



Juho Leinonen

Konepajan tuotannon tehostaminen yhteistyörobotilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Älykkään teollisuuden tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

1.6.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Juho Leinonen
Otsikko: Konepajan tuotannon tehostaminen yhteistyörobotilla
Sivumäärä: 34 sivua + 1 liitettä
Aika: 1.6.2021

Tutkinto: Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma: Älykkään teollisuuden tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:
Ohjaajat: Lehtori Tuomo Heikkinen
Tutkintovastaava Jarno Varteva

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten tuotantoa voitaisiin tehostaa käyttämällä yhteistyörobotteja konepajaympäristössä. Työssä tutkittiin, miten koneistamon, kokoonpanon ja pakkaamon työtä voitaisiin helpottaa yhteistyörobotilla, sekä miten yhteistyörobotteja voitaisiin hyödyntää laadunvalvonnassa. Tavoitteena oli selvittää, minkälaisilla ominaisuuksilla varustettu yhteistyörobotti soveltuu parhaiten konepajaympäristöön, huomioiden Ovitor Oy:n tuotannon ja tuotantoympäristön asettamat vaatimukset robotille.

Työn ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin eri valmistajien jo markkinoille tuomiin yhteistyörobotteihin. Aineistona käytettiin robottivalmistajien esitteitä ja internetistä löytyvää aineistoa. Yhteistyörobotiikan ala kehittyy huimaa vauhtia, ja ajankohtaisimmat ratkaisut ja sovellukset löytyvät internetistä erilaisten artikkeleiden ja julkaisujen muodossa. Lisäksi hyödynnettiin viime vuosina tehtyjä opinnäytetöitä, koska tiedon haluttiin olevan mahdollisimman tuoretta ja ajankohtaista. Opinnäytetöissä on haettu ratkaisukeinoja todellisten yritysten olemassa oleviin ongelmiin, ja näin ollen käytännölläheisyys on merkittävä etu niiden hyödyntämisessä. Työn jälkimmäisessä vaiheessa määriteltiin käyttökohteet, työtehtävät ja niissä vaadittavat ominaisuudet yhteistyörobotille Ovitor Oy:n tuotannossa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi käsitys, minkälainen yhteistyörobotti on paras mahdollinen tehostamaan tuotantoa huomioiden konepajaympäristön tarpeet ja ominaisuudet.

Avainsanat: yhteistyörobotti, robotiikka, cobot, konepaja, koneistus, kokoonpano, pakkaamo, laadunvalvonta

Abstract

Author: Juho Leinonen
Title: Machine shop production improvement with a collaborative robot
Number of Pages: 34 pages + 1 appendices
Date: 1 June 2021

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Smart industry
Professional Major:
Instructors: Tuomo Heikkinen, Principal Lecture
Jarno Varteva, Degree manager

The purpose of this thesis was to find out how the efficacy of the production could be increased by using a collaborative robot in a machine shop environment. The aim was to study how the work of the machine shop, assembly and packaging department could be facilitated with a collaborative robot, as well as how the robot could be utilized in the quality control. The aim was to investigate which collaborative robot on the market would be best suited for the workshop environment with the specific needs and requirements of Ovitor Oy.

In the first part of this thesis looked into collaborative robots from different manufacturers and compared their qualities. The materials used were obtained from brochures from various robot manufacturers and material available on the internet, because the field of collaborative robotics is developing at a tremendous pace and the most current solutions and applications can be found online in the form of various articles and publications. In addition, theses published in recent years were utilized as the information was preferred to be as fresh and up to date as possible. These theses also had the benefit of practicality, as they are based on solving actual problems and seeking solutions for real companies. The applications for the collaborative robot as well as the work and the properties needed to handle the specific tasks were defined by the requirements of Ovitor Oy.

As a result of this thesis, an idea was created as to what kind of collaboration robot would be the best possible in order to increase the efficiency of production in Ovitor Oy, while taking the specific needs and features of the workshop environment into consideration.

Keywords: collaborative robot, robotics, cobot, machine shop, machining, assembly, packing, quality control

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustaa	1
1.2	Investoinnit ja tuotannon tehostaminen	2
2	Mitä on yhteistyörobotiikka	3
2.1	Perinteinen teollisuusrobotti	4
2.2	Yhteistyörobotti	4
2.3	Yhteistyötoiminnan määrittäminen	6
2.4	Standardit	7
3	Yhteistyötehtävät	8
3.1	Osakokoonpano	8
3.1.1	STA1-kierukkavaihte	9
3.1.2	VTA-kierukkavaihte	11
3.2	Koneistamo	12
3.2.1	Gleason 125GH vierintäjärsinkone	12
3.2.2	AMT 8t-vetokone	13
3.2.3	Okuma LC-20 CNC-sorvi	15
3.2.4	Bad Düben PRZ 20 CNC-valssauskone	17
3.3	Laadunvalvonta	19
3.3.1	Mitutoyo EURO-C574 3D-koordinaattimittauskone	19
3.4	Pakkaamo	21
3.4.1	Vaihteiden pakkaaminen	21
4	Vaatimukset yhteistyörobotille	22
4.1	Turvallisuus	23
4.1.1	Toteutus	23
4.2	Käyttöönotto	24
4.2.1	Toteutus	24
4.3	Uudelleen ohjelmointi	24
4.4	Siirrettävyys	25
4.4.1	Toteutus / eri vaihtoehdot	25

4.5	Tekninen tuki	25
4.6	Etäyhteys	26
4.7	Takaisinmaksu	26
4.8	Muokattavuus eri työtehtäviin	26
4.9	Työtehtävän tunnistus siirron jälkeen	26
4.10	IP-suojaus	27
4.11	Kommunikointi	27
4.12	Hyötykuorma ja ulottuvuus	28
5	Vaatimuksien pisteytys ja painokertoimet	28
5.1	Arvostelukriteerit vaatimuslistan pohjalta	28
5.2	Painokertoimien luominen	28
6	Ratkaisuvaihtoehdon valinta	29
6.1	Perustelut	29
7	Yhteenveto	31
	Lähteet	34
	Liitteet	
	Liite 1: Pisteytystaulukko	

Lyhenteet

- COBOT: *Collaborative robot*. Yhteistyörobotti, joka työskentelee yhdessä ihmisten kanssa.
- STA1: *Sectional Tor Antriebe*. Nosto-ovikoneisto, käytetään nosto-oven avaamiseen ja sulkemiseen oviautomaatikassa.
- VTA: *Variable Tor Antriebe*. Nosto-ovikoneisto, käytetään nosto-oven avaamiseen ja sulkemiseen oviautomaatikassa.
- CNC: *Computer Numerical Control*. Tietokoneistettu numeerinen ohjaus. Käytetään sorvin tai työstökeskuksen ohjaukseen.
- 3D: *Three Dimensional*. Kolmiulotteinen.
- IP: *International Protection Code*. Järjestelmä sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiviiden määrittämiseksi.
- SFS: *Suomen Standardisoimisliitto SFS ry*. Suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö.
- ISO: *International Organization for Standardization*. Kansainvälinen standardisointijärjestö.

1 Johdanto

Ovitor Oy on vuonna 1953 perustettu oviautomatiikan valmistukseen erikoistunut yritys. Valmistettaviin tuotteisiin kuuluu ohjauskeskukset sekä koneistot erilaisiin teollisuusoviin ja -portteihin ja muihin automaatiota vaativiin ovi- ja porttikohteisiin. Kotimaisten ovivalmistajien lisäksi toimitamme tuotteita Pohjoismaihin, Baltiaan sekä Venäjälle.

Vuodesta 2006 Ovitor Oy on kuulunut saksalaiseen OWF GmbH -konserniin, jonka omistuksessa on myös muita eurooppalaisia oviautomatiikanvalmistajia sekä tuotantolaitoksia. Vuodesta 2008 Ovitor Oy on toimittanut kierukkavaihteita konserniin kuuluvalla MFZ Antrieb GmbH:lle. Kyseisen firman kanssa Ovitor Oy muodostaa yhteisen MFZOvitor-brändin asiakkaiden palvelemiseen ja tuotteiden toimittamiseen. Vuonna 2018 toimitettujen kierukkavaihteiden lukumäärä ylitti 60 000 kappaleen vuosittaisen määrän.

Vuonna 2020 Ovitor Oy:n liikevaihto oli noin 8 miljoona euroa, joista 45 % tuli konsernin sisäisestä kaupasta. Työntekijöitä on tällä hetkellä 50 henkilöä. Koko konsernin liikevaihto vuonna 2020 oli noin 100 miljoona euroa.

1.1 Työn taustaa

Konsernin johto on aloittanut vuonna 2018 5-vuotisen investointiohjelman, jonka tarkoituksena on tuotantokapasiteetin kasvattaminen konsernin yrityksissä. Ovitor Oy:lle tämä tarkoittaa 4,5 miljoonan euron investointeja koneistamoon sekä kokoonpanoon. Koneistamoon investoidaan nykyaikaisia monitoimisorveja ja koneistuskeskuksia nopeamman, häiriöttömän ja laadukkaamman tuotannon saavuttamiseksi. Kokoonpanoon investoidaan henkilöstöressurssien lisäksi, myös uuteen kokoonpanolinjastoon, jolla kokoonpannaan uutta mahdollisesti tuotantoon tulevaa VTA-kierukkavaihdetta.

1.2 Investoinnit ja tuotannon tehostaminen

Investointiohjelman alkuperäinen tarkoitus oli Ovisor Oy:n tuotantokapasiteetin kaksinkertaistaminen vuoteen 2023 mennessä. Tällä hetkellä investointiohjelma on tarkoitus käynnistää vuonna 2023. Jotta pystymme kaksinkertaistamaan kierukkavaihdetuotannon vuoden 2018 huippuvuodesta 60 000 kappaleesta 120 000 kappaleeseen, tämä tarkoittaa nykyaikaisia koneistus- ja työstökeskuksia, joilla pystytään valmistamaan nopeasti ja laadukkaasti ilman tuotantohäiriöitä tarvittavat koneistetut osat kokoonpanon tarpeisiin.

Koneistamoon jää kuitenkin investoinneista huolimatta vanhempia CNC-sorveja, jyrsinkoneita, työstökeskuksia ja muita kierukkavaihteiden tuotantoa tukevia koneita ja laitteita, jotka ovat välttämättömiä tuotannon kannalta. Näitä koneita ja laitteita ei ole tarkoituskaan uusia investointiohjelman puitteissa. Investointiohjelman puitteissa hankittavissa monitoimisorveissa ja työstökeskuksissa on mahdollisuus valita valmistajan omat robotit tai muun yhteistyökumppanin robotit työstettävän kappaleen käsittelyyn ja vaihtoon. Näissä koneissa ja laitteissa mitä ei uusita, on työstettävän kappaleen manuaalinen vaihto. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että työntekijä asettaa työstettävän kappaleen koneeseen ja kun kappaleen työstö on valmis, työntekijää vaihtaa kappaleen uuteen ja prosessi alkaa uudestaan.

Jotta tuotanto voidaan kaksinkertaistaa ilman huomattavaa henkilöstöressurssien kasvattamista, tulee miettiä ratkaisuja nykyisen henkilöstön vapauttamiseksi suorittamaan muita tehtäviä. Käytännössä tämä tarkoittaa yhteistyörobotin käyttöönottoa koneistamon ja kokoonpanon tehtävissä, joko avustamaan työntekijää tehtävän suorittamisessa tai vapauttamaan työntekijä kokonaan suorittamaan muita työtehtäviä. Myös raskaiden ja yksitoikkoisten työtehtävien helpottaminen ja mahdollisesti kokonaan poistaminen työntekijän suorittamisesta tukee henkilöstön tuki- ja liikuntaelinsairauksien vähentämisessä ja sairauspoissaolojen minimoimisessa. Koneistamon henkilökunnasta on myös seuraavan viiden vuoden aikana jäämässä eläkkeelle kolmasosa koko koneistamon henkilökunnan tämänhetkisestä henkilömäärästä. Jotta nykyinen tuotantomäärä pystytään pitämään

samana koneistamossa, tämä tarkoittaa eläkkeelle jäävien henkilöiden tilalle uusien työntekijöiden palkkaamista.

Monipuolisella, helposti ohjelmoitavalla, siirrettävällä ja turvallisella yhteistyörobotilla voimme helpottaa henkilöstön työkuormaa raskaissa ja aikaa vievissä työtehtävissä. Tämä tapahtuu, joko vapauttamalla työntekijä muihin työtehtäviin, tai avustaa työntekijää työtehtävän suorittamisessa. Näitä tuotannon työtehtäviä on seuraavissa käyttökohteissa:

- kokoonpano
- koneistamo
- pakkaamo
- laadunvalvonta.

2 Mitä on yhteistyörobotiikka

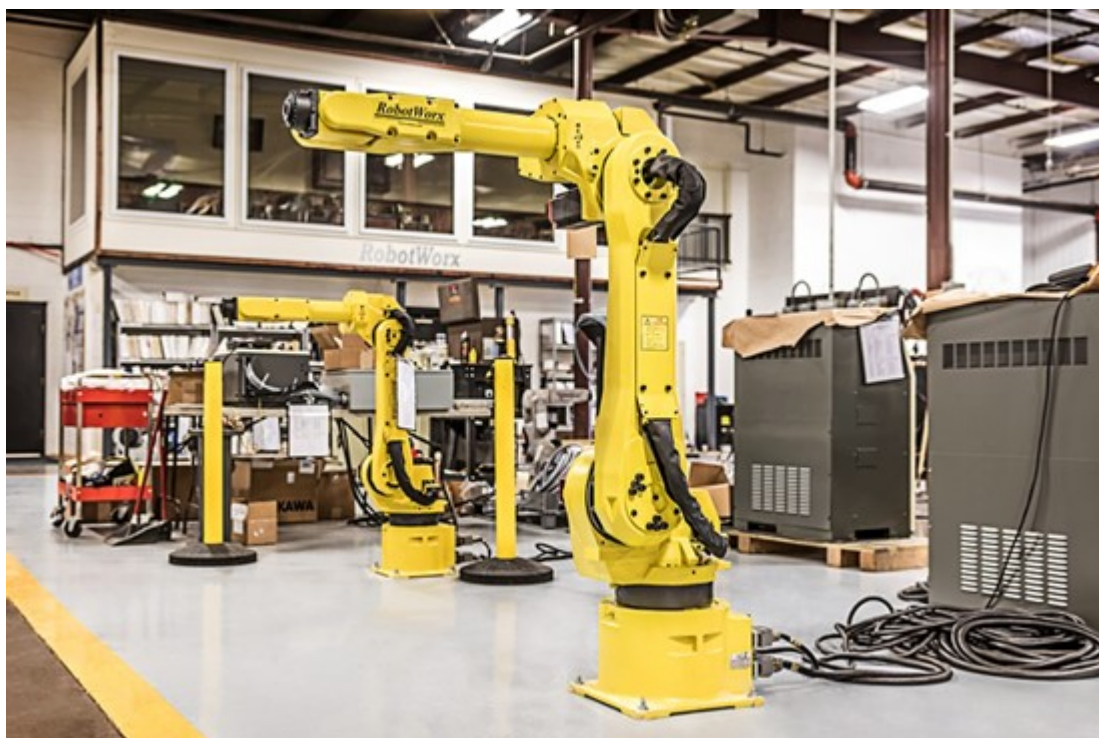
Yhteistyörobotista (Kuva 1) puhuttaessa tarkoitetaan automaattisesti toimivaa robottijärjestelmää, joka pystyy työskentelemään turvallisesti yhdessä ihmisen kanssa. Robottijärjestelmä koostuu robotin käsivarresta, käsivarteen kiinnittyvästä työkalusta (tarrain), ohjainyksiköstä ja ohjelmointipäätteestä. [1.]



Kuva 1. Erilaisia yhteistyörobotteja. [2.]

2.1 Perinteinen teollisuusrobotti

Perinteisellä teollisuusrobotilla (Kuva 2) tarkoitetaan isoa, vahvaa ja jykevää laitetta, joka on tarkoitettu suorittamaan yhtä tiettyä tehtävää tai käsittelemään yhtä tiettyä kappaletta. Perinteisen teollisuusrobotin ainoa tehtävä on suorittaa sille määrätty tehtävä väsymättömästi ja ripeästi ilman ihmisen yhteistyötä. Perinteisellä teollisuusrobotilla voidaan automatisoida kokonainen tuotantolinja toimimaan ilman ihmisen apua. Perinteinen teollisuusrobotti tarvitsee aidatun työskentelytilan tai valvotun tilan, johon ihmisellä ei ole pääsyä, kun robotti on toiminnassa. [3.]

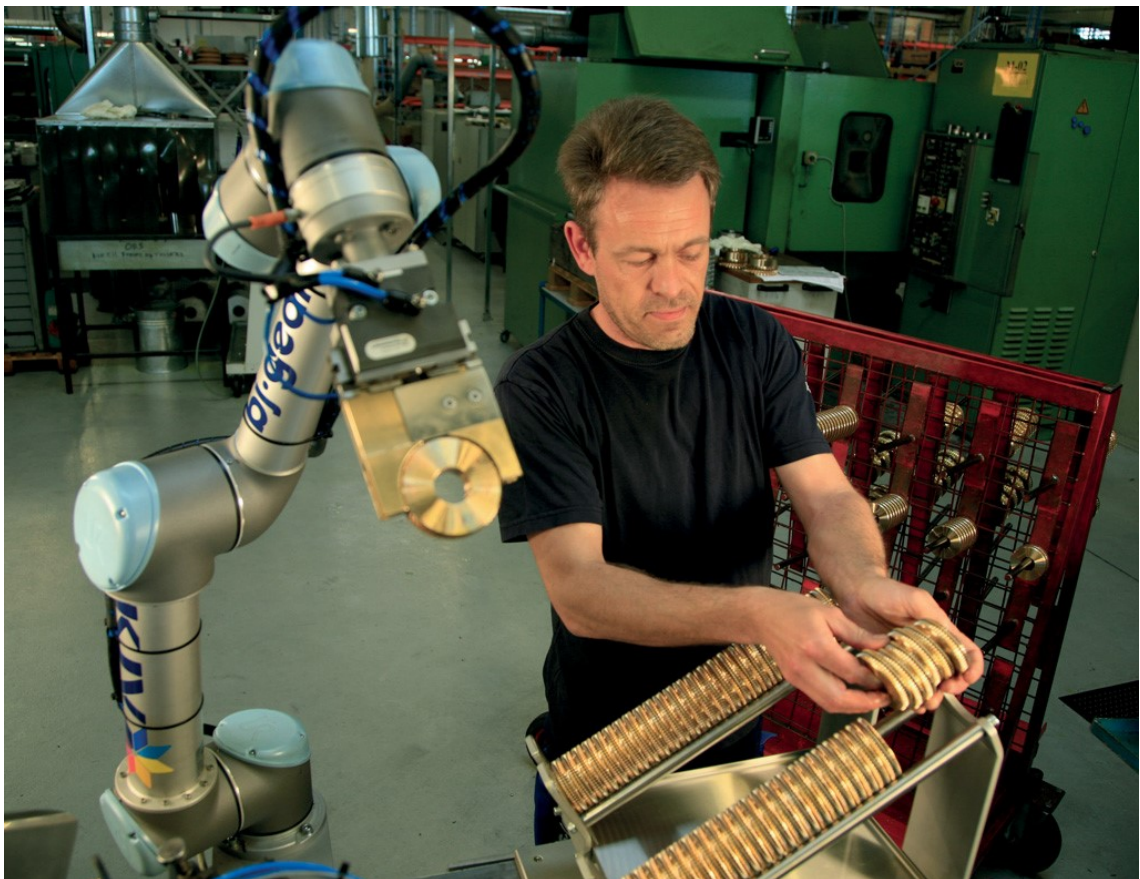


Kuva 2. Perinteinen teollisuusrobotti. [4.]

2.2 Yhteistyörobotti

Yhteistyörobottia kutsutaan cobotiksi. Cobot on lyhenne englannin kielen sanastosta collaborative robot eli yhteistyörobotti. Se on suunniteltu työskentelemään

yhteistyössä ihmisten (Kuva 3) kanssa ilman ulkoisia turvalaitteita. Kontakti ihmiseen tai johonkin muuhun esteeseen hidastaa robottia tai mahdollisesti pysäyttää robotin riippuen säädetyistä turvallisuustoimenpiteistä. Yhteistyörobotin turvallisuusominaisuuksia voidaan säätää riippuen työskentelytilasta ja yhteistyön läheisyydestä ihmisen kanssa. Yhteistyörobotti voi myös työskennellä omassa valvotussa tilassa, jolloin sen turvallisuusvaatimuksia voidaan alentaa tai jopa poistaa kokonaan. Tällöin tulee huomioida, että jos ihminen saapuu yhteistyörobotin työskentelytilaan, pitää robotin jatkaa työskentelyä ihmisen läsnäolon vaatimien turvallisuusvaatimusten kanssa, tai vaihtoehtoisesti pysähtyä. [6.]



Kuva 3. Yhteistyörobotti työskentelee ihmisen kanssa. [5.]

Yhteistyörobotti on uudelleen ohjelmoitavissa uuteen käyttökohteeseen ja työtehtävään. Pienen kokonsa puolesta sitä voidaan myös siirtää näiden käyttökohteiden välillä. Joidenkin valmistajien yhteistyörobotit on mahdollista saada

integroituna siirrettävässä kääryssä, jolla robotti voidaan kuljettaa eri käyttöpis-
teiden välillä ja telakoida työtehtävän läheisyyteen suorittamaan ohjelmoitua
tehtävää. [6.]

2.3 Yhteistyötoiminnan määrittäminen

Seuraavilla tekniikoilla toteutetut robottisovellukset katsotaan standardien mu-
kaan yhteistoiminnaksi:

- turvaluokiteltu valvottu pysäytys
- käsin ohjaaminen
- nopeuden ja vähimmäisetäisyyden valvonta
- tehon ja voiman rajoittaminen luontaisesti turvallisella suunnittelulla tai ohjauksella. (SFS-EN ISO 10218-1) [7. s.36]

Turvaluokiteltua valvottua pysäytystä, käsin ohjaamista sekä nopeuden ja vä-
himmäisetäisyyden valvontaa voidaan soveltaa perinteisiin teollisuusrobotteihin.
Tällöin tietyissä tilanteissa ne saadaan toimimaan turvallisesti yhdessä ihmisten
kanssa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ne olisivat yhteistyörobotteja. Ro-
botti on yhteistoiminnassa vain ihmisen kanssa ulkopuolisten turvajärjestelyiden
ansiosta.

Tehon ja voiman rajoittamista luontaisesti turvallisella suunnittelulla tai ohjauk-
sella tavoitellaan jo robotin suunnitteluvaiheessa. Tällöin robottia voidaan kut-
sua yhteistyörobotiksi. Robotti tunnistaa sisäisillä antureilla siihen kohdistuvat
ulkoiset voimat ja pysähtyy, jos nämä voimat ylittävät ennalta säädetyt turvara-
jat. Robottijärjestelmä ei tarvitse ulkoisia turvajärjestelmiä havaitsemaan voimia.
Ihminen ja robotti voivat työskennellä samalla työpisteellä, kun robotin voimaa
ja nopeutta on rajoitettu. Mahdollisia kosketuksia tai törmäyksiä robotin kanssa
ei tarvitse rajoittaa, koska mahdollisen kosketuksen tai törmäyksen sattuessa
robotti pysähtyy välittömästi, eikä aiheuta vaaratilanteita.

2.4 Standardit

Standardissa ISO 15066:2016 määritellään kolme erityyppistä tilannetta, joissa mahdollinen kontakti voi tapahtua:

- kontakti, joka tapahtuu tarkoituksella osana robotin ja ihmisen välistä yhteistyötä
- tarkoitukseton kontakti, joka voi olla seurausta vääristä työskentelytavoista (ei kuitenkaan vikatilanteen aiheuttama)
- vikatilanteet, jotka johtavat fyysiseen kontaktiin. [8. s.15-16]

Mahdolliset kontaktitilanteet ihmisen ja robotin välillä on jaettu kahteen kategoriaan:

- Kvasistaattinen kontakti: Kvasistaattisella kontaktilla tarkoitetaan tilannetta, jossa ihmisen jokin ruumiinosa jää puristuksiin robotin liikkuvan osan ja muun paikallaan olevan osan kanssa tai muun liikkuvan objektin kanssa, joka sijaitsee robottisolussa. Tällaisen tilanteen sattuessa, robotti kohdistaa puristuksissa olevaan ruumiinosaan voimaa tai painetta, kunnes tilanne laukeaa ja puristuksissa ollut ruumiinosa saadaan vapautettua puristuksista.
- Hetkellinen kontakti: Hetkellisellä kontaktilla tarkoitetaan tilannetta, joka syntyy, kun robotti osuu hetkellisesti johonkin ihmisen ruumiinosaan, mutta ruumiinosa ei jää puristuksiin ja robotti voi jatkaa liikettään tai poistumaan tilanteesta. Tällöin varsinainen kontaktiaika jää lyhyeksi. Hetkellisen kontaktin vakavuus riippuu robotin ja hetkellisesti osutun ruumiinosan liike-energiasta, sekä näiden välisestä suhteellisesta liikenopeudesta. [8. s.16]

Robotin ja ihmisen väliset kontaktitilanteet ovat ennakoitavissa riskiarviointia käyttäen, jolloin voidaan välttää ihmiselle vaaraa aiheuttavat tilanteet. Kaikille yhteistyörobotin tehtäville tulee suorittaa riskiarviointi ennen käyttöönottoa, jotta vaaratilanteet voidaan ennakoida ja mahdollisilta vahingoilta välttyään.

3 Yhteistyötehtävät

Tässä määritellään yhteistyörobotin tuotannossa olevat mahdolliset käyttökohdet ja niiden yhteistyötehtävät, sekä mahdolliset vaatimukset yhteistyörobotille tehtävän suorittamiseen turvallisesti.

3.1 Osakokoonpano

Osakokoonpanolla tarkoitetaan varsinaisella kokoonpanolinjastolla tarvittavien komponenttien osakokoonpanoa. Näitä komponentteja ovat kierukkavaihteen kierukka-akseli ja toisioakseli kokoonpanot (Kuva 4). Näissä komponenteissa laakerit painetaan pneumaattisella puristimella akselille.



Kuva 4. Toisio- ja kierukka-akseli kokoonpanot.

3.1.1 STA1-kierukkavaihde

STA1-kierukkavaihteessa tarvittavien kierukka-akselin ja toisioakselin osakoonpano tapahtuu käyttämällä pneumaattista puristinta (Kuva 5), jolla puristetaan laakerit paikoilleen. Tällä hetkellä työntekijä asettelee käsin laakerit ja akselin puristimeen ja molemmilla käsillä painaa puristimen aktivoivia painonappeja, jolloin puristin aktivoituu paineilmalla ja puristaa laakerit paikoilleen akselille. Kasauksen jälkeen työntekijä asettaa valmiin akseli kokoonpanon syrjään ja aloittaa prosessiin uudelleen. Yhteistyörobotilla voidaan automatisoida prosessi kokonaan.



Kuva 5. Pneumaattinen puristin.

Akseleiden osakokoonpanopaikka sijaitsee tällä hetkellä kokoonpanolinjaston yhteydessä, (Kuva 6) linjaston alkupäässä, josta läpivirtaushyllyjen kautta osat

virtaavat itse vaihteen kokoonpanopaikalle. Yhteistyörobotille kannattaa tässä tapauksessa rakentaa oma kokoonpanopiste pois itse kokoonpanolinjaston yhteydestä, jolloin se ei vie tilaa kokoonpanolinjastolla. Myös yhteistyörobotin mahdollisen häiriötilanteen tapauksessa ei koko linjaston toiminta pysähdy. Tällöin myös mahdolliset kontaktit ihmisen ja robotin välillä on minimoitu, kun robotti työskentelee omassa tilassa. Tila ei kuitenkaan tule olemaan suljettu, joten kaikkia turvallisuusvaatimuksia ei voida sivuuttaa. Mahdollisesti tilaan rakennetaan valoverho tai turvaskanneri, jolloin robotti voi työskennellä nopeutettuna ja kun ihminen saapuu valvottuun tilaan niin robotti hidastaa liikkeitä turvallisuusvaatimuksien tasolle.

Kok



Kuva 6. STA1 kierukkavaihteen kokoonpanolinjasto.

3.1.2 VTA-kierukkavaihde

VTA-kierukkavaihde on mahdollisesti tulossa Ovitor Oy:n valmistukseen investointien yhteydessä. Ovitor Oy:ssä ei ole siihen liittyvää valmistus- tai kokoonpanokokemusta, mutta vaihde on käytössä olevan STA1-kierukkavaihteen (50 mm) kaltainen, pienempi kierukkavaihde (40 mm).

3.2 Koneistamo

Koneistamossa on monta vanhaa konetta ja laitetta, joita käytetään osien työstämiseen ja valmistukseen. Näitä koneita ei ole tarkoitus uusien investointien yhteydessä. Kyseisissä koneissa on manuaalinen kappaleen syöttö ja vaihto.

3.2.1 Gleason 125GH vierintäjyrsinkone

Gleason 125GH vierintäjyrsinkonetta (Kuva 7) käytetään kierukkavaihteessa tarvittavien kierukkapyörien hammastuksen jyrsintään. Työkierrossa työntekijä asettaa sorvatut kierukkapyörä aihiot linjastolle, joka kiertää jyrsinkoneen sisään. Itse jyrsinkone toimii automaattisesti, se poimii kierukkapyörä aihion linjastolta, jysii pyörään hammastuksen ja palauttaa pyörän linjastolle, jonka jälkeen linjasto kulkee eteenpäin ja sama prosessi toistuu. Työntekijän tehtävänä on huolehtia, että kierukkapyörä aihioita riittää linjastolla ja, että valmiit hammastetut pyörät siirretään pois linjastolta. Työntekijä myös huolehtii, että laatu pysyy koko sarjan ajan hyväksyttävänä ja tekee tarvittaessa muutoksia jyrsintäasetuksiin. Yhteistyörobotilla voidaan suorittaa kierukkapyörä aihoiden ladonta linjastolle ja valmiiden jyrsittyjen pyörien siirtäminen pois linjastolta. Tällöin työntekijä voidaan vapauttaa suorittamaan muita tehtäviä. Yhteistyörobotin ja jyrsinkoneen valvonta on kuitenkin työntekijän vastuulla.



Kuva 7. Gleason 125GH vierintäjyrsinkone.

Koska yhteistyörobotti suorittaa jyrsinkoneen kappaleiden ladontaa, ei tässä tapauksessa tarvita kommunikointia jyrsinkoneen kanssa. Turvallisuusvaatimukset pitää olla huomioituna, koska robotti työskentelee avoimessa tilassa jyrsinkoneen välittömässä läheisyydessä, jonka vieressä sijaitsee kulkukäytävä, jossa liikkuu muita työntekijöitä sekä trukki.

3.2.2 AMT 8t -vetokone

AMT 8t -vetokoneella (Kuva 8) vedetään kierukkavaihteessa tarvittavan toisioakselin (holkkiakseli) reiän sisäkiilaura. Työkierto on seuraavan kaltainen. Työntekijä asettaa toisioakselin ohjainholkkiin ja painaa nappia, jolloin hydraulisesti toimiva vetokone vetää aventimen (metallinen neula, jossa on hammastus toisella puolella) toisioakselin sisäreikää vasten ja aventimen hampaat lastuavat

metallia pois akselista, jolloin toisioakselin sisäreikään tulee sisäpuolinen kii-
laura.



Kuva 8. AMT 8t -vetokone.

Vetokoneella työskentely on raskasta sen yksitoikkoisuuden vuoksi ja se rasittaa todella paljon työntekijän ylävartaloa ja käsiä. Työ on myös erittäin sotkevaa ja öljyistä, koska avenninta pitää voidella öljyllä kitkan pienentämiseksi käyttäen pensseliä vetokoneen vetäessä avenninta akselin läpi. Kesällä työ on myös erittäin kuumaa ja hiostavaa, koska vetokoneella työskennellään noin 1,5 metriä lattia tason yläpuolella. Koneistamossa olevista koneista johtuva lämpö ja sorvauksessa käytettävien teräpalojen kitkan minimoimiseen ja jäähdytykseen käytettävä leikkuunesteen höyrystyminen ilmaan tekee työstä vieläkin epämieluisempää.

Yhteistyörobotin pitää kommunikoida vetokoneen ohjainyksikön kanssa, jotta yhteistyö onnistuu. Lisäksi prosessissa käytettävän voiteluöljyn takia, robotin käsivarsi ja tarttuja pitää olla suojattuna öljyä vastaan. Työntekijä vapautuu hoitamaan muita tehtäviä, mutta työntekijän pitää olla vetokoneen välittömässä läheisyydessä valvomassa yhteistoimintaa.

3.2.3 Okuma LC-20 CNC-sorvi

Okuman LC-20 CNC-sorvilla (Kuva 9) koneistetaan lähinnä muita kokoonpanossa tarvittavia osia, joita käytetään muissa Ovitor Oy:n tuotteissa. Näissä valmistuserät ovat pienempiä kuin konsernille toimitettavien vaihteiden valmistuserät. On kuitenkin huomattavia, että työprosessin automatisointia kannattaa miettiä yhteistyörobotilla tehtäväksi.



Kuva 9. Okuma LC-20 CNC-sorvi.

Kuvan CNC-sorvi on otettu käyttöön 80-luvulla, joten sen työstettävän kappaleen asettaminen sorviin ja vaihto tapahtuu manuaalisesti työntekijän puolesta. Työntekijä asettaa työstettävän kappaleen sorvin istukan leukoihin painamalla lattialla sijaitsevaa pedaalia jalalla ja, kun kappale on leuoissa kiinni työntekijä vapauttaa pedaalin, jolloin leuat sulkeutuvat ja kappaleen työstö voi alkaa. Ennen sitä työntekijä sulkee sorvin oven ja painaa ohjauspaneelista nappia, jolloin automaattinen työstöohjelman mukainen työkierto alkaa. Kun kappale on valmiiksi työstetty, työntekijä avaa oven, vapauttaa sorvin istukan leuat painamalla jalalla pedaalia ja poistaa valmiiksi työstetyn kappaleen ja laittaa uuden kappaleen leukoihin ja prosessi voi alkaa uudestaan.

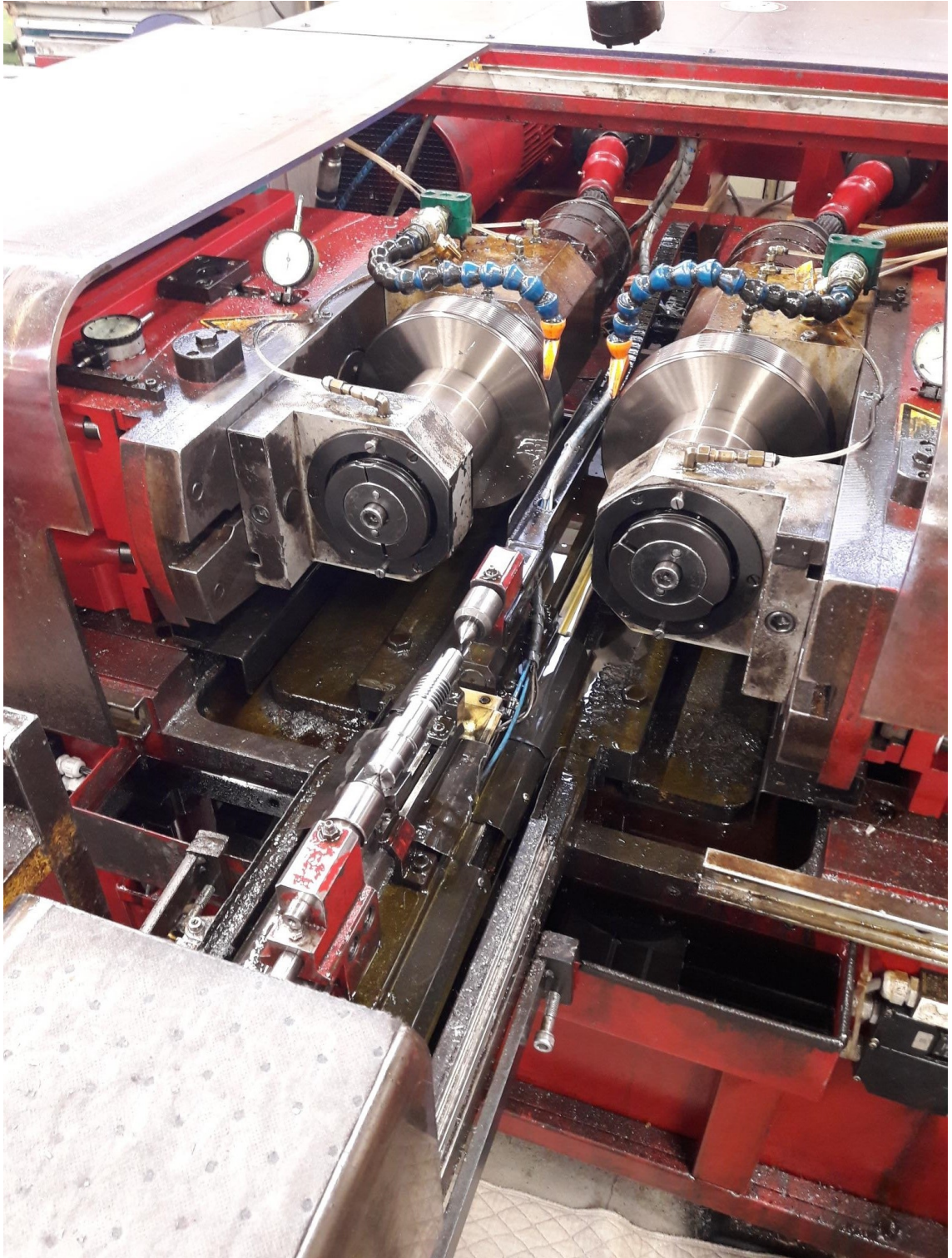
Tässä tapauksessa prosessi voidaan automatisoida yhteistyörobotilla, jolloin työntekijä vapautuu hoitamaan muita tehtäviä. Työntekijä kuitenkin huolehtii,

että työstettäviä kappaleita riittää ja laatu pysyy koko sarjan aikana hyväksyttävänä. Tarvittaessa työntekijä säätää työstöarvoja CNC-sorvissa, että työstettävän kappaleen mitat pysyvät toleransseissaan.

Yhteistyörobotin ja CNC-sorvin tulee keskustella keskenään, jotta työkierto onnistuu. Myös CNC-sorvin oven automatisointia tulee miettiä, koska nyt sen toiminta on manuaalista työntekijän toimesta. Jos yhteistyörobotti ja CNC-sorvi saadaan keskustelemaan keskenään, niin silloin sorvilta saadaan tieto, milloin kappaleen työstö on valmis ja robotti voi mahdollisesti avata omalla robotin tarraimella sorvin oven ja myös sulkea sen ennen kuin esimerkiksi painaa tarraimella CNC-sorvin ohjauspaneelista työstön aloittavaa Start-nappia.

3.2.4 Bad Düben PRZ 20 CNC-valssauskone

Bad Düben PRZ 20 CNC-valssauskoneessa (Kuva 10) kierukka-akseli aihioon valssataan eli kylmämuokataan itse kierukkaosa eli varsinainen välityksen kierre. Työntekijä asettaa kierukka-akseli aihion valssauskoneen siirtokelkan pidikkeeseen ja painaa sen jälkeen valssauskoneen ohjauspaneelissa sijaitsevaa Start-painiketta, jolloin automaattinen työkierto käynnistyy. Siirtokelkan kärjet sulkeutuvat akselin päissä oleviin keskiökoloihin ja siirtokelkka vie akselin valssauskoneen sisälle, jossa varsinainen valssaus tapahtuu. Kun akseli on paikoillaan valssirullien keskellä, valssirullat käynnistyvät pyörimään ja painavat kovalla paineella toisiaan vasten samalla pyörittäen rullien välissä olevaa akselia. Valssirullien ulkokehällä olevat kierteet muovaavat akseliin kierteen. Kun kierre on valmis, rullat erkautuvat toisistaan ja kelkka palaa takaisin aloituspisteeseen, jolloin työntekijä voi vaihtaa akselin uuteen ja aloittaa prosessi uudestaan.



Kuva 10. Bad Düben PRZ 20 CNC-valssauskone.

Tässä tapauksessa prosessi voidaan automatisoida yhteistyörobotilla, jolloin työntekijä vapautuu muihin tehtäviin. Työntekijän huolehdittavaksi jää aiheiden riittävyys, laadunvarmistus ja työstöarvojen säätö.

Yhteistyörobotin ja valssauskoneen tulee keskustella keskenään, jotta prosessissa ei tapahdu häiriöitä. Valssauskoneen ovet ja luukku toimivat automaattisesti, joten niistä robotin ei tarvitse huolehti. Kuvassa 10 valssauskoneen ovet ja luukku on auki-asennossa. Robotti tarvitsee vain tiedon, milloin kappale on valmis vaihdettavaksi ja valssauskone tarvitsee tiedon robotilta, milloin prosessin voi aloittaa. Robotti voi tarvittaessa painaa tarraimella valssauskoneen ohjauspaneelin Start-nappia.

Turvallisuusvaatimukset pitää olla huomioituna, koska robotti työskentelee avoimessa tilassa valssauskoneen välittömässä läheisyydessä, jonka vieressä sijaitsee kulkukäytävä, jossa liikkuu muita työntekijöitä sekä trukki.

3.3 Laadunvalvonta

Osana Ovitor Oy:n laatu järjestelmää ja ISO 9001-sertifikaattia, meidän tulee pystyä osoittamaan ja mittaamaan koneistamon laatu työstettävien kappaleiden osalta. Kappaleiden työstösarjan aikana karkea kappaleiden mittaaminen tapahtuu mikrometreillä ja tulkeilla. Ja näiden mittauksien perusteella tehdään muutoksia työstöprosessiin säätämällä koneistettavan kappaleen asetuksia. [9.]

3.3.1 Mitutoyo EURO-C574 3D-koordinaattimittauskone

Työstettävät kappaleet, joita ei pystytä mittaamaan käsikäyttöisillä mittalaitteilla, tai halutessa tarkempaa analyysiä työstettävän kappaleen mitoista työstöarvojen säätämiseen tai laadunvalvontaa varten, mittaus suoritetaan Mitutoyon EURO-C574 3D-koordinaattimittauskoneella. Kuva 11.



Kuva 11. Mitutoyo EURO-C574 3D-koordinaattimittauskone.

Mittauskoneella mittaus tapahtuu valmiiksi ohjelmoidulla mittausohjelmalla, joka suorittaa mittauksen automaattisesti ennalta ohjelmoitujen pisteiden avulla.

Työntekijän tehtävänä on asettaa mitattava kappale mittauskoneen pöytätasolla sijaitsevaan kiinnittimeen. Kun mitattava kappale on kiinnitetty kiinnittimeen, työntekijä aloittaa mittausprosessin painamalla mittauskoneen Start-nappia. Mittauksen jälkeen mittausvarsi siirtyy takaisin aloitusasentoon, jolloin työntekijä voi vaihtaa mitatun kappaleen uuteen. Kappaleen mittauksia voidaan tarkastella tietokoneen näytöltä graafisesti ja numerollisesti.

Prosessi voidaan automatisoida yhteistyörobotilla, mutta jotta se olisi järkevää tuotannollisesti pitäisi mittauksia vaativien kappaleiden sarja olla satoja kappaleita kerralla. Mittauskone sijaitsee omassa huoneessaan erillään tuotannosta, jolloin automatisoitu mittausprosessi voitaisiin jättää työskentelemään yksinään, kun pääsy huoneeseen estettäisiin muilta työntekijöiltä.

3.4 Pakkaamo

Pakkaamossa työskentelee tällä hetkellä 2 henkilöä. Nämä henkilöt hoitavan kaikkien Ovitor Oy:n tuotteiden pakkaamisen ja lähettämisen eteenpäin asiakkaille. Myös tavaravastaanotto ja tavaroiden vastaanottotarkastuksen suorittaminen ja tavaroiden jakelu oikeille osastoille ja mahdollisille hyllypaikoille kuuluu heidän työnkuvaansa.

Ajoittaisten ruuhkien helpottamiseksi ja työntekijöiden vapauttamiseksi muihin tehtäviin yhteistyörobotia sovellettaisiin konsernille toimitettavien kierukkavaihteiden pakkaamista kuljetushäkkeihin.

3.4.1 Vaihteiden pakkaaminen

Konsernille toimitettavat kierukkavaihteet pakataan metallisiin kuljetushäkkeihin (Kuva 12), johon yhteen häkkiin pakataan 175 kappaleita vaihteita. Osa vaihteista pakataan häkkeihin jo kokoonpanon puolella, osa vaihteista kuljetetaan kärryillä kokoonpanosta pakkaamon puolelle, jossa vaihteiden pakkaaminen tapahtuu.



Kuva 12. STA1-vaihteita metallisessa kuljetuslaatikossa.

Kierukkavaihteiden paino on keskimäärin noin 4,5 kg. Tämä asettaa yhteistyörobotille kappaleen käsittelyyn liittyvän painovaatimuksen. Myös vaihteiden pakkaaminen kuljetushäkkeihin asettaa yhteistyörobotin ulottuvuudelle vaatimuksen.

4 Vaatimukset yhteistyörobotille

Yhteistyörobotille asetetaan vaatimuksia, jotta edellä mainitut työtehtävät pystytään hoitamaan. Työn selvityksessä luotiin vaatimuslista, jossa yhteistyörobotille asetettiin vaatimuksia ja toiveita.

4.1 Turvallisuus

Kun puhutaan yhteistyörobotista, on jo robotin suunnitteluvaiheessa otettu huomioon turvallisuus standardin SFS-EN ISO 10218-1 mukaisen tehon ja voiman rajoittamisesta turvallisella suunnittelulla tai ohjauksella. [10. s.38]

Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö turvallisuutta olisi ajateltu pidemmälle kuin standardin vähimmäisvaatimus.

Myös riskiarviointi tulee suorittaa jokaisen käyttökohteen ja työtehtävän yhteydessä, jotta vältetään vahingoilta tai muilta yllättäviltä tilanteilta, jotka mahdollisesti johtavat vahinkoon tai ihmiseen loukkaantumiseen.

4.1.1 Toteutus

Vaatimuksia yhteistyörobotille miettiessä tuli seuraavia asioita mieleen, koskien juuri turvallisuutta ja sen toteutusta. Turvallisuusominaisuuksia olisi hyvä voida säätää, koska jos yhteistyörobotti on monipuolisessa käytössä, jossa se käsittelee eri kokoisia ja painosia kappaleita, niin silloin myös robotin käsivarren liikkeitä tulee saada säätää nopeammaksi tai hitaammaksi. Myös tulee ottaa huomioon painavimpien kappaleiden muodostamat liike-energiat yhdessä robotin käsivarren liikkeen kanssa.

Koska yhteistyörobotti sijoitetaan, joko samalle työskentelyalueelle työntekijän kanssa tai sen välittömään läheisyyteen, pitää turvallisuudessa ottaa huomioon kontakti ihmisen kanssa. Myös käytävän viereen sijoitettu yhteistyörobotin pitää ottaa huomioon käytävällä kulkevat työntekijät ja myös trukki, joka kuljettaa tavaroita käytäviä pitkin. Mahdollisesti käytävän viereen sijoitetun yhteistyörobotin turvallisuutta voidaan parantaa valoverholla tai turvaskannerilla, joka havaitsee työntekijän tai trukin robotin välittömässä läheisyydessä tai työskentelyalueella. Tällöin yhteistyörobotti voi hidastaa liikkeitä vaatimuksien alapuolelle, jolloin vältetään vahingoilta törmäyksen sattuessa.

On myös huomioitava toimenpiteet kontaktin yhteydessä, miten yhteistyörobotti reagoi kontaktiin. On selvitettävä, onko kontaktin vaikutusaikaa ja voimakkuutta mahdollista muuttaa niin, ettei yhteistyörobotti hidasta itseään tai pysähdy kokonaan, jos pieni kontakti ihmisen tai jonkun muun esteen kanssa tapahtuu. Tämä tietenkin on vain mahdollista tilanteessa, jossa robotti ja työntekijä tekevät yhteistyötä kappaleiden siirtämisessä, esimerkiksi robotti ojentaa kappaleen työntekijälle, jolloin työntekijä ottaa kappaleen robotin tarraimen hallusta. Myös prosessiin kuuluva sorvin oven aukaisu tai työkalun, esimerkiksi aventimen voitelu, saattaa aiheuttaa robotin työkaluun ja sitä kautta robotin käsivarteen erilaisia kontakteja ja voimankäytön vaihteluita.

4.2 Käyttöönotto

Käyttöönotto käsittää yhteistyörobotin käyttöönoton ensimmäistä kertaa haluttuun käyttökohteeseen ja työtehtävään. Käyttöönoton yhteydessä tulee suorittaa käyttöympäristön riskiarviointi. Käyttöönoton yhteydessä suoritetaan myös robotin ohjelmointi kyseiseen työtehtävään.

4.2.1 Toteutus

Yhteistyörobotin ohjelmointi tapoja on monenlaisia. Yksinkertaisimmillaan ohjelmointi tapahtuu vuokaaviomallisella ohjelmoinnilla, joka suoritetaan graafista käyttöliittymää hyödyntäen robotin ohjainyksikköön liitetyn tablettiohjaimen avulla. Myös yhteistyörobotin käsivarren käsiohjaus on mahdollista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ihminen ohjaa kädellä robottia paikasta A paikkaan B ja tallentaa ohjelmaan käskyn, että robotin pitää kulkea tämä siirtymä.

4.3 Uudelleen ohjelmointi

Jotta yhteistyörobotti on mahdollisimman monipuolinen ja -käyttöinen, on uudelleen ohjelmointi uuteen käyttökohteeseen ja työtehtävään oltava mahdollinen. Kun valitaan esimerkiksi yhtä yhteistyörobottia hoitamaan montaa eri työtehtävää, pitää robotin valinta tehdä sen työtehtävän mukaan, jossa on tiukimmat

vaatimukset robotille, esimerkiksi kappaleen paino tai robotti käsivarren ulottuvuus. Robotin käsivarteen kiinnittyvä tarrain on myös hyvä katsoa mahdollisimman monikäyttöiseksi, mutta jos käsiteltävä kappale, sen muoto tai työtehtävän ympäristö voi rajoittaa tarrainta, silloin kannattaa harkita sen työtehtävän hoitamiseen kokonaan omaa tarrainta.

4.4 Siirrettävyys

Jotta yhteistyörobotti olisi mahdollisimman monipuolinen ja -käyttöinen on siirrettävyys melkein pä ehdotonta.

4.4.1 Toteutus / eri vaihtoehdot

Siirrettävyys on toteutettavissa, jos valmistaja on valmistanut yhteistyörobotin siirrettävyyttä silmällä pitäen. Joillakin valmistajilla on saatavilla yhteistyörobotti kuljetuskärryyn valmiiksi integroituna. Jotta robotti on siirrettävissä toiseen käyttökohteeseen, pitää kuljetuskärryssä olla kaikki yhteistyörobotin tarvitsemat komponentit ja laitteet, esimerkiksi robotin käsivarsi, ohjainyksikkö, tarvittavat kaapelit ja ohjaamiseen, sekä ohjelmointiin tarkoitettu ohjainlaite. Jos yhteistyörobotti sijaitsee kuljetuskärryyn integroituna, täytyy muistaa, että kappaleen paino ja ulottuvuus rajoittaa kuljetuskärry mahdollisuutta, koska kuljetuskärry pitää pystyä kiinnittämään tukevasti alustaan, eikä kappaleen paino tai robotin liikkeet saa johtaa kuljetuskärryn epätasapainoon ja mahdolliseen kaatumiseen.

Kuljetuskärryn voi tietenkin itsekkin rakentaa palvelemaan yhteistyörobotin siirrettävyyttä paikasta toiseen. Tällöin on hyvä huolehtia kuljetuskärryn vakauksesta työtehtävän suorittamisen aikana.

4.5 Tekninen tuki

Teknisen tuen saaminen on tuotannon kannalta erittäin tärkeää. Yhteistyörobotti, joka ei teknisen ongelman tai häiriön takia ole käytettävissä on turha ja

mahdollisesti vain viivästyttää tuotantoa. Suomenkielinen tekninen tuki edesauttaa ongelman tai häiriön korjaamisessa. Näin tuotannon työntekijälläkin on mahdollista ottaa yhteyttä tekniseen tukeen ja kysyä apua ongelman selvittämisessä. Lisäksi toimihenkilöitä, jotka voisivat auttaa ongelman selvittämisessä, ei välttämättä ole paikalla auttamassa.

4.6 Etäyhteys

Teknisen tuen etäyhteys yhteistyörobottiin auttaa häiriön tai ongelman selvittämisessä. Myös toimihenkilöllä, joka työskentelee esimerkiksi etänä, olisi hyvä olla etäyhteys mahdollisuus robottiin. Näin ongelma voitaisiin saada korjattua ennen kuin tekniseen tukeen otetaan yhteyttä. Lisäksi itsenäisesti ongelmia ja mahdollisia vikatilanteita selvitellessä, selvitystyöstä karttuu kokemusta, ja tulevaisuudessa ei tarvitse välttämättä ottaa yhteyttä tekniseen tukeen ongelman selvittämiseksi.

4.7 Takaisinmaksu

Yhteistyörobotti investointi olisi hyvä saada maksettu takaisin vuodessa. Näin ollen investointi olisi kannattavaa ja se mahdollistaisi lisäinvestoinnit robotteihin.

4.8 Muokattavuus eri työtehtäviin

Yhteistyörobotin siirrettävyys mahdollistaa robotin muokattavuuden eri työtehtäviin. Myös robotin tarraimien saatavuus ja nopea vaihto, mahdollistavat muokattavuuden. Ohjelmoinnin helppous ja nopeus edesauttavat muokattavuutta.

4.9 Työtehtävän tunnistus siirron jälkeen

Kun yhteistyörobotti on onnistuneesti siirretty uuteen ennalta ohjelmoituun työtehtävään, työtehtävän tunnistus tapahtuu työntekijän puolesta. Koska työtehtävä on ennalta ohjelmoitu, se on nimetty robotin ohjausjärjestelmään esimer-

kiksi työtehtävän mukaan, jolloin työntekijä tunnistaa ohjelmoidun ohjelman robotin ohjausjärjestelmästä. Jos on samankaltaisia työtehtäviä niin silloin työtehtävät kannattaa eritellä tunnistettavilla nimillä, jotta tunnistus tapahtuu varmasti, eikä väärinkäsityksiä pääse syntymään.

Joillakin yhteistyörobotivalmistajilla on integroituna konenäköjärjestelmä robotiin. Tällöin voidaan käyttää hyväksi robotin kameraa ja tunnistus tapahtuu automaattisesti, kun kamera kuvaa esimerkiksi tarran tai jonkin muun pysyvän kiinteän kohteen, mistä konenäköjärjestelmä voi tunnistaa käyttökohteen ja -tehtävän.

Joidenkin valmistajien ohjainyksikössä on valmius konenäköjärjestelmälle, jolloin voidaan käyttää muiden valmistajien konenäköjärjestelmää robotin yhteydessä.

4.10 IP-suojaus

Koneistamossa käytetään leikkuunestettä työstettävien kappaleiden työstöön tarkoitettujen teräpalojen jäähdytykseen ja kitkan minimoimiseen. Veto- ja valsaus koneella käytetään työstön yhteydessä öljyä jäähdytykseen ja kitkan minimoimiseen. Tästä syystä työstettävät kappaleet ovat näiden nesteiden peitossa, kun ne otetaan kyseisistä koneista pois työstön jälkeen. Tämä asettaa tarraimelle ja robotin käsivarrelle suojausvaatimuksia. Kyseiset nesteet eivät saa myöskään häiritä tarraimen kappaleeseen kohdistuvien tartuntapintojen kitkaa.

4.11 Kommunikointi

Jotta yhteistyörobotin käyttö olisi mahdollisimman monipuolista, olisi hyvä, että robotissa on monipuoliset liitännät ohjainyksikössä, jotta kommunikointi sujuu myös vanhempien koneiden ja laitteiden kanssa, joissa ei välttämättä ole nykyaikaisia liitäntöjä.

4.12 Hyötykuorma ja ulottuvuus

Yhteistyörobotin hyötykuorma rajataan 5 kg ja ulottuvuus 900 mm, jolloin saadaan rajattua pois vertailusta ne yhteistyörobottivalmistajat ja -mallit, jotka ei sovellu meidän käyttöömme. Hyötykuormassa pitää ottaa huomioon myös tarraimen tai muun työtehtävän hoitamiseen tarkoitettun työkalun paino.

5 Vaatimuksien pisteytys ja painokertoimet

Parhaan yhteistyörobottivaihtoehdon löytämiseksi vaatimukset listattiin ja vaatimuksista muodostettiin arvostelukriteerit. Näille asetettiin painokertoimet, sen mukaan kuinka tärkeänä vaatimus katsottiin olevan kokonaisuutta ajatellen.

5.1 Arvostelukriteerit vaatimuslistan pohjalta

Seuraavat arvostelukriteerit laadittiin vaatimuksien pohjalta:

- turvallisuus
- ohjelmointi
- siirrettävyys
- tekninen tuki
- IP-suojaus
- ohjainyksikön tulot ja lähdöt
- etäyhteys.

5.2 Painokertoimien luominen

Näille arvostelukriteereille laadittiin painokertoimet, painottamaan annetun arvosanan vaikutusta sen mukaan kuinka tärkeäksi arvostelukriteeri katsottiin olevan yhteistyörobotissa ja työtehtävän hoidossa.

Ohjelmointi ja siirrettävyys katsottiin tärkeimmiksi ominaisuuksiksi. Toiseksi tärkeimmiksi tekninen tuki ja etäyhteys. Se, miksi turvallisuus katsottiin arvostelukriteereistä alimman painokertoimen arvoiseksi, johtuu siitä, että kaikki listatut yhteistyörobottivalmistajat ja -mallit ovat suunniteltu lähtökohtaisesti yhteistyöroboteiksi. Näin ollen niissä on automaattisesti turvallisuus otettu huomioon. Lähinnä kyse oli siitä, että miten turvallisuus on toteutettu ja pystyykö sitä säätämään työtehtävän mukaan.

6 Ratkaisuvaihtoehdon valinta

Liitteessä 1 on esitelty pisteytystaulukko. Kuten taulukosta nähdään OMRON TM12 yhteistyörobotti sai eniten pisteitä. Universal Robots:n UR5e tuli toiseksi ainoastaan 0,25 pisteen erolla. Kolmanneksi sijoittuivat tasapistein KUKA LBR iiwa ja Yaskawa Motoman HC10.

6.1 Perustelut

Erottava tekijä OMRON TM12 (Kuva 13) ja Universal Robots:n UR5e roboteissa oli etäyhteys, joka löytyy OMRON:n yhteistyörobotista vakiona ja Universal Robots:sista lisävarusteena.



Kuva 13. OMRON TM12 yhteistyörobotti siirrettävyyden mahdollistavalla käreällä. [11.]

Myös turvallisuudessa näistä kahdesta löytyi eroavaisuuksia, molemmissa turvallisuusparametrit ovat säädettävissä, mutta Universal Robots:n yhteistyörobotissa on jopa 17 erilaista säädettävää turvallisuusparametria.

Siirrettävyyden kannalta OMRON oli parempi, koska sen valmiiksi liikuteltavalla kuljetuskäreällä. Universal Robots:n yhteistyörobotti on myös suunniteltu siirrettäväksi, mutta kuljetuskäreä ei ole saatavilla valmistajan toimesta.

Suomenkielinen valmistajan tekninen tuki on saatavilla vain OMRON:in puolesta. Universal Robots:n on saatavilla myös teknisestä tukesta suomeksi, mutta tämä on jälleenmyyjän toimesta.

Suojauksen puolesta molemmat ovat robotin käsivarren osalta suojattuna IP54, joka on riittävä suojaus leikkuunestettä ja öljyä vastaan. Tarvittaessa robotin käsivarsi voidaan suojata erillisellä roiskesuojalla. Tarraimen valinnassa kannattaa

kiinnittää huomiota suojaukseen, koska tarrain on kontaktissa käsiteltävän kappaleen kanssa.

OMRON TM12 yhteistyörobotin valintaa puoltaa myös se, että se on ainoa robotti, jossa on integroitu konenäköjärjestelmä. Rethink Robotics Sawyer yhteistyörobotissa on sulautettu konenäköjärjestelmä, mutta siinä itse kamera sijaitsee robotin rungossa, kun taas OMRON:ssa kamera sijaitsee robotin käsivarren päässä. Tästä on se etu, että robotilla voidaan ottaa kuva esimerkiksi kappaleesta, joka on pöydällä. Kun taas Rethink Robotics:lla kappale pitää tuoda kameralan eteen robotin käsivarrella. Muissa yhteistyöroboteissa oli otettu konenäköjärjestelmä huomioon ja niihin on mahdollista asentaa toisen valmistajan konenäköjärjestelmä. Jotta tämä onnistuu, täytyy robotin ohjainyksikön tukea konenäköjärjestelmää. [12.] [13.]

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää millainen ja minkä valmistajan yhteistyörobotti soveltuu parhaiten Oviton Oy:n tuotannon tehostamiseen ottaen huomioon robotin ominaisuuksille asetetut tavoitteet ja myös tuotannossa olevien työtehtävien hoitamiseen asetetut edellytykset.

Selvitys toteutettiin tutustumalla saatavilla oleviin nykyaikaisiin yhteistyörobotteihin ja niiden ominaisuuksiin. Tietoa haettiin myös viime vuosina tehdyistä opinnäytetöistä, koska niissä on ratkottu oikeiden yritysten oikeita ongelmia ja haettu ratkaisuja niihin. Myös internetistä löytyvää aineistoa tutkittiin erilaisten julkaisujen ja valmistajien opetusvideoiden muodossa. Lisäksi yhteistyörobottien käyttäjien lataamista videoista sai hyviä vinkkejä robotien mahdollisuuksista ja käytännön asioista.

Jotta pystyimme määrittelemään yhteistyörobotille vaaditut ominaisuudet, selvitimme ja määrittelimme robotin käyttökohteet ja työtehtävät tuotannossa. Selvitimme mitä ominaisuuksia käyttökohde ympäristöineen asettaa robotille ja mitä vaatimuksia työtehtävän hoitaminen asettaa robotin yhteistyötoiminnalle. Myös

yhteistyörobotin kanssa työskentelevien työntekijöiden valmius työskennellä robotin kanssa otettiin huomioon turvallisuuden ja teknisen tuen myötä. Tällä ajeltiin olevan yhteistyörobotin kanssa työskentelyä helpottava ja työskentelykynnystä madaltava asia. Tarkempiin teknisiin yksityiskohtiin ei selvitystyössä keskitytty, koska näistä asioista paras tieto taito ja kokemus on kyseisellä valmistajalla tai jälleenmyyjällä.

Selvitystyön tuloksena saimme käsityksen mikä yhteistyörobottivalmistaja ja -malli on Ovitor Oy:n tarpeisiin paras vaihtoehto. Tilanne olisi varmasti ollut erilainen, jos käyttökohteet ja näissä olevat työtehtävät ja niiden suorittamiseen vaaditut vaatimukset olisivat olleet erilaiset. Siksi olikin tärkeää, että selvitimme kohteet ja tehtävät sekä näissä vaaditut asiat. Myös tehtävän hoitamiseen vaadittu työkierto on tärkeää selvittää, jotta kokonaiskuva tehtävän hoitamisesta on selvä.

Kokonaiskustannukset yhteistyörobotin investoinnissa ovat arvioita, joilla haetaan investoinnin suuruusluokkaa. Tässä tapauksessa OMRON TM12 yhteistyörobotin investointi olisi suuruusluokkaa 40 000–50 000 €:n riippuen hyvin pitkälti lisävarusteista ja ominaisuuksien teknisistä toteutuksista. Myös itse työkalun eli tarraimen investointi korottaa kustannuksia, varsinkin jos hankitaan useampi tarrain yhden robotin käytettäväksi työtehtävän mukaan. Useamman valmistajan tarraimen voi vaihtaa otepinnaat, joten itse työkalu pysyy samana, mutta otepinnoja vaihtamalla saadaan monikäyttöisyyttä työtehtävän mukaan. Tarvetta useampaan työkaluun ei meidän tapauksessamme ole, koska käsiteltävät kappaleet ovat akseleita, laakereita tai kokonaisia vaihteita. Joten jos tarraimen oteleveys ja -syvyys riittää kaikkien kappaleiden ja tuotteiden käsitteilyyn, pärjätään yhdellä tarraimella.

Yhteistyörobotti ala kehittyä huimaa vauhtia, joten tarkastelu on syytä tehdä uudestaan yhteistyörobotin hankkimisen yhteydessä. Varsinkin robotin ohjelmointi ja helppokäyttöisyys kehittyvät jatkuvasti. Myös yhteistyörobottien ympärille rakentuva ekosysteemi kehittyä huimaa vauhtia erilaisten ratkaisujen, työkalujen ja sovellusten muodossa.

Kokonaisuudessaan työ voidaan katsoa onnistuneeksi. Meillä on selkeä käsitys yhteistyörobottien mahdollisuuksista ja teknisistä ominaisuuksista. Tulevien investointien yhteydessä voimme puhua jopa useamman yhteistyörobotin hankkimisesta. Itselleni työn parissa työskentely on ollut todella silmiä avaava kokemus yhteistyörobottien mahdollisuuksista konepaja ympäristössä ja muissakin teollisuuden ympäristöissä. Mielenkiinnolla odotan miten ja mihin suuntaan yhteistyörobotiala kokonaisuudessaan kehittyy tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Lazarte, Maria. 2016. Robots and humans can work together with new ISO guidance. Viitattu 31.5.2021. <https://www.iso.org/news/2016/03/Ref2057.html>.
- 2 Collaborative Robotic Trends. Collaborative Robots Comparison Tool. Viitattu 23.5.2021. <https://www.cobottrends.com/cobot-comparison-tool>.
- 3 Robotiq. N.d.a. Cobots ebook. Viitattu 31.5.2021. <https://blog.robotiq.com/hubfs/COBOT%20EBOOK%20FINAL.pdf>.
- 4 Robotworks. The Industrial Robotic Arm -- An Engineering Marvel. Viitattu 23.5.2021. <https://www.robots.com/articles/the-industrial-robotic-arm-an-engineering-marvel>.
- 5 Universal Robots. La fabbrica del future. Viitattu 23.5.2021. <https://blog.universal-robots.com/it/la-fabbrica-del-2035>.
- 6 Belanger-Barrette, Mathieu. 2016. What Does Collaborative Robot Mean? Blogi-kirjoitus. Viitattu 22.5.2021. <https://blog.robotiq.com/what-does-collaborative-robot-mean>.
- 7 SFS-EN ISO 10218-1 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. 2013. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 22.5.2021. <https://www.sfs.fi>.
- 8 ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices-collaborative robots. 2016. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 22.5.2021. <https://www.sfs.fi>.
- 9 Laatuksikirja. 2021. Oviton Oy:n laatuksikirja. Viitattu 24.5.2021.
- 10 SFS-EN ISO 10218-2 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robotijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. 2013. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 22.5.2021. <https://www.sfs.fi>.
- 11 OMRON. OMRON Corp. ja yhteistyörobotteja valmistava taiwanilainen Techman Robot Inc. strategiseen yhteistyöhön. Viitattu 23.5.2021. <https://industrial.omron.fi/fi/news-events/news/techman-strategic-alliance>.
- 12 OMRON. 2021. OMRON TM-yhteistyörobotit-esite. Viitattu 8.5.2021. https://assets.omron.eu/downloads/brochure/fi/v17/i850_tm_collaborative_robot_brochure_fi.pdf.
- 13 Universal Robots A/S. 2021. URe-sarja-esite. Viitattu 8.5.2021. https://www.posicraft.fi/wp-content/uploads/Universal-Robots_e-Series_brochure.pdf.

Pisteytystaulukko

Pisteytystaulukko

Valmistaja, malli	1. Turvallisuus Painokerroin 0,1	2. Ohjelmointi Painokerroin 0,2	3. Siirrettävyys Painokerroin 0,2	4. Tekninen tuki Painokerroin 0,15	5. IP-suojaus Painokerroin 0,1	6. I/O-tulot ja lähdöt Painokerroin 0,1	7. Etäyhteys Painokerroin 0,15	Yhteensä:
1. EPSON VT6L	5	6	6	2	10	5	4	5,30
2. FANUC CRX-10i A	8	10	7	3	10	3	4	6,55
3. OMRON TM12	9	10	10	10	8	9	10	9,60
4. Rethink Robotics Sawyer	9	10	10	4	8	6	4	7,50
5. Universal Robots UR5e	10	10	9	10	8	9	9	9,35
6. KUKA LBR iiwa	9	10	9	8	8	7	4	8,00
7. Kassow Robots KR1205	8	8	7	10	8	10	4	7,70
8. Yaskawa Motoman HC10	8	10	9	10	6	7	4	8,00

Arvostelu:

1-4 Huono / Puutteellinen

5-7 Riittävä

8-10 Hyvä / Erinomainen

Tulokset:

1. OMRON TM12	9,60
2. Universal Robots UR5e	9,35
3. KUKA LBR iiwa / Yaskawa Motoman HC10	8,00