

Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Niki Rantanen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Konetekniikan tutkinto
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

RANTANEN, NIKI:
Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2023

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia robotisoitua hitsausta ja hitsauskiinnittimiä sekä suunnitella Mepu Oy:n olemassa olevalle hitsausrobotille uusi hitsauskiinnitin. Yrityksen tavoitteena on siirtyä erään tuotteen osalta käsin hitsaamisesta silloitushitsauksettomaan robotisoituun hitsaukseen. Robotisoidulla hitsauksella haetaan tämän tuotteen osalta tasalaatuista hitsausta, säästöjä ja tuotannon nopeuttamista.

Yrityksen hitsausrobottisolussa on vastapöytätyyppinen kaksiasemainen kolmella vapausasteella varustettu kappaleenkäsittelylaite, 6-akselinen hitsausrobotti sekä muut tarvittavat hitsauslaitteet. Haasteena oli suunnitella kiinnitin, joka paikoittaa kaikki hitsattavan tuotteen osat, mutta mahdollistaa silti kaikkien piirustusten mukaisten hitsauksien hitsaamisen. Kiinnittimen suunnittelussa huomioitiin myös käyttäjän työergonomia, koska robottisolussa hitsattavat osat asetellaan käsin kiinnittimeen ja valmistuote poistetaan käsin kiinnittimestä.

Työn tuloksena saatiin 3D-suunniteltu hitsauskiinnitin, sekä kiinnittimen valmistamiseen tarvittavat pdf- ja dxf-kuvat. Robotin hitsauspään asentoa ja liikkumavaraa pystyttiin todentamaan valmistajalta saadun hitsauspään 3D-mallin avulla ja kaikkien hitsausseamojen todettiin onnistuvan robotilla. Hitsausrobotin ohjelmointi ei sisällynyt opinnäytetyöhön.

Asiasanat: hitsausrobotti, kiinnitin, jiggi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

RANTANEN NIKI
Welding Fixture Design

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 0 pages
May 2023

The purpose of this thesis was to investigate robotic welding and welding fixture designing. The main goal was to design a new welding fixture for Mepu Oy's already existing welding robot, as the company is planning to move onto more robotic welding than before. The idea of investing into robotic welding is getting uniform quality weld, savings, and speeding up production.

The company's welding robot cell has a counter-table two-station workpiece handling device with three degrees of freedom, 6-axis welding robot and other necessary welding equipment. The challenge was to design a welding fixture that can position all the parts in one setup and still enables welding all the welds according to the drawings.

The result of the thesis is a 3D-designed welding fixture-, and the pdf and dxf images which are needed to manufacture the fixture. Robot's welding head movement could be verified using the 3D model of the welding head received from the manufacturer, and it was found that all welding seams were successful with the robot. Further research is required to find out if it is possible to weld two or more pieces together in one fixture. The thesis did not involve programming the welding robot.

Key words: welding fixture, robotic welding

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YRITYS.....	7
3	ROBOTISOITU HITSAUS.....	9
	3.1 Robottihitsauksen käyttökohteet	9
	3.2 Hitsauslaitteet.....	10
	3.3 Kappaleenkäsittely	11
	3.4 Robotin ohjelmointi.....	12
4	HITSAUSKIINNITIN	13
	4.1 Vaatimukset	13
	4.2 Osien paikoitus.....	13
	4.3 Osien kiinnitys kiinnittimeen	15
5	KIINNITINSUUNNITTELUN LÄHTÖTILANNE	16
	5.1 Robottihitsaussolu.....	16
	5.2 Tuote.....	17
	5.3 Telan kiinnittimen vaatimukset	18
	5.4 Haasteet ja hahmottelu	19
	5.4.1 Tunnistetut haasteet	19
	5.4.2 Osien kiinnitys toisiinsa	20
6	SUUNNITTELU.....	23
	6.1 Kiinnitys robottiin.....	23
	6.2 Hitsauskiinnitin kokoonpano.....	24
	6.3 Hitsauspään ulottuvuustarkastelu	26
7	TULOKSET JA YHTEENVETO	28
8	POHDINTA	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31

ERITYISSANASTO

FMS	Joustava valmistusjärjestelmä (Flexible manufacturing systems)
RHS	Suorakulmainen rakenneputki (Rectangular hollow section)
DXF	CAD-ohjelmien tukema tallennusmuoto

1 JOHDANTO

Robotisoidun hitsauksen avulla konepajat hakevat pääsääntöisesti tuotannon tehostamista, sekä säästöjä. Toinen tärkeä tavoite on hitsaustyön tasalaatuisuus ja toistettavuus. Jotta robottihitsauksesta saataisiin taloudellisesti kannattavaa, on tuotenimikkeitä oltava kohtuullinen määrä ja sarjakoot kohtalaisen suuria. Hitsauskiinnitin eli hitsausjigi on ehkä tärkein robottihitsauksen osa. Kiinnittimen pitää olla sellainen, että robotti pystyy hitsaamaan piirustusten mukaiset hitsisaumat ja kappaleen täytyy pysyä oikeissa mitoissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia robotisoidun hitsauksen hitsauslaitteita, menetelmiä, sekä hitsauskiinnittimiä. Tämän lisäksi suunnitellaan viljankäsittelylaitteita valmistavalle Mepu Oy:lle hitsauskiinnitin yhdelle heidän tuotteistaan. Yrityksellä on nykyaikainen robottihitsaussolu, jossa kappaleen käsittelyn hoitaa kaksiasemainen vastapöytätyyppinen robottipaikoitin. Kyseisen hitsausrobotin nykyinen käyttöaste mahdollistaa sen käyttämisen uusien tuotteiden hitsaukseen. Hitsauksen robotisoinnilla haetaan tuotannon nopeuttamista käsin hitsaamiseen verraten.

Hitsauskiinnitin suunnitellaan sellaiseksi, jotta se pystytään valmistamaan suurimmaksi osaksi yrityksen omalla konekannalla. Kaikista kiinnittimen osista tehdään PDF ja DXF kuvat, jotta kiinnittimen osat pystytään leikkaamaan ja taivuttamaan valmistukseen ryhdyttäessä. Käytettävissä on 3D- mallit kappaleenkäsittelylaitteesta, hitsattavasta tuotteesta, sekä hitsausrobotin polttimesta, joita käytetään apuna Solidworks -sovelluksella tehdyssä suunnittelussa. Opinnäytetyön aiheesta rajataan pois itse varsinaisen kiinnittimen valmistus, sekä robotin ohjelmointi.

2 YRITYS

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Varsinais-Suomen Yläneellä sijaitseva Mepu Oy. Yritys on tunnettu viljankäsittelylaitteistaan, joita on valmistettu ja kehitetty jo usean vuosikymmenen ajan. Mepu:n viljankäsittelylaitteiden valikoima käsittää nykypäivänä kuivurit, lämmönlähteet, siilot, kuljettimet ja pölynpoiston. Suurin osa yrityksen tuotteista on valmistettu sinkitystä ohutlevystä, joita valmistetaan nykyaikaisilla levytyökeskuksilla, sekä robotisoiduilla särmäyssoluilla. Osa rakenteista ja tuotteista valmistetaan hitsaamalla ja yritys onkin panostanut ja uudistanut robotisoitua hitsausta viime vuosina.

Yritys on alkujaan perustettu vuonna 1952 Uuteenkaupunkiin, jossa se aloitti toimintansa rautarakenteiden, peltikattojen saumauksien, telakan alihankintatöiden ja maanviljelijöiden terästöiden kanssa. Vuonna 1973 yritys päätettiin siirtää Yläneelle kasvun ja huutavan työntekijä pulan vuoksi. Kahdeksankymmentä luvun puolivälissä julkaistiin yrityksen kehittämä vaunukuivuri, joka osoittautui menestykseksi julkaisustaan lähtien. (Tiirikari 2022, 15-25.) Kuvassa yksi on esitettyinä vaunukuivuri 2020 vuosikymmeneltä mallimerkinnältään M365K.



KUVA 1. Vaunukuivuri M365 K (Mepu referenssit)

Nykypäivänä Mepu ei ole enää tunnettu pelkästään vaunukuivureista, vaan yritys on laajentanut toimintaansa kokonaisvaltaisiin ratkaisuihin teollisuuden- ja maatalouden viljankäsittely tarpeisiin. Tämä voi sisältää suunnittelun, valmistuksen, projektinhallinnan, kokoonpanon ja huoltopalvelut saman katon alta. Yrityksen nykyiset tuotteet ovat suunniteltu pitkälti modulaarisiksi siten, että samoista komponenteista pystytään kokoamaan useita eri kokoisia viljankäsittelylaitteita, tai tarvittaessa laajentamaan olemassa olevaa laitteistoa. Kuvassa kaksi on esitettyä jatkuvatoiminen kuivurikokonaisuus nimellisteholtaan 70 tuhatta kiloa kuivaa viljaa tunnissa. Kokonaisuudessa on nähtävillä itse kuivurikoneisto, pölynpoistojärjestelmät, kuljettimet ja varastointi sillo.



KUVA 2. Kuivuri kokonaisuus (Mepu referenssit)

3 ROBOTISOITU HITSAUS

3.1 Robottihitsauksen käyttökohteet

Yleisimpiä robotisoidun hitsauksen käyttökohteita ovat pistehitsaus ja kaasukaarihitsaus. Suomessa otettiin ensimmäiset kaasukaarihitsausrobotit käyttöön vuonna 1979 ja nämä robotit olivat hitaita ja epäluotettavia. Robotit vaativat käyttäjänsä jatkuvaa läsnäoloa ja hitsauskiinnittimet olivat apulaitteineen melko kehittymättömiä. Pioneerisovelluksissa robottien toistotarkkuus ja tekninen epäluotettavuus olivat ongelmakohtina. Railonseurantajärjestelmien kehitys ja ohjainlaitteiden luotettavuuden parantaminen tehostivat robotisoitua hitsausta. (Aaltonen & Torvinen 1997, 161)

Robotisoidussa hitsauksessa pääpaino on oikeanlaisten hitsausjigien ja -ohjelmien tekemisessä. Kustannukset painottuvat laitteiston hankintahintaan, testaukseen, sekä käyttäjien koulutukseen, edellä mainittujen vuoksi hitsaustyön robotisointi vaatii aina tarkkaa suunnittelua. (Robottihitsaus. n.d Kemppe)

Tuotteen suunnittelija pystyy vaikuttamaan robottihitsauksen kannattavuuteen osien ja nimikkeiden lukumäärällä. Minimoitu osien ja nimikkeiden lukumäärä lyhentävät kappaleiden aseteaikkaa, sekä robottihitsauksen siirtoliikkeitä. Hitsattavan kappaleen sisältäessä kappalemäärällisesti vähän saumoja, mutta niiden ollessa pitkiä ja yhtämittäisiä saatetaan päästä 90 % kaariaikasuhteeseen. Hitsien ollessa lyhyitä ja sijaitsevan etäällä toisistaan, saattaa kaariaikasuhde jäädä alle 50 prosenttiin. (Lehtimäki 2020, 32)

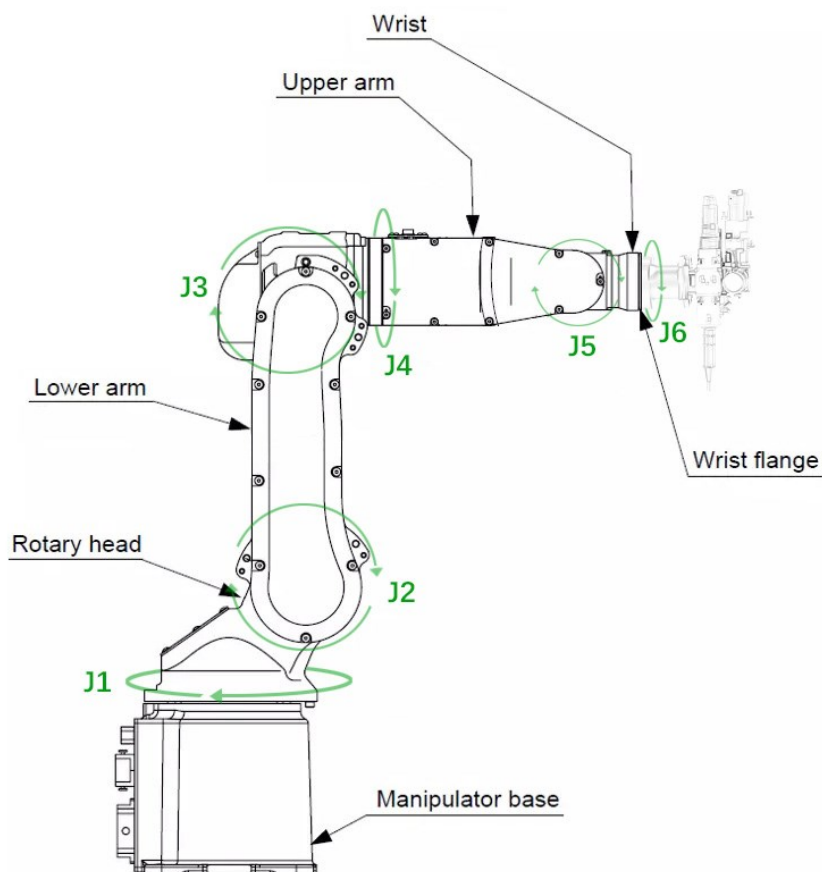
Robotisoidulla hitsauksella saavutetaan korkea tuottavuus ja pystytään säästämään aikaa, jonka vuoksi se onkin saavuttanut asemansa metalliteollisuudessa, sekä autoteollisuudessa. Robottihitsaus soveltuu hyvin myös lyhyille hitseille, joissa on kaartuvia pintoja, sekä toistettaville ja ennakoitaville muodoille, jotka eivät vaadi hitsausprosessilta jatkuvia muutoksia. Ulkoiset akselit esimerkiksi kappaleenkääntölaitteessa mahdollistavat myös pitkien hitsien hitsaamisen. (Robottihitsaus. n.d Kemppe)

Robottihitsauksen käyttöaste tulisi olla korkea, jotta se olisi taloudellisesti kannattavaa. Riittävän suuren hitsausvolyymien saaminen robottihitsaukseen onkin Suomen konepajojen yksi merkittävimmistä haasteista Lehtimäen (2020) mukaan. Normaali robottihitsausasema pystyy vastaamaan 6-9 käsin hitsaaja ja 6000 tuntia vuodessa käyvä robottihitsausasema vastaa jopa 20 käsihitsaria. (Lehtimäki 2020, 33) Massatuotteiden ohella robottihitsausta voidaan käyttää pienempien sarjojen ja jopa yksittäiskappaleiden hitsaamiseen kustannustehokkaasti, mikäli robottia pystytään ohjelmoimaan joustavasti (Robottihitsaus. n.d Kemppe).

3.2 Hitsauslaitteet

Nykyäänä robottihitsaus on yhdistelmä hitsaustekniikkaa, robotiikkaa, anturi-teknologiaa, erilaisia ohjausjärjestelmiä, sekä tekoälyä. Robottihitsausta voidaan suorittaa usealla erilaisella hitsaustavalla, muun muassa piste-, vastus-, kaari-, TIG-, Laser-, MIG-, ja plasma- hitsauksena. (Robottihitsaus. n.d Kemppe) Robottihitsaussolu perinteisesti sisältää ohjainlaitteen, robottivarren, kappaleenkääntölaitteen, hitsausvirtalähteen ja muut hitsauslaitteet. Robottihitsausvarressa on usein kuusi akselia ja tämän lisäksi saattaa olla yksi tai useampia akseleita kappaleen käsittelylaitteessa. (Weman 2003, 116)

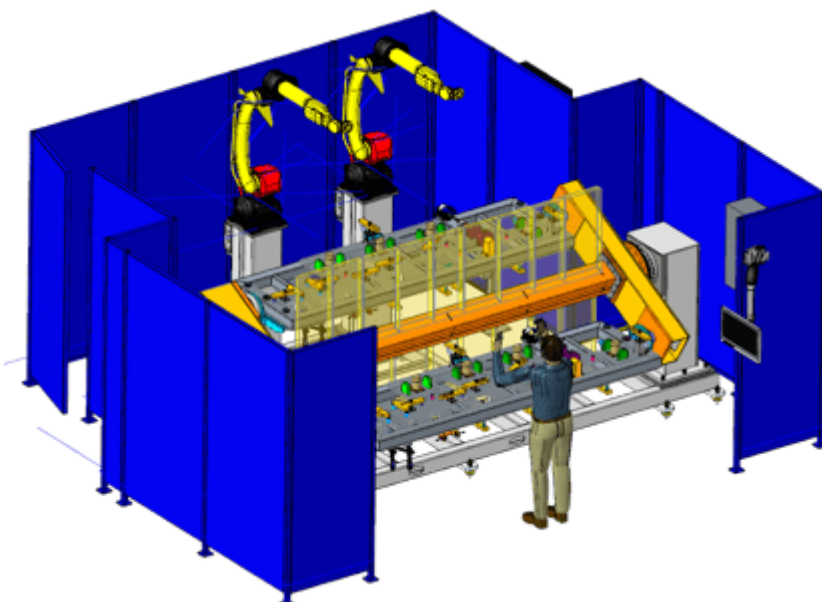
Hitsausrobotti on käyttötarkoituksen mukaisesti, joko nivelrobotti tai portaalirobotti. Kuusiakselinen teollisuusrobotti muodostuu usein kolmiakselisesta käsivarresta, sekä kolmiakselisesta ranteesta, jotka mahdollistavat hitsauspolttimen liikumisen kaikkiin kolmiulotteisen hitsauksen asentoihin. (Robottihitsaus. n.d Kemppe) Kuvassa 3 on esitetty 6 akselinen laserhitsauspäällä varustettu teollisuusrobotti. Kuvaan on merkitty J- kirjaimilla robotin akselit, joista kolme on käsivarressa ja kolme ranteessa.



KUVA 3. 6 Akselinen laserhitsausrobotti (igoldencnc.com)

3.3 Kappaleenkäsittely

Robottihitsaussoluissa on usein kappaleenkäntölaite, jotta robotti pystyy paremmin ylettymään kaikkiin saumoihin edullisessa asennossa, sekä kappaleet pystytään irrottamaan helpommin hitsauskiinnittimestä. (Weman 2003, 116) Kuvassa 4 on esitettyä ”grilli” tyyppinen kappaleenkäsittelylaite, jossa käyttäjä pystyy irrottamaan hitsatun kappaleen ja asettamaan seuraavan kappaleen samanaikaisesti robotin hitsatessa toista kappaletta.



KUVA 4. Robottihitsaussolu (Auttom. Welding)

Hitsauksessa on käytetty joustavia valmistusmenetelmiä (FMS) vuosituhannen alusta alkaen. Se sisältää yleensä kappaleenkäsittelylaitteiston, jossa saattaa olla useita lataus- ja purkuasemia hitsatuille tuotteille. Hitsattavat tuotteet ovat paletteissa kiinni, kunnes ne puretaan robotisoidusti tai käsin. FMS järjestelmiin kuuluu usein automaattinen välivarasto, johon paletit liikkuvat automaattisesti ja mahdollistavat tuotannon jatkamisen miehittämättömänä esimerkiksi yön ajan. (Weman 2003, 117)

3.4 Robotin ohjelmointi

Robotti on ohjelmoitu hitsaamaan pisteestä toiseen ohjelman mukaisesti. Käyttäjä ohjelmoi robottia ohjainlaitteesta ja ohjelmoi eri pisteet ja muodot robotin liikeradaksi. Tärkeää on myös huomioida hitsauspään oikea kulma hitsattavaan saumaan nähden. Tämän lisäksi hitsausohjelmaan määritellään mistä hitsaus alkaa, hitsauslangan nopeus, hitsausjännite ja hitsausnopeus. Tarvittaessa hitsausohjelmaan voidaan lisätä sauman levitys, jos hitsauskohde sitä vaatii. (Weman 2003, 116)

4 HITSAUSKIINNITIN

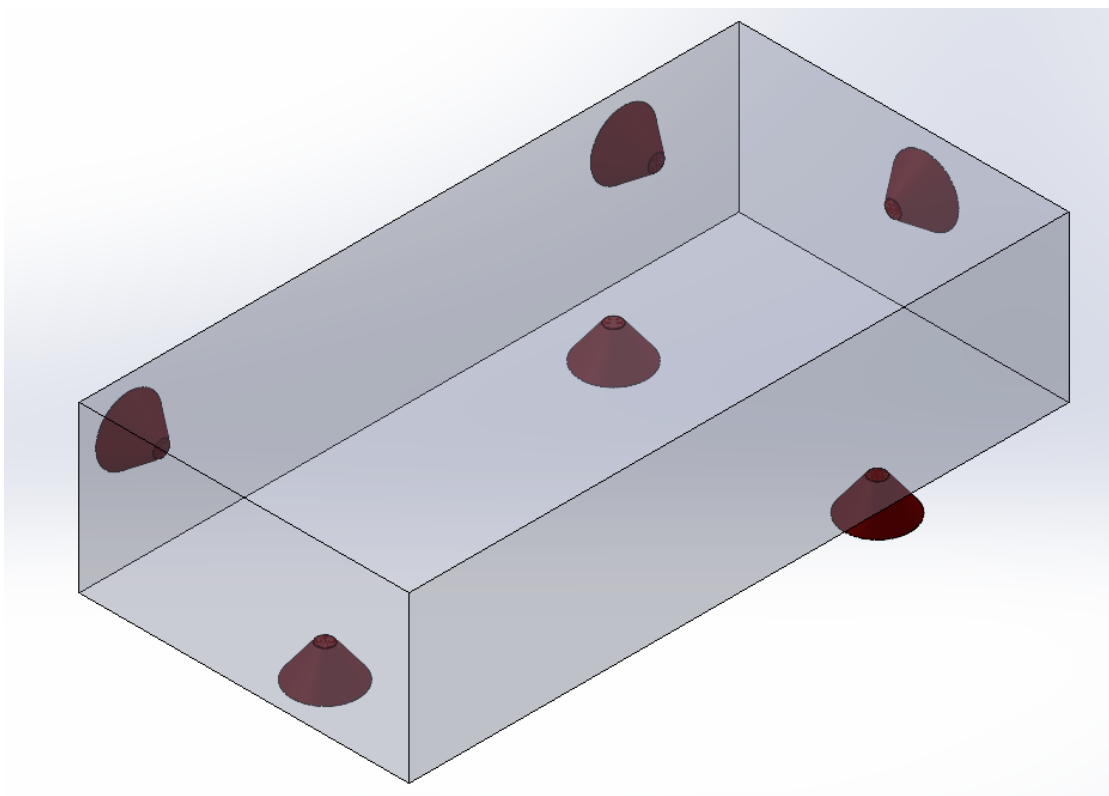
4.1 Vaatimukset

Robotisoidussa hitsauksessa hitsauskiinnitin on ehkä tärkein hitsauslaitteiston osa. Sen tehtävänä on varmistaa hitsattavan tuotteen muoto- ja mittatoleranssien täytyminen. (Lehtimäki 2020, 22-23) Kiinnitin pitää hitsattavat kappaleet oikeassa asemassaan toisiinsa nähden koko hitsauksen ajan ja muodostaakin kiinteän ja suurehkon kokonaisuuden hitsattavan kappaleen ympärille. (Hitsauskiinnittimen suunnittelu 1987)

Hitsattava kappale voidaan hitsata ainakin kolmella erilaisella tavalla robotisoidusti. Ensimmäisessä tavassa osat silloitetaan erillisessä silloituskiinnittimessä ja silloituksen jälkeen ne siirretään robotin hitsattavaksi robotin kiinnittimeen. Toisessa tavassa osat asetetaan robotin hitsauskiinnittimeen ja robotti hoitaa silloituksen, silloituksen jälkeen joitakin kiinnittimen osia poistetaan, jotta robotti pystyy hitsaamaan kaikki saumat valmiiksi. Kolmannessa tavassa osat asetetaan kiinnittimeen, jossa ne paikoittuvat automaattisesti ja robotti pystyy hitsaamaan kappaleen kerralla valmiiksi ilman erillistä silloitushitsausta. (Lehtimäki 2020, 22)

4.2 Osien paikoitus

Hitsauskiinnittimessä osien paikoituksen lähtökohtana on niin sanottu 3-2-1-sääntö, eli kappale täytyy saada staattisesti määrättyyn tilaan. Eniten tukipisteitä pyritään sijoittamaan hitsattavan kappaleen suurimmalle pinnalle. Tukipisteet valitaan sellaisilta pinnoilta, joiden asemalla on merkitystä kappaleen toiminnalle. Mikäli hitsausvaiheita on useita, pyritään käyttämään samoja tukipintoja kaikissa hitsausvaiheissa. 3-2-1 säännön idea on esitetty kuvassa 5, jossa kappaleen pohjassa (isoimmalla pinta-alalla) 3 tukipistettä, pitkällä kyljellä 2 tukipistettä ja päädyssä 1 tukipiste. (Lehtimäki 2020, 24)



KUVA 5. 3-2-1 sääntö (Niki Rantanen)

Ohuiden tai suurikokoisten levyjen paikoituksessa saatetaan joutua käyttämään kolmea useampaa tukipistettä yhdessä tasossa, jotta levy ei taivu. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kapeita tasomaisia tukipintoja. Suuria tasomaisia tukipintoja tulisi välttää, koska niihin voi kerääntyä hitsausroiskeita ja hitsauksen paluuvirran kulkureitti saattaa muuttua epämääräiseksi. Ohutlevyjen paikoituksessa ja kiinnityksessä voidaan käyttää magneetteja, jolloin levykappale saadaan kiinnitettyä yhdeltä puolelta ja toinen puoli jää vapaaksi esteistä. (Lehtimäki 2020, 24-25)

Levyissä olevat reiät ovat erittäin käyttökelpoisia kappaleiden paikoitukseen, kahdella reiällä pystytään korvaamaan kolme ulkopuolista tukipistettä. Keskittäessä levyä reiästä käytetään yleensä lieriötappia, jonka väljyys reikään voi olla 0.2–0.5 millimetriä. Reikien riittävä väljyys takaa osien helpon asentamisen ja hitsatun tuotteen poistamisen. Mikäli hitsauskiinnittimessä on useita lieriötappeja osien keskittämistä varten, kannattaa osaan tapeista valmistaa kavennukset, jolloin niillä ei ole niin suurta pinta-alaa kappaleeseen. (Hitsauskiinnittimen suunnittelu 1987)

Hitsattavien profiilien paikoittamisen yleinen ratkaisu on asettaa hitsattava tuote profiilin muotoiseen- tai nelikulmaiseen hahloon. Hahlot täytyy sijoittaa riittävän lähelle hitsattavaa kohtaa, mutta ne eivät saa olla hitsausrobotin tiellä. Tukipintojen tulee olla kapeat, esimerkiksi pyörötangon pala tai levyleike. Pyörötangot ja putket voidaan asettaa v-muotoiseen hahloon, joka paikoittaa ne sivusuunnassa. Pituussuuntainen paikoittaminen pystytään hoitamaan useasti profiilin päästä. (Lehtimäki 2020, 25)

4.3 Osien kiinnitys kiinnittimeen

Hitsauskiinnittimeen paikoitetut osat täytyy saada lukittua paikoilleen siten, että hitsaus pystytään suorittamaan. Joissakin tapauksissa saattaa maan vetovoima riittää kiinnitysvoimaksi, mutta yleensä tarvitaan erillisiä kiinnitinkomponentteja. Kiinnitysvoima tuotetaan yleensä käsikäyttöisillä pikakiinnittimillä, joiden toiminta perustuu nivelmekanismilla aikaansaatuun voimaan. (Lehtimäki 2020, 26-27) Kuvassa 6 on esiteltyä Destaco- merkkisiä nivelvipukiinnittimiä.



KUVA 6. Destaco- vipukiinnittimiä (Netkonttori)

5 KIINNITINSUUNNITTELUN LÄHTÖTILANNE

5.1 Robottihitsaussolu

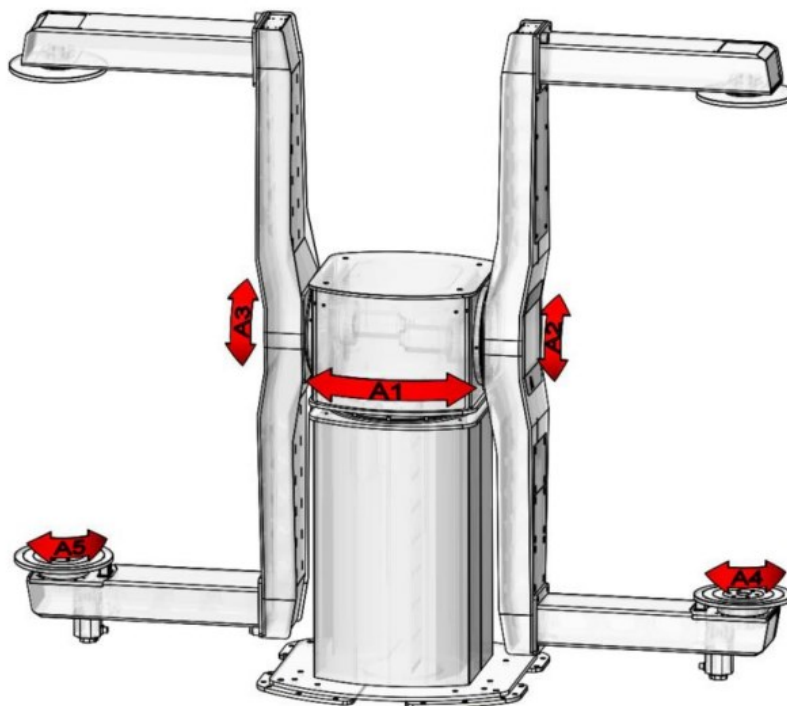
Hitsauskiinnittimen suunnittelussa on tärkeitä huomioida millä robotilla tuote tullaan hitsaamaan. Kappaleenkäsittelylaitteissa on omat rajoitukset, joita niillä voidaan tehdä. Robottihitsausvarrella, jossa hitsauspoltin sijaitsee, on myös omat rajoituksensa, yleensä tulee ongelmaksi tila ja hitsausasento.

Suunnitteilla oleva kiinnitin tullaan tekemään yrityksen nykyiselle robotille, jossa kappaleenkäsittelyn hoitaa kaksiasemainen vastapöytätyyppinen robottipaikoitin. (kuva 7).



Kuva 7. Robottipaikoitin (Niki Rantanen)

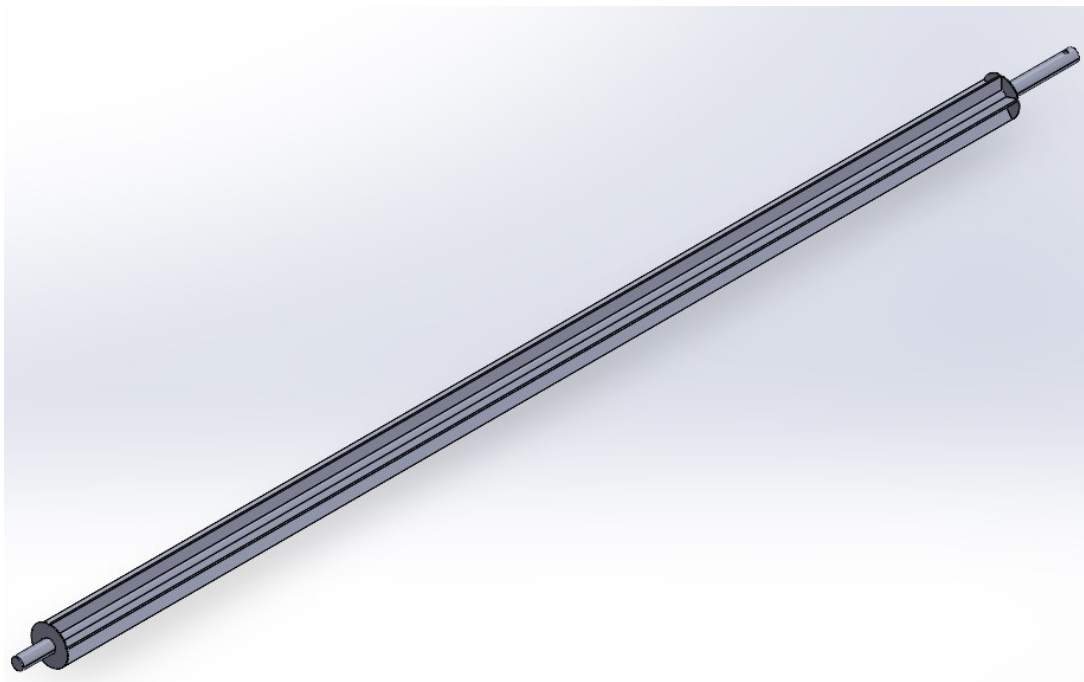
Kaksiasemaisessa robottipaikoittimessa voidaan valmis kappale irrottaa kiinnittimestä ja uusi kappale ladata kiinnittimeen samanaikaisesti robotin hitsatessa toisella puolella olevaa kappaletta. Kyseisessä robottipaikoittimessa on viisi robotiohjauksen avulla ohjattua akselia, jotka ovat varustettu hitsausvirran paluujohdimmilla. Robotin akselit ovat esitettyinä kuvassa 8.



KUVA 8. Hitsauspaikoittimen akselit (ohjekirja)

5.2 Tuote

Robottihitsattavaksi tuotteeksi valittiin yrityksen toimesta viljakuivaamon syöttölaitteen tela (kuva 9). Teloja menee vuodessa kohtalaisen suuria määriä ja sen hitsaaminen on käsin melko hidasta. Rakenteeltaan tela on suhteellisen yksinkertainen, se koostuu pyörötangosta, viidestä lattaraudasta ja kahdesta teräslävystä laserleikatusta prikasta. Osat on katkohitsattu toisiinsa kiinni.



KUVA 9. Syöttölaitteen tela

Käsin hitsattaessa tela täytyy irrottaa muutaman kerran nykyisestä hitsauspukista ja kääntää, jotta kaikki saumat saadaan hitsattua, tämä lisää työaika.

5.3 Telan kiinnittimen vaatimukset

Telan kiinnittintä mietittäessä aloitettiin pohtimaan vaatimuksia kiinnittimelle ja hitsaukselle. Ensimmäiseksi vaatimukseksi päädyttiin yrityksen puolelta ratkaisuun, jossa osia ei tarvitse silloitus hitsata, vaan robotti hoitaa hitsauksen alusta loppuun. Tällöin säästetään työaika ja robotin kanssa pystyy työskentelemään hitsaustaidotonkin henkilö. Robotin pitää pystyä myös hitsaamaan kaikki piirustuksen mukaiset saumat yhdellä kiinnityksellä, jotta robotisoidusta hitsauksesta saadaan tässä tuotteessa kannattavaa.

Kiinnittimen pitää myös olla asemoitu siten robottiin, että käyttäjän on helppo asettaa osat hitsaukseen ja poistaa valmistuote. Kiinnittimen avaus pitää pystyä tekemään nopeasti ja yksinkertaisesti. Siirryttäessä hitsaamaan eri tuotetta toisessa kiinnittimessä, pitää telakiinnitin pystyä helposti irrottamaan ja siirtämään varastoon säilytykseen.

5.4 Haasteet ja hahmottelu

5.4.1 Tunnistetut haasteet

Kiinnitintä suunnittelemaan ryhdyttäessä tiedostettiin muuta haaste, jotka täytyy pyrkiä ottamaan huomioon. Ensimmäinen asia on osien riittävä mittatarkkuus ja mittojen vaihtelu. Yleiseen käyttöön valmistettu lattateräs on tehty standardin SFS-EN 10058:2018 mukaisesti. Kyseinen standardi sallii telassa käytettävässä lattaraudassa +/- 0.75 mm leveysvaihtelun ja +/- 0.5 mm paksuusvaihtelun (SFS Online). Mittojen vaihtelu saattaa aiheuttaa ongelmaa, mikäli lattateräs ei sovi sille asetettuun tilaan tai se on liian väljä siihen.

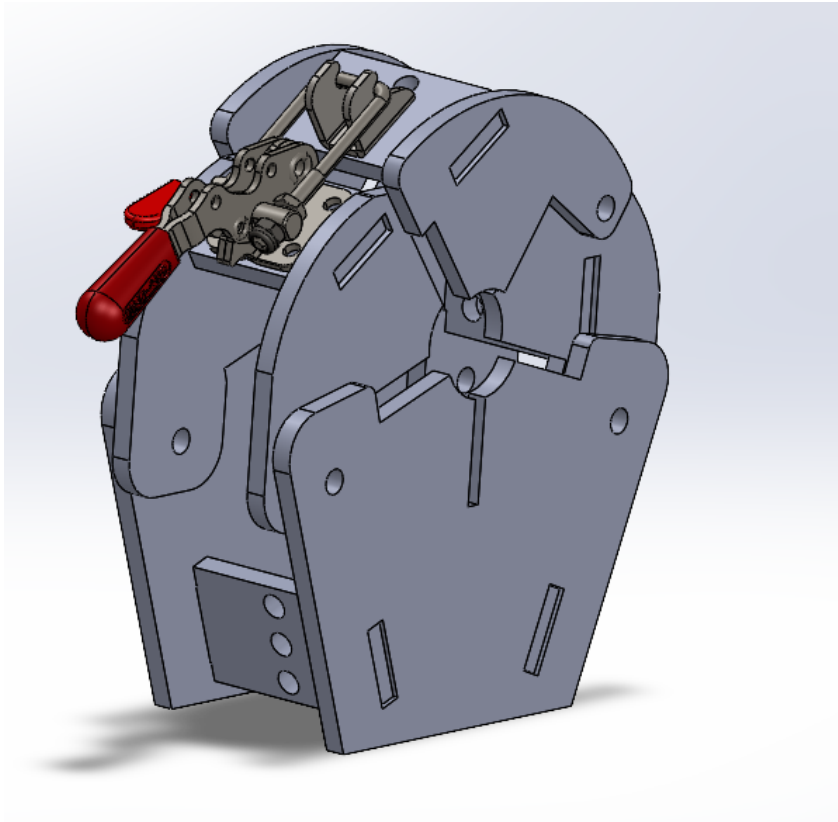
Pyörötangon halkaisijan mittatarkkuuden tiedettiin oleva riittävä, koska kyseessä on vedetty akseli toleranssilla h9. Kyseinen toleranssi tarkoittaa, että akseli on paksuimmillaan nimellimitassaan ja ohuimmillaan 5 sadasosaa ohuempi kuin nimellimita. Lattateräksen ja pyörötangon katkaisupituuden mittatarkkuuden vuoksi telakiinnittimen toisen pään tulee sallia muutaman millin pituusvaihtelu. Telan pituussuuntainen paikoitus täytyy tehdä päästä, johon tulee ketjupyörä, muutaman millimetrin vaihtelu ei haittaa telan vapaassa päässä.

Toisena isompana tunnistettuna haasteena tiedostettiin olevan kappaleiden kiinnitysasento hitsauskiinnittimeen ja robotin hitsausasento. Mikäli kappale kiinnitettäisiin kappaleenkäsittelylaitteen vastapöytien väliin keskeisesti, olisi robotin hitsauksen ohjelmointi ja hitsaus kaikkein helpointa. Robotti pystyisi hitsaamaan jalkoasennossa yhden lattateräksen kerrallaan ja kääntämään telaa 1/5 kierroksen ja hitsaamaan seuraavan.

Telan hitsaaminen kiinnitettynä vastapöytien väliin olisi käyttäjän kannalta ongelmallista, koska vastapöydät ovat kohtalaisen korkealla maanpinnasta. Robotti-paikoitin pystyy kääntämään vastapöydät vinoon tai pystysuoraankin asentoon, mutta silti telan toinen pää olisi kohtuuttoman korkealla käyttäjää varten. Käyttäjän kannalta olisi helpointa, mikäli osat saisi asetella vaaka-asennossa normaalin työpöydän korkeudella.

5.4.2 Osien kiinnitys toisiinsa

Hitsauskiinnittimen hahmottelun ensimmäisessä vaiheessa pohdittiin osien asentamista kiinnittimeen. Lattaraudat ovat tasaisin välein pyörötangon ympärillä, joten kiinnittimessä pitää olla kääntyviä osia, jotka lukitsevat alemman lattaraudan ja mahdollistavat seuraavan asentamisen. Kuvassa 10 on esitettyä hahmotelma kiinnittimestä, joka paikoittaa ja kiinnittää lattaraudat pyörötankoon.



KUVA 10. Kiinnitin pyörötangolle ja lattarautoille

Kuvassa 10 esitetyn kiinnittimen pitää olla riittävän kapea, jotta robotti pystyy hitsaamaan katkohitsit piirustuksen vaatimalla tavalla, tarkoituksena ei ole yrittää hitsata kiinnittimen sisällä. Kiinnittimen kääntyvät segmenttilevyt lukitaan Destaco sulkupuristimelta. Kuvassa 10 näkyvä Destaco sulkupuristimen 3D malli on ladattu Destacon kotisivuilta, josta on saatavilla 3D malleja yrityksen tuotteista erittäin runsaasti. Ostettavien kiinnitinkomponenttien valmiit 3D mallit helpottavat huomattavasti suunnittelutyötä ja ostokomponenttien valintaa.

Tela on noin kahden metrin mittainen ja lattaraudat ovat melko taipuisia näin pitkällä matkalla, joten täytyi tutkia montako kiinnitintä tarvitaan lattarautojen ja pyörötangon paikoittamiseen ja kiinnittämiseen. Ylimääräisiä kiinnittimen osia pitää välttää, koska hitsausrobotin hitsauspää joutuu ne kiertämään ja tämä pidentää hitsausaikaa. Päätettiin laser leikata osat kahteen kuvan 10 kiinnittimeen ja tutkia kuinka pitkällä välimatkoilla kuvan mukaiset osakiinnittimet voivat olla varsinaisessa hitsauskiinnittimessä, joka kiinnitetään robottiin.

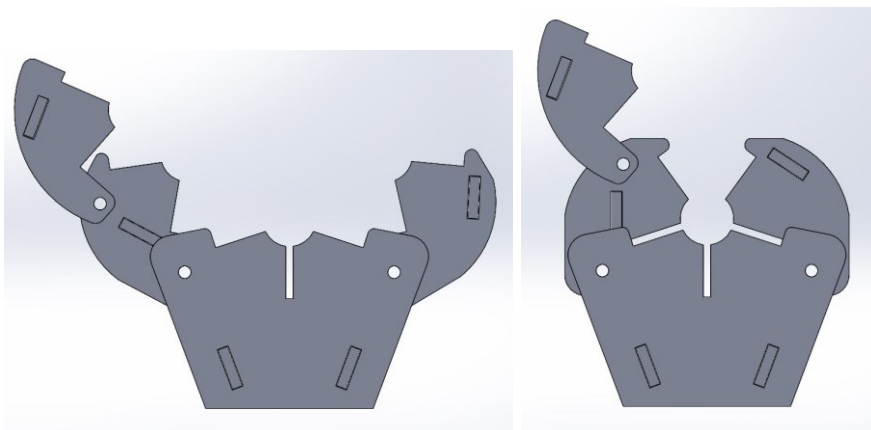
Lattarautojen ja pyörötangon kiinnitin koottiin ja tutkittiin kuinka etäällä ne voivat olla toisistaan, jotta lattaraudat ovat vielä tarpeeksi tukevasti kiinni hitsausta varten. Samalla tarkasteltiin toimisiko 3D- ohjelmalla suunniteltu geometria, jotta osat saadaan asetettua paikoilleen ja hitsattu tuote saadaan poistettua kiinnittimestä hitsauksen jälkeen. Kuvassa 11 on esitettynä koottu osakiinnitin hitsattuna kevyesti RHS- putkeen.



KUVA 11. Osakiinnitin koeasetelma (Niki Rantanen)

Koetus suoritettiin aistivaraisesti taivuttamalla lattateräksiä. Huomattiin kokemusperäisesti, että lattaraudat joustavat liikaa, mikäli telan pituudella on vain kolme kiinnintä. Neljällä kiinnittimellä saavutetaan kokeen mukaan riittävä tukevuus ja samalla pystytään toteuttamaan hitsaus piirustusten mukaisesti. Kokoonpanon osien geometria todettiin hyväksi ja toimivaksi lukitsemaan lattaraudat halutusti pyörötangon ympärille. Destaco kiinnittimiä ei ollut saatavilla kokoonpanoa tehdessä, mutta tämä ei haitannut haluttuja tutkimuksia.

Kiinnittimen kääntyvien osien pysyminen auki tai kiinni hitsattavia osia asennettaessa oli suunnittelupöydälläkin tiedostettu ongelma. Kuvassa 12 näkyy tarkemmin, kuinka kiinnittimen kääntyvät segmenttiosat aukeavat. Alkuperäisenä suunnitelmana oli asentaa jouset kääntyviin osiin siten, että ne pitäisivät segmentit joko auki- tai kiinni käännettynä. Yrityksen eräs hitsari kuitenkin kysyi voisiko kaikki 4 kiinnintä olla kiinnitettynä toisiinsa, jolloin avaaminen ja sulkeminen nopeutuisi ja helpottuisi.



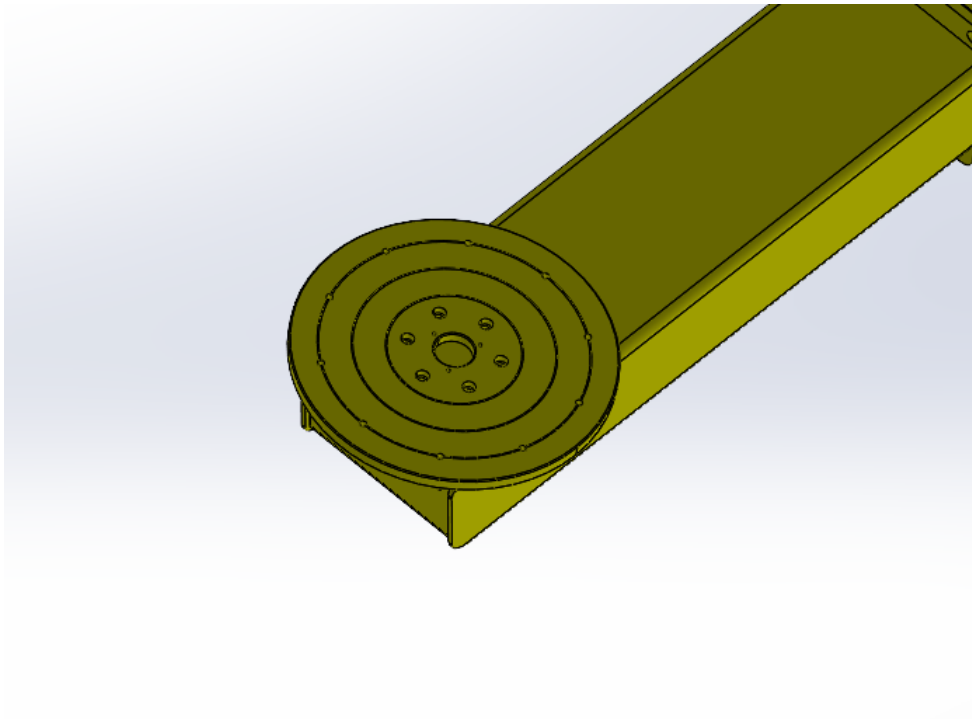
KUVA 12. Kiinnittimen kääntyvien osien geometriat

Kiinnittimen lattaraudan kolot mitoitettiin aikaisemman mainitun standardin ylämittaan, jolloin ne mahtuvat aina paikalleen.

6 SUUNNITTELU

6.1 Kiinnitys robottiin

Käytettävissä olevaan robottihitsaussoluun on useita erilaisia kiinnittimiä, jonka vuoksi telakiinnittimen irrottaminen ja kiinnittäminen uudelleen pitää olla riittävän nopea ja yksinkertainen toimenpide. Kiinnitin pitää myös suunnitella tarpeeksi lujuksi, jotta se kestää siirtelyä ja varastointia. Kappaleenkäsittelylaitteessa on kuvan 13 mukainen laippa, jossa on kierrereiät ruuveja varten.

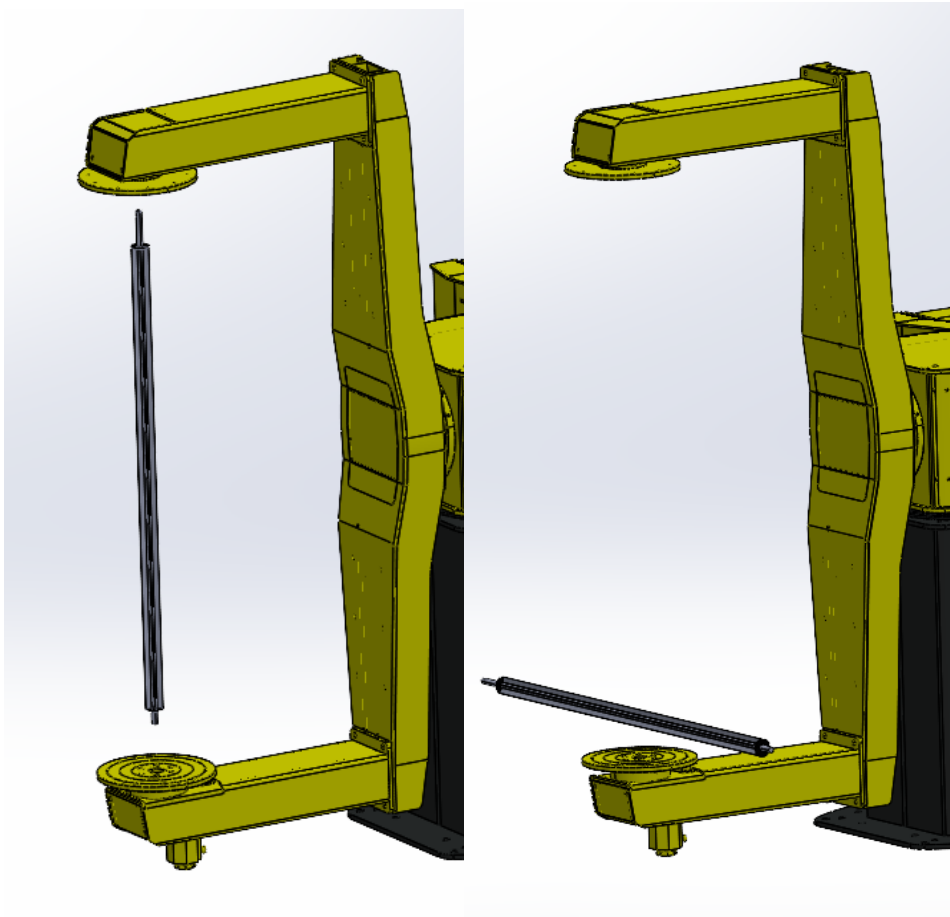


KUVA 13. Kappaleenkäsittelylaitteen kiinnityslaippa

Kiinnittimen pohjaan tullaan tekemään samanlainen laippa, mikä kappaleenkäsittelylaitteessakin on ja laipat yhdistetään toisiinsa ruuviliitoksella. Reiät tehdään nimellismittaansa, jolloin ne huolehtivat riittävän hyvästä paikoituksesta.

6.2 Hitsauskiinnitin kokoonpano

Kiinnitinkokoonpanon suunnittelu aloitetaan hahmottelun perusteella tehdyistä havainnoista ja aikaisemmissa kokemuksissa. Perustana toimii kappaleenkäsittelylaitteen laippa, jonka päälle kiinnitin kiinnitetään. Suunnittelussa pohdittiin useita erilaisia tapoja, miten päin telan osat asetetaan robottiin ja millainen on hitsausasento robotilla. Kuvassa 14 on esitettyinä kaksi erilaista tapaa yksittäisen hitsattavan telan asemointiin.

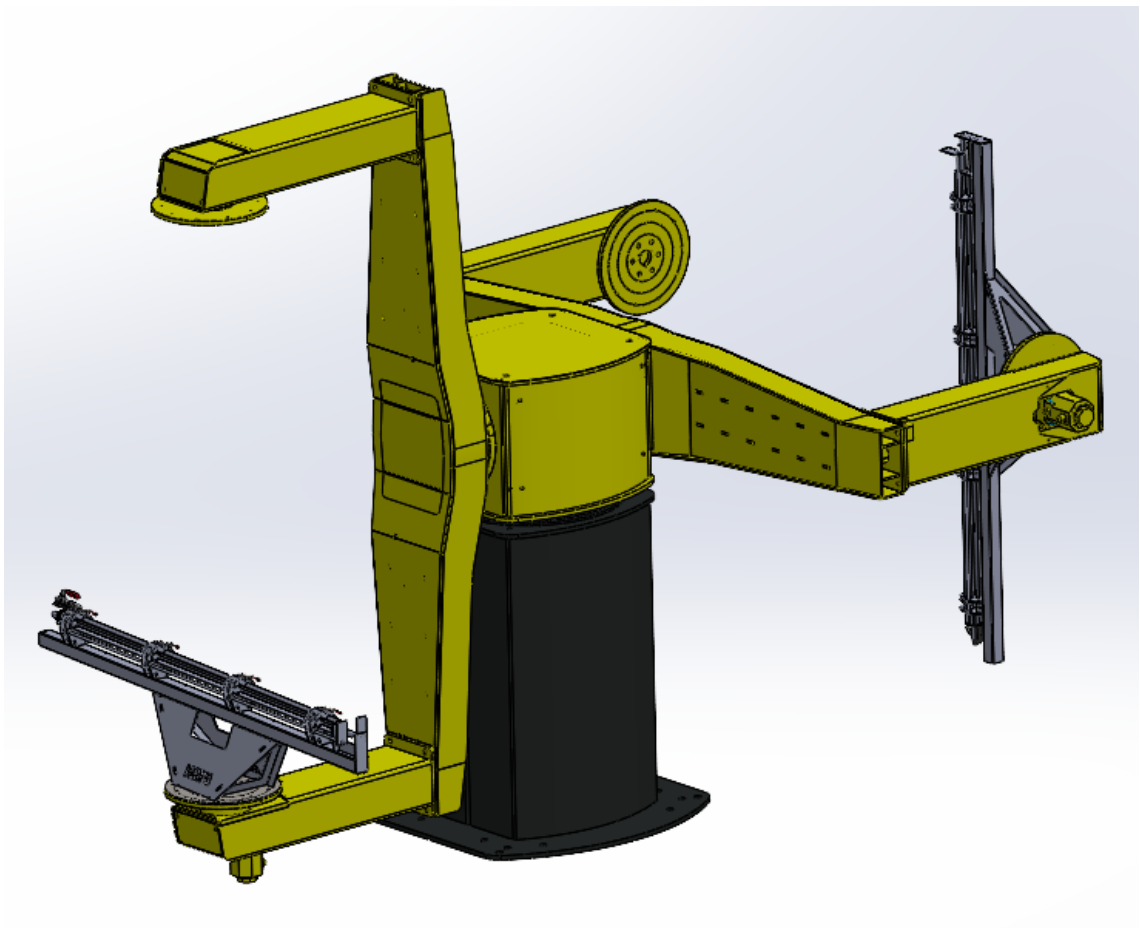


KUVA 14. Kappaleen asemointi

Ihmisten työergonomian vuoksi päädyttiin ratkaisuun, jossa tela on kiinnittimessä vaakatasossa ja normaalin työpöydän korkeudella, tämän vuoksi kiinnitin asemoidaan vain toiseen vastapöydän laippaan. Kappaleenkäsittelylaitteen ohjekir-

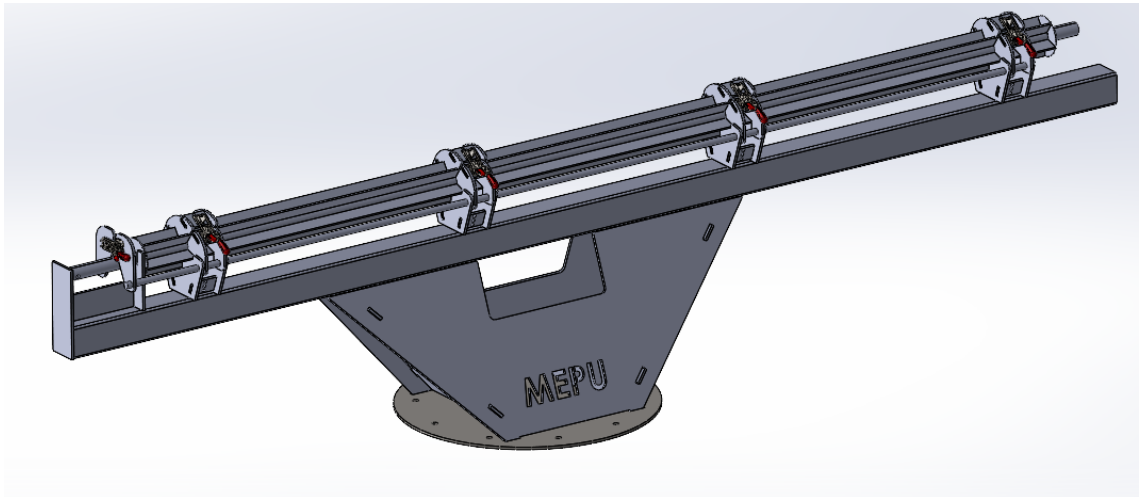
jasta tarkistetaan suurimmat kuormat ja voimat, joita siihen saa kohdistaa. Käyttöohje sallii huomattavasti suuremmat kuormitukset mitä telakiinnitin tulee kohdistamaan, joten voimatarkastelua ei tarvitse tehdä.

Kiinnittimen runko suunnitellaan 4 mm levyä, joka takaa hyvän jäykkyyden ja tukevuu den kiinnittimeen. Levyä leikattavat osat suunnitellaan sellaisiksi, että ne on helppo paikoittaa toisiinsa. Suunnittelussa käytetty lisäaika paikoitusnastojen ja kolojen piirtämiseen helpottaa ja nopeuttaa huomattavasti kiinnittimen koonpanoa. Pituutensa vuoksi telan alle laitetaan RHS-putki, joka takaa tukevuu den koko telan pituudelle. Kuvassa 15 on esitetty suunniteltu hitsauskiinnitin kiinnitettynä kappaleenkäsittelylaitteeseen. Vasemmanpuoleinen asento on käyttäjän puoli, jossa osat asetetaan kiinnittimeen ja valmis tuote poistetaan siitä. Oikealla puolella sijaitsee itse hitsausrobotti, joka voi hitsata telan pystyasennossa tai vaakatasossa ohjelmoinnin mukaisesti.



KUVA 15. Suunniteltu kiinnitin kappaleenkäsittelylaitteessa

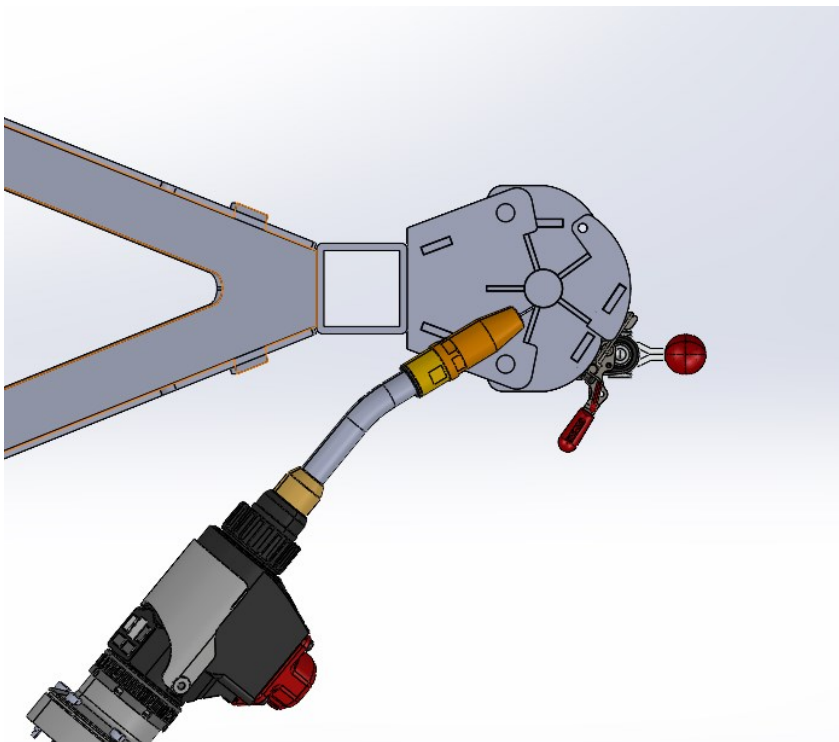
Kiinnittimen alemmat kääntyvät osat ovat kiinnitettynä toisiinsa 12 mm akselilla, joka toimii samalla kääntyvien osien saranana. Tällöin kaikki kääntyvät osat pystytään aukaisemaan ja lukitsemaan kiinni yhtäaikaisesti kuvan 16 vasemmassa reunassa olevalla Destaco-sulkupuristimella. Tämä helpottaa kahden viimeisen lattaraudan asennusta ja neljän kiinnitinpannan sulkemista, joissa kussakin on oma sulkupuristin.



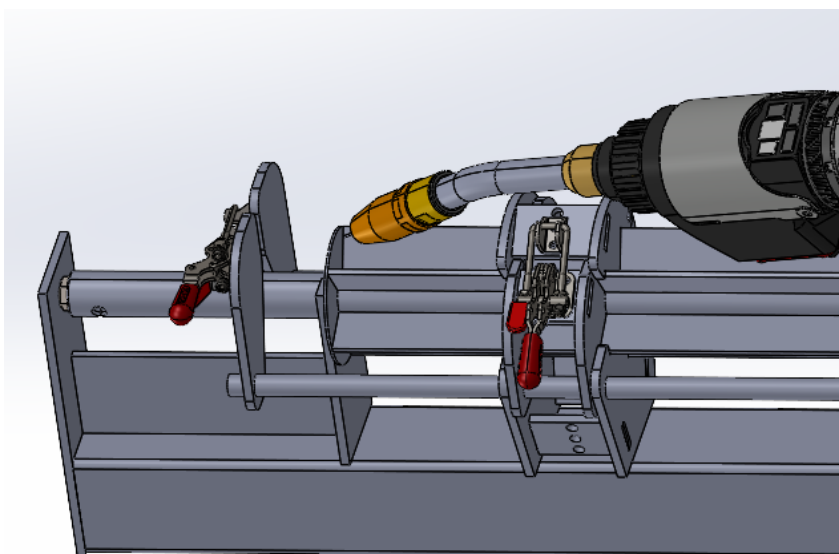
KUVA 16. Robottiin asennettava kiinnitin kokonaisuus

6.3 Hitsauspään ulottuvuustarkastelu

Robottihitsausvarren ulottuvuuden tarkastelua tehtiin Solidworks ohjelmistossa, jolla kiinnitinkin on piirretty. Robotin myyjältä saatiin 3D-malli kappaleenkäsittelylaitteesta, sekä hitsauspäästä, joiden avulla pystyttiin tutkimaan kuvan 17 ja 18 tavalla onko hitsaus edes teoreettisesti mahdollista.



KUVA 17. Hitsauspään ulottuvuus lattarautojen hitsauksessa



KUVA 18. Hitsauspään ulottuvuus päätyprikkaa hitsatessa

Ulottuvuustarkastelussa kaikki piirustusten mukaiset hitsaukset todettiin onnistuvan robotin nykyisellä hitsauspäällä. Tilaa ei jäänyt kuin muutamia millejä ahtaimissa kohdissa hitsauspään ja telan tai kiinnittimen rungon väliin. Samalla huomattiin hitsausrobotin siirtoliikkeiden kohtalaisen suuri määrä, koska tuote on katkohaitsattu ympäri.

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Tuloksena saavutettiin 3D- mallinnettu hitsauskiinnitin, jonka mallinnuksessa on käytettyä apuna kappaleenkäsittelylaitteen-, hitsattavan tuotteen- sekä hitsauspään 3D malleja. Tällöin pystyttiin varmistumaan erittäin hyvin siitä, että hitsaus tulee onnistumaan robotilla, kun täydellinen kiinnitin ja hitsausrobotin ohjelmointi saadaan aikanaan toteutettua. Osista tehtiin myös PDF- ja DXF-kuvat, joiden avulla kiinnitin pystytään valmistamaan.

Kiinnitin suunniteltiin sellaiseksi, että osia ei tarvitse silloitus hitsata, vaan osat asetetaan kaikki omaan paikkaansa kiinnittimessä ilman hitsausta. Tällöin robotin kanssa pystyy työskentelemään sellainen henkilö, jolla ei ole tietotaitoa hitsaamiseen, koska hänen tarvitsee vain asetella osat kiinnittimeen ja poistaa valmis-tuote kiinnittimestä. Tämä vaatii tietenkin sen, että hitsausrobotin ohjelma on saatu hiottua valmiiksi ja toimivaksi, sekä robotilla työskentelevälle henkilölle on annettu riittävä perehdytys työhönsä.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tiedonhakuosuus onnistui hyvin, koska aiheesta oli useita luotettavia lähteitä tarjolla, sekä painettuna kirjana, että nettilähteenä. Osa käytetyistä lähteistä on kohtalaisen vanhoja, joita normaalisti tulisi välttää, mutta näistä lähteistä käytettiin tietoa vain muun muassa hitsauskiinnittimien historiasta ja mekaanisista ominaisuuksista. Kiinnittimien mekaanisissa ominaisuuksissa ei ole juurikaan tullut muutoksia muutaman viimevuosikymmenen aikana, suurimmat muutokset ja kehitysharppauksen ovat tulleet hitsausrobotin ohjaukseen ja automaatioon.

Hitsauskiinnittimen suunnitteluosuus toteutettiin Solidworks- ohjelmistolla, jolla kiinnittimen osat saadaan luotettavasti sopimaan toisiinsa. Samalla pystyttiin mallintamaan hitsauspään liikeratoja tarvittavien saumojen hitsausta varten. Hitsauspään mahtuminen hitsauskiinnittimen ja telan väliin on kohtalaisen ahdas, joka saattaa aiheuttaa robotin ohjelmointiin omat haasteensa, koska ylimääräistä tilaa ei ole.

Kehityskohteenä olisi useamman telan hitsaaminen samanaikaisesti, joka luultavasti vapauttaisi robottioperaattorin työaika muuhun työhön. Useamman telan hitsaamista kerralla mietittiin ajatustasolla, mutta ongelmaksi nähtiin osien lataamisen vaikeus ja hitsauspään mahdottomat asennot. Mikäli saataisiin toteutettua telojen 180 asteen kääntö akseliensa ympäri esimerkiksi paineilmasylinterillä tai servomoottorilla saattaisi useamman telan samanaikainen hitsaus onnistua.

LÄHTEET

Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997 Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY

Auttom Welding. Viitattu 25.3.2023

<https://auttom.com.br/en/solutions/robotic-cells/welding/>

Igoldencnc. Viitattu 14.4.2023

<https://www.igoldencnc.com/Robot-Laser-Welding-Machine-System.html>

Käyttöohje robottipaikoitin JMF-2LC-200, revisio 1.2

Lehtimäki, A. 2020. Hitsauksen mekanisointilaitteet. Tampere: Crano Oy

Mepu referenssit. Viitattu 9.4.2023 <https://www.mepu.fi/referenssit/>

Netkonttori. Viitattu 3.4.2023 https://www.netkonttori.fi/Kappaleen-kiinnitys/ekauppa/c40100100/?search_group=40100100

Robottihitsaus. n.d Kemppi. Viitattu 29.4.2023

<https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/robottihitsaus/>

SFS-EN 10058:2018

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/733466.html.stx>

Tiirakari, L. 2022. Menestystarina: Mepu Oy 70 vuotta. Somero: Sälekarin Kirjapaino

Weman, K. 2003. Welding processes handbook. Padstow: TJ International

LIITTEET

