



Robottisolun esisuunnitelma monitoimisorville

Sakari Koskimaa

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Konetekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka

KOSKIMAA, SAKARI :
Robottisolun esisuunnitelma monitoimisorville

Opinnäytetyö 25 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2021

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Aisikon Oy:n kanssa. Työn tarkoituksena oli tuottaa yritykselle kattava esisuunnitelma, jonka avulla yritys saa tilattua robottisolun käyttötarpeisiinsa. Yrityksen on tarkoitus tilata robottisolu tämän esisuunnitelman pohjalta, ja opinnäytetyön lopputuloksena syntyi yritykselle tarjouspyyntö solun tilaamiseksi. Opinnäytetyössä keskityttiin robottisolun osa-alueisiin, joihin yrityksessä tarvittiin eniten tietoa.

Opinnäytetyön tavoite saavutettiin toimittamalla Aisikonille valmis tarjouspyyntöpohja robottisolun tilausta varten. Tarjouspyyntöön on valittu ratkaisuiksi yritystä parhaiten palvelevat järjestelmät ja robottisolun osat.

Robottisolun hankinta on yritykselle merkittävä investointi, jonka kannattavuudesta pienissä yrityksissä ei ole kuitenkaan täydellistä varmuutta. Hyvällä esisuunnitelmalla ja sen hyödyntämisellä pystytään pienentämään investoinnin riskejä. Robottisolulla haetaan yritykselle lisäarvoa ja parempaa kilpailukykyä.

ABSTRACT

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

KOSKIMAA, SAKARI :
Robot cell pre-plan for lathe with rotating tools

Bachelor's thesis 25 pages, appendices 3 pages
May 2021

This Bachelor's thesis was commissioned by Aisikon Oy. Aisikon is a small Finnish subcontract machine tooling shop. The goal of this thesis was to make pre-plan for the company, which they would use to order their first robot cell. The thesis resulted in the company making a quotation request for the robot cell.

The goal of the thesis was achieved by providing the company with a template for making a request for ordering the robot cell. The systems and robot cell components that best serve company were selected as solutions for the offer request.

Acquiring a robot cell is a significant investment for a company, and there is no certainty about its profitability for small company. A good pre-plan and its utilization can reduce the risk of the investment. purpose of the robot cell is to bring added value and better competitiveness for the company.

Key words: industrial robot, robot cell, automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	NYKYTILANNE ASIAKASYRITYKSESSÄ.....	7
	2.1 Mori seiki NTX 2000 S	7
	2.2 Koneistettavat kappaleet.....	8
	2.3 Koneen käyttö	9
3	ROBOTIT TEOLLISUUDESSA.....	10
	3.1 Robottityypit	11
	3.1.1 Kiertyvänivelinen robotti	11
	3.1.2 Suorakulmainen robotti.....	12
	3.1.3 SCARA robotti	13
	3.1.4 Rinnakkaisrakenteiset robotit	13
	3.2 Robottisolu	14
4	ROBOTIN VALINTA.....	15
5	TURVAJÄRJESTELMÄT	17
	5.1 Häkki.....	17
	5.2 Turvamatto.....	18
	5.3 Valoverho.....	18
	5.4 Laserskanneri.....	19
6	KAPPALEIDEN TUONTI SOLUUN.....	20
	6.1 Jigilava	20
	6.2 Liukuhihna.....	20
	6.3 Konenäkö.....	21
7	KAPPALEIDEN POIMINTA.....	22
8	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	27
	Liite 1. ABB IRB 4600 Datasheet.....	27
	Liite 2. Tarjouspyyntö.....	29

ERITYISSANASTO

CNC	Computerized numerical control, Tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
CAD	Computer Aided Design, Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	Computer Aided Design, Tietokoneavusteinen valmistus.
SCARA	Selective Compliance Articulated Robotic Arm, valikoituvasti taipuisa nivelvarsirobotti.
Jigi	Aputeline tai -kehikko

1 JOHDANTO

Asiakasyritys Aisikon Oy on ähtäriläinen alihankinta koneistamo, jossa työskentelee noin 15 työntekijää. Pk yrityksenä kilpailu on alalla kova ja asiakasyritys pitää huolta kilpailukyvystään parhaansa mukaan. Robotiikka ja automatiikka on melko harvinaista vielä tämän kokoluokan yrityksissä, mutta se tarjoaa yritykselle paremmat mahdollisuudet selvitä kilpailussa.

Yrityksellä on kymmenen CNC-sorvia ja kolme CNC-työstökeskusta. Sorveista kahdeksan on varustettu pyörivillä työkaluilla, joten työstökeskusten määrä voi olla täten pienempi. Konekanta yrityksessä on moderni ja monipuolinen, joten luonnollinen siirtymä tästä on robottisolun perustaminen. Koneiden, työkalujen ja työmenetelmien ollessa nykyaikaisia on robottisolun perustaminen helpompaa. Asiakasyrityksessä ei ole aiempaa kokemusta robottisoluista, joten opinnäytetyön tarkoitus on tuoda yritykselle mahdollisimman kattava tietopaketti huomioon otettavista asioista robottisolun hankintaan liittyen. Tuloksena työstä syntyy tarjouspyyntö yrityksen käytettäväksi.

2 NYKYTILANNE ASIAKASYRITYKSESSÄ

Asiakasyrityksessä on tällä hetkellä käytössä Mori seiki NTX 2000 S monitoimisorvi vuodelta 2013. Kone on 5-akselinen ja se on varustettu pyörivillä työkaluilla. Koneetta käytetään piensarjatuotannossa sarjojen kokojen ollessa 10–500 kappaletta per sarja.

2.1 Mori seiki NTX 2000 S

Yrityksen kone jolle robottisolu aiotaan perustaa, on vuosimallin 2013 Mori Seiki NTX 2000 S monitoimisorvi (kuva 1). Käytettävissä oleva sorvi on 5-akselinen, joka on varustettu pyörivillä työkaluilla. Koneessa on 76 paikkainen työkalumakasiini. Kone on varustettu kahdella vastakkaisella karalla, joissa on toisiaan vastaavat kolmileukapakat. Vasemman päädyn kara on koneen kiinteä pääkara ja oikeanpuoleinen on vastakara, jolla voidaan käydä poimimassa kappale pääkaralta. Pääkaran pakka on Samchullyn valmistama ja vastakaralla oleva pakka on Kitagawan valmistama. Pakat ovat 210 millimetrisiä ja niiden leuat käyvät keskenään ristiin.



KUVA 1. Mori Seiki NTX 2000 S Työstökone

2.2 Koneistettavat kappaleet

Yrityksen sorvilla ajettavat kappaleet vaihtelevat 20 millimetristä 120 millimetrin halkaisijaan. Tehokkainta koneella on ajaa kuitenkin alle 80 millimetrin halkaisijoilla olevia kappaleita. Suurempien kappaleiden sorvaus tehokkuutta rajoittavia tekijöitä on pakkojen koko, karojen sähkömoottoreiden teho, työkalujen koko ja koneen tukevuus. Koneen rungon rakenne mahdollistaa jopa 610 mm halkaisijalla olevan kappaleen sorvauksen, joka koneelle luvataan sen esitteessä. Pakkojen kokoa kasvattamalla kone tukevoituisi ja suurempien kappaleiden ajamisesta tulisi tehokkaampaa. Koneelle luvataan kappaleen sorvauspituudeksi 1540 millimetriä.

Sorvilla työstetään monipuolisesti eri materiaaleja kuten haponkestäviä teräksiä, ruostumattomia teräksiä, alumiineja, messinkejä, muoveja ja teräksiä. Koneen viiden akselin ja vastakkaisten karojen ansiosta sorvilla voidaan toteuttaa monimutkaisiakin kappaleita yhdellä koneistuksella. Koneella ajettavat kappaleet ovatkin yleensä monimutkaisempia kokonaisuuksia, jotka vaativat niin sorvausta kuin jysyntääkin, kuten kuvassa 2 olevat kyseisellä koneella tuotetut kappaleet osoittavat. Sorvilla pyritäänkin aina tuottamaan valmista kappaletta siten että muita työvaiheita, kuten jysyntää ja viimeistelyä, ei enää tarvittaisi. Työstettävät aihiot painavat useimmiten alle 8 kilogrammaa. Aihiot ovat suurimmaksi osaksi lieriön tai 6-kulmion muotoisia. 6-kulmion muotoiset aihiot ovat koneella kuitenkin harvinaisempia, koska koneen pyörivien työkalujen ansiosta sillä on helppo tuottaa 6-kulmioita ja avainvälejä työstettäviin kappaleisiin.



KUVA 2. Mori Seiki NTX 2000 S:llä Koneistettuja kappaleita 150 mm työntömitan vieressä (Aisikon 2020)

2.3 Koneen käyttö

Konetta käytetään kahdessa työvuorossa, mutta robotisoinnin toteuduttua konetta olisi tarkoitus ajaa myös miehittämättömänä kolmannessa vuorossa.

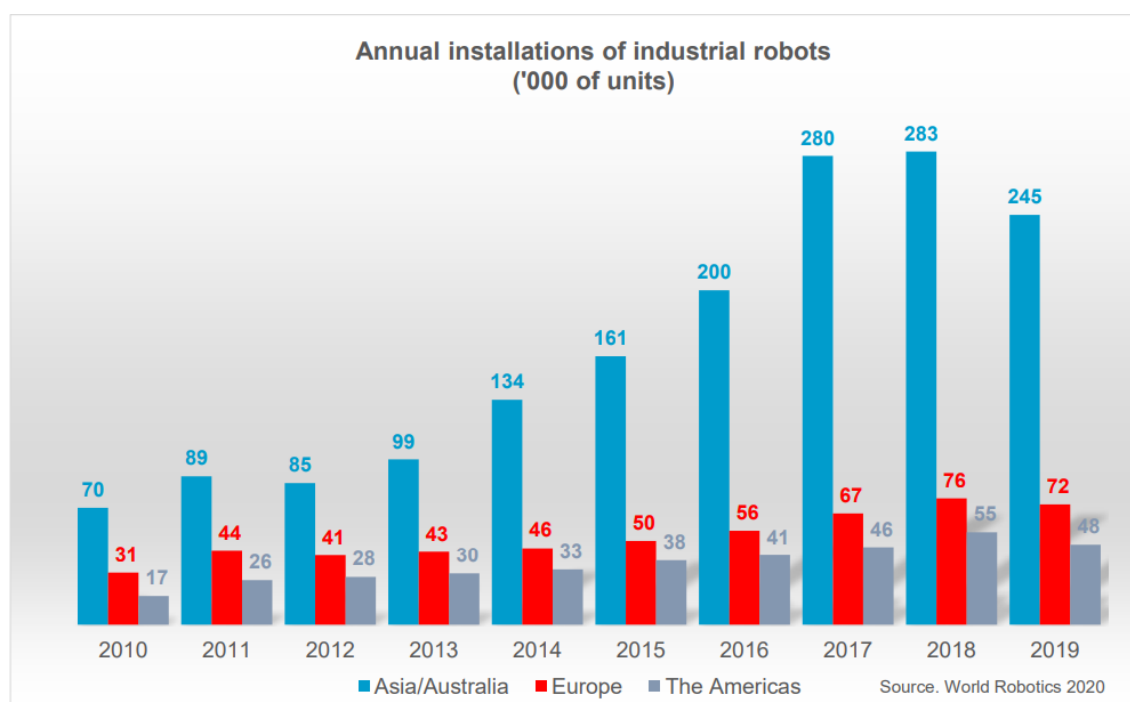
Pohjalla sorvissa on Windows käyttöjärjestelmäinen tietokone, jonka päällä on Mori Seikin kehittämä MAPPS 4 operaattori.

MAPPS 4 on avustava käyttöjärjestelmä koneistukselle, joka sisältää Esprit CAM sovelluksen koneistuksen simuloimiseksi ja koodin luomiseksi. Sorvin omaa Esprit CAM:ia ei kuitenkaan käytetä ohjelmien tuottamiseen, sillä sovelluksen käyttö työstökoneella on hidasta verrattuna perinteiseen tietokonetyöskentelyyn. Koneistuksen simulointi on raskas prosessi tietokoneelle ja vaati paljon laskentatehoa, joten sorvin prosessointikyky ja laskentanopeus rajoittavat ohjelmien simulointia ja luomista suoraan sorvin CAM-ohjelmalla. Sorvin omaa CAM-ohjelman käyttöä haittaa myös koneen näppäimistön ja hiiren asettelu sekä työergonomia. Sorvin oman CAM-ohjelman käyttö on myöskin erittäin hidasta ja pätkivää, jos uutta ohjelmaa ja simulointia tuottaa samalla kun kone työstää kappaletta. Tällöin koneen rajallinen laskentateho joudutaan jakamaan työstön ja CAM-ohjelman välille. Näistä kahdesta työstö on tärkeämpi prioriteetti, joten sille varataan suurempi osuus laskentatehosta, että voidaan varmistaa tarkka ja turvallinen työstö.

Koneella ajettavat ohjelmat tehdään ja simuloidaan erillisellä tietokoneella, joka on etäyhteydessä sorviin. Erillistä tietokonetta käyttämällä voidaan ohjelmaa tuottaa samalla kun kone on tuotannossa, siten että työstö ei häiriinny. Ohjelmat tehdään ja simuloidaan Edgecam CAM-ohjelmalla erillisellä tietokoneella, josta ne siirretään etäyhteydellä työstökoneelle. Yrityksen työntekijöillä pitkä historia ja vahva tietotaito Edgecam-ohjelmiston käytöstä. Edgecam on monipuolinen CAM-ohjelma lastuavan työstön NC-ohjelmointiin.

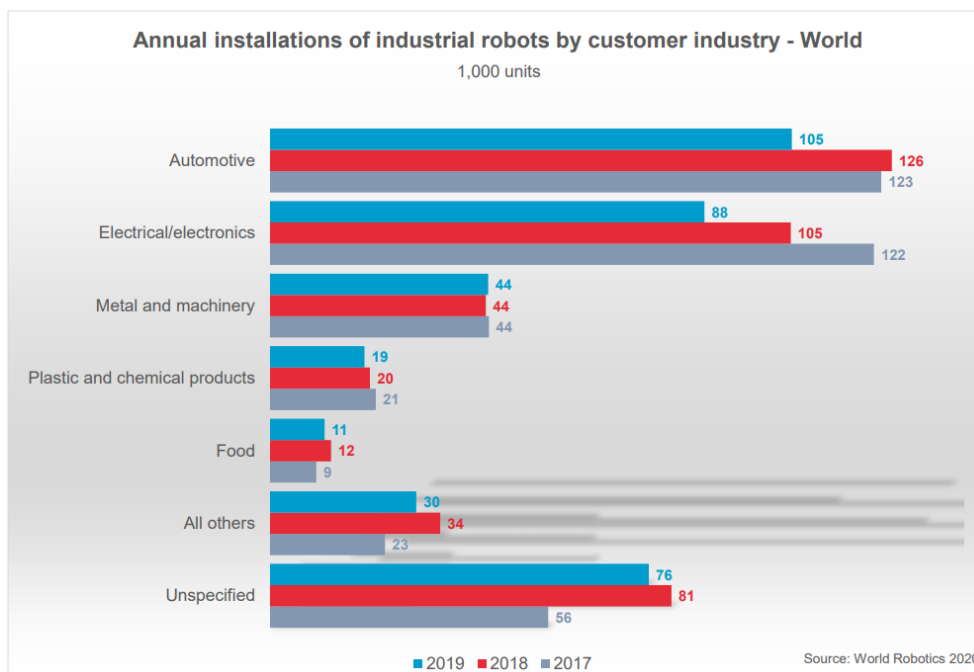
3 ROBOTIT TEOLLISUUDESSA

Robotit ovat yleistyneet vuosi vuodelta teollisuuden käyttökohteissa. Vuodesta 2009 lähtien robottien myynti on kasvanut keskimäärin 14-prosenttia per vuosi, vuoteen 2017 asti (IFR 2018). Robottien myynti teollisuuden käyttöön onkin melkein nelinkertaistunut, kun verrataan vuosia 2010 ja 2018 (IFR 2020). Suurimmat markkinat roboteille on Aasiassa ja Australiassa, kuten kuvasta 3 voidaan todeta. Suomessa on keskimääräistä enemmän robotteja 10 000 työntekijää kohden niin Euroopassa kuin maailmanlaajuisestikin.



Kuva 3. Robottien vuosittaiset myyntimäärät teollisuudelle (IFR 2020)

Autoteollisuus on uusille myytävillä roboteille yleisin käyttökohte ennen elektroniikkatuotantoa. Konepaja- ja metallituotanto on kolmanneksi suurin käyttökohte uusille myytävillä roboteille, kuten kuvasta 4 voidaan todeta (IFR 2020).



Kuva 4. Teollisuuteen myytyjen uusien robottien käyttökohteet (IFR 2020)

3.1 Robottityypit

Robotit jaetaan eri ryhmiin niiden nivelten lukumäärän, akselityypin ja käyttötarkoituksen mukaan. Teollisuuden käytössä yleisimpiä robottityyppejä ovat suorakulmainen robotti, sylinteri robotti, SCARA robotti ja rinnakkaisrakenteiset robotit.

3.1.1 Kiertyvänivelinen robotti

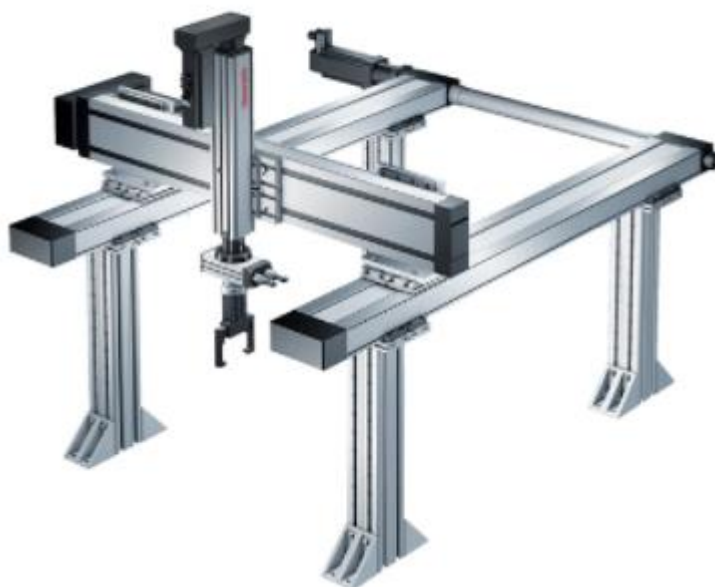
Kiertyvänivelinen robotti muistuttaa rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan ihmiskäsivartta, kuten kuvasta 5 voidaan todeta. Se on yleisin teollisuudessa käytetty robottityyppi sen monipuolisuuden ansiosta. Kiertyvänivelisellä robotilla on laaja työskentelyalue sekä hyvä ulottuvuus. Yleisimmissä kiertyvänivelimisissä roboteissa on kuusi niveltä, jotka kiertyvät oman akselinsa ympäri, mutta kiertyväniveliseksi robotiksi kutsutaan jo kolme nivelisiä malleja. Näiden robottien etuna on mahdollisuus kääntyä mihin tahansa asentoon omien liikkumisvarojensa puitteissa, joten robotin työkalulla on mahdollista työskennellä pienissäkin tiloissa ja lähestyä kohdetta kaikista mahdollisista suunnista. Näiden robottien heikkoutena on sen pieni kuormankantokyky kokoonsa nähden.



Kuva 5. Kiertyvänivelinen robotti (IRB 4600 n.d)

3.1.2 Suorakulmainen robotti

Suorakulmainen robotti saa nimensä sen rakenteesta, joka muodostuu lineaarisista akseleista XYZ-koordinaatiston mukaisesti (kuva 6). Robotti on hyvin yksinkertainen ja tukeva rakenteeltaan. Näitä robotteja kutsutaan myös portaaliroboiteiksi. Robotin heikkoutena on sen rajalliset liikeradat.



Kuva 6. Suorakulmainen robotti (The Difference between Cartesian... 2013)

3.1.3 SCARA robotti

SCARA robotin rakenne perustuu useampaan yhdensuuntaiseen niveleen vaakatasossa ja pystysuuntainen liike on lineaarinen (kuva 7). Tämän ansiosta robotti on hyvin tukeva ja jäykkä pystysuunnassa. SCARA robotin ulottuvuus on hyvin rajallinen.



Kuva 7. SCARA robotti (IRB 910SC SCARA n.d)

3.1.4 Rinnakkaisrakenteiset robotit

Rinnakkaisrakenteisessa robotissa on kolme rinnakkain olevaa liikeakselia (kuva 8). Robotin etuja ovat sen nopeat liikkeet ja hyvä tarkkuus. Kolme rinnakkain asetettua liikeakselia rajoittavat kuitenkin robotin liikkeitä, ja robotti ei ole kykenevä kuin X, Y ja Z suuntaisiin liikkeisiin ilman työpään kiertoa. Vahvimmillaan robotti on pick and place tyyppisessä työskentelyssä, mutta vastaavaa rakennetta on käytössä myös mm. 3d-tulostimissa.



Kuva 8. Rinnakkaisrakenteinen robotti (IRB 360 FlexPicker n.d)

3.2 Robottisolu

Robottisolulla tarkoitetaan yksikköä, jossa robotti toimii yhden tai useamman toimilaitteen kanssa yhteistyössä. Robotti itsessään on solun keskeisin laite ja nykyään roboteilta vaaditaan useiden eri toimintojen suorittamista osana isompaa kokonaisuutta solussa. Robottisolu voi olla erittäin laaja ja iso kokonaisuus, joka käsittää monta eri toimilaitetta eri tuotannon tehtäviin. Robottisolulla on mahdollista konepaja ympäristössä toteuttaa kaikki kappaleen vaatimat työvaiheet yhden solun sisällä. Solun tarkoituksena on pyöriä automaattisesti ilman ihmiskontaktin tarvetta muuhun kuin toimilaitteiden ohjelmoimiseen ja asettamiseen.

Robottisolun perustamisella haetaan yritykselle lisäarvoa ja kilpailukykyä. Robottisoluille on monia erilaisia ratkaisumalleja, jolla solu voidaan toteuttaa. Jotta robottisolusta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty ja kilpailuetu on tärkeää vertailla erilaisia ratkaisuja robottisolun toteutuksessa.

4 ROBOTIN VALINTA

Robotin valinta on tarkka ja perusteellinen prosessi, jossa täytyy ottaa huomioon kaikki robotilta vaadittavat tehtävät ja ominaisuudet. Robottia valitessa yrityksen kannattaa miettiä myös tulevaisuuden kannalta robotilla mahdollisesti suoritettavia työtehtäviä. Tärkein valintakriteeri kuitenkin on nykyiset työtehtävät, johon robottia ollaan valitsemassa, mutta ottamalla huomioon mahdolliset tulevaisuuden tehtävät saadaan valittua robotti, joka pystyy suorittamaan laajasti myös muita tuotantolaitoksen työtehtäviä ja täten pidentämään robotin elinkaarta. Joten mitä enemmän robotin valintaan käyttää ajatusta ja aikaa, sitä kustannustehokkaamman kokonaisuuden voi saada aikaiseksi.

Aisikonin tapauksessa työtehtävät määrittävät tarkat edellytykset, joita robotilta vaaditaan. Robotilla suoritettava työ on tarkkojen pyörähdyskappaleiden sarjatuotantoa, jonka vuoksi robotin on oltava mahdollisimman nopea, mutta samaan aikaan tarkka, ettei virheitä pääsisi syntymään tuotantokappaleisiin robotin käsittelyn seurauksena.

Robotilla käsiteltävät kappaleet ovat pääsääntöisesti 6-kulmaisia tai pyöreitä pyörähdyskappaleita. Kappaleet on tarkoitus ajaa robottisolussa valmiiksi kappaleiksi siten, ettei muita työvaiheita enää tarvita. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleet pitää suurimmassa osassa tapauksia ajaa molemmista suunnista pyörähdyskappaleen akselin suuntaisesti. Sorviin jolle robotti tulee, on kaksi vastakkaista karaa ja vastakara kykenee noutamaan kappaleen pääkaralta. Yhdellä kiinnityksellä pystyy täten ajamaan kappaleen valmiiksi, mutta on mahdollista, että tuotantoon tulee kappaleita, joita ei pysty ajamaan kuin pääkaralla tai vastaavasti toisella työstökoneella, jossa ei ole kuin yksi kara. Näissä tapauksissa robotin tehtäväksi tulee myös kääntää kappale ympäri työstöjen välissä.

Robotilla joudutaan siis työskentelemään molemmilla sorvin pakoilla, tämän takia robotilla täytyy olla hyvä ulottuvuus ja mahdollisimman vähän rajoittavia tekijöitä liikkeissä. Työstettäviä kappaleita saattaa joutua käydä kääntämässä otteenvaihtosessa kappaleiden orientaatiosta riippuen. Robottisoluun saatetaan tulevaisuudessa liittää muitakin toimilaitteita kuten 3d-koordinaatti mittalaite ja lasermerkkäus laite.

Kappaleiden käsittelyn lisäksi robottia tullaan tarvittaessa käyttämään kappaleiden työstöön. Robotilla tehtäviä työstöjä voi olla esimerkiksi kappaleiden kylkipouksien viisteyttäminen ja muu pieni viimeistely, jotka voitaisiin jättää pois CNC-koneen työstöstä. Tällä menetelmällä koneistusaika lyhenisi ja robotti voisi suorittaa viimeistelyn CNC-koneen työstäessä aikana, jolloin robotti joutuisi odottamaan työstön loppumista. Robotilla pitäisi olla myös mahdollisuus puhaltaa paineilmalla työstökoneen pakan leuat puhtaaksi, niin että työstettävän kappaleen ja leukojen väliin ei jää lastuja eikä muita roskia. Lastut leukojen ja kappaleen välissä pilaa sekä kappaleen että leuat, sillä leuat puristavat kappaletta suurella voimalla, jolloin kaikki väliin jäävä irtoroska painuu joko kappaleeseen tai leukoihin. Roskien painuessa kiinni leukoihin kopioituu se kaikki seuraaviin kappaleisiin, jotka leuoissa ajetaan.

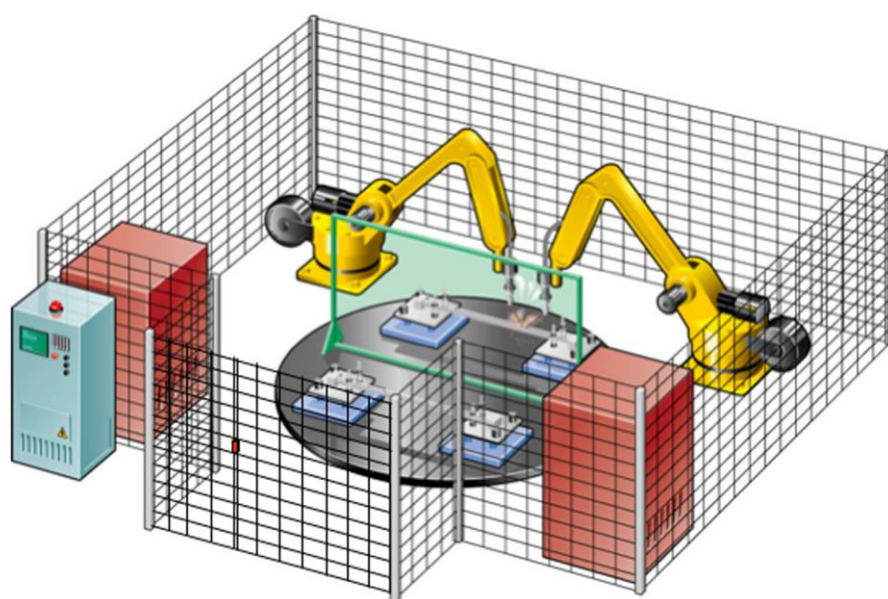
Aisikonin tapauksessa paras robottimalli on kiertyvänivelinen robotti, sen ulottuvuuden, rajattomien liikeratojen ja asentojen ansiosta. Sopivan kokoinen robotti asiakasyrityksen käyttötarkoitukseen on vastaava kuin esimerkiksi ABB:n IRB4600, jonka kappaleenkäsittely kyky on 20 kg ja ulottuvuus 2,05 m (liite1). Työstettävät kappaleet ovat tarpeeksi pieniä ja kevyitä, joten robotilla ei tule olemaan ongelmaa kappaleiden käsittelyssä.

5 TURVAJÄRJESTELMÄT

Robottisoluille on olemassa markkinoilla useita erilaisia turvajärjestelmiä. Turvajärjestelmillä pyritään estämään tilanne, jossa robottisolun tulisi jotain sinne kuulumatonta kesken robotin työskentelyn, ja robotti jatkaisi työskentelyä vahingoittaen itseään tai soluun tullutta ihmistä tai esinettä. Turvajärjestelmän havaitessa solussa jotain sinne kuulumatonta keskeyttää se robotin ja muiden solussa toimivien laitteiden työskentelyn vastaavasti kuin hätäseis painiketta painettaessa. Robottisolun kaikkia kulkuaukkoja on valvottava ja hätäpysäytyslaitteeseen vaikuttamisen on pysäytettävä kaikki robotin liikkeet ja solun muut vaaralliset liikkeet tai liikkeet solujen ja muiden työtilojen välisessä tilassa (SFS-EN ISO 10218-2 2011).

5.1 Häkki

Yleisin ja vanhin robottisolujen turvaraja malli on fyysisen häkin rakentaminen robottisolun ympärille, kuten kuva 9 osoittaa. Häkeissä on yleensä tunnistimella varustettu ovi, joka katkaisee robottisolun työskentelyn oven avautuessa. Tällainen turvajärjestelmä on hyvin yksinkertainen ja halpa ratkaisu, mutta vaatii paljon tilaa tuotantotilasta ja vaikeuttaa kappaleiden liikuttelemista sisälle soluun ja pois solusta.



Kuva 9. Robottisolun turvahäkki (Design Considerations for Robotic... n.d)

5.2 Turvamatto

Turvamatot on tuotantotiloihin asennettavia mattoja, jotka tunnistavat, kun niiden päälle tulee tarpeeksi painoa (kuva 10). Turvamatot asennetaan yleensä solun vaara-alueen ulkopuolelle, jolloin ei ole riskiä, että ihminen pääsisi vaara-alueelle robotin työskennellessä.



Kuva 10. Turvamatto (Rockford systems n.d)

5.3 Valoverho

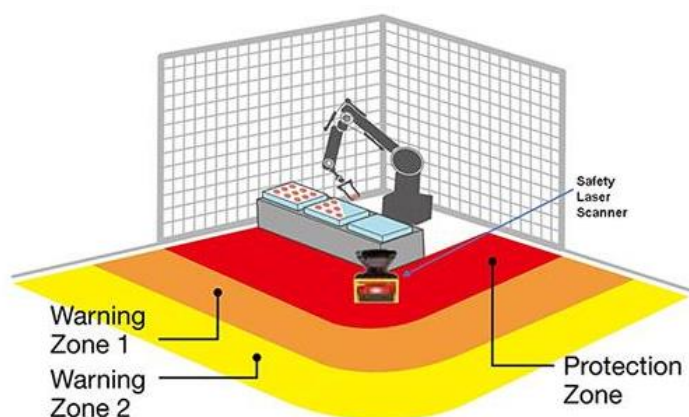
Valoverhot ovat optisia tunnistimia, jotka lähettävät ja vastaanottaa keskenään säteitä (kuva 11). Valoverholla tehdään suora pystysuuntainen seinä valvottavan aukon suulle. Ihmisen tai esineen katkaistaessa säteen toimii valoverho turvakyt-kimen tavoin ja pysäyttää robottisolun työskentelyn. Valoverhoilla on mahdollisuus myös rakentaa järjestelmä, jossa on toinen ns. pehmeä raja kauempana robotin vaara-alueesta, jonka aktivoituessa robotti hidastaa työskentelyään mutta ei keskeytä sitä. Valoverho on tilaa säästävää järjestelmä, joka saattaa kuitenkin olla herkkä tärinöille ja tilojen epäpuhtaudelle. Parhaiten valoverho toimii osana turvajärjestelmää, jossa solu on muutoin häkitetty mutta solun kulkuaukko on valvottu valoverhoilla. Tällöin saadaan soluun esteetön kulkuaukko, josta voidaan viedä soluun työstettäväksi menevät kappaleet ja hoitaa solun ylläpitämiseksi tarvittavia töitä.



Kuva 11. Valoverho (What is an Industrial Light... 2017)

5.4 Laserskanneri

Laserskanneri on valoverhon tavoin optinen anturi, mutta laserskannerin skannaama turva-alue on huomattavasti suurempi ja laajempi (kuva 12). Laserskannerilla pystytään tekemään kaksikulotteinen valoverho, joka kantaa jopa yli 20 metrin päähän. Laserskanneri skannaa viuhkan muotoista aluetta ja kehittyneimmillä malleilla voidaan skannata 360 astetta skannerin ympäriltä. Skannerit tarkastelevat ympäristöään tutkan tavoin ja mittaavat etäisyyksiä valon kulkuaikaan perustuen. Koska laserskanneri pystyy mittaamaan etäisyyttä, voidaan yhdellä laserskannerilla tehdä useampi raja, joista jokainen voi aktivoida oman toimenpiteensä aina varoituksen antamisesta, robotin hidastamiseen ja lopulta pysäyttämiseen.



Kuva 12. Laserskanneri (Use Safety Laser Scanners... 2020)

6 KAPPALEIDEN TUONTI SOLUUN

Työkappaleiden siirto solun ja muun tuotantotilan välillä voidaan toteuttaa usealla eri variaatiolla. Suunnitellessa kappaleiden siirtoa on tärkeää miettiä, millaista työtä solussa on tarkoitus tuottaa. Kappaleiden siirto on tehokkainta silloin, kun se pystytään toteuttamaan samalla kun solu työskentelee.

6.1 Jigilava

Yleisin teollisuudessa käytetty järjestelmä on siirrettävä lava, jossa on jigi soluun meneville kappaleille. Lava täytyy saada soluun aina samalle paikalle, jotta robotti voi hakea siltä työstettävät kappaleet, ja tuoda valmiit kappaleet sille. Tällaisessa järjestelmässä voi olla useampi lava eri työvaiheessa oleville kappaleille. Aisikonin tapauksessa tällainen jigilava on haastava, koska koneella valmistetaan kappaleita aina 15 millimetristä 150 millimetrin halkaisijaan. Jigilavalla olevien kappaleiden sijainti täytyy olla tarkka, jotta robotti pystyy hakea ja palauttaa kappaleet sille. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaiselle erikokoiselle työstettävälle kappaleelle täytyy olla omat jiginsä, tai väliholkit toisessa jigissä.

6.2 Liukuhihna

Liukuhihna solun ja muun tuotantotilan välillä on huomattavasti nykyaikaisempi ratkaisu. Tällaisessa järjestelmässä on usein kaksi liukuhihnaa, jotka kulkevat robottisolun sisälle ja ulos. Soluun sisälle menevälle liukuhihnalle asetetaan työstettävät kappaleet, josta ne hihnaa pitkin kulkevat robotin poimintapisteeseen. Liukuhihnan päässä täytyy olla lähestymisanturi tai vastaavanlainen konenäkösovellus, joka tunnistaa, että työstöön tuleva kappale on valmiina odottamassa poimintapisteessä. Kun kappale on ajettu solussa, vie robotti sen ulos solusta johtavalle liukuhihnalle. Tällainen järjestelmä mahdollistaa solun kokoaikaisen käytön täydellä nopeudella, ilman että ihmisen täytyy mennä viemään soluun työstettäviä kappaleita. Soluun menevällä liukuhihnalla täytyy olla ohjaimia, jotka

ajavat soluun kulkevan kappaleen aina samaan kohtaan robotin poimintapisteesseen. Kuten jigilavalla, täytyy liukuhihnallakin olla erilaisia ohjaimia, erikokoisille ja muotoisille kappaleille. Liukuhihnan päähän tulevat ohjaimet on kuitenkin huomattavasti helpompi säätää ja muokata isommalle otannalle työstettävistä kappaleista.

6.3 Konenäkö

Konenäkö on nopeasti yleistynyt sovellus robottisoluihin. Konenäkö järjestelmässä on yksi tai useampi kamera asennettuna, joko robottiin tai kiinteäksi soluun kappaleiden poimintapisteesseen. Kamera tunnistaa kappaleen sijainnin ja riippuen kamerasta myös kappaleen orientaation, joka mahdollistaa sen, että kappaleiden ei tarvitse olla tarkasti samassa paikassa tai asennossa. Jotta kappaleen orientaatio olisi mahdollista selvittää konenäöllä, tarvitaan useampi kamera tai kallis 3d-kamera. Konenäön tunnistessa kappaleen orientaatio, voi se tarttua kappaleeseen mistä asennosta ja suunnasta tahansa, jonka jälkeen robotti vie kappaleen otteenvaihtoasemaan. Otteenvaihtoasemassa robotti laskee kappaleen irti tarraimestaan ja ottaa uuden otteen oikeassa orientaatioissa kuljettavaksi työstökoneelle.

Konenäköjärjestelmät ovat yleistyneet merkittävästi viimeisten vuosien aikana, ja niiden hinta on laskenut huomattavasti. Konenäköjärjestelmät ovat nopeita ja luotettavia havainnoissaan. Järjestelmä on herkkä epäpuhtauksille ja se vaatii hyvän valaistuksen.

7 KAPPALEIDEN POIMINTA

Robotin työkaluiksi tarvitaan erilaisia tarraimia, joilla kappaleita voidaan käsitellä. Työkaluja valitessa täytyy muistaa, että työkalut lasketaan osaksi robotin hyötykuormaa. Työkalua valitessa tulee ottaa myös huomioon, että työkalun painopiste ei ole liian kaukana robotin työkalulaipasta, joka aiheuttaisi suurta momenttia robotin nivelille.

Aisikonilla tuotettavat kappaleet ovat pääosin alumiinia, ruostumatonta- ja haponkestävää terästä, joten työkaluiksi ei käy magneettitarttuja. Pyörähdyskappaleissa on harvoin suurta tasaista suoraa pintaa, sillä kappaleiden tullessa työstön koneelle on ne yleensä sahatuilla päillä ja työstön jälkeen kappaleissa on usein läpireikiä ja kylkiporauksia. Näistä syistä ei tarraimeksi voi valita alipainetarttujaa.

Robotilla käsiteltävien kappaleiden ollessa pyörähdyskappaleita on paras vaihtoehto robotin tarraimeksi 3-leukainen tarrain. 3-leukainen tarrain on parempi vaihtoehto kuin 2-leukainen tarrain, koska kolmella leualla saadaan aikaiseksi suurempi pinta-ala, jolla kappaleesta otetaan kiinni. Ero 2- ja 3-leukaisen tarraimen välillä ei ole kuitenkaan valtava, ja 2-leukaisen tarraimen eduksi, voidaan laskea pienemmät kustannukset leukojen hankinnassa ja nopeampi leukojen vaihto robotin asetusta vaihtaessa. Roboteille on nykyään tarjolla hyvin laaja kirjo erilaisia tarraimia ja työkaluja. Robotin maksimi hyötykuorman salliessa Aisikon Oy:lle paras vaihtoehto työkaluksi olisi kaksoistarttuja, jossa on kaksi erillistä tarrainta eri suuntiin toisistaan (kuva 13).



Kuva 13. Kaksoistarttuja (Dual Quick Changer – Dual... n.d.)

Robottisoluun tulevassa CNC-työstökoneessa ei ole automaattista oven avaus toimintoa, joka voitaisiin kytkeä toimimaan ohjauskäskyllä osana solua, joten kaksoistarttuja mahdollistaa oven avaamisen ja sulkemisen samalla kun robotilla siirretään kappaletta toisessa tarraimessa. Tämä nopeuttaa huomattavasti robotin suorittamia syklejä, joka tarkoittaa suuria ajallisia hyötyjä isommissa kappale sarjoissa. Robotilla käsiteltävien kappaleiden skaala on laaja sillä pienimmät kappaleet ovat halkaisijaltaan n. 15 millimetrin ja suurimmat lähellä 150 millimetrin halkaisijaa.

8 YHTEENVETO

Robottisolun hankinta on yritykselle merkittävä investointi, jota varten yrityksen kannattaa tehdä tarkka toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelmassa käydään yksityiskohtaisesti läpi robottisolun esisuunnitelma, toimilaitteiden vertailua ja perusteellisesti laitteen hankintaa. Yrityksen kilpailukyvyyn varmistamiseksi esityö on erityisen tärkeää.

Opinnäytetyön tarkoituksena ei ollut etsiä yksittäisiä laitevalmistajia halutun tuloksen aikaansaamiseksi. Opinnäytetyön tuloksena syntyi yrityksen käyttöön tarjouspyyntö (liite 2). Tarjouspyyntöön on valittu ratkaisuksi Aisikonia parhaiten palvelevat järjestelmät ja robottisolun osat. Tarjouspyyntö on kirjoitettu kuitenkin siten, että se ei sulje pois suurintaa osaa tarjouksista ensimmäisellä tarjouskierroksella. Toimivia robottisoluratkaisuja on useita erilaisia, jonka vuoksi tarjouspyyntöön on jätetty liikkumavaraa erilaisten ratkaisujen esittämiselle.

Robotiksi valittiin kiertyvänivelinen robotti. Kiertyvänivelinen robotti on selkeästi muita vaihtoehtoja parempi tämän tyyppiselle kappaleiden käsittelylle, sen nopeuden, tarkkuuden, ulottuvuuden ja rajoittamattomien liikkeiden vuoksi. Hyötykuormaa robotin täytyy pystyä käsittelemään vähintään 20 kg, ja ulottuvuutta robotilla täytyy olla vähintään 2 metriä.

Turvajärjestelmien vertailussa on keskitytty järjestelmien tilantarpeeseen ja esteettömään kulkuun solun ja muun tuotantotilan välillä. Turvajärjestelmäksi robottisoluuun valikoitui valoverho tai laserskanneri, mutta robottisolu voidaan myös häkittää, siltä osin, kun se ei estä tuotantotilojen toimintaa. Optisilla antureilla, kuten valoverholla ja laserskannerilla saadaan helposti nykyaikainen järjestelmä, jossa on pehmeät rajat samassa anturissa.

Kappaleiden käsittely on isoimpia osatekijöitä robottisolun tuotantonopeudessa. Solussa ajettavien kappaleiden skaala on laaja ja suurimpia kappaleita koneistettaessa eivät kaikki kappaleet välttämättä mahdu soluun samaan aikaan. Kappaleiden tuomiseksi robottisoluuun valittiin joko liukuhihna, konenäkösovellus tai näiden yhdistelmä. Tämä järjestelmä mahdollistaa solun ajamisen samalla, kun

kappaleita siirretään soluun ja solusta pois. Jigilava on epäkäytännöllinen, kun yrityksessä valmistetaan kappaleita näin suurella skaalalla sekä se on myös herkkä ympäristöstä tuleville värinöille. Lisäksi jigilavat on tilaa vieviä ja tarkasti ylläpidettäviä.

Kappaleiden käsittelyä varten robotille tarvitaan vähintään kaksi 3-leuka tarrainta, ja näille sopiva kaksoistarttuja. 3-leukaisten tarrainten liikeratojen täytyy piisata 150 millimetriin asti ja mennä pienimillään 10 millimetriin.

Opinnäytetyössä päästiin tavoitteeseen ja Aisikonille on tehty tarjouspyyntöpohja robottisolun hankintaa varten. Aisikon saa opinnäytetyöstä myös paljon tietoa robottisolu järjestelmistä.

LÄHTEET

ABB. n.d. IRB 360 FlexPicker. Verkkosivu. Luettu 18.5.2021.
<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-360>

ABB. n.d. IRB 4600. Verkkosivu. Luettu 18.5.2021. <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600>

ABB. n.d. IRB 910SC SCARA. Verkkosivu. Luettu 18.5.2021.
<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-910sc>

Aisikon. n.d. Laadukkaat tuotteet eri alojen tarpeisiin. Verkkosivu. Luettu 3.5.2021. <https://www.aisikon.fi/>

Digi-Key. 2020. Use Safety Laser Scanners... Verkkosivu. Luettu 18.5.2021.
<https://www.digikey.fi/fi/articles/use-safety-laser-scanners-to-safeguard-human-operators>

Fabricating Metalworking. n.d. Design Considerations for Robotic... Verkkosivu. Luettu 18.5.2021. <https://www.fabricatingandmetalworking.com/2013/05/design-considerations-for-robotic-welding-cell-safety/>

IFR. 2018. Robottien määrä teollisuudessa. Verkkosivu. International Federation of Robotics. Luettu 05.04.2021. <https://ifr.org/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years/>

IFR. 2020. Robottien määrä teollisuudessa. www-dokumentti. International Federation of Robotics. Luettu 05.04.2021. https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf

Machine Design. 2013. The Difference between Cartesian... Verkkosivu. Luettu 18.5.2021. <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21831692/the-difference-between-cartesian-sixaxis-and-scara-robots>

Marshall Wolf Automation. 2017. What is an Industrial Light... Verkkosivu. Luettu 18.5.2021. <https://www.wolfautomation.com/blog/light-curtains/>

Onrobot. n.d. Dual Quick Changer – Dual... Verkkosivu. Luettu 18.5.2021.
<https://onrobot.com/en/products/dual-quick-changer>

Rockford Systems. n.d. Pressure-Sensitive Safety mats. Verkkosivu. Luettu 18.5.2021. <https://www.rockfordsystems.com/product/pressure-sensitive-safety-mats/>

SFS-EN ISO 10218-1. 2011. Turvallisuusvaatimukset. Robotit ja robottilaitteet. Helsinki. Suomen standardoimisliitto.

LIITTEET

Liite 1. ABB IRB 4600 Datasheet

1(2)



ROBOTICS

IRB 4600

Industrial Robot



IRB 4600 is a highly productive general purpose robot optimized for short cycle times where compact robots can help create high density cells. The IRB 4600 enables more compact manufacturing cells with increased production output and higher quality - and that means improved productivity.

Shortest cycle times

Thanks to the new compact and optimized design resulting in a low weight, the IRB 4600 can cut the cycle times of the industry benchmark by up to 25%. The maximum acceleration achievable is highest in its class, together with high maximum speeds. With the high acceleration it is possible to use to avoid obstacles or to follow the path. The benefit is increased production capacity and higher productivity.

Ultra-wide working range

You can position the IRB 4600 in the most favourable way with regard to reach, cycle time and auxiliary equipment. Flexible mounting with floor, tilted, semi-shelf or inverted mounting is very useful when you are simulating the best position for your application.

Compactness

The small footprint, the slim swing base radius around axis 1, the fine elbow behind axis 3, the small lower and upper arms, and the compact wrist all contribute to the most compact robot in its class. With the IRB 4600 you can create your production cell with reduced floorspace by placing the robot closer to the served machines, which also increases your output and your productivity.

Best protection available

ABB has the most comprehensive protection program on the market and it will be even further enhanced with the IRB 4600. Foundry Plus includes

IP 67, resistant paint, rustprotected mounting flange and protection for molten metal splts on non-moving cables on the rear of the robot and extra protection plates over the floor cable connections on the foot.

Optimize and go sharp

To get the IRB 4600 ready for the targeted applications you have access to high performing workpiece positioners, track motions, and the motor and gear unit range.

To simulate your production cell to find the optimal position for the robot and program it offline, RobotStudio is available on subscription together with PowerPacs for several applications.

Learn more about how to use the IRB 4600 in your applications and environments - watch simulations on several applications at www.abb.com/robotics.

Main applications

- Arc Welding
- Assembly
- Material Handling
- Machine Tending
- Material Removal
- Cleaning/Spraying
- Dispensing
- Packing
- Laser Cutting
- Laser Welding

(jatkuu)

Specification

Robot version	Reach (m)	Payload (kg)	Armload (kg)
IRB 4600-60/2.05	2.05	60	20
IRB 4600-45/2.05	2.05	45	20
IRB 4600-40/2.55	2.55	40	20
IRB 4600-20/2.50	2.51	20	11
Number of axes	6+3 external (up to 36 with MultiMove)		
Protection	Standard IP67, as option Foundry Plus 2		
Mounting	Floor, shelf, inverted or tilted		
Controller	IRC5 Single cabinet		

Performance (according to ISO 9283)

	Position repeatability	Path repeatability*
IRB 4600-60/2.05	0.06 mm	0.46 mm
IRB 4600-45/2.05	0.05 mm	0.13 mm
IRB 4600-40/2.55	0.06 mm	0.28 mm
IRB 4600-20/2.50	0.05 mm	0.17 mm

*Measured at speed 250 mm/s.

Technical information

Electrical Connections

Supply voltage	200-600 V, 50-60 Hz
----------------	---------------------

Physical

Robot base	512 x 676 mm
------------	--------------

Height

IRB 4600-60/2.05	1727 mm
IRB 4600-45/2.05	1727 mm
IRB 4600-40/2.55	1922 mm
IRB 4600-20/2.50	1922 mm

Robot weight

IRB 4600-60/2.05	425 kg
IRB 4600-45/2.05	425 kg
IRB 4600-40/2.55	435 kg
IRB 4600-20/2.50	412 kg

Environment

Ambient temperature for mechanical unit

During operation	+5° C (41° F) to +45° C (113° F)
During transportation and storage	-25° C (-13° F) to +55° C (131° F)
During short periods (max. 24 h)	up to +70° C (158° F)

Relative humidity	Max. 95%
-------------------	----------

Safety	Double circuits with supervisions, emergency stops and safety functions. 3-position enable device
--------	---

Emission	EMC/EMI shielded
----------	------------------

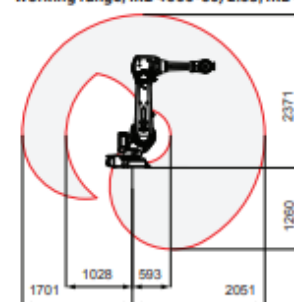
Data and dimensions may be changed without notice.

Movement

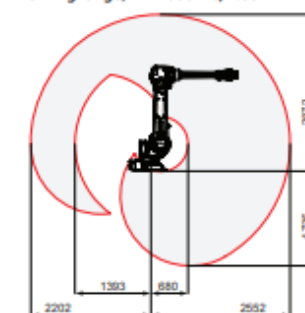
Axis movement	Working range	Axis max. speed
Axis 1 rotation	+180° to -180°	175°/s
Axis 2 arm	+150° to -90°	175°/s
Axis 3 arm	+75° to -180°	175°/s
Axis 4 wrist	+400° to -400°	250° (360° for IRB 4600-20/2.50)
Axis 5 bend	+120° to -125°*	250° (360° for IRB 4600-20/2.50)
Axis 6 turn	+400° to -400°	360° (500° for IRB 4600-20/2.50)

*IRB 4600-20/2.50, +120° to -120°.

Working range, IRB 4600-60/2.05, IRB 4600-45/2.05



Working range, IRB 4600-40/2.55



Working range, IRB 4600-20/2.50

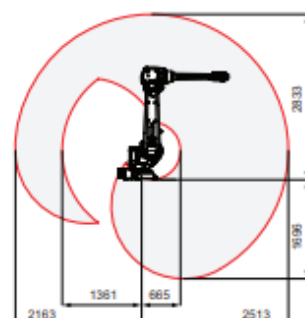


abb.com/robotics

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. ABB does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of ABB. Copyright © 2020 ABB. All rights reserved.

Liite 2. Tarjouspyyntö

Aisikon Oy
Mestarintie 3
636700 Ähtäri
Puh. 0400 739 187

Tarjouspyyntö

1 (1)

19.5.2021

Robottisolu

Hei!

Pyytäisimme tarjousta seuraavanlaisesta tai vastaavasta CE-merkinnällä varustetusta robottisolusta.

Robottisoluun tuleva työstökone on Mori Seiki NTX 2000 CNC-sorvi. Solussa työstettävät kappaleet ovat 10-150 millimetrin halkaisijalla olevia pyörähdyskappaleita, joista painavimmat painavat n.15kg.

Robotti

Kiertyvänivelinen robotti kuudella akselilla. Hyötykuorma vähintään 20kg ja ulottuvuus vähintään 2 metriä.

Turvallistaminen

Toteutettuna laserskannereilla tai valoverhoilla. Robottisolu voi olla osittain myös häkitetty.

Kappaleiden siirto

Toteutettuna liukuhihnalla tai konenäkösovelluksella tai näiden yhdistelmällä.

Robotin työkalut

Vähintään kaksi 3-leuka tarrainta, ja näiden kanssa yhteensopiva kaksoistyökalunpidin robotille. 3-leuka tarrainten käyttöalue 10-150 mm ja pitovoima tarraimilla vähintään 15kg.

Vastausaika

Pyydämme tarjouksenne viimeistään

Ystävällisin terveisin

Aisikon Oy