

Marko Tolonen

**ROBOTISOIDUN KOTELOHITSAUSSOLUN TOIMINNAN
KEHITTÄMINEN**

ROBOTISOIDUN KOTELOHITSAUSSOLUN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Marko Tolonen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Marko Tolonen

Opinnäytetyön nimi: Robotisoidun kotelohitsaussolun toiminnan kehittäminen

Työn ohjaajat: Eero Korhonen, Jouni Lind

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 68 + 3 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli hitsausrobotisoidun tuotannon kehittäminen. Työ tehtiin Ocotec Oy:n toimeksiannosta. Työssä suunniteltiin laitekoteloiden robotisoidun kokoonpanohitsaukseen soveltuva hitsausjigi sekä juurikaasusuojauksen mahdollistavat alipainekiinnitteiset juurituet ja hitsaussovelluksen ohjelmoiminen Motoman-hitsausrobotille MA400-sarjan laitekoteloiden kokoonpanohitsausta varten.

Suunniteltavan hitsausjigin tuli soveltua eri tuotteiden hitsaamiseen pienin muutoksin. Hitsausjigin modifioiminen eri tuotteille tuli olla toteutettavissa yksinkertaisesti, nopeasti ja kustannustehokkaasti. Hitsausjigin rakenteissa tuli käyttää yleisesti käytössä olevien rakenneterästen varastovahvuuksia ja yleisiä standardikomponentteja. Suunnittelussa tuli huomioida myös työergonomia ja työturvallisuus sekä pyrkiä minimoimaan hitsausjigin valmistuskustannukset.

Suunniteltavien juuritukirakenteiden tuli soveltua MA400-sarjan laitekoteloiden hitsaamiseen. Juuritukien tuli olla kiinnitettävissä hitsattaviin laitekoteloihin alipainekiinnittimillä ja rakenteiden tuli mahdollistaa hitsaussauman juuren puolen suojaaminen juurikaasulla. Juuritukien rakenteissa tuli käyttää alumiini- ja kuparimetallien varastovahvuuksia sekä standardisoituja kiinnitys- ja pneumaattikkakomponentteja. Suunnittelussa tuli myös pyrkiä minimoimaan juuritukirakenteiden valmistuskustannukset.

Aluksi suunniteltavista rakenteista hahmoteltiin käsin useita erilaisia rakennevaihtoehtoja, joiden pohjalta asiakasyrityksen edustajat valitsivat lopullisesti kehitettävät hitsausjigi- ja juuritukirakenteet. Valituista rakenteista luotiin Solidworks 3D -suunnitteluohjelmistolla 3D-geometriamallit, osa- ja kokoonpanopiirustukset sekä DXF-kuvat. Valituista rakenteista luotiin alustavat kustannuslaskelmat materiaali- ja komponenttikustannusten pohjalta.

Laitekoteloiden hitsaamisessa tarvittavan hitsaussovelluksen luominen jätettiin pois työn sisällöstä. Suunniteltujen jigi- ja juuritukirakenteiden lopullinen rakentaminen lykkääntyi asiakasyrityksen tuotannollisten kiireiden takia, joten hitsaussovellusten luominen ei ollut mahdollista.

Asiasanat: hitsaus, pneumatiikka, robotiikka

ALKULAUSE

Opinnäytetyö on tehty Oulun ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön kone- ja tuotantotekniikan osastolle. Työn toimeksiantaja oli Ocotec Oy, ja työ toteutettiin joustavalla aikataululla 6/2013 - 1/2014 välisenä aikana.

Haluan kiittää yliopettaja Eero Korhosta ja lehtori Tuija Juntusta opinnäytetyöni ohjauksesta. Kiitän myös Ocotec Oy:n henkilökuntaa saamastani tuesta työn tekemisen aikana.

Erityisesti haluan kiittää vaimoani Tiinaa ja poikaani Anttia henkisestä tuesta ja kannustuksesta.

Oulussa 1.4.2014

Marko Tolonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 OCOTEC OY	8
3 ROBOTTIHITSAUSSOLU	10
3.1 Hitsaussolun nykyinen tila	10
3.2 Robottihitsaussolun varustus	10
4 KOTELOHITSAUSSOLUN KEHITTÄMINEN	14
4.1 TIG-hitsaus	14
4.2 Hitsausjigit	16
4.3 Juurituet	17
4.4 Juurikaasut	20
5 HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU	23
5.1 Hitsausjigille asetetut vaatimukset	23
5.2 Kappaleen kiinnitysvoiman määrittäminen	25
5.3 Hitsausjigin alustavat rakennesuunnitelmat	26
5.3.1 Hitsausjigi A	26
5.3.2 Hitsausjigi B	32
5.3.3 Hitsausjigi C	34
5.4 Mallinnettavan hitsausjigin valinta	36
5.5 Hitsausjigin rakennemateriaalit	36
5.6 Valitun hitsausjigirakenteen 3D-mallintaminen	37
6 JUURITUKIEN SUUNNITTELU	43
6.1 Juuritukirakenteille asetetut vaatimukset	43
6.2 Alustavat laskelmat	45
6.2.1 Kiinnitysimukuppien halkaisijoiden määrittäminen	45
6.2.2 Alipainekiinnittimen määrittäminen	47
6.3 Alustavat rakennesuunnitelmat	48
6.3.1 Kulmajuurituet	48
6.3.2 Juuritukirakenne A	49

6.3.3 Juuritukirakenne B	51
6.3.4 Mallinnettavien juuritukirakenteiden valinta	53
6.4 Juuritukien rakennemateriaalit	53
6.5 Juuritukirakenteiden 3D-mallintaminen	54
6.6 Juuritukien asentaminen	56
7 PNEUMATIikkaJÄRJESTELMÄT	59
7.1 Alipainekiinnitysjärjestelmä	59
7.2 Juurikaasujärjestelmä	62
8 POHDINTA	65
LÄHTEET	67
LIITTEET	
LIITE 1 LÄHTÖTIETOMUISTIO	
LIITE 2 ALIPAINEKIINNITYKSEN PNEUMATIikkAKAAVIO	
LIITE 3 JUURIKAASUVERKOSTON PNEUMATIikkAKAAVIO	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan robotisoitu kotelohitsaussolu Ocotec Oy:lle. Kotelohitsaussolun luominen tapahtuu modifioimalla olemassa olevaa robottihitsaussolua. Opinnäytetyön sisältö jakautuu kahteen pääosaan, jotka ovat hitsausjigin ja juuritukien mekaniikkasuunnittelu ja 3D-mallintaminen sekä hitsaussovelluksien luominen MA400-sarjan laitekoteloiden hitsaukseen. (Liite 1.)

Aikaisemmin yrityksen robottihitsaussolussa valmistettiin laitekaapistoja ja runkokehikoita lukuisille sopimusasiakkaille. Sopimusasiakkaiden tuotannollisten muutoksien takia yrityksen tuotannossa koettiin suuria muutoksia, joiden vuoksi robottihitsaussolun tuotannollinen käyttö on tällä hetkellä vähäistä.

Ocotec Oy:ssä suunnitellaan laitekoteloiden piensarjatuotannon automatisointia. Yritys on luomassa automatisoituun hitsaukseen tukeutuvaa tuotantomallia, jolla mahdollistetaan laitekoteloiden yksittäiskappale- ja piensarjatuotanto. Yrityksen robottihitsaussolun toimintaa kehitetään siten, että tulevaisuudessa MA400-sarjan laitekoteloiden kokoonpanohitsaaminen tapahtuisi kokonaisuudessaan automatisoidusti. (1.)

2 OCOTEC OY

Ocotec Oy on henkilöomisteinen, 30 henkeä työllistävä, ohutlevytuotteisiin erikoistunut konepaja. Ocotec Oy:n konttori- ja konepajatilat sijaitsevat Haukiputaan Annalankankaan teollisuusalueella. Ocotec Oy on perustettu vuonna 1992, ja yrityksen toimitusjohtajana toimii Jouni Lind. (2.)

Ocotec Oy:n palvelukonseptiin kuuluu asiakkaan vaatimusten mukaisten osa- ja laitekokonaisuuksien valmistaminen. Yritys tarjoaa asiakkailleen palvelua suunnittelusta loppukokoonpanoon saakka. Yrityksen tärkeimmät asiakastoimialat ovat automaatio- ja tietoliikenne-toimialat sekä kone- ja laiterakennusteollisuus. Ocotec Oy valmistaa tuotteita myös omalla tuotemerkillään sekä toimii sopimusvalmistajana monille asiakkaille. (2.)

Laadukkaan palvelukonseptin varmistamiseksi Ocotec Oy:ssä on käytössä ISO 9001 -standardiin pohjautuva laatujärjestelmä. Laatujärjestelmän avulla varmistetaan tuotteiden ja tuotantoprosessien laadukkuus. Ocotec Oy noudattaa ympäristöasioiden hallinnassa ISO 14001 -standardin mukaista ympäristöjärjestelmää. (2.)

Tuotteet

Yrityksen omalla tuotemerkillä valmistettavat tuotteet ovat alumiini- ja teräsmaateriaaleista valmistettuja, standardimitoitettuja laitekoteloita ja -kaappeja. Laitekoteloilla ja -kaapeilla voidaan suojata sähkö-, elektroniikka-, pneumatiikka- sekä hydraulikkalaitteistoja vaikeissa ja haitallisissa ympäristöissä. Yrityksen tuotevalikoimasta löytyy suojakotelot ja laitekaapistot pienistä riviliitin-koteloista suuriin laite- ja palvelinkaapistoihin saakka. Yritys valmistaa myös asiakkaiden toivomuksen mukaisia IP55-luokan laitteistokaappeja yksittäiskappaleina tai piensarjoina. Yrityksen valmistamat tuotteet korroosiosuojataan fosfatoimalla ja pulverimaalaamalla SFS 4596 -standardin M4-erikoisrasitusluokan vaatimusten mukaisesti. (3, s. 2 - 11.)

Ocotec Oy suunnittelee MA400-sarjan laitekoteloiden tuotannon aloittamista robotihitsaussolussa. Koteloiden kokoonpanohitsaukset toteutetaan robotisoidussa kotelohitsaussolussa automatisoituina MIG- ja TIG-hitsauksina. (1.)

MA400-sarjan laitekotelot valmistetaan 1,5 mm:n kylmävalssatusta teräslevystä ja pintakäsitellään pulverimaalaamalla. MA400-sarjaan kuuluu yhteensä kahdeksan eri peruskotelomallia. MA400-sarjaan kuuluvat laitekotelomallit ovat MA464, MA564, MA644, MA654, MA664, MA864, MA1064 sekä MA1264 (kuva 1). (3, s. 2 - 7.)

Tuotteet » MA-laitekotelot » MA Sarja 400

Sarja 400

Sarja syvyyden mukaan.

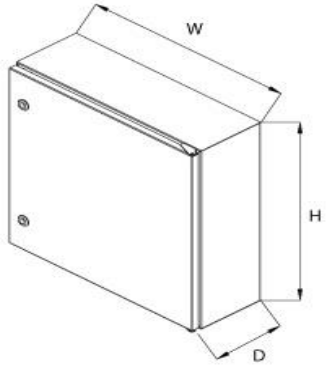
Koodin lukuohje

MA 342
H = 300 (MA342)
W = 380 (MA342)
D = 220 (MA342)

Vakiokokoonpano

- ⊗ runko
- ⊗ ovi
- ⊗ asennuslevy
- ⊗ CII-laippa
- ⊗ seinäänkiinnityssarja

- ⊗ **MA 464** | H x W x D = 380 x 600 x 400 mm
- ⊗ **MA 564** | H x W x D = 520 x 600 x 400 mm
- ⊗ **MA 644** | H x W x D = 600 x 380 x 400 mm
- ⊗ **MA 654** | H x W x D = 600 x 520 x 400 mm
- ⊗ **MA 664** | H x W x D = 640 x 600 x 400 mm
- ⊗ **MA 864** | H x W x D = 820 x 600 x 400 mm
- ⊗ **MA 1064** | H x W x D = 1000 x 600 x 400 mm
- ⊗ **MA 1264** | H x W x D = 1180 x 600 x 400 mm



KUVA 1. MA400-sarjan laitekotelot (4, Tuotteet → MA-laitekotelot → Sarja 400)

3 ROBOTIHITSAUSSOLU

3.1 Hitsaussolun nykyinen tila

2000-luvun alkupuolella robottihitsaussolussa tuotettiin laitekaapistoja ja runkokehikoita sopimusasiakkaille. Sopimusasiakkaiden tuotantomuutoksien takia yrityksen tilauskanta pienentyi, joten hitsausrobottisolun työkuormitus vähentyi sarjakokojen pienentyessä ja tuotemäärien vähentyessä. Muuttuvassa tuotantotilanteessa yrityksen ei ollut kustannustehokasta muokata robottihitsaussolua piensarja- ja yksittäiskappaletuotantoon soveltuvaksi. (1.)

Tällä hetkellä robottihitsaussolu ei ole jokapäiväisessä tuotantokäytössä, koska yrityksen valmistamien laitekoteloiden automatisoituun kokoonpanohitsaamiseen soveltuvia hitsauskiinnittimiä ei ole suunniteltu eikä rakennettu. Nykyisin hitsausrobottia käytetäänkin prototyypiluonteisten yksittäiskappaleiden hitsaamiseen. Yksittäiskappaleiden hitsauskiinnittiminä on käytetty mm. hitsauspihtejä tai muita tilapäisratkaisuja. Nykyisin robottihitsaussolun työympäristö on muun tuotannon välivarastona ja yleisenä varastotilana.

3.2 Robottihitsaussolun varustus

Hitsaussolun tämänhetkiseen varustukseen kuuluvat

- Motoman SK6 MRC -hitsausrobotti
- Motoman HSD- 250 SB -kääntöpöytä
- Motoman RM2 250 SE2 -kääntölaite
- Kemppi-hitsauslaitteistot.

Hitsausrobotti

Robottihitsaussolun varustukseen kuuluu kuusiakselinen Motoman SK6 MRC -käsivarsirobotti, vuosimallia 1996. Vakiotyökaluilla robotin ulottuvuus säde on 1 800 mm ja suurin lineaarinen liikenopeus on 1 500 mm/s. Robottiohjaimena on Yasnac MRC -kapulaohjaimella varustettu Yasnac MRC -ohjaussovellus. Ohjaussovelluksen lisävarusteena on MyBasic-tiedonsiirto-ohjelma, johon on liitetty PC-tietokone.

Hitsausrobotti on varustettu automaattisella työkalun vaihtajalla, johon on asennettu erilliset MIG- ja TIG-hitsauslaitteistot. Työkalunvaihtojärjestelmään kuuluvat myös paineilmatoiminen hitsaustyökalunpuhdistusasema ja hitsauslangan katkaisulaite. (Kuva 2.)



KUVA 2. Hitsausrobotti Motoman SK6

Hitsauslaitteistoissa hitsausvirtalähteenä on Kemppi PS 3500 DC -virtalähde, johon kuuluu vakiona Kemppi WU10 -nestejäähdytin. TIG-hitsauslaitteistoon on lisäksi yhdistetty Kemppi TU20 TIG -suurjaksolaite. Kyseisessä Motoman SK6 MRC -hitsausrobotissa ei ole asennettuna hitsausrillonseurantajärjestelmää eikä myöskään hitsauspolttimen sijainnin automaattista säätöjärjestelmää.

Hitsausrobotti on asennettu paineilmatoimiselle TRC 1200 -siirtoradalle. Siirtorata mahdollistaa hitsausrobotin pitkittäissuuntaisen siirtymisen sekä koko työalueen maksimaalisen hyväksikäytön. Hitsausrobotin pitkittäissuuntainen siirtyminen hitsauksen aikana ei ole mahdollista ilman rakenteellisia ja ohjelmallisia muutoksia.

Kääntöpöytä

Robottihitsaussolun työasemaan A on asennettu Motoman HSD 250 SB - kääntöpöytä, vuosimallia 1996 (kuva 3). Pöydän kokonaispituus on 2 800 mm ja kääntöympyrän halkaisija 1 500 mm. Valmistajan ilmoittama kokonaispaino kääntöpöydälle on 640 kg. (5, s. 7 - 15.)



KUVA 3. Kääntöpöytä

Kääntöpöytä on varustettu pöydän indeksoivalla pyörytyksellä ja pyörittämisestä huolehtii servomoottori. Servomoottorin teho on 1 300 W ja maksimivääntömomentti on 600 Nm. Kääntöpöydän maksimityökuorma on 250 kg. (5, s. 7 - 15.) Kääntöpöytä on lisäksi varustettu vastapainolla kääntötyön helpottamiseksi. Vastapainon laskettu kokonaispaino on n. 63 kg.

Kaksiasemainen kääntölaite

Robottihitsaussolun työasema B on varustettu kaksiasemaisella Motoman RM2 250 SE2 -kääntölaitteella, vuosimallia 1996. Valmistajan ilmoittama kokonaispaino kääntölaitteelle on 1 950 kg. Kääntölaite on lisäksi varustettu indeksoivilla työpöytien pyörytyksillä. Työpöydän työalueen kokonaispituus on 2 500 mm ja kääntöympyrän halkaisija 950 mm. Työpöydän maksimityökuorma on 250 kg. (Kuva 4.)



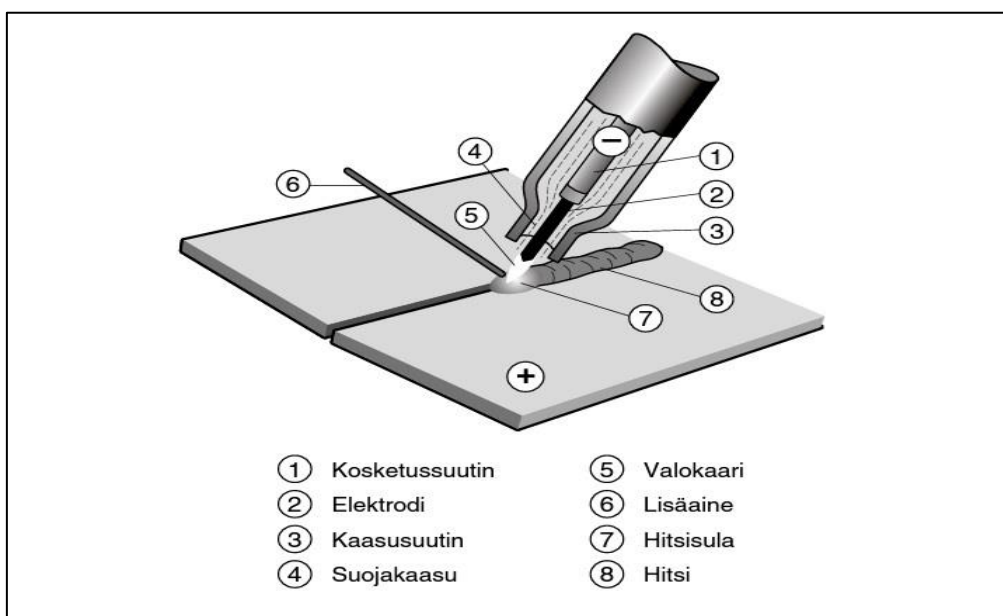
KUVA 4. Kaksiasemainen kääntölaite

Kääntölaite on varustettu kahdella erillisellä työpöydällä, jotka mahdollistavat tuotannon katkeamattoman työkierron. Robotin työkierron aikana voidaan toista työasemaa purkaa ja ladata samanaikaisesti. Työstöasemien vaihto tapahtuu paineilmatoimisesti, ja työpöytien kääntäminen tapahtuu servomootoreilla. Kääntömoottorina käytetään Yasnac USADED 22 YG21 AC -servomootoria, jonka maksimivääntömomentti on 1 050 Nm. (6, s. 7 - 14.)

4 KOTELOHITSAUSSOLUN KEHITTÄMINEN

4.1 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus on saanut nimensä englanninkielisistä sanoista Tungsten Inert Gas-welding (7, s. 294). TIG-hitsaus on kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa valokaari palaa inerttisen suojakaasuverhon sisällä (kuva 5). Suojakaasun tehtävänä on estää ilman hapettava vaikutus TIG-hitsauksen aikana. Yleisimpinä suojakaasuina TIG-hitsauksessa käytetään Argon- ja Helium-suojakaasuja. (7, s. 292 - 297.)



KUVA 5. TIG-hitsauksen periaate (10, s. 159)

Teollisuuden TIG-hitsauksissa eniten käytetty suojakaasu on Argon. Argonkaasujen käyttöä TIG-hitsauksen suojakaasuna puoltaa sen edullisuus Heliumkaasuihin verrattuna. Helium-suojakaasua käytetäänkin pääasiallisesti kohteissa, joissa tarvitaan korkeampaa kaarijännitettä sekä suurempaa hitsin tunkeumaa. (7, s. 292 - 297.)

TIG-hitsausta voidaan suorittaa lisääineettomasti tai käyttäen hitsattaville materiaaleille soveltuvia lisääaineita. TIG-hitsaus soveltuu erinomaisesti ohuiden ainevahvuuksien sekä vaativien hitsauskohteiden hitsaamiseen. Tyypillisesti TIG-hitsausta käytetään ohutlevyrakenteiden ja putkistojen hitsaamiseen. (7, s. 297.)

Yleisiä TIG-hitsattuja materiaaleja ovat alumiinit, ohuet seostamattomat ja niukkaseosteiset teräkset sekä ruostumattomat ja haponkestävät teräkset. TIG-hitsausta käytetään myös kuparin, titaanin ja muiden erikoismetallien hitsaamiseen. (7, s. 297.)

TIG-hitsaus on helposti mekanisoitavissa, joten se onkin usein käytetty menetelmä mekanisoiduissa ja automatisoiduissa tuotantomenetelmissä. Yleisesti käytetty TIG -hitsauksen automatisointimenetelmä on hitsausrobottiin liitetty TIG-hitsauspoltin, jolloin hitsausjärjestelmä on myös varustettu suurjaksolaitteella. Suurjaksolaitteen tehtävänä on huolehtia TIG-hitsauksessa valokaaren sytyttäminen. (12, s. 125.)

Automatisoitu TIG-hitsaaminen toteutetaan yleensä lisääineettomasti. Hitsauslisäaineensyötön toteuttaminen onnistuneesti automatisoiduissa järjestelmissä on erittäin haasteellista. Automaattisen lisääaineensyötön toteuttaminen TIG-hitsauksessa heikentää hitsauspoltin luokse päästävyttä oleellisesti. Lisäaineettomasti suoritettavassa TIG-hitsauksessa lisäaineensyöttölaitteisto ei aiheita rajoituksia polttimen työasentoihin. Teollisuuskäytössä automatisoidulla TIG-hitsauksella saavutetaan kustannustehokkaasti hitsien hyvä ulkonäkö ja laadukkuus. Laadukkailla hitseillä voidaankin vähentää oleellisesti hitsien jälkikäsittelytarvetta. (13, s. 15 - 16.)

Onnistuneen TIG-hitsauksen automatisoinnin edellytyksenä on valokaaren oikea suuntaaminen ja paikoittaminen hitsattavaan railoon nähden. Valokaaren oikean paikoittamisen ja suuntaamisen mahdollistamiseksi tulee hitsattavien aihoiden valmistamiseen kiinnittää suurta huomiota. Yleisesti onkin havaittu, että käsihitsaukselle riittävä aihoiden valmistustarkkuus ei riitä automatisoidussa TIG-hitsauksessa. Automatisoiduissa hitsaussovelluksissa voidaankin

vaadittua valmistustarkkuutta lieventää oikeilla railonmuodoilla, tarkoilla hitsauskiinnittimillä ja hitsausta helpottavilla juuritukirakennelmilla. (14, s. 26 - 28.)

4.2 Hitsausjigit

MA400-sarjan laitekoteloiden tuotannon aloittamiseksi robottihitsaussolussa tarvitaan hitsauskiinnitin eli ns. hitsausjigi. Hitsausjigin tulisi mahdollistaa laitekoteloiden automatisoitu kokoonpanohitsaus.

Hitsauskiinnitin on robottihitsauksessa oleellinen hitsauslaitteiston osa (8, s. 3). Robottihitsauksessa saadaan hitsauskiinnittimien huolellisen suunnittelun ja kääntyvien työpöytien avulla hitsattava kappale lähes aina edulliseen hitsausasentoon. Edulliset hitsausasennot nopeuttavat tuotantoaikoja, parantavat hitsausliitosten laatua, pienentävät tuote- ja materiaalihävikkiä sekä vähentävät hitsien jälkikäsittelyjen määrää. (8, s. 3.)

Hitsauskiinnittimien tarkoituksena on asemoida ja paikoittaa hitsattavat aihiot oikein. Kiinnittimien tehtävänä on myös tukea hitsattavia rakenteita, estää työkappaleiden irtoaminen sekä aihoiden tarpeeton liikkuminen hitsauksen aikana. Hitsauksesta aiheutuvia muodonmuutoksia voidaan minimoida käyttämällä tarkoituksen mukaisia hitsauskiinnittimiä. (8, s. 7 - 12.)

Hitsauskiinnittimiä suunniteltaessa tulisi huomioida seuraavat vaatimukset:

- riittävä mittatarkkuus
- kappaleet kaikilta osin robotin ulottuvissa
- aihoiden paikoitus yksiselitteistä
- edulliset hitsausasennot
- riittävät kiinnitysvoimat
- harkittu paluuvirran reitti
- robotilla ei turhia väistöliikkeitä kiinnittimien takia
- esteetön kiinnittimen lataaminen ja purkaminen
- työturvallisuuden huomioiminen. (8, s. 12.)

Helppo lataaminen ja purkaminen ovat onnistuneen hitsauskiinnittimen tärkeimpiä ominaisuuksia. Hyvin suunniteltu hitsauskiinnitin vähentää tarpeettomia työvaiheita, estää aihoiden asennus- ja paikoitusvirheet sekä on tuotantotehokas. (9, s. 27.)

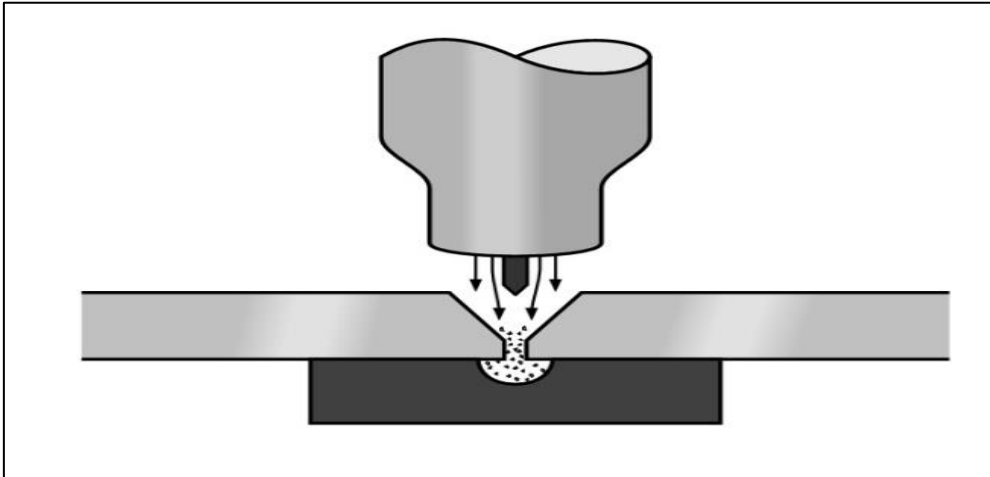
Hitsauskiinnittimet suunnitellaan tavallisimmin yhdelle tuotteelle tai sen osalle (8, s. 7). Jokaiselle tuotteelle erikseen suunniteltavat ja rakennettavat hitsauskiinnittimet lisäävät kustannuksia huomattavasti. Hitsauskiinnittimistä koituvia kustannuksia voidaankin oleellisesti pienentää, jos tuotteista voidaan luoda ns. tuoteperheitä. Tällöin voidaankin suunnitella ja rakentaa kiinnittimiä, jotka soveltuvat pienillä muutoksilla usealle samankaltaiselle tuotteelle ja tuoteperheelle. (8, s. 7 - 8.)

Tuoteperhekiinnitinajattelua noudattamalla voidaan suunnitella hitsauskiinnittimiä, joilla luodaan ns. modulaarisia kiinnitinjärjestelmiä. Modulaarisella kiinnitysjärjestelmäperiaatteella saadaankin luotua helposti muunneltavia hitsauskiinnittimiä, jotka soveltuvat lukuisille eri tuotteille ja jopa usealle eri tuoteperheelle. (8, s. 8.)

Modulaariset kiinnitysjärjestelmät soveltuvatkin erittäin hyvin robottihitsauksen piensarjamaiseen tuotantoon. Tuoteperhekohtaisesti suunnitellulla modulaarisella kiinnitysjärjestelmällä saadaan pienillä, nopeasti tehtävillä muutoksilla, luotua tarvittavat kiinnittimet hitsattaville tuotteille. Hyvin suunnitelluilla kiinnitysjärjestelmillä saadaan tuotannossa minimoitua hitsauskiinnittimien vaihdoista aiheutuvat seisonta-ajat sekä pystytään pienentämään kiinnittimiin sidottua pääomaa. (8, s. 77.)

4.3 Juurituet

Hitsauksessa käytettävien juuritukien tehtävänä on tukea ja suojata hitsisulaa sekä muotoilla hitsaussauman pohjapuolta. Hitsaustapahtuman aikana juurituki estää hitsisulan liiallisen läpivalumisen juuren puolelle, joten hitsaus voidaan suorittaa normaalia suuremmilla hitsausarvoilla. Suuremmilla hitsausarvoilla voidaan varmistaa yhdeltä puolelta tapahtuvan hitsauksen läpihitsautuminen. (11, s. 1.) Juurituen käyttö TIG-hitsauksessa on esitelty kuvassa 6.



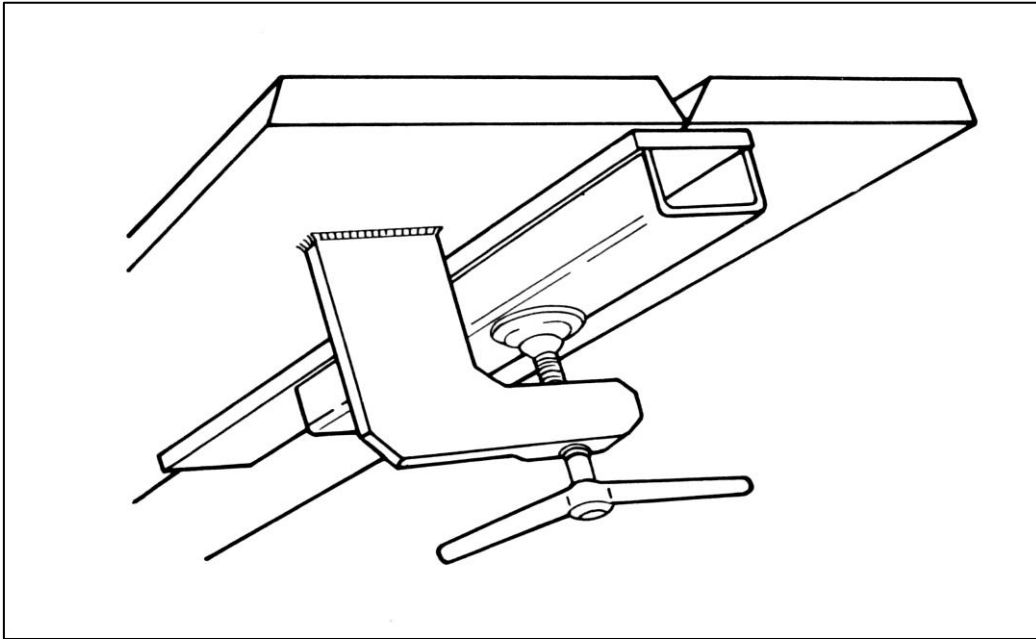
KUVA 6. Juurituen käyttö TIG-hitsauksessa (10,s. 172)

Ohutlevyrakenteiden hitsauksessa käytettävien juuritukien tarkoituksena on hitsattavien rakenteiden tukemisen lisäksi myös jäähdyttää hitsattavia kappaleita. Hitsaustapahtumassa syntyvä lämpö siirtyy juuritukirakenteisiin ja estää osaltaan hitsauslämmöstä syntyviä muodonmuutoksia. (10, s. 172.)

Rautametallien hitsauksessa yleisenä juuritukimateriaalina käytetään kuparimetalleja. Ei-rautametallien juuritukimateriaaleina käytetään ruostumattomia teräksisiä. Yleisesti käytettyjä muita juuritukimateriaaleja ovat mm. keraamit, alumiiniteipit ja metallijauheet. (10, s. 172.)

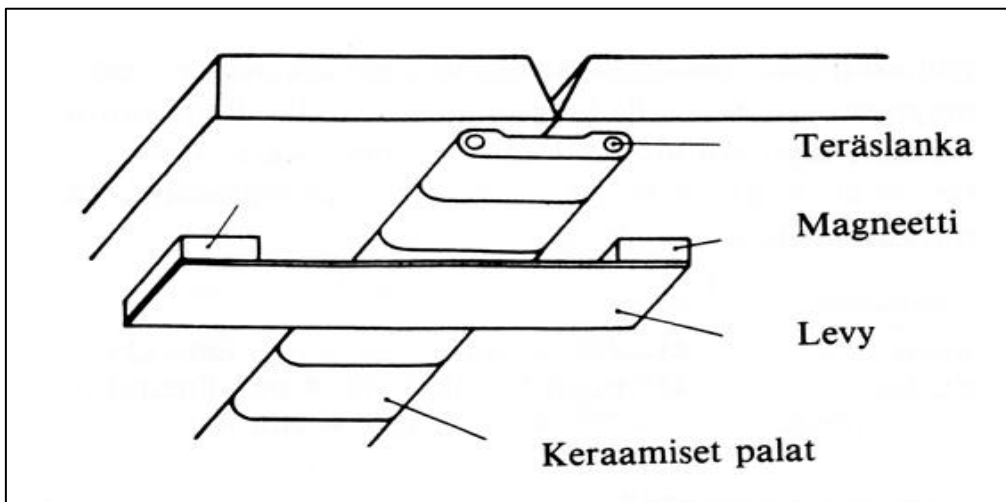
Juuritukien kiinnitysmenetelmiä

Juuritukien kiinnittäminen hitsattavaan rakenteeseen voidaan toteuttaa usealla eri menetelmällä. Juuritukia voidaan kiinnittää hitsattaviin rakenteisiin mekaanisesti hitsauspihdeillä tai ruuvipuristimilla. (11, s. 5.) Ruuvipuristinkiinnitteinen juurituki on esitelty kuvassa 7.



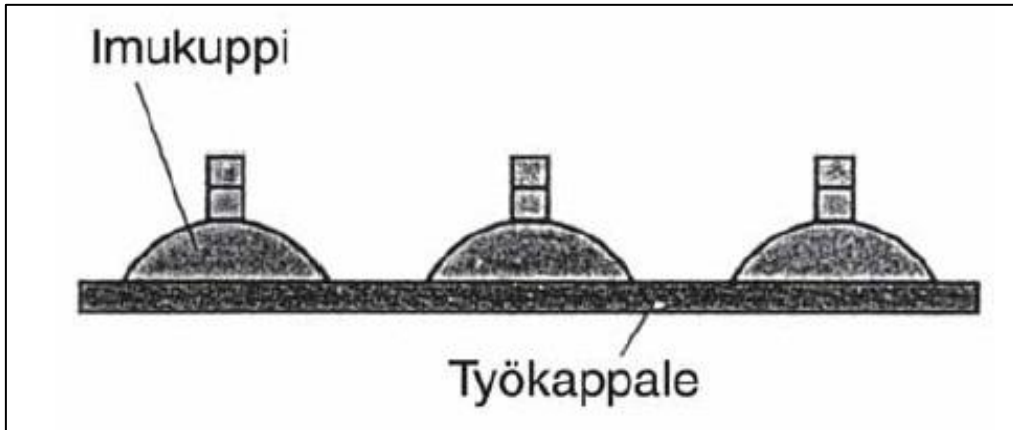
KUVA 7. Ruuvipuristinkiinnitteinen juurituki (11, s. 5)

Juuritukien kiinnittäminen hitsattavaan rakenteeseen voidaan toteuttaa myös kestmagneettien avulla. Magneettien avulla toteutettua kiinnitystapaa voidaan käyttää vain ferromagneettisille materiaaleille. (11, s. 7.) Kestomagneettikiinnitteinen juurituki on esitelty kuvassa 8.



KUVA 8. Kestomagneettikiinnitteiset juuritueta (11, s. 7)

Juuritukien kiinnittäminen voidaan toteuttaa myös alipainetarraimien eli ns. imukuppien avulla. Imukuppikiinnityksiä pystytään käyttämään kohteissa, joissa juuritukien mekaaninen kiinnittäminen on vaikeaa. Imukuppikiinnityksen etuna on kiinnitysvoiman helppo kasvattaminen imukuppeja lisäämällä sekä kiinnityspintoja naarmuttamaton kiinnittäminen. (Kuva 9). (12, s. 63 - 64.)



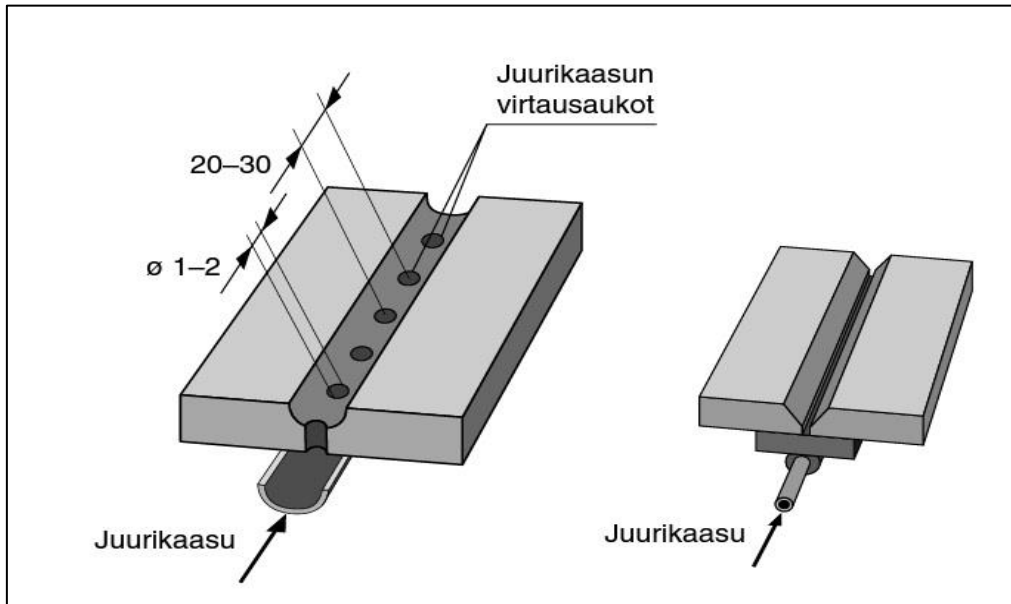
KUVA 9. Imukuppikiinnitys (15, s. 5)

Imukuppikiinnitteisissä juuritukirakenteissa tulee huomioida imukuppien lämmönkestävyys sekä imukuppien asettamat vaatimukset kappaleiden pinnanlaadulle. Konepajaolosuhteissa suurimpana kiinnityshaittoina ovat pölyt, rasvat ja ennakoimattomat paineenvaihtelut paineilmajärjestelmässä. Paineen katoaminen paineilmatoisesta kiinnitysjärjestelmästä voi aiheuttaa kiinnityksen pettämisen, josta seurauksena on kappaleen putoaminen. (12, s. 63 - 64.)

4.4 Juurikaasut

Hitsattavien rakenteiden hitsaussauman juuripuoli voidaan suojata myös ns. juurikaasulla. Hitsaussauman juuripuolelle johdettu juurikaasu takaa parhaan tavan suojata saumaa oksidoitumiselta. Hitsaussauman juuripuolen oksidoituminen aiheuttaa juuren rosoisuutta, joka altistaa rakennetta korroosiolle. (10, s. 173.)

Ohutlevyrakenteissa voidaan juuripuoli suojata juuritukirakenteilla, joihin johdetaan juurikaasu. Juuritukirakenteisiin voidaan porata tarvittavia reikiä juurikaasun virtauksen luomiseksi (kuva 10). Juurikaasun virtaus voidaan toteuttaa myös pienillä juuritukirakenteisiin asennettavilla kaasuputkistoilla. (14, s. 217.)



KUVA 10. Juurikaasusuojauksen mahdollistavia juuritukia (10, s. 173)

Hitsattavissa rakenteissa yleisesti käytettyjä juurikaasuja ovat Argon ja Formier-seoskaasut. Yleisesti TIG-hitsauksissa käytetty Argon-suojakaasu soveltuu juurikaasuksi kaikille hitsattaville perusmateriaaleille. Teollisuudessa yleisesti käytetty Formier 10 -seoskaasu sisältää typen (N_2) lisäksi 10 % vetyä (H_2). Formier 10 -seoskaasu muodostaa ilman kanssa palavan kaasuseoksen, joten sen käytössä on noudatettava erityistä huolellisuutta. Formier 10 -seoskaasua käytetään seostamattomien, niukkaseosteisten ja runsasseosteisten austeniittisten terästen hitsauksessa juurikaasuna. (10, s. 173.)

Juurikaasun virtaus tulee olla mahdollisimman häiriötöntä ja tasaista. Yleisesti juurikaasuna käytetty Argon suojakaasu on ilmaa raskaampaa, joten suoja-kaasuvirtaus tulisi toteuttaa rakenteissa alhaalta ylöspäin. Ilmaa kevyemmällä kaasuseoksilla juurikaasun kierrätys tulisi toteuttaa ylhäältä alaspäin. (14, s. 217 - 219.)

Tehokkaan juurikaasusuojan edellytyksenä on hitsattavan kohteen ilmanpoisto. Ilmanpoisto tulisi suorittaa ns. juurikaasuhuuhtelulla, käyttäen riittävän pitkää huuhtelu-aikaa. Huuhteluajan pituus on verrannollinen huuhdeltavaan pinta-alaan, kaasun virtausnopeuteen ja huutelukertojen lukumäärään. (14, s. 219.)

Yleisesti on havaittu, että huuhteluajan tulisi olla vähintään kaksi minuuttia. Huuhtelu tulee suorittaa ennen hitsauksen aloittamista, jotta rakenteisiin muodostuu riittävä juurikaasusuojaus. Hitsauksen lopettamisen jälkeen liitoskohdan lämpötila pysyy jonkin aikaa oksidoitumislämpötilaa korkeampana, joten juurikaasun virtausta on jatkettava. Juurikaasun virtaus voidaan lopettaa, kun liitoskohdan lämpötila on laskenut alle oksidoitumislämpötilan. Oksidoitumislämpötila ruostumattomilla ja haponkestävillä teräksillä on 250 - 300 °C. (14, s. 219 - 220.)

5 HITSAUSJIGIN SUUNNITTELU

Robottihitsaussolun kehittäminen aloitetaan tutustumalla yleisiin lähdemateriaaleihin sekä tutkimalla asiakasyrityksen tuotannossaan käytössä olevia hitsauskiinnittimiä. Alustavien rakennesuunnitelmien hahmotteleminen tapahtuu piirtämällä muistivihkoon yleisiä rakenneideoita ja toimintasuunnitelmia. Kiinnittimen suunnittelussa pyritään noudattamaan tuoteperheajatteluperiaatetta. Tarkoituksena on suunnitella helposti modifioitavissa oleva hitsausjigi MA400-sarjan laitekoteloiden kokoonpanohitsaukseen.

Suunnittelutyön alussa tutustutaan MA400-sarjan laitekoteloihin tarkemmin. Tutustumisen aikana havaitaan, että kyseiseen laitekotelosarjaan kuuluu kahdeksan erikokoista laitekotelo. Sarjan pienin laitekotelomalli MA464, on ulkomitoiltaan 380 x 600 x 400 mm ja kotelon paino on 20 kg. Sarjan suurimman laitekotelon MA1264 ulkomitat ovat 1 180 x 600 x 400 mm ja paino 51 kg.

Asiakkaan toivomuksesta suunnittelun lähtökohdaksi valitaan MA400-sarjan suurin ja painavin laitekotelo MA1264. Hitsausjigin rakenne ja toiminta suunnitellaan siten, että jigissä voidaan hitsata kaikki MA400-sarjan laitekotelot.

5.1 Hitsausjigille asetetut vaatimukset

Rakenteiden ja toimintojen suunnittelu aloitetaan luomalla hitsausjigin vaatimuslista. Vaatimuslistaan merkitään asiakkaan asettamat kiinteät vaatimukset tunnuksella KV, ja vähimmäisvaatimukset ja toiveet merkitään vaatimuslistaan tunnuksilla VV ja T. (Taulukko 1.)

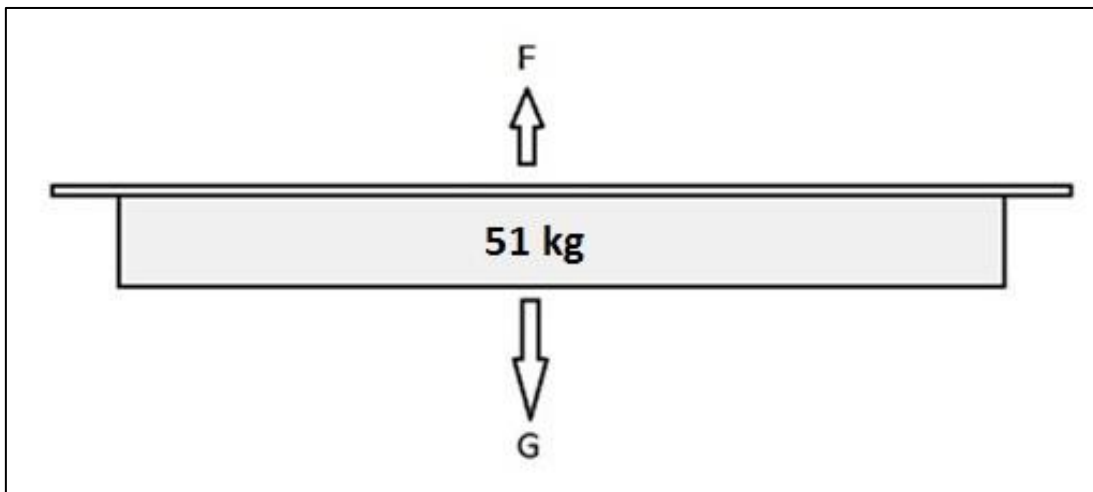
TAULUKKO 1. Hitsausjigin vaatimuslista

KV, VV, T	VAATIMUS	Tärkeys
	1. GEOMETRIA	
VV	Hitsattava kappale kaikilta osin robotin ulottuvilla	
VV	Paluuvirtareitin suunnittelu	
VV	Edulliset hitsausasennot	
KV	Tarvittavan mittatarkkuuden huomioiminen	X
T	Juuritukien käyttö	
T	Juurikaasun käyttö	
KV	Sovelluttava usealle kotelomallille	XX
T	Jigin lataaminen yksinkertaista	
T	Kappaleen poisto yksinkertaista	
	2. VOIMAT	
KV	Hitsausjigin tulee pystyä kannattelemaan vähintään 100 kg massa	
	3. ENERGIA	
KV	Jigin modifikaatioiden käyttöenergiana lihasvoima	
	4. VALMISTUSMATERIAALI	
VV	Käytettävät materiaalit teräs, alumiini ja kupari	
	5. TURVALLISUUS	
KV	Huomioitava yleinen työturvallisuus	XXX
VV	Ei kappaleen irtoamis- tai putoamisvaaraa	
VV	Hitsattavan kappaleen kiinnitysvoima riittävä	
KV	Huomioitava työergonomia jigiä käyttäessä	
T	Liikkuvien osien suojaus	
	6. VALMISTUS	
VV	Mahdollisimman paljon standardiosia	
T	Koneistettavien osien määrän minimointi	
KV	Yksinkertainen jigirakenne	XXXX
	7. TARKASTUS	
T	Jigin yleiskunnon tarkastus silmämääräisesti	
	8. KÄYTTÖ	
T	Jigin käyttöönottoon kuluva aika < 5 min	
VV	Jigin käyttö mahdollista ilman avustajaa	
VV	Mekaaninen pituuden säätö	
T	Mekaaninen korkeudensäätö	
T	Mekaaninen leveydensäätö	
KV	Hitsattavien aihoiden paikoitus automaattisesti	
T	Jigin käyttö ei vaadi erikoisvalmisteluja	
	9. KUNNOSSAPITO	
VV	Jatkuvaa kunnossapitoa ei tarvita	
	10. KUSTANNUKSET	
T	Valmistus- ja materiaalikustannusten minimointi	

Vaatimuslistan mukaisesti rakenteen suunnittelun neljä tärkeintä huomioonotettavaa seikkaa ovat tarvittavan mittatarkkuuden huomioiminen, soveltuvuus usealle kotelomallille, yleinen työturvallisuus sekä yksinkertainen rakenne. Hitsausjigin rakennesuunnittelussa pyritään toteuttamaan kaikki kiinteät ja vähimmäisvaatimukset sekä mahdollisimman paljon asiakkaan rakenteelle asettamia toiveita.

5.2 Kappaleen kiinnitysvoiman määrittäminen

Ensimmäisenä suunnittelutehtävänä määritetään hitsattavien aihoiden kiinnittämiseen tarvittavia kiinnitysvoimia. Kiinnitettävän kappaleen kiinnitysvoiman määrittämiseksi piirretään vapaamuotoinen vapaakappalekuva. (Kuva 11.)



KUVA 11. Vapaakappalekuva

Koteloaihioiden kiinnittämisen suunnitellaan tapahtuvan kiinnitysaisoissa olevilla vipukiinnittimillä. Tarvittavan kiinnitysvoiman määrittely suoritetaan piirretyn vapaakappalekuvan avulla. Vapaakappalekuvasta voidaan päätellä, että laitekotelon kiinnitysvoiman tarve on 500 N. Alustavien suunnitelmien mukaisesti, aihio kiinnitetään hitsausjigiin neljällä vipukiinnittimellä. Yhdeltä kiinnittimeltä vaadittu kiinnitysvoima on 125 Newtonia, joten valitaan rakenteessa käytettäväksi kiinnittimeksi Destaco 215U -vipukiinnitin. Kiinnittimen teknisten tietojen mukaan Destaco 215U -vipukiinnittimen teoreettinen kiinnitysvoima on 360 N, joka on riittävä.

5.3 Hitsausjigin alustavat rakennesuunnitelmat

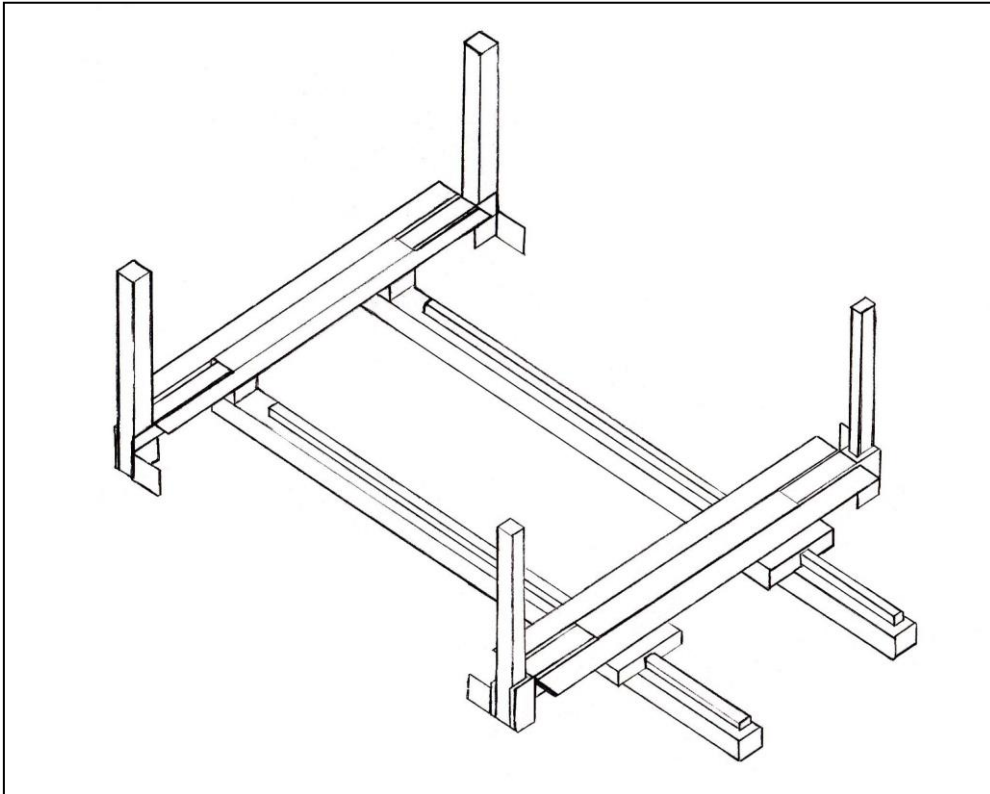
Alustavien suunnitelmien pohjalta piirretään 2D- ja 3D-rakennesuunnitelmia käsin paperille. Alustavia rakennesuunnitelmia luodaan kolmelle vaihtoehdoiselle rakenteelle ja vaihtoehdot nimetään nimillä A, B ja C. Alustavien rakennesuunnitelmien avulla pyritään yksinkertaistamaan hitsausjigin rakenteita ja toimintoja mahdollisimman paljon. Rakenteiden yksinkertaistamisella pyritään siihen, että suunnitellut rakenteet olisivat toteutettavissa ns. standardi-osilla sekä yleisesti käytössä olevilla rakenneterästen varastomitoilla ja ainevahvuuksilla.

5.3.1 Hitsausjigi A

Yleinen rakenne

Hitsausjigi A suunnitellaan tilaajayrityksessä olemassa olevan hitsauskiinnittimen pohjalta. Jigin leveydensäätö on manuaalinen ja tarvittavat liitokset toteutetaan yksinkertaisilla pultti-mutteriliitoksilla. Hitsausjigi A asennetaan yksipaikkaiseen kääntöpöytään poikittaissuuntaisesti. Kaksipaikkaiseen kääntölaitteeseen hitsausjigiä ei voida asentaa. Hitsausjigin runkorakenteiden materiaaliksi valitaan S355 J2H 50 x 50 x 4 mm putkipalkki. Alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta hitsausjigi A:n painoksi lasketaan 41 kg.

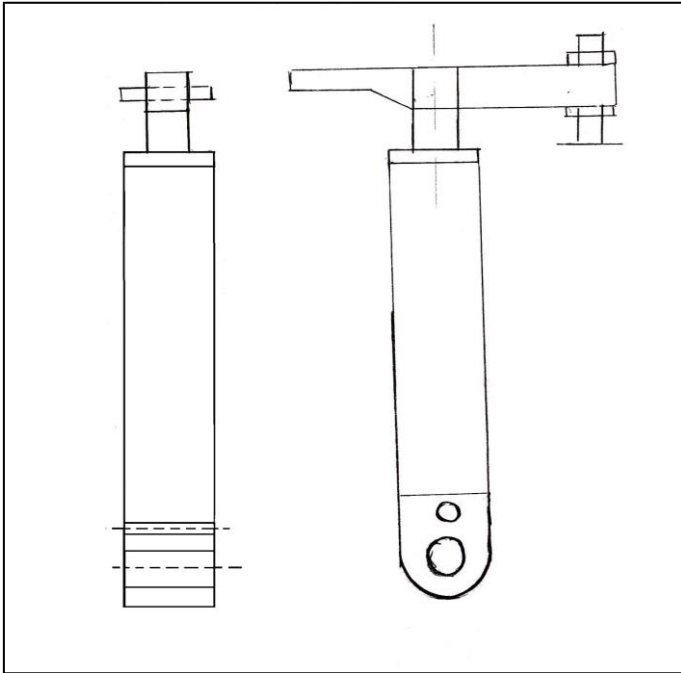
Hitsausjigin korkeudensäätö toteutetaan manuaalisesti vaihdettavilla pystysuorilla kiinnityssaisoilla. Kiinnityssaisojen kiinnittäminen jigirunkoon tapahtuu pultti-mutteriliitoksilla. Jigin portaaton pituussäätö tapahtuu kahdella lineaarijohdeella ja lineaariliikkeen mahdollistavilla lineaarikelkoilla. Pituussäädön lukitseminen tapahtuu lineaarikelkoihin asennettavilla lukituskelkoilla. Hitsausjigin yleinen rakenne on tarkemmin havainnollistettu kuvassa 12.



KUVA 12. Hitsausjigi A, yleinen rakenne

Korkeudensäätö

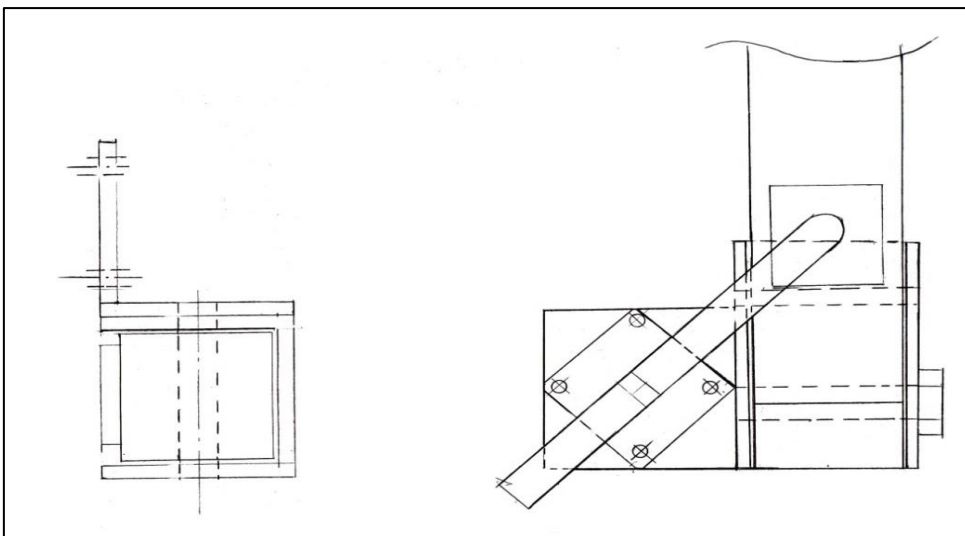
Hitsausjigin korkeudensäätö toteutetaan alapäistään saranoiduilla pystysuorilla kiinnitysaisoilla. Vaihnettavien kiinnitysaisojen pituuksiksi alustavasti suunnitellaan 400 mm, 300 mm ja 220 mm. Kiinnitysaisat suunnitellaan valmistettavaksi 40 x 40 alumiinineliotangosta. Kiinnitysaisan alapää pyöristetään ja ala- ja yläpäihin koneistetaan tarvittavat kiinnitysreiät saranointia ja lisäkomponenttien asentamista varten. Kiinnitysaisoihin kiinnitetään aihoiden lukitsemiseen tarvittavat vipukiinnittimet. Vipukiinnittimet kiinnitetään kiinnitysaisoihin kiinnitysruuveilla. Kiinnitysaisan alustava rakenne on havainnollistettu kuvassa 13.



KUVA 13. Kiinnitysaisan rakenne

Kiinnitysaisojen kiinnitys

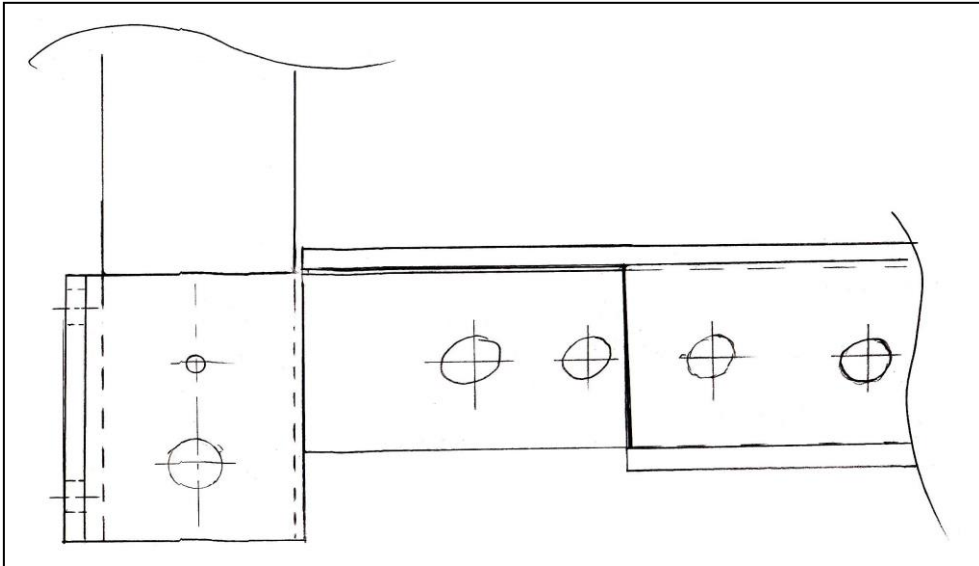
Kiinnitysaisat kiinnitetään ja saranoidaan jigirunkoon pultti-mutterikiinnityksillä. Kiinnitysaisat lukitaan paikoilleen vipukiinnittimillä tai vaihtoehtoisesti mekaanisilla lukitustapeilla. Lukituksen varmistamiseksi voidaan myös käyttää molempia lukitusmahdollisuuksia yhtäaikaisesti. (Kuva 14.)



KUVA 14. Kiinnitysaisan lukitus

Leveydensäätö

Hitsausjigin leveydensäätö suunnitellaan tapahtuvan kahdella sisäkkäin liukuvalla putkipalkilla. Alustavasti suunnitellaan jigin säädettäviksi leveyksiksi 600 mm, 520 mm sekä 380 mm. Hitsausjigin mekaaninen leveydensäätö on havainnollistettu kuvassa 15.

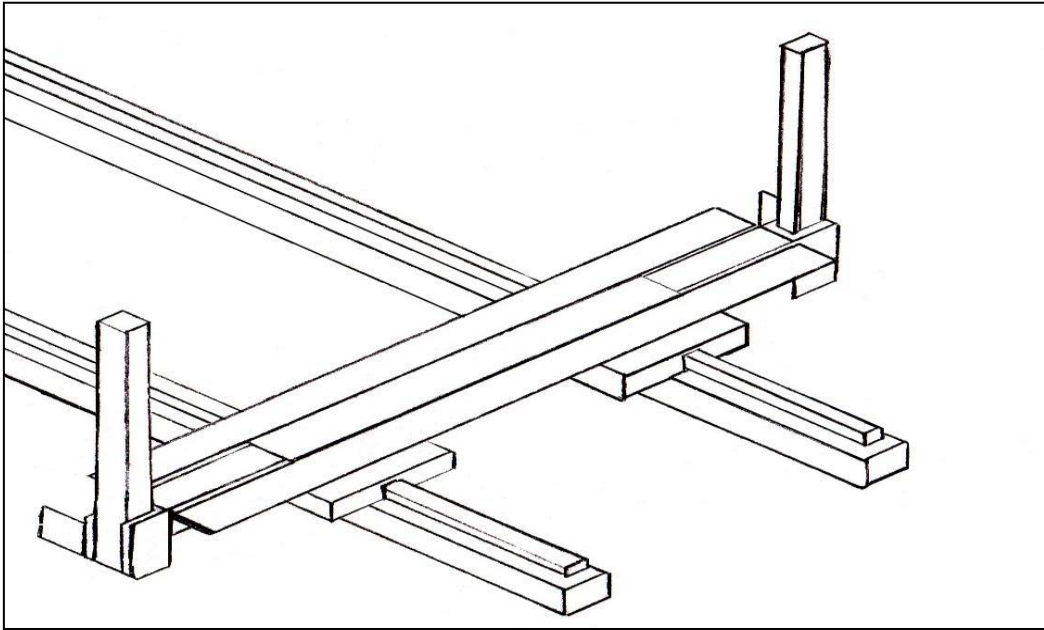


KUVA 15. Hitsausjigin leveydensäätö

Alustavien suunnitelmien mukaisesti leveydensäätö toteutetaan käyttämällä rakenteissa teräksisiä putkipalkkeja. Käytettäväksi materiaaleiksi on valittu S355 J2H 50 x 50 x 4 mm sekä 40 x 40 x 4 mm putkipalkit. Putkipalkkeihin kiinnitetään tarvittavat kiinnitysreiät pultti-mutterikiinnityksen toteuttamiseksi.

Pituuden säätö

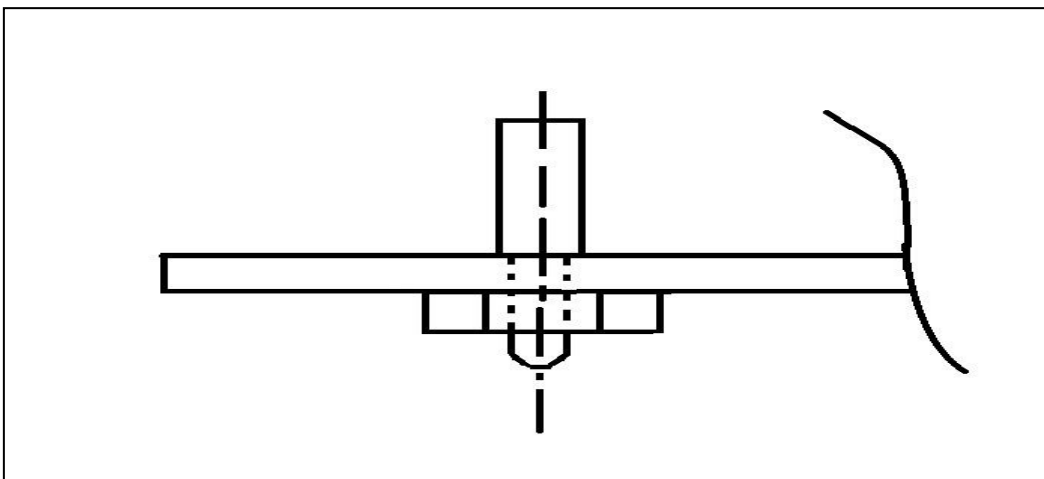
Hitsausjigin pituuden säätö toteutetaan kahdella erillisellä lineaariyksiköllä. Lineaariyksiköillä saadaan rakennettua tarvittava hitsausjigin portaaton pituuden säätö. Lineaariyksiköissä olevien lineaarikelkkojen päälle asennetaan tarvittavat tuki-, säätö- ja lukitusrakenteet ja rakenteet liitetään lineaarikelkkoihin pulttiliitoksien avulla. Rakenteessa käytettävät lineaariyksiköt valitaan siten, että lineaarikelkkoihin on mahdollista asentaa manuaalinen lukituskelkka. Hitsausjigin pituuden säätö on havainnollistettu kuvassa 16.



KUVA 16. Hitsausjigin pituuden säätö

Kappaleen paikoitus

Hitsattavien aihioden paikoitus suunnitellaan tapahtuvan aihioden takaosassa olevista lävistysrei'istä. Hitsattavan aihioin paikoittamiseksi hitsausjigiin asennetaan kohdistustapit, jotka paikoittavat hitsattavan aihion automaattisesti. Hitsausaihion kohdistustapin alustava rakenne on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 17.

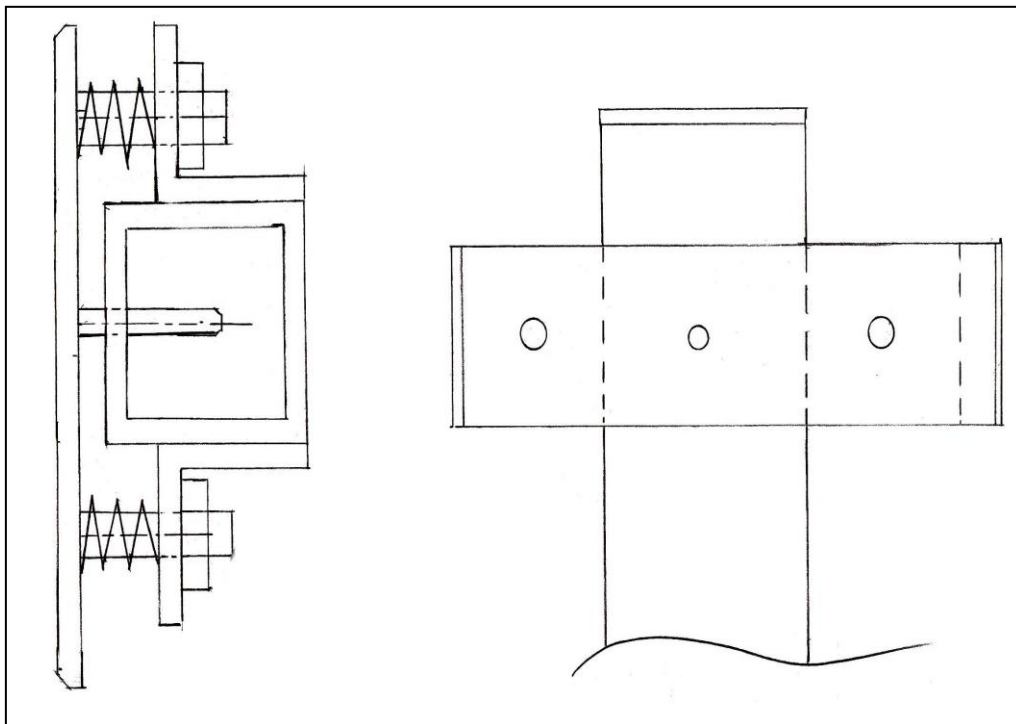


KUVA 17. Aihioden paikoitus

Kohdistustappien paikat suunnitellaan hitsattavien kotelomallien mukaisesti. Kohdistustapit kiinnitetään jigirunkoon kierteellä, jolloin tapit ovat helposti vaihdettavissa ja tarpeettomat kohdistustapit voidaan irrottaa. Kohdistustappien avulla saadaan hitsattava aihio kohdistettua ja paikoitettua automaattisesti.

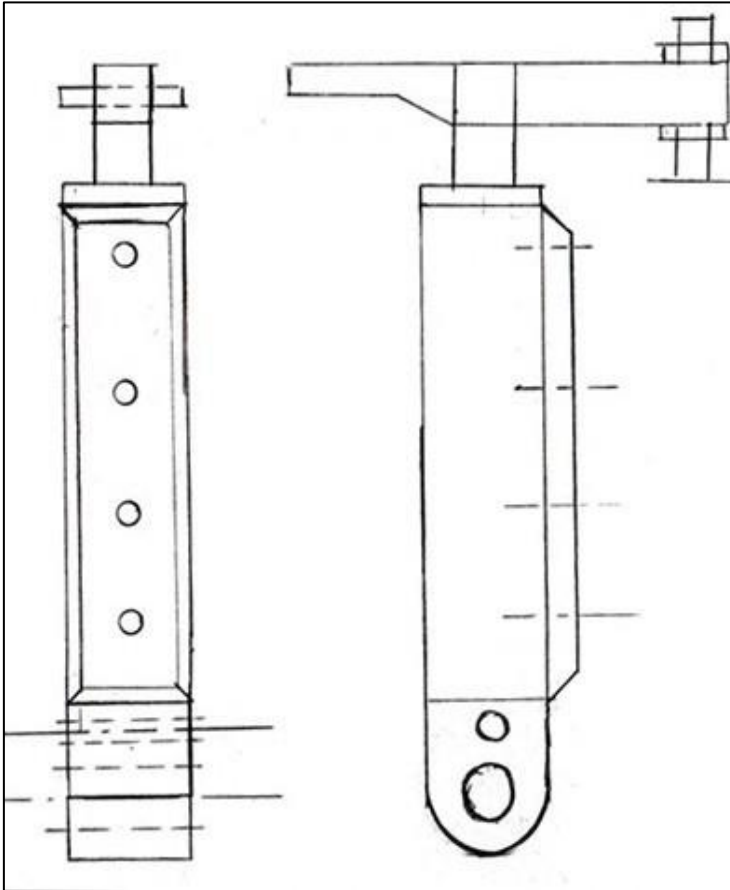
Aihoiden lukitus

Hitsattavien aihoiden kiinnittäminen tapahtuu pääsääntöisesti pystysuuntaisissa kiinnityssaisoissa olevilla vipukiinnittimillä. Kiinnityksen varmistamiseksi suunnitellaan myös kiinnityssaisoihin asennettavat jousikuormitteiset lukituspalat. Jousikuormitteisten kiinnityspalojen tehtävänä on tukea hitsattavaa ahiota sekä estää aihion sivupintojen tarpeettomat muodonmuutokset hitsauksen aikana. Jousikuormitteiset lukituspalat valmistetaan 6 mm:n alumiinilevystä tai vaihtoehtoisesti 40 x 6 mm alumiinilattatangosta. Lukituspalojen runko-osat kiinnitetään pystysuoriin kiinnityssaisoihin hitsaamalla. Jousikuormitteisten lukituspalojen rakenne on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 18.



KUVA 18. Jousikuormitteiset lukituspalat

Vaihtoehtoisesti hitsausaihio voidaan kiinnittää myös kiinnitysaisaan asennetuilla kiinteillä lukituspaloilla. Kiinteät lukituspalat varmistetaan 40 x 6 mm alumiinilattatangosta ja asennetaan kiinnitysaisoihin ruuviliitoksien. (Kuva 19.)



KUVA19. Kiinnitysaisan kiinteä lukituspala

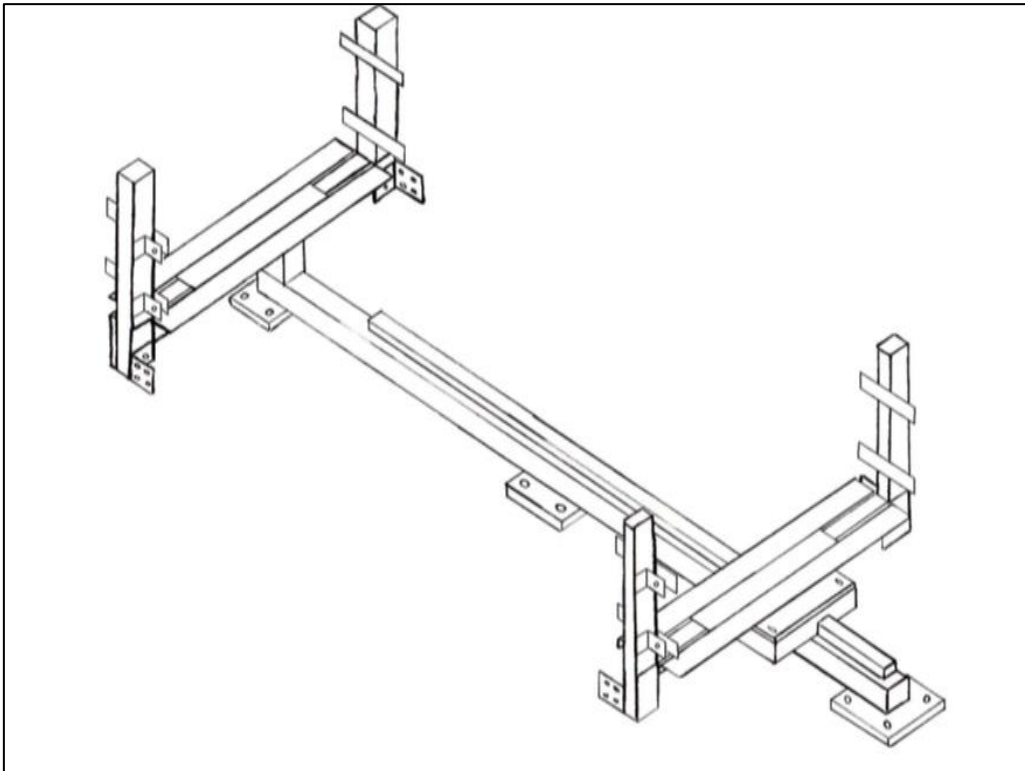
5.3.2 Hitsausjigi B

Yleinen rakenne

Hitsausjigi B suunnitellaan käytettäväksi joko yksipaikkaisessa kääntöpöydässä tai kaksipaikkaisessa kääntölaitteessa. Hitsausjigi B voidaan asentaa yksiasentoiseen kääntöpöytään joko poikittais- tai pitkittäissuunnassa. Kaksipaikkaiseen kääntölaitteeseen hitsausjigi B asennetaan pitkittäissuuntaisesti. Alustavasti hitsausjigi B:n runkorakenteen materiaaliksi valitaan S355 J2H 50 x 50 x 4 mm putkipalkki. Alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta lasketaan hitsausjigi B:n painoksi 34 kg.

Hitsausjigi B:n leveydensäätö toteutetaan samalla tavalla kuin hitsausjigissä A. Leveydensäätö tapahtuu kahdella sisäkkäin liukuvalla putkipalkilla, jotka ovat lukittavissa paikoilleen pultti-mutteriliitoksilla. Leveyssäädön rakennemateriaaleiksi on alustavasti valittu S355 J2H 50 x 50 x 4 mm ja 40 x 40 x 4 mm putkipalkit.

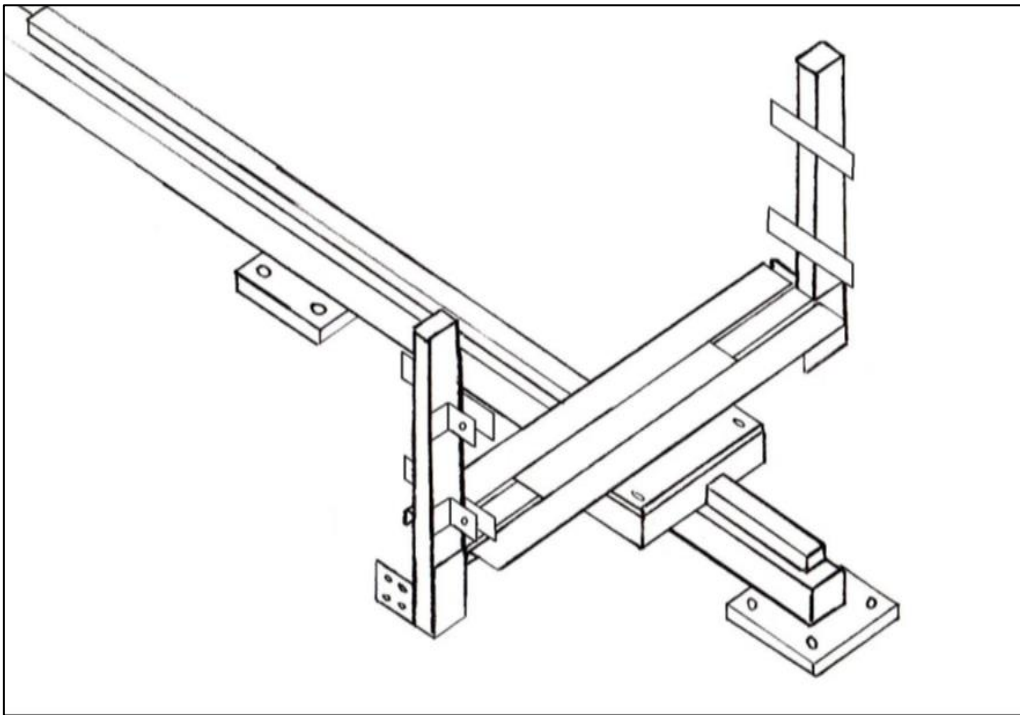
Hitsausjigi B:n korkeudensäätö tapahtuu samoin kuin hitsausjigissä A. Korkeudensäätö toteutetaan vaihtamalla kotelokohtaiset pystysuorat kiinnitysaisat. Kiinnitysaisan rakennemateriaalina käytetään 40 x 40 x 4 mm alumiinireiäputkea tai vastaavaa alumiinitankoa. Aihion paikoittaminen ja kiinnittäminen toteutetaan samanlaisilla ratkaisulla kuin aikaisemmin esitellyssä hitsausjigi A:ssa. Hitsausjigin alustava rakenne on havainnollistettu kuvassa 20.



KUVA 20. Hitsausjigi B, yleinen rakenne

Pituuden säätö

Hitsausjigin portaaton pituuden säätö toteutetaan yhdellä lineaarijohteella ja yhdellä lineaarikelkalla. Lineaariyksikössä olevan lineaarikelkan päälle asennetaan tarvittavat tuki-, säätö- ja lukitusrakenteet. Lineaarikelkkaan asennettavat rakenteet liitetään kelkkaan pulttiliitoksien avulla. Rakenteissa käytettävä lineaariyksikkö valitaan siten, että lineaarikelkkaan on mahdollista asentaa manuaalinen lukituskelkka. Hitsausjigi B:n pituuden säätö on havainnollistettu kuvassa 21.



KUVA 21. Jigi B, pituuden säätö

5.3.3 Hitsausjigi C

Yleinen rakenne

Hitsausjigi C suunnitellaan käytettäväksi kääntöpöydässä tai kääntölaitteessa. Jigi C voidaan asentaa yksipaikkaiseen kääntöpöytään tai kaksipaikkaiseen kääntölaitteeseen vain pitkittäissuuntaisesti. Alustavasti runkorakenteen materiaaliksi valitaan S355 J2H 50 x 50 x 4 mm putkipalkki. Päätykiinnittimien rakennemateriaaliksi valitaan S235JR 40 x 40 x 3 mm putkipalkki. Alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta hitsausjigi C:n painoksi lasketaan 39 kg.

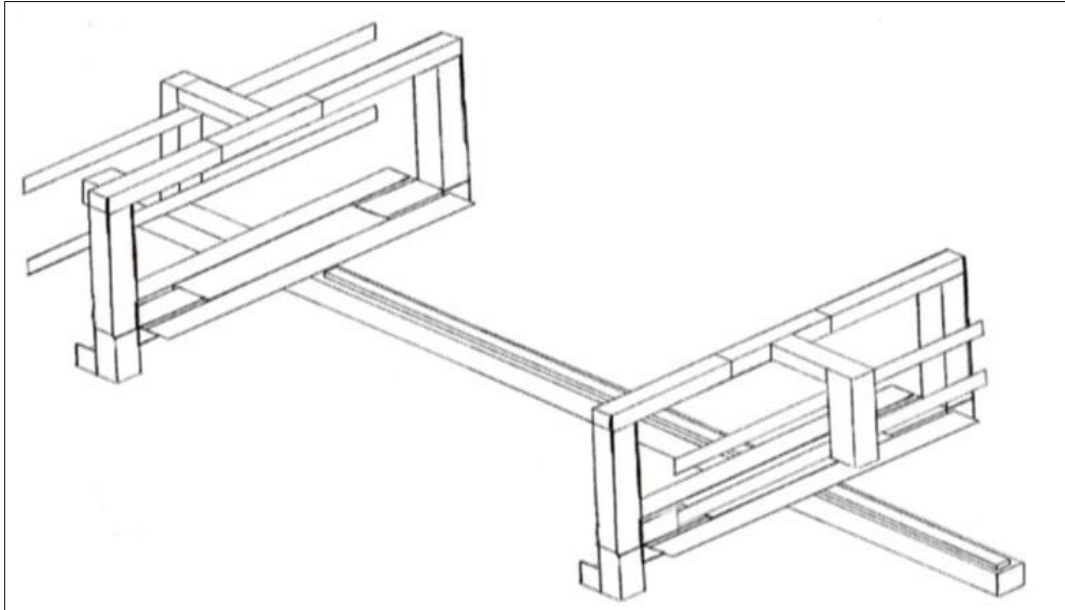
Hitsausjigi C:n leveydensäätö toteutetaan samalla tavalla kuin hitsausjigi A:n leveydensäätö. Leveydensäätö tapahtuu kahdella sisäkkäin liukuvalla putkipalkilla, jotka ovat lukittavissa haluttuun leveyteen pultti- ja mutteriliitoksilla. Jigin vaihtoehtoisiksi leveyksiksi on alustavasti suunniteltu 600 mm, 520 mm sekä 380 mm. Leveyssäädön rakennemateriaaleiksi on alustavasti valittu S355 J2H 50 x 50 x 4 mm ja 40 x 40 x 4 mm putkipalkit.

Hitsausjigi C:n korkeudensäätö tapahtuu samoin kuin aikaisemmin esitellyissä jigiversioissa A ja B. Korkeuden säätö toteutetaan vaihtamalla kotelokohtaiset pystysuorat kiinnitysaisat. Kiinnitysaisojen rakennemateriaalina käytetään 40 x 40 x 4 mm alumiininelioputkea. Hitsausjigi C:ssä aihion paikoittaminen tapahtuu kohdistustappien avulla aihion takaseinissä olevista lävistysrei'istä. Hitsattavan aihion kiinnittäminen on toteutettu vipukiinnittimillä ja jousikuormitteisilla kiinnityspaloilla.

Jigin portaaton pituudensäätö toteutetaan yhdellä lineaarijohteella ja yhdellä lineaarikelkalla. Lineaariyksiköissä olevan lineaarikelkan päälle asennetaan tarvittavat tuki-, säätö- ja lukitusrakenteet. Lineaarikelkalle asennettavat rakenteet liitetään kelkkaan pulttiliitoksin. Rakenteen lineaariyksikkö valitaan siten, että lineaarikelkkoihin on mahdollista asentaa manuaalinen lukitus- ja jarrukelkka.

Päätyaihioiden kiinnitysmekanismi

Hitsausjigin ylä- ja alapäähän on suunniteltu saranoidut, kestopagneettitoimiset päätyaihioiden kiinnitysmekanismit. Kiinnitysmekanismien tehtävänä on paikoittaa ja kiinnittää laitekotelon pohja- ja kattoaihiot. Kiinnittäminen ja paikoittaminen tapahtuvat painamalla päätyosat vasten koteloaihiota, jolloin ne voidaan hitsata paikoilleen ilman alustavia työvaiheita. Hitsausjigi C:n alustava rakenne on havainnollistettu kuvassa 22.



KUVA 22. Hitsausjigi C, yleinen rakenne

5.4 Mallinnettavan hitsausjigin valinta

Kaikkien suunniteltujen hitsausjigien alustavat rakennesuunnitelmat ja niiden toiminnan yksityiskohdat esitellään asiakasyrityksen edustajille. Esittelyjen jälkeen asiakasyrityksen edustajat valitsevat luotujen suunnitelmien pohjalta lopullisesti mallinnettavan ja rakennettavan hitsausjigirakenteen.

Alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta valitaan mallinnettavaksi rakenteeksi hitsausjigi B. Hitsausjigi B:n valintaa puoltavat rakenteen yksinkertaisuus ja keveys. Hitsausjigi B:n asennettavuus yksipaikkaiseen kääntöpöytään ja kaksipaikkaiseen kääntölaitteeseen nähdään myös käyttökelpoisena ominaisuutena.

5.5 Hitsausjigin rakennemateriaalit

Alustavissa suunnitelmissa hitsausjigien rakennemateriaaleiksi valitaan yleisesti käytössä olevia metallimateriaaleja. Materiaalien ainevahvuuksiksi pyritään valitsemaan ns. varastovahvuuksia. Jigin runkomateriaaleina käytetään rakenneteräksiä S355 J2H ja S235 JR G2 sekä teräslevyä S235 JR. Hitsausjigien rakenteita pyritään myös keventämään käyttämällä rakennemateriaaleina yleisiä alumiiniprofiileja. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Hitsausjigin rakennemateriaalit

Hitsausjigin rakennemateriaalit		
Nimike	Laatu	Koko
Putkipalkki, neliö	S355 J2H	50 x 50 x 4 mm
Putkipalkki, neliö	S355 J2H	40 x 40 x 4 mm
Kulmatanko, tasakylkinen	S235 JR G2	30 x 30 x 3 mm
Kulmatanko, tasakylkinen	S235 JR G2	50 x 50 x 4 mm
Kulmatanko, tasakylkinen	S235 JR G2	45 x 45 x 5 mm
Kulmatanko, erikylkinen	S235 JR G2	45 x 30 x 4 mm
Teräslevy	S235 JR	s = 10 mm
Alumiinilevy	Alumiini	s= 4, 5 tai 6 mm
Lattatanko	Alumiini	40 x 5 mm
Putkipalkki,	Alumiini	40 x 40 x 4 mm
Kulmatanko	Alumiini	25 x 25 x 3 mm

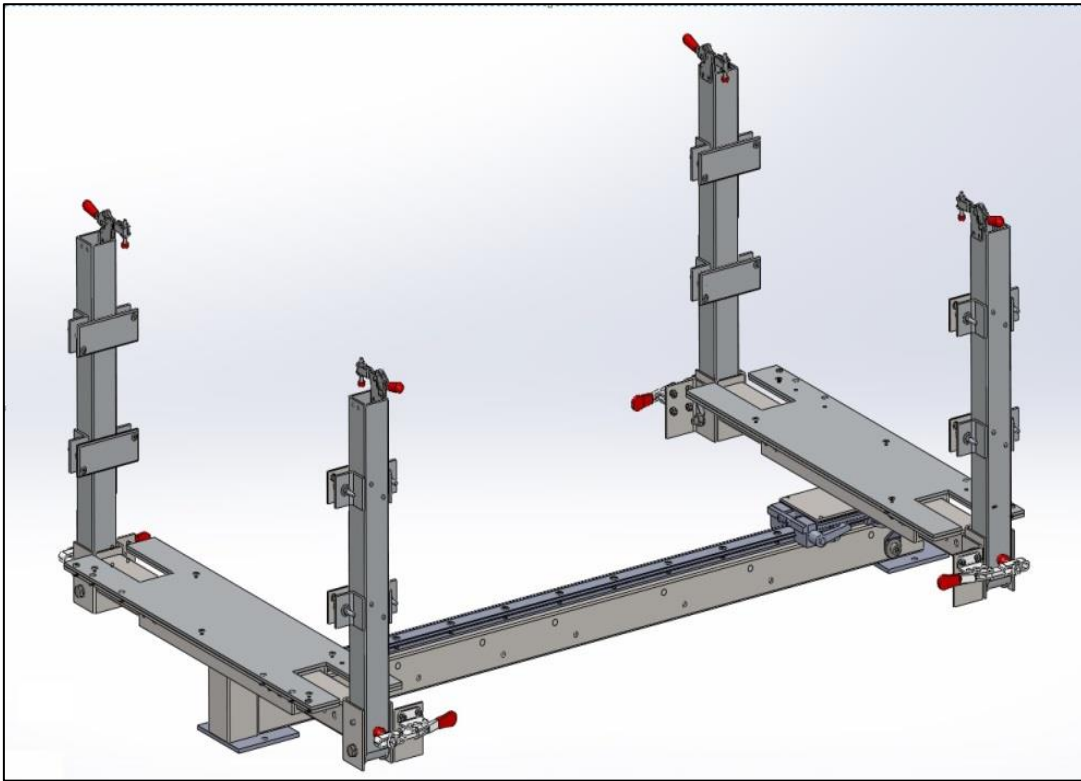
Valitun rakenteen alustava kustannusarvio lasketaan käyttämällä saatavilla olevia standardikomponenttihinnastoja sekä tekemällä tarvittavien erikoiskomponenttien tarjouspyyntöjä sähköpostitse ja puhelimitse. Teräs- ja alumiinimateriaalien käytöstä aiheutuvia kustannuksia arvioidaan materiaalien ostohintojen pohjalta. Teräs- ja alumiiniprofiilien myynnissä käytetään yleisesti €/m-hinnoittelua, joten kyseisen materiaalin kohdalla lasketaan materiaalikustannukset metrihintojen avulla. Valitun hitsausjigin alustaviksi materiaali- ja komponenttikuluiksi lasketaan 1 000 €.

5.6 Valitun hitsausjigirakenteen 3D-mallintaminen

Valitun hitsausjigirakenteen lopullinen kehittäminen ja geometrian 3D-mallintaminen tapahtuu Solidworks 2013 -ohjelmistolla. Rakenteiden mallintaminen aloitetaan yleisistä runkorakenteista ja yksittäisosista. Mallintaminen toteutetaan luomalla hitsausjigin rakenteista alikokoonpanoja. Alikokoonpanot liitetään lopulliseen pääkokoonpanoon. Hitsausjigin rakenteissa käytettävien standardiosien 3D-mallit haetaan www.tracepartsonline.net -sivuston komponenttikirjastosta (18).

Alikokoonpanojen luominen helpottaa tarvittavien osien 3D-geometrioiden mallintamista ja myöhemmin tarvittavien rakennemuutosten tekemistä. Alikokoonpanoja luomalla ehkäistään suunnitteluohjelmiston tarpeeton hidastelu suuria ja

tarkkoja geometriamalleja luotaessa. Hitsausjigin alikokoonpanojen geometriamallien pohjalta luodaan hitsausjigin 3D-geometriamalli. (Kuva 23.)



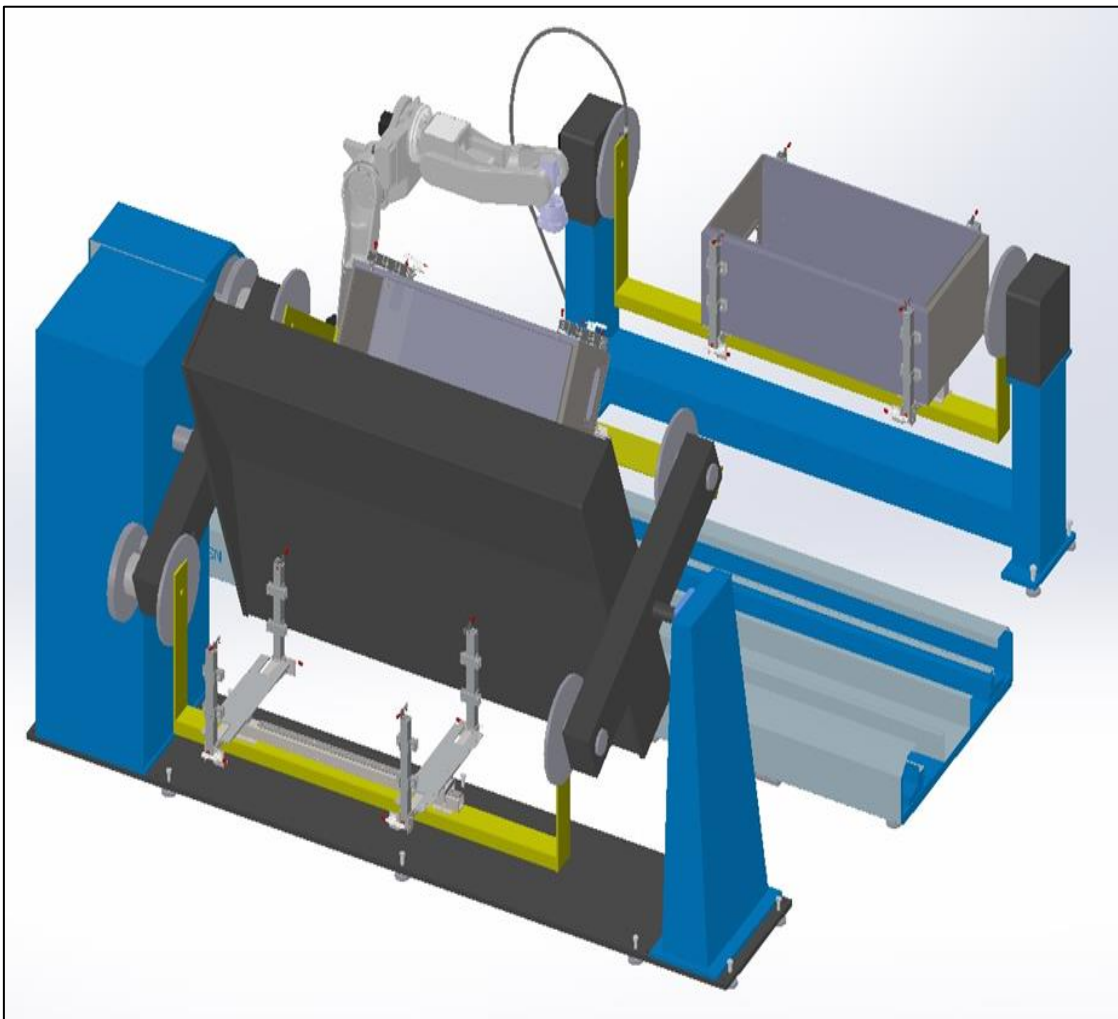
KUVA 23. Hitsausjigi

Osien ja osakokoonpanojen mallintamisen aikana piirretään myös tarvittavat työpiirustukset. Tarvittavien rakenneosien työ- ja kokoonpanopiirustukset tulostetaan paperille ja tulosteista kootaan hitsausjigin rakennuskansio. Kansio toimitetaan lopuksi asiakasyritykselle osien valmistamista ja kokoonpanoa varten.

Suunniteltavan rakenteen koneistettavista ja työstettävistä osista luodaan tarvittavat DXF-kuvat leikkaus- ja työstökoneiden ohjelmointia varten. DXF-kuvat luodaan Solidworks 2013 -ohjelmalla ja kuvien muokkaus ja mittakaavojen tarkistaminen suoritetaan Auto CAD -ohjelmistolla. Suunniteltavan hitsausjigin 3D-geometriamallit, tarkat työ- ja kokoonpanopiirustukset sekä DXF-kuvat ovat asiakasyrityksen omaisuutta, joten niitä ei julkaista opinnäytetyön liitteinä.

Hitsausjigin asentaminen

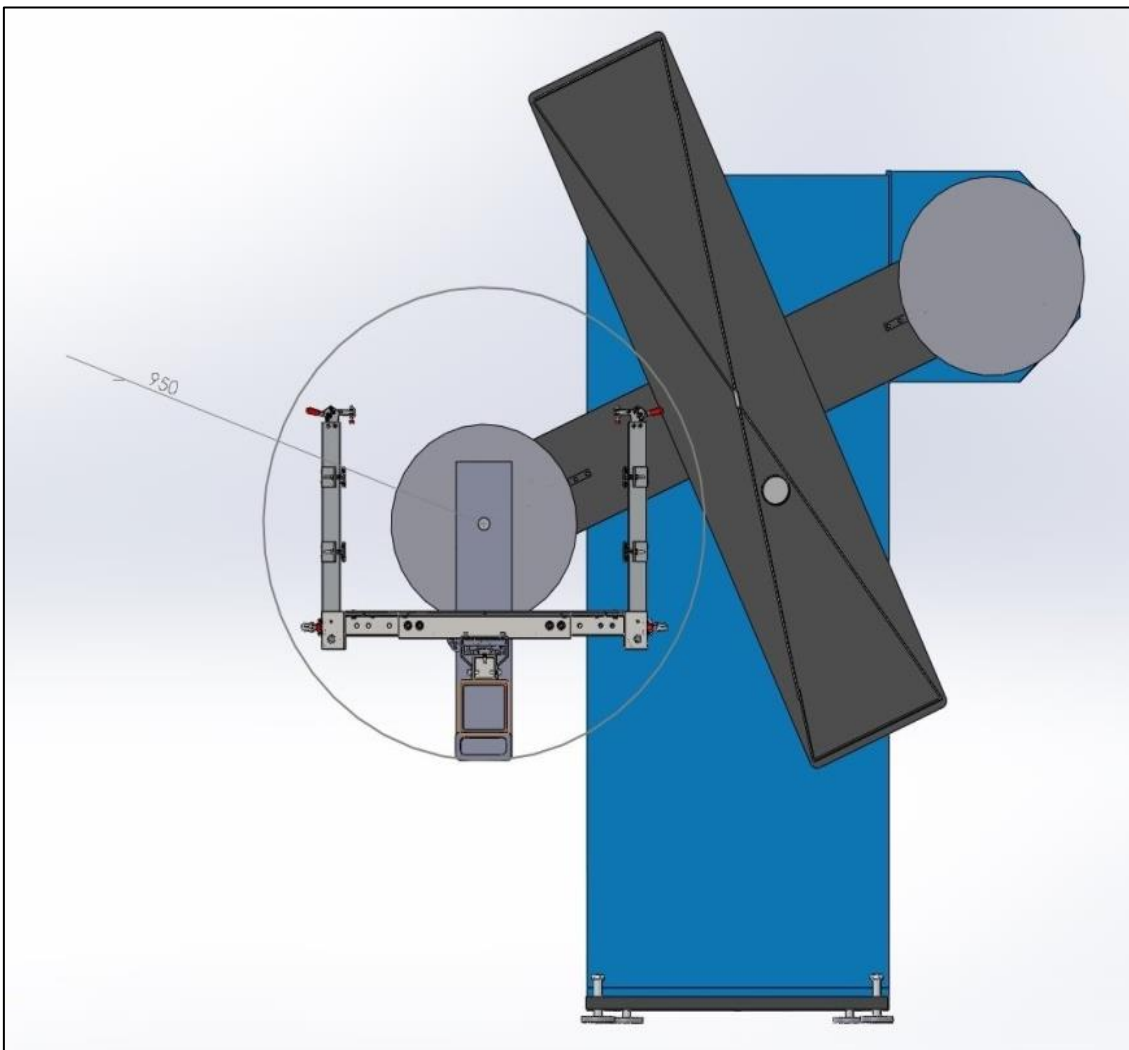
Hitsausjigin asentaminen voidaan vaihtoehtoisesti tehdä joko kaksiasemaiseen kääntölaitteeseen tai yksiasemaiseen kääntöpöytään. Hitsausjigit on myös mahdollista asentaa molempiin laitteistoihin yhtäaikaaisesti. Kaksipaikkaiseen kääntölaitteeseen asennetuilla hitsausjigeillä mahdollistetaan katkeamaton laitekoteloiden kokoonpanohitsaus sarjatuotantona. Yksipaikkaiseen kääntölaitteeseen asennetulla hitsausjigillä voidaan toteuttaa koteloiden yksittäiskappaletuotanto sarjatuotannon ohessa. Hitsausjigi voidaan asentaa kääntöpöytään vaihtoehtoisesti joko pitkittäis- tai poikittaissuunnassa. (Kuva 24.)



KUVA 24. Robottihitsaussolu

Asennus kääntölaitteeseen

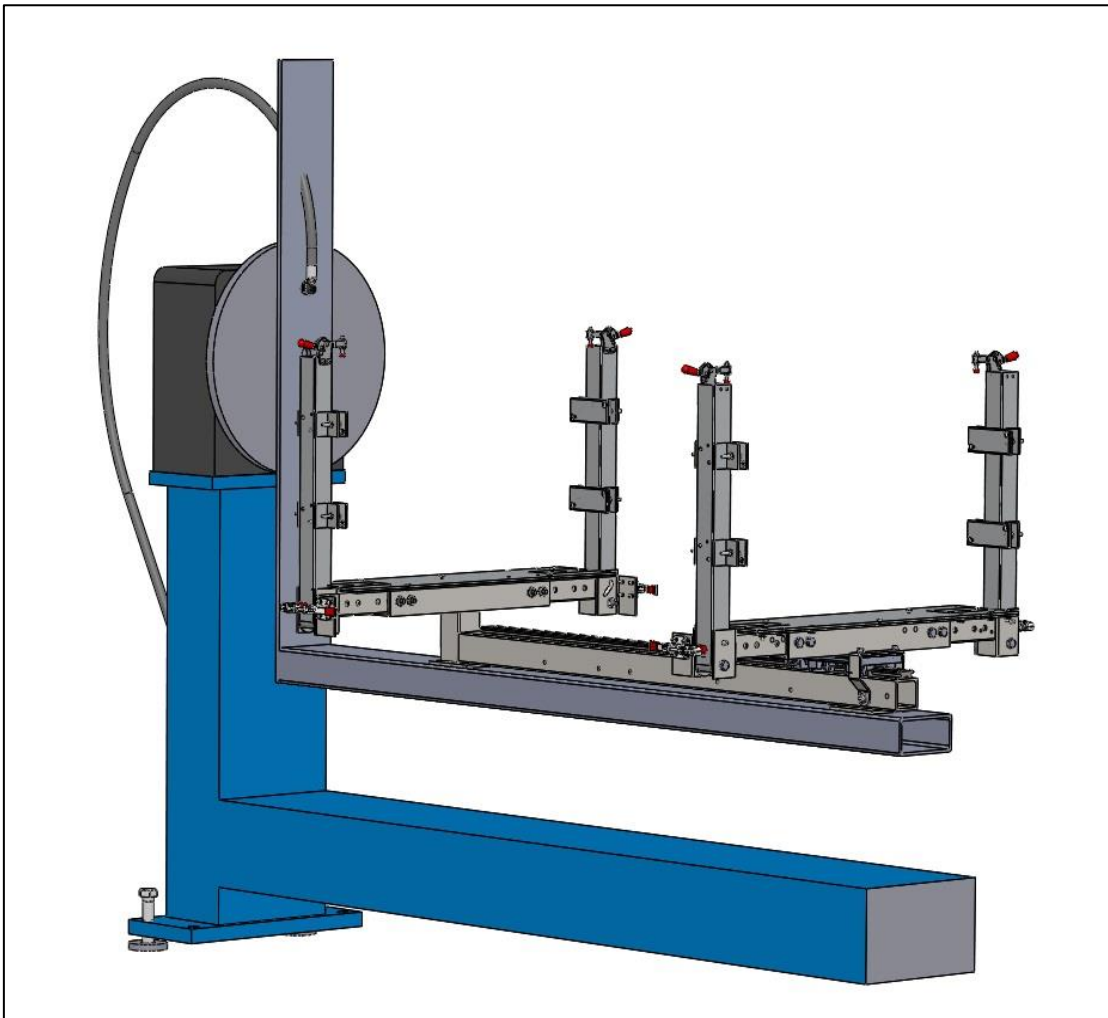
Suunniteltu hitsausjigi asennetaan kaksiasemaiseen kääntölaitteeseen pitkitäissuunnassa. Hitsausjigin alle asennetaan 100 mm:n mittaiset korokepalat, joilla hitsausjigi asetetaan työpöydän pyörähdyskeskiöön. Pyörähdyskeskiöön asennettu hitsausjigi saadaan kääntymään turvallisesti pituusakselinsa ympäri, jolloin ei ole pelkoa kosketuksista robotin rakenteisiin. Asentamalla hitsausjigi työpöydän pyörähdyskeskiöön mahdollistetaan turvallinen työasemienvaihto tuotannon aikana. (Kuva 25.)



KUVA 25. Hitsausjigin asennus kääntölaitteeseen

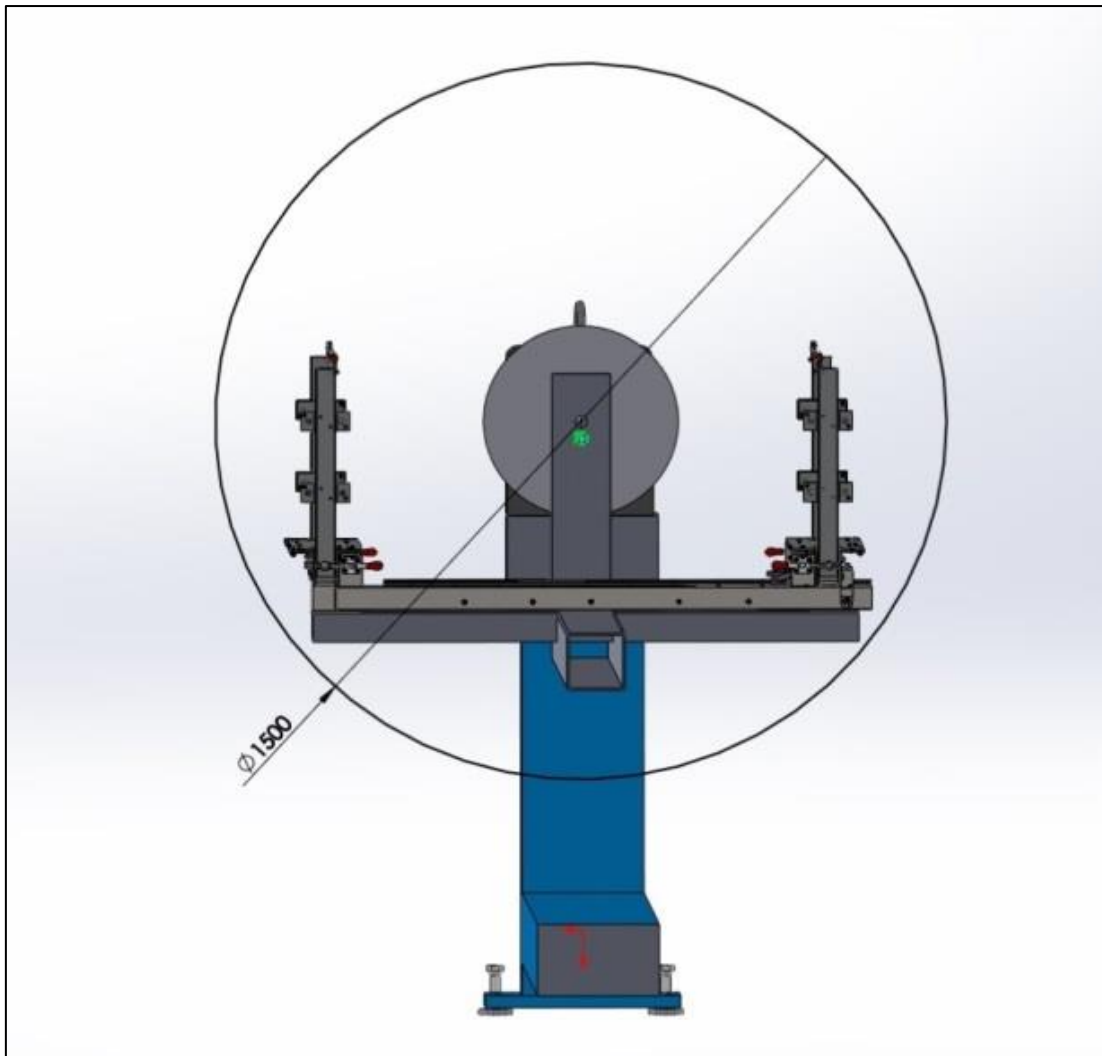
Asennus kääntöpöytään

Hitsausjigi voidaan asentaa myös yksiasemaiseen kääntöpöytään. Asennus voidaan suorittaa työpöydän pitkittäis- tai poikittaissuuntaisesti. Asennettaessa hitsausjigi kääntöpöytään pituusakselin suuntaisesti siihen ei tarvitse tehdä rakenteellisia muutostöitä tai asentaa lisärakenteita. Jigin asentaminen kääntöpöydän pituusakselin suuntaisesti helpottaa tuotannossa tehtävää hitsattavien koteloaihioiden asentamista hitsausjigiin. (Kuva 26.)



KUVA 26. Hitsausjigin asennus pitkittäissuunnassa

Hitsausjigin asentaminen yksiasemaiseen työpöytään vaatii työpöytään tehtäviä rakenteellisia muutoksia. Kääntöpöytään tulee asentaa 500 mm pitkät lisärunkopalkit. Runkopalkit asennetaan hitsaamalla työpöydän poikittaisakselin suuntaisesti ja hitsausjigi kiinnitetään apurunkopalkkeihin pulttiliitoksien avulla. Runkopalkkien materiaaliksi on alustavasti suunniteltu SFS-EN 10279 U-tanko 120 x 55 x 7 mm. (Kuva 27.)



KUVA 27. Hitsausjigin asennus poikkisuunnassa

6 JUURITUKIEN SUUNNITTELU

Juuritukirakenteiden suunnittelu aloitetaan tutustumalla tuotannossa aikaisemmin käytettyihin juuritukiratkaisuihin. Juurikaasuvirtauksen mahdollistavia juuritukirakenteita tutkitaan lähemmin tuotantokäytössä olevassa Corner Weld 500H -kulmahitsausrobotissa. Kulmahitsausrobotissa käytetään juurikaasuvirtauksen mahdollistavia kuparimetallisia juuritukia.

Alustavien juuritukirakenteiden hahmotteleminen aloitetaan piirtämällä ideoita ja toimintasuunnitelmia muistivihkoon. Suunnittelussa pyritään löytämään helpot ja yksinkertaiset ratkaisut juuritukien yleisrakenteisiin, kiinnittämiseen ja juurikaasusuojauksen toteuttamiseen. Suunnittelun aikana havaitaan, että juuritukia tarvitaan kotelon MIG-hitsattavien etureunojen sekä TIG-hitsattavien päätylaippojen hitsauksia varten. Suunnitelmissa päädytään juuritukien osalta ns. moduuliratkaisuihin. Alustavasti juuritetut suunnitellaan siten, että kotelon MIG-hitsattaviin kulmiin luodaan erilliset mekaanisesti kiinnitettävät juuritukikulmakappaleet. Kotelon päätylaippojen TIG-hitsauksia varten suunnitellaan alipainekiinnittimillä kiinnitettävät juuritukimoduulit.

6.1 Juuritukirakenteille asetetut vaatimukset

Juuritukirakenteiden kehittäminen aloitetaan luomalla juuritukirakenteista vaatimuslista. Vaatimuslistaan merkitään asiakkaan asettamat kiinteät vaatimukset tunnuksella KV. Rakenteille asetetut vähimmäisvaatimukset ja toiveet merkitään vaatimuslistaan tunnuksilla VV ja T. Juuritukien vaatimuslista on esitelty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Juuritukien vaatimuslista

JUURITUKIEN VAATIMUSLISTA		
KV, VV, T	VAATIMUS	Tärkeys
	1. GEOMETRIA	
VV	Hitsattava kappale kaikilta osin robotin ulottuvilla	
VV	Hitsaus lämmön vaikutuksien huomioiminen	
VV	Edulliset hitsausasennot	
VV	Tarvittavan mittatarkkuuden huomioiminen	
T	Juurikaasun käyttö	
T	Sovelluttava usealle kotelomallille	
T	Juuritukien asennus yksinkertaista	
T	Juuritukien poisto yksinkertaista	
	2. VOIMAT	
KV	Juuritukien tulee pystyä kannattelemaan hitsattavien päätylaippojen massat	X
	3. ENERGIA	
KV	Juuritukien kiinnitys alipaineimukupeilla	XX
	4. VALMISTUSMATERIAALI	
VV	Raaka-aine teräs, alumiini, kupari	
	5. TURVALLISUUS	
KV	Huomioitava yleinen työturvallisuus	XXX
VV	Ei hitsattavan kappaleen irtoamis- ja putoamisvaaraa	
VV	Hitsattavan kappaleen ja juuritukien kiinnitys riittävä	
VV	Huomioitava työergonomia juuritukien asennuksessa	
	6. VALMISTUS	
VV	Mahdollisimman paljon standardiosia	
T	Koneistettavien osien määrän minimointi	
T	Yksinkertainen rakenne	
	7. TARKASTUS	
T	Juuritukien yleinen kunto tarkastetaan silmämääräisesti	
	8. KÄYTTÖ	
T	Juuritukien käyttöönottoon kuluva aika < 5 min	
VV	Juuritukien asennus ja käyttö mahdollista ilman avustajaa	
T	Kuluvat osat vaihdettavissa	
KV	Juuritukien paikoitus automaattisesti	XXXX
T	Juuritukien käyttö ei vaadi erikoisvalmisteluja	
	9. KUNNOSSAPITO	
T	Jatkuvaa kunnossapitoa ei tarvita	
	10. KUSTANNUKSET	
T	Valmistus- ja materiaalikustannusten minimoiminen	

Juuritukien vaatimuslistan mukaisesti suunnittelun neljä tärkeintä huomioitavaa seikkaa ovat tukien kyky kannatella kotelon päätylaippojen massat, tukien kiinnitys alipaineimukupeilla, yleisen työturvallisuuden huomioiminen sekä asennettaessa juuritukien paikoittamisen tulisi olla automaattista. Juuritukien suunnittelussa pyritään toteuttamaan kaikki kiinteät ja vähimmäisvaatimukset sekä mahdollisimman paljon asiakkaan juuritukirakenteille asettamia toiveita.

6.2 Alustavat laskelmat

6.2.1 Kiinnitysimukuppien halkaisijoiden määrittäminen

Juuritukirakenteiden alipaineella toimivan kiinnityksen alustava suunnittelu aloitetaan määrittämällä kotelon päätylaippojen ja juuritukirakenteiden kiinnittämiseen tarvittavien alipaineimukuppien halkaisijat. Alustavissa rakennesuunnitelmissa päätylaippojen kiinnittäminen tapahtuu kahdella alipaineimukupilla, joissa käytettäväksi tyhjiökksi valitaan 60 %.

Alustavasti määritellään MA1264-laitekotelon päätylaippojen massa. MA1264-laitekotelon päätylaipan ulkomitat ovat 600 x 500 mm ja laipat valmistetaan 1,5 mm kylmävalssatusta teräslevystä. MA1264 -laitekotelon päätylaipan massa määritetään kaavalla 4.

$$m = V * \rho$$

KAAVA 4

m = kappaleen massa

V = kappaleen tilavuus

ρ = kappaleen tiheys

$$m = (0,6 * 0,5 * 0,0015) m^3 * 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$m \approx 4 kg$$

MA1264-laitekotelon päätylaipan massa on 4 kg.

Seuraavaksi määritetään päätylaippojen kiinnittämiseen tarvittavien alipaineimukuppien halkaisija. Imukuppien halkaisija määritetään kaavalla 5. (15, s.11):

$$D = 113 * \sqrt{\frac{m * n}{U * s}}$$

KAAVA 5

D = imukupin läpimitta (mm)

m = massa (kg)

U = tyhjiö-%

n = varmuuskerroin (= 2)

s = imukuppien lukumäärä

$$D = 113 * \sqrt{\frac{4 \text{ kg} * 2}{60 * 2}}$$

$$D \approx 30 \text{ mm}$$

Päätylaipan kiinnitysimukupin halkaisija on 30 mm.

Alustavien suunnitelmien mukaisesti juuritukirakenteet kiinnitetään hitsattavien koteloaihioiden sisäpuolelle neljällä alipaineimukupilla. Kiinnitysimukuppien tulee turvallisesti kantatella juuritukirakenteiden sekä hitsattavan päätylaipan massat. Alustavien suunnitelmien mukaisten päätykohtaisten juuritukirakenteiden yhteenlaskettu massa on 6 kg. Juuritukirakenteiden kiinnitysimukuppien halkaisijan määritetään kaavalla 5.

$$D = 113 * \sqrt{\frac{6 \text{ kg} + 4 \text{ kg} * 2}{60 * 4}}$$

$$D \approx 33 \text{ mm}$$

Juuritukien kiinnitysimukuppien halkaisija on 33 mm.

6.2.2 Alipaineikiinnittimen määrittäminen

Juuritukirakenteen B alustavissa rakennesuunnitelmissa päätyaihioiden ja juuritukirakenteiden kiinnittäminen tapahtuu alipaineikiinnittimillä. Suunniteltu alipaineikiinnitin on suorakaiteenmuotoinen ja mitoiltaan 100 x 15 mm. Alipaineikiinnittimissä käytettävän imu-uran leveys on 5 mm ja pituus yht. 230 mm. Alustavien suunnitelmien mukaisissa juuritukirakenteissa on yhteensä kahdeksan alipaineikiinnitintä. Neljän alipaineikiinnittimen tehtävänä on kiinnittää koteloiden päätylaippa ja loput kiinnittimet huolehtivat juuritukirakenteiden kiinnittämisestä hitsattavaan aihioon. Alustavissa suunnitelmissa alipaineikiinnittimissä käytettäväksi tyhjäksi valitaan 60 %. Alipaineikiinnittimen pinta-ala määritetään kaavalla 6.

$$A = s * l$$

KAAVA 6

A = Alipaineikiinnittimen pinta-ala

s = Alipaineikiinnittimen leveys

l = Alipaineikiinnittimen pituus

$$A = 0,015 \text{ m} * 0,100 \text{ m}$$

$$A = 0,0015 \text{ m}^2$$

Alipaineikiinnittimen pinta-ala on $0,0015 \text{ m}^2$.

Imukuppien koko esitetään yleisesti imukupin halkaisijana, joten seuraavana määritetään alipaineikiinnittimen imu-uran pinta-alaa vastaavan imukupin läpimitta. Imukupin läpimitan määrittäminen suoritetaan kaavan 7 avulla. (15, s. 12)

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

KAAVA 7

A = Alipaineikiinnittimen pinta-ala

D = Imukupin läpimitta

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1\,500\text{ mm}^2}{3,14}}$$

$$D \approx 43\text{ mm}$$

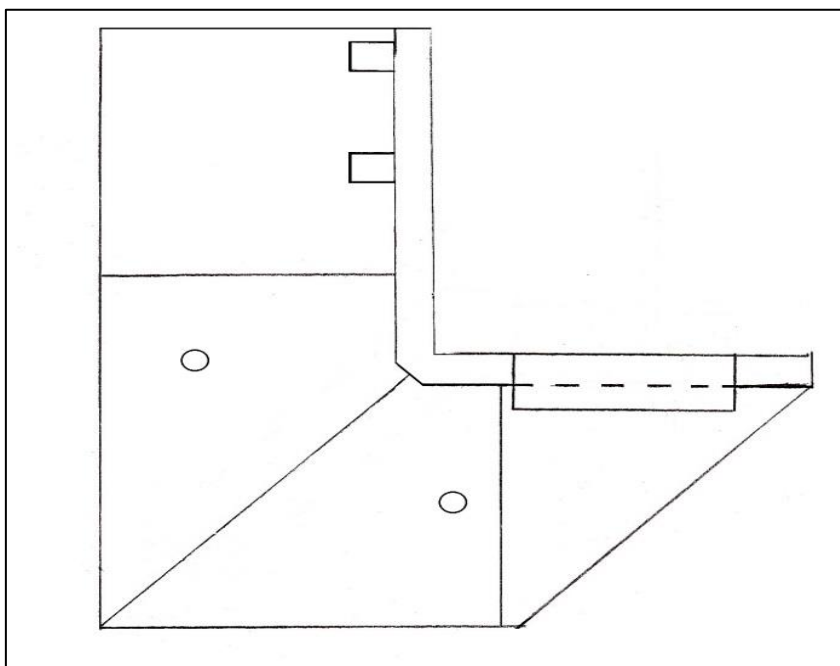
Alustavien suunnitelmien mukainen alipainekiinnitin vastaa halkaisijaltaan 43 mm:n alipaineimukuppia, joten suunniteltu alipainekiinnitin on riittävän suuri.

6.3 Alustavat rakennesuunnitelmat

Alustavien toiminta- ja rakennesuunnitelmien pohjalta piirretään juuritukirakenteiden 2D- ja 3D-suunnitelmia käsin paperille. TIG-hitsauksessa käytettävistä juuritukielementeistä luodaan kaksi eri rakennevaihtoehtoa. Rakennevaihtoehdot ovat nimeltään A ja B. MIG-hitsauksessa käytettävästä juuritukirakenteesta luodaan myös alustava 2D- ja 3D-suunnitelmat paperille. Juuritukien alustavien suunnitelmien pohjalta pyritään juuritukien rakenteita ja niiden toimintoja yksinkertaistamaan mahdollisimman paljon. Rakenteita yksinkertaistamalla pyritään siihen, että suunnitellut rakenteet olisivat toteutettavissa ns. standardi-osilla ja yleisesti käytössä olevilla alumiinimateriaalien ja kuparimetallien varastomitoilla ja ainevahvuuksilla.

6.3.1 Kulmajuurituet

Alustavissa rakennesuunnitelmissa suunnitellaan laitekoteloiden etureunojen MIG-hitsattavien kulmien juuritukirakenteeksi ns. juuritukikulmapalat. Juuritukikulmapalat suunnitellaan asennettaviksi hitsattavien laitekoteloiden etureunojen MIG-hitsattaviin kulmiin. Juuritukirakenteet asennetaan hitsattavan hitsausauman alle, ja kohdistetaan paikoilleen juuritukikulmissa olevien kohdistustappien avulla. Juuritukien kohdistustappit asetetaan laitekoteloon lävistettyihin saranareikiin, jolloin juurituet kohdistuvat jo asennusvaiheessa automaattisesti oikein. Juuritukien irtoaminen hitsauksen aikana estetään juuritukien lukitsemisella paikoilleen joko juuritukirakenteessa olevan lukitusreunan avulla tai mekaanisesti hitsauspihdeillä. (Kuva 28.)



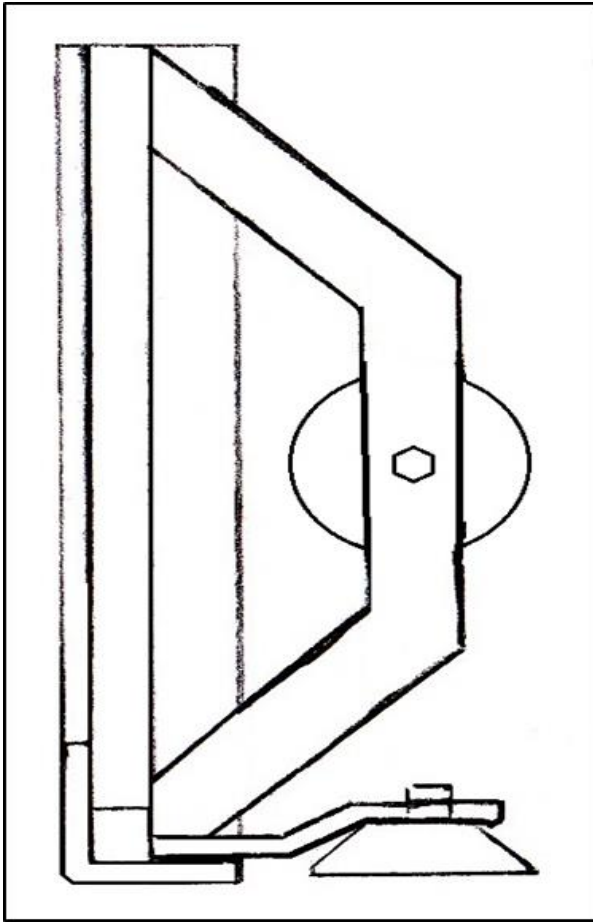
KUVA 28. Juuritukikulmapala

Alustavien suunnitelmien mukaisesti juuritukikulmapalojen runko-osat valmistetaan alumiinista. Runko-osaan koneistetaan tarvittavat kierrereiät ja taskut juuritukiosien ja kiinnityslaippojen kiinnittämistä varten. Juuritukikulmapalojen valmistusmateriaaliksi päätettiin valita alumiinilattatanko 80 x 8 mm ja runkoon kiinnitettävä juuritukiosa valmistetaan 4 mm:n paksuisesta kuparimetallista. Kuparista valmistettu juuritukiosa kiinnitetään runko-osaan ruuviliitoksin.

6.3.2 Juuritukirakenne A

Alustavasti suunniteltu juuritukirakenne A sisältää neljä erillistä juuritukielementtiä. Juuritukielementit asennetaan hitsattavan laitekoteloihion sisälle, joista kaksi elementtiä asennetaan laitekoteloihion yläpäähän ja kaksi aihioin alapäähän. Asennettavat juuritukielementit sisältävät erillisen runko-osan, vaihdettavat juuritukiosat sekä tarvittavat pneumaattikomponentit imukuppikiinnityksen ja juurikaasuverkoston toteuttamiseksi. Vaihdettavat juuritukiosat kiinnitetään runko-osaan kiinnitysruuveilla.

Asennettava juuritukielementti kiinnitetään koteloaihioon neljällä ja hitsattavat päätylaipat kahdella halkaisijaltaan 35 mm imukupilla. Kiinnitysimumkupit asennetaan juuritukirunkoihin asennettuihin kiinnitysvarsiin. Kiinnitysvarret valmistetaan 25 x 3 mm alumiinilattatangosta ja kiinnitetään juuritukirunkoihin ruuveilla. Imukupit kiinnitetään varsiin koneistettuihin kiinnitysreikiin kierteellä. Kiinnitysvarsiin asennetaan myös tarvittavat paineilmakomponentit alipainekiinnityksen toteuttamiseksi. (Kuva 29.)



KUVA 29. Juuritukirakenne A

Juuritukirakenne A paikoitetaan koteloaihiossa olevien hitsauspulttien avulla. Juuritukirakenteisiin koneistetaan tarvittavat asennusurat, ns. väisteet, joihin koteloaihiossa olevat hitsauspultit asettuvat. Juuritukien paikoittaminen hitsauspulttien avulla estää juuritukien väärän asentamisen sekä paikoittaa juurituet automaattisesti.

Alustavasti juuritukirakenteen valmistusmateriaaliksi valittiin 80 x 80 x 8 mm alumiinikulmatanko. Alumiinikulmatangosta rakennetaan 90°kulmarakenne, jonka ulkomitat ovat 400 x 300 mm. Kulmarakenteeseen koneistetaan tarvittavat kiinnitysreiät lisäkomponenttien asentamista varten. Kulmatankojen ulkokulmat viistetään ja viisteeseen koneistetaan 1,5 mm juurikaasukanavat.

Juuritukirakenne A mahdollistaa hitsausseaman juuren puolen suojaamisen juurikaasulla. Juurikaasun virtaus tapahtuu juuritukirungon sisäpuolelle asennettuna 20 x 20 x 1,5 mm alumiininelioputken avulla. Neliöputken yksi kulma viistetään ja viisteeseen koneistetaan 1,5 mm reikiä juurikaasukanavia varten.

6.3.3 Juuritukirakenne B

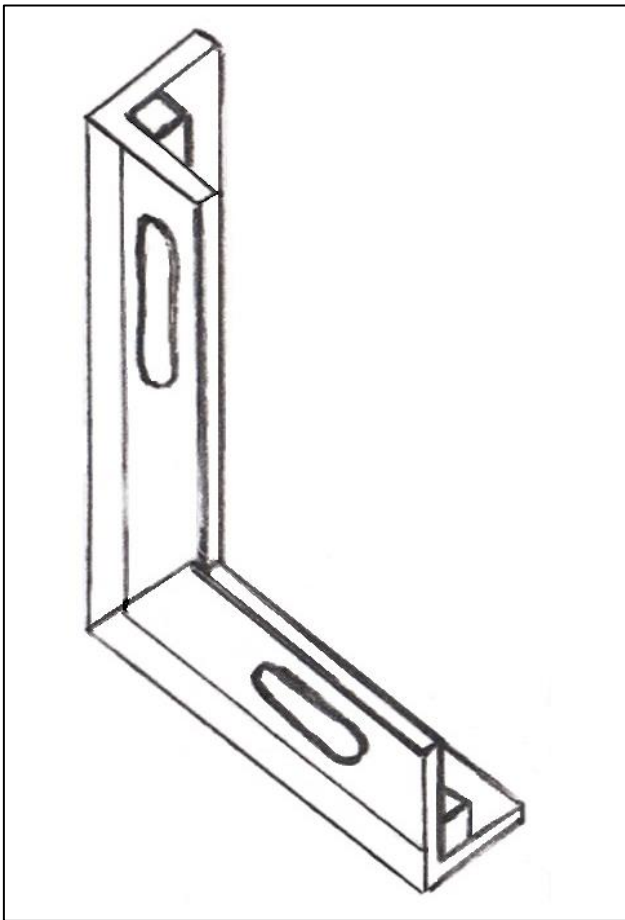
Juuritukirakenne B sisältää neljä erillistä juuritukielementtiä. Juuritukielementit asennetaan hitsattavan laitekoteloihion sisälle, kaksi asennetaan laitekoteloihion yläpäähän ja kaksi alapäähän. Juuritukielementti sisältää erillisen juuritukirunko-osan, johon asennetaan vaihdettavat kupariset juuritukiosat. Runko-osiin asennetaan myös tarvittavat paineilma- ja juurikaasuverkon komponentit.

Juuritukien runko-osaan koneistetaan tarvittavat kiinnitysreiät sekä imu- ja tiivisteurat alipainekiinnittimien luomista varten. Tiivisturaan asennetaan solukumi-tiivistenauha, joka mahdollistaa tiiviin liitoksen hitsattavan aihion ja juuritukirakenteen välillä. Solukumi-tiivistenauhaliitos aihoiden välillä mahdollistaa kiinnittimien alipaineistamisen, jonka seurauksena hitsattavat ahiot ja juuritukirakenteet kiinnittyvät toisiinsa. Juuritukirakenteiden alipainekiinnittimien toimintamalli on ideoitu puuteollisuudessa hyväksi havaittujen imupöytäkiinnittimien pohjalta. Juuritukirakenne B kiinnitetään hitsattavaan aihioon neljällä alipainekiinnittimellä. Päätylaipat kiinnitetään ja kohdistetaan paikoilleen manuaalisesti ja lukitaan paikoilleen neljällä alipainekiinnittimellä.

Juuritukielementit paikoitetaan aihiossa olevien hitsauspulttien avulla. Juuritukirakenteisiin koneistetaan tarvittavat väisteet, joihin aihiossa olevat hitsauspultit asettuvat. Koneistetut väisteet paikoittavat juuritukielementit automaattisesti ja estävät myös tukien väärän asentamisen.

Alustavissa suunnitelmissa juuritukirakenteen valmistusmateriaaliksi valittiin 80 x 80 x 8 mm alumiinikulmatanko. Alumiinikulmatangosta rakennetaan 90° kulmarakenne, jonka ulkomitat ovat 400 x 300 mm. Kulmatangon ulkokulma viistetään ja viisteeseen koneistetaan 1,5 mm juurikaasukanavat.

Juuritukirakenne mahdollistaa hitsaussauman juuren puolen suojaamisen juurikaasulla. Juurikaasun virtaus tapahtuu juuritukirunkoon asennettua 20 x 20 x 1,5 mm alumiinireiäputken avulla. Alumiinireiäputken yksi kulma viistetään ja viistettyyn kulmaan koneistetaan 1,5 mm reikiä juurikaasukanavia varten.



KUVA 30. Juuritukirakenne B

6.3.4 Mallinnettavien juuritukirakenteiden valinta

Juuritukirakenteiden alustavat rakennesuunnitelmat esitellään asiakasyrityksen edustajille. Esittelyn jälkeen asiakasyrityksen edustajat valitsevat alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta lopullisesti mallinnettavat juuritukirakenteet. Alustavien rakennesuunnitelmien pohjalta valitaan MIG-hitsattavien etureunojen juuritukirakenteeksi esitelty kulmajuuritukirakenne. TIG-hitsattavien päätylaippojen juuritukiratkaisuksi valitaan juuritukiratkaisu B.

6.4 Juuritukien rakennemateriaalit

Alustavissa suunnitelmissa juuritukirakenteiden materiaaleiksi valitaan yleisesti käytössä olevia metallimateriaaleja. Materiaalien ainevahvuuksiksi pyritään valitsemaan ns. yleisiä varastovahvuuksia. Juuritukien runkomateriaaleina käytetään alumiinia ja vaihdettavien juuritukien materiaalina kuparia. Juuritukien kiinnityksessä ja juurikaasuverkoston rakenteissa käytetään yleisiä standardikomponentteja. (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Juuritukien rakennemateriaalit

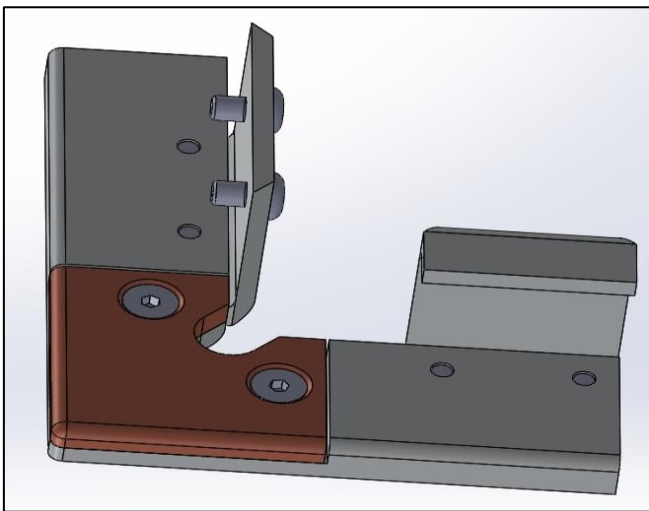
Käytettävät rakennemateriaalit		
Nimike	Laatu	Koko
Alumiiniprofiili L	EN AW-6063	80 x 80 x 8 mm
Alumiiniputki, neliö	EN AW-6063	20 x 1,5 mm
Kuparilevy	CU-DHP-04	s = 4 mm
Solukuminauha, pyöreä	EPDM	d=5 mm

Valitun juuritukirakenteen alustava kustannusarvio lasketaan käyttämällä apuna standardikomponenttihinnastoja sekä lähettämällä alan yrityksille pneumatiikka-komponenttien tarjouspyyntöjä sähköpostitse. Alumiini- ja kuparimetallien käytöstä aiheutuvat materiaalikustannukset arvioidaan materiaalien ostohintojen mukaisesti. Kuparimetallien myynnissä käytetään yleisesti €/kg-hinnoittelua, joten kuparimateriaalista aiheutuvia kustannuksia arvioitiin käytettävän materiaalmäärän painon perusteella. Alumiiniprofiilien myynnissä käytetään yleisesti €/m-hinnoittelua, joten kyseisen materiaalin kohdalla laskettiin materiaalikustannukset metrihintojen avulla. Valittujen juuritukirakenteiden alustaviksi materiaali- ja komponenttikustannuksiksi lasketaan 1 200 €.

6.5 Juuritukirakenteiden 3D-mallintaminen

Valitun juuritukirakenteen geometrian 3D-mallintaminen tapahtuu Solidworks 2013 -ohjelmistolla. Juuritukirakenteiden mallintaminen aloitetaan yleisistä runkorakenteista ja yksittäisosista. Juurirakenteiden mallintamisen aikana luodaan myös tarvittavat osa- ja kokoonpanopiirustukset. Valmistettavista rakenneosista luodaan myös tarvittavat DXF-kuvat levytyöstö- ja laserleikkauskoneiden sekä muiden työstökoneiden ohjelmointia varten. Suunniteltavien juuritukiratkaisujen tarkat 3D-geometriamallit, työ- ja kokoonpanopiirustukset ja luodut DXF-kuvat ovat asiakasyrityksen omaisuutta, joten niitä ei julkaista opinnäytetyön liitteinä.

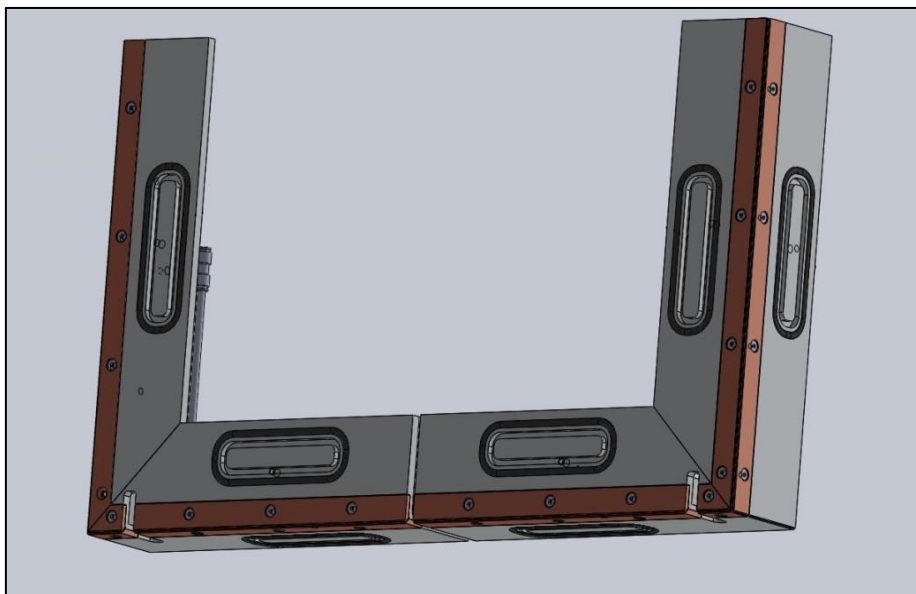
Juuritukirakenteiden geometrioiden mallintaminen aloitetaan laitekotelon etureunojen kulmajuurituista. Kulmatukien koneistettavaan runkoon asennetaan vaihdettava kuparimetallinen juurituki, joka kiinnitetään ruuvi-mutteriliitoksiin. Kulmatukirunkoon kiinnitetään tarvittavat alumiiniset ohjain- ja kiinnityspalat kiinnitysruuveilla. Kulmatukien paikoitus tapahtuu ohjainpalaan asennettujen ohjaintappien avulla. Ohjaintapit kohdistavat kulmatuet hitsattavan laitekoteloihin saranareikien avulla. (Kuva 31.)



KUVA 31. Kulmajuurituki

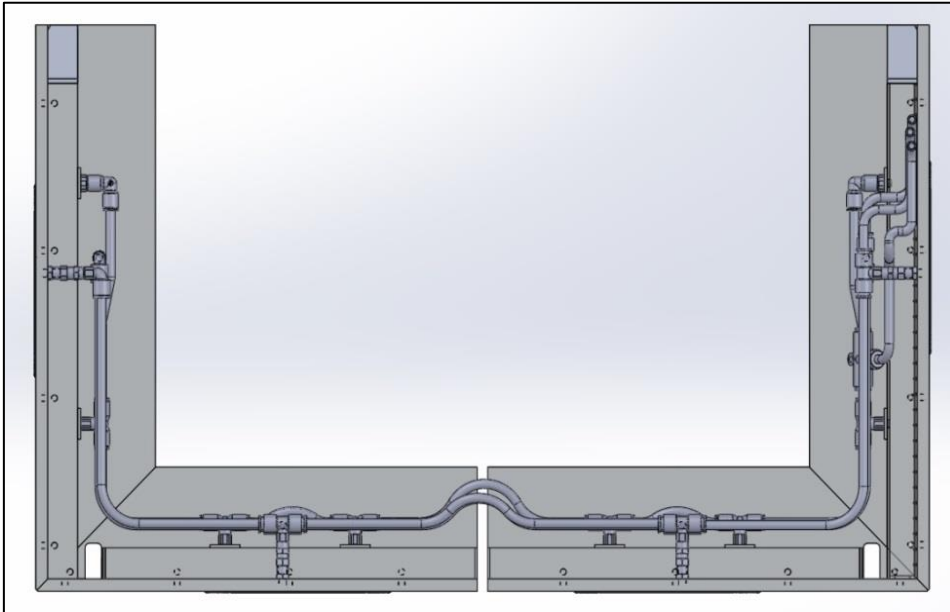
Kulmajuuritukien geometriamallien jälkeen mallinnetaan TIG-hitsauksessa tarvittavat juuritukielementit. Juuritukielementtien geometrioiden mallintaminen toteutetaan luomalla rakenteista alikokoonpanoja. Alikokoonpanot luodaan 3D-geometrioiden mallintamisen helpottamiseksi ja myöhemmin mahdollisesti tehtävien rakennemuutosten helpottamiseksi.

Juuritukielementtien runko-osiin asennetaan vaihdettavat kuparimetalliset juuritukiosat, jotka kiinnitetään kiinnitysruuveilla. Kuparimetallisten juuritukiosien reunat viistetään ja muotoillaan tarvittavan juurikaasuvirtauksen luomiseksi rakenteen lävitse. Juuritukielementteihin kiinnitetään myös tarvittavat solukumittivistenauhat alipainekiinnittimiä varten. (Kuva 32.)



KUVA 32. Juuritukien 3D-malli

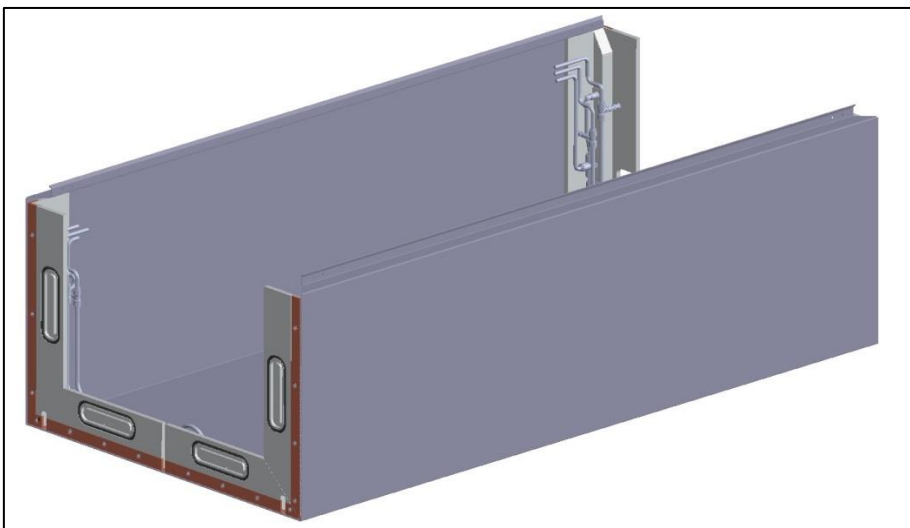
Juuritukien ja alipainekiinnittimien rakenteissa käytettävien standardiosien 3D-mallit haetaan www.tracepartsonline.net -sivuston ilmaisesta komponenttikirjastosta (18). Kirjastosta ladatut standardiosien mallit liitetään lopuksi juuritukien 3D-geometriaan. Komponenttikirjastosta saatujen mallien avulla luodaan myös juuritukien alipainekiinnittimien paineilma- ja juurikaasuverkoston 3D-geometria. (Kuva 33.)



KUVA 33. Juuritukien alipaine- ja juurikaasuverkosto

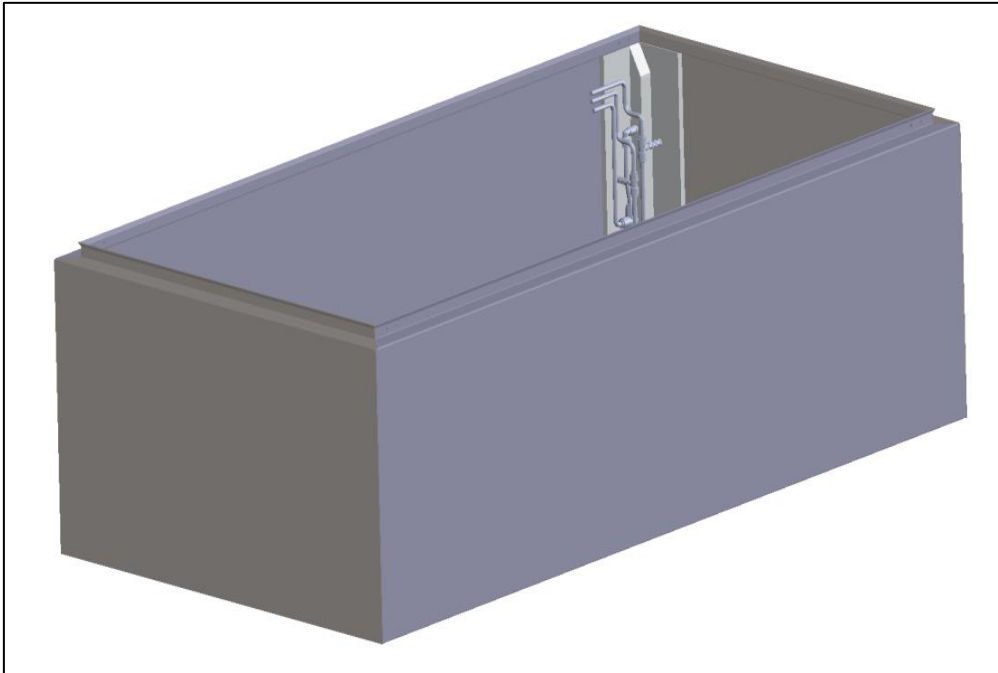
6.6 Juuritukien asentaminen

Laitetekeloiden TIG-hitsauksessa tarvittavat juurituet sisältävät neljä erillistä juuritukielementtiä. Juuritukielementit asennetaan laitekoteloihion sisälle, kaksi elementtiä asennetaan laitekoteloihion yläpäähän ja kaksi alapäähän. Juuritukielementit kohdistetaan paikoilleen koneistettujen väisteiden avulla ja kiinnitetään hitsattavaan aihioon alipainekiinnittimillä. (Kuva 34.)



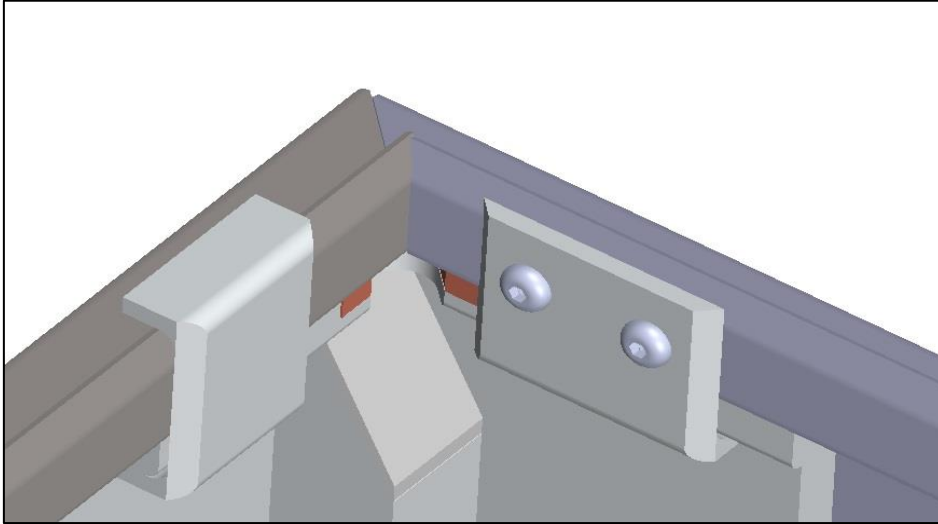
KUVA 34. Juuritukielementtien asentaminen

Juuritukielementtien asennuksen jälkeen asetetaan paikoilleen koteloaihion päätylaipat. Päätyaihiot asennetaan manuaalisesti ja lukitaan paikoilleen päätyaihoiden alipainekiinnittimillä. Alipainekiinnittimet kiinnittävät hitsattavat päätylaipat koteloaihioon ja pitävät päätyaihiot paikoillaan kokoonpanohitsauksen ajan. (Kuva 35.)



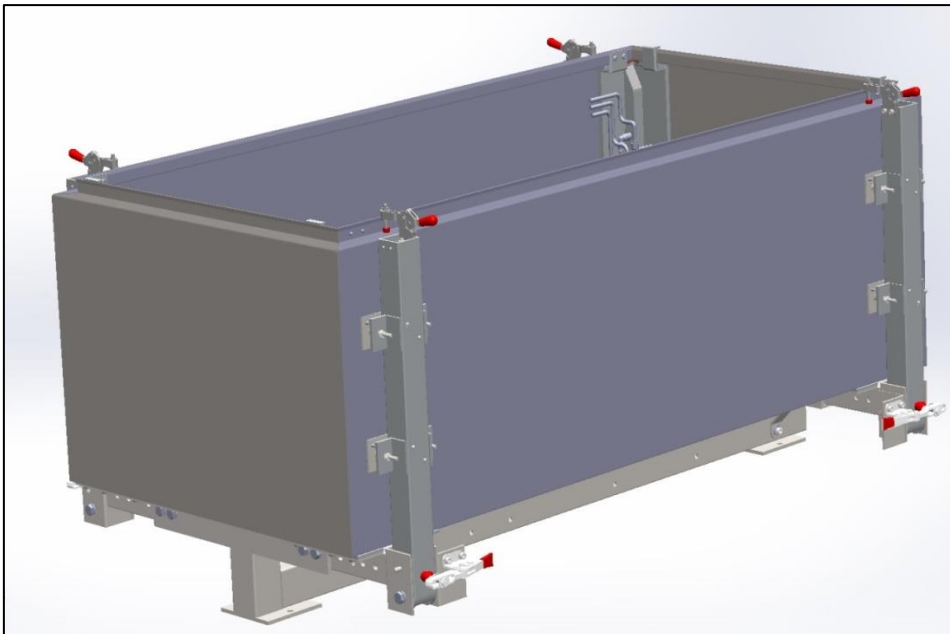
KUVA 35. Päätyaihoiden asennus

Päätyaihoiden kiinnittämisen jälkeen, asennetaan paikoilleen kotelon etureunan MIG-hitsattavien kulmien kulmajuurituet. Kulmajuuritukien paikoittaminen tapahtuu kotelon saranareikien avulla. Kulmajuuritukien asentaminen paikoittaa automaattisesti myös hitsattavat päätylaipat. Asennettavat kulmajuurituet varmistavat aikaisemmin kiinnitettyjen juuritukielementtien paikoituksen ja kiinnityksen. (Kuva 36.)



KUVA 36. Kulmatukien asentaminen

Tuotannossa juuritukien asentaminen tapahtuu hitsattavan koteloaihion ollessa paikoitettuna hitsausjigissä. Kulmatukien asennusvaiheessa juuritukielementtien ja päätylaippojen asentamisen jälkeen, tarkistetaan päätylaippojen kohdistus ja kiinnittyminen. Juuritukien asentamiseen jälkeen hitsattava koteloaihio lukitaan kiinnitysaisoissa olevilla vipukiinnittimillä, jolloin laitekoteloaihio on valmiina kokoonpanohitsausta varten. (Kuva 37.)



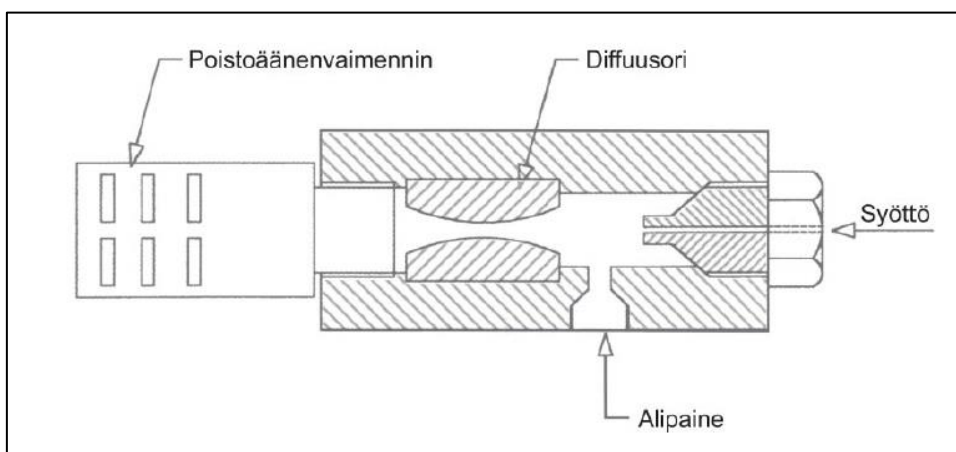
KUVA 37. Valmis laitekoteloaihio kokoonpanohitsaukseen

7 PNEUMATIikkaJÄRJEStELMÄT

Pneumatiikkajärjestelmien suunnitleminen aloitetaan tutkimalla eri valmistajien tarjoamia komponenttivalintoja juuritukien kiinnittämiseen tarvittavan alipainejärjestelmän sekä juurikaasuverkoston luomiseksi. Juuritukielementtien pneumatiikka- ja juurikaasujärjestelmät suunnitellaan toteutettavaksi yleisillä ja standardisoiduilla pneumatiikkakomponenteilla.

7.1 AlipaineKiinnitysJärjestelmä

KiinnitysJärjestelmässä tarvittava alipaine suunnitellaan tuotettavan paineilmaputkistoon asennettavilla alipaine-ejektoreilla. Verkostoon asennetun ejektorin läpi virtaava paineilma luo ejektorin sivuhaaraan alipaineen. Alipainejärjestelmän paineilmaVirran meluhaittoja pienennetään ejektoriin asennettavalla poistoäänenvaimentimilla. (Kuva 38.)



KUVA 38. Alipaine-ejektori (16, s. 331)

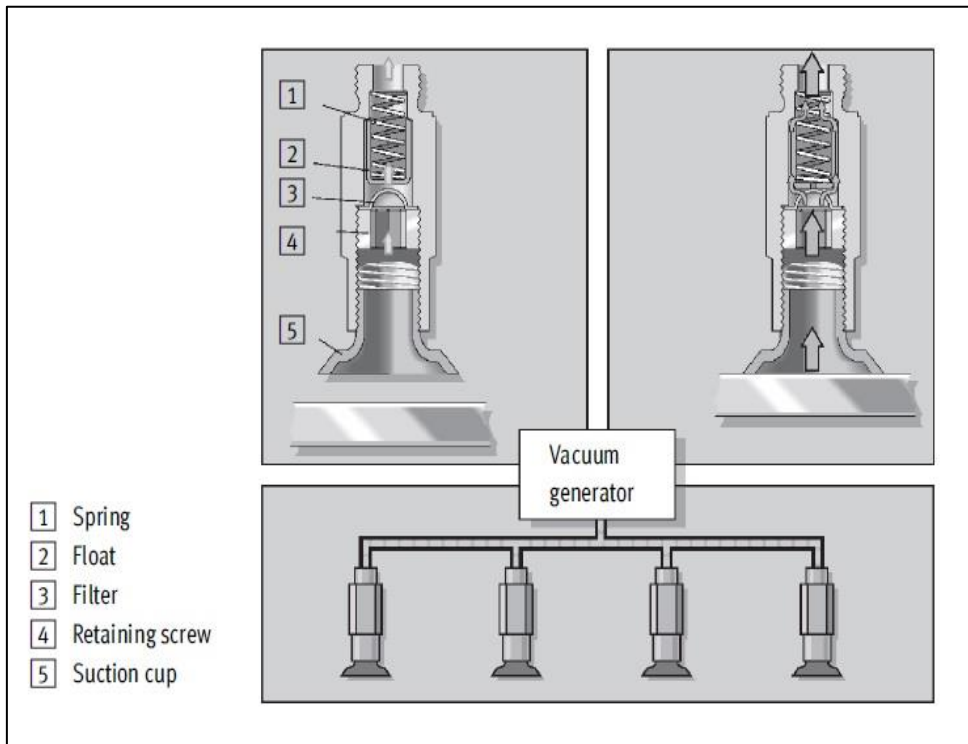
Juuritukielementtien alipainekiinnittimet kytetään verkostossa neljään eri alipainepiiriin. Alipainepiireissä tarvittava alipaine luodaan piirikohtaisilla ejektoreilla. Kiinnittimien jakamisella eri piireihin ehkäistään kiinnittimien alipaineen samanaikainen katoaminen. Alipaineen yhtäaikainen katoaminen kaikista alipainekiinnittimistä aiheuttaisi juuritukielementtien irtoamisen ja hitsattavien aihoiden irtoamisen.

Juuritukielementtien paineilmaverkoston tilavuusvirta säädetään kuristamalla ejektoreille menevää virtausta. Tilavuusvirran säätö tapahtuu alipainepiirikohtaisilla, manuaalisesti ohjattavilla vastusventtiileillä. Vastusventtiileillä voidaan säätää kiinnittimien alipaineensuuruutta kiinnityspiirikohtaisesti. Alipaineen suuruutta tarkkaillaan asennettujen piirikohtaisten alipainemittareiden avulla.

Alipaineikiinnittimien toimintaa ohjataan manuaalisesti ohjattavilla 3/2-suuntaventtiileillä. Ohjausventtiilien avaaminen luo pneumatiikkaverkoston ilmavirtauksen, joka ejektorien lävitse virratessaan luo kiinnittimissä tarvittavan alipaineen. Ohjausventtiilin sulkeminen vastaavasti lopettaa paineilmavirtauksen, jolloin kiinnittimien alipaine katoaa. Alipaineen katoamisen seurauksena juuritukielementin alipaineikiinnitin irtoaa hitsattavista aihioista.

Kiinnittimet varustetaan myös kiinnitinkohtaisilla alipaineturvaventtiileillä. Turvaventtiilien tehtävänä on tunnistaa alipaineikiinnittimen toiminta. Kiinnittimen tartunnan onnistuessa kiinnittimeen syntyvä alipaine avaa turvaventtiilit ja juuritukielementit kiinnittyvät hitsattaviin aihioihin. Kiinnittimen tartunnan epäonnistuessa kiinnittimiin ei synny alipainetta, jolloin turvaventtiilitkään eivät avaudu. Tartunnan epäonnistuessa kyseinen alipaineikiinnitin ns. vuotaa, jolloin sinne ei voi syntyä tarvittavaa alipainetta.

Kiinnitinkohtaisen turvaventtiilin ollessa suljettuna alipainejärjestelmän muilla kiinnittimillä on mahdollisuus toimia oikein, koska vuotava kiinnitin jää pois kyseisestä alipainepiiristä. Kiinnitinkohtaisilla turvaventtiileillä varmistetaan osaltaan alipaineikiinnittimien toimivuus ja työturvallisuus tuotannon aikana. (Kuva 39.)



KUVA 39. Alipaineturvaventtiilin rakenne (17, s. 2)

Juuritukirakenteiden alipainekiinnityksen suunnittelemisen ja komponenttivalintojen aikana piirretään Auto CAD -ohjelmistolla juuritukielementtien pneumatiikkakaavio. Pneumatiikkakaavioon piirretään suunniteltu paineilmaverkosto sekä tarvittavat komponentit. Pneumatiikkakaavio on tarkemmin esitelty liitteessä 2.

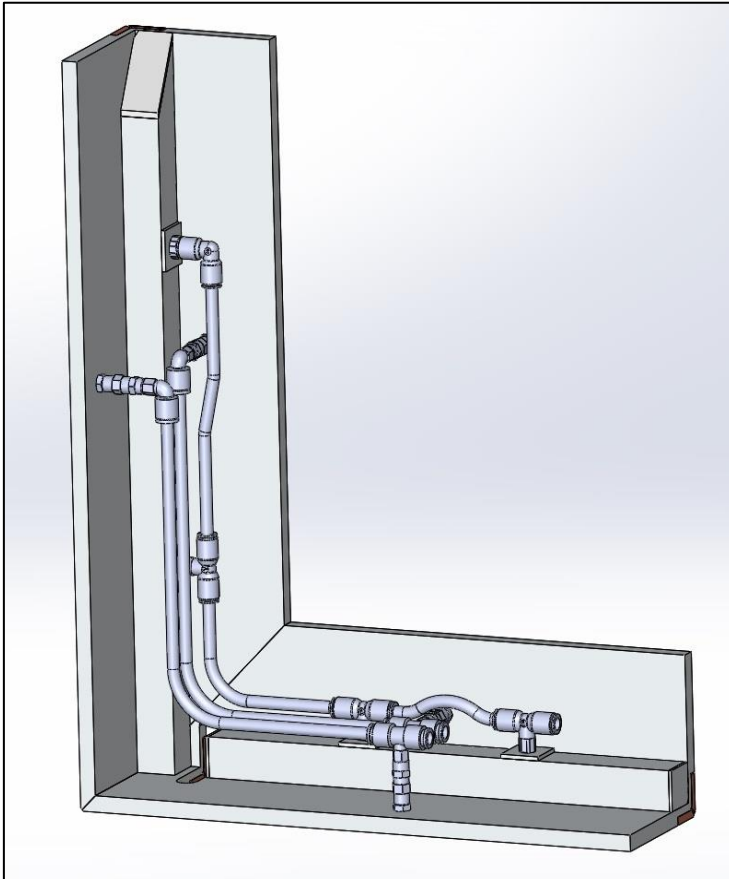
Pneumatiikkajärjestelmä suunnitellaan käyttämällä verkostossa yleisesti käytettäviä pneumatiikkakomponentteja. Juuritukien paineilmaputkisto suunnitellaan toteutettavaksi 6 mm:n pneumatiikkaputkella sekä KQ2 SMC -sarjan pneumatiikkaliittimillä. Verkostoon alustavasti valitut pneumatiikkakomponentit esitellään tarkemmin paineilmaverkoston komponenttiluettelossa 5.

TAULUKKO 5. Paineilmaverkoston komponenttiluettelo

Paineilmaverkoston komponenttiluettelo			
Nro	Osan nimi	Malli	Määrä
1	Paineen alennusventtiili / säädin	SMC AR	1
2	3/2 suuntaventtiili	Rexroth AP M5	4
3	Alipainemittari	Schmalz VAM 40VH	4
4	Alipainekiinnitin		14
5	Turvaventtiili	Festo ISV M5	14
6	Vaimennin	ZU07S	8
7	Tyhjiögeneraattori	ZU07S	8
8	Vastusventtiili	Norgren T1100C1800	4
9	3/2 -sulkuventtiili	Rexroth QR1-ASC	1
	Pneumatiikkaletku Ø 6 / 4	TopTube PA10	10 m
	Suora jatkoliitin Ø 6 / 4	KQ2H06-00A	8
	Kulmaliitin Ø 6 / 4 M5	KQ2L06-M5A	4
	T-haara Ø 6 / 4	Q2T06-00A	2
	T-haara Ø 6 / 4 M5	KQ2T06-M5A	13

7.2 Juurikaasujärjestelmä

Laitekoteloiden kokoonpanohitsauksessa hitsausaumojen juuren puoli suojataan juurikaasulla. Suojaavana juurikaasuna käytetään ilmaa raskaampaa Argon-suojakaasua, joten suojakaasuvirtaus suunnitellaan toteutettavaksi juuritukirakenteissa alhaalta ylöspäin. Juuren puolen suojaamiseksi suunnitellaan juuritukielementteihin kiinteästi asennettavat juurikaasuputkistot. (Kuva 40.)



KUVA 40. Juuritukielementin alipaine- ja juurikaasuputkisto

Elementtikohtaiset juurikaasuverkostot toteutetaan käyttämällä 6 mm:n pneumaattikaputkea sekä KQ2 SMC -sarjan pneumaattikaliittimillä. Juurikaasuvirtauksen ohjaukseen käytetään manuaalisesti ohjattavaa 3/2-sulkuventtiiliä. Sulkuventtiiliä avattaessa suoja-kaasu virtaa juuritukirakenteisiin ja suojaa hitsaus-saumojen juurenpuolia. Juurikaasuverkostossa käytetyt komponentit on listattu juurikaasuverkoston komponenttiluettelon. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Juurikaasuverkoston komponenttiluettelo

Juurikaasuverkoston komponenttiluettelo			
Nro	Osan nimi	Malli	Kpl
1	3/2 -sulkuventtiili	Rexroth QR1-ASC	1
	Pneumatiikkaputki	TopTube PA10	10 m
	Kulmaliitin Ø 6 / 4 M5	KQ2L06-M5A	4
	T-haara Ø 6 / 4	KQ2T06-00A	2
	T-haara Ø 6 / 4 M5	KQ2T06-M5A	10
	Suora jatkoliitin Ø 6 / 4	KQ2H06-00A	12

Juurikaasuverkoston suunnittelemisen ja komponenttivalintojen aikana piirretään Auto CAD -ohjelmistolla juurikaasuverkoston pneumatiikkakaavio. Pneumatiikkakaavioon piirretään juurikaasuverkosto ja tarvittavat komponentit suoja-kaasujärjestelmän luomiseksi. Juurikaasuverkoston pneumatiikkakaavio on tarkemmin esitelty liitteessä 3.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli robotisoidun kotelohitsaussolun toiminnan kehittäminen. Työn sisältönä oli suunnitella tarvittavat hitsausjigi- ja juuritukirakenteet sekä luoda tarvittavat hitsausohjelmat laitekoteloiden robotisoitua kokoonpanohitsauksia varten. Työn sisältöä supistettiin asiakasyrityksen tuotannollisten syiden takia. Laitekoteloiden hitsaamisessa tarvittavan jigien valmistaminen myöhästyi, joten opinnäytetyöni sisällöstä jätettiin yhteisellä sopimuksella pois hitsaussovelluksen luominen MA400-sarjan laitekotelolle.

Hitsausjigin ja juuritukirakenteiden suunnittelutyö osoittautui erittäin haastavaksi. Hitsausjigin suunnittelu siten, että jigi soveltuisi usealle eri tuoteperheelle, osoittautui hankalaksi. Hitsattavien laitekoteloiden rakenteelliset eroavaisuudet vaikeuttivat sopivien jigirakenteiden suunnittelua. Hitsausjigin suunnittelussa pyrin kuitenkin yksinkertaisilla rakenneratkaisuilla luomaan toimivan ja yksinkertaisen jigiratkaisun laitekoteloiden kokoonpanohitsaukseen.

Hitsausjigin rakenteen suunnittelin siten, että se mahdollistaisi jigien asentamisen kääntöpöytään sekä kääntölaitteeseen. Suunnittelussa huomioin työergonomian tuotantotehokkuuden ja työturvallisuuden. Havaitinkin suunnittelun aikana, että jigien asentaminen kaksiasemaiseen kääntölaitteeseen olisi tuotantotehokkaampi ja työergonomisesti parempi vaihtoehto kuin jigien asentaminen yksiasemaiseen kääntöpöytään. Parempi työergonomia parantaa myös yleistä työturvallisuutta tuotanto-olosuhteissa.

Juuritukien rakennesuunnittelun aikana mietin juuritukielementeille myös vaihtoehtoja kiinnitystapaa, joka tapahtuisi kestopagneeteilla. Kestomagneetikiinnityksessä juuritukielementtien alipainekiinnittimet korvattaisiin magneeteilla. Magneetikiinnityksen etuna olisi ollut rakenteen yksinkertaisuus ja kiinnitysnopeus. Kestomagneetikiinnitys olisi soveltunut erinomaisesti kylmävalssatusta teräksestä valmistettujen koteloaihioiden hitsaukseen. Kestomagneeteilla toteuttavassa kiinnityksessä kiinnitysvoimaa voitaisiin säädellä kestopagneettien lukumäärällä ja käyttämällä erilaisia kestopagneetteja. Kestomagneetikiinnityksen toteuttaminen ei tarvitse toimiakseen paineilmaverkostoa, jolloin juuritu-

kielementtien käyttö ja rakenne yksinkertaistuisivat. Magneettikiinnitteiset juurikielementit mahdollistaisivat myös suunnitellun hitsaussaumojen juuren puolen suojauksen.

Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen laitekoteloiden hitsaamiseen ei kestmagneettikiinnitteisiä juurikielementtejä voida sellaisenaan käyttää. Kestomagneettikiinnitteisiä juuritukia ei voi kiinnittää hitsattavan materiaalin ei-ferromagneettisen ominaisuuden vuoksi. Magneettikiinnityksen onnistuminen ei-ferromagneettisista materiaaleista valmistettuihin hitsausaihioihin voidaan mahdollistaa pienillä hitsausjigin muutostöillä. Hitsausjigiin rakenteisiin tulisi asentaa kestmagneeteille ferromagneettiset vastinpalat, joiden avulla kestmagneetit kiinnittyisivät ei-ferromagneettisten aihoiden läpi.

Kestomagneettikiinnityksen luomiseksi tulisi juuritukirunkoihin koneistaa magneeteille kiinnitysreiät. Kestomagneetit asennettaisiin juuritukirunkoihin siten, että kestmagneetit eivät estä juuritukien toimintaa ja mahdollistavat juurikaasun häiriöttömän virtauksen hitsaussaumojen juuren puolelle.

LÄHTEET

1. Lind, Jouni 2013. Toimitusjohtaja, Ocotec Oy. Haastattelu 25.4.2013
2. Ohutlevyprosessin osaja. Ocotec Oy. Esite. Ocotec Oy. Saatavissa: <http://www.ocotec.fi/www/assets/Uploads/ocotecsitesuomiscreen.pdf>.
Hakupäivä 6.1.2014.
3. MA-laitekotelot. RL-riviliitinkotelot. Esite. Ocotec Oy Saatavissa: <http://www.ocotec.fi/www/assets/Uploads/ocotecmarl16012008finscreen.pdf>.
Hakupäivä 6.1.2014.
4. Tuotteet. Ocotec Oy. Saatavissa: <http://www.ocotec.fi/www/tuotteet/>.
Hakupäivä 6.1.2014.
5. HSD - 250 SB service manual, positioned. 1995. Huolto-ohje.
Motoman robotics AB.
6. Motoman XRC service manual, positioner RM2 – SX 2000. Huolto-ohje.
Motoman robotics AB.
7. Ihalainen, E. – Aaltonen, K. – Aromäki, M. – Sihvonen, P. 2009.
Valmistustekniikka. 13. painos. Helsinki: Otatieto.
8. Hitsauskiinnittimen suunnittelu. 1987. Tekninen tiedotus 15/87. Helsinki:
Metalliteollisuuden kustannus Oy.
9. Mänty, Martti Sakari 2010. Tuotannon kehittäminen hitsausrobotoidussa
piensarjatuotannossa. Opinnäytetyö. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu,
kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa:
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13825/Tutkintotyö_Sakari_Maenty.pdf?sequence=1. Hakupäivä 6.1.2014.
10. Lepola, Pertti – Makkonen, Matti 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet.
Verkkokirja. Helsinki: WSOY. Saatavissa:
<http://www.ellibs.com/fi/book/951-0-32254-7>. (Vaatii käyttäjälisenssin).
Hakupäivä 16.1.2014.

11. Yhdeltä puolen hitsaus juuritukea vasten. Tekninen tiedotus 11/79. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
12. Robotiikka 1999. Suomen robotiikka yhdistys Ry. Vantaa: Talentum Oy.
13. Martikainen, Erkki 2008. Robotisoitu TIG- hitsaus. Kandidaattityö. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta, konetekniikan osasto.
14. Lepola, Pertti – Makkonen, Matti 1998. Hitsaus ja teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.
15. Hulkkonen, Veli 2007. Fluid klinikat. Nro. 16. Tyhjiötekniikka, ejektorit. Saatavissa:
<http://files.kotisivukone.com/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/2.tyhjiotekniikkaejektorit.pdf>. Hakupäivä 28.1.2014.
16. Univer alipaine-ejektorit. Esite. Saatavissa:
http://www.universervice.fi/Portals/137/Esitteet/Tuoteluettelo%202008/Univer_alipaine-ejektorit.pdf. Hakupäivä 28.1.2014.
17. Vacuum efficiency valves ISV. Festo. 2012. Esite. Festo. Saatavissa:
http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_ENGB/PDF/EN/ISV_EN.PDF.
Hakupäivä 28.1.2014.
18. TraceParts, 3D-komponenttikirjasto. Saatavissa:
<http://www.tracepartsonline.net>. Hakupäivä: 17.8.2013.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Marko Tolonen [REDACTED]	Tilaaaja ² Ocotec Oy [REDACTED]
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Ocotec Oy Mikko Vanhakangas Tuotantopäällikkö [REDACTED]	
Työn nimi ⁴ Robotoidun kotelohitsaussolun toiminnan kehittäminen		
Työn kuvaus ⁵ Tarkoituksena on luoda Ocotec Oy:lle toimiva robotoitu kotelohitsaussolu. Kotelohitsaussolun luominen tapahtuu modifioimalla jo olemassa olevaa robotoitua hitsaussolua. Työn sisältönä on suunnitella tarvittava kotelohitsausjigi laitekoteloiden hitsaukseen. Suunniteltavan kotelohitsausjigin tuli olla: - rakenteeltaan soveltuva robottihitsaukseen - helppokäyttöinen - sovellettavissa pienen muutoksin useammalle eri kotelomallille. Lisäksi luodaan toimiva hitsaussovellus Motoman hitsausrobotille, MA 400 - sarjan laitekotelon hitsaamiseen. Työ ei sisällä suunnitellun hitsausjigin osien valmistamista ja hitsausjigin rakentamista. Hitsausjigin osien valmistamisesta ja rakentamisesta huolehtii Ocotec Oy. Hitsausjigin asentaminen hitsausrobottiin tehdään opinnäytetyön tekijän ja Ocotec Oy:n yhteistyönä.		
Työn tavoitteet ⁶ Kotelohitsaussolun toiminnan kehittäminen: 1. Suunnitella käytettävä kotelohitsausjigi laitekoteloiden hitsaukseen 2. Motoman hitsausrobotin ohjelmoiminen ja hitsaussovelluksen luominen MA-400 laitekotelolle.		
Tavoiteaikataulut ⁷ Kesän 2013 aikana. (Tarkempi aikataulu laaditaan myöhemmin opinnäytetyön tekijän ja Ocotec Oy:n yhteistyönä.)		
Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 25 14 12013 Tekijän allekirjoitus Marko Tolonen		Ocotec Oy 25 14 12013 Tilaaajan allekirjoitus Jarmo Lind

