



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TUOMAS PEKKOLA

Fanuc Macro B ohjelmoinnin hyödyntäminen CNC-sorvissa

FB Ketjutekniikka Oy

KONETEKNIikka

2020

Tekijä(t) Pekkola, Tuomas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 23.10.2020
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Fanuc Macro B ohjelmoinnin hyödyntäminen CNC-sorvissa		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena on parantaa FB Ketjutekniikka Oy:n CNC-sorvin käyttöastetta asetusajoja lyhentämällä. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Raumalla ja Köyliössä. Yritys valmistaa erilaisia kuljetinketjuja teollisuuden tarpeisiin. Asetusaikojen nopeuttaminen toteutettiin Fanuc Macro B ohjelmoinnilla toteutetuilla tuoteperhe- ja aliohjelmilla. Työn teoriaosassa käsitellään CNC-sorvin ohjelmointia yleisesti sekä Fanuc Macro B ohjelmoinnin perusteita suppeasti. Insinööriyön tuloksena syntyi useita yleisohjelmia tuoteperheosien valmistukseen sekä modulaarinen ohjelmarakenne, joka selkeytti ohjelmallisia toimintoja merkittävästi.</p>		
Asiasanat: Fanuc, CNC-sorvi, makro-ohjelmointi		

Author(s) Pekkola, Tuomas	Type of Publication Bachelor's thesis Thesis AMK	Date 23.10.2020
	Number of pages 27	Language of publication: Finnish
Title of publication Utilization of Fanuc Macro B programming in CNC lathes		
Degree programme mechanical engineering		
<p>The purpose of this thesis is to shorten the set times of CNC lathe. The thesis is made for a company named FB Ketjutekniikka Oy, which operates in Rauma and Köyliö. The company manufactures conveyor chains for a wide range of different industries. The speed up of setting times was implemented with subprograms and product family programs. The programs were implemented with Fanuc Macro B programming. The theoretical part of the thesis deals with the programming of CNC lathes in general and the basics of Fanuc Macro B programming in a nutshell. As a result of the engineering work emerged several parametric programs for families of parts and a modular program structure that clarified the software functions significantly.</p>		
Key words: Fanuc, CNC-machines, programming		

SISÄLLYS

1	Johdanto	6
1.1	FB Ketjutekniikka Oy	6
1.2	Työn lähtökohta ja suunnittelu	7
2	Cnc-sorvin ohjelmointi	8
2.1	CNC-sorvi	8
2.2	CNC-ohjelma.....	9
2.3	Ohjelman prosessit	10
2.4	Aliohjelma	10
2.5	Fanuc Custom Macro B.....	10
2.6	Muuttujat	11
2.6.1	Määrittelemätön muuttuja	11
2.6.2	Paikallismuuttuja.....	11
2.6.3	Yhteiset muuttujat	12
2.6.4	Järjestelmämuuttuja.....	12
2.7	Tuoteperhe.....	13
3	TYössä syntyneet muuttujaohjelmat	14
3.1	Ohjelmaesimerkki	14
3.2	Prosessit.....	16
3.3	Työkalujen määrittäminen	16
3.4	Työstettävän kappaleen tietojen määrittäminen	17
3.5	Ohjelman aloitus.....	18
3.6	Työkalun vaihto.....	19
3.7	Kappaleen haku	20

3.7.1	Makroaliohjelman kuvaus.....	21
3.8	Ohjelman lopetus.....	21
3.9	Tangonvaihto.....	22
3.10	Mittariluku.....	23
3.11	Ohjelmaesimerkki.....	23
3.12	Tuoteperheohjelmat.....	24
4	Työn toteutus ja lopputulos.....	24
4.1	Toteutus.....	24
4.2	Lopputulos.....	26

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehostaa kuljetinketjuja valmistavan FB Ketjutekniikka Oy:n CMZ TA25YS CNC-sorvin käyttöastetta lyhentämällä asetusaikoja. Sorvilla valmistetaan pieniä ja keskisuuria sarjoja yksinkertaisia pyörähdyskappaleita kuten tappeja ja holkkeja. Asetusaikoja saadaan lyhennettyä automatisoimalla uusien tuotteiden ohjelmointia tuoteperhekohtaisilla muuttujaohjelmilla. Lisäksi koneeseen kustomoidaan työkiertoja, jotka selkeyttävät ja automatisoivat asetusprosessia.

Sorvi ohjelmoidaan Fanuc Custom Macro B ohjelmointikielellä. Itse ohjelmointitapaa käsitellään vain pintapuolisesti.

Projekti suoritetaan tuotantotyön ohessa niin, ettei tuotannolle aiheudu merkittäviä ajallisia häiriöitä. Ohjelmat saadaan näin myös testattua käyttöolosuhteissa välittömästi. Ohjelmat kirjoitetaan txt-muodossa ja simuloidaan Cimco Edit CNC-ohjelmalla ennen testausta.

Työstä muodostuu yrityksen tarpeisiin räätälöity aliohjelmakokonaisuus, joka jatkossa helpottaa uusien ohjelmien tekemistä ja tuotteiden valmistusta merkittävästi. Tuoteperhe ohjelmat nimetään YLEIS- etuliitteellä ja ohjelmilla voidaan valmistaa tuoteperheeseen kuuluva tuote helposti muutamalla koodirivillä olevia parametreja muuttamalla.

1.1 FB Ketjutekniikka Oy

FB Ketjutekniikka Oy on osa FB Groupia, jonka omistaja Addtech AB on yksi Pohjoismaiden johtava kuljetinketjujen valmistaja ja toimittaja. FB Group muodostuu kuudesta itsenäisestä yrityksestä, jotka sijaitsevat eri puolilla Eurooppaa. FB Ketjutekniikka Oy:llä on kaksi toimipistettä; toinen Köyliössä ja toinen Rauman Lapissa. Tehtailla valmistetaan erilaisia kuljetinketjuja teollisuuden tarpeisiin. Suurin osa yrityksen valmistamista tuotteista menee vientiin. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä CNC-sorvi on osa komponenttivalmistusta, joka sijaitsee Köyliön tehtaalla. Tehtaalla valmistettavien kuljetinketjujen pääkomponentteja ovat tappi, holkki, rulla

ja sivulevyt. Tuotteiden kokoonpano sekä varastointi ja yrityksen hallintotoiminnot sijaitsevat päätoimipaikalla Rauman Lapissa.

(FB Ketjun www-sivut 2020)

1.2 Työn lähtökohta ja suunnittelu

Yritykseen oli hankittu uusi CNC-monitoimisorvi, jolla oli tarkoitus tuottaa pieniä erikoissarjoja nopeasti. Sorvi on aiempia osien valmistuksessa käytettyjä laitteita monipuolisempi, joten sillä voi valmistaa myös monimutkaisempia osia kerralla valmiiksi. Koneen käyttöönotossa oli ilmennyt vaikeuksia erityisesti hitaiden asetusaikojen muodossa. Kaksikarainen ja syöttölaitteella varustettu sorvi oli aiheuttanut haasteita koneen käyttäjille. Sorvin kaksikarainen rakenne aiheutti, että kone oli tavallista sorvia vaikeampi ohjelmoida. Lisäksi kone oli varustettu tankomakasiinilla, joka vaatii erillisen tangonvaihto-ohjelman.

Opinnäytetyön tarkoitus on nopeuttaa erityisesti asetusaikoja koneella. Tämä tapahtuu ohjelmallisten apukeinojen avulla. Koneen ohjelmoinnissa on käytetty Fanuc Macro B ohjelmointitapaa ja sillä tehtyjä muuttuja-aliohjelmia. Koska koneella tehtiin hyvin samankaltaisia kappaleita (tuoteperhe), jokainen erilainen kappale tarvitsi aiemmin oman ohjelmansa. Ajallinen hyöty saavutetaan sillä, että tuoteperheelle on vain yksi yhteinen ohjelma, jota muokataan vain yhdellä rivillä tuotteesta riippuen.

Opinnäytetyön idea esiteltiin koneen käyttäjille ja tuotantojohtajalle työn suunnitteluvaiheessa keväällä 2019. Ohjelmien tekoon annettiin yrityksen puolesta vapaat kädet. Rajoituksena oli, että normaali tuotantoaikataulu tai tuotantotyö ei saa häiriintyä.

Työn suunnitteluvaiheessa tutustuttiin koneella valmistettaviin tuotteisiin. Tuotteisiin tutustumista häiritsi sekava nimikkeistö - samanlaisia tuotteita oli nimetty eri nimikkeillä ja lisäksi puhekielessä niistä käytettiin vielä eri nimitystä. Lisäksi oli selvítettävä mitä M-koodeja on mahdollisesti käytössä ja käytetäänkö koneessa makroja tiedon tallentamiseen. Koneen ohjekirjasta selvisi, että makroja #500-599 käytetään konevalmistajan työkiertojen yhteydessä.

Koneen käyttöjärjestelmä oli aluksi suomenkielinen, tämä muutettiin parametrimuutoksella englanninkieliseksi. Toinen koneen käyttäjästä ei puhu suomea, joten ohjelmien käyttöohjeet oli tehtävä myös englanniksi.

Työn suunnittelua helpotti se, että opinnäytetyön tekijä työskenteli itse yrityksessä ja hänellä oli aiempaa kokemusta makro-ohjelmoinnista.

2 CNC-SORVIN OHJELMOINTI

2.1 CNC-sorvi

FB Ketjutekniikalla on käytössä CMZ monitoimisorvi, joka on varustettu Top Automazioni -tankomakasiinilla. Monitoimisorvilla voi sorvaamisen lisäksi myös työstää revolveriin kiinnitetyillä työkaluilla. Monitoimisorvin etuna on, että kappale, jonka valmistus vaatii sekä sorvausta että lisäksi esim. porausta, voidaan tehdä valmiiksi yhdellä koneella. CMZ-sorvi on kaksikarainen ja yksirevolverinen sorvi. Sorvin revolverissa on kiinteiden työkalujen lisäksi pyörivät työkalut sekä molemmissa karoissa C-akseli. Toinen karoista on kiinteästi kiinni, tätä kutsutaan tässä pääkaraksi. Toinen karoista liikkuu B-akselin mukaisesti, tätä kutsutaan edempänä vastakaraksi (tai apukaraksi). Sorvi on varustettu myös tankolaitteella, mikä tarkoittaa, että pääkarassa on tangon pää, ja siitä katkaistu kappale apukarassa.

Revolveriin kiinnitetään työkalut. Sillä työstetään karoissa pyörivää kappaletta. Mikäli käytetään pyörivää työkalua, pysyy kappale paikallaan ja pyörivän työkalun akseli pyörii. Kappaletta voidaan tällöin myös liikuttaa työstönopeudella C-akselin avulla.



Kuva 1. CMZ TA30TY CNC-sorvi (Crontekin www-sivut 20.3.2020)

2.2 CNC-ohjelma

Opinnäytetyössä keskitytään Fanuc-ohjelmointikieleen. Muita merkittäviä ohjelmointikieliä ovat esimerkiksi Siemens, Heidenhain ja Mazakin Mazatrol.

Fanuc ohjausjärjestelmässä ohjelmointitavat voidaan jakaa eri tapoihin. Näitä ovat esimerkiksi käsinohjelmointi ISO-koodilla, avustava ohjelmointi sorvilla (Fanuc Manual Guide) ja tietokoneavusteinen ohjelmointi CAM-ohjelmointi (Vesämäki 2014, 60).

ISO-tyylissä ohjelma kirjoitetaan suoraan sorvilla ohjelmatiedostoon tai tietokoneella tekstitiedostoon. Tässä voidaan käyttää apuna myös avustavia tietokoneohjelmia. Ohjelma kirjoitetaan rivi riviltä ja siinä voidaan hyödyntää normaaleja koneen työkiertoja.

Fanucin Manual Guide on prosessityylinen ohjelmointi. Jokainen toiminto on jaettu aliohjelmiin, joihin avustavan ohjelmoinnin avulla muodostetaan ohjelmaa. Manual Guiden ohjelmat hyödyntävät makro-tietopaikkoja ohjelmissaan.

Ohjelma voidaan tehdä myös erilaisilla CAM-ohjelmilla. Ohjelmissa työstövaiheet ja radat muodostavat CAM-ohjelman kielellä olevan prosessiohjelman. Ennen sorville siirtoa ohjelma postprosessoidaan halutulle ohjelmointikielelle. Postprosessointi

voidaan tehdä myös konetyyppisenä, niin että eri toimintojen eriävät koodit on konekohtaisesti huomioitu.

Fanuc Manual Guidea lukuun ottamatta lopullinen ohjelma näyttää pääpiirteittäin samalta, tosin CAM-ohjelmat ovat varsin paljon pidempiä työkiertojen ollessa riviriviltä kirjoitettuja lineaariliikkeitä.

2.3 Ohjelman prosessit

Koodikielessä liikemäärittysten lisäksi on eri asioita tarkoittavia M- ja G-koodeja. Yleisesti M-koodit sisältävät jonkin koneen toiminnon ja G-koodit ovat ohjelmallisia koodeja. Esimerkiksi G0 tarkoittaa, että määritellyt liikkeet ovat annettu pikaliikkeinä ja G1 että liikkeet tästä eteenpäin tapahtuvat syöttönopeudella. M8 käynnistää leikkuunestepumpun ja M9 pysäyttää kyseisen pumpun.

Käyttäjä voi luoda omia G- ja M-koodeja, jotka käynnistävät parametreihin määritetyn aliohjelman. Koodin numero on vapaavalintainen mutta käytetyt ohjelmanumerot on rajattu alueelle 9001 - 9029. M-koodeille on varattu yhteensä 19 ohjelmapaikkaa ja näistä 10:ssä voi käyttää paikallismuuttujia. G-koodeille on varattu 10 ohjelmapaikkaa, joissa voi käyttää paikallismuuttujia.

2.4 Aliohjelma

Fanuc-ohjauksessa suoritetaan ohjelmaa, jonka mukaan kone liikkuu ja suorittaa koodiin kirjattuja toimintoja. Ohjelma voi sisältää myös käskyn siirtyä toiseen ohjelmaan, tästä käytetään nimitystä aliohjelman kutsu. Vain yksi ohjelma voi olla kerrallaan valittuna, tämä ohjelma on pääohjelma.

2.5 Fanuc Custom Macro B

“Muuttuja-aliohjelmat eli makrot ovat aliohjelmiä, joissa voidaan käyttää muuttujia eli parametreja. Sana muuttuja tarkoittaa tässä yhteydessä jotain merkkiä, osoitetta tai

asiaa, jonka arvo muuttuu eri tapauksissa. Muuttuja voi olla jokin tietty mitta, lukumäärä tai toiminnallinen kokonaisuus.” (Vesamäki 2014, 173.)

Makro-ohjelmointi on eräänlaista raaka koodaamista; koneen toiminnot ja työkierrat on ohjelmoitu samalla koodikielellä. Niinpä tällä ohjelmointitavalla voidaan valmistaa konevalmistajan ja Fanucin työkiertojen kanssa vastaavia työkiertoja.

2.6 Muuttujat

Taulukko 1. Oheisessa taulukossa muuttujat on jaoteltuna (Vesamäki 2014, 175).

#0	Määrittelemätön muuttuja
#1-#33	Paikallinen muuttuja
#100-#499	Yhteiset muuttujat
#500-#999	Yhteiset muuttujat
#1000-#99999	Järjestelmä muuttujat

2.6.1 Määrittelemätön muuttuja

Määrittelemätön muuttuja #0 on arvoltaan aina tyhjä, eikä sitä voi muuttaa. Tätä voidaan hyödyntää vertailemalla sitä muihin muuttujiin. Tällä voidaan selvittää, onko jotain arvoa syötetty tiettyyn paikallismuuttujaan aliohjelmaan mentäessä. Mikäli muuttujaa ei ole syötetty sen arvo ei ole numereellinen luku joten ainoa vaihtoehto on verrata sitä tyhjään muuttujaan. (Sinha 2010, 22.)

2.6.2 Paikallismuuttuja

Paikallismuuttujat toimivat aliohjelmakutsu koodissa kirjaimena. Kirjaimella annettu tieto tallentuu alla olevan taulukon mukaisesti muuttuja numeroihin.

Taulukko 2. Paikallismuuttajat (Vesämäki 2014, 176).

Osoite	Makromuuttuja	Osoite	Makromuuttuja
A	#1	Q	#17
B	#2	R	#18
C	#3	S	#19
D	#7	T	#20
E	#8	U	#21
F	#9	V	#22
H	#11	W	#23
I	#4	X	#24
J	#5	Y	#25
K	#6	Z	#26
M	#13		

2.6.3 Yhteiset muuttajat

Yhteiset muuttajat ovat vapaasti ohjelmien käytössä ja niitä voidaan hyödyntää ohjelmoinnissa.

2.6.4 Järjestelmämuuttuja

Muuttajat välillä #1000-#99999 ovat järjestelmän käytössä ja niitä voidaan kirjoittaa ja lukea ohjelmassa. Esimerkiksi jokaiselle työkalun mitoitus tiedolle on olemassa oma muuttujanumero.

IF lauseella voidaan ehdollisen ilmaisun avulla verrata muuttujia. Vertailun ollessa tosi suoritetaan THEN tai GOTO komento. THEN komennolla voidaan muuttujien arvoja muuttaa, GOTO komento on hyppy ohjelmassa riville, joka määrittellään komennon yhteydessä. Ehdollisia muotoiluja hyödynnetään myös WHILE loopissa, ohjelma toistaa DO ja END rivien välistä osuutta kunnes ehto toteutuu.

Taulukko 3. Ehdolliset ilmaisut (Vesamäki 2014, 177)

Operaattori	Tarkoittaa	Matemaattinen merkki
LT	Pienempi kuin	<
LE	Pienempi tai yhtä suuri	≤
EQ	Yhtäsuuri	=
NE	Erisuuri	≠
GE	Suurempi tai yhtäsuuri	≥
GT	Suurempi kuin	>

Taulukko 4. Erilaisia laskutoimituksia (Vesamäki 2014, 177)

#I = #J + K#	Yhteenlasku
#I = #J - K#	Vähennyslasku
#I = #J * K#	Kertolasku
#I = #J / K#	Jakolasku
#I = SQRT[#J]	Neliöjuuri
#I = SIN[#J]	Trigonometriset funktiot
#I = ABS[#J]	Luvun itseisarvo
#I = ROUND[#J]	Luvun pyöristys

2.7 Tuoteperhe

Kappaleen ohjelmointiaikaa voidaan vähentää kehittämällä makro-ohjelmointia tuoteperheille. Vaikka olake eri tuoteperheen tuotteissa olisi samanlainen, voi tuotteiden välillä olla eroavaisuuksia esim. reikien määrässä ja syvyydessä, tuotteen halkaisijassa jne. (Sinha 2010, 5.)

Tuoteperheellä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä eri kokoisia ja eri materiaaleista valmistettuja pyörähdyskappaleita, joiden muodot ovat samanlaisia.



Kuva 2. Esimerkkinä tuote PIN.K/KC (Pekkola, oma arkisto)

Oheisen kuvan tuote PIN.K/KC on symmetrinen pyörähdyskappale. Tuote on varsin yksinkertainen ja materiaalin lisäksi vain tuotteen mitoitus muuttuu ulko- ja viistemittojen osalta. Normaalisti ohjelmaan kirjoitetaan piirustuksessa olevia mittoja, kun taas Macro ohjelmoinnissa tilalla käytetään muuttujia, joilla voidaan suorittaa erilaisia laskutoimituksia.

3 TYÖSSÄ SYNTYNEET MUUTTUJAOHJELMAT

Työn tuloksena syntyi useita muuttuja-aliohjelmaa, jotka toimivat eri prosessien työkiertoina. Tämä selkeyttää pääohjelman rakennetta ja helpottaa paljon muuttujia sisältävien tuoteporheohjelmien hallintaa. Seuraavassa käydään läpi yksitellen uudet työkiertoiksi nimetyt muuttuja-aliohjelmat.

3.1 Ohjelmaesimerkki

Muuttuja-aliohjelmilla toteutetun prosessiohjelman helppokäyttöisyyttä voidaan havainnollistaa tällä ohjelmalla. Esimerkkiohjelmassa 20mm halkaisijalla olevasta

tangosta katkaistaan 30,5mm pitkä kappale, joka tasataan vastakaralla 30mm pituuteen. 0,5 mm työvara huomioidaan katkaisuprosessissa. Vastaavan ohjelman teko on tyypillistä uuden kaksikaraisen sorvin käyttöönotossa. Vastaisuudessa ohjelmapohjaan on helppo kopioida ja lisätä työstettävän kappaleen vaatimia työstöratioja. Ohjelma sisältää kaikki tärkeimmät ja käytetyimmät toiminnot kuten kappaleen katkaisun ja poiston koneesta, raaka-aineen syötön sekä hypyn tangonvaihto-ohjelmaan.

Esimerkkiohjelma

O0001(esimerkki)

#701=0101(3MM PISTO)

#702=0424(SIS 55AST R0.4)

G725 A30 U20 S0 (KPL TIEDOT)

M890 X-50 Z-250 S2800 A-50 (OHJELMAN ALOITUS PÄÄKARALLA)

G777 T#701 S2000 M4 (TYÖKALUNVAIHTO)

G0Z-0.5

M877 F0.1 B-10 W3 (KPL HAKU + KATKAISU)

M890 X-50 Z-150 S2800 B0 (OHJELMAN ALOITUS VASTAKARALLA)

G777 T#702 S2000 M203 (TYÖKALUNVAIHTO)

G0X22.Z-3.

Z0

G1X-1.F0.1

G0Z-3.

M895 P8001 T0101 S100 F0.1 K99 (OHJELMAN LOPETUS TESTITILASSA TANGONVAIHTO OHJELMALLA)

Normaalilla ohjelmointitavalla pelkästään tämän hyvin yksinkertaisen ohjelman pituus olisi useita kymmeniä rivejä. Huomioitavaa on, että esimerkkiohjelman aliohjelmat laskevat nollapistemääritykset automaattisesti ja tangonvaihto-ohjelma muokkaantuu annettujen materiaaliparametrien mukaiseksi automaattisesti.

3.2 Prosessit

Muuttujaohjelmat tallennettiin ohjelmapaikasta 9001-> eteenpäin, jolloin ne voidaan suojata ja antaa niille tarvittaessa suora M- tai G-koodi komento, joka käynnistää ohjelman.

Prosessimuuttuja aliohjelmat nimettiin seuraavasti:

G725 KAPPALE JA RAAKA-AINETIETOJEN SYÖTTÖ

M890 OHJELMAN ALOITUS

G777 TYÖKALUN VAIHTO

M877 KAPPALEEN HAKU KATKAISULLA/ILMAN KATKAISUA

M807 KPL pois

M895 OHJELMAN LOPETUS

M999 MITTARILUK

O8001 FUL L AUTO TANGONVAIHTO-OHJELMA

3.3 Työkalujen määrittäminen

Käytettävät työkalut kirjoitetaan normaalisti suoraan ohjelmariville, jossa työkalun vaihto annetaan T-komennolla. Asetusvaiheessa työkalujen paikka saattaa muuttua, joten ohjelma on käytävä läpi ja tarkistettava jokainen T-vaihtokoodi, jotta työkalun paikka- ja kompensointitieto ovat oikeat.

Tuoteperheohjelma sisältää paljon muuttujia ja on vaikeasti hahmoteltava, joten siihen tehtävät muutokset on pidettävä minimissä. Ohjelmaan tehtävät muutokset ovat työkalujen ja kappaletietojen syöttäminen, jotka kirjoitetaan ohjelman alkuun.

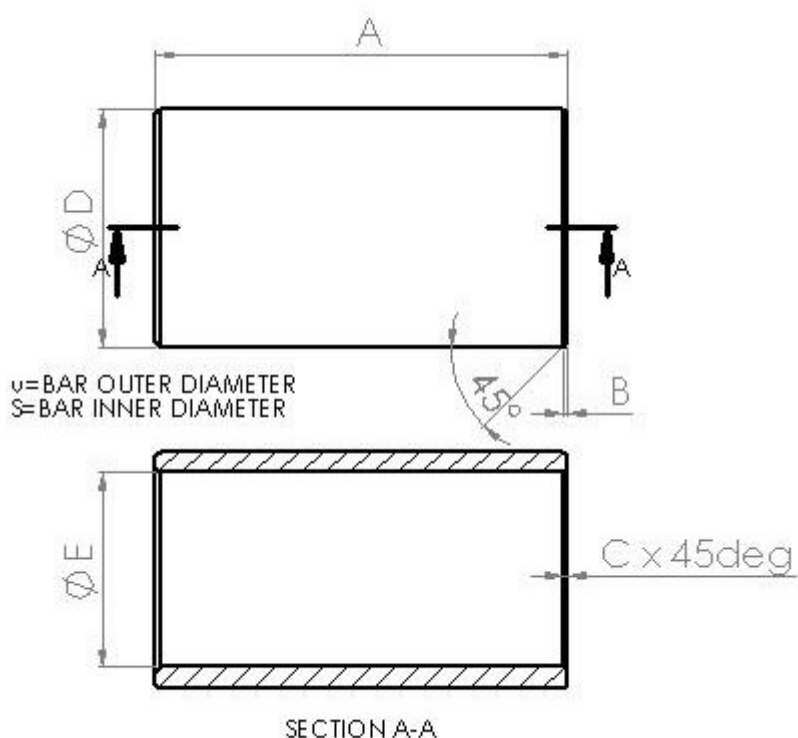
Työkalujen tiedot annetaan ohjelman alussa suoraan makroiin #701-#724 ohjelmassa esiintymisjärjestyksessä, esim. #701 on ensimmäinen työkalu. Ohjelmaan tieto kirjataan näin: #701=0101. Tämän tiedon perään samalle riville annetaan lisäksi suluissa olevana kommenttina terätyypin tiedot ja mitä se tekee esim. (R0.4 55AST ULKO SORVAUS). Näin ohjelman alussa oleva työkalujen määrittäminen toimii myös asetustietona muodostaen työkalulistan.

Makroiin 701–724 tallennettavia tietoja ohjelman alussa on myös työkalun nirkonsäde ja porien halkaisijat, joita ohjelma hyödyntää työstöarvojen automaattisessa määrittämisessä.

3.4 Työstettävän kappaleen tietojen määrittäminen

Työstettävän kappaleen muuttuville mitoille annettiin tuoteperheohjelmissa kirjain, jonka arvo syötettiin muuttujiin. Mittatietojen määrittämisen helpottamiseksi tehtiin aliohjelma, jolle annettiin oma G-koodi G725. G725 -aliohjelma suorittaa A B C muodossa annettujen tietojen tallennuksen makroiin #725-#740. Kappaleen tiedot annetaan näin ollen yhdellä rivillä. Ohjelma vaatii lisäksi aina materiaalin ulkomittojen kertomisen, U ja S tietona sekä kappaleen pituuden A tietona. Tietojen syöttämättä jättäminen johtaa hälytykseen eikä ohjelmaa voida suorittaa.

Asetusvaiheessa tuoteperheohjelmissa operaattorin tarvitsee muuttaa pääohjelmista ainoastaan työkalujen määritykset ja kappaletiedot.



Kuva 3. B-Roller tuote (Pekkola, SolidWorks)

Asetusvaiheessa operaattori määrittää ohjelmaan G725 riville (kts. kuva 3) kappaleen mittojen tiedot niille annettuna kirjaimena. Ohjelma tallentaa paikallismuuttujien tiedot aliohjelmassa ja hyödyntää niitä sekä käyttää tarvittavien mittojen määrittäminen laskutoimituksia työstöradoissa. Ohjelmissa on myös vertailuja, jotka estävät tai toteuttavat tiettyjä prosesseja. Esimerkiksi B-Roller tapauksessa, mikäli muuttujien U ja D arvot ovat toisiaan vastaavat, ei ulkopinnan sorvausta suoriteta. Samoin mikäli E ja S muuttujien arvot ovat samat, ohjelma ohittaa sisähalkaisija E:n koneistuksen.

Esimerkkikappaletta voidaan valmistaa putken lisäksi tangosta, joka vaatii reiän avaamisen poralla. Mikäli avaava poraus halutaan suorittaa, annetaan poralle työkalunumero työkalun määrittämis -kohdassa. Mikäli arvoksi annetaan 0, ohjelma ohittaa porausvaiheen.

Työstörotujen lisäksi tuoteperheohjelmat muokkaantuvat siis myös työstöprosessien tasolla, riippuen siitä mitä koneistuksia raaka-aineen ja valmiin kappaleen mittojen eroista voidaan päätellä tarvittavan.

3.5 Ohjelman aloitus

CNC-kone käynnistetään ajamalla ohjelma alusta. Koska sorvi on varustettu tankolaitteella, ohjelmaa voidaan ajaa niin ettei kone pysähdy ohjelman loputtua vaan palaa alkuun ja suorittaa ohjelman uudelleen.

Ohjelman aloituksessa on huomioitava revolverin paikoitus, eli että se on turvallinen ja työkalurevolveri mahtuu pyörähtämään ilman että työkalu voi osua työstettävään kappaleeseen, koneen seiniin tai karan pakkaan. Lisäksi ohjelman aloituksessa määritellään kumman karan nollapistettä käytetään ja syötetään ohjelmaan karan kierrosrajoitin.

Ennen ohjelman lukemista on lisäksi määriteltävä molemmille karoille nollapiste. Tämä tehdään yleensä liikuttamalla manuaalisesti terä haluttuun kohtaan tangon päätä ja suorittamalla geom-välilehdellä nollapisteen asetus. Vastakaran puolella nollapiste asetetaan koskettamalla kappaletta ja suorittamalla sama toimenpide. Geometria koordinaatistolle tulevat nollapisteen luvut voi kirjoittaa ohjelmaan muistiin, jotta ensi kerralla näitä tietoja ei tarvitse hakea.

Aloituskoodi M890 käynnistää aliohjelman, joka suorittaa edellä mainitut prosessit seuraavasti. Konekoordinaatiston mukaiset X ja Z paikoitustiedot ovat käyttäjän päättämät turvallisen paikoituksen paikat ja nämä jäävät muistiin, jotta jokainen työkalunvaihto tämän jälkeen tapahtuu samassa paikassa. S tieto antaa kierroksen rajoittimen arvon. Karojen valinta tapahtuu antamalla A tai B tieto. A tietona voidaan antaa itse määritelty nollapiste lukuna. Mikäli tieto annetaan miinus merkkisenä, ohjelma laskee nollapisteluvun. B tiedon syöttö toimii samalla tavalla, lisäksi syöttämällä arvoksi 0, ohjelma laskee nollapistetiedon, työstettävän kappaleen pituuden sekä hakupaikan perusteella oikean apukaran nollapisteen automaattisesti.

3.6 Työkalun vaihto

Työkalun vaihto tapahtuu sorvissa pyöräyttämällä revolverista valittu työkalupaikka. Työkalupaikassa voi olla kiinteä tai pyörivä työkalu. Ennen revolverin pyöräytystä on koneen oltava sellaisessa sijainnissa, että kääntö voidaan tehdä ilman että työkalut osuvat työstettävään kappaleeseen tai koneen suojarakenteisiin. Koska kone on varustettu myös Y-akselilla, on tämän akselin oltava nollapaikassa ennen kuin revolveria voidaan pyöräyttää. Käännön yhteydessä kone lukee työkalun geometria tiedoista työkalun mitoitus- ja nirkonsäde tiedot. Työkalun tyyppistä riippuen työkalun käännön jälkeen käynnistetään kara. Käynnistytvä kara on joko pää- tai vastakaran puolen kara tai pyörivän työkalun kara. Karan käynnistyslauseessa annetaan myös tieto, käytetäänkö syöttökierrosta vai mm/min tyyppiä, kierros- tai leikkuunopeus sekä käynnistysuunta myötä- tai vastapäivään. Pyörivän työkalun ollessa kyseessä pitää lisäksi ennen karan käynnistystä kytkeä karan lukitseva ja ohjauksen salliva C-akseli päälle. CMZ-koneessa on vastakara, revolverissa pyörivä työkalu ja C-akselit vastakaralla. Koska koneen rakenne on akselien karojen määrästä johtuen normaalia monimutkaisempi, tarvitsee käyttäjän muistaa useampi G-koodi, jotta ohjelmaan on varmasti valittu oikeat komennot.

Koodi G777 käynnistää aliohjelman, joka suorittaa kaikki työkalun vaihtoon ja käynnistykseen tarvittavat prosessit. Työkalun tai karan pyörintä käynnistetään M koodilla. Sillä kerrotaan, onko kyseessä pää-, vasta- vai pyörivän työkalun kara.

Pyörivän työkalun käynnistyskoodeilla kytetään päälle myös C-akseli. Käytettävän nollapisteen mukaan määrätty, kytetäänkö pää- vai vastakaran C-akseli.

Turvalliseksi revolverin kääntöpaikaksi on määritelty ohjelman aloituspaikka, johon aikaisemmin ohjelmassa olevalla aloituslauseella on menty, ellei koneen käyttäjä erikseen työkalun vaihtolauseessa ilmoita X tai Z vaihtopaikkaa.

Työkalun nirkonsäde tiedot, säde ja työkalun tyyppi voidaan antaa vaihtolausekkeen yhteydessä, tällöin tietoja ei tarvitse manuaalisesti lisätä työkalun geometria - tietosivulle.

3.7 Kappaleen haku

Kappaleen haulilla tarkoitetaan prosessia, jossa työstettävä kappale siirretään pääkarasta vastakaraan. Tämä tapahtuu hakemalla se B-akselin mukaisesti liikkuvalla vastakaralla. Koska CMZ-sorvi on varustettu myös tankomakasiinilla, on kappale koneistettuna pääkaralla tangon päässä. Tästä johtuen pitää työstettävä kappale katkaista irti tangosta haun yhteydessä.

Ennen kappaleen hakua vastakaran on oltava tyhjä eli sillä koneistettu kappale pitää olla poistettu karasta. CMZ:n rakenteesta johtuen nopein tapa poistaa kappale vastakaralta on poistaa se seuraavaa kappaletta haettaessa. Tämä tapahtuu nostamalla kappaleen poimintakippo ylös ajamalla vastakara tiputuspaikkaan avaamalla leuat ja työntämällä kappale pois leuoista ulostyöntimellä. Tämän jälkeen kippo ajetaan pois koneesta ja edellinen koneistettu kappale tippuu kuljetinhihnalle. Näin vastakaran leuat ovat tyhjä ja kara voidaan käynnistää sekä pyörimisnopeus synkronoida pääkaran kanssa. Apukaran leuat avataan ja kara ajetaan lähelle kappaletta pikaliikkeellä ja tämän jälkeen kappaleen päälle hakupaikkaan hiljaisemmalla nopeudella. Apukaran leuat suljetaan ja pääkaran holkki avataan. Tämän jälkeen vedetään tankoa seuraavan kappaleen tarvitsema määrä ja suljetaan holkki.

Nyt tanko on pituudessa, jossa se voidaan katkaista. Katkaisun jälkeen työstetty kappale on vastakarassa ja se voidaan liikuttaa takaisin vastakaran sorvauspaikkaan, joka CMZ:n tapauksessa on B-akselin 0-paikka. Myös karojen synkronointi poistetaan käytöstä ja karat pysähtyvät.

Edellä mainitut toiminnot ovat perinteisellä rivi riviltä ohjelmalla useita kymmeniä rivejä koodia, joka tarvitaan jokaisessa pääohjelmassa.

3.7.1 Makroaliohjelman kuvaus

Koodi M877 käynnistää aliohjelman, joka suorittaa koko edellä mainitun kappaleenhakuprosessin. Koska katkaisuvaiheessa voidaan tarvita normaalista suorasta liikkeestä poikkeavia liikekomentoja, kuten lastunkatkaisua tai muotojen sorvausta, M877 koodissa on optio, jolla ohjelmasta palataan pääohjelmaan ennen aliohjelman katkaisuvaiheen suorittamista. Tällöin kappaleen hakuprosessin lopetusliikkeet suoritetaan katkaisun jälkeen aliohjelmalla, joka käynnistetään koodilla M807. Kappaleen hakukoodissa on myös optio, joka ohittaa kappaleen poistovaiheen.

Kappaleen haussa on myös määritettävä minkä verran vastakaran leuat ovat haettavan kappaleen päällä. CMZ-sorvissa käytetään pitkälti saman korkuisia leukoja, mutta joskus leukojen korkeus voi poiketa normaalista, tällöin leukojen korkeus annetaan H tietona hakukoodin lauseessa. Koodin käyttö vaatii leukojen päälle menevän matkan ilmoittamisen B-muuttujalla. Mikäli matkaa ei ilmoiteta, johtaa se virheilmoitukseen. Tankolaitteilla varustetuissa sorveissa on aina tuotava hallitusti lisää materiaalia joko vetämällä apukaralla tai syöttämällä tanko päin topparia. Tässä tapauksessa tankoa vedetään lisää vastakaran avulla. Koska tanko katkaistaan pistotyökalulla, on sen leveys sekä vastakaran koneistuksen työvarat huomioitava lisää materiaalia vedettäessä. Nämä tiedot annetaan hakulauseessa W tietona, mikäli tietoa ei anneta johtaa se virheilmoitukseen.

Hakukoodilla on mahdollista suorittaa koko kappaleen hakuprosessi katkaisuvaiheineen, tällöin lauseessa tarvitsee antaa myös katkaisun syöttönopeus F arvona. Ennen kappaleen hakua työkalu on liikutettava Z0 (+-1mm) paikkaan, jotta aliohjelma voidaan suorittaa. Aliohjelmassa tapahtuva katkaisu siirtyy pikaliikkeellä kappaleen tiedoissa annetun materiaalin mukaiseen paikkaan huomioiden turvavälin ja katkaisee kappaleen syöttönopeudella materiaalin sisämitan määrittämään paikkaan. Ohjelmassa useita rivejä vaativa prosessi voidaan suorittaa hakualiohjelmalla syöttämällä tarvittavat tiedot vain yhdelle riville pääohjelmaan.

3.8 Ohjelman lopetus

Ohjelman lopussa otetaan revolveri turvalliseen paikkaan ja pysäytetään karat. Koska sorvi on varustettu tankolaitteella, pitää tangon loppuessa suorittaa tangonvaihto

aliohjelmalla. Tangonvaihto-ohjelma valmistelee sorvin tangonvaihtoon avaamalla holkin. Tämän jälkeen sorvin ohjelma antaa käskyn tankolaitteelle suorittaa tangonvaihto. Myös työstetty kappale voidaan poistaa apukaran leuoista ohjelman loppuksi.

Komento M895 suorittaa ohjelman lopetus -aliohjelman. Tangonvaihto -aliohjelma suoritetaan osana lopetuskoodia. Lopetusohjelma vaatii P muuttujana annettavan tangonvaihto-ohjelman numeron lisäksi syöttö- ja leikkuunopeus sekä työvaratiedon antamisen. Nämä annetaan muuttujilla S, F ja W. Mikäli tangonvaihtoa ei käytetä, vaihe ohitetaan antamalla P-muuttujan arvoksi 0. Myös kappale voidaan lopetusvaiheessa poistaa määrittämällä muuttujan K arvoksi 10.

3.9 Tangonvaihto

Koska sorvi on varustettu tankolaitteella, suoritetaan tangon loppuessa erillinen tangonvaihto-ohjelma. Ohjelma antaa tankolaitteelle käskyn vaihtaa tanko. Tangon mekaanista vaihtoa ennen on holkin oltava auki ja kara pysäytetty. Tankolaite kuljettaa tangon tasauspaikalle ja holkki lukitaan. Tasauspaikalla tarkoitetaan paikkaa, jossa tangon pää on riittävästi yli nollapisteen z0 paikan. Tätä säädellään syöttölaitteesta. Tämän jälkeen tangon pää katkaistaan z0 paikasta tai mikäli ohjelmassa on erillinen pääntasaus, jätetään tälle työvara. Kun nämä on tehty, palataan turvalliseen paikkaan ja palataan pääohjelmaan.

Asetusvaiheessa ensimmäisen tangon katkaisu suoritetaan täysin automaattisesti. Kun pääohjelman työkalu-, kappale- ja aloituskoodin määrittäykset on luotu, voidaan lukea lopetuskoodi. Lopetuskoodiriville K-muuttujan arvoksi annetaan 99, jolloin ohjelma suorittaa tangonvaihtoaliohjelman ilman tangon vaihtamista. Samalla testataan, että tangon katkaisu toimii oikein. Tämän jälkeen K-muuttujan arvo voidaan poistaa tai muuttaa muuksi kuin 99, tällöin tangonvaihtoaliohjelma suorittaa toiminnot, joita tarvitaan tangon vaihdossa. Itse tangonvaihto-ohjelmaa ei tarvitse muokata lainkaan.

3.10 Mittariluku

Automaattikäytöllä sorvi toistaa ohjelmaa loputtomasti, ellei kone pysähdy häiriöön esimerkiksi tangon loputtua tai ellei ohjelmaa manuaalisesti pysäytä. Onkin hyvä käyttää mittarilukua hallinnoimaan pysähdys automaattisesti. Tämä voidaan tehdä makroilla. Käyttäjä asettaa makroon haluamansa toistojen maksimimäärän, johon ohjelma vertaa toiseen makroon laskettua määrää, ja pysäyttää koneen kun nämä määrät ovat täynnä. Koodi M999 käynnistää aliohjelman, joka kirjaa tiettyyn makroon yhden numeron lisää. Yksi ohjelmatoisto on käytännössä yksi koneistettu kappale lisää, joten tästä toiminnosta käytetään myös nimeä kappalelaskuri.

Lisäksi M999 lisää yhden kappaleen vuoron määrään kuten myös kokonaismäärään, näin on selvillä vuorossa valmistettujen kappaleiden määrä. Mittariluku-aliohjelma tehtiin niin, että se myös ilmoittaa makromuuttujiin kappaleajan sekä tiedon montako kappaletta koneistetaan tunnissa.

3.11 Ohjelmaesimerkki

Yksi tapa uuden kaksikaraisen sorvin käyttöönotossa tehtäväksi ohjelmaksi on tehdä ensimmäiseksi ohjelma, joka sisältää vain kappaleen katkaisun vastakaraan, materiaalin lisää ottamisen ja kappaleen poiston. Edellä mainituilla prosesseilla toteutettuna tällainen ohjelma on alla olevan esimerkin mukainen.

O0001(KATKAISU OHJELMA)

#701=0909(ULKO 3MM PISTO)

G725 A100 U30 S0

M890 X-50 Z-250 S2500 A-70

G777 T#701 S2000 M3

G0Z0

M877 F0.1 B-50 W3

M895 P7001 T0101 S100 F0.1

M999

M99

3.12 Tuoteperheohjelmat

Tuoteperheohjelmalla tarkoitetaan, että ulkomuodoltaan samannäköiset tuotteet valmistetaan samalla ohjelmalla. Tuotteiden erot ovat mitoituksessa sekä myös materiaalissa tai aihio voi olla erityyppinen. Mitat annetaan makrojen kautta parametreina ja erilaiset työstömetodit valitaan esimerkiksi vertailemalla parametreista, onko joillekin työstöille tarvetta. Esimerkiksi jos raaka-aineen ulkohalkaisija on sama kuin kappaleen ulkomitta, ei tätä pintaa tarvitse koneistaa. Mikäli kaikki edellä mainitut prosessit olisivat olleet pääohjelmassa rivi riviltä koodina, olisi tuoteperheohjelma todella monimutkainen. Johtuen eri työstömetodien olemisesta samassa ohjelmassa, muodostuivat tuoteperheohjelmat jo sinänsä monimutkaisiksi. Esimerkkinä liite 1 tuotteen PIN.K/KC tuoteperheohjelma.

4 TYÖN TOTEUTUS JA LOPPUTULOS

4.1 Toteutus

Aluksi selvitettiin, miten konetta nykyisin käytetään. Ohjelmointi oli toteutettu lähes kokonaan pelkillä lineaariliikkeillä eikä työkiertoja oltu hyödynnetty kierrettykiertoa G72 lukuun ottamatta. Myöskään tarkemman koneistuksen mahdollistavaa nirkonsäteen kompensointia ei oltu käytetty. Makro-ohjelmointia ei ohjelmissa myöskään ollut.

Parametreja tarkastelemalla havaittiin, että konevalmistajan työkierrat oli toteutettu makro-ohjelmoinnilla. Myös T työkalun vaihtokomento oli asetettu niin, että se käynnistää pääohjelmaan syötettynä konevalmistajan valmistaman makro-ohjelman O9000.

Konevalmistajan makro-ohjelmien käyttämät muuttujanumerot oli käytävä läpi, jotta voidaan varmistaa, että opinnäytetyössä tehtävät ohjelmat eivät häiritse näiden ohjelmien toimintaa. Konevalmistajan makro-ohjelmat tallensivat tietoja muuttujiin välillä #500-#599. Opinnäytetyön ohjelmissa päädyttiin käyttämään muuttujia välillä #700-#799. Lisäksi mittariluku ja muut ajon aikana syötettävät makrot jätettiin välille

#989-#999, jolloin ne listan viimeisinä muuttujina on helposti koneen käyttäjän nähtävissä ja muutettavissa.

Idea opinnäytetyön laajuudesta esitettiin yrityksen johdolle ja koneen käyttäjille. Johdon puolesta projektin toteutukseen annettiin vapaat kädet, kunhan tuotanto ei opinnäytetyöstä häiriinny. Koneen käyttäjien keskuudessa makro-ohjelmoinnin mahdollisuuksista kertominen aiheutti lievää epäuskoa. Opinnäytetyön tekijällä oli kuitenkin aiempaa työkokemusta sorvien makro-ohjelmoinnista ja sen tuomista eduista vastaavanlaisissa olosuhteissa, ja tällä perusteella uskallettiin luvata merkittävä parannus asetusaikeisiin.

Käytännön toteutusta häiritsi sorvin ja syöttölaitteen käyttöjärjestelmän suomenkielisyys, sillä toinen koneen käyttäjä vaihtui suomea osaamattomaan työntekijään. Sorvin käyttöjärjestelmä vaihdettiin englanninkieliseksi mutta syöttölaitteen parametrien muokkaus ei onnistunut, joten sen käyttöliittymä jäi suomenkieliseksi. Myös sorvin parametrin muokkauksen lukon poistaminen aiheutti ongelmia ja aluksi parametreja muokattiin MDI (Manual Data Input) komennolla. Normaalista Fanuc-sorvista poikkeavan parametrien muokkauksen estolukituksen avaaminen onnistui koneen maahantuojan huollon opastuksella.

Makro-aliohjelmat tehtiin alle kahden kuukauden aikana tuotannon ollessa koko ajan käynnissä keväällä 2019. Aluksi aliohjelmat kutsuttiin Fanuc:n makroaliohjelman kutsulla G65. Aliohjelmille laadittiin ohjelmakohtaiset vapaalla tyylillä tehdyt ohjeet. Kun aliohjelmat oli muokattu tarpeeksi hyväksi ja tarpeelliset toiminnot sisältäviksi, ne siirrettiin ohjelmanumeroltaan 9000 sarjan suojaetuiksi ohjelmiksi ja niille annettiin omat M-koodit. Myös M-koodeja nimetessä oli tarkistettava, ettei synny päällekkäisyyksiä nykyisten jo olemassa olevien koodien kanssa. Koodit valittiin sellaisiksi, ettei vastaavia esiinny muiden valmistajien sorveissa. Tämän tarkoituksena on mahdollistaa tulevien konehankintojen osalta se, että aliohjelmien avulla toteutetut ohjelmat voidaan ajaa samalla pääohjelmalla koneen merkistä ja tyyppistä riippumatta. Ohjelman prosessien aliohjelmien ollessa valmiit ja nimetty omilla M-koodeillaan laadittiin yhtenäinen ohjeistus suomeksi ja englanniksi (kts. liite 2 (salainen)). Ohjeistus käytiin koneen käyttäjien kanssa läpi koulutustilaisuudessa.

Ohjelmien prosessien aliohjelmien ja ohjelmapohjan ohella valmistui yleisimmille tuotteille yleismuuttujaohjelmia, joilla yleiset tuotetyypit voidaan valmistaa muuttamalla vain muutamaa parametriä. Näiden lisäksi tangonvaihto-ohjelma toteutettiin niin, ettei se vaadi lainkaan muokkausta, vaan kaikki tarvittavat muutokset

annetaan pääohjelmassa. Myös tangon tasaus suoritetaan automaattiajolla, jolloin tangonvaihdon toimivuuden testaus tuli tässä vaiheessa suoritettua. Tangonvaihto-ohjelman ohjeistus lisättiin käyttöohjeeseen.

4.2 Lopputulos

Ohjelmat ovat olleet niiden valmistumisen jälkeen jatkuvassa käytössä. Koneen käyttäjät ovat olleet muutokseen tyytyväisiä. Ohjelmat helpottivat asetuksen perusrutiineja ja myös virhemahdollisuudet vähenivät. Käytännössä uuden asetuksen tekemiseen tuotteesta, joka kuuluu yleisohjelman tuoteperheeseen, riittää nyt terien tarkistus ja syöttö ohjelmaan, tuotetietojen syöttö yhdelle riville ja syöttölaitteen asetuksen teko. Käytännössä oikeat terät ovat valmistettaville tuotteille aina paikallaan 12 paikkaisessa revolverissa. Koneen käyttäjiltä tuli toive, että olisi hienoa, jos sorvin ohjelma syöttäisi automaattisesti myös syöttölaitteen asetuksessa tarvittavat parametrit. Syöttölaitteen ja sorvin kommunikointia ei kuitenkaan tässä opinnäytetyössä tutkittu.

Makro-muuttajaohjelmat mahdollistavat saman tuoteperheen samasta materiaalista valmistettavan tuotteen vaihdon alle minuutissa. Koneen käyttäjän on asetuksessa vain määriteltävä kappaleen tiedot, ajettava tangonvaihto-ohjelman katkaisu uuden tuotteen nollapisteelle ja nollattava mittariluku. Tämän jälkeen kone on automaattiajo kunnossa - oli kappaletta valmistettu kyseisillä mitoilla aikaisemmin tai ei.

Muutaman kuukauden käytön jälkeen koneeseen palasi vanha ongelma, jossa vastakaraan jäänyt kappale jää törmäyksessä puristuksiin ja rikkoo vastakaran vetosylinterin koneen rakenteesta johtuen. Konevalmistajan ohjelmallista suojaavaa ratkaisua ei oltu käytetty aiemmin, joten sitä ei ollut päätenyt myöskään nyt valmistettuun kappaleen hakualiohjelmaan. Konevalmistajan ratkaisu oli toteutustavaltaan hidas, joten suojaavaksi ratkaisuksi muutettiin kappaleen hakuohjelmassa vastakaraa liikuttavan B-akselin servon voimaparametreja niin, että pienikin puristus aiheuttaa automaattisesti koneen pysähtymisen servo alarm -tilaan. Virheen pois kuitaaminen vaatii koneen uudelleenkäynnistämisen, joten virhetilanteesta johtuvan sammutuksen jälkeen on parametriarvo asetettava uudelleen normaaliksi. Tämä tapahtuu ohjelman aloitus -aliohjelmaan lisätyllä

parametrimuokkauksella. Koska pääohjelmat on toteutettu niin, että haku- ja aloitusprosessi on toteutettu aliohjelmilla, näiden kahden ohjelman muutokset välittyvät suoraan kaikkiin jo aikaisemmin tehtyihin ohjelmiin eikä niitä siten tarvitse muokata.

Myös kappaleen poiston ajoitukseen tehtiin muutos. Kappaleen poisto muutettiin tapahtuvaksi kappaleen haun yhteydessä. Tämä nopeutti jokaista aikaisempaa ohjelmaa usealla sekunnilla ja muutos kaikkiin ohjelmiin tapahtui kahta prosessialiohjelmaa muokkaamalla.

Lopputuloksena syntyi yleisohjelmien lisäksi ohjelmapohja, jonka pohjalta on helppo valmistaa uusia ohjelmia. Aliohjelmallinen toteutustapa helpottaa myös tulevia konehankintoja. Koska prosessit on toteutettu aliohjelmilla, voidaan samaa pääohjelmaa käyttää erimerkkisissä ja -mallisissa sorveissa. Tämä on mahdollista, koska aliohjelmat voidaan muokata konekohtaisesti. Tämä helpottaa uuden koneen käyttöönottoa merkittävästi tilanteissa, joissa uudella koneella valmistetaan samanlaisia tuotteita kuin vanhalla.

Asetusaikaa ei opinnäytetyössä mitattu tarkempaa analyysiä varten, mutta koneenkäyttäjät kokivat, että asetusajat ja virheiden määrä vähenivät merkittävästi uusien yleisohjelmien avulla. Samoin tehtaan johto oli työn tuloksiin tyytyväinen katselmuksensa perusteella. Ennen koneen ohi kävellessä oli johdon mukaan usein tilanne, jossa kone ei käy ja käyttäjä tutkii ohjelmaa. Tilanne muuttui opinnäytetyön jälkeen ja kone käy silmin nähden paremmin.

LÄHTEET

FB Ketjutekniikka Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu: 20.3.2020.
<https://www.fbketju.com/fi/>

Crontek Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu: 20.3.2020
<https://www.crontek.fi/cmz-ta-sarja.htm>

Sinha, S.K. 2010. CNC Programming using Facuc Custom Macro B. United States of America: the McGraw Hill Companies Inc.

Vesämäki, H. 2014. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Tuotteen PIN.K/KC makromuuttujaohjelma

```

%
<YLEIS-SOKALLINEN-TAPPI>
M8
(TOOLS)
N1#701=1111(20MM MILL X)
N2#702=0808(NC-DRILL X)
N3#703=1010(DRILL X)
N4#704=0101(3MM CUT)
N5#705=0929(20MM MILL Z)
N6#706=0606(55AST ULKO 1.CAMFER)
N6#716=0.4(T#706 R)
(LENGHT FINE TUNING #700)
#700=0
(PART)
G725A51U12.S0B11.4C6.1D6.7E9.8F4.H1.5
(A)
(B=S1 MILL LENGHT)
(C=DRILL PLACE)
(D=S2 MILL LENGHT)
(E=MILL DIM)
(F=DRILL DIM)
(H=30DEG CAMFER LENGHT)
(I=OUTSIDE TURNING)
(U=BAR OUT)
(S=0)
IF[#731GT2.5]THEN#731=2.5
IF[#700GT1]THEN#700=1
IF[#700LT-1]THEN#700=-1
IF[#732EQ#0]THEN#732=#740
(G54 START)
#33=[#725/2+10]
IF[#732NE#740]THEN#33=#725+3
IF[#33LT45]THEN#33=45
M890A-#33X-50.Z-250.S2800
#33=#0
IF[#799NE#0]GOTO100
(55AST ULKO 1.CAMFER)
N6G777T#706S180M3R#716C3
G0X[#732-[TAN[30]*[#731+1]]*2]Z3.G42
G1Z1.F0.22
G1X[#732+TAN[30]*1*2]Z-[#731+1]
G0Z3.G40
IF[#732EQ#740]GOTO100
G0X#732
G1Z-[#725+1]F0.12

```

U2.
G0Z3.
N100
(20MM MILL X)
(Z ZERO CENTER)
N1G777T#701S1500M83
G0X#729Z13.C0.Y-[#740/2+10]
Z-[#726/2-10]
G1G98Y[#740/2]F500
G0X[#740+2]
Y-[#740/2+10]Z-[#726-10]
X#729
G1Y[#740/2]
G0X[#740+2]
C180.Y-[#740/2+10]Z-[#726/2-10]
X#729
G1Y[#740/2]
G0X[#740+2]
Y-[#740/2+10]Z-[#726-10]
X#729
G1Y[#740/2]
G0X[#740+2]
G0Z13.
M8
(NC-DRILL X)
N2G777T#702S1400M83
G0X[#740+2]Z10.C180.Y0.
Z-[#726-#727]
X[#729+2]
G1G99X[#729-#730-1]F0.1
G0X[#740+2]
G0C0.
X[#729+2]
G1X[#729-#730-1]
G0X[#740+2]
G0Z10.
(6.3 DRILL X)
N3G777T#703S[25000/[#730*3.14]]M83
G0X[#740+2]Z3.C0.Y0.
Z-[#726-#727]
X[#729+2]
G1G99X[#740/2]F0.08
X[#740/2+1]
X-[#740/2]
X-[#740/2-1]
X-#740
G0X[#740+2]
Z10.
(3MM CUT)
M85

N4G777T#704S120M4
G53X-50.
G0Z0
(PART TRANSFER)
(K10 CUT IN MAIN PROGRAM)
M4
M877B-[#725/2]W[3.1+#700]K10
G0X[#732+2]Z0.
M66
G1X[#732-TAN[30]*#731*2-0.4]F0.12
G0X[#732+TAN[30]*2*2-0.3]
Z[#731+2]
G1X[#732-TAN[30]*#731*2-0.3]Z0.
G0X[#732+TAN[30]*2*2-0.3]
Z-[#731+2]
G1X[#732-TAN[30]*#731*2-0.3]Z0.
U0.2
X-1.
M67
(TO B ZERO AND STOP)
M807(B TO ZERO)
(G55 START)
M890X0Z-200.B0S2000
(20MM MILL Z)

N5G777T#705S1300M83
G0X#729Z-3.Y-[#740/2+5]C0

#1=[#728/3](ALKU Z)
#2=#728(LOPPU Z)
#3=2.5(Z SIIRTYMA)
#1=#3(ALKU Z)
#4=0
WHILE[#4LT2]DO2
WHILE[#1LT[#2-#3]]DO1
#1=#1+#3
G0Z#1
G1Y[#740/2]F400
G0X[#740+2]
Y-[#740/2+5]
X#729
END1
G0Z#2
G1Y[#740/2]
G0X[#740+2]
#4=#4+1
G0Z-3.
G0X#729Y-[#740/2+5]C180.
#1=#3(ALKU Z)
END2

#1=#0
#2=#0
#3=#0
#4=#0
G0Z-10.
M85
(PROGRAM END)
M895Q8001T0303S100W0F0.1
(K10 EI KPL POISTOA)
(TV TEST K99)
M999
M30
%