

Luostari Kimmo ja Isokoski Janne

**TAKALANAN RUNGON ROBOTISOIDUN HITSUKSEN
KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

20. huhtikuuta 2010



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö	Aika	Tekijä/tekijät
Ylivieskan yksikkö	20.4.2010	Luostari Kimmo Isokoski Janne
Koulutusohjelma		
Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi		
Takalanan rungon robotisoidun hitsauksen kehittäminen		
Työn ohjaaja	Sivumäärä	
Pieskä Sakari, Kaarela Jari, Mäkelä Jari	31	
Työelämäohjaaja		
Pisilä Janne		
<p>Opinnäytetyössä kehitettiin ja automatisoitiin takalanan rungon hitsausta. Asiakkaana opinnäytetyössä oli VAMA-Product Oy. VAMA-Product Oy valmistaa pohjois-pohjanmaalla mm. VAMA-takalانات, alueaurat, aurausviittojen pystytys- ja keräyskoneet sekä etukuormainkauhat ja trukkipiikit. Takalanan rungon hitsaukseen sovellettiin käytettyä hitsausrobotisoluja ja muokattiin kyseinen solu tarkoitukseen sopivaksi. Hitsaussolusta ja laitteistosta hankittiin valmistajilta tietoja. Hitsaussolusta tehtiin solumalli ja tarkasteltiin ulottumia sen avulla. Solumallin avulla luotiin hitsaussolusta uusi layout. Hitsaussoluun suunniteltiin lopuksi hitsausjigi, johon tuote voitiin kiinnittää hitsauksen ajaksi. Opinnäytetyön lopputulokseksi saatiin että, kyseinen robotisolu soveltuu tuotteen hitsaamiseen uuden layoutin myötä ja hitsausjigiä muutetaan tarpeen tullen soveltuvammaksi, mikäli on tarvetta. Opinnäytetyö toteutettiin kahden opiskelijan yhteistyönä, josta molemmat tekivät oman osion. Luostarin Kimmo loi simulointimallin ja Janne Isokoski suunnitteli hitsausjigin.</p>		
Asiasanat		
Robottihitsaus, Simulointi, Igrip		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Ylivieska	Date 20.4.2010	Author Luostari Kimmo Isokoski Janne
Degree programme Mechanical- and production engineering		
Name of thesis Developing the robot welding of a rear blade		
Instructor Pieskä Sakari, Kaarela Jari, Mäkelä Jari		Pages 31
Supervisor Pisilä Janne		
<p>The subject of thesis was to develop and automatize welding of the frame of rear blade. The thesis was commissioned by VAMA-Product Oy and they manufacture for example VAMA- rear blades, snow ploughs, snow stake - setting and collecting machines, front loader buckets and forklifts. A second-hand welding robot cell was modified and made to fit and for the purpose of welding the rear blade frame. Information regarding the equipment and the welding cell was acquired from the manufacturers. A Cell model of the welding cell was created and used in examining the reach. With the help of the cell model a new layout was created for the welding cell. A welding jig, where the product could be attached to for the duration of the welding process, was contemplated in the welding cell. As a result of this thesis, the robot cell in question was suited to be used in welding the product due to the new layout and, if needed, the welding jig could be modified. The Thesis in question was carried out in co-operation of two students and both performed their own parts. The simulation model was created by Kimmo Luostari and the design of the welding jig was made by Janne Isokoski.</p>		

Key words

Robot welding, Simulation, Igrip

KÄSITTEET

.igs	IGES:n tiedostomuoto
.sldprt	SolidWorksPart tiedostomuoto
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
Hitsausjigi	Teline, johon kappaleen osat laitetaan ja jossa ne voidaan hitsata hallitusti yhdeksi kokonaisuudeksi.
Hydrauliikka	Hydrauliikka tarkoittaa tehonsiirtoa nesteen paineen ja tilavuusvirran avulla.
I/O	Input/Output, sisään- / ulostulo
IGES	Initial Graphics Exchange Specification, IGES on ensimmäinen neutraali geometrian tiedonsiirron standardi.
Igrip	Interactive Graphics Robot Instruction Program, Delmian valmistama graafinen simulointi ja etäohjelmointi ohjelmisto.
Kalibrointi	Kalibroinnilla tarkastetaan simulointimallin ja todellisuuden vastaavuus.
Kinemaattinen malli	Malli, jolle on määritelty liikealueet ja jota voidaan liikuttaa itsenäisenä tai yhtenä osana toista laitetta simulointiohjelmassa.
Layout	Pohjapiirros, jossa nähdään koneiden sijoittelut toisiinsa nähden ympäristössä ja josta voidaan käyttää myös nimitystä asettelu.
Linkittäminen	Laitteiden tai mallien yhdistäminen toisiinsa siten, että ne muodostavat yhden kokonaisuuden.
MAG	Metal Active Gas, suojakaasuna on aktiivinen kaasu, joka reagoi hitsisulan kanssa.
MIG	Metal Inert Gas, suojakaasuna on passiivinen kaasu, joka ei reagoi hitsisulan kanssa.
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
Panostus	Tuotteiden kiinnittäminen jigiin työstöä varten.
Polku (Path)	Polku koostuu tag-pisteistä, jota pitkin valittu laite voi liikkua.

Silloitus	Silloituksella erillisistä kappaleista luodaan yhtenäinen kokonaisuus lyhyillä hitsisaumoilla. Silloituksen jälkeen voidaan suorittaa varsinainen hitsaus, siten etteivät kappaleet irtoa toisistaan tai vääntyile hitsauksen aikana.
Synkroni	Toimia yhteen jonkin laitteen tai osan kanssa samanaikaisesti.
Tag-piste (Tag Point)	Tag-piste on piste 3-ulotteisessa avaruudessa, se määritellään x,y,z, koordinaateilla ja orientaatiolla w,p,r. Tag-piste on polun (Path) rakennusosa.
TKP	Työkalupiste
Työalue	Alue, jossa suoritetaan työn vaatimat toiminnot ja liikkeet.

ESIPUHE

Opinnäytetyön aihe saatiin VAMA-Product Oy:ltä, joka oli myös työn tilaaja. Opinnäytetyötä tehtiin sekä VAMA-Product Oy:n Ylivieskan toimipisteen tiloissa, että Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulun Ylivieskan yksikössä.

Haluamme kiittää opinnäytetyömme ohjaajia Pieskän Sakaria, Kaarelan Jaria ja Mäkelän Jaria ohjauksesta, tuesta, avusta kärsivällisyydestä opinnäytetyömme aikana.

Kiitokset saa myös VAMA-Product Oy:n työntekijät ja lisäksi erityiskiitokset saa työelämänohjaajamme Pisilä Janne.

Lopuksi haluamme vielä kiittää kaikkia lähisukulaisia, opettajia ja muita henkilöitä jotka ovat olleet osallisena opinnäytetyön teossa kuten mm. Iitu koira, joka on auttanut opinnäytetyön teossa ja kirjoituksessa.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

ABSTRACT

KÄSITTEET

ESIPUHE

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITTELY	2
3	HITSAUS.....	3
3.1	Hitsauksen historiaa	3
3.2	MIG/MAG - Hitsaus	3
4	ROBOTIIKKA JA ROBOTIHITSAUS	5
4.1	Robotit	5
4.2	Robottien käyttökohteet	6
4.3	Hitsauksen automatisointi	6
4.4	Hitsausrobotit	7
4.4.1	Kaarihitsausrobotti	8
4.5	Robottien ulkoiset akselit	9
4.5.1	Robotin liikealueen kasvattaminen	10
4.5.2	Kappaleenkäsittelijät	11
5	GRAAFINEN ETÄOHJELMOINTIJÄRJESTELMÄ.....	13
5.1	Robotin etäohjelmointiin käytettyjä ohjelmistoja	13
5.2	Opinnäytetyössä käytettyjen ohjelmistojen esittely	14
5.3	Robottisolun simulointimallin luonti.....	15
6	TAKALANAN RUNGON HITSAUS	16
6.1	Takalanan rungon valmistus.....	16
6.2	Robottihitsauksen asettamat vaatimukset.....	17
6.2.1	Robottihitsauksen vaatima valmistustarkkuus	18
6.2.2	Robottihitsauksen suunnittelu	19
7	ROBOTIASEMAN SUUNNITTELU JA MALLINNUS	20
7.1	Robottiaseman kuvaus.....	20
7.2	Robottiaseman mallinnus	21
7.3	Layout-suunnittelu.....	23
7.3.1	Ulottuvuustarkastelu	25

8	HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU JA MALLINNUS.....	26
9	POHDINTAA JA KEHITYSIDEOITA	29
10	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutustutaan toimivan robottisolun toimintaan ja sovelletaan toimintaa asiakkaan tarpeisiin ja vaatimuksiin. Opinnäytetyön alussa tutustutaan itse aiheeseen ja selvitetään millainen työ on työstettävänä, sekä mitä tulee ottaa huomioon. Opinnäytetyössä tutustutaan VAMA-Product Oy:öön ja tulevaan projektiin. Samalla tutustutaan laitteistoon ja selvitetään mitä odotuksia asiakkaalla on opinnäytetyön suhteen. Asiaa pohditaan ja työstetään koulussa opinnäytetyönohjaajan Sakari Pieskän johdolla. Opinnäytetyöhön liittyy ABB:n IRB2400 robotti hitsausvarustuksella ja ABB:n IRBP 750A pyörituspöydällä. Opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa toimiva hitsaussolu kyseisellä kokoonpanolla. Opinnäytetyön asiakkaalta saatiin takalanan kuvat, jota on tarkoitus ruveta hitsaamaan robotilla tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä tarkastellaan robotin soveltuvuutta takalanan hitsaamiseen, sekä suunnitellaan robottisolun ja tarvittavat lisälaitteet. Opinnäytetyö rajattiin takalanan rungon hitsauksen suunnitteluun ja tarkasteluun. Lähteinä työssä käytetään valmistajien kotisivuja ja materiaalia, kuin myös aiheeseen liittyviä tutkimuksia ja opinnäytetöitä. Opinnäytetyössä hyödynnetään ja sovelletaan opittuja taitoja ja asioita, sekä samalla opitaan myös uusia.

2 YRITYSESITTELY

VAMA-Product Oy on perustettu vuonna 1978. Alusta lähtien tuotanto on keskittynyt maatalouskoneiden ja tienhoitokoneiden valmistukseen. Yrityksen päätoimipaikka siirtyi Kalajoelta Ylivieskaan syksyllä 1999. VAMA-Product Oy:n toimipisteet sijaitsevat Pohjois-Pohjanmaalla, Kalajoella ja Ylivieskassa. Kalajoella valmistetaan tarvittavat osat. Hitsaus, maalaus ja kokoonpano ovat keskittyneet Ylivieskan tehtaalle. VAMA-Product Oy:n omia tuotteita ovat VAMA-takalanat, alueaurat, aurasviittojen pystytys- ja keräyskoneet sekä etukuormainkauhat ja trukkipiikit. Lisäksi tuotteistoon kuuluu hiekoittimet, takakauhat, talikot, suursäkinostimet, sekä muita lisävarusteita. VAMA-Product Oy:n tuotteita viedään Ruotsiin ja Norjaan. Tuotteiden kysyntä on tuotantoon verrattuna hyvä. Tuotteiden valmistus on pullon kaula tuotannossa, kaikki tuotteet jotka valmistetaan menevät kaupaksi ja tilauksia on koko ajan jonossa kausivaihteluista huomioon ottaen.

3 HITS AUS

Hitsaus on standardin SFS 3052 mukaan ”osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden.” (SFS, 1995). Lämmönlähteenä voidaan hitsauksessa käyttää sähkövirtaa, kitkalämpöä, liekkiä, diffuusioita, lasersädettä tai elektronisuihkua. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on likimain sama kuin perusaineella. Tärkein ero hitsaamisen ja juottamisen välillä on se, että juottaessa liitettävät kappaleet eivät sula.

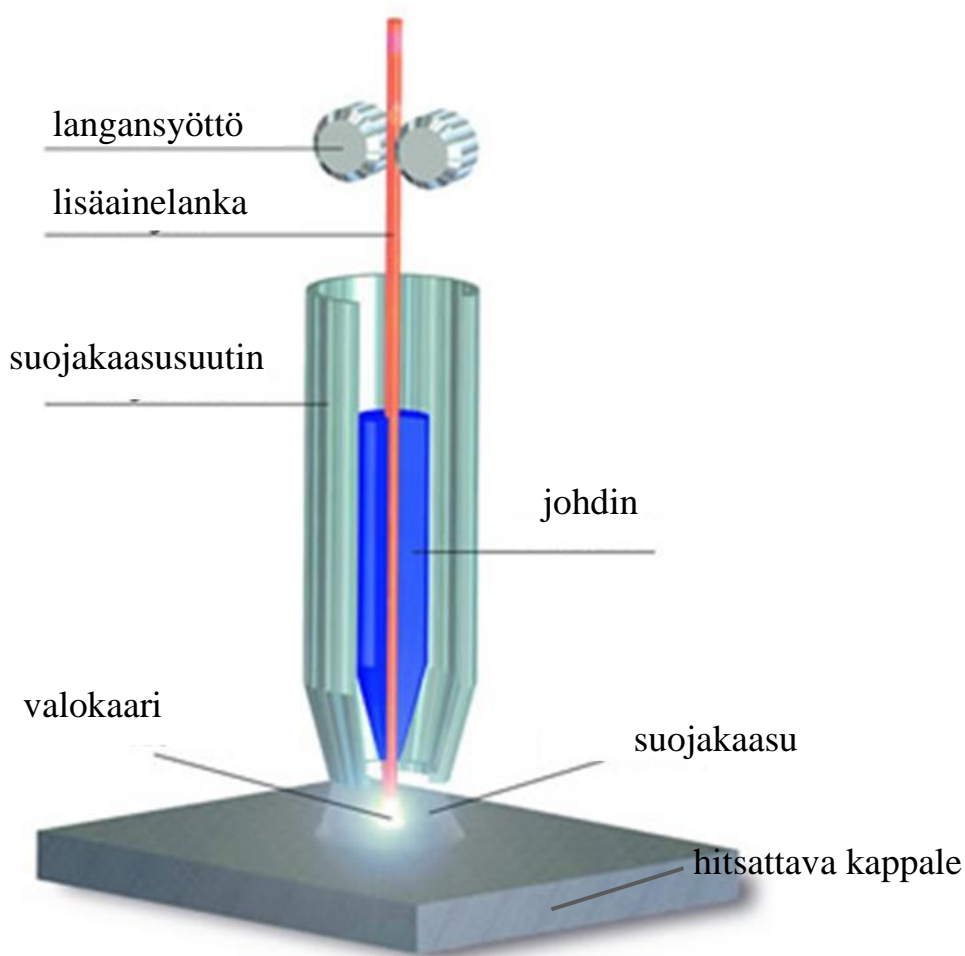
3.1 Hitsauksen historiaa

Nykyaikaisen hitsaustekniikan historia alkaa 1800-luvun loppupuolelta. Tätä ennen hitsausta oli tehty vuosisatoja ja vuosituhansia ns. pajahitsauksena. Pajahitsauksessa uunissa kuumennettuja metalliosia taottiin vasaralla toisiinsa niin kauan, että ne hitsautuivat yhteen. Perushitsausmenetelmät kuten vastushitsaus, kaasuhitsaus ja kaarihitsaus kehitettiin jo ennen ensimmäistä maailmansotaa, jolloin kaasuhitsaus ja kaasuleikkausmenetelmät olivat yleistyneet teollisessa valmistuksessa ja korjaustoiminnassa. Teollistuminen, uusien lämmönlähteiden saatavuus ja kaksi maailmansotaa vaikuttivat myöhemmin nykyaikaisen hitsauksen nopeaan kehittymiseen.

3.2 MIG/MAG - Hitsaus

MIG/MAG-hitsauksessa sähkövirran avulla saadaan valokaari joka palaa lisäainelangan ja hitsattavan kappaleen välissä, näitä suojaa suojakaasu kuten alla olevassa kuvio 1:ssä on esitetty. Hitsattaessa valokaari sulattaa perusainetta ja lisäainetta, näiden jähmettyessä syntyy kiinteä kokonaisuus. Lisäainelanka on ohutta metallilankaa, jonka koostumus on yleensä sama kuin perusaineella. MIG/MAG-

hitsauksen kehitti 1940-luvun loppupuolella yhdysvaltalainen Air Reduction Company. Lyhenne MIG tulee englanninkielisestä sanasta Metal Inert Gas, kun taas MAG lyhenne tulee sanoista Metal Active Gas. MIG-hitsauksessa suojakaasuna on passiivista kaasua joka ei reagoi hitsisulan kanssa, kun taas MAG-hitsauksessa suojakaasu reagoi sulan kanssa. Passiivisena suojakaasuna voidaan käyttää argonia tai heliumia, kun taas aktiivisena suojakaasuna voidaan käyttää argonin ja hapen tai argonin ja hiilidioksidin yhdistelmiä. Nykysovelluksissa MAG-hitsaus on huomattavasti yleisempää kuin MIG-hitsaus. (Pires;Roberto;Loureiro;Altino;Bolmsjö;& Gunnar, 2006)



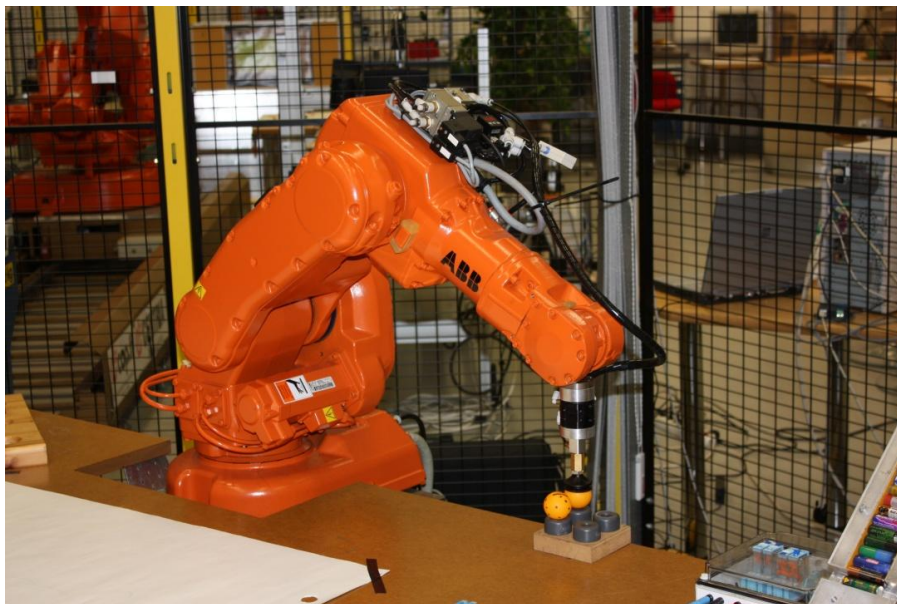
KUVIO 1. MIG/MAG-Hitsauksen periaate (Deloro Stellite, 2008)

4 ROBOTIIKKA JA ROBOTTIHITSAUS

Robotin määritelmä The Robot institute of American mukaan: ”robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi”. (Robotics Research Group at The University of Texas at Austin, 2009)

4.1 Robotit

Robotit vaativat toimiakseen mekaanisen ja ohjauksellisen (sähköisen) tekniikan. Robottien liikkeitä voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Robottien käyttömekanismeina voi olla sähkömekaniikka, hydraulikka, pneumatiikka tai näiden yhdistelmät. Pneumatiikka soveltuu näistä heikoimmin kaarihitsaukseen sen liikeratojen sekä nopeuden epätarkkuuksien vuoksi. Hydraulikkaa taas käytetään lähinnä suurta voimaa vaativissa kohteissa. Nykyään yleisimmäksi käyttömuodoksi onkin noussut sähkömekaniikka, sen etuja ovat esimerkiksi yksinkertaisuus, tarkkuus, joustavuus ja nopeus. (Hamilton;Nicolas;& Iso-Kuortti, 2002)



KUVIO 2. ABB IRB-140 käytön harjoittelua AMK:n tiloissa

4.2 Robottien käyttökohteet

Robotit voidaan luokitella niiden käyttötarkoituksen mukaisesti kahteen eri ryhmään. Pääsääntöisesti ne jaetaan siirto- ja prosessitehtäviä suorittaviin robotteihin. Siirtorobottien käyttökohteita ovat esimerkiksi pakkaus, paletointi, sorvien ja työkeskusten yhteydessä kappaleen käsittely. Prosessirobotteja käytetään esimerkiksi hitsauksessa, maalauksessa, muunlaisessa pinnoituksessa, hionnassa, kiillotuksessa ja leikkauksessa. Suomessa yleisimmät robotin käyttökohteet ovat kappaletavara- ja hitsausautomaatioissa, konepajatuotannossa, maalauksessa, elektroniikkateollisuuden ja elintarviketeollisuuden tarpeissa. Kuviossa 2 on ABB käsivarsirobotti, joka toimii opetuskäytössä Keskipohjanmaan Ammattikorkeakoulun Ylivieskan yksikön Tuotantotekniikan laboratoriossa.

4.3 Hitsauksen automatisointi

Hitsaus monesti mielletään käsityöksi ja työolosuhteet eivät aina ole niitä puhtaimpia. Työpaikoista tunnistaa hyvin helposti ne pajat, joissa hitsausta suoritetaan. Hitsauksen automatisointi vaatii pajaolosuhteiden huomattavaa parantamista, jotta hitsaus voidaan automatisoida. Hitsausta automatisoidessa pitää ottaa huomioon laitteiden ja koneiden vaatima tila ja olosuhteet. Tilan siisteys vaikuttaa hitsaukseen ja koneiden toimintaan. Kunnan hitsaussolua ei erota muista tuotantosoluista kun se oikein suunnitellaan.

Nykypäivänä automatisointi yleistyy Suomessa ja muuallakin jatkuvasti. Tärkeimpiä automatisoinnilla tavoiteltavia etuja ovat raskaiden, vaarallisten tai monotonisten työtehtävien välttäminen, tasalaatuisuuden ylläpitäminen ja kapasiteetin kasvattaminen esimerkiksi tuotantonopeuden tai miehittämättömien tuotantojaksojen lisäyksellä. Suomessa suuri tekijä automatisoinnissa ovat myös kalliit palkat ja henkilökustannukset sekä mahdollisesti tulevaisuudessa koittava ammattitaitoisen työvoiman pula.

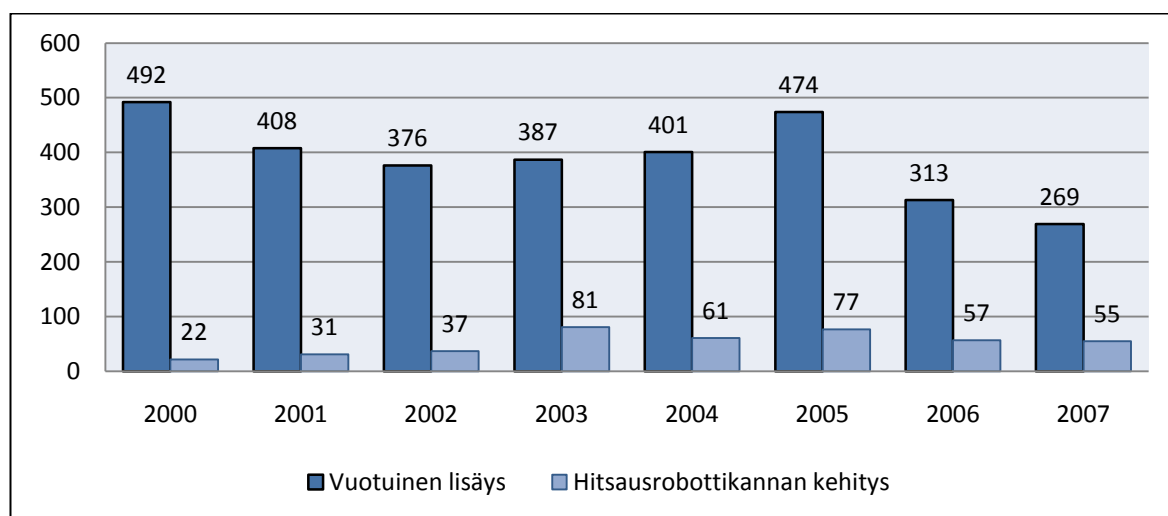
4.4 Hitsausrobotit

Hitsauksessa automatisointi mahdollistaa tasaisen laadun, mikäli hitsausparametrit saadaan kohdilleen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että robotilla ei ole erilaisia päiviä, vaan laatu on laitteiden toimiessa tasaista. Toisaalta taitava käsin hitsaaja saa aikaan hyvissä olosuhteissa parhaimmillaan selvästi laadukkaampaa jälkeä. On myös sellaisia hitsaus kohteita, joita robotilla ei ole mahdollista hitsata esimerkiksi vaikean sijainnin takia. Robotin heikkona puolena voidaan myös pitää sen standardoitujen parametrien mukaista hitsaustyyliä. Eli robotti ei välttämättä havaitse railon seurannalla railossa esiintyviä tilavuseroja tai muita vastaavia, jotka käsin hitsaaja pystyy havaitsemaan ja kompensoimaan hitsatessaan. Kuitenkin, jos hitsausrailo on hyvin valmisteltu, esikäsitteily ja parametrit ovat kohdallaan, saadaan hitsausrobotilla usein aikaan paremmannäköinen ja -laatuinen liitos kuin käsin. (Hamilton ym, 2002)

Hitsausrobotilta vaadittavia ominaisuuksia ovat muun muassa helppo ja nopea ohjelmoitavuus, nopeat siirtoliikkeet, hyvä liitettävyyys (esimerkiksi oheislaitteet) ja suuri työalue. Hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi myös hitsausnopeuden pitää pysyä vakiona ja robotin pitää kyetä pitämään hitsauspää halutussa asennossa koko työalueen, vaikka rata olisi monimutkaisempikin.

Suomen Robottiikkayhdistyksen ylläpitämien tilastojen mukaan vuonna 2007 teollisuusrobottikanta kasvoi 269 robotilla yhteensä 5821 robottiin. Kaarihitsausrobottikannan kasvu oli 55 robottia, minkä johdosta kokonaismäärä ylsi näin 882 robottiin. Taulukko 1 on esitetty Suomen robottikannan kehittyminen vuosien 2000-2007 aikana. (Suomen Robottiikkayhdistys Ry, 2009)

TAULUKKO 1. Teollisuusrobottikannan kehitys 2000-2007 (Suomen Robotiikkayhdistys Ry, 2009)



4.4.1 Kaarihitsausrobotti

Robottien käyttäminen kaarihitsaukseen tarjoaa monia etuja. Se parantaa hitsausauman laatua, nostaa tuottavuutta ja lisäksi se on myös kustannustehokasta. Se on myös terveyden ja turvallisuuden kannalta viisas valinta. Tyypillisesti kaarihitsauksessa käytettäviä robotteja ovat kuuden vapausasteen nivelvarsirobotteja. Kyseinen rakenne mahdollistaa vapaat liikeradat robotin työalueen sisällä. Tämä mahdollistaa hitsauspolttimen eri asennot hitsattaessa.

Hitsauksessa on siirrytty käyttämään yhä kevyempiä ja suorituskyvyltään pienempiä robottimalleja, yleensä tyypillisen kuormankantokyvyn ollessa 6 kg. Tämä ei ole merkittävästi pienentänyt robotin työaluetta, sen sijaan keventynyt paino mahdollistaa nopeampien liikenopeuksien käytön. Kuviossa 3 on esimerkki kaarihitsausrobotista.



KUVIO 3. Hitsausrobotti ABB IRB-1410 hitsausvarustuksella (ABB kotisivut, 2010)

Hitsauslaitteisto on periaatteeltaan käsihitsauksen hitsausvarustusta vastaava. Hitsausvirtalähde, langansyöttölaite, suojakaasuvirtauksen säätö ja polttimenhuoltoyksikkö toimivat robotin ohjausjärjestelmän alaisuudessa.

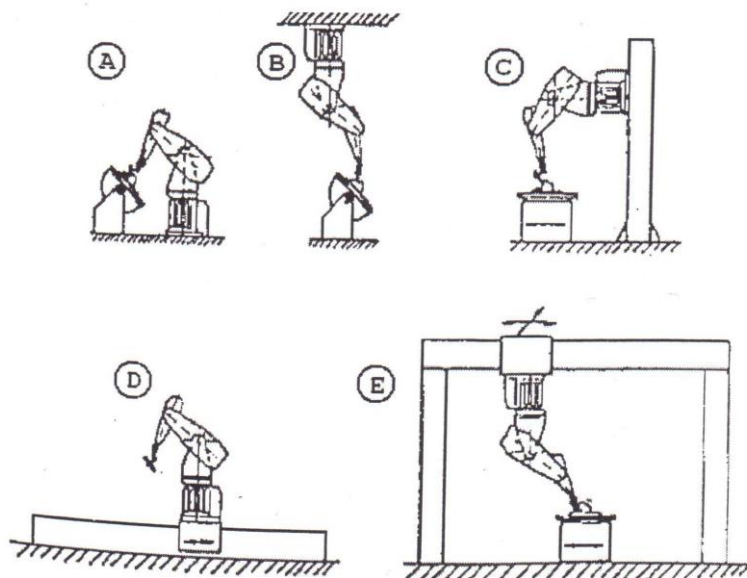
4.5 Robottien ulkoiset akselit

Robottien ulkoisilla akseleilla tarkoitetaan laitteita joita voidaan liittää robotin yhteyteen käyttäen robotin I/O:ta. Ulkoiset akselit yleensä parantavat robotin ulottumaa tai lisäävät sen monikäyttöisyyttä. I/O:hon voidaan yhdistää laitteita robotin ohjausjärjestelmään ja niitä voidaan liikuttaa joko erikseen tai synkronissa robotin kanssa.

4.5.1 Robotin liikealueen kasvattaminen

Robotilla hitsattaessa suuria kappaleita tarvitaan hyvä ulottuvuus. Kun robotti kiinnitetään portaalin tai servorataan saadaan robotin ulottumaa parannettua. Suurien rakenteiden hitsauksessa yleensä suositetaan puoliportaali ratkaisua, jossa on 1-3 liikeakselia. Tämä mahdollistaa suurien kappaleiden hitsaamisen samalla kuin paras mahdollinen työasento säilytetään. Hitsausjärjestelmien vapausasteiden kokonaislukumäärä on tyypillisesti melko suuri.

Usein pienissäkin kappaleissa voidaan hyödyntää ison portaalin hyötyjä siten, että robotilla tehdään työkiertoa toisessa työpisteessä ja samalla toista työpistettä panostetaan. Tämä tekee yhdestä robotista monipuolisemman ja kustannustehokkaamman ratkaisun. Liikealueen laajentaminen onnistuu helposti vaihtamalla puoliportaali täysikokoiseen portaali ratkaisuun. Työ asemien välinen liike voidaan suorittaa siten että kiinnitetään robotti lattiaan työpisteiden väliin tai seinälle kiinnitettyyn lineaarirataan. Asentamalla robotti lineaariradalla liikkuvaan C-pilariin, voidaan robottia liikutella radan liikesuuntaan nähden poikkisuunnassa. Kuvio 4 on esitetty erilaisia tapoja parantaa robotin ulottumaa.

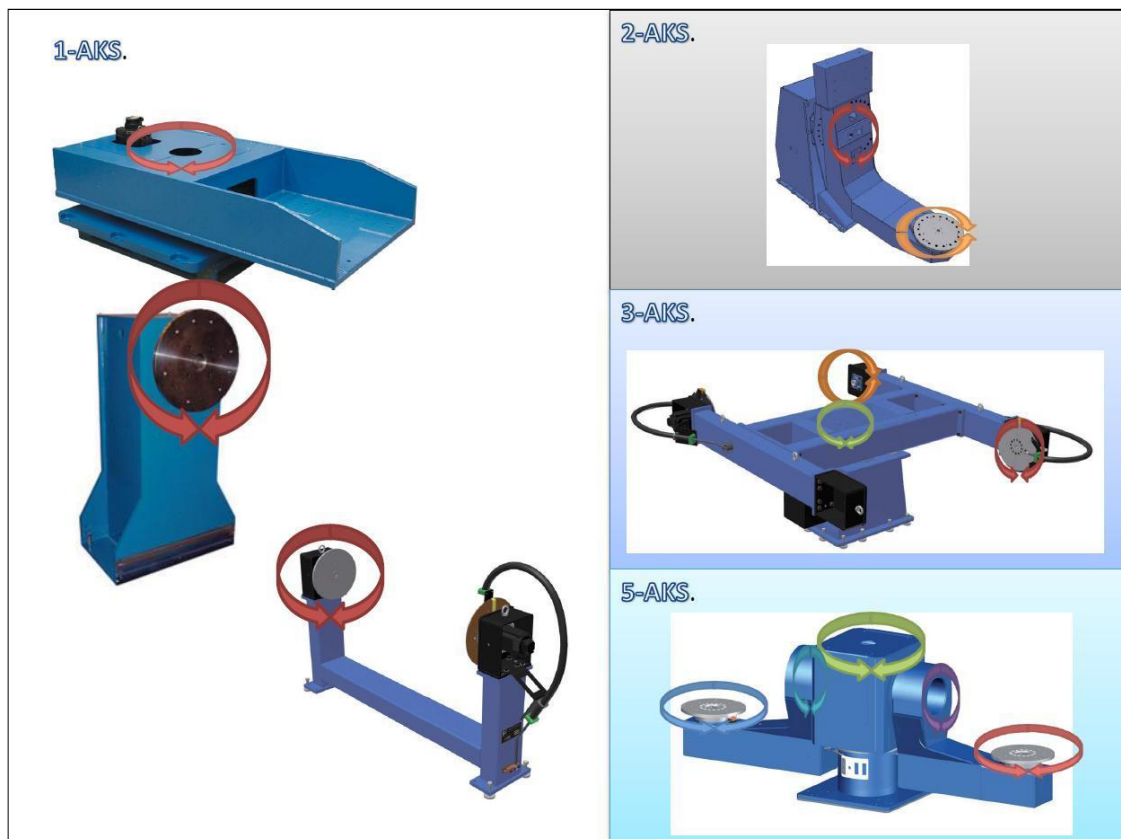


KUVIO 4. Erilaisia tapoja parantaa robotin ulottuvuutta (Automaint. Robotiikka -moniste [Verkkodokumentti])

4.5.2 Kappaleenkäsittelijät

Tuottavuuden parantamiseksi yleensä liitetään hitsausrobotin ohjaimen alaisuuteen yksi tai kaksi akselinen kappaleenkäsittelijä. Kappaleenkäsittelijä mahdollistaa kappaleen optimaalisen asemoinnin eli jalkoasennon. Jalkoasento mahdollistaa muita asentoja suuremman hitsausenergian käytön. Kappaleenkäsittelijä parantaa luoksepäästävyttä ja mahdollistaa kappaleen kääntämisen siten että monimutkaisiakin muotoja voidaan hitsata. Kappaleen käsittelijä vähentää hitsauksen kokonaiskestoja ja parantaa laatua sekä ulkonäköä.

Riippuen hitsattavan tuotteen rakenteesta ja koosta, erivalmistajien tuotevalikoimista löytyy erilaisia kappaleenkäsittelijöitä. Kuviossa 5 on muutamia esimerkkejä erilaisista kappaleenkäsittelijöistä.



KUVIO 5. Erilaisia kappaleenkäsittelijöitä (Motoman Robotics Europe, 2008)

Kappaleen pyörittämisen joko pysty- tai vaaka-akselin suhteen mahdollistaa 1-akselinen kappaleenkäsittelijä. Pyörityspöydän vastineeksi voidaan liittää vastinlaippa, joka tukee pitkiä kappaleita. Vastinlaippa voidaan asentaa kiskojen päälle, jolloin väli on säädeltävissä kappaleen pituuden mukaan. Kuvio 5 mukaan 2-akselisen L-pöydän eli ”sky hookin” avulla saadaan monimutkaisiakin kappaleita käännettyä niille optimaaliseen hitsausasentoon. 3-akselisen kääntö pöydän etuina on mm. panostettavuus samaan aikaan kpl:ta työstettäessä ja 5-akselisella voidaan suorittaa monimutkaisten kappaleiden panostus yhtä aikaa työstettäessä toista kappaletta.

5 GRAAFINEN ETÄOHJELMOINTIJÄRJESTELMÄ

Graafisen etäohjelmoinnin ja simulointiohjelmistojen käsitteet eroavat toisistaan. Käyttäjän näkökulmasta niiden välinen ero on varsin selvä. Simuloinnissa luodaan tietokoneelle malli ja samalla pyritään jäljittelemään joidenkin tapahtumien toimintaa. Etäohjelmoinnissa luodaan simulointimallia hyväksi käyttäen robottiohjelma ja lopuksi ohjelma siirretään robotille. Simuloitaessa käytetään kaikkia etäohjelmiston ominaisuuksia hyväksi, kun taas suoritettaessa etäohjelmointia, tulee tarkkaan tietää robotin ja kääntäjän ominaisuudet sekä rajoitukset, jotta käännöksen tuottama robottiohjelma voitaisiin onnistuneesti siirtää ja ajaa robotin ohjaimen. Etäohjelmoinnin lopputuloksena saadaan toimiva robottiohjelma, joka voidaan ajaa olemassa olevassa robottiasemassa. Simuloinnin lopputuloksena saadaan esimerkiksi robottiaseman layout-kuva, laitteiden keskinäinen etäisyys, sopivan robottimallin valinta tai joku muu yksittäinen parametri.

5.1 Robotin etäohjelmointiin käytettyjä ohjelmistoja

Robotin etäohjelmointiin on saatavilla robottimerkistä riippuen useita etäohjelmointiohjelmaa. Yleensä robotti valmistajalla on saatavana oma sovellus robotin etäohjelmointiin, mutta nämä ovat yleensä hyvin suppeita sovelluksia ja soveltuvat vain valmistajan omille roboteille. Robottivalmistajien sovelluksista erimerkkeinä voimme mainita Kukan KUKA Sim, Motomanin MotoSim EG, ABB:n RobotStudio. Robottivalmistajien sovellukset räätälöidään sovelluskohtaisesti asiakkaan tarpeisiin. Markkinoilla on myös saatavana yleissovelluksia joilla voidaan ohjelmoida useita eri robotteja eri valmistajilta, näistä on hyvä mainita Delmian sovellukset Igrid ja Robotics v5. Yleissovelluksen hyvänä puolena on se, ettei sitä tarvitse muokata jos tuote tai sovelluskohde vaihtuu, vaan voidaan samalla ohjelmalla muokata solusta uusi malli ja kalibroida se vastaamaan todellisuutta. Näin voi käyttää samaa etäohjelmointi sovellusta laajemmin hyväksi. Huonona puolena on se, että joudutaan hankkimaan laajasovellus,

jonka kaikkia ominaisuuksia ei aina tulla hyödyntämään. Robottisimulointiohjelmistojen toimittajilla on pyrkimys räätälöidä asiakkaalle sopiva ohjelmisto, jotta sen käyttäminen olisi mahdollisimman yksinkertaista ja helppoa, sekä täyttäisi asiakkaan vaativat vaatimukset.

5.2 Opinnäytetyössä käytettyjen ohjelmistojen esittely

Opinnäytetyössä olemme tutustuneet ja käyttäneet Etäohjelmoinnissa Delmian Igrip ohjelmaa, sekä myös ABB RobotStudio sovellusta. Molemmat ohjelman soveltuivat etäohjelmointiin hyvin, mutta valitsimme Delmian Igrip ohjelman etäohjelmointiin koska olimme käyttäneet ohjelmaa aikaisemmin harjoitustöissä ja opintojaksolla.

Delmian Igrip sovelluksena on hyvin toimiva, vaikkakin ulkoasu ei ole ihan nykypäivän ohjelmien tasolla. Igrip:in ulkoasusta ensimmäisenä tuli mieleen 3.1 Windows käyttöjärjestelmä. Igrip kätkee sisäänsä paljon toimintoja ja niiden alatoimintoja, yhdellä napilla on monta eri merkitystä riippuen valitusta toiminnosta. Igrip sovelluksen merkittävin puute on palautustoiminnon asteittaisen palautuksen puuttuminen, sovelluksesta löytyy yhden kerran palautustoiminto. Tallentaminen korostuu töiden edistyessä. Igrip on monipuolinen toisiin ohjelmiin verrattuna siten, että siihen voidaan tuoda ja viedä monia erilaisia malleja ja kappaleita eri tiedostomuodoissa. Igrip ohjelmaan voidaan myös tuoda robottivalmistajien sivuilta saatavia robotteja ja lisälaitteita, tai voidaan luoda itse robotteja tai lisälaitteita tarpeen mukaan.

ABB:n RobotStudio ympäristönä on nykyaikaisempi verrattuna Delmian Igrip sovellukseen. RobotStudio:n ulkoasu on nykyaikaisempi ja suurin osatoiminnoista on laitettu pikakuvakkeiden ja alasettovalikoiden taakse. Toimintojen löytäminen on helpompaa ja toiminnon ominaisuuksista saa apua ponnahdusikkunan kautta. Laitteiden yhdistäminen toisiinsa on helpompaa RobotStudio:n vasemmassa reunassa olevan

hakemisto puun kautta. Hakemistopuusta näkee helposti mitkä laitteet on yhdistetty toisiinsa ja miten.

5.3 Robottisolun simulointimallin luonti

Robottisolun simulointimallin luontiin tarvitaan tietoja tuotteesta, tehtävästä työstä ja laitteista ja koneista joita soluun on tarkoitus laittaa. Robottisolusta voidaan tehdä karkea malli, jota voidaan muokata olemassa olevaan soluun tai ympäristöön sopivaksi kalibroimalla malli mittalaitteilla. Kalibroinnissa olemassa olevasta ympäristöstä otetaan koordinaatteja ja ne sovitetaan robottisolumalliin, joka on tehty koneella, tai robottisolumallista otetaan koordinaatit ja sovitetaan ne ympäristöön. Jälkimmäisellä tavalla voidaan helposti monistaa kyseisen solun kaltaisia soluja, jotka vastaavat solumallia.

6 TAKALANAN RUNGON HITSAUS

Takalana on maatalous käyttöön suunniteltu traktorin perään kytkettävä lisälaitte, jolla voidaan tasoittaa maata. Takalanoja on tehty erikokoisia eritehoisiin traktoreihin. Nykyään takalanoja saa mekaanisena kuin myös hydraulitoimisena. Takalanoista löytyy talonpoikaismallisto, joka on maatalouskäyttöön ja ammattikäyttöön suunniteltu järeämpi mallisto. Takalanojen valmistajia on muitakin, mutta tässä työssä keskitytään VAMA-Product Oy:n valmistamaan talonpoikaismallin rungon hitsaukseen ja sen robotisointiin.

6.1 Takalanan rungon valmistus

Takalanan rungon osat valmistetaan VAMA-Product Oy:n tiloissa Kalajoella ja Ylivieskassa. Takalanan rungon matka alkaa osien leikkauksella isoista levyaihioista NC ohjatulla plasmaleikkurilla. Leikkauksen jälkeen osat menevät särmäykseen sekä koneistukseen riippuen osasta. Valmiit osat toimitetaan Ylivieskan toimipisteeseen, jossa suoritetaan osien osakokoonpano ja hitsaus. Hitsaus suoritetaan käsin hitsauksena vaiheittain jigeissä. Hitsauksessa käytetään silloitusjigiä, jossa osat asetellaan oikeille paikoilleen ja laitetaan pienellä hitsisaumalla kiinni toisiinsa. Hitsausjigissä suoritetaan varsinainen hitsaus, jossa silloitetut osat hitsataan toisiinsa kiinni siten, että ne muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Kokoonpanossa takalanan runkoon liitetään hitsaamalla teräosa, sekä muut osat jotka suojataan maalikerroksella pintakäsittelyssä. Loppukokoonpanossa tuotteeseen asennetaan hydrauliiikka ja muut asiakkaan tilaamat lisävarusteet. Hydrauliiikkaosat ostetaan alihankinnasta. Ylivieskassa suoritetaan tuotteiden lopputestaus ja pakkaus.

6.2 Robottihitsauksen asettamat vaatimukset

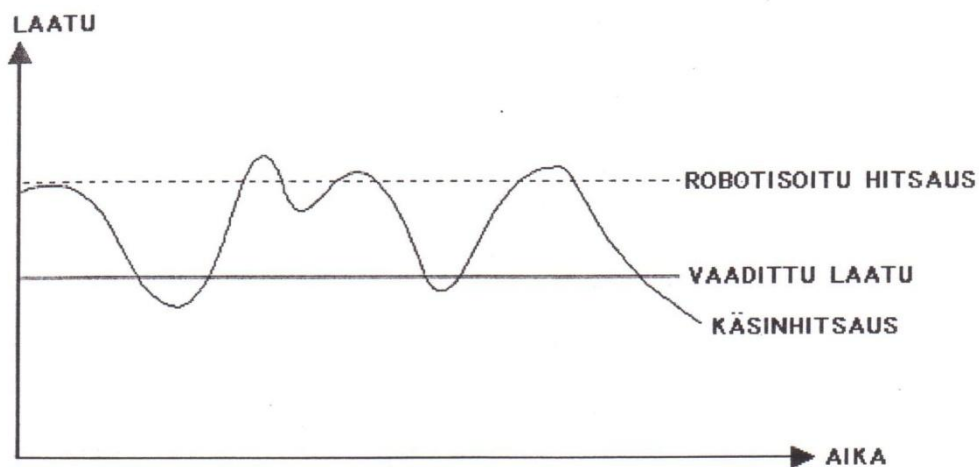
Robottihitsaus nopeuttaa hitsaamista ja parantaa hitsauksen laatua, mutta se myös asettaa vaatimuksia hitsattavalle tuotteelle ja osavalmistukselle. Osien puhtaus vaikuttaa hitsauksen laatuun ja robotin toimintaan. Osien luokse päästävyys pitää olla huomioitu robotin hankinnassa ja hitsaussolun suunnittelussa, kuin myös itse tuotteen suunnittelussa. Laadun keskimääräinen paraneminen ja tuotteiden tasalaatuisuus ovat robotisoidun hitsauksen tuomia etuja.

Robottihitsauksella on mahdollisuus saavuttaa lyhyempi läpimenoaika, johtuen lähinnä väliliikkeiden nopeudesta ja korkeammasta kaariaikasuhteesta. Robottihitsaus mahdollistaa myös suurempien hitsausarvojen käytön ja työkiertojen tarkan toistettavuuden. Läpimenoajat ovat hyvin tiedossa, jolloin voidaan robottiaseman kuormittaminen suunnitella paremmin.

Robotisoitua hitsausta edeltävillä työvaiheilla on suurempi vaikutus hitsauksen laatuun. Osavalmistuksen ja esikasauksen tulee tuottaa tasalaatuisia komponentteja, myös suunnittelussa tulee kiinnittää huomioita hitsaukseen. Laadun valvontaan tulee myös kiinnittää huomioita, sillä epätarkat osat aiheuttavat ongelmia hitsauksessa. Vakioolosuhteiden tärkeys korostuu, sillä mitä paremmin täytetään robottihitsauksen vaatimukset, sitä paremmin saavutetaan robottihitsauksen edut ja vaatimukset laadussa.

Robotilla hitsattavien kappaleiden tulee olla puhtaita, sillä levyjen pinnalla oleva valssihilse, ruoste ja lika vaikeuttavat valokaaren syttymistä. Suurin osa hitsausrobottien toimintahäiriöistä johtuu juuri sytytyksessä tapatuvista virheistä. Epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa myös virheitä railonhakuun, mikäli käytössä on perinteinen sähköiseen kontaktiin perustuva järjestelmä.

Päävaikutukset voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: hitsauksen laatuun, tuottavuuteen ja ympäristöön. Verrattaessa robotisoitua hitsausta käsinhitsaukseen voidaan todeta että vaihtelevissa olosuhteissa käsinhitsauksella saavutetaan laadultaan parempi liitos. Toisaalta käsinhitsauksen laatu vaihtelee inhimillisten tekijöiden, ympäristön ja ajan mukaan. Sen sijaan hitsausrobotti tuottaa tasalaatuista hitsausaumaa, mikäli vain hitsaukseen vaikuttavat tekijät pysyvät muuttumattomina. Kuvio 6 havainnollistaa robotisoidun hitsauksen vaikutusta laatuun.



KUVIO 6. Robotisoidun hitsauksen laatu ajan funktiona (Veikkolainen, 1998)

6.2.1 Robottihitsauksen vaatima valmistustarkkuus

Osavalmistuksen kannalta robottihitsauksen vaatima valmistustarkkuus on riittävä plasmaleikkauksen johdosta. Särmättyjen osien tarkkuus on $\pm 0,2$ mm/särmä, joten särmäyksestä johtuva epätarkkuus ei ole olennainen. Suurimmat epätarkkuudet syntyvät kokoonpanossa.

Osien paikoitustarkkuus on parhaimmillaankin kymmenesosa millimetrien luokkaa. Paikoitustarkkuutta voidaan parantaa kohdistusnastoilla, jotka sijoitetaan siten, että särmäyksessä syntyvät mittavirheet eivät vaikuta niiden paikkaan. Toinen hitsauksen mittavirheitä aiheuttava asia on muodonmuutokset, jotka vaikuttavat tuotteen kulmien suoruuteen. Oikeanlaiset hitsausjigit ja hitsausjärjestys vähentää

syntyviä muodonmuutoksia. Hitsauksen jälkeen tuotteen mittatarkkuus vaihtelee suuresti riippuen tuotteesta ja suunnittelun onnistumisesta. Avoimen suuren kaappirakenteen ristimitan vaihtelu voi olla 1 – 2 mm hitsauksen jälkeen. (Puikkonen, 2004)

6.2.2 Robottihitsauksen suunnittelu

Rungon hitsaamisen automatisoinnissa mietittiin eri vaihtoehtoja hitsauksen toteutukseen. Rungon hitsauksen automatisoinnissa päädyttiin robottihitsaukseen, koska yritys on jo hankkinut käytetyn hitsausrobotin. Robottihitsauksen suunnittelu eteni seuraavaksi tietojen keruulla laitteista, sekä hitsattavasta tuotteesta. Robottihitsauksen suunnittelussa otettiin rungosta päähitsauskohteiksi pitkät hitsaussaumamat ja päätylaipat, joiden hitsauksessa kaariajat ovat pitkiä ja jotka on robotilla mahdollista hitsata. Mallinnukseen selvitys kohteeksi tuli robotin ulottuvuus rungon päihin ja jalkoasennon saavuttaminen laipan hitsauksessa. Seuraavaksi opinnäytetyössä luodaan hitsausjigi, mallinnetaan robottisolun, simuloidaan ja tarkastellaan rungonhitsausta. Hitsausjigiä suunniteltaessa huomioidaan robotin luoksepäästävyys ja rungon kiinnitys hitsausjigiin. Mallinnuksessa luodaan robottisolusta layout-malli, simuloidaan ja tarkastellaan kyseisen solun toimintaa.

7 ROBOTIASEMAN SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Takalanan hitsauksen kehittämiseen VAMA-Product Oy hankki hitsaussolun takalanan rungon hitsaamiseen. Tuotteen rungon hitsauksessa kaariajat on pitkiä ja hitsaus työlästä. Robotista ja sen lisälaitteista otettiin tarkat tiedot ja mitat, niiden perusteella robottisolusta tehtiin solumalli. Solumallilla voitiin suunnitella robottisoluun uusi layout ja mallintaa robotin liikeradat tuotteen hitsauksessa. Robottiaseman suunnittelussa ja mallinnuksessa itse mallinnus, layout-suunnittelu ja ulottuvuustarkastelu ovat riippuvaisia toisistaan.

7.1 Robottiaseman kuvaus

Käytetty robottisolu koostui ABB IRB-2400 robotista vuosimallia 2001, S4C+ M2000 ohjausjärjestelmästä, joka on varustettu hitsauslaitteistolla ja SmarTac railon avulla ilman railon seurantaa. Robottisoluun kuuluu myös kappaleenkäsittelijä ABB IRBP 750A, joka on myös vuosimallia 2001. Robottisolun hitsauslaitteistoon kuuluu langankatkaisuautomaatti J.Thielmann BRG-2000D + DA-2000 vuosimallia 2008, hitsauspolttimen keskitin Bulleyes vuosimallia 2001, hitsausvirtalähde ABB LR430 ja langansyöttölaite A314-PIB vuosimallia 2004.

Itse robottisolu on rakennettu tikapuukisko-tyylisen runkorakennelman päälle, jossa robotti ja kääntöpöytä ovat vastakkain aseteltuna. Itse hitsauslaitteisto on kiinnitetty robottiin ja huoltolaitteisto sijaitsee irrallaan. Kuviossa 7 on vastaavanlainen ABB:n hitsaussolu kuin VAMA-Product Oy:ssä.



KUVIO 7. ABB hitsaussolu varustettuna IRB-2400 robotilla. (Global Robots ltd, 2010)

7.2 Robottiaseman mallinnus

Robottiaseman mallinnus aloitettiin tietojen keruulla, niitä löytyi itse laitteista, laitteentoimittajalta, laitteen valmistajalta tai suoraan mittaamalla. Laitteen tietoja tarvittiin laitteen tärkeiden mittojen löytymiseen ja liitäntöjen ohjelmoimiseen. Yleensä robotista löytyi valmis malli joko simulointi ohjelmasta, valmistajan sivuilta tai valmistajan tietokannasta. Jos mallia ei löytynyt, otettiin yhteyttä valmistajiin, koska yleensä roboteista on olemassa malli, vaikka niitä ei internet-sivuilta löytyisikään. Tietojen keruun jälkeen mallinnuksessa mallinnettiin puuttuvat toimilaitteet ja osat, jotka ovat oleellisia solun toiminnan kannalta. Myös voitiin mallintaa ympäristössä olevia kohtia, jotka voivat vaikuttaa robottisolun toimintaan esim. toinen laite tai ympäristössä oleva kiinteä este, jota ei voida poistaa.

Takalanan rungon hitsaussolun mallinnuksessa tarkasteltiin seuraavaksi tuotteita ja laitteita. Takalanan rungosta otettiin ylös tärkeitä mittoja ja tietoja, joita käytettiin mallinnuksessa. VAMA-Product Oy:ltä saatiin takalanan rungon CAD-kuvat, joita

hyödynnettiin mallin luonnissa. Robotin ja sen lisälaitteiden tietoja ja malleja etsittiin valmistajan kotisivuilta, myös samalla kysyttiin maahantuojalta hitsausrobotin hitsauspolttimen mallia ja teknisiä mittoja.

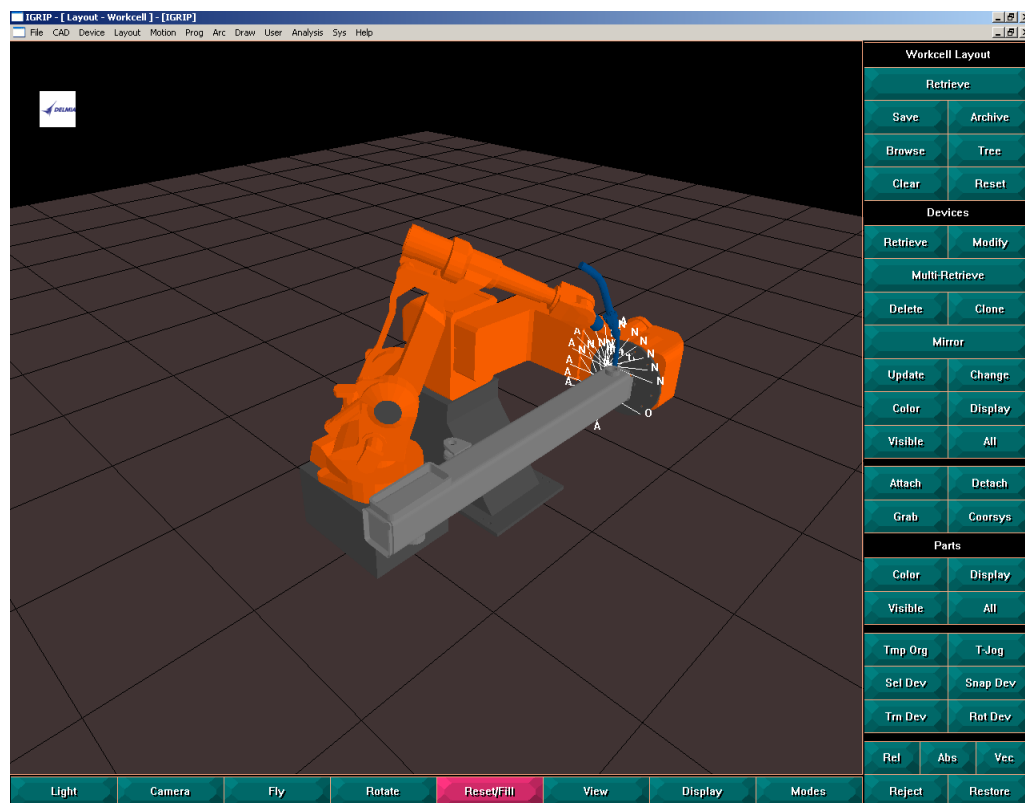
Takalanan rungon hitsaussolun mallinnus eteni seuraavaksi CAD-kuvien käsittelyyn. Takalanan rungon CAD-kuva jouduttiin kääntämään .igs muodosta SolidWorks ohjelmassa ohjelman omaan .sldprt muotoon. Tämän jälkeen pystyttiin muokkaamaan CAD-kuvaa ja poistamaan takalanan rungosta sellaiset osat, joita ei vielä ensimmäisessä hitsaus vaiheessa hitsata runkoon. Osa puuttuvista osista mallinnettiin SolidWorks- ja Igrip-ohjelmilla.

Kääntöpöytä jouduttiin mallintamaan ABB:n kotisivuilta saadusta mallista. ABB:n kotisivuilta ei löytynyt ABB IRBP 750A mallia, vaan jouduimme muokkaamaan sopivan mallin toisesta olemassa olevasta mallista. Mallia jouduttiin muokkaamaan, koska se ei vastannut todellisuutta. Kääntöpöydän malliin jouduttiin myös tekemään Igrip ohjelmalla kinemaattinen malli, jotta laitetta voitiin liikutella. Kääntöpöydän malli liitettiin osaksi robottia, siten kääntöpöytä saatiin toimimaan robotin ulkoisina akseleina.

Hitsaus poltin on ABB:n robotin hitsausvarustukseen kuuluva vakiomalli. Hitsauspoltin jouduttiin mallintamaan, koska kyseistä mallia ei enää löytynyt mallikirjastosta. Mallinnuksen pohjana käytettiin uudemman hitsauspolttimen mallia ja tehtiin siihen tarvittavat muutokset, jotta se vastasi kyseistä poltinta. Vanhan polttimen tiedot ja mitat löytyivät pdf-muodossa valmistajan arkistosta, näiden avulla muokkasimme polttimen vastaamaan todellisuutta.

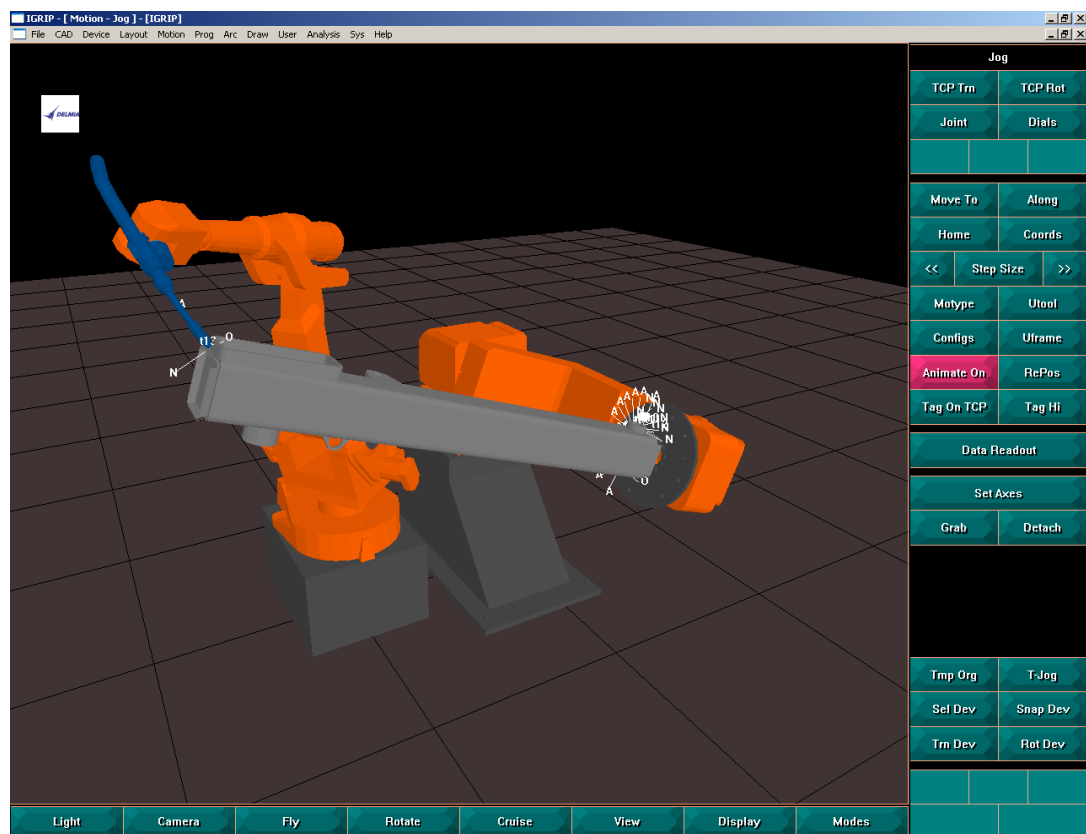
7.3 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelussa aluksi oli tarkoitus mallintaa alkuperäinen solu. Alkuperäisen solun toiminta rungonhitsauksessa todettiin mahdottomaksi, joten kyseisen solun mallinnus jätettiin tekemättä ja siirryttiin uuden layout-mallin suunnitteluun. Layout-mallista saatiin ehdotus opinnäyteyön työelämänohjaajalta Pisilän Jannelta, jossa robotti sijoitettiin L-pöydän viereen, josta se ylettyi hitsaamaan rungon molempiin päihin. Tällöin robotti hitsaa tuotteen takaa ja solun edusta jää vapaaksi, tämä helpottaa solun panostamista. Panostamisen parantuminen lyhentää solun asetusaikaa ja täten se parantaa solun kannattavuutta. Myös edustan vapaaksi jääminen mahdollistaa käsin silloituksen ja hitsauksen robottisolussa. Kuviossa 8:n nähdään hyvin miten robotti, kääntöpöytä ja runko sijoittuvat rungon hitsausrobotisolun layout-mallissa, kuvasta uupuu hitsausjigi.



KUVIO 8. Rungon hitsausrobotisolun layout-malli

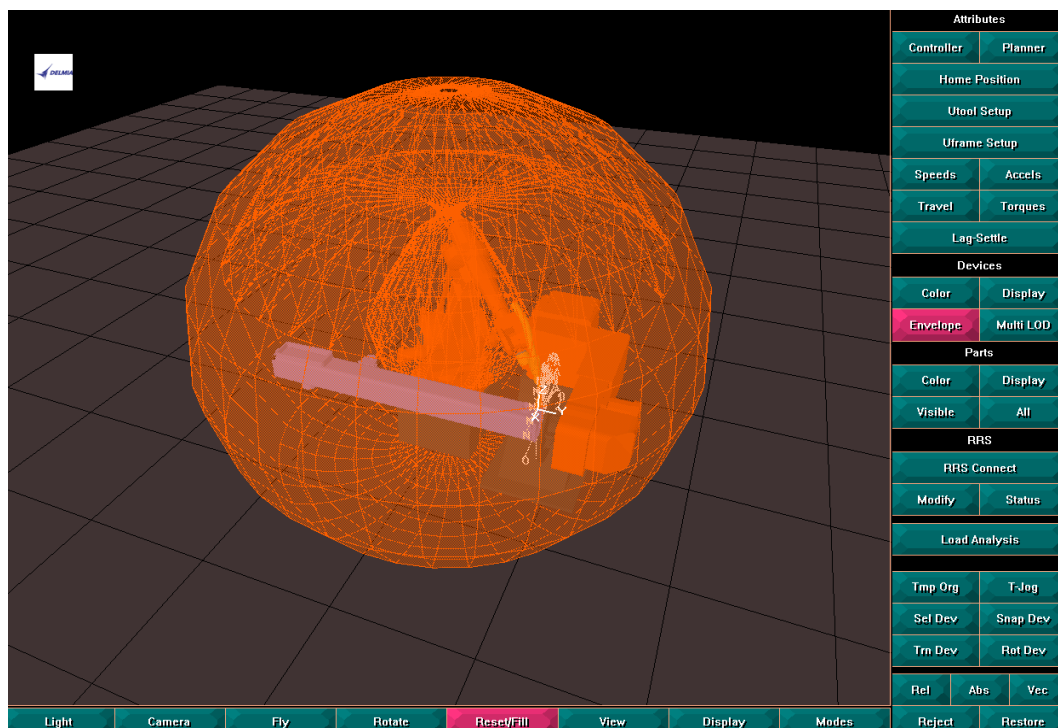
Robottisolusta tehtiin Igrip etäohjelmointiohjelmalla solumalli, jossa voitiin tarkastella solua ja sen toimintaa tietokoneella simuloiden. Solumallilla voitiin kokeilla laitteiden ja koneiden eri etäisyyksiä toisistaan ja nähdä samalla muutoksen vaikutus solun toimintaan. Solumalliin tuotiin VAMA Product Oy:ltä saatu lananrunгон malli ja tämä aseteltiin kääntöpöytään siten, että sen hitsaaminen olisi mahdollista kyseisellä robotilla. Kuviossa 9 nähdään robotin asento päätylaipan hitsauksessa, kääntöpöydän kääntäminen 15 asteen kulmaan mahdollistaa jalkoasennon päätylaipan hitsauksessa, sekä parantaa robotin ulottumaa. Päätylaippa voidaan hitsata ympäri asti kiertämällä kappaletta niin sanotun c-akselin ympäri. Kuvioissa nähdään myös tag-pisteet, joiden avulla robotin liikkeille luotiin rata. Kyseisissä kuvissa tag-pisteet on sijoitettu siten, että nähdään robotin ääriasennot hitsauksessa ja voitiin samalla todeta robotin ulottuma riittäväksi kyseisestä robotin sijoituskohdasta.



KUVIO 9. Päätylaipan hitsauksen ulottuman tarkastus

7.3.1 Ulottuvuustarkastelu

Robotin ulottumaa voitiin tarkastella Igrip ohjelmassa erillisellä Envelope-toiminnolla, jolla nähtiin robotin ulottuma pallonmuodossa. Ulottumapallosta erosi kaksi sisäkkäistä palloa, joista sisempi kuvasi työkalulaipan ulottumaa ja ulompi itse työkalun ulottumaa alueella. Robotin lähellä näkyi myös kanamunan mallinen muoto, joka kuvasi aluetta jossa robotti ei voinut työskennellä. Envelope toiminnolla voitiin nopeasti tarkastaa robotin ulottuma-alueella, mutta se ei takaa robotin ulottumaa kappaleen vaikeasti luokse päästäviin kohteisiin. Ulottuma tarkastelussa jouduttiin käyttämään tag-pisteitä avuksi vaikeasti luokse päästävien kohteiden tarkastelussa, kuten esimerkiksi päätylaippojen hitsaukset. Ulottuman tarkastelussa ajettiin robottia simulointi ohjelmassa eri tag-pisteisiin ja samalla tarkasteltiin robotin nivelten liikealueita. Ulottuvuustarkastelusta opinnäytetyössä todettiin, että kyseisellä kokoonpanolla voitiin hitsata rungon päätylaipat ja pitkät saumat.



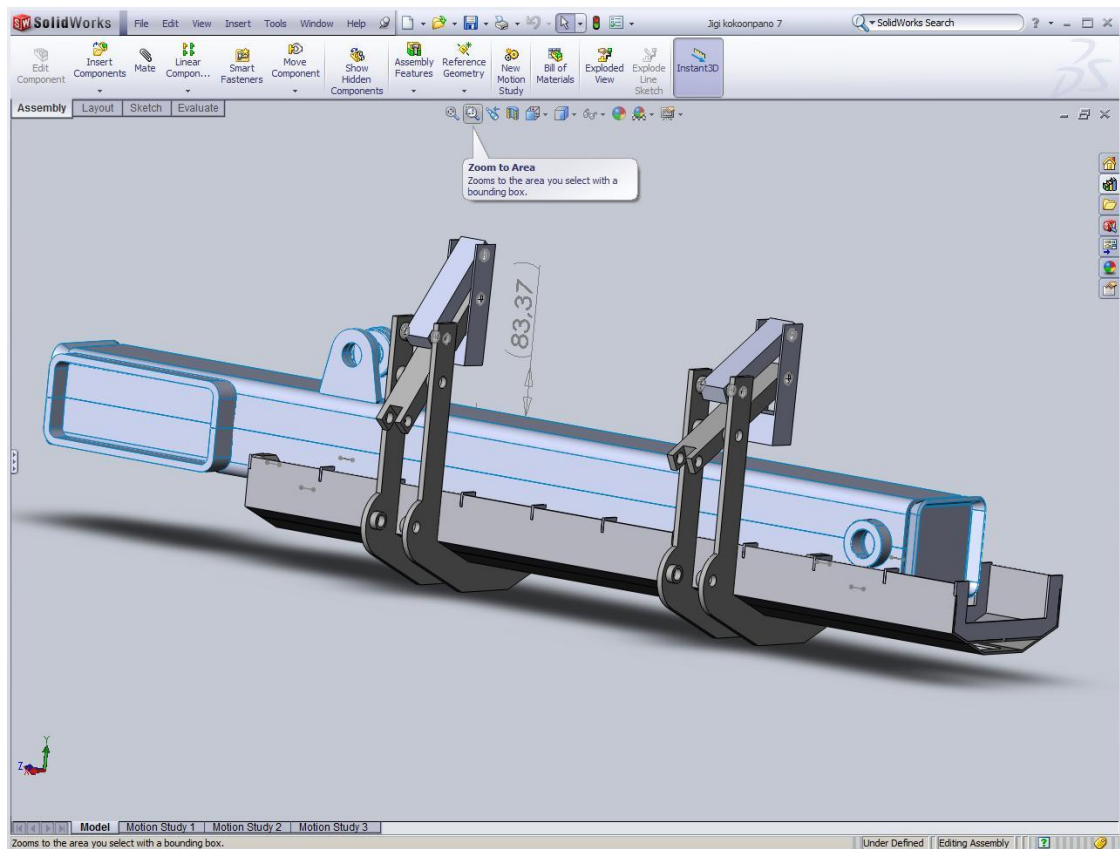
KUVIO 10. Rungon hitsausrobotisolun ulottumatarkastelu

8 HITS AUSJIGIN SUUNNITTELU JA MALLINUS

Hitsattava kappale, joka oli tässä tapauksessa takalanan runko, kiinnitettiin L-pöytään hitsausjigillä. Takalanan runko koostuu alussa kahdesta C-profiilista, jotka hitsattiin toisiinsa kiinni muodostaen yhtenäisen putkirakenteen. Takalanan runko oli tässä tapauksessa suora kappale, mutta siihen lisättiin erilaisia osia valmistuksen edetessä ja samalla rungon hitsaamisesta tuli vaikeampaa. Aikaisemmin hitsaamisen hoiti hitsari, mutta automatisoinnin yhteydessä hitsarin korvasi hitsausrobotti. Hitsausjigin ja robotin asemointi vaikuttivat millaisia kappaleita voitiin hitsata. Kappaleen massa piti ottaa huomioon hitsausjigiä suunniteltaessa, hitsausjigin ja kappaleen yhteenlaskettu massa ei saanut ylittää kappaleenkäsittelijän käsittelykykyä. Hitsausjigin suurin sallittu massa saatiin vähentämällä kappaleen massa kappaleenkäsittelijän käsittely kyvystä, josta tulokseksi saatiin arvioitu hitsausjigin suurin sallittu massa. Tässä tapauksessa kappaleen massa oli 135kg ja kappaleenkäsittelijän käsittelykyky oli 750kg, joten hitsausjigin suurimmaksi sallituksi massaksi saatiin 615kg.

Alussa tutustuttiin asiaan työelämänohjaajan opastuksella ja hän kertoi millainen heidän kannalta olisi paras mahdollinen tapa toteuttaa takalananrunгон hitsauksen automatisointi. Työelämänohjaajan kanssa käytiin samalla keskustelua, mitä asioita tuli ottaa huomioon ja mitä jättää pois hitsausjigin suunnittelussa. Hitsausjigit eivät ole monesti kovin monimutkaisia, mutta niiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon monia asioita. Suunnittelussa tarkasteltiin takalananrunгон käsihitsausta ja tutkittiin kappaleen käsittelyä, sekä hitsausjigin toimintaa. Hitsattaessa syntyvä lämpö oli saatava siirtymään ilmaan tai lämmön vaikutuksesta kappaleet saattoivat vääntyillä. Kappaleen kiinnitys tuli suunnitella siten, että kappaleen irrotukseen ja kiinnitykseen ei tarvitse käyttää työkaluja. Kappaleen irrotus ja kiinnitys tuli olla varmatoiminen ja nopea. Kappaleen asetus aika ei ole tuottavaa aikaa, joten se tuli saada mahdollisimman lyhyeksi, koska hitsausrobotti ei voi työstää kappaletta samaan aikaan kun kappaletta panostetaan.

Hitsausjigin tuli olla sopivan avoin, jotta siihen voitiin kiinnittää itse kappale ja saatiin se poistettua nopeasti ilman turhia työkaluja tai suuria tuotannon hidastumisia. Kappaleen kiinnitys suunniteltiin toteutettavaksi paineilmalla toimivalla ratkaisulla, jolloin ei tarvitse käyttää hydraulikkaa ja pärjätään ilman öljyn kanssa työskentelyä. Paineilmatoiminen kiinnitystapa todettiin kyseiseen kiinnittämiseen parhaaksi mahdolliseksi tavaksi, koska sen hyviä puolia on siisteys ja turvallisuus hitsausolosuhteissa. Kuviossa 11 nähdään CAD-kuva suunnitellusta hitsausjigistä.



KUVIO 11. Rungon hitsaukseen tarvittava hitsausjigi

Hitsausjigin mallia luotaessa mietittiin erilaisia vaihtoehtoja ja tapoja toteuttaa takalananrungon hitsausjigi. Hitsausjigiä suunniteltaessa turvauduttiin opinnäytetyön työelämänohjaajan Pisilän Jannen apuun. Hitsausjigin painon vähentämiseksi ja hyvän lämmönjohtavuuden saavuttamiseksi todettiin, että rakenteessa pitäisi olla aukkoja. Kevyen rakenteen luomiseksi hitsausjigi suunniteltiin tehtäväksi ohutlevystä ja

taivutettaisiin sopivan muotoiseksi. Avonainen hitsausjigin rakenne ei kerää hitsauksessa syntynyttä lämpöä itseensä niin paljon kuin suljettu rakenne. Avonaisessa rakenteessa kappaleen lämpölaajeneminen ei vaikuta hitsattavan kappaleen mittoihin niin paljoa, vaan se johtaa lämmön paremmin ympäröivään ilmaan kuin suljettu rakenne. Hitsausjigin rakenne suunniteltiin sellaiseksi, että se olisi hitsattavan kappaleen ympärillä osittain kuin U-kirjain ja toinen pää olisi kiinni L-pyörityspöydän kiinnityslevyssä. Kiinnityslevy valmistettaisiin juuri sopivaksi ja sen kiinnitys hoidettaisiin neljällä pultilla, joille on valmiina L-pöydän rakenteessa.

Rakenne tulisi olla sen verran vahva, että sitä ei tarvitsisi erikseen vahvistaa, ja näin siitä tulisi kerralla kunnollinen. Ainevahvuuden ollessa sopiva pysyttäisiin myös sopivan painoisessa rakenteessa.

9 POHDINTAA JA KEHITYSIDEOITA

Opinnäytetyön työelämäohjaajan vaihtuminen pysäytti opinnäytetyön työstämisen. Työ päättyi hetkeksi ohjaajan siirtyessä toisen työnantajan palvelukseen, mutta asiakkaalta otettiin yhteyttä viikoppästä ja tarjottiin työlle jatkoa ja uutta ohjaajaa. Työn uudelleen vauhtiin saamiseksi pidettiin palaveri. Palaverissa käytiin lävitse asioita joita oli suunniteltu edellisen työelämäohjaajan kanssa toteutettavaksi ja samalla rajattiin mitä työssä tehdään ja mitä ei.

Robotin ja lisävarusteiden tiedot olivat puutteellisia. Opinnäytetyössä jouduttiin etsimään ja odottelemaan paljon tietoa laitteista ja ominaisuuksista. Saadut tiedot eivät vastanneet odotuksia ja puuttuvat mallit jouduttiin tekemään itse. Osa tiedoista jouduttiin soveltamaan ja mittaamaan olemassa olevasta laitteistosta. Tietoa hankittiin lisää asiakkaalta ja laitteiston valmistajilta. Puuttuvat kuvat ja mallit mallinnettiin itse sopivaksi mittoja hyväksi käyttäen.

Igrip-ohjelman käyttötaidot ovat puutteelliset, koska itse ohjelman käyttö on vasta opittua ja perusteet hallinnassa. Igrip-ohjelmisto on hyvin monipuolinen ja yksinkertainen ohjelma, joten se vaatii käyttäjältään hyvää käyttötaitoa ja Igrip-ohjelman hallintaa. Saimme apua Kaarelan Jarilta Igrip-ohjelman käytössä ja mallinnuksessa, sekä itse myös kokeiltiin eri toimintoja.

Kaikkien kuvatiedostojen formaatit eivät sopineet Igrip ohjelmaan ja osa jouduttiin muuttamaan SolidWorks-ohjelmalla yhteensopivaan muotoon. Osa kuvista mallinnettiin suoraan SolidWorks-ohjelmalla ja muutettiin Igrip-ohjelman tukemaan muotoon.

Jigin suunnittelutaidot olivat puutteellisia, koska kyseistä taitoa ei opiskella suoranaisesti missään kurssilla Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulussa Ylivieskan yksikössä. Turvauduimme jigin suunnittelussa opinnäytetyön työelämäohjaajan Pisilän Jannen tietoihin ja kokemukseen jigin valmistuksesta. Tietoa jigin valmistuksesta kerättiin myös aiheeseen liittyvistä opinnäytetöistä sekä kirjallisuudesta.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tarkasteltiin robotin soveltuvuutta takalanan hitsaamiseen, sekä suunniteltiin takalanan rungon hitsausta ja siinä tarvittavia oheislaitteita. Opinnäytetyön edetessä nykyisen kokoonpanon simulointimalli jätettiin pois opinnäytetyöstä ja keskityttiin uuteen layoutiin, koska nykyisen kokoonpanon todettiin olevan sopimaton takalanan rungon hitsaamiseen. Kaikista hitsaussolun laitteista ei löytynyt mallia, joten puuttuvat laitteet mallinnettiin. Mallien luonnissa käytettiin ohjelmistoina SolidWorks:iä ja Igrip:iä. Mallinnuksessa käytettiin hyväksi olemassa olevia malleja ja niitä muokattiin tarpeen mukaan. Simulointimallilla selvitettiin mitkä ovat robotin ulottumat. Tuloksena simuloinnista saatiin selville myös, ettei lineaarirataa tarvita vaan robotin ulottuma riittää sovellukseen. Hitsaussolun layoutista käytiin useita palavereita VAMA-Product Oy:n kanssa ja solusta suunniteltiin asiakkaan toiveiden mukainen hitsaussolu. Opinnäytetyön toisena osana oli hitsausjigin suunnittelu. Hitsausjigin suunnittelussa saatiin apua VAMA-Product Oy:stä. Hitsausjigistä oli tarkoitus valmistaa toimiva kokonaisuus robotin kanssa. Hitsausjigin suunnittelussa tutkittiin olemassa olevia jigejä ja erilaisia kiinnitysmenetelmiä. Hitsausjigiltä vaadittiin kestävyyttä, sekä kevyttä rakennetta. Hitsausjigin piti kestää lanan rungon, sekä lisäosien tuottama paino. Hitsausjigiä piti voida pyörittää akselin ympäri, sekä kallistamaan pituus suunnassa 15 astetta. Hitsausjigi ei saanut estää tuotteen hitsaamista. Hitsausjigistä tehtiin ensimmäinen luonnos, joka esiteltiin asiakkaalle. Opinnäytetyön tuloksena saatiin simulointimalli uudesta layoutista, joka sisälsi IRB 2400 robotin, A750 kääntöpöydän ja asiakkaan toimittaman kappaleen mallin. Simulointi malliin lisättiin myös hitsauspoltin, joka muokattiin uudemman hitsauspolttimen mallista. Simulointimallilla pystyttiin simuloimaan ulottumat. Ulottumien tarkastelun tuloksena soluun ei tarvittu lineaarirataa vaan todettiin, että robotin ulottuma riitti hitsaamiseen. Asiakas oli päättänyt kustannussyistä jättää lineaariradan pois hitsaussolusta. Lopuksi vielä tehtiin luonnos hitsausjigistä, joka liitettiin soluun ja johon kiinnitettiin hitsattava kappale. Hitsattavan kappaleen kiinnityksessä piti huomioida, että robotti pääsi hitsaamaan kappaleen mahdollisimman hyvin ja joka puolelta. Opinnäytetyö opetti paljon uusia asioita ja työssä huomattiin, ettei pelkkä perustieto riitä kovin pitkälle, vaan opinnäytetyön tekeminen vaati paljon oma-aloitteisuutta ja tiedon keruuta.

LÄHTEET

- ABB kotisivut.* (2010). Haettu 07. 04 2010 osoitteesta
<http://www.abb.com/product/seitp327/0ef117bbd888e1f0c1257170003d7deb.aspx>
- Automaint. Robotiikka -moniste [Verkkodokumentti].* (ei pvm). Haettu 7. 9 2009 osoitteesta
<http://www.automaint.hamk.fi/ammk/materiaalit/Robottiikka%20int01.pdf>
- Deloro Stellite.* (2008). Haettu 2. 9 2009 osoitteesta
<http://www.stellite.co.uk/WeldingProcesses/MIGMetalInertgas/tabid/72/Default.aspx>
- Global Robots ltd.* (2010). Haettu 07. 04 2010 osoitteesta <http://www.robotsltd.co.uk/abb-irb-2400-robot-with-m96-s4-controller-m97-m97a-m98-s4c-controller-and-m2000-s4c-controller.htm>
- Hamilton;Nicolas;& Iso-Kuortti, J. (2002). *Tutkintotyö: Etäohjelmoinnin hyödyntäminen ja kehittäminen raskaiden teräsrakenteiden robottihitsauksessa.* Tampere: TAMK.
- Motoman Robotics Europe.* (2008). Haettu 7. 9 2009 osoitteesta <http://motoman.eu/fi/>
- OMD OÜ nettisivut.* (ei pvm). Haettu 07. 04 2010 osoitteesta
http://www.robotid.ee/rus/used_robots.php
- Pires;Roberto, J.;Loureiro;Altino;Bolmsjö;& Gunnar. (2006). *Welding Robots.* Springer, Germany.
- Puikkonen, N. (23. 09 2004). *Mittausprosessin kehittäminen.* Haettu 22. 10 2009 osoitteesta
http://www oulu.fi/elme/ELME2/PDF/Diplomityot/Diplomityo_Niko_Puikkonen.pdf
- Robotics Research Group at The University of Texas at Austin.* (2009). Haettu 18. 9 2009 osoitteesta http://www.robotics.utexas.edu/rrg/learn_more/history/#definition
- SFS. (1995). *SFS 3052 5. painos.*
- Suomen Robotiikkayhdistys Ry.* (12. 8 2009). Haettu 2. 9 2009 osoitteesta
http://www.roboyhd.fi/tilastot/Teollisuusrobottitilasto_2007.pdf
- Veikkolainen, M. (1998). *Hitsauksen robotisoinnin vaatimukset ja vaikutukset.* Hitsaustekniikka.