

TYÖSTÖKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO

Jouni Murtomäki

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Tuotantotalous
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikan ja liikenteen ala
Tuotantotalous
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jouni Murtomäki	2018
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Arto Jäntti	
Toimeksiantaja	Polar Electro Oy DI Petri Kemppainen (sähkötekniikka)	
Työn nimi	Työstökoneen käyttöönotto	
Sivu- ja liitesivumäärä	31 + 9	

Tämä opinnäytetyö tehtiin Polar Electro Oy:lle Kempeleessä sijaitsevalle pääkonttorille. Opinnäytetyö tehtiin jrsinkoneen käyttöönoton tekemisen vaiheista.

Työn suorittava vaihe: haalaaminen, paikalleen asentaminen ja käyttökytkentöjen suorittaminen, suoritettiin Polar Electro Oy:n käyttöön tulevan jrsinkoneen käyttöönottoyhteydessä.

Työn aikana tehtiin saapuvalle työstökoneelle työtehtävät, jotka kattavat työvaiheet vastaanottotarkastuksesta asennukseen sekä käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet, joilla työstökone saatiin valmisteltua tuotantoajoon soveltuvaksi. Käyttöönottojen jälkeen Kolibri 750 siirtyi kuormitettavaksi tuotantoon

Author	Jouni Murtomäki	2018
Supervisor	Arto Jäntti MEng	
Commissioned by	Polar Electro Oy	
Subject of thesis	Petri Kemppainen M.Sc. (Electrical Engineering)	
Number of pages	Commissioning Milling Machine	
	31 + 9	

This thesis was made for Polar Electro Oy Kempele head office. The study deals with the start-up phases of the milling machine.

The executed phases: hauling, installation and implementing functional switching were included in the commissioning of the milling machine. After finished commissioning work milling machine was taking into production use.

The work included tasks that cover the work phases from acceptance check to the installation and commissioning procedures that made milling machine ready to the production run. After the implementation work Kolibri 750 was ready to be used in production.

Key words

commissioning, milling machine

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	POLAR ELECTRO OY.....	8
3	JYRSINKONE.....	10
3.1	CNC-jyrsinkone.....	12
3.2	NC-ohjelma.....	14
4	OHJELMISTOT.....	16
4.1	Suunnitteluohjelma.....	16
4.2	CAM-ohjelma.....	16
4.3	Postscript.....	18
4.4	Ohjelmien siirto-ohjelma.....	18
5	TYÖN TOTEUTUS.....	20
5.1	Vastaanottotarkistus.....	20
5.2	Haalaaminen.....	21
5.3	Petaaminen.....	22
5.4	Kytkeminen.....	23
5.5	Akselien nolla -asennon asettaminen.....	24
5.6	X-Y akselien nolla-aseman, origon määrittely.....	26
5.7	Työstökoneen kalustaminen.....	27
5.8	Lähiverkkoyhteys.....	28
6	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET.....	31

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Polar Electro Oy:lle Kempeleessä sijaitsevalle pääkonttorille. Opinnäytetyö tehtiin jyrsinkoneen käyttöönoton tekemisen vaiheista. Haluan kiittää Polar Electro Oy:tä päättötyömahdollisuudesta.

Lisäksi haluan kiittää tuotteiden valmistuksen parissa työskenteleviä, heidän antamastaan opastuksesta ja ohjauksesta sekä kestämisestä päättötyön tekemisen aikana.

Työn ohjaajaa kiitän tuesta ja ohjauksesta työntekemisen aikana.

Oulussa 20.3.2019

Jouni Murtomäki

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CAD	computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	computer aided manufacturing, tietokoneavusteinen tuotanto
haalaus	isokokoisien, painavien tai vaikeasti käsiteltävien tavaran liikuttaminen
kompensointi	korjausarvo, jolla terä saadaan seuraamaan osoitettua työstörataa
Mastercam	CAM-ohjelmisto
NC (CNC)	(computerized) numerical control, numeerinen ohjaus
NC (CNC) työstökone	(computerized) numerical control, numeerisella ohjauksella varustettu työstökone
mittakello	pituusmittalaite, mekaaninen tai digitaalinen, mittaustarkkuus 1/10 - 1/1000 mm
paranelli	mittatarkka kiinnitysapuväline helpottamaan kappaleen kiinnittämistä työstettäväksi, mittatarkka mittausvaste

1 JOHDANTO

Tämä päättötyö on tehdään Polar Electro Oy:lle käyttöön tulevan Kolibri 750-jyrsinkoneen käyttöönoton aikana. Työn aikana saapuvalla työstökoneelle tehdään työtehtävät, jotka kattavat työvaiheet vastaanottotarkastuksesta asennukseen sekä käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet, joilla työstökone saadaan valmisteltua tuotantoajoon soveltuvaksi. Käyttöönottojen jälkeen Kolibri 750 siirtyy tuotantoon kuormitettavaksi.

2 POLAR ELECTRO OY

Polar Electro Oy, tunnetaan myös pelkästään nimellä Polar, on vuonna 1977 perustettu yritys. Perheomisteisen yrityksen pääkonttori sijaitsee Kempeleessä. Yritys kehittää sydämen sykkeen mittaamiseen sykemittareita sekä kerätyn tiedon käsittelyyn ohjelmistoja. Tuotteiden valikoimasta löytyy ratkaisuja kuntoliikkujiin huippu-urheilijoille. Tuotteista löytyy ratkaisut harjoittelun seuraamiseen ja kehittämiseen, kilpailutilanteen seurantaan sekä palautumiseen sekä harjoituksen tasapainotuksesta ja palautumisesta. (Polar Electro Oy 2018.)



Kuva 1. Polar Vantage V sykemittari (Polar Electro Oy 2018.)

Laitteet ovat kehittyneet antamaan palautetta alkuperäisestä pelkän sydämen sykkeen mittauksesta yksilölliseen hetkelliseen kuntotason, optimaaliseen harjoittelutehoon, rentousasteeseen ja palautumiseen. Nykyisissä laitteissa on harjoittelun palautetta varten aktiivisuusohjaus, joka auttaa pysymään aktiivisena koko päivän. Laitteissa on sykeohjaus, joka näyttää harjoittelun vaikutukset. Laitteiden harjoitusohjelmat toimivat henkilökohtaisen ja mukautuvan suunnitelman mukaan. Laitteiden testit tuottavat tietoa kunnan kehitymisestä ja auttamana optimoimaan harjoittelua kehon tilan mukaan: Laitteiden palautteena on mahdollista saada tietoa kalorien kulutuksesta, harjoituksen vaikutuksesta, harjoituksen kuormituksesta ja juoksusuorituksen kehitymisestä. Lisäksi laitteisto ohjaa tasapainoa harjoittelun ja levon välillä.

Lisäksi kerätty tieto voidaan ladata tietokoneelle tarkempaa tarkastelua varten. (Polar Electro Oy 2018.)

Nykyään Polar Electro Oy valmistaa kaikki tuotteensa omistamissaan tehtaissa. Yrityksen palveluksessa on 1200 ihmistä maailmanlaajuisesti, 26 tytäryritystä ympäri maailman sekä jakeluverkosto, joka kattaa yli 80 maata ja käsittää 35000 jälleenmyyjää. Tuotteiden valmistuksessa Polar Electro Oy:llä käytetään erilaisia työstökoneita ja työstömenetelmiä. (Polar Electro Oy 2018.)

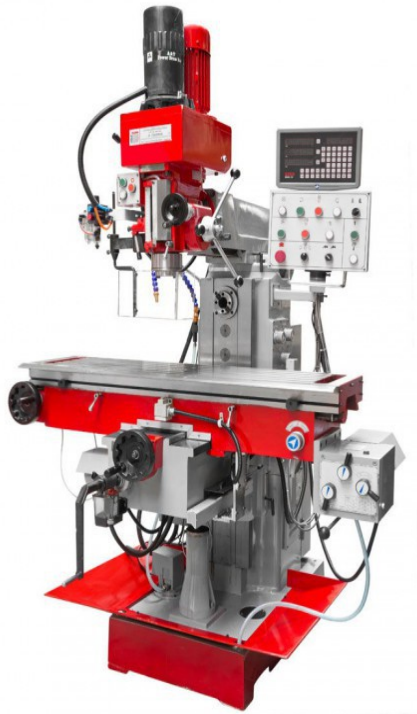
3 JYRSINKONE

Jyrsiminen on lastuava työstömenetelmä pyörivällä työkalulla. Jyrsimällä voidaan valmistaa tasomaisia tai käyriä pintoja sekä uria ja hammasmuotoja. Työstettävä kappale kiinnitetään jyrsinkoneeseen pöytään, joka suorittaa työstöliikkeen. Pyörivä työkalu suorittaa lastuamisen. Manuaalisen jyrsinkoneen käytettävyyttä on saatu lisättyä teräkaran kallistuksella, työstöpöydän keinulla. CNC-tuotannon lisääntymisestä huolimatta konepajoilla on manuaaliselle jyrsinkoneelle kysyntää yksittäisten kappaleiden tuotannossa, sekä valmiiden kappaleiden jälkikoneistamisen yhteydessä. (Ihalainen 1985, 153-160.)

Jyrsinkoneita on löytyy alkaen käsivaraisesti käytettävästä yläjyrsimestä päätyen manuaalikäyttöisen työkalujyrsinkoneen kautta numeerisesti ohjattuun työstökoneeseen. Hallintatapoja on kolme: kädessä käytettäessä pidettävä, manuaalisesti työstettäessä hallittava ja NC-ohjauksella varustettu. (Kuvat 2, 3 ja 4)



Kuva 2. Yläjyrsin Makita RP0900J (Makita Oy 2019.)



Kuva 3. Työkalujiyrsin Holzmann BF 1000DDRO (Renkon Oy 2019.)



Kuva 4. Kolibri 750, ohjausyksikkö

Kappaleen kiinnittäminen koneistamista varten vaatii kiinnitysapuvälineitä: suorakulmaiset kappaleet voidaan kiinnittää koneruuvipuristimeen. Muita kiinnitysmenetelmiä ovat kiinnitysrautojen, tukialustojen ja kiinnitysruuviyhdistelmät. Kappaleen kiinnityksellä estetään työstämisen aikana syntyviä työstövoimia irrottamasta työstettävää kappaletta. (Maaranen 2008, 190-193.)

Jyrsimisen suorittamiseen liittyy työstöarvojen määrittely ennen työstötapahtuman aloittamista. Määriteltävät työstöarvot ovat lastuamisnopeus, pyörimisnopeus, pöytäsyöttö, lastuamissyvyys ja kosketusleveys. Arvoihin vaikuttavia muuttujia ovat käytettävä terämateriaali, onko työstö rouhintaa vai viimeistelyä, koneistettavan kappaleen materiaali ja kiinnitys, jäähdytyksen käyttäminen, käytettävän työstökoneen koko, kunto ja teho. Liitteen 4 mukaisien kaavojen avulla on mahdollista määritellä teräkohtainen optimi työstöarvo, josta voi joutua koneistettaessa tinkimään esimerkiksi kappaleen lujuuden tai kappaleen kiinnityksen takia. (Maaranen 2008, 194-195.) (Liite 4)

Jyrsinkoneen lisävarusteilla saadaan jyrsinkoneen käytettävyyttä monipuolistettua. Lisäämällä lisälaitteeksi jyrsinpää saadaan lisättyä jyrsinnän tasopinnan kääntyvyyttä. Moottoripuomivarustuksella saadaan laajennettua jyrsinnän työstöaluetta ja jakopään avulla on mahdollista koneistaa tasajakoisia muotoja sekä tehdä koneistuksessa suunniteltuja kulmaan koneistuksia. Pyöröpöytävarustuksella on mahdollista tehdä kappaleella pyörivä syöttöliike terään nähden ja pituusjakolaite mahdollistaa tarkan ja nopean pöydän liikuttamisen. Avarruspäävarustus mahdollistaa valmiiden reikien koneistamisen isommaksi ja pistolaitevarustus mahdollistaa erilaisien kiilauramuotojen koneistamisen ilman pyörivää teräliikettä. (Maaranen 2008, 200-206)

3.1 CNC-jyrsinkone

CNC-työstökone pohjautuu manuaaliseen työstökoneeseen, mutta liikkeiden hallinta tapahtuu käsihallinnan sijaan ohjelmallisesti. Numeerisella ohjauksella saavutettuja etuja ovat työstöaikojen lyheneminen, työkappaleiden ja työkalujen asetusajat lyhenevät. Työstökeskuksissa on mahdollista käyttää palettijärjestelmää työkappaleiden vaihdoissa ja työkappaleiden asettelut pystytään tekemään koneen ulkopuolella. Työstämisessä voidaan hyödyntää edullisia standardityökaluja monimutkaisien kappaleiden koneistettaessa,

tasalaatuinen ja tarkkamittainen kappale voidaan koneistaa toistuvasti. Ohjelmilla on mahdollista tuottaa uusia kappaleita myöhemmin uudelleen. Työstöohjelman tiedot on mahdollista saada suunnittelutiedoista. Tuotantokustannukset alenevat työkappaleen läpimenoajan lyhentyessä ja yksitoikkoiset työtehtävät jäävät koneen tehtäväksi. (Maaranen 2008, 249-250)

Haittapuolina CNC-tuotannolle ovat tuotannon kalliit perustamiskustannukset, monimutkainen ohjausjärjestelmä mahdollistaa vikaantumisen ja vähentää koneistajien määrää; tuo tilalle uusia tehtäviä, kuten ohjelmoijia ja menetelmäsuunnittelijoita. (Maaranen 2008, 250)

Rakenteeltaan NC-jyrsinkoneet alkavat 2,5 -akselisesta, jolla pystytään koneistamaan kahdella akseliliikkeellä kolmesta mahdollisesta samanaikaisesti. Kolmiakselisella jyrsinkoneella pystytään työstämään kaikilla kolmella akseliliikkeellä (X-Y-Z) samanaikaisesti. Lisäämällä työstökoneeseen ohjelmallisesti hallittavia akseleita, kuten kiertyvä työpöytä, työpöydän kallistus, jyrsinpään kallistus, saadaan luotua useampi akselinen työstökone, jopa 10 akselinen. Lisäakseleilla varustettua työstökoneetta ei välttämättä pystytä ajamaan yhtä raskaalla kuormituksessa kuin vähempi akselista, mutta lisäakselien avulla pystytään koneistamaan monimutkaisempia kappaleita yhdellä kiinnityksellä.

Työstökoneessa voi työstöterän vaihto olla manuaalinen, jolloin käyttäjän on oltava vieressä vaihtamassa terä koneistuksen tarpeen mukaan. Miehittämättömässä ajossa käytetään työkalumakasiinia, josta terävaihtaja hakee ohjelman kulun mukaan terän. Kehittyneimmissä työkalumakasiineissa seurataan jokaisen terän käyntiaikaa ja kulumista, ja tarpeen mukaan vaihdetaan sisarterä ajoon ja kulunut terä siirretään odottamaan huoltotoimenpiteitä. Työkalumakasiinien koot alkavat muutaman terän vaihtajasta aina isoissa työstökeskuksissa oleviin useita satoja teriä sisältäviin vaihtajajärjestelmiin. (Pikkarainen 1999, 46-55.)

Työstökoneen ohjattavat akselit sisältävät ohjattavan käyttömoottorin ja matkantai paikanmittauksen liikkeelle. Sijainnin mittaus voi perustua avoimeen ohjauspiiriin, jossa annetusta liikekäskestä ei tule mittauksen kautta varmistusta liikkeen oikeellisuudesta ja koneen akselin sijainti määritellään annetusta liikekäskestä. Toinen tapa toteuttaa mittaus on suljetun säätöpiirin avulla, jossa

toteutetusta liikekäskystä tulee sijainninmittausjärjestelmältä sijaintitieto ja ohjausjärjestelmä vertailee liikekäskyn ja sijainninmittauksen eroavaisuutta, kunnes vertailtavat arvot ovat yhtäsuuret eli akseli on siirtynyt haluttuun sijaintiin. Avoin järjestelmä on paikoitukseltaan epätarkempi, koska esimerkiksi liikeakselilla olevat välykset ovat paikoitukselle epätarkkuutta. Suljetulla säätöpiirillä toteutettu ohjaus jatkaa siirtymistä, kunnes verrattavana oleva mittaustieto vastaa ohjaukselle annettua asetusta. (Pikkarainen 1999, 25-36.)

3.2 NC-ohjelma

NC-ohjelma koostuu sanoja sisältävistä yhdelle riville kirjoitetuista lauseista, jotka työstökone lukee ja toteuttaa järjestyksessä. Lause koostuu sanoista, jotka koostuvat kirjaimen ja numeron yhdistelmästä, kirjain määrittelee sanan toiminnallisen merkityksen ja numero yksilöi merkityksen. (Ihalainen 1985, 122-123.)

Ohjelman sanoissa N-koodit lausenumeroinnissa mahdollistavat tietyn lauseen löytämisen ohjelmasta. X, Y, I, J, K-koodeilla ilmaistaan koneistuksen aikaisia terän liikekoordinaatteja, lisäksi A, B, C-koodeilla ilmaistaan työstökoneessa mahdollisesti olevien lisäakselien liikekoordinaatteja. G-koodeilla määritellään miten koneen pitää työskennellä: esimerkiksi liikkuuko terä määritellyllä työstönopeudella (G1) vai pikaliikkeellä (G0). Työstökonetta tai apujärjestelmiä käytetään M-koodeilla: esimerkiksi kara pyörimään myötäpäivään (M3) ja kara seis (M5). Työkalu otetaan käyttöön T-koodilla, samalla luetaan työkalun työkalukorjaukset käyttöön: työkalu numero 2 käyttöön (T02). Joissakin järjestelmissä joudutaan lukemaan työkalukorjaustiedot työkalun kanssa samanaikaisesti (T0202), jolloin ensimmäinen 02 on työkalun numero ja toinen 02 on korjaustiedon lukemisaikaa. Työkalun pyörimisnopeus asetetaan päälle S-koodilla (S2000). Työkalun syötön suuruus asetetaan F-koodilla: arvo voi olla mm/r (F0.15) tai mm/min (F150). (Maaranen 2008, 266-268.)

NC-ohjelman koodeista ei ole täydellistä listausta. Työstökonevalmistajat muuttavat koodien toimintatapaa sekä laajentavat koodistoa omilla koodeilla omien työstökoneiden tarpeita varten. (Maaranen 2008, 265.) (Liite 5.)

NC-ohjelman suunnittelu alkaa työstettävän kappaleen aihion mitoista, kaikissa lähestymisissä kappaletta on huomioitava työstettävän kappaleen olemassa

olevat ahiomitat sekä mahdolliset ahiota tukevat ulkopuoliset kiinnittimet. Ahiota lähestyttäessä on ennen terällä koskettamista kytkettävä kompensatiot ja jäähdytys päälle, laitettava teräpyörimään, siirryttävä syöttöliikenopeuteen. Liiallinen materiaali ahiosta on poistettava hallitusti koneistamalla ennenkuin päästään varsinaisen koneistettavan kappaleen valmistamiseen. Ohjelmoitaessa on kokoajan huomioitava missä kohtaa on koneistettavaa materiaalia ja mihin kohtaan pitää materiaalia jäädä, sekä mitkä kaikki kohdat tulee olla koneistettuja.

4 OHJELMISTOT

4.1 Suunnitteluohjelma

Suunnittelua tekevässä yrityksessä käytössä oleva CAD-suunnitteluohjelma on yleensä tasapainottelua lisenssimaksun määrän, omaan työhön soveltuvuuden ja asiakkaiden ohjelmavaatimusten kanssa. Vaatimuksia ohjelmiston valinnalle tulee myös tarvittavan numeerisen laskennan määrästä ja tasosta, 2D-piirtämisen ja 3D-mallintamisen määrästä ja laadusta sekä tietokonesimuloinnin tarpeesta. TE-palvelut avoimien suunnittelu -työpaikkojen yhteydessä mainitaan yrityksissä käytössä olevina suunnitteluohjelmistoina mm. AutoCad, Catia, Inventor, MicroStation, NX, SolidWorks, Vertex. (TE-palvelut 2019)

Tietokoneavusteisella suunnitteluohjelmistolla luodaan kuva valmistettavasta kappaleesta. Kuvatiedostossa on tieto kappaleen ulkoasusta, mitoituksesta sekä mittojen toleranssista. Koneistamista varten kuvatiedostossa on tieto valmistusmateriaalista, tehtävistä kierteytyksistä. Kuvatiedostoista voidaan luoda valmiin tuotteen kokoonpanokuva. Valmiista tuotekuvasta tehdään siirtotiedosto CAM-ohjelmalle työstöratojen määrittelemistä varten. (Liite 5)

4.2 CAM-ohjelma

CAM-ohjelmaa käytetään muuttamaan CAD-ohjelmalla tehty kuvatieto työstökoneen ymmärtämään ohjelmakieleen. Tunnetuin CAM-ohjelma on vuonna 1983 markkinoille tullut Mastercam, joka on sekä maailmalla että Suomessa eniten käytetty CAM-ohjelmisto. (Camcut Oy 2019.)

CAM-ohjelmistolla määritellään joko valmiista cad kuvasta tai ohjelmalla piirtämällä luodusta viivagrafiikasta työstämistä varten työstöratoja, terävalintoja, teräparametreja, työstöparametreja ja työstöjärjestystä. Työkiertoa luotaessa suuri osa työstä tapahtuu osoittamalla hiirellä koneistettava tai porattava kohta, työstösuunta ja -syvyys, käytettävä työkalu. Työkiertoa luotaessa käsin tehtäviä määrytyksiä ovat käytettävän työkalun valinta, työstöarvojen ja porausarvojen valinta, otettavien lastujen lukumäärä ja syvyys, terän tekemät lähestymiset ja poistumiset ennen ja jälkeen työkiertoa sekä jäähdetyksen käyttö. CAM-ohjelmistossa käytettävän työkalukirjaston tulee

vastata kohteena olevan työstökoneen työkalumakasiinia. Jos työkalun kirjastotiedot eivät ole vastaavia, tulee kone ottamaan ja ajamaan vääränlaisella työkalulla ja vääränlaisilla työstöarvoilla. Tämä joudutaan ottamaan huomioon, jos kahdella työstökoneella on käytössä erilaiset työkalukirjastot.

CAM-ohjelmistolla on mahdollista tarkastella tehtyjä ohjelmakiertoja: miten terän rata kulkee materiaalissa, mihin suuntaan terä kulkee työstäessä, mistä terä poistaa materiaalia: tekeekö terä työstö- ja siirtymisliikkeen aikana törmäyksiä materiaaliin. Työstön visualisoinneissa voidaan tarkastella koneistettavaa aihiota ja tehdä mittauksia visuaalisen koneistuksen eri vaiheissa. CAM-ohjelmistolla on mahdollista testata ja säätää koneistamiseen kuluva aikaa terävalinnoilla ja työstöradoilla. Kuvassa näkee terälle määritellyt työstöradat sekä liikkumiset eri työstökohtien välillä. (Liite 6)

CAM-ohjelman työkalukirjastossa on talletettuna työkalukohtaisesti työstöarvot työkalulle: työkalun kierrosnopeus, hammaskohtainen syöttö, ja syöttönopeus sekä porautumisnopeus ja nostonopeus. Työstöohjelmaa luotaessa on mahdollista muuttaa kokemukseräisesti näitä arvoja halutunlaisiksi, esimerkiksi koneistettavan materiaalin vaihtuessa tai kappaleen kiinnityksen muuttuessa, joudutaan tarkistamaan työstöarvoja lastunvahvuuden ja lastuamisnopeuden suhteen.

CAM-ohjelmoinnin etu on läpimenoajan lyheneminen: ohjelmien laatiminen nopeutuu ja ensimmäisen kappaleen virheet karsiutuvat ohjelmasuunnittelussa. Ohjelmointityö helpottuu ja ohjelmien laatu paranee: koordinaattien käsinelaskenta sekä numero- ja kirjainkoodien käsittely jäävät pois, ohjelmointiaika lyhenee, graafinen simulointi auttaa tarkistamisessa, postprosessori tarkastaa kaikki lauserakenteet ja ohjelmia on helpompi korjata ohjelmoinnin eri vaiheissa. Ohjelmoinnin uusia mahdollisuuksia ovat, että se mahdollistaa monimutkaisien matemaattisten muotojen ohjelmoinnin ja koneistamisen, tarkkuus paranee ja ohjelmien aikalaskentaa voidaan käyttää palkkausperusteena. Lisäksi saavutetaan etua: työkalujen ja työstökoneiden rikkoontumisvaara vähenee liikkeiden simuloinnin ja vakio työstöarvojen myötä sekä uusien työstökoneiden käyttöönotto nopeutuu ohjelmoinnin ollessa kaikilla työstökoneilla samanlaista. (Pikkarainen 1999, 10-11.)

CAM-tuotannolla on useita haittapuolia. Koneiden hankinta sitoo pääomia. Koneiden monimutkainen rakenne on vaatii huoltoa ja on altis vikaantumiselle. Vaatii käyttäjien monipuolisen ammattitaidon ylläpitäminen vähentämään tuotantokeskeytyksiä. Vähäisestä käsiohjelmointi tarpeesta on seurauksena alhaisempi kyky tulkita työstöohjelmaa häiriö- ja virhetilanteissa. Ohjelmisto päivityksistä johtuvat hankaluudet ja ongelmat. (Pikkarainen 1999, 13-14.)

4.3 Postscript

Postscript-ohjelmisto on CAM-ohjelmiston käännösohjelma, jolla käännetään CAM-ohjelmistolla luotu työstöohjelma työstökoneen ymmärtämään muotoon. Jokaisella työstökoneella on koneohjauksessa omia kielellisiä eroavaisuuksia, joiden mukaan Postscript-ohjelmisto määritellään ja hienosäädetään. Kolibri 750-työstökoneen postscript-sääntömäärittelyn on tehnyt koneen valmistaja ja se on toimitettu koneen mukana. (Wegera Oy n.d.)

Postscript-ohjelmisto on mahdollista hankkia Mastercam-ohjelmiston kanssa ja saada Postscript-ohjelmisto räätälöitynä käytettävälle työstökoneelle. (Camcut Oy 2019)

CAM-ohjelmalla luotu työstöohjelma on mahdollista kääntää eri työstökoneille käyttämällä konekohtaista Postscript-ohjelmistoa Konekohtaisesta Postscript-määrittelystä huolimatta jokaisella koneella on oltava samansisältöinen työkalumakasiini.

4.4 Ohjelmien siirto-ohjelma

Kolibrin työstöohjelmien siirtämiseen käyttämä ReCon-siirto-ohjelmisto on toimitettu työstökoneen mukana. Ohjelmalla siirretään haluttu työstöohjelma tietokoneelta työstökoneen muistiin tai työstökoneen muistista tietokoneelle. Ohjelmalla on myös mahdollista tehdä tiedoston poistaminen työstökoneen muistista. Lisäksi ohjelmalla pystyy seuraamaan työstökoneen koneistamisaikaa. (Wegera Oy n.d.)

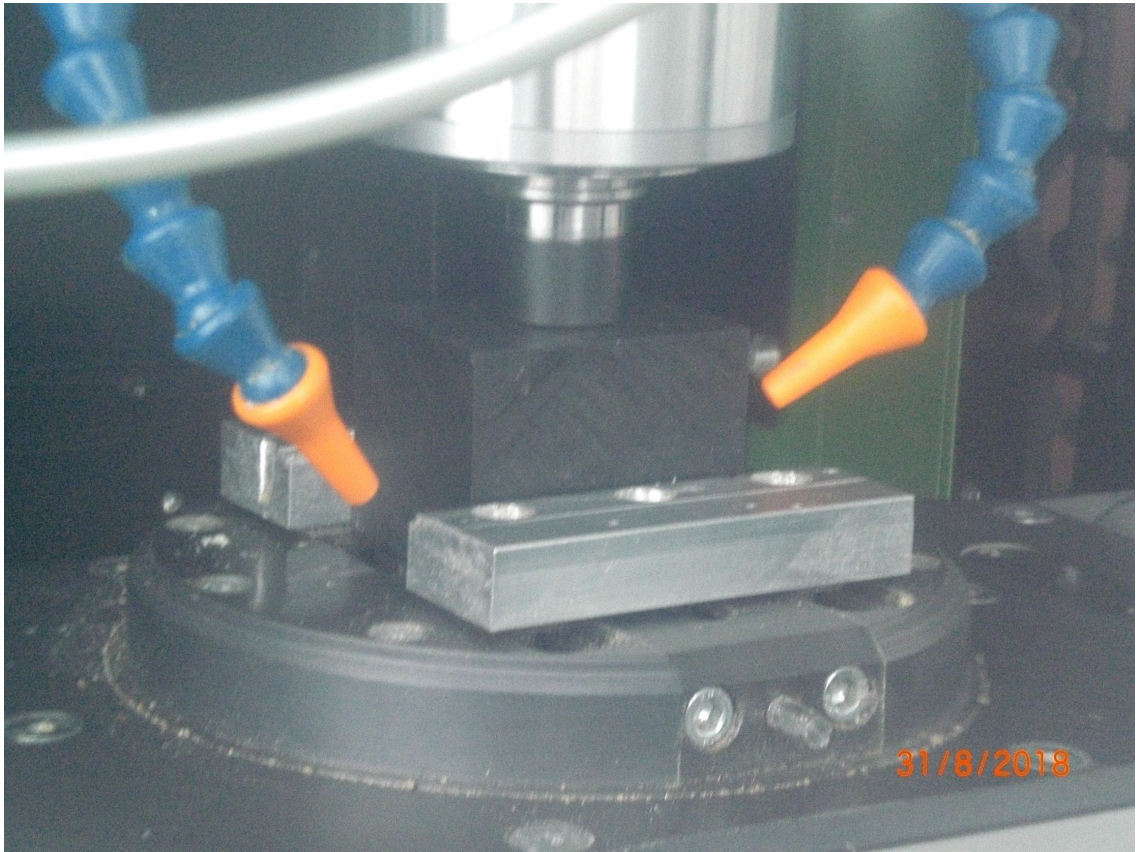
Tietohallinnon luomalla verkkotunnuksella mahdollistui yhteyden luominen työstökoneeseen ja työstöohjelmien siirtäminen lähiverkon kautta, ilman koneen vierellä käymistä. Työstöohjelmia on mahdollista siirtää ainoastaan työstökoneen pysähdyksissä olemisen aikana; kone lukitsee muistinsa työstöohjelman ajamisen ajaksi. (Wegera Oy n.d.)

5 TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön aiheena oli Oulunsalossa toimineen Wegera Oy:n valmistaman Kolibri 750-työstökoneen käyttökuntoon saattaminen, sen Polar Electro:lle saapumisen jälkeen. Kolibri on viisiakselinen, rakennetyypiltään pystykarainen jyrsinkone. Koneen viisiakselisuus koostuu pääliikesuunnista, joissa liikutaan x – y – z-akselien suhteen. Lisäksi koneessa on lisävarusteena a- ja c-akselit. Akselien suunnat koneen etupuolelta katsottuna ovat: karan poikittaissuuntainen liikkuminen tapahtuu x-akselilla, karan pystysuuntainen liike tapahtuu z-akselilla ja työstöpöydän pitkittäissuuntainen liikkuminen tapahtuu y-akselilla. Lisäksi liikeakseleina ovat työstöpöydän kallistusliike a-akselina ja työstöpöydän kiinnityspöydän kiertoliike c-akselina. Koneen ohjaus tapahtuu ohjelmallisesti numeerisen ohjausjärjestelmän avulla. Kolibria voi käyttää käsin ajamalla yhtä akselia kerrallaan, käyttämällä sitä käsikäyttöpyörällä. Monimutkaiset kappaleet luodaan CAD-ohjelmalla tehdystä kuvatiedostosta CAM-ohjelmistolla. Valmiit ohjelmat käännetään Postscript-ohjelmistolla Kolibrin ymmärtämään muotoon ja siirretään lähiverkkoyhteyden kautta suoritettavaksi koneelle.

5.1 Vastaanottotarkistus

Työstökoneen tultua toimitetuksi yrityksen varastoon ensimmäiseksi suoritettiin silmämääräinen vastaanottotarkistus. Vastaanottotarkistuksessa havainnoitiin, ettei työstökoneeseen ole tullut ulkopintoihin kuljetusvaurioita tai vastaavia jälkiä. Varmistettiin työstökoneen tulleen toimitetuksi siihen kuuluvine osineen: työstökone ja erillinen ohjausyksikkö niihin kuuluvine avaimineen. Työstökoneen sisältä tarkastettiin karasta sen olleen asemoituna kuljetustukea vasten kuljetuksen aikana. (Kuva 5)



Kuva 5. Kara kuljetustukea vasten

5.2 Haalaaminen

Työstökone haalattiin varastosta tulevaan käyttöpaikkaan. Kulkureitin ahtaimmissa kohdissa jäi alle senttimetri pelivaraa työstökoneen leveydessä. Lisäksi parissa kohdassa haalauspainon (718 kg) takia irroitettiin oviaukoissa olleet kynnykslistat helpottamaan siirtotyötä. (Kuva 6)

Haalaamisen lopuksi sijoitettiin työstökone tulevalle käyttöpaikalleen. Sijoittamisessa huomioitiin jyrsinkoneen päivittäisten käyttö- ja huoltotoimenpiteiden tarvitsemat tilatarpeet.



Kuva 6. Kolibri 750 haalaus

5.3 Petaaminen

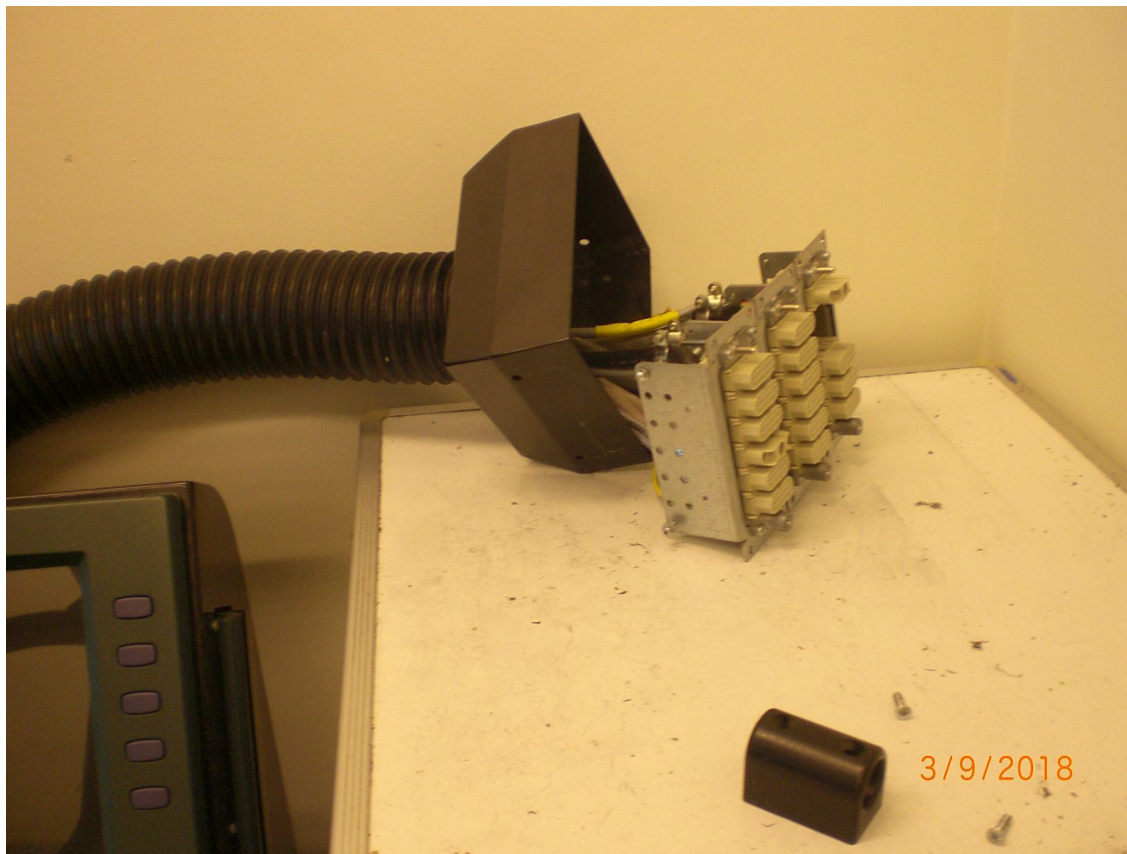
Käyttöpaikalle petaaminen eli asentaminen aloitettiin tasaamalla karkeasti työstökoneen alanurkat yhtä korkealle lattiasta ja säätämällä työstökoneen asennustassut lattiaa vasten. Tasaamisen jälkeen tarkistettiin työstökoneen jokaisen tassun olevan lattiaa vasten ja ettei työstökone keiku. Tasaamisen minimikorkeus tuli pumppukärryn piikkien laskukorkeudesta, jota korkeammalla työstökone jätettiin.

Petaamista jatkettiin tasaamisen jälkeen tarkkuusvatupassin avulla. Työstökoneen työstöpöytä vaaittiin asennustassuista sekä x- että y-akselin suhteen vaakasuoraan. Lopuksi asennustassujen säädöt lukittiin ja akselien vaakasuoruuksien säilyminen jälkitarkistettiin. (Liite 1)

5.4 Kytkeminen

Työstökone tarvitsee toimiakseen sähköä ja paineilmaa. Käyttämisen helpottamiseksi käytetään lisäksi lähiverkkoyhteyttä.

Sähkökytkentätyö aloitettiin ohjausyksikön ja työstökoneeseen välisen moninapakaapelin kytkemisellä. Varsinainen sähkökytkentä tapahtui asentamalla työstökoneen sähköjohto 400 V kolmivaihe pistorasiaan. (Kuva 7)



Kuva 7. Moninapakaapeli ennen kytkemistä

Paineilma otetaan rakennuksen kiinteästä paineilmajärjestelmästä. Kiinteän paineilmaverkon jälkeen lisättiin paineilmankäsittelyä varten ja työstökoneetta suojaamaan vedenerotin, partikkelisuodatin ja paineenalennin -yksiköt.

Tiedonsiirtoa varten työstökone kytkettiin langalliseen lähiverkkoon, tietohallinnolta saatiin työstökoneelle verkko-oikeudet, joilla mahdollistetaan yhteydenotto työstökoneeseen lähiverkon kautta. Lähiverkkoyhteys mahdollistaa tiedostojen siirtämistä suoraan työasemalta työstökoneelle. Muita työstöohjelmien siirtomahdollisuuksia on muistitikku tai sarjaväylän kautta. Yksinkertaisia työstöliikkeitä on mahdollista kirjoittaa suoraan työstökoneen hallintapaneelilla. Myös valmiiden työstöohjelman editointi, lähinnä työstöparametrien osalta, on mahdollista tehdä hallintapaneelilla.

5.5 Akselien nolla -asennon asettaminen

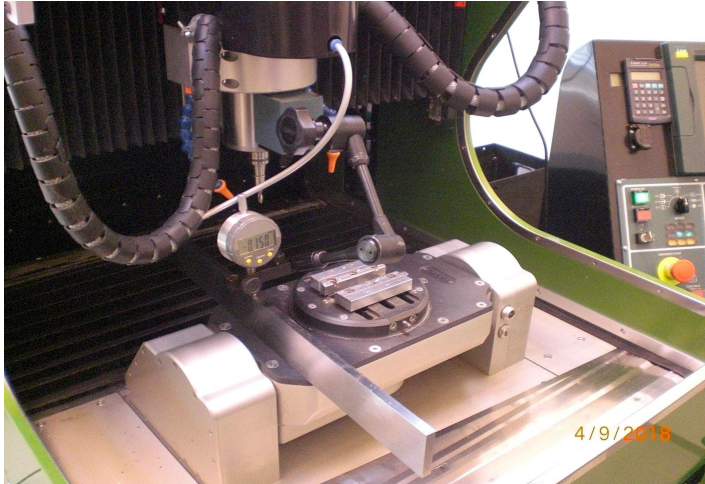
Sähkön- ja paineilmajärjestelmien kytkemisen jälkeen oli mahdollista suorittaa työstökoneen käyttötoimenpiteitä. Ensimmäisenä toimenpiteenä ajettiin käsiajolla kara irti kuljetustuesta. Ensimmäisenä varsinaisena käyttötoimenpiteenä ajettiin jokainen akseli kotiasemaan, eli kunkin akselin nollapisteeseen. Nollapisteeseen ajamalla saadaan työstökone löytämään akselien machine-koodinaatiston nollapisteet virran kytkemisen jälkeen. Työstöohjelmassa käytettävät siirtymien sijainnit pohjautuvat koneen akselien opetetuista nollapisteistä alkavaan absolute-koordinaatistoon. Kolmas käytettävissä oleva koordinaatisto on relative-koordinaatisto, jonka akselien arvoja käyttäjä voi nollata halutussa pisteessä. Liikeakseleilla x-y-z ja a on maksimiliikeradat ja niiden yliajaminen on sähköisillä turvarajoilla estetty. (Kuva 8)



Kuva 8. Koordinaatistot

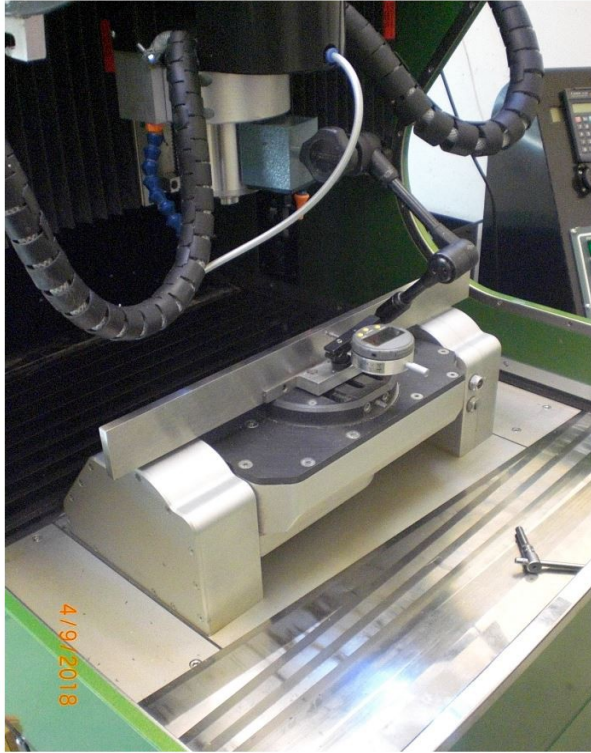
Kotiasemaan ajamisen jälkeen aloitettiin työstöpöydän keinuliikkeen ja kiinnityspenkin kiertoliikkeiden halutun nolla-asennon määrittely absolute-koordinaatistoon. Mittakelloa ja magneettijalkaa sekä pitkää paranelia käyttäen suoritettiin työstöpöydän keinuliikkeen ja kiinnityspenkin kiertoasennon asennon nollapisteiden hakeminen ja järjestelmälle opettaminen. Keinuliikkeen nollapiste opetettiin vaakasuoraan asentoon ja kiinnityspenkin kiertoakselin nollapiste opetettiin kiinnitysleukojen asento poikittain työstökoneeseen nähden eli x-akselin suuntaiseksi ja leukojenkiristys käyttäjään päin.

Mittakello kiinnitettiin karalle magneettijalalla, kellolle oli vastinpintana paranelli antamaan pitkän mittausvasteen. Ajamalla mittakelloa paranellia vasten, on mahdollista mitata, minkä verran pöydän keinu on kallellaan. Korjaamalla keinun asentoa saadaan haettua vaakasuora asento, joka talletetaan järjestelmään nolla -asennoksi. (Kuva 9)



Kuva 9. Työstöpöydän keinun nollan hakeminen

Kiinnityspenkin suunta oikaistaan x-akselin suuntaiseksi samalla tavalla ajamalla mittakelloa paranellin pintaa vasten ajamalla. Lopuksi asento talletetaan järjestelmälle nolla -asennoksi. (Kuva 10)



Kuva 10. Kiinnityspenkin nollan hakeminen

5.6 X-Y akselien nolla-aseman, origon määrittely

Tälle työstökoneelle Mastercam ohjelmalla luotavat ohjelmat luovat x – y-suuntaisesti nollapisteen työkappaleen keskelle. Kiinnityspenkissä olevat leuat keskittävät työstettävän ahiokappaleen nollapisteeseen y-akselin suunnassa, käyttäjän huoleksi jää työstettävän kappaleen sijoittaminen keskelle x-akselin suhteen mittaamalla.

Työkalukaraan asetettiin työkaluksi mittakello ja kiinnityspenkkiin kiinnitettiin paranelli vastinpinnaksi.

Penkki käännettiin mitattavaa akselisuuntaa nähden poikittain. Lähestymällä paranellin pintaa mittakellon tarkkuudella kummaltakin suunnalta yhtä lähelle, saadaan mittauksien erosta laskettua akselisuunnan keskipiste. Keskipisteen sijainti tallennettiin järjestelmään. Tämä mittaus suoritetaan sekä X- että Y-akselille samankaltaisesti. (Kuva 11)



Kuva 11. Y-akselin nollan määrittely

5.7 Työstökoneen kalustaminen

Työstökone on varustettu työkaluvaihtajalla ja 22 paikkaisella työkalumakasiinilla. Ennen työstökonetta koeajoa on makasiiniin syötettävä käytettävät terät. Terien pituuden asettamiselle ei ole erillistä asetuslaitetta, vaan terä asetetaan pidikkeeseen haluttuun pituuteen ja kiristetään käsin. Lopuksi terän pituus mitataan teräpidikkeessä ja pituusmitta syötetään työkalupaikkaa vastaavaan rekisteripaikkaan teräpituudeksi. (Wegera n.d.)

Syöttäminen tapahtuu kutsumalla makasiinista työkalu karalle työkalunumerolla. Tyhjästä makasiinipaikasta vaihtaja tulee tyhjänä karalle. Karalle laitetaan työkalunumeroa vastaava mitattu työkalu ja seuraava työkalukutsu vie asetetun työkalun makasiiniin. Tätä jatketaan, kunnes jokainen makasiinipaikan työkalu on syötetty makasiiniin.

Ennen työstämisen aloittamista työstökone laskee työkalupaikan teräpituusarvosta karan korkeuden suoritettavassa työstössä, vaihdettaessa

työkalua työstökone laskee uuden arvon karan korkeudelle käyttöönotettavan työkalun teräpituusarvosta. (Liite 8)

5.8 Lähiverkkoyhteys

Valmiit työstöohjelmat siirretään lähiverkkoyhteyden kautta ajettavaksi työstökoneelle.

Työstökone kytkettiin rakennuksen toimistoverkkoon työstöohjelmien siirtämisen mahdollistamiseksi. Työstökoneelle on mahdollista siirtää ohjelmia jokaiselta työasemalta, jolla on tiedoston siirto-ohjelmisto asennettuna. Työstöohjelmia muutettaessa on uusi ohjelma nopeasti ladattu työstökoneelle.

Varalla olevat siirtotavat ovat kiinteä RS232 yhteys tietokoneeseen ja muistitikulla siirtäminen. Kiinteän yhteyden hyödyntämiselle rajoittava tekijä on ettei kaikissa uusissa tietokoneissa ole enää lainkaan RS232 liitäntää. Muistitikulla siirtämisessä rajoittavana tekijänä on työstökoneen käyttöjärjestelmän ymmärtämän muistitikun maksimikapasiteetti: monimutkaisia työstöjä ja/tai korkean pinnanlaadun viimeistelyä sisältävien kappaleiden yhteydessä voi ohjelmien suuri tiedostokoko tulla eteen ongelmana. (Wegera Oy n.d.)

6 POHDINTA

Tämän päättötyön tekemisen kuluessa saatiin työstökone asennettua käyttökuntoon. Työhön sisältyi käyttöönoton eri työvaiheet: kuljetusvaurioiden tarkistaminen – haalaaminen asennuspaikalleen – petaaminen – säätäminen – kellottaminen ja kalustaminen. Työn vaiheet saatiin vietyä läpi turvallisesti ilman vastoinkäymisiä ja tapaturmia. Itselle oli palkitsevaa nähdä tämän koneen siirtyminen käyttöönotto tehtävien jälkeen tuotantoon kuormitettavaksi ja toimivan virheettömästi. Työstökoneetta olisi tulevaisuudessa hyvä seurata tarkistusmittaamalla muutamia kertoja vuosittain, jotta mahdolliset muutokset koneen vaaituksessa tai akselien asennoissa havaittaisiin. Lisäksi olisi hyvä luoda koneistusohjelma, jonka ajamisella tarkistusmittauksen yhteydessä pystyttäisiin seuraamaan muutoksia työstökoneen tarkkuudessa.

LÄHTEET

Cumcut Oy 2019. Yrityksen kotisivu. Viitattu 13.1.2019.
www.camcut.fi/mastercam.html

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1985.
Valmistustekniikka 487, toinen korjattu painos. Hämeenlinna: Otakustantamo

Maaranen, K. 2008. Koneistustekniikat, 1.-3. painos. Helsinki: WSOY
Oppimateriaalit Oy

Makita Oy 2019. Yrityksen kotisivu. Viitattu 13.1.2019. www.makita.fi

Pikkarainen, E. 1999. NC tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus

Pikkarainen Eero, Laurila Ari, Pekkola Kari 1993. Tietokoneavusteinen
NC -ohjelmointi. Painatuskeskus Oy

Polar Electro Oy 2018. Yrityksen kotisivu. Viitattu 8.12.2018. www.polar.com

Renkon Oy 2019. Yrityksen kotisivu. Viitattu 13.1.2019. www.veistokone.fi

TE-palvelut 2019. Työ- ja elinkeinotoimisto kotisivu. Viitattu 12.1.2019.
paikat.te-palvelut.fi/tpt/

Wegera Oy n.d. Kolibri työstökeskus käyttömateriaali

Wegera Oy n.d., Kolibri työstökeskus opetusmateriaali

LIITTEET

- Liite 1. Tarkkuusvatupassi, Precision Levels: 0,02 mm/m
- Liite 2. Pitkä paranelli, Vogel
- Liite 3. Magneettijalka, Mitutoyo
- Liite 4. Jyrsintä, laskukaavat
- Liite 5. NC koodisto
- Liite 6. Tuote, CAD
- Liite 7. Tuote, Mastercam kuvakaappaus
- Liite 8. Tuote, valmis
- Liite 9. Työstöteriä, teränmittausväline, työkalumakasiinin pituusrekisteri

Liite 1

Kuva 3. www.gimex-exactools.de tarkkuus vatupassi

Liite 2

SILVER-LINE Precision Straight Edge
DIN 874

- Quality DIN 874 page 1, accuracy GG 0
- made of steel
- edges and flat sides extra fine ground
- stainless and carbon steel quality available
- incl. calibration certificate
- from up 2000 mm length shaped in I-form, with hand slots

- Quality DIN 874 page 1, accuracy GG 1
- made of steel
- edges and flat sides finely ground
- stainless and carbon steel quality available
- incl. calibration certificate
- from up 2000 mm length shaped in I-form, with hand slots

- accuracy acc. to DIN 874 page 1, accuracy GG 2
- made of steel
- edges finely ground and flat sides ground
- stainless and carbon steel quality available
- incl. calibration certificate
- from up 4000 mm length shaped in I-form, with hand slots

Notice
We charge transport and packing costs for articles marked with *!

DIN **CC** **WARRANTY 2 YEARS**

ART NO	ART NO					ART NO
DIN 874 GG 0 INOX	DIN 874 GG 0			KG	CC	wooden case
1590000050	1590010050	500	50 x 10	2.0	inclusive	15990050
1590000100*	1590010100*	1000	60 x 12	5.7	inclusive	15990100*
1590000150*	1590010150*	1500	70 x 15	12.4	inclusive	15990150*
1590000200*	1590010200*	2000	80 x 15	13.0	inclusive	15990200*
1590000300*	1590010300*	3000	120 x 18	36.0	inclusive	15990300*
1590000400*	1590010400*	4000	140 x 20	62.0	inclusive	15990400*
1590000500*	1590010500*	5000	140 x 20	77.0	inclusive	15990500*

Kuva 4. www.vogel-germany.de Vogel paranelli

Liite 3

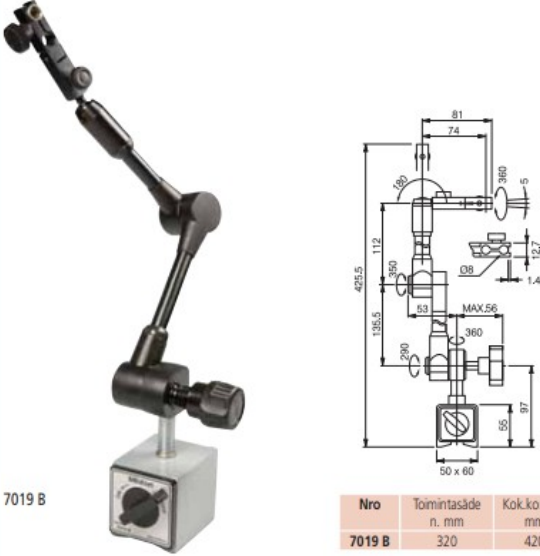
Tekniset tiedot

Magneetin pitovoima: 600 N
pystysuoraa vetoa

Tason mitat: 50 x 60 x 55 mm

Mittakellon kiinnitysreikä: Ø 8 mm

Sarja 7
Mittakellon kiinnitys haluttuun mittausasentoon, hydraulinen lukitus



7019 B

Nro	Torintasäde n. mm	Kok.korkeus mm	Hienosäätö	Paino kg
7019 B	320	420	± 5°	1,75

269 **Mitutoyo**

Kuva 5. www.teraskonttori.fi Mitutoyo 7019B magneettijalka

Liite 4.

Metrijärjestelmä		Www.sandvik.coromat.com
Pöytäsyöttö, v_f (mm/min)	Lastuamisnopeus, v_c (m/min)	Karanopeus, n (r/min)
$v_f = f_z \times n \times Z_{EFF}$	$v_c = \frac{\pi \times DC_{ap} \times n}{1000}$	$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC_{ap}}$
Hammassyöttö, f_z (mm)	Syöttö/kierros, f_n (mm/r)	Lastuvirta, Q (cm ³ /min)
$f_z = \frac{v_f}{n \times Z_{EFF}}$	$f_n = \frac{v_f}{n}$	$Q = \frac{AP \times a_e \times v_f}{1000}$
Nettoteho, P_c (kW)	Vääntömomentti, M_c (Nm)	
$P_c = \frac{a_e \times AP \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$	$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$	

Symboli	Nimitys/määritelmä	Metrijärjestelmä
a_e	Radiaalinen lastuamissyvyys	mm
a_p	Aksiaalinen lastuamissyvyys	mm
DC_{ap}	Koneistushalkaisija (työkappaleen halkaisija)	mm
D_m	Koneistushalkaisija (työkappaleen halkaisija)	mm
f_z	Hammassyöttö	mm
f_n	Syöttö/kierros	mm/r
n	Karanopeus	r/min
v_c	Lastuamisnopeus	m/min
v_e	Tehollinen lastuamisnopeus	mm/min
v_f	Pöytäsyöttö	mm/min
z_c	Tehollinen hammasluku	kpl
h_{ex}	Maksimilastunpaksuus	mm
h_m	Keskilastunpaksuus	mm
k_c	Ominaislastuamisvoima	N/mm ²
P_c	Nettoteho	kW
M_c	Kiristysmomentti	Nm
Q	Lastuvirta	cm ³ /min
KAPR	Asetuskulma	Astetta
PSIR	Asetuslisäkulma	astetta
BD	Rungon halkaisija	mm

DC	Lastuamishalkaisija	mm
LU	Käyttökelpoinen pituus	mm

Liite 5.

Maaranen Keijo: Koneistustekniikat			
NC toimintakoodit	M17	työkalurevolveri	pyörintä myötäpäivään (sorvi)
O-koodit: NC-ohjelman ja aliohjelman ohjelmanumero.	M18	työkalurevolveri	pyörintä vastapäivään (sorvi)
N-koodit: lausenumero. Ei ole kaikissa järjestelmissä pakollinen, mutta käyttöä suositellaan käytettäväksi ohjelman toiminnan seuraamisen helpottamiseksi.	M21	kärkipylkkä	liike eteenpäin (sorvi)
	M22	kärkipylkkä	liike taaksepäin (sorvi)
M-koodit: käynnistävät ja pysäyttävät koodit.	M23	kierteen lopussa	lopetusviiste (sorvi)
M00 ohjelman pysäytys	M24	kierteen lopussa	ei lopetusviistettä (sorvi)
M01 ohjelman valinnainen pysäytys	M30	ohjelman loppu ja paluu	alkuun
M02 ohjelman loppu	M40	karan pyörimisnopeusalue,	vapaa (sorvi)
M03 karan käynnistys myötäpäivään	M41	karan pyörimisnopeusalue, 1.	vaihde (sorvi)
M04 karan käynnistys vastapäivään	M42	karan pyörimisnopeusalue, 2.	vaihde (sorvi)
M05 karan pysäytys	M43	karan pyörimisnopeusalue, 3.	vaihde (sorvi)
M06 työkalun vaihto	M98	aliohjelman kutsu	
M08 jäähdytys päälle	M99	paluu pääohjelmaan	
M09 jäähdytys päältä			
M10 istukan leuat auki (sorvi)			
M11 istukan leuat kiinni (sorvi)			
M12 kärkipylkkä pinooli ulos (sorvi)			
M13 kärkipylkkä pinooli sisään (sorvi)			

T-koodit: työkalun numero	G33 kierteytys (työstökeskus)
T01 haettava työkalu 01	G40 nirkon säteen kompensointi pois
T0101 haettava työkalu 01 ja kompensointiosoite 01	G41 nirkon säteen kompensointi oikealle
G-koodit: toimintatavan syöttäminen työstökoneelle.	G42 nirkon säteen kompensointi vasemmalle
G00 pikaliike	G43 työkalun pituuden kompensointi + -suuntaan (työstökeskus)
G01 syöttöliike	G49 työkalun pituuden kompensoinnin poisto (työstökeskus)
G02 ympyränkaari myötäpäivä	G50 absoluuttikoordinaatiston siirto tai maksimi pyörimisnopeus (sorvissa)
G03 ympyränkaari vastapäivä	G54 työkalukoordinaatisto 1. valinta (työstökeskuksessa)
G04 viive	G55 työkalukoordinaatisto 2. valinta (työstökeskuksessa)
G09 tarkka pysäytys	G56 työkalukoordinaatisto 3. valinta (työstökeskuksessa)
G17 tasovalinta XY (työstökeskus)	G57 työkalukoordinaatisto 4. valinta (työstökeskuksessa)
G18 tasovalinta XZ (työstökeskus)	G58 työkalukoordinaatisto 5. valinta (työstökeskuksessa)
G19 tasovalinta YZ (työstökeskus)	G59 työkalukoordinaatisto 6. valinta (työstökeskuksessa)
G20 tuumainen mittajärjestelmä	G70 viimeistelytyökierro (sorvissa)
G21 metrinen mittajärjestelmä	G71 ulko- tai sisäpuolinen rouhintatyökierro (sorvissa)
G22 turva-alueen rajan tarkistustoiminto päälle	
G23 turva-alueen rajan tarkistustoiminto päältä	
G27 referenssipisteeseen paluun tarkistus	
G28 referenssipisteeseen paluu	
G29 referenssipisteestä paluu	
G30 paluu 2., 3., 4. referenssipisteeseen (työstökeskus)	
G32 kierteytys (sorvi)	

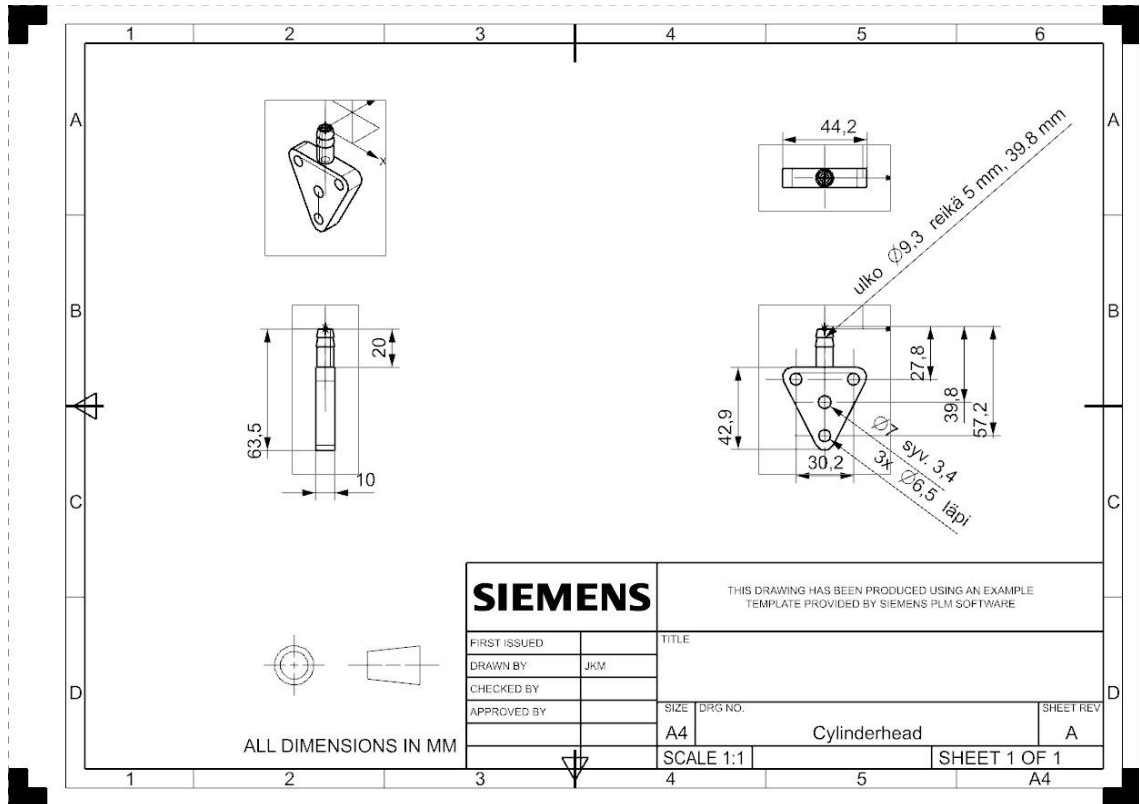
G72	otsapinnan (sorvissa)	rouhintatyökierto	G87	avarrus (työstökeskuksessa)	olakkeen takaa
G73	muotoa rouhintatyökierto (sorvissa)	toistava	G88	avarrus (työstökeskuksessa)	viiveellä
G74	lastua katkaiseva poraustyökierto (sorvissa)	sorvaus- tai	G89	avarrus (työstökeskuksessa)	viiveellä
G74	kierteytystyökierto vasenkätinen (työstökeskuksessa)	kierretappi	G90	absoluuttinen (työstökeskuksessa)	ohjelmointi
G75	lastua katkaiseva sorvaus- tai uranpistotyökierto (sorvissa)	olakkeen	G91	inkrementaalinen (työstökeskuksessa)	ohjelmointi
G76	kierteensorvaustyökierto (sorvissa)		G92	ohjelmoitu (työstökeskuksessa)	nollapisteen siirto tai maksimi pyörimisnopeus
G76	viimeistelyavarrustyökierto (työstökeskuksessa)		G94	syöttö mm/min	
G80	vakiotyökierron (työstökeskuksessa)	peruutus	G95	syöttö mm/r	
G81	poraustyökierto (työstökeskuksessa)		G96	vakiolastuamisnopeus	
G82	poraustyökierto (työstökeskuksessa)	viiveellä	G97	vakiopyörimisnopeus	
G83	syvän askelporaustyökierto (työstökeskuksessa)	reiän	G98	paluu (työstökeskuksessa)	alkupisteeseen vakiotyökierrossa
G84	kierteytystyökierto oikeakätinen (työstökeskuksessa)	kierretappi	G99	paluu R-pisteeseen (R-tasolle) (työstökeskuksessa)	vakiotyökierrossa
G85	avarrus (työstökeskuksessa)				
G86	avarrus karan pysäytyksessä (työstökeskuksessa)				
			S-koodit		
			S120	lastuamisnopeus	
			S1250	pyörimisnopeus	
			S2400	maksimi pyörimisnopeus (NC-sorvi)	

F-koodi

F0.15 syöttö mm/r

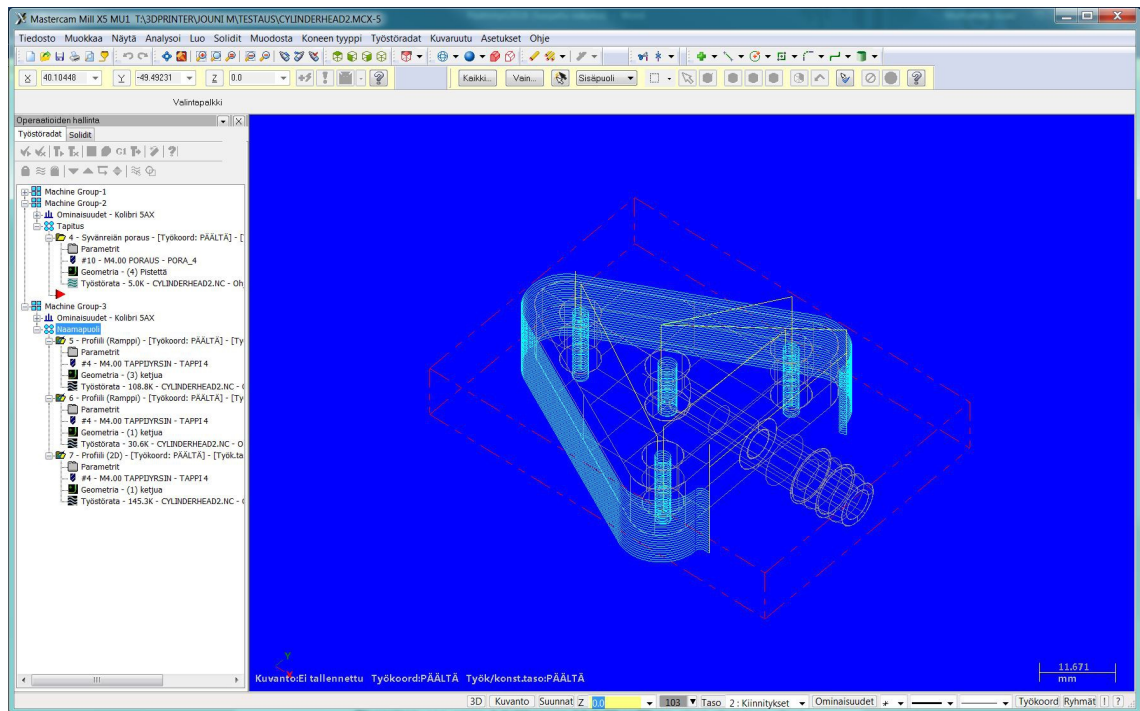
F150 syöttö mm/min

Liite 6



Kuva 6. Mitoitettu CAD kuva tuotteesta

Liite 7



Kuva 7. Mastercam kuvakaappaus työstöradoista ja pikaliikkeistä

Liite 8



Kuva 8. Valmis tuote

Liite 9



Kuva 9. Työstöteriä ja teränmittausväline

NO.	RADIUS	ZLENGTH	XLENGTH	Y
01	0.000	80.310	0.000	
02	0.000	80.380	0.000	
03	0.000	73.520	0.000	
04	0.000	62.700	0.000	
05	0.000	63.750	0.000	
06	0.000	77.240	0.000	
07	0.000	78.630	0.000	
08	0.000	86.570	0.000	
09	0.000	93.200	0.000	
10	0.000	67.760	0.000	

INPUT: ABS UNIT: MM --PAGE
 RELATIVE MACH NE
 X 48.080 X 28

Kuva 10. Työkalumakasiinin terien pituusarvoja