

Piritta Marjamäki

ROBOTISOITU JÄYSTEENPOISTO

Tekniikka ja liikenne

2012

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Piritta Marjamäki
Opinnäytetyön nimi	Robotisoitu jäysteenpoisto
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	46 + 13 liitettä
Ohjaaja	Mika Billing

Tässä insinööriyössä käsitellään jäysteenpoiston toteutusta robotilla. Opinnäytetyö tehtiin OT-Koneistus Oy:lle, joka on koneistuspaaja Laihialla. Robottina toimi Fanucin robotti malliltaan M6iB. Yritykseen on tulossa tuotantoon isompi kappale ja nykyisen solun jotkin osat jäävät pieniksi. Tavoitteena tässä työssä on tehdä tarvittavat muutokset sekä jo olemassa olevaan jäysteenpoistosoluun että robotin tarraimeen ja työkaluihin. Solumuutoksiin kuuluvat myös kuljettimen muuttaminen niin, että saataisiin kappale sekä tulemaan että poistumaan solusta sujuvasti. Tarkoituksena on, että solu toimisi mahdollisimman kauan ilman ihmisen apua eli automaattisesti.

Tämän projektin tärkeimpinä opiskeltavina asioina olivat automatisointi, jäysteenpoisto sekä robotit ja niiden oheislaitteet. Teoriapuoleen syventyminen alkoi jäysteestä. Itse jäysteen muodostuminen on yksilöllistä kaikilla kappaleilla ja jäysteenpoisto onkin alana monimutkainen ja se kohdistuu eri tavoin eri materiaaleille. Jäysteenpoisto on kuitenkin pakollinen ja tärkeä osa tuotteen saattamisessa käytökelpoiseksi. Jäysteenpoistotyökaluina käytetään muun muassa erilaisia viiloja, hiomapapereita ja teräsharjoja.

Suunnittelulla on tärkeä rooli projektin onnistumisessa. Hyvin suunniteltu projekti on vahva pohja onnistumiselle. Teollisuudessa investoinnit ovat usein kustannuksiltaan suuria, joten testaamiseen ja sitä kautta epäonnistumiseen ei ole aikaa tai rahaa. Hyvän suunnitelman jälkeen on helppo aloittaa käytännön työstäminen. Käytännön osuuden lähes kaikki vaiheet saatiin toimiviksi projektin puitteissa. Ainoana ongelmana oli ajan riittäminen loppuvaiheessa työtä. Robotin ohjelmointi vie yllättävän paljon aikaa, koska ohjelmointi tapahtuu opettamalla paikoituspiisteet robotille yksitellen.

Avainsanat	jäysteenpoisto, automaatio, robotin ohjelmointi, projektin suunnittelu
------------	------------------------------------------------------------------------

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.

ABSTRACT

Author	Piritta Marjamäki
Title	Robotic Deburring
Year	2012
Language	Finnish
Pages	46 + 13 Appendices
Name of Supervisor	Mika Billing

This thesis deals with deburring which was implemented with a robot. The thesis was done for OT-Koneistus Oy which is located in Laihia. The robot was the Fanuc robot model M6iB. There is robot cell which is becoming small for the new product. The aim of this work was to make the necessary changes as well as a robot cell, the robot gripper and deburring tools. We had to change also the conveyor and products would enter and leave cell smoothly. It is intended that the cell would work as long as possible without human involvement; that is automatically.

Most important things to study were automation, deburring and robots. For the deburring process, the robot gripper and the aluminium box were designed and suitable tools were chosen. The program for the robot was also written but it was not tested.

The result on this thesis is the updated process for of deburring cell. The robot uses two tools for deburring and another to move product around. The company will do final adjustments to the cell.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Työn tarkoitus ja tavoitteet	8
1.2	Työn teoreettinen johdanto	9
2	AUTOMAATIO	10
2.1	Automaation hyödyt.....	11
2.2	Automaation haitat.....	11
3	ROBOTIT	12
3.1	Kiertyvänivelinen robotti	14
3.2	Robottijärjestelmä.....	15
3.2.1	Robotin koordinaatisto.....	16
3.2.2	Robotin ohjelmointi	17
3.3	Robotin tarkkuus.....	18
3.4	Robotin voimansiirto	18
4	TARRAIMET JA TYÖKALUT.....	20
4.1	Mekaaniset tarraimet.....	21
4.2	Tyhjiötarraimet	22
4.3	Magneettitarraimet.....	22
5	KULJETIN	23
5.1	Hihnakuljetin.....	23
5.2	Rullakuljetin.....	24
5.3	Lamellikuljetin.....	24
5.4	Ruuvikuljetin.....	25
5.5	Tärykuljetin.....	25
5.6	Putkiposti	25
6	ROBOTTISOLUN ANTUROINTI.....	26
7	JÄYSTE.....	27
7.1	Jäysteen syntyminen	27
7.2	Jäysteen haitat	27

8	JÄYSTEENPOISTO	29
8.1	Robotisoitu jäysteenpoisto	29
8.2	Manuaalinen jäysteenpoisto	30
9	JÄYSTEENPOISTON TYÖKALUJA	32
9.1	Viilat	32
9.2	Harjat	33
9.3	Hiomatyökalut	34
9.4	Muut jäysteenpoistotyökalut	36
10	ROBOTTISOLUN SUUNNITTELU	37
10.1	Suunnittelun vaiheet	37
10.2	Suunnittelun kulmakivet	38
11	PROJEKTIN TOTEUTUS	39
11.1	Tarrain	39
11.2	Työkalut	40
11.3	Kuljetin	41
11.4	Ohjelmointi	43
11.5	Solun siisteys	45
12	PROJEKTIN YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Yleisimpiä robottirakenteita.	s.13
Kuva 2.	Kiertyvänivelisen robotin työalue.	s.15
Kuva 3.	Robottijärjestelmän komponentit.	s.16
Kuva 4.	Kuusinelisen robotin nivelten liikkumissuunnat.	s.17
Kuva 5.	Mekaaninen tarttuja Schunkin valikoimasta.	s.21
Kuva 6.	Kuljetin, jossa alla on hihnakuljetin ja yllä rullakuljetin.	s.24
Kuva 7.	Erilaisia pyöriviä viilaustyökaluja.	s.33
Kuva 8.	Erilaisia teräsharjoja.	s.34
Kuva 9.	Erilaisia hiomapapereita.	s.35
Kuva 10.	Hiomakone.	s.35
Kuva 11.	Tarttujan leuat kiinnitetty Schunkin vakiokiinnittimeen.	s.39
Kuva 12.	Jyrsintappityökalu.	s.40
Kuva 13.	Paikoituslaatikko, tunnistin ja paikoitussylinteri.	s.42
Kuva 14.	Ohjelman työkierto esitettynä visuaalisesti.	s.44

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Tarttujan piirustukset**LIITE 2.** Laatikon piirustus**LIITE 3.** Robotin ohjelma aliohjelmiseen

1 JOHDANTO

Elokuviissa robotit kulkevat ja ajattelevat kuten ihmiset, joten varhaisin käsitys niistä muodostuu jo lapsena katsottujen piirrettyjen perusteella. Ensimmäiset oikeat teollisuusrobotit ovat peräisin 1960-luvulta. Nykyään robotit palvelevat meitä monipuolisesti eri teollisuuden aloilla. Ne toimivat hyvin suunniteltuna yritysten valttina kovassa kilpailussa. Roboteilla voidaan toteuttaa lähes mitä tahansa, mutta pääsääntöisesti roboteille asetetaan yksinkertaiset ja ihmisiä puuduttavat työt. Roboteilla saadaan vapautettua työvoimaa yksilöllisimpiin ja mielenkiintoisimpiin työtehtäviin. Jokainen robotti tarvitsee silti liikkuakseen ihmisen, joka suunnittelee, toteuttaa, valvoo ja huoltaa järjestelmää. Hyvin toteutettu robottisolu toimii itsenäisesti ja palvelee yritystä voitokkaasti ilman vapaapäiviä tai sairauslomia. /9/

1.1 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Tässä insinööriyössä käsitellään jäysteenpoiston toteutusta robotilla. Robottina toimii Fanucin M6iB. Työ tehtiin OT-Koneistus Oy:lle, joka toimii Laihialla Alteams Oy:n kanssa samassa rakennuksessa. OT-Koneistus Oy on koneistuspaaja, joka työstää alumiinituotteita teollisuuden tarpeisiin enimmäkseen vientiin ulkomaille auto- ja elektroniikkateollisuudelle. /8/. Yrityksessä on robotisoitu jäysteenpoistosolu, jonka komponentit, kuten kuljetin ja robotin tarrain jäävät pieneksi uudelle ja suuremmalle kappaleelle.

Insinööriyön tavoitteena on tehdä tarvittavat muutokset sekä soluun että robotille ja sen tarraimen. Lisäksi ohjelmointi vie aikaa käytännön osasta työtä, koska robotti on ohjelmitava opettamalla. Solumuutoksiin kuuluvat kuljettimen muuttaminen niin, että saataisiin kappale sekä tulemaan että poistumaan solusta sujuvasti. Tarkoituksena on, että solu toimisi mahdollisimman kauan ilman ihmisen apua eli automaattisesti.

1.2 Työn teoreettinen johdanto

Jäysteenpoisto on tärkeä osa tuotteen valmistusta, koska jäyste hankaloittaa kappaleen loppukäyttöä. Jäysteen muodostumiseen ei voida täysin vaikuttaa, koska jäyste on yksilöllistä jokaisessa kappaleessa. Jäysteenpoistossa on tarkoitus poistaa jäysteet kaikkialta kappaleesta. Käsillä tehty jäysteenpoisto on laadultaan epätasaista ja yksitoikkoista, joten automatisointi on enemmän kuin tarpeellista tälle saralle.

2 AUTOMAATIO

Automaatio käsitteenä tarkoittaa laitetta tai laitteistoa, joka toimii pääosin itsenäisesti.”Automaatio on usein näkymätön, mutta silti oleellinen teknologia nykyäikaisessa yhteiskunnassa. Ilman automaatiota yhteiskunnan tärkeät infrastruktuurit, kuten vesi-, viemäri- ja energiajärjestelmät eivät toimisi halutulla tavalla,” kuvaa Björn Wahlström Automaatio, tärkeä teknologia yhteiskunnassa artikkelissaan. /14/. Automaation ideana on helpottaa ihmisen toimintaa.

Automaation varhaisimpia sovelluksia on havaittu jo tuhansia vuosia sitten, kun ihminen rakensi ensimmäisiä veden kastelujärjestelmiä. Ideana oli, että vettä saataisiin annosteltua juuri tarpeellinen määrä. Kuitenkin vasta tietokoneiden yleistymisen jälkeen, automaatio löi itsensä läpi teollisuuden aloilla. Nykyään suurin osa tuotantolinjoista on automatisoituja ja juuri sen kokemuksen kautta myös suomalainen automaatio-osaaminen on noussut vahvasti maailman huipulle. /14/

Automaatiolaitteisiin luetaan suuri joukko laitteita, jotka toimivat joko työntekijän apuvälineinä tai täysin ilman ihmistä. Ihminen suunnittelee ja toteuttaa laitteiston käyttökelpoiseksi. Tämän jälkeen tarvitsee huolehtia järjestelmän huolloista, joiden avulla siitä saadaan luotettava ja pitkäikäinen.

Robotit ja niihin liitetyt laitteet ovat tunnetuimpia automaatiolaitteita. Roboteilla voidaan automatisoida melkein mitä tahansa, kunhan eräkoot ovat tarpeeksi suuria kannattavuuden kannalta. Muita laitteita ovat muun muassa:

- tietokoneet, joiden kautta tapahtuu suurin osa säädöistä ja sitä kautta tarkkaillaan myös järjestelmän toimintaa.
- kuljettimet, joita pitkin tuotteet kulkevat.
- erilaiset tietokoneisiin saatavat ”älykkäät ohjelmat”, kuten logiikat.
- anturit, joiden mukaan laitteet toimivat ja niiden toiminnoista saadaan tietoa.
- muut laitteet, joita pystytään yhdistämään automaattisesti toimivaan kokonaisuuteen. /13/

2.1 Automaation hyödyt

Automaatiosta saadaan suurimmat hyödyt irti tuotannossa, jossa eräkoot ovat suuria. Tuotteiden yhteensopivuus ja mahdollisimman pieni muunneltavuus ovat myös tekijöitä, joita mietitään automaation kannattavuuden kannalta.

Automatisoinnilla saadaan aikaan tasaista laatua, koska koneet tekevät työn aina samalla tavalla päivä toisensa jälkeen. Laatu onkin yksi merkittävä tekijä automatisoinnin aloittamisessa. Ihmistä tarvitaan automatisoinnin jälkeen vain valvomaan ja huoltamaan laitteiston toimintaa, joten työnvoiman tarve itse työn tekemiseen vähenee.

Koska nykyajan laitteet ja niiden käyttöjärjestelmät ovat usein yhteensopivia moneen muun laitteen kanssa, automaatiiosoluun voidaan kytkeä monenlaisia sovelluksia ja koneita. Tämä helpottaa solun muunneltavuutta tuotteiden vaihtuessa, koska uudet laitteet on helposti kytkettävissä jo valmiina olevaan järjestelmään.

/13/

2.2 Automaation haitat


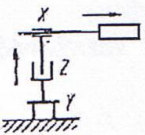


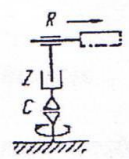


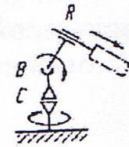

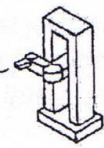
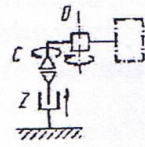


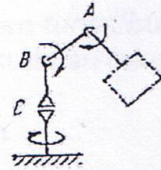


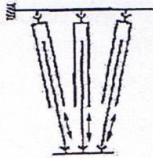

Huoli työpaikkojen vähenemisestä automatisoinnin vuoksi on ollut aiheellinen, koska työntekijöitä on jouduttu vähentämään. Automaatiolaitteet tarvitsevat osaaavaa henkilökuntaa sekä ongelmatilanteisiin että tuotannon muutoksiin, joten koulutetut ihmiset ovat ehto järjestelmän toimivuudelle. Automaatiiosolut ovat itsestään toimivia, mutta sitovat silti valvovan työntekijän tuotannon sujuvuuden takaamiseksi.

Kustannukset automaation perustamisvaiheessa ovat suuret. Lisäksi huollon suunnittelu ja toteutus tuovat aina kustannuksia, koska tällöin itse tuotanto on pysähtynyt. Huolto on kuitenkin tuotteiden sujuvan valmistuksen kannalta todella tärkeää, joten huoltoväleistä on syytä pitää kiinni.

3 ROBOTIT

Teollisuusrobotit syntyivät 1960-luvulla. Kansainvälisen robottiyhdistyksen mukaan robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva mekaaninen laite, joka pystyy liikkuttamaan kappaleita käsivartensa avulla. /9/ Teollisuusrobotit perustuvatkin mekaniikkaan, jossa tarvittava määrä tulivarsia kytketään peräkkäin. Mitä enemmän tukivarsia, sitä pienempi on robotin kuorman kantokyky, mutta sitä suuremmaksi kasvaa sen ulottuvuus eli työalue. Toinen tärkeä ominaisuus on uudelleen ohjelmoitavuus, mutta sekään ei vielä riitä, koska robotti on myös saatava tunnistamaan kappaleita ja liikeratoja erilaisten antureiden avulla. Pääsääntöisesti kaikki vaarallinen ja yksitoikkoinen työ olisi hyvä robotisoida, jotta välttyttäisiin turhilta sairaspöissaoloilta, kuten yksitoikkoisen työn aiheuttamilta kivuilta. Näitä tulee vastaan raskaassa työssä, jossa työntekijät altistuvat päivästä toiseen. Parhaiten robotit soveltuvat massavalmistukseen, jossa työstettävät erät ovat suuria tai tuotteet ovat hyvin samankaltaisia eli modulaarisia.

Kuvassa 1 on esitetty yleisimpiä robottirakenteita, joista suosituin ja monipuolisin on kiertyvänivelinen robotti. Teollisuusrobottien sanastoa ja yleisimpiä robottimalleja määrittelee standardi ISO 8373. /6/

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

Kuva 1. Yleisimpiä robottityyppejä /6, 12/

Suorakulmaisen eli portaalirobotin hyötyjä ovat nopeus ja liikerata. Sen kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia ja sitä ohjataan lähinnä niiden avulla. Portaalirakenteisia robotteja käytetään laavaus- ja kokoonpanotyössä.

Sylinterirobotti on robottiratkaisu, jossa yhdestä akselista käännetään koko robottirakennetta ja muista liikkeet tapahtuvat vain lineaarisesti. Nimensä mukaisesti sen työalue on sylinterin muotoinen. Tällainen on tyypillinen manipulaattoriratkaisu, joka kykenee vain yksinkertaisiin tehtäviin.

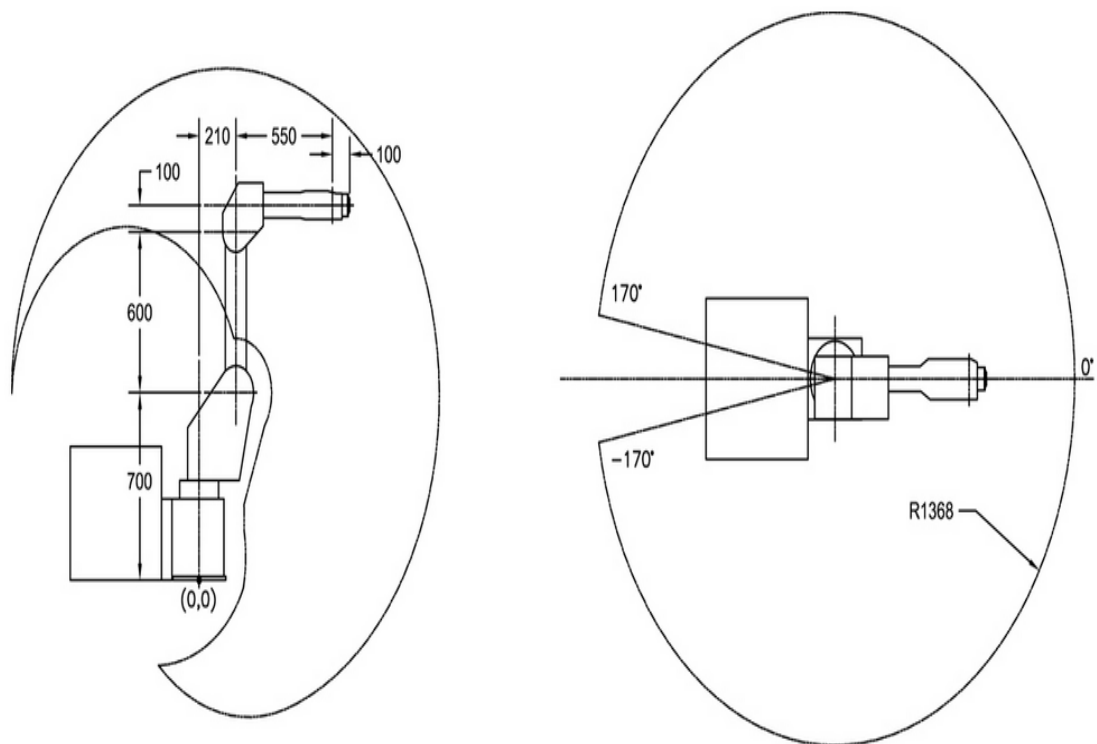
Scara-robotti sekoitetaan helposti portaalirobottiin, mutta selvänä erona näillä voidaan pitää työaluetta, joka scara-robotilla sen rakenteesta johtuen on sylinterimäinen. Scara-robotilla on yleensä vain 4 vapausastetta, joista kiertyviä niveliä on 3 ja pystysuuntainen liike tapahtuu lineaarisesti. Sen rakenteen etuna on pystysuuntainen jäykkyys ja sen sovelluksessa kaikki käyttömootorit ovat jalustassa. Scara-robottia käytetään pienikokoiseen kokoonpanoon ja pakkaukseen.

Rinnakkaisrakenteinen robotti on jäykkyytensä ansiosta nopea, mutta työalue rajallinen. Se on kehitetty nopeaan liukuhihnatyöskentelyyn, jossa esimerkiksi kerätään tuotteita laatikkoon etenevältä hihnalta. /9/

3.1 Kiertyvänivelinen robotti

Suomen Robottiikkayhdistyksen mukaan nykyään suurin osa roboteista on enemmän kuin 5 vapausasteen robotteja. /6/ Robotti on mahdollisimman monipuolinen, mikäli sen työkalun saa mihin tahansa asentoon ja paikkaan työalueella. Päästäkseen mihin tahansa pisteeseen millä tahansa asennolla, vapausasteita tarvitaan vähintään 6. Kiertyvänivelinen robotti hallitsee tällaiset asennot juuri 6 vapausasteensa ansiosta. Tarvitaan myös kiertyviä niveliä, jotka sijaitsevat pääosin ranteessa. Kuvasta 2 nähdään, että tällaisen robotin työalue on laaja ja monipuolinen.

Robotin ohjelmat ja liikkeet pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertaisesti. Kuuden vapausasteen haittana nähdään mekaniikan ja ohjauksen korkea hinta, koska robottia helppo liikutella liian monimutkaisiin asentoihin. /6, 18–22/



Kuva 2. Kiertyvänivelisen robotin työalue. /10/.

3.2 Robottijärjestelmä

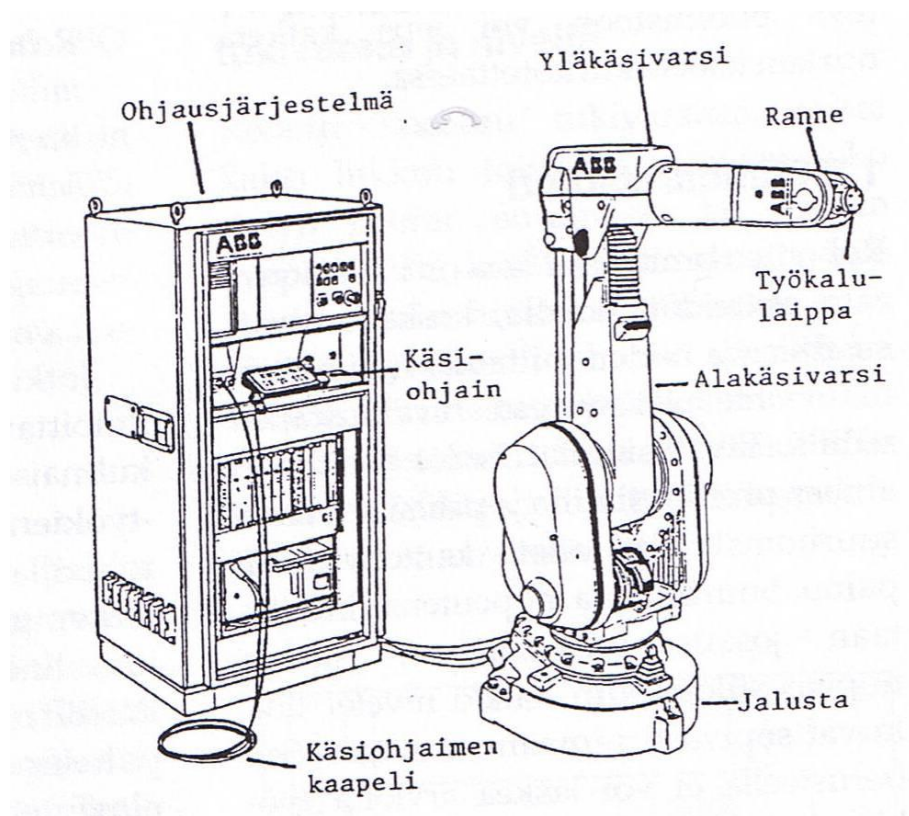
Robotti koostuu tukivarsista, jotka liikkuvat toistensa suhteen. Tätä käsitteellistä akselia kutsutaan niveleksi. Nivelten avulla tukivarret muuttavat asentojaan ja asemiaan. Yhtä robotin perusliikettä eli niveltä sanotaan vapausasteeksi. Jotta nivelien liikkuttaminen mielivaltaisiin paikkoihin työalueella onnistuisi saumattomasti, käytetään robotin toimilaitteina yleensä sähköisiä ja helposti ohjattavia servomoottoreita. Kun taas robotin halutaan siirtelevän suuria kuormia, käytetään hydraulikkaa.

Robotin liikerata voidaan määrittellä kokonaan etukäteen tai se voidaan liittää toimimaan ympäristön ja erilaisten antureiden tapahtumien mukaan.

Robottijärjestelmä koostuu seuraavista tekijöistä:

- työkalusta
- jalustasta, johon robotti on tukevasti kiinnitetty
- ympäristöä tarkkailevista antureista

- käsivarresta, joka käsittää myös robotin ranteen
- ohjausjärjestelmästä
- käsiohjaimesta
- kaapeloinnista robotista tietokoneeseen. /6, 13–15/



Kuva 3. Robottijärjestelmän komponentit. /6,13/

3.2.1 Robotin koordinaatisto

Teollisuusrobottien koordinaatistot jaetaan kolmeen seuraavaan luokkaan:

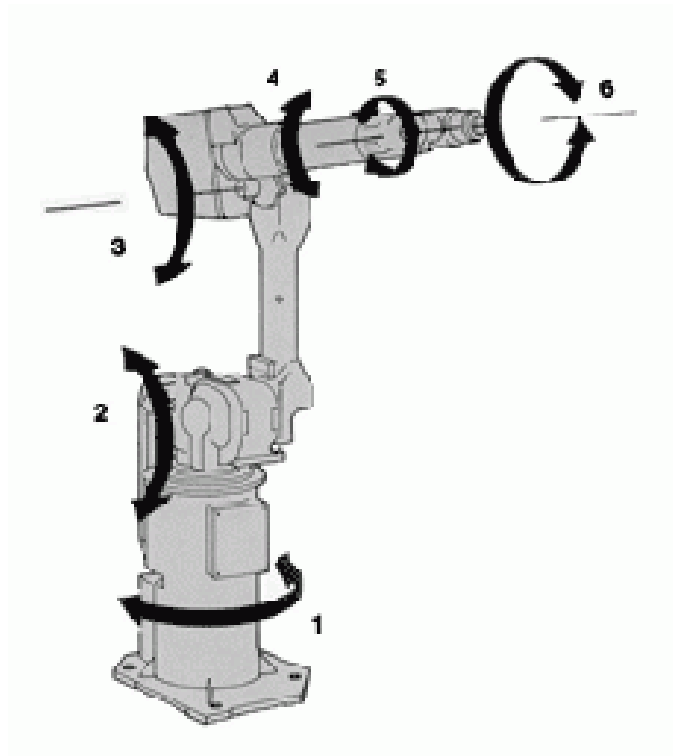
- Maailman koordinaatisto
- Peruskoordinaatisto
- Työkalukoordinaatisto.

Maailman koordinaatisto on sijoitettu robotin työympäristöön tai oheislaitteisiin. Siinä robotti liikkuu pääakselien x, y ja z suuntaisesti, jolloin useampi robotin nivelistä liikkuu. Peruskoordinaatiston nollapiste on sijoitettu robotin jalustaan, si-

ten, että Z-suunta on ylöspäin robotin vartta pitkin, Y-suunta osoittaa suoraan eteenpäin ja XY-taso on lattiassa. Peruskoordinaatistossa robotin jokaista niveltä liikutetaan erikseen. Työkalukoordinaatisto on muunneltavissa oleva, työkalukohdainen koordinaatisto. Se on alun perin sijoitettu robotin laippaan, josta sen voi siirtää haluttuun kohtaan manuaalisesti. Esimerkiksi kynän päähän sijoitettu koordinaatisto helpottaa kynällä kirjoittamista, koska robottia liikutettaessa tämä kohta eli työkalukoordinaatiston origo liikkuu haluttuun suuntaan. /6, 20-21/

3.2.2 Robotin ohjelmointi

Robotin ohjelmointi tapahtuu joko opettamalla paikoitukset piste pisteeltä tai etäohjelmointina tietokoneen simulaatio-ohjelmaa apuna käyttäen. Ohjelmoinnin apuna käytetään koordinaatistoja, jotka ovat lueteltuna luvussa 3.2.1. Koordinaatistoja voidaan vaihtaa kesken ohjelman luonnin ja tällä tavoin ohjaaminen haluttuun paikkaan helpottuu, koska eri koordinaatistoissa eri nivelet liikkuvat eri tavoin. Kuvassa 4 on esitelty kuusi- eli kiertyvänivelisen robotin nivelten liikkumissuunnat.



Kuva 4. Kuusinivelisen robotin nivelten liikkumissuunnat. /11/

Robottia voidaan siirtää myös liikuttamalla vain tiettyä niveltä kerrallaan. Tämän liikkumisen hyvänä puolena on ulottuminen vaikeaan paikkaan, koska saadaan liikuttua haluttuun suuntaan vain vähän kerrallaan.

3.3 Robotin tarkkuus

Robottivalmistajat ilmoittavat robotin liikkumistarkkuuden kahdella tavalla: absoluuttisella - ja toistotarkkuudella. Toistotarkkuudella tarkoitetaan paikoitustarkkuutta eli miten tarkasti robotti palaa samaan pisteeseen uudelleen. Nykypäivän roboteissa toistotarkkuus on 0,02 millimetrin luokkaa.

Robotin kykyä paikoittaa itsensä tiettyyn pisteeseen, joka on tarkasti määritetty, kuvataan absoluuttisella tarkkuudella. Sen arvo on huonompi eli suurempi kuin toistotarkkuudella. Absoluuttinen tarkkuus aiheuttaa puutteita varsinkin etäohjelmoinnissa, jossa pisteitä syötetään virtuaaliympäristössä, eivätkä ne näin ole tarpeeksi tarkkoja käytäntöön. Kun ohjelmoidaan robottia opettamalla, puhutaan aina toistotarkkuudesta, koska opettujen pisteiden jälkeen robotti palaa vain opetettuihin pisteisiin. /9/

3.4 Robotin voimansiirto

Nykyaikaiset robotit käyttävät voimanlähteenään servomootteja. Ne ovat helppoja ja yksinkertaisia käyttää, sekä omaavat hyvän vääntömomentin varsinkin kun vertaa sitä niiden kokoon ja painoon. Servojen pysähtyminen on myös saumatonta ja tarkkaa, koska ne eivät luista saati pyöri tarpeettomasti.

Hydraulisia ja pneumaattisia voimansiirtoratkaisuja käytetään raskaampien kuormien käsittelyssä. Lisäksi pitemmät välimatkat hoituvat hydraulikalla sujuvasti, jos vain hydrauliletkut saadaan ulottumaan sopivasti. Robottisovelluksissa hydraulikan rinnalla tarvitaan myös servolaitteita, jotta robotti kykenee ymmärtämään paikkakoordinaattinsa pienestä pysähdyksestä huolimatta.

Robotin voimansiirtoon ja liikkumiseen liittyvät tärkeänä osana myös sähkökatkosten mahdollisuudet ja sitä kautta pysähtymiset kriittisellä hetkellä. Vaarana on robotin romahtaminen sekä ympärillä olevien järjestelmän osien rikkoontuminen.

Tällaisia tilanteita varten nykyajan kaikki robotit on varustettu jarruilla, joiden ansiosta robotti pysähtyy ja pysyy paikoillaan sähkökatkoksen aikana. Jarrut on asennettu yleensä joka niveleen ja ne toimivat luotettavasti. Jarrut poistetaan tai poistuvat käytöstä sähkön syötön palaututtua. /6, 19-20/

4 TARRAIMET JA TYÖKALUT

Robotti tarvitsee ottaakseen kiinni kappaleesta käteensä tarraimen. Ilman tarrainta se on täysin hyödytön nostamaan mitään. Tarrain koostuu yksinkertaisimmillaan pihtimäisistä sormista, joiden avulla tartutaan kappaleeseen. Tarraimena tai paremminkin työkaluna voi olla myös esimerkiksi maalausruisku tai hitsauspistooli, jotka ovat nykyään hyvin yleisiä. Yleisesti käytetään myös erilaisia työkalujen ja tarrainten yhdistelmiä, joilla saadaan toteutettua monta asiaa samalla ”kädellä”. Jotta kappale saadaan liikkumaan solussa ja voidaan suunnitella robotin liikerataa, on robottisolun suunnittelu aloitettava tarraimesta. Ensin on kuitenkin paneuduttava yksityiskohtaisesti solun tehtävään ja toimintaan, jotta saadaan täydellinen käsitys tarvittavasta robotin kädestä. Tarraimen suunnittelussa on tunnettava erilaisia tarraintyyppjä sekä tartuntatapoja, mutta huomioon on otettava kuitenkin robottijärjestelmän yksinkertaisuus. Liiallista ihmisen toiminnan apinoimista on vältettävä, koska robottia ja ihmistä ei voi työtehtävissä verrata toisiinsa.

Tarraintyyppjä on olemassa seuraavanlaisia:

- Mekaanisilla tarraimilla saadaan kappale kiinni sen reunoista.
- Imu- ja tyhjiötarraimet sopivat esimerkiksi levyjen siirtämiseen.
- Magneettitarraimia voidaan hyödyntää rautakappaleiden kuljettamiseen tai kohdistamiseen.
- Älykäs tarrain sisältää antureita, joiden avulla se reagoi ympäristöön, robottiin ja lukee niiden signaaleja.
- Erikoistarraimia käytetään esimerkiksi mukautumaan kappaleen muotoihin.
- Vakiokiinnittimiin saadaan tehtyä yksilöllisiä tarraimen leukoja.

Tarraimeen voidaan yhdistää erilaisia osia, joilla voidaan esimerkiksi ottaa kappaletta kiinni eri paikoista. On kuitenkin huomioitava, että yksilöllistäminen vaikuttaa tarraimen liikealueeseen. Robottivalmistajat toimittavat yleensä vakiokiinnittimiä, joihin tarvitsee vain suunnitella ja tehdä tartuntapinnat. /6, 60-65/.

Tarrainta valitessa huomio kannattaa kiinnittää myös käyttöpaineeseen ja tarraimen kestävyYTEEN. Nykyajan tarrainvalmistajien tarrainluetteloissa on usein mainittu myös pölysuojaluokitus vakiotarraimille.

4.1 Mekaaniset tarraimet

Mekaaniset tarraimet toimivat kuten sormet, eli niillä otetaan kappale kiinni sen reunoista. Sormien liikkeitä voidaan toteuttaa erilaisilla mekanismeilla, kuten nivellillä, hammaspyörillä tai ruuveilla. /6,60-62/



Kuva 5. Mekaaninen tarrain Schunkin valikoimasta. /12/

Tarraimilta saatavaan voimaan vaikuttavat esimerkiksi käytettävissä oleva paine, tarraimen männän halkaisija, kappaleen painopisteen sijainti verrattuna tarraimen sormien tukipisteeseen sekä liikkeen suunta ja nopeus. Lisäksi kappaleen koolla ja muodoilla on vaikutusta voimaan. Huomiota on kiinnitettävä myös siihen, ettei tarrain tee voimansa vaikutuksesta muodonmuutoksia käsiteltävään kappaleeseen. Yleensä tarraimien teoreettiset voiman tarpeet ja käsittelykyky on ilmoitettu valmistajan luettelossa, mutta yksilöllisissä tarraimissa voima on laskettava ja ennen

kaikkea testattava itse. Ilmoitetut arvot ovat aina vain viitteellisiä ja tarrain on valittava tapauskohtaisesti.

Kuvassa 5 on esitetty tässä työssä käytettävään Schunkin vakiokiinnittimeen saatavilla olevat vakiotarraimen leuat. Tähän työhön tarraimen leuat suunniteltiin itse ja ne on toteutettu Vaasan Ammattikoululla.

4.2 Tyhjiötarraimet

Tyhjiöperiaatteella toimivat tarraimet tarttuvat kappaleeseen imemällä siihen kiinni. Tarraimen ja kappaleen välille syntyy alipaine, jolla kappale pysyy kiinni tarraimessa. Tällaista ratkaisua käytetään silloin kun mekaanisen tarraimen käyttö aiheuttaisi ongelmia tai muodonmuutoksia kappaleeseen. Parhaimmillaan tyhjiötarttijat ovat levyjen käsittelyssä, mutta vaativat erityisen puhtaan ja tasaisen pinnan toimiakseen moitteetta. Imukupin tartuntavoimaa voidaan nostaa lisäämällä imukuppien määrää.

4.3 Magneetitarraimet

Magneetitarraimia käytetään esimerkiksi rautaisten kappaleiden siirtoon. Magneetilla saadaan tartuttua kappaleeseen nopeasti ja vahvasti, mutta kestopagneettisen voiman purku on hieman vaikeampaa. Teollisuudessa magneettisissa ratkaisuissa käytetäänkin usein sähkömagneetteja, joissa magneettisuutta pystytään säätämään ja irrottaminenkin onnistuu helpommin pelkästään katkaisimesta.

5 KULJETIN

Robottisolu tarvitsee kuljettaakseen kappaleita solun sisälle ja ulos kuljettimen. Kuljetin on kappaleiden siirtämiseen tarkoitettu kone. Kuljettimia on käytetty jo vuosisatoja ja alussa niiden yleisin muoto oli tavaroiden kuljettaminen mäeltä alas. Nykyajan teollisuudessa kuljettimen ympärille koottua työskentelyä kutsutaan liukuhihnatyöskentelyksi.

Kuljetinta liikuttaa yleensä moottori, jonka voimasta hihna liikkuu eteenpäin. Parhaimmillaan se on kuitenkin ilman moottoria toimiva rullarata, jossa kappale liikkuu painovoiman vaikutuksesta rullia pitkin seuraavaan paikkaan. Kuljettimen voimanlähteenä käytetään sähkömoottoria ja jos halutaan säätää kuljettimen nopeutta, on moottoriin lisättävä taajuusmuuttaja.

Kuljetin asennetaan yleensä vaakatasoon tai niin, että kappale pysyy kuitenkin kyydissä siirtymisen ajan. Jos siirtyminen on ylös- tai alaspäin kulkemista, kuljetin luokitellaan hissiksi ja painovoimaa vasten siirtymiseen tarvitaan aina ulkopuolinen voimanlähde.

5.1 Hihnakuljetin

Hihnakuljettimen voidaan sanoa olevan yleisin kuljetintyyppi. Siinä kahden rullan väliin kierretty hihna liikkuu toisen rullan vedon ansiosta. Hihnakuljettimia on olemassa eri levyisiä ja hihnan materiaaliin pystyy vaikuttamaan kuljetettavan kappaleen mukaan. Kuvassa 6 on esitetty tässä työssä käytettävä kuljetin, jossa on yhdistettynä sekä hihna- että rullakuljetin. Hihnan materiaalin tulee olla kestävä ja venymätöntä, jotta se palvelisi mahdollisimman kauan.

Hihnakuljetin toimii sähkömoottorilla ja moottori voidaan asentaa myös vetävän rullan sisälle, jolloin se on suojassa pölyltä ja lialta. Hihnalla voidaan siirtää kaikenmuotoisia kappaleita, ehtona on vain hihnalla pysyminen. Hihnakuljetin voidaan kyllä rakentaa myös kourumaiseksi, jolloin esimerkiksi hiekan kuljettaminen on helpompaa.



Kuva 6. Kuljetin, jossa alla on hihnakuljetin ja yllä rullakuljetin.

5.2 Rullakuljetin

Rullakuljetin voi toimia joko moottorilla tai vapaasti kappaleen painon ja liikku-
misen vaikutuksesta. Moottoroidussa rullakuljettimessa rullat liikkuvat vetävän
ketjun ansiosta. Rullakuljettimella voidaan siirtää esimerkiksi suuria kappaleita,
jolloin siirtävä voima pienenee, kun kappale saadaan vauhtiin.

5.3 Lamellikuljetin

Lamellikuljetin eroaa aikaisemmista kuljetintyypeistä materiaalin perusteella.
Lamellikuljettimessa liikkuvat ketjuiksi kiinnitetyt lamellilevyt. Kappaleet liikku-
vat näiden levyjen päällä. Tunnetuimpia sovelluksia lamellikuljettimista ovat liu-
kuportaat ja matkalaukkujen palautushihna lentokentällä. Mikäli liukuportaat on
toteutettu ilman portaita, kuten joissakin kauppakeskuksissa nykyään, ne luokitel-
laan hihnakuljettimeksi.

5.4 Ruuvikuljetin

Ruuvikuljetinta käytetään esimerkiksi viljan siirtoon viljasiilosta kärryyn. Ruuvikuljettimen toimintaperiaate perustuu putkessa/kourussa olevaan ruuviin, joka pyörii ja siirtää tavaraa eteenpäin. Kuljettimen etuna pidetään helppoutta ja nopeutta etenkin viljan siirrossa.

5.5 Tärykuljetin

Tärykuljettimessa pienet kappaleet liikkuvat värinän vaikutuksesta ohjattuun suuntaan. Värinällä saadaan myös järjestettyä kappaleita haluttuun asemaan. Värinäsovelluksen esimerkkinä mainittakoon tärymalja, joka esimerkiksi lajittelee ruuveja samoin päin valmiiksi paineilmapyssylle.

5.6 Putkiposti

Putkipostisovellus toimii alipaineella. Kuljetin on rakennettu siten, että siihen soveltuva kapseli asetetaan kuljettimeen, jossa se alipaineen vaikutuksesta liikkuu kuljettimessa. Putkipostia käytetään yleisesti kauppojen kassoilla rahan sekä sairaaloissa pienten asioiden, kuten verinäytteiden ja lääkkeiden siirtämiseen. Nimensä kuljetin tyyppi on saanut siitä, että 1800-luvulla kuljettamiseen käytettiin kirjeitä, joita läheteltiin rakennuksen sisällä. Eri alojen toimistot sijaitsivat yleensä lähekkäin, joten putkiposti oli kätevä ja nopea tapa ihmisten tavoittamiseen.

6 ROBOTTISOLUN ANTUROINTI

Robotti sisältää jo itsessään antureita. Vapausasteiden paikkaa ja kulmaa mitataan koko ajan servomootoreihin sijoitetuilla paikanmittausantureilla. Anturit keskustelevat ohjausjärjestelmän kanssa ja lähettävät paikka-, nopeus- ja kiihtyvyystietoa tuhansia kertoja sekunnissa. Tämä tapahtuu siis vain itsessään robotissa.

Robotti tarvitsee tietoa myös ympäristönsä toiminnasta. Näitä tietoja välittävät robottiin yhteydessä olevat anturit. Kuljetin tiedottaa kulkemisestaan ja kappaleen sijainnista, jolloin robotti tietää hakea kappaleen oikeasta paikasta oikeaan aikaan. Kun kappale on tarttujassa ja valmis työstettäväksi, robotti käskää työkalua päälle. Työvaiheen ollessa valmis, työkalut sammuvat ja mahdollinen laskuri lisää kappalemäärään tiedon, josta käyttäjä voi vilkaista määrän valmistuneista kappaleista.

Jokaiseen anturiin on ohjelmoitu myös vikakäskey, jolloin työvaihe tai pahemman vian sattuessa koko järjestelmä sammuu ja hälyttää virheestä niin kauan, kunnes joku on kuitannut sen korjatuksi tai ohitetuksi.

Anturit toimivat parhaassa tapauksessa järjestelmän elintärkeänä apuna, mutta anturit ovat myös melko vaativia puhtaudestaan. Ne voivat antaa likaantuessaan väärää tietoa, jolloin robotti joko työskentelee väärin tai pysähtyy ja asettaa vikahälytyksen. Anturit täytyisi huoltaa ja puhdistaa säännöllisesti, jotta ne palvelisivat järjestelmää sujuvasti. /6, 56-59/

7 JÄYSTE

Jäysteellä tarkoitetaan ylimääräistä ulkonemaa kappaleessa. Jäystettä sijaitsee kappaleen reunoissa sekä kulmissa. Myös kappaleen reikiin ja sisäosiin kertyy jäystettä koneistusprosessin aikana. Jäystettä ilmenee kappaleissa aina yksilöllisesti ja se osaltaan tuo haastetta jäysteen poistamiseen. /4, 1/

Kehittämällä standardeja saadaan tuotteista laadukkaita ja toisaalta päästään pois ”ylilaaadusta”, mutta koska jäyste on kaikkialla erilaista, on sääntöjen yhtenäistämisen hankalaa.

7.1 Jäysteen syntyminen

Jäyste syntyy yleensä muodonmuutoksen seurauksena, esimerkiksi valamisessa. Myös kappaleen koneistuksen aikana syntyy jäystettä. Valamisesta tullutta jäystettä kutsutaan purseeksi ja se on eri asia kuin jäyste. Purse syntyy valumuottien väliin paineen vaikutuksesta. Valumuottien säännöllisellä huollolla voidaan vaikuttaa purseen syntymiseen. Tässä työssä kaikenlaista jäystettä käsitellään jäysteenä.

Jäysteen syntyä on mahdoton ehkäistä, mutta kehittämällä standardeja voidaan sen muodostumiseen vaikuttaa. Jäysteettömän pinnan tavoittelu on melkein mahdotonta, koska siihen uppoaa tolkkottomasti koneistusaikaa ja sitä myöten myös rahaa.

Jäysteen syntymistä olisi siis hyvä tarkkailla, jotta säästyisi aikaa ja rahaa. Kaikkien kappaleiden jäyste on ominaisuuksiltaan erilaista, joten jäysteen muodostumista ei voida täydellisesti hallita. Huomioon otettavia ominaisuuksia ovat jäysteen sijainti, kovuus, muoto ja paksuus.

7.2 Jäysteen haitat

Jäyste ja terävät reunat aiheuttavat monia ongelmia, joten siihen on todella kiinnitettävä huomiota. Jäysteen haittoja tuotannossa ovat:

- terävät reunat, jotka leikkaavat haavoja sekä rikkovat tiivisteitä ja O-renkaita.
- huono kokoonpantavuus, joka johtuu jäysteestä kokoonpantavien kappaleiden reunoissa.
- irtoavat lastut, jotka tukkivat suodattimia, aiheuttavat kulumista ja jumittuneisuutta erilaisissa mekanismeissa.
- mitoitukset muuttuvat jäysteen vuoksi epätarkoiksi.
- ennenaikainen korroosio hankaloittaa kappaleen pitkäaikaista käyttöä.

/4,1/

8 JÄYSTEENPOISTO

Insinöörit ovat yrittäneet poistaa jäystettä monin eri tavoin yrittäen tehdä siitä mahdollisimman mutkatonta. Jäysteenpoistolla tarkoitetaan työmenetelmää, jolla jäyste saadaan poistettua kappaleesta. Se on välttämätön työvaihe, jotta kappale saadaan käyttökelpoiseksi. Jäysteenpoistomenetelmän valinta riippuu paljon tuotteen kappalemäärästä. Jäyste täytyy ottaa huomioon jo tuotteen suunnitteluvaiheessa, jotta jäysteen syntyminen voidaan minimoida. Tyypillinen jäyste ei ole kuitenkaan huonon suunnittelun tulosta vaan ihan luonnollinen tulos koneistuksesta.

Jäysteeseen ja sen poistoon on perehdyttävä tarkoin ennen sopivan poistomenetelmän valitsemista juuri oman yrityksen ja sen tuotteiden käyttötarkoituksiin. Jäysteenpoisto on aikaa vievä ja tylsä vaihe valmistamisessa, koska se ei tuo lisäarvoa itse tuotteeseen.

8.1 Robotisoitu jäysteenpoisto

Nykyajan jäysteenpoistossa on tällä hetkellä iso automatisointi aste, sillä uusia ja tehokkaampia jäysteenpoistosoluja kehitetään jatkuvasti. Robotilla tehtävä jäysteenpoisto on kustannustehokas työkalu ja suurimmat hyödyt siitä saadaan, kun tuotteen eräkoot ovat tarpeeksi suuria. Robotilla saadaan aikaan tasainen laatu sekä kappalevirta, silloin kun alkuasennukset on tehty huolellisesti ja tarkasti. Kustannuksista huomioon otettavia seikkoja ovat myös robottisolun ohjelmointiin ja testauksiin kuluva aika, joka vähentää kannattavuutta pienemmillä erillä. Hyvin toteutettu robotisointi päästää kuitenkin työntekijöitä mielekkäimpiin töihin.

Robotti toimii jäysteenpoistosolussa joko liikuttaen kappaletta tai työkalua. Konepajoissa, joissa käsitellään suuria kappaleita, tehokkain tapa on liikuttaa robotilla työkalua. Robotin käsivarressa on työkalu ja sitä opetetaan työskentelemään kappaleen muotojen mukaisesti.

Toinen tapa on sijoittaa työkalut kiinteästi robottisolun seiniin ja liikuttaa robotin kädessä itse kappaletta. Robotin ohjelmassa annetaan käskyt työkalujen päälle

menemiseksi, jolloin jäysteenpoisto on valmis alkamaan kappaleen muotojen mukaisesti.

Tämän hetken ongelmia robotisoidulle jäysteenpoistolla luovat paikoitukset. Miten saada tarpeeksi tarkat paikoituspisteet, jotta työkalut kestävät mahdollisimman kauan? Käytettäville työkaluille tarvitaan riittävä jousto, joka kuitenkin toimii niin, että jäyste saadaan poistettua mahdollisimman tarkasti ja laadultaan tasaisesti. Joustoa ei kuitenkaan saa olla liikaa, koska silloin työstön jälki jää huonoksi.

8.2 Manuaalinen jäysteenpoisto

Manuaalinen jäysteenpoisto tarkoittaa yleensä käsin tehtävää jäysteenpoistoa. Se on yleisin tapa poistaa jäystettä. Manuaalinen jäysteenpoisto soveltuu pieniin eräkokoihin, jolloin kustannukset jäysteenpoistoon pysyvät alhaisina. Manuaalisen jäysteenpoiston huonoja puolia ovat

- työn yksitoikkoisuus
- työn likaisuus
- epätasainen laatu.

Käsin tehtävä työ on myös riskialtista, jolloin on muistettava työturvallisuus ja tarvittavat suojavälineet. Hyviksi puoliksi voidaan luetella edulliset työkalut, jotka ovat usein paineilmalla toimivia erilaisia viilatyökaluja tai teräsharjoja. Ihminen on myös työssään paljon automatiikkaa joustavampi ja se voi käsitellä erikokoisia kappaleita sujuvasti. Ihminen vie myös työskennellessään paljon pienemmän tilan kuin vastaavaan tehtävään tarkoitettu automaattinen laite. Käsin tehtävistä töistä on myös saatavilla paljon tietoa ja kehitysehdotuksia työntekijöiden toimesta, jolloin ihmisten työoloja saadaan kehitettyä. Robotti kun ei osaa kertoa työolosuhteistaan.

Usein joudutaan käyttämään useita eri työkaluja halutun tuloksen saamiseksi. Tähän vaikuttavat myös kappaleen muodot. Käsin tehtävän jäysteenpoiston kannattavuutta voidaan suoraan verrata jäysteen kokoon ja poistoon kuluvaan aikaan. Mitä suurempaa jäystettä halutaan käsin poistaa, sitä kauemmin siinä menee ja

sitä suuremmiksi kustannukset nousevat. Minimaalista kustannuksiltaan on siis pieni ja nopeasti poistettava jäyste. /4, 355-357/

9 JÄYSTEENPOISTON TYÖKALUJA

Robotin liikekäskyjen ongelma jäysteenpoistossa on epätarkkuus, koska jäysteen esiintyminen on erilaista jokaisella kappaleella. Se luo omalta osaltaan rajoituksia työkalujen valitsemiselle. Tämän ongelman poistamiseksi jäysteenpoistossa käytetään joustavia työkaluja. Kun jäyste aiheuttaa voimia työkaluun, se joustaa. Jousto luokitellaan joko lineaari- tai radiaalijoustoksi, riippuen siitä suuntautuuko jousto sivuttain vai pystysuuntaisesti työkalun mukaan. Kun jousto on tarkoin suunnattu, suurikaan jäyste ei vaikeuta prosessia vaan päinvastoin. Jäysteenpoiston työjälki saattaa olla jopa tasaisempi. /6, 22/

Jäysteenpoistoon sopivan työkalun valintaan vaikuttavat:

- jäysteen koko
- jäysteen muoto
- jäystettävä materiaali
- käytettävissä olevan työkalun pyörimisnopeus.

Jäysteenpoiston työkalujen voimanlähteenä käytetään yleisesti paineilmaa tai sähköä, riippuen siitä millä tavoin työ on tarkoitus suorittaa. Sähkökäyttöisissä työkaluissa helposti ja tarkasti säädettävissä oleva kierrosnopeus ja hyvä laakerointi ovat huomioon otettavia etuja. Paineilma työkalut taas ovat kevyitä ja helppoja käyttää sekä huoltaa niiden yksinkertaisuuden ansiosta. Molemmissa tapauksissa etuna on myös edullisuus.

9.1 Viilat

Yleisimpiä käytössä olevia jäysteenpoistotyökaluja ovat viilat. Koneviiloiksi kutsuttuja työkaluja valmistetaan kovametallisia ja pikateräksellisiä. Kovametalliset viilat sopivat sitkeään ja kovaan materiaaliin ja pikateräksiset pehmeämmän metallin käsittelyyn. Kuvassa 7 on esitetty malleja käytössä olevista viilatyökaluista, joita voidaan käyttää automaattisessa jäysteenpoistossa. Kuvan viiloissa hampaat on työstetty jyrsimällä. Käsien käytettävä viila on monikäyttöinen työkalu kaiken-

laiseen hiomiseen. Viilat ovat joustavia työkaluja ja sopivat lähes mihin tahansa käsittelyyn, kunhan se valitaan oikein käyttötarkoituksen mukaisesti.

Viilat toimivat usein paineilmalla sekä automaattisessa että manuaalisessa jäysteenpoistossa. Sopivia viilan syöttönopeuksia ovat 5-250 mm/s.

Viilalla saadaan aikaan myös pientä viistettä, jolloin työstettävä kappale ei ole niin tarkka muodoltaan tullessaan viilaukseen. Viilauksen ainoa ongelma on niin sanotun sekundaarijätteen syntyminen.



Kuva 7. Erilaisia pyöriä viilaustyökaluja. /2/

9.2 Harjat

Jonkinlaista harjatyökalua käytetään jokaisessa yrityksessä. Harjatyökalulla saadaan poistettua pieni ja hauras jäyste. Harjatyökalulla viimeistellään pinnat pienistä epäkohdista, jolloin jälki on hienompaa kuin viilatyökalulla. Lisäksi harjaa käy-

tetään puhdistukseen ja hiomiseen. Kuvassa 8 on kuvattu erilaisia pyöriviä teräsharjoja, joita voidaan käyttää joko manuaalisesti käsin tai liitettynä esimerkiksi porakoneeseen.

Harjaus on menetelmänä nopea ja edullinen. Se on helppoudeltaan myös turvallinen ja joustava, joka liitettynä itse työvaiheeseen on rutiininomainen vaihe tuotteen valmistuksessa.

Metallin työstöön käytettävät harjat ovat teräsharjoja. Teräsharjojen huono puoli on harjan ”rispaantuminen” pitempiaikaisessa käytössä käyttökelvottomaksi ja siksi harjan käyttö soveltuu yleensä vain käsikäyttöön. /6, 261-275/



Kuva 8. Erilaisia teräsharjoja. /2/

9.3 Hiomatyökalut

Hiomalla saadaan viimeisteltyä kappaleen pinta tasaiseksi, koska sillä saadaan irrotettua vain pieni määrä ainetta. Työkaluina hionnassa käytetään yleensä hiomapaperia, joka on kuvattu kuvassa 9. Hiomapaperia valmistetaan erilaisista kivistä kullekin materiaalille sopivaksi. Metallin, lasin ja puun hiomiseen tarvitaan erilaista hiomapaperia, koska materiaalien naarmuuntuminen on erilaista. Lisäksi metallin hiomiseen käytetään öljyä tai muita synteettisiä nesteitä kitkan vähentämiseksi.



Kuva 9. Erilaisia hiomapapereita. /3/

Hiomapaperia voidaan käyttää manuaalisesti pelkästään käsin tai asettamalla se asianmukaiseen hiomakoneeseen, kuten kuvassa 10. Koneellisessa hionnassa käyttäjä saa kohdistettua kaiken voiman itse työstöön, mutta kappale on oltava tukeva ja paikoillaan pysyvä. Hionnassa lastuamislämpötila on korkea ja työtapa vaatii paljon energiaa. Kitkan vaikutuksesta hionta synnyttää lämpöä sekä työkaluun että kappaleeseen.



Kuva 10. Hiomakone. /17/.

9.4 Muut jäysteenpoistotyökalut

Jäysteenpoistoon käytetään yleisesti myös erilaisia jyrsimiä, joilla saadaan poistettua jäystettä karkeammin kuin esimerkiksi viilatyökalulla. Jyrsimiä käytetäänkin, jos jäyste on suurta ja paksua. Jyrsin ei tukkeudu, jolloin se sopii hyvin esimerkiksi sitkeän alumiinin työstöön. Jyrsimet toimivat paineilmalla ja suurella kierrosnopeudella, jolloin työskentely on tehokasta ja nopeaa.

Muihin jäysteenpoistomenetelmiin kuuluvat myös erilaiset jäysteenpoistouunit, joissa jäyste ”poltetaan” pois korkeassa lämpötilassa (noin 3000 °C). Uunissa saadaan poistettua jäysteet monipuolisesti kappaleen sisä- ja ulkopuolelta. Menetelmä soveltuu lähes kaikenlaisille materiaaleille. Jäysteenpoistouunit eivät ole vielä vallanneet alaa kovinkaan paljoa, koska sen huonona puolena on korkea hinta. /5/

Myös raepuhallus on eräänlainen jäysteenpoistomenetelmä, jossa rakeet puhalletaan kappaleeseen kovalla paineella, jolloin jäyste irtoaa. Raepuhallus suoritetaan suljetussa tilassa, josta käytetyt rakeet on helppo kerätä pois. Raepuhalluksen rakeina käytetään yleisesti teräsrakeita, alumiinioksidia, sirkonioksidia tai lasikuulia. Raepuhallus tekee kappaleen pinnasta karhean ja on joillekin materiaaleille tehoton, joten menetelmän käyttöalue on rajallinen.

10 ROBOTISOLUN SUUNNITTELU

Robottisolun suunnittelu alkaa usein automatisoinnin tarpeesta ja halusta kehittää yrityksen toimintaa. Kehittämisen myötä yrityksen tuotteiden läpimenoajat lyhenevät ja sitä kautta syntyy parempi toimitusvarmuus, koska automatisoinnin ansioista voidaan tuottaa enemmän tavaraa pienemmässä ajassa. Automatisoinnin myötä laatuvaatimukset kasvavat, mutta laitteiden kehittyessä se ei pitäisi olla ongelmana, päinvastoin. /7/

10.1 Suunnittelun vaiheet

Laitteistoa voidaan lähteä suunnittelemaan sen jälkeen, kun on mietitty tarkoin solun kehys eli mitä tullaan tekemään nyt ja mihin suuntaan solun halutaan menevän tulevaisuudessa. Se jälkeen luodaan tarvittavat piirustukset solusta ja sen sisällöstä eli tarvittavista laitteista. Kustannukset kasvavat varsinkin uuden solun suunnittelussa suuriksi, koska kaikki täytyy aloittaa ikään kuin nollassa. Tässä vaiheessa kiinnitetään huomiota solun tulevaisuuteen: Voidaanko solun valmiita laitteita käyttää myös muiden tuotteiden valmistamiseen vai päästäänkö tähän pienillä muutoksilla? Koska suuret muutokset vievät resursseja, olisi myös suotavaa mikäli mahdollista, pystyä suorittamaan useampi työvaihe samassa solussa. Tällöin myös yritykselle tuleva hyöty kasvaisi. Solun muuntautumiskyky ja joustavuus ovat tärkeitä elementtejä suunnittelun alkuvaiheessa ja toimivat suunnittelussa sekä tukena että vaatimuksena.

Kun suunnitelmat tarpeista ovat valmiita, aloitetaan hankintavaihe. Siinä keskitytään tarkemmin laitteisiin ja niiden hankintaan suunnitelmien perusteella. Eri laitevalmistajiin ollaan yhteydessä tarjousten puitteissa. Tutustuminen jo valmiisiin ja vastaaviin robottisoluihin olisi myös suotavaa, mikäli mahdollista, jotta saataisiin kuva kokonaisuudesta laitteiden osalta.

Asennus- ja käyttöönottovaiheessa solu asennetaan valmiiksi ja aloitetaan tuotanto. Solu ja sen laitteet olisi pyrittävä hyödyntämään tehokkaasti, jotta siitä saataisiin kaikki tehot irti. /6, 92-93/

10.2 Suunnittelun kulmakivet

Jo itse automatisoinnin aloittaminen edellyttää vahvaa informaatiovirtaa sekä yrityksen ja laitevalmistajien/toimittajien että yrityksen sisällä. Työympäristössä automatisointi edellyttää yleensä koulutusten aloittamista. Työntekijöiden informoiminen muuttaa myös asenteita automatisointia kohtaan, koska usein asenteet kaikenlaista uutta kohtaan ovat kriittiset.

Kustannukset ovat suuret automaation aloittamisvaiheessa, mutta mitä enemmän hyvin suunniteltuja ja toteutettuja investointeja toteutetaan sitä suuremmiksi hyödyt kasvavat. Kun laitteistojen ohjelmointi voidaan kytkeä CAD/CAM- ympäristöön, säästetään solun seisokkiaikaa, koska uuden ohjelman luominen voidaan tehdä simulaatioympäristössä valmiiksi ja vasta sitten tarve vaiheessa siirtää solun laitteisiin. Piirustusvaihe jää siis kokonaan pois ja voidaan siirtyä suoraan mallinnuksesta simulaatioon. /16, 9-1/

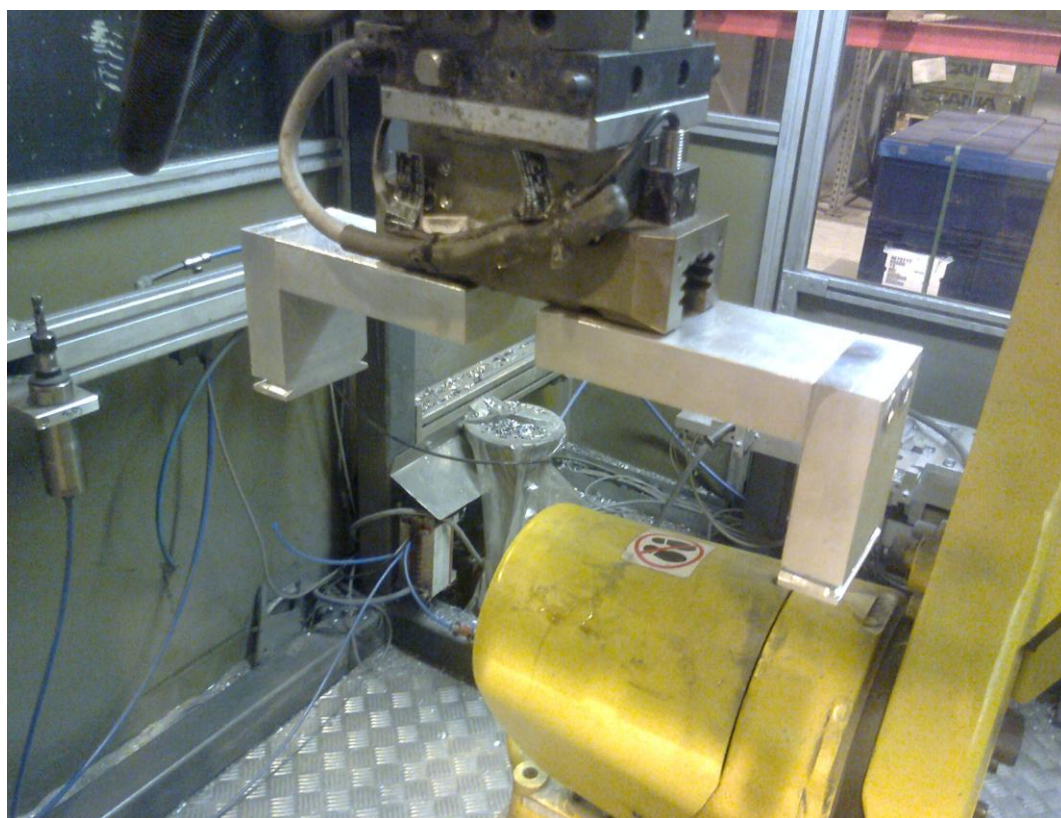
Robottisolun toteutustapoja on yhtä paljon kuin robottejakin, eli jokainen yritys kokoaa juuri omaan toimintaansa sopivan laitteiston. Jos solun toteutus tilataan ulkopuoliselta toimittajalta, saadaan näkemystä ja ehkä vaihtoehtojakin solun toiminnalle. /16,9-5/.

11 PROJEKTIN TOTEUTUS

Prosessi aloitettiin paneutumalla nykyiseen layouttiin sekä tekemällä tarvittavat suunnitelmat soluun. Suunnitelma luotiin tekemisen tueksi, mutta koska solu ja sen laitteet olivat työssä jo valmiina, testaamalla tullaan luomaan parhaimmat versiot solun toimivuuden takaamiseksi. Liikuttamalla kappaletta solussa saatiin todellinen käsitys siitä missä robotti ulottuu kappaleen kanssa kulkemaan.

11.1 Tarrain

Projekti alkoi tarraimen suunnittelulla ja valmistamisella. Tarrain suunniteltiin juuri tähän tarkoitukseen ja sen on tarkoitus toimia ainakin prototyypinä solussa. Tässä insinööriyössä käytettiin vakiokiinnitintä Schunkin valikoimasta, joka oli robotissa jo valmiina. /12/. Kiinnittimeen toteutettiin yksilölliset tarraimen leuat, joiden suunnitelma on esitetty liitteessä 2. Leuat toteutettiin harjoitustyönä koululla. Valmiit leuat on esitettyä kuvassa 11.



Kuva 11. Tarraimen leuat kiinnitetty Schunkin vakiokiinnittimeen.

Liitteinä olevat piirustukset on laadittu NX -ohjelmalla. Kyseinen ohjelma sopii hyvin insinöörimäiseen työskentelyyn, koska kappaletta käsitellään kolmiulotteisesti, mikä helpottaa osien hahmottamista. Lisäksi saadaan luotua kaksiulotteinen kuva mallista valmiina tuotantoon.

11.2 Työkalut

Työkaluina käytettiin solussa jo olevaa jyrsintyökalua sekä viilaa. Jyrsimellä saadaan poistettua ylimääräinen jäyste karkeasti kappaleen reunoista ja viilalla viilattua kappaleen nurkat. Valinnan vaikeus oli löytää sopivan järeä työkalu, joka olisi kuitenkin kestävä. Mikäli jyrsin työkalu osoittautuu testausvaiheessa sopimattomaksi, täytyy se vaihtaa parempaan. Työkalun työstö jälki vaikuttaa oleellisesti työkalun valintaan.

Työkierron ohjelmoinnissa oli otettava huomioon kappaleen asento jäysteenpoiston aikana, ettei terä kuluisi mahdollisesti pelkästään tietystä kohdasta. Työkalun oma jousto oli toteutettu työkalulaipan alle sijoitetuilla paksuilla kumityynyillä, kuten kuvasta 12 nähdään.



Kuva 12. Jyrsintappityökalu

11.3 Kuljetin

Kuljettimen paikoitusrajoituksia muutettiin uudelle kappaleelle sopivaksi. Tämän lisäksi toteutettiin kappaleen paikoituslaatikko hihnan päähän, jotta saatiin kappale paikoitettua sopivasti robotin saataville. Kuljetin liikkuu robotin ohjelmassa vain sen verran kuin tarpeen, eli kun uusi kappale on huomioitu pudonneen paikoilleen laatikkoon. Liitteessä 3 on esitetty kuva paikoituslaatikosta, joka on tehty ohutlevyversiona. Kuvassa 13 on esitetty toteutuneen paikoituslaatikko. Laatikon alareunaan lisättiin pehmusteet kappaleen pehmeämmän putoamisen takaamiseksi. Myös kappaleen toiseen reunaan joudutaan lisäämään pehmuste, jotta kappale voidaan noutaa robotilla sujuvammin, kun se on robottiin nähden suorassa.

Kun kappale on tunnistettu saapuvaksi, paikoitussylinteri varmistaa aseman työntämällä kappaleen laatikon reunaa vasten robottia varten. Rullaradan tunnistimen tehtävänä taas on varmistaa, ettei radalla ole kappaletta uuden kappaleen jäysteenpoiston ollessa valmis. Tämä toimii myös hyvänä merkinä, mikäli rullarata on täynnä. Rullarata on tällä hetkellä testauksen alla, koska rullien väli on sen verran suuri, että kappale saattaa jäädä paikoilleen radalle, eikä siis liu'ukaan mihinkään. Jos rata todetaan huonoksi, se voidaan vaihtaa rataa, missä rullien väli on pienempi.

Kappale saadaan osumaan ja putoamaan oikein laatikkoon paikoitusputken avulla. Kappaleet asetetaan putkea vasten ja putken näkee hihnan toisesta päästä kuvassa 6. Jos kappaleen sivuttaista liikkumista tapahtuu hihnalla liian paljon, eli kappaleet eivät osukaan laatikkoon, asennetaan myös toiselle puolelle hihnaa samanlainen putkiratkaisu. Tällaiseen ei kuitenkaan nyt ole tarvetta, koska silmämääräisellä tarkastelulla kappale ei heilu hihnalla.



Kuva 13. Paikoituslaatikko, tunnistin ja paikoitussylinteri.

11.4 Ohjelmointi

Ohjelmointi toteutettiin opettamalla robotille pisteet yksitellen. Ohjelmointi vie aikaa, koska paikoitusten hiominen tarkasti kuntoon on ensisijaisen tärkeää. Pieniä paikoitusmuunnoksia tehdään vielä testauksen ja tuotannon aloittamisenkin yhteydessä.

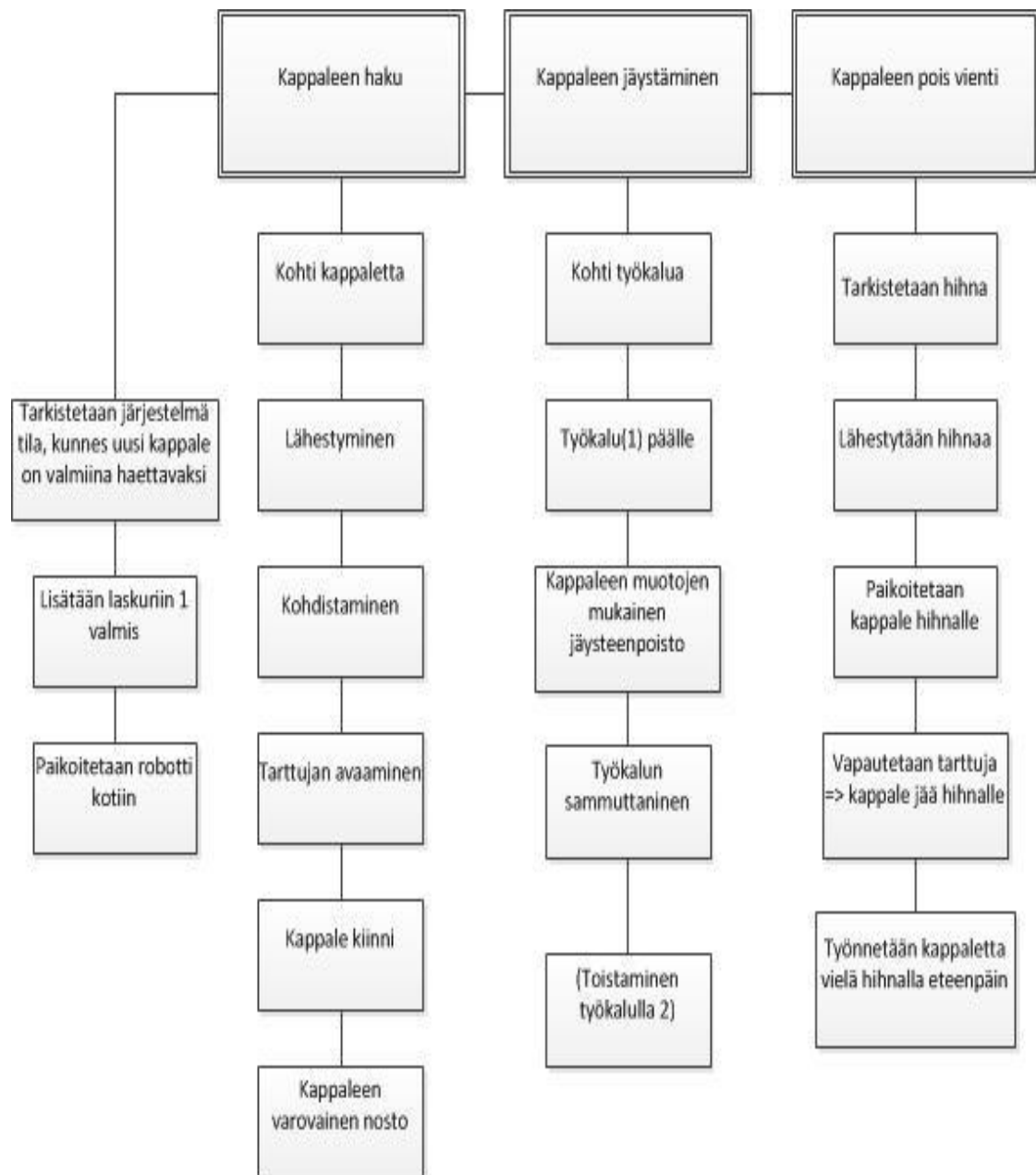
Ohjelman runko koostuu

- kappaleen hausta
- kappaleen jäystöohjelmasta
- kappaleen poisviennistä.

Ohjelmien tarkemmat sisällöt käyvät ilmi kuvasta 14. Robotille on luotu ohjelmassa piste ”Koti”, johon se palaa, jos tehtävää ei ole. Käytännössä tämä tarkoittaa, että odotetaan tietoa tunnistimelta, jotta kappale on valmiina haettavaksi.

Jos ohjelmaan lisätään laskuri, saadaan selville työstettyjen kappaleiden tarkka lukumäärä. Toki tätä lukua tarkkaillaan muissakin työstökoneissa, joten robotin ohjelmaan laskurin lisääminen ei ole välttämätöntä. Esimerkiksi valukone laskee kappaleiden määrät automaattisesti.

Ohjelmaan on lisätty myös kello, joka laskee työhön kuluvan ajan. Se voidaan valita ajastamaan joko yhden kappaleen työstöaikaa tai koko erään kulunutta aikaa.



Kuva 14. Ohjelman työkierto esitettynä visuaalisesti.

11.5 Solun siisteys

Jäysteenpoistosta irronnut jäyste tippuu solun pohjalle, josta se on käsivoimin harjattava pois. Jäyste on pölymäistä ja hienoa, joten se on helppo puhdistaa esimerkiksi tehdas käyttöön tarkoitettulla imurilla, joka ei tukkeennu hienoisesta jäysteestä, tai perinteisellä harjalla. Alumiinipöly on kuitenkin niin sitkeää, joten tarkkana siivousvälineiden kanssa täytyy olla. Solu olisi hyvä puhdistaa säännöllisesti, jotta pöly ei aiheuttaisi tukoksia solun muissa laitteissa. kuten työkaluissa tai robotin toimilaitteissa.

12 PROJEKTIN YHTEENVETO

Prosessi toteutettiin kevään 2012 aikana. Perehtymällä teoriapuoleen saatiin paljon tietoa itse aiheesta. Toteutusvaiheessa alusta loppuun asti toteutettiin ainoastaan tarttujan leuat ja laatikko, muuten käytettiin pitkälti jo olemassa olevia solun osia ja työkaluja. Ohjelmaa testattiin muutamalla kappaleella ja se todettiin toimivaksi.

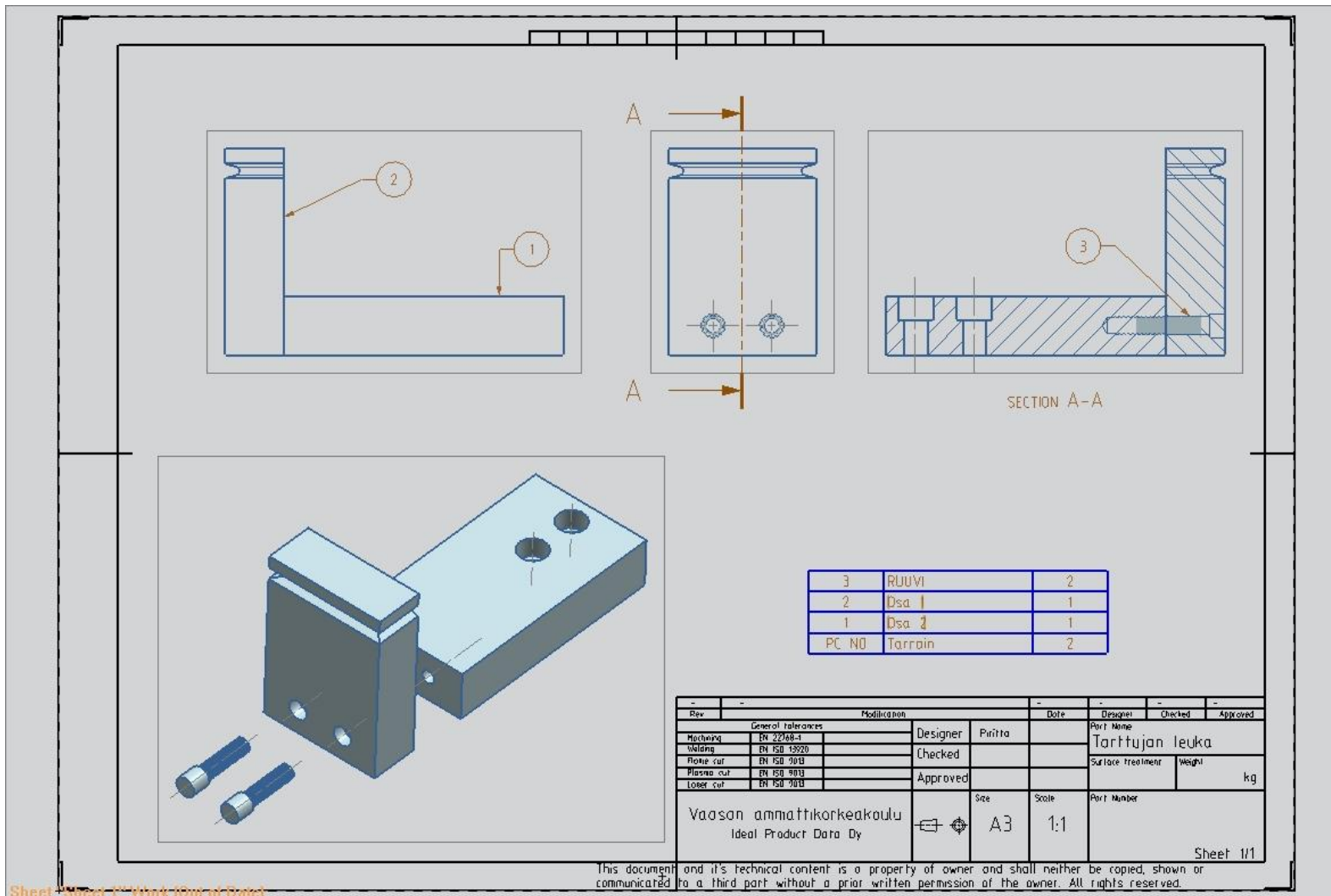
Tarttujan leukojen toteutus onnistui työssä parhaiten. Mallia otettiin vanhoista jo olemassa olevista leuoista. Suunnitelman pohjana käytettiin jo vakiokiinnittimiä joiden teknisiä tietoja löytyi valmistajan nettisivuilta ja leuat toteutettiin niihin sopiviksi harjoitustyönä koululla. /12/. Paikoituslaatikon toteutus sujui myös hyvin ja lopputulos oli sen suhteen hyvä. Ainoana miinuspuolena oli valmistumisen kestäminen, joka hieman sotki aikatauluja.

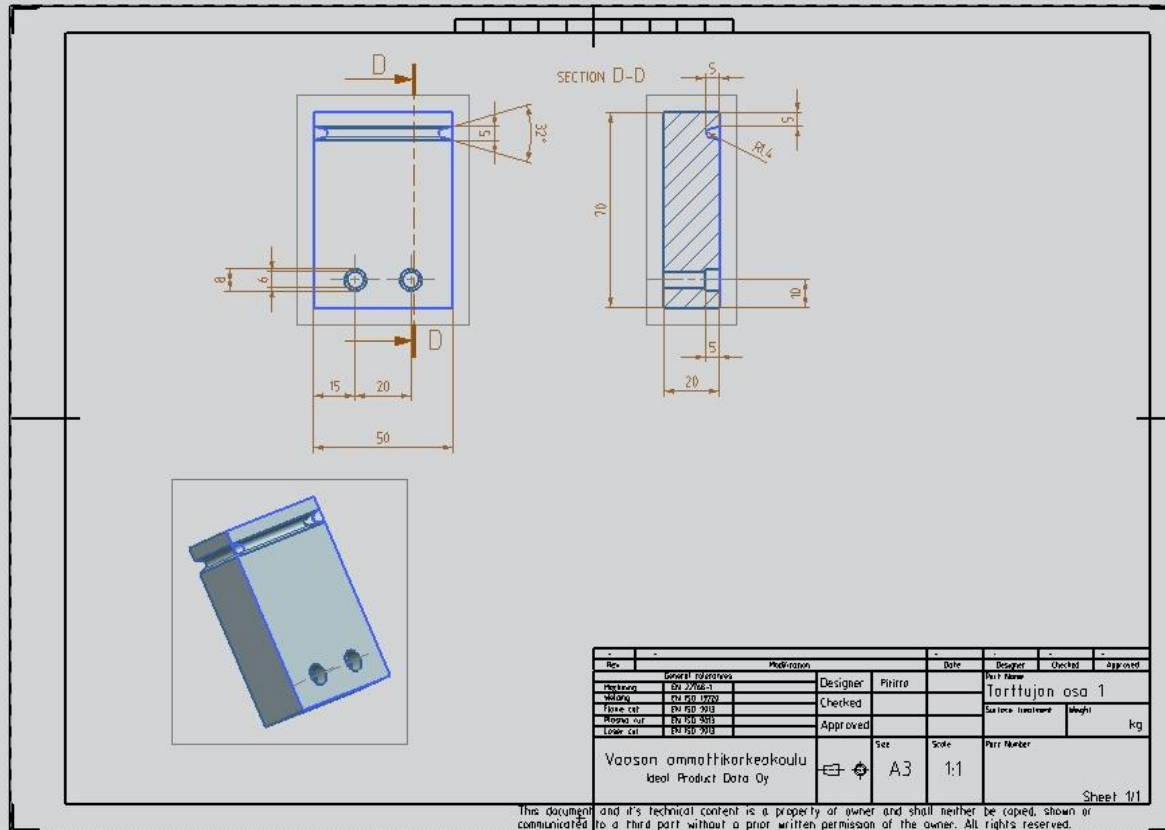
Oma työskentelyni työn aikana oli tarkkaa ajattelutyötä. Ideana oli suunnitella välitavoitteet ja sitoutua suorittamaan työ vaihe kerrallaan 100 prosenttisesti. Tämä onnistui mielestäni ok, koska työ saatiin suoritettua kohtuullisessa ajassa. Luova työ vaatii kuitenkin aikaa, mutta joissakin asioissa työhön olisi voinut tarttua nopeamminkin. Ideanahan opinnäytetyössä on kuitenkin uusien asioiden oppiminen ja projektiluontoinen työskentely, joissa onnistuin hyvin. Työ oli kaikin puolin mielenkiintoinen ja haastava ja toivottavasti työstä on apua myös toimeksiantajayritykselle jatkossa.

LÄHTEET

- /1/ A. Palokoski Oy. Viitattu 29.3.2012.
<http://www.a-palojoki.fi/tuotteet/>
- /2/ Biltema. Kuva lainattu 12.4.2012.
<http://www.biltema.fi/fi/Tyokalut/Hiomatarvikkeet/Terasharja/?page=2>
- /3/ <http://www.by.all.biz/fi/g58815/>. Kuvat lainattu 12.4.2012
- /4/ Gillespie, L. 1999. Deburring and edge finishing handbook. USA. Society of Manufacturing Engineers.
- /5/ Konepaja Seppo Suomi Oy. Viitattu 12.4.2012.
<http://www.konepajasepposuomi.fi/Jaysteenpoisto.html>
- /6/ Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa. Talentum Oyj.
- /7/ Lempiäinen, J. Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – Puoliksi valmistettu. Helsinki. Hakapaino Oy.
- /8/ OT-Koneistus OY. Viitattu 6.5.2012. <http://www.ot-koneistus.fi>
- /9/ Robotiikka, Viitattu 28.04.2012.
http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf
- /10/ RobotWorx, Virallinen Fanuc- ja Motoman-robottien valtuutettu. Viitattu 21.3.2012. <http://www.robots.com/fanuc/m-6ib/405>.
- /11/ RobotWorx, Virallinen Fanuc- ja Motoman -robottien valtuutettu. Viitattu 6.5.2012. <http://www.robots.com/education/cosi-robots/23>
- /12/ SCHUNK Intec Oy, Vakiotarrainvalmistaja, Viitattu malliin 371 120. 21.3.2012. http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/PGN-plus100_D.pdf.
- /13/ Suomen Automaatioseura ry. Artikkeleita luettu 21.4.2012. Artikkelit: Automaatio liiketoiminnan tukena (2010) ja Automaatiosuunnittelun prosessimalli. <http://www.automaatioseura.com/automaatioseura/tiedostot/viewcategory/17>
- /14/ Suomen Automaatioseura ry. Björn Wahlström:in artikkeliin viitattu 22.4.2012. http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Automaatio_tarkea_teknologia_yhteiskunnassa.pdf
- /15/ Suomen Robotiikkayhdistys Ry. <http://www.roboyhd.fi/index.php>
Viitattu 21.3.2012

- /16/ Temmes J, Salmelin, B. 1984. Robottiautomaatio. Insinööritieto Oy.
- /17/ Yhteishyvä -lehden nettisivut. Kuva lainattu 6.5.2012
http://www.yhteishyva.fi/asuminen_remontointi/kodinkoneet/hiomakoneen_osto_opas/fi_FI/hiomakoneen_osto_opas/.

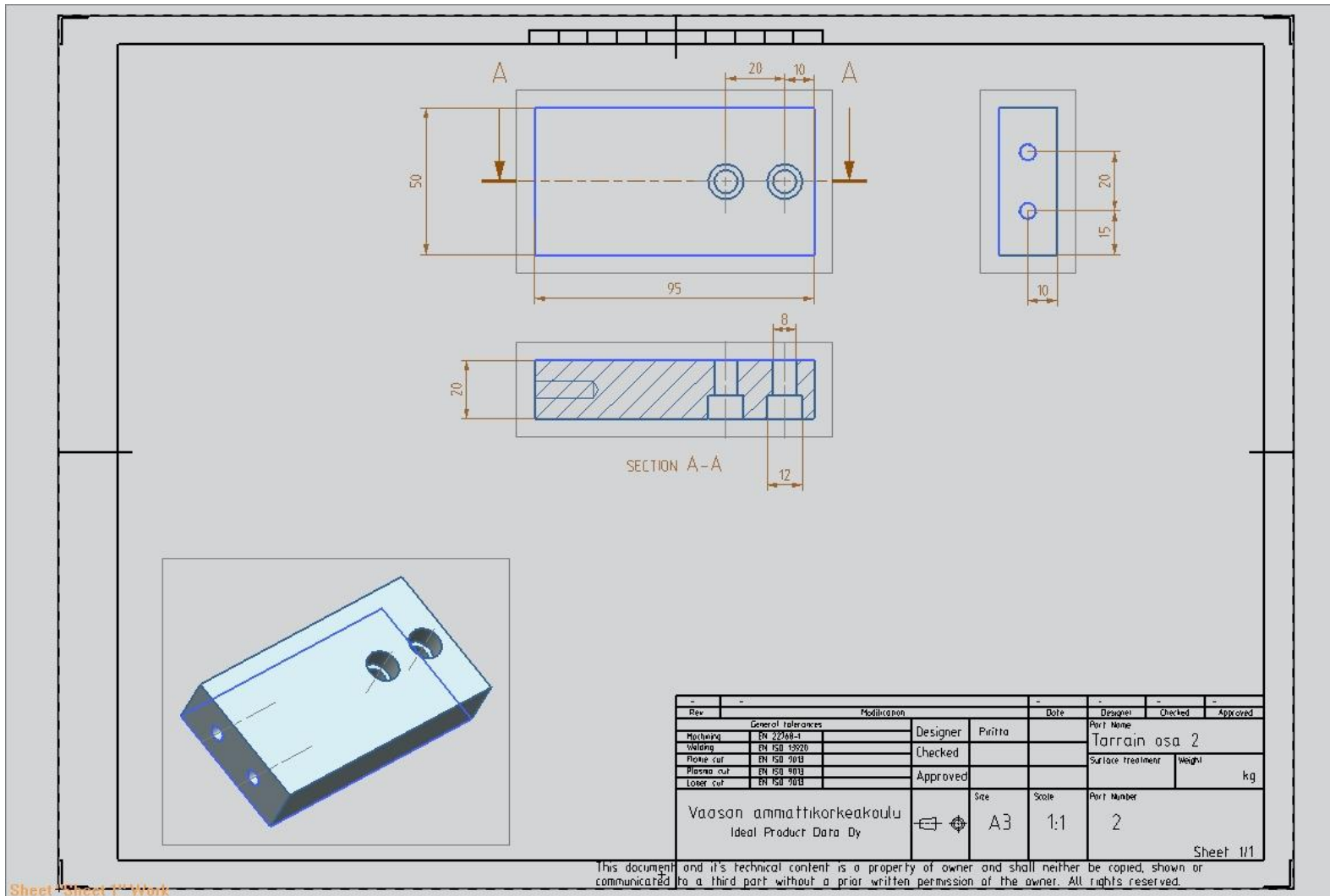




Rev	Modification	Date	Designer	Checked	Approved
01	Initial release		Piirra		
02	27/08-1				
03	02/10/2020				
04	04/10/2020				
05	04/10/2020				
06	04/10/2020				
07	04/10/2020				
08	04/10/2020				
09	04/10/2020				
10	04/10/2020				

Vaasan ammattikorkeakoulu Ideal Product Data Oy		Designer Piirra	Checked Piirra	Approved Piirra	Part Name Tarttujen osa 1	Surface treatment Weight kg
Size A3	Scale 1:1	Part Number	Sheet 1/1			

This document and its technical content is a property of owner and shall neither be copied, shown or communicated to a third party without a prior written permission of the owner. All rights reserved.




```
/PROG KPLOHJ.  
  
/ATTR  
  
OWNER = MNEDITOR;  
  
COMMENT = "Paaohjelma";  
  
PROG_SIZE = 746;  
  
CREATE = DATE 12-05-14 TIME 18:38:32;  
  
MODIFIED = DATE 12-05-15 TIME 16:50:28;  
  
FILE_NAME = ;  
  
VERSION = 0;  
  
LINE_COUNT = 34;  
  
MEMORY_SIZE = 1082;  
  
PROTECT = READ_WRITE;  
  
TCD: STACK_SIZE = 0,  
  
T ASK_PRIORITY = 50,  
  
TIME_SLICE = 0,  
  
B USY_LAMP_OFF = 0,  
  
ABORT_REQUEST = 0,  
  
P AUSE_REQUEST = 0;  
  
DEFAULT_GROUP = 1,*,*,*,*,*;  
  
CONTROL_CODE = 00000000 00000000;  
  
/APPL  
  
/MN  
  
1:J P[3] 50% CNT100 ;  
  
2;;  
  
3: R[31]=7 ;  
  
4;;  
  
5: IF R[31]=R[32],JMP LBL[20] ;  
  
6;;
```

7: CALL T_VAIHTO ;
9;;
10: J P[1:TARTTUJAN HAKU] 75% CNT100 ;
11;;
12: LBL [20] ;
13;;
14: RUN KULJETIN ;
16: !ODOTETAAN KULJETINTA ;
17: ;
18: LBL[1] ;
19: R[63]=R[63]+1 ;
20: ;
21: J P[2: Koti] 75% CNT100 ;
22: ;
23: CALL TARK_K ;
24: ;
25: CALL KPLHAKU ;
26: ;
27: !JÄYSTÖOHJELMAT ;
28: ;
29: TIMER[2]=STOP ;
30: ;
31: R[61]=TIMER[2] ;
32: ;
33: TIMER[2]= RESET ;
34: ;
35: TIMER[2]=START ;
36: ;

37: CALL KPLJYRS ;

38: ;

39: CALL KPLVILA ;

40: ;

41: CALL KPLPOIS ;

42: ;

43: LBL [8] ;

44: ;

/POS

/END

```
*Kappaleen viilauk aliohjelma

/PROG KPLVILA

/ATTR

OWNER = MNEDITOR;

COMMENT = "Viilauk";

PROG_SIZE = 746;

CREATE = DATE 12-05-14 TIME 18:38:32;

MODIFIED = DATE 12-05-15 TIME 16:50:28;

FILE_NAME = ;

VERSION = 0;

LINE_COUNT = 34;

MEMORY_SIZE = 1082;

PROTECT = READ_WRITE;

TCD: STACK_SIZE = 0,

T ASK_PRIORITY = 50,

TIME_SLICE = 0,

B USY_LAMP_OFF = 0,

ABORT_REQUEST = 0,

P AUSE_REQUEST = 0;

DEFAULT_GROUP = 1,*,*,*,*,*;

CONTROL_CODE = 00000000 00000000;

/APPL

/MN

1:J P[1] 50% CNT100 ;

2;;

3: J P[2] 50% CNT100 ;

4;;

5: DO[13]=ON

6;;

7: L P[3] 30mm/sec CNT10 ;
```


9;;

10: L P[4] 10mm/sec CNT10 ;

11;;

12: L P[5] 10mm/sec CNT10 ;

13;;

14: L P[6] 30mm/sec CNT10 ;

16: ;

17: L P[7] 10mm/sec CNT10 ;

18: ;

19: L P[8] 10mm/sec CNT10 ;

20: ;

21: L P[9] 10mm/sec CNT10 ;

22: ;

23: L P[10] 200mm/sec CNT10 ;

24: ;

25: L P[11] 10mm/sec CNT10 ;

26: ;

27: L P[12] 10mm/sec CNT10 ;

28: ;

29: L P[13] 10mm/sec CNT10 ;

30: ;

31: L P[14] 30mm/sec CNT10 ;

32: ;

33: L P[15] 10mm/sec CNT10 ;

34: ;

35: L P[16] 10mm/sec CNT10 ;

36: ;

37: L P[17] 10mm/sec CNT10 ;

```
38: ;
39: L P[18] 30mm/sec CNT10 ;
40: ;
41: DO[13]=OFF
42: ;
43: L P[19] 50mm/sec CNT100 ;
44: ;
45: L P[20] 250mm/sec CNT100 ;
46: J P[1] 50% CNT100

/POS

/END

*Kappaleen jysintä aliohjelma

/PROG KPLJYRS

/ATTR

OWNER = ;

COMMENT = "Jysinta";

PROG_SIZE = 777;

CREATE = DATE 12-05-14 TIME 18:38:32;

MODIFIED = DATE 12-05-15 TIME 16:50:28;

FILE_NAME = ;

VERSION = 0;

LINE_COUNT = 34;

MEMORY_SIZE = 1082;

PROTECT = READ_WRITE;

TCD: STACK_SIZE = 0,

T ASK_PRIORITY = 50,

TIME_SLICE = 0,

B USY_LAMP_OFF = 0,
```

```
ABORT_REQUEST = 0,  
P AUSE_REQUEST = 0;  
DEFAULT_GROUP = 1,*,*,*,*,*;  
CONTROL_CODE = 00000000 00000000;  
  
/APPL  
  
/MN  
  
1: J P[1] 75% CNT100 ;  
  
2;;  
  
3: J P[2] 50% CNT100 ;  
  
4;;  
  
5: L P[3] 300mm/sec CNT50 ;  
  
6;;  
  
7: DO[14]=ON  
  
9;;  
  
10: WAIT 0,3sec ;  
  
11;;  
  
12: !JYRSINTA ;  
  
13;;  
  
14: L P[4] 50mm/sec CNT10 ;  
  
16: ;  
  
17: !Pitka sivu  
  
18: L P[5] 8mm/sec FINE ;  
  
19: ;  
  
20: L P[6] 100mm/sec CNT100 ;  
  
21: ;  
  
22: L P[7] 100mm/sec CNT100 ;  
  
23: ;  
  
24: L P[8] 100mm/sec CNT100 ;
```

25: ;

26: ;

27: L P[9] 30mm/sec CNT10 ;

28: ;

29: !Lyhyt sivu

30: ;

31: L P[10] 8mm/sec FINE ;

32: ;

33: L P[11] 10mm/sec FINE ;

34: ;

35: L P[12] 8mm/sec FINE ;

36: ;

37: L P[13] 100mm/sec CNT100 ;

38: ;

39: L P[14] 100mm/sec CNT100 ;

40: ;

41: L P[15] 50mm/sec CNT100 ;

42: ;

43: L P[16] 10mm/sec CNT10 ;

44: ;

45: L P[17] 8mm/sec FINE ;

46: ;

47: L P[18] 150mm/sec CNT100 ;

48: ;

49: L P[19] 300mm/sec CNT100 ;

50: ;

51: J P[20] 50% CNT100

52: ;

53: L P[21] 300mm/sec CNT100

54: ;

55: L P[22] 10mm/sec CNT10

56: ;

57: L P[23] 8mm/sec FINE

58: ;

59: L P[24] 100mm/sec CNT100

60: ;

61: DO[14]=OFF

62: ;

63: L P[24] 500mm/sec CNT10

64: ;

65: J P[25] 50% CNT10

66: ;

46: J P[1] 50% CNT100

/POS

/END