



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ORBITAALIHITSAUS TULISTIMIEN VALMISTUKSESSA

TE - Samu Kari
KIJÄ:

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Samu Kari	
Työn nimi ORBITAALIHITSAUS TULISTIMIEN VALMISTUKSESSA	
Päiväys 4.11.2018	Sivumäärä/Liitteet 42
Ohjaaja Heikki Salkinoja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Warkaus Works Oy	
Tiivistelmä	
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää orbitaalihitsauslaitteiston mahdollista käyttöä tulistimien valmistuksessa. Orbitaalihitsauslaitteiston käyttöönotolla yritys pyrki parantamaan tuottavuutta ja seurattavuutta tulistimien valmistuksessa. Tulevaisuudessa Warkaus Works:n tarkoituksena on kehittää ratkaisuja tuottavuuden parantamiseen.</p> <p>Hitsausprosessien kehittäminen on suunnitelmallista toimintaa yrityksessä, niin kuin muidenkin prosessien kehittäminen. Kehitystyön tulokset vaikuttavat yrityksessä lyhyellä aikavälillä, mutta suurempi vaikutus tapahtuu pitkällä aikavälillä. Jokainen yritys yrittää kehittää tuotantokapasiteettia, jotta tulevaisuudessa yrityksen kilpailukyky parantuu. Samalla laatuksiteerit asettavat omat haasteensa konepajateollisuudessa. Jotta valmistusprosessi toimisi täytyy prosessin olla hyvin hallittu jokaiselta osa-alueelta.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käydään läpi manuaalista TIG-hitsausta, sekä mekanisoitua TIG-hitsausta. Mekanisoidulla TIG-hitsauksella tarkoitetaan tässä työssä orbitaalihitsausta.</p> <p>Työssä on vertailtu mekanisoitua TIG-hitsausta perinteiseen manuaalisesti tapahtuvaan TIG-hitsaukseen. Mekanisoidussa TIG-hitsauksessa valmistettiin työn aikana erilaisia hitsausviisteitä ja näitä on vertailtu toisiinsa. Työn tarkoituksena oli selvittää myös mekaanisen TIG-hitsauksen ongelmakohtia yrityksessä ja yrityksen omistamassa laitteistossa. Työssä on selvitetty uudempien laitteiden tarjontaa Suomessa ja ulkomailla.</p> <p>Opinnäytetyön avulla yritys sai lisätietoa mekanisoidusta TIG-hitsauksesta, saaden samalla tietoa käsinhitsauksen ajoista. Työssä on tuotu esille ongelmakohtat, joihin yrityksen täytyy kiinnittää huomiota tulevaisuudessa.</p>	
Avainsanat	
TIG-hitsaus, Orbitaalihitsaus, Tulistin	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Samu Kari			
Title of Thesis Orbitalwelding superheater manufactory			
Date	4.11.2018	Pages/Appendices	42
Supervisor Heikki Salkinoja			
Client Organisation /Partners Warkaus Works Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to study the potential of orbital welding in the manufacturing of superheaters. By introducing orbital welding, the company strives to improve productivity and follow-up in superheater manufacturing. In the future Warkaus Works Oy aims to develop solutions to improve productivity.</p> <p>The development of welding processes is planned systematically in the company, like the other working processes as well. The results of development affect the company in the short term, but the bigger effects will take place affect in the long term. Every company tries to develop their production capacity, so that in the future the company's competitiveness would improve. At the same time the quality criteria gives its own challenge in the engineering industry. To make the manufacturing process function, the process needs to be well managed in each area.</p> <p>In the theoretical part of the thesis manual TIG-welding and mechanized TIG-welding are covered. Mechanized TIG-welding means in this case orbital welding.</p> <p>In the thesis mechanized TIG welding is compared to traditional manual TIG welding. During the mechanized TIG welding process different edge bevels were made, and these were being compared to each other. The purpose of the study was also to find out mechanical problems of TIG welding's at the company and the company's manufacturing machines. In the thesis explores the supply of newer orbital welding machines in Finnish companies and abroad was studied.</p> <p>As a result of the thesis the company got more information about mechanized TIG welding and it's duration. The difficulties, which the company must pay attention to in the future, have been introduced in the thesis.</p>			
Keywords TIG- welding, Orbitalwelding, Superheater			

SISÄLTÖ

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta ja tavoitteet.....	8
1.2 Warkaus Works Oy.....	8
2 TIG-HITSAUS	9
2.1 Prosessi	9
2.2 Laitteisto	9
2.2.1 Virtalähde.....	10
2.2.2 Hitsauspoltin	10
2.3 Suojakaasut ja juuren suojaus.....	11
2.4 Soveltuvuus.....	12
3 ORBITAALI- TIG- HITSAUS	14
3.1 Laitteisto	14
3.1.1 Virtalähde	14
3.1.2 Orbitaalihitsauspäät.....	16
3.1.3 Langansyöttölaite	18
3.2 Putkien päittäishitsaaminen.....	18
3.3 Laatu	19
3.4 Laitteiden kehitys.....	19
3.5 Laitteiden toimittajat Suomessa.....	21
3.6 Orbitaalilaitteiden toimittajat ulkomailla.....	21
4 TULISTIN	22
5 TULISTIMIEN VALMISTUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT	23
6 HITSAUSRAILON MERKITYS ORBITAALIHITSAUKSESSA	25
7 ORBITAALI HITSAUSKOKEET	26
7.1 Manuaalisella viisteytyskoneella valmistettuun viisteeseen	26
7.2 Sorvattuun 30° viisteeseen	27
7.3 Sorvattuun 20° viisteeseen	28

7.4	Itsekeskittävä hitsausviiste.....	28
7.5	Yhteenveto orbitaalihitsauksesta.....	29
8	HITSAUSVIISTEIDEN PINTA-ALAT	30
9	HITSAUSVIISTEIDEN TUOTTO KÄSINHITSAUS VS ORBITAALIHITSAUS	31
9.1	Visuaaliset erot	32
10	HITSAUSRAILOJEN VALMISTUKSEN TARKUUS YRITYKSESSÄ.....	33
10.1	Automaattikoneiden mittatarkkuus.....	33
10.2	Käsi viisteytyskoneen mittatarkkuus.....	33
11	ORBITAALIHITSAUKSESSA HUOMATUT ONGELMAT	35
11.1	Hitsauslisäaineen syöttö.....	35
11.2	Hitsattavan putken epäpyöreys	36
11.3	Orbitaalihitsauslaitteiston korkeuden seuranta	37
12	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET	38
13	YHTEENVETO	40
	LÄHDELUETTELO.....	41

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Orbitaalihitsaus	Mekanisoitua hitsausta, jossa hitsauselektrodi kiertää työkapaleen ympäri
TIG-hitsaus	Tungsten Inert Gas Welding, Voframi- inerttikaasukarihitsaus
Viisteytyskone	Putkien hitsausviisteiden valmistukseen tarkoitettu kone
Tulistin	Höyrykattila komponentti
Viisteytyspakka	Automaatti viisteytyskoneeseen kiinnitettävä teräpidin
Oskillointi	Elektrodin vaaputus
PA	Jalkoasento
PE	Lakiasento
PF	Pystyasento ylöspäin
PG	Pystyasento alaspäin

ESIPUHE

Haluan kiittää Warkaus Works Oy yritystä opiskelujen aikaisesta ajasta. Yritys on mahdollistanut opiskelun töiden ohessa ja kaikki opiskeluun kuuluvat asiat on aina järjestynyt erittäin hyvin. Suuri kiitos kuuluu työkavereille, jotka ovat aina pystyneet auttamaan vuorojen vaihdoissa koulupäivinä. Kiitokset myös työnjohtajille järjestelyistä, joiden ansiosta kouluun pääseminen myös arkipäivänä on ollut mahdollista.

Kuopiossa 3.9.2018

1 JOHDANTO

Nykyään yritykset panostavat tuotantolinjojen automatisointiin. Onnistuneella automatisoinilla pystytään parantamaan yrityksen tuottavuutta ja laatua. Orbitaalihitsaus perustuu hitsaukseen, jossa kone hitsaa ja työntekijä toimii operaattorina. Warkaus Works valmistaa tulistimia energia-laitoksiin. Tulistimien valmistuksessa suurimpia työvaiheita on putkiliitoksien päittäishitsaus TIG-hitsausprosessilla. Päittäishitsaus suoritetaan tällä hetkellä käsityönä, minkä takia hitsien laatu vaihtelee hitsaajien välillä. Mekanisoidulla TIG-hitsauksella pystytään valmistamaan tasaista laatua, jos kaikki esivalmistelut on tehty huolella. Mekanisoidun hitsauksen etuna on myös tuotannon tasainen virtaus, koska hitsausaika tiedetään tarkasti. Samalla hitsaajien työergonomia olisi parempi. Orbitaalihitsaus ei syrjäyttäisi hitsaajia, mutta heidän työnkuvansa muuttuisi operaattoreiksi, joiden tehtävänä on käyttää orbitaalihitsauslaitteistoa ja valvoa hitsaustapahtumaa.

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Työ tehdään Varkaudessa sijaitsevalle konepajalle Warkaus Works Oy:lle. Warkaus Works:lla investoitiin orbitaalihitsauslaitteistoon vuonna 2003. Hitsauslaitteistoa ei kuitenkaan käytetty, kuin muutamassa projektissa. Orbitaalihitsauksessa virheiden määrä nousi huomattavasti ja laitteiden toiminnassa esiintyi ongelmia. Tämän takia orbitaalien käyttö lopetettiin. Tavoitteena on selviittää orbitaalihitsauksen ongelmakohdat Warkaus Works:lla ja kuinka orbitaalihitsauslaitteistot ovat kehittyneet 15 vuoden aikana.

1.2 Warkaus Works Oy

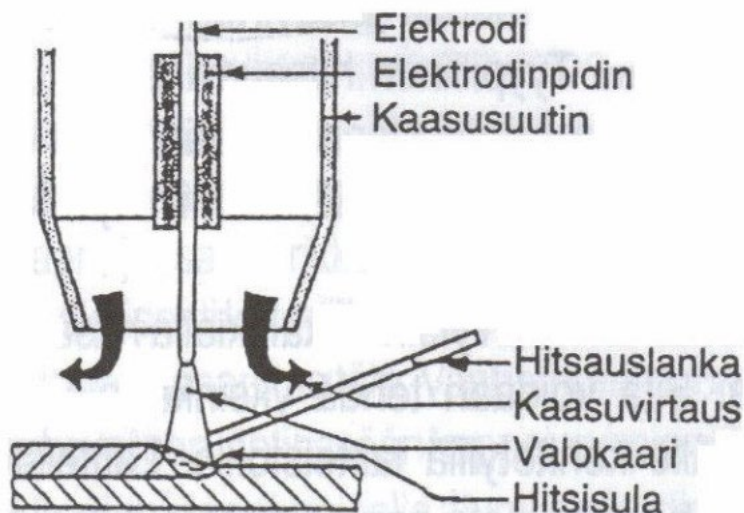
Warkaus Works Oy on vuonna 2000 perustettu Varkaudessa sijaitseva kansainvälinen teknologia-teollisuuden yritys. Yritys valmistaa vaativia paineen alaisia osia soodakattiloiden ja voimakattiloiden valmistukseen. Yritys tarjoaa osien valmistusta uusiin ja vanhoihin tehtaisiin. Warkaus Works työllistää noin 90 henkilöä ja liikevaihto vuonna 2016 oli 12,4 miljoonaa. (Finder, 2018)

Tuotantotilaa yrityksellä on 14 000 m². Valmistuksessa noudatetaan standardeja ISO 9001 ja ISO 3834-2. Yritys voi valmistaa tuotteita EN tai ASME standardien mukaisesti. Suurin osa tuotteista menee vientiin Eurooppaan, pohjois- ja etelä-Amerikkaan ja Aasiaan. Yritys kuuluu maailmanlaajuisen Andritz organisaatioon. Aikaisemmin yrityksen omistus oli jaettu, mutta vuonna 2014 Andritz Oy osti Foster Wheeler energian omistuksen Warkaus Works:sta. (Andritz, 2018)

2 TIG-HITSAUS

2.1 Prosessi

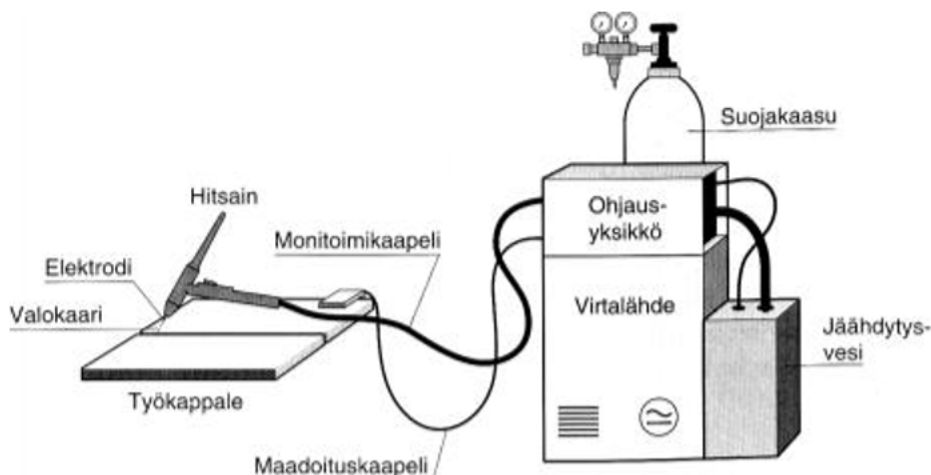
Voframi- inerttikaasukarihitsausta kutsutaan TIG-hitsaukseksi, tämä on kaasukaarihitsausprosessi. Hitsausprosessin numerotunnus on 141. Valokaari palaa sulamattoman volfrاميةlektrodin ja työkappaleen välillä, jossa valokaari suojataan suojakaasulla. Suojakaasuna käytetään inerttiä kaasua, jotka ovat helium, argon- helium ja argon. Suojakaasun tehtävänä on syrjäyttää happi hitsattavalta alueelta ja suojata kuumen elektrodin kärki hapettumiselta. Valokaaren lämpö synnyttää hitsisulan työkappaleessa kohtaan, johon valokaari on kohdistettu. Hitsisulaan tuodaan lisäainetta, joko käsin tai mekaanisesti. Hitsaus voidaan suorittaa myös pelkästään perusainetta sulattamalla, jolloin lisäainetta ei käytetä. Hitsausvirtana voidaan käyttää tasavirtaa DC-, DC+ tai vaihtovirtaa AC. Virtalaji valitaan yleensä hitsattavan materiaalin mukaan. Yleisin virtalaji on tasavirta DC-, jolloin elektrodi on kytketty – napaan. Suurin periaattellinen ero muihin kaarihitsausprosesseihin on sulamaton elektrodi. Muissa kaarihitsausprosesseissa lisäaine toimii virtaa johtavana elektrodina, joka sulaa työkappaleeseen. (Lukkari, 1998. 249-250.) Kuvassa 1 on esitetty TIG-hitsauksen periaatteet.



Kuva 1. TIG- hitsauksen periaatteet (Lukkari, 1998. 249.)

2.2 Laitteisto

TIG-hitsauslaitteisto koostuu virtalähteestä, ohjauksyksiköstä sytytyslaitteineen, suojakaasupullostasta, maadoituskaapelista ja hitsauspolttimesta. TIG- hitsauslaitteistoon on mahdollista yhdistää vesikierto hitsauspolttimeen, jolloin voidaan hitsata suuremmalla virralla pidempiä aikoja. Yleensä vesikiertoista hitsauspoltinta käytetään, kun virta alue on 130-200 A. (Lepola & Makkonen, 2005) Kuvassa 2 on esitetty TIG-hitsauslaitteisto.



Kuva 2. TIG-hitsauslaitteisto (Lepola & Makkonen, 2005)

2.2.1 Virtalähde

TIG-hitsauksen virtalähteitä on olemassa kolme erilaista tyyppiä: tasavirta, vaihtovirta ja kaksoisvirtalähde. Kaksoisvirtalähde on tasavirta- ja vaihtovirtakoneen yhdistelmä, jossa voidaan valita virtalaji katkaisijaa käyttämällä. (Lukkari, 1998. 259.)

Myös puikkohitsausvirtalähteessä ominaiskäyrä on jyrkästi laskeva, joten virtalähteet ovat samantaisia keskenään. Tällaisia virtalähteitä kutsutaan vakiovirtalähteiksi. Käsinhitsauksessa hitsauspolttimen ja elektrodin etäisyys ei pysy vakiona työkappaleeseen nähden. Tästä johtuen kaaren pituus vaihtelee hitsauksen aikana. Kaaren pituuden vaihtelu aiheuttaa muutoksia sähköisissä arvoissa eli virrassa ja jännitteessä. Näistä johtuvat voimakkaat muutokset virta-arvoissa pyritään estämään jyrkästi laskevan ominaiskäyrän avulla. Suuret muutokset virta-arvoissa hitsauksen aikana vaikeuttaisivat hitsausta. (Lukkari, 1998. 259.)

2.2.2 Hitsauspoltin

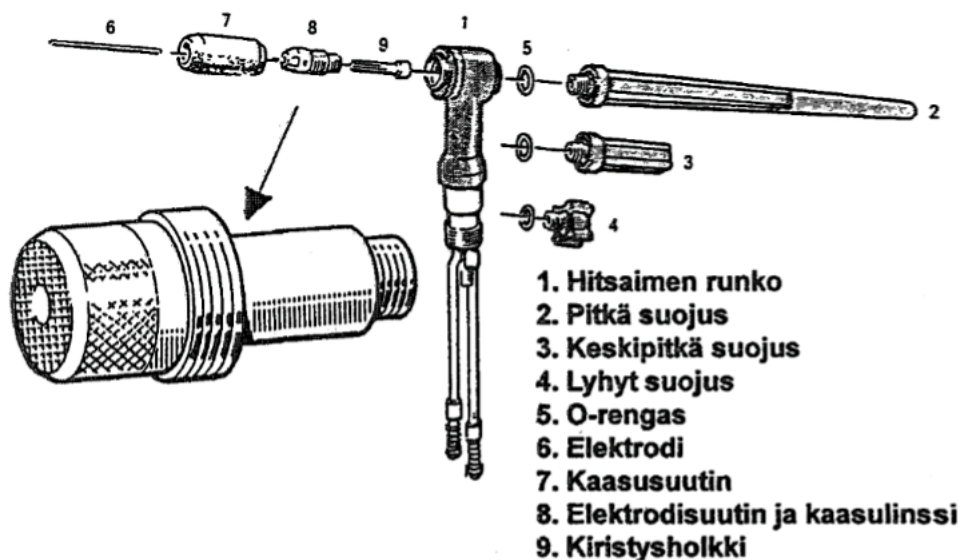
Hitsauspoltin on hitsaajan työkalu, jolla suoritetaan hitsaus. Hitsauspolttimen tehtävänä on pidellä elektrodia, johtaa virtaa elektrodiin ja ohjata suojakaasu hitsattavalle alueelle. Hitsauspolttimen runko on hyvin samanlainen valmistajasta riippumatta. Rungossa on kahva, josta hitsaaja pitää poltinta kädessä. Kahvassa on nappi, jonka avulla hitsaaja sytyttää hitsauskaaren ja säättelee virrankulkua. Napista voidaan myös käyttää sanaa toimintakytkin. Kiristyshylsyyn kiinnitetään elektrodi, jolloin hitsaaja voi säätää elektrodin ulostyöntyvää päätä sopivan pituiseksi. (Lukkari, 1998. 259-260.)

Hitsauspolttimien päätyypit ovat kaasujäähdytteinen ja vesijäähdytteinen poltin. Kaasujäähdytteisen polttimen etuja ovat sen keveys ja pienempi koko. Kaasujäähdytteisessä hitsauspolttimessa suojakaasu ja osittain ympäröivä ilma jäähdyttävät hitsauspoltinta. Kaasujäähdytteistä hitsauspoltinta käytetään, kun hitsataan pienemmillä virta-alueilla.

Kun hitsataan virta-alueella 150-200 A käytetään vesijäähdytteisiä hitsauspolttimia. Vesi kulkee monitoimijohdossa olevaa vesiletkaa pitkin hitsauspolttimeen, josta se palaa takaisin toista vesiletkaa pitkin jäähdytysveden laitteistoon. Kun vesi kulkee monitoimiletkussa se jäähdyttää myös monitoimiletkaa. (Lukkari, 1998. 260.)

Kaasusuuttimen tarkoituksena on ohjata suojakaasu tasaisena virtauksena ulos hitsauspolttimesta hitsattavalle alueelle. Kaasusuuttimia on erikokoisia ja yleensä kaasusuuttimet ovat keraamista materiaalia. Kaasusuuttimien koot ilmoitetaan numeroilla 4-12. Numero kertoo suuttimen aukon halkaisijan tuuman kuudestoistaosina. Kaasusuuttimen kokoon vaikuttavia tekijöitä ovat elektrodin paksuus, hitsausvirta, hitsisulansuuruus ja kaasun virtaus. (Lukkari, 1998. 260.)

Kahvasta lähtee monitoimijohto, jonka sisällä kulkee hitsausvirta- ja ohjausvirtakaapelit, suoja-kaasuletku ja mahdolliset jäähdytysvesiletkut. (Lukkari, 1998. 260.) Hitsauspolttimia löytyy todella paljon eri valmistajilta. On olemassa käännettävällä ja pitkällä kaulalla varustettuja hitsauspolttimia. Hitsauspolttimien rakenne on kuitenkin samanlainen valmistajasta riippumatta.



Kuva 3. Hitsauspolttimen rakenne (Lukkari, 1998. 260.)

2.3 Suojakaasut ja juuren suojaus

TIG- hitsauksessa käytetään ainoastaan inerttiä suojakaasua, koska volframielektrodin kestävyys rajoittaa suojakaasujen valinnassa. Käytettävät kaasut ovat argon ja helium tai näiden seoskaasu. Joissain tapauksissa voidaan käyttää myös inertin ja pelkistävän kaasun seosta. (Lukkari, 1998. 264.)

Eniten käytetty suojakaasu TIG- hitsauksessa on argon. Argonin hitsaustekniset ominaisuudet ovat hyvä suojausvaikutus, vakaa valokaari myös vaihtovirralla hitsattaessa ja helppo valokaaren syttyminen. Helium on kevyempi kuin argon. Hitsausenergia ja tunkeuma ovat suurempia heliumilla, koska heliumilla on korkeampi kaarijännite verrattuna argoniin. Korkean kaarijännitteen

ominaisuuksia voidaan hyödyntää nopeampana hitsausnopeutena ja pienempänä esilämmitystarpeena materiaaleilla, jotka johtavat hyvin lämpöä. Markkinoilla myydään myös MISON-suojakaasua. Mison-suojakaasu on puhdasta argonia, johon on lisätty pieni määrä typpimonoksidia. Hitsausteknisiltä ominaisuuksiltaan MISON käyttäytyy kuin puhdas argon. Valmistajien mukaan typpimonoksidilisäyksen avulla hitsaussavuissa olevan otsonin määrä vähenee. Tämä on hitsaajien työterveydelle hyödyllistä. (Lukkari, 1998. 264.)

TIG- hitsauksessa juurikaasun tarkoituksena on suojata juuren puolen hapettumista. Juurikaasu syrjäyttää ilmassa olevan hapen. Yleisimmin juurikaasua käytetään ruostumattomien putkien hitsauksessa. Myös niukkaseosteisten kuumalujien putkien hitsauksessa voidaan käyttää juurikaasua, mutta tämä on harvinaisempaa. Inerti suojakaasu argon on yleisin juurikaasu, koska se soveltuu kaikille materiaaleille. Argonin vaihtoehtona voidaan käyttää ruostumattomien ja seostamattomien terästen hitsauksessa typen ja vedyn kaasuseosta ns. formierkaasua. Vety pelkistää hapen juuren puolelta, mistä johtuen formierkaasulla hitsattaessa juuren puolen happipitoisuus voi olla suurempi, kuin puhtaalla argonilla. Formierkaasu on palavaa, joten käyttö rajoittuu usein pienten putkien juuren suojaukseen. (Lukkari, 1998. 265.)

”Standardissa SFS-EN 439 on luokiteltu TIG- hitsauksessa käytettävät suojakaasut kahteen ryhmään eli R ja I.” (Lukkari, 1998. 264.)

2.4 Soveltuvuus

TIG-hitsauksen soveltuvuus hitsaustyössä on todella hyvä. Sitä käytetään lähes kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa. Hitsausprosessilla pystytään hitsaamaan melkein kaikkia materiaaleja ja hitsit ovat metallurgisesti hyvin puhtaita. TIG- hitsauksen etuna on hyvä sulan ja tunkeuman hallinta. Hitsaaja pystyy helposti säätelemään lämmöntuontia, sekä lisäaineen syöttöä hitsauksen aikana. Yleensä hitsien pohjapalot eli juurihitsit hitsataan TIG:llä, koska tunkeuma on hyvin hallittavissa. TIG- hitsausta käytetään yleensä, kun materiaalien paksuudet ovat 0,5-6 mm. Yli 6mm menevät aineen vahvuudet voidaan hitsata TIG:llä, mutta prosessi on hidaskäyttöinen aineenvahvuuksilla. Hitsaus onnistuu myös materiaalivahvuudesta 0,1 mm alkaen. Yleensä ohuimmissa materiaaleissa hitsaus tapahtuu ilman lisäainetta. Prosessi soveltuu kaikkiin hitsausasentoihin ja koska hitsissä käytetään suojakaasua ei hitsiin pääse syntymään kuonasulkeumia. Nykyään laitteistot ovat hyvin kompakteja ja hitsauspolttimissa on paljon erilaisia vaihtoehtoja muuttuviin olosuhteisiin. (Lukkari, 1998. 255.)

TIG-hitsaus on hyvin arka vedolle, koska hitsauspolttimen päästä tuleva kaasu voi poistua hitsattavalta alueelta vedon mukana. Ulkona tehtävää hitsausta ei suositella tehtäväksi TIG:llä, ellei ympärille ole järjestetty asianmukaista suojaa. Hitsausprosessilla ei saavuteta suurta hitsiaineen tuottoa, jonka takia hitsaus on hidasta verrattuna muihin prosesseihin. (Lukkari, 1998. 257.)

Runsasseosteiset, seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset, alumiinit, nikkelit, magnesiumit, kuparit ja titaanit ovat metalleja, joita TIG-hitsausprosessilla hitsataan. Yleisesti seostamattomia ja alumiinia hitsataan eniten. Prosessia käytetään paljon tuotannossa ja se soveltuu myös hyvin asennustyöhön ja korjaushitsaamiseen. Prosessia käytetään tarkkuutta vaativassa hitsauksessa, koska prosessi on hyvin hallittavissa. TIG-hitsausta käytetään paljon prosessi- ja paineputkien valmistuksessa, lämmönsiirtimien putkilevyjen ja ruostumattomasta teräksestä valmistettävien tuotteiden hitsaukseen. (Lukkari,1998. 256.)

3 ORBITAALI- TIG- HITSAUS

Putkien hitsaus on yleinen tuote monessa hitsausta tekevässä yrityksessä. Putkia hitsataan hyvin paljon käsihitsauksena vielä tänäkin päivänä. Vaativissa putkien hitsauksissa hitsaajan ammattitaidon täytyy olla korkealla tasolla, jotta hitsaus onnistuu. Orbitaalihitsaus on mekanisoitua TIG-hitsausta, jolla voidaan saavuttaa korkea laatu putkien päittäishitseissä. Orbitaalihitsauksessa hitsauspäätä kuljettaa mekaaninen kuljetin, joka on kiinnitetty kiinteäasentoiseen putkeen. Hitsausasento vaihtelee hitsauksen aikana, vaikka putki pysyy paikallaan. Kuljetin pyörittää hitsauspään putken ympäri. Kun hitsausasento vaihtelee hitsauksen aikana, on hitsaaminen haastavampaa. Painovoima vaikuttaa hitsaussulaan, asennoista riippuen. Vaakaputken orbitaalihitsauksessa toteutuu kaikki hitsausasennot (PA) jalkoasento, (PE) lakiasento, (PF) pystyasento ylöspäin ja (PG) pystyasento alaspäin. Pystyasennossa olevassa putkessa toteutuu ainoastaan (PC) vaaka-asento. Vaakaputken hitsaus on tästä syystä paljon vaikeampi. (Lukkari, 1998) (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)

Orbitaalihitsausta käytetään putkien päittäishitsauksessa ja putkilevyjen hitsauksessa. Päittäisliitoksilla tarkoitetaan putkien liittämistä toisiinsa tai muihin putkiosiin esimerkiksi laippoihin tai venttiileihin. Putkilevyjen hitsauksessa putkien päät hitsataan reikälevyyden kiinni, joko lisäaineen kanssa tai ilman. Kyseistä liitosta käytetään hyvin paljon lämmönsiirtimissä ja höyrykattiloissa. (Lukkari, 1998) (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)

3.1 Laitteisto

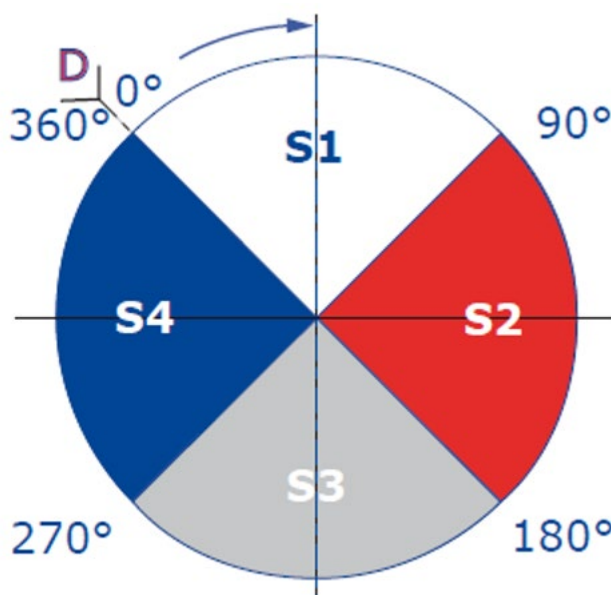
Orbitaalihitsauslaitteistoon kuuluu ohjelmoitava virtalähde, kauko-ohjain, jolla voidaan säätää hitsauksen aikana tapahtuvia muutoksia. Hitsauspää on joko umpinainen tai avopää. Sekä langansyöttölaitteisto, jos lisäainelangan syöttö hitsauksessa on tarpeellista. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)

3.1.1 Virtalähde

Orbitaali TIG- hitsauksessa käytettävä virtalähde on inventterityyppinen, jossa on hyvin paljon erilaisia toimintoja. Virtalähteeseen on yhdistetty ohjelmoitava ohjausyksikkö, jota voidaan ohjelmoida siihen yhdistetyllä tietokoneella. Uusissa virtalähteissä ohjelmointi voi tapahtua virtalähteen omasta näytöstä. Virtalähteisiin on yhdistetty hitsauksen aikana tapahtuvaa tietoa keräävä järjestelmä. Järjestelmä kertoo hitsauksessa käytetyt hitsausarvot sekä hitsausajan. Virtalähteitä on kolme eri kokoa: pieniä, keskikokoisia ja suuria. Virtalähde valitaan aina käyttötarkoituksen perusteella. Pieniä käytetään kohteissa, joissa virtalähteitä täytyy siirrellä, esimerkiksi huoltotöissä. Suuria käytetään tuotantolaitoksissa, jolloin virtalähteille on suunniteltu kiinteät paikat. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010).

Virtalähteisiin on yleensä liitettyjä jäähdytysyksikkö. Jäähdytysyksikkö on suljettu, joka kierrättää jäähdytysnestettä hitsauspään ja virtalähteen välillä, tarkoituksena jäähdyttää hitsauspäää hitsauksen aikana. Virtalähteen sisällä on virtausmittari, joka seuraa jäähdytysnesteen virtausta. Jos virtaus on liian matala, lopettaa virtalähde hitsauksen, jotta hitsauspää ei pääsisi vaurioitumaan. Kun hitsataan pienillä hitsausvirroilla ohuita materiaaleja, ei välttämättä tarvita jäähdytysyksikköä. Jäähdytysnesteenä voidaan käyttää vettä tai virtalähteeseen tarkoitettua jäähdytysnestettä. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)

Orbitaalihitsauksessa hitsausasento muuttuu hitsauksen aikana. Jotta hitsaussula pystyttäisiin hallitsemaan jokaisessa asennossa, on hitsattava putki jaettava sektoreihin. Orbitaalihitsaus pyritään suorittamaan yhtäjaksoisesti kierros kerrallaan hitsaten. Tämä aiheuttaa suuria lämpövaihteluita hitsauksen aikana, joka tekee hitsisulan hallitsemisesta haasteellisempaa. Näiden syiden johdosta hitsausvirtalähteen täytyy olla ohjelmoitavissa. Sektoreiden lukumäärä voi vaihdella hitsattavan materiaalin mukaan, mutta yleensä käytetään 2-5 sektoria putken päittäishitsauksessa. Sektoreihin määritetään sen hetkiset hitsausarvot. Putki jaetaan sektoreihin, jotta hitsin tunkeumasta saadaan tasainen jokaisessa asennossa ja hitsaussula pysyy hallittavana eri sektoreissa hitsauksen aikana. Putkien materiaalit vaikuttavat hyvin paljon hitsattavuuteen. Sektoreiden tekeminen täytyy harkita tapauskohtaisesti. Alla esitetty kuva sektoreiden jaosta vaakaputkelle. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)



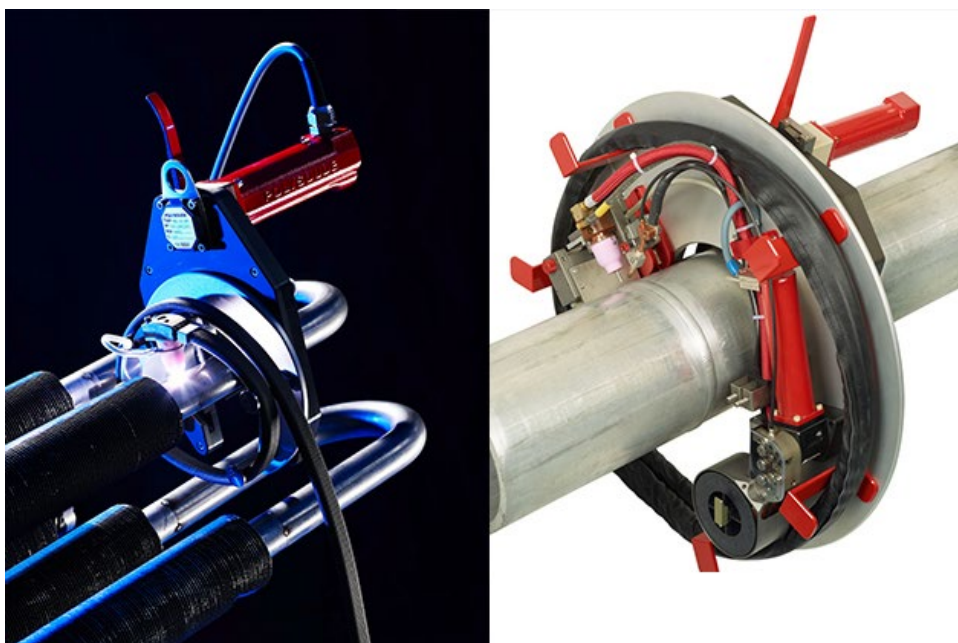
Kuva 4. Orbitaalihitsauksen sektoreiden jako. (Polysoude, 2014)

- Sektori S1, 0°-90° (PA) jalkoasento
- Sektori S2, 90°-180° (PG) pystyasento alaspäin
- Sektori S3, 180°-270° (PE) lakiasento
- Sektori S4, 270°-360° (PF) pystyasento ylöspäin

3.1.2 Orbitaalihitsauspäät

Putkien hitsaukseen tarkoitetut orbitaalihitsauspäät voidaan jakaa kahteen kategoriaan, umpinaiset hitsauspäät ja avonaiset hitsauspäät. Avonaisiin hitsauspäihin voi valita lisäksi lisäainelangan syöttökoneiston, vaaputuksen sekä automaattisen valokaaren pituuden seurannan. Umpinaisissa hitsauspäissä kyseisiä toimintoja ei voi valita. (Polysoude, 2014)

Avonaiset hitsauspäät jaetaan kahteen ryhmään kuljettimien erilaisuuden myötä. Pienemmissä putkissa käytetään kuljetinta, jota kutsutaan pihtimalliksi. Hitsauspää lukitaan pihdeillä kiinteään putkeen kiinni. Hitsauspoltin kiertää putken ympäri ja pihti, jolla orbitaali on kiinnitetty, pysyy paikallaan. Kyseessä on samanlainen hitsaustapahtuma kuin käsillä, mutta kuljetuksesta huolehtii kone. Avonaisia hitsauspäitä on erikokoisia, jotka soveltuvat putkikoosta 22mm jopa 275mm. Hitsauspäähän saa lisävarusteena lisäainelangan syöttökoneiston. Siksi avonaisia päitä käytetään paksujen putkien hitsaukseen. Lisäksi avonaisiin hitsauspäihin on saatavilla oskilointi eli levityslieki, sekä valokaaren korkeuden seuranta. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)



Kuva 5. Avonaiset pihtimalliset hitsauspäät ilman lisäaineensyöttöä ja lisäaineensyötöllä (Polysoude, 2014)

Pihtimallisen avonainen hitsauspää on muuten samanlainen kuin hitsausvaunumallissa, mutta kuljetin on erilainen. Kuljetinkisko kiinnitetään putken ympäri ja orbitaalilaitteisto kiinnitetään kiskoon. Orbitaalilaitteisto kulkee kiskon ympäri, joka on kiinnitetty kiinteään putkeen. Laitteen hitsausominaisuudet ovat samat kuin pihtimallisessa. Kiskoja on joustavia sekä kiinteitä. Joustavia kiskoja käytetään pienemmissä halkaisijoissa ja kiinteitä suuremmilla putken halkaisijoilla. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)



Kuva 6. Tig – orbitaali omalla kuljetinkiskolla (Lincoln, 2018)

Umpinaiset hitsauspäät ovat tarkoitettu seinämän vahvuudeltaan ohuemmille putkille. Umpinaisessa hitsauspäässä hitsaus suoritetaan koteloidussa, ilmalta suojatussa tilassa. Hitsaus voidaan suorittaa myös paikoissa, joissa vetoisuus on suurta tiiviin kotelon ansiosta. Ennen hitsausta kotelo täytetään suojakaasulla, jonka jälkeen hitsaus aloitetaan. Umpinaisessa hitsauspäässä ei tarvitse juuren puolen suojausta erikseen. Umpinaiset hitsauspäät soveltuvat putken halkaisijoille 3mm- 170mm. Hitsattavan putken seinämänvahvuus ei voi olla yli kolmea milliä, koska umpinaisella hitsauspäällä ei voida hitsata monipalkohitsausta. Lisäaineensyöttö ei ole mahdollista umpinaisessa hitsauspäässä. Elektrodi kiertää putken ympäri kotelon sisällä, sulattaen putket toisiinsa. (Polysoude, 2014) (Fronius, 2010)



Kuva 7. Umpinainen hitsauspää (Polysoude, 2014)

3.1.3 Langansyöttölaite

Langansyöttölaitteistoa käytetään avonaisissa hitsauspäissä. Langansyöttölaitteisto on kiinnitettyä hitsauspäähän, mutta se voi myös olla omana yksikkönä. Käytettävän lisäaineen kelan koko ratkaisee, käytetäänkö erillistä langansyöttö yksikköä vai hitsauspäähän kiinnitettyä langansyöttö yksikköä. (Polysoude, 2016)

TIG- hitsauksessa käytettäviä lisäainelangan syöttömahdollisuuksia on kahdenlaisia. TIG- kuumalankahitsauksessa lisäaine lämmitetään erillisessä langansyöttöyksikössä, jonka jälkeen lanka ohjataan hitsisulaan. Kuumalankahitsauksen etuna on suurempi hitsiaineentuotto. Lämmitettyä lisäainetta voidaan ohjata enemmän hitsisulaan, kuin perinteisessä kylmälankahitsauksessa. TIG- kuumalanka hitsauksessa langansyöttö on aina mekanisoitua. Kylmälankahitsaus on perinteistä TIG- hitsausta, jossa lisäaine ohjataan hitsisulaan ilman hitsauslangan lämmittämistä. (Lukkari, 1998)

3.2 Putkien päittäishitsaaminen

Putkien päittäisliitoksella tarkoitetaan putkien liittämistä toisiinsa. Putkien päittäisliitoksien hitsauksessa käytetään yleensä TIG- hitsausta. Nykyään putkia hitsataan myös eri hitsausprosesseilla. Putkistoissa, joissa laatuvaatimukset ovat suuret käytetään TIG- hitsausta. (Lukkari, 1998)

Hitsausprosessin valinnassa täytyy myös miettiä, minkälaisissa olosuhteissa hitsaus tehdään. Vedolta suojassa ja puhtaat materiaalit suositellaan käyttämään TIG- hitsausproessia. Likaisissa ja vetoisissa paikoissa puikkohitsaus on ainut valinta.

Orbitaalihitsauksessa käytettävät hitsausrailot ovat I, U, Y ja V. Hitsausrailo on aina tapauskohdainen, joka riippuu hitsattavasta materiaalista ja putken seinämän paksuudesta. I railoa käytetään ohuempi seinämäisissä putkissa. I railo soveltuu jopa 3 mm asti. Jos I railon sovite on tarkka, voidaan hitsaus suorittaa ilman lisäainetta. Sovitteessa ei saa ilmetä ilmarakoa, jotta hitsaus onnistuu halutulla tavalla. U, Y ja V railoa käytetään paksuseinämisille putkille. Y railon hitsaus voidaan suorittaa myös ilman lisäainetta, jos sovite on tarkka. V hitsausrailon käyttö orbitaalihitsauksessa on hyvin vähäistä ja suositeltu railo on U-railo. Railojen kulmalla ja huulloksen paksuudella on suuri merkitys orbitaalihitsauksessa. (Polysoude, 2014)

3.3 Laatu

Orbitaalihitsauksen laatu perustuu hyvään toistettavuuteen. Orbitaalihitsauslaitteisto pystyy toistamaan saman hitsausohjelman peräkkäin, jolloin muutoksia hitsauksen suorituksessa ei synny. Käsinhitsauksessa toistettavuus vaatii erittäin pätevän hitsaajan ja silti hitseissä on eroja. (Polysoude, 2014)

Umpinaisten hitsauspäiden merkittävänä etuna on hitsien puhtaus. Umpinaisessa pihdissä hitsaus tapahtuu suljetussa kammiossa, joka on täytetty kaasulla. Hitsaus tapahtuu täysin kaasutetussa tilassa, jolloin hitsi on todella puhdas. (Polysoude, 2014)

Orbitaalihitsauksen etuna on myös sen jäljitettävyyden. Hitsaustapahtuman tiedot tallentuvat tietokoneelle ja hitsauksen tiedot voidaan tulostaa koneesta heti hitsauksen jälkeen. Täten pystytään näyttämään, miten hitsaus on suoritettu ja minkälaisia hitsausarvoja hitsauksessa on käytetty. Kaikki orbitaaleilla valmistetut hitsit pystytään dokumentoimaan helposti. (Polysoude, 2014)

3.4 Laitteiden kehitys

Laitteiston kehitystä verrataan vuoteen 2003, jolloin orbitaalilaitteiston investointi on tehty War-kaus Works:lla. Vertailukohtana on yrityksessä tällä hetkellä löytyvät laitteet. Vertailukohteena käytetään Polysoude PC 350 DC virtalähdettä ja MU IV-S 128 C avonaista hitsauspäättä. Hitsauspäättä on varustettu oskilloinnilla eli vaaputusmoottorilla, sekä kaarijännitteen seurannalla, joka säätää hitsauskorkeutta hitsauksen aikana jännitteen mukaan. Lisäksi pihdeissä on lisäainelangan syöttömoottori. Lisäainelankakela kiinnitetään avonaiseen hitsauspäähän.



Kuva 8. Polysoude PC 350 DC virtalähde.

Avonaisen hitsauspihdin kehityksessä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia vuosien aikana. Pihdin rakenne on pysynyt samanlaisena ja kaikkien valmistajien avonaiset pihdit ovat rakenteellisesti hyvin samanlaisia. Eroja löytyy kuitenkin hitsauspäiden koossa, sekä kiinnitystavassa ja miten pihti kiinnitetään hitsattavaan putkeen. (Teknohaus David Vinot)

Hitsausvirtalähteiden kehityksessä hitsaukseen liittyviä muutoksia ei virtalähteissä esiinny. Itse ohjelmointi on tehty helpommaksi. Uusissa virtalähteissä materiaali ja halkaisija valitaan valikosta, jolloin hitsausvirta-arvot valikoituvat automaattisesti. Ohjelmia pystytään muuttamaan itse, jos hitsausohjelma ei toimi halutulla tavalla. Tällä hetkellä Warkaus Worksin omistamaan orbitaalihitsauslaitteistoon täytyy ohjelmat valmistaa itse tai ohjelma ostetaan Polysoude-merkkiä edustavalta yritykseltä.

3.5 Laitteiden toimittajat Suomessa

Suomessa on tällä hetkellä kaksi orbitaalihitsauslaitteistojen toimittajaa. Masino Oy toimittaa Orbitalum merkistä laitteistoa ja Teknohaus Oy Polysoude merkistä laitteistoa. Molemmat toimittavat sekä umpinaisia ja avonaisia hitsauspäitä. Yrityksien myymissä hitsauspäissä ei ole suuria eroja teknisesti. Myös ohjelmointi on hyvin samanlainen molemmilla valmistajilla. Molemmat yritykset ovat erikoistuneet orbitaalihitsauseen ja hitsaustarvikkeiden myyntiin.

Aikaisemmin myös Esab ja Kemppi ovat valmistaneet orbitaalihitsauslaitteistoja. Tällä hetkellä molemmat yritykset ovat luopuneet orbitaalihitsauslaitteistojen valmistuksesta. Juteltuani Kempin edustajan kanssa selvisi syyksi liian pienet markkinat, joten laitteiden valmistaminen ei ole kannattavaa yritykselle. Tällä hetkellä Esab on aloittanut uudestaan orbitaalihitsauslaitteiston suunnittelun. Myös Fronius on vetänyt aikaisemman orbitaalihitsauslaitteiston takaisin suunnittelupöydälle. Tulevaisuudessa molemmat yritykset pyrkivät tulemaan mukaan orbitaalihitsauslaitteistojen toimittajaksi. Yrityksen edustajat eivät osanneet sanoa, milloin yritykset ovat tulossa takaisin markkinoille.

3.6 Orbitaalilaitteiden toimittajat ulkomailla

Ulkomailla on paljon suuria ja pieniä orbitaalihitsauslaitteiden valmistajia. Yrityksillä ei ole edustusta Suomessa, johtuen orbitaalihitsauksen pienestä markkinasta Suomessa. Kyseiset laitteistot eivät eroa kuvista ja videoista päätellen paljoa Orbitalumin ja Polysouden markkinoimista tuotteista. Jotta laitteita pääsisi tutkimaan täytyisi lähteä tutustumaan laitteistoihin ja laitteiden valmistajiin. Alla on listattuna orbitaalilaitteistoja valmistavia yrityksiä ja malleja, jotka soveltuisivat yritykselle tulistimien hitsaukseen. Kyseisillä yrityksillä ei ole orbitaaliedustusta Suomessa.

- Lincoln Electric, HELIX mallisto
- Magnatech, Redhead, D-HEAD ja QUICKCLAMP
- Orbitec, OSW Series
- Arc Machines, 79 Series

Jos orbitaalilaitteisto hankitaan yritykseltä, jolla ei ole edustusta Suomessa on tärkeää sopia tietyistä asioista ennen ostopäätöstä. Orbitaalihitsauslaitteistoa täytyy huoltaa ainakin 2 kertaa vuodessa, jotta voidaan olla varmoja laitteen toimivuudesta. Tällöin täytyy sopia toimittajan kanssa, miten huolto toteutetaan ja kuka sen toteuttaa. Orbitaalihitsauspäissä on hyvin paljon hienomekaniikkaa, minkä takia huoltoja ei kannata laiminlyödä. Myös varaosien saatavuus täytyy olla varmistettu tulevaisuudessa.

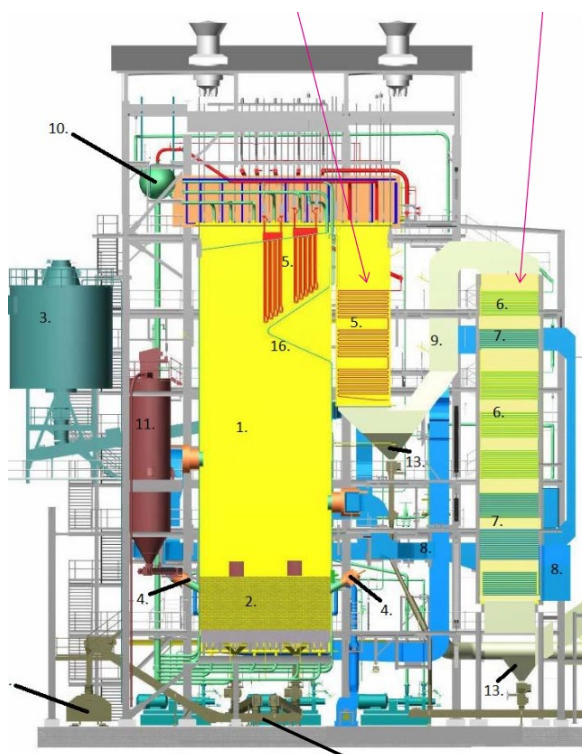
4 TULISTIN

Tulistin on yksi höyrykattilan komponenteista, jonka tarkoituksena on kuumentaa lieriöstä tuleva höyrystetty vesihöyry korkeampaan lämpötilaan. Energialähteenä toimii höyrykattilan polttoaine, jonka lämpöenergialla vesihöyryn lämpötilaa nostetaan. Höyryn lämpötila vaikuttaa, miten paljon liike-energiaa saadaan ohjattua höyryturbiinille. Kuumemmasta höyrystä saadaan enemmän liike-energiaa. Höyryn lämpötilaa pyritään nostamaan noin 550 °C asteeseen, jolloin höyryn lämpötila on noussut noin 200 °C astetta. Kun höyrynlämpötila on nostettu, ohjataan se höyryturbiinille. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen, 2013)

Tulistimet sijaitsevat tulipesän yläosassa. Tulistimet roikkuvat vapaina tulipesän sisällä ja ovat kiinnitettyinä kiinnitystangoilla tulipesän ulkopuolelta. Aikaisemmin tulistimien kiinnitys tehtiin tulipesän sisäpuolelta, mutta nykyinen kiinnitystekniikka on todettu paremmaksi vaihtoehdoksi. Tulistimista voi sanoa, että se on nippu roikkuvia putkia tulipesän yläosassa. Tulistimet koostuvat tulistinryhmistä, joissa materiaalit ja tulistimien muodot voivat olla erilaisia. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen, 2013)

Tulistimet jaetaan neljään ryhmään niiden käyttötarkoituksen mukaan.

- Konvektiotulistin
- Säteilytulistin
- Verhotulistin
- Yhdistelmätulistimet



Kuva 9. Höyrykattilan rakenne, tulistimet kohdassa 5 (Andritz, 2018)

5 TULISTIMIEN VALMISTUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT

Tulistimien täytyy kestää korkeita lämpötiloja. Tämän takia materiaaleina käytetään hyvin paljon kuumalujia materiaaleja. Materiaalien on kestävä kuumakorroosiota eli hilseilyä ja olla tulenkkestäviä. Kuumalujien materiaalien etuna on myös niiden virumis- ja väsymiskestävyys korkeissa lämpötiloissa. Kuumalujat teräkset voidaan jakaa niiden kiderakenteen mukaan neljään eri kategoriaan. Niukkaseosteisiin ferriittiteräksiin, seostamattomiin hiiliteräksiin, runsasseosteisiin martensiittiteräksiin ja runsasseosteisiin austeniittisiin teräksiin. Terästen ominaisuuksia voidaan muokata erilaisilla seosaineilla. Esimerkiksi molybdeeni parantaa teräksien kuumalujuutta jo hyvin pienillä pitoisuuksilla. Myös valmistusmenetelmillä voidaan vaikuttaa teräksen ominaisuuksiin. (Knowenergy)

Yrityksessä käytettäviä yleisimpiä materiaaleja ovat 10CrMo 3-5 ja 13Crmo 4-5 tulistimien valmistuksessa. Käytettäviä materiaaleja on hyvin paljon, mikä luo todella paljon haasteita orbitaalihitsauslaitteiston käyttöön. Alla olevassa taulukossa on esitetty vuoden aikana käytettävät tulistimien valmistuksessa käytettävien putkien materiaalit, sekä putkien halkaisijat ja seinämävahvuudet. Valmistuksessa käytettävien materiaalien hitsattavat ominaisuudet eroavat toisistaan hyvin paljon, minkä takia hitsausohjelmien teko on myös haastavaa ja paljon aikaa vievää. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty tämän vuoden tulistimien valmistuksessa käytettävät materiaalit.

Taulukko 1.

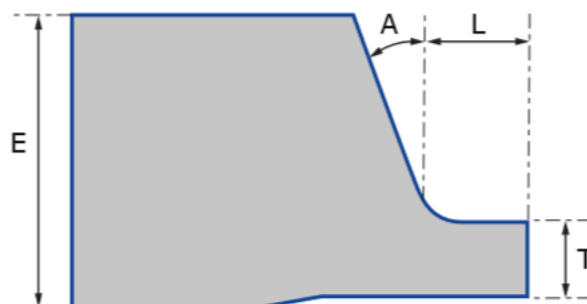
Vuoden aikana käytetyt erilaiset tulistinputkien materiaalit

Materiaalit
57 x 6,3 X10CrMoVNb91 / San28/X10
51 x 5,1 SA210A1
51 x 5,6 SA210A1
51 x 5,1 SA213T22 + TP347H
51 x 6,6 SA213T22 + TP347H
51 x 5,1 SA213TP347H
51 x 5,6 13CrMo 4- 5 + San 28/HT8
51x 6,6 10CrMo9-10 + San 28/HT8

Listasta voidaan nähdä, miten paljon tulistimien materiaalit vaihtuvat. Yleensä, jokaisen projektin jälkeen materiaali vaihtuu. Ennakointi orbitaalihitsausohjelmien tekemisessä ja koehitsauksessa on hyvin tärkeää. Materiaalien hitsausominaisuuksissa on hyvin paljon eroavuuksia. Osassa materiaaleista käytetään juurikaasua, jotta juuren hitsaaminen onnistuisi. Listassa huomion arvoista on compound-putkien määrä tulistimien valmistuksessa. Orbitaalihitsaus ei sovellu compound-putkien hitsaamiseen, koska lisäainelangan joutuisi vaihtamaan aina pinnoituspalkojen hitsaamiseen. Hitsaaminen on hyvin hidasta, jos lisäainelankaa joutuisi vaihtamaan useaan kertaan. Tämän takia kaikki compound-putkiliitokset olisi hitsattava yrityksestä löytyvällä jatko-Tig automaattilla ennen putkien taivuttamista.

6 HITSAUSRAILON MERKITYS ORBITAALIHITSAUKSESSA

Hitsausrailon merkityksellä on suuri vaikutus orbitaalihitsauksessa, joten päätettiin kokeilla kolmea erilaista hitsausviistettä. Hitsausviisteiden suunnittelussa käytettiin hyväksi orbitaalilaitteistoja valmistavien yritysten ohjeita ja myös yrityksen aikaisempaa kokemusta. Alla esitetty kuva orbitaalilaitteiston valmistajan ohjeista hitsausviisteiden mitoitukseen.



Recommended tube end preparation
for orbital TIG welding

Tube range (mm)	Angle (°)	Collar (mm)	
Wall thickness (mm)	A	T	L
$3 \leq E \leq 6$	30°	1	2
$6 \leq E \leq 10$	30° ou 20°	1,5	
$10 \leq E \leq 15$	20°		

Kuva 10. Orbitaalihitsauksen viisteiden mittasuositukset. (Polysoude, 2014)

Kaikki suunnitellut hitsausviisteet ovat orbitaalihitsaukseen suositeltu J- railomuotoon valmistettuja. J- railomuodosta valmistettiin 20° ja 30° hitsausviisteet, joiden huuloksen paksuus on 1,5mm ja pituus 2mm. Suunniteltiin myös railomuoto, jossa putket keskittävät itsensä toisiinsa. Tällä hitsausviisteellä pyritään vähentämään hitsausviisteiden heittoja esivalmistelussa. Hitsausviisteiden mittatarkkuus haluttiin varmistaa, joten hitsausviisteet valmistettiin cnc-sorvaamalla. Sorvauksen suoritti Varkauden Savon ammatillisen koulutuskuntayhtymän Varkauden koneistusosasto.

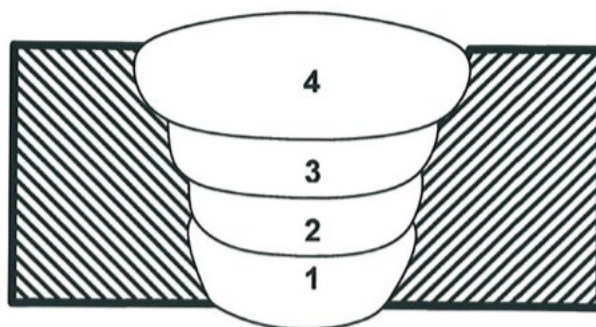
7 ORBITAALI HITSAUSKOKEET

7.1 Manuaalisella viisteytyskoneella valmistettuun viisteeseen

Orbitaali hitsauskokeet aloitettiin 10CrMo 3-5 putkimateriaalille, jossa putken halkaisija on 51 mm ja seinämän paksuus 6,3 mm. Ohjelman teossa käytettiin hyväksi yrityksen aikaisempaa ohjelmaa kyseiselle putkimateriaalille ja koolle luotua ohjelmaa. Putkien hitsausviisteet valmistettiin yrityksestä jo löytyvällä viisteytyskoneella. Hitsausviisteinä koehitsauksessa käytettiin J-railomuotoa 20° kulmalla, jossa huuloksen paksuus on 1,5 mm ja pituus 2 mm.

Ohjelmalla suoritettiin koehitsaus ja todettiin ohjelmasta löytyvän hyvin paljon puutteita. Hitsatun putken pinta ja juuri jäi hyvin paljon vajaaksi. Myös putki kuumeni hitsauksen aikana liikaa.

Ohjelmassa putki on jaettu neljään sektoriin ja neljään hitsauspalkoon. Hitsausjärjestyksenä on juuripalko, välipalko 1, välipalko 2 ja pintapalko. Ohjelmaa lähdettiin muokkamaan paremmaksi lisäämällä langansyöttöä jokaiseen sektoriin ja hitsauspalkoon, jolloin hitsin pintapalko ja juuri saataisiin nousemaan haluttuun muotoon. Langansyöttöä jouduttiin lisäämään huomattavasti aikaisempaan ohjelmaan verrattuna. Samalla muutettiin välipalkojen hitsaussuunta saman suuntaiseksi, kuin juuri ja pintapalossa. Ohjelmaan lisättiin myös kaksi jäähdytyskierrosta, sekä esilämmityskierros, ettei putki kuumuisi hitsauksen aikana liikaa.



Kuva 11. Hitsauksen palkojärjestys

Kun ohjelma oli saatu muutettua oikeanlaiseksi, alkoi hitseistä tulla laatuksien täyttäviä hitsejä. Hitsausohjelman muokkaaminen oli hyvin työlästä, koska suuria muutoksia ei voitu tehdä. Lähdettiin muuttamaan aina yhtä asetusta kerrallaan, jonka jälkeen arvioitiin aina tilanne. Kuvassa 12 on esitelty onnistunut hitsi.



Kuva 12. Onnistunut hitsi

7.2 Sorvattuun 30° viisteeseen

Koehitsaus tehtiin viisteytyskoneelle tehdyllä ohjelmalla. Huomattiin, että railon tilavuus on huomattavasti pienempi, kuin viisteytyskoneella valmistetuilla viisteillä. Syynä tässä on huuloksen pituuden muutos. Huuloksen pituuden muuttamisella pyrittiin vähentämään hitsauspalkojen määrää. Kyseiselle viisteelle jouduttiin valmistamaan uusi hitsausohjelma. Koehitsauksen puutteena olivat juuren riittämätön tunkeutuminen ja palkomäärä pystyttiin vähentämään kolmeen hitsauspalkoon railon tilavuuden pienentymisen takia.

Ohjelman valmistuttua päästiin hitsaamaan kyseiseen viisteeseen. Ohjelma toimi hyvin ja hitsaaminen oli nopeampaa verrattuna manuaalikoneella valmistettuun hitsausviisteeseen. Ohjelmasta pystyttiin vähentämään ohjelmasta yhden välipalon ja jäähdytyspalon pois. Kyseiseen viisteeseen tehtiin kahdeksan koehitsiä. Jokaisen hitsin jälkeen tarkistimme hitsatun jäljen ja juuren. Juuren hitsausohjelmaa jouduttiin muuttamaan koko ajan, koska juuren puolen sulaminen ei ollut halutulla tasolla.

Kyseiseen viisteeseen hitsaaminen ei onnistunut halutulla tavalla. Viisteen etuna on pieni railon tilavuus, jolloin hitsaus on hyvin paljon nopeampaa. Myös orbitaalihitsauksen virheherkkyys on pienempi, kun hitsataan pienempään hitsausrailoon. Ongelmana viisteessä oli juuren puolen sulaminen halutulla tavalla. Johtopäätöksenä voisi sanoa, jos hitsaus meinataan suorittaa laatuvaatimuksien mukaisesti, täytyisi hitsausviisteen huuloksen olla pidempi tai pienentää huuloksen paksuutta. Tällä saataisiin juuren puoli sulamaan halutulla tavalla. Kuvassa 13 on esitetty vajaa juuren sulaminen.



Kuva 13. Vajaa juuri

7.3 Sorvattuun 20° viisteeseen

Myös 20° viisteeseen jouduttiin valmistamaan uusi hitsausohjelma, jotta hitsistä tulisi laatuvaatimukset täyttävä. Ongelmana hitsauksessa oli juuren riittämätön tunkeuma. Vaikka langansyöttöä ja hitsausvirtaa nostettiin, ei juuripalosta tullut tarpeeksi hyvää. 20° viisteen hyötynä on hitsausnopeuden kasvaminen ja palkomäärien vähentyminen. Ainut ongelma on juuripalon hitsauksessa. Jotta juuripalko saataisiin paremmaksi, jouduttaisiin huulloksen pituutta kasvattamaan tai huulloksen paksuutta pienentämään. Sama ongelma esiintyy myös 30° viistessä.

7.4 Itsekeskittävä hitsausviiste

Itsekeskittävän hitsausviisteen suunnittelussa käytimme hyväksi Easy to fit yrityksen valmistamia hitsausviisteitä. Easy to fit on yritys, joka valmistaa koneita putkien viisteytykseen orbitaalihitsaukseen. Hitsausviisteet keskittävät itsensä, koska hitsausviisteiden huullokset on viistetty eri korkeudelle. Pyrittiin koneistamaan samanlaiset hitsausviisteet, mitä yritys tarjoaa. Hitsausviisteiden valmistus onnistui CNC -sorvilla. Viisteiden huulloksen paksuus jouduttiin jättämään hieman paksummaksi, kuin normaali orbitaalihitsausviisteissä. Muuten huulloksesta olisi tullut liian ohut ja huullos olisi voinut vioittua hyvin herkästi putkien esivalmistelujen aikana.

Hitsaukset aloitettiin 30° asteen koneistetun viisteen ohjelmalla. Ohjelma oli hyvin lähellä oikeaa jo alusta lähtien. Välipalkojen ohjelmille ei tarvinnut tehdä mitään muutoksia. Pintapalon ohjelman levitysliikkeen pituutta lyhennettiin, koska hitsausviisteen leveys ei ollut niin leveä kuin 30° asteen hitsausviisteessä. Hitsauskokeiden aikana todettiin huulloksen paksuuden olevan liian suuri. Juuripalkoa ei saatu putken sisäpuolelta sulamaan halutulla tavalla, vaikka arvoja muutettiin hyvin

paljon kokeiden aikana. Aikaisemmissa hitsauskokeissa huuloksen paksuus oli 1,5 mm. Itsekeskittävän hitsausviisteen huuloksen paksuus oli 1,7 mm, joten hitsausviisteiden huuloksen ero oli 0,2 mm. Ero ei kuulosta suurelta, mutta kyseisessä tapauksessa huomataan, miten paljon pienetkin muutokset vaikuttavat orbitaalihitsauksessa.

Työn aikana todettiin myös hitsausviisteen valmistaminen tuotannossa haastavaksi. Hitsausviisteet pitäisi tehdä pariksi jo esikäsitellyssä, jolloin putkien taivutusvaiheessa pitäisi tietää kumpi hitsausviiste on putkessa. Orbitaalihitsaus vaatii myös manuaalikäyttöisen viisteytyskoneen käyttöä tuotannossa. Itsekeskittävän hitsausviisteen valmistaminen manuaalikoneella osottautui mahdottomaksi nykyisillä koneilla. Näiden syiden takia itsekeskittävästä hitsausviisteestä päätettiin luopua.

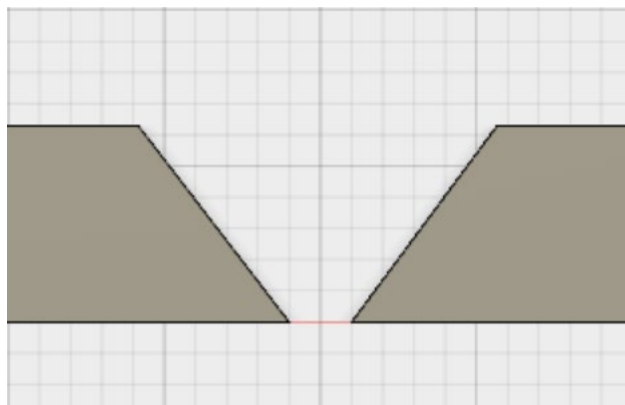
7.5 Yhteenveto orbitaalihitsauksesta

Jotta orbitaalilaitteistolla hitsaaminen olisi varmaa täytyy hitsausviisteiden olla oikeanlaisia. Testeissä huomattiin, mitä pidempi huuloksen mitta oli, sitä paremmin juuren hitsaus onnistui. Tällöin juuresta saatiin laatuvaatimuksien täyttävä hitsi aikaiseksi. Haittapuolena voisi sanoa, että hitsauspalkojen määrä kasvaa, kun huuloksen pituutta lisätään ja samalla virheherkkyys orbitaalihitsauksessa kasvaa. Kun huuloksen pituus oli lyhyempi, hitsausaika lyheni merkittävästi verrattuna pitkään huulokseen. Lyhyttä huulosta käyttämällä hitsauspalkojen määrä pystyttiin vähentämään yhdellä palolla ja yhdellä jäähdytyskierrolla. Hitsauksen kokonaisaika väheni merkittävästi. Myös virheherkkyys vähenee, kun hitsataan pienemmillä hitsauspalkomäärillä. Ongelmana huuloksen lyhentämisessä on juuripalon haasteellinen hitsaaminen. Juuripalon täytyisi sulattaa putkien viisteet myös putken sisäpuolelta, mikä osoittautui hyvin haastavaksi huulosta lyhentämällä.

Hitsauskokeiden aikana huomattiin, että orbitaalilla pitäisi pyrkiä hitsaamaan kapeaan railoon, jotta hitsauksen virheherkkyys ja hitsausaika vähenisivät. Kolmella palolla hitsattaessa pintapalosta tuli paljon siistimpi ja virheitä ei esiintynyt pintapaloissa ollenkaan. Kun hitsattiin neljällä palolla pidempään huulokseen, saattoi ongelmia tulla pinnan hitsaamisessa, koska orbitaalin levityслиike oli hyvin suuri. Paras tulos hitsauksessa saataisiin, kun hitsaus voitaisiin tehdä vähäisillä levityслиikkeillä ja mahdollisimman vähäisillä hitsauspalkomäärillä.

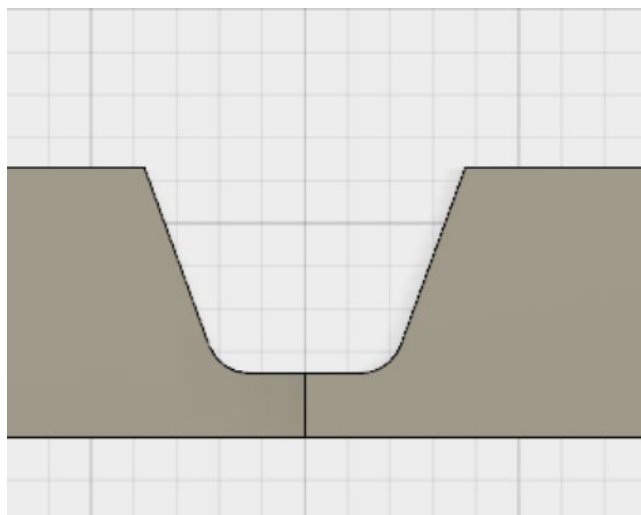
8 HITSAUSVIISTEIDEN PINTA-ALAT

Tällä hetkellä Warkaus Works:lla käytetään hitsausviisteenä $37,5^\circ$ V-railoa tulistimien jatkohitsien hitsauksessa. Hitsausviistettä käytetään ainoastaan käsinhitsauksessa. Kyseisen hitsausviisteen pinta-ala on $42,8 \text{ mm}^2$, jossa putken seinämän vahvuus on $6,3 \text{ mm}$. Pinta-ala on laskettu 2 mm ilmaraoilla. Alla olevassa kuvassa 14 on esitetty kuva hitsausviisteestä.



Kuva 14. $37,5^\circ$ V-railo käsinhitsauksessa

Käsi viisteytyskoneella tehtävään orbitaalihitsausviisteen pinta-ala on $33,4 \text{ mm}^2$, jossa putken seinämän vahvuus on $6,3 \text{ mm}$ ja viiste kulma 20° . Viisteen huuloksen paksuus on $1,5 \text{ mm}$ ja pituus 2 mm . Hitsausviisteen pinta-alaan lisättiin juuren tunkeuma ja leveys, koska orbitaali hitsausviisteisiin ei jätetä ilmarakoa. Railon pinta-ala on pienempi, joka vähentää pitkällä aikavälillä lisäaineen kulutusta. Alla olevassa kuvassa 15 on esitetty kuva manuaalisella viisteytyskoneella tehdystä orbitaalihitsausviisteestä.



Kuva 15. 20° Manuaalisella viisteytyskoneella tehtävä orbitaalihitsausviiste

9 HITSIAINEENTUOTTO KÄSINHITSAUS VS ORBITAALIHITSAUS

Kokeet suoritettiin punnitsemalla hitsattavat putket ennen hitsausta. Putkimateriaalina käytettiin 10CrMo 3-5, jonka mitat ovat 51 x 6,3 mm. Putkien hitsausviisteenä käytettiin V-railoa 37,5° kulmalla, jota yritys käyttää tällä hetkellä käsihitsauksessa. Hitsauslisäaineena käytettiin Esab 13.22 2,4 mm halkaisijalla. Käsihitsauksessa putkiin jätettiin 2 mm ilmarako, (kuva 14). Orbitaalihitsausviisteenä toimi J-railo 20° kulmalla 2 mm pituisella huuloksella, jonka paksuus on 1,5 mm, (kuva 15). Orbitaalihitsauksen lisäaineena käytettiin Böhler 1-IG 0,8mm halkaisijalla. Molemmat hitsausviisteet valmistettiin käsiviisteytyskoneella. Punnitsemisen jälkeen putket hitsattiin. Hitsauksesta mitattiin hitsausaika, sekä hitsaukseen kulunut kokonaisaika. Hitsauksen jälkeen putket punnittiin uudestaan ja laskettiin, kuinka paljon hitsausainetta putkiin on käytetty.

Käsinhitsatun putken paino ennen hitsausta oli 5645 g. Hitsauksen jälkeen putki punnittiin uudestaan. Putkella oli painoa hitsauksen jälkeen 5696 g, joten hitsauslisäainetta on kulunut hitsauksen aikana 51 g. Paloaika hitsauksessa oli 7 min ja 53 s. Kokonaisaika hitsauksen suorittamisessa oli 14 min 30 s. Kokonaisaikaan sisältyy putken esilämmittämiseen kulunut aika happiasetyleenillä, juuren tarkastaminen hitsauksen jälkeen, hitsin jäädyttäminen oikeaan lämpötilaan ja kiilloitus teräsharjalla hitsauksen jälkeen.

Orbitaalihitsausputket painoivat 5138 g. Putkien paino oli aluksi erilainen, koska putket eivät olleet täysin saman mittaiset. Hitsauksen jälkeen putken paino oli 5185 g. Hitsausainetta kului orbitaalihitsauksessa 47 g. Paloaika hitsauksessa oli 13 min 7 s. Kokonaisaika hitsauksen suorituksessa oli 21 min 16 s. Kokonaisaikaan kuului hitsauspihdin paikalle asettaminen ja pois ottaminen hitsauksen jälkeen, sekä hitsin kiilloitus teräsharjalla. Hitsausohjelma on tehty siten, että hitsaus onnistuu oikeiden lämpötilojen välissä. Tämän takia hitsausohjelmassa joudutaan käyttämään jäähdytyskiertoja, jotta putken lämpötila ei ylity ennen uuden palon hitsausta. Hitsiaineen tuotoksi saatiin seuraavaa.

$$\text{Käsinhitsaus} = \frac{51g}{7,9min} = 6,5g / min$$

$$\text{Orbitaalihitsaus} = \frac{47g}{13,1min} = 3,6g / min$$

Hitsiaineen tuottavuus on käsinhitsauksessa huomattavasti korkeampi. Käsinhitsauksessa yrityksessä käytetään 2,4 mm lisäainelankaa. Tämän takia hitsiaineen tuotto on suurempi verrattuna orbitaalihitsaukseen. Orbitaalihitsauksessa käytetään yleensä 0,8 mm lisäainelankaa. Orbitaalihitsauksessa voidaan käyttää myös suurempaa lisäainelankaa esimerkiksi 1,0 mm. Ongelmana lisäainelangan suurentamisessa voi olla hitsauksen aikana tapahtuva kylmäjuoksu, koska hitsaussula

on suurempi ja orbitaalihitsauksessa joudutaan hitsaamaan alamäkeen. Tällä hetkellä kaikki hitsausohjeet yrityksessä kieltävät alamäkeen hitsaamisen sen haasteellisuuden takia. Vaikka lisäaine vaihdettaisiin suurempaa ei hitsisulan kokoa voida muuttaa, koska hitsisulan suurentaminen aiheuttaa riskin kylmäjuoksulle hitsauksen aikana. Varsinkin alamäkeen hitsattaessa kylmäjuoksu on hyvin mahdollinen. Hitsien kokonaisajaksi saatiin seuraavaa.

Käsinhitsaus = 14 min 30 s

Orbitaalihitsaus = 21 min 16 s

Ero = 6 min 46 s

Kokonaisajan suuri ero syntyy asetusajassa sekä hitsausnopeudessa. Orbitaalihitsauksessa joudutaan käyttämään pienempää kuljetusnopeutta, koska hitsauslisäaineen paksuus on pienempi kuin käsinhitsauksessa. Myös hitsauspalkoja joudutaan orbitaalihitsauksessa käyttämään enemmän lisäaineen takia ja samalla jäähdytys palkoja on jouduttu lisäämään, jotta putken lämpötila ei ole yli 350°C ennen uuden palon hitsausta.

9.1 Visuaaliset erot

Orbitaalihitsauksessa valmistuu visuaalisesti todella hyviä hitsejä. Verrattuna käsinhitsaukseen eron tunnistaa. Orbitaalin hyötynä on toistettavuus. Tällä hetkellä yrityksessä työskentelee tulistimien valmistuksessa noin 10 hitsaajaa. Kaikilla hitsaajilla on oma kädenjälkensä, eikä yksikään hitsi ole samanlainen. Orbitaalia käyttämällä jokainen hitsi olisi samanlainen ja visuaalisesti paremman näköinen. Myös asiakkaille pystyttäisiin näyttämään hitsauksen tasainen laatu visuaalisesti.



Kuva 16. Ylempi hitsi on hitsattu orbitaalilla ja alla käsinhitsattu

10 HITSAUSRAILOJEN VALMISTUKSEN TARKUUS YRITYKSESSÄ

Orbitaalihitsauksessa hitsausviisteiden tekeminen tarkasti on suurin vaikuttaja hitsin lopputulokseen. Hitsausviisteissä esiintyvät mittaepätarkkuudet saivat olla enintään 0,2 mm suuruisia, jotta hitsaus onnistuisi vaadittavalla tavalla. (Polysoude, 2016)

Yrityksessä pyritään valmistamaan kaikki hitsausviisteet automaattikoneella. Hitsausviisteiden tekeminen automaattikoneilla on paljon nopeampaa, eikä viisteiden tekeminen rasita työntekijöitä. Hitsausviisteiden valmistamisen joutuu tekemään käsin, jos automaattikoneella ei pystytä viistettä valmistamaan. Jotta orbitaalihitsaus olisi mahdollista yrityksessä täytyy viisteiden valmistuksessa käytettävien koneiden olla mittatarkkoja ja mahdollisimman helppoja käyttää, jotta hitsausviisteet mahdollistavat hitsauksen laatukriteerien mukaisesti.

10.1 Automaattikoneiden mittatarkkuus

Yrityksessä käytetään kolmea automaattiviisteytyskonetta tulistinputkien hitsausviisteiden valmistamiseen. Automaattikoneet ovat Plantools merkkiä. Automaattiviisteytyskoneissa työntekijä valmistaa viisteytyspakan itse käsin. Viisteytyspakan valmistamisessa käytetään hyväksi aikaisemmin viisteytettyjä putkia, jotka on tarkastettu. Kun viisteytyspakka valmistetaan käsin, on suuri mahdollisuus mittaheittoihin. Mittaheitto ei välttämättä tuota ongelmia, jos molempien putkien viisteet heittävät samalla tavalla. Jos putkien päät ovat erilaiset, silloin hitsauksessa esiintyy ongelmia.

Toistettavuus on todella hyvä automaattikoneissa. Kun toistettavuus on hyvä, automaattikoneissa korostuu viisteytyspakan tekemisen tarkkuus. Viisteytyspakan tekemiseen kannattaisi kiinnittää huomiota ja kehittää parempi laite pakan tekemiseen. Muuten seivejä täytyy tarkastella hyvin paljon ennen uuden putkisarjan viisteytystä ja silti ei voi olla varmaa, että viisteistä tulee samantyyppisiä.

10.2 Käsiviisteytyskoneen mittatarkkuus

Aikaisemmin yrityksessä on ollut ongelmana käsiseivauskoneen mittaepätarkkuus. Käsiseivauskoneella suoritettiin testi, jossa seivattiin kymmenen hitsausviistettä. Hitsausviisteet mitattiin neljästä eri kohdasta ja verrattiin putkien muihin mittapisteisiin. Hitsausviisteistä mitattiin huulloksen paksuus. Huulloksen paksuudella on suurin vaikutus hitsauksessa. Mittaus suoritettiin digitaalisella työntömitalla. Putkiin merkittiin, miten päin ne olivat seivauskoneeseen asetettu, jotta putkien mittauspisteet olisivat samat. Kaikki valmistetut hitsausviisteet olivat 0,21 mm sisällä. Kun putkia verrataan toisiinsa, on suurin heitto 0,21 mm. Testin perusteella käsinseivauskoneella

päästään tarvittavaan tarkkuuteen, jotta hitsaus pystytään suorittamaan halutulla tavalla. Taulukossa 2 on esitetty manuaali viistetykseen tarkkuus.

Taulukko 2. Manuaali viistetykseen tarkkuus

Mittauspisteet	Huuloksen paksuuden mittatulokset				Ero	
	A	B	C	D		
	1 Putki	1,52	1,56	1,55	1,60	0,08 mm
	2 Putki	1,54	1,59	1,52	1,57	0,07 mm
	3 Putki	1,55	1,67	1,56	1,55	0,12 mm
	4 Putki	1,52	1,55	1,59	1,61	0,09 mm
	5 Putki	1,48	1,55	1,53	1,58	0,10 mm
	6 Putki	1,46	1,59	1,60	1,66	0,20 mm
	7 Putki	1,56	1,63	1,62	1,68	0,12 mm
	8 Putki	1,54	1,65	1,57	1,65	0,11 mm
	9 Putki	1,51	1,60	1,61	1,64	0,13 mm
	10 Putki	1,57	1,60	1,63	1,58	0,05 mm

11 ORBITAALIHITSAUKSESSA HUOMATUT ONGELMAT

Alla on käyty läpi ongelmia, joihin kannattaa kiinnittää huomiota tulevaisuudessa. Ongelmat esiintyivät opinnäytetyön aikana ja kaikki ongelmat ovat omakohtaisia. Kirjoittaja on keskustellut paljon työntekijöiden kanssa ja he ovat kertoneet ongelmia muista asioista, joita olen työn aikana havainnut. Jotta orbitaalihitsauslaitteiston käyttö olisi mahdollista yrityksessä, on selvitettävä seuraavat asiat ennen käyttöönottoa.

11.1 Hitsauslisäaineen syöttö

Hitsauslisäaineen syöttö toimii orbitaalihitsauksessa mekaanisesti. Langansyöttölaitteessa on vectorullasto, joka vetää hitsauslisäainetta ja syöttää sen hitsaussulaan. Polysouden orbitaalihitsauspihdissä on kaksi rullaa ennen vectorullia, joiden tarkoituksena on oikaista hitsauslisäaine ennen kuin lisäaine ohjataan hitsaussulaan. Rullien kireyttä pystytään säätämään, jolloin langan pitäisi suoristua. Työn aikana langanoikaisurullia säädettiin hyvin paljon, mutta lankaa ei saatu täysin suoraksi missään tilanteessa. Langan suoruus olisi hyvin tärkeää hitsauksen aikana, jotta hitsauslisäaine sattuisi aina oikeaan kohtaan.

Myös hitsauslisäainekelojen valmistuksessa on hyvin tärkeää, että lanka olisi suoraa. Työn aikana hitsauslisäainekeloissa oli suuria poikkeamia. Suuremmat mutkat langassa aiheuttavat suuria ongelmia hitsauksessa. Esimerkiksi lisäainelanka voi suuntautua hitsisulan ohitse, jolloin tietyistä kohtaa hitsi voi jäädä vajaaksi. Pahimmassa tapauksessa hitsauslisäaine ohjautuu TIG elektrodin kärkeen, jolloin hitsaaminen täytyy lopettaa ja elektrodi vaihtaa ennen uuden hitsin aloittamista. Vanha hitsi on laitettava poikki ja tehtävä uusi. Orbitaalilla ei pystytä korjaamaan huonoja hitsejä vaan hitsaus on aloitettava alusta.

Hitsauslisäaine syötetään hitsisulaan suuttimen läpi, joka pitää lankaa aina samassa kohdassa. Suuttimia on paljon erilaisia vaihtoehtoja pidempiä ja lyhyempiä. Pidemmässä suuttimessa ongelmat alkoivat paksun putken hitsauksessa. Suutinta ei voinut asettaa täysin elektrodin suuntaisesti, koska lanka oli hieman vinossa. Jotta lanka osui hitsaussulan keskusta, täytyi lisäainesuuttimen olla hieman vinossa elektrodiin katsottuna. Kun langansyöttösuutin ja elektrodi eivät ole samassa linjassa syntyy ongelmia hitsauksen aikana levityслиikkeessä. Levityслиikkeessä langansyöttösuutin levittyy pidemmälle kuin elektrodi. Tästä aiheutuu ongelmia, koska langansyöttösuutin voi ottaa kiinni hitsausrillon kulmiin ja tällöin hitsauslisäainelanka ei suuntaudu oikeaan kohtaan hitsisulassa.

Lyhyemmässä hitsauslisäainelangan suuttimessa ongelmana oli, että lanka ei pysy kovin suorana. Elektrodin ja hitsauslisäainesuuttimen etäisyys oli hyvin pitkä. Tästä syystä lisäainelanka ei tullut suorana hitsaussulaan. Pienempi suutin ei ottanut kiinni missään tilanteessa hitsattavaan kappaaleeseen. Pienempää suutinta pystyttäisiin käyttämään, jos hitsauslisäainelanka tulisi täysin suoraan. Tämän hetkisillä langan oikaisuratkaisulla tähän ei päästä.

11.2 Hitsattavan putken epäpyöreys

Yritys tilaa osan putkista itse ja Andritz Oy suurimman osan. Putket ostetaan aina projektikohtaisesti ja putkia ei tilata ainoastaan yhdeltä toimittajalta. Putken toimittajat voivat muuttua useita kertoja vuodessa, jolloin myös putkien laatu voi vaihdella hyvin paljon.

Standardissa määritetään putkille mitat, joiden mukaan putket toimitetaan. EN standardin mukaan putkien heitto saisi olla $\pm 0,5$ mm. ASME standardissa putkien mittatarkkudeksi on määritetty 20% yli putken määritetyn seinämän vahvuuden tai 12,5% alle putken seinämän vahvuuden. ASME standardissa voi esiintyä myös projektikohtaisia eroja putkien mittatarkkuudelle. (SFS Online) (ASME Boiler & Pressure Vessel Code 2017)

Putkien mittatarkkuus täytyisi olla 0,2 mm, jotta ne soveltuisivat orbitaalihitsaukseen. Standardien määrittämät tarkkuudet eivät tällä hetkellä riitä. Suuremmat mittaepätarkkuudet tekevät hitsauksesta epävarmaa. Orbitaalihitsauksessa suuria heittoja ei sallita missään osa-alueessa, joten putkienkin on oltava myös mittatarkkoja. Putkien tilaajien täytyisi olla tietoisia tästä asiasta ja ottaa asia huomioon putkia tilattaessa.

Putket täytyisi tilata yritykseen pienemmillä toleransseilla, jos yritys tähtää orbitaalihitsauslaitteiston käyttöönottoon. Muuten yritykseen täytyisi suunnitella viisteytyskone, jolla kaikki mittaepätarkkuudet voidaan poistaa. Näin putkista ja hitsausviisteistä tulisi täysin symmetrisiä riippumatta putkien mittaepätarkkuuksista.

Putken epäpyöreys vaikuttaa orbitaalihitsauspään pihdin kiinnittämiseen. Tällä hetkellä markkinoilla olevat avonaiset pihdit kiinnittyvät putkeen kiinni. Pihdeissä on leuat, jotka tarrautuvat putken ulkopintaan kiinni putken halkaisijan mukaisesti. Epäpyöreä putki ei kiinnitä putkea täysin keskelle putkea, vaan kiinnityksessä syntyy tällöin heittoja. Esimerkkinä elektrodi voi jäädä hie-man vinoon, jolloin hitsauspalko menee väärään kohtaan hitsausrailossa tietyissä kohdissa hitsiä, kuten kuvassa 17 on esitetty.



Kuva 17. Hitsin väärä suuntautuminen

11.3 Orbitaalihitsauslaitteiston korkeuden seuranta

Polysoude orbitaalihitsauslaitteisto on varustettu korkeuden seurannalla. Korkeuden seurannan tarkoituksena on seurata hitsauksen aikana elektrodin korkeutta verrattuna hitsisulaan. Haluttu korkeus määritetään jännitteen avulla ohjelman luomisen aikana. Mitä suurempi jännite on, sitä korkeammalla elektrodi on hitsaussulasta. Jännitettä mitataan kahden maakaapelin avulla. Kaapeleiden toinen pää on kiinnitetty hitsausvirtalähteeseen ja toinen pää on kiinni putkessa hitsin lähellä. Korkeuden seuranta ei ole tarkka, jos kaapelit ovat ristissä toistensa päällä tai toisen hitsauskoneen maakaapeli kulkee kaapelien ylitse. Eli kaapelien täytyy olla suorat ja muita kaapeleita ei saa kulkea maakaapeleiden ylitse.

Työn aikana huomattiin pariin otteeseen, miten herkästi korkeudenseurannassa tapahtuu häiriöitä, jos kaapelit ovat sotkeutuneet toisiinsa. Jos korkeudenseuranta ei toimi oikealla tavalla, on laadun täyttävää hitsiä mahdoton valmistaa. Korkeudensäätö on hyvin oleellinen osa hitsausta. Maakaapeleiden kiinnityskohdat putkelle täytyisi olla aina yhtä lähellä hitsattavaa kohtaa, jotta korkeudenseuranta toimisi moitteettomasti.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET

Orbitaalihitsauksessa etuna on hyvä toistettavuus. Kone toistaa hitsausohjelmaa todella hyvin, samalla kaikkia esivalmisteluja pitäisi pystyä toistamaan yhtä tehokkaasti ja tarkasti. Tällä hetkellä esivalmisteluissa tehdään vielä hyvin paljon työtä manuaalisesti, jolloin virheiden mahdollisuus on olemassa. Orbitaalihitsauksessa saavutetaan hyvin laadukkaita hitsejä, jos kaikki esivalmistelut ja materiaalit ovat tarpeeksi tarkkoja. Orbitaalihitsauksen suurimmista eduista on myös hitsauksen seurattavuus. Koneella voidaan olla varmoja, että hitsaus on tapahtunut oikeita hitsausarvoja käyttämällä. Samalla tuotantoaikoja on helpompi laskea, koska hitsaus ei ole enää yhtä paljon hitsaajasta riippuvaa.

Orbitaalihitsauksessa putkien esivalmistelu vaatii huolellisuutta ja koneiden täytyy olla tarpeeksi tarkkoja hitsausviisteiden valmistamiseen. Työssä tehdyt mittaustulokset näyttävät totuuden yrityksen käyttämien koneiden mittatarkkuudesta. Tällä hetkellä yrityksellä on tarpeeksi laadukkaat koneet, joilla voidaan valmistaa mittatarkkoja hitsausviisteitä manuaali- sekä automaattikoneilla orbitaalihitsaukseen. Koneiden asetukset tehdään manuaalisesti, joka vaatii koneiden käyttäjiltä hyvin huolellista ja tarkkaa työtä. Ilman tarkkaa ja huolellista työskentelyä hitsaus voi olla jo pilalla esivalmistuksessa. Yrityksen olisi hyvä kiinnittää huomiota viisteytyskoneiden viistepakkojen tekemiseen.

Hitsausohjelmien valmistaminen on hyvin työlästä. Materiaalia ja aikaa kuluu hyvin paljon, koska hitsausohjelman teossa suuria muutoksia ei kannata lähteä tekemään. Nykyään orbitaalilaitteistoa valmistavat ja myyvät yritykset tarjoavat myös hitsausohjelmien valmistamista. Tällöin hitsausohjelma pystyttäisiin tarkistamaan yrityksessä ennen käyttöönottoa. Muuten yrityksessä pitäisi olla henkilö, joka on pätevä valmistamaan hitsausohjelmia orbitaalille. Yrityksessä käytetään hyvin paljon erilaisia materiaaleja, mikä luo haasteita orbitaalien käyttöönotolle, sekä ohjelmien luonnille. Yrityksen täytyy ennakoida hyvissä ajoin projektien materiaaleihin, jotta kaikki hitsaukseen kuuluvat dokumentit on saatu tehtyä ennen työn aloitusta ja voidaan olla varmoja työn onnistumisesta.

Kirjoittajan mielestä suurimmat ongelmat ovat materiaalien mittaheittot. Sekä EN ja ASME standardien mukaan mittatarkkuusvirheet voivat olla yli 0,2 mm. Orbitaalille vaadittava tarkkuus on valmistajien mukaan 0,2 mm, joten yhtälö on hyvin vaikea. Tällä hetkellä yrityksessä käytettävät materiaalit, sisältävät projektikohtaisesti liian suuria mittaepätarkkuuksia. Putkien seinämän paksuudet pystytään korjaamaan viisteyttämällä, jolloin putken sisäpuolelta kuoritaan seinämä oikean mittaiseksi. Putken ulkopuolisille heitoille täytyisi keksiä korjaava toimenpide. Ulkopuolisia mittaheittoja ei pystytä vielä yrityksessä korjaamaan.

Työn aikana tutkittiin paljon kirjallisuutta orbitaalihitsauksesta. Jokaisessa kirjallisuudessa oli maininta orbitaalihitsauksen todella hyvästä tuottavuudesta. Työn aikana tutkittiin, myös orbitaalihitsauksen tuottavuutta. Yrityksen tarkoituksena on parantaa tuottavuutta orbitaalilaitteiston käyttöönotolla. Orbitaalihitsauksen tuottavuus todettiin työssä huonommaksi kuin käsinhitsauksen.

Jotta orbitaalihitsauksen tuottavuus olisi parempi kuin käsinhitsausessa, täytyisi hitsausoperaattorin käyttää kahta konetta yhtä aikaisesti. Työssä saadun kokemuksen perusteella koneen käyttöä täytyy valvoa hitsauksen aikana, jotta mahdolliset virheet voidaan korjata hitsauksen aikana. Jos operaattori ei valvo hitsausta, hitseissä esiintyy paljon enemmän virheitä. Työssä tehty tuottavuustutkimus on tehty yhdelle putkimateriaalille ja hitsausaika on otettu yhden hitsin valmistuksesta. Todellinen tuottavuus olisi myös hyvä testata suuremmalla hitsaussauma määrällä, sekä eri putkimateriaaleille. Tällöin tulos on varmasti erilainen, kuin yhden putken kohdalla.

Työn aikana huomattiin, että hitsauksessa tapahtuvat konehäiriöt ja virheet pystyttäisiin poistamaan kapeammalla hitsausrillolla. Orbitaalihitsauksessa hitsausviisteellä on iso merkitys hitsauksen onnistumiselle sekä tuottavuudelle. Yrityksen täytyisi jatkaa orbitaalilla koehitsausta ja pyrkiä hitsaamaan kapeampaan hitsausviisteeseen. Pienemmän hitsausviisteeseen etuna olisi tuottavuuden parantuminen, sekä koneen virheherkkyyden vähentyminen. Orbitaalilla hitsattaessa pitäisi pyrkiä mahdollisimman pieniin levitysliikkeisiin hitsauksen aikana, jotta hitsauksesta tulisi varmaa. Työn aikana hitsattiin erilaisiin hitsausviisteisiin, mutta ei onnistuttu löytämään parasta vaihtoehtoa. Hitsausviisteiden testaaminen vie hyvin paljon aikaa ja materiaalia.

Nykyään metallialalla on suuri työntekijäpula. Tulevaisuus ei näytä tuovan helpotusta kyseiseen ongelmaan, kun katsotaan ammatillisesta koulutuksesta valmistuvien määriä. Metalliala ei kiinnosta nuoria ja uusien hyvien ja työstä kiinnostuneiden työntekijöiden saaminen metallialan yrityksiin on hyvin haastavaa. Yrityksessä vaaditaan hitsaajilta todella hyvää ammattitaitoa, jotta putkien jatkohitsaaminen on laadukasta ja tuottavaa. Yritys on itse kouluttanut työntekijöitä, minkä ansiosta työntekijöiden ammattitaito on hyvin korkealla tasolla. Orbitaalihitsauksessa operaattorilta ei tarvita hitsausosaamista niin paljon. Operaattorin täytyy enemmänkin osata ohjelmoida konetta tarvittaessa, sekä hallita koneen käyttö ja tietää esivalmistelun tarkkuuden määrittämät rajat ennen hitsausta. Operaattoreiden kouluttaminen olisi hyvin paljon nopeampaa, kuin ammattitaitoisen hitsaajan kouluttaminen. Operaattoriksi pyrkivän pitäisi olla kiinnostunut orbitaalihitsauksesta, sekä olla hyvin tarkka käyttämään konetta, koska orbitaalihitsauksessa tarkkuus on hyvin suuressa roolissa.

13 YHTEENVETO

Laadulla ja tuottavuudella on hyvin keskeinen rooli konepajateollisuudessa. Laadulla ja tuottavuudella luodaan yrityksen kilpailukyky, sekä julkisuuden kuva. Yritykset panostavat enemmän laadukkaaseen valmistukseen ja tuottavuuteen. Orbitaalihitsauksella pyritään parantamaan yrityksen kilpailukykyä, sekä laadukkaampaa valmistusta. Toimivalla orbitaalihitsauslaitteistolla pystytään valmistamaan hyvin laadukkaita hitsejä ja hitsausarvojen seuraaminen on todella helppoa.

Työn tarkoituksena oli selvittää orbitaalihitsauksen mahdollista käyttöä tulistimien valmistuksessa. Tästä opinnäytetyöstä yritys sai tietoa orbitaalihitsauksen haastellisuudesta, sekä tämän hetkistä ongelmista. Ongelmien ratkaisemiseksi täytyy yrityksen henkilöstön sisäistää työn prosessi vaihe vaiheelta, jotta ongelmia pystytään ratkomaan. Ilman prosessin tietämystä on vaikea ymmärtää eri muuttujien ja tekijöiden vaikutusta prosessin lopputulokseen.

Orbitaalihitsauksen heikkoutena on sen hitsiaineen tuottavuus. Ohuemilla materiaaleilla tuottavuus on samalla tasolla, kuin manuaalisessakin hitsauksessa. Mitä paksumpaa materiaalia hitsataan, sen hitaammaksi orbitaalihitsaaminen muuttuu verrattuna manuaaliseen hitsaukseen. Jotta orbitaali hitsauksen tuottavuus olisi samalla tasolla myös paksuilla materiaaleilla, täytyisi hitsausrailon tilavuus olla huomattavasti pienempi, kuin manuaalihitsauksessa käytettävä hitsausrailo.

Orbitaalihitsauskokeilla pystyttiin hitsaamaan laadun täyttämiä hitsejä 10CrMo4-5 materiaalille. Kokeiden aikana nousi esille orbitaalihitsauslaitteiston virheherkkyys, sekä eri muuttujien vaikutus hitsaustuloksiin. Tämä hidastaa orbitaalihitsauslaitteiston käyttöönottoa. Laitteiston täytyisi olla hyvin varma, että yrityksen kannattaisi kokeilla laitteistoa tuotannossa. Suuria haasteita luovat myös tämän hetkiset asenteet työntekijöiden keskuudessa, sekä tuotannossa käytettävien materiaalien laaja vaihtuvuus. Jotta orbitaalihitsaaminen olisi mahdollista täytyy operaattorin olla motivoitunut ja kiinnostunut aiheesta. Hyvästä hitsaajasta ei välttämättä tule hyvää operaattoria.

LÄHDELUETTELO

ANDRITZ, Pulp and paper. 2018. [Verkkosivu] 24.3.2018

Saatavissa: <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/warkaus-works-oy>

Andritz Oy, 2018. Andritz Oy Intranet.

Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry, 2011. [Suojattu verkkosivu] 5.6.2018

Saatavissa: <https://online.sfs.fi/>

Knowenergy. Höyrykattilan toimintaperiaate. [Verkko oppimisympäristö] 9.6.2018

Saatavissa: http://www.knowenergy.net/suomi/monipolt_t_kattilat/7_lammonsiirtimet/fr_text.htm#4_6

Fronius, 2010. Orbital welding facts. Fronius International GmbH

Polysoude, 2014. The orbital welding handbook. Polysoude Nantes France SAS

LUKKARI, Juha. 1998. Hitsaustekniikka perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Oy Edita Ab

LEPOLA, Pertti ja MAKKONEN, Matti 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: WSOY

(HUHTINEN, Markku, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo ja URPALAINEN, Samu 2013. Voimalaistekniikka. Opetushallitus

Teknohaus Oy, VINOT David, 2018-3-21 [Haastattelu.] Tampere: Konepaja & Nordic Welding Expo

