Janne Savola

Suunnitelma hitsausrobotin hankinnasta Ylistaron Terästakomo Oy:lle

Opinnäytetyö

Syksy 2015

Tekniikan yksikkö

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan Yksikkö

Koulutusohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Janne Savola

Työn nimi: Suunnitelma hitsausrobotin hankinnasta Ylistaron Terästakomo Oy:lle

Ohjaaja: Kitinoja Kimmo

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 48 Liitteiden lukumäärä: 2

Hitsauksen robotisointi on yritykselle suuri investointi, jonka onnistuneen toteutuksen taustalla ovat onnistunut layout suunnitelma, kustannusten kartoitus, sekä selvitys yrityksen tuotteiden soveltuvuudesta robottihitsaukseen. Robottihitsauksella saavutettavia etuja perinteiseen käsin hitsaukseen nähden ovat lyhyemmät hitsausajat, tasaisempi laatu ja parempi kustannustehokkuus, sekä yrityksen imagon kohoaminen nykyaikaisen kaluston ansiosta.

Työn tavoitteena oli suunnitella hitsausrobottisolun hankintaa Ylistaron Terästakomo Oy:lle. Yritys valmistaa polttopuiden pilkonta ja käsittelylaitteita, sekä niiden lisävarusteita. Valikoimaan kuuluu myös teollisuuskalusteita. Yritykseltä löytyy osavalmistusosasto, joka valmistaa myös alihankintana osia metalliteollisuudelle. Yrityksen tavoitteena oli robotisoida hitsausta suurien sarjakokojen ja kustannustehokkuuden vuoksi. Hitsaustavan muuttuessa käsin hitsauksesta robottihitsaukseen on mahdollista päästä neljä kertaa nopeampiin hitsausaikoihin. Tästä löytyy käytännön kokemusta konsernin sisältä.

Hitsausmenetelmien käsittely keskittyi MIG/MAG-hitsaukseen, koska kyseistä menetelmää tultaisiin käyttämään robottihitsauksessa. Layout suunnittelussa vertailtiin kahta mahdollista robotin sijoituspaikkaa, joista valittiin materiaalivirtojen hallinnan kannalta parempi asennuspaikka. Kustannusten vertailussa robottihitsauksen ja käsin hitsauksen välillä saatiin selvyys robottihitsauksen nopeudesta ja saavutettavissa olevista vuosittaisista säästöistä ja takaisinmaksuajasta. Investointi havaittiin olevan kannattava. Robottisolun hankintaan liittyy useita eri vaiheita ja tapoja jakaa vastuuta tilaajan ja toimittajan välillä. Näitä pohdittiin yhdessä käyttöönottoon liittyvien asioiden kanssa. Tarjouksia työssä vertailtiin kahden eri toimittajan välillä, joiden tarjoamat solut poikkesivat toisistaan erilaisten käsittelylaitteiden osalta. Näistä saatiin perusteltua, sekä valittua sopiva toimittaja ja soluratkaisu.

Hitsaus, teollisuusrobotti, layout

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Janne Savola

Title of thesis: Plan for the purchase of a welding robot for Ylistaron Terästakomo Oy

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2015 Number of pages: 48 Number of appendices: 2

Automation of welding is a big investment for a company. Requirements for a successful achievement are the success of layout planning, surveying the costs and a report of the compatibility of the company's own products for robot welding. The achievable advantages of robotic welding compared to traditional manual welding are shorter times, lower cost and higher quality and the modern equipment raising the image of the company.

The thesis deals with a plan to purchase a welding robot cell to Ylistaron Terästakomo Oy. The company manufactures firewood processors and related accessories as well as makes subcontracted parts of the metal industry. The company aimed to purchase a welding robot because manufactured series were large. Robot welding can be four times faster than manual welding of which the group has practical evidence.

The thesis examined different welding processes and their robotization, with the emphasis on MIG / MAG welding. The layout compared two possible installation places for a robot in material flow management. A comparison of costs between robotic welding and manual welding ensured the superiority of speed, annual savings and payback time of robot welding. The acquisition of the robot cell involves several steps and ways of sharing responsibility between the customer and the supplier. These were discussed together with issues related to the introduction. Offers between two different suppliers were compared and the chosen supplier of robot cell was justified.

Welding, Industrial robot, Layout

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä 2
Thesis abstract 3
SISÄLTÖ 4
Kuvio- ja taulukkoluettelo 6
Käytetyt termit ja lyhenteet 7
1 JOHDANTO 8
1.1 Työn tausta 8
1.2 Työn tavoite 8
1.3 Työn rakenne ja sisältö 9
1.4 Yrityksen esittely 10
2 HITSAUS 11
2.1 MIG/MAG-hitsaus 11
2.1.1 MIG/MAG-hitsauksen käyttö ja robotisoitavuus 12
2.1.2 CMT- hitsausmenetelmä 12
2.2 TIG- hitsaus 13
2.2.1 TIG- hitsauksen käyttö ja robotisoitavuus 14
2.3 Pistehitsaus 15
2.3.1 Pistehitsauksen käyttö ja robotisoitavuus 16
2.4 Hitsausliitokset ja -railot 16
3 ROBOTIT 18
3.1 Teollisuusrobotit 19
3.1.1 Kiertyvänivelinen teollisuusrobotti 20
3.2 Robotin ohjaus 21
3.2.1 Ohjausjärjestelmä 21
3.2.2 Hitsausrobotin lisälaitteet 22
3.2.3 Robottiohjauksen tehtävät 25
3.2.4 Johdattamalla ohjelmointi 26
3.2.5 Opettamalla ohjelmointi 26
3.2.6 Mallipohjainen etäohjelmointi (off- line) 28
3.2.7 Paikoitus ja rataohjaus 29

3.2.8 RFID- Teknologia 29
3.3 Reaaliaikainen radankorjaus 30
4 HITSAUSROBOTTI INVESTOINTINA 31
5 ROBOTTISOLUN LAYOUT 34
5.1 Lähtökohdat layoutin suunnittelulle 34
5.2 Layoutin suunnitteleminen 36
6 LÄHTÖKOHDAT ROBOTIN HANKINNALLE 37
7 HITSAUSROBOTTISOLUN HANKINNAN TOTEUTTAMINEN 41
7.1 Hankinnan vastuut 41
7.2 Hankintavaihe ja käyttöönotto 41
7.3 Robottisolun tarjoukset 42
8 YHTEENVETO 44
LÄHTEET 46
LIITTEET 48

Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Ionix 2015) 11
Kuvio 2. CMT- hitsauksen prosessikierto (Karjalainen 2015) 13
Kuvio 3. TIG- hitsauksen periaate (Burns Stainless [viitattu 15.3.2015]) 13
Kuvio 4. Pistehitsauksen periaate (Rautaruukki 2009) 15
Kuvio 5. Hitsausliitosten muotoja (Turun ammatti-instituutti 2008) 17
Kuvio 6. Esimerkkejä robottityypeistä. (RobotWorx [viitattu 14.3.2015]) 18
Kuvio 7. Kiertyvänivelinen teollisuusrobotti. (Holt 2010) 20
Kuvio 8. Teollisuusrobotin komponentit (Unisys Automation [viitattu 15.3.2015]) 22
Kuvio 9. Servoakselin varassa kääntyvä 2-akselinen L- pöytä (ABB 2015) 23
Kuvio 10. Motoman HSD- sarjan yksiakselinen grillipöytä (Yaskawa 2013) 24
Kuvio 11. Robottihitsauspaletti (ABB 2015) 24
Kuvio 12. Kuljettimen jigi ylä- ja alarungolle 24
Kuvio 13. Hitsattava kappale kiinnitetty jigiin ja jigi palettiin 25
Kuvio 14. Osavalmistuspuolen layout (Ylistaron Terästakomo 2015) 34
Kuvio 15. Hitsaamon layout (Ylistaron Terästakomo 2015) 35
Kuvio 16. ABB:n hitsausrobotin layout (ABB 2015) 36
Kuvio 17. ABB:n hitsaussolun mallikuva (ABB 2015) 36
Kuvio 18. Palax KS35 (Palax 2008) 38
Kuvio 19. Palax KS35 runko (Ylistaron Terästakomo 2015) 38
Kuvio 20. Palax kuljetin (Palax 2008) 39
Kuvio 21. Palax kuljetin ylä- ja alarungot (Ylistaron Terästakomo 2015) 39
Kuvio 22. Palax Power100 runko (Ylistaron Terästakomo 2015) 40

Taulukko 1. Hitsattavia osia robotille 32
Taulukko 2. Hitsausrobotin tuomat säästöt vuodessa 33
Taulukko 3. Hitsausrobotin takaisinmaksuaika 33

Käytetyt termit ja lyhenteet

Manipulaattori	Laite, joka liikuttaa kappaleita, osia tai erikoislaitteita, tarkoitettu vain yksinkertaisiin tehtäviin.
Servosäätö	Ohjausjärjestelmä tehoasteineen, joka pitää nivelet halutussa nimellisessä liikkeessä tai ohjaa ne haluttuihin nivelkulkemakombinaatioihin. Toimilaitteiden liikenopeudet riippuvat yleensä kunkin nivelen paikka- tai nopeusvirheestä.
MIG	Metal Inert GAS (MIG-hitsaus), inertti suojakaasu
MAG	Metal Active GAS (MAG-hitsaus), aktiivinen suojakaasu
TIG	Tungsten Inert GAS (TIG-hitsaus), inertti suojakaasu
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistusjärjestelmä.
CMT	Cold Metal Transfer Hitsausprosessi, jossa vuorotellaan kylmän ja kuuman välillä. Valokaari sammuu, kun lisäainelanka koskettaa hitsattavaa pintaa. Tämän jälkeen valokaari syttyy jälleen. Lisäainelanka liikkuu pulssinomaisesti edestakaisin prosessin aikana
RFID	Radio Frequency Identification Radiotaajuinen etätunnistus teknologia
Klapikone	Polttopuiden pilkontakone
Jigi	Hitsauskiinnitin, johon kappaleet kiinnitetään hitsausta varten, siten että osat eivät pääse liikkumaan prosessin aikana
Hitsausvirtalähde	Virtalähteellä syötetään sähköteho hitsausvalokaareen

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn taustalla on tarve selvittää yrityksessä tehtävän käsin hitsauksen osittainen korvaaminen hitsausrobottisolulla. Tällä hetkellä yrityksessä kaikki hitsaukset tehdään käsin. Hitsaussarjat ovat melko isoja klapikoneiden ja niiden oheislaitteiden osalta, sekä samat osat toistuvat usein, joten tämä puoltaa robotin hankintaa. Haasteita tuovat tuotantotilat, jotka on suunniteltu nykyisen hitsaustavan mukaan.

1.2 Työn tavoite

Työn tarkoituksena on tehdä Ylistaron Terästakomo Oy:lle suunnitelma hitsausrobotin hankinnasta. Työssä käsitellään hitsauksen perusteita, erilaisia robottityyppejä, sekä hitsauksessa käytettäviä robottien lisälaitteita. Pääpaino työssä on robotin hyödyntäminen yrityksen tuotteisiin, layoutin suunnitteleminen, sekä kustannusten vertailu käsin hitsaukseen verrattuna. Myös robottisolun hankintaan ja käyttöönottoon liittyvät asiat selvitetään.

1.3 Työn rakenne ja sisältö

Työ alkaa johdannolla, jossa käydään läpi työn taustoja ja tavoitteita, sekä esitellään yritys, joka toimii työn toimeksiantajana. Seuraavana käsitellään hitsauksen perusteita ja yleisimmin robotisoituja hitsausmenetelmiä. Tämän jälkeen kerrotaan teollisuusrobottien rakenteista ja niiden ominaisuuksista, sekä käytöstä hitsausteollisuudessa. Seuraava aihe on hitsausrobotin tarkastelu investointina ja kustannuksien vertaaminen käsin hitsaukseen. Tätä seuraa layout suunnittelun läpikäyminen. Seuraavaksi käsitellään robotin käyttöönottoa ja hyödyntämistä yrityksen tuotteissa, sekä mahdollisuuksia alihankintatöiden hitsauksessa. Lopuksi on vielä yhteenveto työstä. Työssä käsiteltyjen aiheiden runsaan määrän vuoksi pyrittiin kaikista käymään läpi työnkannalta oleellisimmat asiat läpi, siten että lukijalle jäisi mahdollisimman selkeä kuva projektista ja yleisesti hitsauksen robotisoinnista.

1.4 Yrityksen esittely

Ylistaron Terästakomo Oy on vuonna 1954 perustettu konepajayhtiö, joka valmistaa Palax- tuotemerkillä polttopuiden pilkontakoneita ja niiden lisävarusteet. Lisäksi yhtiöllä on alihankintaan erikoistunut osavalmistusosasto, joka valmistaa asiakkaille yksittäisiä levyosia, sekä suurempia sarjoja. Konekantaan kuuluu laserlinjoja, levytyökeskus, levyleikkuri, sekä cnc-ohjattuja särmäyspuristimia. Myytäviä tuotteita yrityksellä ovat lisäksi teollisuuskalusteet. Yhtiö työllistää keskimäärin 60 henkilöä. Yhtiön yhteensä 6000 neliömetrin tehdashallit sijaitsevat Etelä-Pohjanmaalla Ylistarossa. Tuotanto on jaettu osien valmistukseen, hitsaukseen, sekä tiimipohjaiseen kokoonpanoon. Suomessa Palax- koneiden myynnistä vastaa Agrimarket, sekä Y- Maatalous. Viennin osuus on yli puolet. Koneita viedään kolmeenkymmeneen eri maahan, joista menekiltään suurimmat ovat Ranska, Saksa ja Ruotsi. Ylistaron Terästakomo on osa monialakonserni Terra Patrista, johon kuuluu Terästakomon lisäksi kuusi eri yhtiötä, Kone- ja metalliteollisuuden aloilla toimivat: Maaselän Kone, Laitilan Rautarakenne, Metalpower, Movax, sekä venevalmistajat Seliö Boats ja Finn-Marin. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

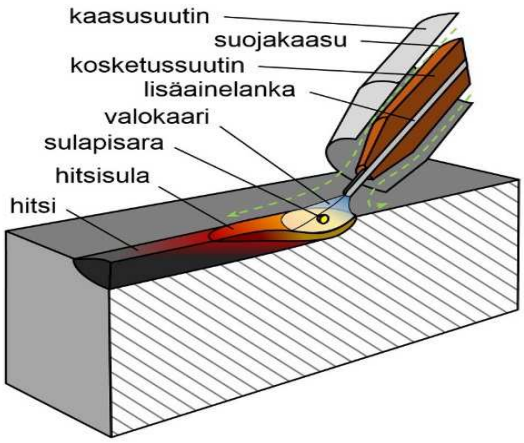
2 HITSAUS

> Standardin SFS 3052 (Hitsaussanasto, Yleistermit) mukaan hitsauksella tarkoitetaan ”osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen sulamispiste”. (Lukkari 1997, 11.)

Hitsaus on yleisimmin käytetty menetelmä metallien liittämiseen. Suuri osa Suomen metalliteollisuudessa työskentelevistä pääsee olemaan jollain tavalla tekemisissä hitsauksen ja hitsattujen rakenteiden kanssa. Konepajateollisuudessa yleisin ja tärkein hitsausprosessien ryhmä on kaarihitsaus, jonka yleisimpiä prosesseja ovat MIG/MAG-, puikko-, täytelanka-, jauhekaari-, TIG- ja plasmahitsaus. (Lukkari 1997, 5.)

2.1 MIG/MAG-hitsaus

MIG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa käytetään sulavaa lisäainelankaa ja passiivista suojakaasua. Valokaari muodostuu lisäainelangan ja perusaineen väliin, esitetty kuviossa 1. MAG-hitsauksen ero MIG-hitsaukseen nähden on aktiivisen suojakaasun käyttö passiivisen sijaan. (Lukkari 1997, 173- 175.)



Kuvio 1. MIG/MAG-hitsauksen periaate (Ionix 2015)

2.1.1 MIG/MAG-hitsauksen käyttö ja robotisoitavuus

MIG/MAG-menetelmä on laajasti käytössä kaikkialla hitsaavan teollisuuden aloilla, mm. maatalous-, metsä-, ja nostokoneiden, kuljetusvälineiden, teräsrakenteiden, putkistojen ja paineastioiden valmistuksessa. Yleisesti MIG/MAG-hitsausta käytetään ohutlevykappaleiden valmistuksessa. Menetelmä soveltuu käytettäväksi kaikissa asennoissa, valitsemalla kuhunkin tilanteeseen sopivat hitsausarvot. Yleisimmin käytetyt ainevahvuudet ovat 0,8mm:stä ylöspäin. (Lukkari 1997, 173- 175.) MIG/MAG-hitsauksessa käytetään virtalähteinä vakiojännitteisiä tasasuuntaajia, uudet virtalähteet ovat invertereitä. Virtalähteissä säädetään jännitettä, lisäainelangan syöttönopeutta säädettäessä hitsausvirta säätyy automaattisesti. (Lepola ym. 2005, 104.)

MIG/MAG-hitsauksen robotisointi on yksinkertaista ja tämän vuoksi se on käytetyin menetelmä mekanisoidussa ja robotisoidussa hitsauksessa. Hitsauspistooli voidaan asentaa esimerkiksi kuljetuslaitteeseen, pitimeen tai kiskokuljettimeen. Suurin osa kaarihitsausroboteista hitsaa kyseistä menetelmää käyttäen. (Lukkari 1997, 177.)

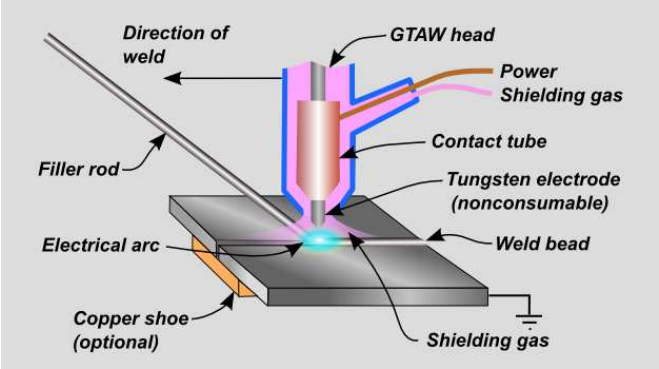
2.1.2 CMT- hitsausmenetelmä

CMT (Cold Metal Transfer)- hitsausmenetelmä on niin sanottu kylmähitsausmenetelmä, jota käytetään MIG/MAG-hitsauksessa. Käytännössä hitsauslanka liikkuu pulssimaisesti edestakaisin kappaleen pinnalla. Samassa tahdissa valokaari sammuu koskettaessaan kappaleen pintaa ja syttyy uudelleen lisäainelangan siirtyessä kohti hitsattavaa pintaa. CMT- hitsauksen prosessikierto on esitetty kuviossa 2. Kyseisen menetelmän etuina on roiskeettomat hitsaussaumat ja ohutlevyjen hitsaus, sekä mahdollisuus hitsata pinnoitettuja levyjä. Menetelmällä voidaan hitsata levyjä 0,3mm:n vahvuudesta alkaen. (Karjalainen 2015.) Robottikäytössä CMT:tä ei voi yhdistää mahdolliseen railonseurantajärjestelmään (Ylistaron Terästakomo 2015).

Kuvio 2. CMT- hitsauksen prosessikierto (Karjalainen 2015)

2.2 TIG- hitsaus

TIG- hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa käytetään elektrodia ja pääasiassa passiivista suojakaasua. Valokaari muodostuu sulamattoman elektrodin ja perusaineen välille. TIG-hitsauksen periaate esitettynä kuviossa 3. Mikäli lisäainetta tarvitaan, syötetään se erikseen kaareen, jossa se sulatetaan hitsiin. (Lukkari 1997, 255- 257.)



Kuvio 3. TIG- hitsauksen periaate (Burns Stainless [viitattu 15.3.2015])

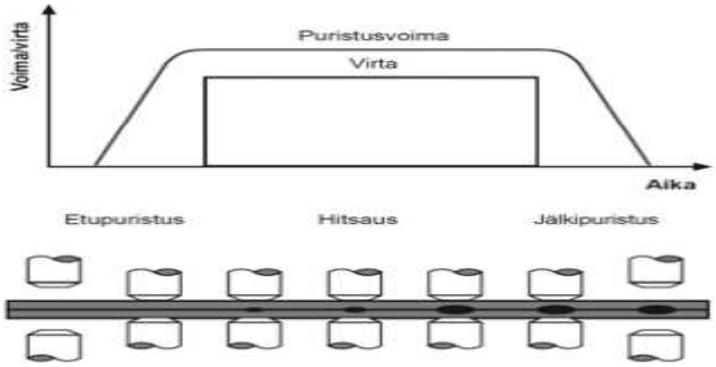
2.2.1 TIG- hitsauksen käyttö ja robotisoitavuus

TIG- hitsaus on yleisesti käytetty hitsausprosessi, joka on jossain tilanteissa ainoa mahdollinen menetelmä. Sitä käytetään lähes kaikkialla hitsaavassa teollisuudessa tuotanto- ja korjaushitsausprosessina sekä asennusolosuhteissa. Tärkeimpiä käyttöaloja ovat erilaisten putkien ja putkistojen hitsaukset. Siihen soveltuvat ohuet ainepaksuudet 0,1mm:stä lähtien aina noin 6-8mm:n vahvuuteen saakka, alumiinin ja ohuen ruostumattoman teräksen hitsaus, sekä erikoismetallien hitsaus esimerkiksi titaani. TIG- hitsausta käytetään myös lentokone ja avaruusteollisuudessa. Kyseinen prosessi soveltuu hitsaukseen kaikissa asennoissa. (Lukkari 1997, 255- 257.)

TIG- hitsaus soveltuu hyvin sekä käsin hitsaukseen että koneelliseen hitsaukseen. Koneellisessa hitsauksessa hitsain liikkuu kuljettimessa tai hitsain on paikallaan ja työkappale liikkuu kappaleenkäsittelylaitteen avulla. Jos lisäainetta tarvitaan, sitä syötetään koneellisesti kelalta hitsisulaan. (Lukkari 1997, 257.)

2.3 Pistehitsaus

Pistehitsaus on vastushitsausprosessi, jossa tarvittavan hitsauslämmön synnyttävä sähkövirta johdetaan yhden tai useamman pisteen läpi elektrodeilla, jotka samalla puristavat työkappaleet vastakkain. (Lepola ym. 2005, 14-15.) Pistehitsauksen periaate esitettynä kuviossa 4. Hitsauskohdassa sähkövirran ylimenovastus kuumentaa liitettävät pinnat osittain sulamislämpötilaan. Puristettaessa kappaleita yhteen tapahtuu pehmenneiden ja osittain sulaneiden pintojen yhteenliittyminen. (Lepola ym. 2005, 255.)



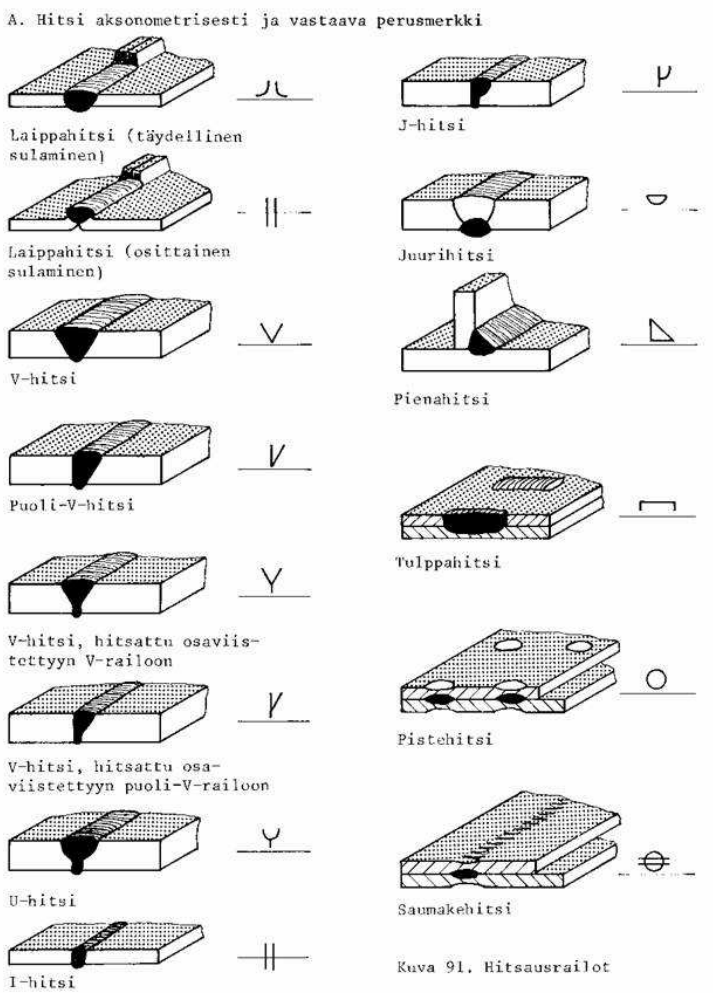
Kuvio 4. Pistehitsauksen periaate (Rautaruukki 2009)

2.3.1 Pistehitsauksen käyttö ja robotisoitavuus

Pistehitsausta käytetään paljon ohutlevyliitosten valmistuksessa sen tehokkuuden ja taloudellisuuden ansiosta. Yleisimmin pistehitsausta käyttävät autoteollisuus, elektroniikkateollisuus, kodinkoneiden valmistajat, sekä LVI- ja rakennuspeltialat. Pistehitsauksessa suurin liitettävien kappaleiden yhteispaksuus on n.6mm. Pistehitsauksella on myös mahdollista hitsata pinnoitettuja ohutlevyjä. (Lepola ym. 2005, 255- 256.) Pistehitsaus on myös mahdollista robotisoida, jolloin se muodostaa nopean liitäntäprosessin ohutlevyille (Ylistaron Terästakomo 2015).

2.4 Hitsausliitokset ja -railot

Hitsausliitokseksi sanotaan liitosta, jossa kaksi tai useampia kappaleita liitetään toisiinsa hitsaamalla. Railoksi nimitetään hitsattavien kappaleiden väliin jäävää tilaa, johon hitsi muodostuu. Kriteerit railon muodon valintaan ovat liitoksen muoto, liitettävien osien ainepaksuus, hitsattavan kappaleen rakenteen vaatimukset, sekä hitsausmenetelmä. Railojen nimityksinä käytetään kirjaimia, jotka kuvaavat railon muotoa esimerkiksi U- railo ja I-railo. (Lepola ym. 2005, 19-20.) Robotilla hitsattavien kappaleiden suunnittelussa tulisi suosia pienahitsien käyttöä (Ylistaron Terästakomo 2015).

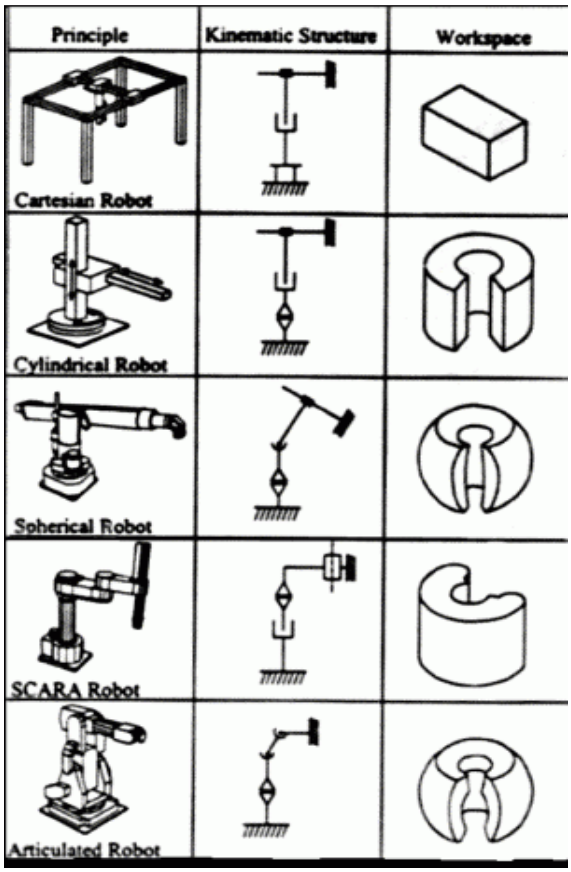


Kuvio 5. Hitsausliitosten muotoja (Turun ammatti-instituutti 2008)

3 ROBOTIT

Kansainvälinen robottiyhdistys määrittelee robotin olevan laite, joka on uudelleenohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. (Kuivanen 1999, 13.)

Standardi ISO 8373 määrittelee teollisuusrobottien sanastoa ja myös yleisemmät robottimallit mekaanisen rakenteen mukaan. Robotteja on valmistanut satoja eri yrityksiä, joiden valikoimiin on koko ajan kuulunut useita eri malleja. Yhteensä erilaisia teollisuusrobotteja on suunniteltu tuhansia. Yleisimmät rakenteet, niiden kinemaattiset kaaviot ja työalueet on esitetty kuviossa 6. Esimerkkejä robottityypeistä. (RobotWorx [viitattu 14.3.2015]



Kuvio 6. Esimerkkejä robottityypeistä. (RobotWorx [viitattu 14.3.2015])

3.1 Teollisuusrobotit

Kuivanen yksinkertaistaa teollisuusrobotin olevan mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. Liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai antureiden perusteella liikkeiden aikana luotu. Robotin jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia, joita nivelet liittävät toisiinsa. Niveliä liikuttavat takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet. (Kuivanen 1999, 13.)

Teollisuusrobotit voivat olla neljää eri älykkyysastetta: (Röyttä 1991, 112-113.)

- Kiinteillä rajoittimilla varustettujen teollisuusrobottien toiminta saadaan aikaan pneumaattisten sylintereiden avulla, joita voidaan ohjata eri menetelmillä. Tällaiset robotit ovat eräänlaisia manipulaattoreita.

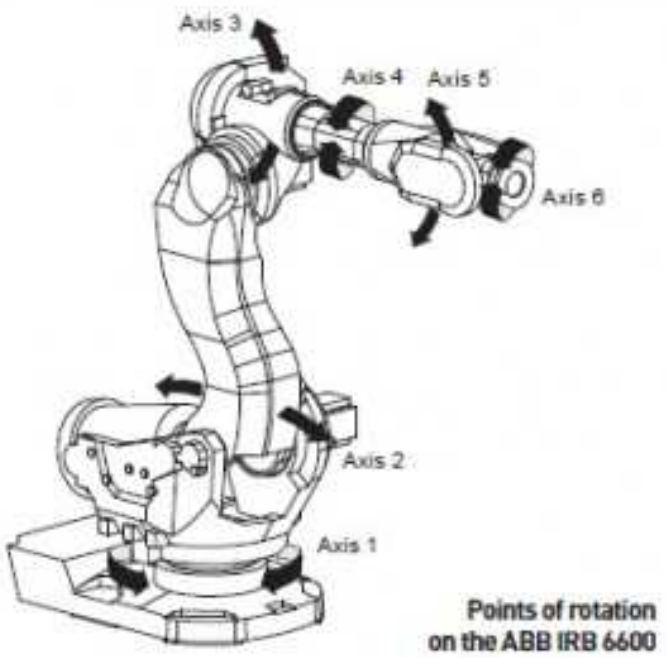
- Servomoottoreilla toimivien teollisuusrobottien toiminnot toteutetaan hydraulisten ja sähköisten servomoottoreiden avulla.

- Opetettavat teollisuusrobotit ohjelmoidaan opettamalla. Robotille näytetään tehtävät liikeradat ”kädestä pitäen” tai ohjauslaitteen avulla. Opetetut liikkeet tallentuvat robottia ohjaavan tietokoneen muistiin, jonka jälkeen robotti toistaa opetettua ohjelmaa työsuorituksenaan ohjausjärjestelmän antaman käskyn mukaan.

- Numeerisesti ja graafisesti ohjelmoitavien teollisuusrobottien toiminnot ovat verrattavissa työstökoneiden toimintoihin. Kehityksen myötä niiden toimintoihin tulee yhä enemmän ihmisen aistien, lähinnä tunto- ja näköaistin ominaisuuksia.

3.1.1 Kiertyvänivelinen teollisuusrobotti

Kiertyvänivelisessä robotissa kaikki kuusi vapausastetta ovat kiertyviä. Kuviosta 7. löytyy esimerkki kyseisestä robotista.



Kuvio 7. Kiertyvänivelinen teollisuusrobotti. (Holt 2010)

Suurin hyöty saadaan sellaisilla roboteilla, joissa työkalu on mahdollista saada mihin tahansa paikkaan ja asentoon työskentelyalueella. Edellä mainittu vaatii toteutuakseen kuusi eri vapausastetta, joista vähintään kolme on kiertyviä, jotka sijaitsevat yleensä robotin ranteessa. Rajoittavia tekijöitä ovat nivelten mekaaniset liikealueet ja robotille sallittava työskentelyalue. Kuuden vapausasteen haittana on vapausasteiden mekaniikan ja ohjauksen korkea hinta. (Kuivanen 1999, 18.) Edellä mainittua kuuden vapausasteen omaavaa robottia tullaan mahdollisesti myös hyödyntämään tämän työn aiheena olevassa hitsaussolussa. Liikkeitä aikaansaadaan numeerisesti ohjaamalla esimerkiksi hitsauspoltinta. Liikkeiden mekaaninen aikaansaatavuus on rajallinen, koska fysiikan lait tulevat vastaan. (Keinänen 2001, 310.)

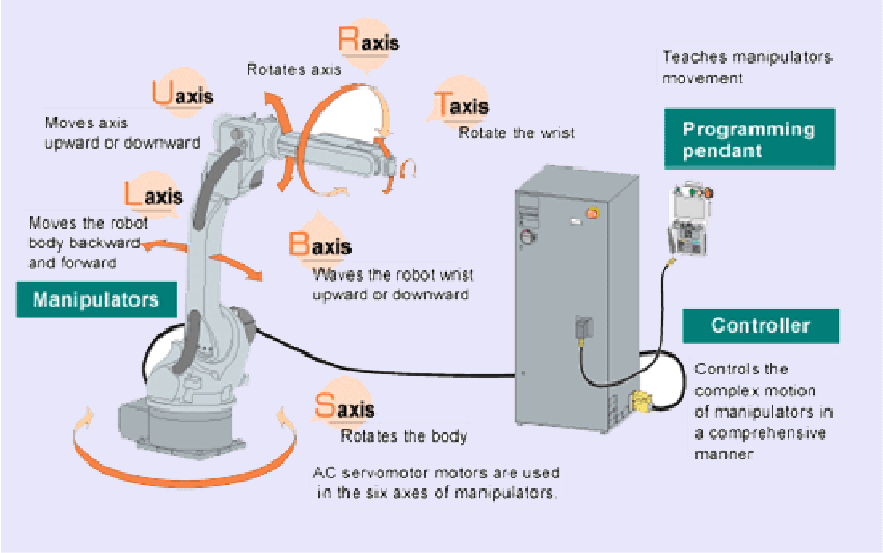
3.2 Robotin ohjaus

Robottien toimilaitteita on mahdollista ohjata tuhansia kertoja sekunnissa, koska ohjausjärjestelmät ovat käytännössä reaaliaikaisia prosessitietokoneita. Näille on ominaista, useiden samanaikaisten tietokoneohjelmien yhtä aikainen toiminta. Jokaiselle ohjelmalle on mahdollista varata tietyin aikavälein edes lyhyt ajoaika. Jaetun muistin ja viestien avulla ohjelmilla on mahdollista vaihtaa tietoja keskenään. Ohjausjärjestelmissä on myös useita prosessoreita, joiden ohjelmistojen tulee tehdä yhteistyötä samalla tavalla. (Kuivanen 1999, 34.)

3.2.1 Ohjausjärjestelmä

Ominaisia piirteitä ohjausjärjestelmälle ovat ohjelmien tulkinta liikekäskyiksi, itsediagnostiikka, toimintaympäristön havainnointi antureiden avulla tapahtuva toimintaympäristön havainnointi, sekä toisaalla tehtyjen ohjelmien ymmärtäminen. Kuviossa 8. on kuvattuna teollisuusrobotin komponentteja. Ohjausjärjestelmä koostuu tavallisesti seuraavista osista: (Kuivanen 1999, 34.)

- keskusyksikkö ja massamuisti (ohjelmien tallennusta varten)
- työkalu
- ympäristöä tarkkailevat eli ns. prosessianturit tai –aistimet
- nivelkohtaiset servotoimilaitteet
- käsivarsi
- ohjausjärjestelmä
- käsiohjain
- ympärys- eli oheislaitteet
- liitännät robotin toimintaa ohjaaviin ulkoisiin tietokoneisiin
- teholähteet



Kuvio 8. Teollisuusrobotin komponentit (Unisys Automation [viitattu 15.3.2015])

3.2.2 Hitsausrobotin lisälaitteet

Hitsausrobotissa yleisimmin käytettävät lisälaitteet: (Kuivanen 1999, 112-113.)

- Kappaleenkäsittelypöytä, jonka avulla hitsattava kappale saadaan paikoitettua robottiin, sekä työhön nähden halutulla tavalla. Pöytien ohjaus on integroitu osaksi robottiohjainta, jolloin niiden hallinta on samanlaista kuin robotinkin. Käyttölaitteiden voimana toimii yleisesti paineilma. Kaksi erilaista käsittelylaitetta esitetty kuvioissa 9. ja 10.

- Lataus- ja purkukuljettimet, joiden ohjaus tapahtuu erillisen- tai robotin oman logiikan avulla, kuljetinjärjestelmän koosta riippuen.

- Hitsauspolttimen puhdistusyksikkö, jossa paineilmalla toimiva jyrsinterä putsaa hitsauspolttimen sisäpuolelta, jonka jälkeen poltin sumuvoidellaan hitsausroiskeiden tarttumisen vähentämiseksi. (Keinänen 2001, 374.)

- Hitsauspolttimen automaattinen kalibrointijärjestelmä, joka tarkastaa hitsauspolttimen kuvitteellisen työkalupisteen. Työkalupisteellä tarkoitetaan pistettä, jonka suhteen määritellään robotin liikkeet. Työkalupiste sijaitsee hitsauspistoolin päässä noin 10mm:n, mittaisen pistoolista ulos tulleen hitsauslangan kärjessä. (Keinänen 2001, 380.)

- Paletit, joiden koneistettuja pintoja vasten hitsauskiinnittimet eli hitsausjigit kiinnitetään mittatarkasti pulttiliitoksilla. Paletit kiinnittyvät hitsauspöytään paineilmatoimisten kiinnittimien avulla. Mikäli käytössä on useampia paletteja, ne ovat täysin identtisiä keskenään ja niitä voidaan käyttää eri jigeissä Kuviossa 11. esitetty robottihitsauspaletti. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

- Jigit, joihin hitsattavat kappaleet kiinnitetään ennen hitsausta siten, että ne pysyvät tukevasti kiinni joka suunnassa ja hitsauksen lopputulos on mittatarkka, kuten kuvioissa 12. ja 13. on esitetty. Jigeistä voidaan tehdä myös muunneltavia, jolloin samalla jigillä voidaan hitsata useita eri kappaleita. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

Kuvio 9. Servoakselin varassa kääntyvä 2-akselinen L- pöytä (ABB 2015)

Kuvio 10. Motoman HSD- sarjan yksiakselinen grillipöytä (Yaskawa 2013)

Kuvio 11. Robottihitsauspaletti (ABB 2015)

Kuvio 12. Kuljettimen jigi ylä- ja alarungolle

Kuvio 13. Hitsattava kappale kiinnitetty jigiin ja jigi palettiin

3.2.3 Robottiohjauksen tehtävät

Robottien ohjaus on erittäin havainnollista tietojen käsittelyä. Ohjauksessa tapahtuvat virheet käyvät heti ilmi törmäyksien ja väärien liikkeiden muodossa, mikäli robotin liike ei pysähdy virheliikkeen sattuessa. Robottien ohjausjärjestelmät voidaan jakaa viiteen eri ryhmään: (Kuivanen 1999, 35.)

- Liikeohjauksen tehtävät: Toimilaitteiden ohjaaminen paikkaohjearvoon, säilyttäen haluttu liiketila, sekä liikkeet jotka tapahtuvat opetuksen, ohjelmoinnin ja ohjelmien ajon aikana.

- Opetukseen ja ohjelmointiin liittyvät tehtävät: Käsiohjaimen avulla tapahtuva liikeratojen muodostaminen tai toisaalla tehtyjen ohjelmien hyväksyminen, ohjelmistojen testausvaiheessa tapahtuva liikkeiden yksinkertainen hidastaminen, loogisten rakenteiden tekeminen robottiohjelmaan, aistimien vaikutuksen huomioiminen, ohjelmien tallennus ja lataaminen, sekä ohjelmien editoiminen.

- Ohjelmien toistaminen ja liikkeiden suorittaminen: Robottiohjelmien tulkitseminen yksi käskyrivi kerrallaan, aistimien vaikutus liikeratoihin ja vaiheiden suoritusjärjestykseen, sekä itse liikkeisiin.

- Turvallisuustoimintojen toteuttamiseen liittyy: Virheellisten liikkeiden estäminen ja hätäpysäytys, diagnostiikka huoltoa varten, häiriötilanteiden jälkeen tapahtuva toiminnan alustaminen, sekä testaus.

- Apuna käyttöönotossa ja huoltotehtävissä: Osittainen robotin käyttö huoltotöissä, esimerkiksi jarrut täytyy saada avattua käsivarren liikuttamista varten, ilman että moottoreita käytetään.

3.2.4 Johdattamalla ohjelmointi

Johdattamalla ohjelmointi tapahtuu siten, että robotin käsivarren toimilaitteiden ollessa vapautettuina käyttäjä liikuttaa käsin työkalua halutun liikeradan mukaisesti. Aikaisemmin liikkeet tallennettiin instrumenttinauhuriin nivelten paikka-antureiden lukemina. Liikkeitä toistettaessa nauhuri yhdistettiin ohjearvoiksi nivelten toimilaitteiden säätöpiireihin. Nauhaa oli mahdollista kelata tallennetulla tai muokatulla nopeudella. Johdattamalla ohjelmointia käytettiin ensimmäisissä teollisuusroboteissa. Kyseinen ohjelmointitapa aiheuttaa myös omat ongelmansa. Ohjelmista on haastava saada täysin tarkkoja ja mikäli ohjelmia haluaa muuttaa, täytyy ohjelma ohjelmoida alusta alkaen. Tallennuspaikkana toimivia magneettinauhoja oli hankala käsitellä ja säilyttää. Tänä päivänä edellä mainittua ongelmaa ei ole kovalevyjen ansiosta. (Kuivanen 1999, 78.)

3.2.5 Opettamalla ohjelmointi

Opettamalla ohjelmoinnissa robotin työkalu viedään haluttuun paikkaan käyttäen käsiohjainta ja tallennetaan sen asema muistiin. Toinen tapa on tehdä ohjelma tekstin avulla tietokoneella. Usein kuitenkin edellä mainittuja tapoja käytetään yhdessä. 3D- mallin, robotin ja työympäristön koordinaatistossa olevien epätarkkuuksien vuoksi virheet saattavat olla jopa 50mm. Näitä pyritään välttämään aistijärjestelmillä, jotka huomioivat todelliset epätarkkuudet suunniteltuun malliin verrattuna. (Kuivanen 1999, 79.) Opettamalla ohjelmoinnin etuna voidaan pitää sitä, että tällöin ei tarvita erillistä off- line ohjelmointiin tarvittavaa ohjelmistoa ja täten on mahdollista saavuttaa tuhansien eurojen säästöt. Opettamalla ohjelmointi soveltuu

parhaiten sellaiseen käyttöön, jossa robotilla hitsataan paljon samoja tuotteita, eikä opettamiseen tarvitse käyttää paljoa aikaa usein vaihtuvien tuotteiden takia. Ylistaron Terästakomo 2015.)

Ohjelmoinnissa käytettäviä välineitä: (Kuivanen 1999, 79.)

- käsiohjaimet
- ohjaussauva
- pääte ja editoriohjelmisto
- tietokone tekstin luomiseen
- tallennusasemat

3.2.6 Mallipohjainen etäohjelmointi (off- line)

Mallipohjainen etäohjelmointi voidaan määritellä seuraavasti: (Kuivanen 1999, 81.)

> Robottien mallipohjainen ohjelmointi (off-line) tarkoittaa robotin ohjelmointia ilman tuotantorobottia, tuotannon ulkopuolisessa tietokoneessa käyttäen 3D graafista käyttöliittymää ja robotin ja sen oheislaitteiden simulointimalleja, sekä hyödyntäen valmistettavan tuotteen suunnittelun 3D- muototietoa.

Mallipohjaisella ohjelmointijärjestelmällä on mahdollista tarkastella tuotteen valmistusta simuloinnin avulla. Tämä mahdollistaa tuotteen valmistamiseen vaadittavan oheislaitteiston suunnittelemisen siten, että robottia ei tarvitse käyttää testaukseen, eikä turhaan tarvitse valmistaa prototyyppiä esimerkiksi hitsausjigistä. Tämä voidaan testata jo etukäteen tietokoneohjelmiston avulla. (Kuivanen 1999, 82-83.)

Roboteissa on usein kuukausien toimitusaika ja usein joudutaan vahvistamaan lattiaa robotin alta valmistajan ohjeiden mukaisesti, joten odotusaika on pitkä. Tämä aika voidaan hyödyntää ohjelmien tekemiseen ja jigien suunnitteluun, joten robotin asennuksen jälkeen se on heti valmis työhön. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

Suunnittelua varten mallipohjaisesta etäohjelmointiohjelmistosta löytyy: (Kuivanen 1999, 82.)

- Kinemaattisten mekanismien suunnittelumoduuli
- 3D CAD- moduuli
- Layout- moduuli oheislaitteiden ja robottien sijoitteluun
- Robotti- ja oheislaitekirjastot
- Liitynnät erilaisiin CAD- ohjelmistoihin

Päätyövaiheet mallipohjaisessa ohjelmoinnissa: (Kuivanen 1999, 83.)

- Uuden tuotemallin tuominen etäohjelmointijärjestelmään ja sen sijoittaminen simulointisoluun

- Ohjelmointi robottimerkkikohtaisesti ja yleiskielellä. Sisältäen paikoituspisteiden generoinnin ja ohjelmakäskyjen kirjoituksen mm. paikoitus- ja hitsauskäskyt.
- Ohjelmien tarkastaminen simuloimalla
- Mikäli ohjelma yleiskielinen, sen kääntäminen merkkikohtaiselle kielelle.
- Valmiina olevan ohjelman siirtäminen tuotantoon.

3.2.7 Paikoitus ja rataohjaus

Robotin jalustaan asetetun peruskoordinaatiston asemiksi tallennetaan sen halutun liikeradan nurkka-asemat. Ne muodostuvat (X, Y, Z) pisteestä ja työkalukoordinaatiston asemasta jalustan peruskoordinaatistoon. Robotin liikeradan määrittely tapahtuu peräkkäin olevien liikekäskyjen avulla. Kun työkalu on saavuttanut tai nivelet ovat saavuttaneet riittävän tarkkuuden suhteessa liikekäskyssä määriteltyyn asemaan, on liikekäsky valmis ja tämän jälkeen siirrytään seuraavaan liikekäskyyn. Mikäli liikekäskyjen sekaan lisätään esimerkiksi ehdollisia käskyjä, jotka huomioivat ympäristön tapahtumia, laskentaa, operaatiokommunikointia ja prosessiantureiden ohjausta saadaan aikaan robottiohjelmia. (Kuivanen 1999, 35-36.)

3.2.8 RFID- Teknologia

Radiotaajuiseen tunnistukseen perustuvan RFID- tekniikan perustana on radioaaltojen hyödyntäminen. Kyseisen tekniikan avulla on mahdollista lukea lukijalaitteen avulla tietoa RFID- tunnisteista langattomasti. Tunniste pitää sisällään yksilöllisen koodin, joka on linkitetty taustajärjestelmään. Menetelmä mahdollistaa tuotteiden yksilöllisen tiedonkeräämisen prosessin aikana. (Pekonen 2012, 39.)

RFID- tekniikkaa hyödynnetään hitsausrobottisolussa siten, että ohjelmoitavalle tunnisteelle tallennetaan hitsattavan kappaleen koodi ja latauskuljettimella oleva lukijalaite lukee tunnisteen. Tämän tiedon perusteella robotin ohjausjärjestelmä valitsee oikean hitsausohjelman. Tämä mahdollistaa myös robottisolun käytön

miehittämättömänä, kun jokaisen hitsattavan kappaleen ohjelmaa ei tarvitse operaattorin erikseen ladata robotille. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

3.3 Reaaliaikainen radankorjaus

Useissa sovelluksissa pyritään korjaamaan robotin ja ympäristön epäoptimaalisen tarkkuuden ongelmia reaaliaikaisilla radankorjausmenetelmillä. Niiden tehtävä on mitata työstettävien kappaleiden tarkkaa sijaintia liikkeiden aikana ja korjata työkalun tekemiä liikkeitä, että ne pysyisivät sopivina työkappaleeseen nähden. Mikäli kaarihitsauksessa hitsausrailo on asetetulla paikallaan vain ±15mm tarkkuudella tai kappale liikkuu hitsauksen aikana on hitsaaminen mahdollista reaaliaikaisen radankorjauksen ansiosta. Järjestelmä on yksinkertainen ohjelmoida; asetetaan nimellinen etsintäkohta, aloituksen suunta ja railon pituus, johon hitsataan. Edellä mainittujen arvojen perusteella robotti mukauttaa itseään seuraamaan hitsattavaa railoa. (Kuivanen 1999, 39- 40.)

Esimerkkejä teollisuusroboteissa käytettävistä radankorjausjärjestelmistä: (Kuivanen 1999, 39- 40.)

- vaaputettavan kaarihitsauksen railon seuranta hitsausjännitteen ja – virran seurannan avulla
- railonseuranta kaarihitsauksen valokaaren edustan etäisyysprofiilimittauksen avulla
- analogiasignaalin mukaan tapahtuva ratanopeuden muuttaminen

Railonhakujärjestelmän tavoitteena on saada tasalaatuisuutta hitsaukseen. Railonhaun toimimisen ehtona on railojen oikea muoto, sekä puhtaus. (Hiltunen 2008, 34.) Kuviossa 5 on kuvattuna erilaisia railonmuotoja.

4 HITSAUSROBOTTI INVESTOINTINA

Ennen hitsausrobotin hankintaa tulee laskea investoinnista aiheutuvat kustannukset, joiden avulla saadaan selvitettyä hankinnan kannattavuutta, sekä laskea takaisinmaksuaika. Kustannukset voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään. (Kuivanen 1999, 109-110.)

Investointikustannukset:

- Suunnittelukustannukset
- Järjestelmän hankintakustannus
- Asennus- ja käyttöönottokustannukset
- Työvälineiden ja oheislaitteiden hankintakustannukset
- Muut kustannukset

Käyttökustannukset:

- Välittömät palkkakustannukset
- Välilliset palkkakustannukset
- Energia-, aine- ja tarvikekustannukset
- Koulutuskustannukset
- Huolto- ja kunnossapitokustannukset

Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan aikaa, jona kyseisestä investoinnista kertyy nettotuottoa sen hankintamenojen verran, eli aika jolloin investointi maksaa itsensä takaisin. Mikäli takaisinmaksuaikaa saadaan lyhennettyä, sitä nopeammin investointi alkaa kerryttämään tuottoa. Investoinnin korottoman takaisinmaksuajan laskeminen, jolloin laskentakorkoa ei huomioida ja nettotuottojen taso pysyy samana tapahtuu jakamalla investoinnin kustannukset vuotuisella säästöllä. (Metropolia 2013.)

Taulukko 1. Hitsattavia osia robotille

Osa nro.	Nimi	Hits. Aika, min	Ka / a	Aika, h / a	Tarkasteluväli
2608002	Kääntöpalkki	5	938	78,2	5.6.2010-5.6.2015
2603001	Pyörän pidin	5	2047	170,6	5.6.2010-5.6.2015
10001001	Runko	240	27	108,0	5.6.2010-5.6.2015
3001004	Runko	114	465	883,5	5.6.2010-5.6.2015
1890530	Runko	150	320	800,0	5.6.2010-5.6.2016
2801001	Runko	120	206	412,0	5.6.2010-5.6.2017
1209001	Halkaisurunko	120	254	508,0	5.6.2010-5.6.2018
10102001	Kulj. ylärunko	50	24	20,0	5.6.2010-5.6.2015
10101001,-2,-3	Kulj. alarunko	60	17	17,0	5.6.2010-5.6.2015
2601007	Kulj. alarunko	45	1011	758,3	5.6.2010-5.6.2015
2602007	Kulj. ylärunko	30	996	498,0	5.6.2010-5.6.2015
2822001	Öljysäiliö	30	163	81,5	5.6.2010-5.6.2015
3002500	Öljysäiliö	20	343	114,3	5.6.2010-5.6.2015
2829050	Teräkouru	20	956	318,7	5.6.2010-5.6.2015
2804001	Jatkopöytä	5	684	57,0	5.6.2010-5.6.2015
10004001	Jatkopöytä	10	49	8,2	5.6.2010-5.6.2015
PX100040	Halkaisuterä 2/4	10	36	6,0	5.6.2011-5.6.2015
PX100060	Halkaisuterä 2/6	17	56	15,9	5.6.2011-5.6.2015
PX100080	Halkaisuterä 2/8	20	30	10,0	5.6.2011-5.6.2015
Yhteensä:				4865,0	

Yllä olevassa taulukossa 1. on valittuna yleisimmin hitsattavia osia, sekä osia joita olisi mahdollista hitsata robotilla. Tarkasteluvälinä on käytetty viittä edellistä vuotta. Tiedot on kerätty yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä, joten ne ovat luotettavia. Taulukossa ei ole käsitelty kaikkia yrityksen tuotteita, eikä osavalmistuksen alihankintaan valmistamia osia, joiden hitsauksen olisi mahdollista robotisoida. Taulukon avulla on kuitenkin mahdollista saada suuntaa-antava arvio robotin takaisinmaksuajasta ja siitä onko robotille mahdollista saada tarpeeksi kuormaa, että sen hankinta olisi kannattavaa.

Käsin hitsauksessa vuosittainen hitsausaika taulukon osilla on 4865 tuntia. Laskettaessa 250 vuosittaisen työpäivän mukaan, päiväkohtainen hitsausaika on 19.46 tuntia. Maaselän Koneen tuotantopäällikkö Kati Tammelan kanssa käydyn keskustelun pohjalta voidaan heidän käytännönkokemuksensa perusteella laskea robottihitsauksen olevan 4 kertaa nopeampaa kuin käsin hitsauksen. Laskettaessa neljän kertoimella, tulee hitsausrobotille taulukon 1. osien hitsausajaksi noin 6.5 tuntia vuorokaudessa. Kokonaisinvestointikustannuksena voidaan käyttää arvioitua summaa 450000€.

Taulukko 2. Hitsausrobotin tuomat säästöt vuodessa

	Käsinhitsaus	Robotti
Hits. aika / a	4865	1216
Kustannus (€/h)	30	50
Yhteensä (€/a)	145950	60800
Säästö (€/a)		85150

Taulukko 3. Hitsausrobotin takaisinmaksuaika

Hitsaurobottiso-lun hankinta- ja käyttöönotto-kustannukset (€)	450000
Säästö (€/a)	85150
Takaisinmaksu-aika (a)	5,3

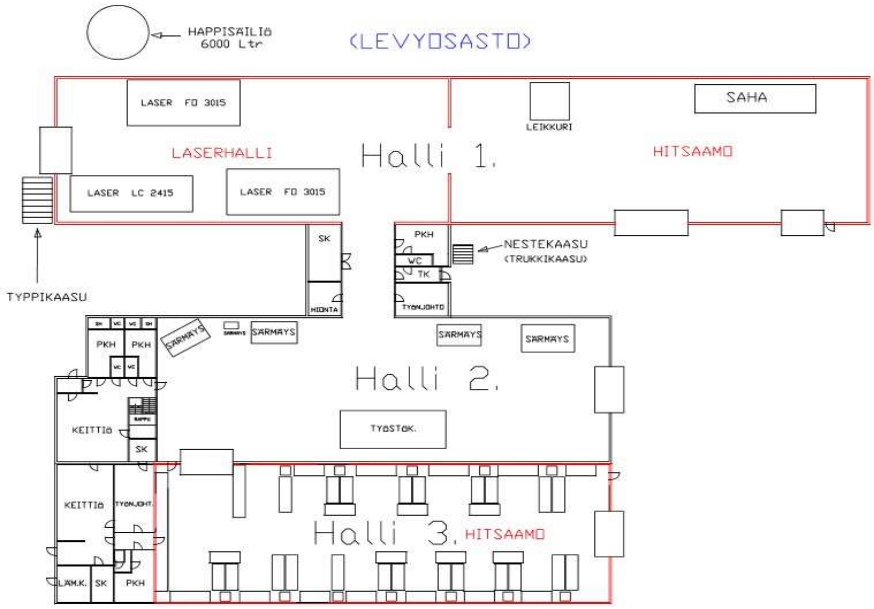
Taulukossa 3. määritetty takaisinmaksuaika, joka laskettiin kustannussäästöjen pohjalta, on noin viisi vuotta. Robotin kustannuksiin on laskettu 1,5 miehen tunti-kustannukset, koska robotin ohjelmien tekoon, lastaamiseen ja purkamiseen ei riitä yksi työntekijä. Käsin hitsauksessa tehokkuus on tuntia kohden pienempi kuin robotilla, koska hitsaajan tehokkuus ei ole koko ajan 100%. Laskuissa ei ole huomioitu hankintaan sijoitetun pääoman tuomia kustannuksia ja muita kuluja. Taulukon 1. osilla laskettu päiväkohtainen hitsausaika robotilla oli 6.5 tuntia, joten hitsauskapasiteettia on vielä reilusti jäljellä. Robottihitsausta hyödyntämällä myös alihankintana valmistettaviin osiin, sekä muihin yrityksen tuotteisiin saadaan enemmän kustannussäästöjä ja täten myös takaisinmaksuaika lyhenee.

5 ROBOTTISOLUN LAYOUT

Layoutin suunnittelun perusteena käytetään materiaalivirtojen järkevää hallintaa. Huomioitavia seikkoja on osien siirtomatkojen pituus, syöttökuljettimen panostukseen ja poistokuljettimen tyhjäykseen varattava tila. Jo olemassa olevan rakennuksen aiheuttamat rajoitukset kiinteiden rakenteiden ja kalusteiden osalta tulee myös huomioida suunnittelussa. Hitsausrobotin ympärille rakennettavat turvaseinät vievät myös paljon tilaa. (Keinänen 2001, 373-384.)

5.1 Lähtökohdat layoutin suunnittelulle

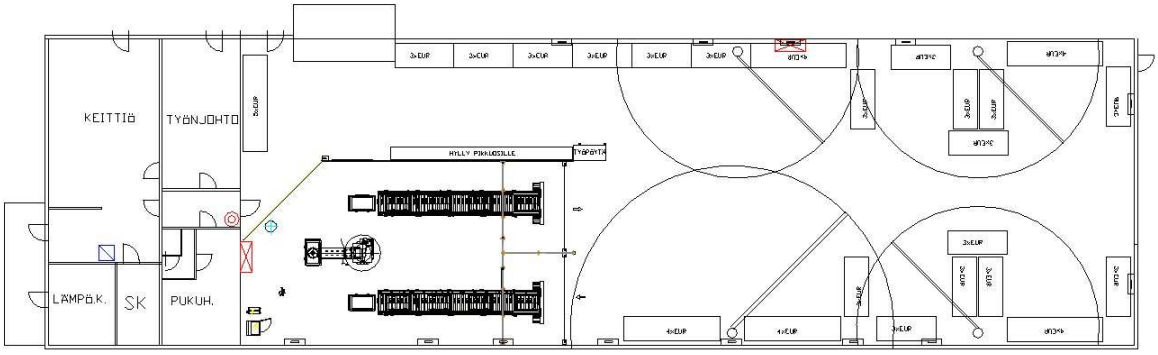
Ylistaron Terästakomon osavalmistusosasto koostuu kuvion 14. mukaisesti kolmesta eri osastosta: ensimmäisestä löytyy kolme laserleikkauslinjaa, mekaaninen levyleikkuri, sahauslinja, pylväsporakoneita, 3 hitsauspistettä, sekä materiaalivarastot. Keskimmäisestä hallista löytyvät särmäyspuristimet, levytyökeskus, osien lähettämö ja puolivalmiiden, sekä valmiiden osien varastot. Kolmas ja samalla uusin osasto on hitsaamo, josta löytyy 14 paikkaa käsin hitsaukselle.



Kuvio 14. Osavalmistuspuolen layout (Ylistaron Terästakomo 2015)

Hitsausrobotin paikkaa suunniteltaessa tilojen laajennus ei ollut mahdollista, koska yrityksen omistamalla tontilla ei ole enää rakennusoikeutta ja uudisrakentamisesta olisi aiheutunut isot lisäkustannukset. Nykyisiin tuotantotiloihin ensimmäisenä mahdollisena paikkana pohdittiin ensimmäisessä hallissa olevaa paikkaa, jossa tällä hetkellä ovat saha, sekä pylväsporakoneet. Tällöin edellä mainituille koneille joutuisi etsiä uudet paikat. Etuina kuitenkin olisivat vieressä olevat mahdolliset esihitsauspisteet, sekä vieressä olevat nosto-ovet, joiden kautta materiaalivirtojen hallinta olisi helppo toteuttaa. Hallissa oleva siltanosturi helpottaisi myös raskaampien osien siirtelyä. Huonoja puolia kyseisellä sijainnilla olisi etäisyys virallisesta hitsaamosta, jolloin osia joutuisi siirtelemään paljon hallien läpi. Hitsaamon työnjohdon toimisto olisi myös tällöin toisella puolella hallia. Hallin ilmastointi olisi myös nykyisellään riittämätön robottihitsaukseen.

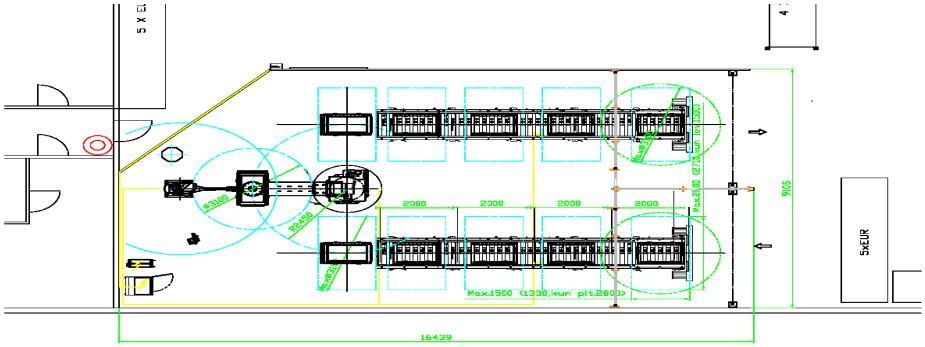
Toisena vaihtoehtona pohdittiin kuviossa 15. näkyvää sijaintia nykyisen hitsaamossa. Tällöin olisi mahdollista keskittää lähes kaikki hitsaaminen yhteen halliin. Hitsaamon johto pystyisi myös paremmin kontrolloimaan tekemistä. Robotin ohjelmointipiste olisi myös mahdollista sijoittaa työnjohdon kanssa samaan tilaan. Hitsaamon layoutin joutuisi suunnitella täysin uudelleen, koska robotti vie turva-alueineen, sekä lastaus- ja purkupisteineen lähes puolet hitsaamohallista. Hitsauksen robotisoinnin myötä käsin hitsauspaikkojen määrä vähenee, joten mahdollisesti työt jouduttaisiin jakamaan kahteen vuoroon.



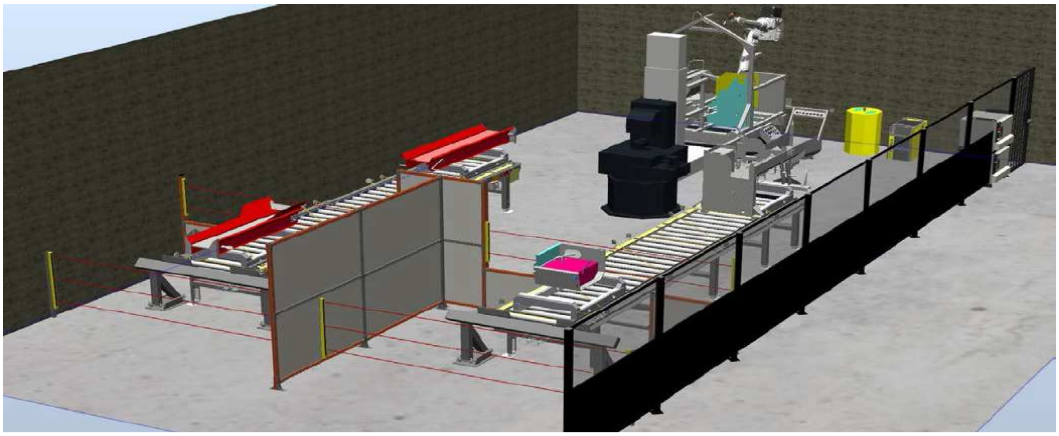
Kuvio 15. Hitsaamon layout (Ylistaron Terästakomo 2015)

5.2 Layoutin suunnitteleminen

Layoutin suunnittelua päätettiin jatkaa vaihtoehdon kaksi pohjalta, jolloin robotti sijoitetaan hitsaamohalliin, kuten kuviossa 16 esitetään. Robottisolu vie turva-alueineen, nelipaikkaisilla syöttö- ja purkukuljettimilla noin 9,1m x 16,5m kokoisen tilan, jolloin yhden turva-aidan joutuu laittaa viistoon, siten että kulkuyhteys yleisiin tiloihin säilyy ennallaan. Vanhoista hitsauspaikoista kuusi säilyy ennallaan, mutta loput korvataan varastohyllyillä, joita tarvitaan jigien ja palettien, sekä osien säilytykseen. Solua lähinnä olevat hitsauspisteet toimivat esihitsauspisteinä robotille. Hitsaamossa olevien puominostureiden paikat muutetaan siten, että ne ulottuisivat myös robotin syöttö- ja purkukuljettimille. Kuviossa 17 ABB:n laatima mallikuva hitsausrobottisolusta.



Kuvio 16. ABB:n hitsausrobotin layout (ABB 2015)



Kuvio 17. ABB:n hitsaussolun mallikuva (ABB 2015)

6 LÄHTÖKOHDAT ROBOTIN HANKINNALLE

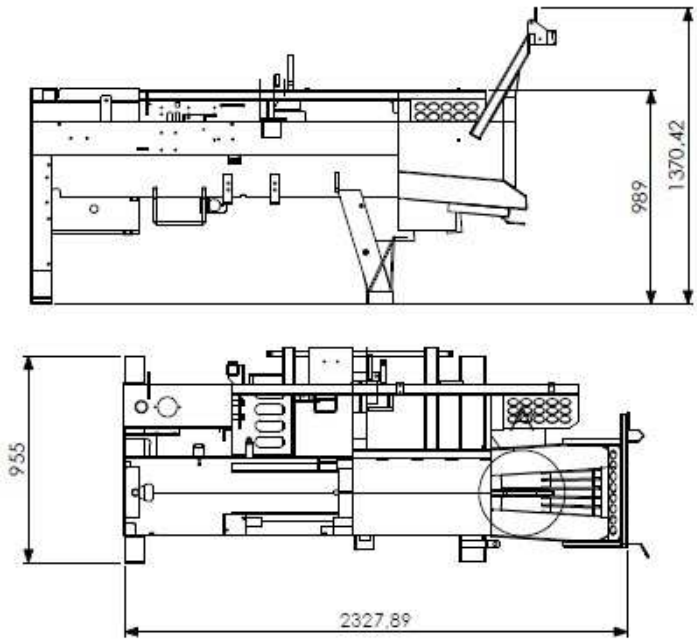
Tällä hetkellä kappaleiden hitsaus tapahtuu käsin hitsauksena MIG-hitsausmenetelmällä. Hitsattavat kappaleet ovat mustaaterästä, materiaalivahvuuksien ollessa 1mm:stä ylöspäin. Yleisimmät hitsattavat tuotteet ovat usein toistuvia ja niitä valmistetaan sarjatuotantona. Yrityksessä on tarkoitus suorittaa klapikoneiden mallisarjojen uudistaminen ja uudet koneet suunnitellaan siten, että ne soveltuvat robottihitsaukseen. Vanhojen konemallien putkipalkkirakenteita korvataan mahdollisuuksien mukaan levyrakenteilla ja rakenteista tehdään niin avoimia, että robottihitsaus on mahdollista.

Hitsausrobotin paletit ja jigit valmistetaan kohdeyrityksessä. Jigien suunnitteluun on tarkoitus palkata ulkopuolinen henkilö, jolla on kokemusta hitsausrobotin jigien suunnittelusta. Yrityksen omat suunnittelijat toimisivat ulkopuolisen suunnittelijan apuna ja samalla opettelisivat jigien suunnittelun siten, että tulevaisuudessa olisi mahdollista suunnitella ne itse. Mahdollisuuksien mukaan myös vanhoja käsin hitsausjigejä voisi hyödyntää, mikäli ne rakenteensa puolesta soveltuvat robottihitsaukseen.

Alla esimerkkejä tuotteista, jotka ovat tulevaisuudessa mahdollista hitsata robotilla:

- Palax KS35 on yksi eniten myytyjä klapikonemalleja, jota valmistetaan noin 500 kappaletta vuodessa. Kuva koneesta löytyy kuviosta 18. Kuviosta 19. löytyvän koneen rungon hitsaus käsin kestää noin 114 minuuttia.

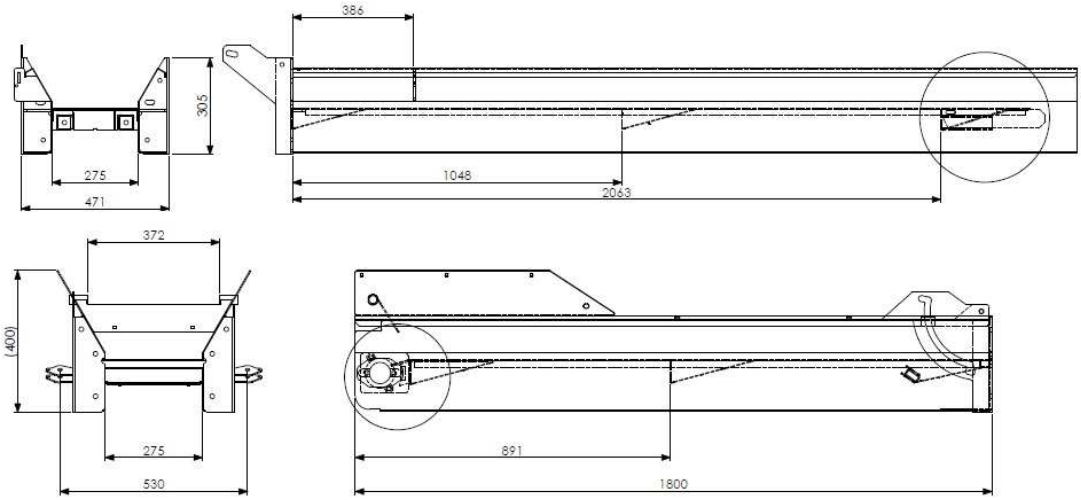
Kuvio 18. Palax KS35 (Palax 2008)



Kuvio 19. Palax KS35 runko (Ylistaron Terästakomo 2015)

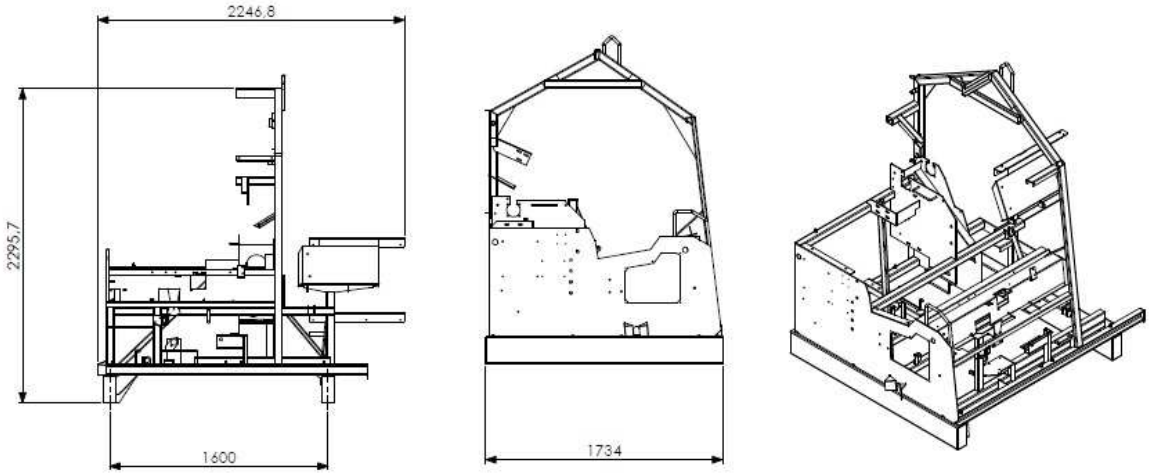
- Palax klapikoneiden yleisin kuljetinmalli, jonka vuosivalmistusmäärä on noin 1000 kappaletta. Ylä- ja alarungon yhteenlaskettu hitsausaika käsin on noin 75 minuuttia. Kuvioissa 20. on kuva kuljettimesta asennettuna kiinni klapikoneeseen. Kuviossa 21. on esitettynä kuljettimen ylä- ja alarungot erillään, kuten ne hitsataankin

Kuvio 20. Palax kuljetin (Palax 2008)



Kuvio 21. Palax kuljetin ylä- ja alarungot (Ylistaron Terästakomo 2015)

- Palax Power100:n runkoa on käytetty esimerkkituotteena hitsauskokoonpanosta. Se on suurin runko, jonka hitsauksen tulee olla robotilla mahdollista. Kyseisen kokoonpanon ulkomitat ovat: LxKxS, 2247x2296x1734, kuten kuviossa 22 on esitetty, kyseinen runko painaa noin 400 kg. Power100:n rungon muokkaaminen robottihitsaukseen sopivaksi toteutetaan mahdollisesti vasta myöhemmin, koska sen menekki on maltillisempaa kuin kooltaan pienemmillä malleilla.



Kuvio 22. Palax Power100 runko (Ylistaron Terästakomo 2015)

7 HITSAUSROBOTTISOLUN HANKINNAN TOTEUTTAMINEN

7.1 Hankinnan vastuut

Robottijärjestelmää hankittaessa on kolme erilaista vaihtoehtoa jakaa vastuu toimittajan ja käyttäjän välille: (Kuivanen 1999, 101-102.)

- Avaimet käteen periaate
- Laitteiden hankkiminen itse ja asennuttaminen ulkopuolisella
- Laitteiden oston ja asennuksen hoitaminen itse

Tämän työn kohdalla on ollut selvää alusta- alkaen, että hankinta tapahtuu avaimet käteen periaatteen mukaisesti. Yrityksellä ei ole entuudestaan kokemusta hitsauksen robotisoinnista, joten robottijärjestelmän käyttöönotto tapahtuu nopeiten, siten että toimittaja vastaa robotin asennuksesta, käyttöönotosta, sekä henkilöstön koulutuksesta. Jigien suunnitteluun ja ohjelmien tekoon saadaan apua konsernin sisältä.

7.2 Hankintavaihe ja käyttöönotto

Hankintavaiheen osat ja hankinnan toteutus: (Kuivanen 1999, 101-102.)

- Tehdään päätös lopullisesta layoutista
- Ostopäätöksen teko
- Järjestelmän ja ostokomponenttien tilaus
- Hankinnan aikataulutus
- Tarvittavien lisälaitteiden suunnittelu
- Paineilmajärjestelmän mitoitus robotille ja siihen liittyvät hankinnat
- Virta- ja jännitevaihtelujen eliminointi

- Robotin pohjalaatan valaminen

Järjestelmän toimituksen jälkeen:

- Asennus ja käyttöönotto
- Järjestelmän kalibrointi
- Ohjelmointi
- Koeajot ja muutosten tekeminen
- Opastus käyttöönotosta ja koulutukset

Hitsausrobottisolun toimitusaika tilauksesta käyttöönottoon oli noin 20 työviikkoa, tämä aika tulee hyödyntää solun asennuksen valmisteluihin ja koulutuksiin siten, että robotin asennuksen jälkeen se voidaan ottaa välittömästi käyttöön. Tuotantotiloihin tehtävien muutosten ajoittaminen tulee tehdä siten, että siitä aiheutuu mahdollisimman vähän häiriöitä ja katkoksia tuotannolle. Käyttäjien koulutus kannattaa ajoittaa mahdollisimman lähelle robotin käyttöönottoa, että opitut asiat olisivat vielä muistissa. Palettien tulee olla valmiita jigien valmistukseen mennessä, jotta ne voidaan liittää yhteen. (Ylistaron Terästakomo 2015.)

7.3 Robottisolun tarjoukset

Tarjoukset robottisolusta pyydettiin Yaskawa- Motomanilta, sekä ABB:ltä. Liitteet 1 ja 2. Molemmissa tarjouksissa oli yritysten omat 6- akseliset teollisuusrobotit. Tarjouksien suurin eroavaisuus oli käsittelylaitteissa.

Yaskawan tarjous koostui kahdesta eri pyörityslaitteesta: grillipöydästä, sekä 2-akselisesta L-pöydästä. Robotti liikkuisi näiden kahden laitteen välillä lineaarirataa pitkin. Käsittelylaitteita olisi mahdollista panostaa ja purkaa robotin hitsatessa toisessa pöydässä olevaa kappaletta.

ABB:n tarjouksessa käsittelylaitteena oli yksi L- pöytä, johon hitsattavat kappaleet tulevat palettien latauskuljetinta pitkin. Hitsauksen päätyttyä valmiit tavarat poistuvat samanlaista poistokuljetinta pitkin, Kuvio 17. Molemmissa kuljettimissa on

paikka neljälle paletille samanaikaisesti, jolloin robotilla on mahdollista hitsata myös miehittämättömänä.

Tarjousten käsittelyn ja arvioinnin jälkeen päädyttiin jatkamaan solun yksityiskohtien suunnittelua ABB:n kanssa. Heidän tarjoustaan puolsivat se, että kyseisen robottiaseman käyttö ei vaadi niin paljoa jatkuvaa purku ja panostustyötä, kun osat voi jättää kuljettimille odottamaan, robotin silti jatkaessa työtään. Hitsausvirtalähteeksi valikoitui Froniuksen uusinta mallistoa edustava TPS 500i R Pulse, jonka etuina on roiskeettomampi ja nopeampi hitsausprosessi. Konsernin muiden yritysten positiiviset kokemukset ABB:n hitsausrobottisoluista ja Froniuksen virtalähteistä, sekä mahdollinen yhteistyö heidän kanssaan olivat vaikuttavia tekijöitä päätöksenteossa.

8 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin hitsausrobotin hankintaa Ylistaron Terästakomo Oy:lle. Teoriaosassa perehdyttiin aluksi erilaisiin robotisoitaviin hitsausmenetelmiin, sekä erilaisiin teollisuudessa käytettäviin robotteihin. Robottien ohjaustavoissa perehdyttiin opettamalla, johdattamalla ja etäkäyttöön perustuvalla menetelmällä toteutettuihin ohjaustapoihin. Etäkäyttöön perustuvan off-line ohjelmoinnin etuina ovat kahteen työläämpään mentelmään verrattuna ohjelmien tekemisen mahdollisuus tietokoneella robotin käytön aikana, jolloin robotin käyttö on tehokasta, silloinkin kun valmistettavien kappaleiden vaihtuvuus on suurta. Ohjelmat on myös mahdollista tehdä tuotannon ulkopuoliselta koneelta. Opettamalla ja johdattamalla ohjelmointi on tehokkainta silloin kun valmistettavien kappaleiden vaihtuvuus on pientä ja sarjakoot ovat suuria, tällöin on myös mahdollista saavuttaa merkittäviä säästöjä, kun erilliselle robottiohjelmistolle ei ole tarvetta.

Hitsausrobotin käytön kannalta on oleellista valita oikeanlaiset lisälaitteet, joilla prosessista saadaan entistä tehokkaampia. Tärkeimpiä ovat oikeanlaisen kappaleiden käsittelylaitteen valinta, jonka avulla osien kääntämiseen saadaan käyttöön lisää kääntöakseleita ja näin hitsaus onnistuu myös monimutkaisemmille kappaleille. Jigien suunnittelulla saadaan aikaan kustannussäästöjä, mikäli niiden rakenne on muokattavissa useammille eri tuotteille, eikä jokaiselle kappaleelle tarvitse suunnitella ja valmistaa omaansa.

Layoutin suunnittelun lähtökohtana oli etsiä nykyisistä tuotantotiloista robotille sen käytön ja materiaalivirtojen hallinnan kannalta paras asennuspaikka. Vertailun kohteiksi robotin sijoitukselle valikoitui kaksi eri vaihtoehtoa, joista robottisolun asennuspaikaksi valikoitui uusin hitsaamohalli, jossa esihitsauspaikat ovat lähellä ja robotille tulevien osien siirtely saadaan minimoitua. Myös puolivalmiiden osien, sekä jigien ja palettien varastointi saadaan tällöin solun läheisyyteen. Valittu asennuspaikka on myös työnjohdon ja robotin ohjelmien teon kannalta hyvä, sillä näiden pisteet sijaitsisivat robotin läheisyydessä.

Kustannusten vertailu käsin hitsaukseen nähden oli osa työtä. Takaisinmaksuajaksi tuli laskelmiin valituilla osilla kustannussäästöjen myötä noin viisi vuotta. Rahallisten säästöjen lisäksi, robotti-investoinnin tuomia hyötyjä ovat robotilla saa-

vutettava hitsausprosessin nopeutuminen, laadun tasaisuus, sekä yrityksen imagon yleinen kohoaminen nykyaikaisen kaluston ansiosta. Robottihitsaus olisi tarkoitus aloittaa ensin yrityksen omilla tuotteilla eli klapikoneilla ja niiden varusteilla, sekä laajentaa siitä teollisuuskalusteisiin. Myöhemmin mukaan olisi myös tarkoitus ottaa alihankintana valmistettavien osien hitsausta.

Työn avulla saadaan selkeä kuva siitä, mitä asioita tulee ottaa huomioon robotin hankintaa suunniteltaessa ja kuinka vastuut liittyen robotin hankintaan ja asennukseen on mahdollista jakaa tilaajan ja toimittajan välillä. Tässä tapauksessa toimitus tapahtuisi avaimet käteen periaatteella, koska yrityksessä ei ole aiempaa kokemusta robottihitsauksesta, eikä solun käyttöönotosta. Tällöin on järkevää myös ostaa käyttökoulutusta solun toimittajalta. Työstä löytyy myös tietoa minkälaisia ennakkovalmisteluja tulee tehdä ennen robottisolun asennusta.

Tarjouksia vertailtiin kahden eri toimittajan välillä ja näistä tarkoitukseen sopivammaksi valikoitui ABB:n ratkaisu. Kyseisessä solussa on käsittelylaitteena yksi 2-akselinen L- pöytä. Osat saadaan ladattua ja purettua robotilta kahta neljäpaikkaista kuljetinta pitkin, johon valmiiksi kootut jigit nostetaan paletteihin kiinnitettynä. Robottia olisi myös mahdollista käyttää miehittämättömänä, koska kuljettimelle saadaan puskurivarastoon neljä palettia hitsattavine osineen.

LÄHTEET

ABB, 2015. IRB4600 FMS- asema tarjous. 11.9.2015. ABB Oy. Tarjous liitteenä

Burns Stainless LLC. Ei päiväystä. Welding article 1. [www-lähde]. Burns Stainless LLC. [Viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: http://www.burnsstainless.com/weldingarticle1.aspx

Holt. N. 2010. ABB robots keep Magna in trim. [www-lähde]. AMS. [Viitattu 14.3.2015]. Saatavissa: http://www.automotivemanufacturingsolutions.com/equipment/abb-robots-keep-magna-in-trim

Ionix Oy. 2015. Kaarihitsaus MIG/MAG hitsaus. [www-lähde]. Ionix Oy. [Viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: http://ionix.fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/

Karjalainen Samuel. 2015. Fronius CMT mustan teräksen hitsauksessa. [www-lähde]. Hitsaustekniikka- lehti. [Viitattu 24.10.2015]. Saatavissa: http://www.pronius.fi/uploads/Hitsaustekniikka-lehti_2012-05.pdf

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa: WSOY

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. & Metso, M. & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät - Koneautomaatio 2. 1. painos. Vantaa: WSOY

Lepola, P & Makkonen, M. 2005. Hitsautekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki: WSOY pro Oy

Lukkari, J. 1997. Hitsaustekniikka - Perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Oy Edita Ab

Metropolia. 2013. Investointilaskenta. [www-lähde]. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 22.11.2015]. Saatavissa: http://users.metropolia.fi/~mikalem/investointilaskenta/6.%20Investoinnit_Takaisinmaksuaika_260913.pdf

Pekonen, S. 2012. Kustannustehokas valmistus RFID- teknologian avulla. Lappeenranta: Savon Ammatti- ja Aikuisopisto

Palax. 2008. Palax KS35 esite. [www-lähde]. Palax. [Viitattu 29.10.2015]. Saatavissa: https://palax.fi/images/stories/file/ks35.pdf

Rautaruukki Oyj. 2009. Vastushitsauopas. [www-lähde]. Rautaruukki Oyj. [Viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: http://www.ruukki.fi/~/media/Finland/Files/Terastuotteet/Kylmavalssatut%20metalli%20ja%20maalipinnoitetut%20-%20ohjeet/Ruukki-Kylm%C3%A4valssatut-ja-metallipinnoitetut-ter%C3%A4kset-Vastushitsausopas.pdf

RobotWorx. Ei päiväystä. Robot parts: Mechanisms and kinematics. [www-lähde]. Scott Technology Ltd. [Viitattu 14.3.2015]. Saatavissa: http://www.robots.com/education/mechanisms

Röyttä, E. 1991. Tuotantotekniikka. Porvoo: WSOY

Turun Ammatti-Instituutti. 2008. Erimuotoiset railot. [www-lähde]. Turun ammatti-instituutti. Virtuaalikoulu. [Viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: http://projektit.turkuai.fi/virtuaalikouluhankkeet/hitsaus/1_hitsaus/1_7_erimuotoiset_railot.htm

Unisys Automation. Ei päiväystä. Robotics. [www-lähde]. Unisys Automation Pvt. Ltd. [Viitattu 15.3.2015]. Saatavissa: http://www.unisysautomation.in/robotics.php

Yaskawa. 2013. HSD- sarjan paikoituslaitteet. [www-lähde]. Yaskawa Finland Oy. [Viitattu 29.10.2015] Saatavissa: http://www.motoman.fi/fi/tuotteet/paikoituslaitteet/product-view/?tx_catalogpositioner_pi1%5Buid%5D=84&cHash=e6cd2dfde1ad114b57076217ac5af1b1

Ylistaron Terästakomo Oy, 2015.

LIITTEET