

Jani Roukala

Hitsaussolun kehittäminen

Wärtsilä oil sump

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jani Roukala

Työn nimi: Hitsaussolun kehittäminen

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 0

Tuotannon kehittäminen tuotantotaloudellisesta näkökulmasta on konepajatuotannon kehityksessä yksi tämän päivän tärkeimmistä aiheista. Hitsauksen automatisoinnin avulla pyritään saavuttamaan mahdollisimman tuottava ja tehokas valmistuskokonaisuus. Automatisoidun hitsauksen tarkoituksena on saavuttaa myös korkeampi tuotto yrityksessä investoidulle pääomalle. Tasaisen laadun ja tehokkuuden avulla yritys pyrkii vastaamaan hitsaavan tuotannon kasvavaan kilpailuun halvan palkkatason maiden kanssa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa Fortaco Group Oy:n Kalajoella sijaitsevan robottihitsaussolun toimintaa selvittämällä hitsaussolun toiminnan tuottavuuteen, tehokkuuteen sekä laatuun vaikuttavat kehityskohteet. Työssä löydettiin useita syitä hitsauksen heikkoon tuottavuuteen ja edellytyksiä hitsauksen paloaikasuhteen nostamiseen. Työssä käytiin läpi tuotteiden hitsausta tehostavat modifikaatiot. Opinnäytetyön tuloksena syntyi parannusehdotuksia hitsaussolun toiminnan tuottavuuden nostamiseksi ja tuotannon tehostamiseksi. Tuotannossa saavutetun hitsauksen laatutaso säilytettiin tai se parani hieman. Robottihitsauksen tuottavuus nousi lisäämällä hitsattavien tuotteiden määrää sekä yksinkertaistamalla öljyaltaiden rakennetta. Altain rakennemuutosten myötä vähenevät vaikeasti hitsattavien hitsaussaumojen määrä, jolloin hitsauksen helpottuessa myös sen laatu paranee.

Avainsanat: hitsaus, robottihitsaus, tuottavuus, tuotannon tehostaminen, hitsausystävällisyys, laadunhallinta,

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Jani Roukala

Title of thesis: Development of a welding cell

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2013

Number of pages: 47

Number of appendices: 0

The production development from the economic point of view is one of the most important topics of today's industry. The aim of the company is to use automated welding to get the most efficient manufacturing entity and quality in their production to respond to growing competition of welding industry of the low-wage countries. The automated welding is a way to achieve a higher return of the invested capital to the company.

The aim of this thesis is to enhance the productivity, efficiency and quality of the automated welding robot cell Fortaco Group Ltd factory in Kalajoki. The thesis covers a number of different things to be developed that will lead to increase the welding cell productivity and efficiency of the firm. The thesis introduces modifications made to the oil sumps that will make their welding more efficient. As result there many upgrades came up that will raise the productivity of the robotic welding cell. The productivity of the welding cell got better by adding the total number of the welded products and it got more efficient by making the changes in the design of the oil sumps to get it simpler. With the changes in the oil sumps design, there are less difficult welds in the products. As the welding gets easier the quality of the welds get also higher.

Keywords: welding, robotic welding, productivity, welding efficiency, welding friendliness, quality control,

SISÄLLYSLUETTELO

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
1 KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	6
2 KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	7
3 JOHDANTO	8
4 YRITYSESITTELY	9
5 HITSAUS	10
5.1 Automatisoitu MIG/MAG-hitsaus.....	10
5.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat	12
5.2.1 Welding Procedure Specification (WPS).....	13
6 TUOTANNON AUTOMATISOINTI	14
6.1 Robotisoidun hitsaussolun tuottavuuden parantaminen.....	14
6.2 Hitsauksen automatisoinnin hyödyt.....	16
7 ROBOTTIHITSAUKSEN LAADUNHALLINTA	17
7.1 Tuotannon laadunvalvonta tarkastuksin.....	18
7.2 Froniuksen tiedonkeruuohjelman hyödyntäminen laadunvalvonnassa	19
8 HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI YRITYKSESSÄ.....	20
8.1 Etäohjelmointi.....	21
8.2 Railon seuranta hitsauksessa	22
8.2.1 Tunnusteleva railon seuranta.....	23
8.2.2 Hitsausvirtaan perustuva railon seuranta.....	23
8.2.3 Optinen railon seuranta.....	23
8.3 Railon haku ja railon seuranta Fortacon hitsausrobotilla.....	24
9 FORTACO GROUP OY:N ROBOTTIHITSAUSSOLU	25
9.1 Hitsaussolun laitteet.....	25
9.2 Tuotteiden kiinnitys robottihitsausta varten	27
9.3 Hitsaussolun rakenne ja rajoitteet	27
10 HITSAUSSOLUN TUOTTAVUUDEN MÄÄRITYS	29
10.1 Tuottavuuden parantamiseen liittyviä muutosehdotuksia.....	31
10.1.1 Altaiden rakenteelliset muutosehdotukset.....	31

10.1.2	Nostotappisarjojen hitsauksen robotisointi	32
11	ROBOTTIHITSATTAVAT TUOTTEET YRITYKSESSÄ.....	34
11.1	Alkutilanne	34
11.2	Hitsauskiinnittimet	35
11.3	Pienten valmistusmäärien altaat	35
11.4	Hitsaussolun käyttöasteen parannus	36
11.5	Tuotteiden valmistus- ja hitsausystävällisyys sekä robottihitsausta rajoittavat tekijät	37
11.6	Tuotteiden modifiointi tuotantoa varten	38
11.7	Materiaalin valinnan vaikutus valmistuskustannuksiin	40
11.8	Liian suuren A-mitan vaikutus	41
11.9	Robottihitsauksen kannattavuus yrityksessä.....	42
12	YHTEENVETO.....	43
13	OMA POHDINTA	45
	LÄHTEET	46

1 KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.

Kuvio 1. Yrityksen robottihitsaussolun laitteistoa vastaava layout	26
Kuvio 2. Vuoden 2012 öljyaltaiden valmistusmäärät.....	34
Kuvio 3. Öljyaltaan reunojen ja välilevyjen ongelmakohdat	38
Kuvio 4. Yleiskuva öljyaltaiden välilevyjen muutoksista	39
Kuvio 5. Pienahitsin koon vaikutus hitsauskustannuksiin.....	41

2 KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

IWE	kansainvälinen hitsausinsinööri
IWS	kansainvälinen hitsausneuvoja
NDT	rikkomaton aineenkoetusmenetelmä
WPS	a Welding Procedure Specification, hitsausohje

3 JOHDANTO

Fortaco Group Oy:n Kalajoen yksikkö toimii Wärtsilän laivoissa ja voimalaitoksissa käytettävien moottoreiden öljyaltaiden ja päätoimittajana. Öljyallasmalleja on useita ja niiden tuotantomäärät vaihtelevat Wärtsilän tarpeen mukaan.

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia ja kehittää öljyaltaiden valmistuksessa käytettävän robottihitsaussolun toimintaa, pyrkiä lisäämään hitsaussolun tuottavuutta sekä säilyttää tai parantaa robottihitsauksen jo saavutettu hitsauksen laatu. Työn tavoitteena on selvittää robottihitsaukseen soveltumattomien allasmallien modifioimisen mahdollisuus automatisoidun hitsauksen mahdollistamiseksi, lisätä robottisolun tuottavuutta esimerkiksi ohjelmien optimoinnilla sekä parantaa tuotteiden läpimenoaikaa.

Työstä on poistettu joitain tietoja yrityksen toiminnan suojelemiseksi. Joitain lukuja ja arvoja on lisäksi korvattu X merkinnällä.

Työn rajaus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä robottihitsaussolun käyttöastetta lisäämällä automatisoidun hitsaussolun hitsattavia tuotteita sekä antaa lukijalle yleinen kuvaus itse solun laitteista sekä sen toiminnasta. Solun toimintaa pyritään tehostamaan selvittämällä tuotteiden hitsausta hidastavia tai robotisoidun hitsauksen estäviä muotoja ja pyrkiä modifioimaan altainen ulkomuotoa mahdollisimman hitsausystävälliseksi. Solun toiminnan tehostaminen tuli tapahtua ilman lisäinvestointeja hitsauslaitteistoon, joten esimerkiksi eri hitsausmenetelmien vertailua hitsauksen nopeuttamiseksi ei tarvittu työssä.

Työn tarkoituksena ei ole syventyä öljyaltaiden valmistuksen taloudellisuuteen, vaan painopiste on tuotannon tehostamisessa. Tämän vuoksi esimerkiksi altainen valmistuksen kuluja ei käsitellä työssä tarkasti.

4 YRITYSESITTELY

Rautaruukki toimittaa metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä ja kokonais-toimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle toimien 27 maassa. Yhtiön suurimpia asiakastoimialoja ovat liike- ja toimitilarakentaminen, nosto- ja kuljetusvälineteollisuus sekä asiakaskohtaiset terästuotteet. Rautaruukin toiminta on organisoitu kolmeen divisioonaan: rakentamisen divisioona Ruukki Construction, konepajadivisioona Ruukki Engineering sekä teräsliiketoiminnasta vastaava Ruukki Metals. Rautaruukin markkina-alue on Eurooppa ja sillä on vahva asema Pohjoismaissa.

Yrityksen toimipiste Kalajoen Rahjassa oli osa Ruukki Engineeringiä Rautaruukin Mustasaari unitissa, kunnes vuoden 2012 lokakuussa Rautaruukki Oyj julkaisi tiedotteessaan Rautaruukki Oyj:n ja CapManin hallinnoimien rahastojen sopineen yhdistävänsä Komasin sekä Ruukki Engineering -divisioonansa yksiköitä uudeksi yhtiöksi. Tämän yhtiön nimeksi tulee Fortaco Group Oy ja siitä tulee alansa suurin toimija Euroopassa. Yhdistymisen johdosta myös osa Ruukki Engineeringin Kalajoen yksiköstä on osa perustetusta uudesta yhtiöstä.

Komasin lehdistötiedotteen mukaan uusi yhtiö muodostetaan yhteensopivista, toisiaan täydentävistä Ruukin ja Komasin yksiköistä. Fortacon asiakkaina on maailman johtavia konepajasektorin OEM-valmistajia, jotka hyötyvät laajemmasta tuote- ja palvelutarjonnasta. Yhtiön päätuotteita ovat vaativat hitsatut ja koneistetut komponentit, asennusvalmiit työkoneiden ohjaamot sekä koneiden ja laitteiden loppukokoonpanot.

5 HITSAUS

Standardin SFS 3052 hitsaussanaston yleistermien mukaan hitsauksella tarkoitetaan "osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen sulamispiste". (Lukkari 2002, 11.)

5.1 Automatisoitu MIG/MAG-hitsaus

MIG/MAG-hitsaus, eli metallikaasukaarihitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välillä. Hitsausvirta tulee virtalähteestä monitoimijohdossa kulkevaa virtajohdinta myöten hitsauspistoolin päässä olevaan kosketussuuttimeen, josta se siirtyy hitsauslankaan. Hitsauslangan koskettaessa työkappaletta syntyy oikosulku, jolloin oikosulkuvirta sulattaa ja höyrystää langan pään, minkä ansiosta valokaari syttyy. Suojakaasu suojaa kaaritulaa ja hitsisulaa ympäröivältä ilmalta sulan metallin siirtymässä pisaroina lisäainelangan kärjestä hitsisulaan suurimmaksi osaksi magneettisen voiman avulla ja muodostaa jähmettyessään kiinteän kokonaisuuden. Langansyöttölaite syöttää lisää hitsauslankaa tasaisella nopeudella hitsauspistoolin läpi valokaareen, kunnes lisäaineen syöttö hitsisulaan halutaan keskeyttää. (Lukkari 2002, 159.)

Automatisoidussa MIG/MAG-hitsauksessa hitsaus tapahtuu täysin robotisoidusti. Ohjauskeskus antaa valmiin hitsausohjelman mukaiset komennot hitsausvirtalähteelle, pyörityspöydille, hitsausroboteille ja muille mahdollisille hitsauslaitteille ohjaten niiden tehtäviä, liikkeitä sekä liikkeiden nopeuksia.

Suojakaasu voi olla joko aktiivinen tai inertti kaasu ja se määrätty lähinnä hitsattavan metallin mukaan. Aktiivinen suojakaasu reagoi hitsisulassa olevien aineiden kanssa osallistuen hitsaustapahtumaan, kun taas inertti kaasu ei reagoi. Aktiivinen suojakaasu on yleensä argonin ja hiilidioksidin, argonin ja hapen tai argonin, hapen ja hiilidioksidin kaasuseos tai puhdas hiilidioksidi. Kun suojakaasu on aktiivinen, prosessista käytetään nimitystä MAG-hitsaus (Metal-arc Active Gas welding). Inertti suojakaasu on argon, helium tai näiden kaasuseos, jolloin siitä käytetään nimitystä MIG-hitsaus, eli Metal-arc Inert Gas welding. (Lukkari 2002, 159.)

Suojakaasujen käytössä on pääjako, että terästen ja ruostumattomien terästen hitsaus on MAG-hitsausta, eli siinä käytetään aktiivista suojakaasua ja ei-rautametallien, kuten alumiinin, hitsaus on MIG-hitsausta inertillä suojakaasulla. Toimintaperiaate, laitteisto ja suoritustekniikka ovat kuitenkin hyvin pitkälti samat kummallakin prosessilla. Kaasukaarihitsauksen hitsausaineet ovat hitsauslisäaine, eli hitsauslanka ja hitsausapuaine eli suojakaasu. Mikäli hitsauslisäainelanka on umpilangan sijaan täytelanka, on hitsausprosessilla oma nimityksensä: MIG/MAG-täytelankahitsaus. (Lepola & Makkonen 2005, 103.)

Täytelankahitsaus on MAG-hitsausprosessi, jossa lisäaineena käytetään putkimaisista lisäainelankaa. Putkimaisen langan sisäosa on täytetty metallijauheella tai kuonaa tuottavilla rutiili- tai emäs jauheilla. Täytteellä on samanlaisia tehtäviä kuin puikkohitsauksessa käytettävillä hitsauspuikon päällysteillä. Jauhe sulaa lisäaineksi ja kuona suojaa hitsisulaa ilman haitallisilta vaikutuksilta, lisäksi nopeasti jähmettyvä kuona tukee hitsisulaa parantaen asentohitsauksen ominaisuuksia. On myös kehitetty täytelankoja, jotka eivät tarvitse suojakaasua. Niiden muodostama kuona riittää suojaamaan hitsisulan ilman hapelta, mutta suojakaasuttomien täytelankojen käyttö on Suomessa erittäin vähäistä. Vaikka kaikkien täytelankojen kanssa hitsatessa ei tarvitse käyttää suojakaasua, sen käyttö on kuitenkin suositeltavaa, jotta hitsauksen aikainen valokaari on vakaampi. Metallitäytelankojen täyte koostuu metallijauheesta ja metallisista deoksidaatioaineista (happi pois). Kuonaa tai kaasusuojaavaa tuovia aineita ei ole. Metallitäytelankojen hyötyluku on korkea, noin 95 %, mikä on lähes umpilangan kanssa samaa luokkaa. (Lepola & Makkonen 2005, 138–140.)

5.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat

MIG/MAG-täytelankahitsauksessa on useita etuja, kuten:

MIG/MAG-hitsauksessa on hyvä tuottavuus, varsinkin asentohitsauksessa. Hitsaus voi periaatteessa jatkua keskeytyksettä, kunnes lisäänelanka loppuu. Hitsauksen jatkuvuuden vuoksi hitsaussaumaan tulevien hitsauksen aloitus- ja lopetusvirheiden mahdollisuus pienenee. (Lepola & Makkonen 2005, 103.)

MIG/MAG-hitsauksen mekanisointi on suhteellisen helposti toteutettavissa käyttämällä hitsauskuljetinta, joka liikuttaa hitsauspistoolia pitkin hitsattavaa rakennetta. Kuljetin liikuttaa hitsaussuutinta halutulla etäisyydellä hitsaussauman kohdalla ja tehden levitysliikettä. Mikäli hitsauskuljetin on hyvin varusteltu, sitä voi käyttää melkein kaikissa hitsausasunnoissa ja se mahdollistaa tasaisen hitsaustuloksen. (Lepola & Makkonen 2005, 103.)

MAG-täytelankahitsauksen etuihin kuuluu myös monipuolisen lisäainevalikoiman lisäksi pieni kuonasulkeumavaara, hyvä tunkeuma hitsausjännitettä säätämällä sekä tiiviysvarmuus. Hitsiaineen mekaaniset ominaisuudet ovat hyvät eikä hitsauksesta aiheudu paljon roiskeita. (Lepola & Makkonen 2005, 103.)

MIG/MAG-hitsauksen haittoihin lukeutuvat:

MIG/MAG-hitsauksen arkuus vedolle ja tuulelle suojakaasun karkaamisen vuoksi. Hitsauksen ulottuvuus ja luoksepäästävyys on myös laitteiston monimutkaisuuden vuoksi hieman rajoitetumpi verrattuna esimerkiksi puikkohitsaukseen, mutta hitsauskoneen ulottuvuutta voi kasvattaa käyttämällä esimerkiksi lisäänelangan välisyöttäjää. (Lepola & Makkonen 2005, 103.) Lisäänelangan välisyöttölaitteiden avulla hitsauskoneen ulottuvuutta voidaan kasvattaa jopa yli 30-metriin langansyöttölaitteesta.

MIG/MAG-hitsauslaitteisto vaatii huoltoa ja kunnossapitoa, koska sen hitsauslaitteisto on monimutkainen. Laitteistossa saattaa olla tämän vuoksi häiriöitä melko usein. Hitsausarvojen tarkka säätö on hieman vaikeampi toteuttaa kuin esimerkiksi puikkohitsauksessa. (Lepola & Makkonen 2005, 103.)

5.2.1 Welding Procedure Specification (WPS)

Welding procedure specification määrittää hitsattavan tuotteen valmistukseen tarvittavat tiedot työntekijöitä varten, jotta valmistettava tuote saavuttaa tarvittavat ominaisuudet ollessaan valmis. Varsinaisesta hitsaustekniikasta ohjeen tulee määrittää selkeästi ainakin:

- hitsauslisäaine
- hitsauksessa käytettävä suojakaasu
- kuljetusnopeus
- langansyötön nopeus
- hitsauksessa käytettävät ampeerit ja voltit
- railon valmistusmenettelyt, sekä puhdistukselle asetettavat vaatimukset
- kiinnitykset ja silloitukset
- sivuttaisliikkeen maksimileveyden levitysliikkeessä
- hitsauksessa käytettävä juurituki
- hitsatun juuren avausmenetelmä sekä avatun juuren viimeistelymenetelmä ennen hitsauksen jatkamista.

Yleisesti kerrottuna WPS:n sisällön tulee kertoa hitsarille kaiken tarpeellisen hitsarin ammattitaitoon suhteutettuna ja jokaiselle eri liitostyypille. (Orava 2005, 51–54). Itse hitsausstandardit määrittelevät sen, mille ainevahvuuksille WPS soveltuu käytettäväksi.

6 TUOTANNON AUTOMATISOINTI

Yleisin tavoite tuotannon automatisoinnille on tehostaa tuotantoa sekä karsia tuotannon kustannuksia. Automatisoinnilla pystytään vaikuttamaan työtehtävien sisältöön, tuotannon laatuun sekä ympäristötekijöihin. Syitä tuotannon automatisointiin ovat myös esimerkiksi raskaiden ja vaarallisten tehtävien vähentäminen, tuotannon tasaisuuden tavoittelu, halu siirtyä miehittämättömien tuotantojaksojen käyttöön työvoimakustannusten laskemiseksi tai tuotannon ammattitaitoisen henkilökunnan puutteen korvaamiseksi. Taloudelliselta kannalta tärkeimmät seikat ovat tuottavuuden tehostaminen sekä tuotannon käyttöasteen ja kapasiteetin nostaminen automatisointia hyödyntäen eli yritys voi tehdä enemmän töitä pienemmässä ajassa. Automatisoinnin taustalla saattaa olla pelko kilpailevien yritysten saavuttamasta etumatkasta tuotantoteknologiassa tai pyrkimys myötäillä asiakkaan vaatimuksia alihankintayrityksissä sekä kohentaa yrityksen imagoa teknologian soveltajana. Robotisoinnin myötä myös yrityksen imagon ja tuotannon ohjattavuuden pitäisi kohentua. Oikein toteutetulla automatisoinnilla saadaan yrityksestä kannattavampi sekä kansainvälisesti kilpailukykyinen. (Aaltonen & Torvinen 1997, 151).

6.1 Robotisoidun hitsaussolun tuottavuuden parantaminen

Robottihitsauksen tuottavuuden parantamiselle ymmärretään yleensä ratkaisuja sulan tuoton lisäämiseksi. Asiakasohjautuvassa piensarjatuotannossa suurempi merkitys hitsausrobotin tuottavuuden parantamisessa voi olla kuitenkin niillä toimilla, jotka epäsuorasti lisäävät hitsausrobotin tuottavuutta. Tällaisia keinoja ovat ainakin oikean tuotemiksiuksen valinta, tehokas tuotannonsuunnittelu sekä jalostamattoman työn, kuten robotin ohjelmoinnin karsinta. (Aalto 2010, 31).

Konepajoissa hitsauksen heikon tuottavuuden osatekijöitä on useita. Lähes sadan yrityksen vastaaman kyselyn perusteella löytyvät tuotannon selkeästi heikoimmat kohdat tuotteiden asiakaskohtaisesta räätälöinnistä, eräkoot ovat pienet, käsihitsauksen osuus on suuri sekä hitsaavassa työssä kaariaikasuhde on matala. Hit-

sauksen tuottavuus on kokonaisuutena heikko ja sitä on pahentanut pula ammattitaitoisista hitsareista. (Meuronen 2011, 11).

Tuottavuuden parantaminen on jatkuvaa ja monitahoista työtä. Paremman tuotantosuunnittelun lisäksi on oleellista tehostaa koko prosessiketjua lyhentämällä hitsaukseen ja muihin toimintoihin kuluvaan aikaan. Käytännössä tämä tarkoittaa kaa-riajan pienentämistä, paloaikasuhteen nostamista ja turhan työn vähentämistä. Eli hitsataan tehokkaasti mahdollisimman monta kappaletta per vuoro ja siten, että jälkityö korjauksineen on eliminoitu. Edellytyksenä paloaikasuhteen nostolle ovat uusinvestoinnit sekä nykyisten olemassa olevien laitteiden käyttöasteen nostaminen. Paloaikasuhteeseen nousee siirtämällä hitsaavaa työtä laitteille ja roboteille, koska koneiden ei tarvitse levätä liiallisen lämpökuorman ja vaikeiden hitsausasentojen vuoksi. Verrattaessa robotisoidun hitsauksen tuottoa käsihitsaukseen on olemassa yleinen sääntö, että robotti vastaa vähintään kolmea käsihitsaajaa paloaikasuhteen ja hitsiaineentuoton ollessa helposti yli kolminkertaiset. Hitsiaineen tuottoa voi lisätä mahdollisuuksien rajoissa myös kasvattamalla hitsausvirtaa, langansyöttönopeutta, sekä lisäainelangan halkaisijaa, mutta nämä toimenpiteet vaativat muutoksia myös robotin hitsausohjelmiin. (Meuronen 2011, 11–12).

Koska tuottavuudella on monet kasvot, ei sen kehittämiseen ole yhtä tapaa. Yrityksen tuottavuus on kaikkien yrityksessä toisistaan riippuvien todennäköisyyksien lopputulos. Kokoonpanon suorituskykyä voi pitää koko yrityksen organisaation mittarina, josta havaitaan ongelmia. Mikäli esimerkiksi yrityksen kokoonpanoa edeltävässä alkupään prosessissa on ongelmia, kaatuvat puutteet kokoonpanon niskaan. (Kauppinen 2012, 28).

6.2 Hitsauksen automatisoinnin hyödyt

Hitsauksen automatisoinnilla pyritään voittamaan useita asioita käsihitsaukseen nähden. Käsin hitsatessa työntekijä altistuu jatkuvasti hitsauksen palokaasuille sekä hitsarin nivelet rasittuvat hitsauksen toistuvasta liikkeestä sekä staattisista työasunnoista, jossa hitsaajan asento pysyy pitkään samana ja aiheuttaa pitkän ajan kuluessa työntekijän niveliin nivelkulumia. Työntekijöiden terveyshaittojen vähentyessä vähenevät myös niistä aiheutuvat sairaspöissaolot sekä kuntoutusta vaativat vammat. Poissaolojen vähenemisestä yrityksen turhat menot pienenevät yrityksen tuottavan työntekijän ollessa paikalla eikä yrityksen tarvitse muuntaa työskentelytapojaan puuttuvan työntekijän myötä. Puuttuvasta työntekijästä koituu yrityksessä ylimääräisiä kustannuksia vaihdellen esimerkiksi työntekijän toimenkuvan mukaan. (Hihnala 2012)

Myös hitsausasennot voivat usein olla vaikeita. Ne voivat vaikuttaa suoraan hitsauksen laatuun hitsausvirheiden muodossa. Hitsauksen automatisoinnin avulla robotin hitsauspää pysyy koko sauman ajan halutussa asennossa ja oikealla etäisyydellä hitsaussaumasta, jolloin hitsauksen laatu pysyy paremmin halutulla tasolla ja mahdollisten virheiden määrä pienenee samalla. Manuaalihitsauksen suurin käytettävä virtamäärä on myös paljon pienempi mitä koneellistaminen mahdollistaa. Suurempi käytettävä virtamäärä tarkoittaa samalla suurempaa lämpöä hitsaustapahtuman läheisyydessä, jota robotti kestää selvästi ihmistä paremmin. Robotti voi jatkaa työskentelyään tauotta, pysähtyen ainoastaan puhdistukseen hitsauskolviin tarttuneet roiskeet pois jolloin hitsaustapahtuman aikainen kaariaikasuhde on suurempi mitä manuaalihitsauksessa on mahdollista saavuttaa. (Siironen 2012).

Hitsauksen automatisoinnilla pyritään lisäämään tuottavuutta, parantamaan laatua, pienentämään tuotteiden läpimenoaikaa, saamaan tuotteille varmemmat ja nopeat toimitusajat, sekä säästämään valmistuskustannuksissa. Automatisoidusta tuotannosta yritys voi hyötyä myös asiakkaiden hankinnassa. Asiakkaan näkökulmasta ajatellen yritys, joka panostaa työnsä tekemiseen hyödyntämällä automatisoituja työvaiheita, antaa itsestään positiivisen vaikutelman, kun haetaan uusia yrityksiä yhteistyötä varten. (Puhtila 2.11.2012).

7 ROBOTIHITSAUKSEN LAADUNHALLINTA

Robotisoitu hitsaustapahtuma vaatii tuotteilta manuaalihitsaukseen verrattuna suuremman mittatarkkuuden. Robottihitsauksen laadunvarmistuksen voi jakaa kolmeen eri ryhmään, jotka ovat hitsausta edeltävä, sen aikana sekä jälkeen tapahtuva tarkastus. Yleisesti halvin ja toimivin ratkaisu laadun hallitsemiseksi on pyrkiä vakioimaan hitsausta edeltävät työvaiheet. Robotisoinnin avulla itse hitsaustapahtuma saadaan vakioitua, jolloin hitsausvirheen aiheuttavat tekijät siirtyvät hitsausta edeltäviin työvaiheisiin ja suunnitteluun. Hitsausrailojen sijaintivirheet eivät ole lopputuloksen kannalta niinkään merkittäviä kuin railogeometrian tai tilavuuden eroavaisuudet, joten hitsauksen valmistelun merkitys laadun kannalta on suuri. (Holamo & Aalto 2009, 30-31.)

Yrityksessä öljyaltaiden robotisoidun hitsauksen käyttöönoton yhteydessä helpotettiin robottiohjelmasta aiheutuvien hitsausvirheiden korjausta nimeämällä ensimmäisen robottihitsattavan allasmallin hitsisaumat altaan kokoonpanopiirustukseen. Hitsaussaumojen nimiä hyödynnettiin myös hitsausohjelman teossa, jolloin mahdollisten virheellisten ohjelman osien löytäminen ohjelman keskeltä helpottuu, sekä ohjelman kulku selkeytyy. Virheellisen hitsaussauman havaitsemisen jälkeen ohjelmoija voi myös löytää virheen syntymisen syyn hitsaussolun seurantaohjelmasta saatavien tietojen avulla, koska ohjelmasta voi tarkastella virheen sijaintiin perustuvaa tallentunutta tietoa. Hitsisaumojen nimeämisen perusteella voidaan hitsausohjelman ongelmatilanteista ja korjausehdotuksista pitää helpommin myös kirjaa, mikäli virhe toistuu vielä myöhemminkin.

Laadunvarmistuksen kannalta on myös tärkeää, että hitsityyppikohtaiset hitsausarvot määrittää IWS- tai IWE-koulutuksen saanut hitsausasiantuntija ja robottihitsausoperaattori tallentaa hitsausarvot hitsausohjelmaa varten. Tallennettujen arvojen avulla myös kokemattomammat hitsausoperaattorit kykenevät saavuttamaan saumoissa hyvän laadun etäohjelmoinnissa eikä laadun saavuttaminen ole yhtä operaattorikohtaista kuten opettamalla ohjelmoinnissa. (Holamo & Aalto 2009, 30-31.)

7.1 Tuotannon laadunvalvonta tarkastuksin

Öljyaltaiden valmistusprosessissa pyritään tarkkailemaan laatua jatkuvalla valvonnalla. Tuotteisiin käytettävät osat tarkastetaan materiaali ja muotovirheiden osalta ennen niiden tuotantoon ottamista, kun niiden pinnat on hiekkapuhallettu puhtaaksi. Osien väliset etäisyydet ja tuotteen kokonaismitat tarkistetaan kokoonpanopaikalla ennen tuotteen hitsausta robottihitsaussolussa. Vaikka altaiden valmistukselle asiakkaan vaatima hitsaussaumojen laatuluokka on asetettu C-luokaksi eli yleisellä tasolla hyväksi konepajakäytännön laaduksi, on tuotettujen saumojen luokka suoritustasoltaan käytännössä ylintä luokkaa B. Hitsaavan työn jälkeen yrityksen omat mittamiehet varmistavat, ettei altaassa ole tapahtunut muutoksia esimerkiksi hitsauksen aiheuttaman lämpölaajenemisen vuoksi. Mittamuutosten lisäksi altaan kaikki hitsaussaumot tarkistetaan kolmea eri NDT (rikkomaton aineenkoetus)-menetelmiä sekä painetestiä hyödyntäen jotta valmiin tuotteen hitsaussaumojen muoto-, pinta- sekä sisäiset virheet löytyisivät.

Tarkastukset tehdään visuaali-, magneettijauhe- ja ultraäänitarkastusmenetelmällä sekä painetestamalla öljyaltaat nesteen avulla. Painetestillä pyritään havaitsemaan altaiden viimeisetkin mahdolliset vuotokohdat. Kaikista öljyaltaista tehdään tarkastuspöytäkirjat, joihin tulee merkinnät altaan tarkastusmenetelmistä, tarkastajien sekä hitsareiden nimet.

Visuaalinen tarkastusmuoto on NDT-menetelmistä tavanomaisin. Siinä tarkastaja tarkistaa tuotteen silmämääräisesti nähdäkseen, onko tuotteen pinnassa näkyviä epäjatkuvuuskohtia. Visuaalisessa tarkastuksessa varmistetaan myös se, että tuotteiden hitsaussaumot täyttävät niiden ominaisuuksille asetetut vaatimukset muodoltaan sekä mitoitukseltaan. Visuaalisen tarkastusmenetelmän lisäksi myös magneettijauhetarkastuksella pyritään havaitsemaan terästuotteiden pinnalle ulottuvat virheet. Magneettijauhetarkastuksessa tarkastettavan tuotteen pinta puhdistetaan ja maalataan ohuesti vaalealla kontrastimaalilla. Maalauksen jälkeen pinta magnetisoidaan ja magnetisoidulle alueelle suihkutetaan magneettijauhetta. Pinnalle levittäytyessään magneettijauhe kerääntyy pinnassa oleviin rakoihin mustiksi viiruiksi, jotka erottuvat selvästi vaalean kontrastimaalin päällä. (TeknoNDT Oy, [viitattu 4.3.2013].)

Pinnallisten virheiden lisäksi altaista tarkastetaan pinnan alle jäävät hitsausvirheet ultraäänitestauksella. Ultraäänitarkastus perustuu äänen kulkuajan mittaukseen. Ultraääntä käytetään kappaleen sisällä olevien vikojen, kuten halkeamien, onkalojen ja ennen kaikkea hitsisaumojen liitosvirheiden löytämiseksi. Halkeamasta takaisin heijastunut resonanssiaalto synnyttää kuvaruudulle ”piikin”, jonka suuruudesta ja paikasta ruudulla saadaan selville vian suuruus ja sijainti kappaleessa. Virheettömässä kappaleessa ei esiinny ”välipiikkiä”. (Metallirakentajan käsikirja 2008, 30).

7.2 Froniuksen tiedonkeruuohjelman hyödyntäminen laadunvalvonnassa

Yrityksen robottihitsaussolun käytössä on Froniuksen tiedonkeruuohjelma. Tämä ohjelma kerää kaikki hitsaustapahtumaan liittyvät tiedot robottisolun ohjauskeskukselta sekä virtalähteeltä ja tallentaa ne robottisolun ohjauskeskuksen kaapin sisällä säilytettävän kannettavan tietokoneen muistiin. Mikäli robottihitsatuista tuotteista löydetään hitsausvirheitä, voidaan virheen aiheuttaneet tekijät korjata hitsausohjelmasta tallentuneiden tietojen perusteella.

Tiedonkeruuohjelman avulla hitsausprosessin toistuvat virheet ovat helpommin havaittavissa vertailemalla esimerkiksi hitsausvirran kulutusta kahden samanlaisen hitsausohjelman kesken. Ohjelma on hyvä lisä yritykselle erityisesti hitsauksen jälkeen tapahtuvalle laadunvalvonnalle, mutta sitä voi käyttää myös hitsauskustannusten tarkkaan seuraamiseen. Virheiden tarkastelun lisäksi ohjelmaa voi antaa esimerkiksi selvityksen työhön kuluvasta ajasta sekä hitsauskaasun, lisäainelangan ja sähkövirran kulutuksesta. Sen avulla tuotteiden tarkat hitsaustiedot saadaan ylös tuotetta kohti ja tällöin asiakkaille voidaan antaa paremmin tietoa esimerkiksi hitsausohjeen noudattamisesta tuotteen valmistuksessa.

8 HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI YRITYKSESSÄ

Yritys käyttää hitsausrobotin ohjelmointiin opettavaa ohjelmointitapaa. Opettavassa ohjelmoinnissa robotti ajetaan haluttuun asemaan, minkä jälkeen aseman paikkapiste, nopeus, liikkeen tyyppi sekä mahdollisesti toiminnot, kuten hitsauksen aloitus tai lopetus, tallennetaan hitsausohjelmaan. Tämä toistetaan niin monta kertaa, että robotti kiertää ohjelmassaan kaikki halutut työvaiheet läpi ja palaa lopuksi lähtöpisteeseensä, joka on yleensä robotin oma kotiasema. Kun ohjelma on valmis, se tarkistetaan ajamalla ohjelma alusta loppuun asti hidastetulla nopeudella. Tarkistusajon aikana ohjelmasta pyritään karsimaan pois mahdolliset virheliikkeet, jossa robotti voi törmätä ympäristössään tai ohjelma ei etene halutulla tavalla. Ohjelmoinnista vastaavan henkilön ollessa tyytyväinen hän ajaa työn vaiheittain läpi hitsaten oikeaa valmistettavaa tuotetta, pysäyttäen robotin liikkeen sopivin väliajoin ja tarkistaen työn tuloksen. Mikäli ohjelmassa on korjattavaa, robottisolun operaattori korjaa virheet niin monta kertaa, että työ sujuu virheettömästi. Virheettömän ohjelman työkulkua ei tarvitse enää valvoa, pelkkä työn jälkitarkastus riittää.

Öljyaltaiden robotisoidun hitsauksen käyttöönoton yhteydessä ensimmäisen robottihitsattavan allasmallin hitsisaumat nimettiin kokoonpanopiirrustukseen. Tämän avulla ohjelmoija lisäsi saumojen nimet myös hitsausohjelmaan ohjelman kulun selkeyttämiseksi. Virheellisen hitsaussauman havaitsemisen jälkeen ohjelmoija voi löytää virheen syntymisen syyn seurantaohjelmasta saatavien tietojen avulla, koska ohjelmasta voi heti tarkastella virheen sijaintiin perustuvaa tallentunutta tietoa. Hitsisaumojen nimeämisen perusteella voidaan hitsausohjelman ongelmatilanteista ja korjausehdotuksista pitää helpommin myös kirjaa, mikäli virhe toistuu vielä myöhemminkin.

Opetusyksikön avulla valmiiden hitsausohjelmien muokkaus onnistuu kokeneelta ohjelmoijalta nopeasti. Koska öljyaltaat ovat rakenteellisesti ja vaatimuksiltaan samankaltaisia toisiinsa nähden, kaikki altaiden hitsausohjelmat on tehty muokkaamalla ensimmäisen valmiin hitsausohjelman pohjalta poistamalla tarpeettomat ohjelmarivit pois sekä muokkaamalla hitsattavien saumojen aloitus- ja lopetuskohdat tarpeen mukaan. Opettavan ohjelmoinnin käyttö on ollut yrityksessä saadun kokemuksen mukaan nopeampi ja ennen kaikkea työtä suorittaneelle robottihitsaussolun operaattorille helpompi ohjelmointitapa, koska etäohjelmoinnin sujuvan käytön oppiminen vaatii ohjelman käyttäjältä suuren työpanoksen.

8.1 Etäohjelmointi

Yrityksellä on valmiudet off-lineohjelmoinnin käyttöön, koska yrityksellä on valmiiksi hankittuna siihen käytettävä suunnitteluohjelma. Off-line programming eli etäohjelmointi on tuotantoa keskeyttämätön robotin ohjelmointimenetelmä, jossa robotin hitsausohjelma tehdään valmiiksi tuotannon ulkopuolella olevalla PC-tietokoneella ja siirretään joko ulkoista muistitikkua tai sähköistä verkkoa pitkin ohjauskeskuskelle. Menetelmä vastaa CNC-koneiden ohjelmointikäytäntöä, jossa CAD/CAM-kuvien avulla huomioidaan tuotteen muodot robotin liikeradoissa törmäysten välttämiseksi ja valmis ohjelma siirretään suoraan hitsausrobotin työjonoon. (Delfoi Oy, [viitattu 1.1.2013].)

Etäohjelmoinnin pääkohdat ovat etäohjelmointi- ohjelman valmistajan mukaan:

- Tuotemallin sisäänluku CAD-kuvista
- Robottiohjelman generointi CAD- mallin piirteisiin pohjautuen
- Ohjelman tarkastaminen simuloimalla
 - o liikkeet, nopeudet, törmäykset ja laatu
- Valmiin ohjelman siirtäminen tuotannon työjonoon

(Delfoi Oy, [viitattu 1.1.2013].)

Koska yrityksessä valmistettavat tuotteet ovat toistuvia, ei etäohjelmoinnin käytölle ole yrityksessä nykyisellään tarvetta. Etäohjelmointi mahdollistaa joustavan tuotannon valmistettavien tuotteiden vaihdellessa, kun hitsausohjelmat voidaan suunnitella tuotantoa keskeyttämättä solun ulkopuolella olevalla tietokoneella. (Delfoi Oy, [viitattu 1.1.2013].)

8.2 Railonseuranta hitsauksessa

Automatisoidun hitsauksen railonseuranta voi tapahtua monella eri tavalla. Hitsauksen aikainen laadunvarmistus tarkoittaa yleensä hitsausparametrien mittausta ja railonseurantaa. Lisäksi railon tilavuuden määrittäminen on uusimpia laadunvarmistusmenetelmiä. Mittausohjelmien sovellukset mittaavat yleisimpiä hitsausparametreja. Automatisoitujen hitsausjärjestelmien tehokas hyödyntäminen edellyttää toimivaa railonseurantaa. Nykyään tavoiteltaessa tehokkaampaa ja kustannuksiltaan edullisempaa hitsaustoimintaa lisäävät hitsausnopeuden kasvattaminen, tuoton lisääminen tai railogeometrian kasvattaminen huomattavasti railonseurannalle asetettavia vaatimuksia. Yleisempiä railonseurantajärjestelmiä ovat hitsauspäällä tapahtuva railopintojen tunnustelu ja optisella anturilla tapahtuva railon sijainnin määrittäminen. Railonseurantajärjestelmät ovat tavallisesti jaoteltu käytettävän anturin mukaan. Railonseuranta tarkoittaa niitä toimia, joilla hitsauspäättä ohjataan hitsattavan kappaleen mukaan määräytyvää rataa pitkin. (Hiltunen 2005, 22–25.)

8.2.1 Tunnusteleva railonseuranta

Sähköiseen kosketukseen perustuvassa anturijärjestelmässä hitsauspoltin itse toimii tunnustelevana elimenä. Hitsauselektrodiin johdetaan jännite ja kuljettamalla elektrodi vuorotellen kumpaakin railon kylkeä kohti etsitään kohdat, joissa läpilyönti tapahtuu. Koskettavana elimenä voi toimia myös kaasusuutin. Railon paikka etsitään muutamasta kohdasta hitsin mitalta ennen hitsausta ja näin saatu hitsausrata tallennetaan muistiin. Menetelmän haitta on se, että se ei pysty ottamaan huomioon hitsauksen aikana tapahtuvia muutoksia, mutta tällä menetelmällä voidaan hitsata myös päistään suljetut hitsit. (Hiltunen 2009, 29–31)

8.2.2 Hitsausvirtaan perustuva railonseuranta

Valokaaren käyttö anturina perustuu hitsausvirran vaihteluun kontaktisuuttimen ja työpisteen välisen etäisyyden vaihdellessa. Menetelmää voidaan soveltaa railonseurantaan joko poikkeuttamalla valokaarta railossa tai käyttämällä kahta erillistä valokaarta. Valokaaren poikkeutus railossa voidaan toteuttaa joko magneettisesti tai mekaanisesti vaaputuksella. Vaaputusliikkeessä robotti liikuttaa poltinta railon sivulta sivulle edetessään hitsauksen aikana tarkistaen hitsausvirran suuruuden railon molemmilla puolilla. Mikäli virta poikkeaa hitsausohjelmaan tallennetuista arvoista, robotti korjaa polun suuntaa, kunnes arvot tulevat yhtä suuriksi railon molemmilla puolilla. Robottihitsauksen railonseurantamenetelmistä valokaariantuointi on valtamenetelmä optisten seurantamenetelmien tullessa kaukana takana. (Hiltunen 2009, 29–31).

8.2.3 Optinen railonseuranta

Optinen railonhaku ja seuranta ei ole vielä yhtä käytetty menetelmä robottihitsauksessa kuin valokaareen ja tunnusteluun perustuva antuointi. Yleisesti ottaen ensimmäiset syyt tähän ovat olleet optisten antureiden hankintahinta sekä sen huonontava vaikutus hitsauspään ahtaiden paikkojen luoksepäästävydessä. Tästä on hyvänä esimerkkinä sisäpuoliset hitsit kotelorakenteissa. Hankintahintojen laske-

misen myötä optisten antureiden kilpailukyky on kohentunut, joten nykyään tekniset ominaisuudet ja käytettävyys sanelevat yhä useammin anturivalinnan. (Hiltunen 2009, 29–31).

Optinen railonseuranta edustaa uusinta railonseurantatekniikkaa, joka perustuu laserviivasta generoitavaan railoprofiiliin ja profiilin perusteella suoritettavaan laskentaan. Optinen haku mahdollistaa virtasuuttimen sivusuuntaisen asemoinnin, automaattisen korkeuden seurannan sekä palkojärjestyksen optimoinnin selkeän visuaalisen poikkileikkausprofiilin ansiosta. Optisen anturoinnin varjopuolena on se, ettei se kykene korjaamaan hitsauksen aikaisten muodonmuutosten aiheuttamia railon sijaintivirheitä. Tämä ei ole suuri puutos lyhyissä hitseissä. Pitkissä hitseissä railonhaku voidaan suorittaa useissa osissa. Optisen railonhaun suurin etu on sen nopeus. Tyypillinen hitsikohtainen railonhaun aika on sekunteja, kun taas tunnustelevalla haulla se kestää noin 15 sekuntia. (Hiltunen 2009, 29–31).

8.3 Railonhaku ja railonseuranta Fortacon hitsausrobotilla

Yrityksen robottisolun railonhaku on toteutettu tunnustelevan railonseurannan tyyliä, jossa lisäainelanka toimii tunnustelevana elimenä. Railonhaulla robotti varmistaa vain hitsattavan railon alkupään, jonka jälkeen robotti aloittaa hitsaamisen. Hitsauksen aikana itse railonseuranta suoritetaan hitsausvirtaan perustuvalla vaaputusliikkeellä. Yrityksen railonseuranta perustuu hitsausvirtaan, koska se on helposti ohjelmoitavissa oleva, toimintavarma sekä hyvin pienaliitosten hitsaukseen soveltuva railonseurantamalli. Hitsausvirtaan perustuva railonseuranta sopii yrityksen tarkoituksiin erityisen hyvin, koska hitsattavien osien alkuvalmistelut ovat tarkat. Railogeometrialtaan hyvin yhteen sopivat ja ennen hitsausta puhdistetut osat vähentävät hitsausvirran perusteella tehtävän railonseurannan virheitä, koska mahdolliset hitsausvirran vaihtelut pinnan epäpuhtauksien ja vaihtelevien railomuotojen mukaan eivät vaikuta railonseurantaan. Tällöin valokaari ja itse hitsausauma pysyvät paremmin tarkoitettussa uomassaan.

9 FORTACO GROUP OY:N ROBOTTIHITSAUSSOLU

9.1 Hitsaussolun laitteet

Yrityksen robottihitsaussolun laitteisto soveltuu hyvin pitkien ja vaikeasti luoksepäästävien teräsrakenteiden hitsaamiseen. Laitteistosta löytyy kaikki tarvittava hitsaussolun toimintaa varten:

- Robottisolun liikkeitä ohjaava ohjauskeskus.
- Hitsausvirtalähde on varustettu kauko-ohjainpaneelilla, jolla voidaan säätää virtalähteen hitsausvirta-asetuksia.
- Hitsausrobotti on portaalityyppinen.
- Nivelvarsirobotti on varustettu useilla erilaisilla polttimon vaihtorungoilla.
- Kappaleen paikoittaja on grillityyppinen pyörityspöytä.
- Hitsaussolu on ympäröity verkkoaidalla ja ainoa kulkuväylä alueelle on turvavalopuomiston läpi. Turvavalopuomiston tarkoitus on suojata alueelle meneviä työntekijöitä turhalta loukkaantumisen vaaralta pysäyttämällä robotin liikkeitä valoverhon katketessa työn aikana.
- Hitsaussolun paikoittajien välillä on myös kiinnityspuomi, (grilli). Kiinnityspuomi on kiinni toisesta päästään nollapaikoittajassa, jonka tarkoitus on vain olla tukemassa puomia ja sen liikkeitä eikä se osallistu muuten tuotteen kääntöön. Toisesta päästään puomi on kiinni pääpaikoittajassa joka vastaa tuotteiden käännöistä. Kiinnitinpuomiin kiinnitetään yksi hitsauskiinnitinpari kerrallaan, jonka avulla tuotteet pysyvät paikallaan hitsauksen ajan.



Kuvio 1. Yrityksen robottihitsaussolun laitteistoa vastaava layout.
(Otto Arc Systems [viitattu 1.1.2013])

Ylläolevassa kuvassa näkyy esimerkki toisen yrityksen robottihitsaussolusta paikoittajineen. Laitteisto on Fortacon hitsaussolusta poikkeava, mutta periaatteiltaan hyvin samanlainen. Solussa on kuusiakselinen hitsausrobotti asennettuna ylösalaisin kolmeakseliseen portaalirobottiin ja tuote on kiinnitettynä kahden paikoittajan välissä olevaan puomiin. Yrityksen oma kiinnityspuomi on monikäyttöisempi, koska siihen voi kiinnittää useita erilaisia hitsauskiinnittimiä vaihtelevien öljyallasmallien hitsausta varten.

Kiinnittimien säilytystä varten yritys on valmistuttanut säilytystelineen, joka on päämuodoiltaan hitsaussolun kiinnityspuomia vastaava. Sen ainoa tarkoitus on auttaa säilyttämään kiinnittimet sekä niiden osat omalla paikallaan, hyvässä kunnossa sekä tarvittaessa helposti saatavilla. Telineestä ne voidaan vaihtaa nopeasti paikalleen hitsaussolun kiinnityspuomiin erilaisten allasmallien hitsausta varten.

9.2 Tuotteiden kiinnitys robottihitsausta varten

Öljyaltaiden hitsausta varten robottisolun kiinnityspuomiin vaihdetaan kulloinkin hitsattavalle altaalle sopiva kiinnitinpari paikalleen. Niille on ennalta määrätty omat paikkansa palkin pituussuunnassa, johon ne asetetaan öljyaltaan kiinnitystä edeltävässä vaiheessa. Lopullinen paikoitus tapahtuu paikoitustapilla, joka kulkee sekä kiinnittimien, että puomin läpi. Paikoittavan tapin avulla kiinnittimet pysyvät paikoillaan puomin pituus- ja leveysuunnassa. Öljyaltaiden ja kiinnittimien käännön aikaisen paikaltaan irtoamisen estämiseksi, lukitaan ne pulttien, muttereiden sekä kiinnityskynsien avulla paikalleen kiinnityspuomia vasten.

Öljyaltaat kiinnitetään sen jälkeen, kun kiinnittimien kiinnipysyminen puomissa on varmistettu. Allasmallit paikoitetaan kiinnittimiin ennen niiden lopullista hitsauksen aikaista kiinnittämistä käyttämällä yrityksen suunnittelemaa paikoitusjärjestelmää. Tuotteiden paikoittamisen jälkeen ne kiinnitetään ulkoreunoistaan hitsausohjelman ajan ajaksi, jotta tuotteet ovat aina samalla kohdalla robottihitsauksen ajan.

9.3 Hitsaussolun rakenne ja rajoitteet

Robottihitsaussolun ohjauskeskus ohjaa kaikkien hitsaussolun laitteiden toimintoja vastaten esimerkiksi robottien ja paikoittajien liikkeistä. Ohjauskeskuksen ohjauspaneelin avulla suoritetaan myös hitsausohjelmien opettava ohjelmointi. Ohjelmoitaessa robottien ja solun muiden laitteiden toiminnot tallennetaan hitsausohjelmaan toiminto kerrallaan.

Portaalirobotti on alun perin hankittu uutena öljyaltaiden hitsausta varten Peräseinäjoelle vuonna 2009. Tällöin sen liikkumiskorkeutta on rajoitettu noin 300 mm portaalin maksimikorkeudesta alaspäin, jottei se olisi osunut silloisten käytössä olevien tilojen sisällä liikkuviin kattokraanoihin. Tämä rajoite on poistettu hitsausrobotin portaalista, kun robottisolun siirrettiin Ruukin Kalajoen yksikköön, mutta rajoite on jäänyt robottisolulle valmiiksi ohjelmoituihin hitsausohjelmiin mukaan eräänlaisena haamurajana.

Tämä haamuraja estää robottisolua nousemasta käytön aikana portaalirobotin täyteen korkeuteen asti hitsausohjelmissa, jotka on ohjelmoitu robotille ennen rajoitteen poistamista. Rajoitus on poistettu, koska on mahdollista, että robotti tarvitsee tulevaisuudessa laajempaa liikealuetta. Hitsausrobotti liikkuu rajan poiston jälkeen tehtyjen ohjelmien aikana ilman rajoituksia. Öljyaltaiden robottihitsausta varten Ruukki on teettänyt Peräseinäjoen tehtaalle eri alueille soveltuvat kiinnitysparit, jotka mahdollistavat erilaisten altain kiinnityksen robottihitsaussolun paikoituslaitteiden hitsauspuomiin.

10 HITSAUSSOLUN TUOTTAVUUDEN MÄÄRITYS

Opinnäytetyössä hitsaussolun tuottavuuden nousua verrataan hitsaussolun käyttösuhteeseen, koska käyttösuhte kuvailee aikaa jonka hitsaussolu on käytössä. Toinen yleisesti käytetty hitsaustermi, paloaikasuhte, voi myös kuvata hitsauksen tuottavuutta. Paloajan suhte lasketaan jakamalla kaariaika (valokaaren palamis aika) työhön kuluvalle ajalle ja kertomalla tulos sadalla. Tulos kertoo prosentteina kuinka suuri osuus työajasta kuluu hitsaukseen. Paloaikasuhteen tietojen avulla pyritään vaikuttamaan tuotannossa esiintyvien tuottavuutta ja tehokkuutta vähentävien sivuaikojen osuuteen työssä. Turhien sivuaikojen osuuden pienentyessä kaariaikaan verrattuna, nousee myös samalla hitsaavan työn paloaikasuhte ja kokonaistyöaika laskee. Korkea paloaikasuhte yhdistetään usein virheellisesti korkeaan tuottavuuteen ajattelematta asiaa syvällisemmin ja se voi antaa tuotannon tilanteesta väärän kuvan. Paloajan suhte ei ole täysin luotettava tuottavuuden mittari, kuten seuraava esimerkki kertoo. Mikäli tuotannon hitsausta saadaan nopeutettua huomattavasti, mutta työhön kuuluvat sivuaikat vähenevät vain hieman, paloaikasuhte ja kokonaistyöaika laskevat vaikka tuottavuus nousee. (Lukkari. 2011. 2-8)

Käyttösuhte tarkoittaa yrityksen hitsaussolun todellisten suoritteiden määrä suhteessa solun kapasiteettiin, eli hitsaussolun käyttöön kuluva aika verrattuna solun mahdolliseen käyttöaikaan ja se kuvaa robottisolun käytön määrää paloaikasuhtetta paremmin. Käyttösuhte lasketaan jakamalla todellinen käyttöaika mahdollisella käyttöajalla eli kapasiteetilla ja kertomalla tulos sadalla prosentilla. Tulos kertoo koneen käytön määrän prosentteina. Mitä lähempänä nollaa tulos on, sitä vähemmällä käytöllä kone on. Mikäli tulos on lähellä sataa prosenttia, sitä vähemmän koneen tuottavuutta voi nostaa. Alussa robottihitsaussolun käyttösuhte oli todella pieni, eli hitsattavien tuotteiden määrä oli liian vähäinen haluttuun tasoon verrattuna.

Öljyaltaiden läpimenoajat vaihtelevat mallista riippuen. Robottihitsattavia altaita hitsataan vaihdellen tilauskannan mukaan. Tutkinnon alkuvaiheessa yrityksessä tehtiin töitä kahdessa vuorossa ja näin robotin teoreettinen työaika viittä työpäivää kohden on kymmenen kahdeksan tunnin työvuoron, sekä robotin viiden päivän mahdollisen itsenäisen hitsausajan summa, eli:

$$10 \times 8h + 5 \times Xh = Xh$$

Yrityksessä robottihitsattiin koko vuoden 2012 öljyaltaiden tilausmäärästä noin X%. Altaan hitsaukseen robotti käyttää aikaa keskimäärin X-X tuntia ja altaan kiinnittämiseen, irrottamiseen, sekä käytettävän hitsausohjelman vaihtoon kuluu aikaa yhteensä niin sanottua asetusaikaa noin Xh. Tällöin koko solun käyttösuhde työajasta on työaika jaettuna mahdollisella käyttöajalla kerrottuna sadalla prosentilla, eli altaiden hitsaamisen ja asetusaikojen yhteenlaskettu summa, jaettuna viikon mahdollisella työajalla:

$$[(Xh + Xh) \times X] \div Xh \times 100\% = X\%$$

Näin laskettuna voitiin todeta robotin seisseen työttömänä huomattavan suuren osan sen mahdollisesta työajasta. Tällöin paras alku solun tuottavuuden nostamiseksi on pyrkiä lisäämään robottihitsattavien tuotteiden määrää. Uusien öljyallasmallien robottihitsausohjelmien valmistamisen lisäksi yrityksessä päätettiin, että solun tuotantoon yritetään ottaa täyteen myös muita yrityksen tuotannosta löytyviä automatisoituun hitsaukseen soveltuvia osakokoonpanoja.

10.1 Tuottavuuden parantamiseen liittyviä muutosehdotuksia

Robottihitsaussolun käyttöastetta nostettiin lisäämällä robottihitsattavien öljyallasmallien määrää radikaalisti. Robottisolussa hitsattavien allasmallien joukkoon otettiin kaikki eniten tuotettavat altaat, jolloin kaikki niin sanotut volyymimallit pyritään hitsaamaan robotisoidusti.

10.1.1 Altaiden rakenteelliset muutosehdotukset

Altaiden rakenteellisten ratkaisujen vuoksi altaan hitsaustapahtumaa ei voida suorittaa kokonaisuudessaan automatisoidusti. Öljyaltaan sisällä kulkevat kaksi pyörää sekä pohjan neliskanttinen putki estävät robotin suutinpäähän pääsyn hitsattaviin kohteisiin, jotka joutuvat liian ahtaalle. Hitsattavista saumoista pitää jättää käsin hitsattavaksi saumojen alku- ja loppupäästä muutaman sentin matkat hitsausvirheiden välttämiseksi. Mikäli altaiden välilevyjen rakenne tehtäisiin mahdollisimman pitkälle altaan ulkoreunoja pitkin jatkuvaksi ilman pohjassa olevia reikiä sekä altaan sisälle tulevat putket lisättäisiin altaaseen rungon hitsauksen jälkeen, voisi robotti jatkaa välilevyjen hitsausta keskeytyksettä aina toiselle puolelle asti.

Samanlaiset muutokset toteutetaan välilevyissä altaiden ulkoreunoilla. Välilevyissä on altaiden ulkoreunojen päälle tulevat ulokkeet, jotka keskeyttävät altaiden robottihitsauksen altaan ulkoreunoilla. Nämä ulokkeet on tarkoitus poistaa kaikista alasmalleista. Kyseiset muutokset nopeuttavat hitsaavaa työtä, kun robotti saa jatkaa työskentelyään keskeytyksettä. Muutosten seurauksena altaasta poistuu samalla paljon robotilta hitsaamatta jääviä sauman alku- ja loppuosia yhtä paljon manuaalisesti hitsattavaksi ja puhdistettavaksi. Hitsattavien saumojen jatkuessa ilman jatkokohtia ei robotin tarvitsisi lopettaa hitsausta siirtyäkseen esteen toiselle puolelle seuraavaan hitsaussaumaan epäkohdan toiselle puolelle, vaan hitsaus tapahtuisi keskeytyksettä. Katkoksen jälkeen robotti joutuu jälleen varmistamaan railon seurannalla seuraavan sauman aloituspisteen ennen hitsauksen aloittamista.

Osa altaan ulkopuolisista päädyissä olevista hitsaussaumoista pitää hitsata käsin, koska altaan päätyihin ei aina jää tarpeeksi suurta hitsausrakoa yrityksen käytössä

olevalle railon seurantaominaisuutta hyväksikäyttävälle robotille. Altaan päätylevy-
nä käytetään mahdollisimman ohutta levyä luultavasti painon säästämiseksi. Al-
taan päätylevyn ollessa ohuempaa levytavaraa, pitää päätyyn lisätä altaan läpi
tulevien putkien läpivientireikien kohdalle kolme levyä paksumpaa reunusta ja yli-
määräiset levyt hitsataan tuotteeseen käsin. Mikäli päädyissä käytettäisiin liitoksiin
yhtä yhtenäistä tarvittavan paksuista levyä, olisi allas painavampi, mutta hitsauk-
sen ja kokoonpanon työstöaika pienenesi yksinkertaisemman muodon ja robotisoi-
tavan hitsauksen mahdollistuessa, kun pääty- ja pohjalevyjen reunat tekevät sel-
vemmän liitosnurkkauksen väliinsä. Paksumpien päätylevyjen vaikutus öljypohjien
värinään ja painoon on tosin liian suuri niistä saatavaan hyötyyn nähden, joten
niiden käyttöön ottamiselle ei päteviä syitä.

10.1.2 Nostotappisarjojen hitsauksen robotisointi

Robottihitsaussolun käyttöasteen nostoa varten suunniteltiin myös muidenkin tuot-
teiden osien, kuten moottorialustojen sivuille tulevien nostotappisarjojen hitsauk-
sen automatisoimista. Sarjoissa on yleensä neljästä kuuteen tappia ja yksi työnte-
kijä hitsaa käsin kokonaisen sarjan yhden työvuoron aikana. Nostotapit hitsataan
pyörityspöytään kiinnitettynä alapienahitsauksena. Robotisoidun hitsauksen mah-
dollistamiseksi tappien silloituksen ja lopullisen viimeistelyn tulee tapahtua käsin
pyörityspöydällä. Mikäli tapit hitsattaisiin robotisoidusti, tulisi niiden valmistukseen
useita eri työvaiheita verrattuna nykyiseen valmistustapaan. Tapit pitäisi ensin
koota ja silloittaa pyörityspöydällä, siirtää robottisolun hitsauskiinnittimeen hitsaus-
ta varten, irrottaa ja kääntää kiinnittimessä, jotta tapin kaikki osat saataisiin hitsat-
tua alapienana. Sen jälkeen tapit pitäisi jälleen siirtää takaisin pyörityspöydälle
viimeisteltäväksi.

Tappien valmistukseen tulisi robotisoinnissa kolme ylimääräistä vaihetta, jossa ne
irrotettaisiin kiinnittimistään, kun taas nykyisellä valmistustyyllillä käsihitsari kokoaa
ja hitsaa tapin kerrallaan valmiiksi asti yhdellä kiinnityskerralla. Käytössä olevan
robottihitsaussolun avulla tappien hitsaamiselle ei ole tarpeeksi hyviä perusteita,
koska robottihitsauksesta saatu hyöty menetettäisiin kappaleiden ylimääräisiin siir-
toihin kuluvaan aikaan ja siihen, että tappien kiinnittämiseksi robottisolun kiinnitys-

puomiin pitäisi suunnitella ja valmistaa uusi kiinnitinjärjestelmä tappien paikoitusta ja kiinnitystä varten.

Uuden kiinnitysjärjestelmän valmistamiseen sekä nostotappien ylimääräiseen siirtelyyn ja uusien hitsausohjelmien valmistamiseen kuluisi liikaa yrityksen voimavaroja eikä tappien hitsaustapahtuman automatisointi ole kannattava muutos. Viimeinen automatisoitu hitsausta vastaan oleva tekijä on tappien vaatima käsin viimeisteltävä puhdistus ja hitsaus robottihitsauksen jälkeen.

Yrityksessä selvitettiin moottorialustojen nostotappien lisäksi myös muiden tuotteiden ja osakokoonpanojen hitsauksen robotisoimista, mutta yrityksen tämänhetkessä tilauskannassa ei havaittu öljyaltaiden lisäksi muita automatisoituun hitsaukseen soveltuvia kohteita. Valmistettavien tuotteiden muuttuessa uusien tuotteiden soveltuvuus robottihitsattavaksi harkitaan uudelleen.

11 ROBOTTIHITSATTAVAT TUOTTEET YRITYKSESSÄ

11.1 Alkutilanne

Fortacon valmistamia öljyallasmalleja on tuotannossa yksitoista eri mallia. Seuraavassa taulukossa ovat vuoden 2012 valmistusmäärät, josta näkee selvästi tuotannon niin sanotut volyymimallit sekä öljyaltaat, joita menee vain muutamia ja yksittäisiä kappaleita.

Tyyppi	Piirustus	%
A	a	32
B	b	12
C	c	11
D	d	11
E	e	10
F	f	10
G	g	9
H	h	5
I	i	1
J	j	>1
K	k	>1

Kuvio 2. Vuoden 2012 öljyaltaiden valmistusmäärät. (Fortaco Group Oy, 2012).

Opinnäytetyön teon alkuvaiheessa yhdestätoista öljyallasmallista kolmelle oli valmiit robottihitsausohjelmat sekä altaille oli teetetty sopivat hitsauskiinnitinparit. Valmiina olleet allaskohtaiset hitsausohjelmat on alleviivattuna yllä olevassa taulukossa. Hitsaussolun käyttöasteen noston aikana tehdyt hitsausohjelmat on lihavoituna taulukossa.

11.2 Hitsauskiinnittimet

Hitsauskiinnittimet mahdollistavat eri allasmallien kiinnittämisen robottihitsaussolun paikoituslaitteisiin automatisoidun hitsauksen ajaksi. Parhaassa tilanteessa yhden hitsauskiinnittimen avulla voidaan hitsata useita eri allasmalleja, jolloin yrityksellä ei ole tarvetta hankkia jokaiselle mallille omaa kiinnitinjärjestelmää. Monikäyttöisten kiinnitinjärjestelmien hankintakustannukset voidaan jakaa useammille valmistuneille tuotteille ja hankintaan kulutetun pääoman määrä pienenee yksittäistä valmistunutta tuotetta kohti. Kun tuotteen valmistukseen käytettävien resurssien määrä on tuotteesta saatua katetta pienempi, on tuotteen valmistamistapa kannattava. Yrityksen monikäyttöisiä hitsauskiinnittimiä voidaan käyttää melkein kaikkien allasmallien valmistukseen, jolloin kiinnitinjärjestelmien hankinnoista aiheutuvat kulut jakaantuvat tuotteiden kesken sopivasti. (Siirilä 2012)

Öljyaltaiden robotisoidun hitsauksen kannattavuus riippuu suurimmaksi osaksi siitä, tarvitseeko robotisoitavalle öljyallasmallille valmistaa oma kiinnitinmallinsa, jotta se voidaan kiinnittää hitsausrobotin paikoituslaitteeseen. Mikäli allasmallille pitää tehdä uusi kiinnitin, pitää allasmallilla olla tarpeeksi suuri kysyntä kiinnittimen ja robottiohjelman valmistuskustannusten kattamiseksi. Mikäli altaan valmistukseen kuluva aika pienenee käsinhitsaukseen verrattuna ja allas tuottaa voittoa hitsausohjelman ja kiinnittimen valmistukseen kuluviin kustannusten jälkeenkin, on hitsauksen automatisoinnille perusteet olemassa. (Siirilä 2012)

11.3 Pienten valmistusmäärien altaat

Yrityksen valmistamien öljyallasmallien joukossa on allasmalleja, joiden hitsauksen automatisoinnin todettiin olevan kannattamatonta ja tarpeetonta altaiden vähäisen menekin vuoksi. Pienen menekin altaiden valmistuksen todettiin sujuvan mutkattomammin, kun työ suoritetaan käsin hitsaamalla.

11.4 Hitsaussolun käyttöasteen parannus

Robottihitsattavien öljyallasmallien uusien hitsausohjelmien määrän nostamisen myötä öljyaltaita hitsataan robotisoidusti nyt enemmän kuin aikaisemmin. Tällöin robottihitsaussolun käyttöastekin on noussut ja solu on työttömänä pienemmän määrän mahdollisesta työajasta. Solu on käytössä vaihtelevasti vuorossa olevien työntekijöiden mukaan. Hitsaavia töitä tehdään yrityksessä kahdessa vuorossa ja vuoroviikoin on hieman eroa työtunneissa. Solun käytösuhde koko viikontyöaikaa kohden on viiden työpäivän hitsausajan keskiarvo jaettuna mahdollisella hitsausajalla kerrottuna sadalla prosentilla. Mahdolliseen hitsausaikaan lasketaan mukaan myös robottisolun mahdollinen itsenäinen työaika.

Vuoroviikkoiset robottihitsaussolun käyttösuhteet:

$$(5pv \times Xh) \div (5pv \times 2vuoroo \times Xh + 5pv \times Xh) \times 100\% = X \%$$

$$(5pv \times Xh) \div (5pv \times 2vuoroo \times Xh + 5pv \times Xh) \times 100\% = X \%$$

Robottihitsaussolun keskimääräinen käytösuhde:

$$(5pv \times Xh) \div (5pv \times 2vuoroo \times Xh + 5pv \times Xh) \times 100\% = X \%$$

Kun otetaan huomioon, että yrityksen tuotteita ei valmisteta sarjatuotantona, voidaan saavutettuun käyttösuhteen parannukseen olla jo melko tyytyväisiä. Robotisolun käyttö on lisääntynyt uusien öljyaltaiden hitsausohjelmien myötä tutkinnon alkuvaiheen tilanteesta.

Robottihitsaussolun käyttöaste saattaa olla toistavassa sarjatuotannossa erittäin korkea, jopa 90 ja 95 % välillä, mutta tällöin tuotteen teko on suoraa toistoa pitkällä hitsausajalla ja ilman asetusajoja. Tällaisten käyttöasteiden saavuttamiseksi on yleensä kappaleiden vaihto suoritettava pyörityspöydän tai muun apuvälineen avulla, jolloin robotti saa jatkaa hitsaustaan työntekijän tai toisen robotin vaihtaessa uutta hitsattavaa aihiota valmiin tuotteen tilalle.

11.5 Tuotteiden valmistus- ja hitsausystävällisyys sekä robottihitsausta rajoittavat tekijät

Valmistusystävällisen suunnittelun lähtökohtana on selvittää valmistettavan tuotteen rakennetta rasittavat voimat ja niiden suunnat sekä valita valmistusmateriaali tuotteelta vaadittujen ominaisuuksien mukaan. Mikäli tuotteen materiaaliksi valitaan esimerkiksi suurlujuusteräs tavallisen rakenneteräksen sijaan, se aiheuttaa usein valmistuksen kannalta levytuotteissa valmistelu- ja leikkausaikojen pidentymistä sekä komponenttien viimeistelyn tarve lisääntyy. Haastavampi suurlujuusteräs vaatii usein enemmän työtä särmäyksen sekä erityisesti hitsauksen suhteen. Suunnitteluvaiheessa tulee myös miettiä tuotteen hitsausliitoksissa tarvittavien liitosten tyyppi, käytetäänkö pienahitsiä vai päittäisliitoksia sekä kuinka suuria hitsiä tarvitaan. Samalla tuotteen rakenne pyritään muotoilemaan kestäväksi ja mitä tärkeintä, helposti valmistettavaksi. (Lepola & Makkonen 2005, 375).

Teräsrakenteiden suunnittelussa on käytettävissä standardit, joissa määritellään rakenteiden suunnittelussa käytettävät asiat. Hitsausliitosten mitoituksesta ja lujuuslaskennasta on olemassa omat standardinsa staattisesti sekä dynaamisesti kuormitetuille teräsrakenteille **SFS 2373** sekä **SFS 2378**. Hitsiluokkien B, C ja D standardin **SFS-EN 5817** avulla suunnittelija ilmaisee rakenteen hitsausliitoksille asetetun laatutason geometrinen epäjatkuvuuksien osalta. Näiden kolmen standardien lisäksi on olemassa myös **SFS-ENV 1993-1-1**, **Eurocode 3**, Standardi teräsrakenteiden suunnittelusta. (Lepola & Makkonen. 2005. 375)

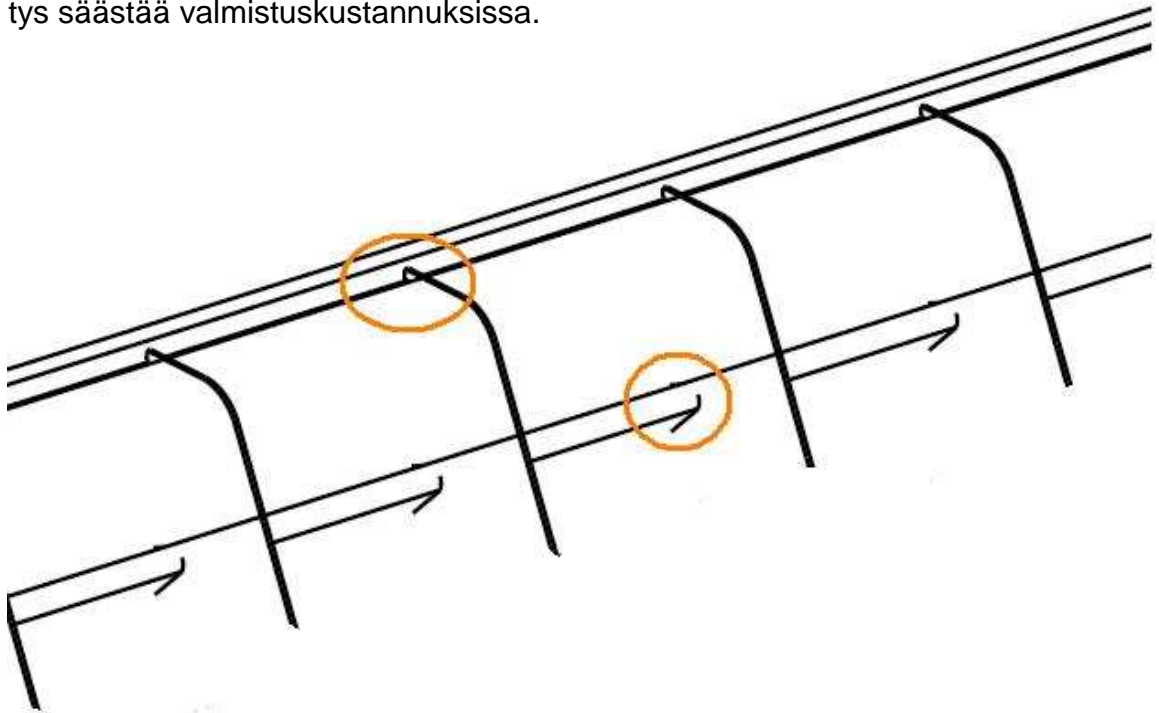
Tuotteen helppoon valmistettavuuteen kuuluu myös suunnitella tuote niin, että se on helposti hitsattavissa. Mikäli tuote on suunniteltu mahdollisimman hyvin, sen osat ovat yksinkertaisia ja osat eivät tarvitse kokoonpanoa varten suurta valmistelua. (Lepola & Makkonen. 2005. 375)

Öljyaltaan runko itsessään on hitsattavalta rakenteeltaan melko yksinkertainen. Altaan sisälle tulevat koko altaan levyiset väliseinien läpi kulkevat putket vaikeuttavat altaiden sisällä tapahtuvaa hitsausta suuresti. Mikäli putket voitaisiin asentaa altaan sisälle tuotteen rungon ja välilevyjen hitsauksen jälkeen, tuotteiden hitsauksen automatisointi olisi huomattavasti helpompaa. Altaiden sisälle tulevat putket

sijaitsevat altaiden pitkien sivujen reunoilla, jolloin putkien ja seinien väliin sekä niiden alapuolelle jää alueita, joihin hitsausrobotin suutin ei pääse oikeaan asentoon automatisoitua hitsausta varten. Kaikki hitsattavat liitoskohdat, jotka jätetään hitsaamatta robotilla hitsaussaumojen aloitus- ja lopetusalueilta sekä vaikeista paikoista, joudutaan hitsaamaan käsin jälkikäteen.

11.6 Tuotteiden modifiointi tuotantoa varten

Tuotteiden modifioinnilla pyritään tehostamaan altaiden valmistusprosessia muuttamalla esimerkiksi tuotteen osien muotoa, paksuutta, asettelua tai osakokoonpanon järjestystä. Saavutettujen muutosten jälkeen altaiden valmistuksen on tarkoitus sujua jouhevammin, sen hitsaavan työn osuuden on tarkoitus helpottua ja yritys säästää valmistuskustannuksissa.

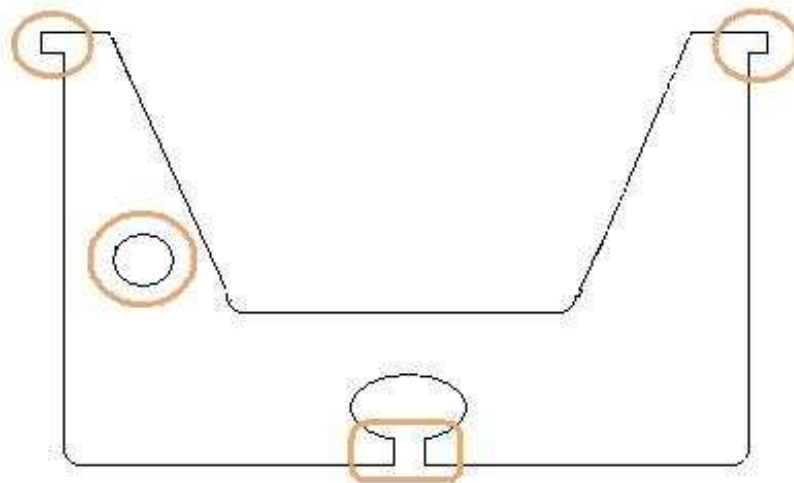


Kuvio 3. Öljyaltan reunojen ja välilevyjen ongelmakohdat.

Tuotekohtaisten muutosten mahdollisuus selvitetään aina tuotteen suunnittelijoiden ja yrityksen edustajien kanssa valmistuksessa havaittavien kehitettävien kohteiden pohjalta. Yllä olevassa kuvassa näytetään öljyaltaiden välilevyjen kaksi eri ongelmakohtaa. Ylempänä ympyröitynä on välilevyn uloke, joka tulee altaan ulko-

reunan päälle hidastaen automatisoitua hitsaavaa työtä, kun hitsausrobotti joutuu altaiden ulkoreunoja hitsatessaan pysähtymään jokaisen välilevyn kohdalla ja aloittamaan hitsauksen uudelleen välilevyn toiselta puolelta. Ennen hitsauksen uudelleenaloittamista, robotin täytyy varmistaa hitsattavan railon tarkka sijainti railonhauulla. Jokainen robottihitsauksen pysäyttävä välilevyn kohta hidastaa automatisoitua työtä noin puoli minuuttia. Tämän lisäksi välilevyjen tarkat reuna-alueet joudutaan hitsaamaan käsin robottihitsauksen jälkeen, koska robottihitsauksella ei saada tarpeeksi virheetöntä saumaa tarkkoihin hitsauskohteisiin. Reunojen aiheuttama viivästys on siis huomattava. Mikäli välilevyjen reunat jäävät altaan sisäpuolelle, robotti voi jatkaa hitsausta keskeytyksettä koko altaan pituudella eikä käsihitsareille jää altaan reunoille niin paljon töitä jäljelle.

Tämän ulkoreunoilla sijaitsevan muutoksen lisäksi altaiden sisälle tulevilla välilevyillä on toinenkin hitsaukseen vaikuttava muutoksen arvoinen tekijä. Välilevyt kiertävät altaan pohjan kautta toiselle ulkoreunalle. Joissakin allasmalleissa levy ei kierrä kiinni altaan pohjassa koko matkalla, vaan levyn alareuna tekee eräänlaisen silmukan keskellä allasta. Yritys pyrkii yhtenäistämään muodon tuotteiden välillä poistaen tämän silmukan, jotta levyjen hitsaava työ voi jatkua mahdollisimman pitkälle ilman pysähdyksiä. Altaan pohjalle tapahtuva hitsaus on tuotteen vaikeimpia hitsattavia kohtia sisälle tulevien putkien kiinnityskohtien lisäksi, joten jatkuva muoto myös helpottaisi työtä. Levyn jäisi kuitenkin reikä öljyn liikkumisen mahdollistamiseksi, mutta levy kiertäisi tällöin altaan sivuja ja pohjaa myöten koko matkalta.



Kuvio 4. Yleiskuva öljyaltaiden välilevyjen muutoksista.

Kolmas yleinen altain valmistukseen vaikuttava muutos koskee altain sisälle tulevien putkien kiinnitystä altaan välilevyjen sivuihin. Ihanteellinen tilanne altain asennuksen kannalta olisi putkien asentaminen altaan kokoonpanohitsauksen jälkeen valmiiseen runkoon. Putkien kiinnitys tulisi tapahtumaan väliseiniin kiinni hitsatulla laippakiinnityksellä. Putki asennettaisiin öljyaltaan muiden rakenteiden hitsaamisen jälkeen. Myöhäisen asennuksen avulla itse altaan hitsaukselle jää enemmän tilaa ja näin sen robotisoitu hitsaus helpottuisi ja nopeuttuisi.

Neljäs altain valmistusta helpottava kehittämisidea on kaikkien altain ohuiden päätylevyjen korvaaminen paksummilla levyillä. Ohuiden levyjen vuoksi öljyaltain päätyyn lisätään altaan läpitulevien putkien kohdalle kiinni hitsattavat levynosat, jotka koneistetaan vielä valmiin altaan mukaan oikeaan mittaan. Mikäli altaan päätylevy olisi paksumpi kaikissa allasmalleissa, altaan kokoonpano nopeuttuisi paikalleen asetettävien ja hitsattavien osien määrän pienentyessä ja altaan päätylevyn robotisoitu hitsaus onnistuisi ilman uusia investointeja suhteellisen pienen hitsausrillon optiseen railonseurantatekniikkaan. Päätylevyn paikoitus olisi yhtä helppo ja nopea työ kuin ohuemmankin, kun altaan kokoonpanossa hyödynnetään yhä kokoonpanopöytää sekä nosturia. Tällöin päätylevyjen käsittelyaika kokoonpanoa varten säilyy samana kuin ohuemmallakin levyllä. Päätylevyyn tulevien, altaan sisällä kulkevien putkien läpivienti- ja kiinnitysreikien koneistus oikeisiin mittoihin altaan hitsaavan kokoonpanotyön jälkeen onnistuisi myös paksuun levyyn.

11.7 Materiaalin valinnan vaikutus valmistuskustannuksiin

Suunnitteluvaiheen tärkeimpiä ellei tärkein osa on materiaalin valinta, mikä määrittelee paitsi materiaalikustannukset myös monta muuta kustannuserää. Valittu teräs ja sen lujuus määrittelevät levynpaksuuden ja sitä kautta railotilavuuden sekä edelleen tarvittavan hitsiainemäärän ja hitsaustyön määrän. Oikealla materiaalivalinnalla voidaan päästä eroon esimerkiksi jälkilämpökäsittelystä, esilämmityksestä ja hitsaavan työn lämmöntuontirajoituksista ja niistä johtuvista lisäkustannuksista. (Lukkari 2011, 2-8). Huonosti valitun materiaali myötä ylimääräisiä kuluja saattaa tulla myös materiaalien hankinnasta tai osien valmistelun- tai leikkausaikojen pi-

dentymisestä sekä komponenttien viimeistelyn tarpeen mukana tulevasta ylimääräisestä työstä (Lepola & Makkonen 2005, 375).

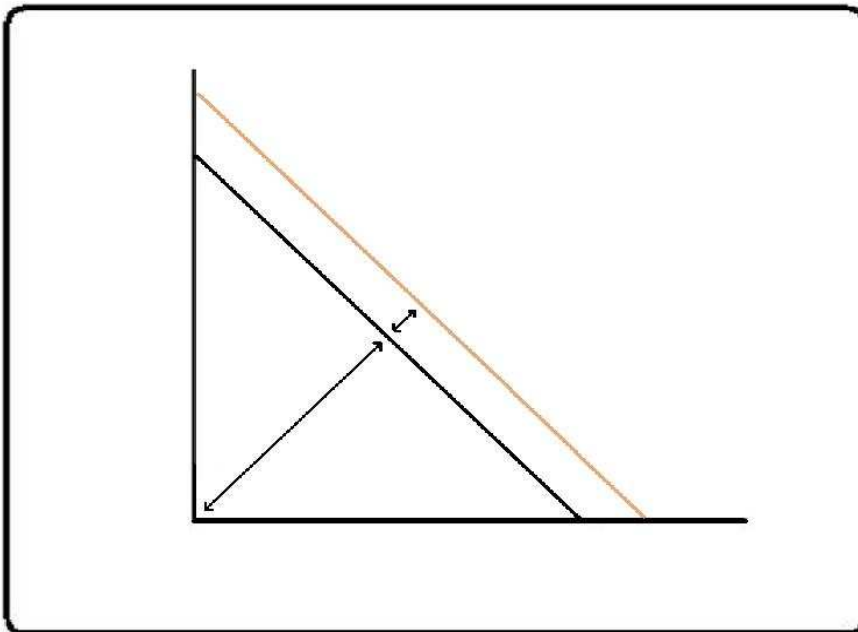
11.8 Liian suuren A-mitan vaikutus

Hitsausseamujen suunnittelijan ja valmistajan välisen kommunikaation tulee myös toimia. Mikäli suunnittelija laskee esimerkiksi tuotteen kestävän viiden millin A-mitalla hitsatuilla pienahitseillä, mutta tuotannon työntekijä tai robottihitsausohjelman ohjelmoija hitsaa sauman varmuuden vuoksi kuuden millin korkeuteen, nousevat hitsauslisäaineen kulut hitsattavan sauman tilavuuden kasvaessa noin 44 %. Lisäaineen menojen lisäksi nousevat myös itse työhön kuluva ajan osuus ja sitä mukaa kaikki muutkin kulut syöden yrityksen katetta valmistettavasta tuotteesta pois. (Siironen 2012)

$36\text{mm}^2 =$ kolmion ala 6mm a-mitalla

$25\text{mm}^2 =$ kolmion ala 5mm a-mitalla.

$$\left(\frac{36\text{mm}^2}{25\text{mm}^2} - 1 \right) \times 100\% = 44\%$$



Kuvio 5. Pienahitsin koon vaikutus hitsauskustannuksiin.

11.9 Robottihitsauksen kannattavuus yrityksessä

Hitsaavan työn kokonaiskustannukset koostuvat useista eri osakustannuksista kuten työntekijöiden työkustannuksista, lisäaineiden ja suojakaasujen ainekustannuksista, hitsauskoneiden konekustannuksista ja niiden kunnossapidosta sekä työssä kulutettavan sähköenergian hinnasta. (Lukkari 2006). Yrityksen sisällä suoritettujen selvitysten mukaan robottihitsauksen kokonaiskustannukset ovat noin X €/ työtunti ja siihen on otettu huomioon myös robottihitsaussolun operaattorin työkustannukset. Manuaalihitsauksesta koituvat kulut ovat noin X €/ tunti. (Hihnala 2013).

Manuaalihitsauksen kulut työtuntia kohden ovat suoraan verrattaessa hieman robottia halvemmat. Käytettäessä automatisoitua hitsausta ovat kuitenkin hitsausta-
pahtuman kokonaistyöaika sekä hitsauskustannukset metriä kohden noin puolet siitä, mitä työaika ja kustannukset olisivat käsin hitsatessa. Robotin hitsattua tuotteista kaikki pääsaumat, käsin hitsaavalle työmiehelle jää vain robottihitsattujen saumojen päiden korjaukset, mahdollisten roiskeiden poisto sekä hitsaussaumojen visuaalinen tarkistus laadun varmistamiseksi. (Hihnala 2013)

Hitsattujen rakenteiden suunnittelija on avainasemassa hitsauksen tuottavuuden ja valmistuskustannusten kannalta. Tunnetun väittämän mukaan 70–80 % työn kustannuksista päätetään suunnittelijan toimesta tuotteen suunnitteluvaiheessa. (Lukkari 2011, 2-8). Virheet tuotteen suunnittelussa tai tarjouslaskennassa saattavat aiheuttaa suuria ylimääräisiä tuotannon aikaisia kuluja, jotka voivat muuttaa lupaa-
van projektin tappiolliseksi. Tämän vuoksi yrityksen suurimmat odotukset onnistuneesta projektista tai tuotteen pitempiaikaisesta valmistuksesta tulisi osoittaa varsinainen tuotantoa edeltävää suunnittelua kohtaan.

12 YHTEENVETO

Tässä työssä pyrittiin lisäämään Fortaco Group Oy:n Kalajoen yksikön robottihitsaussolun tuottavuutta lisäämällä solussa hitsattavia tuotteita. Työssä löytyi öljyaltaiden valmistuksessa tarvittavat muutokset automatisoidun tuotannon mahdollistamiseksi, koko altaan valmistamiseen tarvittavan työn helpottamiseksi, sekä työhön tarvittavan ajan lyhentämiseksi. Näiden muutosten myötä hitsaussolun tuottavuus ja tehokkuus nousevat. Tuotteiden laatu pysyy saavutetulla tasolla, tai paranee öljyaltaiden rakenteen yksinkertaistavan suunnittelun myötä.

Opinnäytetyössä alussa esiteltiin hitsauksen, automatisoidun hitsauksen, MIG/MAG-kaasukaarihitsauksen sekä terästuotteiden hitsaukseen käytettävän täytelangan toimintaperiaatteet. Hitsauksen teoriaosuudessa käytiin läpi myös täytelankahitsauksessa saavutettavat edut ja haitat muihin hitsaustapoihin verrattuna sekä todettiin yrityksen käytössäolevan robottihitsaustyypin soveltuvan yrityksen käyttöön hyvin. Työ esittelee myös hitsausohjeen, WPS:n yleisimmän sisällön, jonka avulla robottihitsausohjelman laatija pystyy tekemään sopimusten mukaiset hitsausohjelmat robotille tai jonka avulla käsihitsari tietää kaiken tarpeellisen tiedon liitostyyppin hitsaamiseksi.

Työssä pohdittiin syyt ja tavoitteet tuotannon automatisoinnille sekä selvitettiin tuotannon muutokset joiden avulla hitsaavan robottisolun tuottavuutta ja tehokkuutta voidaan parantaa. Tuottavuuden parantaminen on jatkuvaa ja monitahoista työtä. On olemassa useita erilaisia pääperiaatteita heikon tuottavuuden parantamiseksi, kuten parempi tuotantosunnittelu, jalostamattoman työn vähentäminen sekä robottihitsaussolun käyttöasteen nosto. Hyvin suunnitellun robottisolun käytön avulla robottihitsaus tekeekin helposti kolmen käsin hitsaavan työntekijän edestä töitä.

Työ esittelee myös muita hitsauksen automatisoinnilla saavutettavia etuja sen tehokkuuden lisäksi. Automatisoinnin käytön avulla voidaan laskea esimerkiksi käsihitsareiden loukkaantumis- ja sairastumisriskiä, kun robotti hoitaa ihmisen sijaan vaikeimmat ja vaativimmat työt. Työntekijä ei altistu esimerkiksi hitsauksessa syntyville palokaasuille ja työntekijää rasittavat työasennot vähenevät. Raskaat ja vaativat työasennot näkyvät myös työn laadussa hitsatessa käsin. Robotisoidun tuo-

tannon avulla kasvatetaan yrityksen hitsauslaatua sekä mainetta tuotantoaan kehittävänä yrityksenä.

Työssä käsiteltiin myös yrityksen robottihitsaussolun hitsauslaadun kehittämistä. Laadunhallinnassa yleisesti halvin ja toimivin ratkaisu on pyrkiä vakioimaan hitsausta edeltävät tuotannon alkuvaiheet. Robotisoidun hitsauksen avulla itse hitsaava työ saadaan vakioitua ja virheiden osuus siirtyy tuotannon alkuvalmisteluihin ja suunnitteluun. Öljyaltaisiin löytyi kehitysideoita, joilla niiden rakenne yksinkertaistuu ja niiden hitsaus helpottuu sekä nopeutuu. Altaiden rakenteen kehitysideat koskevat pääosin altaiden sisälle tulevia välilevyjä. Välilevyt jakavat öljyaltaat eri osastoihin moottorin sylintereiden lukumäärän mukaan, jolloin jokaiselle sylinterille tulee oma osastonsa ja niiden avulla pyritään takaamaan öljyn avulla hoidettava moottorin tasainen voitelu. Välilevyjen muodoissa havaittiin kolme erilaista valmistusta hidastavaa, kehitettävää kohdetta, jotka otetaan huomioon allasmallien suunnittelijan ja tilaajan toimesta. Hitsauslaadun varmuuden kannalta on tärkeää, että hitsausohjeet laatii koulutettu hitsausalan ammattilainen. Työssä esiteltiin myös kohdeyrityksen laadunhallintaan kuuluvat toimenpiteet osien hitsausta edeltävine sekä seuraavine tarkastuksineen.

Robottihitsaussolun laitteiston ja sen toimintaperiaatteen esittelyn jälkeen selvitetiin robottisolun käytön määrä työn alkuvaiheessa sekä käytiin läpi tuotteiden valmistusta helpottavat ja tehostavat muutokset itse hitsattavissa tuotteissa. Öljyaltaiden kokoonpanon modifikaatioiden lisäksi työssä löytyi mahdollisuus hitsaussolun tuottavuuden nostamiseksi lisäämällä robottihitsattavien allasmallien määrää sekä etsittiin muita tuotteita ja osakokoonpanoja joiden hitsaus voitaisiin toteuttaa automatisoidusti.

Työn loppuosassa käytiin läpi robottihitsaussolun käyttöasteen muutos ja todettiin hitsaussolun käytön lisääntyneen muutosten myötä moninkertaiseksi. Käyttöasteen nousun lisäksi työn tuloksena syntyi yksittäisiä tuotantoa tehostavia muutoksia, jotka lisäävät solun hitsauksen tuottavuutta ja auttavat tuotteiden läpimenoaikojen lyhentämisessä ja hitsauksen laadun parantamisessa.

13 OMA POHDINTA

Opinnäytetyön tekoa hidastivat Ruukin ja Fortacon välinen yrityskauppa sekä tilauskannan hetkellinen heikentyminen, jonka vuoksi tehtaan tuotannossa tapahtui hetkellisiä muutoksia. Heikosta tilauskannasta ei yleensä ole yritykselle hyötyä, mutta nyt robottihitsaussolun operaattorilla oli aikaa ohjelmoida uusien automaattisesti hitsattavien öljyallasmallien hitsausohjelmat valmiiksi tilauskantojen uutta nousua sekä lomautusten loppua varten. Yritys saattoi nostaa automaattisen hitsauksen käyttöastetta valmistusmäärien noustessa. Robottihitsausohjelmien ohjelmointi olisi ollut yrityksen edustajien mielestä vaikea toteuttaa normaalin tilauskannan aikana. Olen pyrkinyt antamaan opinnäytetyössäni hyvän perustiedon tuotannon tehostamiseen tarvittavista perusmuutoksista ja sen tuomista mahdollisuuksista.

Yrityksen periaatteisiin kuuluu myös nuoren työvoiman kouluttaminen tulevaisuuden työvoiman turvaamiseksi yhteistyössä paikallisen ammattiopiston ja muiden lähiseudun opiskelijoiden kanssa antaen opiskelijoille työharjoittelupaikkoja sekä näyttämällä heille työelämän työntekijöille asettamia vaatimuksia. Lähialueen nuoren työvoiman kouluttaminen kuuluu myös Fortaco Group Oy:n tavoitteisiin. Sain yritykseltä mahdollisuuden suorittaa insinööriopintojeni työharjoittelun sekä opinnäytetyön teon yrityksessä ja koenkin tutkinnossa esitettävien muutosten sekä läpikäytyjen aihealueiden avustavan robottihitsaussolun tuottavuuden nostossa myös tulevaisuudessa. Työtä tehdessäni koen oppineeni uusia asioita myös omaa työuraani varten ja toivon että opituista asioista on minulle hyötyä vielä tulevaisuudessa.

Lopuksi haluan kiittää Fortaco Group Oy:n Kalajoen toimipistettä mahdollisuudestani opinnäytetyön tekoon.

Jani Roukala

Kalajoella 21.1.2013

LÄHTEET

Aalto H. Robottihitsauksen tuottavuuden parantaminen, Hitsaustekniikka-lehti (5)/2010

Delfoi Oy. Ei päiväystä. Off-lineohjelmointi. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.11.2012]
Saatavana: http://www.delfoi.com/web/solutions/production/robotiikka/fi_FI/off-line/

Hihnala J. 13.11.2012–14.01.2013. Haastattelut. Fortaco Group Oy

Hiltunen E, Hitsausrobotit – langattomuutta ja laaduntarkastusta, Hitsaustekniikka-lehti, (6)/2005.

Hiltunen E. Robottihitsaus Essenissä, Hitsaustekniikka-lehti, (6)/2009.

Holamo O-P & Aalto, H. Laadun hallinta robottihitsauksessa, Hitsaustekniikka-lehti (3)/2009

Holamo O-P & Kartano H. Machine vision system-aided robot welding, Hitsaustekniikka-lehti (5)/2006

Kauppinen V. Hitsaustekniikka-lehti (2)/2012

Lukkari J. 2002. Hitsaustekniikka: Perusteet ja kaarihitsaus. 4. painos Helsinki: Opetushallitus.

Lukkari J. Hitsaustalous ja tuottavuus. Hitsaustekniikka-lehti (3)/2011

Lukkari J. Hitsauskustannukset – Työtä, työtä, työtä! Esab: Hitsausuutiset (1)/2006. [Viitattu 25.1.2013]. Saatavana: http://www.esab.fis/fi/fi/news/upload/HU_1_06.pdf

Metallirakentajan käsikirja. 2008. Suomentaja Seppo Aarnio. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. InnoSteel osaamiskeskus.

Meuronen I. Tuottavuuden parantaminen robottihitsauksella – keinoja kilpailukyvyyn kasvattamiseksi, Hitsaustekniikka-lehti, (3)/2011.

Motovisual. Ei päiväystä. Gantry systems. [PDF-tiedosto]. [Viitattu 10.11.2012]
Saatavana: <http://motovisual.com/PDF/Gantry-5B-02-04-98SEGB.pdf>

Orava T. Hitsausohjeet (WPS) ja niiden laatiminen, Hitsaustekniikka-lehti (6)/2005

Otto Arc Systems. Ei päiväystä. Robot welding system for rotating platform for medium excavator.[Verkkosivu]. [Viitattu 1.1.2013]. Saatavana: <http://www.ottoarcrobotics.com/2.html>

Orava T. Hitsausohjeet (WPS) ja niiden laatiminen, Hitsaustekniikka-lehti (6)/2005

Puhtila M. 2.11.2012. Haastattelu. Ruukki Engineering.

Siironen A. 19.11.2012–15.1.2013. Haastattelut. Fortaco Group Oy

TeknoNDT Oy. Ei päiväystä. Menetelmäkäyttöohje. [verkkosivu]. [Viitattu 4.3.2013] Saatavana: http://www.ndt-tukku.com/product_catalog.php