

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Konepajan siirtyminen CAD-CAM-ohjelmointiin

Sari Moisanen

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

ALKUSANAT

Kiitän Pentti Tauriaista työn ohjauksesta ja vinkeistä koneistuksen maailmaan.

Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparandan Arto Vesanto, Kimmo Dunder, Niklas Taipaleensuu ja koko tuotantohenkilöstö ansaitsevat suuren kiitoksen siitä tuesta ja avusta, jota heiltä olen tähän työhön saanut.

Ilman perhettäni tämä ei olisi ollut mahdollista, kiitokset siis vanhemmilleni ja veljilleni. Erityisen suuri kiitos rakkaalleni Tommille, joka jaksoi uskoa, että opinnäytetyö valmistuu. Kiitos vielä Kemin Vasemmistoliiton aktiiveille patistamisesta opinnäytetyön valmistumiseen eduskuntavaalikampanjan aikana.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Sari Moisanen
Opinnäytetyön nimi	Konepajan siirtyminen CAD-CAM-ohjelmointiin
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	11.05.2011
Sivumäärä	53 + 3 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ins.AMK Pentti Tauriainen
Yritys	Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Teknikko Kimmo Dunder

Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda aloitti konepajauudistusprojektin kesällä 2008. Uudistuksen tavoitteena oli kasvattaa konepajan tuotantokapasiteettia ja muuttaa tuotantotapa funktionaalisesta solumuotoiseksi. Uudistuksen myötä konepajalle hankittiin keväällä 2009 kolme uutta NC-sorvia ja tietokoneavusteiseen ohjelmointiin soveltuva WinCAM-ohjelmisto. Osa konepajan tuotantohenkilöstöstä koulutettiin käyttämään NC-ohjelmointia ja tekemään NC-ohjelmia Fanucin käyttöjärjestelmällä. Ohjelmoinnissa käytettiin makro-ohjelmointia ja ohjelmien teon aikana kone oli pysäytettyinä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin konepajan valmiuksia siirtyä tietokoneavusteiseen valmistukseen ja edellytyksiä sorvien käyttösuhteen nostoon, sekä löytää uusi toimintamalli NC-ohjelmien tekoon. Tavoitteena oli myös tutkia ja löytää keinot konepajan tuotantotavan ja tuotantojärjestelmän toiminnan tehostamiseen. Opinnäytetyön tehtävänä oli luoda toimiva tiedonsiirtoyhteys ohjelmien siirtämiseen tietokoneen ja sorvien välille. Tuotantohenkilöstölle ja tuotannossa työskenteleville toimihenkilöille tehtiin kaksi osaamiskartoitusta, joilla he arvioivat omaa tietoteknistä ja konepajan ydintoimintoihin liittyvää osaamistaan.

Tietokoneavusteisen valmistuksen tarkastelu rajattiin akseleiden valmistuksessa käytettävälle Johnford ST-160B+C+Y -sorville.

Tuotantohenkilöstön lisäkoulutus tietotekniikan perusteisiin ja NC-ohjelmointiin parantaisi valmiuksia tietokoneavusteisen valmistuksen käyttöönottoon. Sorvin käyttösuhdetta voidaan tehostaa siirtämällä tuotteiden ohjelmointi koneen viereltä tietokoneella tehtäväksi. Opinnäytetyön tuloksena rakennettiin ja testattiin toimiva Ethernet-yhteys tietokoneen ja työstökoneen välille ohjelmien siirtoa varten. Konepajan perustuotteiden osalta on makro-ohjelmointi kustannustehokkain tapa luoda työstöohjelmia WinCAMilla.

Asiasanat: tiedonsiirto, tietokoneavusteinen valmistus, sorvit

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Sari Moisanen
Title	Change-over to CAD/CAM Programming at an Engineering Workshop
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	12 May 2011
Pages	53 + 3 appendices
Instructor	Pentti Tauriainen, BSc (Mech.Eng)
Company	Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda
ContactPerson/Supervisor from Company	Kimmo Dunder, Technician, Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda

Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda started their engineering workshop renovation project in the summer of 2008. The goal of these renovations was to improve production capacity and change the production mode from functional over to cell-based. During this period the engineering workshop procured three new NC lathes in the spring of 2009, along with a WinCAM software suited for computer assisted programming. Part of the production staff was trained to program the NC machines and to create NC programs with the Fanuc operating system. The programming utilized macro programming and the lathes were stopped prior to being programmed.

The goal of this thesis was to consider the prerequisites for improving the utilization ratios of the lathes, deployment of computer assisted manufacturing and to find a new operating model for creating NC programs. Another goal was to study the machine shop production line and find ways to optimize the performance. The objective of this thesis was to create a working data channel between a computer and the lathes. The production staff and the personnel working in the manufacturing underwent two separate reviews, where they estimated their own abilities concerning computer literacy and the core functions of the engineering workshop.

The considerations about computer assisted manufacturing were limited to the JohnFord ST-160B+C+Y lathe, used in shaft manufacture.

Training the production staff in the basics of computer technology and NC programming would greatly facilitate the deployment of computer assisted manufacturing. The production ratios of the lathes can be improved by delegating the actual programming from the lathe interface to a separate computer. As far as the basic products are considered, macro programming is the most cost-efficient way of creating machining programs with WinCAM. As a result of this thesis, a working Ethernet connection was created and tested between a computer and the lathe in order to transfer the programs.

Keywords: data transfer, computer assisted manufacturing, lathes.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	V
1. JOHDANTO	1
1.1. Sandvik AB	2
1.1.1. Sandvik Mining and Construction	3
1.1.2. Sandvik Mining and Construction Supply Chain.....	3
1.2. Sandvik Mining and Construction Köping Ab Haparanda	4
2. KONEPAJAN TUOTANTOJÄRJESTELMÄ	6
2.1. Tavoitteena lyhyt ja varma toimitusaika	6
2.2. Konepajan tietojärjestelmät.....	7
2.2.1. Tietokoneavusteinen suunnittelu.....	7
2.2.2. Tietokoneavusteinen työnsuunnittelu.....	8
2.3. Solumuotoinen tuotantotapa	10
2.3.1. Konepajan tuotteiden koneistus	11
2.4. Johnford-sorvit	12
2.4.1. NC-sorvin rakenne	13
2.4.2. Monitoimisorvi Johnford ST-160B+CF+Y	14
2.5. Fanuc 18iT-B	15
2.6. Tuotannon työaikojen kartoitus.....	15
2.6.1. Työaika.....	15
2.6.2. Työn mittaus.....	16
3. OSAAMISTARVEKARTOITUS	18
3.1. CAD-CAM käyttöönnoton vaatimat edellytykset	18
3.2. Tietotekniset taidot.....	19
3.3. Henkilökohtaisen osaamisen arviointi	19
3.3.1. Materiaalitietous.....	20
3.3.2. Koneenpiirustus ja piirustusten lukutaito.....	21
3.3.3. Sorvaaminen ja jysintä.....	22
3.3.4. NC-ohjelmointi ja koneistus	22
3.3.5. Työnsuunnittelu, ongelmanratkaisutaito ja itsensäkehittämissaidot.....	23
3.3.6. Työkalut	24
3.4. Koulutustarpeet siirryttäessä tietokoneavusteiseen ohjelmointiin	24
4. NC-OHJELMOINTI	26
4.1. Informaatio piirustuksesta NC-kappaleeksi	26
4.2. Ohjelmointitavat.....	26
4.2.1. Manuaalinen ohjelmointi	27
4.2.2. Ohjelmointi muuttuja-aliohjelmilla eli makroilla	27
4.2.3. Konepajaohjelmointi	27
4.3. NC-ohjelmointi SMC Köping AB Haparandalla	28
4.4. Tietokoneavusteinen valmistus	28
4.4.1. Tietokoneavusteinen ohjelmointi	29
4.4.2. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin työnkulku	29

4.4.3.	Ohjelman simulointi.....	30
4.4.4.	Tietokoneavusteisen nc-ohjelmoinnin edut.....	30
4.5.	Tuotannonohjauksen ja valmistuksen tehtävien jako.....	31
5.	CAD-CAM JÄRJESTELMÄ WINCAM.....	33
5.1.	Camtek OY.....	33
5.2.	WinCAM- ohjelmisto	33
5.3.	Ohjelmointitavat WinCAM-ohjelmistolla	34
5.3.1.	Graafinen ohjelmointi	34
5.3.2.	Manuaalinen ohjelmointi	36
5.3.3.	Makro-ohjelmointi	36
5.4.	Sisäänrakennettu postprosessori.....	37
5.5.	Tiedonsiirto suoraan WinCAMista työstökoneelle	37
5.5.1.	Tiedonsiirron asetukset	38
6.	SUORA TIETOKONEOHJAUS	40
6.1.	Tiedonsiirto työstökoneelle	40
6.2.	Ethernet-yhteys.....	41
6.2.1.	FTP-tiedoston siirto.....	42
6.3.	FTP-palvelin Cerberus	42
6.3.1.	FTP-palvelimen asennus	42
6.4.	DNC:n käyttöönotto	43
6.4.1.	Ethernet yhteyden avaaminen työstökoneelle	43
6.4.2.	Yhteyden testaus	46
7.	WINCAMIN KÄYTTÖ TUOTANNON TEHOSTAMISEN KEINONA	47
7.1.1.	Työkalukirjaston laadinta.....	47
7.1.2.	Tavanomaisten kappaleiden työstö ja NC-ohjelmien teko.....	47
7.1.3.	Erikoistuotteiden suunnittelu ja ohjelmointi	48
8.	YHTEENVETO	50
9.	LÄHDELUETTELO	52
10.	LIITELUETTELO.....	53

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ASCII	American Standard Code for Information Interchange, tiedon siirrossa käytetty tekstimuotoinen esitysstandardi
CAD	Computer Aided Desing, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus
DNC	Direct Numerical Control, suora tietokoneohjaus
Ethernet	Lähiverkkotekniikka
FTP	File Transfer Protocol – tietojen siirto
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
PCMCIA	Mikrotietokoneen muistikorttistandardi
SMC	Sandvik Mining and Construction

,

1. JOHDANTO

Sandvik Mining and Construction Haparanda AB on konepaja, joka tuottaa veto- ja taittorumpuja hihnakuuljettimiin asiakasspesifikaatioiden pohjalta. Konepajalla käynnistyi kesällä 2008 konepajauudistusprojekti, jonka tarkoituksena oli uudistaa konepajan tuotantotapaa ja kasvattaa konepajan automaatioastetta. Uudistuksen myötä konepajalle hankittiin keväällä 2009 kolme uutta NC-sorvia sekä WinCAM-ohjelmisto tietokoneavusteiseen ohjelmointiin.

Osana uudistusprojektiä tuotantohenkilökuntaa koulutettiin käyttämään Fanucin ohjausta ja luomaan NC-ohjelmia Fanucin käyttöjärjestelmällä. Koulutetuista kaksi oli työskennellyt aiemmin koneistuksessa, kaksi oli koulutukseltaa hitsaajia. Koneistajat tekevät NC-ohjelmat tuotantokorttien ja teknisten piirustusten avulla. Ohjelmointi tapahtuu muuttujali ohjelmien eli makrojen avulla. Ohjelmien teon aikana työstökone on pysäytettyinä.

Konepajalla on tarkoitus siirtyä tietokoneavusteiseen ohjelmointiin ja WinCAM-ohjelmiston käyttöön, jolloin koneen vierellä olevan koneistajan tehtävänä on vain NC-ohjelman lataaminen ja korjaaminen. Ohjelman luominen tapahtuisi muualla. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda edellytykset tietokoneavusteisen valmistuksen käyttöönotolle ja NC-sorvien käyttösuhteen nostamiselle. Tarkoituksena on löytää uusi toimintamalli NC-ohjelmien tekoon.

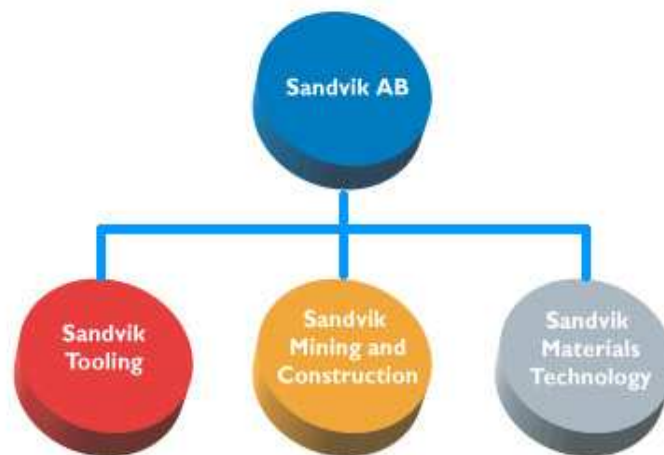
Tuotantohenkilöstön ja tuotannossa työskentelevien toimihenkilöiden osaamistaso kartoitetaan osana opinnäytetyötä. Osaamiskartoitusten avulla tarkastellaan NC-ohjelmien luomisen edellytyksiä, lastuavan työstön tuntemusta, työkalujen ja työjärjestyksen osaamista sekä raaka-aineiden ominaisuuksien tuntemusta. Osaamiskartoitukset tai koulutustarpeet tulee saada esille ennen siirtymistä tietokoneavusteiseen ohjelmointiin.

Opinnäytetyössä tarkastellaan tuotantojärjestelmää, tuotannonohjausjärjestelmää ja tuotantotapaa ja etsitään keinoja niiden toiminnan tehostamiseen. Tavoitteena on mahdollistaa monikonekäyttö ja tuotantotavan kustannustehokkuuden paraneminen.

Tietokoneavusteisen valmistuksen tarkastelu rajataan akseleiden valmistuksessa käytetävälle Johnford ST-160B+C+Y -sorville. Opinnäytetyön tehtävänä on luoda toimiva tiedonsiirtoyhteys ohjelmien siirtämiseen tietokoneen ja sorvien välille. Ohjelman siirtämiseen vaadittavat laitteistot ja välineet tulee olla riittävän helppokäyttöiset ja niiden tulee toimia reaaliaikaisesti. Akselin työstöohjelmointi koetaan pullonkaulaksi tuotannossa, joten koneistussoluun tehdään työaikamittaus.

1.1. Sandvik AB

Sandvik on korkean teknologian konserni, jonka yritysidea perustuu materiaalitekniikan osaamiseen. Markkinat ovat maailmanlaajuiset, toimipaikkoja yritykseltä löytyy 130 eri maassa. Sandvik-konserni työllisti vuonna 2010 47 000 henkeä ja sen liikevaihto oli noin 83 miljardia Ruotsin kruunua. Sandvik-konserni toimii kolmella keskeisellä osa-alueella, kuten kuvassa 1 on esitetty.



Kuva 1. Sandvik-konsernin ydintoiminta alueet /12/

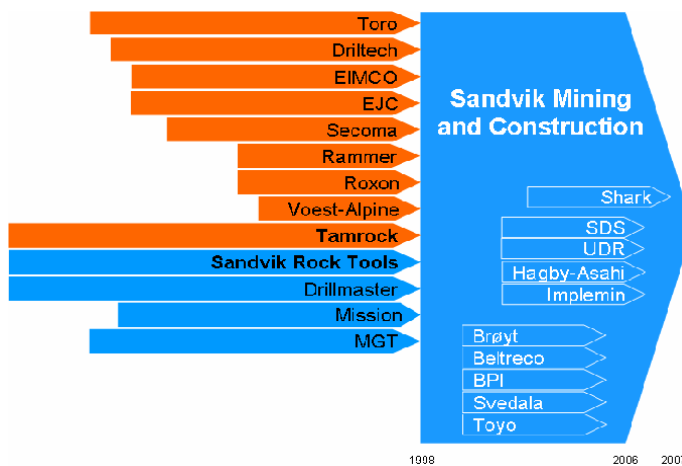
Keskeiset osa-alueet eroavat toisistaan seuraavasti:

- Sandvik Tooling: Kovametalli ja nopeiden metallintyöstötyökalujen sovellukset sekä materiaalien ja komponenttien valmistus
- Sandvik Mining and Construction: Koneet, laitteet ja työkalut kaivosteollisuuteen

- Sandvik Material Technology: Ruostumattomat ja seosteräkset, erityismateriaalit ja prosessisysteemit /12/

1.1.1. Sandvik Mining and Construction

Sandvik Groupiin kuuluva Sandvik Mining and Construction -liiketoiminta-alue on kaivos- ja rakennusteollisuuden louhinta- ja materiaalinkäsittelylaitteiden, porakaluston ja niihin liittyvien palveluiden tuottaja. Vuonna 2010 Sandvik Mining and Constructionin palveluksessa oli 15 500 henkilöä ja sen liikevaihto oli 35,2 miljardia Ruotsin kruunua. /12/



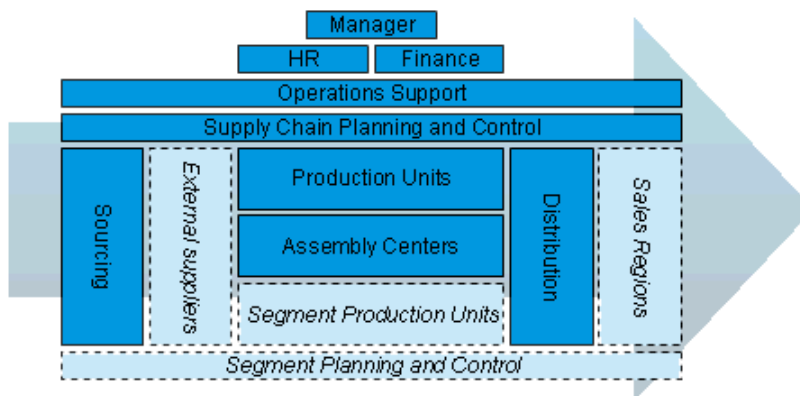
Kuva 2. SMC on kasvanut yritysstojen myötä /12/

SMC on rakentunut useasta eri tuotantoyksiköstä yritysstojen myötä, kuten kuvassa 2 on esitetty. Tuotevalikoimaan kuuluvat koneet ja laitteet maanpäälliseen sekä maanalaiseen poraukseen, louhintaan, murskaukseen, rikotukseen, louheen siirtoon ja kuljetukseen sekä teiden kunnossapitoon. Porakalusto, kaivonporauslaitteet, upporakoneet, kuljettimet ja kuljetinkomponentit sekä varaosa- ja huoltopalvelut kuuluvat tuotevalikoimaan. /12/

1.1.2. Sandvik Mining and Construction Supply Chain

SMC Supply Chain on yhteistoiminto, joka on osa Sandvik Mining and Constructionia. Sen tehtävänä on toimittaa osia, työkaluja ja rakenneosia. Materiaalien hankintatoiminnot, kokoonpanokeskukset Kiinassa, Intiassa ja Chilessä ja kuljetusten hallinta kuuluvat SMC Supply Chainille. /12/

Organisaatio on rakennettu neljän operaatiolinjan ympärille, kuten kuvassa 3. Operaatiolinjoja ovat Sourcing (hankinta), Production Units (tuotantoyksiköt), Assembly Centers (kokoonpanokeskukset) ja Distribution Center (jakelukeskukset). Yksi tällainen Production Unit on Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda. /12/



Kuva 3. SMC Supply Chain /12/

1.2. Sandvik Mining and Construction Köping Ab Haparanda

Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparanda on Sandvik-konserniin kuuluva pohjoisin konepaja Haaparannalla. Yrityksen toimiala on hihnakuljetinrumpujen valmistus ja myynti kaivos-, prosessi- ja konepajateollisuuteen. Aiemmin yritys on tunnettu KOPO AB:nä ja ROXON AB:nä. /13/

KOPO AB perustettiin Haaparannalle Nikkalaan vuonna 1975. Konepajan omisti KONE-POHJA OY ja yrityksen tehtävänä oli tuottaa kuljetinrullia Ruotsin markkinoille. Vuoden 1980 aikana tuotanto siirtyi Haaparannalle ja tuotevalikoimaan lisättiin kuljetinrullien ohella rumpu-, rullateline- ja haketinvalmistus. 1990 pääomistajuus siirtyi Outokummun omistamalle ROXON groupille ja konepaja erikoistui hihnakuljetinrumpujen ja kuljetinkehikoiden valmistukseen

2007 ROXON groupin omistajuus siirtyi Sandvik konsernille ja Haaparannan konepajan nimeksi tuli Sandvik Mining and Construction Haparanda AB. 2010 nimi jälleen muuttui, tällä kertaa Sandvik Mining and Construction Köping AB Haparandaksi. /13/

Yrityksen visiona on olla johtava hihnakuuljetinrumputoimittaja. Yrityksen tavoitteena on jatkuva tuotevalikoiman ja kannattavuuden paraneminen. Laatuajattelun perustana ovat kilpailukykyiset tuotteet, jotka kohtaavat asiakkaan tarpeet ja odotukset. /13/

Kesällä 2008 alkoi konepajalla mittava uudistusprojekti. Investointiin sisältyi uusien laitehankintojen lisäksi kiinteistöön kohdistuvia uudistuksia ja vanhojen koneiden peruskunnostuksia. Tavoitteena tällä projektilla oli kasvattaa tuotantovolyymia kilpailukykyisemmäksi ja luoda kestävät edellytykset tuotannon säilymiseen Haaparannalla. Projektiin sisältyi uuden rumpurakenteen valmistustavan kehittäminen ja sen käyttöönotto nykyisten mallien rinnalle.

Investoinnin myötä koneistajia koulutettiin Fanucin käyttöjärjestelmän hallintaan, konepajalle hankittiin vuoden 2009 alussa kolme uutta Johnford -merkkistä NC-sorvia ja tavoitteena on tuotannon siirtyminen manuaalisesta koneistuksesta automaattiseen NC-koneistukseen. Koneiden käyttöaste haluttiin saada mahdollisimman korkeaksi, joten tuotannon tueksi päädyttiin hankkimaan Camtekin CAD-CAM -järjestelmä WinCAM keväällä 2009.

2. KONEPAJAN TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

SMC Köping AB Haparanda tuottaa investointihyödykkeitä, joita pääsääntöisesti tehdään kertavalmistuksena ja asiakkaan toiveiden mukaisesti. Perustuote on moduloitu, mutta variaatioita on tuhansia. Vaatimukset tuotesuunnittelun nopeudesta ja tuotannon joustavuudesta ovat suuret. Sama tuote toistuu vain tilanteissa, joissa alkuperäinen tuote on rikkoutunut, joten kyse on kertavalmistusluonteisesta tuotannosta. /8, s.43/

2.1. Tavoitteena lyhyt ja varma toimitusaika

Konepajan suurin haaste on saada tuotanto toimimaan reaaliaikaisesti, jotta kiireellisiin toimituksiin voidaan vastata paremmin. Konepajan tuotanto toimii viikkokuormien mukaan, jolloin viikoittaisen työlistan ulkopuolelta tulleiden tilausten sovittaminen tuotantoon ja niiden valmistuminen määrä-ajassa on heikkoa.

Toimitusajan pituuteen vaikuttaa tarvittavien materiaalien hankinta-aika, valmistuksen läpäisy aika ja kuormitus tilanne. Tuotantojärjestelmän ohjattavuus määrittää valmistuksen läpäisy aikaa ja toimitusaikojen toteutumisvarmuutta. /8, s.38/

Läpäisy aika voidaan määrittellä koko tilaukselle tai tilauksen osalle kuten pelkästään valmistukselle tai osavalmistukselle. Tilauksen läpäisy aikaa määrittävät materiaalihankintojen vaatima aika ja oman valmistuksen läpäisy aika. /8, s.53/

SMC Köping AB Haparandalla on materiaalitoimittajan tuotevarasto perusputkikokojen ja tankojen osalta kiinteästi osana konepajaa, suurin osa tuotteiden läpäisy ajasta on riippuvainen valmistuksen läpäisy ajasta.

Lyhyt läpäisy aika on merkki hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä. Tuotannon ajoitus ja ohjattavuus paranee lyhyen läpäisy ajan johdosta, etenkin asiakasohjautuvassa tuotannossa valmistus ajan lyheneminen toimitusaikaa pienemmäksi on edellytys kuormitushuippujen tasaamiseen ja parempaan toimitusvarmuuteen. /8, s.55/

Konepajauudistusprojektin yhtenä tärkeimpänä tavoitteena on lyhentää tuotteiden toimitusaikaa viidestä viikosta kolmeen viikkoon. Tuotannon läpimenoajan lyhentämiseksi alle kahteen viikkoon ja koneiden käyttösuhteen nostamiseksi tuotanto muutettiin solumuotoiseksi tuotannoksi.

2.2. Konepajan tietojärjestelmät

Konepajalla on käytössä tuotannonohjausjärjestelmä Maestro, joka on suomalaisen yrityksen JL Softin suunnittelema ja ylläpitämä. Ohjausjärjestelmä pitää sisällään myynnin, valmistuksen sekä taloushallinnon tietokannat ja raportoinnin.

Työpiirustusten tekemistä varten konepajalla on käytössä CAD-suunnitteluohjelmisto AutoCAD Mechanical Lt 2004. Ohjelma sisältää standardiosakirjastot ja työkalut suunnittelurutiinien automatisointiin.

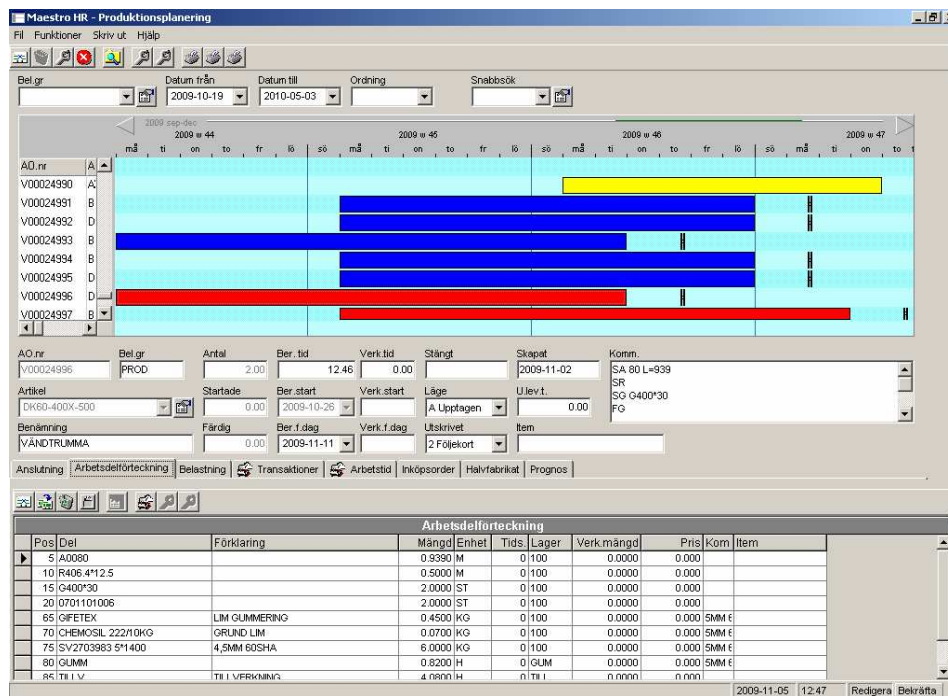
2.2.1. Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen tuotesuunnittelu CAD tarkoittaa tietokoneavusteista piirtämistä, mallinnusta tai teknistä laskentaa. / 8, s.9/

Myynnin tietokannasta konepajan tuotesuunnittelija hakee tilauksen tiedot ja tekee niistä työpiirustukset ja merkitsee työpiirustuksen numeron tilaukseen. Tietokoneavusteinen suunnittelu tehdään AutoCAD-ohjelmistolla.

SMC Köping AB Haparandan työpiirustukset, kuva 4. eivät ole mittakaavaan piirrettyjä, vaan ne ovat mallin mukaisia kuvia, joissa mittaluvut on merkittynä. Suunnittelu on automatisoitu siten, että työpiirustusohjelmalla voidaan tulostaa kokoonpanokuva, akseli- ja akselipiirros ja toleranssikaavake. Työpiirustukset on tallennettu omaan tietokantaan. Yhden tilauksen työpiirustuksien teko kestää suunnittelijalta noin 50 minuuttia.

Työsuunnittelu voidaan tehdä manuaalisesti tai tietokoneen avustamana, tietokoneavusteisena työsuunnitteluna, CAPP (Computer Aided Production Planning). /6, s.227/



Kuva 5. Tuotannon tietokanta -ikkuna

Tuotannosuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös tuotantokapasiteetin valvonta. Tuotannosuunnittelija määrittää viikoittaisen työmäärän materiaalin saatavuuden ja tuotekorttien arvioitujen työtuntimäärien avulla. Kuvassa 5 näkyvän Maestron tuotannonohjaustoiminnon avulla voidaan seurata tuotannon kuormaa ja tuotannossa olevien töiden määrää. Keskeneräisten töiden valmistumisastetta tai valmistumisaikaa ei ohjelman avulla kyetä tarkkailemaan. Tuotannosuunnittelija tekee tarvittaessa alihankintatilaukset osatoimittajilta.

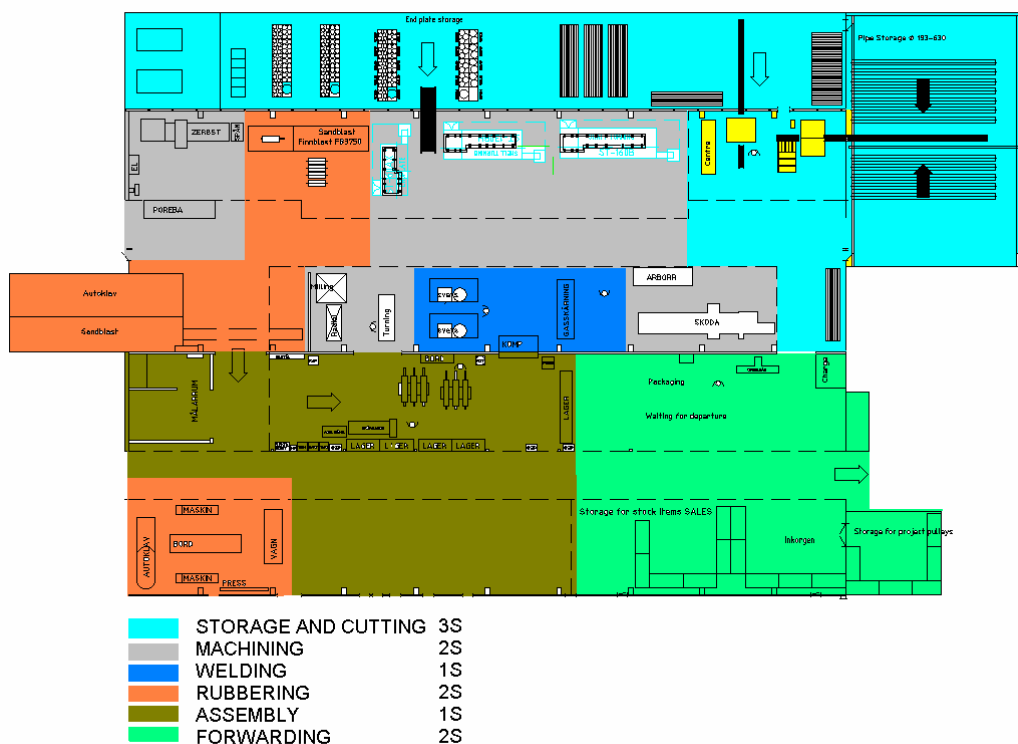
Tuotekorteissa on työkohtainen viivakoodi, jonka avulla tuotannon valmistuvaiheiden tarkkailu olisi mahdollista. Tätä toimintoa ei kuitenkaan ole otettu käyttöön.

Valmistukseen liittyvät koneen, kiinnittimien ja työkalun valinnan, työstöarvojen valinnat ja NC-ohjelmanteon tekevät koneistajat.

2.3. Solumuotoinen tuotantotapa

Pieniä itsenäisiä valmistusyksiköitä kutsutaan soluiksi. Solun itsenäisyys muodostuu silloin, kun sillä on oma tuoteisto valmistettavana, se toimii yhtenäisellä alueella, sillä on oma tuotantokalusto ja siirto- sekä nostolaitteet. Henkilöstö muodostaa työryhmän ja se vastaa kaikesta toiminnastaan. /7, s.85/

Konepajan layoutissa, kuvassa 6, samat resurssit on kerätty ryhmiksi, kuten sorvaussolu, kumiointisoluu tai hitsaussolu. Eri työvaiheketjujen valmiit tuotteet ohjataan seuraavaan vaiheeseen, kuten sahatut tangot akselisorville tai sorvatut päätylaipat hitsaukseen.



Kuva 6. Konepajan solumuotoinen layout

Solun tuotteet pyritään valmistamaan solussa valmiiksi, jolloin useita työnkulun vaiheita tehdään samalla impulssilla. Solussa on työpisteitä enemmän kuin henkilöitä, jolloin työkuorman tasaaminen vaihtamalla työasemaa on mahdollista. Spontaanit tehtävän vaihdot vaativat moniosaavaa henkilöstöä. Solun tuotantoon kuuluvat kappaleet valitaan

joko lopputuoteperusteisesti, jolloin solussa valmistetaan tietyt osat lopputuotteesta tai teknologisin perustein, jolloin solussa valmistetaan teknisesti samanlaiset osat. /7, s.87/

SMC Köping AB Haparandalla solut perustettiin teknologisin perustein. Uusien NC-sorvien myötä muodostettiin keskitetty kolmen sorvin tuotantosolu, jossa suurin osa koneistuksista tapahtuu ja monikonekäyttö on mahdollista. Jokaisella sorvilla on oma tuotteensa, sillä rumpu koostuu kolmesta koneistettavasta osasta: päätylaipat, vaippa ja akseli. Päätylaipat ja vaipat siirtyvät viereiseen hitsaussoluun ja sieltä mahdollisesti kumioinnin kautta kokoonpanoon. Akselit viedään suoraan kokoonpanosoluun odottamaan vaippojen valmistumista ja lähetystä asiakkaalle.

Aiemmin käytössä ollut funktionaalinen toimintatapa tuo edelleen haasteita konepajan tuotteiden koneistukseen. Sorvisoluun syntyi välivarastoja ja konekohtaisia työjonoja. Monikonekäyttöä ja työtehtävien kiertoa solun sisällä ei onnistuttu muodostamaan. Keskenräisten tuotteiden määrä on suuri ja useimmiten tilausten toimitusvarmuus heikko.

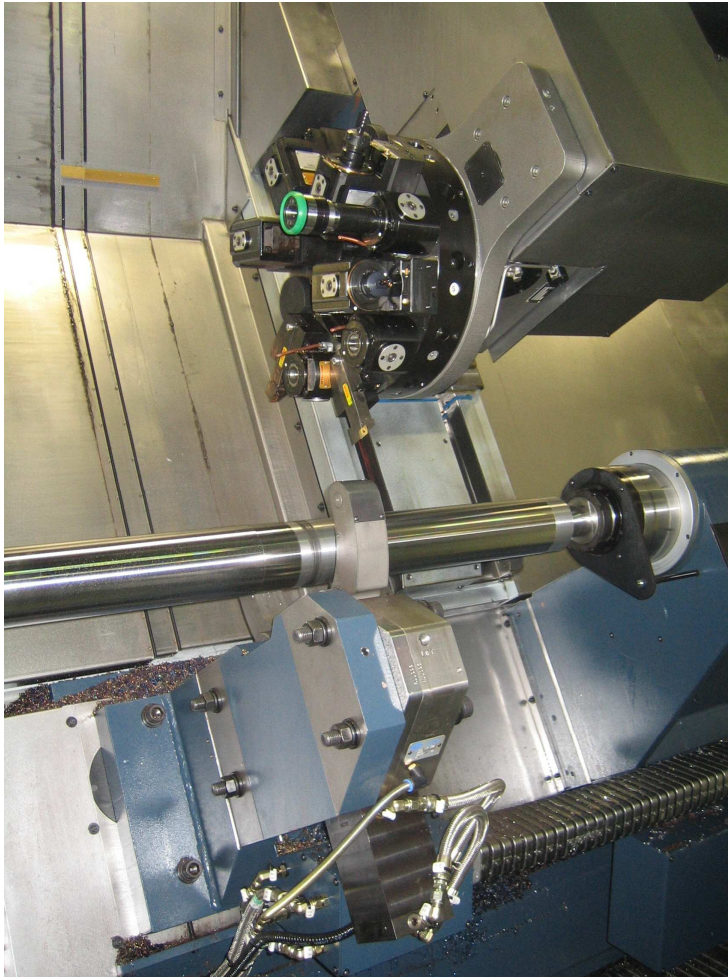
Keskenräisen työn määrä (KET, WIP) on lähes suoraan verrannollinen läpäisy aikaan. Lyhyen läpäisyajan valmistuksessa tilaukset ovat peräkkäin, töitä on vähemmän yhtä aikaa tekeillä, työnjärjestely on helpompaa ja keskenräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma pienempi. Läpäisyajasta suuri osa on odotuksia ja kapasiteettia sitomatonta aikaa. /8, s.55/

2.3.1. Konepajan tuotteiden koneistus

Päätylaippojen ja rummun vaippojen työstön ohjelmointi tapahtuu pääosin valmiiden muuttuja-aliohjelmien, makrojen avulla, joihin vaihdetaan työstettävän kappaleen vaatimat mitta-arvot. Päätylaippojen ja vaippojen ohjelmat ovat lyhyitä ja muuttujien määrä on vähäinen.

Akseleiden ohjelmointi tapahtuu valmiiden työstöohjelmien ja makrojen avulla, joita yhdistelmällä ja muuttamalla luodaan jokaiselle akselille tai akselisarjalle oma NC-ohjelmansa. Erilaisia akselivariaatioita on tuhansia ja ohjelmointi vaatii huomattavaa tarkkuutta.

Jokaisella koneistajalla on oma tapansa luoda ohjelmia, mikä kasvattaa ohjelmavariaatioiden määrää huomattavasti. Keskenpäisen työn jatkaminen toisen koneistajan toimesta on hankalaa. Ohjelmoinnin aikana sorvi on pysäytettynä ja tämä mataloittaa koneen käyttösuhdetta. Akselisorvi ja akseleiden koneistus, kuten kuvassa 7, koetaan koneistuksen osalta pullonkaulaksi.



Kuva 7. Akselin koneistus

2.4. Johnford-sorvit

Konepajalle hankittiin suomalaiselta maahantuojalta, Ismo Lindberg OY:ltä kolme CNC-sorvia, joiden valmistajana on korealainen Roundtop Machinery Industries co.LTD. Sorvit ovat Johnford ST-60AX+C päätylaippojen valmistukseen, Johnford ST-130BH-2S rummun vaipan sorvaukseen ja Johnford ST-160B+C+Y akseleiden valmistukseen.



Kuva 8. Johnford-sorvit

2.4.1. NC-sorvin rakenne

Numeerisesti ohjatut sorvit ovat tehokkaita ja tukevia tuotantokoneita. Ohjaustekniikka mahdollistaa useimpien geometrinen muotoelementtien työstön, jolloin pallopinnan työstö on yhtä helppoa kuin lieriösorvaus. /4, s.154/

Rakenteeltaan NC-sorvit ovat usein vinojohteisia, joilloin lastuvirran poistaminen on tehokasta. Koneet ovat usein koteloituja ja suojattuja, jolloin lentävät lastut tai leikkausnesteen runsas määrä eivät häiritse ympäristöä tai käyttäjää. Liike-eliminä käytetään kuularuuveja ja muttereita. Syöttöliikkeet ja pyörimisnopeuden säätö tapahtuu portaattomasti. /4, s.154/

Ohjelmallisesti NC-sorveissa on paljon työstöä helpottavia ja tehostavia toimintoja, kuten vakiolastunopeuden säätö aihion halkaisijan pienentyessä, automaattinen lastunjako, työkalumittojen kompensointi ja monipuoliset työkierrat. Työkalurevolvereihin on mahdollista kytkeä pyöriviä työkaluja, jolloin kevyt jyrsintä ja poraaminen on mahdollista muuallekin kuin kappaleen pyörintäakselille. Näitä pyörivillä työkaluilla varustettuja sorveja kutsutaan monitoimisorveiksi. /4, s.155/

2.4.2. Monitoimisorvi Johnford ST-160B+CF+Y

Akseleiden sorvaukseen hankittiin kuvan 9 kaltainen Johnford ST-160B+CF+Y -monitoimisorvi. Sorvi kuuluu Johnford Super Turning -sarjaan. Sorvissa on C+Y -akselitoiminnot, joten sillä on mahdollista tehdä pyörivien työkalujen työstöä, kuten jysintää, porauksia ja kiertetyksiä. Sorvi on vinojohteinen. /11/



Kuva 9. Johnford ST-160B+CF+Y

Sorvin ominaisuuksia ovat:

- pyörintahalkaisija johteilla 920 mm
- pyörintahalkaisija kelkalla 700 mm
- tankokapasiteetti 116 mm
- automaattinen nelivaihteinen vaihteisto
- 12 työkalupaikkaa
- pyörivät työkalut
- poikkiliike (X) 370 mm, pituusliike (Z) 4015 mm
- johdekulma 60°
- koneen leveys 2375 mm, korkeus 2770 mm, pituus 9350 mm ja paino 24300 kg.

Sorvin vakiovarusteisiin kuuluu jäähdytysjärjestelmä, lastun suojat, kolmileukaistukka, ohjelmoitava hydraulinen kärkipylkkä ja lastunkuljetin. Vakiovarusteisiin kuuluvat myös konekohtaiset huoltotyökalut ja käyttöohjekirjat, työkalun pitimet suoraan kiinnitykseen, automaattinen voitelujärjestelmä hälytyksillä ja Fanuc Oi-TC -ohjaus. /11/

Ohjaukseksi valittiin lisäoptiona Fanuc 18iT-B. Koneiden mukana tilattiin Renishawin automaattinen työkalun mittausohjelma.

2.5. Fanuc 18iT-B

Fanuc 18 iT-B -ohjaus on digitaalinen sorvaukseen tarkoitettu perusohjaus. Ohjauksen komponentit on suunniteltu erittäin luotettaviksi ja ne kestävät teollisen ympäristön rasitteet. /7/

Ohjaus sisältää automaattisen nirkonsäteen kompensoinnin, jonka vuoksi työstöohjelmassa työkalun liikkeen suuntaa ei tarvitse erikseen määrittää ja virheellisen ohjelmoinnin riski pienenee. Ohjaus kykenee lukemaan ilman jokaisen pisteen määrittämistä kaarevia NURBS-käyriä, joita CAD-CAM- ohjelmissa voidaan luoda muutaman tukipisteen avulla. /7/

Ohjauksen tukena on Manual Guide i -ohjelma, joka opastaa työstöohjelman teossa ja mahdollistaa työstöratojen simuloinnin ennen ohjelman ajoa. Vakiona ohjauksessa on Ethernet-yhteys ja verkkoyhteysmahdollisuus sarjaväylää pitkin. /7/

2.6. Tuotannon työaikojen kartoitus

Tuotannon läpimenoajan lyhentämiseksi alle kahteen viikkoon ja koneiden käyttösuhteen nostamiseksi tarkasteluun otettiin tuotteiden tuotantoajat, koneistuksen asetusajat, välivarastojen määrän vähentäminen ja konepaja-automaatioasteen nosto.

2.6.1. Työaika

Työaika jakaantuu asetusajaan, kappaleajaan ja apuajaan. Näiden lisäksi on häiriöaikaa, joka on ennakoimatonta, kuten sähkökatkoksia tai konerikkoja. /8, s.49/

Asetusaika on tuotteen vaihtoon liittyviin toimenpiteisiin käytettyä aikaa. Kappaleaika jaetaan jalostavaan pääaikaan, sivuaikaan ja menetelmähäiriöaikaan. Sivuaikaan sisältyy työkappaleen tuominen koneelle, kiinnittäminen, työkalujen vaihto, paikoitusliikkeet, mittaukset ja työkappaleen irroitus ja siirto pois koneelta. Automaattisessa valmistuksessa nämä kuuluvat kappalekohtaiseen ohjelmaan. Apuaika on tuotantoedellytyksiin, kuten terien kulumiseen ja niiden vaihtamiseen kuluvaa aikaa. /8, s.49/

Kaikki edellä mainitut työajat kuluttavat tuotantoyksikön tuottavaa aikaa, vain pääaikana tuote jalostuu. Automaation avulla työaikoja saadaan limitettyä pääajan kanssa. Valmistusyksikössä, jossa on useampia koneita, tuotantoyksikön valmistusaika on avainkoneen (pullonkaula) mukaan. /8, s.52/

2.6.2. Työn mittaus

Työntekijöiden tuoteyksikköä kohden tekemää työmäärää voidaan tutkia työn mittauksella. Työmäärä arvioidaan työtehtävät hallitsevan työntekijän normaalioloissa vakiomenetelmällä tekemän työn pohjalta. Työmäärää käytetään työmenetelmien vertailussa, kuormitussuunnittelussa ja valmistusmenetelmän kehittämisessä. /5, s. 494/

SMC Haparandalla sorvaussolun avainkone akseleiden sorvaukseen käytetty Johnford ST-160B+CF+Y. Konepajan perustuotteiden osalta vetorumpujen akseleiden työstö on hidasta, sillä niiden koneistukseen kuuluu useita eri työstövaiheita, muun muassa kiilauran jyrä.

Kesällä 2010 tarkasteltiin avainkoneen työstöaikoja ja kappaleiden asetusajoja. Asetusaika sisältää osan sivuajan tehtävistä, kuten kappaleen tuonnin ja kiinnityksen koneelle, sekä paikoitusliikkeet. Taulukossa 1 on esitetty koneistuksen pääajat, asetus aika ja ohjelmointi minuutteina erikokoisille DK/BK-sarjan vetorummun akselille:

Taulukko 1. Työstöajat erikokoisille veto (DK)- ja taittorummun (BK) akselille

Axel DK	<i>DK</i>	<i>BK</i>
40	60	47
50	60	47
60	61	48
70	64	49
80	65.5	50.5
90	67.5	52.5
100	68.5	53.5
110	72	55
115	71	52
125	74	53
135	78	55
140	85	59
Asetusaika	11	11
Ohjelmointi	22	15

Ohjelmointi vie kappaleajasta huomattavan osan. Taulukossa olevat ohjelmointiajat ovat keskiarvoaikoja mitattujen aikojen pohjalta. Sorvin kappaleaikaa voidaan vapauttaa n. 20-30 % siirtämällä ohjelmointi tehtäväksi muualla kuin koneen vierellä.

3. OSAAMISTARVEKARTOITUS

Tietokoneavusteiseen valmistukseen siirtymisen edellytyksenä on tarkastella tuotantohenkilöstön tietotekniikan osaamistasoa ja NC-ohjelmointiin liittyvien tehtävien tuntemusta. Osaamistarvekartoituksen tarkoituksena on tuoda esiin koulutustarpeet ja mahdollisuudet tuotantohenkilöstön työkiertoon.

NC-koneistajan tärkein tehtävä on pitää valvonnassaan olevat NC-koneet tuottavassa työssä. Koneistaja vastaa siitä, että koneella tehdään mahdollisimman paljon laatuksia täyttäviä kappaleita, suorittaen ohjelman tarkkailua ja tarpeen vaatiessa sen muokkaamista tehokkaammaksi. Hän vastaa myös koneen kunnosta ja toiminnoista, työkalujen kunnosta, esiasettamisesta ja mittaamisesta, sekä analysoi häiriö- ja virhetilanteita. /10, s.120/.

Konepajan työntekijöille tehtiin keväällä 2010 kaksi osaamiskartoitusta, toinen koskien tietotekniikan tuntemusta (Liite 1) ja toinen konepajan ydintoiminta-alueita ja keskeisimpien työtehtävien hallintaa.

3.1. CAD-CAM käyttöönoton vaatimat edellytykset

Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin soveltaminen vaatii tietoja tietokoneiden ohjelmoinnista, työkalu- ja aliohjelmakirjastoista, tiedonsiirtoverkoista sekä käyttöjärjestelmistä. Usein tietotekniikan käyttämisestä huolehtii insinööri, jonka tehtäviin voi kuulua koko ketju kappaleen suunnittelusta NC-ohjelmointiin ja ohjelman siirtämiseen koneille. Hän huolehtii myös postprosessoreista ja järjestelmän muista toiminnoista. /10, s.123/

SMC Köping AB Haparandalla tuotannossa työskentelee seitsemän työntekijää ja neljä toimihenkilöä. Tuotantohenkilöstön keski-ikä on 45 vuotta ja he ovat työskennelleet alalla yli 10 vuotta. Neljä konepajan työntekijöistä koulutettiin käyttämään Fanucin ohjausta ja luomaan NC-ohjelmia Fanucin käyttöjärjestelmällä vuoden 2008 aikana. Koulutetuista kaksi oli työskennellyt aiemmin koneistuksessa, kaksi oli koulutukseltaan hitsaajia. Heillä on kokemusta ohjelmoinnista ja valmiudet makro-ohjelmointiin, mutta heidän tietotekniset

taitonsa sekä valmiutensa omaksua uusi tapa työskennellä on tarkoitus saada esille osaamiskartoitusten avulla. Myös suunnittelussa ja tuotannonohjaustehtävissä työskentelevien toimihenkilöiden valmiudet CAD-CAM -järjestelmän käyttöön on tarpeellista selvittää.

3.2. Tietotekniset taidot

Tietoteknisten taitojen kartoittamiseen tehtiin kyselykaavake (Liite 1), jossa kartoitettiin yleistä tietoteknistä osaamista.

Tuotantohenkilöstöllä ei ole tietokoneita työaikana käytössä, eikä niiden puuttumista koeta haittaavana tekijänä. Työn ulkopuolella osa työntekijöistä käyttää tietokonetta.

Noin puolet vastaajista kokisi tietokoneen ja hyvien tietoteknisten taitojen voivan helpottaa työtehtävien suorittamista. Työnantajan puolesta tarjotun koulutuksen he kokisivat tarpeelliseksi ja he olisivat valmiita osallistumaan ja käyttämään tietotekniikkaa työn apuna. Kahdella koneistajalla on aiempaa koulutusta tietotekniikan perusteista.

Osaamisen tasoon liittyvissä kysymyksissä suurin osa koki hallitsevansa kysytyt asiat kohtalaisesti tai hyvin. Tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelman käytön moni kuitenkin koki hallitsevansa heikosti. Tekstinkäsittelyohjelman hallinta mahdollistaisi tekstieditorin käytön nc-koneistuksen apuna.

Internetin käytön osalta vain muutama vastaajista koki osaamisen tason heikoksi. Tietoturva- ja tietosuoja-asioissa useimmat vastaajista kokivat, ettei niistä oltu keskusteltu tarpeeksi työyhteisön sisällä.

3.3. Henkilökohtaisen osaamisen arviointi

Konepajan ydintoiminta-alueita ja keskeisimpiä työtehtäviä kartoittavassa henkilökohtaisen osaamisen arvioinnissa (Liite 2) kartoitettiin konepajan ydintoimintoihin liittyvää osaamista. Tietokoneavusteiseen ohjelmointiin siirtyessä kartoituksesta valikoitui viisi kysymysosiota tärkeimmiksi osaamisalueiksi. Osiot, joihin tarkastelu kohdentui ovat lastuavaan työstöön liittyvät materiaalien tuntemus, koneistus ja NC-osaamisen, sekä

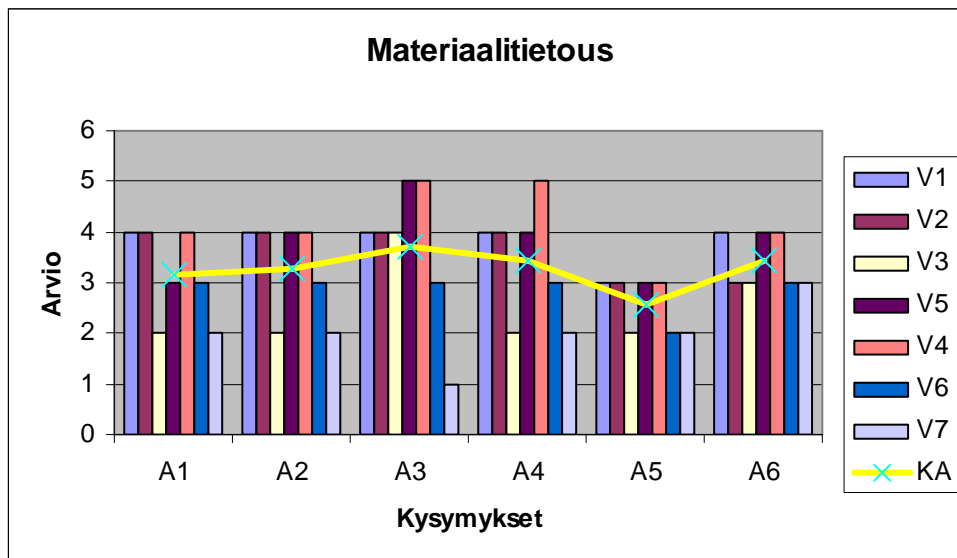
koneenpiirustusten lukutaito, työsuunnittelu, ongelmanratkaisutaito ja itsensäkehittämistaidot. Näiden lisäksi työkalutuntemus nousi muutamassa yksittäisessä kysymyksessä esille.

Arvioinnissa oli viisi arviointitasoa, numero yksi (1) tarkoittaen ei lainkaan osaamista ja numero viisi (5) erinomaista osaamistasoa. Kysymysalueita oli neljätoista, joissa kysymyksiä oli yhteensä 89. Tuotantohenkilöstön vastauksista tehtiin kaaviot, joissa vastaajat on merkittynä V1-V7 -merkinnöillä ja arvioidut arvosanat näkyvät pylvinä. Osioissa on mukana myös kommentteina toimihenkilöiden arviot omasta osaamisestaan.

3.3.1. Materiaalitietous

Materiaalitietous-osaamisalueessa esille haluttiin nostaa konepajan keskeisten metallien ominaisuudet, lämpökäsittelyn ja muokkauksen vaikutukset niihin, sekä korroosio-ominaisuudet.

Taulukko 2. Materiaalitietous



Taulukossa 2 on esitetty vastaajien arviot omasta materiaaliteknisestä osaamisesta. Kysymyksessä A3, koskien hitsisaumojen ultraosprosessin esille tuomia virheitä ja niiden ehkäisyä, vastaajat arvioivat osaamisensa hyväksi (KA 3,7). Vastaajista suurin osa hallitsee hitsausprosessin..

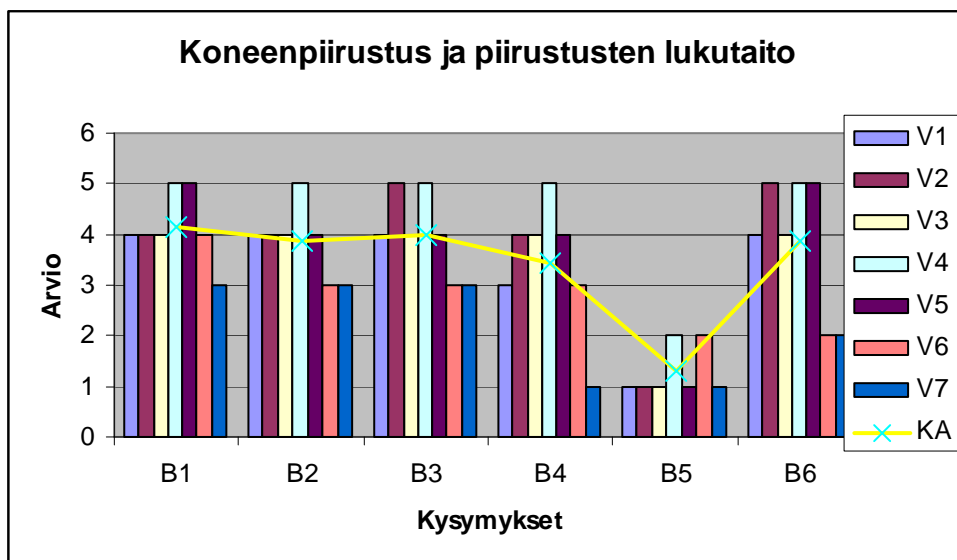
Heikoimman arvosanan välttävästi / jonkin verran (KA 2,6) vastaajat antoivat omasta osaamisestaan kysymykseen A5: Tiedän mitä tarkoittaa kimmoisuus ja plastisuus.

Toimihenkilöt arvioivat osaamistasonsa materiaalitietouden osalta hieman matalammaksi kuin työntekijöiden. Kaksi toimihenkilöistä koki hallitsevansa tämän osa-alueen hyvin, kun taas kaksi arvioi oman osaamisensa vähäiseksi.

3.3.2. Koneenpiirustus ja piirustusten lukutaito

Työpiirustukset ohjaavat konepajan toimintoja, joten niiden lukutaito on oleellisen tärkeä osaamisalue jokaiselle konepajassa työskentelevälle.

Taulukko 3. Koneenpiirustus ja piirustusten lukutaito



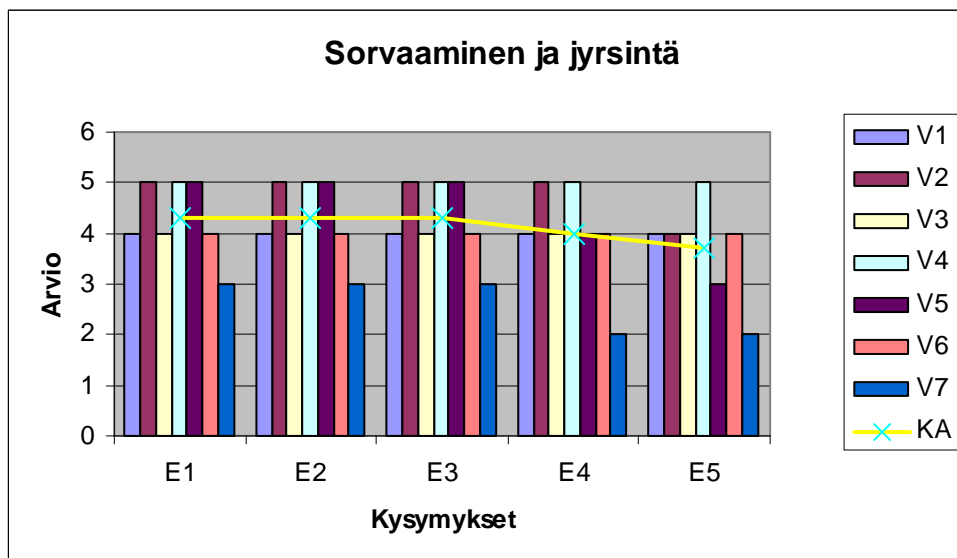
Taulukossa 3 on esitetty vastaajien arviot omasta osaamisestaan koneenpiirustus ja piirustusten lukutaito -osiossa. Kysymyksessä B1, kokoonpanopiirustuksien ja osapiirustuksien kokonaisuuden ymmärtäminen vastaajien arvioiden keskiarvo oli hyvä (KA 4,1). Heikoimman osaamisarvion ei ollenkaan (KA 1,3) sai kysymys B5, koneenpiirustusohjelmien (esimerkiksi AutoCAD) käyttötaidon hallitseminen. Osaamistaso koettiin olevan hyvä (molemmissa KA 3,9) myös kysymyksissä B3, mitoituseriaatteet ja piirrosmerkit ja suurin osa koki tarvittaessa pystyvänsä oppimaan CAD-piirtämisen perusteet (kysymys B6).

Toimihenkilöt kokivan hallitsevansa koneenpiirustuksen ja piirustustenlukutaito -osion hyvin ja arvio omasta osaamisesta oli keskiarvoiltaan 3,66-4,5. Kysymyksistä parhaimmat arvosanat, (KA 4,25) arvioitiin B1, B4 ja B6 ja kysymykseen B5: Osaan koneenpiirustusohjelmien edellyttämän käyttötaidon, esim. AutoCAD, yksi toimihenkilöistä koki osaamisensa vähäiseksi.

3.3.3. Sorvaaminen ja jyrsintä

Konepajassa on koneistettu vuoteen 2009 saakka manuaalisorveilla, joten osaamistaso nousi tässä osiossa hyväksi (KA välillä 3,7- 4,3), kuten taulukossa 4 on esitetty. Osiossa keskityttiin manuaalisorvausta ja jyrsintää koskeviin kysymyksiin, kuten eri pintojen sorvaukseen, terien ja työstöarvojen valintaan sekä toleranssien ja pinnanlaadun aikaansaamiseen.

Taulukko 4. Sorvaaminen ja jyrsintä



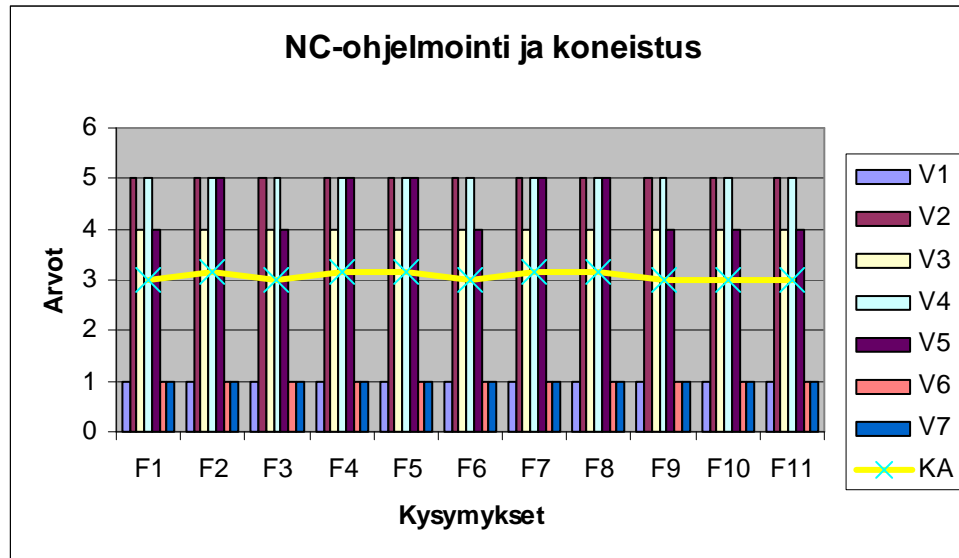
Konepajan toimihenkilöistä osa on aiemmin työskennellyt koneistajina, joten tässä osiossa kolmen toimihenkilön osaamistaso nousi korkeaksi (KA 4 - 5).

3.3.4. NC-ohjelmointi ja koneistus

Vuoden 2008 aikana koulutettiin osa konepajan tuotantohenkilöstöstä NC-ohjelmointiin Fanucin ohjelmistolla. Oman osaamisen kartoittamista tehtäessä koulutetut henkilöt olivat

vuoden ajan ehtineet työskennellä konepajan sorveilla ja ohjelmoida Fanucin käyttöjärjestelmällä. Heidän arvionsa omasta osaamisestaan sai arvioinnin hyvä ja erinomainen, kun kouluttamattomat henkilöt, joista suurin osa hallitsi manuaalisorvauksen, arvioivat oman osaamisensa täysin puutteelliseksi, kuten taulukossa 5 on esitetty.

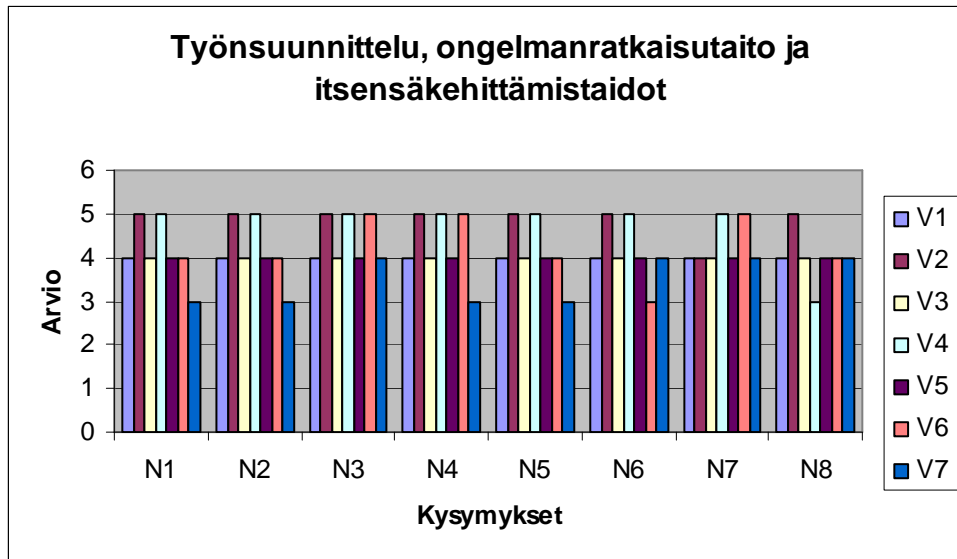
Taulukko 5. NC-ohjelmointi ja koneistus



Toimihenkilöt eivät osallistuneet Fanuc-koulutukseen, joten heidän osaamistasonsa jäi tässä osiossa alhaiseksi. Ainoastaan yhdellä toimihenkilöllä oli kokemusta ohjelmoinnista NC-koneella ja hänen osaamisensa arviointi oli hyvä (KA 3,9).

3.3.5. Työsuunnittelu, ongelmanratkaisutaito ja itsensäkehittämistaidot

Taulukossa 6 on esitetty vastaajien arviot omasta osaamisestaan työsuunnittelu, ongelmanratkaisutaito ja itsensäkehittämistaidot –osiossa. Itsenäisen ja suunnitelmallisen työskentelyn ja ongelmatilanteiden ratkaisun (kysymykset N1 ja N2) arvioivat kaikki vastaajat hallitsevansa hyvin tai erinomaisesti. Koneistajat pystyvät itsenäiseen työsuunnitelmien laatimiseen työstökorttien avulla (N3) ja kykenevät työmenetelmien sekä työvaiheiden arviointiin (N4). Uusien asioiden soveltaminen yhdessä aiemmin opittujen työtapojen kanssa koettiin kohtalaisen helpoksi.

Taulukko 6. Työnsuunnittelu, ongelmanratkaisutaito ja itsensäkehittämistaidot

Tässä osiossa myös toimihenkilöiden arvio nousi korkealle (KA 4 - 4,75).

3.3.6. Työkalut

Työkalujen tuntemus haluttiin kartoittaa, jotta CAM-järjestelmän mahdollistaman työkalukirjaston rakentamisen tarve saadaan esille. Työkalutuntemusta koskevia kysymyksiä olivat:

E2: Osaan valita sopivan terän ja kiinnittää sen

E3: Osaan laskea ja määrittää oikeat työstöarvot

F10: Osaan tehdä oikeat terä- ja työstöarvovalinnat materiaalien mukaan

K4: Osaan huolehtia työvälineiden kunnosta ja järjestyksestä sekä säilytyksestä käyttökertojen välillä.

Työkalujen tuntemus on konepajalla hyvä. Kysymys F10 oli poikkeus, sillä se kuului osioon NC-koneistus ja tässä osiossa ainoastaan koulutusta saaneet koneistajat kokivat osaamistasonsa korkeaksi.

3.4. Koulutustarpeet siirryttäessä tietokoneavusteiseen ohjelmointiin

Tietoteknisen osaamisen kartoittamisessa tärkeimmiksi koulutustarpeiksi vastaajat kokivat käyttöjärjestelmän, tekstinkäsittelyn, taulukkolaskennan, esitysgrafiikan, tietoturvan ja AutoCAD:in koulutuksen.

Oman osaamisen kartoituksessa, osiossa koneenpiirustus ja piirustusten lukutaito, kysyttiin kohdassa B6: Pystyn tarvittaessa oppimaan CAD-piirtämisen perusteet. Tähän kysymykseen lähes kaikki vastaajat antoivat vastaukseksi arvosanan 4 ja 5. Vain kaksi työntekijää vastasi vähän (2) ja yksi toimihenkilö jonkin verran (3). CAD-piirtämistä tarvitaan graafiseen ohjelmointiin ja AutoCADin sijaan esimerkiksi WinCAMin graafisen piirtämisen osaaminen on tarpeellista.

NC-ohjelmoinnin osalta kysymykset osiosta F: NC-ohjelmointi ja koneistus vastaajista vain ne työntekijät, jotka olivat saaneet koulutusta NC-ohjelmointiin hallitsivat osaamisalueen hyvin. Heidän lisäksi yksi toimihenkilö hallitsi NC-ohjelmoinnin perusteet. Käytössä oleva makro-ohjelmointi ei välttämättä tuota aina parasta ohjelmavaihtoehtoa. NC-ohjelmien rakenne vaikuttaa työstöaikoihin ja taloudellisen ohjelmoinnin saavuttamiseksi NC-koneistajia tulee lisäkouluttaa Fanuc-ohjelmointiin.

4. NC-OHJELMOINTI

Eri NC-ohjaimien kieli on pääpiirteissään samanlainen. Koordinaatistot ovat samat ja keskeisimmät osoitteet, perusliiketoimintojen G-koodit ja aputoimintojen M-koodit ovat yhteneväiset. Ohjaukset eroavat toisistaan lauserakenteiden muotoa, työkiertoa ja nollapisteen siirtoa koskevissa toiminnoissa. /14, s.56/

Nykyiset sorvit ovat lähes kokonaan mikrotietokoneperustaisia, numeerisesti ohjattuja työstökoneita. Numeerisesti ohjattu työstökone suorittaa liikkeet kappaleen valmistamiseksi automaattisesti työstöohjelman avulla, joka sisältää kappaleen valmistukseen tarvittavat tiedot. Numeerinen ohjaus laskee kappaleen työstöradat, antaa käskyjä luistien liikuttamiseen ja tarkkailee työstöä. /14, s.10/

4.1. Informaatio piirustuksesta NC-kappaleeksi

Tuotesuunnittelussa määritetään kappaleen geometria, sen toiminnalliset mitat ja muodot, mutta myös paljon valmistusteknisiä seikkoja, esimerkiksi kiinnityspinnat ja koneistettavat muodot. NC-ohjelmaa laadittaessa geometriatietoihin liitetään teknologiatiedot sekä tiedot kiinnittimistä ja työkalun geometriasta, jotka siirtävät mukanaan informaatiota NC-kappaleeseen pyyhkäisyntansa geometriana. /10, s.73/

NC-ohjelma on digitaalisen datan muodossa oleva tiedosto, jota numeerisesti ohjattu työstökone kykenee lukemaan, tulkitsemaan ja toimimaan siihen koodatun informaation avulla. Yleensä NC-ohjelma on ASCII-tekstiä sisältävä tiedosto. /10, s.74/

NC-ohjelma on hyvä, silloin kun se on moduulirakenteinen, tehokas, virheetön, helposti luettava ja korjattava sekä koneistukseen sopiva. Ohjelmien tulee olla selkeitä, jotta niiden ymmärtäminen myöhemmin on mahdollista. /10, s.74/

4.2. Ohjelmointitavat

Ohjelmointitavat voidaan jaotella manuaaliseen ohjelmointiin, konepajaohjelmointiin, makro-ohjelmointiin ja tietokoneavusteiseen ohjelmointiin. /10, s 74/

4.2.1. Manuaalinen ohjelmointi

Manuaalisessa ohjelmoinnissa nc-ohjelma kirjoitetaan suoraan kappaleen piirustuksen perusteella laskemalla piirustuksen mittaluvuista ja käytettävän työkalun tiedoista työkalun liikeradan koordinaatteja. Ohjelmoija käyttää laskuissaan elektronista laskinta, etsii taulukoista tarpeellista tietoa ja kirjoittaa tietokoneen tekstieditorilla NC-ohjelman tietokoneen tiedostoksi tai suoraan työstökoneen tietokoneelle. /10, s.75/

Manuaalinen ohjelmointi on aikaavievää, mutta se mukautuu hyvin eri tilanteisiin. Ohjelmoijan on tunnettava jokainen työstökone ja sen ohjausjärjestelmä voidakseen hyödyntää koneen erityisominaisuuksia. Ohjelmoijan tulee tuntea absoluuttinen sekä inkrementaalinen ohjelmointi, interpolointi ja kompensointitavat sekä akseleiden lukumäärä, nimet, sijainti ja liikematkat. Näiden lisäksi hänen tulee tietää muun muassa sallitut lauserakenteet, sanoissa sallittu numeroiden lukumäärä, sanajärjestys ja sen erityisehdot sekä työstökoneen työkierrat. /10, s.75/

4.2.2. Ohjelmointi muuttuja-aliohjelmilla eli makroilla

Aliohjelmia, joissa voidaan käyttää muuttujia eli parametrejä kutsutaan muuttuja-aliohjelmiksi eli makroiksi. Parametrit ovat merkkejä, osoitteita tai asioita, joiden arvo muuttuu eri tapauksissa, kuten jokin tietty mitta tai lukumäärä. /14, s.118/

Makroja käytetään kun tietyn tyyppinen koneistus toistuu ohjelmissa ja sen ohjelmointi tavallisella ohjelmointitavalla olisi hankalaa tai aikaa vievää. Makrojen käytöllä vältetään hankalilta laskutoimituksilta ja ohjelmista saadaan lyhyitä ja virheettömiä. /14, s.118/

4.2.3. Konepajaohjelmointi

Konepajaohjelmointi on nc-ohjelmointia koneen ohjauksen grafiikan avulla. Usein ohjauksissa on erilaisia näppäimiä, joiden avulla kuvataan kappaleen muodot ja valitaan työkalun liikkeitä. Ohjauksessa olevan kuvaruudun avulla voidaan simuloida työstettävä kappale ja laaditut työstöradat. Ohjelmointi on rajoittunutta, sillä painonäppäimien funktiot ovat konekohtaisia. Ohjausta käytetään lähinnä sorveilla, sillä sorvauskappaleen

kuvaaminen tasossa on verrattain helppoa, niiden koostuessa lähinnä lieriöistä, kartioista ja pyöristyksistä. /10, s.76/

Ohjauksen muistiin on luotu erilaisia taulukkoja ja sekvenssejä, koneistettavia muotoja, työkalujen kuvauksia ja lastuamisarvotaulukoita. Konepajaohjelmointi soveltuu ympäristöön, jossa ohjelmoidaan ja koneistetaan yksinkertaisia kappaleita pieninä sarjoina, sillä usein ohjelmat eivät ole tehokkaita ja niiden muuttaminen ISO-koodiseksi ohjelmaksi ei ole mahdollista. /10, s.76/

4.3. NC-ohjelmointi SMC Köping AB Haparandalla

Manuaalista ohjelmointia tulisi käyttää silloin kun koneistettavien kappaleiden erot ovat pieniä, sarjakoko on suuri ja yrityksellä on vain vähän NC-koneita. Manuaalista ohjelmointia helpottaa valmiiden ohjelmien tallentaminen, niiden luominen makroilla ja lyhyiden nc-ohjauksen muistista löytyvien aliohjelmien käyttäminen tuoteperheille ja pieniin erityiskoneistuksiin. /10, s.75/

SMC Köping AB Haparandan tuotevariaatioiden määrä on huomattavan suuri ja toisaalta sarjakoko pieni. Manuaalinen ja konepajaohjelmointi sekä makrojen käyttö ohjelmoinnin tukena mahdollistavat asiakasohjautuvan valmistuksen. Muutamia perustuotteiden ohjelmia on tallennettuna ohjauksen muistiin.

Manuaalisella ohjelmoinnilla saadaan ohjelmoijan taitojen mukaan optimaaliset ohjelmat työstöaikojen, ymmärrettävyyden ja keskeytyksistä jatkamisen suhteen. Sarjakoon kasvaessa on tehokkaampaa käyttää tietokoneella laadittua ohjelmaa ja kehittää sitä korjaamalla ASCII-tiedostoa tai muokata sitä suoraan ohjauksen ohjauspaneelin avulla, jotta saataisiin luotua paras mahdollinen ohjelma kyseiselle kappaleelle. /10, s.75/

4.4. Tietokoneavusteinen valmistus

Tietokoneavusteiseen tuotesuunnitteluun liittyy lyhennepari CAD/CAM. CAD useimmiten tarkoittaa tietokoneavusteista piirtämistä, mallinnusta tai teknistä laskentaa. CAMiin liitetään usein työnsuunnittelu, NC-ohjelman laadinta tai jopa koko valmistusprosessi.

Valmistuksen pääprosessit ovat työn suunnittelu ja varsinainen valmistus. Suunnitteluvaiheen aikana etsitään mahdollisimman tehokas työvaiheketju, jonka avulla tuote valmistetaan. /6, s.9/

4.4.1. Tietokoneavusteinen ohjelmointi

CAM-tekniikalla tarkoitetaan tietokoneella suunnitellun ja piirretyn (CAD) kappaleen muotojen muuttamista NC-koneen työstoradoiksi. Ohjelmoinnissa luodaan NC-koneiden työstöratonja ja ohjataan työkalun liikkeitä kappaleen geometrian avulla. /10, s.142/

CAD-geometria voidaan siirtää erilliseen NC-ohjelmointijärjestelmään suoraan ilman muunnosohjelmaa, käsittelemällä tietokantaa muunnosohjelman avulla tai siirtää se erilaisten standarditiedostojen avulla. Erillisissä nc-ohjelmointijärjestelmissä on usein oma geometrian luontiin soveltuva ohjelmamoduli, jonka avulla voidaan siirrettyä geometriaa täydentää. /10, s.142/

4.4.2. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin työkulku

Ohjelman luominen alkaa siirtämällä CAD-geometria ohjelmointijärjestelmään ja laatimalla kappaleen koneistamiseksi tarvittavia työstöratonja. Työstöratonjen teossa noudatetaan tarkasti tiettyjä sääntöjä. Usein työstörata käsittää kerrallaan vain yhden työkalun liikkeit ja ne ovat mahdollisimman lähellä mallityöstöratonja, jotta virheiden määrä vähenee ja ohjelmista tulee tasalaatuisia huolimatta siitä kuka ne laatii. Ohjelmoija antaa työstöradioissa käytettävät teknologiset tiedot tai järjestelmä laskee ne kirjastoista hakemistaan arvoista. Näitä arvoja on mahdollista muuttaa ohjelmoinnin edetessä. /10, s.144/

Parasta ratkaisua haetaan työstöratonjen järjestystä muuttamalla. Työkalujen järjestys määritetään yhdistämällä työstöradat peräkkäin, kun kaikki työstöradat on luotu. Tämän jälkeen voidaan tulostaa välitiedosto, yleisemmin standardin mukainen CLDATA. Välitiedostoon on tallennettu työkalun liikkeiton koordinaattipisteet geometriatietona, teknologiatiedot ja muut ohjaukskäskyt. /10, s.144/

Välitiedostolle tehdään postprosessoriajo, jotta se olisi muotoiltu koneen ymmärtämään muotoon. Postprosessori lukee välitiedostoa ja tulostaa nc-ohjelman lauseittain, laskien geometriatiedoista nc-ohjelman koordinaatit ja erilaisten postprosessorikäskyjen ohjaamana muut nc-ohjelmassa tarvittavat tiedot, kuten erilaiset kytkentäkäskyt ja kommentit. Mikäli välitiedostossa on toimintoja, joita kohteena oleva nc-kone ei kykene suorittamaan, tulostaa postprosessori varoituksia ja virheilmoituksia, esimerkiksi työalueen ylitykset tai käsittelylaitteiden kutsut, joita koneella ei ole. /10, s.144/

Tämän jälkeen voidaan nc-ohjelmalle suorittaa aikalaskenta ja saada selville eri työkalujen käyttämä aika. Runsaasti aikaa tarvitsevan työkalun työstörata voidaan muuttaa, kehittää uusia työkaluja tai jakaa työstörata usealle tehokkaammalle työkalulle. Varsinaisesta nc-ohjelmasta tehtävää aikalaskentaa voidaan käyttää myös hinnoittelun perustana. /10, s.144/

4.4.3. Ohjelman simulointi

Valmiin ohjelman simuloinnissa ohjelma tarkastetaan ensin tietokoneen näytöllä ennen kuin se ladataan työstökoneeseen, jolloin vältetään mm. erilaisilta työkalun törmäyksiltä ja muilta ohjelmointivirheiltä./6, s.229/

Työstöradan simuloinnissa verrataan työkalun liikkeitä kappaleen geometriaan. Samalla kun tarkastetaan työkalun soveltuvuus ja tarkoituksen mukainen liikkuminen, voidaan simuloinnin tuloksen perusteella korjata työstörataa. Systemaattisesti työskentelemällä voidaan vaikeissakin kappaleissa keskittyä pieneen osa-alueeseen kerrallaan ja tarkastaa jokainen vaihe erikseen. Työstöradasta voidaan poistaa ja lisätä liikkeitä tai vaihtaa teknologia- ja asetusarvoja. Valmis nc-ohjelma arkistoidaan tai siirretään nc-koneelle. Joissain järjestelmissä välitiedostoa ei tulosteta lainkaan ja postprosessori voi olla rakennettu sisäiseksi. /10, s.144/

4.4.4. Tietokoneavusteisen nc-ohjelmoinnin edut

Ohjelman koordinaattien kirjoittaminen on virhealtis vaihe NC-ohjelman teossa. Manuaalinen laskenta, joissa käytetään paljon trigonometriaa ja desimaalilukuja kolmen desimaalin tarkkuudella on työlästä ja virhealtista. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin

avulla vaikeiden laskutoimitusten tekeminen poistuu ja haastavien muotojen, kuten kolmiulotteisten pintojen ohjelmointi helpottuu. Työstöarvojen laatiminen kappaleen geometrian avulla on helppoa ja nopeaa. /10, s.145/

Tietokoneavusteinen ohjelmointi mahdollistaa kaikkien yrityksen nc-koneiden ohjelmoinnin samalla tavalla. Postprosessoriin voidaan tallentaa jokaisen koneen pikkutarkat tiedot ja vaatimukset, joten ohjelmoijan ei tarvitse muistaa enää eri koneiden erityisominaisuuksia. Ohjelmien laatu paranee, sillä ne voidaan simuloida kuvaruudulla ennen varsinaista koneistusta, ohjelmalle voidaan samalla suorittaa aikalaskenta ja tarkastella mahdollisia toimenpiteitä suoritusajan lyhentämiseksi. /10, s.145/

CAM-tekniikkaa helpottaa NC-ohjelmointia, mutta ohjelmoijan tulee osata myös perinteisen NC-ohjelmoinnin vaatimukset, sillä tietokoneavusteisesti ei voida luoda sellaisia nc-ohjelmia kuin manuaalisesti. Ohjelman laatiminen on nopeampaa tietokoneella, mutta sitä pitää kehittää koneistajan toimesta. /10, s.145/

4.5. Tuotannonohjauksen ja valmistuksen tehtävien jako

Konepajalla työskentelevien koneistajien tehtävien kuvaa haluttaan selkiyttää ja siirtää koneen vieressä tehtävä ohjelmointi tietokoneavusteiseksi ohjelmoinniksi. Tällöin koneistusaikaa saadaan lisää ja sorvin käyttöastetta parannettua. Samalla haluttaan tehostaa tuotannon läpäisyastetta ja muodostaa työryhmä sorvaussoluun, jossa monikonekäyttö ja työkierrot toteutuvat.

Tuotannosuunnittelijan työtehtäviin SMC Köping AB Haparandalla kuuluu

- piirustukseen tutustuminen ja sen tarkastus
- materiaalien varaaminen ja tilaus
- kustannusten ja aikojen arviointi
- työmääräimen teko.

Yleensä työnsuunnitteluun kuuluu edellä mainittujen tehtävien lisäksi koneen ja työkalun valinta, kiinnittimen valinta tai suunnittelu, työstöarvojen valinta ja NC-ohjelman teko. /6, s.227/

Tuotannon suunnittelijalla tulee olla laaja tietämys käytettävissä olevista menetelmistä ja koneista. /6, s.9/

Konepajan toimihenkilöillä ei ole riittävää osaamista NC-ohjelmien luomiseen. Oman osaamisen kartoituksessa ilmeni, että toimihenkilöiden osalta NC-ohjelmoinnin taidot olivat hyvät vain yhdellä henkilöllä.

NC-koulutuksen suorittaneilla koneistajilla on edellytykset nc-ohjelmien luontiin. Fanucin käyttöjärjestelmän ja ohjauksen hallinta, lastuavan työstön tuntemus, sekä työkalujen ja työjärjestyksen osaaminen näkyivät osaamiskartoituksissa koneistajien vahvuuksina. Heikkoutena heillä on tietotekniikan perusteiden osaaminen ja valmiudet käyttää WinCAM-ohjelman graafista ohjelmointia.

Tietokoneiden siirtäminen konestuskeskuksen vierelle mahdollistaa tuotannon etenemisen seuraamisen. Tuotekorteissa on valmiiksi merkittynä tuotekohtainen viivakoodi, jonka avulla koneistuksen aloituksen ja valmistumisen tallentaminen Maestron tietokantaan on mahdollista. Töiden työstöohjelmat ja laatudokumentit on mahdollista tallentaa sähköisesti. NC-ohjelmien tallentamisen etuna on, että saman tuotteen toistuessa ohjelmaa ei tarvitse luoda uudelleen.

5. CAD-CAM JÄRJESTELMÄ WINCAM

Tietokoneavusteista ohjelmointia varten SMC Köping AB Haparandalle hankittiin CAD-CAM -järjestelmä WinCAM. WinCAM on suomalaisen yrityksen, Camtek OY:n CAD-CAM -ohjelmisto.

5.1. Camtek OY

Camtek OY on vuodesta 1983 lähtien kehittänyt yhteistyössä suomalaisten konepajojen kanssa kevyitä ja helppokäyttöisiä NC-ohjelmistoja. CNC-koneiden yleistyessä Suomen konepajateollisuudessa ja siirryttäessä pois käsinohjelmoinnista oli tarve kehittää vaihtoehto sen hetkisille keskuskoneympäristössä toimiville isoille, kankeille ja kalliille ohjelmointijärjestelmille. /1/

Camtekin ensimmäinen tuote oli NC-PLOT, joka tuli markkinoille 1984. Aluksi ohjelma toimi vain HP:n työasematietokoneissa, mutta PC-koneiden grafiikkaominaisuuksien kehittyessä se siirrettiin DOS-ympäristöön. Vuonna 1994 yritys toi markkinoille WinCAM-ohjelmiston, joka toimii Windows-ympäristössä. Ohjelmistoa kehitetään edelleen käyttäjiltä saadun palautteen avulla. /1/

5.2. WinCAM- ohjelmisto

Wincam-ohjelmisto tukee useita erilaisia ohjelmointitapoja ja NC-ohjelmointi on mahdollista tehdä menetelmällä, joka sopii parhaiten käyttäjälle, tuotteelle ja tilanteeseen. WinCAM sisältää ominaisuudet, joilla ohjelmien tekeminen ja testaus sekä työstöaikojen minimointi voidaan tehdä työstökoneen ulkopuolella sen tehdessä edellistä työtä. /1/

Tavanomaisin tapa käyttää WinCAMia on geometriaan perustuva graafinen piirtäminen ja sopivien työstötapojen valinta. Myös menetelmien yhdistäminen on mahdollista. WinCAMin editori ja simulaattori tukevat käsiohjelmointia, vuorovaikutteisten makro-ohjelmien käyttö omien toimintojen rakentamista. Graafisen ohjelmoinnin tueksi

ohjelmistoon liitetään konekohtaisesti sovittu postprosessori, joka hyödyntää työstökoneen ominaisuuksia luoden tehokasta NC-koodia. /1/

WinCAM sorviohjelmisto sisältää kaikki tyypilliset 2-akselisessa sorvauksessa tarvittavat työstötavat, kuten automaattisen nirkonsäteen kompensoinnin, älykkäät rouhintatoiminnot, uranpistoautomaatiikan ja monipuoliset kierteytystavat. Pyörivien työkalujen työvaiheet, kuten poraukset ja kierteytykset voidaan ohjelmoida vuorovaikutteisten makrojen avulla. Vaativampaa otsa- tai lieriöpinnalla tapahtuvaa jyrshintää varten sorviohjelmisto voidaan varustaa rinnakkaispostprosessorilla, jolloin monitoimisorviin saadaan kaikki samat jyrshintäominaisuudet kuin työstökeskuksilla. /1/

5.3. Ohjelmointitavat WinCAM-ohjelmistolla

WinCAM-ohjelmiston käytössä on kolme erilaista ohjelmointitapaa: graafinen, manuaalinen sekä makro-ohjelmointi. Kaikkia kolmea tapaa voidaan käyttää itsenäisesti tai yhdistellä saman NC-ohjelman eri vaiheissa. /9/

5.3.1. Graafinen ohjelmointi

Graafinen ohjelmointi on vuorovaikutteinen ohjelmointitapa, jossa työn edistyessä NC-ohjelma syntyy piirretyn geometrian ja ohjelmoijan tekemien valintojen perustella. Erillistä postprosessoriajtoa ei tarvitse suorittaa, vaan tulos on tarvittaessa nähtävissä editorin ruudulla. /9/

Graafisen ohjelmoinnin tyypillinen työnkulku:

- Geometria-toiminnossa piirretään työstettävän kappaleen muoto tarvittavilta osin.
- Ohjelmointi-valikosta valitaan järjestyksessä työstötavat ja työkalun vaihdot.
- Simuloidaan ja tallennetaan syntynyt ohjelma.
- Lähetetään ohjelma työstökoneelle.

Geometrian lukeminen levyltä geometria- tai CAD-tiedostona ja ohjelman tekeminen sen pohjalta on mahdollista. Valmiin ohjelman tutkiminen ja muutoksien tekeminen tapahtuu

editointitoiminnossa. Tehtyjen muutosten virheettömyys tarkistetaan simuloinnin avulla.
/9/

5.3.1.1. Työstökappaleen piirtäminen

Piirtäminen luonnostelemalla on ominaista WinCAMille. Työstökappaleen kaikkia yksityiskohtia ei tarvitse tietää viivaa määriteltäessä, vaan leikkauspisteet, tangeeraukset, pyöritykset ja muut yksityiskohdat voidaan tarkentaa piirtämisen edistyessä. Ohjelmisto sisältää CAD-liitännän, jonka avulla voidaan valmis kuva lukea suoraan CAD-tietokannasta. /1/

CAD-kuvaa käytettäessä tulee sen olla DXF-muotoinen. Kuvan muotojen tulee olla todellisilla mitoilla piirretty, toleranssialueiden keskellä ja ääri viivojen on oltava ehyitä. Yleensä kappaleesta tarvitaan vain ääri viiva-piirros. /9/

5.3.1.2. Graafisen ohjelmoinnin ohjelmointitoiminnot

Ohjelman aloituksessa *Ohjelmointi/Aloitus* –valikossa valitaan työstettävä materiaali, jonka mukaan työstöarvot määräytyvät, määritellään ohjelman numero, työkalun vaihtopiste ja työstävä työkalu sekä sen työkalupaikka. /9/

Ohjelmointi-valikon alla määritellään kappaleen työstöön liittyvät toiminnot, kuten pääntasaus, rouhintatoiminnot ja muodon viimeistely. Näiden lisäksi ohjelmointi-valikosta löytyy käskyt poraukselle, kierteytykselle ja uran pistolle. Tehtäessä väistöpaikoituksia tai rouhintaa tilanteissa, joihin mikään rouhintatyökierto ei sovi, voidaan hyödyntää yksittäisten liikkeiden ohjelmointi- toimintoa. /9/

Wincam-ohjelmisto pyytää vain ohjelmoinnin aloituksessa ja rouhintatoiminnoissa valitsemaan työkalun. Muut työkalun valinnat ja vaihdot tulee käyttäjän huolehtia itse. Työkalun valinta tapahtuu *Ohjelmointi/ Työkalun vaihto* – valikosta, työkalulomaketta tai työstöarvokirjastoa apuna käyttäen. /9/

Editori-toiminnon avulla voidaan ohjelmaan lisätä NC-kielisiä lauseita, käyttäjämakroja tai kommentteja, mutta tämä on myös mahdollista *Ohjelmointi/ NC-lause* -toiminnolla.

Ohjelmointi/Makrokutsu –toiminnolla voidaan itse tehtyjä ohjelmia, kuten työkiertoja ja samankaltaisina toistuvia työvaiheita kutsua osaksi NC-ohjelmaa. /9/

Jos samaan ohjelmaan halutaan tehdä kappaleen kummankin pään työstövaiheet, voidaan *Ohjelmointi/Käännä kpl* -toiminnolla tehdä kappaleen kääntö, kun ensimmäisen pään kaikki työvaiheet on ohjelmointu. /9/

NC-ohjelmoinnin viimeinen toiminto on ohjelman lopetus. Työkalu palautuu kotiasemaan ja ohjelman loppuun lisätään tarvittavat käskyt. Loppuun voidaan lisätä lista ohjelmassa käytetyistä työkaluista. /9/

5.3.2. Manuaalinen ohjelmointi

Manuaalinen ohjelmointi tapahtuu editointi-toiminnossa kirjoittamalla työstökoneen NC-koodia. Kirjoittamista voidaan automatisoida tekemällä usein toistuvista ohjelman osista makro-ohjelmia. Editori-toiminto avustaa kirjoittamista tekemällä laskutoimituksia ja lauseiden muototarkistuksia. /9/

Työstöliikkeet voidaan simuloida ohjelman kirjoitusvaiheessa. Kun ohjelma on valmis ja testattu, lähetetään se työstökoneelle tallentamisen jälkeen. /9/

5.3.3. Makro-ohjelmointi

Makro-ohjelmoinnissa käytetään erityisiä, itse tehtyjä ohjelmia manuaalisen tai graafisen ohjelmoinnin yhteydessä. Usein toistuvia samankaltaisia ohjelmointitoimintoja voidaan helpottaa tekemällä niistä makroja. /9/

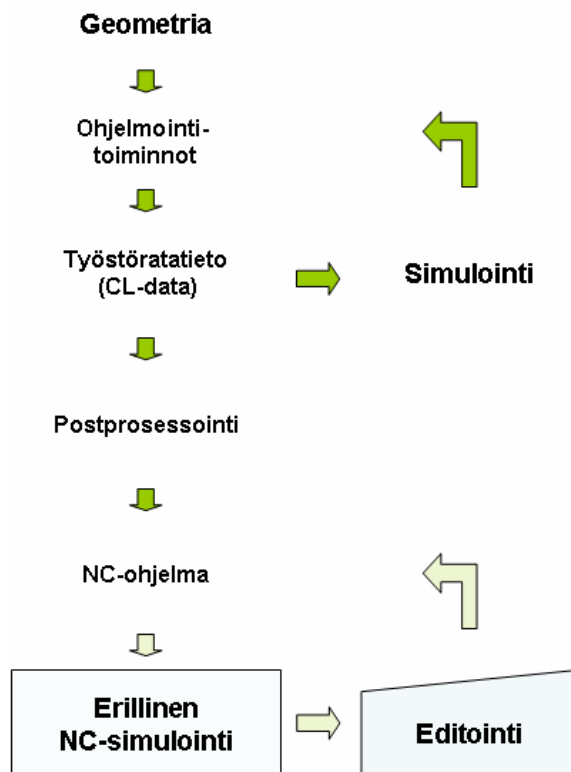
Makroilla voidaan rakentaa lisää vuorovaikutteisia toimintoja graafiseen ohjelmointiin. Makro-ohjelma voi olla työstökoneen NC-koodia sisältävä ohjelma tai se voi sisältää muuttujia ja makrokäskyjä. Mikäli makro sisältää muuttujia, järjestelmä kysyy niiden arvot makroa kutsuttaessa. /9/

Editointi-ikkunassa makro voidaan kutsua mihin tahansa kohtaan NC-ohjelmassa kursorin ollessa paikassa, johon makron tekemät lauseet halutaan. Graafisessa ohjelmoinnissa

makro-ohjelma kutsutaan silloin kun makron tekemää työvaihetta tarvitaan. Sillä ei voi käsitellä geometriaa, vaan se tulostaa pelkästään NC-koodia. /9/

5.4. Sisäänrakennettu postprossessori

WinCAM-järjestelmässä ei ole varsinaista CL-dataa, eikä selkeää jälkikäsitelyä vaan postprossessori toimii läpinäkyvästi ja välittömästi. Simulointi tapahtuu pelkästään tehdyn NC-koodin perusteella, kuten kuvassa 10 on nähtävissä. Se mahdollistaa ohjelmoinnin aikaisen editoinnin ilman hankaluuksia. Vanhojen (käsintehtyjen) ohjelmien käsittely on mahdollista. /1/



Kuva 10. Työnkulku WinCAM-järjestelmässä /1/

5.5. Tiedonsiirto suoraan WinCAMista työstökoneelle

NC-ohjelmien siirto työstökoneelle ja muille sarjaliikenteen hallitseville ympäryslaitteille tapahtuu tiedonsiirtoikkunasta. Tiedonsiirtotoiminto on aina sovitettu toimimaan jonkin

tietyin laitteen esim. työstökoneohjauksen kanssa yhdessä. Tiedonsiirtotoiminnon edellytyksenä on, että tiedonsiirtoasetukset on kummallakin laitteella yhteneväiset ja kummankin laitteen näppäimistöllä annetaan samat käskyt. /9/

Tiedonsiirtotoiminto huolehtii esimerkiksi siitä, että tarvittavat ohjelman aloitus- ja lopetusmerkit ja mahdolliset muut konekohtaiset ohjausmerkit tulevat lähetetyiksi, vaikkei niitä lähetävässä ohjelmassa olisikaan. /9/

NC-ohjelmia voidaan lähettää ja vastaanottaa WinCAMin ja työstökoneen välillä. NC-ohjelman lähetys tiedonsiirtoasetuksissa määritettyyn sarjaporttiin kytketylle ulkoiselle laitteelle, kuten työstökoneelle käynnistetään *Lähetys*-painonapilla ja tiedostojen vastaanotto *Vastaanotto*-painonapilla. Vastaanottavan työstökoneen tulee olla vastaanottotilassa, jotta lähetys onnistuu. Kun teksti "vastaanotto käynnissä" on näkyvässä, lähetettävän työstökoneen näppäimistöltä käynnistetään lähetys. Lähetys ja vastaanotto voidaan keskeyttää *Keskeytys*-painonapilla. /9/

5.5.1. Tiedonsiirron asetukset

Tiedonsiirtoasetukset voidaan tallentaa muiden ohjelma-asetusten kanssa parametritiedostoon, joten kunkin koneen tiedonsiirtomääritykset tehdään vain kerran. Ohjelmisto pystyy käyttämään enintään 4 sarjaporttia (com1 - com4), sen mukaan, mitä portteja tietokoneeseen on asennettu. /9/

Linjanopeus voidaan valita väliltä 110 - 9600 baudia. Nopeuden valinnassa tulee huomioida toisen laitteen vastaavat arvot, kaapelin pituus ja se, onko kättely käytössä. /9/

Pariteetti voi olla parillinen, pariton tai ei pariteettia. Yleensä ISO-koodimuotoista NC-ohjelmaa käytävillä koneilla on parillinen pariteetti. /9/

Jokaisen merkin jälkeen lähetettävien stopbittien eli pysäytysbittien lukumäärä on yleensä 1 tai 2. Vanhemmissa laitteissa se voi olla 1,5. Osa laitteista pystyy automaattisesti havaitsemaan stopbittien lukumäärän vastaanottamastaan tiedosta. Molemmiin suuntaisen tiedonsiirron onnistumiseksi oikea arvo tulee tarkistaa laitteen käsikirjoista tai asetuksista (työstökoneen parametrit). /9/

Tietobittien eli databittien lukumäärä merkkiä kohti on 7 tai 8. Yleensä ISO-koodimuotoista NC-ohjelmaa käytävillä koneilla databittien lukumäärä on 7 (+ pariteettibitti). /9/

Kättelyn avulla keskenään yhteydessä olevat laitteet rytmittävät tiedonsiirron siten, että vastaanottaja ehtii käsittelemään saamansa tiedon. Kättelytapoja on WinCAM-ohjelmistossa kaksi: ohjelmallinen Xon/Xoff-kättely ja linjakättely. Oikea kättelytapa tulee tarkistaa laitteen käsikirjoista tai asetuksista (työstökoneen parametrit). Jos laite ei hallitse mitään kättelytapaa on tiedonsiirtonopeus syytä rajoittaa enintään 300 baudiin. /9/

6. SUORA TIETOKONEOHJAUS

CNC-ohjaus, kappaleiden suunnittelu ja NC-ohjelmien laatiminen tietokoneen avulla on luonut edellytykset siirtyä suoraan tietokoneohjaukseen, DNC:hen. Yhden tietokoneen ohjaamana tiedonsiirto useaan CNC-koneeseen on mahdollista. DNC:n etuja ovat tiedonsiirron ja virheellisten ohjelmien korjaamisen nopeutuminen, ohjelmatiedostojen tallentaminen keskustietokoneelle sekä mahdollisuus konepajan kokonaisintegrointiin. Myös muiden toimintojen, kuten interpoloinnin tai varatyökalujärjestelmän ohjaaminen on mahdollista tietokoneen avulla. /10, s.60/

Ulkopuolisen tietokoneen liittäminen Fanucin ohjaukseen on mahdollista sarjaportin kautta tai Ethernet-yhteyden avulla. Ethernet-yhteys voi muodostaa laajoja ja monimutkaisia verkkoja ja kehittyneissä järjestelmissä työstökoneiden ohjaaminen onnistuu internetin välityksellä. /3/

6.1. Tiedonsiirto työstökoneelle

Ohjelmien siirto työstökoneelle tapahtuu tavallisimmin sähköisesti kaapelia pitkin tai tallentamalla ne tietovälineelle, kuten levykkeelle tai muistikortille, jolta ohjelma syötetään ohjauksen muistiin. Vuorovaikutteisen ohjauksen avulla uusi työstöohjelma voidaan tehdä työstön aikana ja tallentaa suoraan ohjauksen muistiin tai muistista tietovälineelle myöhempää käyttöä varten. /14, s.48/

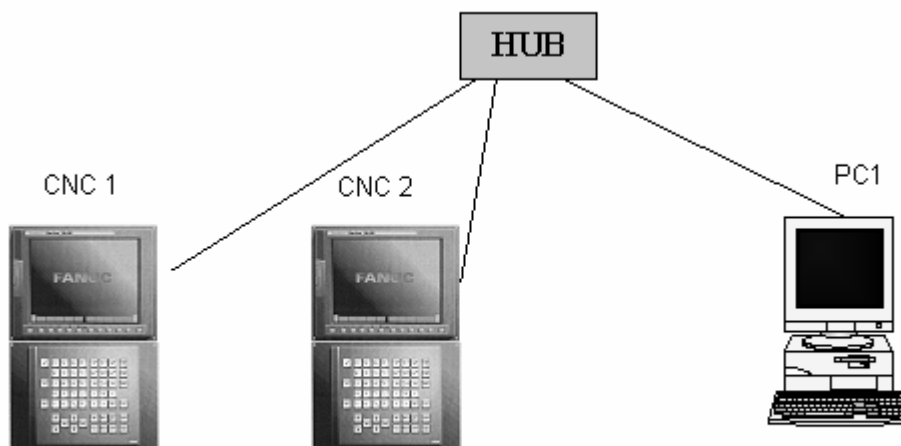
NC-koneet käyttävät yleisesti ISO 840 – standardin mukaista tiedostomuotoa, joka on yhdenmukainen ASCII-koodin kanssa. ASCII on binäärimuotoinen tietojenvälityskoodi laitteiden välillä, jossa sanan pituus voi olla 7 tai 8 databittiä ja pariteettibittejä voi olla 1 tai kaksi kappaletta. Näiden lisäksi käytetään ns.ohjauskoodeja, joita kutsutaan ohjelmalliseksi kättelyksi. Tietokoneissa puhutaan XON/XOFF-kättelystä ja Fanuc-ohjauksessa kontrollikoodeista CD1, CD2, CD3 ja CD4, joilla ohjataan tiedonsiirtoa NC:n ja tietokoneen välillä. /14, s.48/

Tiedonsiirron asetukset on tarkistettava vastaamaan käytettävää NC-ohjainta, mikrotietokonetta ja tiedonsiirto-ohjelmaa. NC-ohjaimessa voi olla valmis asetus tietyille tiedonsiirtotavalle tai tallennusvälineelle. /14, s.49/

Fanuc 18iT-B -ohjauksessa tiedonsiirto tapoina on lähiverkkoyhteyden muodostaminen ja ohjaus PCMCIA-liitännän kautta CompactFlash-muistikortilla. Muistikortilla tiedon siirto on huomattavasti hitaampaa kuin lähiverkkoyhteyden kautta, joten SMC Köping AB Haparandalla päädyttiin muodostamaan lähiverkkoyhteys käyttäen Ethernetin FTP-tiedonsiirtoa. Valmiit NC-ohjelmat tallennetaan tietokoneelle luotuun kansioon, josta ne jaetaan FTP-palvelimen kautta työstökoneelle. Tämä vaatii FTP-ohjelmiston asennuksen ja työstökoneen ohjauksen Ethernet-asetusten käyttöönoton.

6.2. Ethernet-yhteys

Vähimmäisvaatimukset FTP-tiedonsiirtoon ja pienen Ethernet-verkon luomiseen ovat tietokone, jolla FTP-palvelin toimii tiedon siirtäjänä ja CNC-sorvi, joka toimii asiakkaana FTP-serverille. Ethernet-verkko voidaan rakentaa kuten kuvassa 11, jossa yksi tietokone ohjaa useampaa työstökonetta. /3, s.626/



Kuva 11. Ethernet yhteys /3, s. 626/

Sisäisessä Ethernet-yhteydessä on mahdollisuus valita käyttötapa neljästä erilaisesta toiminnosta:

- FACTOLINK toiminto
- FOCAS1/Ethernet
- DNC1/Ethernet
- FTP –tiedoston siirto. /36, s.601/

6.2.1. FTP-tiedoston siirto

FTP file transfer -toiminnolla tiedostot siirretään FTP-palvelimen kautta. Tällä toiminnolla NC-ohjelmien ja erilaisten NC-tietojen lukeminen ja käyttö on mahdollista. Näitä tietoja ovat:

- NC-ohjelma
- NC-tiedostot
 - o parametrit
 - o työkalu offset (etäisyys) arvot
 - o työstökappaleen alkuperäiset offset arvot
 - o pitch error compensation (jakovirheen kompensointi)
 - o M-koodit
- historiatiedot
 - o operaatioiden historiatiedot. /3, s.605/

6.3. FTP-palvelin Cerberus

FTP on sovellusprotokolla, joka käyttää Internetiä tiedostojen siirtoon tietokoneiden välillä. FTP:tä käytetään tiedonsiirtoon silloin kun tarvitaan luotettavaa ja tehokasta tapaa välittää tiedostoja. /2/

Cerberus asennettiin tietokoneelle, jolle aiemmin oli asennettu WinCAM-ohjelmisto.

6.3.1. FTP-palvelimen asennus

FTP-palvelimen asennus aloitetaan lataamalla ohjelma tietokoneelle ja hyväksymällä lisenssisopimus. Tämän jälkeen valitaan kansio, jonne Cerberus FTP-palvelin asennetaan. /2/

Kun Cerberus käynnistetään ensimmäisen kerran, ilmestyy ruudulle Getting Started Wisard. Lisenssi-valinnoissa voi tällöin tehdä muutoksia, kuten valita Cerberuksen henkilökohtaiseen tai ammattilaiskäyttöön. /2/

Käyttäjät luodaan User Managerin alaisuuteen, jolloin heillä on mahdollisuus ladata ja tuoda tiedostoja ”c:\ftproot”-hakemistoon heidän omalta juuriasemalta. Käytettäessä oletusasetuksia ja anonyymejä käyttäjiä, kuka tahansa pääsee käsiksi palvelimelle ja sen alla oleviin tiedostoihin. Jättämällä ruudun ”create initial user” tyhjäksi, anonyymit käyttäjät eivät pääse käsiksi hakemistoon. /2/

Network Setup-näyttö havaitsee perusverkkoasetukset ja tarjoaa ohjeita asetusten muuttamiseen. Käyttäjä voi valita paikallisen, julkisen tai ulkoisen IP-osoitteen Internetistä. Useimmiten julkinen IP-osoite on eri kuin paikallisen tietokoneen IP-osoite ja ulkoinen osoite on suoraan reitittimelle. /2/

Cerberus FTP-palvelin tukee TLSv1/SSLv3 salausta. Jotta tuki toimisi, varmenne täytyy luoda serverille. Self-Signed Certificate on varmenne, jolla Cerberus voi käyttää turvattuja yhteyksiä ja tiedostojen siirtoja. /2/

6.4. DNC:n käyttöönotto

Konepajauudistusprojektin aikana työstökoneiden verkkokäyttö mahdollistettiin viemällä verkkokaapelit koneiden vierelle. NC-ohjelmien tiedonsiirtotavaksi valittiin FTP-tiedonsiirto ja koneille määriteltiin IP-osoitteet. FTP-palvelin Cerberus asennettiin tietokoneelle, jolle WinCAM-ohjelma oli aiemmin asennettu. WinCAMilla tehdyt ohjelmat tallennetaan tietokoneen kansioon, josta samalle koneelle asennetun FTP-palvelimen avulla ohjelmat haetaan työstökoneelle.

6.4.1. Ethernet yhteyden avaaminen työstökoneelle

Ethernet asennettiin työstökoneelle laittamalla ohjaus manuaalisen tieton syöttö (MDI) -tilaan ja painamalla SYSTEM-toimintonäppäintä. Jatkuva valikko (continuous menu) -näppäintä painamalla näytön oikeasta laidasta haettiin näytölle ETHPRM-valikko.

Näytölle ilmestyy Ethernetin parametrien asennus -näyttö ja käytettävissä olevat Ethernet-toiminnot. Ylemmällä rivillä on sisäänrakennetun Ethernet-toiminnotun tunnus. PCMCIA-kortti ja sisäänrakennettu Ethernet-portti näkyvät näytöllä, kuten kuvassa 12.



Kuva 12. Ethernetin näyttö /3, s.615/

Painamalla [EMBEDD] -näppäintä voidaan asettaa sisäänrakennetun Ethernet-portin parametrit. MDI – ja pehmytnäppäinten avulla voidaan lisätä ja päivittää tietoja. /3, s.615/



Kuva 13. Ethernetin tiedonsiirtoikkuna /3, s.616/

Sisäänrakennetulla Ethernetillä on oma MAC-osoite, koneelle määritellään oma IP-osoite, aliverkon peite ja reitittimen IP-osoite, kuten kuvassa 13 näkyy.

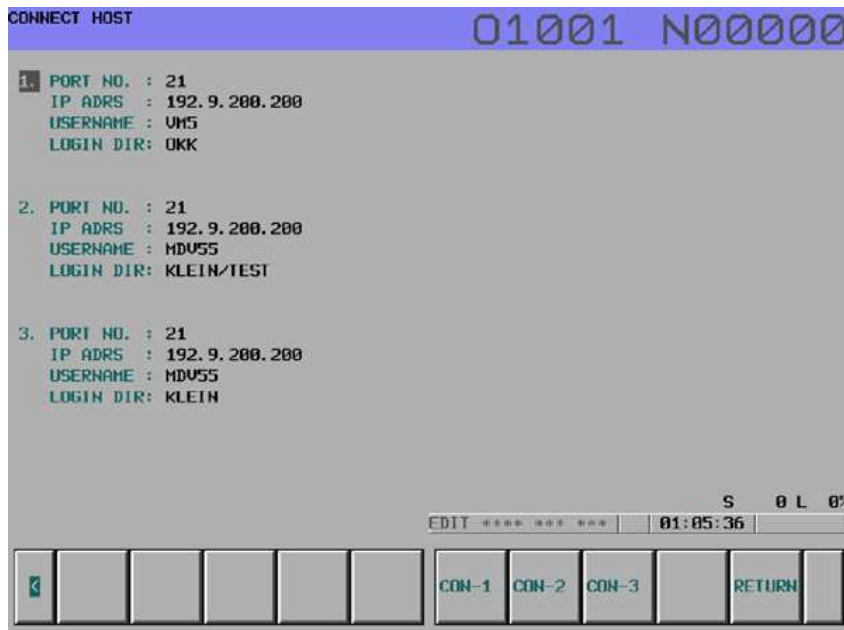
Kuvassa. 14 näkyvät tiedonsiirtoasetukset. Tiedostojen siirtoa varten asetukset voidaan rakentaa kolmelle tietokoneelle. Asetukset ovat:

- portin numero, joka yleisemmin on 21
- IP-osoite, isäntänä toimivan tietokoneen IP-osoite
- käyttäjänimi, jolla FTP-palvelimelle kirjaudutaan
- salasana FTP-palvelimelle. /3,s.624/



Kuva 14. Tiedostojen siirtoasetukset /3/

Tämän jälkeen määritellään tiedostopolku, jota FTP-palvelin käyttää. Kohta jätetään tyhjäksi, jos siirrettävät tiedostot ovat FTP-palvelimelle määritellyssä juurikansiossa./3, s.629/



Kuva 15. Asennetut yhteydet tietokoneilta työstökoneelle /3, s.652/

Asennuksen jälkeen Ethernet-verkon toimintaa voidaan valvoa ylläpitovalikon (maintenance) avulla. Yhteys tiettyyn koneeseen voidaan valita CON-1 -, CON-2 - ja CON-3 -painonäppäimillä. Painonäppäimet näkyvät näytöllä, kuten kuvan 15 alalaidassa.

NC-ohjelma luetaan asettamalla ohjaus EDIT-tilaan, jossa kone näyttää tiedostolistauksen. READ-näppäimen painamisen jälkeen ohjelman numero kirjoitetaan MDI-näppäimillä. Painamalla EXEC-näppäintä ohjelma latautuu koneen muistiin.

6.4.2. Yhteyden testaus

Ethernet-yhteyttä testattiin tallentamalla WinCAMilla avulla muokattu, työstökoneella jo kertaalleen ajettu makro-ohjelma (Liite 3) kansioon, jota FTP-palvelin jakaa työstökoneelle. Työstökoneen ohjauksesta ohjelma haettiin ohjauksen muistiin ja se testattiin ManualGuide i -simuloinnilla ohjauksen näytöllä. Ohjelma testattiin myös ajamalla se lause kerrallaan – ajolla.

7. WINCAMIN KÄYTTÖ TUOTANNON TEHOSTAMISEN KEINONA

Wincam-ohjelmalla voidaan NC-ohjelman teon lisäksi valita sorvauksen työmenetelmät, työstöarvojet ja työkalut. Ethernet-yhteyden käyttö mahdollistaa tiedonsiirron suoraan tietokoneelta työstökoneelle.

7.1.1. Työkalukirjaston laadinta

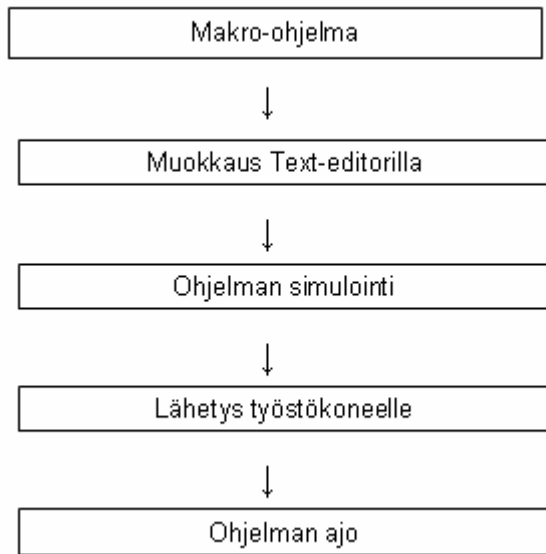
Työkalukirjaston avulla ylläpidetään ohjelmointi- ja simulointitoiminnon tarvitsemia tietoja työkaluista. Työkalukirjasto sisältää tiedon käytössä olevien työkalujen työstötavasta, muodosta sekä työstöarvoista. Simuloinnissa työkalun muoto on mahdollista saada näkymään simuloinnin aikana. Ohjelmointitoiminto tarvitsee tietoja lähinnä teräkulmista sekä työstöarvoista työstettävälle materiaalille. /9/

Työkalukirjaston avulla työkalujen paikat saatiin vakioitua työstökoneen työkalurevolveriin. Aiemmin työkalut olivat hyvin omavaltaisessa järjestyksessä koneen muistissa.

7.1.2. Tavanomaisten kappaleiden työstö ja NC-ohjelmien teko

SMC Köping AB Haparandalla työstökoneet seisovat koneistajan tehdessä ohjelmointia. Ohjelman luomiseen makrojen avulla heillä menee noin 15-20 minuuttia jokaista akselia kohden. Sorvit halutaan saada tuottavaan työhön ohjelmoinnin ajaksi ja onkin perusteltua muuttaa ohjelmointitapaa.

Konepajan tuotantohenkilöstöstä vain osalla on valmiudet makrojen avulla tehtävään NC-ohjelmointiin, WinCAMin käyttö perustuotteille on järkevää pitää edelleen makro-ohjelmointipohjaisena. Valmiit makro-ohjelmat voidaan siirtää WinCAMin tiedostoiksi ja niitä voidaan joustavasti hyödyttää ohjelman teossa. Kuvassa 16 on esitetty perustuotteiden ohjelmoinnin työnkulku.

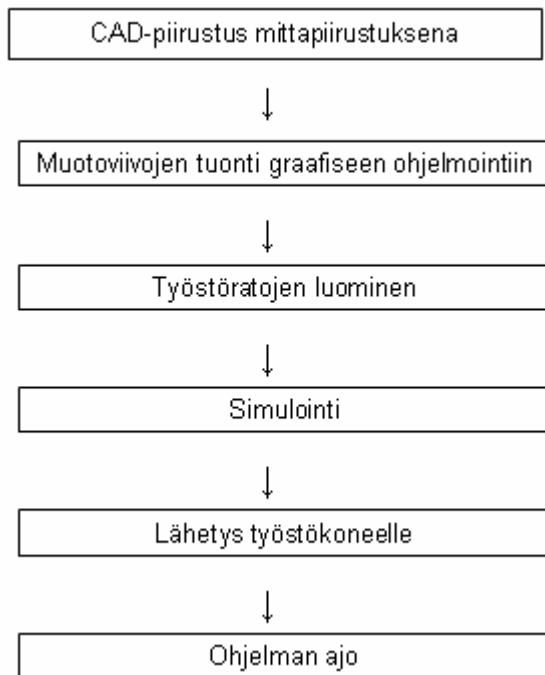


Kuva 16. Perustuotteiden ohjelmointi

7.1.3. Erikoistuotteiden suunnittelu ja ohjelmointi

Työpiirustukset eivät ole SMC Köping AB Haparandalla mittakaavaan piirrettyjä, vaan ne ovat mallin mukaisia kuvia, joissa mittaluvut on merkittynä. Työpiirustuksien teko yhteen tilaukseen kestää suunnittelijalta noin 50 minuuttia. Työpiirustuksien teko on hitaampaa piirtämällä ne mittakaavaan kuin käyttämällä valmista ohjelmoitua piirustusohjelmistoa.

Erikoistuotteiden osalta WinCAMissa voidaan hyödyntää graafista ohjelmointia makro-ohjelmaosien lisäksi. Tämä vaatii muutosta työpiirustusten tekoon, sillä koneistajilla ei ole riittävästi osaamista muotopiirustuksen luonnosteluun. Erikoistuotteiden työpiirustukset tulee erikoistuotteiden osalta tehdä mittakaavaan AutoCADilla ja siirtää ne WinCAMiin ohjelmointia varten. Erikoistuotteiden työkulku on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Erikoistuotteiden suunnittelu ja ohjelmointi

NC-koneistajien osaamistason nosto kouluttamalla heitä AutoCADin tai WinCAMin graafisen piirtämisen käyttöön ja graafiseen ohjelmointiin mahdollistaa myös graafisen ohjelmoinnin käyttöönoton.

8. YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda edellytykset tietokoneavusteisen valmistuksen käyttöönotolle ja NC-sorvien käyttösuhteen nostamiselle. Pienellä konepajalla henkilöstöresurssit ovat vähäiset ja koulutukseen sijoitetut panokset näkyvät nopeasti. Oman haasteensa uuden toimintatavan käyttöönotolle tuo käytössä olevien toimintatapojen kokeminen riittäviksi.

Konepajan tuotannontyöntekijöistä neljä koulutettiin vuoden 2008 aikana Fanucin ohjausjärjestelmän käyttöön ja ohjelmointiin. Konepajalla käytössä oleva ohjelmointitapa, makro-ohjelmointi on sopiva sekä koneistajille että tuotteille. Konepajan tuotteiden läpäisy aika solumuotoisessa tuotannossa nähtiin kuitenkin liian hitaaksi ja koneistusajat liian pitkiksi. Kesän 2010 aikana sorvaussolun ohjelmointi-, koneistus- ja asetusaikoja mitattiin. Etenkin akseleiden ohjelmointi työstökoneen ollessa pysäytettynä heikensi koneen käyttökapasiteettia. Akseleiden ohjelmointi onkin tarpeellista siirtää tehtäväksi tietokoneavusteisena ohjelmointina.

Siirtyminen tietokoneavusteiseen ohjelmointiin tehostaa solumuotoisen tuotantoa. Valmiin ohjelman lataaminen ohjauksen muistiin mahdollistaa monikonekäytön ja keskeneräisen työn määrä välivarastoista saadaan vähenemään. Samalla tuotantosolun tuotteiden läpimenoaika lyhenee.

Tietokoneavusteinen ohjelmointi voidaan edelleenkin tehdä fyysisesti koneen vierellä tai konepajan konttorissa. Ohjelmien siirtäminen testattiin työstökoneen ohjauksen ja tietokoneen välillä. Tiedonsiirto WinCAMin ja työstökoneen välillä on helppoa tiedonsiirtotavaksi valitun FTP:n avulla. Tietokoneen tuominen työstökoneiden vierelle mahdollistaa koneistuksen aloittamisen ja lopettamisen kirjaamisen tuotannonohjausjärjestelmään. Samalla valmistuksen läpinäkyvyys lisääntyy ja keskeneräisen työn määrää voidaan tarkkailla.

Konepajan tuotantotyöntekijöille ja toimihenkilöille tehtiin kaksi osaamiskartoitusta. CAD-CAM -järjestelmän käyttöönotto vaatii osaamista sekä koneenpiirustuksesta, NC-ohjelmoinnista ja järjestelmien hallinnasta. Konepajan toimihenkilöillä ei ole riittävää

osaamista ohjelmien luomiseen. Fanucin käyttöjärjestelmän ja ohjauksen hallinta, lastuavan työstön tuntemus, sekä työkalujen ja työjärjestyksen osaaminen näkyivät osaamiskartoituksissa koneistajien vahvuuksina. Tämän vuoksi onkin tarpeellista lisäkouluttaa koneistajia tietotekniikan perusteisiin ja käyttämään WinCAM-ohjelmaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda uusi toimintamalli NC-ohjelmien tekoon. Ohjelmointitapana makro-ohjelmointi on perusteltua säilyttää, mutta se tulee siirtää tehtäväksi WinCAM-ohjelmistolla. Erikoistuotteiden osalta ohjelmointi graafisen ohjelmoinnin avulla vaatii kuitenkin muutoksen piirustusten tekotapaan, jolloin tuotteiden työpiirustukset AutoCADilla tulee tehdä mittakaavapiirroksina. Tietokoneavusteinen ohjelmointi mahdollistaa kappalekohtaisten ohjelmien tallentamisen, jolloin ohjelmaa voidaan käyttää tarvittaessa uudelleen.

9. LÄHDELUETTELO

/1/ Camtek OY, [<http://www.camtek.fi/>], 20.10.2010

/2/ Cerberus, How to Setup an Secure FTP Server with Cerberus FTP Server [<http://www.cerberusftp.com/tutorial/how-to-setup-an-ftp-server.html>], 20.10.2010

/3/ FANUC, Maintenance manual Series 16i/160i/160is/18i/180i/180is/21i/210i/210is-Model B, B-63525EN/02-ohjekirja, Fanuc LTD Japani, 2007

/4/ Ihalainen Erkki, Aaltonen Kalevi, Aromäki Mauri, Sihvonen Pentti, Valmistustekniikka, 8. painos, Hakapaino OY Helsinki, 2000

/5/ Haverila Matti J., Uusi-Rauva Erkki, Kouri Ilkka, Miettinen Asko, Teollisuustalous, 5. painos, Tammer-Paino Oy Tampere, 2005

/6/ Hietikko Esa, Tietokoneavusteinen tuotesuunnittelu, 1.painos, Otatieto, 1996

/7/ Karvonen Matti, Fanucin työstökoneohjauksen uudet ominaisuudet, kandintyö [<http://ww.doria.fi/bitstream/handle/10024/36536/fanuc2.pdf?sequence=1>], 9.4.2011

/8/ Lapinleimu Ilkka, Kauppinen Veijo, Torvinen Seppo, Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät, 1.painos, WSOY-kirjapainoyksikkö, 1997

/9/ Nieminen Harri, Wincahel- WinCAM-sorviohjelmiston käyttöohje, 2007

/10/ Pikkarainen Eero, NC-tekniikan perusteet, Hakapaino OY, 1999

/11/ Roundtop Machinery Industries CO, LTD, Johnford, [<http://www.johnford.com.tw/>], 25.4.2011

/12/ Sandvik kotisivut, [<http://www.sandvik.com>], 10.1.2010

/13/ Sandvik Mining and Construction Haparanda AB esittelydiat, 26.8.2009

/14/ Vesämäki Hannu, Lastuavan työstö NC-ohjelmointi, 3.painos, Teknologiainfo Teknova OY, 2007.

10. LIITELUETTELO

LIITE 1 Tietoteknisten taitojen osaamiskartoitus

LIITE 2 Henkilökohtaisen osaamisen arviointi

LIITE 3 Testiohjelma