avaimenreiän etureunalla ja sula metalli virtaa reiän taakse, jossa se jähmettyy hitsiksi.

Sulattavassa hitsauksessa lasersäteen tehotiheys ei ole riittävän suuri avaimenreiän muodostamiseksi. Näin ollen prosessille on tunnusomaista leveä ja matala hitsin poikkileikkaus, joka muistuttaa paljon perinteisten hitsausmenetelmien hitsejä. Laserhitsauksen etuja ovat matala lämmöntuonti, kyky hitsata suuriakin ainepaksuuksia yhdeltä puolelta ja suuri hitsausnopeus. Haittapuolena mainittakoon että laserhitsaus vaatii hitsattavilta kappaleilta suurta hitsausrako-tarkkuutta ja kannattava laiteinvestointi vaatii suurta tuotantovolyymiä. [5.] Laserhitsauspäähän voidaan lisäksi liittää MIG/MAG-poltin, jolloin puhutaan hybridilaserhitsauksesta. Turulan konepajassa laserhitsausta käytetään kestokatodien hitsaukseen.

MAG 135, 136 & 138

Metal-arc active gas, suomeksi: metallikaarihitsaus aktiivisella suojakaasulla. MAG on metallikaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa aktiivisessa suojakaasuatmosfäärin sisällä. Kaasun tarkoituksena on suojata hitsisulaa hapettumiselta ja tehostaa valokaaren palamista. Sula metalli siirtyy pisaroina langan kärjestä hitsisulaan. Hitsausvirta siirtyy monitoimijohtimessa olevaa virtajohdinta myöten hitsauspistoolin päässä olevaan virtasuuttimeen ja siitä

hitsauslankaan. [6, s.159.] Konepajassa eniten käytetty hitsausprosessi, jolla hitsataan seostamattomia ja ruostumattomia teräksiä. Lisäaineina käytetään pääasiassa metallijauhe- ja rutiilijauhetäytteisiä lankoja, sekä umpilankoja. Prosessi on äärimmäisen helppo mekanisoida ja konepajasta löytyy tarkoitukseen sopivilla apuvälineillä. Hitsiaineentuotto on MAG-hitsauksessa 100 % kaariajalla parametreista ja langan halkaisijasta riippuen noin 2–7 kg/h [6, s.160].



Kuva 2. MIG/MAG-hitsauspistoolin rakenne [7, s.258].

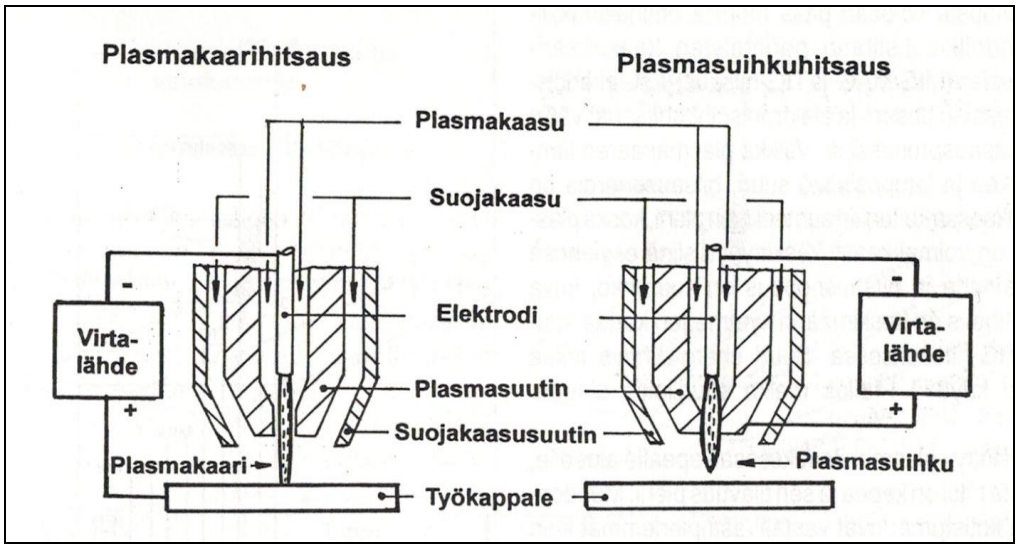
MIG 131

Metal-arc inert gas welging, suomeksi: metallikaarihitsaus inertillä suojakaasulla. Pääpiirteittäin samanlainen prosessi kuin MAG. Suojakaasu on inertti eikä siten tehosta valokaaren palamista, vaan muodostaa hitsisulan ympärille hapettumiselta suojaavan atmosfäärin. MIG-hitsausta käytetään yleensä kuparille ja alumiinille.

Plasmahitsaus 15

Volframikaasukaarihitsausprosessi, jossa pääasiallinen hitsauslämmön lähde on valokaaren muodostama plasma. Plasmalla tarkoitetaan sähköä johtavaa kaasua, joka voi olla tavallinen suojakaasu. Aine saadaan plasmatilaan esimerkiksi nostamalla sen lämpötila tarpeeksi korkeaksi. Kuvassa 4 esitetään plasmahitsauksen kaksi erityyppistä valokaarta; plasmakaari ja plasmasuihku. Yleensä plasmakaarta käytetään hitsaukseen ja plasmasuihkua leikkaukseen.

Plasmahitsaus muistuttaa hyvin paljon TIG-hitsausta. Suurimpina eroina valokaaren muoto ja se, että plasmahitsauksessa elektrodin kärki on suuttimen sisällä. Plasmahitsaus voidaan suorittaa ilman lisäainetta, tai sitä käyttäen. [6, s.272–274.] Turulan konepajassa plasmahitsausta käytetään pääasiassa ohuiden 3–6 mm paksujen ruostumattomien ja haponkestävien levyjen toisiinsa liittämiseen.



Kuva 4. Plasmakaarihitsaus ja plasmasuihkuhitsaus [6, s.273].

Puikkohitsaus 111

Metallikaarihitsaus ilman suojakaasua on kaarihitsausprosessi, jossa käytetään päällystettyä hitsauspuikkoa. Päällysteen päätehtävät ovat; kuonan muodostaminen, kaasusuojan muodostaminen, deoksidointi eli tiivistys, ionisointi ja seostus. Valokaari palaa puikon pään ja työkappaleen välillä. Puikon sydän sulaa ja sula metalli siirtyy sulan kuonan ympäröiminä metallipisaroina hitsisulaan. Hitsausnopeus on ja tuottavuus ovat huonoja verrattuna muihin kaarihitsausprosesseihin. Hitsiaineen tuotto on normaaliriittoisilla puikoilla 100 % paloaikasuhteella noin 0,5–4kg/h. Puikkohitsaus oli vielä 1960-luvulla runsaasti käytetty prosessi, tuolloin hitsauspuikkojen osuus oli yli 80 % hitsauslisäaineen kulutuksesta Suomessa. Nykyisin puikkohitsaus on huomattavasti vähentynyt, mutta se on edelleen tärkeä hitsausprosessi. [6, s.88–91.] Puikkohitsauksen mainittavimpia etuja on

sen helppo käytettävyys, laaja lisäainevalikoima ja toimivuus kaikissa olosuhteissa esimerkiksi veden alla.

SAW 121

Submerged arc welding, suomeksi: jauhekaarihitsaus.

Metallikaarihitsausprosessi jossa valokaari palaa hitsausjauheen alla. Kaasukaariprosesseista poiketen jauhe suojaa hitsisulaa hapettumiselta ja seostaa hitsiä. Jauhekaarihitsaus on tehokas prosessi, jossa hitsiaineen tuotto voi olla Turulan konepajan laitteistolla 100 % kaariajalla jopa 20 kg tunnissa [8]. Prosessi on parhaimmillaan paksuissa perusaineissa, pitkissä yli metrin pituisissa hitseissä. Työturvallisuuden ja ergonomian kannalta jauhekaarihitsaus erinomainen prosessi, koska hitsauksesta ei muodostu säteilyä, savukaasuja ja operaattori pystyy työskentelemään kuormittamattomissa asennoissa. Jauhekaarihitsaus on yleensä mekanisoitua hitsausta. Hitsauslaite voi olla esimerkiksi liikkuvassa puomissa tai omassa kulkuvaunussaan, jota kutsutaan jauhekaaritraktoriksi. Kuvassa 5 näkyy akseliputken jauhekaarihitsausta; edessä oleva ohjainpää huolehtii poltinpään korkeuden kompensoinnista, keraaminen holkki syöttää jauhoa, jonka alla valokaari palaa ja takana oleva imuri huolehtii ylimääräisen jauheen poistamisesta.

Kuva 5. Jauhekaarihitsausta (Kuva: Petri Peinola)

TIG 141 & 143

Tungsten inert gas arc welding, suomeksi: volframi-inerttikaasuhitsaus. Valokaari palaa inertissä suojakaasuatmosfäärissä sulamattoman elektrodin ja perusaineen välissä. Voidaan hitsata ilman lisäainetta ja sen kanssa. Lisäainelanka siirtyy hitsisulaan joko hitsaajan käsin laittamalla tai mekanisoidussa hitsauksessa syöttölaitteella. Prosessi soveltuu erityisesti ohuisiin perusaineisiin, putkien hitsaukseen ja juuripalkojen ajamiseen.

2.4 Hitsauksen mekanisointi

Mekanisoinnilla tarkoitetaan hitsaus- tai leikkauspolttimen koneellista kuljettamista. Railonseuranta ja parametrien säädöt tapahtuvat käsin, operaattorin toimesta. Hitsauksen mekanisoinnilla, erityisesti kevytmekanisoinnilla, voidaan varsin helposti ja pienin taloudellisin panoksin oleellisesti parantaa hitsauksen tehokkuutta, laatua ja työergonomiaa [9]. Käytetyin mekanisoitu hitsausprosessi konepajassa on jauhekaarihitsaus tornilla tai traktorilla. Lisäksi MIG/MAG-prosessien mekanisointiin käytetään kuljetustraktoreita tai niin kutsuttuja kylmiä käsiä, joihin kiinnitetään hitsauspoltin. Traktori kuljettaa hitsauspoltinta ja hitsaaja säätää kuljetusnopeutta ja polttimon asemaa. Kylmässä kädessä hitsauspoltin on kiinnitetty sopivaan asentoon ja se pysyy paikallaan kappaleen liikkuessa esimerkiksi pyörityspöydän avulla.

3 Työn toteutus

3.1 Opinnäytetyön esivalmistelut

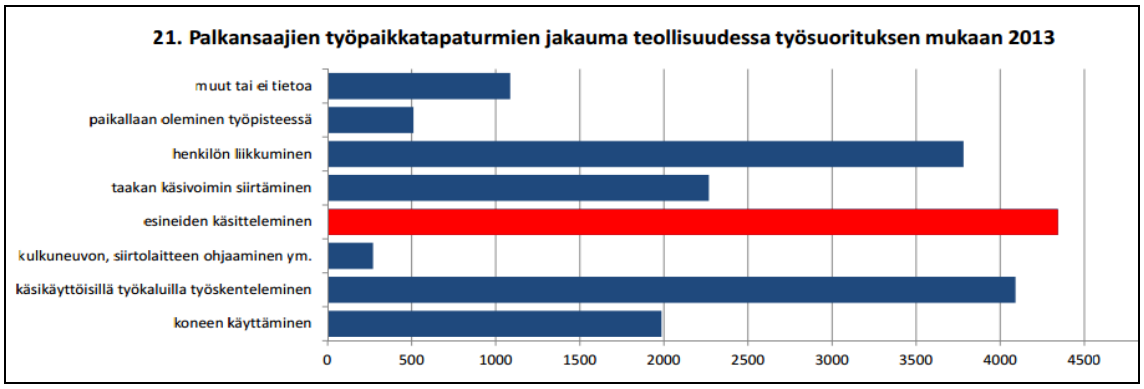
Opinnäytetyön tekijän työkokemus käytännön hitsaustyöstä mahdollisti sen, että heti työn alussa oli selkeä hahmotelma, minkälainen toimivan tuotantosuunnitelman tulisi olla. Tarkoituksena oli luoda selkeä ja yksiselitteinen

dokumentti, joka hyödyntäisi runsasta visuaalisuutta ja itse verbaalinen ohjeistaminen jäisi vähemmälle.

Alussa haastetta työn tekemiseen toi hitsauskoordinaattorilta tullut pyyntö saada työohjeeseen integroitua WPS. Muutamien kokeilujen ja neuvottelujen jälkeen päädyttiin kuitenkin pitämään WPS omana dokumenttinaan, mutta lisäämään WPS-numero työohjeeseen. Idea olisi toki ollut hyvä ja se olisi mahdollistanut kahden dokumentin yhdistämisen, vähentäen työntekijälle toimitettavan paperin määrää. Tosin ainakaan tässä vaiheessa ei keksitty mitään hyvää ja ennen kaikkea selkeää ratkaisua asian toteuttamiseksi.
Ratkaisua etsittiin hieman kiertäen; Microsoft Excel pohjalla, johon kirjattiin muutamia konepajalla käytössä olevia hitsauslisäaineita ja niiden valmistajan suosittelemat parametrit, napaisuus, suojakaasut, ym. hitsaajan kannalta tärkeä informaatio. Ideana oli että työohjetta tehdessä olisi pudotusvalikoita, joista aluksi valittaisiin perusaine. Tämän jälkeen toisessa pudotusvalikossa olisi valittuun perusaineeseen soveltuvat hitsauslisäaineet. Lisäaineen valinnan jälkeen tulisi näkyviin edellä mainitut valmistajan suositukset hitsausparametreista ja muu oleellinen informaatio. Tarkoituksena oli siis luoda eräänlainen yksinkertaistettu WPS. Vaikka tämä olisi teknisesti ollutkin mahdollista ja kokeiluissa se jollain tavoin toimi, eivät opinnäytetyön tekijän tietotekniikan taidot kuitenkaan riittäneet toimivan järjestelmän luomiseen. Eikä tämä olisi voinut edes korvata varsinaista hitsausohjetta, koska mm. palkojärjestykset olisivat jääneet puuttumaan. Työn suorittamisessa tulee käyttää virallista, testattua tai toimivaksi todettua hitsausohjetta. Laatuvaatimusten kannalta tällä yksinkertaisella toimintamallilla ei olisi ollut merkitystä, vaan hitsaajalle olisi kuitenkin toimitettava WPS.

Dokumentin runkoa varten hankittiin yrityksen laatupäälliköltä virallinen toimintaohje, joka sitten muokattiin työohjeen tarkoitukseen sopivaksi. Ensimmäinen sivu on kansilehti, jossa selviää mitä nimenomaista tuotetta ohje koskee. Toisella sivulla on kerrottu laatuvaatimukset, mahdolliset NDT-tarkastukset, esilämmitykset, lämpökäsittelyt ja lyhyesti nostoturvallisuudesta.
Viimeksi mainittu nostoturvallisuus on asia, jonka erityisesti haluttiin tulevissa työohjeissa tulevan käsitellyksi. Outotec Turulassa käsitellään suuria,

parhaimmillaan useita kymmeniä tonneja painavia kappaleita. Vaikka näistä nostoista tuleekin tehdä erikseen nostosuunnitelmat, olisi työohjeessa varsin tervetullutta löytyä noston turvalliseen suorittamiseen liittyvää informaatiota; kuten kappaleen tasapainopisteet ja mahdollisesti noston suorittaminen. Nostotöissä voi olla riski vakaviinkin työtapaturmiin ja pahimmissa tapauksissa kuolemaan. Teollisuudessa tapahtuvista työtapaturmista suurin osa liittyy nimenomaan esineiden käsittelyyn (kuvio1).



Kuvio 1. Palkansaajien työtapaturmien jakauma teollisuudessa työsuorituksen mukaan vuonna 2014 [10, s.25].

3.2 Tietoa tuotteista

Opinnäytetyön toimeksiantoon kuului itse dokumenttipohjan lisäksi kahden työohjeen tekeminen. Nämä työohjeet koskivat CC-144 ja CC-30, 45 & 60 keraamisten kiekkosuodinten rumpujen kokoonpanoa. Edellä mainitut suotimet eroavat toisistaan lähinnä koon puolesta. CC-144 sarja on kaikkein suurin ja CC-30, 45 & 60 edustavat pienempää kokoluokkaa. Keraamisia kiekkosuotimia käytetään pääasiassa rikastamoissa, joissa ne imevät malmirikasteesta veden pois huokoista keraamilevyä pitkin. Rummussa on useita keraamisia levyjä ja rumpu ja levyt ovat puoliksi upotettuna altaaseen, jossa on malmirikastelietettä. Rumpu pyörii ja keraamilevyt imevät itseensä malmirikastelietettä pyörähdyksen aikana. Pyörähdyksen loppuvaiheessa levyt tulevat niin kutsuttuun kaavariin, joka kaapii levyistä malmirikastepaakut pois jatkokäsittelyyn.

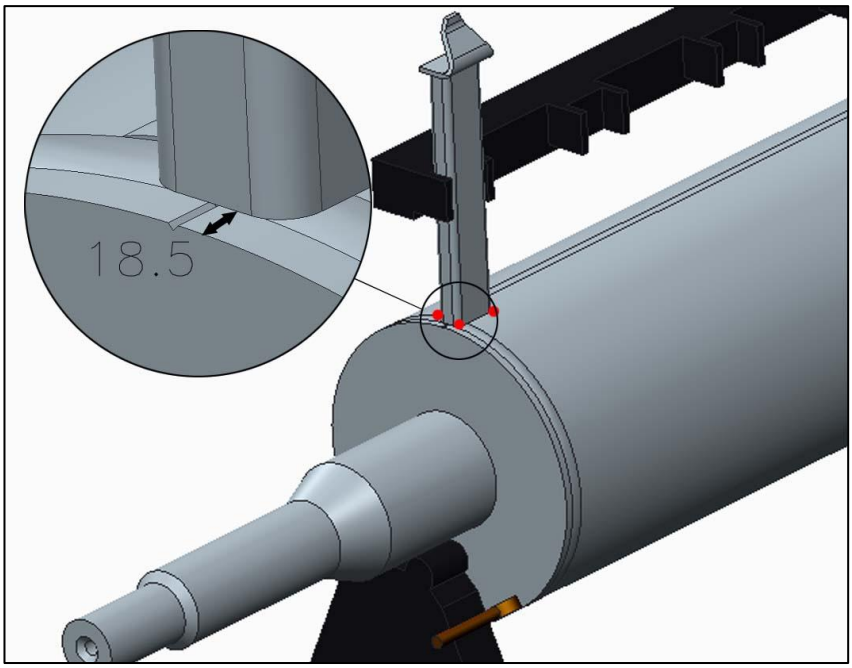
Rumpu koostuu runkoputkesta ja putken kumpaankin päähän tulevista päädyistä, joissa on akselit jotka liittyvät suodinaltaan laakeripesiin.

Rumpuputken sivuille hitsataan niin sanotut puolat, joiden päähän hitsataan kehävanteet. Kehävanteisiin kiinnitetään asennusvaiheessa keraamiset levyt.

3.3 CC-144 kiekkosuotimen rumpu

Ensimmäiseen esimerkkityöohjeeseen haastateltiin yhtiössä pitkään työskennellyttä levyseppähitsaaja, joka suhtautui erittäin myötämielisesti opinnäytetyöhön. Hän kertoi runsaat ja varsin yksityiskohtaiset kuvaukset tekemänsä tuotteen valmistuksesta. Mainittakoon että kyseinen levyseppähitsaaja jäi pian haastattelujen tekemisen jälkeen eläkkeelle. Haastateltava oli erikoistunut valmistamaan CC-kiekkosuodinten rumpuja ja pitkän kokemuksen kautta saavuttanut työn jäljessä millimetrin tarkkuuden. Tämä on valmistettavan tuotteen kannalta tärkeää, koska hitsauksen jälkeen seuraava vaihe on sorvaus, jossa mittatarkkuus lyhentää koneistusaikaa merkittävästi.

Haastattelujen tekohetkellä ei edellämainittua tuotetta ollut valmistuksessa, joten rummun kokoonpanon vaiheet oli mallinnettava 3D-ohjelman avulla. Näistä vaiheista liitettiin havainnollistavat kuvat työohjeeseen. Lisäksi valokuvattiin tuotteen kokoonpanossa käytettävät jigit ja apuvälineet, jotka liitettiin työohjeeseen. Työohjeen raakavedos tarkastutettiin tuotetta tehneellä työntekijällä, joka toi esille puutteet jotka korjattiin työohjeeseen.

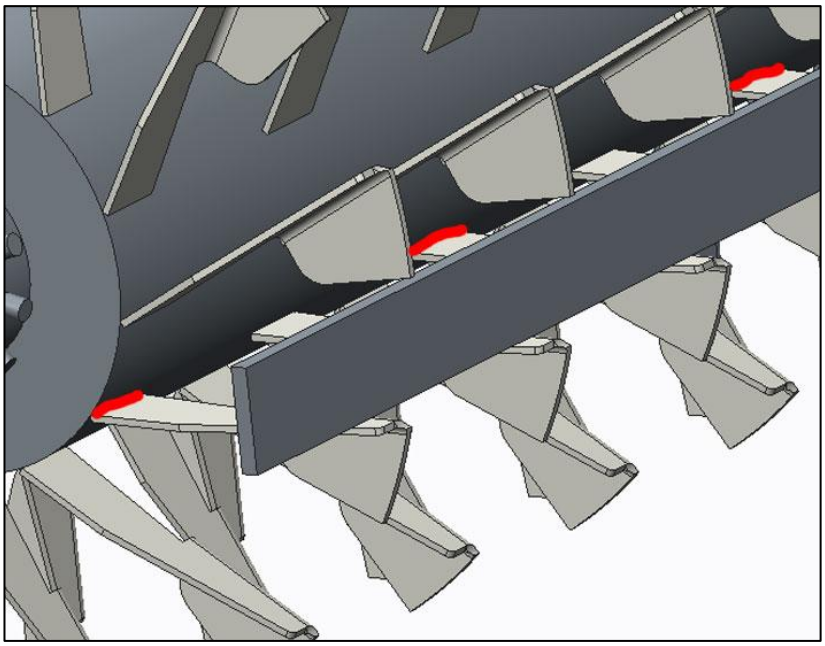


Kuva 6. Rummun 3D-mallinnosta (Kuva: Petri Peinola)

Kun lopullinen versio ohjeesta oli valmis eikä haastateltavalla enää ollut siihen lisättävää tai poisotettavaa, luetettiin ohje vielä kahdella nuoremman polven levyseppähitsaajalla. Heidän annettiin tutustua ohjeeseen rauhassa, jonka jälkeen tiedusteltiin, osaisivatko he toteuttaa tuotteen kyseisen ohjeen pohjalta. Vastaus oli myöntävä, jolloin ohje luovutettiin hitsauskoordinaattorin haltuun.

3.4 CC-30, 45 & 60 kiekkosuodinten rumpu

Jo ensimmäistä työohjetta tehtäessä esitettiin, että toisenkin rummun kokoonpano olisi syytä dokumentoida. Kun tämäkin oli yrityksen intressinä, ryhdyttiin toimeen samalla tavalla kuin edellisessä ohjeessa. CC-30, 45 & 60 sarjan suotimet edustavat hieman vanhempaa teknologiaa. Kokoonpanijan kannalta kyseinen tuote on kuitenkin haastavampi toteuttaa ja samannäköisestä ulkonäöstä huolimatta osat ja jigit ovat kuitenkin erilaisia.

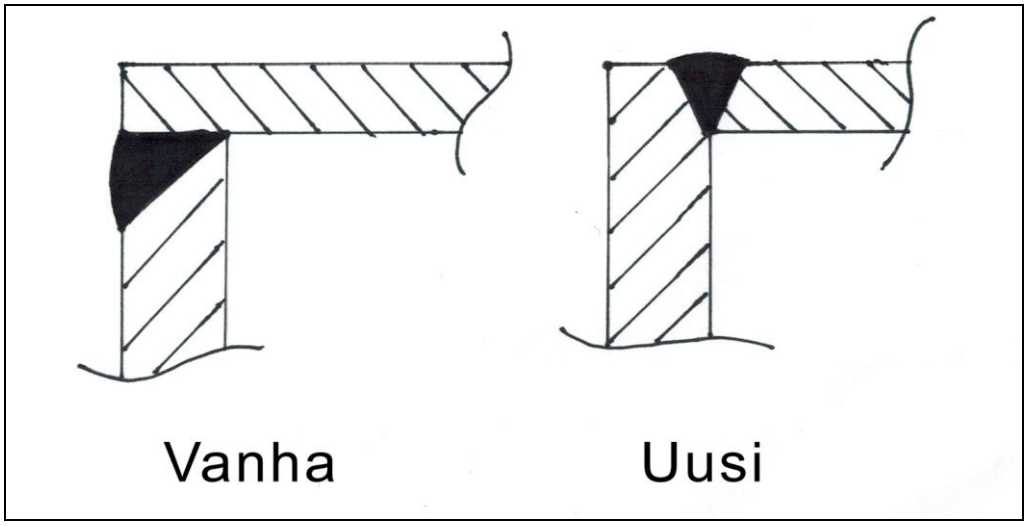


Kuva 7. Rummun puolien hitsausjärjestystä ja oikaisemista havainnollistava 3D-mallinnos (Kuva: Petri Peinola).

CC-30, 45 & 60 suotimen rummun osalta toteutettiin huomattava kehitys rummun valmistuksen helpottamiseksi. Kuvassa 8 ilmenee rummun päätyihin tulevan akselilaipan liitosmuoto ennen ja jälkeen uudistuksen. CC-144 suotimen rummussa railo on rummun kyljellä ja siten helposti hitsattavissa jauhekaarella. Sama oli mahdollista toteuttaa myös tämän sarjan rumpuihin. Kun suunnittelijalta tuli myöntävä vastaus ehdotukseen, tehtiin ohje siten kuin se tultaisiin jatkossa tekemään. Mainittakoon että vanhalla mallilla toteutettuna rumpuputken päähän tulevan akselilaipan hitsaus oli huomattavasti hankalampaa. Rumpu tuli nostaa pystyyn silloituksen ajaksi, laskea alas pyöritysrullille ja hitsata käsin vaaka-asennossa. Koska päätyjen asemointiin tarvittavia ohjausuria ei ollut, oli akselilaipan asemointi putkeen hidasta ja tarkkuutta vaativaa työtä. Uudella tavalla tehtynä akselilaipassa ja rumpuputken päädyssä on ohjausurat, joten asemointi ja silloitus onnistuvat minuuteissa ja lopputulos on huolellisesti tehtynä mittatarkka.

Toteutettu railomuutos on malliesimerkki onnistuneesta valmistusystävällisyyttä lisäävästä toimenpiteestä. Tuotteen valmistuksen tämän vaiheen kokoonpano ja hitsausaika lyhenivät moninkertaisesti. Merkittävää oli myös työturvallisuuden ja ergonomian paraneminen, kun rumpua ei tarvinnut enää käännellä pystyyn.

Korkealla työskentelystä ja nostoista johtuvat työtapaturmariskit pienenivät huomattavasti.



Kuva 8. Railomuutoksen periaatekuva (Kuva: Petri Peinola).

Ohjeen toteutus noudatteli samanlaisia suuntaviivoja kuin ensimmäisenkin. Tätäkään tuotetta ei haastatteluhetkellä ollut työn alla, joten rummun kokoonpanon eri vaiheet oli havainnollistettava Creo 3D ohjelmalla. Kokoonpanossa tarvittavat jigit ja apuvälineet kuvattiin ja ne liitettiin ohjeistuksineen mukaan dokumenttiin.

3.5 Opinnäytetyö ja Lean

Opinnäytetyö tukee mitä parhaimmissa määrin asiakasyrityksessä vuonna 2014 käyttöön tullutta Lean-ajattelua, joka perustuu hukka aikojen poistolle.

Lean-valmistuksen alkujuuret ovat toisen maailmansodan jälkeisessä Japanissa. Toyota Motor Corporation halusi nostaa yrityksen tuottavuutta, koska konekanta oli vanhanaikaista ja pääomaa käytettävissä niukasti. Päätuotantoinsinööri Taiichi Ohnon tuli keksiä sellaisia toimenpiteitä, joilla voitaisiin tehdä enemmän vähemmällä. Vaikutteita Leaniin Onho sai kierrellessään yhdysvaltalaisissa autotehtaissa, mutta eniten ideoita hän sai kierrellessään supermarketeissa. Siellä asiakas sai juuri sitä mitä halusi, silloin

kun halusi ja sellaisen määrän kuin halusi. Tämä oli Ohnolle täydellinen esimerkki imuohjauksesta. Kaikki Leanin ideat eivät siis olleet japanilaisten keksimiä, vaan tosiasiassa monet keskeiset ideat olivat paljolti muiden ideoimia. Toyotalaiset ja Ohno yhdistivät monia konsepteja, joista syntynyt Lean-toimintamalli levisi ensin muualle autoteollisuuteen ja sieltä pikkuhiljaa muillekin toimialoille. Nykyään Lean on johtava tuotantoperiaate lähes kaikilla toimialoilla ja sitä noudattavat yritykset ovat usein alansa innovatiivisimpia ja tuottavimpia. Yksinkertaisimmillaan Lean on toimintamalli, jonka periaatteita noudattamalla luodaan yrityksen toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä sekä täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta lähtien. [11, s.30–31.]

Outotec Turulassa Leanin käyttöönotto alkoi koko henkilöstön kymmenen päivää kestäneellä koulutuksella. Koulutukseen kuului keskeiset Lean-periaatteet, menetelmät, Lean-johtamisen periaatteet ja käytännön harjoituksia. Koulutuksen jälkeen ja osittain sen aikana, otettiin konepajassa käyttöön näkyvin Leanin työkalu 5S. Termi 5S koostuu nimensä mukaisesti viidestä vaiheesta; sortteeraus, systematisointi, siivous, standardointi ja seuranta [12]. Ideana on kartoittaa mitä työkaluja ja apuvälineitä työpisteillä ja tuotantotiloissa todellisuudessa tarvitaan, poistaa turha materiaali ja luoda jäljellejääville tavaroille omat paikat joista ne tarvittaessa löytyvät. Luodun järjestyksen pysymistä seurataan säännöllisesti. 5S tehostaa työn tekemistä, kun työkaluja ei enää tarvitse etsiä ja työympäristön siisteys helpottaa tavaran liikuttelua ja ennen kaikkea työturvallisuutta.

Opinnäytetyön keskeisenä tarkoituksena oli tehostaa tuotteen valmistumista ja poistaa hukkaa ajankäytössä. Kun asioita on ennalta suunniteltu ja mahdolliset ongelmatekijät kyetty eliminoimaan, voidaan työaika käyttää tehokkaasti parhaalla mahdollisella tavalla. Työohjeessa olisi hyvä olla mahdollisesti raportoituna läpimenoaika, joka tukisi tuotannon järkevää suunnittelua. Tällä tavoin olisi mahdollista parantaa virtausta, kun tiedetään realistisesti milloin tuote on mahdollista saada seuraavaan vaiheeseen ja vältettäisiin näin ollen välivarastointeja.

4 Pohdinta

4.1 Lisäarvo konepajan toimintaan

Asiakasyrityksessä tehdään vuosittain lukuisia erilaisia tuotteita, joista työohje on perusteltua tehdä vain kaikkein vaativimpiin. Ohjeen teko jokaiselle tuotteelle ei olisi millään muotoa järkevää, koska se vaatisi kohtuuttoman paljon työtunteja. Todennäköisimmät työohjeen tekijät jatkossa olisivat työnjohtajat, joiden aika ei millään riitä jokaisen tuotteen valmistuksen dokumentointiin. Yrityksen hitsaajat ovat kuitenkin oman alansa ammattilaisia ja kykeneväisiä tekemään useimmat kokoonpanot itsenäisesti pelkän piirustuksen perusteella. Näin ollen yksinkertaiset rakenteet, jotka koostuvat muutamista yksittäisistä osista, jäisivät pelkän työpiirustuksen informaation varaan. Poikkeuksen muodostavat suuret tai monimutkaiset kokoonpanot, joissa väärässä järjestyksessä tehty kasaus virheineen voi kasvattaa läpimenoaikaa merkittävästi. Vaativien tuotteiden ja isompien projektien tullessa valmistukseen, olisi hyödyllistä pitää työntekijöiden ja työnsuunnittelijoiden kesken aloituspalaverit. Näissä standardin SFS-EN 3834-2:n edellyttämissä vaatimusten katselmoinneissa käydään läpi tuotteen keskeinen kokoonpano järjestys ja pyritään ottamaan huomioon mahdolliset virheet ja haasteet. Vaatimusten katselmoinneissa olisi hyvä olla mukana projektinhoidon lisäksi oston ja tuotannon edustajat. Kun projekti on saatettu päätökseen, pidetään lessons learned-lopetuspalaveri. Tässä palaverissa käydään läpi, miten projekti meni, missä onnistuttiin ja missä jäi parantamisen varaa. Myös mahdolliset kehitysideat kirjataan ylös ja toimitetaan suunnittelun tietoon. Kuitenkin hyväksi havaitut hitsaus-, oikomis- ja kiinnitysjärjestykset on syytä dokumentoida, toistuvien virheiden välttämiseksi.

4.2 Käytännön kokemuksia

Loppuvuodesta 2014 opinnäytetyön toinen ohje joka käsittelee CC-30, 45 & 60 sarjan suotimien rumpujen valmistusta, otettiin ensimmäistä kertaa käyttöön.

Tuolloin rumpuja pitkään valmistanut levyseppähitsaaja oli jo jäänyt eläkkeelle ja kaksi kyseistä tuotetta ensimmäistä kertaa valmistavaa hitsaaja aloittivat neljän rummun sarjan kasauksen. Aiemmin mainittu railomuutos oli toteutunut ja nyt rummun päätylaipat hitsattiin rumpuputkeen onnistuneesti jauhekaarella. Tämän vaiheen jälkeen rumpu siirtyi loppukokoonpanovaiheeseen.

Loppuhitsauksen tehneet kaksi levyseppähitsaajaa kokivat ohjeen auttaneen huomattavasti työn teossa. Haastatellut kokivat ohjeesta olleen suuren avun varsinkin työtä aloittaessa ja myöhemmin rumpuun tulleiden puolien oikaisussa. Kysyttäessä arviota miten moninkertaisesti aikaa olisi voinut kulua valmistuksessa ilman ohjetta, he arvioivat ajan noin kolminkertaiseksi. Tämä pitänee varmasti paikkansa, ainakin ensimmäisen rummun osalta. Aikaisemmista kokemuksista Turulassa tiedetään, että uusia tuotteita tehdessä ensimmäisen valmistamiseen menee aina huomattavasti enemmän aikaa kuin viimeiseen. Haastatellut kokivat että aloittaessa oli helppo hahmottaa rummun hitsauksen eri työvaiheet ja mitä missäkin kohtaa tuli ottaa huomioon.

Projektin aikana havaittiin työohjeessa kaksi puutetta, jotka aiheuttivat lisätyötä. Puolien jigin asettelussa annetut mitat olivat puutteellisia, mutta jo toisen ja kolmannen rummun kohdalla hitsaajat olivat oppineet jigin asemoinnin. Toinen puute liittyi putkikannattimien asemointiin. Niiden asemoinnista ei työohjeessa annettu mitään kunnollista informaatiota ja työpiirustuksen mitoitukset olivat tältä osin puutteellisia. Rumpuja aiemmin tehneellä hitsaajalla oli ollut kuitenkin tieto siitä, miten nämä tulee asemoida oikein. Valitettavasti nämä oleelliset tiedot jäivät dokumentoimatta, eikä niiden puutteeseen kiinnitetty huomiota työohjetta tarkastettaessa. Kun tuotetta seuraavan kerran valmistetaan, osataan näihin epäkohtiin puuttua. Ja viimeksi mainittuun kannattimien asemointiin on tätä nykyä olemassa mittauslevy, joka mahdollistaa tarkan mitoituksen. Puutteet tullaan dokumentoimaan työohjeeseen vastaisuuden varalta, vaikka hyvin todennäköisesti samat tekijät tulevat tekemään rumpuja seuraavankin kerran. Työohje toimii hyvänä muistiona, jotta työ onnistuu kerralla hyvin.

Edellä mainittujen informatiivisten puutteiden olemassaolo on varsin ymmärrettävää, koska kokoonpanon vaiheet dokumentoitiin pelkkään

ulkomuistiin ja työpiirustuksiin perustuen. Erilaisia työvaiheita ja huomioonotettavia asioita on kokoonpanossa sen verran runsaasti, että yksittäisten asioiden puuttumista on vaikea huomata. Jatkossa ohjeiden tekoa pelkän ulkomuistin varassa tuleekin välttää, mikäli tämä on mahdollista.

4.3 Työohjeen tulevaisuus

Työohje sai varsin positiivisen vastaanoton työntekijöiden parista. Sillä nähtiin olevan käyttöä myös tulevaisuudessa hiljaisen tiedon siirtämiseen. Tulevaisuudessa tuotteiden kokoonpanoa olisi syytä kierrättää eri tekijöiden kesken, jotta mahdollisimman monella olisi tietotaitoa erikoistenkin tuotteiden tekemisestä. Olisi hyvä että tulevaisuudessa töitä pystyttäisiin kierrättämään eri tekijöiden kesken, vaikkakin se asettaa haasteita aikataulun pitämiseen. Usein kokenut hitsaaja valmistaa tuotteen, koska hänellä on jo olemassa rutiinia ja läpimenoaika on tämän vuoksi joutuisa. Kun taas ensimmäistä kertaa tuotetta valmistava joutuu perehtymään alussa oikeaan kokoonpanojärjestykseen ja eri työvaiheisiin. Mikäli kokeneemman työntekijän on mahdollista olla mukana auttamassa ja opastamassa, voidaan mestari-kisälli mallilla jakaa tietotaitoa. Kepeämmän kuormitustilanteen aikana tämä onkin mahdollista ja peräti suotavaa.

Hyvän työohjeen tekeminen vaatii aktiivista läsnäoloa työpisteellä, koska on käytävä useasti seuraamassa mitä tapahtuu ja ottamassa valokuvia kokoonpanon eri vaiheista. Hyvin toteutettu ohjeistus voi myös parhaimmassa tapauksessa vähentää esimiehen työkuormaa, kun työntekijälle on selvää mitä tulee tehdä.

Hitsauksen tuotantosuunnitelmalla nähtiin olevan tarvetta myös konepajan muiden tuotteiden kokoonpanon dokumentointiin ja hiljaisen tiedon siirtämiseen. Valmiita ohjeita pidettiin informatiivisina ja helppolukuisina. Toivottavasti opinnäytetyö vakiinnuttaa paikkansa hitsaustyön aputyökaluna ja täyttää asiakasyrityksen tarpeet saaden aikaan toivottuja tuloksia.

Lähteet

1. Fellman Anna. Hitsausmaailmassa eletään muutosten aikaa–miten muutoksista saadaan pysyviä? Hitsaustekniikka 1/2015. 2015. Suomen hitsausteknillinen yhdistys r.y. ISSN 0437-6056.
2. Björn I, Immonen L & Pennanen M. 2000. Outo kumpulaisuus. Kaivoskaupungin historiaa. Outokummun kaupunki. 286 s. ISBN 951-98652-0-9.
3. Outotec Oyj. 2015. [Viitattu 2.1.2015]. Saatavissa: http://www.outotec.com/en/About-us/History/.
4. Jäppinen Erkki. Outotec nostaa hitsauksen uudelle tasolle Kemppi ARC System 3:n avulla. Hitsaustekniikka 1/2015. 2015. Suomen hitsausteknillinen yhdistys r.y. ISSN 0437-6056.
5. Ionix Oy. 2015. [Viitattu 14.3.2015]. Saatavissa: http://ionix.fi/teknologiat/lasertyosto/laserhitsaus/.
6. Lukkari Juha. 1997. Hitsaustekniikka–perusteet ja kaarihitsaus. Opetushallitus. 292 s. ISBN 951-719-469-2.
7. Keinänen T & Kärkkäinen P. 2009. Konetekniikan perusteet. WSOY Oppimateriaalit Oy. 364 s. ISBN 978-951-0-32900-9.
8. Nykänen Antti. Welding Team Leader. Outotec Turula Oy. Haastattelu 5.6.2014.
9. Retco Oy. 2015. [Viitattu 5.2.2015]. Saatavissa: http://www.retco.fi/fi/tuotteet/3.
10. TVL. 2014. [Viitattu 6.4.2015]. Saatavissa: http://www.tvl.fi/templates/vinha/services/download.aspx?fid=323566&hash=e3255b2257fc0940ace85d50def07b5f8ef1d7906b6c6aeccc083a870bba5978.
11. Viklund Kari. 2015. Lean-toimintamallilla kohti tehokkaampaa ja kilpailukykyisempää tulevaisuutta–Esimerkki telakalta. Hitsaustekniikka 1/2015. 2015. Suomen hitsausteknillinen yhdistys r.y. ISSN 0437-6056.
12. Lean Lion Oy. 2015. [Viitattu 8.4.2015]. Saatavissa: http://www.leanlion.com/miksi-5s/.

Local Work Instruction

Hitsauksen työohje

Rev	Prepared Name	Prepared Date	Checked Name	Checked Date	Released Name	Released Date	Revision Text
09							
08							
07							
06							
05							
04							
03							
02							
01							
00	PetPei	13.5.2014					Original Issue

Outotec

Document Title:

Local Work Instruction

CC-144 Rumpu

LW MFG NUMERO

Global / Local ID:	Org Code:	Local Code:	Document Type:	Running No:	Revision:	Sheet of Sheets:
					01	1 (7)

Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012

Document ID:

CC-144_rev01

1. TARKOITUS

Tämän ohjeen tarkoitus on ohjeistaa tuotteen oikeaoppinen kokoaminen, hitsaus, lämpökäsittelyt ja turvallinen kappaleen käsittely. Ohje ei ole ehdoton, vaan pyrkimys on tarjota toimivaksi havaittu malli joka vastaa sen hetken parasta tietoa. Kukin ohjeen käyttäjä voi kehittää ja soveltaa ohjetta ja mikäli tulee ilmi parempia työtapoja, tulee ne kirjata alkuperäiseen dokumenttiin.

2. HITSAUSOHJEET

Esimies toimittaa hitsaajalle työssä tarvittavat WPS:t. Työvaiheohjeissa on yksinkertaiset hitsaussuositukset sekä WPS-numero.

3. HITSIEN LAATU- JA HYVÄKSYMISVAATIMUKSET

Hitsausliitosten laatuvaatimukset ja hitsausvirheet standardin SFS EN 5817 mukaisesti. Hitsattujen rakenteiden muodot ja geometriat standardin SFS-EN ISO 13920 mukaan.

4. TARKASTUSOHJEET

Hitsaajan suorittama silmämääräinen tarkastus hitsauksen jälkeen standardin SFS EN ISO 17637 mukaisesti. NDT-tarkastukset SFS-EN 9712:2012.

5. NOSTOTURVALLISUUS

Päätyjen ja rumpuputken liittämisessä tulee päätyosa saada nousemaan tasapainossa. Nosto suoritetaan tarpeeksi lujia liinoja käyttäen.

Rumpua siirrettäessä puolajigistä hitsaustelineelle on huomioitava että liinat menevät puolien välistä rumpua nostaessa, eivätkä irrota puolia.

6. LÄMPÖKÄSITTELYT

Esikuumennuslämpötilan, välipalkolämpötilan mittausohjeet SFS-EN ISO 13916. Rummun päiden jauhekaarihitsauksessa tulee hitsattava alue esilämmittää 150°C työlämpötilaan vähintään 50mm railon reunasta. Mittaus lämpöliidulla tai laserilla.

Hitsauksen jälkeen vapaa jäähtyminen ilmassa.

Muissa hitseissä ei lämpökäsittelyä tarvita.

Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012

7. ESIVALMISTELUT JA RUMMUN PÄÄTYJEN HITSAUS

HITSAUSSUOSITUKSET WPS Nro(t):WPS numero

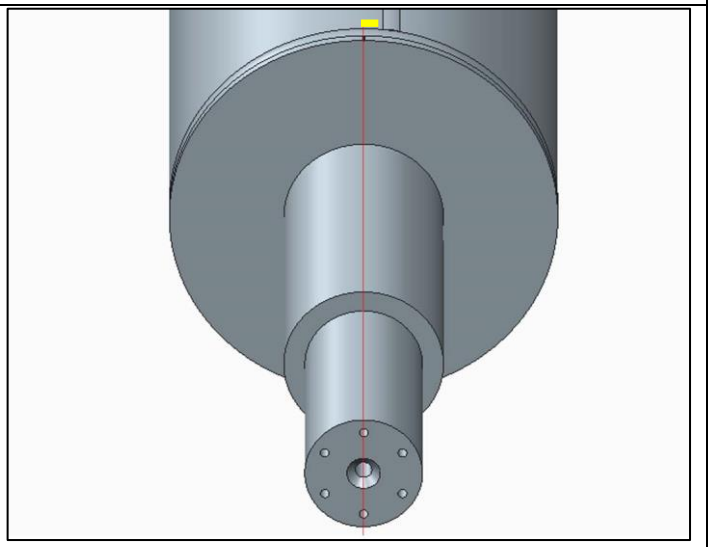
Silloitus: 135,136,138 MAG, seostamaton lisäaine esim. OK Tubrod 14.12 & 15.14

Hitsaus: 121 Jauhekaari, seostamaton lisäaine esim. OK Autrod 12.22

Kummankin puolen akselipään sivupintaan koneistetaan merkit reikälinjan suuntaisesti (kuvassa punainen viiva) ennen putkeen hitsausta .

Että putken hitsaussauma ei jää puolien tai putkenkannattimien linjalle tulee akselinpään merkki asemoida 35mm putken pituussuuntaisen hitsin reunasta (kuvassa keltainen viiva).

Akselipäät hitsataan putkeen jauhekaarella, pintapalkojen tulisi olla mahdollisimman tasaisia koska reunimmaiset puolat tulevat hitsin päälle.



Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012

8. PUOLIEN SILLOITUS

HITSAUSSUOSITUKSET WPS Nro(t):WPS numero

Silloitus: 135,136,138 MAG, seostamaton lisäaine esim. OK Tubrod 14.12 & 15.14

Rumpu nostetaan silloitusjigiin, reunimmaiset puolat kiinnitetään jigiin. Säätörullilla asetetaan rumpu puolien suhteen oikeaan paikkaan ja kiristetään säätörullat, ettei rumpu pääse liikkumaan pituussuuntaisesti. Huomioi puolien joustinelementtien oikea suunta.

Jakoventtiilipäähän kiinnitetään jakolevy, joka lukitaan tapilla haluttuun asentoon. Jakolevyssä on lukitusreikä jokaisen puolarivin kohdalla.

Kytkinpäähän kiinnitetään kitkarengas, joka tulee pyöritysmoottoriin. Kitkarengas tulee saada tiukalle, ettei rumpu lähde puolien painosta pyörimään hallitsemattomasti.

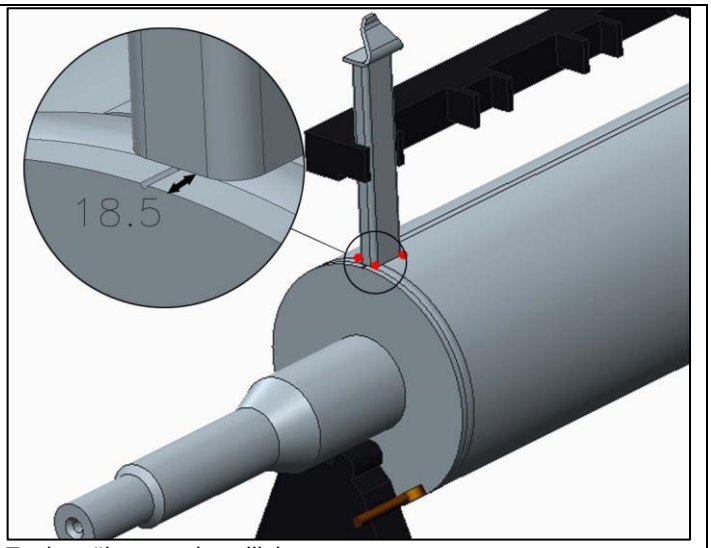
Puolien suoruus todennetaan suorakulmalla ja silloitus tapahtuu neljällä hepillä putkipalkin nurkista. Reunimmaisia puolia voi joutua hiomaan, mikäli päädyn hitsipalot ovat korkeat.

Puolarivi kerrallaan silloitetaan ja rumpua käännetään jigin pyöritysmoottorin avulla eteenpäin..

Vasemmalla kitkarengas, oikealla silloitusjigi ja säätörulla

Jakoventtiilipään jakolevy ja lukitustappi

Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012



Ensimmäisen puolan silloitus

9. PUTKIKANNATTIMIEN PAIKKOJEN MERKKAUS

HITSAUSSUOSITUKSET WPS Nro(t):WPS numero

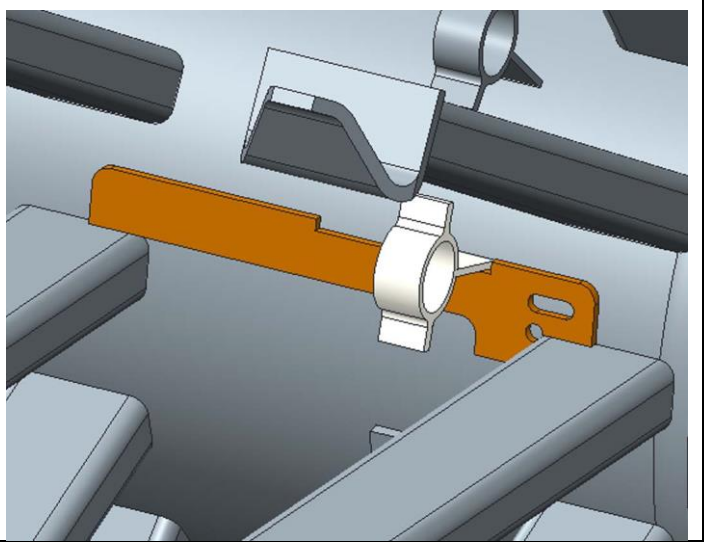
Hitsaussuositukset

Puolien silloituksen jälkeen rumpu siirretään hitsausrullille, rumpu tulee saada vaakatasoon vanteiden asentamista varten.

Ennen rummun siirtoa, tulee vannenippu nostaa hitsausrullien sisään.

Putkikannattimien paikat merkataan erillistä jigiä käyttäen ennen puolien hitsausta.

Ohjaus tulee ottaa samaa puolariviä käyttäen, koska on asennusvaiheen kannalta tärkeää että kannattimet ovat samassa linjassa.



Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012

10. PUOLIEN JA PUTKIKANNATTIMIEN HITSAUS

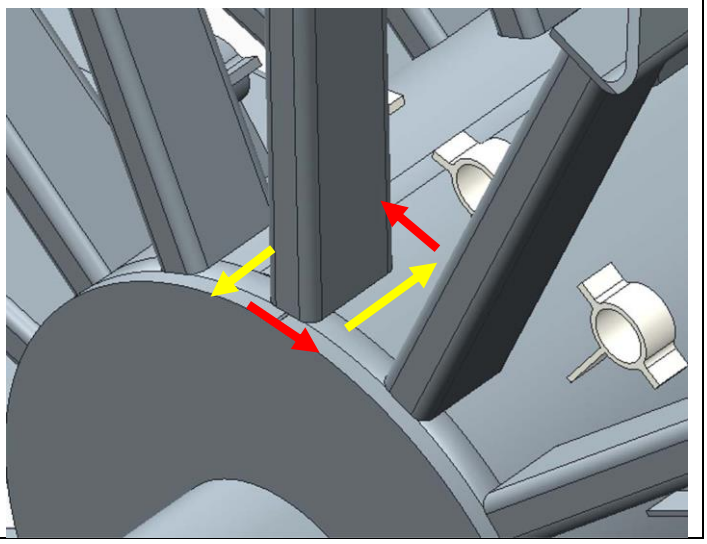
HITSAUSSUOSITUKSET WPS Nro(t):WPS numero

Puolat: 135,136,138 MAG, seostamaton lisäaine esim. OK Tubrod 14.12 & 15.14

Putkikannattimet:
135,136,138 MAG, yliseostettu lisäaine eripariliitoksille esim. Avesta P5, 309
111 Puikko, yliseostettu lisäaine eripariliitoksille esim. P5, OK 67.70

Putkikannattimien piirrotuksen jälkeen puolat hitsataan oheisen kuvan mukaisesti. Ensin päädyt (punainen) sitten sivut (keltainen).

Putkenkannattimien silloitetaan, hitsataan ja hitsauksen jälkeen tarkastetaan suoruus ja oikaistaan tarvittaessa.



Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012

11. VANTEIDEN SILLOITUS JA HITSAUS

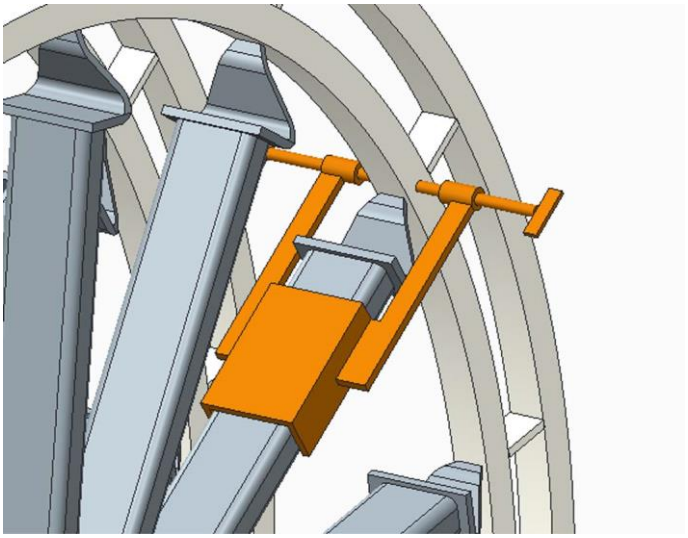
HITSAUSSUOSITUKSET WPS Nro(t):WPS numero

135,136,138 MAG, yliseostettu lisäaine esim. Avesta 316, OK Autrod 316
111 Puikko, yliseostettu lisäaine esim. OK 63.30

Ennen vanteiden asentamista tarkastetaan joustinelementtien linja.

Ensimmäinen vanne asemoidaan kytkinpäähän puolan pään joustinyksikön keskelle ja hepataan yhdeltä puolelta. Vanteiden välissä oleva sidoslatat tulee asemoida joustinelementtien kohdille. Vanteen asemaa osoittamaan voi laittaa heittokellon tai muun vastaavan apuvälineen jolla vanne saadaan linjattua. Rumpua pyöräytetään 180 astetta, apuvälinettä käyttäen asetetaan vanne mittoihin ja näin kierretään aluksi ristiin neljästä suunnasta, lopulta jokaisen puolan kohta yksitellen.

Loput vanteet asetetaan paikoilleen piirustuksen mukaisiin mittoihin ja hitsataan lopuksi.



Copying, distribution and exhibition of this document, in particular its disclosure to 3rd parties, and the use or communication of the contents hereof are forbidden unless and only to the extent expressly authorized in writing by Outotec. Infringers/Offenders are liable for damages. All rights to this document remain the exclusive intellectual property of Outotec. © 2012