

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tutkintotyö

Jussi Koskinen

ROBOTISOIDUN HITSAUSSOLUN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Työn valvojat

Ins. Seppo Mäkelä

DI Arto Jokihaara

Työn teettäjä

Aslemetals Oy, Rauma

Rauma / Tampere 2007

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät
Jussi Koskinen Robotisoidun toiminnan kehittäminen
Tutkintotyö 42 sivua + xx liitesivua
Työn valvojat Ins. Seppo Mäkelä
 DI Arto Jokihaara
Työn teettäjä Aslemetals Oy, Rauma
Työn ohjaaja Hitsausinsinööri, DI Jari Pitkänen
Kesäkuu 2007
Hakusanat: Robotiikka, Robottihitsaus, Robottisolu

TIIVISTELMÄ

Robotisointi yleistyy vahvasti teollisuudessa niin Suomessa kuin muualla maailmassakin. Myös hitsauksessa robottisovelluksia käytetään yhä enemmän ja enemmän. Hitsauksen robotisointia suunniteltaessa on määritettävä kyseisen laitteiston tarve ja siihen tarvittavat resurssit sekä luotava toimiva ympäristö, jotta laitteiston hankinnasta saataisiin suurin mahdollinen hyöty.

Aslemetals Oy on raumalainen, keskisuuri alihankintakonepaja, jonka suurimpina asiakkaina ovat Aker Yards, Westfalia ja Metso Minerals. Tutkintotyön kohteena on kahden robotin robottihitsaussolu, jossa pääasiallisesti hitsataan Metso Minerals Oy:lle murskaimien runkojen osia. Työn tavoitteena on tarkastella solun toimintaa kattavasti ja selvittää solun kehitystä vaativat kohteet, puutteet ja rajoitteet. Yhtenä osana työtä on myös seurata uuden hitsausohjelman luominen sekä kaikki siihen liittyvät toimenpiteet ja selvittää mahdolliset kehitystä vaativat kohteet.

Tärkeimpinä parannusta vaativina kohteina voidaan pitää kiinnittimien rakennetta sekä ohjelmoinnin standardoimista. Näiden lisäksi löytyi myös muutamia pienempiä, mutta osaltaan myös tärkeitä kehityskohteita. Toimivat kiinnittimet ovat perusedellytyksenä toimivalle robottihitsaukselle ja nykyiset kiinnitinratkaisut aiheuttavat liian monia epävarmuustekijöitä. Ohjelmointitapojen yhtenäistämisen suurimpana etuna taas voidaan pitää ohjelmien helpompaa muokattavuutta, tarkastelua sekä suurempaa toimintavarmuutta.

Solun kehittäminen sellaiselle tasolle, että toiminta on kaikin puolin sujuvaa, on ehdottoman tärkeää tulevaisuuden kannalta. Tällainen kehitystyö antaa hyvät lähtökohdat pitää solu kilpailukykyisenä pitkään ja luo hyvän perustan myöhemmille kehitys- ja laajennusmahdollisuuksille.

Tampere Polytechnic	
Mechanical engineering	
Modern productionsystems	
Jussi Koskinen	Development of a robotized welding cell
Thesis	42 pages + xx enclosures
Supervisors	Eng. Seppo Mäkelä M.Sc. Arto Jokihara
Job done to	Aslemetals Oy, Rauma
Job supervisor	Welding engineer, M.Sc. Jari Pitkänen
June 2007	
Keywords:	Robotics, welding robots, Robot cell

ABSTRACT

Robotizing is becoming more and more common in the industrial section all over the world, including Finland. Robotic applications are also being used more in welding-industry. When you are considering of robotizing your production-line, you have to evaluate the needs and resources and create a functioning surrounding for the equipment, so you can get the best advantage out of it.

Aslemetals Oy is a middle-range subcontracting company from Rauma. Its main customers are Aker Yards, Westfalia and Metso Minerals. Subject of the thesis is a robotized welding cell containing two welding robots and two turn tables. Largest products in this cell are frame structures for Metso Minerals crushers. The goal of this thesis is to observe the functioning of the cell and find the possible problems and limitations. Part of this thesis also includes observing of a new program in creation and testing, and establishing the possible improvements.

In most critical need of an improvement are the clamping devices and the standardizing of the programming styles of different users. In addition there are some other minor but important targets of development. Precicly functioning clamping devises are the basic elements for the functioning welding cell, and the present devises have too many uncertainties for being reliable. Biggest benefits of the unification of the programming are its better reliability and easier formability.

Development of the welding cell so that the functioning is fluent altogether, is very important for the future. It gives a good basis for keeping the cell competitive for a longer time and creates excellent foundations for future add-ins and developments.

ALKUSANAT

Robottiikka on osa-alueena ollut jo pitkään yksi nopeimmin kehittyvä ja laajentuva tekniikan ala. Tutkintotyön tekeminen aiheesta kiinnosti, joten Aslemetals Oy:n tarjotessa mahdollisuutta kyseisen työn toteuttamiseen oli valinta tutkintotyön aiheeksi suhteellisen helppo. Tutkintotyö toteutettiin kevään 2007 aikana, osittain etätöyänä ja osittain paikan päällä tuotantosolussa.

Suuri kiitos tutkintotyön sujuvalle etenemiselle kuuluu niin Aslemetals Oy:n hitsausinsinööri Jari Pitkäselle kuin Tampereen ammattikorkeakoulun lehtori Seppo Mäkelälle. Molempien apu työn kulussa oli korvaamatonta. Kiitokset ansaitsee myös koko Aslemetals Oy:n henkilökunta, jonka positiivinen suhtautuminen ja avuliaisuus tarvittaessa edesauttoivat tutkintotyön valmistumista ja tekivät sitä mieluisan projektin. Tässä kohtaa erityismaininnan ansaitsevat robottisolun operaattorit Petri Manninen, Mikko Lehtisalo ja Jaakko Luntamo, joiden myötämielinen suhtautuminen sekä positiivisuus helpottivat työskentelyä robotin parissa.

Rauma, 12.6.2007

Jussi Koskinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	7
2 YRITYSESITTELY	7
3 HITSAUS	9
3.1 Käsite	9
3.2 Historiaa	10
3.3 MIG/MAG – hitsaus	10
4 ROBOTIIKKA JA ROBOTTIHITSAUS.....	11
4.1 Robotit	11
4.2 Osa-alueet	11
4.3 Hitsauksen automatisointi	12
4.4 Hitsausrobotit	12
4.5 Käsitteet	13
5 ROBOTIN OHJELMOINTI.....	14
5.1 Ohjelmointitavat	14
5.2 Robotin akselit ja koordinaatistot	16
5.3 Automatisoidun hitsauksen seuranta	17
5.3.1 Railonhaku.....	17
5.3.2 Railonseuranta	18
6 OHJELMOINTIPROSESSIN LÄHTÖKOHDAT	18
6.1 Yleistä.....	18
6.2 Robottihitsattava tuote.....	19
6.3 Aslemetals Oy:n robottisolu	20
6.3.1 Yleistä.....	20
6.3.2 Solun rakenne	21
6.3.3 Pyörityspöytä ja kiinnittimet	22

7 OHJELMOINTIPROSESSI	24
7.1 Yleistä.....	24
7.2 Yhden robotin ohjelma	25
7.3 Kahden robotin ohjelma	27
8 OHJELMOINTIMENETELMIEN TARKASTELU	31
8.1 Menetelmien tarkastelu yleisesti	31
8.2 Menetelmien tarkastelu toimivuuden kannalta.....	33
8.3 Menetelmien tarkastelu Käyttöasteen kannalta	33
9 KÄYTTÄJISTÄ RIIPPUMATTOMAT TEKIJÄT	33
9.1 Laitteiston asettamat rajoitteet.....	33
9.2 Laitteistoviat ja toimivuusongelmat	34
10 TULOSTEN TARKASTELU JA TOIMINNAN KEHITTÄMINEN	36
10.1 Tulosten vertaaminen teoriaan	36
10.2 Ohjelmien kehittäminen ja selkeyttäminen	36
10.3 Toiminnan kehittäminen.....	38
11 ROBOTTISOLUN PÄIVITETTY OHJEISTUS	39
12 SOLUN TIETOJENKERÄYKSEN KEHITTÄMINEN.....	39
13 SOLUN JA TOIMINNAN JATKOKEHITYS	40
LÄHDELUETTELO	42
LIITELUETTELO.....	43

1 JOHDANTO

Tämän tutkintotyön tarkoituksena on perehtyä Aslemetals Oy:n, raumalaisen keskisuuren konepajan vuonna 2004 käyttöön ottaman hitsausrobotisolun toimintaan. Solussa hitsataan pääasiallisesti alihankintana Metso Minerals Oy:lle tehtävien murskaimien runkojen osia, ja tämän työn yhtenä tärkeänä osana on hitsausohjelman laadintaprosessin tarkastelu uudelle runkotyypille. Työn tavoitteena on lisäksi selvittää mahdollisia puutteita ja rajoitteita solun laitteistoissa ja toiminnassa sekä perehtyä ohjelmointiprosessiin. Työssä pyritään löytämään ja nimeämään mahdolliset epäkohdat tai heikkoudet tältä saralta. Tavoitteena on luoda lähtökohdat ja raamit solun kehittämiseksi kaikin puolin toimivaksi sekä tuottavaksi yrityksen osaksi. Robotisointi on tällä hetkellä huomasti kehittyvä trendi, jonka käyttömahdollisuuksia ja -kohteita kehitetään jatkuvasti lisää. Hitsauksessa robotiikkaa on käytetty jo jonkin aikaa, mutta myös tällä saralla kehitystä tapahtuu koko ajan. Tämän vuoksi onkin tärkeää luoda vankka perusta robotisoidun hitsauksen käytölle, jotta kehitystyö tulevaisuutta ajatellen sujuisi mutkattomasti ja laitteiston kilpailukykyisyys pystyttäisiin pitämään vielä kauas tulevaisuuteen.

2 YRITYSESITTELY

Aslemetals Oy on raumalainen, vuonna 1961 perustettu metallialan yritys. Yrityksen toimialaan kuuluu konepajateollisuuden (lähinnä teräs- ja putkistorakenteet) lisäksi telakkateollisuus. Aslemetals Oy:llä on kolme toimipistettä; Kaaron ja Lapijoen konepajat sekä Olkiluodossa sijaitseva telakka. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2006 n. 12,6 M€ Työntekijöitä Aslemetals Oy:ssä oli 31.1.2007 113 henkilöä, joista 26 on toimihenkilöitä/työnjohtoa. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Pasi Lehtinen.

Aslemetals Oy:n jokaisella toimipisteellä on omat päätuotteensa. Kaaron konepajan tärkeimmät tuotteet ovat:

- Metso Mineralsin tuotteet
- Aker Finnyardsin tuotteet
- levytyöt
- alle 20 tn kappaleet
- katkaisu- ja hitsaustyöt
- separaattori- ja boosterikoneikkojen rungot.

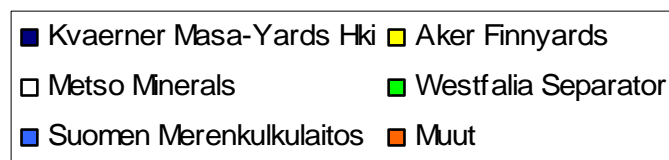
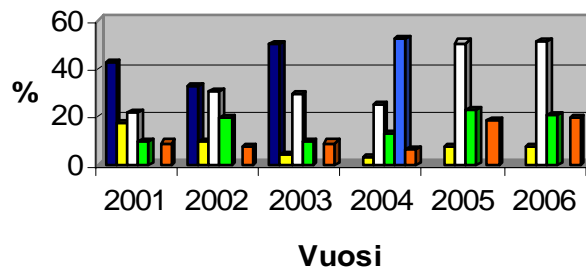
Lapjoen konepajan tärkeimmät tuotteet ovat

- Westfalia: separaattori- ja boosterikoneikot
- putkistotyöt

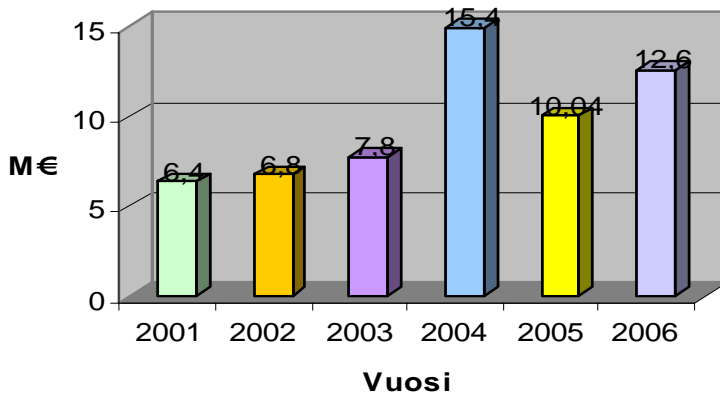
Olkiluodon telakan tärkeimmät tuotteet ovat:

- pientonniston alukset
- yli 20 tn kappaleet
- muut teräsrakenteet
- suuret putkistot (esim. telakat, Wärtsilä, Westfalia)

Aslemetals Oy:n tärkeimpiin referensseihin kuuluvat Metso Minerals Oy:n murskaimien rungot, Kvaerner Masa-Yards Oy:n risteilyaluksen lohkot, rannikkovartiovene sekä Shell Oy:n öljysäiliö Vaasassa.



Kuva 1 Aslemetals Oy:n pääasiakkaat 2001 - 2006



Kuva 2 Aslemetals Oy:n liikevaihto 2001 - 2006

Aslemetals Oy:n toimintajärjestelmä perustuu ISO 9001, ISO 14001 ja EN ISO 3834-2 -standardeihin. Yrityksellä on Det Norske Veritas –laatusertifikaatti, joka sisältää laadun ja hitsauksen, mutta tavoitteena on saada sertifiointi koko toimintajärjestelmälle vuoden 2007 aikana.

3 HITSAUS

3.1 Käsite

Hitsaus on standardin SFS 3052 mukaan "osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden.". Lämmönlähteenä voidaan hitsauksessa käyttää sähkövirtaa, kitkalämpöä, liekkiä, diffuusiota, lasersädettä tai elektronisuihkua. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamislämpötila on likimain sama kuin perusaineella. Tärkein ero hitsaamisen ja juottamisen välillä on se, että juotettaessa liitettävät kappaleet eivät sula" /3/

3.2 Historiaa

Hitsaus on menetelmänä hyvin vanha. Vanhimmat todisteet hitsausmenetelmistä ovat noin 3000 eKr. sumerilaisten ja egyptiläisten käyttämistä kovajuotto-menetelmistä. Nykyaikaiset hitsausmenetelmät on kehitetty 1800-luvun loppupuolella. Ensimmäinen valokaarta hyödyntävä hitsausmenetelmä patentoitiin 1880-luvun alussa. Patentin teki venäläinen Nikolai Benardos. Muita huomattavia kehitysvaiheita olivat plasmahitsaus 1960-luvulla ja laserhitsaus 1970-luvulla. Ensimmäinen suomenkielinen hitsauksen oppikirja ilmestyi vuonna 1937. Kirjan nimi oli ”Metallikaarihitsauksen oppikirja”. /1/, /2/

3.3 MIG/MAG – hitsaus

” MIG/MAG-hitsauksessa sähkövirran avulla aikaansaatava valokaari palaa lisäainelangan ja hitsattavan kappaleen välissä hitsauskaasun suojaamana. Hitsattaessa valokaari sulattaa perusaineen ja lisäaineen, jotka jähmettyessään muodostavat kiinteän kokonaisuuden. Lisäainelanka on ohutta metallilankaa, jonka koostumus on yleensä lähes sama kuin perusaineella” /3./. MIG/MAG–hitsauksen kehitti 1940-luvun loppupuolella yhdysvaltalainen Air Reduction Company. MIG-hitsauksessa suojakaasuna on inerttiä kaasua (MIG = Metal Inert Gas), joka ei reagoi hitsisulan kanssa, kun taas MAG–hitsauksessa (MAG = Metal Active Gas) suojakaasu reagoi sulan kanssa. Inerttejä suojakaasuja ovat esimerkiksi argon ja helium. Aktiivisia suojakaasuja taas ovat esimerkiksi argonin ja hapen tai argonin ja hiilidioksidin yhdistelmät. Nykysovelluksissa MAG–hitsaus on huomattavasti yleisempää kuin MIG–hitsaus.

Etuja MIG/MAG–hitsauksessa ovat esimerkiksi nopeus ja hitsin puhtaus. Heikkouksia tai miinuspuolia taas ovat esimerkiksi oikeiden säätöjen löytäminen joka tilanteeseen sekä vapaalangan huomaamaton muuttuminen, joka aiheuttaa hitsiin huomaamattomia virheitä. Kuitenkin MIG/MAG–hitsaus on nopeimmin yleistyvä hitsausmenetelmä sen helpon automatisoitavuuden ja sovellettavuuden sekä monien hyvien ominaisuuksien ansiosta. /1/, /2/, /3/

4 ROBOTIIKKA JA ROBOTTIHITSAUS

4.1 Robotit

Robotin määritelmä *The Robot Institute of America'n* mukaan: ”Robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi”. /4/

Robotti vaatii toimiakseen mekaanisen ja ohjauksellisen (sähköisen) tekniikan. Robotin liikkeet voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Robotin käyttömekanismina 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. /2/

4.2 Osa-alueet

Robotit voidaan luokitella niiden käyttötarkoitusten mukaisesti. Robotit jaotellaan yleensä kahteen eri ryhmään: siirto- ja prosessitehtäviä suorittaviin robotteihin. Siirtorobottien käyttökohteita voi olla esimerkiksi pakkaus, paletointi, sorvien, työstökeskusten tai muiden vastaavien yhteydessä. Yleisesti siis lähes kaikenlainen kappaleen käsittely. Prosessirobotteja taas käytetään esimerkiksi hitsauksessa, maalauksessa tai muunlaisessa pinnoituksessa, hionnassa, kiillotuksessa tai leikkauksessa. Suomessa yleisimmät robotin käyttökohteet ovat kappaletavara- ja hitsausautomaatioissa, konepajatuotannossa, maalauksessa, elektroniikkateollisuuden kokoonpanotehtävissä sekä elintarviketeollisuudessa. /4/

4.3 Hitsauksen automatisointi

Tänä päivänä 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 tuotantjoaksojen lisäyksellä. Suomessa suuri tekijä automatisoinnissa ovat myös kalliit palkka- ja henkilökustannukset sekä mahdollisesti tulevaisuudessa pula ammattitaitoisista työntekijöistä.

4.4 Hitsausrobotit

Hitsauksessa automatisointi mahdollistaa tasaisen laadun, mikäli hitsausparametrit saadaan kohdalleen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että robotilla ei ole erilaisia päiviä, vaan laatu on laitteiden toimiessa tasaista. Toisaalta taitava käsihitsaaja saa aikaan hyvissä olosuhteissa parhaimmillaan selvästi laadukkaampaa jälkeä. On myös sellaisia hitsauskohteita, 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 tilavuuseroja tai muita vastaavia, jotka käsihitsaaja pystyy havaitsemaan ja kompensoimaan hitsatessaan. Kuitenkin, jos hitsausrailo on hyvin valmisteltu, esikäsitelty ja parametrit ovat kohdallaan, saadaan hitsausrobotilla usein aikaan paremmannäköinen ja -laatuinen liitos kuin käsin. /2/

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 työalueella, vaikka rata olisi monimutkaisempikin.

4.5 Käsitteet /4./

Roboteista puhuttaessa on olemassa monia niihin liittyviä käsitteitä sekä termejä. Alla on listattuna muutamia yleisimpiä robotteihin ja niiden toimintaan liittyviä käsitteitä aakkosjärjestyksessä:

Anturi: Elin, joka antaa takaisinkytkennän robotin vapausasteen säätimelle. Antureita ovat myös mm. induktiiviset ja valosähköiset laitteet, jotka välittävät ON-OFF tietoa robotille

Etäohjelmointi: Robotin ohjelmointi ulkoisella erillisellä tietokoneella käyttämättä käsivartta tai robotin ohjausjärjestelmää.

Interpolointi, väliarvolaskenta: Työkalun väliasemien laskeminen, kun liikerata on määritelty liikeradan muutoskohtien avulla.

Johdattamalla opetettava robotti: Robotti, joka ihmisen liikuttaessa tallentaa muistiin liikeratansa nivelien asentokulman.

Kalibrointi, synkronointi: Moottorin akselin muutoksia laskevan anturin kierroslaskurin alustus käynnistettäessä robotin ohjausjärjestelmä. Kalibrointi digitaalisten absoluuttianturien aikakaudella merkitsee myös moottorin fyysisen absoluuttipulssiarvon asettamista ohjelmalliseksi nollapulssiarvoksi, johon suhteutettuna robottiohjelmaa ajetaan.

Käsiajo: Robotin operaattori liikuttaa tai ohjelmoi robottia käsiohjaimella

Käsiohjain: Kannettava robotin ohjausjärjestelmään yhdistetty laite, jonka avulla voidaan ohjelmoida robottiohjelmaa ja liikuttaa robotin käsivartta.

Käsivarsi: Joukko toisiinsa tai peräkkäin kytkettyjä mekaanisia toimilaitteellisia tukivarsia, jotka liikuttavat robotin rannetta haluttuun paikkaan ja asentoon.

Mallipohjainen ohjelmointi: Robotin etäohjelmointi käyttäen ohjelmoinnissa robotin simulointimallia.

Napakoordinaatisto: Robotti, jolla on kaksi kiertyvää niveltä ja yksi lineaarinivel. Käsivarren nivelet muodostavat napakoordinaatiston.

Nivelkoordinaatisto: Nivelten työalueeseen sidottu koordinaatisto. Siirtymiä tai kiertymiä. Nollakohdat valitaan joko edellisiin tukivarsiin tai peruskoordinaatistoon nähden.

Opetettava robotti: Robotti, jolle työkalun liikerata opetetaan liikuttamalla työkalua yleensä käsiohjaimen avulla liikeradan läpi ja tallentamalla ainakin joissain kohdissa työkalun asema tai nivelten paikat muistiin

Peruskoordinaatisto: Robotin jalustaan sidottu koordinaatisto

Portaalirobotti: Robotti, jonka nivelet ovat lineaarisia ja rakenne tuettu työalueen nurkista paikalleen. Suorakulmaisessa koordinaatistossa toimiva robotti.

Singulariteetti: Robottikäsivarren kyky siirtää työkalua halutulla radalla ja halutussa asennossa katoaa. Tapahtuu usein kun kaksi akselia tulee yhdensuuntaisiksi. Ongelma esiintyy yleensä robotin ohjauksen suorittaessa paikoituksia koordinaatistoarvoina (X, Y, Z, RX, RY, RZ)

Työkalukoordinaatisto: Työkaluun tai sen siirtämään kappaleeseen johdonmukaisella tavalla sidottu suorakulmainen koordinaatisto. Usein eri asennossa kuin työkalulaippaan sidottu koordinaatisto

Työkalupiste: Piste, jonka suhteen lasketaan robotin työkalun interpolaation liikenopeus. Sijaitsee työkalukoordinaatiston origossa.

5 ROBOTIN OHJELMOINTI

5.1 Ohjelmointitavat /4/

Robotin ohjelmoinnin tarkoituksena on saada kyseisen robotin työkalu, tarttuja tai muu vastaava liikkumaan ja toimimaan halutun työtehtävän vaatimalla tavalla. Toinen tärkeä ohjelmoinnin tehtävä on saada robotti toimimaan yhteen ympärillä tai samassa järjestelmässä olevien koneiden ja laitteiden kanssa. Robottia ohjelmoitaessa on kolme tärkeää tehtävää, jotka on aina huomioitava: toimintajärjestysten ja logiikoiden laadinta tarvittavien työkalujen liikkeiden toteuttamiseksi, robotin käsivarren liikkeiden tahdistus ympäristön signaaleihin tai tarvittavien tietojen välitys muihin järjestelmässä oleviin laitteisiin, sekä robotin toiminta virhetilanteissa.

Robotin ohjelmoinnissa on kolme erilaista perustapaa tai käytäntöä. Robotin ohjelmointi voidaan suorittaa johdattamalla, opettamalla tai etäohjelmoinnin avulla.

Johdattamalla ohjelmointi suoritetaan liikuttamalla robotin vapautettua käsivartta haluttuun pisteeseen lihasvoimin siten, että työkalulle saadaan haluttu liikerata. Nivelantureiden tiedot välitetään instrumenttinauhurin avulla robotin toimilaitteille, ja näin robotilla pystytään toistamaan sama liikerata. Tällä tekniikalla ohjelmointi on vanhanaikaista, käyttö hankalaa ja ohjelmat suhteellisen epätarkkoja. Menetelmä onkin nykyään hyvin harvinainen. Menetelmää käytettiin yleisimmin maalausikäytössä.

Opettamalla ohjelmointi on yleisimmin käytetty robotin ohjelmointimenetelmä, vaikkakin etäohjelmointi on yleistymässä kovaa vauhtia. Kuitenkin näiden menetelmien käyttökohteet ja -tilanteet poikkeavat riittävästi, jotta molemmat menetelmät todennäköisesti pysyvät pitkään käytössä. Opettamalla ohjelmoinnissa robotin toiminta ja liikkeet määritellään käsiohjaimen avulla. Robotti liikutetaan haluttuun pisteeseen ja tämä piste tallennetaan muistiin. Pisteeseen yhteyteen määritellään ja tallennetaan myös tiedot siitä, miten pisteeseen saavutaan. Tämä ohjelmointimenetelmä on käytännöllinen esimerkiksi, kun hitsattavaan kohteeseen tai kohteisiin tulee harvoin muutoksia tai sarjakoot ovat suuria. Myös yksittäisten, muusta tuotannosta mahdollisesti poikkeavien kappaleiden ohjelmointi on järkevämpää tällä menetelmällä. Opettavaa ohjelmointia käytettäessä kokemuksella on suuri etu, sillä kun ohjelmointinopeudesta siirrytään todelliseen ajonopeuteen, saattavat robotin liikeradat vääristyä. Näiden kompensoinnissa kokemuksella on suuri merkitys.

Etäohjelmoinnilla tarkoitetaan robotin ohjelmointia ilman konkreettista robotin käyttöä. Ohjelmointi tapahtuu ulkopuolisen tietokoneen avulla graafista käyttöliittymää sekä erilaisia simulointimalleja ja -ohjelmia käyttäen. Ohjelmoinnissa käytetään hyväksi valmistettavan tuotteen suunnittelun 3D-muototietoja. Etäohjelmointia on järkevä käyttää esimerkiksi, kun tuotantosarjat ovat pienenhköjä, mallisarjat lyhyitä, tuotannon pitää toimia ilman keskeytyksiä, tuotanto on asiakasohjautuvaa tai robotin ohjelma sisältää suuren määrän paikoituspisteitä.

5.2 Robotin akselit ja koordinaatistot /2/, /4/

Robotin liikuttelussa tärkeä tekijä on käsivarren päässä oleva työkalupiste. Tämän työkalun tarkan sijainnin voi käyttäjä itse määrittää itselleen tai lisälaitteille sopivaksi, esimerkiksi yleensä hitsauspoltinta käytettäessä työkalupiste on muutaman millimetrin lähempänä poltinta kuin lisäainelangan pää. Työkalupiste luo hyvän perusteen koordinaatistolle.

Eri valmistajien roboteissa käytettävät koordinaatistot saattavat poiketa toisistaan jonkin verran, mutta yleensä roboteista löytyy ainakin nivelkoordinaatisto, suorakulmainen koordinaatisto ja työkalukoordinaatisto. Nivelkoordinaatistossa jokainen robotin nivel liikkuu toisistaan riippumatta. Suorakulmaisessa koordinaatistossa robotin liikkeet ovat lineaarisesti X-, Y- tai Z- akseleiden suuntaisia. Työkalukoordinaatistossa liikkeet ovat myös lineaarisia, mutta koordinaatiston akselit ovat riippuvaisia työkalun asennosta. Neljäntenä koordinaatistona on usein käyttäjäkoordinaatisto, eli käyttäjä voi itse määrittellä sopivan koordinaatiston.

Robottia ohjelmoitaessa nivelten ja koordinaatistojen toiminnan tunteminen on tärkeää. Kaarevat liikkeet ovat robotille hyvin tyypillisiä, joten tämä on huomioitava ohjelmointivaiheessa. Nivelliikkeitä käytettäessä robotti siirtyy pisteiden välillä nopeinta mahdollista reittiä, joten tätä ei voi käyttää kuin siirtymistilanteissa. Esimerkiksi hitsausta suoritettaessa paras vaihtoehto on suora liike. Tällöin ei tapahdu minkäänlaisia oikaisuja tai muita sellaisia, vaan liike on lineaarinen. Useimmissa sovelluksissa on määritettynä myös liikeratamalleja, joilla pystytään tekemään ympyrä- tai muita kaarevia liikkeitä.

Robotin liikenopeudet annetaan nivelliikettä käytettäessä maksiminopeuden prosenttiarvona. Tällä maksiminopeudella tarkoitetaan suurinta nopeutta, joka kullakin yksittäisellä nivelellä on käytössä. Linearisessa eli suorassa liikkeessä sekä kaarevissa liikeradoissa liikenopeus annetaan siirtymänä aikayksikköä kohden.

5.3 Automatisoidun hitsauksen seuranta

5.3.1 Railonhaku /2/

Hitsausta automatisoitaessa tulee eteen väistämättä tarve hitsauksen tarkkailemiseen. Seurannan kehittämällä pystytään hyvin kompensoimaan mahdollisia epävarmuuksia, kuten esimerkiksi tarkkuus- tai paikoitusongelmia. Hitsausautomaatiossa tärkeänä osana ovat railonhaku ja – seurantamenetelmät, jotka osaltaan auttavat hitsauksen osumatarkkuutta ja sen pitävyyttä.

Railonhakua käytetään määrittämään hitsauksen aloituskohta, mikäli hitsattava kappale tai kappaleen asema poikkeaa ohjelmoidusta kappaleesta. Yleisimmin käytössä oleva railonhakumenetelmä perustuu kosketukseen. Menetelmä hakee kappaleesta kolme kohtaa, ns. peruspinnan, seinäpinnan ja aloituspinnan. Aloituspiste pystytään kuitenkin määrittämään halutulle etäisyydelle näistä hakupinnoista. Railonhaulla voidaan myös paikantaa loppupiste, jos esimerkiksi railonseurantaa ei voida kyseisessä kohteessa käyttää jostain syystä. Railonhakua ei voida käyttää esimerkiksi päittäisliitoksissa tai ohuissa levytyöissä. Railonhaun toiminta rajoittuu x/y – suuntiin, eli railonhaulla ei pystytä korjaamaan esimerkiksi kiertymiä. Parhaiten railonhaku toimii riittävällä pienalla varustetussa kohteessa, jossa paikoitus on helppoa.

”Pintojen tunnistus perustuu korkeaan hakujännitteeseen. Jännitteellisen kosketuspään osuessa hitsauskappaleen pintaan maadoittuu kosketuspään virtapiiri. Tästä kyseisestä pisteestä voidaan laskea hitsin aloituskohta.” Railonhaku voidaan suorittaa esimerkiksi kaasuholkilla tai lisäainelangalla. Holkin käytössä on muutamia epävarmuustekijöitä, kuten roiskeiden ja epäpuhtauksien muodostuminen holkin pintaan. Tämä taas saattaa aiheuttaa sen, että maadoitus ei onnistu ja poltin törmää kappaleeseen. Lisäainelangon käyttö railonhaussa on suhteellisen tarkka menetelmä, mutta langan pitää olla katkaistu juuri tietyn mittaiseksi, jotta haku onnistuu, eikä törmäystä tapahdu. Lisäainelankaa käytettäessä pitää myös työkappaleen olla puhdas, jotta jännite kulkee näiden välillä.

liikkeet mahdollisimman sulaviksi, loogisiksi ja selkeiksi. Odotusaikoja tulee väistämättä ainakin ohjelman loppuun, mutta usein myös alkuun.

Kahden robotin ohjelmaa tehtäessä on otettava huomioon myös robottien liikeradat. Koska roboteilla hitsataan samaa kappaletta, liikeradat tulee toteuttaa riittävällä varovaisuudella, jotta minimoidaan ongelmatilanteet. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että robotit pyritään pitämään riittävän etäällä toisistaan, mikäli vain mahdollista, ja on varmistettava että robottien radat eivät risteä. Robottien pitäminen toisistaan etäällä ei usein ole mahdollista, sillä hitsattava kappale on harvoin muodoltaan sellainen, että kummallakin robotilla on yhtä paljon hitsattavaa omalla työalueellaan.

Robottien työskentely lähellä toisiaan pystytään kyllä toteuttamaan turvallisesti, mutta tällöin on ohjelmoinnin oltava tarkka ja huolellinen. Robotin liikeradoilla on tällaisessa tilanteessa hyvinkin ratkaiseva merkitys. Myös huolellinen tarkistus ja testiajot ovat perusedellytyksiä, sillä niiden avulla pystytään havaitsemaan mahdolliset vaaratilanteet ja välttämään ne.

6.2 Robottihitsattava tuote

Opinnäytetyön yhtenä tarkoituksena on seurata erään Metso Minerals:n murskaimen rungon osien hitsausohjelman toteuttamista niin yhdelle kuin kahdellekin robotille. Kyseisen rungon osien muotoilussa on noudatettu modernia suunnittelua sekä teollista muotoilua, joiden ansiosta runko on muodoiltaan hyvinkin pyöreä ja modernin näköinen. Myös materiaalin käyttöä on tällä tavoin saatu jonkin verran optimoitua. Runko muodostuu kahdesta kyljestä, jotka taas koostuvat kahdesta osasta. Kyljet ovat muodoiltaan samanlaisia, joten hitsausohjelmia tälle kyseiselle rungolle tarvitaan vain kaksi, kyljen etu- sekä takaosalle.



Kuva 3 Metso Minerals:n murskainrunko

Robotin pyörityspöydän asettamien kokorajoitteiden takia runko hitsataan osissa ja varsinainen kokoonpano tapahtuu käsin hitsaamalla. Käsin hitsauksen osuus on kuitenkin selvästi vähäisempi kuin robotilla hitsauksen, niin kuin robottihitsausta käytettäessä kuuluisi olla. Hitsauksen robotisoinnin perusedellytyksenä ja tavoitteena onkin, että manuaalisen työn osuutta saadaan minimoitua mahdollisimman paljon. Tietysti rungoissa on sellaisia kohtia, joihin robotilla ei päästä käsiksi tai jotka ovat muuten robotilla mahdottomia toteuttaa.

6.3 Aslemetals Oy:n robottisolu

6.3.1 Yleistä

Robottisolu koostuu siis kahdesta Finnrobotics Oy:n toimittamasta OTC AX – MV6 –nivelsiirrobotista. Robotit on sijoitettu ylösalaisin kookkaaseen portaaliin. Ratkaisuna tämä on yleisempää, pystyyn sijoitettua harvinaisempi. Tällaisia konstruktioita on jonkin verran käytössä, lähinnä isojen kappaleiden hitsauksessa.

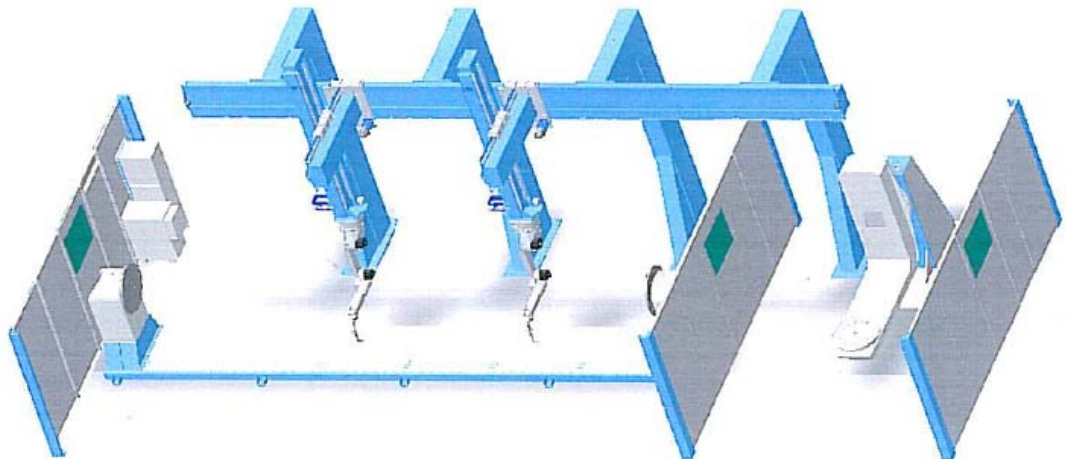
Alla oleva kuva (kuva 4) havainnollistaa tätä sijoitusratkaisua. Robottisolu otettiin käyttöön 31.12.2004 ja on ollut käytössä täysipäiväisesti siitä asti. Matkan varrella on ollut monenlaisiakin ongelmia ja kangerteluja sekä muutamia konerikkoja, mutta laitteistolla on saatu aikaiseksi myös paljon tulosta, ja solu on kantavana osana Metso Minerals Oy:n murskaimien runkojen valmistuksessa. /5./



Kuva 4 Robottiportaali

6.3.2 Solun rakenne

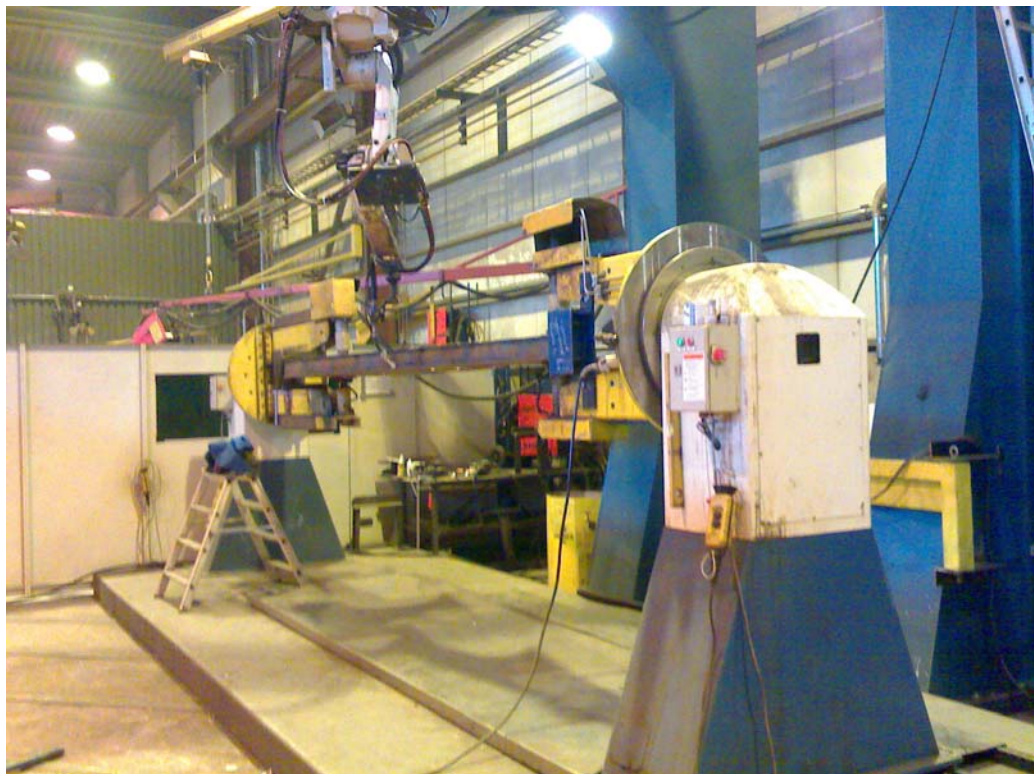
Robottisolu on rakenteeltaan kaksiosainen, eli solussa sijaitsevat kaksi pyörityspöytää sijaitsevat väliseinän erottamalla, omilla työalueillaan. Kumpaakin robottia kontrolloidaan omalla ohjainyksiköllään, mutta robottien välillä on kuitenkin kommunikaatioyhteys. Robottiportaali on sijoitettu siten, että robotti 2 voi työskennellä molemmilla puolilla, niin vaakasuuntaisen pyörityspöydän eli ”grillin” kuin L-pöydänkin puolella, ja robotti 1 pystyy työskentelemään vain ”grillin” puolella. Selkeämmin tämä robottien ja pyörityspöytien sijoittelu sekä solun layout selviävät ohessa olevavasta layout-kuvasta.



Kuva 5 Periaatekuva Robottisolun layoutista

6.3.3 *Pyörityspöytä ja kiinnittimet*

Murskainten runkojen hitsaus toteutetaan kuvan 6 mukaisessa, vaakatasossa olevassa pyörityspöydässä. Pöydän maksimipyörityshalkaisija on 3200 millimetriä ja suurin sallittu kuorma 5000 kilogrammaa.



Kuva 6 Pyörityspöytä

Pyörityspöytä tai ”grilli” koostuu kahdesta kiinnitimestä, joiden väliin hitsattava kappale asetetaan. Grillin toinen pääty on motorisoitu (kuva 7) ja toinen pyörii vapaasti (kuva 8). Kappaleen ollessa kiinni grillissä motorisoitua päätä pyöritetään haluttuun pisteeseen hitsausta varten, ja toinen pyörii vain mukana. Pyörityspöydän liikkeitä kontrolloidaan robotin 1 kautta, eli robotin 1 ohjelman yhteyteen lisätään haluttuihin kohtiin pöydän tarvittavat käännöt ja näin pystytään hitsaus suorittamaan koko kappaleeseen.



Kuva 7 Pyörityspöydän motorisoidussa päässä oleva kiinnitin

Pyörityspöytä itsessään on toiminut lähes moitteettomasti koko käyttöaikansa, mutta kiinnittimet taas ovat aiheuttaneet suuriakin ongelmia, lähinnä kevyen rakenteensa takia. Suurimmat ongelmat ovat olleet kappaleen paikoituksessa sekä paikallaan pysymisessä. Moneen kertaan vahvistettu rakenne aiheuttaa useassa tapauksessa rungon paikoituksen muuttumisen, joka taas vaikuttaa hitsausohjelmaan, sillä robottien radat saattavat poiketa helposti useita kymmeniä millijä sarjan alussa ohjelmoidusta. Tästä johtuen hitsausta aloitettaessa on usein hitsin aloituspisteet tarkistettava ja mahdollisesti muutettava. Railon seurannalla pystytään kuitenkin usein kompensoimaan varsinaisen radan paikoitus, mikäli aloituspiste

vain saadaan kohdalleen, mikä kuitenkin ei ole suositeltava tapa. Kuitenkin x – y – virhe ja kappaleen kiertymä voivat aiheuttaa ongelmakohdan, jonka korjaus ei railonhaun tai –seurannan avulla onnistu. Kiinnikkeiden päivittäminen uusiin ja parempiin on jo toteutuksessa. Aslemetals toteuttaa kiinnikkeiden suunnittelun itse ja mahdollisesti valmistaa laitteet.



Kuva 8 Pyörityspöydän vapaasti pyörivässä päässä oleva kiinnitin

7 OHJELMOINTIPROSESSI

7.1 Yleistä

Hitsausprosessi haluttiin tehdä tässä tapauksessa niin yhdelle kuin kahdellekin robotille, koska haluttiin tarkastella ohjelmointitapojen sekä esimerkiksi ohjelmointi- ja ajoaikojen eroja. Yhden ja kahden robotin ohjelmat sovittiin tehtäviksi rungon etuosalle. Rungon takaosan ohjelma puolestaan toteutettiin kahden robotin ohjelmaksi siten, että molemmilla roboteilla oma ohjelmoijansa. Tämä mahdollisti myös yhden ja kahden ohjelmoijan välillä olevien erojen

tarkastelun. Valitsemalla useita eri variaatioita ohjelmointimeteodeissa pystytään saamaan laajempi käsitys ohjelmointiprosessista sekä voidaan vertailla eri metodien hyviä ja huonoja puolia.

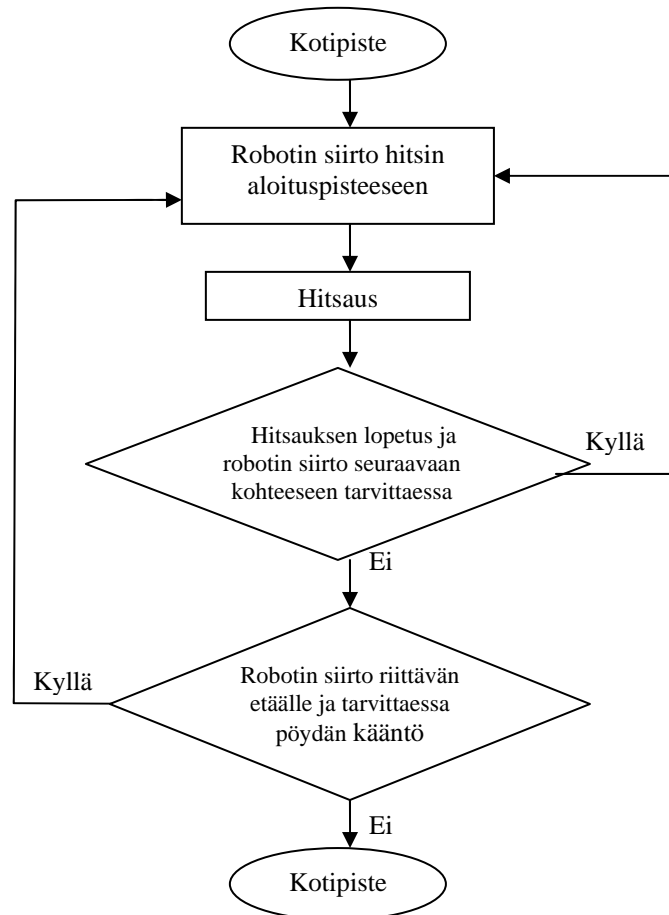
7.2 Yhden robotin ohjelma

Rungon hitsaus yhden robotin avulla on hitaampaa kuin kahdella. Toisaalta kuitenkin hitsausohjelman tekeminen yhdelle robotille on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin kahdelle. Robotin asentoon ei tarvitse kiinnittää erityisemmin huomiota, lukuun ottamatta tietysti hitsauspolttimen, jonka asento on määritettävä tarkasti onnistuneen hitsin aikaansaamiseksi. Yhdellä robotilla hitsattaessa tai ohjelmoitaessa tärkeimmät huomioitavat seikat ovatkin kiinnittimien ja rungon huomioiminen, liikkeiden toteuttaminen mahdollisimman jouheviksi ja loogisiksi sekä robotin nivelten että hitsauspolttimen asennot.

Hitsausohjelma pyritään tekemään aina mahdollisimman vähillä pöydänkäännöillä, on sitten kysymys yhden tai kahden robotin ohjelmasta. Tällä pyritään vähentämään turhia liikkeitä ja lyhentämään hitsauksen kestoaikaa. Yleensä hitsattavan rungon rakenne mahdollistaa hitsauksen suorittamisen puolisko kerrallaan, ilman useampia pöydänkääntöjä, mutta järjestystä suunniteltaessa on otettava huomioon mahdolliset muodonmuutokset tai vetelyt. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hitsataan toinen puoli rungosta valmiiksi, käännetään runko ympäri ja hitsataan toinen puoli. Yhden robotin ohjelmalla tämän toteutus on yksinkertaista, sillä tähän ei tule odotustilanteita. Pöydän kääntö voidaan suorittaa sillä aikaa, kun robotti siirtyy ensimmäisen puolen lopetuspisteestä toisen puolen aloituspisteeseen. Robotin siirtoliikettä määrittäessä on kuitenkin huomioitava kääntyvä pöytä, eli robotti on tuotava riittävän etäälle, ettei vaaratilanteita pääse syntymään.

Vuokaaviossa (kuva 9) on yksinkertaistettuna yhden robotin hitsausohjelman kulku. Hitsausjärjestys on mietittävä kappalekohtaisesti, mutta usein rakenne sallii useampia eri vaihtoehtoja järjestykselle. Tärkeänä huomioitavana seikkana ohjelmaa tehtäessä on kuitenkin hitsien aloituspaikkojen minimoiminen ja niiden

sijoitus mahdollisimman lähelle kiinnittimiä. Tällainen toiminta on toivottavaa ja järkevää siksi, että rungot ovat huomattavan kookkaita. Rungoissa voi esiintyä jonkin verran poikkeavuuksia, joten mitä lähempänä aloituspiste sijaitsee kiinnittintä, sitä varmemmin se on oikealla paikalla. Tämä seikka korjaantunee uusien kiinnittimien myötä.



Kuva 9: Hitsauksen kulku yhdellä robotilla

Hitsausohjelmaa tehtäessä pyritään hitsaamaan mahdollisimman paljon robotilla, sillä tämä nopeuttaa tuotantoa huomattavasti käsin hitsaukseen verrattuna. Rungoissa on kuitenkin sellaisia paikkoja, joita ei joko pysty robotilla hitsaamaan, tai hitsaukselle on joku muu este, kuten kokoonpanon asettamat rajoitukset tai vaatimukset. Esimerkiksi osassa hitsejä on jätettävä alku- ja loppupäähän hieman työvaraa kokoonpanoa ajatellen. Toinen hitsausta vaikeuttava tekijä on kiinnittimet. Hitsin toteuttaminen kiinnittimen välistä on usein hankalaa ja välillä jopa mahdotontakin. Kuvassa 10 on yksi tällainen kiinnittimen välissä oleva hankala paikka. Tällaiseen kohteeseen ohjelman teko vie usein aikaa, sillä robotin

asentoa ja liikkeitä joutuu miettimään ja kokeilemaan. Tällaisessa tilanteessa on mietittävä, onko kohteen hitsaus kannattavampaa robotilla vai käsin.



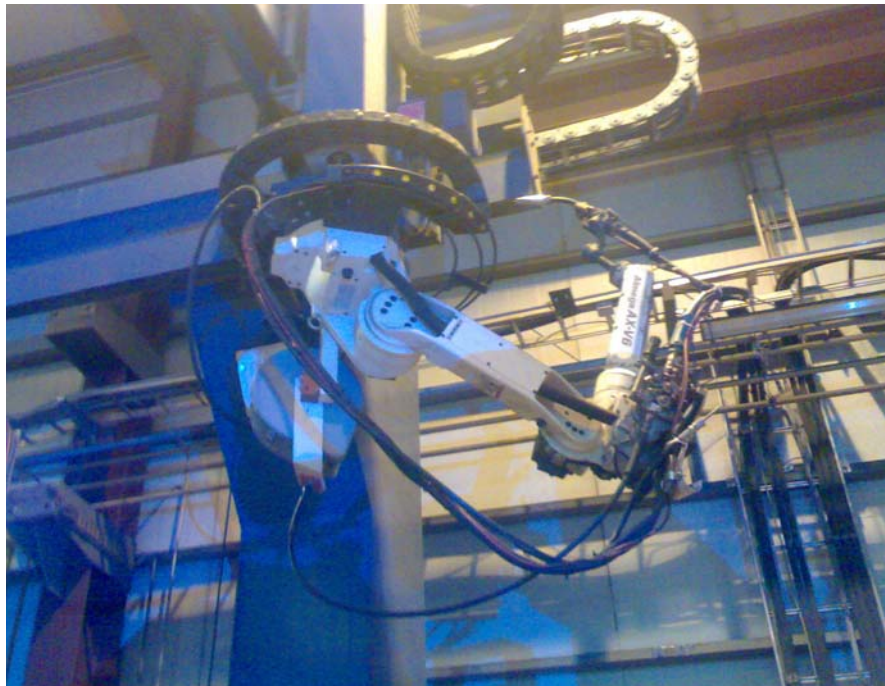
Kuva 10: Kiinnittimen takia ohjelmointia hankaloittava väli

7.3 Kahden robotin ohjelma

Robottisolun suurimmat ongelmat ja epäkohdat ovat olleet huomattavasti yleisempiä kahden robotin ohjelmissa kuin yhden. Tähän mennessä tapahtuneet suuremmat laitteistovauriot ovat tapahtuneet kahta robottia käytettäessä. Tämän takia kahden robotin ohjelmointia oli tarkasteltava tarkemmin ja laajemmin. Kahden robotin ohjelma toteutettiin molemmille rungon osille, niin etu- kuin takaosalle. Ohjelmat toteutettiin niin, että rungon etuosan ohjelmoinnin suoritti yksi koneenkäyttäjä, joka ohjelmoi molemmat robotit. Takaosaa ohjelmoitaessa taas operaattoreita oli kaksi, eli molemmille roboteille oli oma ohjelmoijansa. Tällä tavoin saatiin laajempi käsitys, miten käyttäjien määrä vaikuttaisi esimerkiksi ohjelman kulkuun ja ohjelmoinnin keston.

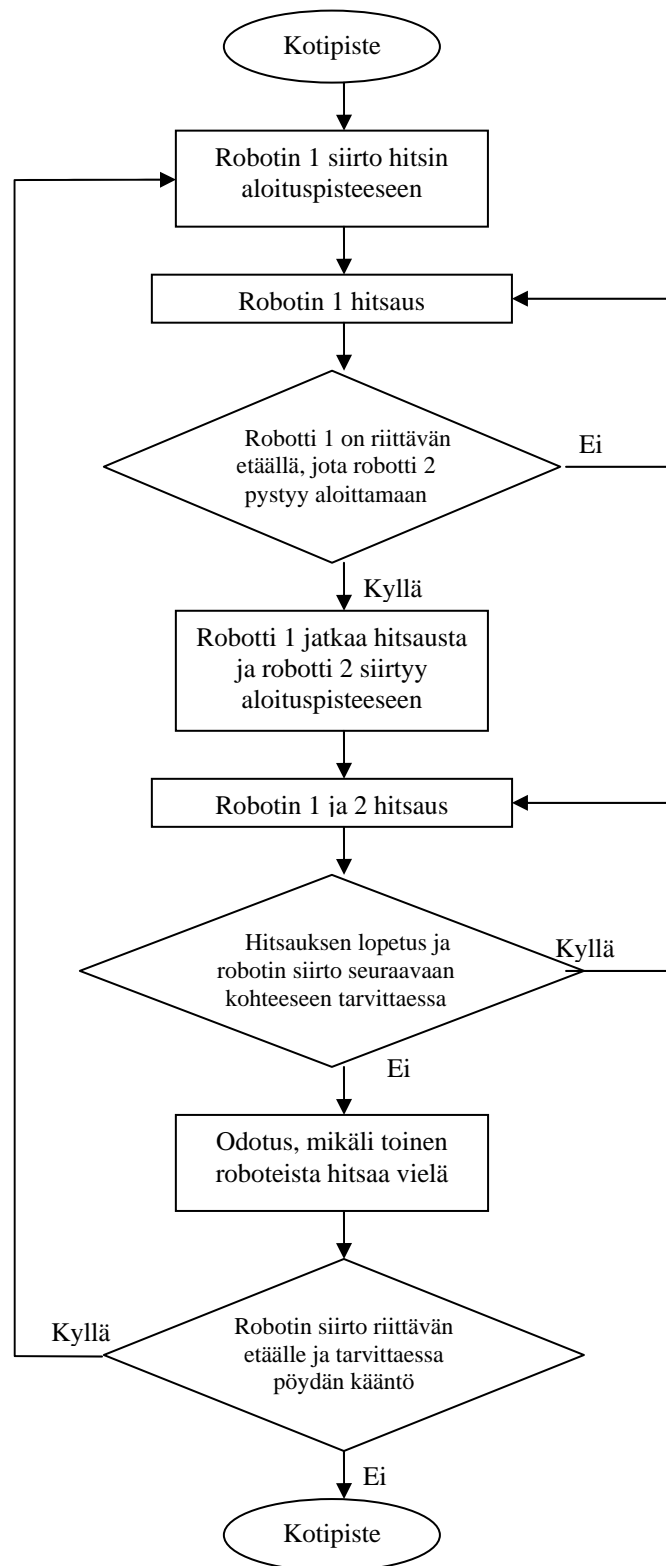
Kahta robottia ohjelmoitaessa huolellisuus, tarkkuus ja varsinkin testiajot nousevat huomattavasti ratkaisevampaan rooliin kuin yhden robotin ohjelmassa. Esimerkiksi nyt tarkastelun alla olleessa rungossa robotit hitsasivat useaan otteeseen hyvinkin

lähellä toisiaan, joten huolimattomalla ohjelmoinnilla olisi helposti saattanut tulla suuriakin vahinkoja. Robotit oli esimerkiksi käännettävä toistensa peilikuviksi, jotta molemmilla riittäisi joka tilanteessa riittävästi työskentelytilaa. Näin toimien saatiin robotit riittävän etäälle toisistaan, vaikka hitsauspoltin olisivatkin suhteellisen lähellä toisiaan. Myös hitsauspolttimen vienti portaalissa robotin yläpuolella sijaitsevalle puhdistuslaitteistolle (kuva 11) onnistuu turvallisemmin robottien ollessa näin käännettyinä.



Kuva 11 Robotti 2 siirtymässä hitsauspään puhdistukseen.

Kahden robotin ohjelmaa tehtäessä myös odotusajat ja -sijainnit on otettava huomioon. Esimerkiksi hitsausta aloitettaessa on harvinaisempaa, että molemmat robotit aloittaisivat hitsauksen samanaikaisesti. Tarkastelussa olevien runkojen tapauksissa robotti 1 aloittaa hitsauksen ja robotti 2 jää hieman etäämmälle odottamaan. Kun robotti 1 on edennyt riittävän pitkälle, jotta robotti 2:n on turvallista aloittaa oma urakkansa, antaa tämä luvan robotti 2:lle liikkeellelähtöön.



Kuva 12: Hitsauksen kulku kahdella robotilla

Odotus- ja liikkeellelähtökäskyt ovatkin ratkaisevassa osassa kahden robotin hitsausohjelmaa tehtäessä, sillä näiden puuttuminen tai sekaantuminen voi aiheuttaa vaaratilanteita tai törmäyksiä. Normaalissa tapauksessa, kuten tämänkin rungon kohdalla odotuskäskyjä ei tarvita montaa. Lähinnä kriittiset odotuskohdat ovat ohjelman aloitus ja lopetus sekä pöydän käännöt. Näiden lisäksi odotuspisteitä voidaan laittaa sellaisiin paikkoihin, joissa robotit saattaisivat olla liian lähellä toisiaan tai voisi syntyä muunlaisia vaaratilanteita.

Edellä olevasta vuokaaviosta (kuva 12) selviää yksinkertaistettuna kahden robotin hitsausohjelman kulku. Yhden ja kahden robotin ohjelmien vuokaavioista (kuvat 9 ja 12) nähdään, kuinka paljon enemmän tekijöitä kahden robotin ohjelmaa tehtäessä on otettava huomioon. Todellinen huomioitavien kohtien määrä on kuitenkin suurempi, mutta riippuu pitkälti hitsauskohteen rakenteesta. Myös kahden robotin ohjelmaa tehtäessä aloituspaikkojen määrä on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä. Runkojen osavalmistuksesta johtuvat poikkeavuudet pystytään kompensoimaan hyvin railon seurannalla, jonka avulla hitsauspoltin saadaan pidettyä radallaan. Aloituspisteitä voidaan kuitenkin joutua muokkaamaan, jos rungoissa on suuria poikkeavuuksia, sillä lähtöpisteen sijainnin pitää olla tarkkaan määritelty. Hitsauspään paikoittamista aloituspisteeseen voidaan helpottaa railonhaulla. Railonhaun käytöstä on kuitenkin tämän robottisolun yhteydessä luovuttu ainakin toistaiseksi, sillä sen toimiva käyttö vaatisi systeemiin esimerkiksi langankatkaisulaitteiston.

Kahden robotin hitsausohjelmat toteutettiin molemmille rungon osille, niin etu- kuin takaosallekin. Etuosan ohjelmoinnin suoritti yksi operaattori käyttäen molempia robotteja vuorotellen. Tällä tavoin ohjelmointi osoittautui suhteellisen hitaaksi, sillä robotteja oli käsiteltävä vuorotellen. Käytännössä tämä tapahtui niin, että molempia robotteja ohjelmoitiin vuorotellen aina jonkin matkaa eteenpäin, kuitenkin pitäen ne suurin piirtein samassa rytmissä. Tällainen menettely on tärkeää siksi, että pystytään visualisoimaan robottien reitit toistensa suhteen ja välttämään mahdolliset vaaratilanteet ja törmäykset.

Tarkastelun alla olleen rungon takaosalle hitsausohjelma toteutettiin siten, että molemmilla roboteilla oli oma ohjelmoijansa. Tällä tavoin ohjelmointi sujui huomattavasti nopeammin ja sulavammin, mutta toisaalta vaati kaksi käyttäjää. Vaikka rungon etu- ja takaosat poikkeavat keskenään jonkin verran, eli takaosan ohjelmointi on hieman nopeampaa, oli yhden ja kahden ohjelmoijan välinen ajallinen ero huomattavissa. Yhdellä ohjelmoijalla kului rungon etuosan ohjelmointiin noin 8,5 tuntia, kun kahdella ohjelmoijalla kului takaosaan hieman alle neljä tuntia. Nämä ajat ovat koneelle laskettuja tunteja, miestyötunneissa poikkeama on tietysti huomattavasti vähemmän, noin 45 minuuttia.

Kahden ohjelmoijan käytössä on ajansäästön lisäksi monia muitakin hyviä puolia, mutta myös huonoja puolia. Kun molempia robotteja käsittelee eri henkilö, pystytään ajoitukset ja liikeradat määrittelemään huomattavasti helpommin. Myös ratojen toteuttaminen tuntui olevan nopeampaa, koska useampi käyttäjä tuo ohjelmointiin lisää perspektiiviä. Toisaalta tämä voitaisiin laskea myös huonoksi puoleksi, sillä jokaisella käyttäjällä on oma käsityksensä toimivasta ohjelmasta ja nämä eivät välttämättä käyttäjien kesken ole aina täysin yhteneviä. Ratkaisevaan rooliin nousee myös se, että molempien ohjelmoijien on koko ohjelmointiprosessin ajan pysyttävä ajan tasalla toisen tekemästä ohjelmasta ja tiedettävä täysin, miten toinen robotti liikkuu. Siksi testiajo on ehdottoman tärkeää varsinkin kahden ohjelmoijan operoidessa. Testiajon ja ohjelmien läpikäynnin avulla pystytään löytämään mahdolliset vaaratilanteet tai esimerkiksi liikeratojen risteämiset.

8 OHJELMOINTIMENETELMIEN TARKASTELU

8.1 Menetelmien tarkastelu yleisesti

Ohjelmointimenetelmiä tarkastellessa on otettava huomioon monia seikkoja. Tärkein menetelmään vaikuttava tekijä on tietysti ohjelmoija itse, mutta myös esimerkiksi ympäristötekijät, kiinnittimet, ohjelmitavana oleva kappale sekä käytössä oleva laitteisto vaikuttavat osaltaan ohjelmointiprosessiin. Käyttäjän vaikutusta ohjelmointiin on tapauksesta riippuen joskus hankalaakin määrittää

esimerkiksi riittävien vertailukohtien puuttuessa. Tarkastelussa olleessa projektissa oli vertailu kuitenkin mahdollista, sillä ohjelmointia suorittivat kaikki kolme robotin käyttäjää. Jokaisella käyttäjällä on oma, hieman toisistaan poikkeava tapa ohjelman luomiseen. Tarkastelun alla olevia ohjelmia tehtäessä oli myös huomattavissa jonkinasteisia tasoeroja käyttäjien välillä niin nopeudessa kuin sujuvassa hallinnassakin. Tällaiset erot voivat ovat kuitenkin suhteellisen normaaleja, sillä käyttäjillä on eri määrä kokemusta sekä tietysti erilaiset menettelytavat robottia käsitellessään.

Eniten huomiota herättävä seikka jokaisen ohjelmoijan kohdalla on joskus hyvinkin aikaa vievät robotin asennon hakemiset. Oikeanlaisen polttimen asennon löytäminen on tietysti tärkeää, jotta hitsistä tulisi riittävän laadukas ja vaatimukset täyttävä. Robotin asennolla on kuitenkin myös muita merkityksiä. Esimerkiksi robotin liikeradat vaikuttavat robotin asentoon, sillä akselien asennoilla määritetään robotin sulavat liikeradat ilman ylimääräisiä liikkeitä. Robotin asennossa ja liikkeissä on huomioitava myös langansyöttöjohtimen asento, paikka ja kiertymä, sillä se rajoittaa robotin liikkeitä varsinkin lähestyttäessä ääri rajoja. Esimerkiksi hitsauspoltinta ei pystytä kiertämään akselinsa ympäri, vaan ympyrää tai muunlaista pyöreitä muotoja sisältäviä kohteita hitsattaessa on langansyötön kiertyminen huomioitava hyvinkin tarkasti. Näiden asentojen hakeminen vaikuttaa kuitenkin ainakin ajoittain vievän jopa turhan paljon aikaa ottaen huomioon kuitenkin sen seikan, että asentojen hakeminen on hyvin yleistä ja tärkeää hitsausohjelmaa tehtäessä.

Toinen huomiota herättävä seikka ohjelmia tehtäessä oli suurien varo- tai siirtymäetäisyyksien käyttö. Robottia siirrettäessä edellisen hitsin lopusta seuraavan hitsin alkuun käytettiin usein hyvinkin varovaista ja etäistä reittiä. Eli robotti tuotiin suhteellisen etäälle kappaleesta ja siirtymäliikkeet olivat joskus huomattavankin pitkiä. Tämä on toisaalta kuitenkin ymmärrettävää nykyisten epävarmuuksien tuomaa ylivarovaisuutta, sillä tällaisella toiminnalla saadaan vähennettyä huomattavasti mahdollisten vaaratilanteiden syntymisiä.

8.2 Menetelmien tarkastelu toimivuuden kannalta

Ohjelmointimenetelmien tarkastelu toimivuuden kannalta on sinänsä helppoa, sillä ohjelmien selkeän ja yksinkertaisen rakenteen ansiosta ne ovat myös hyvin toimivia. Koska ohjelmissa ei jouduta käyttämään mitään erikoisempia tai monimutkaisempia toimintoja, pystytään ne luomaan selkeiksi ja toimiviksi ilman suurempia ongelmia. Tietysti aina pystytään löytämään pientä hiottavaa, varsinkin pidemmällä tarkastelulla, kuten turhien tai ylimääräisten ohjelmarivien karsiminen tai tiettyjen kohteiden toteuttamista nopeammalla tai muuten paremmalla tavalla. Tällaiset parantelut tapahtuvat parhaiten kuitenkin työn ohessa, kunhan saadaan kokemusta laitteen toiminnasta ja käytöstä. Useasti tällaiset toimivuutta parantavat tekijät huomataankin ikään kuin vahingossa eli huomataan ohjelmaa tehtäessä, että jokin toinen keino voisi olla tietyssä tilanteessa järkevämpi vaihtoehto. Kuitenkin myös lisäkoulutus on osaltaan apuna tässä.

8.3 Menetelmien tarkastelu Käyttöasteen kannalta

Ohjelmointimenetelmien vaikutusta koneen käyttöasteeseen on tällä hetkellä hieman hankala arvioida, mutta se on ainakin varmaa, että ohjelmointitavat eivät ole läheskään suurin vaikuttava tekijä tällä hetkellä. Suurimmat vaikuttavat tekijät löytyvät tällä hetkellä lähinnä käyttäjistä riippumattomista syistä.

9 KÄYTTÄJISTÄ RIIPPUMATTOMAT TEKIJÄT

9.1 Laitteiston asettamat rajoitteet

Laitteistojen asettamia rajoitteita pitää pyrkiä käsittelemään käytön ja tarpeiden kannalta, sillä on olemassa paljon myös sellaisia rajoitteita, jotka eivät vaikuta normaaliin toimintaan tai jotka pystytään helposti kiertämään. Laitteistojen rajoitteita määritettäessä on pyrittävä myös löytämään ja priorisoimaan ne tekijät, joihin pitäisi ensimmäiseksi puuttua.

Suurimmaksi laitteistorajoitteeksi voidaan katsoa ongelmat huonosti suunniteltujen kiinnittimien kanssa. Kiinnittimet ovat olleet ongelmana jo alusta saakka. Käyttöön otettaessa kiinnittimien rakenne oli liian kevytrakenteinen, ja niitä onkin vahvistettu useaan otteeseen. Kiinnittimien aiheuttamat ongelmat eivät kokonaan poistu ennen uusien kiinnittimien käyttöönottoa, mutta näiden käyttöönottoajankohta on vielä avoinna. Kunnolliset ja riittävän tukevat kiinnittimet ovat ehdottomia perusedellytyksiä robottihitsaukselle. Mitä pikemmin ne siis saataisiin käyttöön, sen parempi. Monet ongelmat, varsinkin paikoituksen kanssa saataisiin tällä korjattua eikä ohjelmia tarvitsisi korjata tai muokata aina erikseen joka rungon osan kohdalla. /6/

9.2 Laitteistoviat ja toimivuusongelmat

Laitteistojen toimivuusongelmat ovat olleet huomattava tekijä robottisolun käytettävyyden kannalta, mahdollisesti jopa suurin yksittäinen tekijä. Robotin sujuvan ja jatkuvan käytön häirtatekijöinä ovat usein olleet solun suunnittelusta ja toteutuksesta johtuvat ongelmat ja toisaalta muutamat osarikot. Suurin osa näistä vioista on pystytty paikantamaan ja korjaamaan, mutta laitteistossa on esiintynyt myös muutamia ratkaisemattomia häiriöitä tai vikoja. Näihin häiriöihin ja vikoihin voidaan lukea esimerkiksi servojen turhat tai odottamattomat katkeilemiset, hitsauksen katkeileminen sekä railon seurannan ajoittainen toimimattomuus. Myös hitsauslangan syötössä ja langan syöttölaitteistossa on ollut ongelmia, joskin useimmat näistä on pystytty selvittämään ja kehittämään alkuperäisiä ratkaisuja.

Robotin sujuvan toiminnan esteenä on ollut hitsauksen katkeileminen. Sinänsä mielenkiintoiseksi ja toisaalta hyvin häiritseväksikin katkeilemisen tekee sen satunnaisuus. Joskus katkeilemista tapahtuu jatkuvasti ja huomattavan lyhyin välein, mutta joskus taas saattaa olla pitkiäkin aikoja, ettei ilmene minkäänlaisia katkoja. Esimerkiksi tämän projektin yhteydessä ei pätkimisiä juurikaan ollut, vain pari rajan ylityksestä aiheutunutta katkoa ja yksi hitsaussuuttimen tukkeutuminen. Kokonaisuutena tämä projekti sujui tässä suhteessa, ainakin käyttäjien mielestä, yllättävän mutkattomasti.

Servojen katkeileminen on myös ollut yhtenä ongelmana jo pitemmän aikaa. Varsinaiset syyt servojen katkeilemisiin on kyllä pystytty paikantamaan, mutta selityksiä näille ei ole pystytty määrittämään. Törmäyksistä johtuvat servojen katkot ovat tietysti normaaleja, joten ne voidaan lukea tässä kohtaa pois laskuista, mutta robottisolun L-pöydän puoleisen valoverhon toiminta on aiheuttanut useitakin servojen katkoja. Solun puoliskojen ei pitäisi olla riippuvaisia toisistaan tai vaikuttaa toistensa toimintaan, mutta kuitenkin L-pöydän valoverhon läpi kulkeminen katkaisee toiminnan toisella puolella. Varmaa selitystä ei vielä ole löytynyt, sillä puoliskojen pitäisi toimia omina yksikköinä toisistaan riippumatta, mutta epäselvää on, miten toiminta on alun perin haluttu toteutettavan.

Railon seurannan ja railonhaun ongelmat ovat olleet myös usein esillä robotin katkoja tai jopa törmäyksiä tutkittaessa. Railonhaun toimivuusongelmat aiheutuvat toisaalta vapaanlangan katkaisulaitteiston puuttumisesta ja toisaalta kiinnittimien kiertymäongelmasta. Vapaanlangan pituuden aiheuttamat ongelmat pystyttäisiin välttämään kytkemällä esimerkiksi puhdistuksen yhteyteen langan katkaisu. Tällä hetkellä railonhausta on kuitenkin luovuttu ja sen käyttöä harkitaan vasta, kun sen toimivuus on varmistettu. Myös railon seurannassa on ollut ongelmia, mutta ne sijoittuvatkin suurelta osin ratkaisemattomiin häiriöihin. Railon seurannan suurimpana ongelmana on ollut lähinnä hitsin karkaileminen eli railon seuranta johdattaa robotin ulos ohjelmoidulla radalla ja lähtee vaeltelemaan aiheuttaen hitsin epäonnistumisen ja mahdollisesti hitsauskatkon. Myös tässä tapauksessa häiriöt ovat hyvinkin satunnaisia, eikä niiden ilmentymisistä ole pystytty löytämään mitään erityistä yhtenevyyttä.

Myös robottien keskinäiset kommunikaatio-ongelmat tai suojarajojen rakenne voidaan lukea ainakin osaltaan laitteisto-ongelmiksi. Toinen robottisolun vakavista laiterikoista onkin mitä todennäköisimmin johtunut juuri tästä kommunikaatio-ongelmasta. Laiterikko on mitä ilmeisimmin aiheutunut vääränlaisen ohjelmakomennon käytöstä, jonka kuitenkin toimiva suojaraja olisi pystynyt välttämään eli ilman kommunikaatio-ongelmaa tämä törmäys olisi todennäköisesti voitu välttää. Toinen törmäys on mitä ilmeisimmin aiheutunut pelkästään ohjelmointivirheestä tai vääränlaisen ohjelmakomennon käytöstä. Koska

molemmat robotit hitsaavat samaa kappaletta, olisi näiden keskinäisen kommunikaation oltava täysin virheetöntä. Käytännössä robotin on siis huomioitava toisen robotin toiminta ja sen viestittämät odotus-, liikkeellelähtö- tai muut sellaiset käskyt. Kuitenkin juuri tällainen käskyn ”ohittaminen” on mahdollisesti aiheuttanut törmäyksen. Toinen roboteista on vielä hitsannut kiinni kappaleessa, kun toinen robotti on jo jatkanut ohjelmaa ja aloittanut pöydänkäännön, jolloin toinen robotti on jäänyt kääntyvän kappaleen väliin. /6/

10 TULOSTEN TARKASTELU JA TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

10.1 Tulosten vertaaminen teoriaan

Hitsausrobotin ohjelmointi on yleensä hyvin kaavamaista ja tulee noudattaa samoja rutiineja sekä ehtoja kerta toisensa jälkeen. Vaikka ohjelmat poikkeaisivatkin toisistaan ulkopuolisen silmissä huomattavan paljon tai vaikka ympäristöt olisivat hyvinkin kaukana toisistaan, noudattavat hitsausohjelmat hyvin samanlaisia kaavoja. Oli ohjelmoitavana robottina sitten minkä valmistajan robotti tahansa, pystytään hitsausohjelmista löytämään paljon samankaltaisuuksia ja jopa suoria yhtenevyyksiä pienen peruskäskyjen määrän takia. Toki ohjelmakoodien perusrakenne ja visuaalinen muoto voivat poiketa toisistaan paljonkin, mutta tämä ei poista sitä seikkaa, että toimintapohja noudattaa samaa tai samankaltaista kaavaa.

10.2 Ohjelmien kehittäminen ja selkeyttäminen

Aslemetals Oy:n robottisolussa käytettävien hitsausrobottien ohjelmoiminen tai ohjelmakoodin luominen on yksinkertaista ja suoraviivaista. Tämä johtuu lähinnä siitä, että hitsausohjelmassa ei tarvitse käyttää hitsattavien kappaleiden konstruktion takia mitään erityisiä tai monimutkaisia toimintoja vaan pysytellään peruskäskyissä ja yksinkertaisissa liikkeissä. Käytettäviä käskyjä ei kuitenkaan ole kuin normaalit liikekäskyt sekä hitsaustoimintojen päälle- ja pois-kytkennät, joten

näiden sujuva käyttö on helposti omaksuttavissa ja käyttäminen saadaan helposti hiottua riittävälle tasolle.

Ainoa varsinainen parannuskohta itse ohjelmaa ja sen nopeutta ajatellen on siirtymisliikkeiden optimointi. Nykyisellään siirtymisliikkeissä on usein jonkin verran ylimääräistä esimerkiksi siten, että robotti käy liian etäällä tai siirtymisreitti on muuten poikkeava optimaalisesta reitistä. Näissä ylimääräisissä siirtymäliikkeissä on kuitenkin usein tarkoituksena välttää mahdollisten vaaratilanteiden tai törmäysten aiheutuminen, joka taas johtuu muun muassa epävarmoista kiinnittimisestä. Ylimääräisten liikkeiden karsiminen ja siirtymäreittien optimointi ei kuitenkaan ole erityisen kriittistä runkojen hitsausaikoihin verrattuna. Yhden rungon osan hitsaus saattaa kestää viidestätoista minuutista jopa tuntiin, ja siirtymäliikkeillä voidaan saavuttaa maksimissaan alle parin minuutin ajallinen hyöty, eli puhutaan siis vain muutamista prosenteista kokonaisuajassa.

Tärkein parannuskohta ohjelmointia ajatellen on ohjelmoijien käyttämien metodien yhtenäistäminen. Nykyisellään jokaisella operaattorilla on oma tapansa ohjelman toteuttamiseen ja nämä metodit poikkeavat enemmän ja vähemmän toisistaan. Vaikka jokaisen operaattorin metodit ovat miltei yhtä toimivia ja sinänsä kaikki yhtä käyttökelpoisia, voi ongelmia syntyä editointi- tai muissa vastaavissa tilanteissa, joissa operaattori joutuu käsittelemään tai muokkaamaan toisen käyttäjän tekemää ohjelmaa. Ohjelmointimetodit olisi siis saatava mahdollisimman yhtenäisiksi, jotta kuka tahansa operaattoreista pystyy tarpeen vaatiessa nopeasti ja helposti muokkaamaan ja/tai korjaamaan ohjelman tarvittavanlaiseksi. Toinen vaihtoehto tässä olisi jättää ohjelmointi vain yhden operaattorin vastuulle, jolloin hänellä olisi aina selkeä käsitys ohjelmien rakenteesta. Tällainen ratkaisu voisi kuitenkin käytännössä olla hankala tai jopa mahdoton ratkaisu, ainakin nykyolosuhteissa. Eräs tärkeä parannuseikka olisi kommenttirivien lisäys koodiin, jolloin koodia tarkastelevat saisivat jonkinlaisen käsityksen, missä kohtaa milloinkin mennään. /6/

10.3 Toiminnan kehittäminen

Robottisolua ja sen toimintaa kehitettäessä on pyrittävä hakemaan kaikki parannusta vaativat kohdat ja muodostamaan niistä priorisoitu järjestys, jonka mukaan solua aletaan kehittää. Tarkastelun alla olevan solun ongelmakohtia on käyty läpi edellisissä kappaleissa, ja niissä on myös painotettu kriittisimpiä parannusta vaativia seikkoja. Tärkeimpänä ja ensimmäisenä kohteena ovat laitteiston nykyiset toimivuusongelmat, jotka pitäisi saada kuntoon mahdollisimman pikaisesti. Kun laitteisto on saatu toimivaksi, eikä turhia ja ylimääräisiä häiriöitä tai muita vastaavia ilmene toimintaa hidastamassa, pystytään perehtymään paremmin solun ja laitteiston muihin ongelmakohtiin sekä kehittämistä vaativiin kohteisiin. Tällä hetkellä laitteistossa ilmenevät katkot ja pysähtelyt haittaavat solun sujuvaa toimintaa ja vievät huomiota muista mahdollisista kehityskohdista.

Seuraava kehityskohta on jo aiemmin mainittu kiinnittimien uusiminen, joka on jo työn alla. Nykyisten kiinnittimien suurimpana ongelmana ovat niiden paikoitustarkkuudet. Kuten jo aiemmin kävi ilmi, kiinnittimien uusiminen mahdollisimman pian loisi lisää varmuutta muun muassa paikoitukseen, joka on perusedellytys toimivalle robottihitsaukselle.

Myös langankatkaisulaitteiston kytkeminen laitteistoon on robotin hitsaustoiminnan kannalta kannattava toimenpide, varsinkin kun kyseinen laitteisto on jo olemassa. Vapaanlangan oikealla mitalla on hyvinkin suuri merkitys hitsausta suoritettaessa, erityisesti aloituspisteessä. Esimerkiksi hakujärjestelmiä kuten railonhakua käytettäessä vapaanlangan pituus on hyvinkin ratkaisevaa, sillä oikea langan pituus on edellytyksenä paikoitukseen oikeaan kohteeseen. /6/

11 ROBOTTISOLUN PÄIVITETTY OHJEISTUS

Robottisolun toiminta ja operaattorien tietotaito perustuvat tällä hetkellä robotintoimittajan sekä Innovan koulutuskeskuksen ohjeistamiin metodeihin sekä käyttäjien kokemuksen kautta saamiin tietoihin. Tämä rajoittaa kuitenkin solun toimintaa esimerkiksi siten, että uuden henkilön tullessa operaattoriksi ei ole olemassa mitään yhtenäistä toimintamallia, jonka mukaan tulisi toimia. Kuten jo aiemmin tuli todettua, jokaisella operaattorilla on ohjelmien luomiseen omat metodinsa, jotka pitää yhtenäistää. Myös solun ohjeistus olisi hyvä luoda tämän yhtenäistetyn toimintamallin mukaiseksi, jotta uudet käyttäjät voivat noudattaa samaa, jo käytössä olevaa menetelmää. Liitteenä (Liite 1) olevassa robottisolun toimintaohjeessa on pyritty määrittämään mahdollisimman lyhyesti ja ytimekkäästi solun toimintamalli sekä ne perusinformaatiot, joita uudet sekä nykyiset käyttäjät tarvitsevat tai voivat hyödyntää robottisolua operoidessaan.

12 SOLUN TIETOJENKERÄYKSEN KEHITTÄMINEN

Robottisolun hallinnassa tärkeänä osana tulisi olla selkeä kokonaiskäsitelmä kaikesta solussa tapahtuvasta toiminnasta, kuten tapahtuneista huolloista, korjauksista, vioista, vaaratilanteista, törmäyksistä ynnä muusta sellaisesta. Nykyisellään nämä informaatiot ovat pääsääntöisesti käyttäjien sekä toiminnasta vastaavien tiedossa mutta mitään yhtenäistettyä tietojenkeräystä solussa ei ole. Tällainen tietojenkeräyslöki olisi varsinkin pidemmällä tähtäimellä hyvinkin kannattava ratkaisu. Kaiken solussa tapahtuvan niin sanotun oheistoiminnan muistiin kirjaaminen on hyödyllistä ja tehokkaana apuna muun muassa vika- tai ongelmatilanteissa ja huoltoja tai korjauksia tehtäessä. Esimerkiksi vikojen kirjaamisesta saavutettava hyöty tulee siinä kohtaa tärkeäksi, kun sama vika, häiriö tai ongelma toistuu useamman kerran. Tällaisessa tilanteessa pystytään tarkastelemaan tilanteiden yhtenevyyksiä ja mahdollisia kaavamaisuuksia ja sitä kautta paikantamaan ongelman aiheuttaja ja poistamaan tai ohittamaan se. Huoltojen ja mahdollisten korjaustöiden kirjaaminen on yleishyödyllistä, mutta

tulee vielä tärkeämmäksi, kun robotilla työskennellään eri vuoroissa. Näin eri vuorot pystyvät tarkistamaan edellisen vuoron ongelmat, muutokset, korjattavat kohteet ynnä muut sellaiset ja jatkamaan sujuvasti siitä eteenpäin.

Tällaisen solun yhteyteen sijoitettavan tietojenkeräyslokiin olisi hyvä sisällyttää ainakin seuraavat kohdat:

- huolto- ja korjaustoimet
- ilmentyneet viat tai häiriöt ja niiden korjaustoimet
- ohjelmiin tai asetuksiin tehdyt muutokset ja korjaukset
- mahdolliset puutteet

Lokiin olisi hyvä luoda myös jonkinlainen kuittausmenetelmä, eli esimerkiksi korjaustoimien jälkeen kuitataan kyseinen vika korjatuksi. Tällöin saataisiin epäselvät ja epävarmat tilanteet vältettyä ja informaatio siirtyisi vuorojen välillä sekä vuorojen ja työnjohdon välillä varmasti perille saakka. Hyvänä apuna tässä voisi olla verkkoyhteyden käyttöönotto robottien yhteyteen, jolloin tiedot saataisiin kulkemaan huomattavasti paremmin ja esimerkiksi varmuuskopiointi olisi mahdollista riittävän usein. /6/

13 SOLUN JA TOIMINNAN JATKOKEHITYS

Aslemetals Oy:n Robottisolun luoma hyvät edellytykset jatkokehitykselle. Tärkeintä jatkokehitystä ajatellen on määrittellä, mitä solulta vaaditaan ja mitä sillä halutaan tehdä tulevaisuudessa. On mietittävä solulta tulevaisuudessa vaadittavia resursseja, kapasiteettia, työn laatua ja luonnetta, sekä muita tällaisia seikkoja. Kaikki nämä kehityskohteet on tietysti suhteutettava ja määritettävä sellaisiin puitteisiin että kustannukset pystytään suhteuttamaan kehitykseen, ja toisaalta on varmistettava, että kyseiset toimenpiteet ovat edes mahdollisia tarjolla olevilla laitteistoilla. Solun kehittäminen ja laajentaminen tulee kuitenkin väistämättä eteen jossain vaiheessa, viimeistään laitteiden ikääntyessä ja niitä uusittaessa tai korvattaessa.

Eräs varteen otettava toiminto jatkokehityksen kannalta, varsinkin mikäli tuotevariaatiot kasvavat, on etäohjelmoinnin liittäminen osaksi solun ohjausta. Etäohjelmoinnilla pystytään teoriassa luomaan hitsattaville kappaleille lähes valmiit hitsausohjelmat ja testaamaan ne simuloimalla ennen vientiä robotille. Etäohjelmointi tulee ajankohtaiseksi viimeistään siinä vaiheessa, kun robottisolun on pystyttävä toimimaan mahdollisimman tehokkaasti ja korkealla käyttöasteella. Tällöin ohjelmien teon siirtäminen pois solusta ja solun operaattoreilta vähentää huomattavasti asetus- ja ohjelmointiaikoja ja näin ollen hitsausaikoja saadaan kasvatettua. Etäohjelmointi antaa myös mahdollisuuden pohtia monia eri vaihtoehtoja kyseisen ohjelman luomiseen simuloinnin avulla, eikä näin ollen jouduta kuluttamaan hitsausaikoja testailuun. Kuitenkin etäohjelmoinnissa on huonotkin puolensa. Etäohjelmointiin vaadittavien laitteistojen, ohjelmistojen ja käyttäjien hankintakustannukset ovat melko suuret, mikä tarkoittaisi sitä, että myös tuotannon pitäisi kasvaa sen verran, että näiden laitteistojen hankinta tulisi kannattavaksi. Etäohjelmoinnin heikkoutena on myös simulointimallin ja todellisen kappaleen mahdolliset poikkeamat ja siitä aiheutuvat lisäohjelmoinnit ja säätötoimenpiteet. On kuitenkin suhteellisen yleistä, että kappaleen aihioissa on poikkeamia, eikä tällaisia poikkeamia voida ainakaan täysin ennakoida ohjelmointivaiheessa, joten mahdollisia korjauksia tai pisteiden siirtoja voidaan joutua suorittamaan solussa ennen varsinaisen hitsausprosessin aloittamista.

LÄHDELUETTELO

1. Pires, J. Roberto, Loureiro, Altino, Bolmsjö, Gunnar, Welding Robots, Springer, Germany 2006, ISBN 1-85233-953-5
2. Hamilton, Nicolas, Iso-Kuortti, Juha, Tutkintotyö: Etäohjelmoinnin hyödyntäminen ja kehittäminen raskaiden teräsrakenteiden robottihitsauksessa, TAMK, Tampere, 2002
3. <http://fi.wikipedia.org/> , Hakusanat: Hitsaus, robotiikka,
4. Mäkelä, Seppo, Opetusmateriaalit, TAMK, Tampere, 2007
5. <http://www.finnrobotics.fi/>, 6.5.2007
6. Pitkänen, Jari, hitsausinsinööri, keskustelut, Aslemetals Oy, Rauma, kevät 2007

LIITELUETTELO

1. OTC AX-MV6, Robotin käytön ja ohjelmoinnin pikaohje