SAVONIA

Hitsausrobottisolun kiinnitinjärjestelmän suunnittelu

Workholdersystem for Robot Welding

Veli Markus Kauppinen

Opinnäytetyö

___. ___. _____ _____

Ammattikorkeakoulututkinto

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU **OPINNÄYTETYÖ**
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Veli Markus Kauppinen	
Työn nimi Robottihitsaussolun kiinnitinjärjestelmän suunnittelu	
Päiväys 12.2.2012	Sivumäärä/Liitteet 57 / 3
Ohjaaja(t) Esa Jääskeläinen, Pentti Halonen & Tatu Kärkkäinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Ratesteel Oy / Tatu Kärkkäinen	

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vieremäläiselle Ratesteel Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena on hitsauskiinnitinjärjestelmän suunnittelu yritykselle hankittuun uuteen robottihitsaussoluun. Työssä keskitytään soluun liittyviin suunnittelutehtäviin, kuten järjestelmässä käytettyihin paletteihin, kappaleen tunnistustapoihin ja hitsauskiinnittimen suunnitteluun.

Yritykseen hankitussa robottihitsaussolussa on FMS-tyyppinen palettirata ja automaattinen paletin vaihto. Tehtävänä oli saada paletit yhteensopiviksi hitsauskiinnittimien kanssa. Yhtenä vaatimuksena oli valmius nollapistetekniikan käyttöönottoon. Lisäksi tarkasteltiin kappaleen mahdollisia tunnistustapoja. Tunnistustapoina tutkittiin induktiivista reikälevytunnistusta, viivakooditunnistusta ja värikooditunnistusta.

Työssä selvitetään myös yritykselle uutta tekniikkaa, nollapistekiinnitystä. Nollapistekiinnittimistä selvitettiin niiden tekniikkaa, saatavilla olevia vaihtoehtoja ja kiinnittimien valintaan liittyviä kysymyksiä. Selvityksen perusteella valittiin sopivin malli, jolle paletteihin suunniteltiin valmius.

Hitsauskiinnittimen suunnittelu osuudessa tarkastellaan tuotteen asentoa suhteessa palettiin ja käydään läpi kiinnittimen suunnittelu. Hitsauskiinnitin valmistettiin ja testattiin suunnittelun jälkeen.

Opinnäytetyön tuloksena Ratesteel Oy:n robottihitsaussoluun valittiin hitsattavan tuotteen tunnistustapa, suunniteltiin nollapistekiinnitin valmius paletteihin ja suunniteltiin ensimmäisen, solussa hitsattavan tuotteen, hitsauskiinnitin.

Avainsanat
Hitsauskiinnitin, Nollapistekiinnitys, Viivakooditunnistus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES **THESIS**
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Veli Markus Kauppinen			
Title of Thesis Workholdersystem for Robot Welding			
Date	12.2.2012	Pages/Appendices	57 / 3
Supervisor(s) Esa Jääskeläinen, Pentti Halonen & Tatu Kärkkäinen			
Client Organisation/Partners Ratesteel Oy / Tatu Kärkkäinen			

Abstract

This thesis was made for Ratesteel Oy. The theme of thesis was design work holding system for the new robot welding cell in the company. The main tasks of this thesis were to redesign pallets, examine ways to recognise products in line and design work holder for welding.

The new robot welding cell has a FMS-like pallet line and automatic pallet changer. The task was to design pallets compatible with the work holders. One of the requirements of the commission was a standby for zero point technology. In addition possible ways to recognise products was also researched. Recognising methods of the inductive hole plate, barcode and colour were also researched.

This thesis includes research of new technology for the company, zero point holders. Examination of zero point holders contains technology behind zero point holders, available options and choosing zero point holders. Based on the study a suitable model chosen in which a standby was designed in the pallets.

Designing of the welding holder includes ways to set product to pallet and process holder designing. The welding holder was manufactured and tested after design.

As a result of the thesis a way to recognise products for the robot welding cell was chosen, a standby for zero point holders in pallets was designed as well as the design of the first welding holder.

Keywords
Workholder for welding, Zero-point System, Barcode identification

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin ollessani Savonian projektisuunnittelijana Ratesteel Oy:llä RaTec2010-projektissa.

Haluan kiittää Ratesteel Oy:n johtoa tämän opinnäytetyön tehtävänannosta ja toteutuksen mahdollistamisesta. Erityisen kiitoksen ansaitsee Tuotantopäällikkö Tatu Kärkkäinen, joka varmisti resurssien käytettävyyden ja oli tukena opinnäytetyön aikana.

Kiitoksen ansaitsevat myös opinnäytetyön ohjaajat Esa Jääskeläinen ja Pentti Halonen Savonia ammattikorkeakoululta sekä kaikki muut opinnäytetyöhön osallistuneet henkilöt. Lisäksi kiitän läheisiäni tuesta opinnäytetyön aikana.

Haluan myös kiittää Savonian insinöörikoulutuksen projektiopintoja sekä yrityksiä, joissa projektiopintoni tein. Kohdallani projektiopinnot ovat luoneet hyvän pohjustuksen opinnäytetyöhön.

Iisalmessa 12.2.2012

Markus Kauppinen

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
1 JOHDANTO 8
2 YRITYSESITTELY 9
3 HITSAUS 10
3.1 Hitsauksen jännitykset 10
3.2 Hitsauksen muodonmuutokset 11
4 HITSAUSKIINNITTIMET 14
4.1 Hitsauskiinnittämisen perusteet 14
4.2 Hitsauskiinnittimen suunnittelu 15
4.3 Hitsauskiinnitin sovelluksia 17
5 NOLLAPISTEKIINNITYS 19
5.1 Nollapistekiinnittimet 19
5.2 Nollapistekiinnitin sovelluksia 22
5.3 Nollapistekiinnittimen valinta 24
6 MOTOMAN-SOLU 26
6.1 Solun esittely 26
6.1.1 Kappaleenkäsittelijä 27
6.2 Paletti 30
6.2.1 Paletin ja tuotteen tunnistus 32
6.2.2 Hitsauskiinnittimen kytkentä palettiin 37
7 HITSAUSKIINNITIN ROBOTILLE 39
7.1 Hitsattava tuote: takarungonjatke 39
7.2 Takarungonjatkeen hitsauskiinnittimen luonnostelu ja mallin valinta 40
7.2.1 Kiinnittimen luonnostelu 40
7.2.2 Kiinnitinmallin valinta 43
7.3 Kiinnittimen suunnittelu 44
7.3.1 Kiinnittimen runko 44
7.3.2 Hitsauskiinnittimen levyosat 46
7.3.3 Hitsauskiinnittimen toiminta 48
7.4 Hitsauskiinnittimen testaus 51
8 YHTEENVETO 55
LÄHTEET 56

LIITTEET

Liite 1 Hitsauskiinnittimen valmistuskuva – runko hitsaus

Liite 2 Hitsauskiinnittimen valmistuskuva – kiinnitin hitsaus

Liite 3 Hitsauskiinnittimen kokoonpanokuva – kiinnitin asetus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena ovat suunnittelutehtävät Ratesteel Oy:lle hankittuun robottihitsaussoluun. Tehtävinä tarkastellaan solussa hitsattavan tuotteen ja paletin tunnistusta sekä hitsauskiinnittimien kiinnittämistä palettiin. Lisäksi tehtävänä on suunnitella hitsauskiinnitin yhdelle solussa hitsattavaksi suunnitellulle tuotteelle. Robottihitsaussolun toimittaja on Yaskawa Finland Oy. Yaskawa toteuttaa tässä työssä esitetyt järjestelmän muutosehdotukset.

Työn käytännön osuutta pohjustetaan teorialla hitsauksen aiheuttamista jännityksistä ja muodonmuutoksista, hitsauskiinnittimistä sekä nollapistekiinnittämisestä. Teoria osuus on kerätty alan kirjallisuudesta. Sillä pyritään luomaan kuva hitsauskiinnittämiseen liittyvistä asioista. Nollapistekiinnittämisen teoria tulee erivalmistajien esitteistä.

2 YRITYSESITTELY

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Vieremällä sijaitseva Ratesteel Oy. Ratesteel Oy perustettiin 1998, toiminnan keskittyessä valmistamaan hitsattuja teräsrakenteita alihankintana. Vuonna 2006 yritys muutti uusiin tiloihin. Muuton yhteydessä alihankintapalvelut laajenivat käsittämään pintakäsittelyn, kokoonpanon ja manuaalisen koneistuksen. Työntekijöitä Ratesteel Oy:llä on noin 30 henkilöä. Yrityksen liikevaihto on vuositasolla noin 5 miljoonaa euroa. Liikevaihto on ollut kasvava läpi yrityksen historian.

Ratesteel panostaa automaatioon, henkilöstön kehittämiseen ja alueellisiin yhteisiin kehityshankkeisiin. Panostuksen tavoitteena on jatkuva kehittyminen tuotannollisesti ja taloudellisesti sekä halu vastata asiakkaiden vaatimuksiin paremmin. Tässä työssä käsiteltävä robottihitsaussolu on yrityksen kolmas robottihitsaussolu. Aiemmat robottihitsaussolut ovat hyvin vahvasti päätuoteryhmän ympärille rakennettuja. Ensimmäinen robottihitsaussolu hankittiin 2007. Ensimmäisessä solussa on kolme käsivarsirobottia, yksi hitsaus- ja kaksi kappaleenkäsittelyrobottia. Toinen solu hankittiin 2008. Toisessa solussa on kaksi hitsausrobottia ja grilli-tyyppinen kappaleenkäsittelypöytä.

3 HITSAUS

Hitsaus voidaan määritellä liitostavaksi, jossa kappaleet liitetään toisiinsa käyttäen lämpöä ja/tai puristusta. Hitsata voidaan lisäaineen kanssa tai ilman. Hitsausmenetelmät voidaan jakaa sula- ja puristushitsaukseen. Sulahitsaus jakautuu useaan alaprosessiin, muun muassa kaasu-, kaari- ja sädehitsaus. Puristushitsausta on muun muassa piste-, kiekko-, tyssä-, kitka- ja kitkatapitushitsaus. (Lepola & Makkonen 1998, 11—23.)

Hitsattuja rakenteita valmistavissa yrityksissä yleisin hitsausmenetelmä on kaarihitsaus. Yksi yleisimmistä hitsausmenetelmistä on MAG-hitsaus. MAG-hitsaus on metallikaasukaarihitsausta ja sen SFS-EN 24063-standardin mukainen merkintä on 135. MAG-hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, joka reagoi hitsisulan aineiden kanssa. Aktiivisessa suojakaasussa käytetään yleensä argonin ja hiilidioksidin, argonin ja hapen tai argonin, hapen ja hiilidioksidin seosta. Aktiivisena suojakaasuna voidaan käyttää myös puhdasta hiilidioksidia. (Lukkari 1997, 13—21, 159.)

3.1 Hitsauksen jännitykset

Hitsaus aiheuttaa rakenteisiin sisäisiä jännityksiä ja muodonmuutoksia. Rakenteissa on myös materiaalien valmistuksessa syntyneitä sisäisiä jännitystiloja. Erkki Niemen mukaan ”Hitsattavan aineen tietty piste joutuu kokemaan hitsauksen kuluessa tietyn lämpösyklin ja siitä johtuvan muodonmuutossyklin” (Niemi & Kemppi 1993, 167).

Hitsatuissa rakenteissa käytettävissä osissa on jo materiaali- ja osavalmistuksesta lähtöisin olevia sisäisiä jännityksiä. Sisäisiä jännityksiä syntyy läpi osavalmistusketjun. Materiaalia valmistaessa voi kuumavalssauksen jälkeinen epätasainen jäähdytys aiheuttaa sisäisiä jännityksiä. Levyjä polttoleikatessa levyyn kohdistuu epätasaisesti jakautuva lämpö, joka vastaa hitsauksen aiheuttamaa lämpövaikutusta. Levyn muokkaus särmäämällä, taivuttamalla ja pyöristämällä luo levyyn veto- ja puristusjännitystä. (Lepola & Makkonen 1998, 446.)

Erkki Niemi kirjoittaa *Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet* kirjassa seuraavasti *”Hitsauksen sulavyöhykealueella olevassa materiaalissa ilmenee seuraavat tapahtumat:*

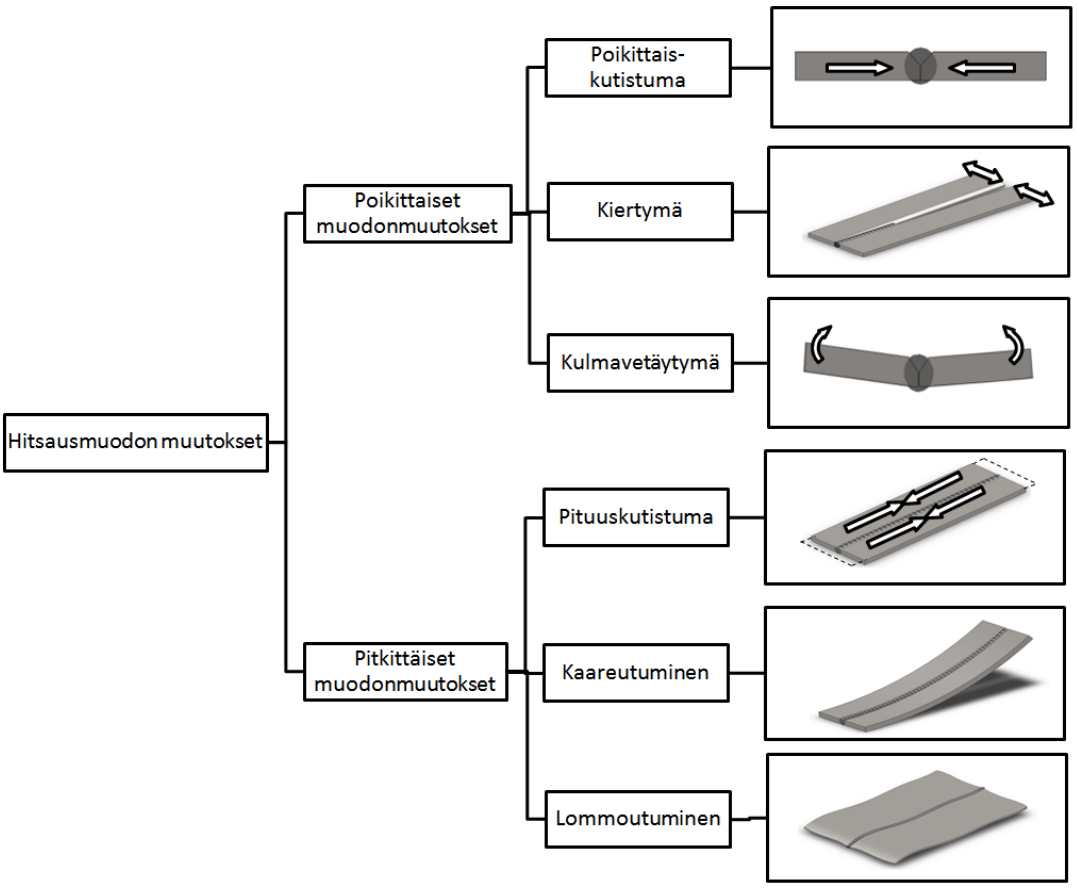
- *nopea lämpötilan nousu ja siitä johtuva lämpölaajentuminen sekä lujuuden aleneminen*
- *materiaalin kiderakenteen muuttuminen austeniitiksi*
- *lujuuden häviäminen*
- *sulaminen*
- *jähmettyminen*
- *lujuuden hidas palautuminen*
- *austeniitin hajaantuminen ja siihen liittyvä tilavuuden kasvu*
- *jäähtyminen ja siihen liittyvä kutistuminen ja lujuuden kasvu”.*

(Niemi & Kemppi 1993, 167.)

Hitsatessa jännityksiä rakenteisiin syntyy hitsauksen aiheuttamasta materiaalin nopeasta kuumenemisesta ja hitsaamattoman alueen kylmemmästä lämpötilasta. Kuumennut materiaali pyrkii laajenemaan, kun taas kylmä materiaali pyrkii estämään sitä. Tällöin kuumalle alueelle syntyy puristusta ja kylmälle alueelle vetoa. Kuuman alueen myötölujuus pienenee ja sen poikkipinta-ala on pieni, jolloin se tyssääntyy helposti. Kylmän alueen ollessa yleensä isompi se säilyttää kimmoisuutensa. Jäähtyessään tyssääntyneet alueet pyrkivät kutistumaan alkuperäistä mittaa pienemmiksi. Hitsin ympärillä olevat kimmoisina pysyneet alueet pyrkivät estämään kutistumista, varsinkin hitsin pituussuunnassa. (Niemi & Kemppi 1993, 167—168.)

3.2 Hitsauksen muodonmuutokset

Hitsausjännitykset aiheuttavat muodonmuutoksia ja niiden hallinta on yleisesti tuotannon työntekijöiden haasteena. Yleisesti suunnittelijat laativat vain piirustukset valmiista tuotteesta. Hitsausmuodonmuutokset voidaan jakaa kuvion 1 mukaisesti. (Niemi & Kemppi 1993, 183.)



KUVIO 1. Hitsauksen muodonmuutokset (Niemi & Kemppi 1993, 183)

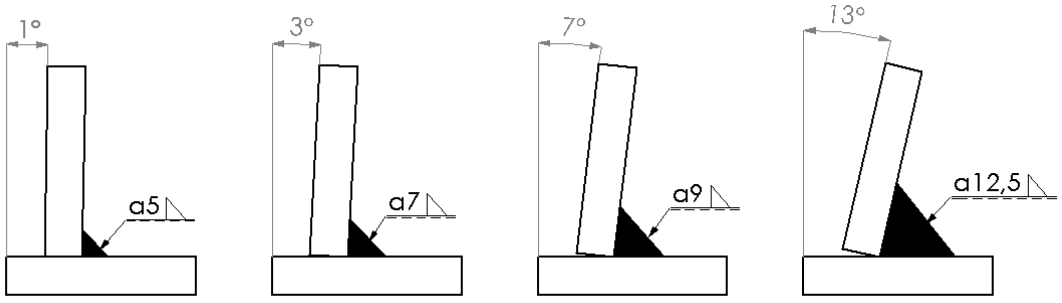
Muodonmuutoksien ehkäisyssä tärkeässä roolissa ovat rakenteiden ja valmistuksen suunnittelu sekä käytettävä hitsausprosessi. Muodonmuutoksia voidaan arvioida ennalta matemaattisesti ja kokemuspohjaisesti. Ennalta havaituista muodonmuutoksista voidaan pienentää tai poistaa muun muassa kaareutuminen ja vinoutuminen sijoittamalla hitsit symmetrisesti keskiakseliin nähden sekä kulmavetäytymistä railo- ja hitsipalkojen valinnalla. Muodonmuutoksia pyritään ehkäisemään suunnittelemalla hitsit huomioiden muodonmuutokset, käyttämällä hitsauskiinnittimiä ja ennakoimalla hitsauksen muodonmuutokset. Mikäli muodonmuutoksia syntyy, niitä voidaan joissain tapauksissa oikoa kuumilla. (Lepola & Makkonen 1998, 453; Niemi & Kemppi 1993, 197—198.)

Muodonmuutoksia voidaan ehkäistä seuraavilla toimenpiteillä:

- Vähentämällä lämmöntuontia.
- Monipalko- ja katkohitsauksella.
- Rakenteen neutraaliakseliin nähden symmetrisellä hitsien sijoittelulla.
- Hitsauksen suoritusjärjestyksellä.
- Kiinnittimien käytöllä.
- Railovalinnoilla.
- Ilmaraon pienentämisellä.
- Silloituksella.
- Asettamalla rakenteeseen esijännitystä tai/ja esitaivutusta, esim. hitsauskiinnittimellä.

(Lepola & Makkonen 1998, 453—454.)

Hitsin a-mitta vaikuttaa suoraan kulmavetäytymiseen pienahitsissä. Lujuuden kannalta pienimmän mahdollisen a-mitan käyttämisellä voidaan pienentää kulmavetäytymää. Muodonmuutos johtuu hitsausenergiasta ja sen aiheuttamasta lämpötilamuutoksesta. Mikäli a-mittaa ei voida pienentää, voidaan pyrkiä pienentämään muodonmuutosta vähentämällä lämmöntuontia, esimerkiksi monipalkohitsauksella, jolloin hitsausenergia saadaan jakautumaan useammalle hitsipalolle. (Ahola 1988, 9)



KUVIO 2. A-mitan vaikutus kulmavetäytymään (Lepola & Makkonen 1998, 456)

4 HITSAUSKIINNITTIMET

4.1 Hitsauskiinnittämisen perusteet

Hitsatun kappaleen tukeva kiinnittäminen hitsauksen ajaksi pienentää muodonmuutoksia, varsinkin kulmavetäytymää. Kutistuessaan kuuma hitsi joutuu myötäämään, koska se ei jaksa liikuttaa lukittuja osia. Loppuvaiheessa jäähtymistä hitsi on niin luja, että muodonmuutoksia ei voida enää estää kokonaan. Tästä syystä irrottaessa kappaletta hitsauskiinnittimestä jännitykset laukeavat ja kappaleeseen syntyy kimmoisia muodonmuutoksia. Kokonaisuudessaan hitsauskiinnittimen käyttö vähentää muodonmuutoksia verrattuna vapaana hitsattavaan rakenteeseen. (Niemi & Kemppi 1993, 197.)

Kiinnittimien perustehtävät ovat

- pitää rakenne halutussa muodossa
- parantaa työn laatua
- lisätä työturvallisuutta
- säästää raaka- ja lisäainekustannuksia
- nopeuttaa työtä ja tuoda taloudellista hyötyä
- vähentää työntekijän rasitusta

(Lepola & Makkonen 1998, 480).

Hitsauskiinnitin koostuu yleensä rungosta, apuosista, kiinnityselementeistä ja tukipaloista. Kiinnittimen runko pitää kiinnittimen kasassa, jäykistää sekä kantaa hitsattavan tuotteen ja kiinnittimen osien massan. Apuosilla paikoitetaan ja tuetaan hitsattavia osia. Kiinnityselementtejä ovat pikakiinnikkeet ja ruuvit, joilla hitsattavat osat lukitaan hitsauksen ajaksi. Tukipaloilla luodaan kiinnittimen paikoitustarkkuus ja otetaan vastaan kiinnitysvoimat. (Purhonen 2009, 74.)

Hitsauskiinnittimet ovat tärkeä osa robottihitsausta, koska tuotteiden ja railojen on oltava aina samassa paikassa hitsatessa. Robottihitsattavien tuotteiden osat vaativat myös osavalmistukselta suurta mitta- ja muototarkkuutta. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 257.)

4.2 Hitsauskiinnittimen suunnittelu

Automatisoidussa tuotannossa hitsauskiinnittimien suunnittelu on erittäin tärkeässä roolissa. Koska automatisointi vaatii toistotarkkuutta, pitää yhteen liitettävien osien olla mitta- ja muototarkkoja. Yleensä paras hitsauskiinnitin suunnitellaan suunnittelun ja tuotannon yhteistyönä. (Aaltonen ym. 1997, 257; Purhonen 2009, 74.)

Hitsauskiinnitintä ei saa suunnitella täysin valmiin tuotteen mittavaatimusten mukaan. Suunnittelussa on huomioitava hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset, osien valmistustarkkuus ja osien sekä tuotteen mittatoleranssit. Virheellisesti suunniteltu hitsauskiinnitin voi aiheuttaa pahimmillaan vaaratilanteen purkamisvaiheessa, kun kappaleen jännitykset laukeavat. Kappaleen poisto hitsauskiinnittimestä on suunniteltava etukäteen, että hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset saadaan ohjattua hitsauskiinnittimen kiinteistä rakenteista ulospäin. (Ahola 1988, 10.)

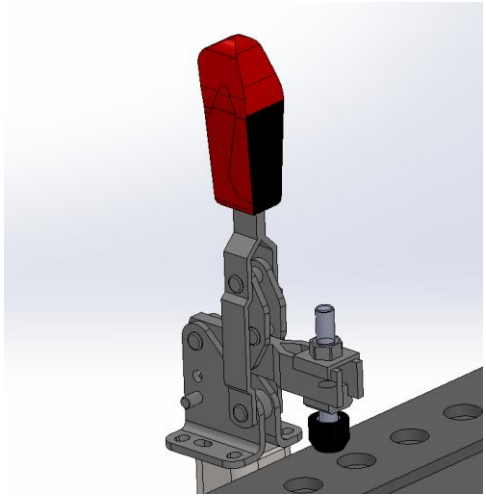
Suunnittelussa on huomioitava

- osien asetus kiinnittimeen
- hitsauspolttimen ulottuvuus railolle
- kaikki hitsit tulee olla hitsattavissa yhdellä kiinnityksellä
- hitsauksen maadoituksen reitti
- robotisoidussa hitsauksessa mahdollisimman vähän turhia liikkeitä
- hitsausasennot
- kiinnittimen kestettävä kiinnitysvoimat ja –jännitykset
- kiinnityselimien oltava helppokäyttöisiä ja tukevia
- valmis kappale on voitava poistaa kiinnittimestä esteettä

(Aaltonen ym. 1997, 258).

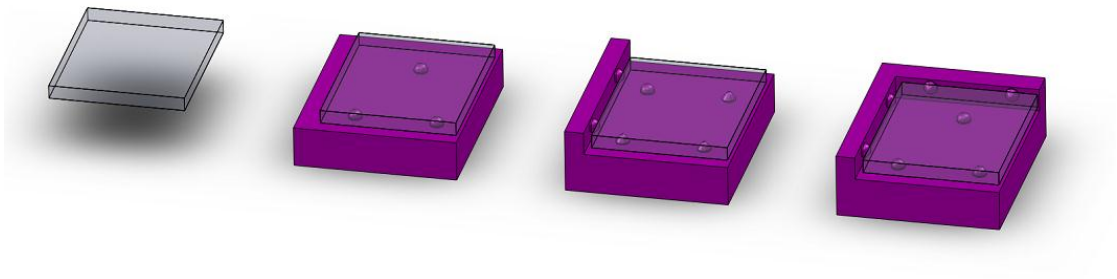
Varsinkin automatisoidussa hitsauksessa on erittäin tärkeää varmistaa hitsauspolttimelle esteetön pääsy hitsausrailolle. Luoksepäästävyyteen vaikuttaa hitsauskiinnittimen rakenteen ohella hitsattavan rakenteen muoto. Automatisoidussa hitsauksessa myös robotin ulottuvuus ja kappaleenkäsittelijän ominaisuudet luovat omat rajoituksensa luoksepäästävyydelle. (Ahola 1988, 19.)

Hitsauskiinnittimissä kiinnityselementteinä voidaan käyttää pikakiinnittimiä, ruuveja, jousia, magneetteja ja puristimia. Pikakiinnittimiä on saatavilla käsikäyttöisiä ja pneumaattisia / hydraulisia. Käsikäyttöiset pikakiinnittimet toimivat yleensä nivelvipumekanismilla (kuva 1). Nivelvipumekanismin etuja on niillä saatava kiinnitysvoima suhteessa mekanismin käyttövoimaan ja itselukittuvuus. Haitaksi voidaan lukea niiden kuluminen käytössä. Pneumaattisten ja hydraulisten kiinnittimien käyttö on perusteltua, jos kiinnittimiä on paljon, kyseessä on automatisoitu kokoonpano, useita kiinnittimiä tarvitsee kiinnittää yhtä aikaa tai kiinnityselementit sijaitsevat käyttäjän ulottumattomissa. (Purhonen 2009, 75.)



KUVA 1. Esimerkki pikakiinnittimestä (Kauppinen 2012)

Hitsauskiinnittimen tukipisteillä saatetaan kappale staattisesti määrättyyn tilaan. Tukipisteillä saadaan kappale paikoitettua ilman kiinnitystason tai käytettävien osien oikaisua. Levy saadaan lepäämään tukipisteiden päälle, jolloin se asettuu aina samoin tukipisteiden mukaan, välittämättä osien pienistä muotovirheistä (kuva 2). (Purhonen 2009, 76.)



KUVA 2. Kappaleen paikoitus tukipisteillä (Purhonen 2009, 76)

4.3 Hitsauskiinnitin sovelluksia

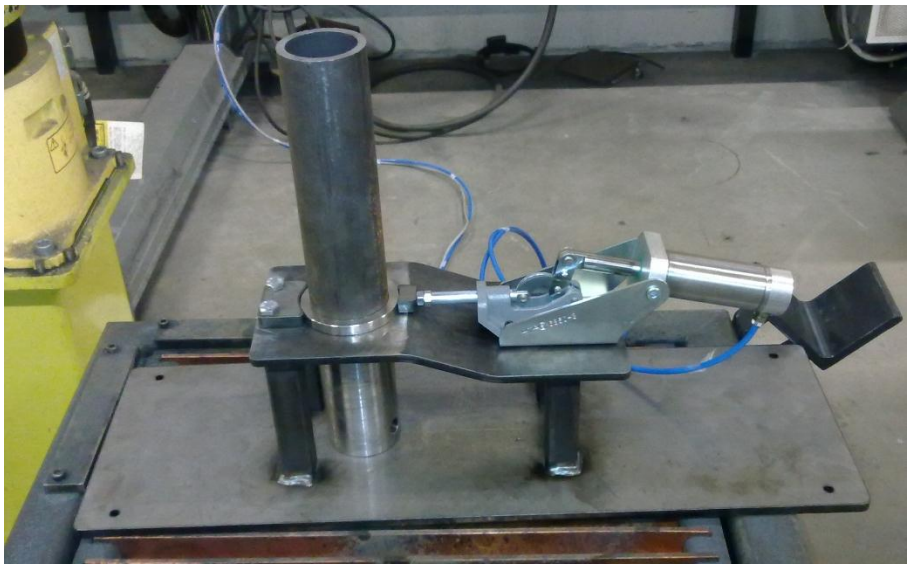
Ratesteel Oy:llä käytössä on useita erityyppisiä hitsauskiinnittimiä. Suurin osa käytössä olevista kiinnittimistä on silloituskiinnittimiä. Hitsauksen aikaisia kiinnittimiä on käytössä lähinnä roboteilla. Osa silloituskiinnittimistä on tuoteryhmäkohtaisia ja osa vain yhdelle tuotteelle suunniteltuja.

KUVA 3. Pankkojen silloituskiinnitin (Kauppinen 2012)

Metsäkoneen kuormatilan pankkojen silloituskiinnittimellä voidaan silloittaa useita erimallisia pankkoja (kuva 3). Pankon levyosat ovat itse paikoittuvia, jolloin silloituskiinnittimen päätehtäväksi jää rakenteen tukeminen ja silloitustyön nopeuttaminen. Silloituksen jälkeen pankot hitsataan robotilla. Robotilla on kaksipuolinen grillipöytä, johon on asennettu pankkojen hitsauskiinnitin (kuva 4).

KUVA 4. Pankkojen hitsauskiinnitin robotilla (Kauppinen 2012)

Ratesteelin toisessa robottisolussa on hitsausrobotin lisäksi kaksi kappaleenkäsittelijä robottia. Robottisolussa voidaan tehdä hitsauksen lisäksi kokoonpano ennen hitsausta. Yksi solussa kokoonpantava tuote on jatkoputki. Jatkoputken osat kappaleenkäsittelijä noutaa paleteilta ja asettaa ne hitsauskiinnittimeen. Hitsauskiinnittimessä on robotin I/0:lla ohjattava paineilmasylinteri, joka lukitsee ja paikoittaa putkeen hitsattavan holkin (kuva 5).



KUVA 5. Jatkoputkien kokoonpano- ja hitsauskiinnitin (Kauppinen 2012)

5 NOLLAPISTEKIINNITYS

5.1 Nollapistekiinnittimet

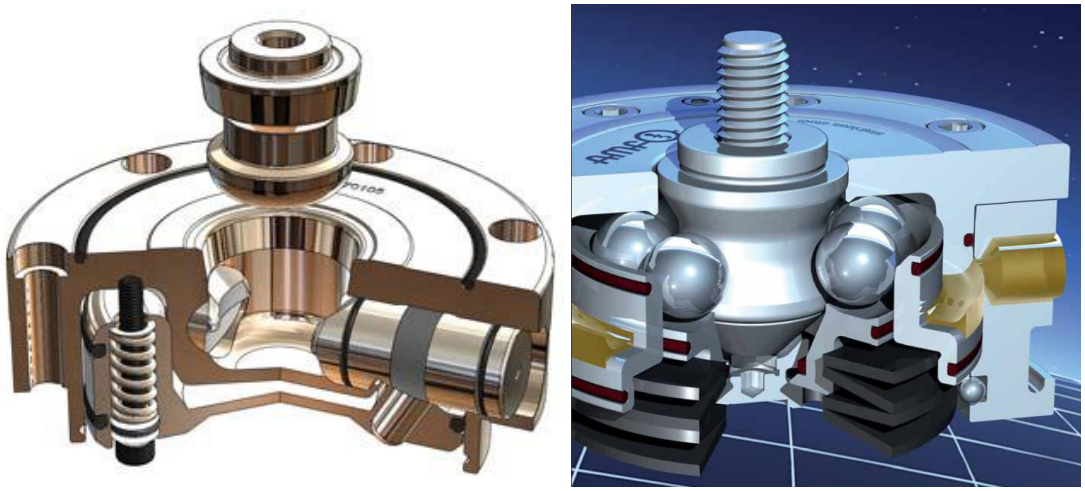
Nollapistekiinnittimet on suunniteltu lyhentämään asetusaikoja työstökoneille. Nollapistekiinnittimillä voidaan tuoda työstettävät aihiot tarkasti oikealle paikalle, jolloin nollapistettä ei tarvitse hakea aihion vaihdon yhteydessä. Yleisin valmistajien ilmoittama paikoitustarkkuus on 0,005 mm.

Nollapistekiinnittimiä on hydraulisesti ja pneumaattisesti avautuvia, yhteistä kaikille on jousikuormalla sulkeutuminen. Joissakin malleissa on paineilmaliitäntä jousikuorman avuksi. Paineilmalla autetaan jousta sulkeutumaan ja vahvistetaan nollapistekiinnittimen kiinnipysyvyyttä. Nollapistekiinnittimien veto/lukitus- ja pitovoima vaihtelee valmistajan ja nollapistekiinnittimen koon mukaan. AMF:n valikoimista löytyy pneumaattisesti suljettavia nollapistekiinnittimiä 0,23–30 kN veto/lukitusvoimilla ja 6–105 kN pitovoimalla. Pitovoima samankokoisilla nollapistekiinnittimillä on sama pneumaattisilla kuin hydraulisilla. Ero pneumaattisilla ja hydraulisilla kiinnittimillä tulee veto/lukitusvoimassa, esimerkiksi K5-mallissa pneumaattisella kiinnittimellä päästään 1,5 kN (max. 6 bar), kun taas hydraulisella sama voima on 5 kN (max. 60 bar). (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 11.)

		K02 Cat. p. 36	**K5** Cat. p. 37 and 46		**K10 und K10.2** Cat. p. 14, 38, 40, 43 and 47-48		**K20** Cat. p. 38-40, 43 and 47-48		**K40** Cat. p. 38, 40 43 and 47-48	
		pneum.	hydr.	pneum.	hydr.	pneum.	hydr.	pneum.	hydr.	pneum.
Pull-in/locking force in the system up to	[kN]	0,23	5	1,5	10	8,5	20	17	40	30
Holding force	[kN]	6	13	13	25	25	55	55	105	105
Service according to ... clamping cycles	[pce]	150.000	250.000	800.000	400.000	400.000	1.500.000	150.000	100.000	150.000
Min./max. operating pressure for opening	[bar]	6 / 14	50 / 60	8 / 12	50 / 60	8 / 12	50 / 60	8 / 12	50 / 60	8 / 12
Min./max. operating pressure for reclamping	[bar]	-	-	5 / 6	-	5 / 6	-	5 / 6	-	5 / 6
Opening volume	[cm³]	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	10,0	10,0	27,0	27,0
Closing volume	[cm³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pre-positioning	[mm]	1,0	4,0	4,0	6,5	6,5	12,0	12,0	12,0	12,0
Repeatability	[mm]	< 0,02	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

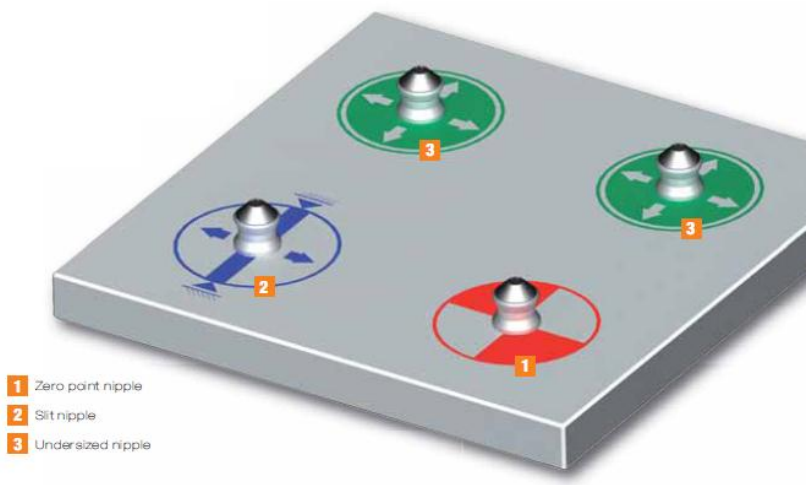
KUVIO 3. AMF nollapistekiinnitin vertailutaulukko (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 11)

Nollapistekiinnitinjärjestelmä koostuu nollapistekiinnitin elementistä, paikoitin- ja vetotapeista. Eri valmistajat tarjoavat erilaisia ratkaisuja vetotapin lukintaan nollapistekiinnittimellä. Schunk, OML ja Unilock luottavat lukituksessa sylinteriin, kun AMF käyttää nollapistekiinnittimissään teräskuulia (kuva 6).



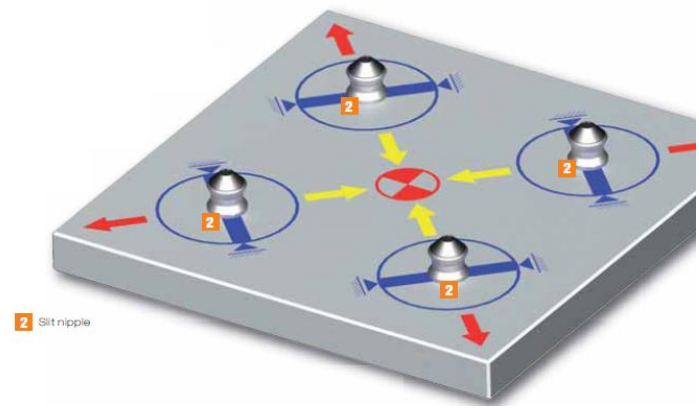
KUVA 6. Nollapistekiinnittimien rakenne ja vetotappi, vasemmalla Unilock ja oikealla AMF (Innotool Austria 2011; Andreas Maier GmbH & CO KG 2011)

Vetotappeja kaikilla valmistajilla on kolmea erilaista, kaikkiin suuntiin keskittävä nollapistetappi, yhteen suuntaan keskittävä paikoitustappi ja hiukan alikokoinen vetotappi. Varsinainen nollapistetappi (kuva 7, numero 1) on keskitetty täydellisesti suhteessa nollapistekiinnittimeen. Nollapistetappi ei kuitenkaan estä aksiaalista pyörimistä, jolloin pyörimisen vaikutus nollataan yhteen suuntaan keskittävällä tapilla (kuva 7, numero 2). Alikokoiset tapit toimivat vain vetotappeina. (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 71.)



KUVA 7. Perinteinen tappien asettelu (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 71)

Joissain tapauksissa kuvassa 7 esitetty järjestely ei toimi. Kuvassa 8 on vetotappeina käytetty ainoastaan yhteen suuntaan keskittäviä paikoitustappeja, mutta ne on asennettu kuvanmukaisesti siten, että ne paikoittavat nollapisteen keskelle tappeja. Kuvan 8 kaltainen järjestely on parempi kuumissa olosuhteissa sekä halutessa nollapiste keskelle kiinnittimiä. (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 71.)



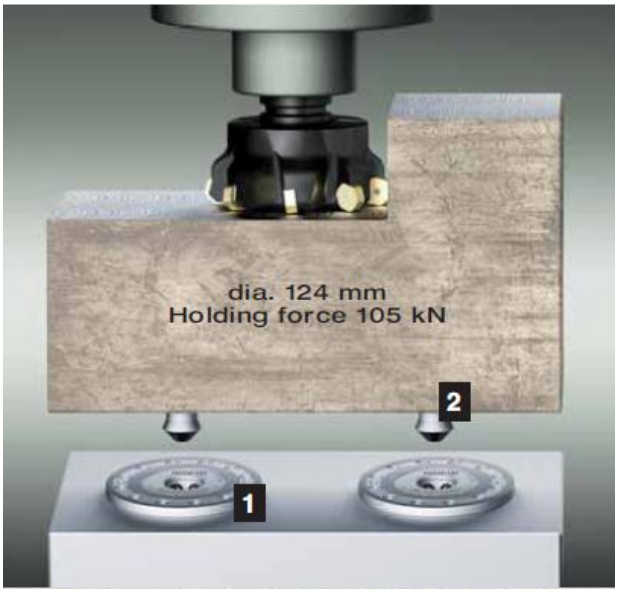
KUVA 8. Yhteen suuntaan keskittävillä tapeilla järjestettävä asettelu (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 71)

Nollapistekiinnittimiä ja vastakappaleita on myös muun mallisia kuin edellä esitetyt, muun muassa Schunkilta löytyy erityisesti paletointiin tarkoitettuja kiinnittimiä. Ero edellä esitettyihin nollapistekiinnittimiin tulee nollapistekiinnittimen ja vastakappaleen erosta. Paletointiin tarkoitetuissa kiinnittimissä vastakappale kiinnittyy nollapistekiinnittimeen sisäkehästään. Kuvassa 9 esitetty nollapistekiinnitin ratkaisu on suunniteltu automatisoituun paletin vaihtoon. Etu tappimallisiin nollapistekiinnittimiin verrattuna on nollapistekiinnittimen rakenteen muotoilu, joka ei ole niin altis lialle ja lastuille. (Schunk Stationary workholding 2011, 68—69.)

KUVA 9. Schunk paletti nollapistekiinnitin ja kiinnityskappale (Schunk Stationary workholding 2011, 69)

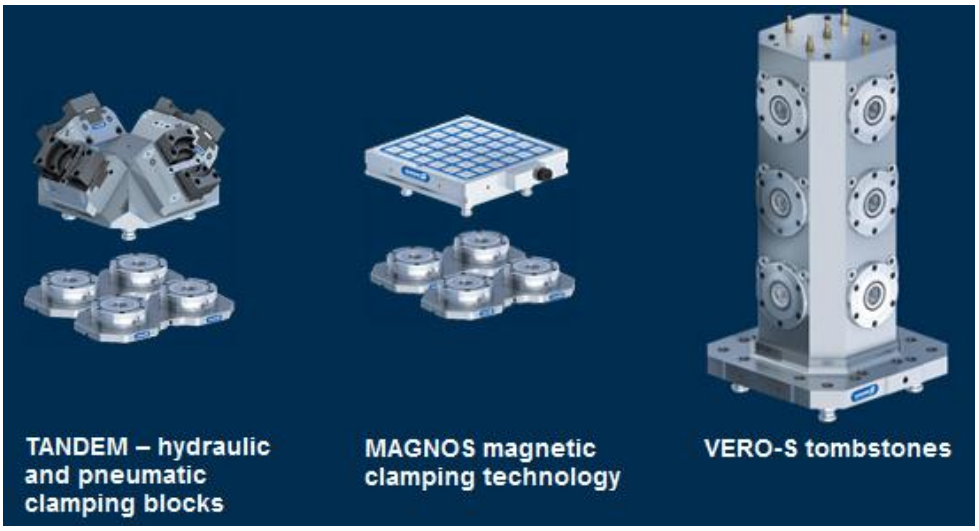
5.2 Nollapistekiinnitin sovelluksia

Nollapistekiinnityksen parhaita puolia asetusajan pienentämisen lisäksi on mahdollisuus kiinnittää aihio työstökoneeseen ilman erillisiä kiinnittimiä. Tämä onnistuu kiinnittämällä veto-paikoitustapit suoraan työstettävään aihioon (kuva 10). Tätä ominaisuutta voi hyödyntää myös hitsauksessa, jos kappale on vapaasti hitsattavissa sekä siihen on mahdollista tehdä valmiit kiinnityspisteet veto/paikoitustapeille.



KUVA 10. AMF:n esimerkki kappaleen kiinnittämisestä nollapistekiinnittimillä (Andreas Maier GmbH & CO KG 2011, 4)

Nollapistekiinnitystä voidaan hyödyntää myös työstettäessä useita kappaleita samassa paletissa. Palettiin voidaan asettaa aihiot työstökoneen ulkopuolella, jonka jälkeen paletin voi kokonaisuudessaan siirtää työstökoneelle asetettuihin nollapistekiinnittimiin. Nollapistekiinnitin valmistajilla on valikoimissaan myös valmiita kiinnitinmoduuleja. Kuvassa 11 on Schunkin neljän nollapistekiinnittimen alusta ja sille käyviä moduuleja. Ensimmäisinä on moduuli, jossa on neljä puristinta. Toisena on magneettilevy ja kolmantena on torni, jossa on 12 nollapistekiinnitintä. (Schunk GmbH & Co. KG 2012)



KUVA 11. Schunkin vaihtoehtoja valmiista paleteista (Schunk GmbH & Co. KG 2012)

5.3 Nollapistekiinnittimen valinta

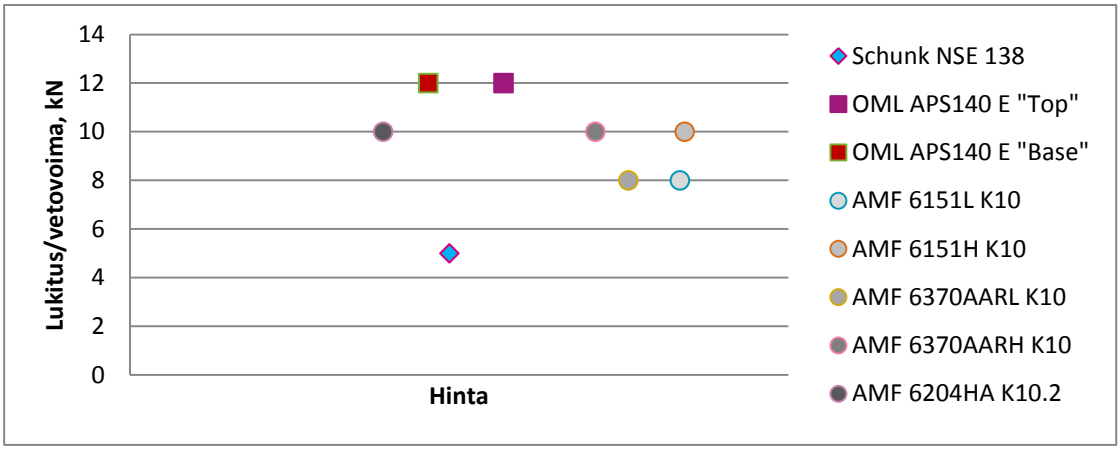
Vertailuun otettiin Schunk NSE 138, OML APS 140 E sekä AMF 6151 K10, 6370AAR K10 ja 6204 K10.2. Schunk ja OML ovat paineilma avautuvia. AMF:n K10 mallit on saatavana hydraulisesti, että pneumaattisesti avautuvina, K10.2 on saatavana vain hydraulisesti avautuvana. AMF:n hydraulisen ja pneumaattisen kiinnittimen erottaa mallissa olevasta L tai H merkinnästä, H = hydrauliikka.

TAULUKKO 1. Vertaillut nollapistekiinnittimet

Valmistaja	Malli	Käyttö-voima	Paine, bar	Lukitus/veto-voima, kN	Pitovoi-ma, kN
Schunk	NSE 138	PI	6	5	35
Schunk	NSE plus 138	PI	6	7,5	35
OML	APS140 E "Top"	PI	6	12	30
OML	APS140 E "Base"	PI	6	12	30
AMF	6151L K10	PI	6	8	25
AMF	6151H K10	HYD	50	10	25
AMF	6370AARL K10	PI	6	8	25
AMF	6370AARH K10	HYD	50	10	25
AMF	6204HA K10.2	HYD	50	10	25

Kaikki vertailussa olleet nollapistekiinnittimet, paitsi AMF 6204HA K10.2, olivat kuorellisia ja niiden asennus tapahtui pulteilla tai erillisillä asennusrenkailla. AMF 6204HA K10.2 on edullinen malli, jossa ei ole kuorta vaan se asennetaan tarkasti koneistettuun poteroon. Poteroon on koneistettava myös kanavat hydrauliikalle, kun muissa nollapistekiinnittimissä on liitännät kiinnittimen kuoressa.

Toimittajilta pyydettyjen tarjousten jälkeen hintavertailussa jäljelle jäivät edullisimmat pneumaattiset nollapistekiinnittimet Schunk NSE 138 ja OML APS140E:t. OML APS140E ”Base” versio on riisuttu malli ”Top”-mallista. Ero mallien välillä on muun muassa turbotoiminnossa ja paineilmapuhdistuksessa. Schunk NSE 138 sisältää turbo-toiminnon, muttei paineilmapuhdistusta. Paineilmapuhdistusta ei nähty tuodun lisähinnan arvoiseksi. Nollapistekiinnittimien kokonaishintaan vaikuttaa myös vetotapit, joiden hinnoissa ei valmistajien kesken ollut kovin suurta eroa.



KUVIO 4. Lukitusvoima suhteessa hintaan

Lukitusvoimaltaan (kuvio 4) OML:n nollapistekiinnittimet ovat yli kaksinkertaisia Schunkiin verrattuna, mutta koska jo Schunkin kiinnitysvoima on riittävä, ei ylimääräisellä lukitusvoimalla ollut suurta merkitystä valintaan. Suurimmiksi valintaan vaikuttaneiksi asioiksi nousi käyttövoima, hinta ja nollapistekiinnittimen koko. Schunk NSE 138 oli sopivampi paletin geometriaan, joten valinta kohdistui lopulta siihen. Suurin merkitsevä geometrinen ominaisuus oli poteron syvyys. Schunk:n kiinnittimien 15,7mm oli mahdollista koneistaa jo 20 mm levyyn, kun OML:n olisi vaatinut 30mm levyn.

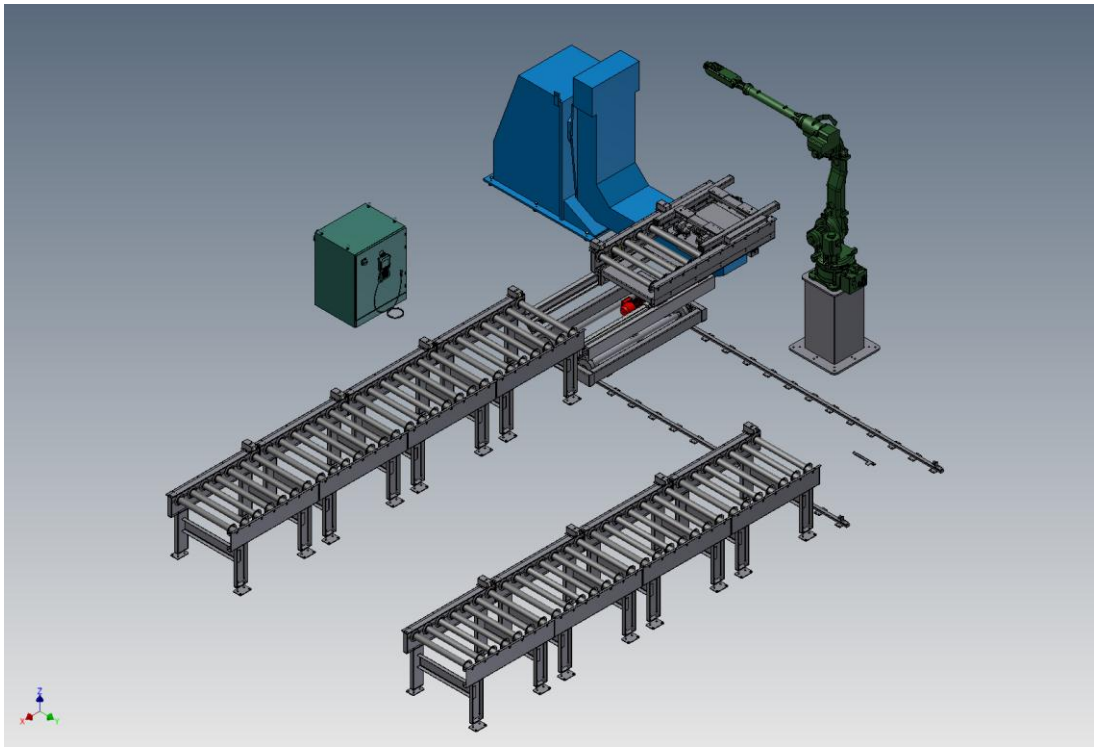
TAULUKKO 2. Nollapistekiinnittimien mitat

Valmistaja	Malli	Ulko Ø, mm	Korkeus tasosta, mm	Potero Ø, mm	Upotus tasosta, mm	Paino, kg
Schunk	NSE 138	138	39	110	15,7	4,5
Schunk	NSE plus 138	138	39	110	16,7	4,4
OML	APS140 E "Top"	140	32	115	27,7	4,5
OML	APS140 E "Base"	140	32	115	27,7	4,5
AMF	6151L K10	100	24	67	5,9	1,35
AMF	6151H K10	100	24	67	5,9	1,35
AMF	6370AARL K10	78	30	0	0	0,9
AMF	6370AARH K10	78	30	0	0	0,9
AMF	6204HA K10.2	112	8	50	22	0,6

6 MOTOMAN-SOLU

6.1 Solun esittely

Ratesteel Oy:lle hankittu Motoman robottihitsaussolu sisältää Motoman MH50-20 hitsausrobotin, Motoman MT1-1500 kappaleenkäsittelypöydän paletin vaihtolaitteistolla sekä rullaradan hitsaukseen tuleville ja valmiille tuotteille. Hitsauslaitteistona on Fronius. Hitsaukseen tulevien ja valmiiden tuotteiden siirrosta vastaa paletinvaihtaja. Kuvassa 12 on Yaskawa Finland Oy:n 3d-mallinnos Ratesteel Oy:lle hankitusta solusta.



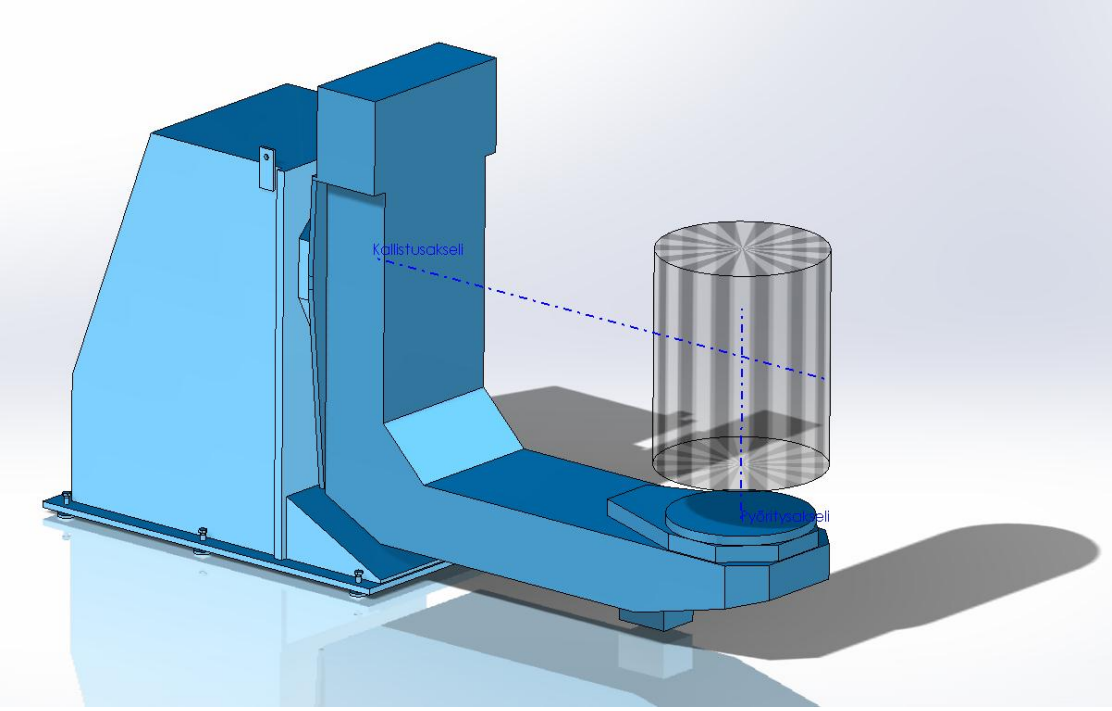
KUVA 12. Motoman hitsausrobottisolu (Yaskawa Finland Oy 2011)

6.1.1 Kappaleenkäsittelijä

Kappaleenkäsittelijän maksimi kuormankäsittelykyky on 1 500 kg. Maksimimomentti staattisella kuormalla on 6 632 Nm, jolloin kaava 6.1 mukaisesti painopisteen etäisyys täydellä kuormalla saa olla enintään 450 mm kallistusakselista. Pyöritysakselin maksimomentti on 5 184 Nm. Maksimikuorman voimassaolo alue on kuvattu kuvassa 12.

Painopisteen maksimi etäisyys l kallistusakselista:

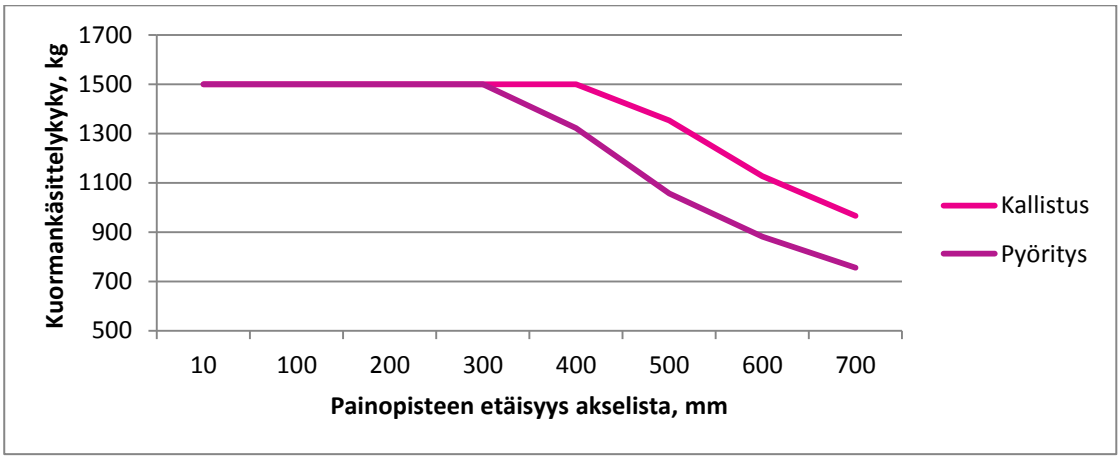
$$\frac{M}{m \times g} = l \qquad [\text{ m }] \qquad (6.1)$$



KUVA 13. Maksimikuorman voimassaolo alue (Instruction manual MT1-1500S2N 2008)

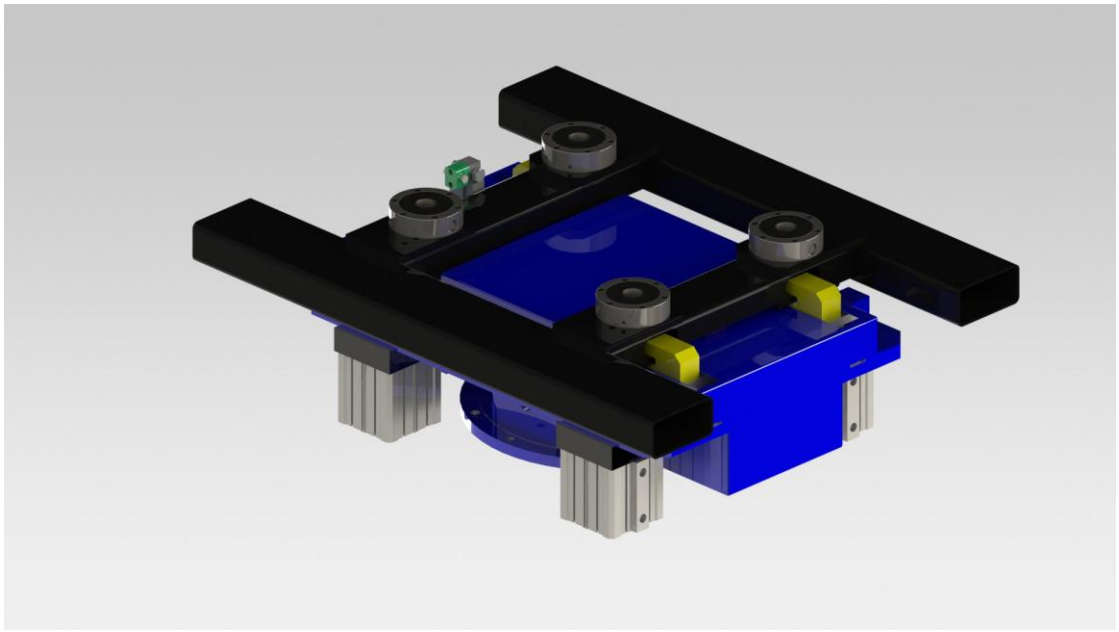
Kallistusakselin kuormankäsittelykykyyn vaikuttaa paletinkiinnitin, paletti, hitsauskiinnitin ja hitsattava tuote. Paletinkiinnittimen ja paletin yhteinen painopiste on aina samassa kohti, hitsauskiinnitin ja hitsattava tuote muuttavat kokonaispainopistettä. Kokonaispainopisteen erkaneminen maksimikuorma-alueelta vaatii erittäin suuren painon kallistusakselin yläpuolelle. Tästä syystä voidaan todeta painopisteen pysyvän aina maksimikuorma-alueella.

Kallistusakseliin verrattuna pyöritysakselin kuormankäsittelykyky alenee nopeasti painopisteen ollessa yli 300 mm päässä pyöritysakselista. Kun pyöritysakselin maksimikuorma-alue ylitetään, alkaa lähestyä paletin ulkomitat, se johtaa samalla paletin vakauden heikkenemiseen. Painopisteen ollessa ulkona paletin ulkomitoista paletin kaatumisriski kasvaa. Kuviossa 5 on esitetty etäisyyden vaikutus kuormankäsittelykykyyn.



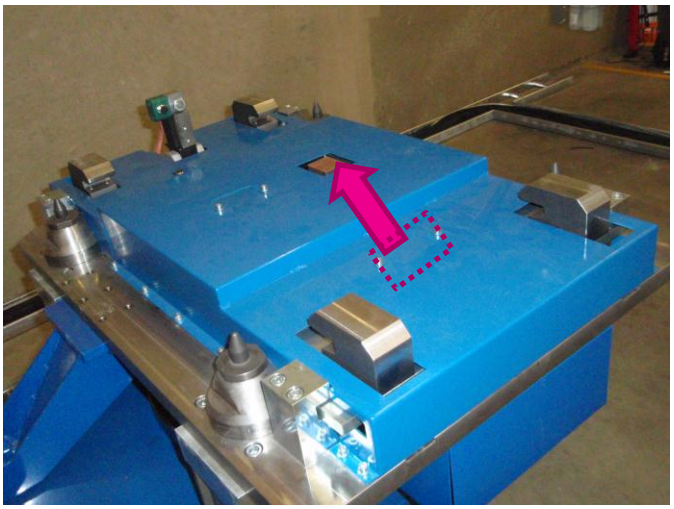
KUVIO 5. Etäisyyden vaikutus kuormankäsittelykykyyn

Paletinkiinnitin on asennettu kappaleenkäsittelijään. Paletinkiinnitin painaa 350 kg. Kuvassa 14 on myös paletti, jolla hitsattavat tuotteet liikkuvat järjestelmässä. Kuvan 14 paletilla on Schunk nollapistekiinnittimet.



KUVA 14. Paletinkiinnitin ja paletti

Yaskawan alkuperäisessä suunnitelmassa hitsauksen maadoitus oli johdettu suoraan paletin runkoon. Tämä haluttiin muuttaa, koska maadoituksen ei haluttu kulkevan nollapistekiinnittimien läpi. Tästä aiheutui paljon lisää suunnittelutyötä, varsinkin hitsauskiinnittimien kytkentää palettiin ajatellen. Paletinkiinnittimeen liittyvä suunnittelutyö tehtiin Yaskawalla (kuva 15). Opinnäytetyössä maadoituksen suunnittelu kohdistui paletinkiinnittimen ja hitsauskiinnittimen kontaktin varmistamiseen.

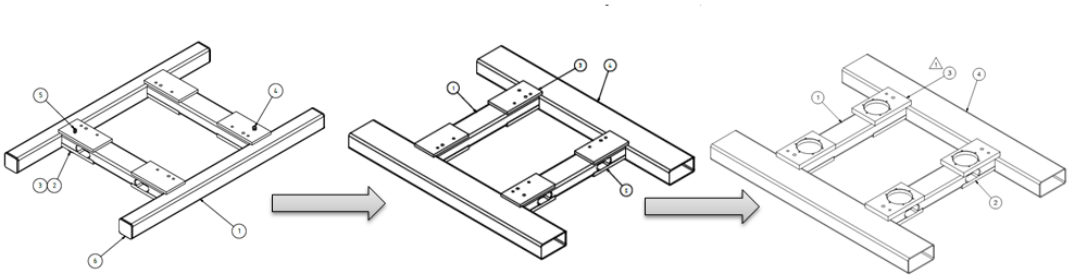


KUVA 15. Maadoituspisteen muutos

Kokonaisuudessaan muutoksia järjestelmään Yaskawa Oy:ltä pyydettiin paletinkiinnittimen maadoituslaahaimen paikan muuttamiseksi, paletin ja tuotteen tunnistukseen sekä paletin rakenteeseen. Paletin rakenteeseen tehdyt muutokset esitetään luvussa 6.2. Kaikki tässä työssä pyydetyt muutokset robottijärjestelmään suunnitteli ja toteutti Yaskawa Finland Oy.

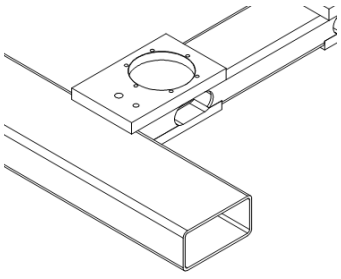
6.2 Paletti

Palettiin on tehty järjestelmän lähtökohtaan verrattuna suurimmat muutokset (kuva 16). Alkuperäinen paletti oli massaltaan 64,5 kg ja sen sivuputket olivat 80x80 neliöputkea. Ensimmäiseksi sivuputket muutettiin 120x80 putkesi, koska paletteja haluttiin siirtää myös trukilla.



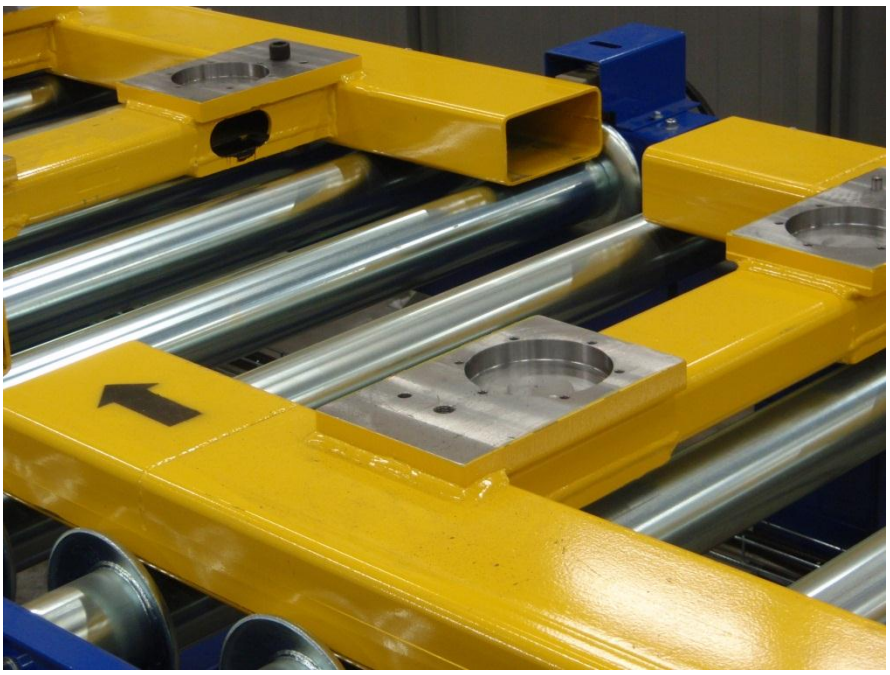
KUVA 16. Paletin kehitysversiot

Viimeisimpään versioon muutettiin yläpuolen levyjen mitoitus ja koneistuskuva. Viimeisten muutoksien jälkeen paletille on mahdollista asentaa Schunk nollapistekiinnittimet. Paletissa on myös kierteet hitsauskiinnittimen kiinnittämiseksi pulteilla, ilman nollapistekiinnittimiä (kuva 17). Ero nollapistekiinnittämisen ja ruuvikiinnittämisen välillä tulee ainoastaan korkeudessa, Schunk NSE 138:n korkeus 39 mm. Tämä on huomioitava robotin ohjelmoinnissa, mikäli solussa käytetään sekaisin kumpaakin kiinnitystapaa. Ero voidaan tunnistaa esimerkiksi robotin hauilla. Viimeisimmän version paletti painaa 83,6 kg, ilman kiinnittimiä.



KUVA 17. Paletissa olevat hitsauskiinnittimen kiinnityspisteet

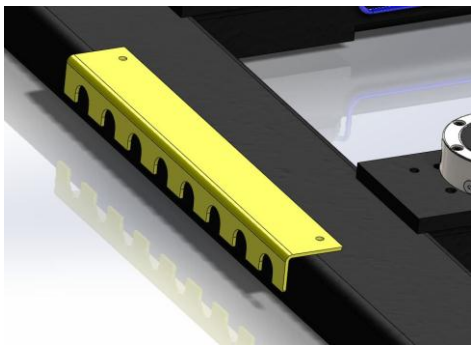
Paletin nollapistekiinnittimien asennus suunniteltiin epäsymmetriseksi, jotta hitsauskiinnittimen voi asentaa vain yhdessä asennossa. Tällä haluttiin varmistaa paletin ja tuotteen asennon pysyminen samana. Paletti on syötettävä tunnistuksen ja maadoituksen takia aina samalla tavalla järjestelmään. Estämällä hitsauskiinnittimen asennus ”väärinpäin”, saadaan myös tuote aina samassa asennossa kappaleenkäsittelijälle. Tällöin ei tarvitse varmistaa tuotteen asentoa ennen hitsausohjelman aloitusta. Paletin kulkusuunta merkittiin palettiin maalatulla nuolella (kuva 18).



KUVA 18. Paletin kulkusuunta (Kauppinen 2012)

6.2.1 Paletin ja tuotteen tunnistus

Robottisolu on tarkoitus saada niin lähelle miehittämätöntä toimintaa kuin mahdollista, tästä syystä seuraavana linjalla oleva tuote on voitava tunnistaa ja ladata sille tarkoitettu hitsausohjelma. Tunnistuksen toteuttamiseksi on useita tapoja, joista parhaan valinta ei ole yksinkertainen tehtävä. Yaskawan vakio ratkaisu on reikälevy tunnistus induktiivisilla antureilla. Muita mahdollisia tunnistustapoja on tässä työssä esitellyt viivakooditunnistus ja väritunnistus.



KUVA 19. Paletin tunnistus, reikälevy

Reikälevyn tunnistuksen on Yaskawa toteuttanut kahdeksalla induktiivisella anturilla, joilla reikälevyn avonaiset ja suljetut kohdat voidaan tunnistaa (kuva 19). Tällä tunnistetavalla saadaan 255 erilaista I/O yhdistelmää, joista robotin ohjelmisto ohjelmoidaan tunnistamaan hitsattava tuote. Tunnistettuja ongelmia reikälevytunnistuksessa on tunnistelevyjen hankinta, I/O porttien kulutus ja tunnisteen vaihdettavuus palettiin. Lisäksi reikälevyjen varastointi vaatii huomiota.

Viivakooditunnistus perustuu optiseen tunnistukseen, jossa viivakoodinlukija tunnistaa lähettämänsä laserin takaisin heijastuksen. Tunnistus tapahtuu binäärisesti. Saatu binäärikoodi käsitellään lukijassa ja lähetetään eteenpäin järjestelmässä käytetyssä formaatissa. Laser-käyttöisten viivakoodinlukijoiden lisäksi on käytössä myös kamera tunnistimia, jotka tunnistavat koodin binäärikoodin sijaan kuvana. (Sick Oy 2011.)

KUVA 20. 1D-Viivakoodin tunnistus (Sick Oy 2011)

Perinteisen 1D-viivakoodin (kuva 20) lisäksi on olemassa 2D-viivakoodi (kuva 21), jolla saadaan paljon dataa pienelle alueelle. Maailmanlaajuisesti käytetyin 2D-viivakoodi on Matrix-koodi, jonka etuja on suuri tietomäärä pienellä alueella, suuri lukuvarmuus ja viivakoodi on luettavissa vaikka 30 % siitä olisi tuhoutunut. (Sick Oy 2011.)

KUVA 21. 2D-viivakoodi (Sick Oy 2011)

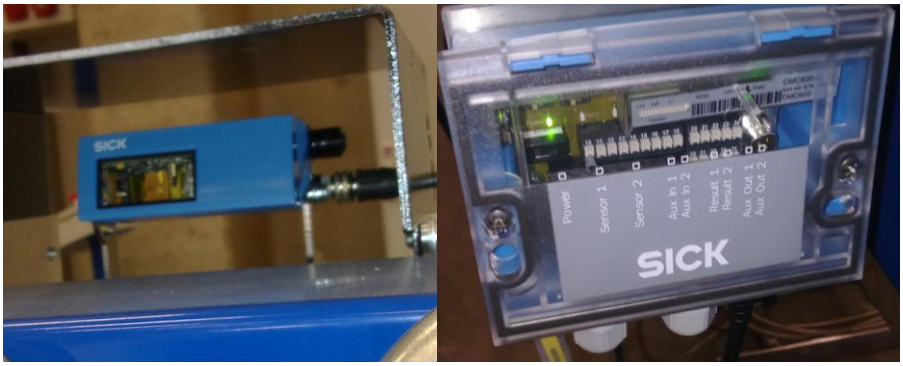
1D-Viivakooditunnistuksessa on useampia vaihtoehtoja tunnistekortin luomiseen. Kuvassa 22 tunnistukseen käytettävä viivakoodi on luotu Dymo-tarralle. Viivakoodin voi myös sisällyttää työkorttiin, jolloin työkortti toimii myös robotin työkorttina. Viivakoodin etuna on uusi tunniste jokaiselle hitsattavalle tuotteelle, jolloin tunnisteen kunnon heikkeneminen ajan myötä ei ole ongelma. Viivakoodiksi voidaan laittaa tuotteen nimike. Tällöin tuotteen nimike, tunnistettava tieto ja robotin ohjelman nimi ovat samoja. Järjestelmä tunnistaa viivakoodin ja hakee viivakoodi tuloksen perusteella ohjelman. Viivakoodin haitoiksi voidaan katsoa tulostaessa paperin syttymisherkkyys, paperin oikea taitto ja asetus, jotta lukija kykenee viivakoodin lukemaan. Dymo-tarran pieni koko pienentänee palovaaraa.

KUVA 22. Viivakoodi tunnistetarra

Optinen värianturi tunnistaa sille opetetut värit. Suurin ongelma väritunnistuksessa on, että anturi, mallista riippuen, tunnistaa vain 3–4 eri väriä. Tällöin automatisoidun toiminnan järjestämiseksi tarvittaisiin lisäksi muu tunnistus, jotta kaikki robotilla hitsattavat tuotteet voitaisiin tunnistaa. Esimerkkinä tunnistuksesta, värillä tunnistettaisiin tuoteryhmä ja robotin hauilla tarkka tuote. Värikoodaus toimii, jos hitsattavia tuotteita olisi vähän ja tuoteryhmässä olevat tuotteet olisivat riittävän erilaisia robotin tunnistushaun onnistumisen kannalta. (Sensorola Oy 2012.)

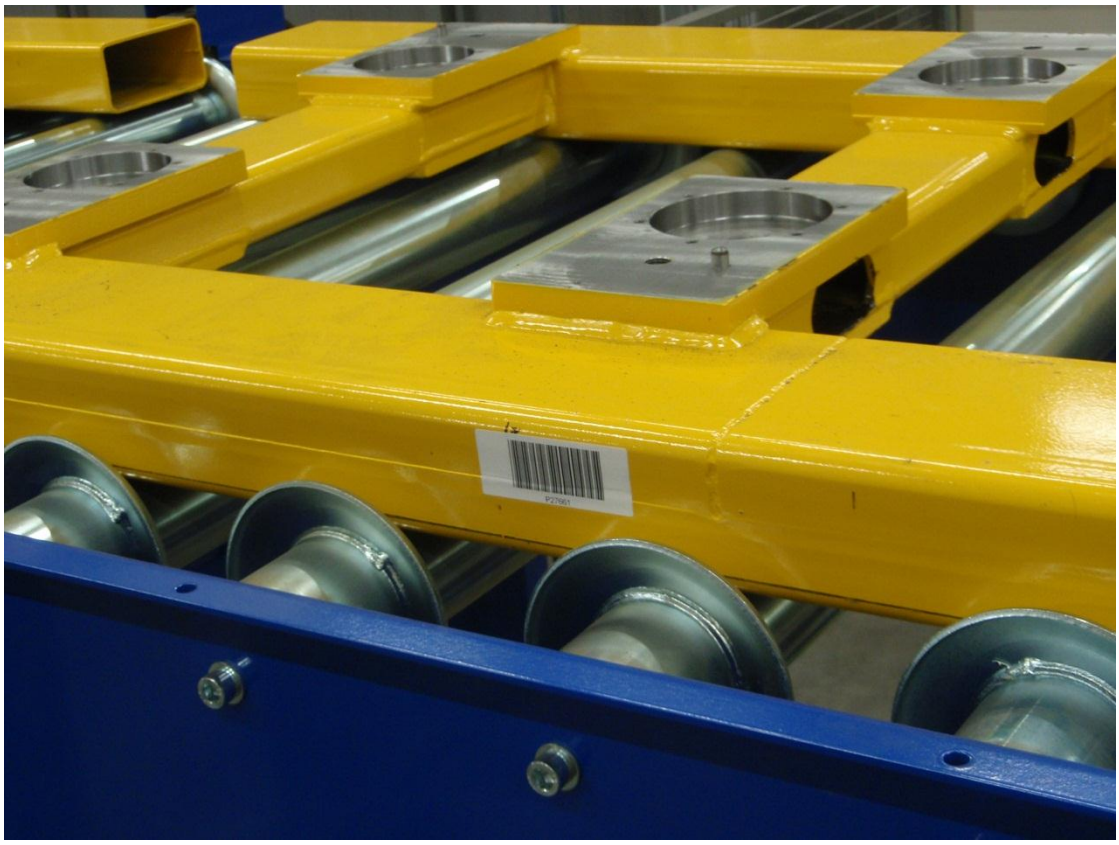
Paletin tunnistustavaksi valittiin 1D-viivakooditunnistus. Viivakooditunnistus aiheutti lisäkustannuksia järjestelmän hankintahintaan, mutta sillä saavutetun hyödyn katsottiin olevan lisäkustannuksen arvoinen. Viivakoodinlukijassa on myös Ethernet-liitäntä, joka mahdollistaa, teoriassa, tiedonsaannin tuotannon reaaliaikaiselle seurannalle. Reaaliaikainen seuranta lienee mahdollista saada myös suoraan robotilta. Reaaliaikaisen seurannan todellisia mahdollisuuksia ja vaatimuksia ei tässä työssä selvitetty.

Ratesteel Oy:lle tuleva viivakoodijärjestelmä on Sick Ag:n valmistama ja Yaskawan robotille liittämä. Järjestelmässä on viivakoodinlukija ja liitäntäyksikkö. Viivakoodinlukija on Sick CLV631-0120 ja liitäntäyksikkö CDB620-001, johon on asennettu lisäksi CMC600 moduuli (kuva 23). CMC600 moduulilla saadaan I/O-kytkennät ja parametrit pysymään viivakoodinlukija järjestelmässä, vaikka viivakoodinlukija jouduttaisiin vaihtamaan. Viivakoodinlukija kytketään liitäntäyksikköön CAN-RS-liitännällä. Liitäntäyksikkö muuttaa signaalin sarjaliitännäksi, joka syötetään robotille.



KUVA 23. Viivakoodinlukija ja liitäntäyksikkö

Mahdollinen ongelmatilanteen aiheuttaja viivakoodeilla on väärän koodin asetus palettiin. Väärä viivakoodi voi johtaa robotin törmäykseen, koska robotti lataa hitsausohjelman koodin mukaan. Väärän viivakoodin asennus ongelma pyritään poistamaan asettamalla aina uusi viivakoodi syötettäessä paletti radalle ja poistamalla vanha paletin radalta poiston yhteydessä. Tämä vaatii käyttäjältä ymmärrystä toiminnasta, jotta viivakoodi tulee aina vaihdettua. Viivakoodin paikka paletissa on esillä kuvassa 24. Inhimillisen virheen mahdollisuutta ei voi pois sulkea millään vaihtoehtoina olleista tunnistustavoista.



KUVA 24. Viivakooditunniste paletissa

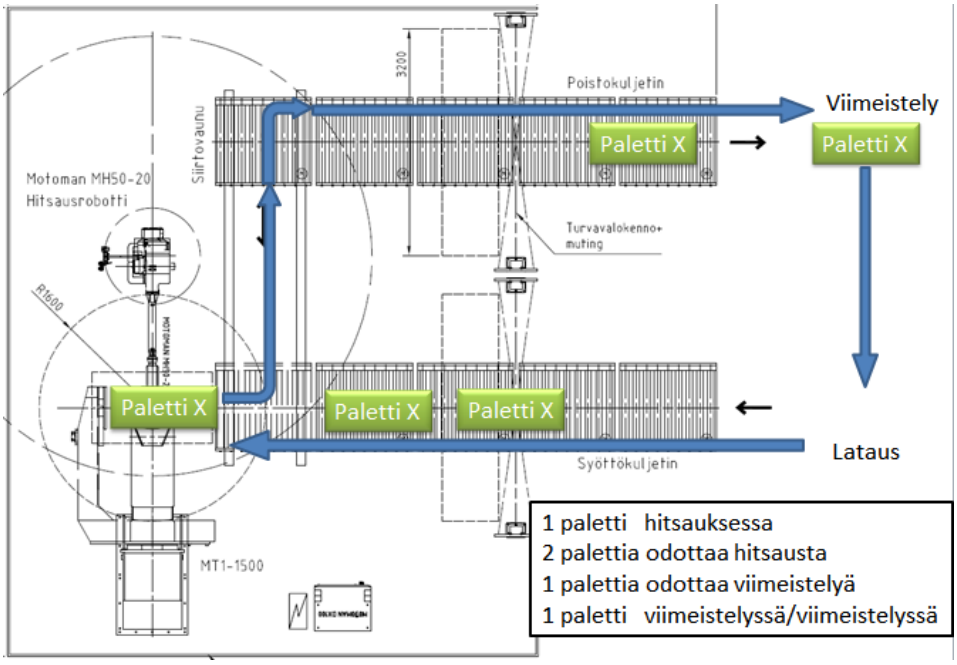
Muita mahdollisia tunnistuksesta aiheutuvia ongelmia ovat viivakoodin lukemisen epäonnistuminen ja virheellisesti luettu viivakoodi. Epäonnistunut luku aiheuttaa järjestelmässä virheen, joka vaatii operaattorilta oikean ohjelman ajon tai paletin siirron pois järjestelmästä. Virheellinen lukutulos voi pahimmillaan johtaa väärän ohjelman ajoon ja siitä johtuvaan robotin törmäykseen. Törmäysvahinkojen minimoimiseksi robotin ohjelmat on aloitettava maltillisella nopeudella.

6.2.2 Hitsauskiinnittimen kytkentä palettiin

Yhtenä vaatimuksena suunnittelussa on ollut mahdollistaa hitsauskiinnittimien mahdollisimman vaivaton vaihto paleteille. Tämä on tärkeää, koska tarkoitus on optimoida palettien määrä. Ideaalitapauksessa samat paletit kiertävät rataa kokoajan, vain hitsauskiinnitin ja sillä hitsattava tuote vaihtuu. Palettien kiertoa tarkasteltiin, jotta löydettäisiin paras mahdollinen palettimäärä.

Tarkastelussa havaittiin, että palettiradan katkeamaton toiminta vaatii (kuvio 6)

- minimikäytöllä vähintään 3 palettia, joista yksi on hitsauksessa, yksi odottaa hitsausta ja yksi on viimeistelyssä tai latauksessa
- optimikäytöllä 5 palettia, joista yksi on hitsauksessa, kaksi odottaa hitsausta, yksi odottaa viimeistelyä ja yksi on viimeistelyssä tai latauksessa
- maksimikäytöllä 6—8 palettia, joista yksi on hitsauksessa, 2—3 odottaa hitsausta, 1—2 odottaa viimeistely, yksi on viimeistelyssä ja yksi on latauksessa

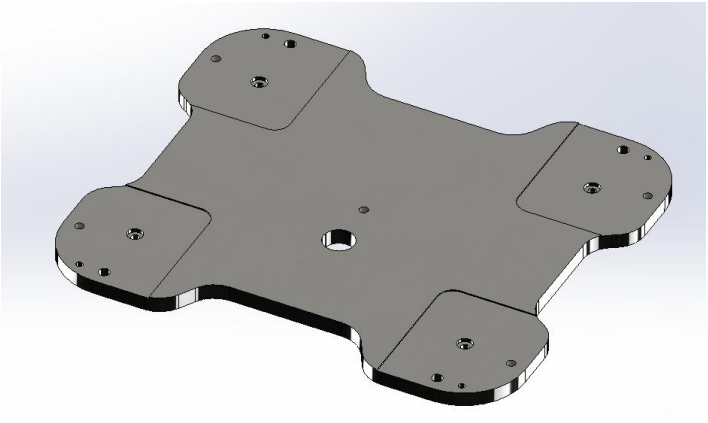


KUVIO 6. Palettien optimikäyttö

Käyttöönoton alkuvaiheessa paletteja päätettiin valmistaa 3 kappaletta, joilla saadaan solu käyntiin ja voidaan aloittaa testaukset. Vähäisellä palettimäärällä kiinnittimen vaihdon helppous korostuu. Kiinnittimien vaihdon helpottamisen takia paleteissa on nollapistekiinnitys mahdollisuus.

Osalle solussa hitsattavaksi suunniteltuja tuotteita on suunniteltu hitsauskiinnittimiä Savonia-ammattikorkeakoulun hitsauskiinnitin kurssilla. Nämä hitsauskiinnittimien suunnitelmat tulevat Ratesteel Oy:n käyttöön ja niitä voidaan hyödyntää sellaisenaan tai osaa niistä. Kaikki Savonia-ammattikorkeakoululla suunnitellut hitsauskiinnittimet pitää kuitenkin sovittaa käytössä oleviin paletteihin.

Paletille suunniteltiin universaali hitsauskiinnittimien pohjalevy, jonka on tarkoitus toimia kaikissa hitsauskiinnittimissä (kuva 25). Pohjalevy on protovaiheessa koneistettava 25 mm levyleike, koska levyn tulee olla riittävän jäykkä ja pitää muotonsa kaikkien hitsattavien tuotteiden kanssa. Koneistettavaa pohjalevyssä on ohjaustappien reiät ja reiät pulttikiinnitykselle, nollapistekiinnittimen tappien asennus paikat sekä tasopinnat paletin kiinnitystasojen alueelle.



KUVA 25. Pohjalevyn koneistus

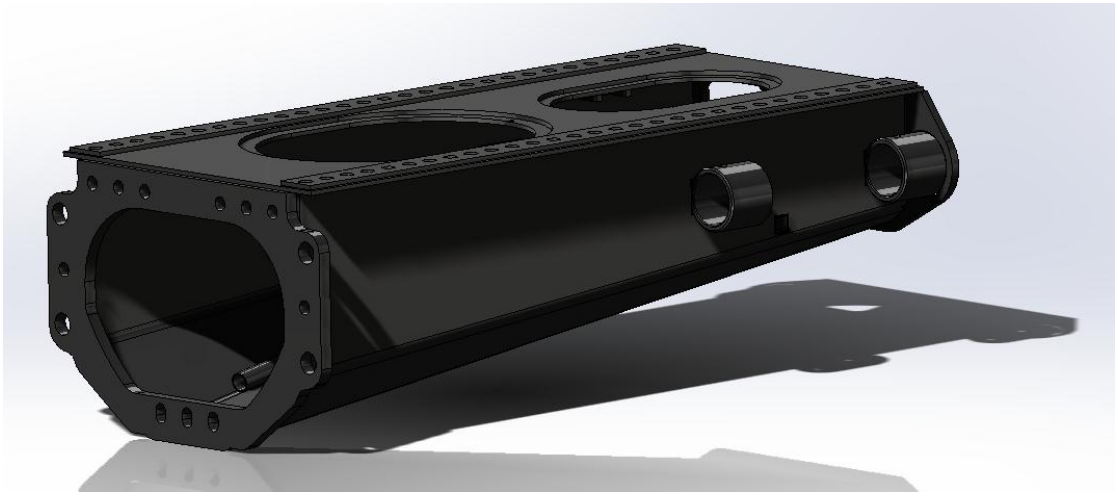
Koska pohjalevy ei yletä paletin käsittelijän maadoituspisteeseen, pohjalevyyn suunniteltiin maadoituksen aikaansaamiseksi maadoitusholkki ja maadoitustappi. Maadoitustappi toimii yhteytenä maadoituslaahaimen ja hitsauskiinnittimen välissä. Maadoitustappista tulee maadoituskaapeli hitsauskiinnittimenrunkoon, jolloin maadoituksen siirtyminen saadaan mahdollisimman varmasti johdettua kiinnittimen runkoon. Erillinen maadoituskaapeli mahdollistaa myös hitsattavan kappaleen suoran maadoituksen, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Protovaiheessa maadoitustappi on rakenneterästä, mutta parhaan mahdollisen maadoituksen varmistamiseksi materiaali voidaan vaihtaa jatkossa kupariin. Maadoitustapin ulottuma on säädettävä ja se on otettavissa pois maadoitusholkista. Tämä on tarpeen, koska maadoitustappi on saatava pois paikaltaan, kun pohjalevy ei ole paletissa.

7 HITSAUSKIINNITIN ROBOTILLE

Työn suurimpana tavoitteena oli suunnitella robottihitsauskiinnitin takarungonjatkeelle. Nykyisin takarungonjatkeet hitsataan kokonaisuudessaan käsin. Jatkossa takarungonjatkeet silloitetaan käsin ja hitsataan robotilla uudessa robottihitsaussolussa.

7.1 Hitsattava tuote: takarungonjatke

Tuote, jolle hitsauskiinnitin suunniteltiin, on Ponsse metsäkoneen takarungonjatke (kuva 26). Takarungonjatke on yksi uudella robottihitsaussolulla hitsattavaksi suunniteltuista tuotteista. Takarungonjatkeita on useita malleja, isoille ja pienemmille koneille on omat mallit, joista on yleensä kahta pituutta. Lisäksi on Dual-, vinssikotelo- ja pihtipankkomallit. Valmistuksessa on myös varaosamalleja. Ratesteel:n toiminnanohjausjärjestelmä tuntee 19 erilaista jatketta. Osa takarungonjatkeista on hitsauksen jälkeen maalattavia ja osassa jatkeen kiinnitystaso koneistetaan ennen maalausta.



KUVA 26. Takarungonjatke (Ponsse Oyj 2011)

Koneistamattomissa takarungonjatkeissa kiinnitystason muodonmuutokset ovat ongelma, jonka hallintaan pitää kiinnittää hitsauksessa huomiota. Tästä syystä takarungonjatkeiden kiinnitystason koneistus suoritetaan hitsauksen jälkeen. Ongelma hitsauksen jälkeisessä koneistuksessa on sen tuoma lisähinta tuotteelle. Hyvin suunnitelluilla ja testatuilla hitsauskiinnittimillä voitaisiin pienentää tai poistaa jälkikoneistuksen tarve.

Takarungonjatkeet hitsataan tällä hetkellä käsin ja hitsauskiinnittimiä käytetään vain kiinnityslaipan ja takapään liukuholkkien asemoitiin. Näissä kohteissa on erittäin tärkeää, että ne ovat kohdistettu oikein muihin osiin nähden. Kiinnityslaipan ollessa oikeassa asennossa kansilevyn kanssa asettuu takarungonjatke hyvin metsäkoneen takarungon jatkoksi. Takapään liukuholkkeihin voidaan asentaa tarvittaessa jatkopankko.

Tässä opinnäytetyössä hitsauskiinnitin on suunniteltu pääsääntöisesti isompien koneiden pitkälle ja lyhyelle takarungonjatkeelle, jotka koneistetaan hitsauksen jälkeen. Massaa 1 760 mm pitkällä jatkeella on 258 kg ja lyhyemmällä 1 500 mm pituisella 225 kg. Edellä mainittuja jatkeita valmistettiin vuonna 2011 lukumääräisesti eniten.

7.2 Takarungonjatkeen hitsauskiinnittimen luonnostelu ja mallin valinta

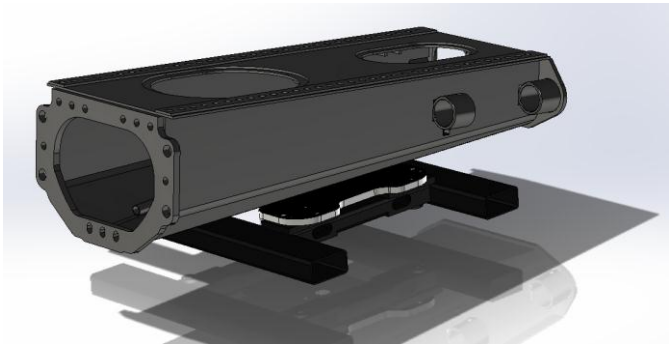
7.2.1 Kiinnittimen luonnostelu

Hitsauskiinnittimen luonnostelu aloitettiin tutkimalla mahdollisia kiinnitysasentoja palettiin. Koska takarungonjatke voidaan kiinnittää palettiin useassa asennossa, piti niitä tutkia ennen kiinnittimen suunnittelun aloitusta.

Mahdolliset jatkeen asennot:

- Vaihtoehto 1: Takarungonjatkeen kiinnitys pohjasta palettiin
- Vaihtoehto 2: Takarungonjatkeen kiinnitys pystyssä
- Vaihtoehto 3: Takarungonjatkeen kiinnitys yläpinta paletin kanssa yhdensuuntaisesti.

Kun asennot oli selvitetty, aloitettiin tarkastelu kiinnittämisen ja tuotteen hitsattavuuden kannalta. Tässä vaiheessa jotkin aluksi hyvistä asennoista kärsivät kiinnitystason puuttumisen takia. Joihinkin tapauksiin olisi mahdollista suunnitella kiinnityspisteet. Esimerkiksi jatkeen pohjaan lisättyihin reikiin voitaisiin kiinnittää nollapistekiinnitin tapit. Tällöin tuotteen kiinnittäminen suoraan, ilman erillistä hitsauskiinnitintä, olisi mahdollinen. Tuotteelle ei kuitenkaan ole helppo järjestää lisätukea estämään muodonmuutoksia, jolloin hitsausennakot tarvitsee olla määritetty oikein.

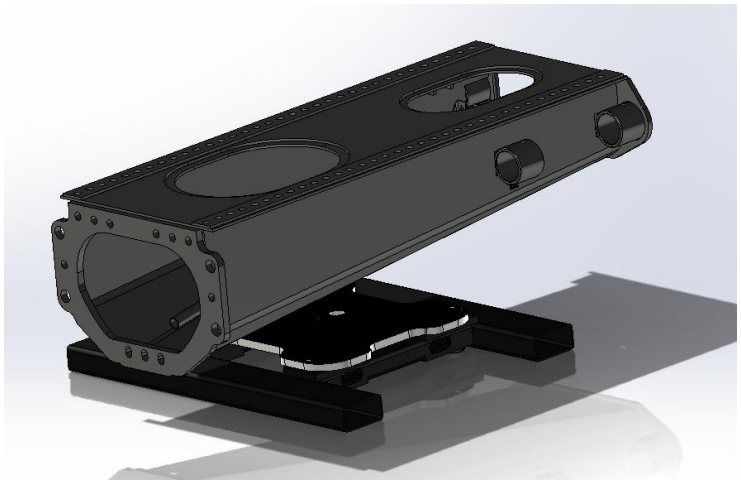


KUVA 27. Takarungonjatkeen kiinnitys pohjasta palettiin

Kuvassa 27 on esitetty ensimmäinen vaihtoehto, jossa takarungonjatke kiinnitettäisiin pohjasta palettiin. Tässä vaihtoehdossa takarungonjatkeen alapinta olisi vaakasuorassa ja kiinnityslaippa sekä yläpinta olisivat vinossa palettiin nähden. Etuina tässä vaihtoehdossa olisi mahdollisuus suoraan nollapistekiinnittämiseen, asiakkaan tehdessä muutoksia osakuviin. Haittoina taas on kiinnityslaipan muodonmuutoksien hallinta. Se ei ole ongelma koneistettavissa malleissa.

KUVA 28. Takarungonjatkeen kiinnitys pystyssä

Toinen vaihtoehto on kiinnittää jatke pystyssä palettiin (kuva 28), jolloin kiinnityslaippa tulisi kiinni pohjalevyyn. Tällöin jatke olisi vaakatasossa, kun käsittelypöytää käännetään 90 astetta sivulle. Hyöty tässä vaihtoehdossa on robotin liikeratoja mahdollisesti katkaisevan hitsauskiinnittimen rakenteiden puute ja kiinnityslaipan tuenta. Haittana on paletin ja takarungonjatkeen suuri yhteiskorkeus, jolloin painopiste jää kohtalaisen korkealle. Korkeus on ongelma myös kappaleenkäsittelijällä, joka ei pysty pyörähtämään ympäri jatkeen suuren ulkoneman takia. Paletin kaatumisherkkyys on myös korkeampi, mikä muodostaa työturvallisuusriskin.

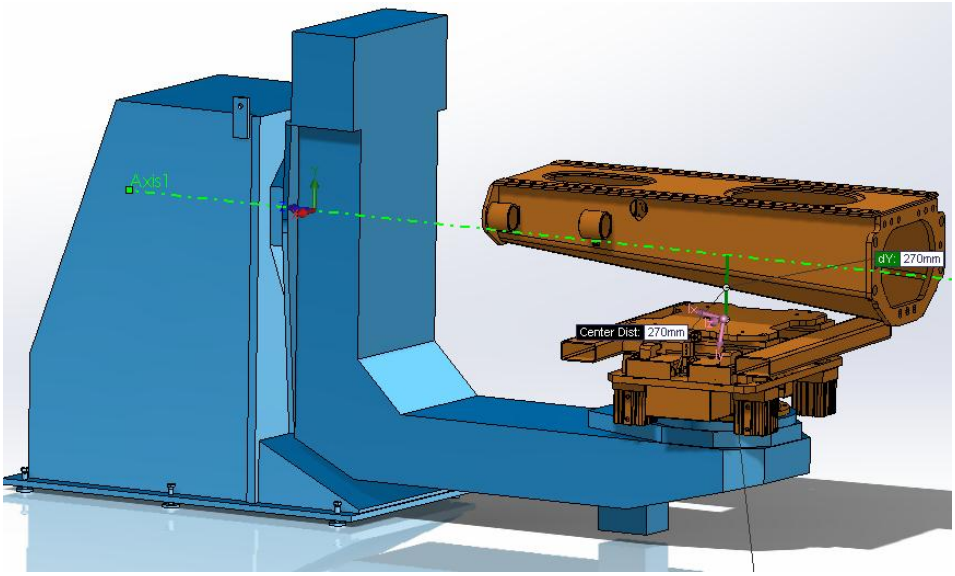


KUVA 29. Takarungonjatkeen kiinnitys yläpinta paletin kanssa yhdensuuntaisesti

Kolmas vaihtoehto on luoda kiinnike, jossa takarungon jatke jää vakioasennossaan vaakasuoraan palettiin nähden (kuva 29). Hyötynä on käsittelypöydän kulmien hallinta, 0 astetta yläpuolisten pienojen hitsauksessa, 90 astetta kiinnityslaippojen sivujen hitsauksessa ja 180 astetta kansilevyn alapuolisten pienojen hitsauksessa. Suunnittelullisen ongelman aiheuttaa katkeamattomien hitsisaumojen varmistaminen, joka pitää hoitaa luomalla rakenne riittävän väljäksi, mutta tukevaksi. Hitsauskiinnittimen on pidettävä tuote paikallaan, joka asennossa.

7.2.2 Kiinnitinmallin valinta

Vertailun jälkeen kiinnitinmalliksi valittiin kolmas vaihtoehto, jossa takarungonjatke on vaakasuorassa palettiin nähden. Perusteluna valinnalle on takarungonjatkeen asento käsittelypöydällä, painopiste suhteessa käsittelypöydän kääntöakseliin ja käyttöystävällisyys nostojen osalta (kuva 30). Suunnittelullisesti vaihtoehto on vaikein, mutta se tarjoaa myös eniten mahdollisuuksia kiinnittimen muotoiluun, muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Suunnittelulla voidaan säätää helposti muun muassa jatkeen korkeus palettiin nähden.



KUVA 30. Painopiste suhteessa kääntöpöydän kääntöakseliin

Kolmannessa vaihtoehdossa paletinkiinnittimen, paletin, pohjalevyn ja takarungonjatkeen painopiste jää 270 mm kappaleenkäsittelypöydän kallistuakselista. Tässä vaiheessa ei ole huomioitu hitsauskiinnittimen massaa ja vaikutusta painopisteeseen. Kappaleenkäsittelijälle tulevan kuorman kokonaismassa on tässä vaiheessa 754 kg, josta paletti, pohjalevy ja takarungonjatkeen osuus on 3d-mallin mukaan 419 kg, lopullinen toteutunut paino mitataan testauksen yhteydessä. Jatkeen painopisteen sijainti on pyritty saamaan mahdollisimman lähelle pyöritysakselia, kummallakin jatkeella. Tästä syystä pitkällä jatkeella painopiste on toisella puolen pyöritysakselia kuin lyhyellä.

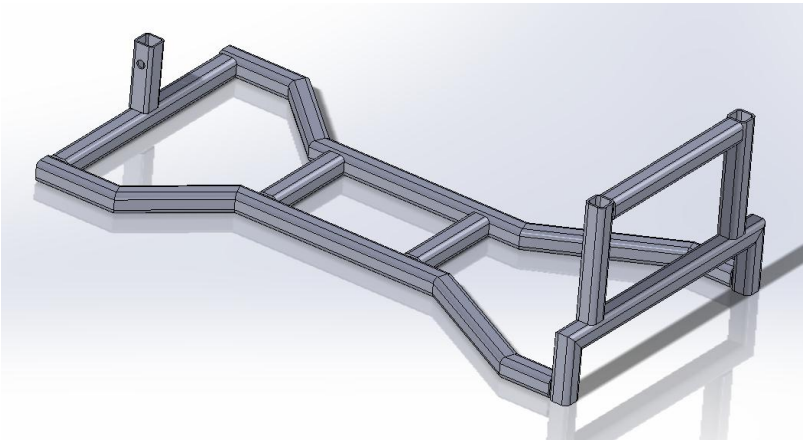
7.3 Kiinnittimen suunnittelu

Kiinnittimen varsinainen suunnittelu aloitettiin kiinnitinmallin valinnan jälkeen. Suunnittelussa pureuduttiin tekniseen suunnitteluun, luonnoksien muuttamiseen valmistettavissa oleviksi osiksi ja valmistuskuvien tuottamiseen. Suunnittelutehtävinä tarkasteltiin kiinnittimen jäykkyyttä, hitsausta ja valmistettavuutta.

Rakenne koostuu putkirungosta ja levyosista, joilla luodaan kiinnityspinnat takarungonjatkeelle ja tuetaan rungonputkia. Koneistusta vaativat levyosat ovat koneistettu ennen hitsausta. Koneistus hitsauksen jälkeen olisi ollut perusteltua hitsauskiinnittimien yhtenäisyyden varmistamiseksi, mutta koneistuksen tuoma lisähinta ja siitä saatava hyöty eivät kohdanneet. Takarungonjatkeen osissa on myös mitta- ja muotoheittoja, joten hitsauskiinnittimien koneistamalla tehdystä, tarkasta valmistuksesta, ei saada täyttä hyötyä. Hitsauskiinnittimen hitsauksen jäljiltä jääneet pienet erot kiinnittimien kesken ja osavalmistuksen mitta-/muoto erot voidaan tunnistaa robotin hauilla ja railonseurannalla.

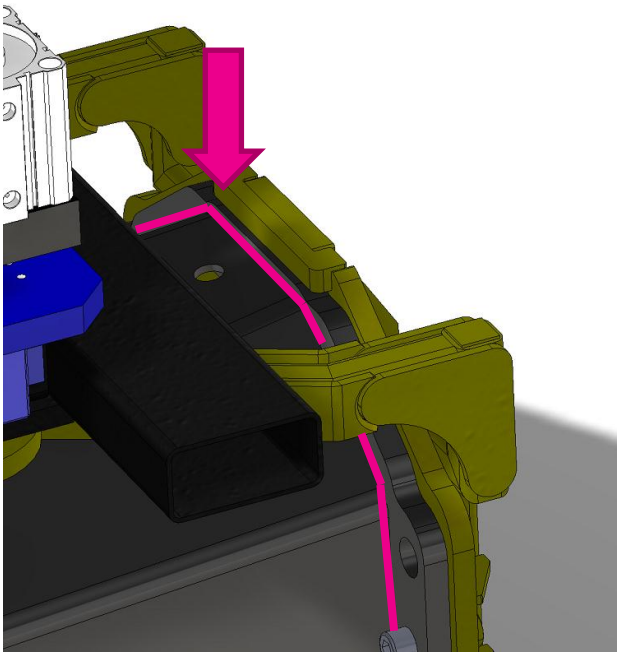
7.3.1 Kiinnittimen runko

Ensimmäiseksi aloitettiin rungon mallinnus pohjalevyn päälle. Runko päätettiin tehdä S355 rakenneteräsputkipalkista (kuva 31). Putkipalkki valittiin runkomateriaaliksi, koska osat on mahdollista valmistaa itse. Putkipalkilla on myös hyvä jäykkyys suhteessa painoon. Putkikooksi valittiin 50x50x5 neliöputki. Hitsauskiinnittimen rungon valmistuskuva on liitteenä 1.



KUVA 31. Hitsauskiinnittimen runko

Runkoa mallintaessa pyrittiin varmistamaan jatkeen kaikkien saumojen hitsattavuus. Katkeamatonta hitsiä ei kuitenkaan voida varmistaa jatkeen kiinnityslaipan ja kotelolevyn hitsaukseen alapuolelta (kuva 32). Tämä seikka on yksi huomionarvoinen kohde testatessa protoa hitsauskiinnittimestä. Käytössä ei ollut etäohjelmointi ohjelmistoa, jolla hitsauskiinnitintä olisi voitu testata ennen valmistuspäätöstä. Hitsattavuutta tarkastellaan testauksen yhteydessä ja rakenteeseen tehdään tarvittaessa muutoksia.



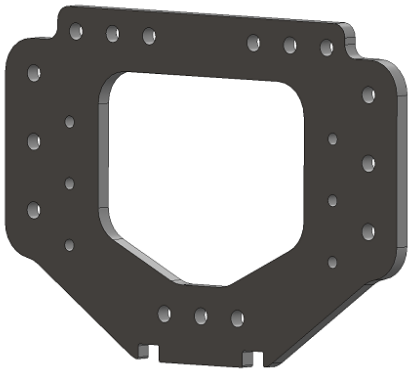
KUVA 32. Jatkeen kiinnityslaipan ja kotelolevyn hitsaus

Hitsauskiinnittimen runkoputkien taipumia ja jännityksiä tarkasteltiin SolidWorks SimulationXpress:llä. SimulationXpress on osien lujuustarkastelutyökalu, joka sisältyy SolidWorks Professional lisenssiin. SimulationXpress:llä ei voi tarkastella kokoonpanoja. Koska tarkastelu rajoittui osiin, tarkastelun tuloksena saatiin lähinnä suuntaa-antavia tuloksia. Lujuustarkastelun tulokset ja hyöty rajoittuivat rakenteeseen lisättyjen tukien vaikutusten tarkasteluun.

7.3.2 Hitsauskiinnittimen levyosat

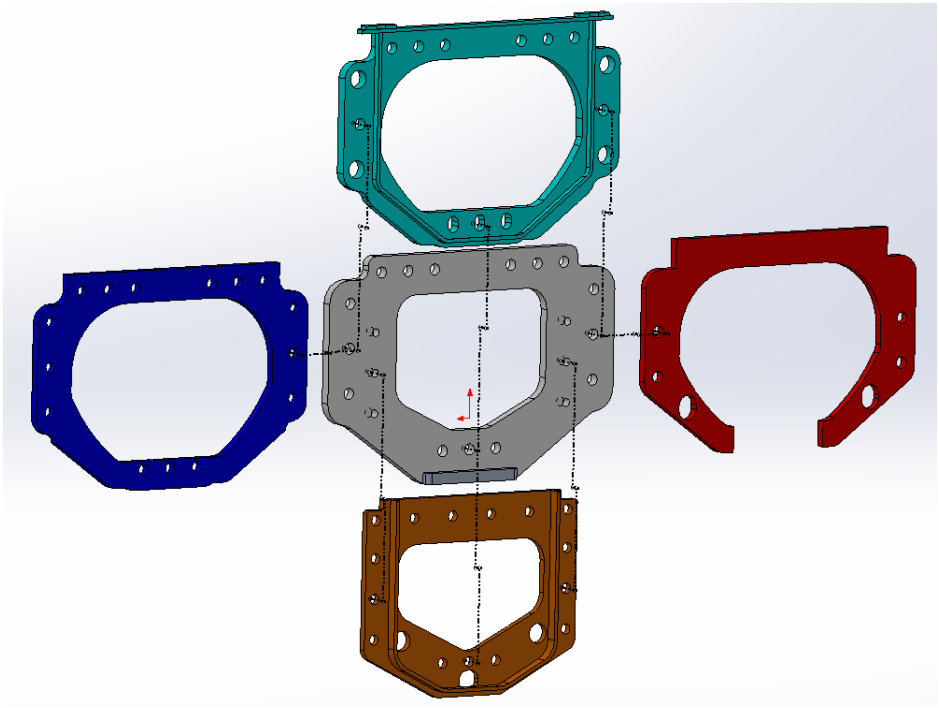
Hitsauskiinnittimeen tulee runko putkien lisäksi myös levyosia. Levyosilla kiinnittimeen luodaan kiinnityspisteet jatkeelle ja tuetaan kiinnittimen rakennetta. Levyosat on suunniteltu plasma- ja laserleikkeiksi. Kaikki levy osat hankitaan alihankinnasta.

Hitsauskiinnittimen koneistusta vaativat osat ovat pohjalevy ja kiinnityslaippa. Hitsauskiinnittimen kiinnityslaipan tehtävänä on kiinnittää takarungonjatke hitsauskiinnittimeen ja estää jatkeen hitsauksesta jatkeen kiinnityslaippaan syntyviä muodonmuutoksia. Kiinnityslaipassa on kiinnitysreikiä ja kierteet suurimmalle osalle tuotannossa valmistettavia jatkeita (kuva 33).



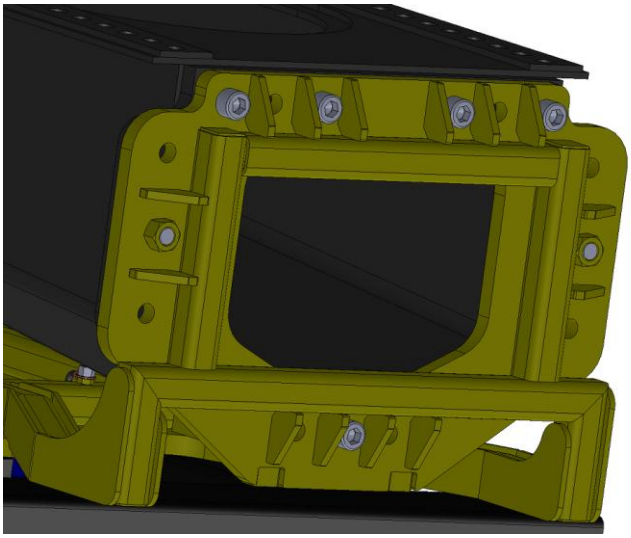
KUVA 33. Kiinnityslaippa

Kiinnityslaippaan luotu optio vaihtoehtoisille jatkeille rajoittuu kiinnitysreikiin. Hitsauskiinnittimen käyttöönotossa on muilla jatkeilla varmistettava jatkeen kiinnityslaipan hitsauksenaikainen, muodonmuutoksia estävän tuennan riittävyys, esimerkiksi lisäpuristimilla. Tämän opinnäytetyön ulkopuolisia jatkeita kiinnittäessä on tarkasteltava myös jatkeen takapään tuentaa. Kuvassa 34 on esitetty yhteensopivat jatkeiden kiinnityslaipat.



KUVA 34. Yhteensopivuus eri jatkeiden kiinnityslaipoille

Hitsauskiinnittimen kiinnityslaipan tueksi lisättiin tukipaloja, jotta kiinnityslaippa pitäisi paremmin muotonsa ja jatkeen aiheuttama kuorma jakautuisi paremmin kiinnittimen runkoon (kuva 35). Käsihitsauksessa jatkeen kiinnityslaipan ja jatkeen runkokotelon hitsaus aiheuttaa kiinnityslaippaan muodonmuutoksia, vaikka sitä olisi tuettu hitsauksen aikana. Tavoite on saada jatkeet hitsattua laipan pysyessä suorana ilman jälkikoneistusta. Hitsauskiinnittimen muodonmuutosten hallinta selviää ensimmäisten hitsattujen jatkeiden tarkastuksessa.



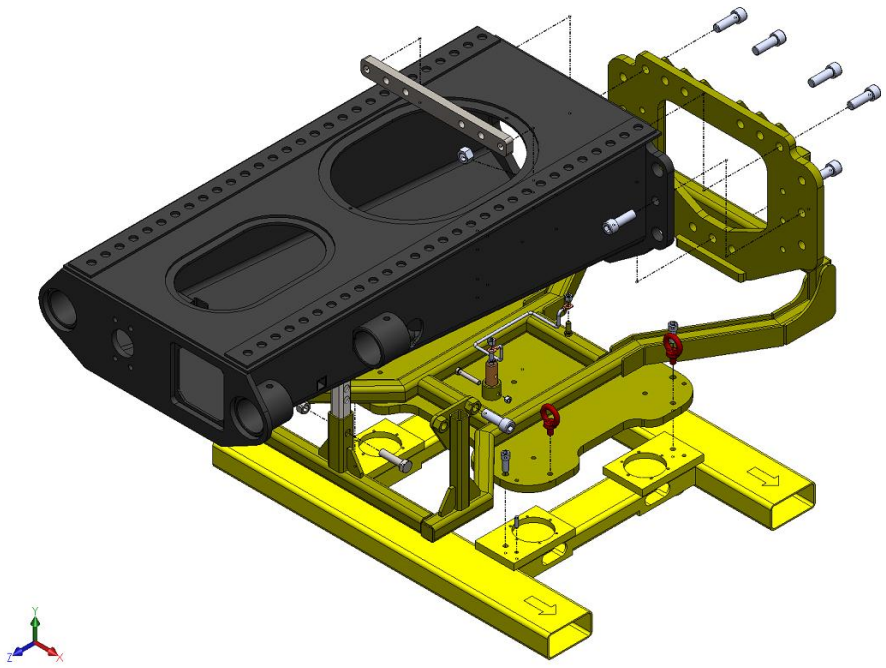
KUVA 35. Kiinnityslaipan tuenta

Muita levyleikkeitä hitsauskiinnittimessä ovat tukilevyt. Kuvassa 35 näkyvät kaikki jatkeessa esiintyvät tukilevyt. Kiinnityslaipan tukena ovat pienet tukilevyt, joita käytetään myös kiinnittimen takapäässä olevaan säätöputken tuentaan. Rungon etupäässä on kahta erikokoista kulmatukea putkille.

Kiinnityslaipan alapäähän lisättiin asetuskohdat pienelle ulokkeelle, jonka varaan jatkeen kiinnityslaipan voi laskea asettaessa sitä hitsauskiinnittimeen. Muutoin jatkeen paikoitus tapahtuu pulteilla. Jatkossa hitsauskiinnittimeen pyritään lisäämään jatkeen paikoitusta helpottavia ohjauselementtejä. Hitsauskiinnittimen valmistuskuva on liitteenä 2.

7.3.3 Hitsauskiinnittimen toiminta

Takarungonjatke suunniteltiin kiinnitettäväksi hitsauskiinnittimeen pulteilla (kuva 36). Pulttikiinnitykseen päädyttiin, koska se on edullinen ja varma valinta. Pulttikiinnityksen ongelma on asetusajan pituus. Suunnittelun aikana pohdittiin myös pikakiinnitys mahdollisuutta. Pikakiinnittimien käyttöönotto tässä tapauksessa olisi vaatinut laajempaa selvitystyötä ja testausta, jotta kiinnitys olisi saatu varmistettua.



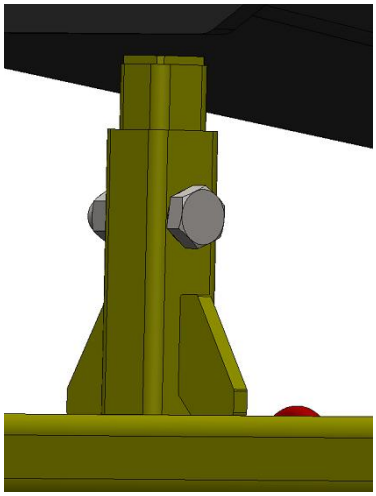
KUVA 36. Jatkeen asetus hitsauskiinnittimelle

Pulttikiinnitystä helpottamaan suunniteltiin kierrelevy. Kierrelevyllä saadaan takarungonjatkeen yläpuolen kiinnityspultit kiinnitettyä ilman muttereita. Koneistettavien takarungonjatkeen sivujen kiinnityspisteet muodostavat ongelman. Kummallakin sivulla on kaksi suurempaa reikää, joiden käyttö kiinnityspisteinä on vaikeaa. Reiät eivät ole yhdenkeskeisiä kiinnityslaipan reikien kanssa. Hitsauskiinnittimen reiät on paikoitettu yhteensopivaksi koneistamattomien jatkeiden kanssa. Reiät ovat kuitenkin kokonaisuudessaan näkyvissä takarungonjatkeen ollessa paikallaan (kuva 37).

KUVA 37. Kiinnityslaipan kiinnitys sivusta

Kaikissa jatkeissa jatkeen kiinnitysreikien ja kotelon sivun väli on kohtalaisen pieni. Käytännössä jo kiinnityspultin kanta on liian suuri estääkseen katkeamattoman hitsin. Sivujen kiinnitys voitaisiin jättää tekemättä, kiinnittämällä jatke vain jatkeen sisäpuolelta. Sivujen muodonmuutoksia ei silloin voida rajoittaa. Sivujen kiinnitys vaatii lisää selvitystyötä ja muutoksia, jotta hitsauskiinnitin olisi paras mahdollinen.

Hitsauskiinnittimessä olevalla takasäätöputkella säädetään takapään tukea (kuva 38). Säätöputkella saadaan jatke pysymään suorassa vakioasennossaan. Säätöputkeen tulee kaksi asentoa, pitkälle ja lyhyelle jatkeelle. Tarvittaessa säätöputkia voidaan valmistaa tai muokata yhteensopiviksi muiden jatkeiden kanssa. Säätöputki ei kuitenkaan tue takarungonjatketta muissa asennoissa, joten takapään lisätuenta on tarpeen.



KUVA 38. Takapään säätöputki

Yksi suurista ongelmista suunnittelussa oli juuri takapään tuenta jokaisessa asennossa, ilman hitsattavuutta haittaavia rakenteita. Vaihtoehtoina tutkittiin tuentaa liukupankon holkeista, takalevystä ja jatkeen yläpinnasta. Kaikki vaihtoehdot kuitenkin hylättiin valmistettavasta kiinnittimestä. Takapään riittävä tuenta jätettiin tehtäväksi testauksen yhteyteen. Kuva jatkeen asetuksesta hitsauskiinnittimeen on liitteenä 3.

7.4 Hitsauskiinnittimen testaus

Hitsauskiinnittimen testauksella haluttiin varmistaa kiinnittimen tukevuus ja havainnollistaa sen luomat rajoitukset. Testauksessa ei ollut käytössä apuvälineitä, joten testaus suoritettiin silmämääräisesti hitsauskiinnittimen proto-versiolla. Protoon ei vielä ollut tullut kaikkia alihankinnasta ostettuja osia. Puuttuvat osat korvattiin kuitenkin vastaavilla osilla, jotta testaus voitiin aloittaa. Testauksella tutkittiin rakenteen joustoa ja lisätarkastelua vaativia kohtia.

Testausta varten silloitettiin lyhyempi koneistettavista jatkeista. Pitkä jatke olisi ollut parempi testaustuote suuremman massansa ja taaemman painopisteen takia, mutta jo lyhyt jatke paljasti parannuskohteita. Silloitetulla jatkeella aloitettiin robotin hitsausohjelmointi ja jatke tulee olemaan ensimmäinen solussa hitsattu tuote. Kuvassa 39 hitsataan kiinnittimen runkoon sivutukilevyjä taipumatarkastelun jälkeen.

KUVA 39. Hitsauskiinnittimen testaus

Ensimmäiseksi huomattiin rakenteen liiallinen jousto kiinnittäessä jatke pelkästään kiinnityslaipasta. Jatkeen takapään siirtymäksi vaakatasosta mitattiin 15 mm. Siirtymä saatiin kuitenkin eliminoitua takapään säätöputkella. Aikaisemmin todettiin, että säätöputki ei tue jatketta kuin yhdessä asennossa, joten takapää tarvitsi lisätukea.

Testauksen aikana havaittiin, että jatkeen kyljissä olevat neliöreiät voivat tuoda ratkaisun ongelmaan (kuva 40). Tarkastellessa jatkeiden valmistuskuvia huomattiin neliöreikien paikan olevan lyhyellä ja pitkällä jatkeella eri. Ero tulee pituussuuntaisessa etäisyydessä kiinnityslaipasta, pitkällä jatkeella reikä on 113 mm taaempana kuin lyhyellä. Tarkastelu toi myös uuden ongelman, pitkällä jatkeella reikä jää holkin alle, jolloin holkin hitsaus alapuolelta vaikeutuu tai estyy. Tässä protovaiheessa seikka jätettiin kuitenkin taustalle ja protoon lisättiin takatuki, jossa on yhteensopivuus molemmille jatkeille.

KUVA 40. Jatkeen kylkien neliöreiät

Takatuet toteutettiin protovaiheessa hitsaamalla sopivan pituiset putket ja niihin reiälliset latat, joihin hitsattiin mutterit (kuva 41). Muttereiden tarkoitus on varmistaa pultin pysyvyys paikallaan. Neliöreikien koko on isompi kuin pultin halkaisija, joten lukitus on väljä. Väljyydestä ei ole haittaa vaan se antaa hiukan pelivaraa asennukselle. Takapäähän lisätyt tuet kantavat osan kuormasta kaikissa asennoissa, jolloin kiinnittimen etupään kuormitus pienenee. Jatkeen siirtymät eriasennoissa pysyvät pultin ja neliöreiän välyksen rajoissa.

KUVA 41. Jatkeen takapään tuenta

Testausvaiheessa luotu takapään tuenta ei tule olemaan lopullinen. Tarkoituksena on suunnitella takapäähän säädettävä kiinnityselementti, jolla saataisiin tuettua kaikki jatkeet. Tällä tuennalla saadaan varmistettua jatkeen paikoitus, jolloin robotin ohjelmointi voidaan aloittaa.

Riittävän tuennan löydyttyä hitsauskiinnitin siirrettiin soluun pyöriteltäväksi kappaleenkäsittelijällä. Hitsauskiinnitin jatkeineen syötettiin järjestelmään testattavaksi. Aluksi hitsauskiinnitintä pyöriteltiin kappaleenkäsittelijällä, jonka jälkeen tarkasteltiin pikaisesti hitsauksen ulottuvuuksia (kuva 42).

KUVA 42 Testaus solun kappaleenkäsittelijällä

Jo suunnitteluvaiheessa tiedossa ollut mahdollinen ongelma, jatkeen kiinnityslaipan ja kotelon pohjan hitsaus, osoittautui todelliseksi. Pikaisen ulottuvuustarkastelun perusteella huomattiin, että hitsaus vaatinee useamman katkon ja kappaleenkäsittelijän siirron ennen kuin kiinnityslaippa on ympäriinsä hitsattu. Sauman hitsaus mahdollisimman vähillä katkoilla vaatii hitsausoperaattorilta kykyä hyödyntää kappaleen käsittelijän akseleita.

Tarkempi testaus robotin ulottuvuuksista jäi ensimmäisessä testissä tekemättä. Testaus tullaan tekemään mahdollisimman pian. Robotin hitsausohjelmoinnin alkaessa kaikki kiinnittimeen kohdistuvat kehitysideat tullaan käymään läpi ja tarvittaessa muuttamaan kiinnittimen rakennetta.

8 YHTEENVETO

Suunnitellun hitsauskiinnittimen ensimmäinen protoversio on jo valmistettu ja sitä on käytetty järjestelmässä takarungonjatkeen kanssa. Yhtään tuotetta sillä ei kuitenkaan ole vielä hitsattu eikä robotin ulottuvuuksia ole tarkasteltu, pikaista pyörittelyä kappaleenkäsittelijällä lukuun ottamatta. Tiedossa on, että kiinnitin tulee vaatimaan viimeistely viilausta ennen kuin voidaan sanoa sen olevan täysin valmis.

Tämä oli itselleni ensimmäinen varsinainen hitsauskiinnitin, aiemmin olen suunnitellut lähinnä vain silloituskiinnittimiä. Tosin tuote, jota hitsauskiinnittimellä tullaan hitsaamaan, on kiinnitinsuunnittelun kannalta helppo. Sen muodonmuutoksien hallinta ei ole ongelma ja siinä on suorat hitsit. Suurimmat haasteet olivat saada tuote tukevasti kiinni ja mahdollistaa kaikkien hitsien katkeamaton hitsaus.

Proton testauksessa vahvistui muutamia jo suunnitellussa ilmenneitä ongelmakohtia. Testaus toi myös uusia ideoita kiinnittimen parannukseen. Vaikka 3D-suunnittelu mahdollisuudet ovat nykypäivänä hyvät, eivät ne poista kokonaan prototuotteiden valmistus- ja testaustarvetta. Lähimmäksi valmistusta ilman protoa ja sen laajempaa testausta päästään, jos käytössä on robotin etäohjelmointi- ja hyvä lujuuslaskentaohjelmisto. Etäohjelmoinnissa kiinnittimen voi testata simuloidussa ympäristössä, tällöin robotin ulottuvuudet voidaan varmistaa jo ennen kiinnittimen valmistusta.

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö on ollut opettavainen kokemus. Kokemus on avartanut hitsauskiinnittimien suunnittelun vaikeutta. Hitsauskiinnitin suunnittelu vaatii tiedon lisäksi luovuutta ja ongelman ratkaisukykyä. Parhaimmillaan suunnittelu työ on erittäin palkitsevaa.

LÄHTEET

Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. *Levytyötekniikka*. Porvoo: WSOY-Kirjapainoyksikkö.

Ahola, H. 1988. *Automatisoidun kaarihitsauksen huomioonottaminen tuotteen suunnittelussa*. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto.

Andreas Maier GmbH & CO KG. News. Current catalogues. Zero-Point-Systems [viitattu 31.1.2012]. Saatavissa: http://www.amf.de/en/

Innotool Austria. Products. Unilock Zero-point clamping systems [viitattu 15.1.2012]. Saatavissa: http://innotool-austria.com/en/index_en.html

Instruction manual MT1-1500S2N 2008 [atk-tallenne]. Motoman. Käyttöohje. Turku: Motoman.

Lepola, P. & Makkonen, M. 1998. *Hitsaus ja teräsrakenteet*. Porvoo: WSOY–Kirjapainoyksikkö.

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

Niemi, E. & Kemppi, J. 1993. *Hitsatun rakenteen suunnittelu.* Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Purhonen, T. 2009. *Robottihitsaussolun suunnittelu ja investoinnin toteutus*. Lappeenrannan teknillinen yliopisto: Koneala. Diplomityö.

Schunk Stationary workholding 2011. Schunk GmbH & Co. KG. [CD-ROM]. Saatavissa: http://www.schunk.com

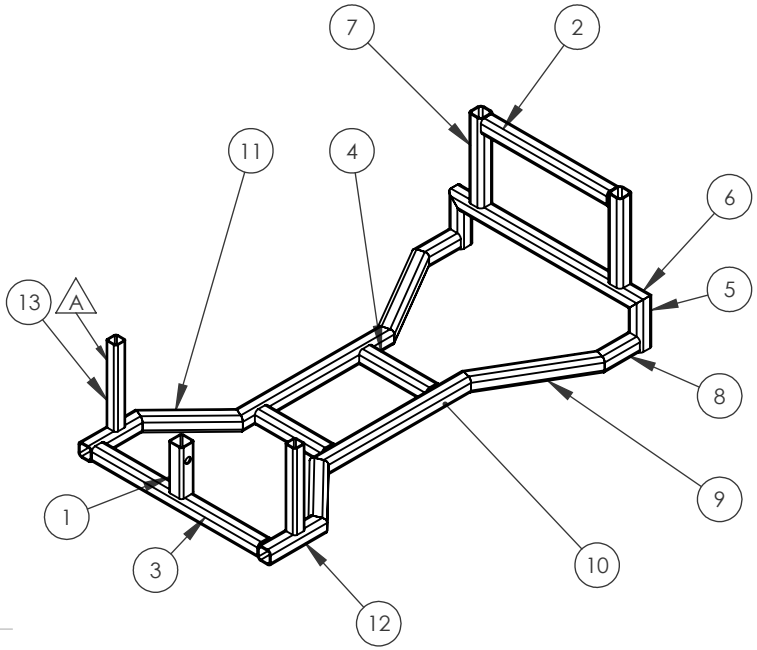
Schunk GmbH & Co. KG. Products. Stationary workholding. Vero-S Quick Change Pallet System. Vero-S NSE-plus. [verkkosivu] [viitattu 15.1.2012]. Saatavissa: http://www.schunk.com

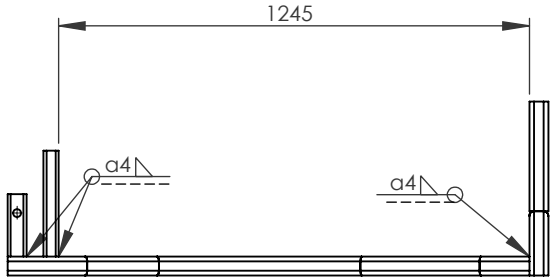
Sensorola Oy. Optinen anturi. [verkkosivu] Sensorola Oy [viitattu 15.1.2012]. Saatavilla: http://www.sensorola.fi/optinen_anturi.html

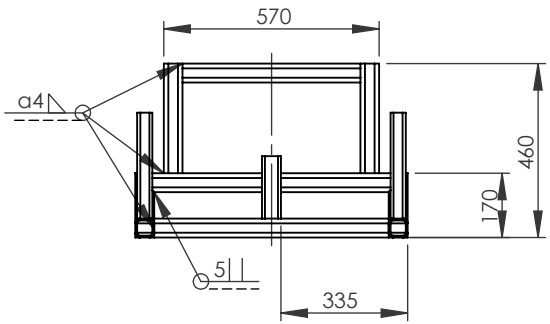
Sick Oy. Tuotteet. Automaattinen tunnistus. Viivakoodinlukijat. [Verkkosivu] [Viitattu: 15.1.2012]. Saatavilla: http://www.sick.fi

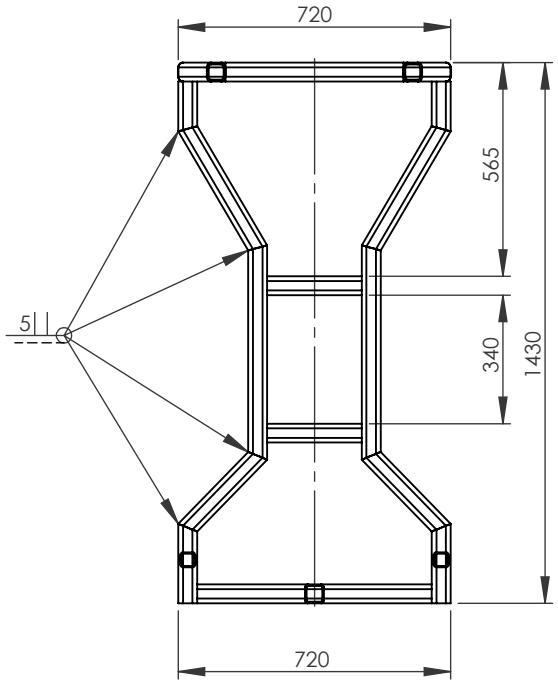
LIITE 1

REVISIONS		
REV.	DESCRIPTION	DATE
A	Lisätty takapäähän 40x40x4-280 putket	30.1.2012









ITEM NO.	DESCRIPTION	Dimensions	ANGLE1	ANGLE2	LENGTH	QTY.
1	Putkipalkki	50x50x4	0.00	0.00	165	1
2	Putkipalkki	50x50x5	0.00	0.00	470	1
3	Putkipalkki	50x50x5	0.00	0.00	620	1
4	Putkipalkki	50x50x5	0.00	0.00	250	2
5	Putkipalkki	50x50x5	45.00	0.00	170	2
6	Putkipalkki	50x50x5	45.00	45.00	720	1
7	Putkipalkki	50x50x5	0.00	0.00	290	2
8	Putkipalkki	50x50x5	15.21	0.00	131.8	2
9	Putkipalkki	50x50x5	15.21	15.21	378.9	2
10	Putkipalkki	50x50x5	22.12	15.21	566.96	2
11	Putkipalkki	50x50x5	22.12	22.12	285.51	2
12	Putkipalkki	50x50x5	0.00	22.12	210.16	2
13	Putkipalkki	40x40x4	0.00	0.00	280	2

RATEsteel Oy
Ahertajantie 5
74200 Vieremä

Paino: 42.21 kg

Suhde: 1:20

Nimikenumero: JH1202002 Rev: A

Nimike: Runko hitsaus

Kohde: Motoman-Jatkejigi

Maalaus:

Materiaali: S355

Konfiguraatio: Hitsaus<As Welded>

Suunnittelija: MKaup

Päiväys: 3.1.2012

A: 2242672.11 mm2

Muutettu: 31.1.2012

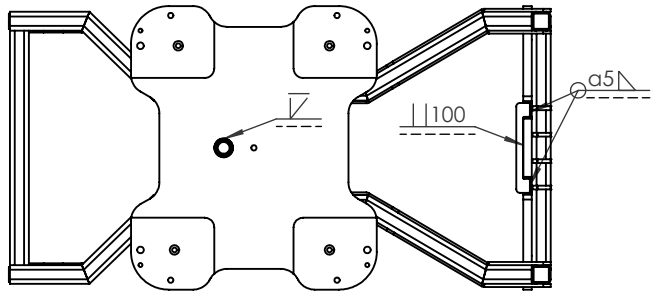
www.ratesteel.fi

Sheet size: A4

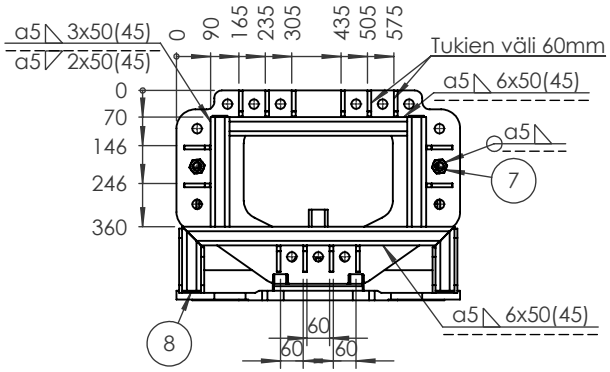
SHEET 1 OF 3

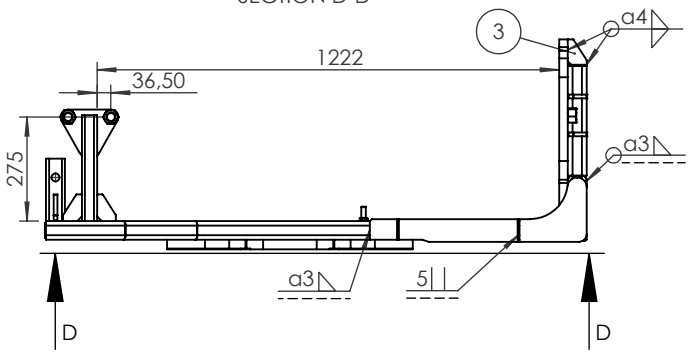
Sheet name: Hitsaus

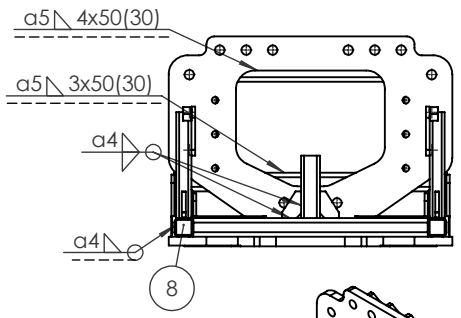
REVISIONS		
REV.	DESCRIPTION	DATE
A	Lisätty takatukilevyt	27.1.2012



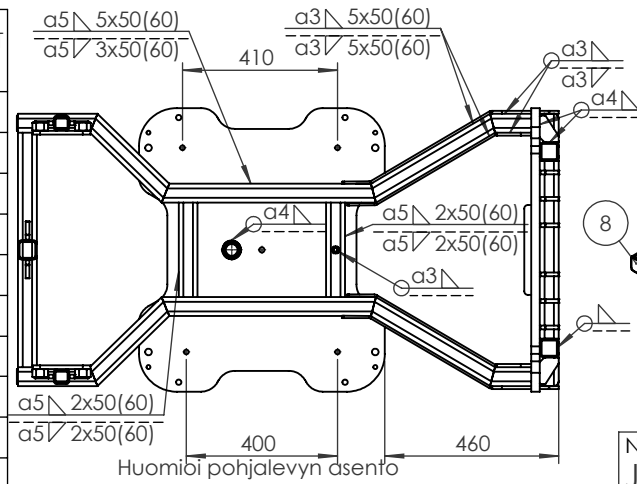
SECTION D-D



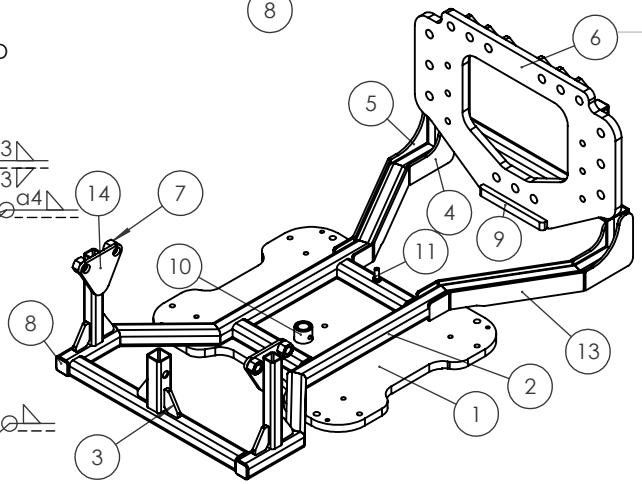




ITEM NO.	PartNo	PartName	DESCRIPTION	Hitsaus/QTY.
1	KK1202001	Pohjalevy		1
2	JH1202002	Runko hitsaus		1
3	KL1202002	Tukipala2		20
4	KL1202003	Tukipala3		2
5	KL1202001	tukipala1		2
6	KK1202002	Kiinnityslaippa		1
7	0317-24	M24 kuusiomutteri		6
8	KS1202002	Tulppapala		6
9	KL1202004	Paikoitinlevy		1
10	KK1202005	Maadoitusholkki		1
11	1057-12-30	M12 x 30 kuusioruuvi		1
12	KL1202005	Sivutuki	Vasen	2
13	KL1202005	Sivutuki	Oikea	2
14	KL1202006	Takatukilevy		2



Huomioi pohjalevyn asento

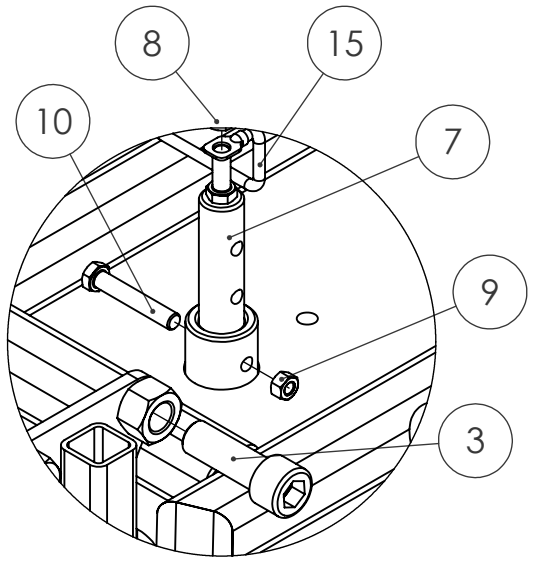


POS12 ja 13 Sivutuet taivutetaan sopivaksi hitsauksessa

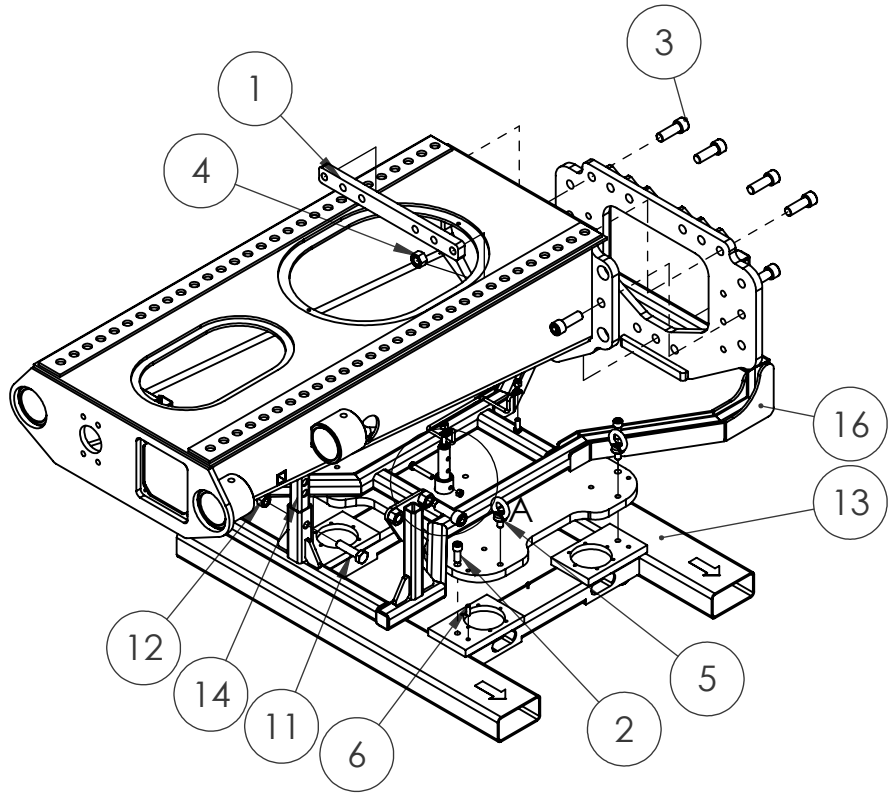
Nimikenumero: JH1202001	Rev: A	Nimike: Kiinnitin hitsaus	
Kohde: Motoman-jatkejigi		Maalaus: RAL	
RATEsteel Oy	Suhde: 1:20	Materiaali:	Konfiguraatio: Hitsaus
Ahertajantie 5, 74200 Vieremä	Paino: 168.85 kg	Suunnittelija: MKauppinen	Päiväys: 3.1.2012
		A: mm2	Muutettu: 10.2.2012
www.ratesteel.fi	Sheet size: A4	SHEET 1 OF 1	Sheet name: Hitsaus

LIITE 2

LIITE 3



DETAIL A
SCALE 1 : 5



ITEM NO.	PartNo	PART NUMBER	QTY.
1	KK1202003	Kierrelevy	1
2	0083-16 40	M16 x 40 12.9 kuusiokoloruuvi	4
3	0083-24 70	M24 x 70 12.9 kuusiokoloruuvi	9
4	0317-24	M24 kuusiomutteri	1
5	0295-16	M16 nostosilmukka	4
6	1252-10 30	Parallel Pin ISO 8734 - 10 x 32 - A - St	2
7	KH1202001	Maadoitustanko_hitsaus	1
8	0317-12	M12 kuusiomutteri	2
9	0317-10	M10 kuusiomutteri	1
10	1053-12 70	M12 x 70 kuusioruuvi	1
11	1053-20 80	M20 x 80 kuusioruuvi	1
12	0317-20	M20 kuusiomutteri	1
13	0823841	Paletti	1
14	KS1202001	Tukiputki	1
15	KA1202001	Maadoituskaapeli	1
16	JH1202001	Kiinnitin hitsaus	1

Nimikenumero: JH1202001 Rev: 0			Nimike: Kiinnitin asetus
Kohde: Motoman-jatkejigi			Maalaus:
RATEsteel Oy	Suhde: 1:20	Materiaali:	Konfiguraatio: Lyhyt
Ahertajantie 5 74200 Vieremä	Paino: 486.26 kg	Suunnittelija: MKauppinen	Päiväys: 5.1.2012
		A: mm2	Muutettu: 24.2.2012
www.ratesteel.fi	Sheet size: A4	SHEET 1 OF 1	Sheet name: Sheet1

SAVONIA