

Aki Koskenkorva

ROBOTTISIMULOINNIN KÄYTTÖÖNOTTO

ROBOTTISIMULOINNIN KÄYTTÖÖNOTTO

Aki Koskenkorva
Opinnäytetyö
Syksy 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Aki Koskenkorva
Opinnäytetyön nimi: Robottisimuloinnin käyttöönotto
Työn ohjaaja: Eero Korhonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2015 Sivumäärä: 36 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä suoritettiin robottisimuloinnin käyttöönotto MELFA-Works-ohjelmalla. Tavoitteeksi asetettiin Oulun ammattikorkeakoulun Tuotantoautomaatio-opintojakson opetukseen sopivan robottisolun mallintaminen Solid-Works-3D-CAD-ohjelmalla, koska MELFA-Works toimii lisäosana sen kanssa. Lisäksi tavoitteena oli malliesimerkin tekeminen ohjeistuksineen.

Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla MELFA-Works-ohjelman toimintoihin. Ohjelman tultua tutuksi pystyttiin aloittamaan robottisolun suunnitteleminen robotin ympärille. Soluun mallinnettiin robotin jalusta, suoja-aita ja kääntöpöytä. Kääntöpöydän avulla voitiin testata robotin ulottuvuuksia monipuolisesti, kun työkappale pystyttiin kääntämään eri asentoihin. Käyttöohje laadittiin solun toiminnasta, työkalun kiinnittämisestä robottiin, simuloinnin suorittamisesta ja simuloimalla testatun tiedoston siirtämisestä Oulun ammattikorkeakoulun kone-tekniikan laboratorioissa sijaitsevalle Mitsubishi RV-1A -robotille. Käyttöohje tehtiin käyttäen Prezi-esitystyökalua, koska se on saatavilla Internet-selaimen kautta eikä erillistä ohjelmistoa sen käyttämiseen tarvita.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin robottisolu, jota voidaan käyttää pohjana Tuotantoautomaatio-opintojaksolla, sekä käyttöohje, joka helpottaa MELFA-Works- ja ohjelmointiympäristö RT Toolbox 2 -ohjelmien käytön aloittamista.

Asiasanat: robotti, simulointi, käyttöohje

ALKULAUSE

Opinnäytetyö tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan tutkinto-ohjelman osastolle. Ohjaajana toimi yliopettaja Eero Korhonen, ja haluankin kiittää häntä ohjauksesta ja neuvoista työn edetessä.

Oulussa 10.11.2015

Aki Koskenkorva

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 ROBOTIIKKA	8
2.1 Teollisuusrobotti	8
2.2 Teollisuusrobottityypit ja rakenteet	9
2.2.1 Suorakulmaiset robotit	10
2.2.2 Scara-robotit	11
2.2.3 Kiertyväniveliset robotit	11
2.2.4 Sylinterirobotit	11
2.3 Teollisuusrobotin koordinaatistot	11
2.4 Etäohjelmointi (off-line)	12
2.4.1 Suunnittelu	13
2.4.2 Layout-suunnittelu	13
2.4.3 Muototieto	14
2.4.4 Ohjelmien verifiointi eli simulointi	14
2.5 Robotiikan sovellusesimerkkejä	15
2.5.1 Hitsaus	15
2.5.2 Pintakäsittely	16
2.5.3 Kappaleiden siirrot	16
3 ROBOTTISOLU	17
4 MELFA-WORKS	18
4.1 Ohjelman käynnistys	18
4.2 Robot setting -painike	19
4.2.1 Työkalun kiinnittäminen robottiin	20
4.2.2 Robotin asettaminen jalustalle	22
4.3 Layout-painike	24
4.4 Robot operation -painike	25
4.5 Frame-painike	26
4.6 Work-flow-painike	27

4.6.1 Teaching point -toiminto	27
4.6.2 Path-toiminto	28
4.7 Virtual Controller -painike	30
5 RT TOOLBOX 2	32
6 MALLIESIMERKIN TEKEMINEN	33
7 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan osasto. Aiheena on robottisimuloinnin käyttöönotto MELFA-Works-ohjelmalla. MELFA-Works on 3D-robottien simulointiohjelma, ja se toimii lisäosana Solid-Works-3D-CAD-ohjelman kanssa. Näiden ohjelmien avulla voidaan mallintaa esimerkiksi kokonainen tuotantolinja ja testata robottia ja sen vuorovaikutusta ympäristöön.

Opinnäytetyö liittyy osana Oulun ammattikorkeakoulun Tuotantoautomaatio-opintojaksoon, ja tavoitteena on tehdä opintojakson robotiikkaosion opetukseen sopiva robottisolu ja malliesimerkki ohjeistuksineen. Simuloimalla testattua ohjelmaa päästään testaamaan todellisuudessa Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa Mitsubishi RV-1A -robotilla.

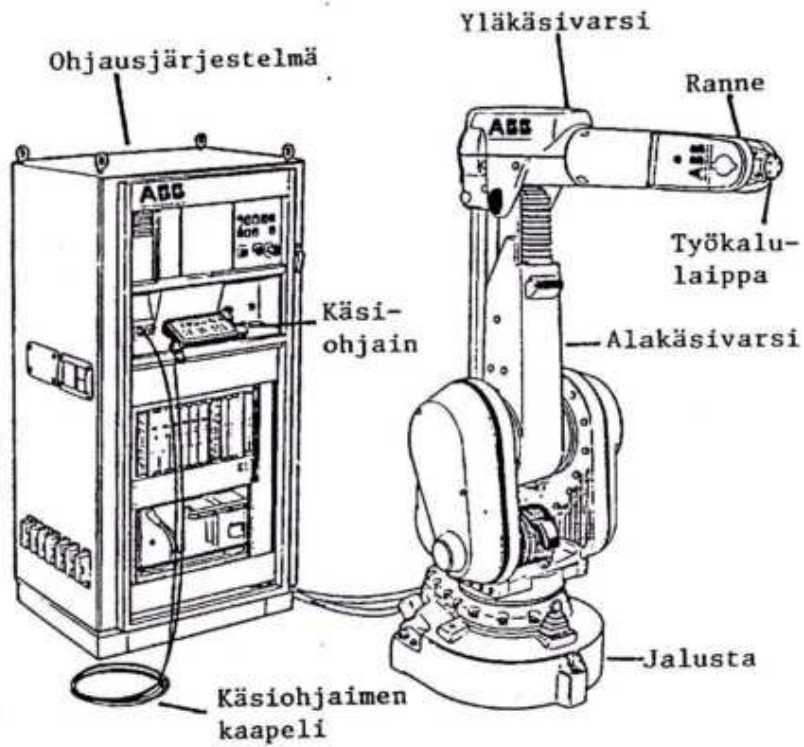
2 ROBOTIIKKA

2.1 Teollisuusrobotti

Kansainvälinen robottiyhdistys määrittelee robotin uudelleen ohjelmoitavissa olevaksi monipuoliseksi vähintään kolminiveliseksi mekaaniseksi laitteeksi, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennaista, mutta nykyaikaisissa aistinohjatuissa robottisovelluksissa se ei yksistään riitä, vaan robottien tulee muodostaa tuotteiden suunnittelutiedoista ja ympäristömallista liikeratansa, jota päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla. (1, s. 13.)

Yksinkertaistettuna teollisuusrobotiksi kutsutaan mekaanista konetta, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. Robotin liikerata voidaan määritellä etukäteen, valita toimintaympäristön tapahtumien perusteella tai luoda antureiden perusteella liikkeiden aikana. Robotti sijoitetaan jalustalle, ja jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia, joita nivelet liittävät toisiinsa. Niveleitä liikuttavat takaisinkytketyt ohjattavat servotoimilaitteet. (1, s. 13.)

Robottien koko vaihtelee pienistä mikrometrien liikkeisiin kykenevistä jopa parin tonnin painoisia kappaleita nostaviin hydraulisiin robotteihin. Kuvassa 1 on esitetty teollisuusrobotti ja sen tavallisimmat komponentit. (1, s. 13.)



KUVA 1. Teollisuusrobotti ja tavallisimmat komponentit (1, s. 13)

2.2 Teollisuusrobottityypit ja rakenteet

Teollisuusrobottien sanastoa ja yleisimmät robottimallit mekaanisen rakenteen mukaan on määritelty ISO 8373 -standardin mukaan (kuva 2) (1, s. 12).

Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatisto-robotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

KUVA 2. Robottityypit (1, s. 12)

2.2.1 Suorakulmaiset robotit

Suorakulmaisten robottien kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia. Portaalirobotti on tyypillisin suorakulmainen robotti. Sen rakenne on tuettu työalueen nurkista palkeilla. (1, s. 16.)

2.2.2 Scara-robotit

Scara-robotin (Selective Compliance Assembly Robot Arm) toimintaperiaate perustuu tiettyyn suuntaan joustavaan kokoonpanorobottikäsivarteeseen. Kolmella kiertyvällä nivelellä työkalu saadaan tasolla oikeaan kohtaan ja kiertymäkulmaan. Neljäs lineaarinen pystyliike on työtason normaalin suuntainen. Scara-robotti muistuttaa ihmisen käsivartta, mutta ranteeseen on asennettu pystyjohde. (1, s. 16.)

2.2.3 Kiertyväniveliset robotit

Kiertyvänivelisen robotin kaikki vapausasteet ovat kiertyviä. Nämä ovat tavallimmat teollisuusrobotit. (1, s. 16.)

2.2.4 Sylinterirobotit

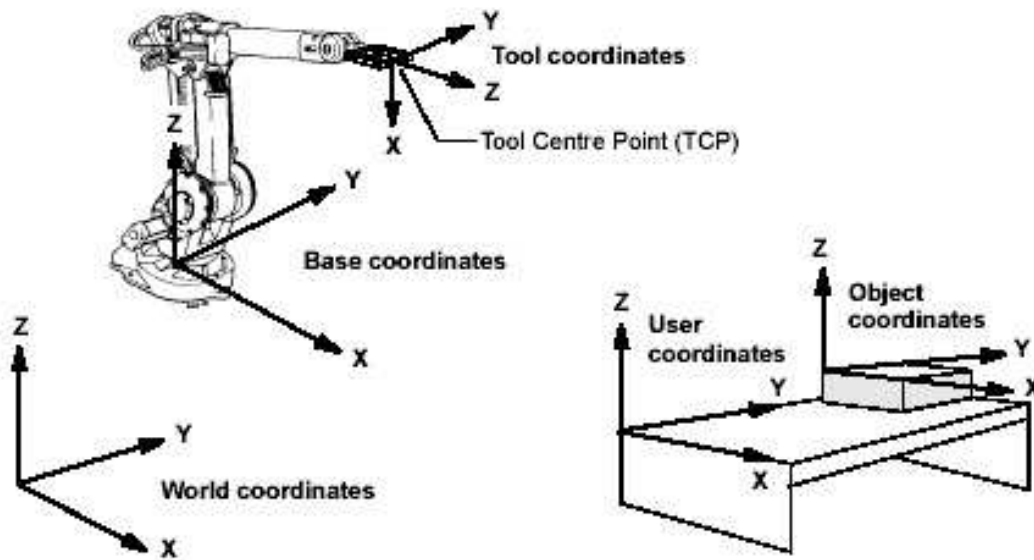
Sylinterirobotit on nimetty sylinterikoordinaatiston mukaan. Nykyiset teollisuusrobotit perustuvat paljolti mekaniikkaan, jossa tukivarret on kytketty peräkkäin. Tämän johdosta robottien kuormankantokyky on melko pieni, mutta ulottuvuus suuri. (1, s. 17.)

2.3 Teollisuusrobotin koordinaatistot

Teollisuusrobotin yleisesti tunnetut koordinaatistot ovat suorakulmaisia ortonormeerattuja oikeakätisiä koordinaatistoja. Teollisuusrobotin koordinaatistot (kuva 3) jaotellaan ISO 9787-1990 -standardien mukaan (1, s. 20, 21):

- maailmakoordinaatisto
- peruskoordinaatisto
- työkalukoordinaatisto.

Coordinate systems



KUVA 3. Robotin koordinaatistot (3)

Maailmakoordinaatisto on sidottu robotin työskentely-ympäristöön. Esimerkiksi kuljettimeen, rakennukseen tai robotin oheislaitteisiin on sidottu robotin ulkopuolinen koordinaatisto. (1, s. 20, 21.)

Robotin jalustaan sidottua koordinaatistoa kutsutaan peruskoordinaatistoksi. Tavallisen robotin Z-akseli yhtyy ensimmäisen vapausasteen akseliin, X-akseli osoittaa ensimmäisen nivelen työalueen keskikohtaan ja XY-taso yhtyy lattiaan. (1, s. 21.)

Työkalukoordinaatisto on suorakulmainen koordinaatisto, joka sidotaan työkalumäärityksellä kiinni haluttuun kohtaan robotin työkalua lähtien työkalulaippaan sidotusta koordinaatistosta. Tällä tavoin voidaan siirtää esimerkiksi hitsauksen valokaaren kohtaa suoraviivaisesti, esimerkiksi kymmenen millimetrin päässä suuttimesta hitsauslankaa pitkin. (1, s. 21.)

2.4 Etäohjelmointi (off-line)

Robottien mallipohjainen ohjelmointi (off-line) tarkoittaa robotin ohjelmointia ilman tuotantorobottia. Ohjelmoinnissa käytetään tuotannon ulkopuolista tietokonetta, joka käyttää 3D-graafista käyttöliittymää ja robotin ja sen oheislaitteiden

simulointimalleja sekä hyödyntää valmistettavan tuotteen suunnittelun 3D-muototietoa. (1, s. 81.)

Kehittyneimmät mallipohjaiset järjestelmät tukevat eri CAD-suunnittelujärjestelmiä ja useita robottimerkkejä. Ne pohjautuvat robottien ja oheislaitteiden simulointimalleihin sekä hyödyntävät tuotemallin muototietoa. CAD/CAM-ohjelmistot NC-koneille ovat vastaavia järjestelmiä ja mahdollistavat ohjelmien verifiointin (tarkastamisen) etukäteen. Mallipohjaista ohjelmointia voidaan käyttää seuraavissa tapauksissa (1, s. 81, 82):

- Tuotanto on asiakasohjautuvaa.
- Tuotantosarjat ovat pienet.
- Tuotteiden elinkaaret ovat lyhyet.
- Robotilta vaaditaan valmistusprosessissa suurta määrää paikoituspisteitä.
- Turvallisuusriskit estää robottien ohjelmoinnin tuotannossa.
- 3D-CAD-järjestelmiä käytetään tuotesuunnittelussa.

2.4.1 Suunnittelu

Simuloimalla voidaan testata mallipohjaisen ohjelmointijärjestelmän uuden tuotteen valmistettavuutta. Näin saadaan tietää, soveltuuko olemassa oleva käsitteily-, kiinnitys- tai muu oheislaitteisto sellaisenaan tuotteen valmistukseen vai tarvitaanko muutostöitä. (1, s. 82.)

Suunnittelua varten mallipohjaiset etäohjelmointiohjelmistot tarvitsevat 3D CAD-moduulin, kinemaattisten mekanismien suunnittelumoduulin, robotti- ja oheislaittekirjastot ja layout-moduulin robottien ja oheislaitteiden sijoitteluun. Ohjelmoinnin edellytys on rajapinnat muihin CAD-järjestelmiin. Mallipohjaisissa ohjelmointijärjestelmissä on liitynnät muihin CAD-ohjelmistoihin. (1, s. 82.)

2.4.2 Layout-suunnittelu

Tehtäessä robottisolun simulointimallia käytetään hyväksi etäohjelmointijärjestelmän mallinnus- ja simulointiominaisuuksia. Ohjelmistojen ominaisuudet ovat sekä tehokkaita suunnitteluohjelmistoja robottisolujen suunnitteluun että etäoh-

jelmointiohjelmistoja uusien robottiohjelmien generointiin ilman tuotantorobottia. (1, s. 83.)

Robotin ulottuvuus varmistetaan koko sen työalueella, kun solun layout suunnitellaan simuloimalla. Tämän lisäksi löydetään sellaiset soluvaihtoehdot, joissa robotti kykenee työskentelemään mahdollisimman esteettömästi eikä törmää ympäryslaitteiden kanssa. Simuloinnilla saavutetaan suuret säästöt, koska robottisolun käyttöönottoaika lyhenee, sekä varmistetaan, että robotti toimii mahdollisimman optimaalisessa asennossa suhteessa työkappaleeseen. (1, s. 83, 84.)

2.4.3 Muototieto

Ohjelmointijärjestelmään voidaan tehdä ohjelmointia nopeuttavia ja helpottavia toimintoja hyödyntäen muototietoa. Mallipohjainen ohjelmointijärjestelmä osaa yhdistää robotin työkalupisteen koordinaatiston tuotteen geometriaa rajoittaviin ja kuvaaviin muotoihin, joita ovat (1, s. 84)

- koordinaatti, kuten kulmapiste
- kaksiulotteiset tasot
- yksiulotteinen sivu
- mallia rajoittavat käyrät ja kaksoiskaarevat matemaattiset pinnat.

2.4.4 Ohjelmien verifiointi eli simulointi

Simulointimoduulin avulla uudet robottiohjelmat voidaan verifioida ennen niiden siirtämistä tuotantoon. Simuloimalla tarkastetaan ohjelman syntaksi, I/O-liikenne sekä oikeat ja turvalliset liikeradat. Simuloinnissa ajon edistymistä seurataan näytöltä. Törmäyksen sattuessa tai ylittäessään jonkin nivelen suurimman sallitun nopeuden robotti pysähtyy. Käyttäjä voi korjata virheen ja jatkaa simulointia, kunnes ohjelma toimii virheettömästi. (1, s. 86.)

Simulointi voidaan tehdä myös tausta-ajona, jolloin käyttäjän ei tarvitse seurata näytöltä ohjelma-ajon edistymistä. Mikäli ongelmakohtia, kuten törmäyksiä tai nivelrajojen ylityksiä ilmenee, kirjautuvat ne ajon aikana tiedostoon. Ongelmakohtiin voidaan palata simulointiajon jälkeen. Robotin simulointimalli ajetaan

ongelmakohtiin ja virheet korjataan. Ennen tuotantoon siirtämistä ohjelmat tarkastetaan simuloimalla. (1, s. 86.)

Simuloimalla testattu ohjelma käännetään robottikielelle, vastaavasti kuin NC-koneille tehdään. Kääntäjä-ohjelma (postprossessori, translaattori) suorittaa käännöksen. Se muuttaa etäohjelmoinnissa käytetyn yleiskielisen ohjelman robottikohtaiselle kielelle. Toiminto tapahtuu automaattisesti. Robottikieliset ohjelmat siirretään tuotantorobotille esimerkiksi paikallisverkossa. Tavallisesti ohjelmat varastoidaan robottisolun läheisyydessä olevaan PC:hen, josta ohjelmat siirretään robotin muistiin. (1, s. 86.)

2.5 Robottiikan sovellusesimerkkejä

2.5.1 Hitsaus

Hitsauksen robotisoinnit ovat yleisimpiä robottien käyttökohteita metalliteollisuudessa, esimerkiksi piste- ja kaasukaarihitsaus. Hitsauksen robotisoinnissa avainasemassa ovat oheislaitteet ja hitsausparametrien säätö anturitietojen avulla. Oheislaitteina voidaan käyttää erilaisia kääntö- ja pyörityspöytiä. Voimatoimiset kiinnittimet nopeuttavat hitsattavien osien asemointia ja niiden käyttämisellä korvataan työläs ja välttämätön asemointi- ja silloitushitsaus. Robotisoidussa hitsauksessa tarvitaan takaisinkytkentätietoa hitsausvirran, -jännitteen ja kuljetusnopeuden ohjaamiseksi. Parametrien säätöön käytetään sekä virtalähteen ohjausta että paikoitusantureita. (4, s. 56, 57.)

Kaarihitsauksessa robotilta vaaditaan monipuolisia liikeratoja ja hyvää tarkkuutta. Hitsauksen robotisoinnin toimittaa yleensä hitsaukseen erikoistunut yritys, joka hankkii robottien valmistajalta yleiskäyttöisen teollisuusrobotin ja sovittaa hitsauspolttimot ja virtalähteet laitteistoon. Kaarihitsaussovelluksissa robotti ei ole ongelma, vaan myös hitsaustekniikka ja -parametrit on optimoitava järjestelmän toimivuuden takaamiseksi. (4, s. 57.)

Robotisoitua pistehitsausta käytetään yleisesti auto- ja kulutustavarateollisuudessa. Hitsien paikoitus pistehitsauksessa ei ole yhtä vaativaa eikä vaadi yhtä suurta tarkkuutta kuin kaarihitsauksessa. Mutkikkaat kappaleet ja hitsauspoltti-

mien vaikea asemointi kotelomaisiin kappaleisiin edellyttävät kuitenkin monipuolisia liikeratoja. (4, s. 57.)

2.5.2 Pintakäsittely

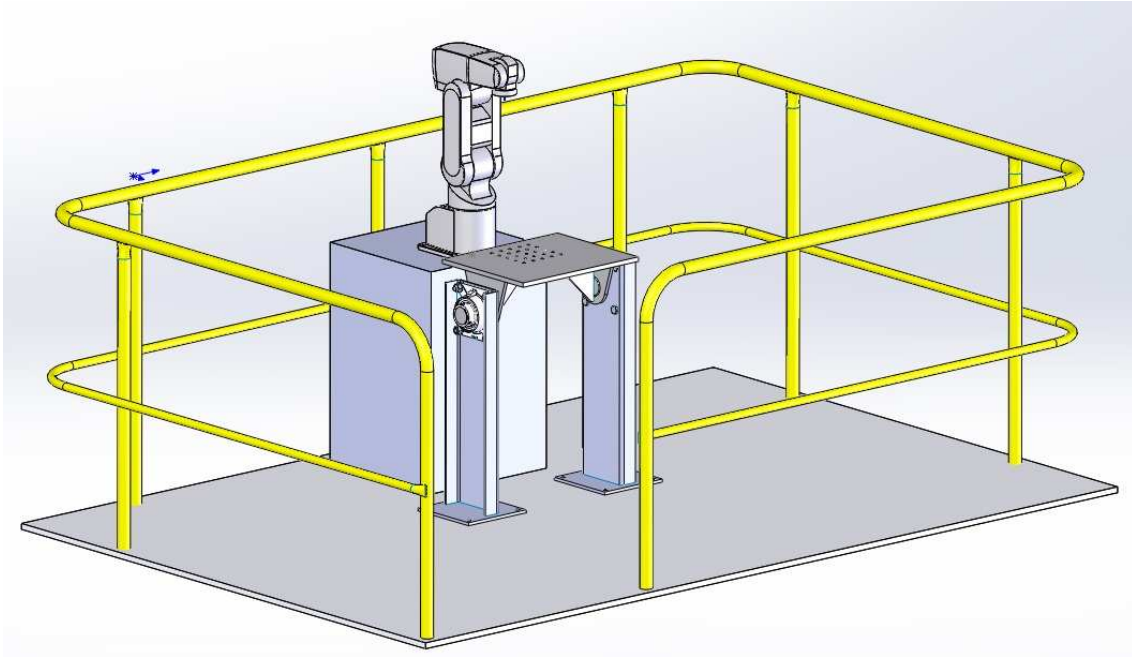
Ruiskumaalaus on tärkeä robotisointikohde kappaleiden pinnoituksessa. Ruiskumaalaus onnistuu hyvin myös kevytrakenteisilla ja yksinkertaisilla roboteilla. Tavallisesti robottien ohjelmointi tehdään opettamalla. Robotteja on kokeiltu myös raepuhalluksessa. Raepuhalluksen liikeradat ja suuttimen asemointi ja ohjaus on yksinkertaista, ja myös erilaiset manipulaattorit ovat varteenotettava vaihtoehto robottien ohella. (4, s. 57, 58.)

2.5.3 Kappaleiden siirrot

Kappaleiden siirrot on tuttuja kaikissa robotisoiduissa kappaleenkäsittelysovelluksissa. Siirtotehtävissä robotit korvaavat usein aikaisemmin kuljettimilla tai laatikkokuljetuksina tehtyjä tuotantolaitteiden tai -koneiden välisiä puolivalmisteen siirtoja. Robottisovellutuksissa täytyykin tuotantoprosessia ajatella kokonaisuutena, jolloin esimerkiksi kappaleiden järjestyksen säilymisellä läpi koko tuotantoprosessin on merkitystä robotteja käytettäessä. (4, s. 56.)

3 ROBOTTISOLU

Robottisolu (kuva 4) mallinnettiin SolidWorks-3D-CAD-ohjelmalla, koska se on yhteensopiva robottisimuloinnissa käytettävän MELFA-Works-ohjelman kanssa. Solusta mallinnettiin tyypillinen teollisuudessa käytettävä kokonaisuus, joka sisältää robotin, robotin jalustan, kääntöpöydän ja suoja-aidan.



KUVA 4. Robottisolu

Robottimallina käytetään Mitsubishin RV-1A-robotia, koska sama robottimalli löytyy Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratorio-tiloista, jossa solun toimintoja testataan osana Tuotantoautomaatio-opintojaksoa. MELFA-Works-ohjelmalla luotua liikerataa testataan ensin simuloimalla ja sen jälkeen oikealla robotilla.

Kääntöpöydät ovat hyvin yleisiä teollisuuden robottisolussa. Niiden avulla voidaan kääntää työkappaleita asentoihin, joihin robotti ei muuten yltäisi. Robottisolua suunniteltaessa on tärkeää jättää riittävät turvaetäisyydet koneisiin ja kiinteisiin rakenteisiin nähden. Suoja-aidalla solu saadaan turvalliseksi erottamalla se muusta ympäristöstä, jolloin tahaton pääsy vaara-alueelle saadaan estettyä.

4 MELFA-WORKS

MELFA-Works on 3D-robottien simulointiohjelma ja se toimii lisäosana SolidWorks-3D-CAD-ohjelman kanssa. Näiden ohjelmien avulla voidaan mallintaa esimerkiksi kokonainen tuotantolinja ja testata robottia ja sen vuorovaikutusta ympäristöön. MELFA-Works-ohjelman etu on, että sillä voidaan tarkistaa mahdolliset virheet ennen kuin liikerata siirretään oikealle robotille. MELFA-Works käyttää ohjelmointikielenä Mitsubishin MELFA Basic IV -robotikieltä. (2.)

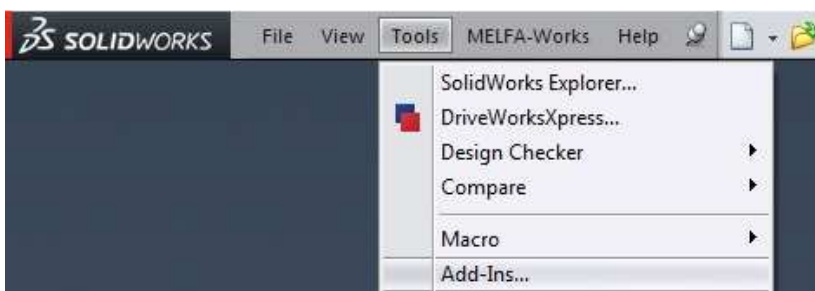
4.1 Ohjelman käynnistys

Aukaistaessa SolidWorks, päävalikosta löytyy MELFA-Works-painike, josta ohjelma aukeaa (kuva 5).

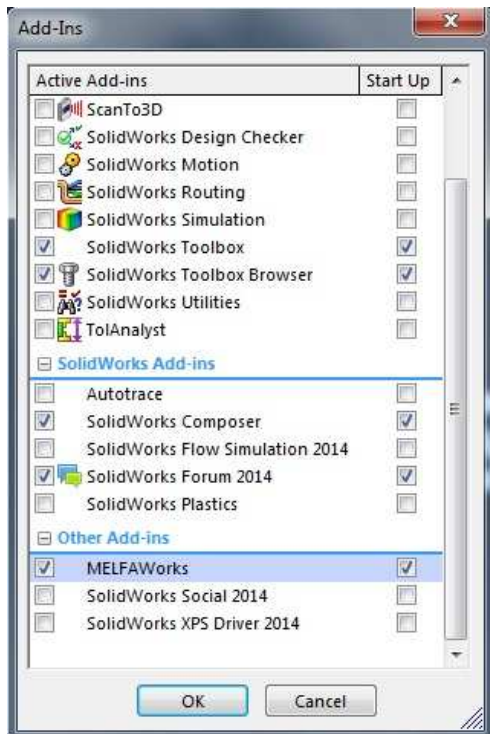


KUVA 5. Ohjelman käynnistys

Mikäli painiketta ei löydy, sen saa näkymään Tools-valikon Add-Ins-painikkeesta (kuva 6) rastittamalla molemmat puolet kohdasta MELFAWorks (kuva 7).

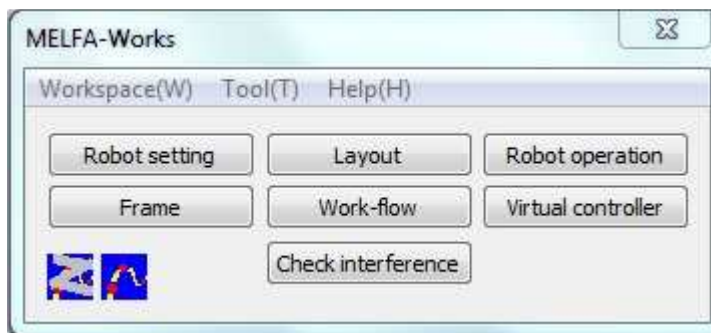


KUVA 6. Tools-valikko



KUVA 7. Add-Ins

MELFA-Worksin Start-painikkeesta aukeaa ohjelman toiminnot, joita ovat Robot setting, Layout, Robot operation, Frame, Work-flow, Virtual controller ja Check interference (kuva 8).

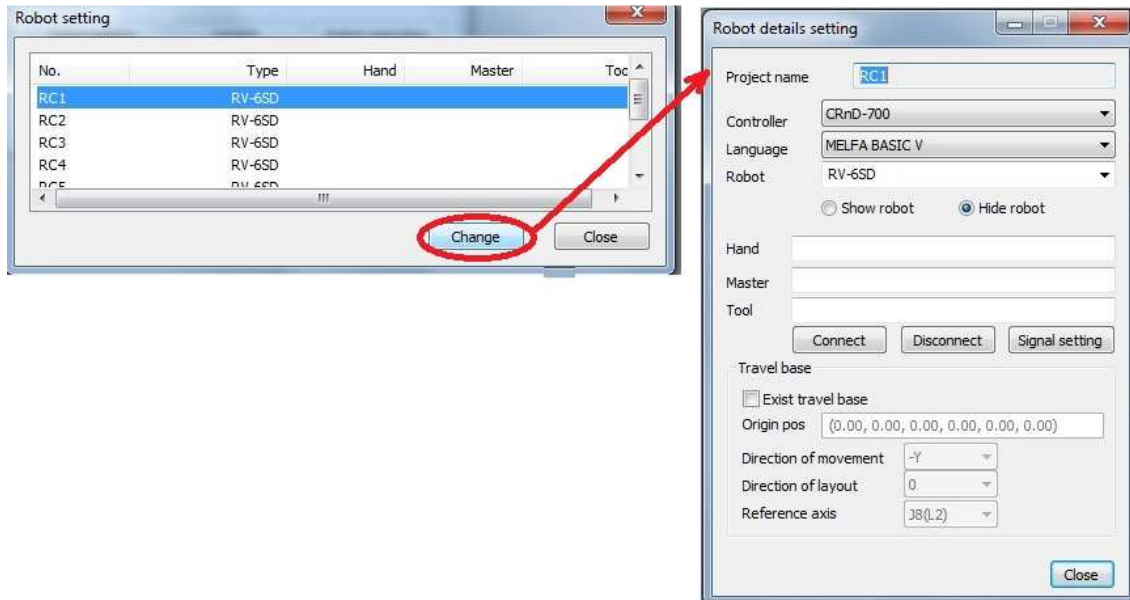


KUVA 8. MELFA-Works päävalikko

4.2 Robot setting -painike

Robot setting -painikkeesta valitaan projekti, esimerkiksi RC1, ja Change-painikkeesta päästään valitsemaan robotille yksityiskohtaiset asetukset. Controllerin tyypiksi voidaan MELFA-Workissa valita Mitsubishin CRn500-, CRnQ-700- ja CRnD-700-sarjan mallit. MELFA-Works käyttää MELFA Basic- IV ja

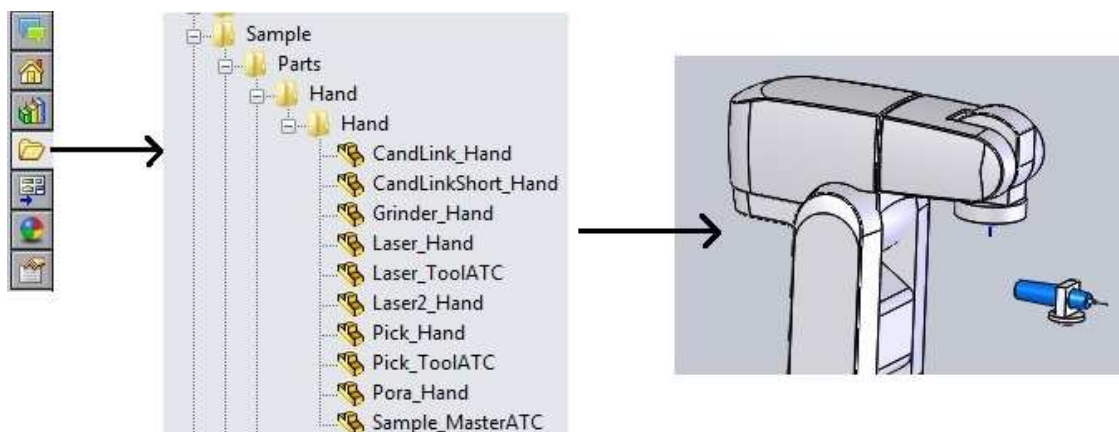
MELFA Basic V -ohjelmointikieltä. Robot-valikosta valitaan haluttu robottimalli, joka aukeaa SolidWorks assembly-työtilaan rastittamalla Show robot -kohta. (kuva 9).



KUVA 9. Robotin asetukset

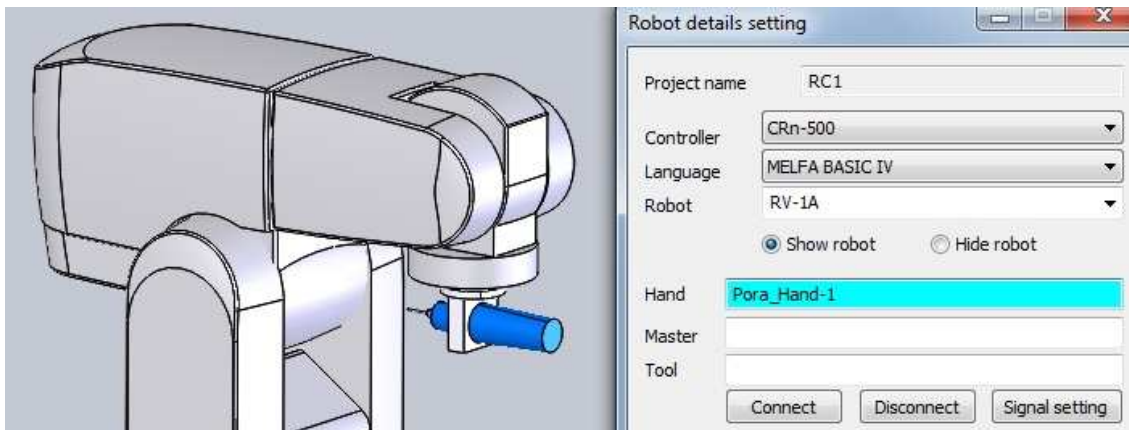
4.2.1 Työkalun kiinnittäminen robottiin

Valittu työkalu tuodaan työtilaan kuten normaalistikin SolidWorks-kokoonpanoa tehtäessä. Työkalut kannattaa sijoittaa samaan kansioon, jolloin ne on helppo löytää (kuva 10).



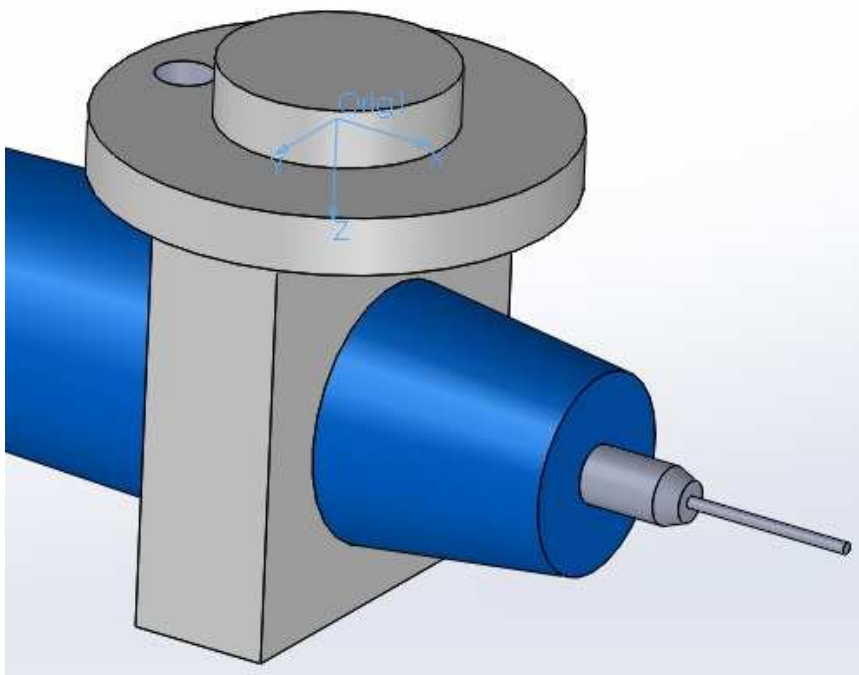
KUVA 10. Työkalun tuonti SolidWorks-ikkunaan

Kun napsautetaan Robot details setting -valikon Hand-saraketta, se muuttuu kuvan 11 mukaisesti siniseksi, minkä jälkeen voidaan napsauttaa robotin vie-reen tuotua työkalua, jolloin se kiinnittyy automaattisesti robotin työkalulaip-pan. Työkalu irrotetaan Disconnect-painikkeesta.



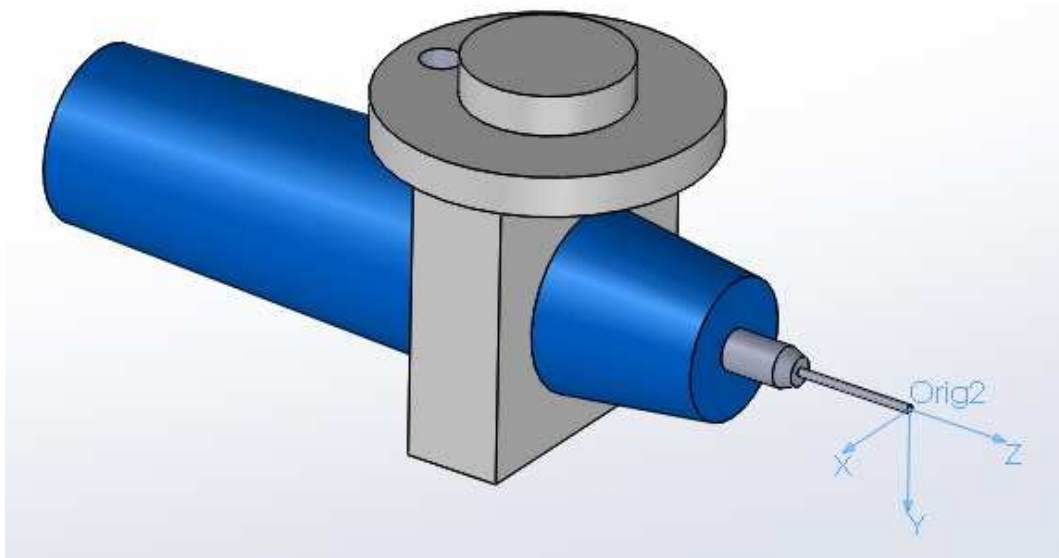
KUVA 11. Työkalun kiinnittäminen

Mallinnettaessa SolidWorksilla työkalua täytyy siihen lisätä tarvittavat koor- dinaatistot, jotta MELFA-Works tunnistaa työkalun. Yksi koordinaatisto (Orig1) asetetaan työkalun kiinnitysosaan, jolloin työkalu asettuu robotin työkalulaip- paan (kuva 12).



KUVA 12. Työkalun kiinnitysosan koordinaatisto

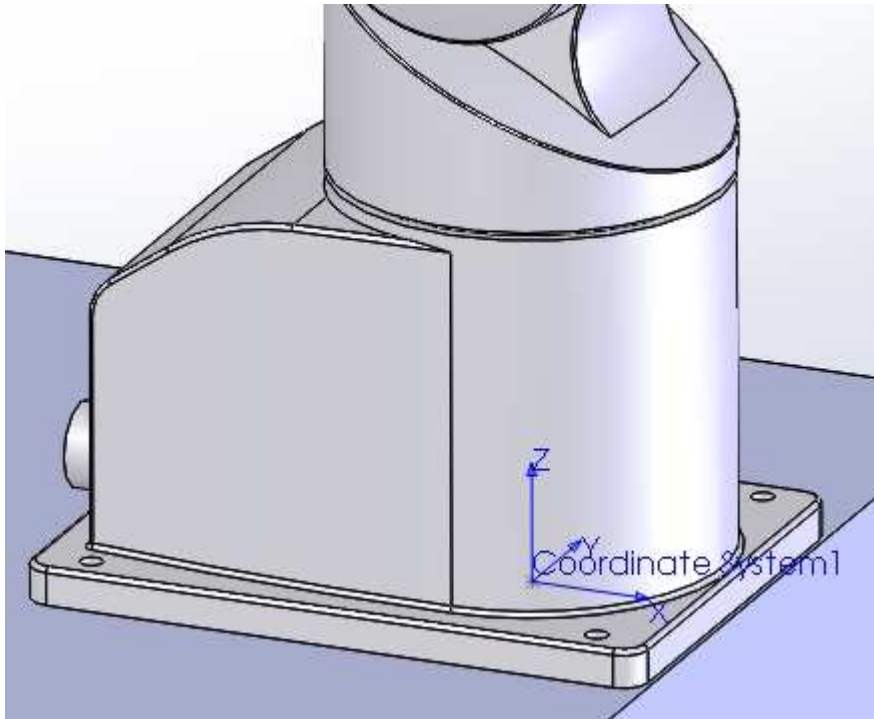
Toinen koordinaatisto (Orig2) sidotaan siihen kohtaan työkalua, jolla halutaan osoitettavan työstettäviä kappaleita (kuva 13). Kattavampi ohje työkalun mallintamisesta ja kiinnittämisestä robottiin tehtiin Prezi-esitystyökalulla.



KUVA 13. Työkalupisteen koordinaatisto

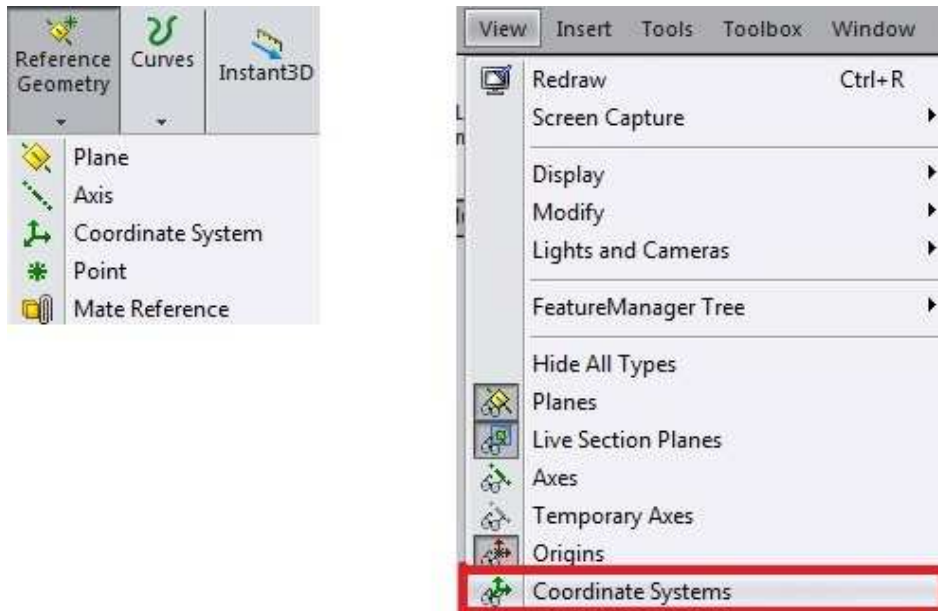
4.2.2 Robotin asettaminen jalustalle

Robotti voidaan sijoittaa origonsa mukaan CAD-koordinaattien perusteella tai SolidWorksin coordinate system -toiminnolla. Coordinate system toimii siten, että luodaan taso eli sketch, johon tehdään piste haluttuun kohtaan point-toiminnolla. Tämän jälkeen sijoitetaan coordinate system -koordinaatisto luotun pisteeseen, johon lopulta myös robotti saadaan asetettua (kuva 14).



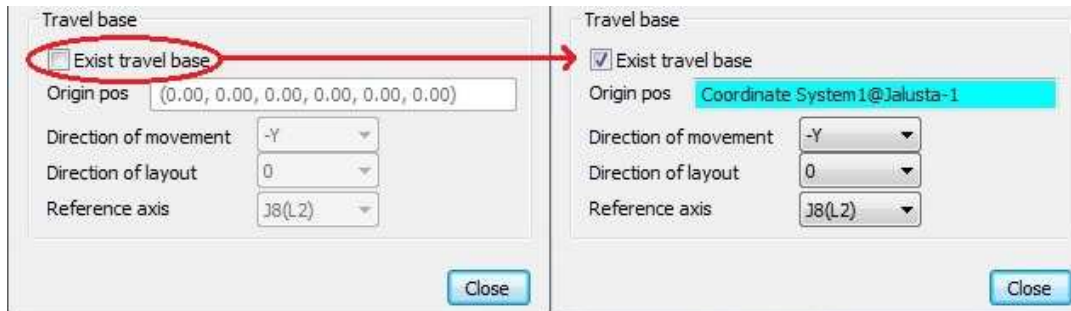
KUVA 14. Coordinate System

Coordinate system -toiminto löytyy Reference Geometry -valikosta, ja kun koodinaatisto on luotu, sen saa näkymään View-valikosta painamalla coordinate system aktiiviseksi (kuva 15).



KUVA 15. Reference geometry ja Coordinate System

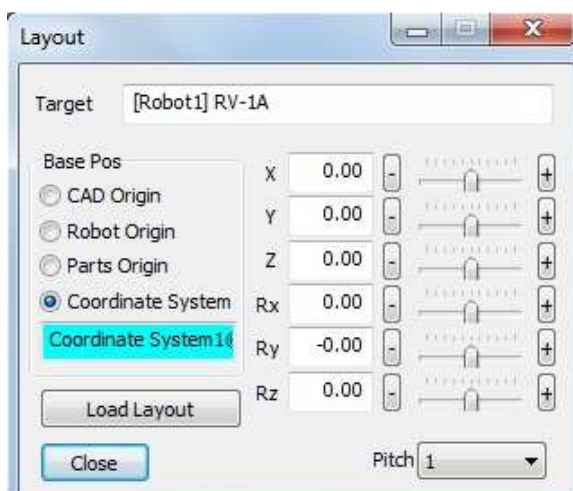
Robotti asetuu koordinaatistoon rastittamalla Exist travel base -ruudukon ja osoittamalla luotua koordinaatistoa. Valikossa voidaan määrittellä myös ulkoisten akselien, kuten robotin radan liikesuunta (Direction of movement) ja sitä ohjaava ulkoinen akseli (Reference axis). RT Toolbox 2 -ohjelmassa voidaan vielä määrittää uudestaan käytetäänkö ulkoisia akseleita todellisen robotin liikkeisiin (kuva 16).



KUVA 16. Travel base

4.3 Layout-painike

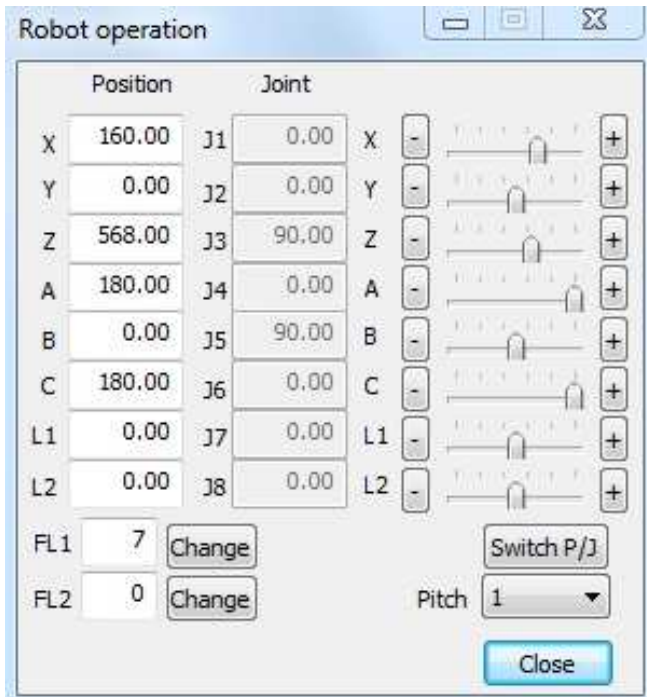
MelfaWorksissa Layout-valikkoa voidaan käyttää määrittelemään robotin ja oheislaitteiden, kuten esimerkiksi jalustan, sijainnit. Sijainti voidaan määrittää CAD-origion, robotin origion, muiden oheislaitteiden tai coordinate system -toiminnon suhteen. Mikäli robotin origo sijoitetaan coordinate system -toiminnolla luotuu koordinaatistoon, liikeratojen koordinaatit ilmoitetaan sen suhteen (kuva 17).



KUVA 17. Layout

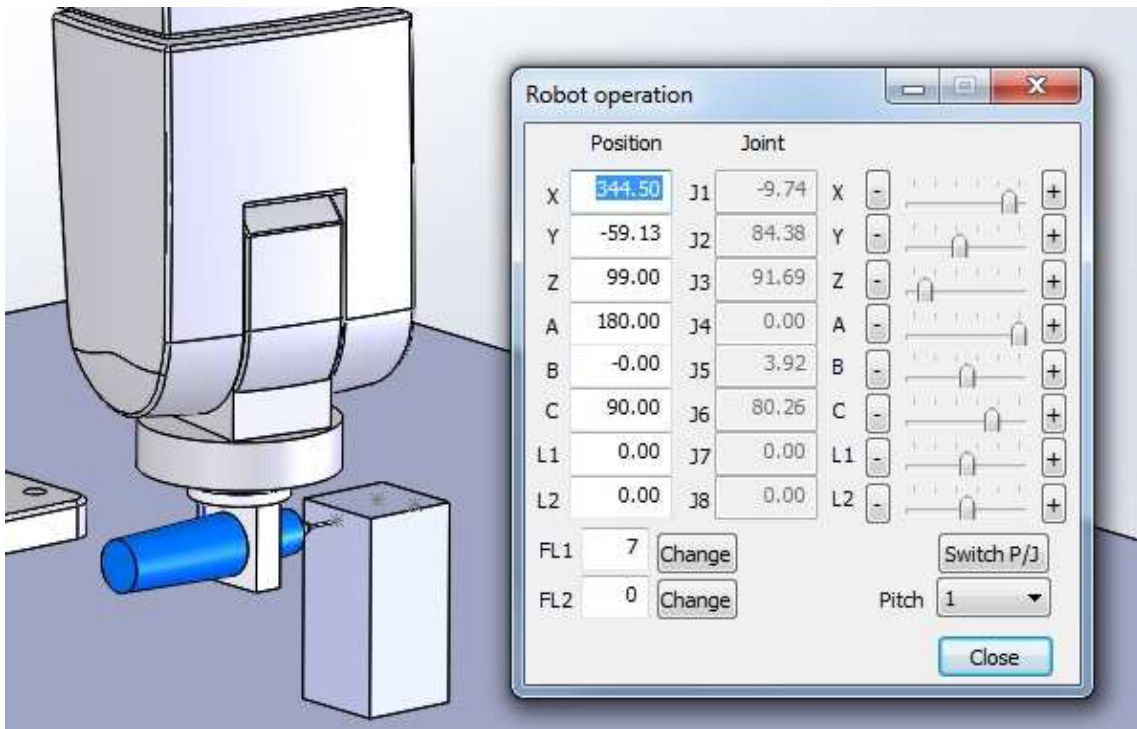
4.4 Robot operation -painike

Robot operation -valikossa voidaan testata robotin liikeratoja ja ulottuvuuksia. Robotin asentoja säädellään joko XYZ-koordinaateilla (position) tai robotin nivelien (joint) koordinaattien perusteella. Position/Joint-valikko vaihtuu Switch P/J -painikkeesta (kuva 18). Robotin nivelien liikkuvuusalue on rajallinen, joten jotkin asennot ovat mahdottomia suorittaa oikealla robotilla.



KUVA 18. Robot operation

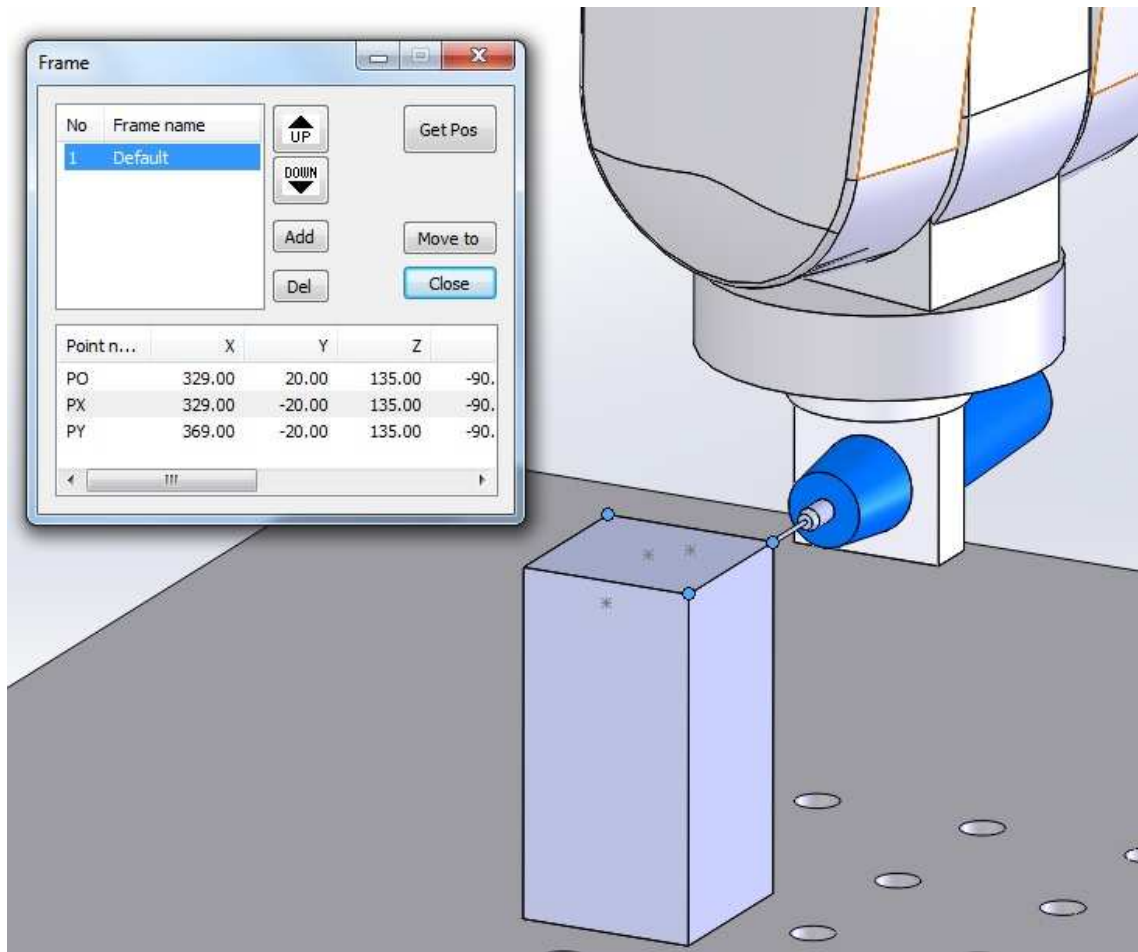
Kun työkalu on asennettu paikoilleen robotin työkalulaippaan, voidaan osoittaa työstettävän kappaleen pintaa, kulmaa tai reunaa, jolloin työkalun kärki siirtyy kyseiseen kohtaan, mikäli liikerata on robotin sallitulla toiminta-alueella. Robot operation -valikon on oltava auki liikuteltaessa robottia (kuva 19).



KUVA 19. Robotin liikuttaminen

4.5 Frame-painike

Frame on koordinaatisto CAD-ympäristössä ja sitä käytetään, kun sovitetaan yhteen CAD-ympäristön ja todellisen ympäristön sijainnit kalibroimalla. MELFA-Worksin Frame-valikossa valitaan kolme pistettä (P0, PX, PY). Pisteillä on oltava selvä yhteys työkappaleeseen ja ne kannattaakin sijoittaa työkappaleen kulmiin (kuva 20). Frame-data käännetään RT Toolbox 2 -ohjelman Calibration tool -työkalun avulla.



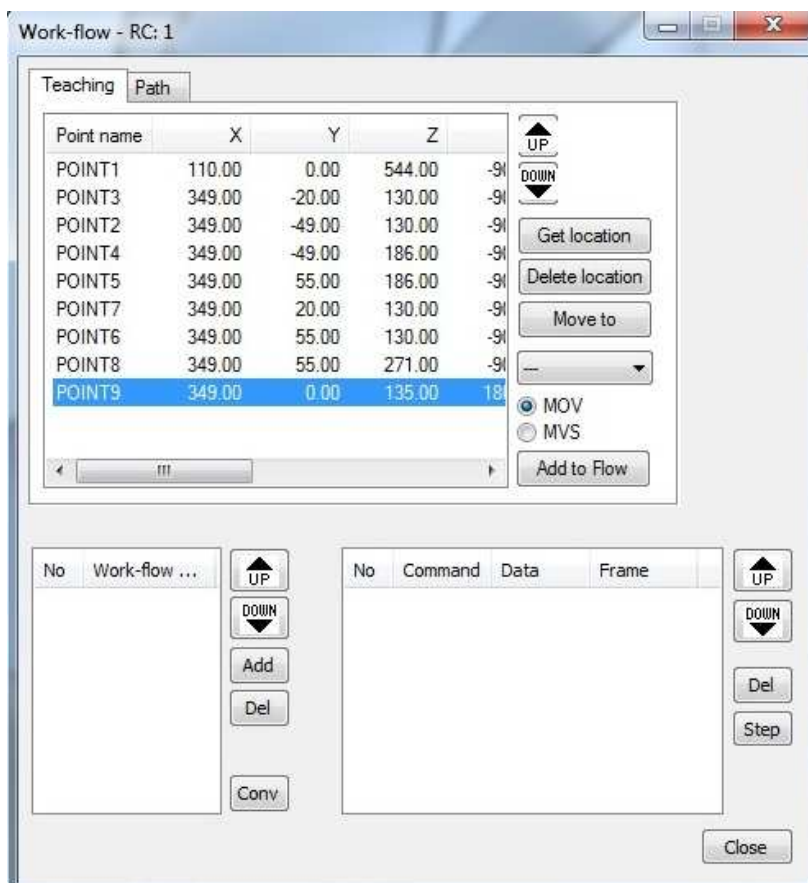
KUVA 20. Frame

4.6 Work-flow-painike

Work-flow-toiminto mahdollistaa halutun liikeradan luomisen robotille. Toiminnolla osoitetaan sijaintipisteet (teaching point) ja voidaan luoda reitti (path) työstettävän kappaleen geometrian muototietoja hyväksi käyttäen.

4.6.1 Teaching point -toiminto

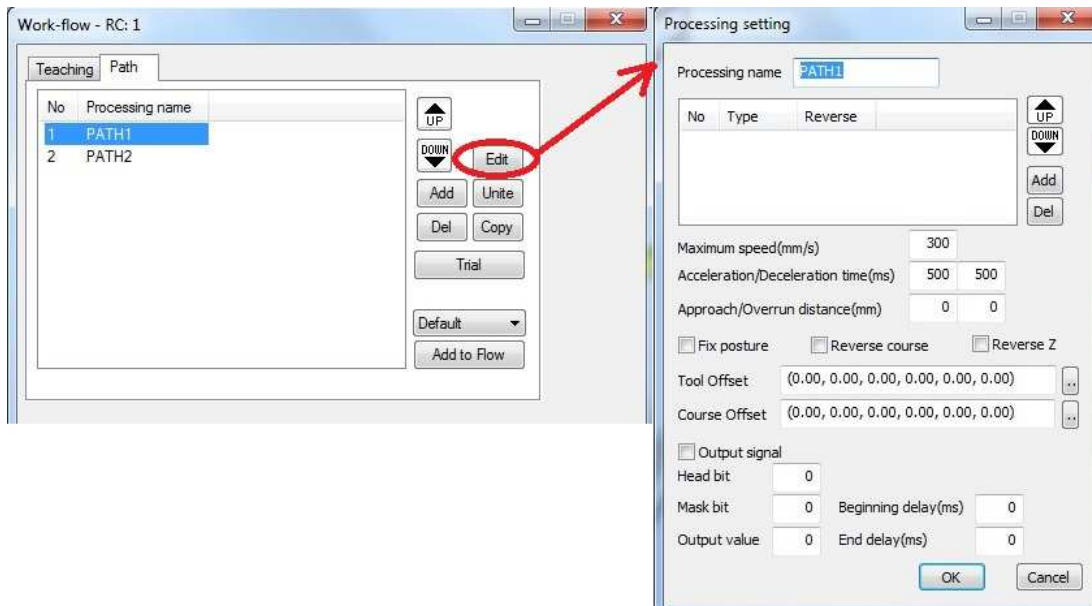
Teaching point -listaan valitaan sijaintipisteitä robotin liikeradan varrelta ja ne voidaan tallentaa muistiin Get location -painikkeesta (kuva 21).



KUVA 21. Teaching point

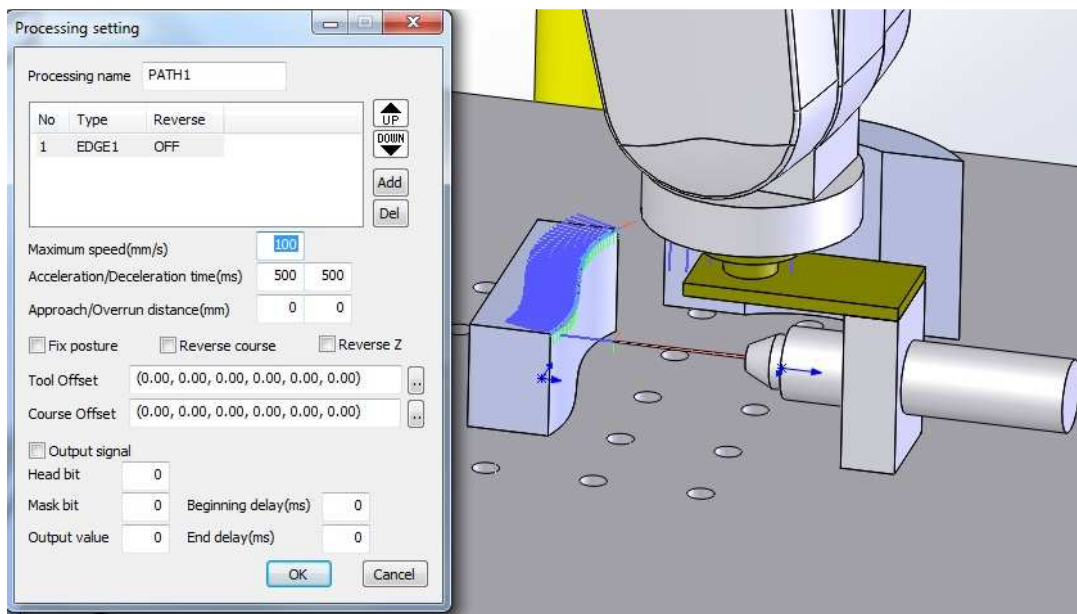
4.6.2 Path-toiminto

Path-toiminolla saadaan työkalu kulkemaan työstettävän kappaleen reunaa pitkin. Edit-painikkeesta päästään asettamaan yksityiskohtaiset asetukset (kuva 22).



KUVA 22. Processing setting

Processing setting -valikon ollessa auki valitaan kappaleen reunat, jotka halutaan lisätä listaan. Ensiksi napsautetaan kappaleen pintaa ja sen jälkeen reunaa, jolloin Add-painikkeesta valittu reuna ilmestyy listaan (kuva 23).



KUVA 23. Reunan työstäminen

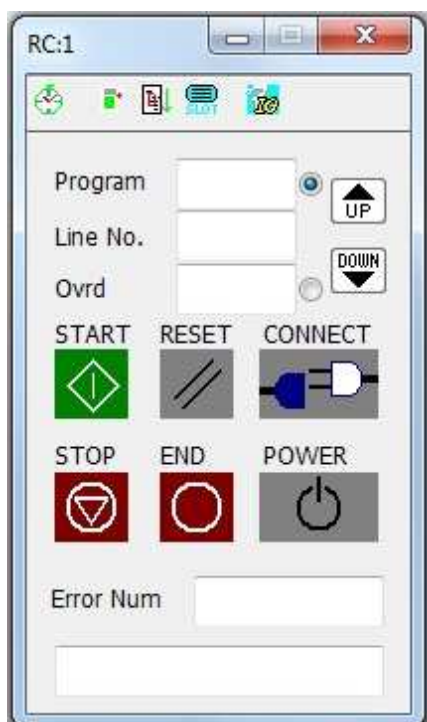
Kun työstettävät reunat on lisätty listaan, voidaan samassa valikossa määrittää tarkat asetukset jokaiselle valitulle reunalle. Taulukossa 1 on selitetty, mitä asetuksia voidaan säätää.

TAULUKKO 1. Processing setting

Maximum speed (mm/s)	Robotin maksiminopeus työstettäessä reunaa
Acceleration/deceleration time (mm/s)	Robotin kiihtyvyys/hidastuvuus työstettäessä reunaa
Approach/Overrun distance (mm)	Määritetään robotille sekä lähestymisetäisyys että lopetusetäisyys työstettävään kappaleeseen nähden
Fix posture	Määritetään säilytetäänkö työkalun asento vakiona tason suhteen
Reverse course	Kulkusuunnan kääntäminen
Reverse Z	Työkalun koordinaatiston Z-akselin kääntäminen työstettäessä kappaletta
Tool Offset & Course Offset	Työkalun kärjen ja työstettävän kappaleen etäisyyden määrittäminen

4.7 Virtual Controller -painike



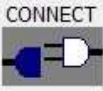








Virtual Controller -toiminnolla suoritetaan ohjelman simulointi (kuva 24). Simulointi vaatii yhteyden ohjelmointiympäristö RT Toolbox 2 -ohjelman kanssa, joka kääntää MELFA-Works-tiedoston MELFA Basic -robottikielelle.



KUVA 24. Virtual Controller -ikkuna

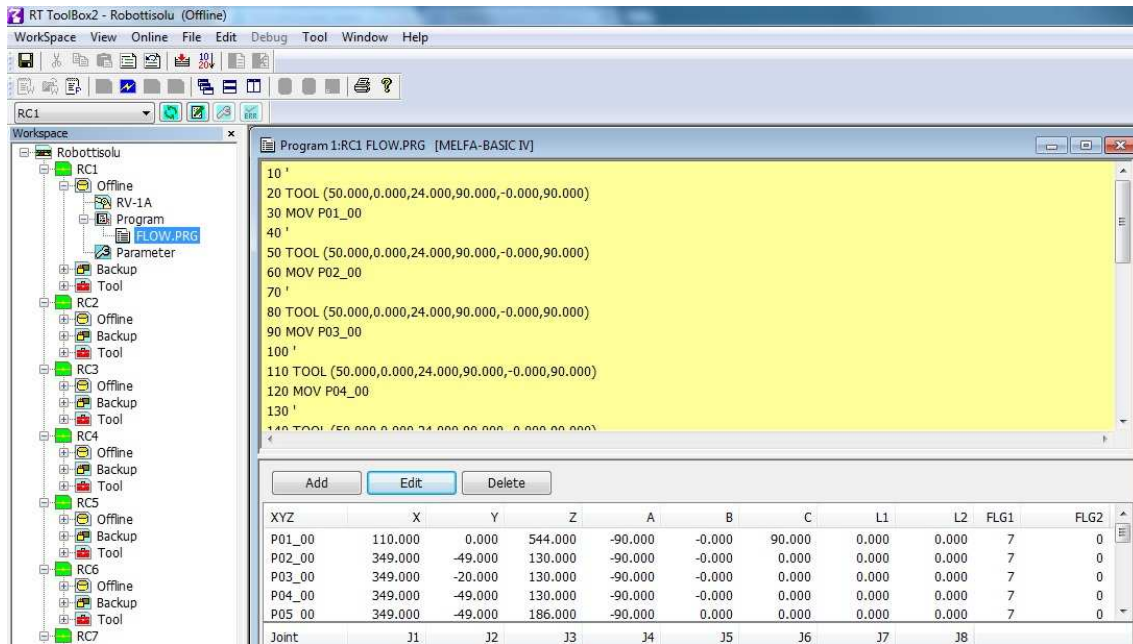
Taulukossa 2 on selitetty, mitä Virtual Controller -ikkunan painikkeista tapahtuu suoritettaessa simulointia. Yhteys Virtual Controllerin ja RT Toolbox 2 -ohjelman välillä syntyy, kun ensin napsautetaan Power-painiketta, ja tämän jälkeen Connect-painiketta.

TAULUKKO 2. Virtual Controller -painikkeet

Program		Simuloitavan ohjelman nimi
Line No.		Osoittaa, millä rivillä ohjelma on menossa simuloitaessa
Ovrd		Voidaan vaihtaa robotin simulointinopeutta
Start		Suorittaa valitun ohjelman simuloinnin
Reset		Palauttaa ohjelman alkutilaan, kun virhe ilmenee tai ohjelma pysäytetään
Connect		Yhdistää Virtual Controller -toiminnon RT Toolbox 2 -ohjelmaan
Stop		Pysäyttää ohjelman
End		Lopettaa ohjelman
Power		Virtual Controllerin käynnistys
Error Num		Ilmoittaa ohjelman mahdollisen virheen
Cycle time measurement		Ohjelman syklien mittaus
JOG panel		JOG panel -ikkuna robotin liikuttamiseen
Step Execute/Direct Execute		Ohjelman suorittaminen askelittain/suoraan
Task slot		Task slot -ikkunaa käytetään, kun asetetaan useampi ohjelma samaan aikaan
I/O simulator		Input/Output signal -simulointi

5 RT TOOLBOX 2

RT Toolbox 2 (kuva 25) toimii ohjelmointiympäristönä kaikille Mitsubishi Electric-roboteille. Ohjelmat tehdään käyttäen MELFA Basic- V tai MELFA Basic IV -robotikieltä ja ne siirretään oikealle robotille ethernet-, USB- tai sarjaliikenneyhteyttä käyttämällä. (2.)



KUVA 25. RT Toolbox 2

RT Toolbox 2 kääntää aiemmin MELFA-Works-ohjelmalla tehdyn tiedoston robotikielille. Täysin uuden ohjelman ohjelmointi voidaan suorittaa myös käskykerrallaan kirjoittamalla.

6 MALLIESIMERKIN TEKEMINEN

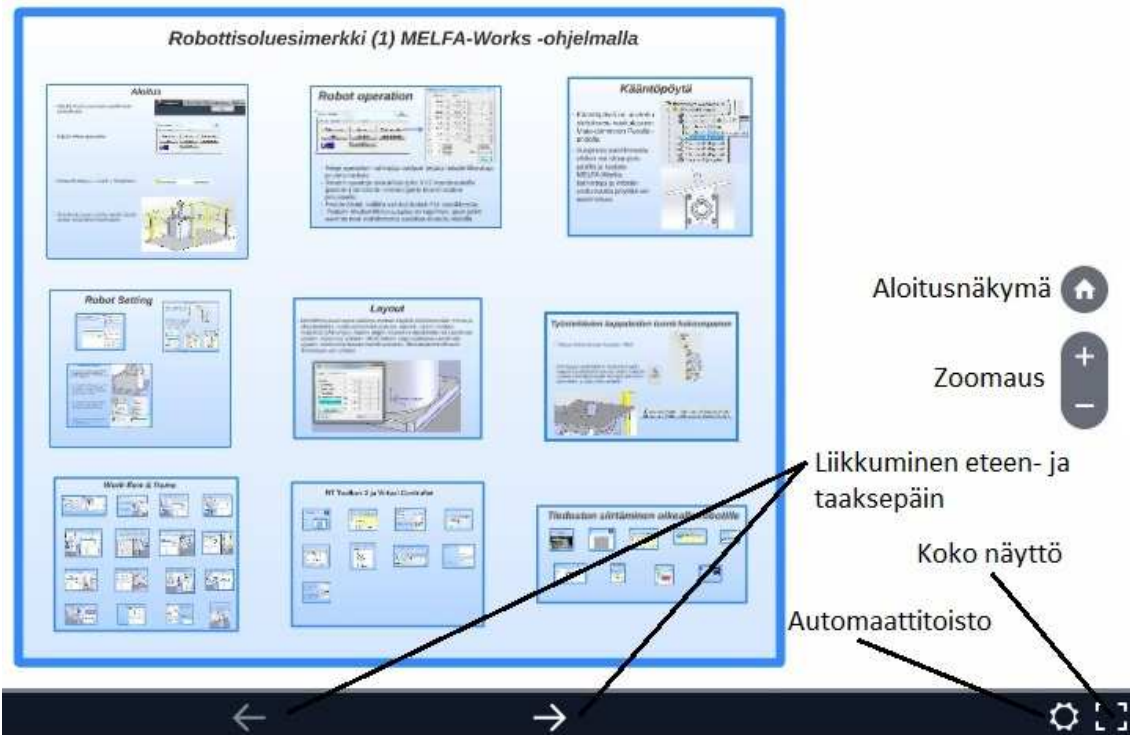
Robottisolun toiminnasta tehtiin malliesimerkki ja laadittiin käyttöohjeet, kuinka esimerkissä edetään vaihe vaiheelta MELFA-Works- ja RT TOOLBOX 2 -ohjelmia hyväksi käyttäen. Lopuksi laadittiin myös ohjeet, kuinka siirtää luotu tiedosto Oulun seudun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa sijaitsevalle oikealle Mitsubishi RV-1A -robotille (kuva 26), jossa ensin simuloimalla testattua ohjelmaa päästään testaamaan todellisuudessa. Näiden lisäksi luotiin käyttöohje, kuinka SolidWorksilla mallinnettu työkalu saadaan kiinnitettäväksi robottiin, sekä tunnistamaan työstettävä kappale.



KUVA 26. Mitsubishi RV-1A robotti

Käyttöohjeet tehtiin Prezi-esitystyökalulla (kuva 27), koska se koettiin kätevimmäksi tavaksi selata ohjetta. Prezi käynnistettiin vuonna 2009 ja sen perustajia ovat Peter Arvai, Peter Halacsy ja Adam Somlai-Fischer (7). Web-pohjainen Prezi on esitysten visualisointiin suunnattu työkalu, jonka avulla saadaan luotua erilaisia kokonaisuuksia, joiden yksityiskohtiin päästään zoomaamaan ja voidaan vetäytyä uudelleen etäämmäksi tarkastelemaan kokonaiskuvaa. (6). Zooming User Interface -käyttöliittymä mahdollistaa esitysten vapaan zoomaami-

sen. (5). Preziin on mahdollista ladata muun muassa valokuvia, videoita ja PDF-tiedostoja.



KUVA 27. Liikkuminen Prezi-esitysökalussa

Prezi toimii selaimen kautta, joten erillistä ohjelmistoa sen käyttämiseen ei tarvita. Esityksiin pääsee käsiksi miltä tahansa koneelta, jossa on selain flash-liitännäisellä ja Internet-yhteys. Esitykset on mahdollista tallentaa myös esimerkiksi muistitikulle, jolloin Internet-yhteyttä esityksen esittämiseen ei tarvita. Prezi-esityksiä varten täytyy luoda oma käyttäjätunnus osoitteessa <https://prezi.com/>. (6.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli ottaa käyttöön robottisimulointi MELFA-Works-ohjelmalla. Työn tavoitteena oli tehdä Oulun ammattikorkeakoulun Tuotantoautomaatio-opintojaksoson opetukseen soveltuva robottisolu ja malliesimerkki ohjeistuksineen. Robottisolu mallinnettiin SolidWorks-3D-CAD-ohjelmalla ja käyttöohje solun toiminnasta, työkalun kiinnittämisestä robottiin, simuloinnista ja simuloinnin siirtämisestä oikealle robotille tehtiin Prezi-esitystyökalun avulla.

Robottisolun mallintaminen sujui vaivattomasti, mutta MELFA-Works-toimintojen opettelu vei aluksi aikaa. Lisäksi useaan otteeseen sai huomata, että robotin nivelien liikealueet ovat rajalliset, jolloin liikerataa joutui muokkaamaan.

MELFA-Worksilla luotu tiedosto siirrettiin oikealle robotille RT Toolbox 2 -ohjelman avulla, joka toimii ohjelmointiympäristönä. Tiedoston siirto Mitsubishi RV-1A -robotille tuotti aluksi ongelmia, eikä ohjelma toiminut. Komentoriviä hieman muokkaamalla ongelma poistui ja robotin toimintaa päästiin testaamaan myös todellisuudessa simuloinnin lisäksi.

Lopputuloksena oli toimiva robottisolu ja simuloinnin suorittamista helpottava käyttöohje. Opinnäytetyön tekeminen oli mielekäästä, ja uskon, että käyttöohje auttaa myös jatkossa MELFA-Works-ohjelman käyttöä Tuotantoautomaatio-opintojaksolla.

LÄHTEET

1. Aalto, Heikki – Heilala, Juhani – Hirvelä, Tuomas – Kuivanen, Risto – Laitinen, Mika – Lehtinen, Hannu – Lempiäinen, Juhani – Lylynoja, Ari – Renfors, Juha – Selin, Keijo – Siintoharju, Tero – Temmes, Jaakko – Tuovila, Tommi – Veikkolainen, Mikko – Vihinen, Jorma – Virtanen, Ari 1999. Robottiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
2. Ohjelmointi. Provendör Oy. Saatavissa: <http://www.provender.fi/index.php?page=mitsurobotprogram>. Hakupäivä 15.4.2015.
3. Robot motion. Motion performance. Saatavissa: http://www.ipacv.ro/proiecte/robotstudio/textbooks/file/robot_motion.htm. Hakupäivä 15.4.2015.
4. Robottiikka. 2008. Saatavissa: http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robottiikka_yleinen.pdf. Hakupäivä 25.4.2015.
5. Prezi. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Prezi>. Hakupäivä 29.8.2015.
6. Prezi-visuaalinen työkalu esitysten tekemiseen. Opelix-osaava oppilaitos. Saatavissa: http://www.lukio.palkane.fi/prezi_opas.pdf. Hakupäivä 29.8.2015.
7. About Prezi. 2015. Prezi. Saatavissa: <https://prezi.com/about/>. Hakupäivä 29.8.2015.