

Hitsausrobotisolun käyttöönotto



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

kevät 2023

Daniel Aalto

Toimeksianto opinnäytetyölle tuli suomalaiselta teknologia-alan yritykseltä uuden hitsausrobotisolun käyttöönoton tarpeesta. Asiat, joihin haluttiin kiinnittää huomiota, olivat robotihitsaukseen valikoituvien hitsauskokoospanojen valintaprosessi, hitsausjigit sekä käyttöaste.

Hitsauskokoospanojen valintaprosessi haluttiin muuttaa asiantuntijan arvioon perustuvasta valinnasta taulukoksi, johon syötetään merkittäväksi valitut parametrit tuotteesta. Tämän jälkeen taulukko antaa vastauksen, onko tuote kannattavaa hitsata robotilla. Käyttöasteessa nähtiin kasvun potentiaalia esimerkiksi lisäämällä hitsauskokoospanojen määrää yhdessä hitsausjigissä. Nykyisissä hitsausjigeissä ongelmana oli, että usein niissä oli paikka vain yhdelle kokoospanolle yhtä jigä kohden. Näin nähtiin, että samaa tuotetta saisi mahtumaan moninkertaisesti yhteen ohjelmakiertoon. Hitsausrobotisolun työntekijän kokoospanoille tekemää valmistelevaa työtä haluttiin myös vähentää.

Työ alkoi jo valittuihin hitsauskokoospanoihin tutustumisella ja niiden hitsausprosessin tehostamisen mahdollisuuksien kartoituksella, jonka jälkeen tehtiin suunnitelmat tuotteiden hitsausprosessin tehostamisesta. Valintaprosessitaulukko luotiin vasta kun jo valitut kokoospanot olivat jo saatettu robotilla hitsattaviksi.

Avainsanat Hitsausroboti, käyttöönotto, kehitys, valintaprosessi, hitsausjigi

Sivut 19 sivua

The commission for this thesis came from a Finnish technology company for their need of deploying a new welding robot cell. The areas which needed attention were the selection process of choosing jobs for the robots, welding fixtures, and generally the utilization rate of welding robots.

The welding assembly choosing process needed to be changed from experts' evaluation-based selection into a table where the significant parameters of the welding assembly are entered. The table compares manual and automatic welding and outputs which is better option. The company saw growth potential in utilization rate. One example was that welding fixtures usually had just one welding assembly on it, even though there was room for more. The time that preparatory work for welding assemblies took, had to be reduced.

Work began with studying the chosen welding assemblies and mapping the development possibilities in the welding process of these assemblies. After the mapping was done, the plan for the development work was made. The selection table was created after the selected assemblies had already been made ready for the robot welding.

Keywords Welding robot, deployment, development, welding fixture

Pages 19 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Robotit hitsauksessa	1
2.1	Teollisuusrobotit	1
2.1.1	Kiertyväniveliset robotit	1
2.1.2	Suorakulmainen robotti	1
2.1.3	Robotin etäohjelmointi	2
2.2	Robottisolu	3
3	Hitsaus	4
3.1	Mig/mag-hitsaus	4
3.2	Valmistelu-aika	5
3.3	Tekemisaika	5
3.4	Päivävakio	5
4	Hitsausrobottisolun käyttöönotto	6
4.1	Yrityksen hitsausrobottisolu	6
4.2	Hitsausrobotin henkilökunta ja työ	9
4.3	Vaatimukset	10
4.3.1	Hitsausrobottisolun toiminnan vaatimukset	10
4.3.2	Hitsausjigien suunnittelu	10
4.3.3	Huomioitavat asiat	10
4.3.4	Puristimet	11
4.4	Hitsauskoko-panon valintataulukko	12
5	Toimenpiteet	14
5.1	Koulutus	14
5.2	Jigit ja apulaitteet	14
5.2.1	Kääntöpöytien kiinnitystaso	14
5.2.2	Hitsausjigit	14
5.3	Valintataulukko	16
5.3.1	Tuotannon tietojen keruu	16
5.3.2	Vertailutaulukon käyttö	18
6	Johtopäätökset	20

7	Lähdeluettelo.....	21
---	--------------------	----

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1	Yaskawa TSG suorakulmainen robotti, johon yhdistetty kolme kiertyvänivelistä robottia (Yaskawa, n.d).....	2
Kuva 2	Mig/mag-hitsaus (Ionix, n.d).....	4
Kuva 3	Yrityksen hitsausrobottisolu	7
Kuva 4	Yaskawa AR2010 (Yaskawa, n.d).....	8
Kuva 5	Yaskawa TSL600 (Yaskawa, n.d).....	8
Kuva 6	Yaskawa VMF (Yaskawa, n.d).....	9
Kuva 7	AMF 6800 - 3 (AMF, n.d).....	12
Kuva 8	Hitsausjigi 1 esimerkki suunnitelluista jigeistä	15
Kuva 9	Hitsausjigi 2 esimerkki suunnitelluista jigeistä	16
Kaava 1	Vertailutaulukon työaika robottihitsaukselle	17
Kaava 2	Vertailutaulukon työaika manuaalihitsaukselle	17
Kaava 3	Vertailutaulukon työaika ≥ 20 kg kappaleen manuaalihitsaukselle	17
Taulukko 1	Valintataulukon vakiot ja muuttujat	18
Kuva 10	Taulukon esimerkki täyttö	19
Kuva 11	Esimerkki kappaleen massan vaikutus	19

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä kuvataan toimeksiannon antaneen yrityksen hitsausrobotisolun käyttöönoton toimenpiteitä. Yritys oli hankkinut hitsausrobotisolun, joka täytyi saattaa toimimaan vaaditulla tasolla neljässä kuukaudessa.

Vaatimuksina oli hitsausjigien kehitys, robottihitsattavien kokoonpanojen valintaprosessia tukevan taulukon luominen, sekä hitsausrobotisolun toiminta kolmessa työvuorossa käyttöasteen ollessa 40 %. Hitsausjigien kehitysalueita olivat esimerkiksi jigien kiinnitettävien hitsauskokoonpanojen määrän kasvattaminen, sekä valmistelevan työn vähentäminen.

2 Robotit hitsauksessa

2.1 Teollisuusrobotit

Teollisuusrobotti koostuu vähintään kolmesta nivelestä ja kiinteistä varsista.

Teollisuusrobotin käyttötarkoitus on liikuttaa työkalua hallitusti.

Teollisuusrobottien luokkia kuvaavia termejä ovat suorakulmainen, rinnakkaisrakenteinen, sylinteri, napakoordinaatisto ja rinnakkainen rakenne, sekä SCARA ja kiertyvänivelinen. Esimerkkejä hitsausrobottisoluisissa käytetyistä teollisuusroboteista ovat suorakulmainen ja kiertyvänivelinen. (Lehtinen 2002 s. 2)

2.1.1 Kiertyväniveliset robotit

Kiertyväniveliset käsivarsirobotit (kuva 1) ovat yleisiä teollisuudessa käytettäviä robotteja. Niiden rakenne koostuu peräkkäin kytketyistä tukivarsista, joiden liitoskohdissa on nivelet. Näiden liitoskohtien ympäri tukivarret pääsevät kiertymään kiinnitysakselinsa ympäri valmistajan määrittelemän asteluvun rajoissa.

Teollisuudessa roboteilta esimerkiksi hitsauksessa vaaditaan usein kykyä päästä haluttuun pisteeseen monesta eri kulmasta. Tämä on yksi syy kuusiakselisten kiertyvänivelisten käsivarsirobottien laajaan käyttöön teollisuudessa.

2.1.2 Suorakulmainen robotti

Suorakulmaisen robotin (kuva 1) rakenne koostuu kolmesta x, y ja z liukuvasta nivelestä. Suorakulmaisia robotteja ovat esimerkiksi portaalirobotit.

Näitä käytetään esimerkiksi toisen robotin liikuttamiseen. Portaalirobottiin kiinnitetyn robotin työaluetta saadaan kasvatettua tällä tavalla.

Kuva 1 Yaskawa TSG suorakulmainen robotti, johon yhdistetty kolme kiertyvänivelistä robottia. (Yaskawa, n.d)



2.1.3 Robotin etäohjelmointi

Etäohjelmoinnilla eli offline-ohjelmoinnilla tarkoitetaan robotin ohjelmointia siten että robotin työskentely ei keskeydy ohjelmaa tehdessä. Etäohjelmointi voidaan tehdä esimerkiksi tehtaan toimistolla, jonka jälkeen valmis ohjelma siirretään robotin muistiin.

Etäohjelmoinnissa käytetään hitsausrobottisolun ja hitsattavan kappaleen cad-malleja, näin ongelmatilanteet huomataan jo ennen, kun ne aiheuttavat ylimääräisiä keskeytyksiä tuotannossa. Etäohjelmoinnilla saadaan vähennettyä opettamalla ohjelmoinnista koituvaa tuotannon pysähdystä, sillä ohjelman luominen ei vaadi fyysistä robotin käyttöä.

Etäohjelmoinnilla saadaan tehostettua esimerkiksi hitsausta, sillä robotin työkalujen liikkeitä

ja kulmia saadaan hallittua tarkemmin. Etäohjelmointi vaikuttaa myös laatuun vähentämällä hylättyjä kappaleita, sillä ongelmat huomataan jo simuloinnissa. (Delfoi robotics, n.d)

2.2 Robottisolu

Robottisolu koostuu robottikäsivarresta, ohjausjärjestelmästä, työkalusta, tilaa tarkkailevista antureista ja lisälaitteista. Robottisolun laitteistolla pyritään maksimoimaan tuottavuus ja turvallisuus. (Lehtinen 2002 s. 3)

Robottisolujen lisälaitteita ovat esimerkiksi valoverhot, etäisyysanturit ja konenäkölaitteet. Valoverhojen käyttötarkoitus on varmistaa solun turvallinen käyttö ihmiselle. Valoverhot havaitsevat esteen valosäteen edessä, jolloin solun laitteistoa voi liikuttaa vain manuaalisesti turvallisella nopeudella. Ylimääräisten esineiden ja ihmisten poistuttua työalueelta valoverhot voidaan asettaa takaisin toimintaan, jonka jälkeen robottisolun laitteistoa voidaan käyttää jälleen automaattiohjauksella.

Etäisyysantureiden tehtävä on antaa tieto esimerkiksi työkappaleen etäisyydestä robotin työkaluun. Etäisyysantureita voidaan myös käyttää turvalaitteina valoverhojen sijaan, mikäli robotin tekemä työ ei aiheuta vaaratilannetta.

Konenäköjärjestelmä tyyppejä ovat 1D-, 2D- ja 3D-järjestelmät. 1D-järjestelmät havainnoivat vain yhtä viivamaista aluetta. Näissä tarkasteltava esine liikutetaan järjestelmän näkökentän läpi, jolloin järjestelmä rakentaa kokonaiskuvan esineestä. 1D-järjestelmä vaatii vain vähän tilaa, joten se sopii ahtaisiin paikkoihin. (Cognex, n.d. -a)

2D-järjestelmät havainnoivat neliömäistä aluetta x- ja y-akselilla. 2D-kameran etuna on, ettei kappaletta tarvitse liikuttaa tietyn alueen läpi, vaan se voidaan asettaa 2D-järjestelmän näkökentän alueelle, jolloin saadaan tieto esineen kaksiulotteisesta geometriasta ja sijainnista koordinaatistossa. (Cognex, n.d. -b)

3D-järjestelmissä lisäksi tulee z-akselin suuntainen paikannus. Tällä saadaan tunnistettua kappaleiden sijainti myös korkeussuunnassa. (Cognex, n.d. -c)

3 Hitsaus

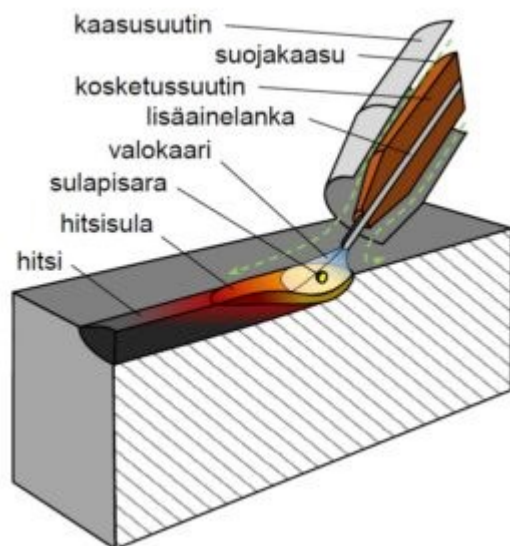
3.1 Mig/mag-hitsaus

Mig/mag hitsauksessa liitos kahden kappaleen välille luodaan sulattamalla hitsauslanka valokaarella, joka syntyy langan ja hitsauskappaleen väliin virtalähteen avulla.

Samanaikaisesti hitsisauman ympärille syötetään suojakaasua (kuva 2).

Mig/mag hitsausta käytetään laajasti teollisuudessa, kuten teräsrakenteiden, laivojen ja putkistojen valmistuksessa. Mig/mag hitsauslaitteet ovat usein myös yksityishenkilöillä harrastus käytössä (Kemppi, n.d)

Kuva 2 Mig/mag-hitsaus. (Ionix, n.d)



3.2 Valmistelu aika

Hitsaustyössä muodostuu ennen varsinaisen hitsaustyön aloittamista valmistelevaan työhön kulunutta aikaa. Työtä suunnitellessa valmistelu aika tulisi saada mahdollisimman lyhyeksi.

Valmistelu aikaan sisältyvät esimerkiksi hitsausjigin asettelu, hitsauskappaleen silloitus ja siirtely. Tätä aikaa voidaan vähentää esimerkiksi jigien varastoinnin sijainnilla. (Ahokas ym., 2011)

3.3 Tekemisaika

Tekemisajaksi hitsaustyössä lasketaan itse hitsaustyö. Tämä tarkoittaa ajanjaksoa, kun valokaari sulattaa hitsattavaa materiaalia ja hitsilankaa.

Tekemisaika tulee pyrkiä saamaan mahdollisimman suureksi osuudeksi työpäivästä. Tämän osuutta saadaan kasvatettua, tehostamalla työn edeltäviä, välillisiä ja jälkeisiä tehtäviä. (Ahokas ym., 2011)

3.4 Päivävakio

Päivävakioon lukeutuu hitsauksessa esimerkiksi kuonan poisto, prosessin vaatimien materiaalipakkausten vaihto ja kuluvien osien vaihto. Päivävakio on työtä, joka ei suoranaisesti vie sen hetken työtä eteenpäin.

Työlaiteisto usein vaatii pieniä huoltotoiminpiteitä. Tämä on välttämätöntä työn jatkuvuuden kannalta. (Ahokas ym., 2011)

4 Hitsausrobotisolun käyttöönotto

4.1 Yrityksen hitsausrobotisolu

Yritys hankki hitsausrobotisolun (Kuva 3) Yaskawa Finland Oy:ltä, sillä heiltä oli jo aiemminkin hankittu vastaavia tuotteita. Hankittu hitsausrobotisolu sisälsi teollisuusrobottikäsivarren Yaskawa AR2010 (kuva 4), jonka työalueen säde on 2010 mm. Tämä robotti asennettiin Yaskawa TSL600 (kuva 5) radalle, jossa käsivarsi pääsee liikkumaan lattian mukaisesti sivuttaisiin. Robotin asentaminen radalle kasvattaa robotin työaluetta, joka auttaa robotin pääsyä haluttuihin pisteisiin eri kulmista.

Soluun sisältyi myös automaattinen suuttimen puhdistusjärjestelmä. Hitsauskappaleen paikotuspöydäksi valikoitui Yaskawa VMF (kuva 6) kääntöpöytä, sillä tämä sopi hyvin yrityksen laajaan hitsauskoonpanojen vaihteluun. Kääntöpöydälle hankittiin kiinnitystaso hitsausjigien kiinnitystä varten.

Kuva 3 Yrityksen hitsausrobottisolu.



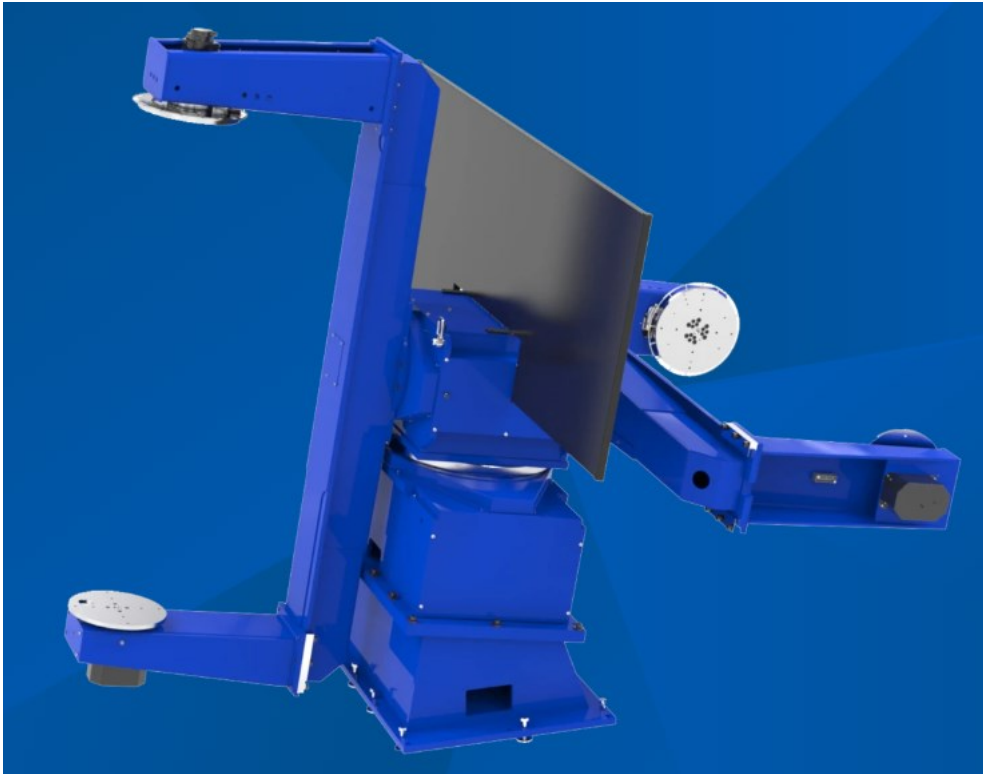
Kuva 4 Yaskawa AR2010. (Yaskawa, n.d)



Kuva 5 Yaskawa TSL600. (Yaskawa, n.d)



Kuva 6 Yaskawa VMF. (Yaskawa, n.d)



4.2 Hitsausrobotin henkilökunta ja työ

Uudelle hitsausrobotisolulle oli asetettu vaatimus työskennellä kolmessa vuorossa, viitenä päivänä viikossa. Työntekijöiden koulutus tulisi saada käyntiin heti solun asennuksen valmistuttua.

Koulutukseen sisältyi hitsausrobotin perusohjelmointi ja yksinkertaisten huoltotoimenpiteiden suorittamisen. Koulutuksen tiedettiin olevan tehokasta, sillä yritys oli ostanut tätä palvelua jo menneisyydessä.

4.3 Vaatimukset

4.3.1 Hitsausrobottisolun toiminnan vaatimukset

Hitsausrobottisolun toiminnalle asetettiin vaatimus toimia vuorokaudessa kolmessa työvuorossa, sekä käyttöaste tuli nostaa arvoon 40%. Näille vaatimuksille annettiin aikatauluksi 4 kuukautta.

Tämän tavoitteen saavuttamiseksi hitsausrobottisolulle valittiin 10 tuotetta, jotka hitsattaisiin tällä. Näille kymmenelle tuotteelle alettiin suunnittelemaan jigijä.

4.3.2 Hitsausjigien suunnittelu

Vaatimuksena on suunnitella hitsausrobotille valituille kokoonpanoille jigijä.

Hitsauskokoonpanojen valinta oli tehty jo ennen hitsausrobottisolun hankintaa.

Etukäteen valittuja hitsauskokoonpanoja robotille siirrettäväksi on kymmenen kappaletta.

Hitsausjigien suunnittelussa yrityksen käytössä on Solidworks 3D cad-ohjelma.

4.3.3 Huomioitavat asiat

Hitsausjigiä suunnitellessa tulee huomioida, että hitsattavan kokoonpanon ollessa sarjatuote, tulee jigijä mahduttaa mahdollisimman monta samaa hitsauskokoonpanoa yhdelle kääntöpöydällä, jotta vältetään ylimääräisiltä liikkeiltä. Kokoonpanojen tulee paikoittua jigijä samalla tavalla jokaisella asettelukerralla, jotta robotin työskentely on tehokasta.

Hitsausrobotille jigijä suunnitellessa tulee huomioida hitsauksessa muodostuvat jännitykset, sillä mikäli jännitykset jätetään huomioimatta saattaa kokoonpanon irrottaminen jigijä hitsauksen jälkeen viedä liikaa aikaa, tai vaurioittaa jigijä ja kokoonpanoa. Jigiä suunnitellessa tulee arvioida, vaatiiko kokoonpano erillisen silloitusjigijä, jolloin robotin jigijä voi olla

yksinkertaisempi. Robottihitsausjigiin tulee huomioida riittävä tila hitsauspistoolin lisäksi robotin varrelle, jotta kaikki hitsisaumat saadaan hitsattua.

4.3.4 Puristimet

Hitsaustyössä kappaleiden kiinnitys ei vaadi lastuavan työstön kiinnitysten kaltaisia voimia, vaan puristukseksi riittävät edullisemmat ja kevyemmät varsipuristimet. Tämä johtuu siitä, että hitsauksessa työkappaleisiin ei kohdistu lastuavan työstön kaltaisia voimia ja tästä syystä jigitkin voivat olla rakenteeltaan kevyempiä hitsauksessa verrattuna lastuavaan työstöön.

Hitsauksessa käytetyissä varsipuristimissa voima on keskimäärin 2 kN (kuva 7), kun taas lastuavassa työstössä käytettävien kiinnittimien puristusvoima on vähintään 15kN. Sopivan pienen voimaisilla varsipuristimilla voidaan myös varmistua siitä, että hitsattavia osia ei kiinnitetä liian suurella voimalla, joka saataisi aiheuttaa ei toivottuja vääntymiä osissa.

Kuva 7 AMF 6800 – 3. (AMF, n.d)



4.4 Hitsauskokoonpanon valintataulukko

Tarpeena on tehdä taulukko, joka määrittää onko valitun kokoonpanon hitsaus kannattavampaa käsin vai robotilla. Taulukko ei ota kantaa hitsauksen kuluihin, vaan vertaa manuaalista ja automatisoitua hitsausta ajallisesti. Kokoonpanojen manuaali- ja automaattihitsaukseen kuluva työaika kerätään yrityksen tietokannasta löytyvistä tiedoista. Jigien vaihtoaikaa seurataan siten, että työntekijät kirjaavat vaihdoissa kuluneet ajat kuukauden ajan.

Taulukkoon tarvittavien tietojen varmistus aloitetaan keräämällä yrityksen tietokannasta valittujen kokoonpanojen hitsaukseen kuluvat työajat ja hitsauslaitteiden asetusten tiedot. Manuaalisen hitsauksen työaika saadaan yrityksen jo käytössä olevasta työstöaikatyökalusta. Aiemmin robottihitsaukseen siirrettyjen kokoonpanojen työajoista tiedetään, että hitsaus on keskimääräisesti 1.4 kertaa nopeampaa robotilla, verrattuna manuaalisesti tehtyyn hitsaukseen. Tämä ero johtuu robotin sarjassa hitsaamisesta sekä kyvystä kääntää kappale parhaaseen kulmaan hitsausta varten.

Hitsauslaitteista kerätyn tiedon perusteella lasketaan kaariaika valituille hitsauskokoonpanoille. Hitsauslaitteiden asetusten mukainen kaariaika vähennetään tietokannan työajasta. Tällä saadaan eriteltyä työajasta käsittelyaika, kun asetus aika on jo valmiiksi tiedossa. Siirtoliikkeiden kokonaismatka kappaleiden hitsauksessa saadaan 3d-malleista laskemalla hitsausjärjestyksen mukaisesti hitsattujen saumojen etäisyydet.

5 Toimenpiteet

5.1 Koulutus

Hitsausrobotin käyttökoulutus hankittiin Yaskawa Finland Oy:ltä. Koulutuksessa opetettiin työntekijöille robotin käyttöä ja ohjelmoinnin perusteita, sekä yksinkertaisten ongelmatilanteiden ratkaisuja.

Hitsausrobottisolun valmistuttua kouluttaja saapui opettamaan työntekijöitä robotin käytössä. Opetus sujui ongelmitta ja työntekijät pääsivät työskentelemään itsenäisesti jo kahden koulutuspäivän jälkeen.

5.2 Jigit ja apulaitteet

5.2.1 Kääntöpöytien kiinnitystaso

Kääntöpöydille hankittiin kiinnitystasot, joihin hitsausjigit kiinnitettiin. Tasot olivat leveydeltään 1500 millimetriä ja pituudeltaan 2000 millimetriä.

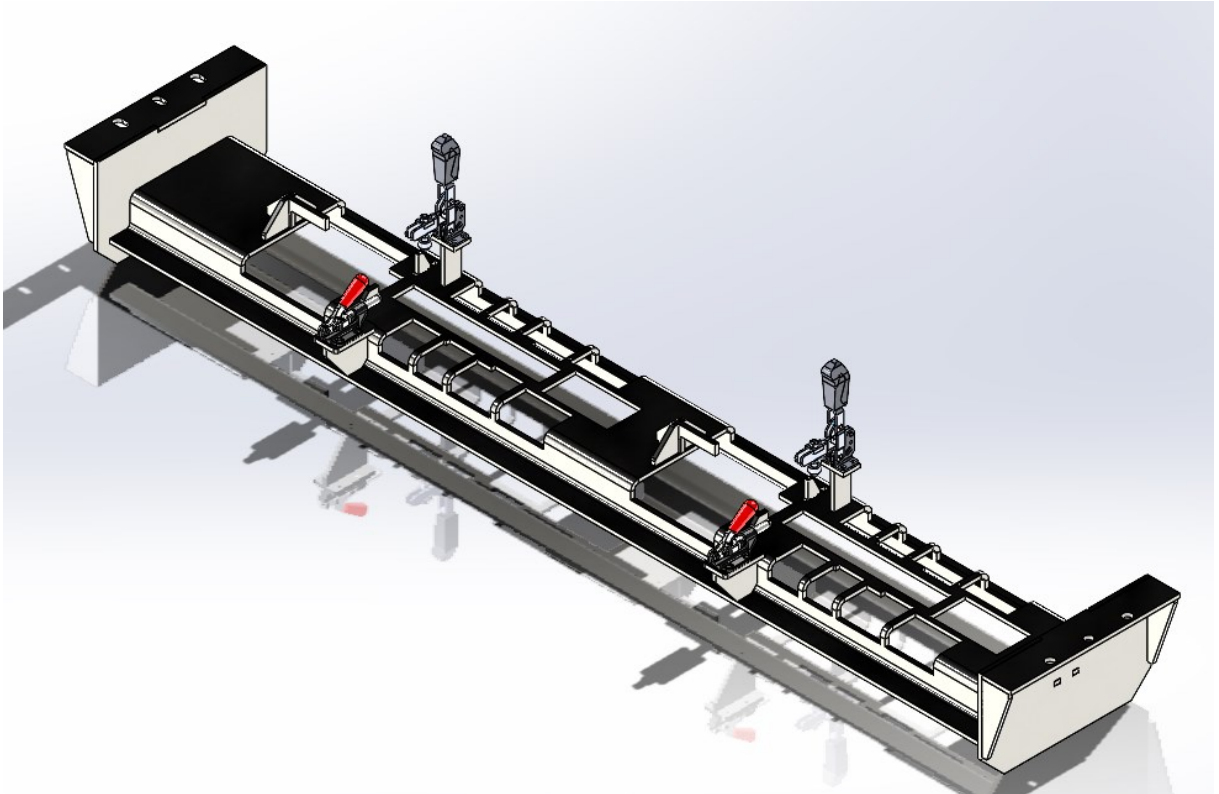
Tasojen mitat määrittyivät kääntöpöydän enimmäismittojen mukaan. Tasojen paino oli pidettävä mahdollisimman kevyenä, jotta kääntöpöydän 500 kg painoraja saataisiin mahdollisimman tehokkaasti käyttöön.

5.2.2 Hitsausjigit

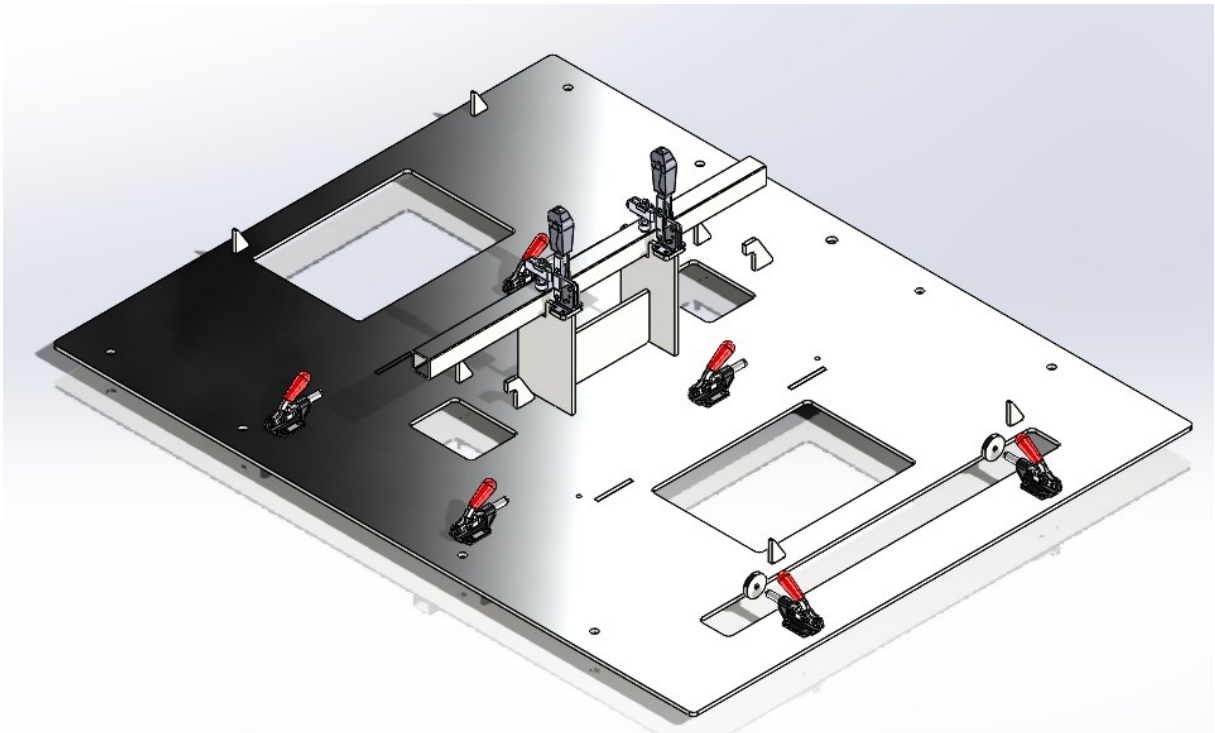
Hitsausjigit suunniteltiin ja valmistettiin kymmenelle tuoteryhmälle. Kuvissa esimerkkinä kaksi jigiä kymmenestä. (kuva 8 ja 9)

Jigit 3d-mitattiin ja todettiin piirustusten mukaisiksi. Työntekijät opettivat ohjelmat robotille ja tuotteiden hitsaus siirtyi robottihitsaukseen. Suunniteltu jigien valmistusmäärä täytti hitsausrobotin kolmivuoro kuormitusvaatimuksen.

Kuva 8 Hitsausjigi 1 esimerkki suunnitelluista jigeistä.



Kuva 9 Hitsausjigi 2 esimerkki suunnitelluista jigeistä.



5.3 Valintataulukko

5.3.1 Tuotannon tietojen keruu

Tuotannosta kerätyillä tiedolla saatiin arvio ihmisen liikenopeudesta. Tämän avulla saatiin verrattua ihmisen ja robotin siirtelyyn kulunutta aikaa. Myöhemmin todettiin, että siirtoliikkeisiin kuuluva aika on merkityksettömän pieni, sekä kokonaismatkan mittaukseen kuuluva aika oli liian suuri siitä saatavaan hyötyyn nähden. Jo käytössä oleva työstöaikatyökalusta saatava työstöaika on kelvollista tietoa, ainoastaan robottihitsauksen asetusajkaan tuli tehdä muutoksia lisäämällä asetusajkaan jigin vaihtoon kulunut aika ja poistaa kappaleen massasta koitunut käsittelyajan lisä.

Taulukolle määriteltiin kolme kaavaa, joilla saadaan vertailutulokset. Ensimmäinen kaava (Kaava 1) antaa robottihitsaukselle työajan, kun taulukkoon syötetään tiedot yrityksen

työstöaikatyökalun antamasta robottihitsauksen työajasta, joka kerrotaan eräkoolla. Näiden tuloon lisätään robottihitsauksen jiginvaihtoon kulunut aika (Taulukko 1.).

Toinen kaava (Kaava 2) antaa manuaalihitsaukselle työajan. Tiedot työstöaikatyökalun työajasta kerrotaan eräkoolla (Taulukko 1.).

Kolmas kaava (Kaava 3) antaa yli 20 kg hitsauskappaleiden manuaalihitsaukselle työajan. Annettaessa tiedot työstöaikatyökalun manuaalihitsauksen työajasta, tähän lisätään raskaan kappaleen käsittelyyn kulunut aika, jonka jälkeen näiden summa kerrotaan eräkoolla (Taulukko 1.).

Kaava 1 Vertailutaulukon työaika robottihitsaukselle

$$vt_1 = tat_1 * ek + t_1$$

Kaava 2 Vertailutaulukon työaika manuaalihitsaukselle

$$vt_2 = tat_2 * ek$$

Kaava 3 Vertailutaulukon työaika ≥ 20 kg kappaleen manuaalihitsaukselle

$$vt_3 = (tat_2 + t_2) * ek$$

Taulukko 1 Valintataulukon vakiot ja muuttujat.

Ek	Eräkkoko
m	Massa
tat ₁	Tuotantoaikatyökalun työaika robottihitsaukselle
tat ₂	Tuotantoaikatyökalun työaika manuaalihitsaukselle
t ₁	Robottihitsauksen jiginvaihtoon kulunut aika
t ₂	$\geq 20\text{kg}$ hitsauskappaleen siirtämiseen kulunut aika
vt ₁	Vertailutaulukon työaika robottihitsaukselle
vt ₂	Vertailutaulukon työaika manuaalihitsaukselle
vt ₃	Vertailutaulukon työaika $\geq 20\text{kg}$ kappaleen manuaalihitsaukselle

5.3.2 Vertailutaulukon käyttö

Vertailutaulukko vertaa manuaalisen ja robottihitsauksen ajallista eroa. Taulukkoon tuodaan hitsausajat yrityksen tuotantoaikatyökalusta.

Robottihitsauksen työaikaan lisätään jiginvaihtoon kulunut asetus-aika. Käsins hitsauksessa kappaleen massan aiheuttama lisäys käsittelyajassa kerrotaan sarjakoolla. Tätä ei robottihitsauksessa huomioida, sillä käsittelytyö tehdään robotin hitsatessa. Taulukolla selvitetään eräkköön suuruus, jolla tarkastelussa oleva hitsauskappale on kannattavaa hitsata robotilla.

Kuva 10 Taulukon esimerkkitäyttö.

TUOTE	
NIMIKE	XXXX
PIIR.NRO.	0000
NIMIKEKUVAUS	YYYY
Eräkkoko kpl	40
Massa Kg	2
Tat.Robotti h	0.035
Tat.Käsin h	0.0581
Aika h robotti	1.900
Aika h käsin	2.324

Kuva 11 Esimerkkikappaleen massan vaikutus.

TUOTE	
NIMIKE	XXXX
PIIR.NRO.	0000
NIMIKEKUVAUS	YYYY
Eräkkoko kpl	40
Massa Kg	20
Tat.Robotti h	0.035
Tat.Käsin h	0.0581
Aika h robotti	1.900
Aika h käsin	2.524

6 Johtopäätökset

Hankittu hitsausrobotisolun toiminta saatettiin neljässä kuukaudessa toimimaan kolmessa työvuorossa, sekä käyttöaste nostettiin arvoon 45%. Opinnäytetyölle asetettu käyttöastevaatimus oli ensimmäinen askel hitsausrobotisolun lopulliselle käyttöastevaatimukselle.

Hitsausrobotisolun toiminnan kehitystä jatketaan opinnäytetyön jälkeenkin. Tulevaisuudessa hyviä kehityskohteita hitsausrobotisolulle olisivat asetus- ja käsittelyaikojen pienentäminen ja robottien etäohjelmointi. Valintataulukon vakioiden ja muuttujien päivitys yrityksen tuotantoaikatyökaluun tulevaisuudessa olisi hyödyllinen askel käyttäjäystävällisyyden kannalta.

7 Lähdeluettelo

- Cognex. (n.d -a). *1D VISION SYSTEMS*. Noudettu osoitteesta Cognex:
<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/1d-vision>
- Cognex. (n.d). *area scan vs line scan*. Noudettu osoitteesta Cognex:
<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/area-scan-vs-line-scan>
- Cognex. (n.d -b). *2D VISION SYSTEMS*. Noudettu osoitteesta Cognex:
<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/2d-vision>
- Cognex. (n.d -c). *3D VISION SYSTEMS*. Noudettu osoitteesta Cognex:
<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/system-types/3d-systems>
- Delfoi. (n.d). *Robotiikkaa piensarjoille*. Noudettu osoitteesta Delfoi robotics:
<https://www.delfoirobotics.com/fi/delfoi-robotics/robotiikka/>
- Kemppi. (n.d). *MIG/MAG-hitsaus*. Noudettu osoitteesta Kemppi:
<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mig-maghitsaus/>
- Suomen hitsausteknillinen Yhdistys ry: Juha Lukkarinen. (2011). Hitsaustalous ja tuottavuus. *Hitsaustekniikka, 4-7*.
- Teknolohiateollisuus ry: Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikki, M. (2011). *Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita*. Noudettu osoitteesta Teknolohiateollisuus ry:
https://teknolohiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf
- VTT Suomen Automaatioseura ry: Hannu Lehtinen. (2002). Robotit. 2-3. Noudettu osoitteesta Suomen Automaatioseura ry:
<http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/Robotit.pdf>