



SAVONIA

Tuolinjalan jysintäkiinnittimien suunnittelu

Timo Virtanen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Timo Virtanen	
Työn nimi Tuolinjalan jysintäkiinnittimien suunnittelu	
Päiväys 26.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 44
Ohjaaja(t) koulutus- ja kehittämisspäällikkö Esa Jääskeläinen, projekti-insinööri Antti Alonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon ammatti- ja aikuisopisto / projektipäällikkö Sami Pekonen	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella robotilla tehtävään kappaleenkäsittelyyn soveltuvat automaattiset jysintäkiinnikkeet epäsymmetrisen puusta valmistettavan tuolinjalan jysintään.</p> <p>Työ toteutettiin Savon ammatti- ja aikuisopiston puualan tiloihin rakennetussa RFID-tekniikan opetus- ja testausympäristössä. Suunnitteluvaiheessa pyrittiin hyödyntämään olemassa olevien laitteiden ja koneiden, kuten CNC-jyrsimen ja kappaleenkäsittelyrobotin ominaisuuksia jysintäkiinnittimien valmistuksessa.</p> <p>Opinnäytetyössä käytiin läpi työkappaleen, jyrsimen ja robotin asettamia vaatimuksia ja niiden huomiointia kiinnittimien suunnittelussa ja pohdittiin RFID-sirun integroinnin mahdollisuuksia työkappaleen työkierron ohjauksessa.</p> <p>Kiinnittimien suunnitteluun käytettiin Autodesk Inventor 3D -suunnitteluohjelmaa, jolla luotiin työn tuloksena syntyneet työkappaleen dimensioiden ja työstövaatimusten perusteella suunnitellut kiinnittimien tietokonemallit. Tietokonemallien pohjalta rakennettiin jysintään ja automaattiseen kappaleenvaihtoon soveltuvat jysintäkiinnittimet, joiden avulla tuolinjalkojen valmistus onnistuu miehittämättömään tuotantoon soveltuvassa solussa.</p>	
Avainsanat RFID, kiinnitin, jigi, kappaleen kiinnittäminen, kiinnitinsuunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Timo Virtanen			
Title of Thesis Clamps for Chair Leg Milling with CNC Milling Machine			
Date	April 26, 2012	Pages/Appendices	44
Supervisor(s) Mr Esa Jääskeläinen, Head of Engineering and Technology and Mr Antti Alonen, Project Engineer			
Client Organisation/Partners Savon Vocational College / Sami Pekonen, Project Manager			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this final year project was to design mechanical clamps which would be suitable for being used with a CNC milling machine.</p> <p>The clamps were designed according to the dimensions and design principles of a particular chair leg which is part of the Sakky-chair assembly. The project was commissioned by Savo Vocational Colleges and it is part of the RFID (Radio Frequency Identification) project. The design process was started by researching old manual clamps used for attaching the chair leg blank to the milling table. These manual clamps were used as design examples in the beginning of the process. The clamps were designed using Autodesk Inventor 3D CAD software.</p> <p>The clamps were designed to the testing phase and will be manufactured over the coming months. The new automatically controlled clamps were designed to be operated by using negative pressure that is available through the vacuum cups of the milling machines. Handling the blanks and the milled chair legs was designed to be carried out using the available material handling robot. The implementation of RFID tags for transferring milling and handling information in the blanks will be investigated. In order to get the clamp design to work, some minor tweaks to the final design might be necessary. These necessary design tweaks are mostly due to some small dimensional differences between different chair leg blanks used.</p>			
<p>Keywords</p> <p>RFID, clamp, CNC, fastener, clamping solution, mechanical clamp</p>			

ALKUSANAT

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella automaattiseen kappaleenkäsittelyyn soveltuvat kiinnittimet Sakky-tuolin jalan jyrinnän automatisointiin. Työ tehtiin Savon ammatti- ja aikuisopiston puualan tiloissa. Haluan kiittää RFID-hankkeen projektipäällikkö Sami Pekosta, jolta sain opinnäytetyön aiheen. Kiitos ohjaajille koulutus- ja kehittämispäällikkö Esa Jääskeläiselle ja projekti-insinööri Antti Aloselle. Kiitos kuuluu myös muulle puualan henkilökunnalle, erityisesti RFID-hankkeessa mukana olleille henkilöille. Kiitos myös ystäville ja sukulaisille tuesta ja kannustuksesta työn aikana.

Kuopiossa 10. huhtikuuta 2012

Timo Virtanen

SISÄLTÖ

KÄSITTEET	8
1 JOHDANTO	9
2 TYÖN TAUSTAT	10
2.1 Savon koulustuskuntayhtymä	10
2.2 RFID-hanke	10
3 TYÖKAPPALE	12
3.1 Tuolinjalan aihio.....	13
3.2 Valmistuksen työvaiheiden nykytilan kuvaus.....	15
3.3 Automatisoinnin vaatimien tehtävien selvitys	16
3.4 Automatisoinnin tavoitteet	17
3.5 Työvälinesuunnittelun yleiset suunnitteluohjeet	18
4 LAITTEISTO.....	20
4.1 CNC-Jyrsin.....	20
4.1.1 Jyrsimen pöytä.....	20
4.1.2 Imupalkit, imutyynyt ja alipainepuristimet.....	20
4.2 Kappaleenkäsittelyrobotti.....	23
4.2.1 Ohjelmointi	24
4.2.2 Ohjaustavat	25
4.2.3 Tarrain	26
5 LATAUS- JA PURKUASEMAT	29
5.1 Latausasema	29
5.2 Paikoitus latauksessa.....	30
5.3 Purkuasema.....	32
5.4 Paikoitus purkuasemassa	32
6 KIINNITTIMET	33
6.1 Kiinnittimet yleisesti	33
6.2 Suunnittelu.....	33
6.2.1 Lähtökohta	33
6.2.2 Kiinnitysmenetelmä	34
6.2.3 Kiinnittämisen ongelmat.....	35
6.3 Paikoitus.....	35
7 RFID-SIRUN INTEGROINTIMAHDOLLISUUS.....	38
8 KÄYTTÖÖNOTTO.....	39
9 TULOKSET	40

10 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	44

KÄSITTEET

RFID	Yleisnimitys radiotaajuudella toimiville tunnistustekniikoille (Radio Frequency Identification)
CNC	Computer Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
Tuotantosolu	Tiettyjen koneiden ja siinä työskentelevien henkilöiden muodostama kokonaisuus, joka huolehtii melko itsenäisesti jonkin tuotteen tai osan valmistuksesta solun käytössä olevilla resursseilla, soluja ohjataan kuitenkin yhtenä kokonaisuutena. (Kärkkäinen & Pesonen)
FMS	Joustava valmistusjärjestelmä
Latausasema	Asema, laite tai keino, jolla työkappaleet tuodaan solun työkiertoon
Purkuasema	Asema, laite tai keino, jolle valmiit työkappaleet ladotaan työkierron päättyessä
Tarrain (tarttuja)	Robotin työkalu, joka mahdollistaa tarttumisen käsiteltävään kappaleeseen.

1 JOHDANTO

Tuotannon automatisointi on nykyisessä globaalissa markkinataloudessa yleisesti käytetty keino pienentää tuotteen valmistuksesta aiheutuvia kustannuksia. Erityisesti kappaleiden siirtoon ja asemointiin kuluva tuottamattoman työn osuutta pyritään minimoimaan muuttamalla valmistusta automaattiseksi, robotein ja NC-ohjattujen koneiden avulla tehtäväksi. Miehittämättömän tuotannon lisääntyessä kasvaa myös ammattitaitoisen henkilöstön vaatimukset, mikä tarkoittaa henkilöstön taitoja ottaa huomioon automaation lisääntymisen edellyttämät vaatimukset tuotannossa.

Savon koulutuskuntayhtymän kampukselle Kuopion Presidentinkadulle on rakennettu puuopetusalan tiloihin automaattinen tuotantosolu, jossa tuotteiden valmistusta ohjataan RFID-tekniikalla. Tuotantosolu on osa RFID-hanketta, jossa on tavoitteena luoda RFID-tekniikan oppimis-, koulutus- ja testausympäristö koulutuksen ja yritysten käyttöön. Nykyajan nopeasti kehittyvä tuotannon tehostaminen ja kilpailukyvyn parantaminen vaatii myös ammattikoulutuksen nykyaikaistamista. Hankkeen tavoitteena onkin kehittää koulutusta ja oppimista siihen suuntaan, että se palvelee yhä paremmin yritysten tarpeita ja vastaa koko ajan kehittyviä teknologian haasteita.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella toimivat RFID-solussa olevan CNC-jyrsimen pöytään asennettavat kiinnittimet, joiden avulla valitun kappaleen valmistusta saadaan jyrsinnän osalta automatisoitua. Kappaleenkäsittelyrobotin käyttäminen edellyttää myös aihion latausaseman ja valmiin kappaleen purkuaseman suunnittelun sekä robotin liikeratojen ohjelmoinnin.

Kiinnittimiltä vaadittujen ominaisuuksien selvittäminen tarkoittaa lähinnä valitun kappaleen dimensioiden aiheuttamien rajoitusten huomioimista kiinnittimien suunnittelussa. Lisäksi työssä selvitetään kiinnittimien soveltumisesta robotilla tehtävään kappaleenkäsittelyyn. Työssä perehdytään myös RFID-tekniikan mahdollisuuksiin kappaleen tunnistamisessa.

2 TYÖN TAUSTAT

2.1 Savon koulustuskuntayhtymä

Savon koulutuskuntayhtymä on yksi Suomen suurimmista ammatillisen perus-, jatko- ja täydennyskoulutuksen järjestäjistä. Kuntayhtymän ylläpitämissä Savon ammatti- ja aikuisopistossa, Varkauden lukiossa ja Savon oppisopimuskeskuksessa opiskelee noin 8 000 opiskelijaa ja työskentelee noin 1 100 henkilöä. Koulutuskuntayhtymä kouluttaa tulevia ammattilaisia yhdeksällä paikkakunnalla Pohjois-Savossa. (Savon koulutuskuntayhtymän esittely 2011.)

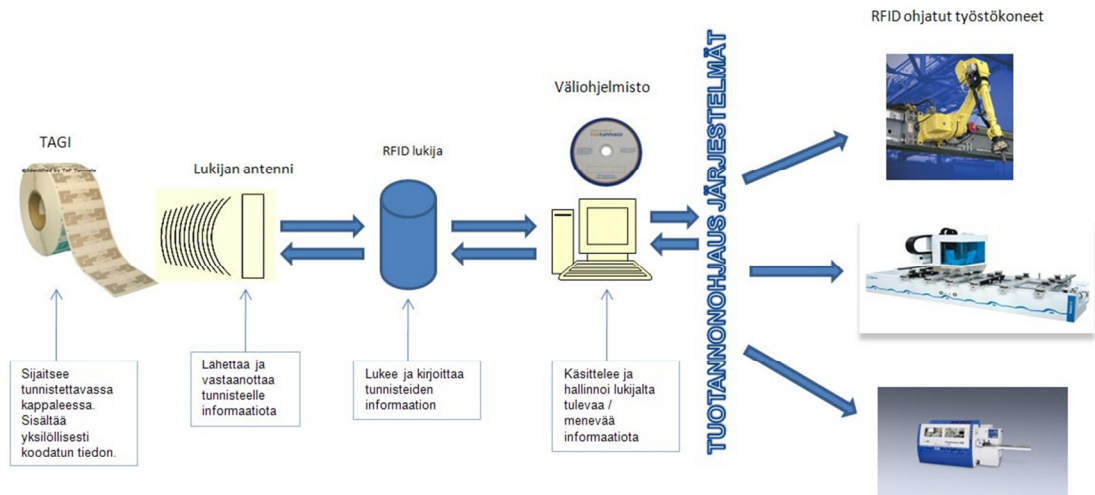
Savon koulutuskuntayhtymän perustehtävänä on kouluttaa työelämässä menestyviä osaajia, jotka tulevat pärjäämään myös jatko-opinnoissa ja elämässä. Koulutuskuntayhtymä operoi aktiivisesti alue- ja työelämän kehittäjänä Pohjois-Savon alueella. Savon koulutuskuntayhtymän strategiaan kuuluu valtakunnallisten ja kansainvälisten koulutus- ja kehittämisspalvelujen avulla parantaa hyvinvointia toiminta-alueellaan. Ajantasaiset ja kysyntää vastaavat koulutuspalvelut pitävät yllä oppilaitoksen vetovoimaa, ja houkuttelevuus oppilaitoksena saadaan pidettyä korkealla tasolla. (Savon koulutuskuntayhtymän esittely 2011.)

2.2 RFID-hanke

RFID-hankkeen tavoitteena on rakentaa RFID-tekniikkaan perustuva oppimis-, sovellus- ja testausympäristö koulutuksen ja eri alojen yritysten monipuoliseen käyttöön. Ympäristössä voidaan tutkia RFID-tekniikan mahdollisuuksia tuotannossa yhdessä oppilaitoksen ja yritysten kanssa. Tavoitteena on löytää uusia käyttökohteita ja sovelluksia RFID-tekniikan mahdollisuuksista eri tuotantoteollisuuden aloille. (Pekonen.)

RFID-solun oppimisympäristöstä rakennetaan tietokonepohjainen simulointimalli, jonka avulla voidaan havainnollistaa etätunnistusjärjestelmän mahdollisuuksia osana joustavaa valmistusjärjestelmää (KUVA 1). Simulointimallista on tavoitteena tehdä eri konfiguraatioihin mukautuva malli, joka mahdollistaa tuotannon tarkastelun eri muuttujilla. (Pekonen.)

Savon ammatti- ja aikuisopiston ja Savonia-ammattikorkeakoulun yhteisen hankkeen tulokset mahdollistavat kummankin oppilaitoksen opiskelijoiden perehtymisen uusiin joustavien tuotannonohjaus- ja valmistusjärjestelmien teknologioihin.



KUVA 1. RFID osana joustavaa valmistusjärjestelmää (Pekonen.)

3 TYÖKAPPALE

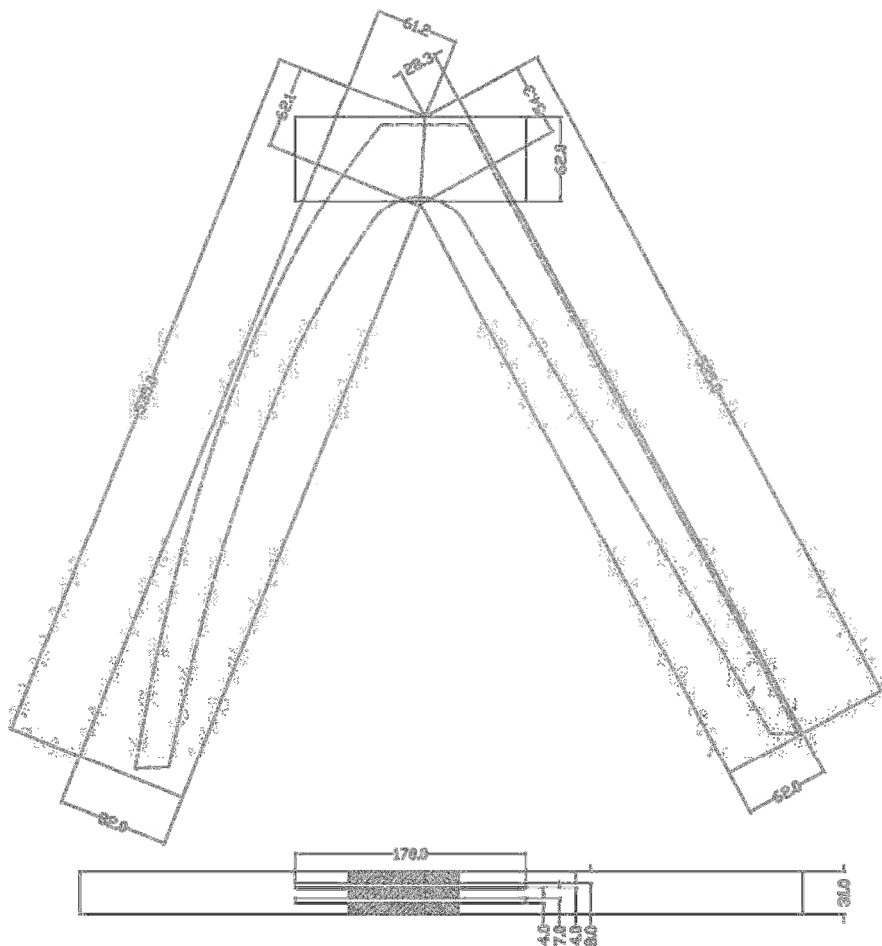
Opinnäytetyössä keskitytään Sakky-tuolin jalan jysintäkiinnittimien automatisointiin. Sakky-tuoli on luokkatiloihin ja yleisiin tiloihin sopiva puusta valmistettu tuoli (KUVA 2).



KUVA 2. Sakky-tuoli (kuva Timo Virtanen)

3.1 Tuolinjalan aihio

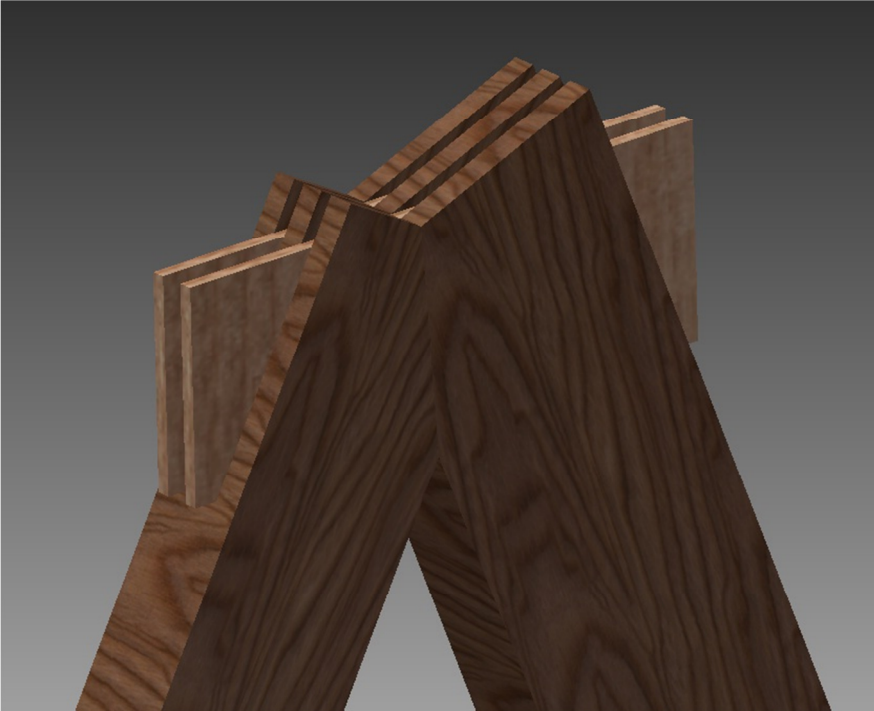
Sakky-tuolin jalka on epäsymmetrinen kaareva jalka, jonka valmistus alkaa työohjeessa määriteltyjen mittojen mukaisen aihion rakentamisella (KUVA 3). Aihion rakentamiseen on laadittu työvaiheisiin jaettu ohjeistus sekä ennalta valmistetut etu- ja takajalan vinosahaukseen ja liimaukseen vaaditut jigit. Sahaus- ja liimausjigien käyttö on edellytys aihoiden mittapoikkeamien minimoimiseen. Mittapoikkeamat taas ovat haitaksi valmistusta automatisoitaessa, jolloin jokainen työvaihe tulisi saada toistettua useita kertoja ilman muutoksia.



KUVA 3. Tuolinjalan aihion mitat (Sakky-tuolin työohje)

Etu- ja takajalan välisen kulman tulee olla mahdollisimman lähellä suunniteltua 50:tä astetta, jotta aihion istuvuus CNC-kiinnittimeen on mahdollisimman hyvä ja haitallisia välyksiä ei ole tai on mahdollisimman vähän. Etu- ja takajalka liitetään toisiinsa koivusta valmistettavia liitoslappuja käyttäen.

Jalkojen aihoiden päihin ajetaan tapistuskoneella lovet, joihin vannesahatut liitoslaput (KUVA 4) kiinnitetään liimaamalla ja puristamalla liimausjigissä. Työohjeessakin painotettu liimausliitoksen tarkistus (KUVA 5) tulee suorittaa huolellisesti, jotta liitoslappujen mahdollista välystä ei ole valmiissa aihiossa.



KUVA 4. Liitoslaput



KUVA 5. Liimausliitoksen tarkistus on tärkeää (Sakky-tuolin työohje)

3.2 Valmistuksen työvaiheiden nykytilan kuvaus

Tuolinjalan valmistus aloitetaan aihion valmistuksesta. Valmis aihio tarkistetaan mittapoikkeamien varalta ja siirretään CNC-jyrsimen pöytään kiinnitettyyn ensimmäisen jyrsintävaiheen kiinnittimeen (KUVA 6). Aihion jyrsintä tehdään käytössä olevilla kiinnittimillä seuraavissa vaiheissa:

- kiinnitys ensimmäisen vaiheen kiinnittimeen
- sisäpuolen rouhinta 20 mm työkalulla
- sisäpuolen viimeistely 18 mm työkalulla
- pyöristys alapuolisella terällä, pyöristyssäde 30 mm
- kiinnitysreikien poraus, halkaisija 12 mm
- kappaleen irrotus, kääntö ja kiinnitys toisen vaiheen kiinnittimeen
- ulkopuolen rouhinta 20 mm työkalulla
- ulkopuolen viimeistely 18 mm työkalulla
- valmiin jalan irroitus
- hionta.



KUVA 6. Ensimmäisen jyrsintävaiheen kiinnitin (kuva Timo Virtanen)

Ensimmäisen vaiheen aihion sisäpuolisiin sivuihin jyrsittävä epäsymmetrinen muoto edellyttää eri kiinnittimien käytön vasemmalle ja oikealle jalalle. Toisen vaiheen aihion ulkopuolisten sivujen jyrsintä voidaan jyrsiä molemmille jaloille samalla ohjelmalla ja kiinnittimellä (KUVA 7).



KUVA 7. Toisen jysintävaiheen kiinnitin (kuva Timo Virtanen)

Molempien manuaalisten kiinnittimien puristusvoima saadaan aikaan käsin puristettavilla pikakiinnikkeillä. Pikakiinnikkeet puristavat jysittävän tuolinjalan aihion vastinpintoja vasten ja estävät aihion liikkumisen työstön aikana. Puristavien kiinnittimenosien ja jalan aihion kohtauspintaan on lisätty hiomapaperista muotoillut pitoa parantavat kaistaleet, joiden käyttöä harkitaan myös suunniteltavissa uusissa kiinnittimissä.

3.3 Automatisoinnin vaatimien tehtävien selvitys

Opinnäytetyö aloitettiin laatimalla työsuunnitelma, jonka avulla pyrittiin selvittämään työssä tarvittavat resurssit, aikataulu, mahdolliset riskit, sekä kartoitettiin työnkuva. Työsuunnitelma käytiin läpi ohjausryhmän palaverissa, minkä jälkeen päästiin aloittamaan varsinaisen työn toteutus.

Työn toteutuksen alkuvaiheessa tutustuttiin käytössä oleviin teknologioihin ja laitteisiin, kuten työstökoneisiin ja kappaleenkäsittelyrobottiin. Koska RFID-etätunnistusteknologia on merkittävässä roolissa solun toiminnan kannalta, punnittiin myös mahdollisuuksia etätunnistetekniikan sisällyttämiseksi tulevaan kiinnitinsuunnittelutyöhön. Etätunnistetekniikan käyttöä suunniteltiin lähinnä tuolinjalan epäsymmetrian aiheuttaman kappaleenkäsittelyradan muutoksen

tunnistamiseen kappaleenkäsittelyrobotille, jolle ohjelmoidaan kaksi toisistaan eroavaa liikerataa, sen mukaan onko käsittelyssä tuolin vasen vai oikea jalka.

Suunnittelutyön alkuvaiheessa kiinnittimien raaka-aineeksi valittiin puu. Puisten kiinnittimien valmistus tulisi halvemmaksi, ja kiinnittimet pystyittäisiin valmistamaan Savon ammatti- ja aikuisopiston puualan laitteilla. Metallisten kiinnittimien valmistushaasteet ja jysintään aina liittyvät työkalun törmäysriskit otettiin huomioon raaka-ainetta valittaessa. Myös muut Savon ammatti- ja aikuisopiston koulutusalat olivat käytössä, jos puun lisäksi olisi tarvetta muille materiaaleille. Myöhemmin tekstissä esille tulevien CNC-jyrsimen pöydän alipaineuristimien metalliset korokepalat valmistettiin oppilaitoksen metallialan tiloissa.

Suunniteltavien kiinnittimien kiinnitykseen CNC-jyrsimen pöytään oli työn alkuvaiheessa kaksi vaihtoehtoa, joista toinen arvioitiin halvemmaksi ja nopeammaksi. Ensimmäinen vaihtoehto olisi ollut rakentaa CNC-koneen olemassa olevaan paineilmalinjaan lisäventtiileillä erikseen ohjattava kiinnityslaitteisto. Puristus olisi tapahtunut jysinkoneen pöytään kiinnitettävien alipaineella toimivien lisäpuristimien avulla, joita olisi ohjattu lisäventtiilistön avulla. Lisäventtiilistö olisi vaatinut investointeina venttiilit ja paineilmaletkut, ja lisäksi venttiilistön saatto käyttökuntoon olisi vienyt aikaa, joten kiinnittimien pöytäkiinnityksen suunnittelun pääpaino siirrettiin toiselle vaihtoehdolle.

Toisessa kiinnitysvaihtoehdossa käytettäisiin CNC-jyrsimen pöydän imupalkkien luomaa alipainetta. Imupalkkeihin alipaineella kiinnittyvien, jo ennalta löytyvien alipaineuristimien käyttö edellyttää puristimien varsien jatkamista omavalmisteisilla 50 mm:n jatkopaloilla sekä itse tuolinjalan aihion puristamiseen käytettävien puristuspiintojen suunnittelua soveltuviksi alipaineuristimiin kiinnitettäviksi. Kiinnitinsuunnittelussa käytettäisiin työvälinsuunnittelun yleisiä suunnitteluohjeita.

3.4 Automatisoinnin tavoitteet

Tuolinjalan valmistuksen automatisoinnin tavoitteena on nopeuttaa jalkojen valmistusta poistamalla aikaa vievät kiinnittimien vaihdot ja käsin tehtävät kappaleenvaihdot jysintävaiheessa. Jalan epäsymmetrinen muoto kuitenkin edellyttää erilaisten kiinnittimien käyttöä myös robotilla tehtävässä kappaleenvaihdossa, CNC-jyrsimen pöydän asettamien kiinnittimien lukumäärärajoitusten vuoksi.

Toisin kuin käsin tehtävässä kappaleenvaihdossa tavoitteena on nopeuttaa valmiin tuolinjalan läpimenoaikaa ajamalla vasen ja oikea jalka eri sarjoissa. Eri sarjassa ajaminen edellyttää kiinnittimen vaihtoa vain kerran vaihdettaessa oikeasta jalasta vasempaan tai päinvastoin. Latausasema, jossa tuolinjalan aihiot tuodaan soluun käsittelyrobotin ulottuville, suunnitellaan soveltuvaksi vasemman ja oikean jalan aihioille.

Koska molemman puolen jalat saadaan tuotua soluun latausaseman samalla lavakuviolla, voidaan vähentää aihoiden asettamisessa tapahtuvia mahdollisia virheitä ja lisäksi käsittelyrobotin ohjelmointi on aihoiden noutopaikan suhteen yksinkertaisempaa.

Kappaleen vaihto robotin avulla on paitsi nopeampaa myös kustannustehokkaampaa, sillä se vapauttaa työntekijän kappaleenvaihdosta muuhun tuottavaan työhön. Käsin tehtävä kiinnittimen vaihto vaihdettaessa vasemman jalan työkierrosta oikeaan edellyttää kiinnittimen dimensioiden ja painon säilyttämistä käsiteltävissä rajoissa.

Kappaleenkäsittelyrobotin käyttö edellyttää sen kanssa toimivilta laitteilta yhteensopivuutta automaattiseen kappaleenkäsittelyyn. Robotin ohjausmenetelmät ja liikeradat ovat ennalta ohjelmoidut. Tämä edellyttää kiinnittimiltä ja muilta robotin kanssa toimivilta laitteilta sopivuutta suuriin työkierron toistomääriin ilman paikoitus- ja kiinnitysvirheitä.

3.5 Työvälinesuunnittelun yleiset suunnitteluohjeet

Työvälinesuunnittelussa tulee ottaa huomioon monenlaisia seikkoja. Uudenlaisten suunnitteluratkaisujen löytäminen on tärkeä osa erikoistyövälinesuunnittelua, jossa yleensä sovelletaan olemassa olevaa rakennetta tai parannetaan vanhaa ratkaisua. Johdonmukaisen ja suunnitelmallisen suunnittelun onnistumiseksi on ensin löydettävä ja ymmärrettävä looginen suunnittelujärjestys. Suunnittelujärjestyksen selkeyttämistä auttaa usein suunnittelun tavoitteiden laatiminen listaksi tai vuokaavioksi. (Aunio, Kettunen, Kääriä, Niinimäki & Riski 1989, 16 - 17.)

Suunnittelumenetelmät ovat yksilöllisiä kullekin työvälinelajille, mutta yhteisiä piirteitä eri suunnittelumenetelmistä voidaan kuitenkin listata. Työvälineen suunnitteluvaiheet

voidaan jakaa pääpiirteittäin valmisteluun, varsinaiseen suunnitteluun ja toteutukseen.

Valmisteluvaiheessa tärkeintä on perehtyä työkappaleeseen sekä ymmärtää tehtävänannon määrittämät tavoitteet. Taloudellisten rajoitusten ja tavoitteiden määrittäminen kuuluu valmisteluvaiheen tehtäviin tuotteen valmistusmäärä ja tavoiteltu valmistuskustannus usein määrittää osaltaan työvälineen suunnitteluun ja valmistamiseen rajoitetut kustannukset. (Aunio ym. 1989, 16 - 17.)

Varsinainen suunnittelutyö alkaa tiedonhankinnasta. Valmistettavan kappaleen nykyisten tietojen tarkistus ja valmistusmenetelmän selvitys määrittävät rajat eri ratkaisuvaihtoehtojen luonnosteluun. Ratkaisuvaihtoehtojen luonnostelussa ja lopullisia kustannuksia määriteltäessä tulee ratkaista itse suunniteltavien omavalmisteosien ja muualta hankittavien valmis- ja standardiosien suhde työvälineen loppukokoonpanossa. Ennen työvälineen lopullista prototyyppiasteelle vietävää ratkaisua tulee määrittää työvälineen valmistusmenetelmä ja tietenkin materiaali, joka soveltuu valitulla valmistusmenetelmällä valmistettavaksi. (Aunio ym. 1989, 16 - 17.)

Työvälineen toteutusvaiheessa ratkaistaan lopulliset rakenteelliset yksityiskohdat sekä laaditaan työvälineen valmistuksen edellyttämät työ- ja kokoonpanopiirustukset. Valmis työväline voi tarvita ensimmäisten kokeilujen jälkeen muutostöitä, jotka edellyttävät radikaalejakin muutoksia työvälineen kokoonpanoon, minkä suunnittelussa palataan tarvittaessa aina valmisteluvaiheeseen saakka. (Aunio ym. 1989, 16 - 17.)

4 LAITTEISTO

4.1 CNC-jyrsin

RFID-ympäristön laitteistosta tuolinjalan jysintä tehdään Weeke Venture 2M -jyrsimellä (KUVA 8). Venture 2M on 4-akselinen CNC-työstöasema, joka on sijoitettu solun toisen kappaleenkäsittelyrobotin ulottuman sisään siten, että työstöaseman kappaleenvaihto voidaan automatisoida. Työstöaseman työkaluvalikoimaan kuuluu kaikki tuolinjalan jysintään vaadittavat työkalut.



KUVA 8. Weeke Venture 2M (kuva Timo Virtanen)

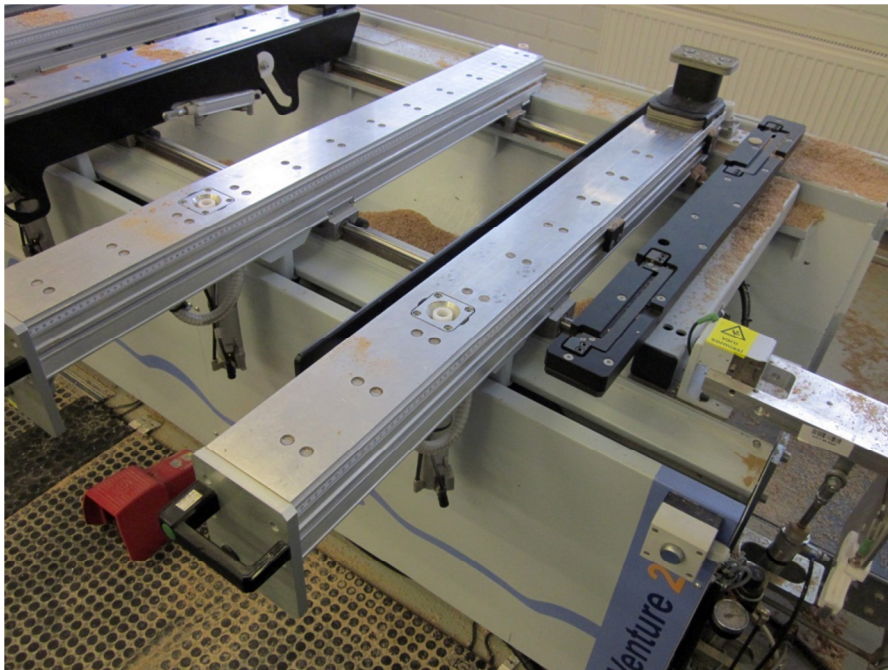
4.1.1 Jyrsimen pöytä

Weeke Venture 2M -jyrsimen pöytä koostuu kuudesta imupalkista, joiden avulla alipainetta voidaan ohjata kulloinkin käytössä olevalle imupalkin lisälaitteelle, kuten imutyynylle tai puristimelle. Pöydän dimensiot 3 250 mm x 1 250 mm rajoittuvat säädettäviin rajoihin pöydän molemmissa päissä, minkä lisäksi sivuilla rajoina ovat säädettävät palkit.

4.1.2 Imupalkit, imutyyny ja alipainepuristimet

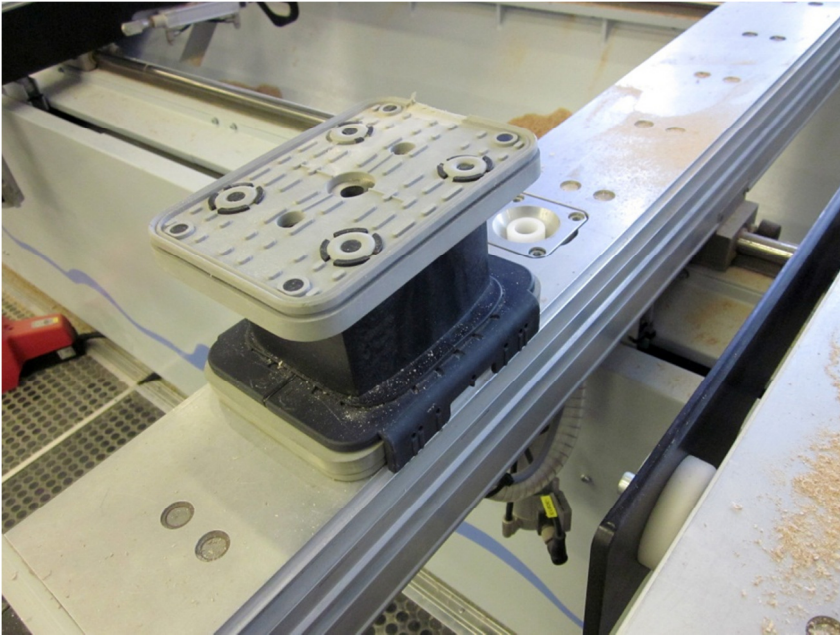
Pöydän imupalkkien (KUVA 9) asettelu tapahtuu käsin. Palkit ovat normaalisti lukittuina paikoilleen, joten siirtoa varten imupalkit tulee vapauttaa painamalla palkin

päässä olevan kahvan napista. Palkkien liikuttamista on rajattu siten, että kaikkia kuutta palkkia ei voi siirtää samalle puolelle jyrsimen pöytää. Rajaamisella aikaansaadaan pöydälle kaksi erillistä työstöaluetta. Kiinnitinsuunnittelussa imupalkkien liikuttamisen rajoitukset aiheuttivat rajoituksia kiinnittimien ulkomittojen ja sijoittelun toteuttamiseen. Edullisin vaihtoehto olisi ollut sijoittaa kiinnittimet kiinni toisiinsa, jolloin niiden sijoittaminen ja paikoitus jyrsimen pöydälle olisi ollut yksinkertaisempaa. Ongelma ratkaistiin jättämällä kahden eri työstövaiheen kiinnittimien väliin sen verran tilaa, että molemmat kiinnittimet saivat tukensa kahdelle imupalkille asetetuilta imutyynyiltä ja kiinnittimet voitiin myös puristaa kiinni kahdella alipaineipuristimella.



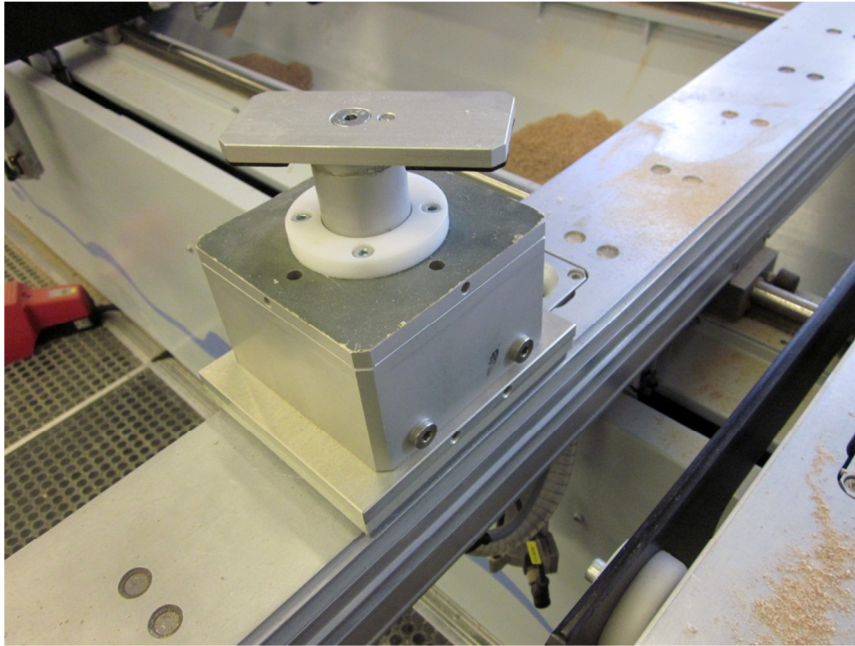
KUVA 9. CNC-jyrsimen pöytä ja imupalkki (kuva Timo Virtanen)

Imupalkkien päälle alipaineella kiinnittyvät imutyynyt (KUVA 10) ovat tärkein osa kappaleen kiinnitystä. Imutyyny on juuri se osa pöydästä, johon työstettävä kappale kiinnittyy. Tyyny myös tukee kappaletta työstövoimien pyrkiessä liikuttamaan kappaletta työstön aikana. Tyynyjen sijoittelu imupalkille on vapaasti muokattavissa ja niiden lukumäärää voidaan vähentää tai lisätä työstettävän kappaleen vaatimusten mukaan.



KUVA 10. Imutyyny kiinnitettynä imupalkkiin (kuva Timo Virtanen)

Alipainepuristimen (KUVA 11) kiinnitys imupalkkiin tapahtuu imutyynyn tavoin alipaineella, lisäksi puristimien sijoitteluun soveltuvat samat periaatteet kuin imutyynyjen sijoitteluun. Erona imutyynyihin alipainepuristimissa on kaksitoimisuus, joka mahdollistaa sekä tyynyn kiinnityksen imupalkkiin että puristimen erillisen puristusliikkeen. Alipainepuristimen puristusliikettä käytetään tuolinjalan aihion kiinnittämiseksi tukevasti suunniteltuun kiinnittimeen. Puristimen paininosa on irrotettavissa muusta rungosta, joka mahdollistaa erillisten painimien käytön niitä vaativissa kiinnityksissä. Tätä paininosan irrottamisen mahdollisuutta käytettiin hyväksi aihoiden kiinnittämistä suunnitellessa. Myös alipainepuristimen alkuperäistä paininosaa olisi ollut mahdollista käyttää kiinnittimen toteutuksessa, mutta painimen pienehkö pinta-ala suhteessa tuolinjalan turvallisen kiinnityksen vaatimaan puristusalaan oli turhan vaatimaton, joten kiinnittimeen päädyttiin suunnittelemaan kokonaan uusi aihion ulkomittoja paremmin mukaileva painin. Alipainepuristimen käyttö suunniteltujen kiinnittimien kanssa edellytti 50 mm korkeiden korokepalojen valmistuksen puristimien varsiin.



KUVA 11. Alipainepuristin (kuva Timo Virtanen)

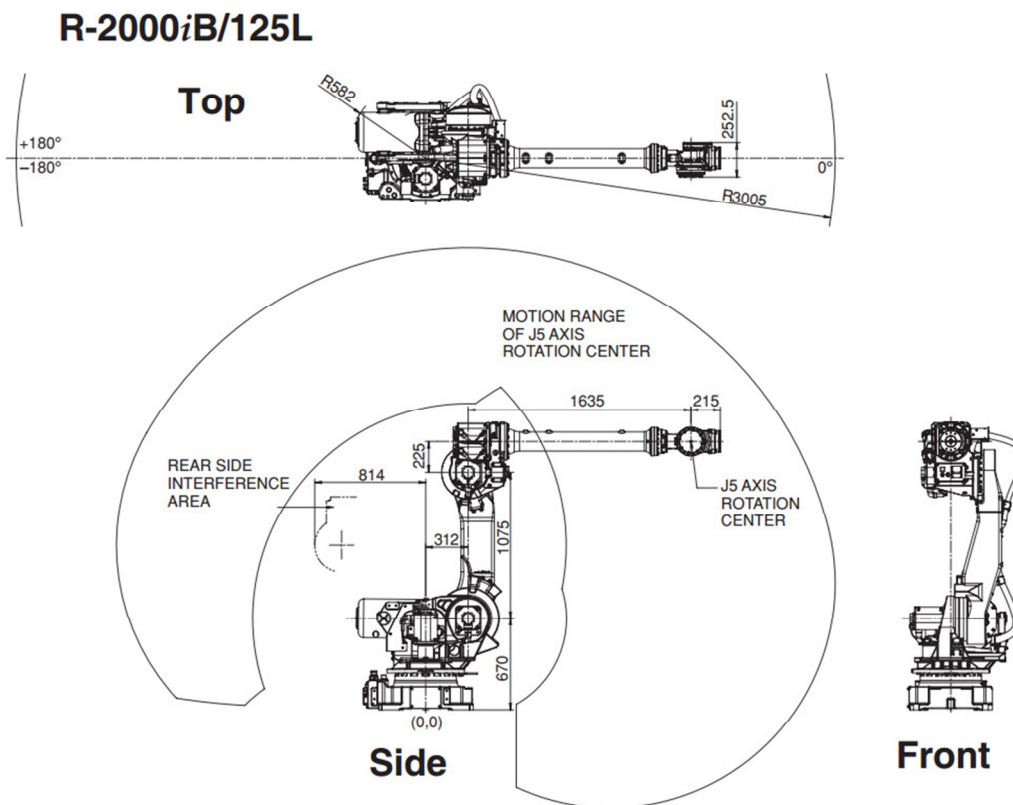
4.2 Kappaleenkäsittelyrobotti

Kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan *robotti on uudelleen ohjelmitavissa oleva monipuolinen vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavien liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa* (Kuivanen 1999, 13).

Teollisuusrobotti on siis yksinkertaistettuna mekaaninen kone, jonka tehtävänä on siirtää työkalun kiinnityksen kiinnityslaippaa ohjelmoidulla tavalla. Liikerata voi muodostua kolmella eri menetelmällä: Se voi olla etukäteen määritetty, ympäristön tapahtumien perusteella valittavissa oleva tai liikerata voi muodostua liikkeen aikana antureilta saatujen tietojen perusteella. Liikkeen aikana saadut tiedot päivittävät ennalta ohjelmoituja robottiohjelmiä, jolloin robotti korjaa ja muokkaa liikerataansa suunnittelutiedoista ja ympäristömallista saamallaan tiedoilla. (Kuivanen 1999, 13.)

1960-luvulla teollisuusrobotit suunniteltiin tekemään mahdollisimman paljon erilaisia tehtäviä. Eriytyminen erikoisroboteihin on nykypäivänä selvää ja markkinoilla onkin robotteja monenlaisiin yksittäisiin käyttötarkoituksiin. Usean tonnin painoisia kappaleita pystytään käsittelemään raskailla hydraulisilla roboteilla ja pieniä, mikrometrien liikkeisiin pystyviä robotteja käytetään hienomekaniikan kokoonpanoissa ja esimerkiksi sairaaloiden leikkaussaleissa. (Kuivanen 1999, 13.)

Muutamat teollisuusrobottimallit ovat vakiinnuttaneet asemansa tyypillisimpinä mekaanisen robottirakenteen esimerkkeinä. Tiettyyn liikerataan ja työalueeseen rajatut robottimallit soveltuvat erinomaisesti nopeaan ja tarkkuutta vaativaan kappaleenkäsittelytyöhön. Robotin käsiteltäväksi suunnitellun kappalevalikoiman ollessa suppea on robotin ja tarttujan valinta yleensä rajoittunut kustannustehokkuuden johdosta vain tiettyyn robottimalliin. Moniakseliset, jalustalla seisovat kiertyväniveliset käsivarsirobotit (KUVA 12) mahdollistavat monipuolisen kappalekirjaston robotilla käsiteltäväksi. RFID-hankkeessa soluun on hankittu kaksi 6-akselista Fanuc R-2000iB/125L -kappaleenkäsittelyrobottia, joiden avulla voidaan tarttujaa vaihtamalla käsitellä monipuolisesti erilaisia kappaleita.



KUVA 12. Fanuc R-2000iB/125L:n mitat ja ulottuvuus (Fanuc robotics)

4.2.1 Ohjelmointi

Robotin ohjelmoinnilla on yksi päätehtävä: Sen tulee saada robotin työkalu, tarttuja tai muu osa robotista liikkumaan määritetyn työtehtävän vaatimalla tavalla. Tuotannon muut laitteet ja laitteistot tulee saattaa toimimaan tahdistetusti robotin kanssa. Tähän synkronointiin tarvitaan lähes aina robotin ympäryslaitteita, kuten ohjainta ja tietokonetta. Ohjauksen avulla robotille annetaan liikeinformaatio, jonka

robotti muuttaa nivelten asentoa vaihtamalla liikeradoiksi. Robotin ohjaus perustuu pitkälti samoihin numeerisiin liikekäskyihin, joita on käytössä NC-tekniikan koneiden ohjauksessa. (Kuivanen 1999, 313.)

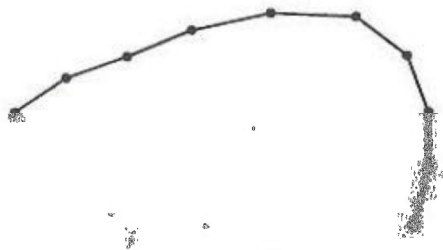
4.2.2 Ohjaustavat

Robotin ohjaustapoja on useita, mutta ne voidaan jakaa toimintatapansa perusteella karkeasti neljään perusmalliin: (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2002, 315):

- **Mekaanis-rakenteellinen tyyppi.** Liikkeet, rajat ja toimintojen järjestys tehdään käsin asettamalla.
- **Johdattaminen.** Robotti on vapaasti liikuteltavissa ja kuljetetaan käsiohjauksella eri työvaiheiden läpi.
- **Opetus.** Käsiohjauksella kuljetettaessa robottia liikutetaan pisteestä pisteeseen, jotka tallennetaan osaksi robotin kokonaisuohjelmaa.
- **Tekstiparametrinen.** Robottia ohjelmoidaan tietyillä ohjelmointikielen tekstiparametreilla (offline-ohjelmointi).

Robotin liikeohjaus riippuu liikeinformaation suoritustavan valinnasta. Robotin liikeradat pisteiden välillä voivat siis erota toisistaan.

Pisteohjauksella robotti liikkuu suoraviivaisesti annettujen pisteiden välillä (kuvio 1).



KUVIO 1. Pisteohjaus (Keinänen ym. 2002, 315.)

Rataohjauksessa liikeinformaatiolle voidaan antaa erilaisia nopeuksia. Liikeinformaatio annetaan koko työkierron aikana (KUVIO2).



KUVIO 2. Rataohjaus (Keinänen ym. 2002, 315.)

Digitaalisessa ohjauksessa on mahdollista valita kahden ohjaustavan välillä. Koneelle annetaan ohjausinformaatiota riittävän tiheästi, jolloin kone seuraa tiheää pistejoukkoa, tai annetaan vain tietyt pisteet ja niitä yhdistävä geometria (KUVIO 3).



KUVIO 3. Digitaalinen ohjaus (Keinänen ym. 2002, 315.)

4.2.3 Tarrain

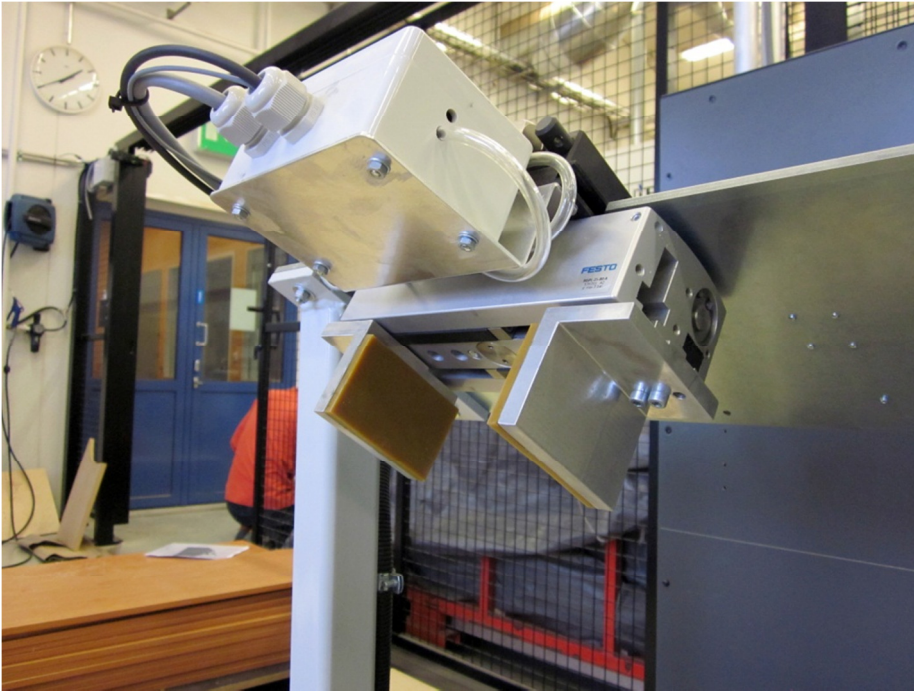
Robotin työkalu on se mekaaninen osa, jota robotti siirtää ohjelmoidusta asemasta toiseen. Tavallisesti työkalu on kappaleen tai kokoonpanon liikuttamiseen suunniteltu tarrain. Erilaiset tarraintyypit mahdollistavat liki rajattomat kappaleenkäsittelymahdollisuudet, mutta juuri tarvittavaan sovellukseen sopivan tarraimen valinnassa on tunnettava mahdolliset tarraintyypit ja tartuntatavat. Tarraimet voidaan jakaa seuraavanlaisiin ryhmiin: (Kuivanen, 1999, 60.)

- Avautuvat ja sulkeutuvat tarraimet tarttuvan liikkeen mukaan.
- Kiertyväsormiset ja rinnakkain liikkuvilla sormilla varustetut tarraimet
- Pneumaattiset, hydrauliset tai sähköiset
- Liikkuvien sormien lukumäärän mukaan, kaksi-, kolmi- ja useampisormiset tarraimet
- Jäykät ja joustavat tarraimet
- Kappalekohtaiset tai yleistarraimet sen kappalemäärän mukaan, johon tarraimella voidaan tarttua.

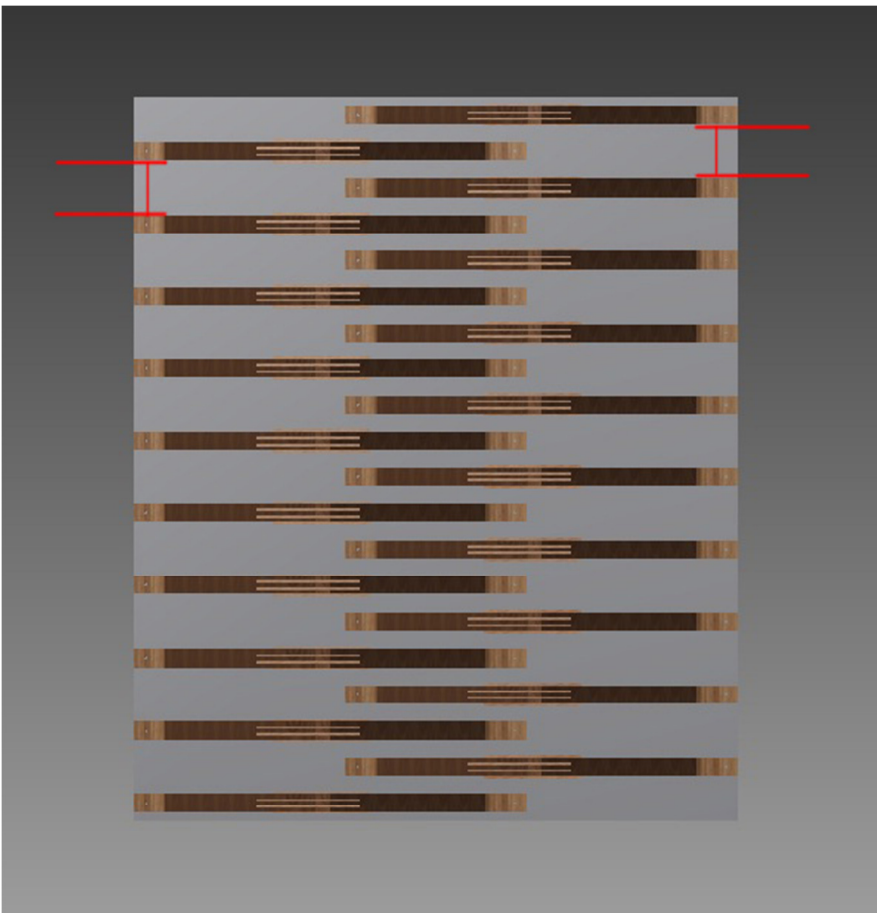
- Keskittävät tarraimet
- Alipainetarraimet
- Sisäisesti laajenevat tarraimet
- Yksittäinen, kaksois- tai revolveritarrain sen mukaan kuinka monta sormiryhmää tarraimessa on
- Älykkäät anturoidut tarraimet
- Erikoistarraimet

RFID-solun kappaleenkäsittelyrobotin tarrainvalikoimasta tuolinjalan siirtoihin valittiin solun laitteistotoimittajan Service Point Oy:n suunnittelema avautuva ja sulkeutuva puristustarrain (KUVA 13). Käsiteltävän kappaleen kapeat muodot eivät mahdollistaneet alipainetarrainten käyttöä, lisäksi kappaletta tulitaisiin kääntämään työkierron aikana, jolloin alipainetarrainta käytettäessä kappaleenkäsittelyrobotin käsivarren ja tarraimen vaatima tila kasvaisi liian suureksi kappaleen käsittelyyn CNC-jyrsimen pöydällä.

Puristimen leukojen puristusvoima todettiin käytännöin kokein olevan riittävän suuri tuolinjalan käsittelyyn. Lisäksi tarraimen pieni koko vaikutti positiivisesti tarraimen valintaan. Ainoa heikkous tarraimessa on sen leukojen etäisyyden säätömahdollisuuden puute, tarkoittaen että leukoja ei pysty aukaisemaan tietylle leveydelle, vaan vaihtoehtoina ovat vain kokonaan kiinni tai kokonaan auki olevat leuat. Leukojen avautuessa täysin auki, on tarraimen vaatima tila latausasemalla tarpeettoman suuri. Tämä aiheuttaa suuret välit latausaseman aihoiden välille (kuva 14) ja siten myös pienentää yhdelle lavalle mahtuvaa sarjakokoa.



KUVA 13. Tarrain (kuva Timo Virtanen)

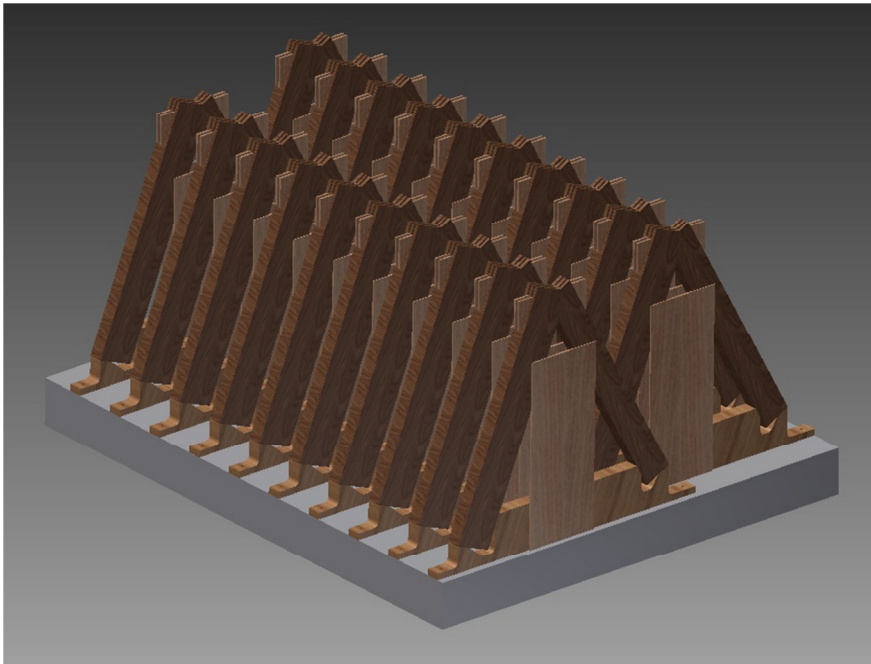


KUVA 1414. Tarttujan vaikutus lavamalliin

5 LATAUS- JA PURKUASEMAT

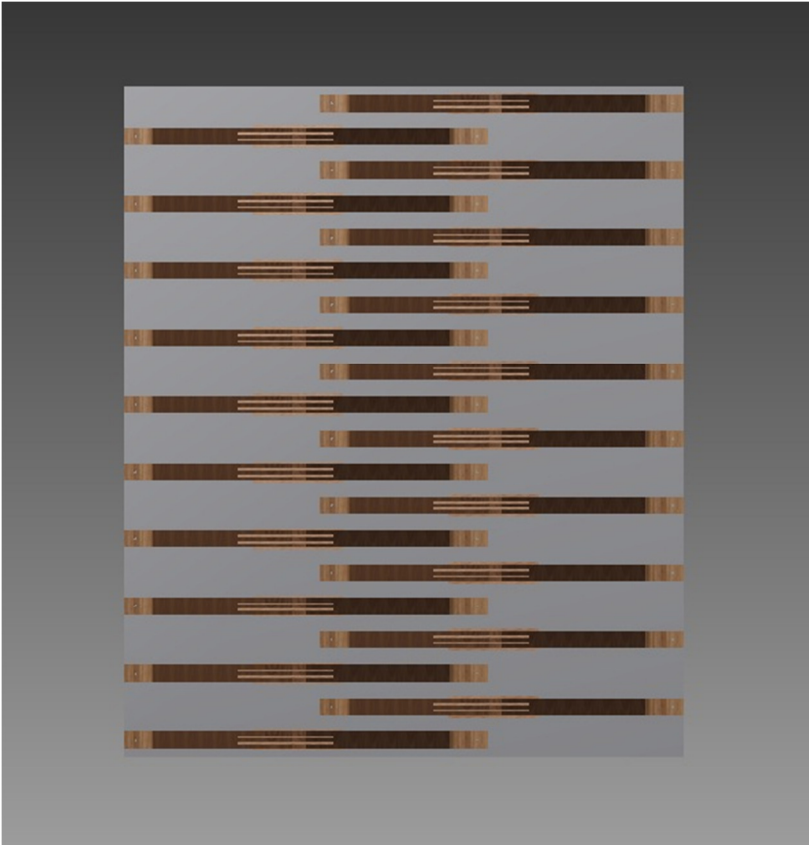
5.1 Latausasema

Latausaseman tehtävänä on olla helposti hallittavissa oleva asema, laite, tai tässä tapauksessa lavamalli (KUVA 15), jolta automaattisesti toimiva kappaleenkäsittelyrobotti pystyy vaivattomasti ja riskittä noutamaan aihiot työsolun työkiertoon. Latausaseman tulee toimia joustavasti yhdessä työsolun muiden laitteiden kanssa, jotta solulla aikaansaadaan paras mahdollinen nopeus ja toimintavarmuus. Tuolinjalan valmistuksen automatisoinnin osana myös latausasema tuli suunnitella käyttäjä ja robottiystävälliseksi. Helpoin tapa halutun sarjakoon mahdollistamaan aihoiden lataukseen on käyttää RFID-soluun standardisoitua 1 000 mm x 1 200 mm lavakokoa.



KUVA 15. Latausaseman lavamalli

Latausaseman lavamallin suunnittelussa tuli ottaa huomioon sekä tuolinjalan aihion dimensioiden että kappaleenkäsittelyrobotin tarttujan vaatimukset. Lavamallin pohjan pinta-ala määrittä lavamallin aihoiden maksimimäärän, josta eri tekijät vähensivät aihoiden lukumäärää. Lopullisen lavamallin suunnitelmassa lavalle on mahdollista lataa 20 kappaletta tuolinjalan ahiota (kuva 16).



KUVA 16. Latausasema ylhäältä päin katsottuna

5.2 Paikoitus latauksessa

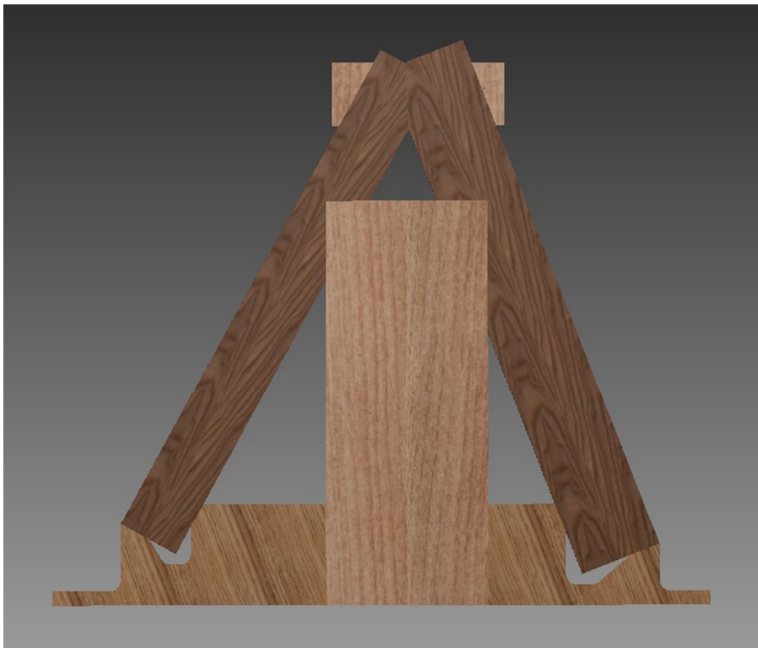
Aihoiden paikoitus latausasemalle tuli saada mahdollisimman tarkaksi, jolloin robotilla tehtävä poimintatyö olisi toistettavissa virheittä. Koska aihio tehdään mitoiltaan mahdollisimman tarkaksi sahaus- ja liimausjigeissä, on mahdollista käyttää jalan aihion muotoa mukailevaa vastinosaa aihion asemoinnissa. Vastinosan suunnittelun määräävin tekijä on robotin tarttujalle edullisimman tartuntapinnan asettaminen esteettömästi robotin saataville. Vaihtoehtoisia vastinmuodon tukipintoja on aihiossa useita, mutta kappaleenkäsittelyrobotille. Varsinkin kappaleen käännön kannalta edullisia tartuntapintoja vain yksi. Edullisin pinta tarttujalle olisi jalkojen liitoskohdassa, josta tartuttaessa ja kappaletta käännettäessä ei tarttujaan kohdistuisi niin suurta taivuttavaa jännitystä kuin tartuttaessa jalkojen alapäistä.

Aihion asettaminen tuli siis tehdä siten, että robotin tarttujalla on pääsy jalkojen liitoskohtaan. Jotta aihoiden latauksessa käytetyn lavan päälle rakennettavat vastinmuodot (kuva 17) eivät vaatisi tarpeettoman paljon materiaalia, valmistettiin matalat, aihion jalkojen muotoa mukailevat vastinosat (kuva 18), joiden molemmin puolin kiinnitettiin vanerilevyt aihioita tukemaan. Vastinosista jyrksittiin ensin

testikappaleet, joiden lavaan kiinnityksen jälkeen robottiohjelmointi saatettiin latausaseman osalta aloittaa.



KUVA 17. Aihio, vastinosa ja tukilevyt



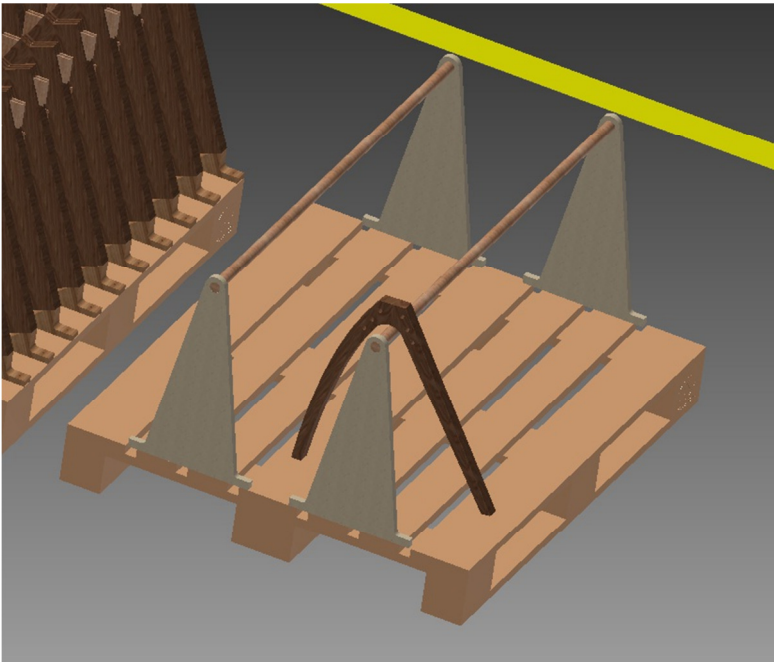
KUVA 18. Vastinosa mukaillee aihion muotoja

5.3 Purkuasema

Purkuasemalla tarkoitetaan asemaa, laitetta tai tässä tapauksessa lavamallia, jolle työkierrosta poistuvat valmiit kappaleet asetellaan. Kappaleenkäsittelyrobotin toimiessa kappaleen siirtäjänä tulee purkuaseman suunnittelussa ottaa huomioon esteetön ja virheet eliminoiva lastaustapa. Purkuasemassa kappaleen automaattinen miehittämätön työkierto on päättynyt, joten purkuaseman suunnittelussa on otettava huomioon myös käsin tehtävän työn osuus.

5.4 Paikoitus purkuasemassa

Purkuasema pyrittiin pitämään rakenteeltaan yksinkertaisena (kuva 19). Yksinkertainen rakenne oli edellytys robotilla tehtävään purkuaseman lastaukseen, sillä se vähentää robotin tarttujan ja käsivarren törmäysriskiä ja antaa mahdollisuuden suoraviivaisemmille robotin liikeradoille. Kappaleenkäsittelyrobotin liikerata suunniteltiin sellaiseksi, että robotti pakkaa purkuasemassa olevat valmiit tuolinjalat työntämällä ne aseman toiseen äärilaitaan ja tuomalla samalla viimeisimpänä valmistuneen jalan purkuasemaan. Purkuasema suunniteltiin latausaseman tapaan kiinnitettäväksi 1 000 mm x 1 200 mm kuormalavan päälle.



KUVA 19. Purkuaseman yksinkertainen rakenne kuormalavan päällä

6 KIINNITTIMET

6.1 Kiinnittimet yleisesti

Kappaleiden oikeanlainen kiinnittäminen jyrsinkoneeseen on tärkeä osa jyrsinän onnistumista. Kiinnityksestä tulisi saada niin luja, että kappale ei pääse liikkumaan koneistuksen aikana ja että kappale on tuettu oikein. Puuntyöstössä yleisimpiä kiinnitinmalleja ovat erilaiset alipaineella toimivat imutyynyt, puristimet ja tuotekohtaiset kiinnittimet. Robotin avulla automatisoidussa työkappaleen vaihdossa tai kääntämisessä on kiinnittimien suunnittelussa otettava huomioon robotin tarttujan vaatima työtila ja tarvittavat turvaetäisyydet törmäysriskin minimoimiseksi. Oikeanlainen kiinnitys eliminoi myös työstövoimasta aiheutuvaa taipumista ja tärinää ja mahdollistaa työkaluille edullisimmat työstöradat.

Kiinnitinsuunnittelussa tulee ottaa huomioon käytettävissä olevan laitekannan ominaisuudet ja rajoitteet. Automaattisten, miehittämättömään tuotantoon soveltuvien koneiden oheislaitteisto on valmiiksi suunniteltu ohjelmoinnin avulla toimivaksi. Valmiina käytettävissä olevien oheislaitteiden käyttö kiinnitinsuunnittelussa yksinkertaistaa suunnittelun tavoitteita ja alentaa kiinnittimen valmistuskustannuksia.

6.2 Suunnittelu

Sakky-tuolin jalan kiinnittimien sekä lataus- ja purkuasemien suunnittelu tehtiin Autodesk Inventor 3D -suunnitteluohjelmalla ja Autodesk AutoCad -suunnitteluohjelmalla. Vaihtoehtona Inventor-ohjelman käytölle olisi ollut Dassault Systèmes SolidWorks 3D -suunnitteluohjelma, jonka käyttö kuitenkin unohdettiin, koska Inventor-lisenssi oli valmiiksi saatavilla. Inventor-ohjelman valintaan vaikutti myös RFID-solun 3D-malli, joka oli suunniteltu Inventoria käyttäen. RFID-hankkeen alussa oli solun kokoonpano mallinnettu koneineen ja laitteineen. Valmiin solun 3D-malli helpotti tuolinjalalle suunniteltavien kiinnikkeiden hahmottamista soluun ja varsinkin jyrsimen pöydälle asemoinnista saatiin näin helpompaa.

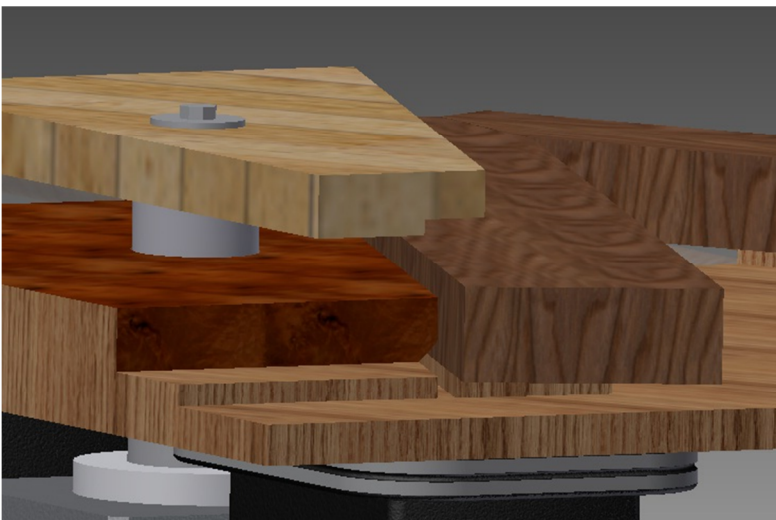
6.2.1 Lähtökohta

Kiinnittimien suunnittelu tulee aloittaa kiinnitettävän kappaleen vaatimusten mukaisesti. Kiinnitettävän kappaleen mitat, materiaali ja muut kiinnittimien suunnitteluun vaikuttavat muuttujat, kuten kappaleenvaihto, tulee huomioida heti

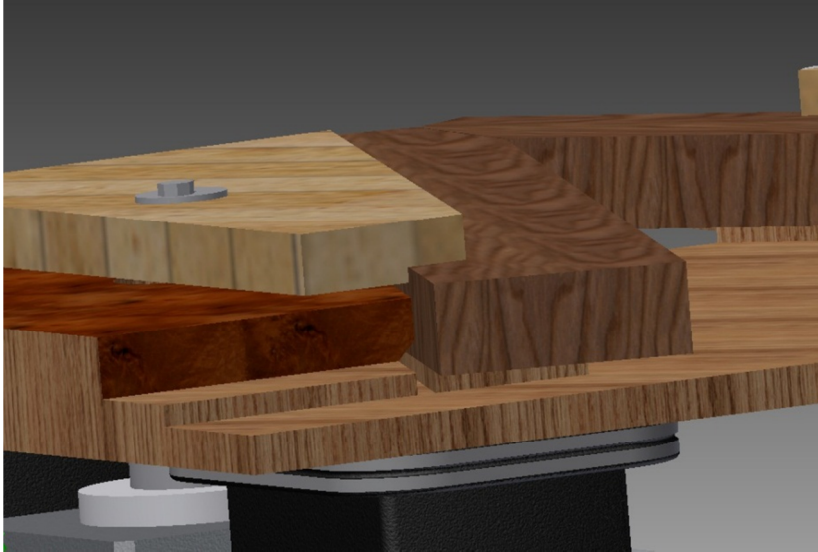
suunnittelun alkuvaiheessa alkutietoja määritettäessä. Tuolinjalan aihion kiinnittimien suunnittelun perustana käytettiin työssä jo mainittuja, aikaisemmin käytettyjä käsin operoitavia kiinnittimiä, joiden toimintalogiikka ja toimintavarmuus tietyin muutoksin sopisi myös automaattiseen kiinnittämiseen ja kappaleenvaihtoon. Kiinnittimen lukitus CNC-jyrsimen pöytään ja työstettävää kappaletta paikallaan pitävät puristusvoimat suunniteltiin tehtäväksi aikaisempien kiinnittimien tapaan.

6.2.2 Kiinnitysmenetelmä

Työkappaleen kiinnitys Venturen imupalkkien kiinnittimiin saadaan aikaan kaksivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa kiinnittimet asemoidaan imupalkkeihin, jotta koneistuksen aikana syntyvät koneistusvoimat eivät pääse liikuttamaan työkappaletta ja siten aiheuta työstövirhettä tai pahimmassa tapauksessa laitevaurioita. Alipaineen pitäessä kiinnittimen puristettuna imutyynyyn ovat alipaineipuristimissa kiinni olevat puristusosat vielä vapautettuna yläasennossa (KUVA 160). Tämä mahdollistaa työkappaleen tuonnin robotilla puristusosien alle, jotka suljetaan työkappaleen ollessa painettuna kiinnittimen vastinpitoja vasten (KUVA 171).



KUVA 160. Aihio ensimmäisen vaiheen kiinnittimessä, puristus auki



KUVA 171. Aihio ensimmäisen vaiheen kiinnittimessä, puristus kiinni

6.2.3 Kiinnittämisen ongelmat

Kiinnittämiseen käytetyt imutyynyt vaativat työkappaleelta pinta-alan, joka on imutyynyn pinta-alaa suurempi. Pienet ja kapeat kappaleet vaativatkin sen vuoksi erilliset tuotekohtaiset kiinnittimet, jotta alipaineella toimivia imupalkkeja ja imutyynyjä voidaan soveltaa työkappaleen kiinnityksessä. Imutyynyjen toimiessa myös kiinnitintä tukevana alustoina, tulee kiinnittimien suunnittelussa ottaa huomioon tarpeeksi suuri pinta-ala, jotta imutyynyjä saadaan käytettyä tarvittava määrä kiinnittimen tukemiseen. Liian vähäinen tuenta saattaa aiheuttaa työstövaiheessa tärinää työkappaleeseen, josta taas aiheutuu kappaleeseen työstövirheitä ja mahdollisesti vaurioita työkaluun. Sakky-tuolin jalan kiinnittimien suunnittelussa tuli ottaa huomioon edellä mainittuja suunnittelukriteerejä, sekä huomioida työstökoneen työalueen rajoitukset.

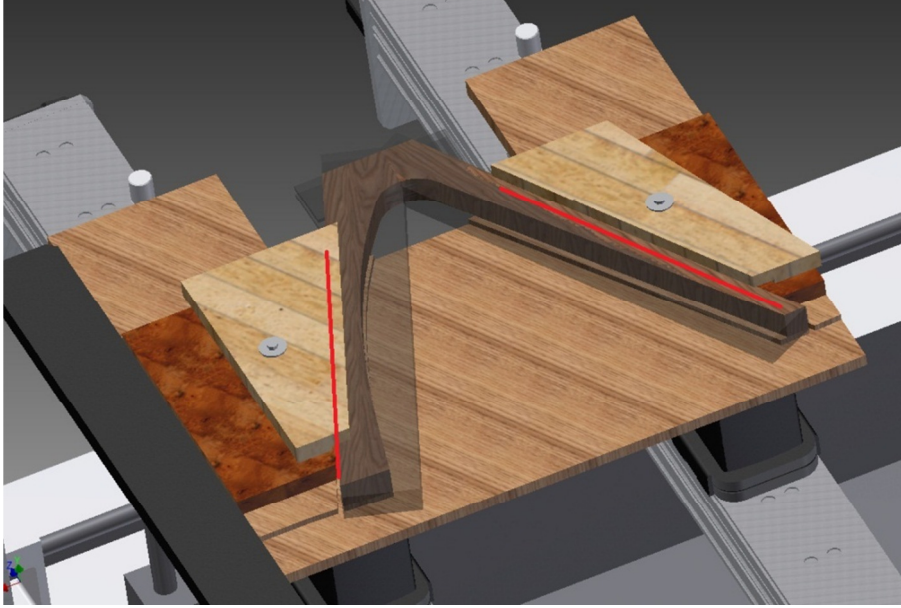
6.3 Paikoitus

Työkappaleen paikoitus kiinnittimiin, sekä lataus- ja purkuasemiin suunniteltiin siten, että robotin avulla tehtävässä kappaleenkäsittelyssä saavutetaan mahdollisimman suuri paikoitustarkkuus. Paikoitustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä olivat robotin ohjelmoinnissa käytetyt ja aiemmin tekstissä mainitut liikeratatieidot, kiinnittimien itsepaikoittava paikoitusmenetelmä ja lataus- ja purkuasemien yksinkertainen rakenne. Kiinnittimien tarkka paikoitus edellytti jyrsinpöydän vastinpintojen käyttöä, jotta jyrsimen työstöratojen nollapisteet saadaan määritettyä. Nollapisteet

määritetään etäisyyksinä jyrsimen pöydän vasteiden ollessa nollarajoina, joita vasten kiinnittimet tuetaan.

Kappaleen tuonti kiinnittimeen robotilla edellyttää tarttujan vaatiman tilan huomiointia kiinnittimen työkappaletta tukevia pintoja suunniteltaessa. Toisaalta tarttujalla pitää olla tarpeeksi tartuntapinta-alaa työkappaleesta, ja toisaalta liian suurta tartuntapinta-alaa tulee välttää, jotta riski kiinnittimeen törmäyksestä olisi mahdollisimman pieni. Työkappale vaatii kiinnittimeltä tukevaa pintaa mahdollisimman suurelle osalle kiinnittintä vasten tulevaa pinta-alaa. Tukipinnoille joudutaan kuitenkin tekemään robotin tarttujan vaatimaa työtilaa, jotta tarttuja ei törmää kiinnittimeen työkappaletta puristaessa ja liikuttaessa. Tarttujan vaatima työtila saadaan aikaan suunnittelemalla kiinnittimeen aukko, joka on varoetäisyyksineen tarpeeksi suuri törmäyksen välttämiseen.

Työkappale siirretään kappaleenkäsittelyrobotilla kulloisenkin työvaiheen kiinnittimelle. Robotilla tehtävä kappaleen käsittely vaatii kiinnittimeltä kappaletta ohjaavia tukipintoja, jotta työkappaleen paikoitus voidaan toistaa aina samalla vaaditulla tarkkuudella. Ensimmäisen ja toisen jyräintävaiheen kiinnittimissä käytettiin samaa paikoitusmenetelmää, jossa robotti kuljettaa työkappaleen kiinnittimen läheisyyteen ja painattaa työkappaletta kiinnittimeen suunniteltuja vastinpintoja vasten (KUVA 182). Työkappaleen ollessa kiinni vastinpinnassa, alipainepuristimet suljetaan ja kappale puristetaan kiinnittimeen. Vastinpintoja vasten tehtävä tuenta auttaa paitsi kappaleen paikoituksessa, myös kappaletta puristavien puristusosien suunnittelussa. Puristusosien suunnittelussa voidaan seurata täsmällisemmin työkappaleen dimensioita ja saada aikaan laajempi ja tarkempi puristusala.



KUVA 182. Työkappaleen tuenta kiinnittimen vastinpintoihin

7 RFID-SIRUN INTEGROINTIMAHDOLLISUUS

Opinnäytetyössä käsiteltävän Sakky-tuolin jalan valmistus tapahtuu oppimis- ja testausympäristöksi rakennetussa RFID-solussa. RFID-etätunnistetekniikkaa käytetään nykyään automaattisen tiedonvälityksen jokaisella osa-alueella. Tekniikan mahdollistama tiedon tallennus ja tallennetun tiedon etäluke ovat korvanneet nopeasti esimerkiksi jo väijäämättä vanhanaikaiseksi käyvät viivakoodit. Etätunnistesirun rakenne on hyvin yksinkertainen. Kaikki sirussa oleva tieto on tallennettu pieneen muistipiiriin, joka saa virtansa lukulaitteen tuottamasta magneettisesta tai sähkömagneettisesta kentästä. Tämä lukulaitteelta saatava käyttövirta mahdollistaa hyvin pienien sirujen valmistuksen, koska niihin ei tarvitse saada mahtumaan paljon tilaa vievää akkutekniikkaa. Etätunnistesirun integrointi olisi mahdollista myös tuolinjalan aihioon, mutta sirun asentaminen päätettiin vielä opinnäytetyövaiheessa jättää suunnitteluasteelle. (Finkenzeller 2003, 101.)

Sirun integroinnilla työkappaleen työkiertoon lisättäisi tunnistesirun luku, joko valmiiksi aihioden latausasemassa, tai siten että jokainen aihio käytetään robotin avulla sirun lukijalla. Siruun olisi mahdollista sisällyttää tarkat tiedot työkappaleesta, lähinnä tieto siitä onko kyseinen aihio suunniteltu vasemman tai oikean jalan aihioksi. Aihion tunnistamisen jälkeen lukulaitteen avulla haettaisi siruun tallennettu tieto. Esiin saadun informaation perusteella avautuisi robotille tieto kyseisen kappaleen kiinnittämisen vaatimista liikeradoista ja CNC-jyrsimelle tieto avattavasta työstöohjelmasta.

RFID-sirun integrointi voisi tulla paremmin kysymykseen silloin, jos tuolinjalan aihio rakennettaisiin myös automaattiosolun sisäisillä laitteilla. Tällöin sirun sisältämästä informaatiosta olisi enemmän merkittävää hyötyä eri aihionosien työkierron seurannassa ja tehostamisessa.

8 KÄYTTÖÖNOTTO

Jotta suunniteltuja kiinnittimiä päästään koekäyttämään ja tekemään suunnitelmiin mahdollisesti vaadittavia muutoksia, tulee kiinnittimet ensin valmistaa. Kiinnittimien valmistus suunniteltiin tehtäväksi jyrsimällä 20 mm aihioista 3D-suunnitteluohjelmalla luotujen mallien mukaisesti tuolinjalan muotoja seuraavat kappaleet, joista rakennetaan valmiit kiinnittimet. Automaation soveltuvien kiinnittimien käyttöönotto edellyttää muutoksia CNC-jyrsimen ohjelmaan, sillä aikaisemmin käytössä olleiden manuaalisten kiinnittimien nollapisteitä ei enää voida käyttää uusilla kiinnittimillä. Ohjelmointityö tehdään MasterCam-ohjelmalla, josta jyrsinnän uudet työstöratatiedot siirretään jyrsimelle.

Kokoonpantujen kiinnittimien käyttöönotto tapahtuu useammassa vaiheessa:

- kiinnitinsuunnitelman mekanismin testaus jyrsinpöydällä
- robottiliikeratojen ohjelmointi
- robottiliikeratojen ja kiinnittimien puristusliikkeen ajoitus
- robottiliikeratojen tarkistus
- työkappaleen kiinnityksen tarkistus kiinnittimessä
- ensimmäiset testiajot
- mahdolliset korjaukset
- lopullisten kiinnittimien käyttöönotto ja sarjatuotannon aloitus.

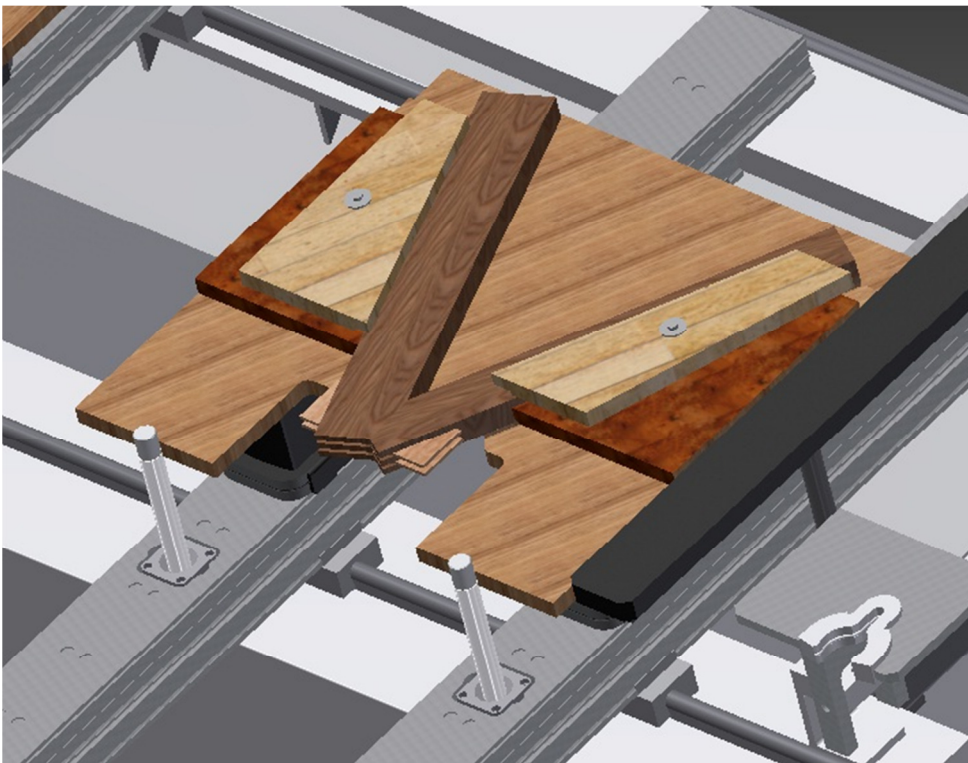
Kiinnittimien mekanismin testaus varmistaa paikoituksen soveltumisen jyrsinpöydällä käytettäväksi. Oleellisena osana mekanismin testausta on myös alipainepuristimien puristusvoiman testaus ja niiden toiminta synkronoidusti robotin liikkeiden kanssa. Synkronoitujen liikkeiden varmistamiseksi tulee tarkistaa robottiliikeratojen ja robotin tarttujan ajoitus alipainepuristimien puristusliikkeen kanssa.

Alipainepuristimien ajoituksen ollessa oikea tulee vielä tarkistaa puristusvoiman riittävyys koneistustyöhön. Ensimmäiset testiajot voidaan suorittaa vasta, kun kaikki edellä mainitut tarkistukset ja niiden edellyttämät toimenpiteet on suoritettu. Testiajojen perusteella saadaan lisätietoa kiinnittimien suunnitelman toimivuudesta ja mahdollisista tarvittavista lisämuutoksista kiinnittimien rakenteeseen. Lopullinen sarjatuotanto voidaan aloittaa vasta, kun testiajot saadaan ajettua läpi onnistuneesti ilman virheitä.

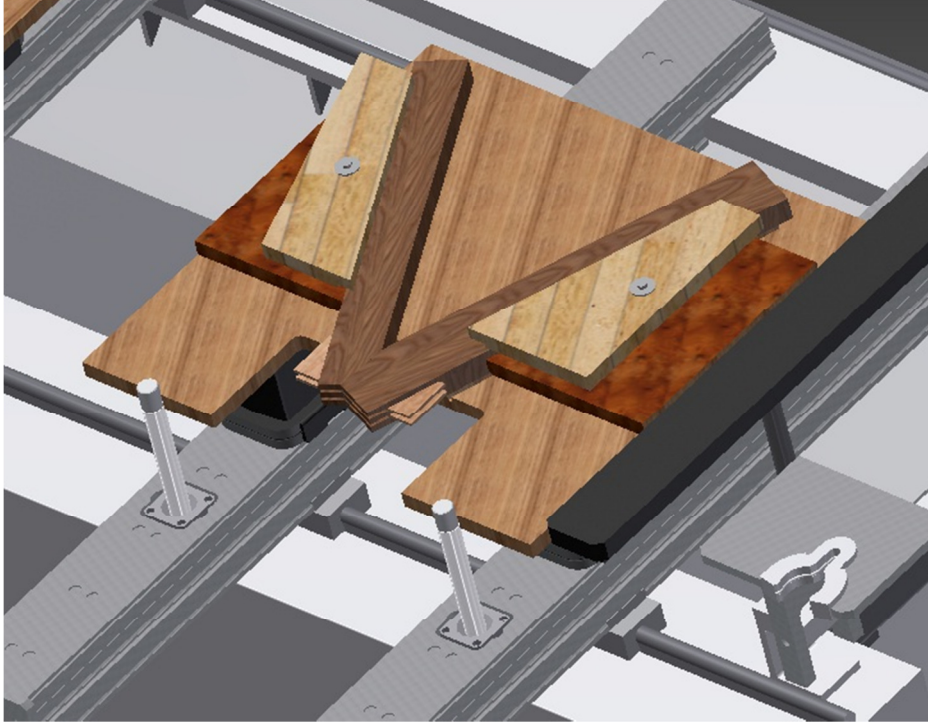
9 TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksena valmistuivat suunnitelmat ja 3D-mallit Sakky-tuolin jalan CNC-koneistukseen käytettävistä, automaattisen kappaleenkäsittelyn mahdollistavista kiinnittimistä. Kiinnittimien suunnitelman pohjalta voidaan valmistaa ja toteuttaa tuolinjalan kiinnitysratkaisut, joilla jalan valmistus voidaan jyrsinän osalta automatisoida. Työn tuloksena syntyivät myös 3D-mallit tuolinjalan aihioista ja tuolinjalan mallit eri jyrintävaiheiden jälkeen sekä suunnitelmat työkappaleiden lataus- ja purkuasemista.

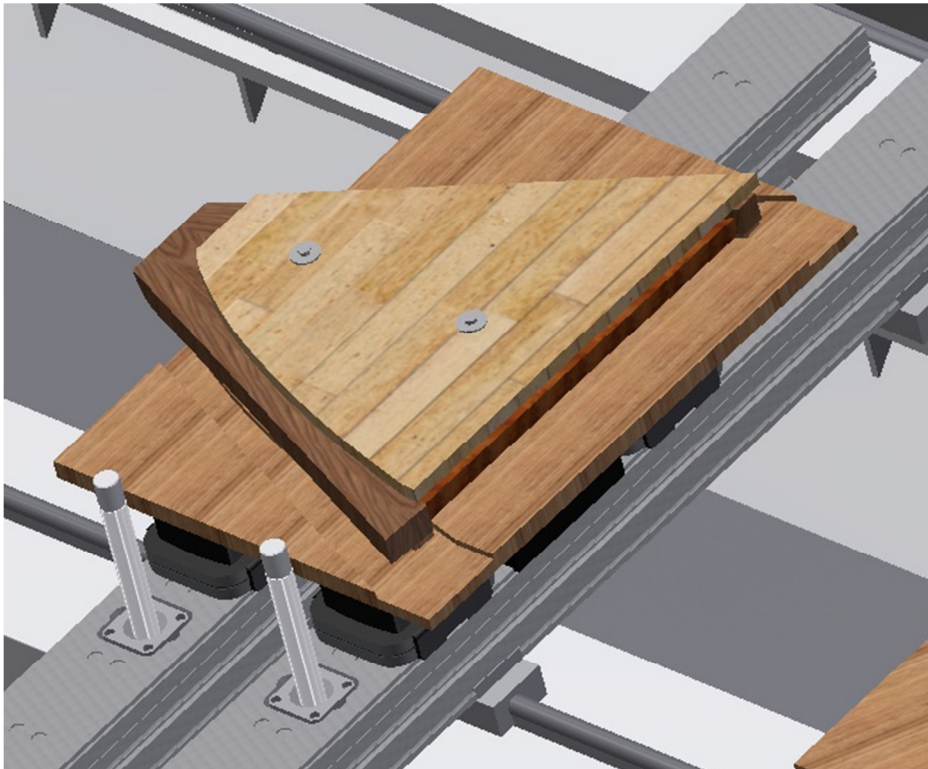
Kiinnittimiltä vaadittujen ominaisuuksien mukaisesti mallinnettiin kolme eri kiinnintä, joilla vaaditut työvaiheet saadaan suoritettua onnistuneesti. Kuvissa 23, 24 ja 25 näkyy kiinnittimien 3D-mallit sekä tuolinjalan aihio mallinnettuna CNC-jyrsimen imupöydän päälle Autodesk Inventor -ohjelmalla.



KUVA 193. Ensimmäisen jyrintävaiheen kiinnitin, vasen



KUVA 204. Ensimmäisen jrsintävaiheen kiinnitin, oikea



KUVA 215. Toisen jrsintävaiheen kiinnitin soveltuu molemmille jaloille

10 YHTEENVETO

Työn aiheena oli RFID-solun automaatioon soveltuvien jyrintäkiinnittimien suunnittelu Sakky-tuolin jalan jyrintään CNC-jyrsimellä. Työssä tuli myös suunnitella tuolinjalan lataus- ja purkuasemat. Työhön liittyi myös kiinnittimillä käytettävän kiinnitysmenetelmän valitseminen ja kiinnityksen suunnittelu. Savon ammatti- ja aikuisopiston puualan tiloissa oleva RFID-solu ja siihen oleellisesti liittyvä RFID-hanke saivat työn tuloksena Sakky-tuolin jalan epäsymmetristen muotojen jyrsimiseen vaadittavat, automaattisen kappaleenkäsittelyn mahdollistavat kiinnitinsuunnitelmat. Suunnitelmat ovat toteutettavissa testausasteelle ja myöhemmin valmistukseen.

Sakky-tuolin jalan vaatimusten mukaisten kiinnittimien suunnittelun alkuvaiheessa valittu kiinnitintyyppi nopeutti kiinnittimien 3D-mallinnuksen aloittamista. Myös kiinnittimien alipaineella toimiva kiinnitys CNC-jyrsimen kiinnityspalkkeihin valittiin suunnittelun alkuvaiheessa pääkiinnitysmenetelmäksi. Työn edetessä tuli ilmi, että useammastakin harkitusta kiinnitinvaihtoehdosta olisi voinut tietokoneella mallintaa hahmotelmat, joista olisi ollut tarkemmin hahmotettavissa eri kiinnitinsuunnitelmien vahvuudet ja heikkoudet. Suunnittelun alkuvaiheessa työtä hidasti 3D-mallinnukseen käytetyn Autodesk Inventor -ohjelman heikko tuntemus. Aiempi kokemus mallinnustyöstä ja eri ohjelmistotalojen tarjoamien mallinnusohjelmien yhtenevä toimintalogiikka auttoivat hahmottamaan Inventorin käyttöön tarvittavia toimintoja, joita vaadittiin työssä tehtävien suunnitelmien laatimiseen.

Suunnitelmaa seuraava valmistusvaihe tehdään kevään 2012 aikana ja ensimmäiset testaukset ajetaan solussa vielä ennen kesää. Ensimmäisten valmiiden kiinnittimien pohjalta saatetaan joutua tekemään pieniä muutoksia työssä suunniteltuihin kiinnitinmalleihin, mutta kiinnityksen pääperiaate ja kiinnitysmenetelmä kuitenkin pysyy samana.

Kiinnittimet suunniteltiin miehittämätöntä tuotantoa silmällä pitäen. Miehittämättömän tuotannon toiminta edellyttää virheetöntä ja moneen kertaan toistettavaa työkiertoa, josta on suunnittelu- ja testausvaiheessa eliminoitu mahdolliset ongelmia aiheuttavat tekijät. Tulevaisuudessa RFID-solussa testattuja tuotantomalleja voidaan soveltaa käytännössä tuotantoteollisuuden automaatio-sovelluksissa. Sakky-tuolin jalan kiinnittimet parantavat omalta osaltaan testausympäristön monipuolisuutta, josta

saatuja tietoja voidaan mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa tuotantoon sovellettavien kiinnitin- ja valmistusratkaisujen suunnittelussa. Jalkojen kiinnittämistä luodut tietokonemallit ja tuolinjalan ei työvaiheita kuvaavat mallit soveltuvat käytettäviksi myös solun simulointimallissa.

Uusien kiinnittimien käyttö mahdollistaa Sakky-tuolin jalkojen valmistuksen suuremmalla sarjakoolalla, mikä miehittämättömänä valmistuksena tehtäessä nopeuttaa jalkojen sarjatuotantoa ja samalla vapauttaa henkilökunnalta aikaa muihin tuottaviin työtehtäviin. Etätunnistesirun integrointi tuolinjalan valmistuksen työkiertoon on yksi tulevaisuudessa tutkittava työkappaleen tunnistamista helpottava toimenpide

LÄHTEET

Aunio, M., Kettunen, E., Kääriä, H., Niinimäki, M., Riski, P. 1989.

Työvälinesuunnittelu. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Fanuc Robotics. *Fanuc-robottien esite*. [verkkodokumentti]. [viitattu 30.3.2012].

Saatavissa: http://www.fanucrobotics.com/cmsmedia/datasheets/R-2000iB%20Series_29.pdf

Finkenzeller, K. 2003. *RFID Handbook - Fundamentals and Applications in contactless Smart Cards and Identification (2nd Edition)*. John Wiley & Sons.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K. 2002. *Logiikat ja ohjausjärjestelmät, Koneautomaatio 2*. Porvoo: WSOY.

Kuivanen, R. 1999. *Robotiikka*. Vantaa: WSOY

Kärkkäinen, H & Pesonen, M. *Tuotantosolu*. [verkkodokumentti]. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa:

<http://ylivieska.cop.fi/amp99/Opiskelumateriaali/Tuotannonohjaus/Teht%C3%A4v%C3%A4t/Tuotantomuodot/tuotantosolu.htm>

Pekonen, S. RFID-hankkeen tavoite. [verkkodokumentti]. Savon koulutuskuntayhtymä. [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa:

http://www.puuteknologiapalvelut.fi/RFID/hankkeen_tavoite.html

Rissanen, M. 2011. *Savon Koulutuskuntayhtymän esittely 2011*. Kuopio: Savon koulutuskuntayhtymä.

Sakky-tuolin työohje. Moniste. Kuopio: Savon koulutuskuntayhtymä.