

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio
Erkki Tienaho

Opinnäytetyö

Ponsen etupohjajapanssarin hitsauskiinnittimen suunnittelu ja valmistus robottihitsausasemaan HT-Lasertekniikka Oy:lle

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 12/2009

Laboratorioinsinööri Seppo Mäkelä
HT-Lasertekniikka Oy, valvojana insinööri Tero Haapakoski

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

Tekijä: Tienaho Erkki
Työ: Ponsen etupohjapanssarin hitsauskiinnittimen suunnittelu ja valmistus robottihitsausasemaan HT-Lasertekniikka Oy:lle
Opinnäytetyö 47 sivua + 3 liitesivua
Joulukuu 2009
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Seppo Mäkelä
Työn teettäjä: HT-Lasertekniikka Oy, valvojana ins. Tero Haapakoski

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa tuotannon tehostamiseksi hitsauskiinnitin siirryttäessä käsinhitsauksesta robottihitsaukseen. Valmistettava tuote oli etupohjapanssari.

Työ sisälsi teoria- ja käytännön osuudet. Käytännön osuus oli noin puolet työn laajuudesta. Työssä käytiin läpi hitsauskiinnittimen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja, robottiaseman turvallisuutta ja pohditaan vaihtoehtoja hitsauskiinnittimelle. Lisäksi tarkasteltiin kiinnittimen käyttöönotossa huomioitavia asioita ja tarvittavia vaatimuksia tuotteen esivalmistukselle. Todettiin että hitsauskiinnittimen suunnitteleminen oli paljon käytännön kokemusta vaativa työ.

TAMK University of Applied Sciences
Mechanical Engineering
Machine Automation

Writer: Tienaho Erkki
Thesis: The planning and producing a welding fixture for an under shield of the front end of a Ponse forest machine to a robotic welding stand in HT-Lasertekniikka Ltd.
Scholarly thesis 47 pages + 3 appendices
December 2009
Thesis Supervisor: Eng. Seppo Mäkelä
Job done to: HT-Lasertekniikka Ltd, job supervisor Tero Haapakoski

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to plan and to produce a welding fixture in order to improve the efficiency of production by switching from manual welding to robotic. The item produced with the welding fixture is an under shield for the front end of a forest machine.

The thesis consists of both theoretical and practical components. The practical section covers approximately half of the whole extent of the thesis which examines matters to be noticed in the planning of the welding fixture, the safety of the robotic standing and also considers alternatives for the fixture. In addition the matters needed to be taken into consideration when commissioning the welding fixture will be discussed as well as the requirements needed for the prefabrication of the product.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	2
Abstract.....	3
Sisällysluettelo.....	4
1 Johdanto.....	6
2 Yritysesittely.....	7
3 Robottihitsaus.....	10
3.1 Teollisuusrobotin määritelmä.....	10
3.1.1 Robottihitsaus.....	12
3.1.2 Hitsauslaitteisto.....	12
3.2 Robottihitsausjärjestelmä.....	13
3.3 Robottihitsauksen ja käsihitsauksen vertailu.....	15
4 Turvallisuus robottihitsauksessa.....	16
4.1 Standardit.....	16
4.2 Käytäntö nykyisin ja tulevaisuudessa.....	19
5 Hitsauskiinnittimet.....	21
5.1 Kappaleen kiinnitystavat.....	21
5.2 Hitsauskiinnittimen vaatimukset.....	22
5.3 Hitsauskiinnittimen suunnittelu.....	23
5.4 Esimerkkejä hitsauskiinnittimistä.....	23

6 Etupohjajanssarin hitsauskiinnittimen suunnittelu.....	24
6.1 Lähtötilanteen analysointi.....	24
6.1.1 Valmistettava tuote.....	24
6.1.2 Laitteisto.....	26
6.2 Hitsauskiinnittimen vaatimukset.....	30
6.3 Hitsauskiinnittimen kehittäminen.....	31
6.4 Hitsauskiinnittimen koekäyttö.....	35
6.5 Hitsauskiinnittimen muutostyöt.....	36
6.6 Hitsauksen simulointi.....	38
7 Saavutettavat edut tuotannossa.....	40
7.1 Läpimenoaika.....	40
7.2 Kustannukset.....	40
8 Yhteenveto.....	41
Lähdeluettelo.....	43
Liiteluettelo.....	44

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää toimivan hitsauskiinnittimen ominaisuuksia ja suunnitella hitsauskiinnitin robottihitsausasemaan. Tavoitteena on tehostaa tuotantoa muuttamalla valmistusprosessi osittain automatisoiduksi. Työ jakaantuu kahteen osaan: teoria ja valmistus.

Teoriaosuudessa perehdytään hitsauskiinnittimien ominaisuuksiin ja vaatimuksiin. Sen tavoitteena on selvittää, minkälainen on toimiva hitsauskiinnitin robottihitsauksessa.

Valmistusosuudessa, eli työn käytännöllisemmässä puoliskossa on tarkoitus esittää toimivia ideoita hitsauskiinnittimen valmistukseen yrityksen tarpeisiin. Valmistus-osuuden alkuvaiheessa ideoidaan vaihtoehtoja hitsattavan rakenteen kiinnittämiseen. Tämän jälkeen valmistetaan mallikiinnitin, jossa havaittujen puutteiden jälkeen valmistetaan lopullinen hitsauskiinnitin, jota käytetään tuotannossa.

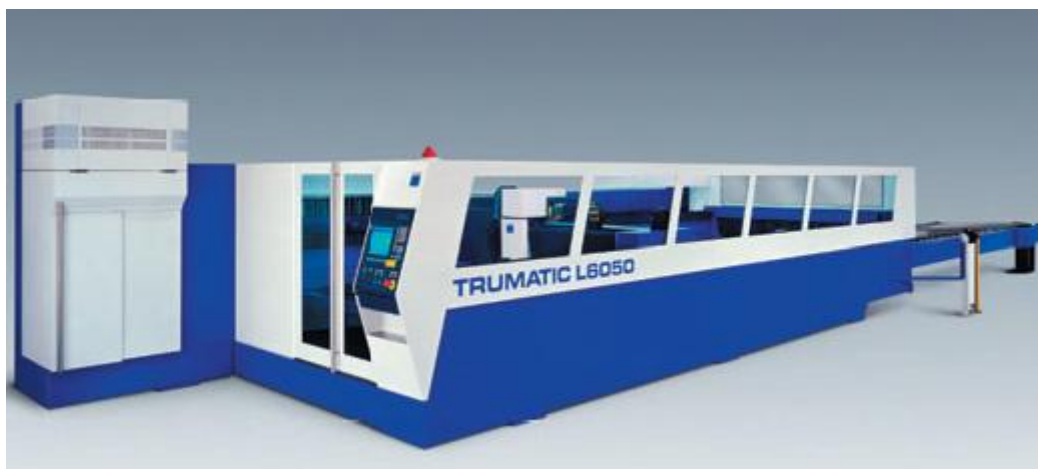
Aikaisemmin yrityksessä hitsattiin käsin kuutta erilaista pohjapanssaria. Tämä työ rajattiin koskemaan ainoastaan malliston suurinta etupohjapanssaria. Siinä materiaalina käytetään osittain kulutuslevyä, joka asettaa kiinnittimelle lisävaatimuksia.

2 Yritysesittely

HT-Lasertekniikka Oy aloitti toimintansa Keuruulla vuonna 1990 yhtenä ensimmäisistä laserleikkaajista. Tällä hetkellä yrityksellä on toimipaikkoja 12 paikkakunnalla eri puolilla Suomea, ja se on laser- ja vesileikkauksen alihankintatöiden suurimpia yrityksiä Suomessa. (HT-Lasertekniikka Oy.)

HT-Lasertekniikka Oy on laser- ja vesileikkauksen johtava asiantuntija. Yrityksellä on alansa monipuolisin laitevalikoima ja suurin kapasiteetti Suomessa. HT-Lasertekniikan toiminnan lähtökohtana ovat asiakaskohtaiset kokonaisratkaisut. Yritys toimii järjestelmätoimittajana palvelten laajaa asiakaskuntaa. Toiminnan laatua vahvistavat ISO 9001- ja ISO 14001- standardien mukaiset sertifioidut laatu- ja ympäristöjärjestelmät.

HT-Lasertekniikka Oy:n konekantaan kuuluvat mm. Trumatic L6050- laserleikkauskone (kuva 1), joka soveltuu suurille kappaleille. Pöydän koko on 2 x 6 m, teho 5 kW, leikkauspaksuus 25 mm (rakenneteräs) ja 20 mm (ruostumatonteräs).



Kuva 1. Trumatic L6050-laserleikkauskone (HT-Lasertekniikka)

Schuler-laserleikkauskone. Pöydän koko on 3 x 6 m, teho 5 kW, leikkauspaksuus 20 mm (rakenneteräs) 10 mm (ruostumaton teräs), viisteleikkaus (kuva 2) 45°/12 mm & 30°/15 mm (rakenneteräs), 45°/5 mm & 30°/8 mm (ruostumaton teräs).



Kuva 2. Schuler-laserleikkauskoneen viisteleikkaus (HT-Lasertekniikka)

Schuler-laserhitsauskoneen (kuva 3) työala on 3 x 6 x 0,6 m, jatkopöydällä hitsattavan kappaleen maksimi pituus 12 m, teho 5 kW, tunkeuma päittäisliitoksessa on 6-8 mm materiaalista riippuen ja siinä on optinen railonseuranta (piena-, nurkka- ja päittäisliitos).



Kuva 3. Schuler-laserhitsauskone (HT-Lasertekniikka)

HT-Lasertekniikan ensimmäinen robottihitsausasema on otettu käyttöön vuonna 2004 Haapamäen tuotantoyksikössä. Hitsausrobotisolu (kuva 4) sisältää hitsausrobotin OTC AX-MV6L, jossa on 6 servoakselia, toistotarkkuus 0,1 mm, ulottuvuus $r = 2010$ mm, sekä digitaalisen pulssi-invertterihitsauskoneen, robotissa on myös railon haku ja seuranta. Solussa on 2 kpl L-pöytää joiden käsittelykyky on 1000 kg, maksimi kappaleen halkaisija 2500 mm, 2 servoakselia/pöytä, pöydän kallistuskulma $\pm 180^\circ$. Etäohjelmoinnissa on käytössä Ultra-Arc ohjelmisto ja jigien suunnittelussa SolidWorks CAD-ohjelma (HT-Lasertekniikka).



Kuva 4. Hitsausrobotisolu (HT-Lasertekniikka)

Toisen hitsausrobotiaseman yritys hankki syksyllä 2008. Uusi solu on perinteinen vaakakselin ympäri pyörähtävä kaksoisgrilliratkaisu. Robotti on OTC:n AX-V4L AP, jossa vesijäähdytys ja poltinkaapelit on kuljetettu ranteen läpi. Työalue on 3000 mm x Ø1200 mm / grilli. Ohjelmoinnissa käytetään samaa järjestelmää kuin vanhemmassa solussa (HT-Lasertekniikka).

3 Robottihitsaus

Tässä luvussa käsitellään robottihitsausta ja hitsauskiinnittimiä teoreettisesta näkökulmasta. Lisäksi käydään läpi turvallisuutta robottihitsauksessa. Hitsauskiinnittimien kohdalla perehdytään erityisesti automatisoidun ja robotisoidun hitsauksen kiinnittimien erityispiirteisiin.

3.1 Teollisuusrobotin määritelmä

Kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään, kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennaista, mutta nykyaikaisissa aistein ohjatuissa robotisovelluksissa tämä ei pelkästään riitä, vaan robotit on saatava muodostamaan tuotteiden suunnittelu-tiedoista ja ympäristömallista liikeratansa, jotka päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla (Suomen Robottiikkayhdistys 1992).

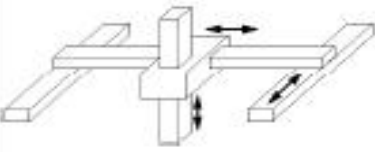


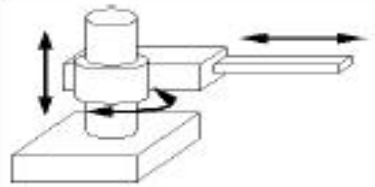
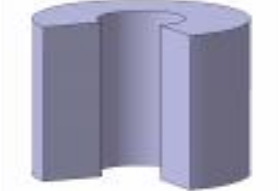

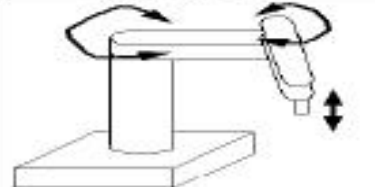
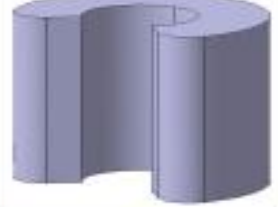

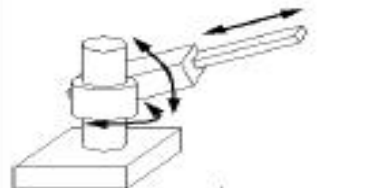








Robottihitsauksessa robotin työkaluksi asennetaan hitsauspää ja langansyöttölaitteet sekä mahdollisesti railon seurantalaitteet. Hitsausrobotin pääosat ovat mekaaninen manipulointi, hitsauslaitteisto ja ohjausjärjestelmä (Norrish 1992, 298).

Tarkkuus on tärkeä ominaisuus, jolla voidaan vertailla eri robotteja. Toistotarkkuudella tarkoitetaan sitä tilastollista tarkkuutta, jolla robotin työkalupiste palaa opetettuun pisteeseen. Robotin absoluuttisella tarkkuudella tarkoitetaan sitä tarkkuutta, jolla robotti saadaan paikoittumaan robotin runkoon sidotussa koordinaatistossa. Absoluuttinen tarkkuus voi olla kymmeniä kertoja epätarkempi kuin toistotarkkuus. (Suomen Robottiikkayhdistys 1992, 14).

Muita valmistajien usein ilmoittamia robotin ominaisuuksia ovat työalueen profiili, nivelten suurimmat nopeudet, kantokyky ja paino. Suurimpana liikenopeutena voidaan myös ilmoittaa suurin työkalupisteen lineaarinopeus, mutta sillä ei ole käytännössä merkitystä robotin työkierroksen keston. Standardi ISO 9283 määrittelee robotin ominaisuuksien mittaamisen ja testauksen (Suomen Robottiikkayhdistys 1992, 14).

Robotit voidaan nykyaikaisen käsityksen mukaan jaotella monella eri tavalla, usein liikeratojensa ja toisinaan niveltensä tai koordinaatistoperiaatteensa perusteella. Yleinen ryhmitelmä on jakaa robotit kuuteen eri ryhmään pääakseleiden mukaan, standardi SFS-EN ISO 8373. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Yleisimmät robottityypit ja niiden työkalu-alueet ISO 8373 mukaan (Suomen Robottiikkayhdistys 1999,12)

Nimi ja rakenne	Työalue	Kuva
 <p>Suorakulmainen robotti</p>		
 <p>Sylinterirobotti</p>		
 <p>Scara-robotti</p>		
 <p>Napakoordinaattirobotti</p>		
 <p>Kiertyvänivelinen robotti</p>		
 <p>Rinnakkaisrakenteinen robotti</p>		

3.1.1 Robottihitsaus

Robottihitsaus on nykypäivää useassa hitsaavassa konepajassa. Manuaalisesti hitsattaessa työkustannukset ovat usein jopa 70–80 % valmistuksen kokonaiskustannuksista. Automatisoidulla ja robottihitsauksella pyritään pudottamaan työkustannuksia. Materiaalikustannukset ovat samaa luokkaa sekä automatisoidulla että manuaalisella hitsauksella. Robottihitsauksen etuna on myös hitsauksen tasalaatuisuus edellyttäen kuitenkin, että hitsausrailo on hyvin valmisteltu, hitsattavat kappaleet tasalaatuisia ja parametrit kohdallaan (Norrish 1992, 285).

Yleisin ja monikäyttöisin hitsausrobotti on kiertyvänivelinen teollisuusrobotti vähintään kuudella vapausasteella. Kiertyvänivelisen hitsausrobotin etuja ovat joustavuus ja ulottuvuus vaikeisiin paikkoihin, toistotarkkuus, paikoitustarkkuus, resoluutio eli pienin mahdollinen inkrementointi sekä kappaleenkantokyky. Kiertyvänivelisen robotin etuihin kuuluu lisäksi mahdollisuus erittäin suureen työskentelyalueeseen.

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 työskentelyalueella, vaikka rata olisi monimutkaisempikin. (Norrish 1992, 299)

3.1.2 Hitsauslaitteisto

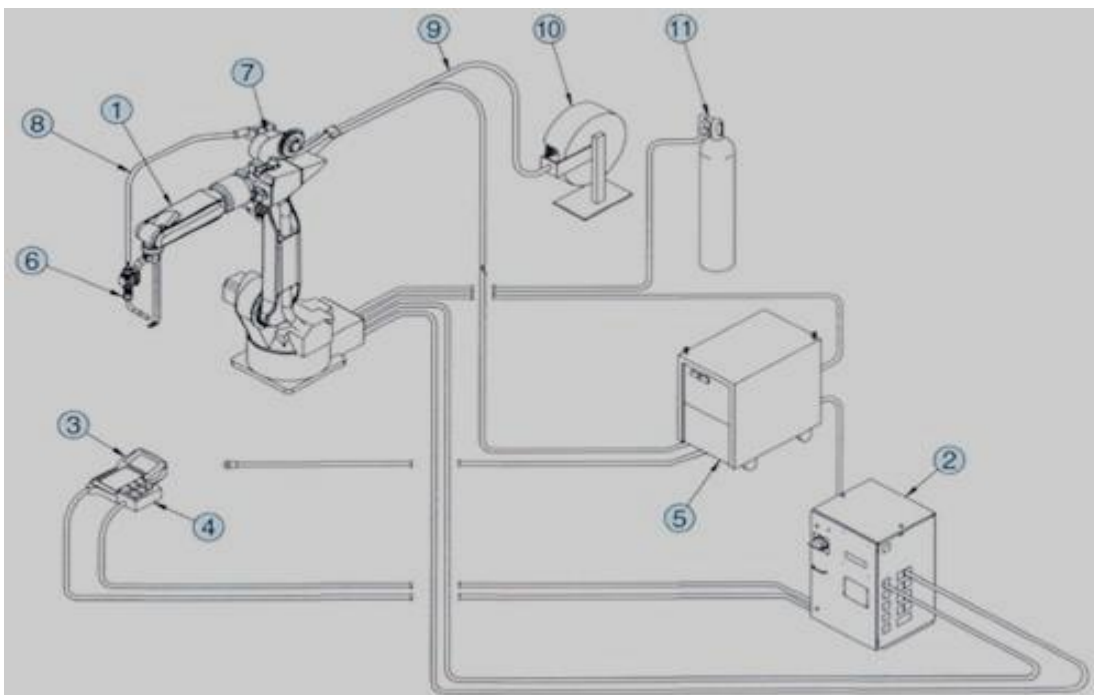
Suoritettaessa kaarihitsausta teollisuusrobotilla työkaluksi asennetaan siihen soveltuva hitsauspää. TIG-hitsauksessa riittää kevyt hitsauspää, johon viedään virta ja kaasulinjat (Norrish 1992, 304).

MIG/MAG-hitsaukseen tarvitaan lisäksi langansyöttölaitteisto. Hitsauspoltin on hieman TIG-poltinta raskaampi. Tasainen langansyöttö on erittäin tärkeää automatisoidun hitsauksen onnistumisen kannalta. Tästä syystä langansyöttölaitteisto olisi edullisinta sijoittaa mahdollisimman lähelle hitsauspäättä. Tämä ei kuitenkaan useimmiten ole kiertyvänivelisen robotin kantokyvyn puolesta mahdollista. Langansyöttölaitteisto voidaan asentaa käsivarren takaosaan. Toinen vaihtoehto on varustaa ulkoinen langansyöttölaite vetorullastolla, joka on sijoitettu juuri ennen hitsauspoltinta (Norrish 1992, 304).

3.2 Robottihitsausjärjestelmä

Hitsausrobottiasema (kuva 5) koostuu robotin lisäksi robottiohjaimesta, kappaleenkäsittelylaitteesta, hitsausvirtalähteestä, langansyöttölaitteesta, hitsauskiinnittimestä eli jigeistä, polttimen puhdistus- ja langankatkaisulaitteesta, törmäyssuojasta sekä lankakehlasta. Polttimenvaihtojärjestelmiä on myös käytössä (Hitsaustekniikka 2000, 5).

Robottihitsauksessa tarvitaan ohjausjärjestelmä. Hitsattaessa tarvitaan aina ohjelma tai proseduuri, jonka mukaan hitsataan. Manuaalisessa hitsauksessa hitsaaja vastaa näistä. Robottihitsauksessa ohjausjärjestelmä toimii hitsauksen ohjaajana ja vastaa kaikista robotin liikkeistä. Ohjausjärjestelmä on mikroprosessoriohjattu. Hitsausohjelmat suoritetaan järjestelmän muistista (Howard & Helzer 2005).



Kuva 5. Hitsausrobottijärjestelmä (Finnrobotics).

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| (1) Robotti | (7) Langansyöttölaite |
| (2) Ohjain | (8) Hitsauskaapeli |
| (3) Opetusyksikkö | (9) Kaapeli |
| (4) Toimintapainikkeet | (10) Lankateline |
| (5) Hitsausvirtalähde | (11) Kaasunsäädin |
| (6) Hitsauspoltin | |

Yleisin kappaleenkäsittelylaite on kaksiakselinen, numeerisesti ohjattu pyörityspöytä. (kuva 6). Kaksiakselisten pöytien käytön rajoitus kappaleen koossa tulee vastaan painon kohdalla. Toinen yleisesti käytetty kappaleenkäsittelylaitteisto on grilli-tyyppinen yksiakselinen laitteisto (kuva 7). Tällöin työkappale kiinnitetään kahden pyörivän pöytälevyn väliin (Finnrobotics).



Kuva 6. Kaksiakselinen pyörityspöytä (Finnrobotics)



Kuva 7. Grillipöytä (Finnrobotics)

Hitsausvirtalähteet (kuva 8) ovat mikroprosessoriohjattuja. Parametriensäätö mahdollisuudet ovat monipuoliset ja esiaseteltujen parametrikirjastojen avulla asetusten valinta helpottuu (Kemppi Oy).



Kuva 8. Hitsausvirtalähde (Kemppi PROMIG 540R)

3.3 Robottihitsauksen ja käsihitsauksen vertailu

Pyrittäessä hitsaavan tuotannon tehostamiseen siirtymällä käsihitsauksesta robotisoituun hitsaukseen on otettava huomioon investoinnin kustannukset ja hitsausprosessin optimointi. Robottihitsausaseman investointikustannukset ovat moninkertaiset verrattuna manuaalisiin hitsauslaitteisiin. Robotisoidun hitsauksen kaariaikasuhdetta tulisi täten nostaa lähes 90 %, jotta investoinnista tulisi kannattava.

Hitsauksessa automatisointi mahdollistaa tasaisen laadun, mikäli hitsausparametrit ovat kohdallaan. Toisaalta taitava käsihitsaaja saa aikaan, olosuhteista riippuen, 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 standardisoitujen parametrien mukaista hitsaustyyliä. Robotti ei välttämättä havaitse railon seurannalla railossa esiintyviä tilavuuseroja tai muita vastavia, jotka käsihitsaaja pystyy havaitsemaan ja kompensoimaan hitsatessaan. Kuitenkin jos hitsausrailo on hyvin valmisteltu ja esikäsitelty ja parametrit ovat kohdallaan, saadaan hitsausrobotilla usein aikaan paremmannäköinen ja – laatuinen liitos kuin manuaalisesti hitsaamalla. (Hamilton Nicolas & Iso-Kuorti Juha, Tutkintotyö)

4 Turvallisuus robottihitsauksessa

Keskeinen vuorovaikutteiseen robotiikkaan liittyvä puute on ollut yhteistyön turvallisuus. Robotin ja ihmisen tuloksetas työskenntely yhteistyökumppaneina on ollut turvallisuuden näkökulmasta vain harvoin mahdollista. Ihmiset ja robotit on vielä pääsääntöisesti pitänyt erottaa toisistaan kömpelöillä aidoilla ja turvalaitteilla. Tulossa olevat turvaohjaimet, robotin voiman tarkka hallinta ja monet uudet anturitekniikat antavat lupauksia uusista ihmisen ja robotin yhteistyön mahdollisuuksista. Insinöörikunnan haasteena on löytää uusia sovelluskohteita, joissa vuorovaikutteisen robotiikan mahdollisuudet voidaan tehokkaasti hyödyntää. (standardi ISO 10218)

4.1 Standardit

Robotteihin liittyvät vaarat tunnetaan hyvin, mutta tietyn robottijärjestelmän vaarojen lähteet ovat usein ominaisia vain kyseiselle järjestelmälle. Vaaratekijöiden lukumäärä ja vaarojen tyypit riippuvat suoraan automaatioprosessin luonteesta ja järjestelmän monimutkaisuudesta. Näihin vaaroihin liittyvät riskit vaihtelevat riippuen käytettävästä robotityypistä ja sen käyttötarkoituksesta sekä sen asentamistavasta, ohjelmoinnista, käytöstä ja kunnossapidosta. (Standardi ISO 10218)

Moottoreiden akseleiden, hammaspyörien, käyttöhihnojen, vivustojen tai vastaavien rakenneosien aiheuttamille vaaroille alttiiksi joutuminen on estettävä joko kiinteillä tai avattavilla suojuksilla. avattavien suojusten on oltava kytketyt vaarallisiin liikkeisiin niin, että vaaralliset liikkeet pysähtyvät, ennen kuin vaarakohtaan on mahdollista ulottua (Standardi ISO 10218).

Robotin ohjausjärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että kun robotti siirretään paikallisen kannettavan ohjausyksikön tai muun ohjelmointilaitteen ohjattavaksi, robotin liikkeiden käynnistäminen tai paikallisohjauksen valinnan muuttamisen on oltava estetty kaikista muista paikoista (Standardi ISO 10218).

Kun robotissa on oltava turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä, turvallisuuteen liittyvät osat on suunniteltava niin, että yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Kun yksittäinen vika ilmenee, turvatoiminto suoritetaan aina ja turvallinen tila on säilytettävä kunnes, havaittu vika korjataan (Standardi ISO 10218).

Jokaisella robotilla on oltava suojauspysäytystoiminto ja itsenäinen hätäpysäytystoiminto. Nämä toiminnot on oltava mahdollista yhdistää ulkopuolisiin turvalaitteisiin. Taulukossa 2 esitetään hätäpysäytystoiminnon ja suojauspysäytystoiminnon vertailu (Standardi ISO 10218).

Taulukko 2. Hätäpysäytystoiminnon ja suojauspysäytystoiminnon vertailu.

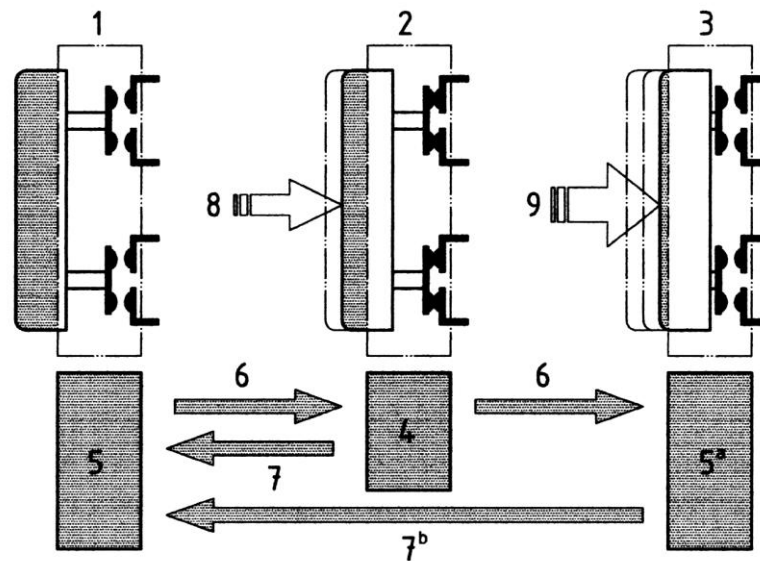
	Hätäpysäytys	Suojauspysäytys
Paikka	Käyttäjällä on nopea ja esteetön pääsy	Määritetään vähimmäisetäisyyden kaavan perusteella
Toiminnon aikaan saaminen	Käsin	Automaattisesti tai käsin
Turvallisuusjärjestelmän suorituskyky	Standardin ISO 13849-1:1999 luokka 3 tai riskien arvioinnin mukaisesti	Standardin ISO 13849-1:1999 luokka 3 tai riskien arvioinnin mukaisesti
Kuittaus (toimintavalmiiksi palauttaminen)	Vain käsin	Käsin tai automaattisesti
Käytön taajuus	Harvoin, vain hätätilanteissa	Vaihtelee, voi olla kerran työkierrossa tai harvoin
Vaikutus	Kaikkien vaaratekijöiden energian syötön katkaisu	Suojattavaksi tarkoitetun vaaratekijän hallinta

Kun robottia ohjataan alennetulla nopeudella, robotin työkalun kiinnityslaipan ja työkalun keskipisteen nopeus ei saa ylittää arvoa 250 mm/s. Alempien nopeuksien kuin 250 mm/s valitseminen tulisi olla mahdollista. Alennetun nopeuden ohjaus on suunniteltava ja rakennettava niin, että minkä tahansa kohtuudella ennakoitavissa olevan virhetoiminnon sattuessa robotin työkalun kiinnityslaipan ja työkalun keskipisteen nopeus ei saa ylittää alennetun nopeuden raja-arvoa (Standardi ISO 10218).

Kannettavassa ohjaus- tai ohjelmointilaitteessa on oltava standardin IEC 60204–1:2005 kohdan 10.9 mukainen kolmiasentoinen sallintalaite, (kuva 9) joka jatkuvasti keskiasennossa pidettäessä sallii robotin liikkeen tai muut vaaraa aiheuttavat robotin ohjaamat toiminnot. Sallintalaitteen on täytettävä seuraavat suorituskykyominaisuudet:

- a) Sallintalaite voi olla osa kannettavaa ohjausyksikköä tai erillinen laite ja sen on toimittava kaikista muista liikkeiden ohjaustoiminnoista tai ohjauslaitteista riippumatta.
- b) Laitteen vapauttamisen tai sen painamisen ohi liikkeet sallivan keskiasennon on saatava aikaan vaaratekijöiden (esim. robotin liikkeen) lakkaaminen.
- c) Kun käytössä on useampi kuin yksi sallintalaite, liikkeet saavat olla mahdollisia vain, kun jokainen sallintalaite pidetään samaan aikaan keskiasennossaan.
- d) Sallintalaitteen putoaminen ei saa johtaa vikaantumiseen, joka voisi johtaa liikkeen sallimiseen. (Standardi ISO 10218)

Kolmiasentoisen sallintalaitteen toiminnalliset ominaisuudet



Selitykset

- | | | |
|------------|--------------|-----------------------------|
| 1 Asento 1 | 4 PÄÄLLÄ | 7 Irti päästäminen |
| 2 Asento 2 | 5 POIS | 8 Kevyesti puristaminen |
| 3 Asento 3 | 6 Painaminen | 9 Voimakkaasti puristaminen |

a) Kun hallintaelin painetaan kokonaan asentoon 3, koskettimet avautuvat uudelleen

b) Kun hallintaelin palaa asennosta 3 asentoon 1, koskettimien on pysyttävä avoimina käymättä toiminnallisesti asennossa 2

Kuva 9. Kolmiasentoinen sallintalaite. (standardi ISO 10218)

Kannettavassa ohjausyksikössä tai ohjelmointilaitteessa on oltava pysäytystoiminto. Laitteen ulkonäön on oltava hätäpysäytyslaitteen standardin ISO 13850 mukainen. Robotin automaattisen toiminnan käynnistäminen ei saa olla mahdollista käyttämällä vain kannettavaa ohjausyksikköä tai ohjelmointilaitetta. Suojuksilla ja turvalaitteilla erotetun tilan ulkopuolelta tehtävän erillisen vahvistuksen on oltava tarpeen ennen automaattisen toimintatavan käynnistämistä. (Standardi ISO 10218)

Dynaamisella rajoittamisella tarkoitetaan robotin rajoitetun alueen automaattisesti ohjattua muuttamista robotijärjestelmän työkierron jonkin vaiheen aikana. Ohjauslaitteita, kuten esimerkiksi ohjauskappaleella vaikuttavia rajakytkimiä, valoverhoja tai ohjausjärjestelmän aktiivisia syrjään siirrettävissä olevia pysäytyskappaleita, voidaan käyttää robotin liikkeen lisärajoitusten aikaan saamiseksi rajoitetun alueen sisällä robotin suorittaessa työohjelmaansa. Näihin toimintoihin liittyvän turvallisuuden liittyvän ohjauksen on täytettävä standardin ISO 13849-1:1999 luokan 3 vaatimukset. (Standardi ISO 10218)

4.2 Käytäntö nykyisin ja tulevaisuudessa

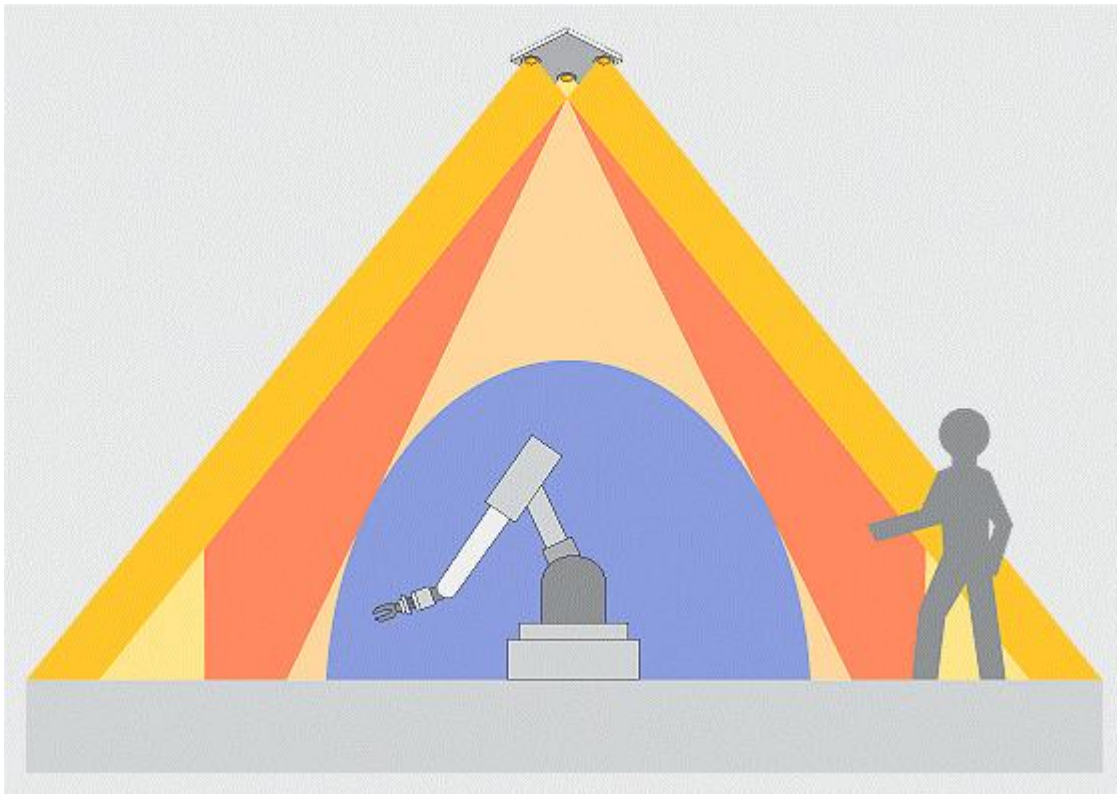
Nykyään valtaosassa robottisoluja turvajärjestelyt on hoidettu eristämällä robotti aidoin. Mikäli robotintyöalueelle tulee päästä, se tapahtuu valvotun (esim. valoverho tai -kenno) kulkuaukon kautta. Aidatun solun oven avaaminen tai kulkuaukon ohittaminen aiheuttavat robotin ja muiden toimilaitteiden pysähtymisen, tai välttämättä ovea ei edes saa auki, ennen kuin toimilaitteet ovat pysähtyneet. Tällaiset turvajärjestelyt ovat erittäin tehokkaita ja kohtuullisen yksinkertaisia. Ne palvelevat tarkoitustaan erittäin hyvin korkeasti automatisoiduissa ja optimoiduissa sovelluksissa, joissa ihmisellä ei ole mitään asiaa solun sisälle, kun kaikki toimii normaalisti (SAS julkaisusarja nro 34).

Ihmisen ja robotin yhteistyöhön liittyy oleellisesti ihmisen sijainnin ja läsnä olon havaitseminen. Valokennoilla, valoverhoilla ja portteihin liitetyillä rajakytkimillä saadaan kyllä tieto, milloin ihminen on saapunut robotin lähelle, mutta ei hänen sijaintiaan (SAS julkaisusarja nro 34).

Robottiympäristöön on tulossa uusia turvallisuustekniikoita. Kolme mielenkiintoisinta tekniikkaa ovat turvaohjaimet (robotin ohjaimen integroitu turvajärjestelmä), robottien voiman hallinta (voimatakaisinkytkentä ja kevyet robotit) ja uudet anturitekniikat (esim. konenäkö ja "älykkäät" valoverhot). Nämä tekniikat ovat vasta kehittymässä, mutta jo nyt on nähtävissä, niiden merkitys tulevaisuuden turvallisuustekniikassa (Pilz GmbH&Co).

Konenäköjärjestelmiä on kehitelty jo pitkään, ja esimerkiksi saksalainen Pilz valmistaa konenäköön perustuvaa turvalaitetta. SafetyEYE-turvakamerajärjestelmä (kuva 10) muodostuu kolmesta komponentista; tunnistinyksiköstä, tehokkaasta tietokoneesta ja turvaohjauksesta. Kolmesta kamerasta koostuva tunnistinyksikkö lähettää kuvatiedot valvottavasta tilasta. Robottityöpiste on täysin avoin, tunnistinyksikkö on työpisteen yläpuolella, josta se valvoo robotin koko työaluetta. Vilkaisu monitoriin näyttää, että käytössä on turvatekniikkaa, kameroiden kuvaa peittävät värikkäät läpikuultavat kuutiot ja suorakulmiot – kolmiulotteiset suoja- ja varoitusalueet. Nämä alueet ilmaisevat tilat, joissa robotti liikkuu työvaiheiden aikana. Vaara-alueet on määritelty virtuaalisena verhoikäyränä, joka kattaa varoitus- ja suoja-alueet. Vain näille alueille tunkeutuvat kohteet ovat mahdollisessa vaarassa. Suoja-alueen rikkominen ei aiheuta automaattisesti hätäpysäytystä. Jos työntekijä tulee virtuaaliselle suoja-alueelle kohdassa, jonka robotti saavuttaa vasta useamman sekunnin kuluttua, ohjaustekniikka huolehtii siitä, että robotti

jatkaa liikettään erittäin alhaisella nopeudella. Jos työntekijä varoitussignaalin kuultuaan poistuu vaara-alueelta, robotti jatkaa työtään normaalinopeudella. Häätäpysäytys aktivoituu vasta sitten, kun työntekijä astuu välittömälle vaara-alueelle. (Pilz GmbH & Co).



Kuva 10. Turvakamerajärjestelmä (Pilz SafetyEYE)

Laserskanneri on erittäin monipuolinen optinen anturi, jota voidaan käyttää ihmisen havaitsevaaksi turvalaitteeksi. Sen valvoma alue on kaksikulotteinen, ja se tunnistaa havaitsemansa kohteen etäisyyden lisäksi myös sen sijainnin. Se soveltuu myös raajojen pääsyn estämiseen vaarallisen koneen alueelle. Laserskannerin toiminta perustuu lähetetyn valonsäteen palautumiseen kohteesta siitä heijastuttuaan ja siihen kuluvan ajan mittaamiseen. Laservalonsäde heijastetaan ja levitetään pyörivän peilin avulla tarkasteltavalle alueelle, jonka koko ja muoto voidaan laitteen valmistajasta riippuen määrätä kohtuullisen vapaasti. Peilin käänkökulman avulla skanneri määrittää, missä suunnassa kohde on. Kiinteiden rakenteiden aiheuttamien katvealueiden välttämiseksi voidaan käyttää useampaa laserskanneria ja siten parantaa turvallisuutta sekä tarkkuutta. Referenssipintojen käytöllä voidaan valvoa esimerkiksi oven karmien rajaamaa aluetta (SAS julkaisusarja 34).

5 Hitsauskiinnittimet

Kappaleessa käsitellään automatisoituun hitsaukseen tarkoitettuja hitsauskiinnittimiä. Automatisoidussa hitsauksessa kiinnittimen vaatimukset ovat huomattavasti korkeammalla kuin käsinhitsauksessa. Kiinnittimen tarkkuudesta riippuu suoraan hitsatun tuotteen tarkkuus.

5.1 Kappaleen kiinnitystavat

Automatisoitu hitsaus vaatii yleensä hitsattavien osien paikoittamista toistuvasti samaan asentoon. Paikoituksen tarkkuutta vaaditaan erityisesti silloin, kun käytössä ei ole rai-lonhaku- tai seurantalaitteita (MET 16/88, 1988).

Kappaleen hitsaaminen kiinnittimen avulla voidaan järjestää ainakin seuraavilla kolmel-la tavalla: (MET 16/88, 1988)

1. Kappale silloitetaan manuaalisesti silloituskiinnittimessä. Tämän jälkeen kappale asetetaan toiseen, varsinaiseen hitsauskiinnittimeen.
2. Kappale silloitushitsataan robotilla kiinnittimessä. Tämän jälkeen joitakin kiinnittimen osia poistetaan jotta saadaan hitsattua kappale loppuun.
3. Osat paikoittuvat kiinnittimeen automaattisesti ja kappale hitsataan kerral-la valmiiksi.

Silloituskiinnittimen käyttö on tarpeellista, jos kappaleen valmistukseen liittyy luokse-päästävyys ongelmia. Silloituskiinnittimen käyttö kuitenkin lisää työvaiheita valmistus-prosessissa ja saattaa pidentää läpimenoaikaa. (MET 16/88, 1988)

5.2 Hitsauskiinnittimen vaatimukset

Hitsauskiinnittimen suunnittelussa tärkeitä huomioon otettavia asioita ovat muun muassa (MET 16/88, 1988).

- mittatarkka rakenne
- yksiselitteinen paikoittaminen
- luoksepäästävyys
- optimaalinen hitsausasento
- oikean railogeometrian saavuttaminen
- tukeva kiinnitys
- hitsauslämmön vaikutuksen huomioon ottaminen
- esitaivutus ja esijännitys
- helppo ja nopea asetus
- nopea ja tarkka uudelleen asetus kappaleenkäsittelylaitteeseen
- keveys
- kulumisen huomioon ottaminen kiinnityspisteissä
- roiskeiden ja epäpuhtauksien vaikutusten poistaminen
- maadoitus
- työturvallisuus.

Yksinkertainen lataus ja purku ovat hyvän kiinnittimen avainseikat ja jalostamattomien työvaiheiden vähentäminen tuleekin olla kiinnittimen tarkoitus. Kappaleen muodonmuutokset on ehdottomasti otettava huomioon suunnittelussa, ettei synny niin sanottua lukittuvaa rakennetta. Joissain yksinkertaisissa tapauksissa kappaleen lämpölaajenemista voidaan simuloida. Muodonmuutokset on myös otettava huomioon lopullisen kappaleen mittatarkkuudessa (Korhonen & Neuvonen 1999, 27).

5.3 Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Hitsauksen kannalta tärkeimmän, hitsauskiinnittimen, tärkein tehtävä on yksinkertainen: varmistaa hitsattavan tuotteen mitta- ja muototoleranssien toteutuminen.

Hitsauskiinnittimen suunnittelu on sen tehtävää monimutkaisempi asia. Suunnittelijan on huomioitava mm. tuotteen kokoamisjärjestys ja vaiheet, hitsauksen aiheuttamien jännitysten ja muodonmuutosten vaikutus ja hitsauksen ulottuvuus. Lisäksi tuotteen kokoaminen ja irrottaminen kiinnittimestä tulisi olla nopeaa ja helppoa. Joustavassa hitsausautomaatiossa osa hitsauskiinnittimen tehtävistä ja haasteista siirtyy kappaleenkäsittelyrobotille ja sen työkaluille eli robottitarraimille. Hitsauskiinnittimen suunnittelu vaatii tiedon lisäksi kokemusta. Hitsaustekniikan laboratorio mahdollistaa suunnittelun lisäksi kiinnitinratkaisujen testauksen. Käytännön testaustoiminnan lisäksi myös virtuaalimallinnus antaa työkaluja kiinnitinsuunnittelun tarpeisiin (Hamilton Nicolas & Iso-Kuortti Juha, Tutkintotyö).

5.4 Esimerkkejä hitsauskiinnittimistä

Hitsattavien kappaleiden koko ja muoto vaihtelevat laidasta laitaan hitsaavassa teollisuudessa. Tästä johtuen yleispätevän hitsauskiinnittimen valmistaminen on mahdotonta. Yleensä hitsauskiinnittimen komponentit toimitetaan erikseen ja niistä räätälöidään tietylle tuotteelle sopiva kiinnitin. Tuotannon kannalta on edistysaskel, jos useammanlaisia tuotteita voidaan hitsata samalla kiinnittimellä. Usein tämä on mahdollista suunnittelemalla muodoltaan samankaltaisia tuoteperheitä eikä niinkään kiinnittimen suunnittelulla (MET 16/88, 1988).

6 Etupohjapanssarin hitsauskiinnittimen suunnittelu

Tässä työn osuudessa keskitytään etupohjapanssarin hitsauskiinnittimen suunnitteluun yrityksen tarpeisiin. Pohjapanssarien tuotannon automatisoinnilla pyritään valmistusajan lyhentämiseen ja kustannussäästöihin.

6.1 Lähtötilanteen analysointi

Kappaleessa on kartoitettu hitsauskiinnittimen suunnitteluun tarvittavia lähtötietoja. Valmistettava tuote on Ponssen metsäkoneen etupohjapanssari P067. Etupohjapanssarin kaikki hitsaukset tehdään tällä hetkellä käsin. Suunnitelmana on siirtyä käyttämään tuotannossa robottihitsausasemaa.

6.1.1 Valmistettava tuote

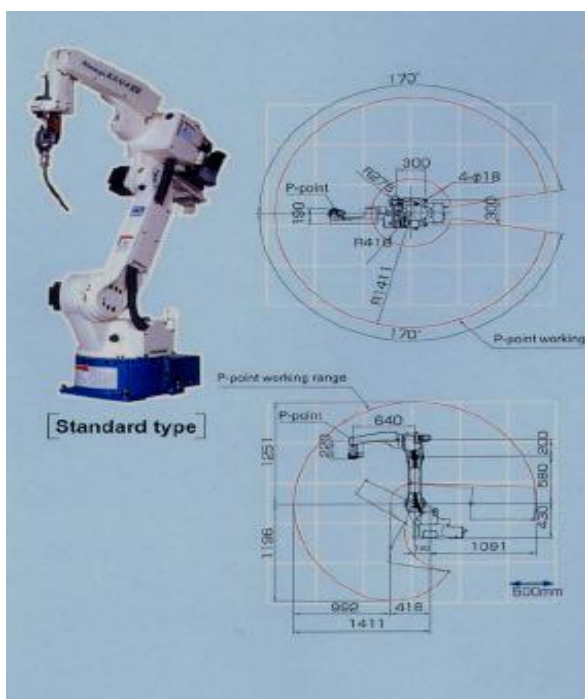
Etupohjapanssarin (kuvat 11 ja 12) osat laserleikataan ja särmätään valmiiksi HT-Lasertekniikan omissa tuotantotiloissa, joten osien mittatarkkuuteen voidaan helposti vaikuttaa. Itse panssari osa on 8 mm vahvaa kulutuslevyä (hardox 400), joka asettaa kiinnittimelle omia erityisvaatimuksia. Etupohjapanssariin kuuluvien saranoiden hitsaus jätettiin robottihitsauksen ulkopuolelle, koska kulutuslevyyn tehtävän suuren esitaivutuksen takia saranoiden asennon mittatarkkuutta ei saataisi riittäväksi. Kaikki I-railot hitsataan ympäriinsä ja kulutuslevyyn hitsattavat osat pienasaumalla (a-mitta 3 mm) katkohitsinä. Tällöin sauman pituus on 60 mm ja väli 60 mm. Etupohjapanssarin ulkomitat ovat 1661x762 mm korkeus 73 mm.

6.1.2 Laitteisto

Hitsausrobotin tyyppi on Almega AX-V4L AP (kuva 13). Robotin ominaisuuksia, aksleita on 6 kpl ja kuormankantokyky 4 kg, ulottuvuutta robotilla on 2008 mm sen toistotarkkuus $\pm 0,1$ mm ja paino 270 kg. Robotin liikeratoja on esitetty kaaviokuvassa 14.

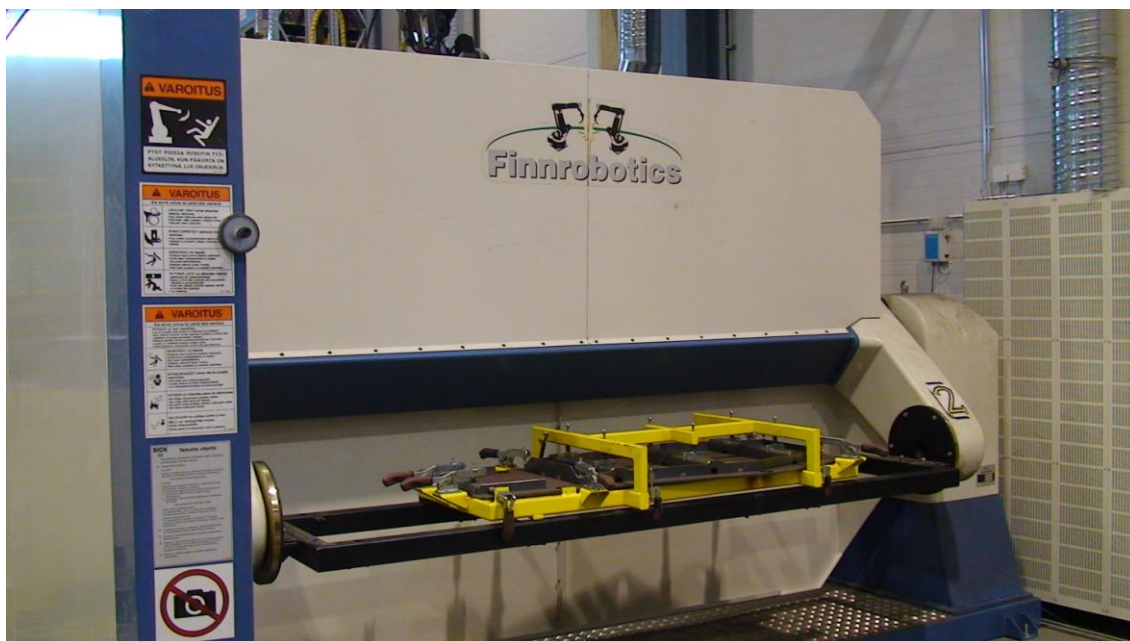


Kuva 13. Almega AX-V4L AP



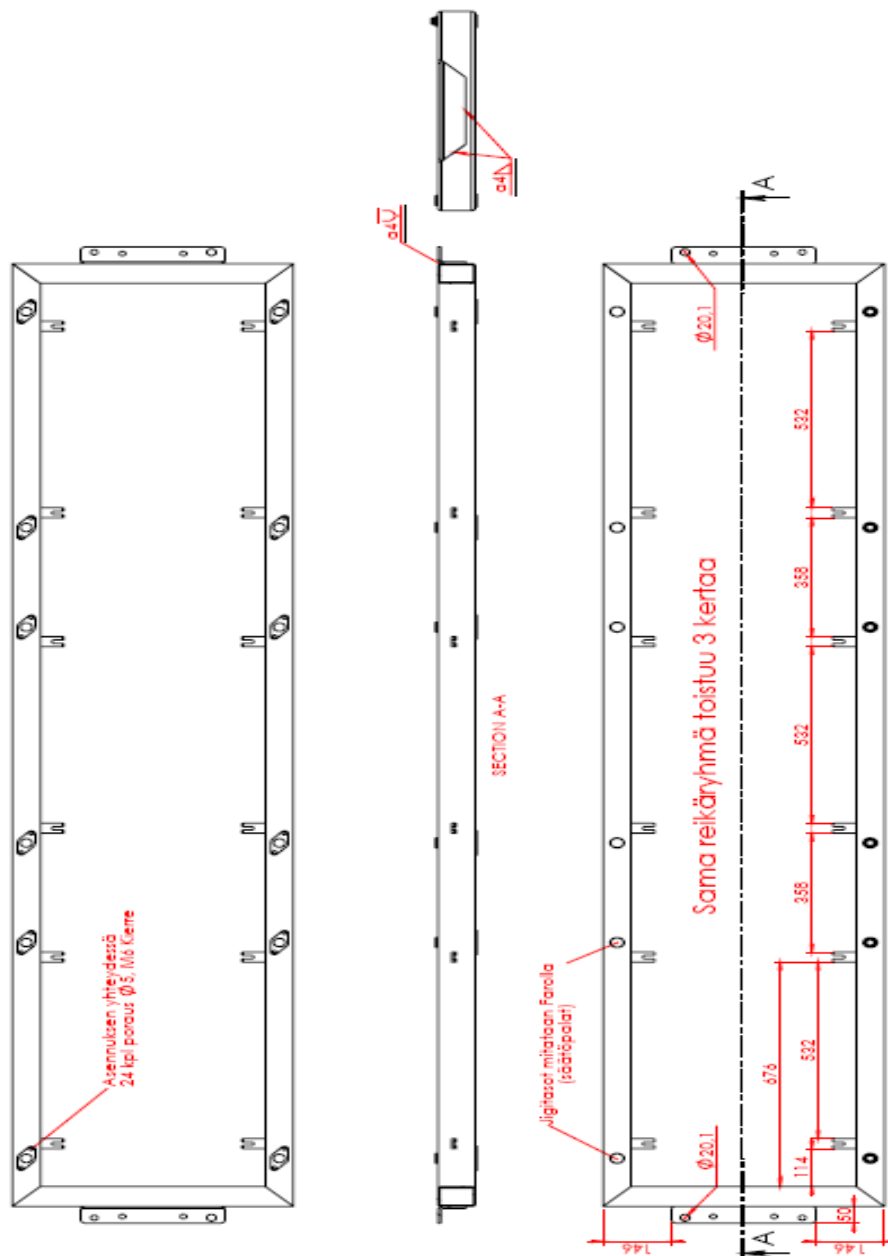
Kuva 14. Almega AX-V4L AP:n liikeradat (Finnrobotics)

Kappaleen käsittelylaitteisto muodostuu Finnroboticsin valmistamasta kaksoisgrillipöydästä (kuva 15). Modulaarisen rakenteen ansiosta grillissä voidaan käyttää standardikomponentteja ja pöytiä muuntelemalla saadaan asiakkaan toivoma ratkaisu. Hitsauspöytään voidaan liittää myös lineaarisia liikeakseleita. Pöydän akseleita voidaan liikuttaa täysin synkronisesti robotin akseleiden kanssa. Näin varmistetaan optimaaliset hitsausarvot, paras mahdollinen laatu ja tehokas, tuottava hitsaus.



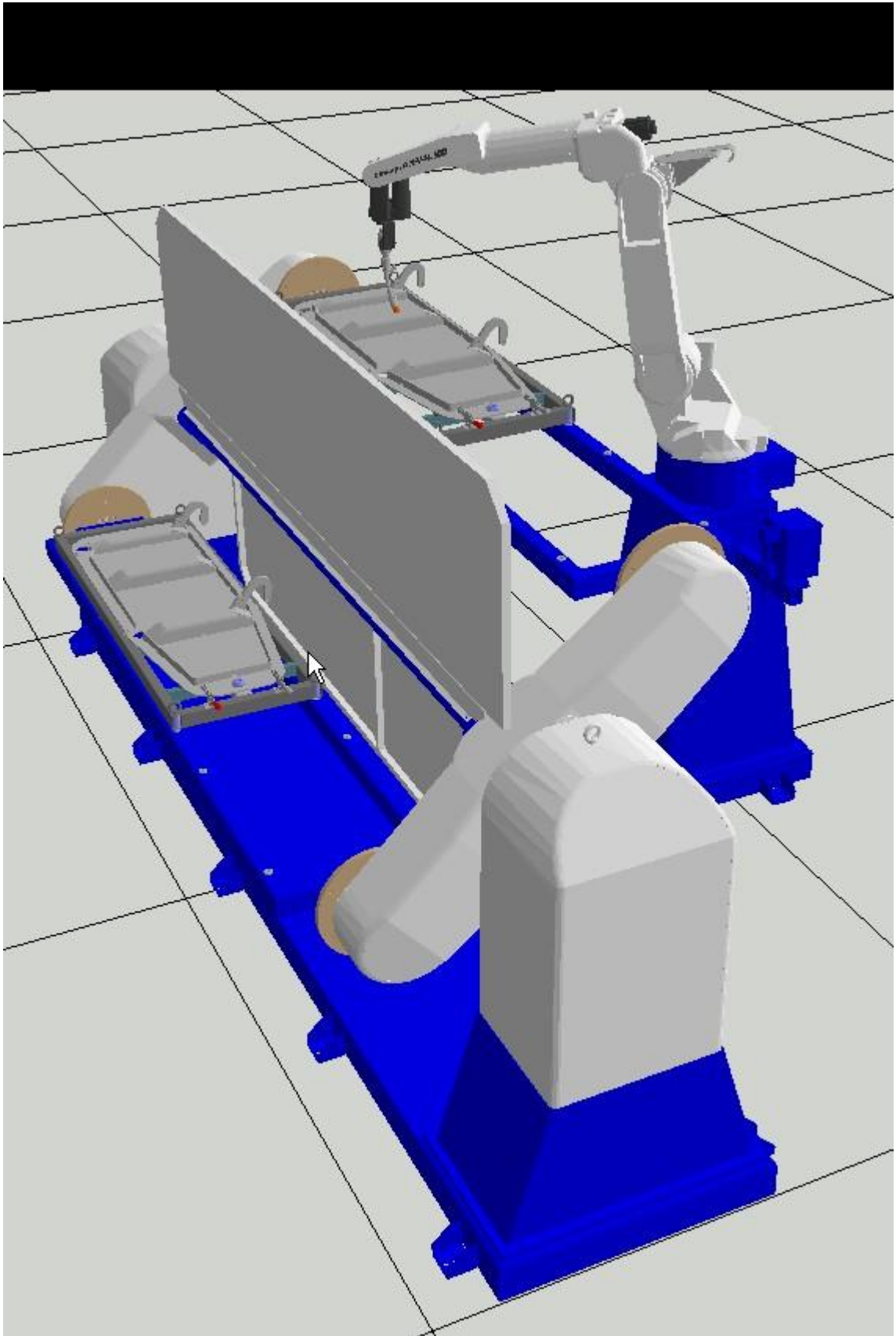
Kuva 15. Kaksoisgrillipöytä

Kaksoisgrillipöydän hitsauskiinnittimen kiinnitysrungon (kuva 16) koko on 600 x 2840 mm. Pöydässä mahtuu pyörimään kappale, jonka pyörähdyshalkaisija on 1000 mm. Kiinnitysrungossa on kohdistus nastat joihin hitsauskiinnitin saadaan asennettua nopeasti ja tarkasti. Kiinnitysrunkoon voidaan myös asentaa useampia hitsauskiinnittimiä.



Kuva 16. Kiinnitysrunko OJ T06142 (HT-Lasertekniikka)

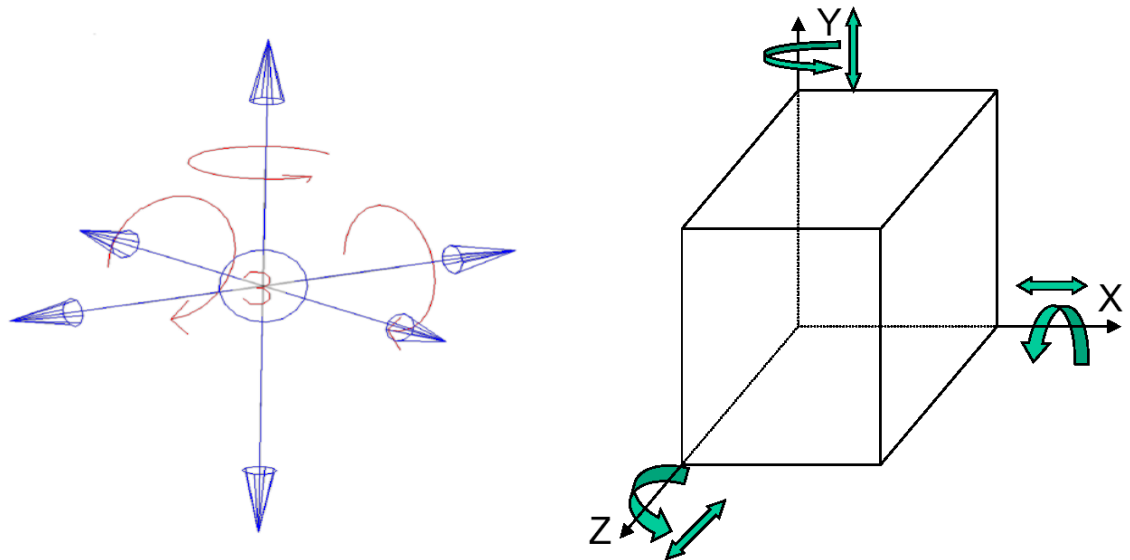
Robottisolun simulointikuvasta (kuva 17) pääsee hyvin perille, kuinka kaksoisgrillipöytää käytetään tuotannossa. Sillä aikaa, kun robotti hitsaa kappaletta, voidaan pöydän toisella puolella suojaseinän takana irrottaa valmis kappale hitsauskiinnittimestä ja ladata uudet osat paikoilleen. Lukitsemisen jälkeen pöytä on valmis uuteen pyörähdykseen.



Kuva 17. Robottiasema (HT-Lasertekniikka)

6.2 Hitsauskiinnittimen vaatimukset

Kiinnitinsuunnittelun lähtökohtana voidaan pitää ns. 3-2-1-sääntöä. Jokaisella kiinnitettävällä kappaleella on kuusi vapausastetta (kuva 18). Vapausasteiden määrä tulee kappaleen mahdollisista translaatio- ja rotaatiomahdollisuuksista kaikkien kolmen pääakselin suhteen. Nämä vapausasteet pitää pyrkiä rajoittamaan siten, että kappale on aina turvallisesti kiinnitettynä hitsaustapahtumasta riippumatta. Säännön mukaan tukipisteiden lukumäärää ja paikkaa valittaessa tulee ottaa huomioon, että suurin määrä tukipisteistä sijoitetaan suurimmalle paikoitettavalle pinnalle.



Kuva 18. Kappaleen vapausasteet (Suomen Robottiikkayhdistys ry)

Hyvin suunnitellun hitsauskiinnittimen vaatimukset ovat seuraavat:

- Tuotteen hitsattavat osat ovat robotin ulottuvilla.
- Kiinnitin ei rajoita robotin hitsausaluetta.
- Hitsauksen paluuvirran reitti on varma ja harkittu.
- Robotin ei tarvitse suorittaa turhia väistöliikkeitä kiinnittimestä johtuen.
- Pystytään hitsaamaan edullisissa hitsausasennoissa.
- Hitsattava kappale voidaan poistaa esteettömästi.

Kaikkia hyvän kiinnittimen ominaisuuksista ei aina pystytä toteuttamaan. Rakenteet ovat joskus niin mutkikkaita, että esim. väistöliikkeitä on mahdoton välttää ja myös kiinnitin saattaa joskus rajoittaa hitsausaluetta. Hitsauksessa on aina vaarana, että aiheutuu lämpöjännityksiä ja vetelyä. Hitsauskiinnittimellä ei pystytä poistamaan hitsausmuodon muutoksia, mutta niitä yritetään ohjata hallitulla tavalla. Kappaleen vetelyihin voidaan kuitenkin vaikuttaa etukäteen kompensoimalla niitä sopivalla esiasettelulla, hitsausjärjestyksen suunnittelulla, esitaivutuksella ja -jännityksellä.

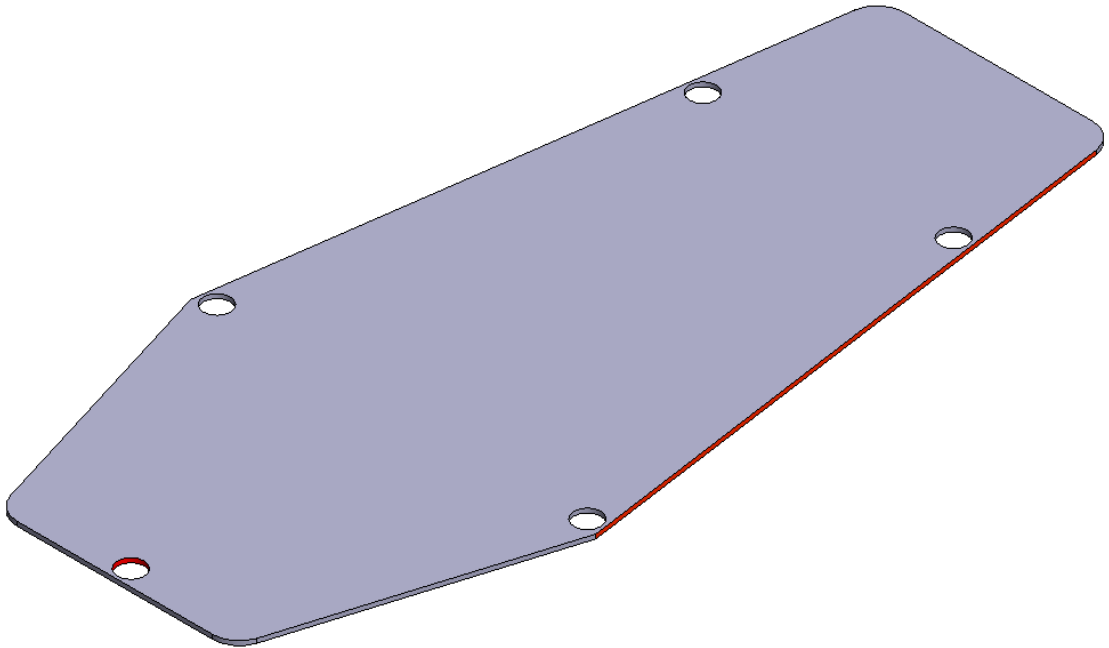
6.3 Hitsauskiinnittimen kehittäminen

Hitsauskiinnittimen suunnittelun lähtökohdaksi otettiin se tilanne, että kiinnittimessä on putkirunko, jonka leveys on sama kuin kaksoisgrillin kiinnitysrungon OJ T06142 leveys. Tällöin kiinnitysrungossa olevien kohdistusnastojen avulla saadaan hitsauskiinnitin asennettua aina tarkasti samalle kohdalle (kuva 18). Kiinnittimen pituus on oltava riittävä hitsattavalle kappaleelle.



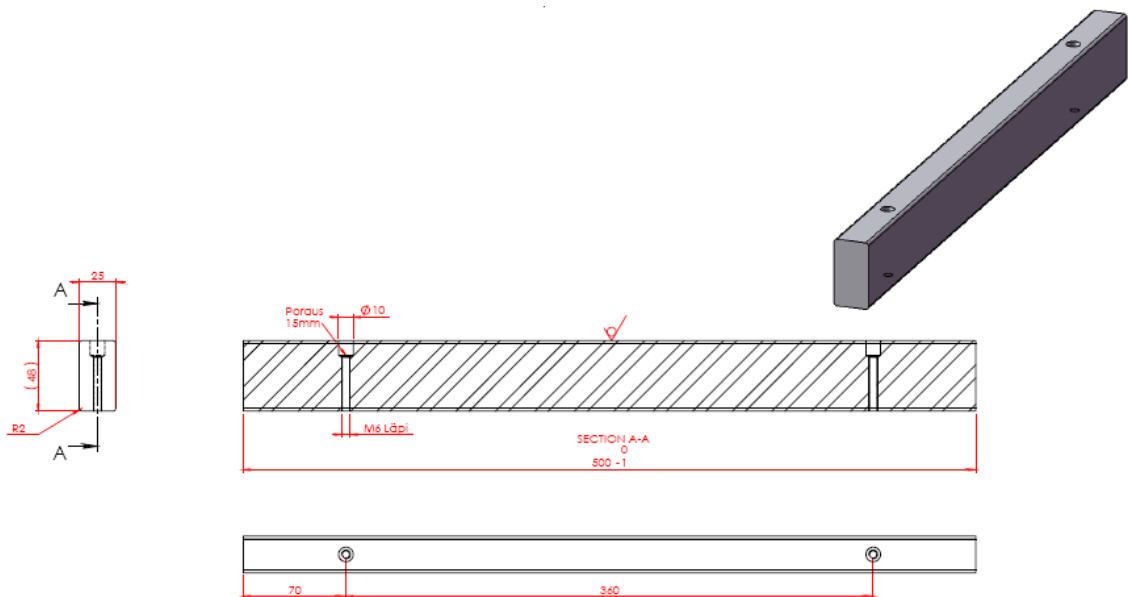
Kuva 18. Kohdistus palojen (4 kpl) ”heppaus” kiinnitysrungon päällä.

Hitsattavan kappaleen tukipisteiksi valittiin pohjalevyn päätyreikä sekä toinen pitkä sivu, johon myös maadoitus johdetaan, sekä levyn alapuoli (kuva 19).



Kuva 19. Punaisella värillä merkityt kappaleen tukipisteet.

Levyn alapuolen tukipisteiden on oltava säädettäviä, että saadaan haettua pohjalevylle riittävä esitaivutus. Poikkitueksi valittiin 3 kpl lattatanko joissa on säätönastat (kuva 20).



Kuva 20. Poikkituki OJ T06144 (HT-Lasertekniikka)

Esimerkkejä kiinnitysmekanismeista ovat ruuvit, mekaaniset puristimet, hydraulisylin-
terit ja paineilmasylinterit. Ruuvi on yksinkertaisin ja edullisin kiinnitysmekanismi. Sen
haittapuolena on kuitenkin kiinnitykseen kuluva pidempi aika verrattuna muihin mene-
telmiin. Haittapuolena on myös huono käytettävyys etenkin ahtaissa paikoissa. Tähän
työhön valittiin vipuperiaatteella toimivia AMFO-pikakiinnittimiä (kuva 21), joita on
useita eri malleja ja joista löytyy myös riittävän puristusvoiman omaavia kiinnittimiä.



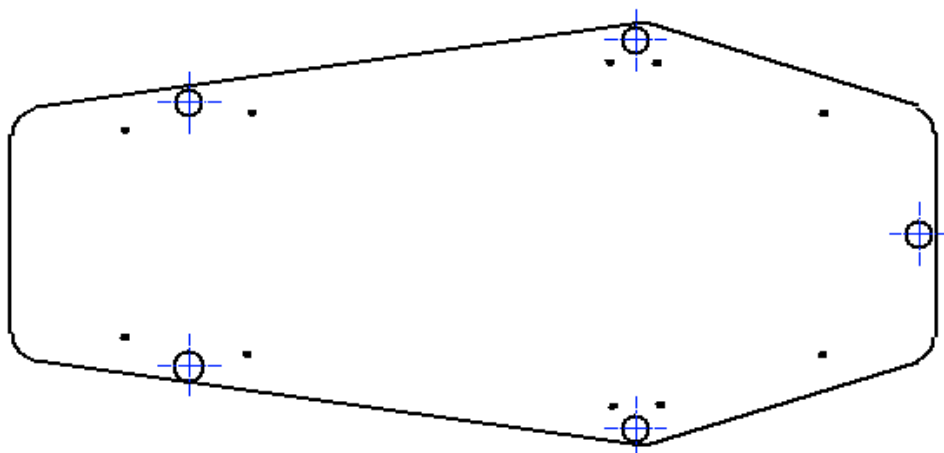
Kuva 21. Hitsauskiinnittimessä käytettyjä AMFO-pikakiinnitinmalleja.

Hitsattavan kappaleen pohjalevyn päälle tulevien jäykisteiden tukemiseksi tehtiin erilli-
nen saranoitu putkikehikko (kuva 22). Kehikkoon sijoitettiin pikakiinnittimet, joilla
jäykisteet saatiin puristettua paikoilleen.



Kuva 22. Hitsauskiinnittimen yläkehikko

Jäykistyslattojen asennusta varten pohjalevyssä on kohdistuskolot (kuva 23) ja vastavasti latoissa kohdistusnastat. Kappaleen takaosan lattojen paikallaan pitämiseksi yläkehikossa on säädettävät tapit ja etuosan lattoja puristetaan pikakiinnittimillä (kuva 24).



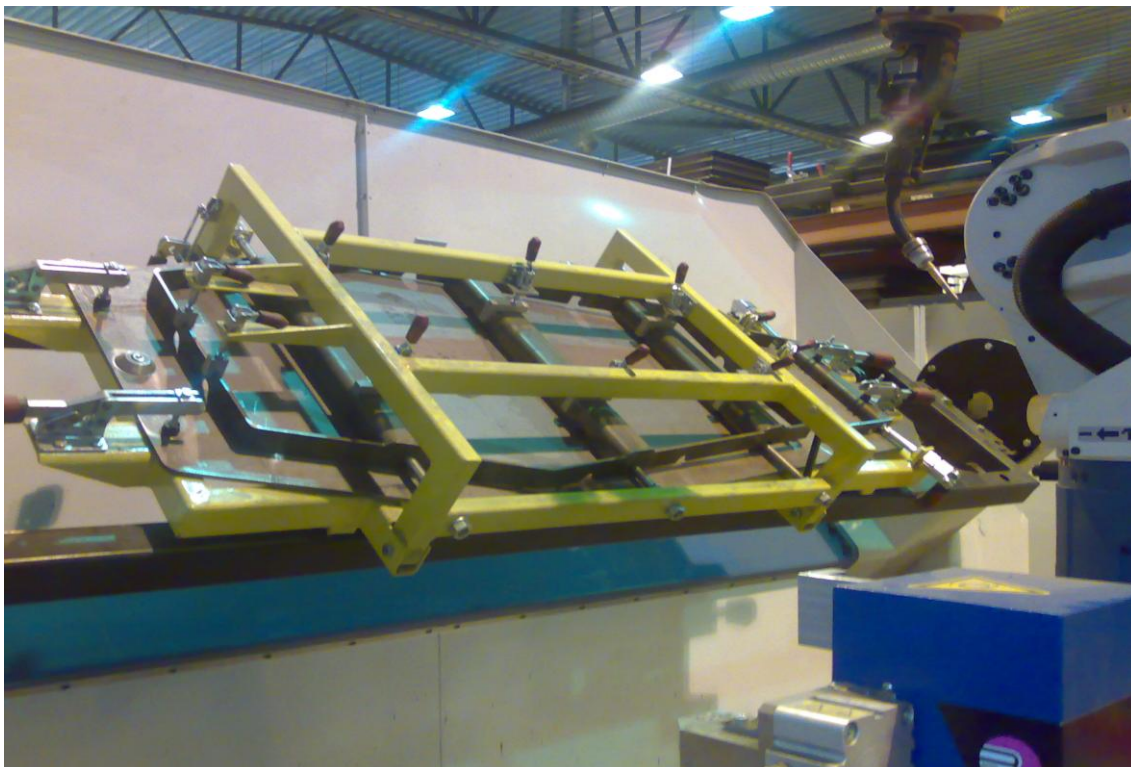
Kuva 23. Pohjalevyn kohdistuskolot



Kuva 24. Jäykistyslattojen tuenta.

6.4 Hitsauskiinnittimen koekäyttö

Hitsauskiinnittimen (kuva 25) koekäytössä tuli esille seikkoja, jotka täytyi korjata ennen kiinnittimen tuotantoon siirtämistä. Pohjalevyn esitaivutus oli niin suuri, että jäykistelatat irtosivat levystä. Taivutuksesta johtuen U-jäykisteiden tuenta pikakiinnikkeillä oli hankalaa. Myös yläkehikko oli liian monimutkainen, ja se rajoitti robotin hitsausaluetta. Robotti joutui tekemään myös turhia väistöliikkeitä kiinnittimestä johtuen.



Kuva 25. Hitsauskiinnittimen koekäyttö

6.5 Hitsauskiinnittimen muutostyöt

Koekäytön perusteella saatujen kokemusten perusteella kevennettiin yläkehikon rakennetta (kuva 26), muutettiin U-jäykisteen tuenta jousikuormitteiseksi (kuva 27) ja vaihdettiin jäykistelatan tuenta siten, että pikakiinnittimet puristavat lattaa nurkkakohdista pohjalevyä kohti (kuva 28).



Kuva 26. Kevennetty yläkehikko.



Kuva 27. U-jäykisteen jousikuormitteinen tuenta.



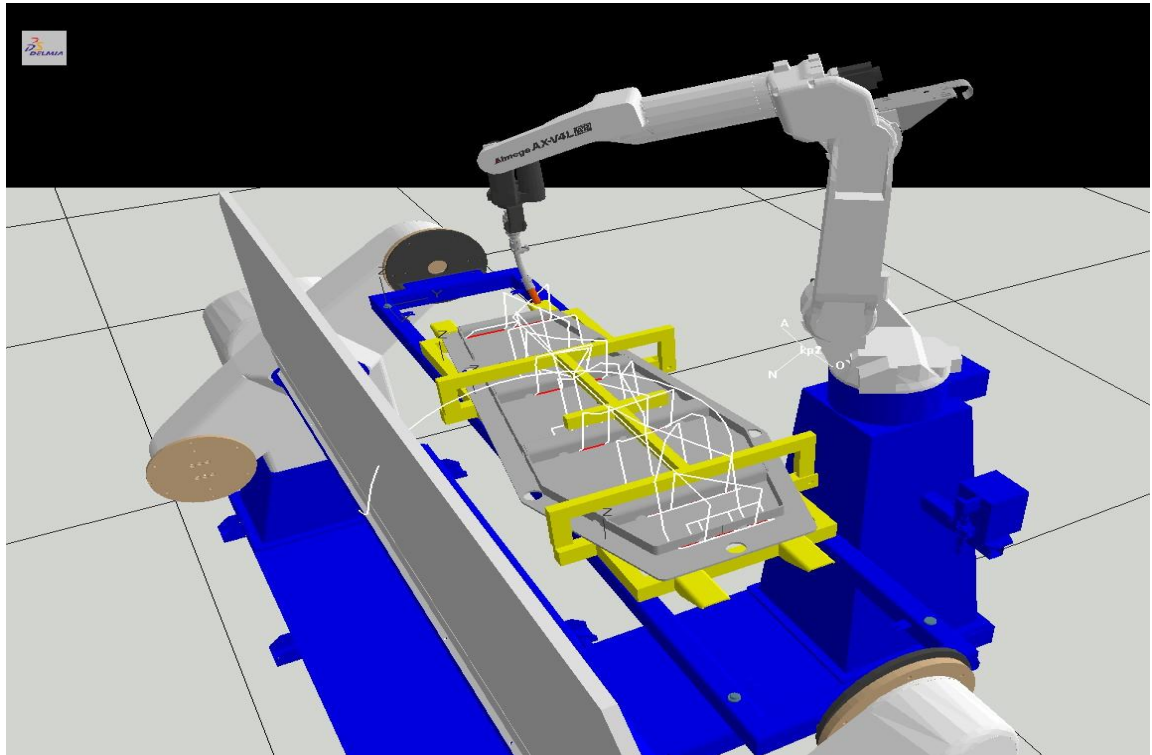
Kuva 28. Jäykistelatan tuenta.

6.6 Hitsauksen simulointi

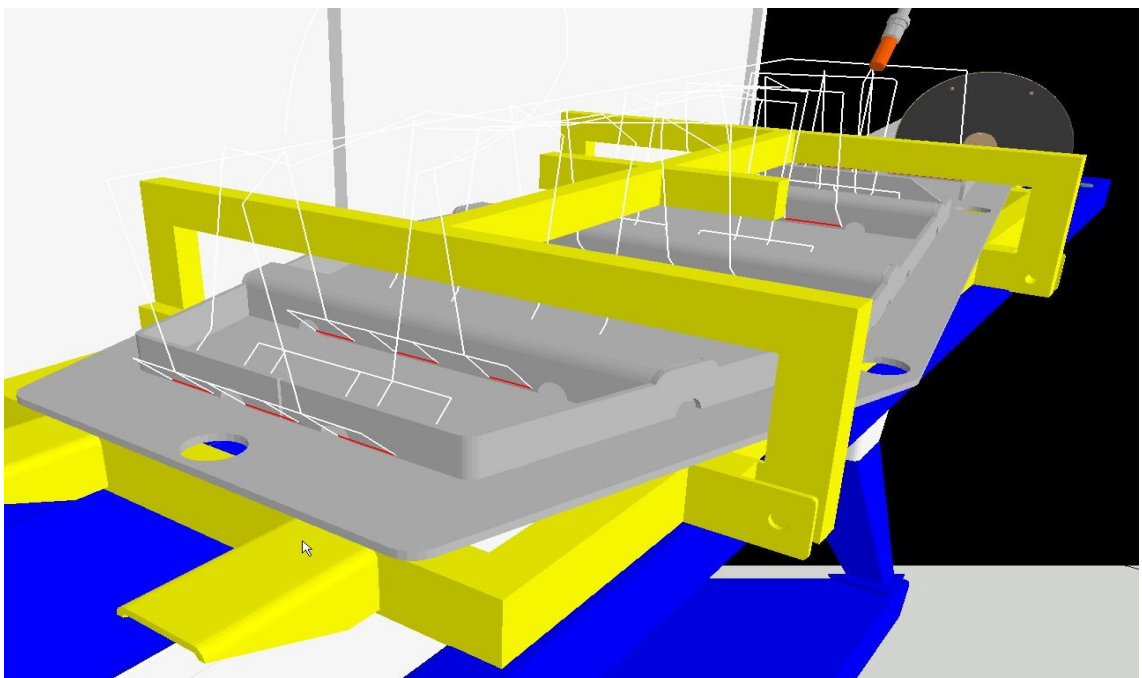
Yksi merkittävä tapa nostaa robotin taloudellisuutta on simulointi ja etäohjelmointi. Jos ohjelmat robotin sijasta tehdään tietokoneella, saadaan robotin tuotantotunteja lisättyä huomattavasti. Lisäksi nopea ja edullinen ohjelmointi mahdollistaa robotiikan käytön myös lyhyiden ja vaihtuvien tuotesarjojen osalla.

Offline-ohjelmoinnilla tarkoitetaan ohjelmointia, jossa koko ohjelmointiprosessi, nimensä mukaisesti, suoritetaan etätyönä erillisessä ohjelmointijärjestelmässä. Offline-ohjelmointijärjestelmä, suomeksi etäohjelmointijärjestelmä on usein osa tuotantolaitoksen suunnittelu- ja valmistusjärjestelmää. Etäohjelmointi vaatiikin PC-koneen, 3D CAD-ohjelmiston ja tietoliikenneyhteydet. Robotin tulee olla varusteltu tiedonsiirto-ohjelmistolla, soluohjaimella tai massamuistiohjelmalla robottiohjelmien tallentamiseksi, railon seurannalla ja haulla, sekä kalibrointi- ja taltiointilaitteilla. Tällaisessa integroidussa järjestelmässä robotin ohjelmointi on yksi osa yhtenäistä valmistusprosessia ja ohjelma saa esimerkiksi käsiteltäviä kappaleita koskevat perustiedot ja geometriset muodot suoraan järjestelmästä. Robotti ohjelmoidaan tavallisesti opettamalla sille liikeradat ja taltioimalla ohjelman radat pisteittäin. Offline-ohjelmointi perustuu myös paikoituspisteisiin, perinteisen ohjelmoinnin tapaan. Niiden ero on se, että paikoituspisteet on luotu etukäteen ennen ohjelmointia Offline-ohjelmoinnissa. Offline-ohjelmoinnissa tarkkuutta määritellään paikoitustarkkuuden ja simulointitarkkuuden avulla.

Offline-ohjelmoinnin suuri etu on se, että kappaleen valmistusprosessi pystytään simuloimaan. Tämä vähentää koeajojen määrää ja liikeradan virheet tulevat esille jo simulointivaiheessa. Myös tuotteen valmistamiseen tarvittavat oheislaitteet voidaan simuloida. Tuotantoa ei siis tarvitse pysäyttää silloinkaan, kun oheislaitteita testataan. Simuloimalla oheislaitteet voidaan varmistaa oheislaitteiden soveltuvuus ennen valmistusta. Onnistunut etäohjelmointi edellyttää ohjelmoijalta ammattitaitoa, mutta ennen kaikkea kaikkien mallien suurta tarkkuutta. Suurimmat ongelmat liittyvätkin lähes aina mallien, tuotantosolujen, robottien tai työntekijöiden epätarkkuuteen. Kaikkien järjestelmän laitteiden tulee myös toimia varmasti annetulla tavalla. Simulointimallin (kuvat 29 ja 30) ollessa valmis järjestelmä kalibroidaan. Mikäli layout on suunniteltu rakennettavaan soluun, tulee solu rakentaa suunnitelman mukaan erittäin tarkasti ja noudattaa annettuja toleransseja, jotta simulointi täsmää ja välttyään turhilta törmäyksiltä ja ulottuvuusongelmilta. Kalibrointi tehdään yleensä vain kerran.



Kuva 29. Hitsauksen simulointi (HT-Lasertekniikka, Tero Haapakoski)



Kuva 30. Hitsauksen simulointi (HT-Lasertekniikka, Tero Haapakoski)

7 Saavutettavat edut tuotannossa

Luvussa on arvioitu tuotannossa saavutettavia etuja siirryttäessä osittain automatisoituun hitsaukseen. Lisäksi on arvioitu kiinnittimen valmistukseen ja käyttöön ottoon liittyviä kustannuksia.

7.1 Läpimenoaika

HT-Lasertekniikan hitsaus solussa on käytössä kaksoisgrillipöytä, jolloin robotin hitsatessa kappaletta pöydän toisella puolella voidaan työskennellä ja irrottaa valmis hitsattu kappale sekä ladata uudet osat kiinnittimeen. Tällöin kappaleen läpimenoaika on sama kuin osan irrotus- ja kiinnittimen uudelleenlatausaika. Työskentely edellyttää että käytössä on kaksi samanlaista hitsauskiinnitintä tai pöydän joka toisella kierroksella hitsataan jokin toinen kappale, joka on suunniteltu hitsattavaksi robottisolussa ja jolla on oma hitsauskiinnittimensä.

7.2 Kustannukset

Kiinnittimen käyttöönoton kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat, kiinnittimen suunnittelu-, materiaali- ja valmistuskustannukset sekä robottiaseman uudelleen ohjelmointi valmistettavalle kappaleelle. Käyttöönoton kustannuksiin täytyy laskea myös aika, joka kuluu pohjalevyn esitaivutuksen saamiseksi oikeaksi, pohjalevyn täytyy olla suora hitsauksen ja jäähtymisen jälkeen.

8 Yhteenveto

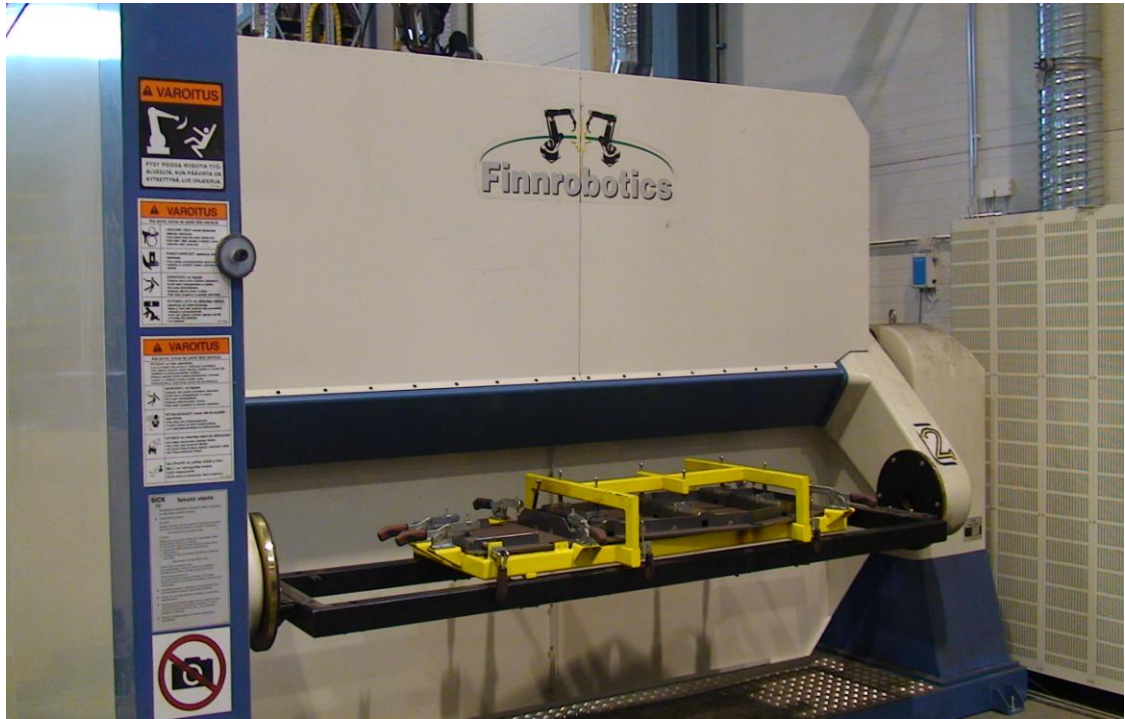
Työn tavoitteena oli etsiä toimiva malli hitsauskiinnittimeksi yrityksessä ennestään käsinhitsatulle pohjapanssarille. Kiinnittimen suunnittelu aloitettiin teoreettisesta näkökulmasta. Teoriaosuudessa selvitettiin robottihitsauksen perusteita ja toimivan hitsauskiinnittimen ominaisuuksia.

Työn käytännön osuuden tavoitteena oli valmistaa hitsauskiinnitin etupohjapanssarin hitsaukseen. Käytännön osuudessa kartoitettiin lähtötietoja eli yrityksen tarpeita ja käytössä oleva laitteisto. Aluksi ideoitiin erilaisia malleja kiinnittimelle, joista valittiin jatkokehiteltävä malli. Alkuvaiheessa todettiin, että kiinnittimeen on tehtävä erillinen saranoitava yläkehikko, jolla saadaan pysymään U-jäykisteet paikallaan.

Ensimmäisen valmistetun hitsauskiinnittimen koekäytössä huomattiin, että yläkehikko rajoitti liikaa robotin hitsausaluetta. Myös U-jäykisteiden tuenta oli hankala säätää kohdalleen pohjalevyn suuren esitaivutuksen takia. Niin siis yläkehikkoa kevennettiin ja U-jäykisteiden tuenta muutettiin jousikuormitteiseksi. Myös tukilattojen tuentaa muutettiin siten, että saatiin latat pysymään pohjalevyssä kiinni.

Simuloinnin perusteella kappaleen hitsaaminen kiinnittimen avulla on mahdollista. Hitsauskiinnitin on käytössä HT-Lasertekniikan Vieremän tehtaalla (kuvat 31 ja 32).

Hitsausrobotisolun käytön kannalta toimiva hitsauskiinnitin on ratkaiseva, joten hyvän kiinnittimen suunnittelu vaatii paljon kokemusta hitsausroboteista. Käytännön kokemus työskentelystä hitsausrobotisoluissa olisi hyödyksi suunnittelijalle hitsauskiinnittimien valmistuksessa.



Kuva 31. Hitsauskiinnitin robottisolussa



Kuva 32. Hitsauskiinnitin robottisolussa

Lähdeluettelo

- Automatisoidun kaarihitsauksen huomioonottaminen tuotteen suunnittelussa, 1988, Metalliteollisuuden keskusliitto, Tekninen tiedotus 16/88, 951–817-402-4,45s
- Finnrobotics [online] [viitattu 24.4.2009]. Saatavilla <http://www.finnrobotics.fi>
- Haapakoski, Tero. HT-Lasertekniikka. Keskustelut syksyllä 2008 Keuruu.
- Hamilton, Nicolas & Iso-Kuortti, Juha. Tutkintotyö: Etäohjelmoinnin hyödyntäminen ja kehittäminen raskaiden teräsrakenteiden robottihitsauksessa, TAMK, Tampere, 2002
- Howard B, Cary & Helzer, Scott C. *Modern welding technology*. Columbus, Ohio: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Hiltunen, Esa & Anvar, Naams. *“Robottihitsauksen faktat ja fiktiot Suomessa”*. Hitsaustekniikka 5/2000
- HT-Lasertekniikka OY [online] [viitattu 25.4.2009]. Saatavilla <http://www.htlaser.fi>
- Kemppi Oy [online] [viitattu 25.4.2009]. Saatavilla <http://www.kemppi.com/fi>
- Korhonen, A. & Neuvonen, S. *Kiinnittimen virtuaalisuunnittelu*, [Lehtiartikkeli] Hitsaustekniikka 6/1999 s 24-27, Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y. Lahti 1999 ISSN 0437-6056,63s.
- Norrish J. *Advanced Welding Processes*, Institute of Physics Publishing, Bristol UK 1992, ISBN 0-85274-325-4, 375 s.
- Pilz GmbH & Co. [online] [viitattu 28.4.2009]. Saatavilla <http://www.pilz.com>
- Pursiainen Lari. Teollisuussuodattimen kehikon hitsauskiinnittimen suunnittelu robotti hitsausasemaan Larox Oy:lle. Kandidaattityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta 2008.
- SFS-EN ISO 10218-1 Teollisuusrobotit. Turvallisuusvaatimukset.
- Suomen Robottiikkayhdistys Ry, Robottiikka, Talentum OYJ/Metallitekniikka, Vantaa 1999, ISBN 951-9438-58-0, 188 s.
- Mäkelä Seppo, Opinnäytetyömateriaali, TAMK, Tampere 2008.

Liiteluettelo

Kuvia hitsauskiinnittimestä HT-Lasertekniikka Oy:n Vieremän tehtaalta 3 sivua. (Tero Haapakoski)

