

Mikko Esko

Hitsaus ja koneistus FMS-järjestelmällä

Opinnäytetyö

Syksy 2009

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Mikko Esko

Työn nimi: Hitsaus ja koneistus FMS-järjestelmällä

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2009

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämä opinnäytetyö tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun konelaboratoriolle. Työssä tutustutaan taustatietona erilaisiin joustaviin valmistusjärjestelmiin sekä niiden rakenteisiin, koneisiin ja osiin.

Opinnäytetyössä tutustutaan tarkemmin Seinäjoen ammattikorkeakoulun konelaboratorion FMS-järjestelmään. Työssä tehdään erään osan hitsaus- ja koneistussuunnitelma.

Opiskelijoille tehtiin kyselytutkimus konelaboratorion nykytilan selvittämiseksi, ja sen toiminnan sekä opetuksen kehittämiseksi. Kyselytutkimus tehtiin kone- ja tuotantotekniikan opiskelijoille. Lopuksi käydään läpi tutkimushaastattelun tuloksia.

Asiasanat: joustava tuotanto, lastuava työstö, hitsaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Mikko Esko

Title of the thesis: Welding and machining with Flexible Manufacturing System

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2009

Number of pages: 32

Number of appendices: 0

This thesis has been prepared for the Machine Laboratory of School of Technology of Seinäjoki University of Applied Sciences. As background information this thesis deals with various flexible manufacturing systems and their structures, machinery and parts.

This thesis includes a further familiarization to the flexible manufacturing system of the Machine Laboratory. As well as being a specific workpiece, it is about process planning, welding and machining.

The students were surveyed to develop the usage and teaching of the Machine Laboratory and to define its current condition. The inquiry was responded by the students of the Mechanical and Production Engineering Degree Programme. Finally the study goes through the interview results.

Keywords: flexible manufacturing, welding, machining with chip removal

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO.....	9
1.1 TYÖN TAUSTA.....	9
1.2 TYÖN RAKENNE	9
2 FMS-JÄRJESTELMÄ.....	10
2.1 FMS:N TYYPIT	10
2.1.1 FMU.....	11
2.1.2 FTL.....	11
2.1.3 FMS.....	11
2.2 FMS:N RAKENNE.....	12
2.2.1 Työstökoneet ja työasemat.....	12
2.2.2 Materiaalinkäsittelyjärjestelmä.....	13
2.2.3 Varastot ja kuljettimet.....	14
2.2.4 Ohjausjärjestelmä.....	14
3 VALMISTUKSENSUUNNITTELU.....	15
3.1 TUOTANTOJÄRJESTELMÄ.....	16
3.1.1 Koneistuskeskus.....	16
3.1.2 Robottisolu.....	18
3.1.3 Hyllystöhissi.....	19
3.1.4 Ohjausjärjestelmä.....	21
3.2 TYÖKAPPALE.....	22
3.3 TYÖVAIHEET.....	22
3.3.1 Hitsaus.....	23
3.3.2 Kappaleen kiinnitys palettiin.....	24
3.3.3 Koneistus.....	24

3.3.4 Purseiden poisto ja pesu.....	26
4 TUTKIMUS KONELABORATORION KEHITTÄMISEKSI.....	27
4.1 KYSYMYKSET.....	27
4.2 HAASTATTELUN TULOSTEN ANALYSOINTI.....	28
4.3 TUTKIMUKSEN YHTEENVETO.....	29
4.4 OMAT POHDINNAT.....	30
5 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET.....	32

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<i>FMS</i>	Joustava valmistusjärjestelmä
<i>FMU</i>	Joustava valmistusyksikkö
<i>FTL</i>	Joustavasti automatisoitu transfer-linja
<i>MMS</i>	Ohjausjärjestelmä
<i>NC</i>	Numeerisesti ohjattu
<i>CAD</i>	Tietokoneavusteinen suunnittelu
<i>CAM</i>	Tietokoneavusteinen valmistus
<i>Heftaus</i>	Heftaus, heppaus on pistehitsaus, jolla liitetään kappaleet toisiinsa. Heftauksen tarkoitus on pitää hitsattavat kappaleet kiinni toisissaan hitsauksen ajan.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. Kitamura Mycenter HX500.....	17
KUVIO 2 . Fanuc R2000iB/165 -teollisuusrobotti.....	18
KUVIO 3. Fastems hyllystöhissi.....	20
KUVIO 4. Fastems -ohjausjärjestelmä -kaavio.....	21
KUVIO 5. Koneistamaton laakerikehys.....	22

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Konelaboratorioon hankittiin uusi FMS-järjestelmä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää FMS-järjestelmällä valmistettavan kappaleen valmistuksessa ja valmistuksen suunnittelussa huomioon otettavat asiat. Aihe rajattiin siten, että tarkemmin tutustuttiin tietyn kappaleen valmistukseen kyseisellä FMS-järjestelmällä. Lopuksi tutkimusosiossa selvitettiin oppilaiden mielipiteitä ja kehitysideoita koskien konelaboratoriota.

1.2 Työn rakenne

Ensimmäisessä osiossa tutustutaan FMS-järjestelmän määritelmiin ja erilaisiin FMS-järjestelmiin. Sitten tutustutaan FMS:n rakenteeseen ja sen osiin ja laitteisiin. Valmistuksen suunnitteluosiossa tutustutaan ensin konelaboratorion FMS-järjestelmään ja kappaleen valmistuksessa tarvittaviin laitteisiin sekä työkappaleeseen. Seuraavaksi käydään läpi työvaiheet, jotka ovat hitsaus, kappaleen kiinnitys palettiin, koneistus ja lopuksi purseiden poisto ja pesu. Viimeisessä tutkimusosiossa haastateltiin kone- ja tuotantotekniikan opiskelijoita tavoitteena selvittää opiskelijoiden mielipiteitä laboratoriosta ja sen nykytilasta, sekä ideoita konelaboratorion ja opetuksen kehittämiseksi.

2. FMS– JÄRJESTELMÄ

FMS eli joustava valmistusjärjestelmä tulee sanoista Flexible Manufacturing System. FMS-tekniikan kehitys on alkanut 1960-luvulla ja siihen ovat olleet osallisina kaikki konepajatekniikan johtavat maat.

Joustavalle valmistusjärjestelmälle on monia määritelmiä. Lapinleimu (1997, 154.) painottaa valmistusjärjestelmässä valmistettavia tuotteita. Teoksessa FMS:llä tarkoitetaan valitun osaperheen valmistamiseen suunniteltua, pitkälle automatisoitua ja yhtenä yksikkönä toimivaa NC-koneryhmää. Yleisesti ottaen joustava valmistusjärjestelmä on ryhmä työstökoneita, jotka on yhdistetty materiaalinkäsittely- ja tietojärjestelmään. Järjestelmä on yleensä automatisoitu niin pitkälle, että se pystyy toimimaan keskeytyksettä sekä hyödyntämään miehittämättömiä jaksoja.

Teoriassa joustava valmistusjärjestelmä voidaan ajatella tuotantoyksiköksi, johon syötetään tietoa ja materiaalia ja joka valmistaa siitä halutut tuotteet sekä kertoo tietoja tuotteista ja työntilasta. Joustavassa valmistusjärjestelmässä on siis valmiudet ja laitteet tiedonhallintaan, materiaalin käsittelyyn ja työstöön. (Hakola 2001, 4.)

2.1 FMS:n tyypit

Joustavien valmistusjärjestelmien jaotteluun ja määrittelyyn on useita eri tapoja, joista osa on jo vanhentuneita ja toiset osittain päällekkäisiä. Lapinleimu (1997, 154.) jakaa FMS:t kolmeen ryhmään: FMU:hun, FTL:ään ja varsinainen FMS:ään.

2.1.1 FMU

FMU (Flexible Manufacturing Unit) eli joustava valmistusyksikkö on tyypillisin FMS. Se koostuu yhdestä automaattisesta työstökoneesta, joka on materiaalin- ja tiedonhallinnan osalta liitettävissä muuhun järjestelmään. Yleisimmät FMU:t ovat FTU (Flexible Turning Unit) eli automatisoitu sorvausyksikkö ja MCU (MC, Machining Center) eli täysautomaattinen koneistuskeskus.

2.1.2 FTL

FTL (Flexible Transfer Line) eli joustavasti automatisoitu transfer-linja, on uudempi versio vanhasta jäykästä transfer-linjasta, jossa vanhat työstökoneet on korvattu NC-ohjatuilla koneilla, mutta työstövaihejärjestys pysyy samana. FTL on läpäisyajaltaan lyhyt, mutta jäykähkö ja siksi se edellyttää suurta määrää samantyyppisiä kappaleita. FTL on materiaalinkäsittelyn kehityksen vuoksi jo osittain vanhanaikaiseksi jäänyt järjestelmä, mutta tietyissä sovelluksissa sille on vielä paikkansa.

2.1.3 FMS

Varsinaisessa FMS:ssä kappaleen reitti on täysin ohjelmoitavissa ja se koostuu useammasta NC-työstökoneesta, automaattisesta työkalujen käsittelystä ja automaattisesta materiaalinkäsittelystä. Suurin osa FMS:istä perustuu koneistuskeskuksiin ja paletteihin. Kappale pyritään saamaan valmiiksi yhdellä kiinnityksellä palettiin. Jos se ei ole mahdollista, kappale joudutaan kiinnittämään uuteen asentoon ja lähettämään uudelleen koneistukseen, jolloin läpimenoaika kasvaa. Järjestelmän materiaalinhallinta perustuu automaattiseen varastointi- ja kuljetusjärjestelmään, mikä sitoo järjestelmän yhdeksi kokonaisuudeksi. Lisäksi FMS:ään kuuluu tiedonhallintajärjestelmät, jotka mahdollistavat järjestelmän ohjauksen ja tuotannonhallinnan. Lisäksi järjestelmän on oltava liitettävissä automatisoidun tehtaan tietojärjestelmään.

FMS:lle on tyypillistä:

- Se koostuu yhdestä tai useammasta NC-koneesta.
- Kappaleen käsittely ja kuljetus sekä työkalun vaihto on automatisoitu.
- Se pystyy hyödyntämään miehittämättömät jaksot.
- Erilaisia työkappaleita voi olla useita satoja ja yhden kappaleen erät ovat mahdollisia.
- Työkappaleiden reitti on vapaa eli työstövaihejärjestys on valinnainen.
- Uusia työkappaleita voidaan lisätä järjestelmään ilman suurempia muutoksia tai ongelmia.
- Järjestelmää voi laajentaa vaiheittain eli siihen voi lisätä uusia koneita ja laitteita jälkeenkäynnä. Koneita voidaan käyttää myös yksittäisinä moduuleina.

2.2 FMS:n rakenne

Joustavat valmistusjärjestelmät ovat usein pitkälle modulaarisia ja tämän vuoksi ne usein jaetaan osiin.

1. työstökoneet ja työasemat
2. materiaalinkäsittely järjestelmä
3. varastot ja kuljettimet
4. ohjausjärjestelmä

2.2.1 Työstökoneet ja työasemat

Lähes kaikenlaiset NC-työstökoneet voidaan liittää joustavaan valmistusjärjestelmään, tyypillisimpiä ovat kuitenkin koneistuskeskukset ja monitoimisorvit. Joustavan valmistusjärjestelmän asettamia vaatimuksia siihen liitettäville työstökoneille ovat: liitettävyyden muuhun järjestelmään, luotettavuus ja tarkkuus, monipuolinen NC, automaattinen työkappaleen vaihto, automaattinen työkalun vaihto ja valvontatoiminnot.

Joustavuuden saavuttamiseksi NC-koneiden työkalumakasiinien on oltava suuria ja vaihdon automaattista. Työkalunvaihtajalle asetettuja vaatimuksia ovat: varmatoimisuus, nopeus, kyky käsitellä erilaisia ja erikokoisia työkaluja sekä työkalun puhdistus ennen karaa ja makasiinia, ja lisäksi se ei saa rajoittaa työkalumakasiiniratkaisuja.

Työkappaleen vaihto tapahtuu yleensä paletinvaihtajan, robotin, portaalipanostajan, manipulaattorin tai kuljetuslaitteen avulla. Paletinvaihtajan käyttö perustuu siihen, että paletti toimii yhdenmukaisena välikappaleena työkappaleen ja järjestelmän välillä.

Tyypillistä paletinvaihtajalle on, että siinä on toimituspisteet sekä tuleville että lähteville kappaleille sekä yhden kappaleen puskurivarasto. Paletti soveltuu parhaiten prismaattisille kappaleille ja sitä voi käyttää varastointiin, siirtoon, kiinnitykseen ja tunnistukseen. Robotit, portaalipanostajat ja manipulaattorit soveltuvat parhaiten pyörähdykappaleille, jotka siirretään suoraan koneen istukkaan tai kiinnittimeen.

Työasemia ovat myös palettien panostus- ja purkuasemat. Niissä työkappaleet kiinnitetään paletteihin ja irroitetaan työstön jälkeen ja panostus ja purku voi tapahtua käsin tai robotilla. Muita järjestelmään liitettäviä työasemia voivat olla esimerkiksi pesukoneet, mittausasemat ja jäysteenpoistoasemat. (Hakola, 2001, 7.)

2.2.2 Materiaalinkäsittelyjärjestelmä

Materiaalinkäsittelyjärjestelmän tehtävänä on kuljettaa työkappaleita työstökoneiden, kiinnitysasemien ja varastojen välillä haluttuun aikaan ja valittua reittiä pitkin. Materiaalinkäsittelylle on asetettu paljon vaatimuksia, jotka sen on täytettävä.

1. Järjestelmän on kyettävä siirtämään aihio tai osa kaikilta työasemilta mille tahansa työasemalle. Tämä mahdollistaa erilaiset työkierrot esimerkiksi konerikkotapauksissa.
2. Järjestelmän on kyettävä käsittelemään kaikkia valmistettavia kappaleita koosta tai muodosta riippumatta. Tätä voidaan helpottaa paleteilla ja erikoiskiinnittimillä, kuormalavoilla, kuormalaatikoilla, asemointituellisilla lavoilla ja kaseteilla.
3. Järjestelmän on kyettävä toimimaan myös puskurivarastona miehittämätöntä käyttöä varten.
4. Kappaleiden sisään- ja ulosyötön tulee olla helppoa ja joustavaa ja latausasemia tulee olla riittävästi.
5. Materiaalinkäsittelyjärjestelmän tulee olla täysin tietokoneohjattu, jotta se voidaan liittää muuhun tehtaan tuotannonohjausjärjestelmään. (Pikkarainen 1999, 136.), (Hakola 2001, 12.)

2.2.3 Varastot ja kuljettimet

FMS:n varastojen tehtävänä on säilyttää aihioita, valmiita kappaleita, puolivalmisteita sekä paletteja ja kiinnittimiä. FMS:n varastot erottuvat tavanomaisista varastoista lähinnä niiden kuljetusjärjestelmien ja automaation johdosta. Hyvän kuljettimen ominaisuuksia ovat tarkka ja varma paikoitus, toimintavarmuus, yhteensopivuus muiden koneiden kanssa, turvallisuus ja automaattisuus sekä manuaalikäytön mahdollisuus. Näihin tarpeisiin on kehitetty erilaisia kuljetinjärjestelmiä, vihivaunut ja hyllystöhissit.

Yleisimpiä kuljettimia ovat rulla-, ketju- ja pyöräkuljettimet. Kuljetinjärjestelmät ovat yleensä edullisia ja oikeassa käytössä myös tehokkaita, mutta niiden joustavuus ja muokattavuus ovat huonoja.

Vihivaunu on akkukäyttöinen, automaattisesti liikkuva vaunu, joka seuraa lattiaan upotettua sähköjohtoja, joilla sen ohjaus on perinteisesti toteutettu. Nykyaikaisemmissa vihivaunujärjestelmissä on radio-ohjaus tai kuten Roclan uusissa automaattitrukeissa ohjaus on toteutettu lattiaan kiinnitettävillä magneetti-merkeillä tai lasernavigoinnilla. Vihivaunu voidaan varustaa myös nostolaitteella, jolloin sitä voidaan käyttää monitasoisen hyllystön siirtolaitteena. Parhaimmillaan vihivaunut ovat suurten varastojen kuljetusjärjestelminä, solujen sisäisiin siirtoihin ne ovat liian suuria ja kömpelöitä.

Hyllystöhissi on erittäin käyttökelpoinen ja tehokas varastoratkaisu, jos työstökoneet voidaan liittää suoraan hyllystön yhteyteen. Hyllystöhissin etuja ovat nopeus ja hyvä paikoitustarkkuus ja se säästää lattiapinta-alaa, pakkaa suhteellisen tiiviisti ja sillä on selkeä ohjattavuus. Hyllystöhissi voi myös huolehtia lastuamismesteen ja lastujen keruusta. Rajoittavana tekijänä on kiskoilla kulkevan siirtovaunun palvelukyky. (Lapinleimu 1997 169-171.), (Hakola 2001, 12-14.)

2.2.4 Ohjausjärjestelmä

FMS:n joustavuus on pitkälti tehokkaan ohjauksen ansiota. Sen mahdollistaa keskusohjausjärjestelmä, joka sitoo järjestelmän yhdeksi kokonaisuudeksi. Ohjausjärjestelmän tehtäviä ovat: työstön ohjaaminen, varaston ja kuljetuksen ohjaaminen,

materiaalinkäsittelyn ohjaaminen, työkalujärjestelmien ohjaukset, valmistuksen ohjaaminen, valvonta ja tiedon keruu. Ohjausjärjestelmältä vaaditaan luotettavuutta, helppokäyttöisyyttä, monipuolista tilastointia ja diagnosointia, hyvät laajentamismahdollisuudet, liitännäismahdollisuus muihin tietojärjestelmiin ja FMS-järjestelmän tehokasta käyttöä.

Ohjausjärjestelmän toteutukseen on kaksi vaihtoehtoa: hajautettu tai keskitetty ohjaus, jotka molemmat ovat tietokoneohjattuja. Hajautetussa ohjauksessa koneet toimivat oman ohjauksensa avulla, mutta ovat liitettynä keskuohjaukseen toiminnan tahdistamiseksi ja valvonnan helpottamiseksi. Keskitetty ohjaus on jo siirtymässä historiaan, mutta sitä käytetään vielä vanhemmissa järjestelmissä, joissa koneiden oma ohjaus ei kykene itsenäiseen toimintaan. (Hakola 2001, 19-20.)

3. VALMISTUKSEN SUUNNITTELU

Tuotantotekninen suunnittelu soveltaa uudet tuotteet tuotantojärjestelmään ja luo valmiudet tuotannolle. Valmistuksen suunnittelun lähtökohtina on tuotantojärjestelmä ja tuotesuunnittelun tekemät tuotetiedot ja muut laatuvaatimukset. Valmistus pyritään toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti, nopeasti ja laadukkaasti.

Tuotetiedoista yleensä selviää tuotteen rakenne, loppukokoonpano, osakokoonpanot, osaluettelo ja ainestarpeet. Tuotetiedoista selviävät myös osien muut tiedot, joita ovat geometria ja mitat, materiaali ja lämpökäsittelyt, toleranssit, pintakäsittelyt, muut laatumääritteet sekä aihiopiirustukset.

Valmistuksen suunnittelussa tuotetietoihin lisätään työn vaiheet ja niiden sisällöt, tarvittavat koneet, tarvittavat erikoistyövälineet sekä NC-ohjelmat. Kaikki työvaiheet on pyrittävä tekemään samassa solussa. Valmistuksen suunnittelu on hyvä tehdä yhteistyössä tuotesuunnittelun kanssa. (Lapinleimu 1997, 312-313.)

3.1 Tuotantojärjestelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty Seinäjoen ammattikorkeakoulun konelaboratorion FMS-järjestelmälle. Konelaboratorion FMS-järjestelmään kuuluvia koneita ja laitteita ovat vaakakarainen koneistuskeskus, särmäyspuristin, Mig/Mag-hitsauslaitteisto, kaksi teollisuusrobotia ja hyllystöhissi. FMS-järjestelmän lisäksi konelaboratorion muita koneita ovat levytyökeskus laserleikkaukseen ja lävistykseen, Mig/Mag-, puikko-, kaasu-, Tig- ja orbitaalihitsauslaitteet, manuaalisorvi, työkalujyrsinkone, saha, levyleikkuri ja 3D-tulostin. Konelaboratorion koneet ja laitteet on tarkoitettu pääasiassa opetuskäyttöön sekä tutkimus- ja kehitystoimintaan lähialueen yrityksille.

3.1.1 Koneistuskeskus

Kitamura Mycenter HX500 on vaakakarainen 4-akselinen koneistuskeskus, joka on varusteltu kaksipaikkaisella paletinvaihtajalla ja 50 työkalun makasiinilla. Lisävarusteita ovat karan öljyjäähdytys, sumujäähdytyslaite, 3-suuttiminen ohjelmoitu jäähdytys ja automaattinen työkalurikon tunnistin.



Kuvio 1. Kitamura Mycenter HX500. (Kitamura machinery Co)

Tekniset tiedot:

1. Pöydän koko:	500 x 500 mm
2. Liikematkat(X,Y,Z):	870 x 710 x 660 mm
3. Karan pyörimisnopeus:	35 ~ 12000 k/min
4. Työkalumakasiini:	50 työkalua
5. Työkalun vaihtoaika:	2.5 s
6. Pikaliike:	50 m/min

3.1.2 Robottisolu

Solussa on kaksi Fanuc R2000iB/165 teollisuusrobottia, joista toinen on varustettu ArcTool-hitsausohjelmistolla. Ohjausjärjestelmänä on R-30iA, jossa ohjelmointi tapahtuu opetusyksiköllä tai off-line-PC-etäohjelmointina ethernetin kautta. Lisävarusteina ovat robottihitsauslaitteisto, 2-akselinen Fanuc-pyörityspöytä, paikoitus- ja otteenvaihtoteline, kamerajärjestelmät, lasertunnistimet, erilaisia tarttuvia ja tarttujan vaihtajat sekä harjakone purseiden poistoon.



Kuvio 2. Fanuc R2000iB/165-teollisuusrobotti.

Teknisiä tietoja:

1. vapausasteita	6 kpl
2. kappaleenkäsittelykyky	165 kg
3. toistotarkkuus	+/- 0,2 mm
4. toimintasäde	2655 mm

3.1.3 Hyllystöhissi

Fastems MLS-MD-monitasojärjestelmä (Multi Level System - Medium Duty) on kolmetasoinen varasto hyllystö, jossa on paikat 8:lle konepaetille ja 25:lle materiaalilavalle. MLS-MD-järjestelmän modulaarinen rakenne sallii myöhemmin tehtävät laajennukset. Nopea paletin siirto soveltuu hyvin työstökoneille joiden työstöaika on lyhyt. Monitasojärjestelmä on varustettu DMC-MD-hyllystöhissillä ja LSM-MD latausasemalla.



Kuvio 3. Fastems-hyllystöhissi.

Järjestelmän kuormakoot:

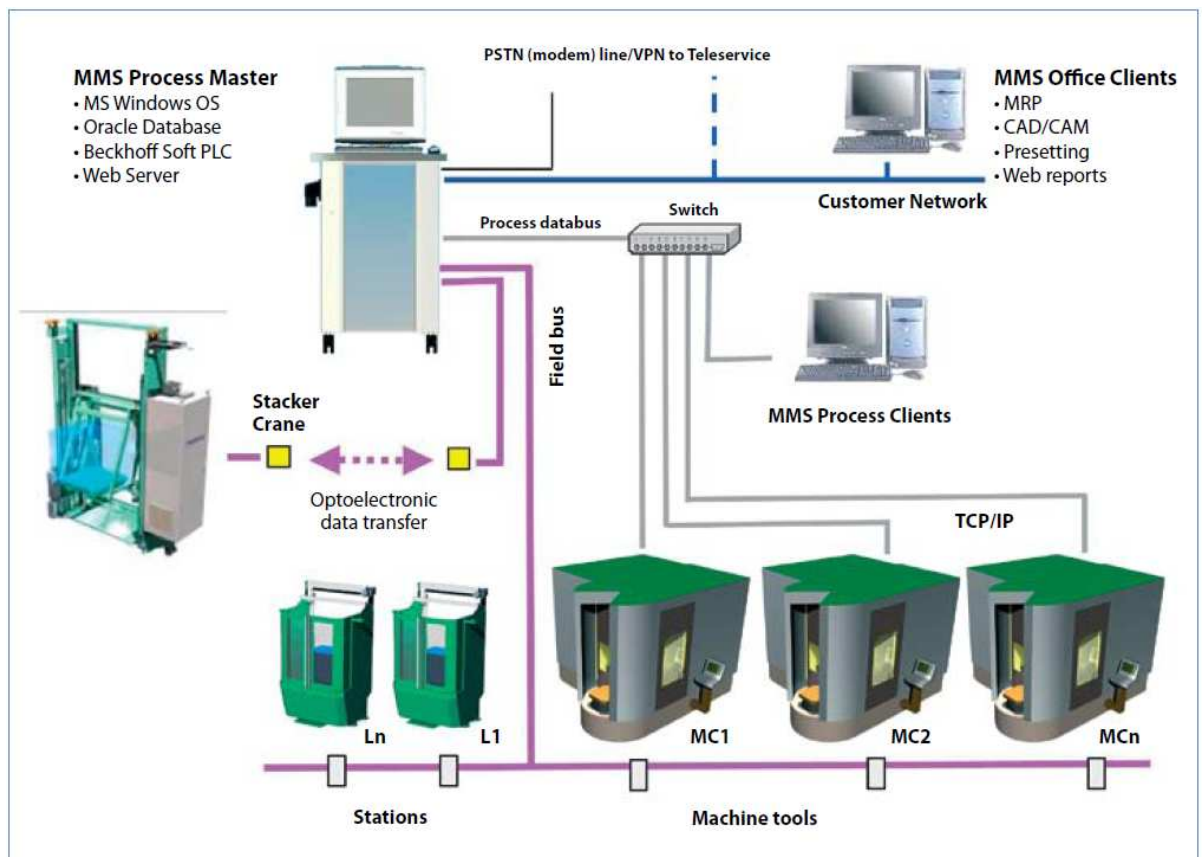
Paletin koko:	500 x 500 mm
Materiaalilavan max koko:	800 x 1200
Kuorman max koko:	800 x 800 mm
Kuorman max korkeus:	1200 mm
Kuorman max paino:	1500 kg

Hyllystöhissin teknisiä tietoja:

Kulkunopeus:	0-2,5 m/s
Kiihtyvyyys:	0-0,5 m/s ²
Toistotarkkuus:	+/- 2 mm
Nostonopeus:	0-0,7 m/s
Kuormankäsittelyaika	11-19 s

3.1.4 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä on Fastems MMS (Manufacturing Management System) Enterprise. Järjestelmäohjain (Process Master -tietokone) käyttää Windows 2003 Server -käyttöjärjestelmää, mutta ohjelmisto toimii myös Windows XP -käyttöjärjestelmissä. Ohjelmisto sisältää Oracle-, Twincat- ja Netop host -lisenssit sekä MMS Enterprisesin MMS Process ja MMS Planning -sovellukset.



Kuvio 4. Fastems -ohjausjärjestelmä -kaavio. (Fastems oy)

3.2 Työkappale

Työkappaleena on laakerikehys, joka kootaan neljästä osasta hitsaamalla ja josta sitten koneistetaan pohja ja itse laakeripesä. Osat ovat polttoleikattuja ja ne tulevat valmiina setteinä aseteltuina lavoille, jotka voi suoraan ladata hyllystöhissiin.



Kuvio 5. Koneistamaton laakerikehys.

3.3 Työn vaiheet

Ensimmäiseksi suunnitellaan kappaleen reitti järjestelmässä. Tässä tapauksessa kappale kootaan ensin hitsaamalla, jonka jälkeen robotti kiinnittää sen palettiin, joka jatkaa koneistuskeskukseen koneistettavaksi. Tarvittaessa työvaiheisiin voidaan lisätä purseiden poisto robotilla tai pesu koneistuksen jälkeen teollisuuspesukoneella, joka ei ole kuitenkaan kytketty FMS-järjestelmään.

3.3.1 Hitsaus

Hitsauksen suunnittelu alkaa hitsaus jigin suunnittelulla ja materiaalinkäsittelyrobotin tarttujan valinnalla. Toinen robotti on varustettu MIG/MAG -hitsauslaitteistolla. Pohjalevy kiinnitetään suoraan hitsauspöytään (Fanuc -pyörityspöytä) ja kiinnitetään paineilmasylintereillä. Tarttujaksi soveltuu esimerkiksi Schunk PGN 125-1 plus -sormitarttuja.

Ohjelmoinnin voi tehdä joko robotin opetusyksiköllä tai se voidaan tehdä tietokoneella simulointiohjelman avulla.

Kokoonpanoheftauksessa materiaalinkäsittelyrobotti tuo pohjalevyn materiaalilavalta hitsauspöydälle, jossa se kiinnittyy paineilmasylinterin avulla oikealle paikalleen. Materiaalinkäsittelyrobotti tuo myös muut osat paikoilleen ja hitsausrobotti suorittaa samalla jokaisen heftauksen. Sen jälkeen hitsausrobotti tekee varsinaisen kokoonpanohitsauksen eli hitsaa kaikki saumat umpeen. Tämän jälkeen materiaalinkäsittelyrobotti siirtää kappaleen hitsattujen kappaleiden lavalle. Vaihtoehtoisesti hitsausrobotti vaihtaa sormitarttujan ja kiinnittää kappaleen suoraan palettiin, jos kappale menee suoraan koneistukseen.

Ensimmäisen kappaleen jälkeen on hyvä tarkistaa, että sauma on ohjeen mukainen pienahitsi, 3 mm a-mitalla. Samalla tarkistetaan sauma myös muilta hitsausvirheiltä ja tehdään korjaukset, jos on tarvetta. Hitsausohjelmistossa on esiasetetut hitsausarvot, joita voi säätää myös automaattiajon aikana sekä useita muita säätömahdollisuuksia, joita voi tarvittaessa muuttaa.

Muita hitsausohjelmiston ominaisuuksia ja toimintoja ovat railonseuranta, railonhaku, raapaisualoitus, hitsauksen uudelleenaloitus, jälkipaloajan ohjelmointi, esi- ja jälkikaasun syöttö, mahdollisuus muuttaa paikoituspisteitä automaattiajon aikana, vaaputus ja monipalkohitsausautomaatiikka. Robottihitsauslaitteisto Lincoln Electric Powerwave 455 on täydellisesti integroitu robottiin ja kaikki hitsauslaitteiston toiminnot tapahtuvat robotin käsiohjaimesta. Hitsauslaitteisto on varustettu suuttimenpuhdistuslaitteistolla, roiskesuoja-aineen annostelijalla ja langankatkaisuasemalla.

3.3.2 Kappaleen kiinnitys palettiin

Työkappale kiinnitetään palettiin hydraulikiinnittimellä. Kiinnittimiä on yleensä useita eri malleja, joista valitaan parhaiten kappaleen kiinnitykseen sopiva. Työkappale pitää kiinnittää riittävän tukevaan asentoon ja koneen ulottuvuudet huomioiden. Kappale pyritään työstämään valmiiksi asti yhdellä kiinnityksellä, mikäli mahdollista.

Robotti kiinnittää hitsatun kappaleen kiinnittimelle, jossa hydraulisylinterit lukitsevat sen paikoilleen. Kiinnitys tapahtuu paletin latausasemassa, johon hyllystöhissi tuo paletteja. Robotti myös purkaa jo koneistetut paletit latausasemassa ja vie valmiit kappaleet niille tarkoitetulle lavalle.

3.3.3 Koneistus

Kun kappaleen kiinnitys palettiin on tehty, voidaan paletti lähettää koneistukseen. Koneistukseen tarvittavat tiedot löytyvät työkappaleen piirustuksista. Niistä selviävät koneistettavat pinnat, pintamerkit, mitoitus ja toleranssit, joiden mukaan koneistusvaihe tehdään. Työstösuunnitelmassa määritetään työvarat, työstöjärjestys, työkalut, työstöarvot ja 0-pisteen paikka. Näiden tietojen perusteella voidaan aloittaa varsinainen NC-ohjelman kirjoittaminen.

Tässä työssä työjärjestys ja työkalut voivat olla esimerkiksi seuraavanlaiset:

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. Pohjalevy: | Ø 100 mm CoroMill 365 |
| 2. Laakeripesä + yläpuoli: | Ø 32 mm CoroMill 390 |
| 3. Laakeripesä + yläpuoli: | Ø 60 mm Corobore 825 hieno avarrin |
| 4. Pohjalevy: | Ø 12 mm kovametallipora |
| 5. Laakeripesä + yläpuoli: | Ø 5 mm kovametallipora |
| 6. Laakeripesä + yläpuoli: | M6 kierretappi |

Nämä työkalut ovat Sandvikin luettelosta, mutta ne voidaan korvata muillakin vastaavilla työkaluilla. Seuraava vaihe on työkalukorjausten ja työstö arvojen määrittäminen.

1. työkalu:	leikkuunopeus: m/min	syöttö: mm/z(hammas)
2. CoroMill 365:	50	0.2
3. CoroMill 390	200	0.15
4. CoroBore 825	150	0.15
5. 12 mm pora	90	0.25
6. 5 mm pora	60	0.05
7. M6 kierretappi	10	

Kun NC-ohjelma on valmis, se testataan tietokoneella ja sen jälkeen työstökoneella. Työstetyn kappaleen mitat tarkastetaan ja tehdään tarvittavat muutokset.

CAM-ohjelmoinnissa (Computer Aided Manufacturing) käytetään CAD-geometriaa, jonka mukaan työkaluradat ohjelmoidaan. Työstöradat tehdään jokaiselle työkalulle erikseen, vaihejärjestyksessä, valitsemalla CAD-kuvasta geometrisiä ratoja. Valmis ohjelma simuloidaan eli ohjelma toteutetaan tietokoneella. Simuloinnilla tarkistetaan työkaluradat ja ohjelman toimivuus. Postprosessori kääntää valmiin CAM-ohjelman NC-koneelle ymmärrettävään muotoon, minkä jälkeen se siirretään työstökoneelle.

3.3.4 Purseiden poisto ja pesu

Purseiden poisto voidaan suorittaa robottien yhteydessä olevalla harjakone/senkkaus koneella. Purseet tulee poistaa, koska ne voivat haitata kappaleen asennusta loppukokoonpanossa. Terävät reunat voivat olla jopa työturvallisuusriski. Lopuksi valmiit kappaleet voidaan vielä pestä FMS-järjestelmästä erillään olevalla teollisuuspesukoneella ennen kuljetusta asiakkaalle. Rasva ja muu lika voivat esimerkiksi haitata kappaleelle myöhemmin tehtävää pinnoitusta. Puhdas kappale antaa asiakkaalle hyvän ensivaikutelman tuotteesta.

4 HAASTATTELU KONELABORATORION JA SEN TOIMINNAN KEHITTÄMISEKSI

Haastattelu toteutettiin lomakehaastatteluna, jotta haastattelijan omat mielipiteet eivät vaikuttaisi haastateltavien vastauksiin. Kysymykset on pyritty tekemään niin etteivät ne vaikuta haastateltavan mielipiteisiin. Niistä pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeitä ja yksiselitteisiä, ettei kysymyksiä voisi ymmärtää monella tavalla. Haastattelussa on myös yksi täysin avoin kysymys, jos haastateltavan mielestä jokin oleellinen asia on jäänyt kysymättä. Tutkimushaastattelussa tiedot pyritään keräämään suoraan tutkimuksen kohteilta, saatavan tiedon laadun takaamiseksi, joten haastateltavina oli kone- ja tuotantotekniikan opiskelijaryhmät kotu07 ja kotu08, yhteensä 42 oppilasta, jotka ovat käyttäneet konelaboratoriota. Haastattelun tarkoituksena oli kerätä oppilaiden mielipiteitä konelaboratoriosta, sen nykytilasta sekä ideoita konelaboratorion ja opetuksen kehittämiseksi. (Ruusuvuori 2005, 11,77.)

4.1 Kysymykset

1. Onko konelaboratorion laitteisto tarkoituksenmukainen ja riittävän kattava? K / E
2. Hyödynnetäänkö konelaboratoriota riittävästi opetuksessa? K / E
3. Pitäisikö konelaboratorion käyttö olla opiskelijoille pakollista? K / E
4. Mitkä konelaboratorion asiat tai laitteet koet mielenkiintoisimmiksi?
5. Mitkä konelaboratorion asiat tai laitteet tarvitsisivat enemmän opetusta tai tarkempaa perehdyttämistä?
6. Kuinka konelaboratoriosta saisi mielenkiintoisemman?

7. Kuinka koneiden käytön opettelua voisi helpottaa, parantaa tai tehdä mielenkiintoisemmaksi?
8. Mitä muuttaisit tai lisäisit konelaboratoriossa?
9. Vapaa sana

4.2 Haastattelun tulosten analysointi

Ensimmäiset kolme kysymystä olivat selkeitä, kyllä tai ei -vastausvaihtoehdoilla olevaa nykytilaa koskevaa mielipidekysymystä. Kysymykset 4 - 9 olivat avoimia kysymyksiä, jotka koskivat konelaboratorion ja opetuksen kehittämistä.

1. Ensimmäisen kysymyksen vastausjakauma oli hyvin selkeä. 42:sta vastaajasta 41:n mielestä konelaboratorio on tarkoituksenmukainen ja riittävän kattava. Yhden vastaajan mielestä laboratoriosta puuttuu vielä joitakin tärkeitä laitteita.
2. Toisen kysymyksen vastausjakauma oli myöskin hyvin selkeä, eli 40 haastateltavaa oli sitä mieltä, että laboratoriota pitäisi hyödyntää enemmän opetuksessa. Kahden mielestä laboratoriota hyödynnetään nyt sopivasti.
3. Konelaboratorion käytön pakollisuutta puolsi 32 henkilöä ja 10 oli pakollista käyttöä vastaan. Vastauksista voisi päätellä, että haastateltavat pitävät laboratoriotunteja tärkeinä, mutta ehkä osa henkilöistä osaa jo käyttää vastaavia laitteita ja osa ehkä tietää jo tulevat työpaikkansa. Kaikille ei ole välttämättä mitään hyötyä laboratoriotunneista ja siksi he puoltavat valinnaisuutta.
4. Mielenkiintoisimpina asiona konelaboratoriossa pidettiin yleisesti kaikkia NC-ohjattuja koneita, mutta erityisesti levytyökeskusta ja robottisolua. Hitsauksesta oltiin myös hyvin kiinnostuneita.
5. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että kaikki laitteet tarvitsisivat enemmän opetusta ja perehdyttämistä ja erityisesti NC-ohjatut koneet. Haastateltavat toivoivat lisää vapaavalintaisia laboratoriokursseja, joilla koneiden käyttöä voisi harjoitella.
6. Haastateltavien mielestä konelaboratorio on jo riittävän mielenkiintoinen. Laboratoriotuntien mielenkiintoisuutta lisäisi omien projektien tai itse

suunniteltujen töiden tekeminen laboratoriossa. Mielenkiintoisempaa olisi myös tehdä oikeita firmojen tilaamia töitä, kuin jotain ”hyödyttömiä” kappaleita.

7. Koneiden käytön opettelua voisi parantaa tekemällä jokaiselle koneelle selkeät käyttöohjeet, joilla perustoiminnot onnistuisivat. Opetuksen tehokkuutta voisi parantaa myös opetusryhmien koon pienentäminen. Haastateltavat toivoivat myös lisää ”käytännön tekemistä”. Vapaavalintaisten laboratoriokurssien tarve tuli myös tässä kysymyksessä ilmi.
8. Lisäysehdotuksia laboratorion konekantaan tuli. Ehdotuksina mainittiin jauhekaarhitsaus laitteisto, polttoleikkauslaitteisto, hiekkapuhalluslaitteisto, putkentaivutuskone sekä levymankele. Myös konelaboratorion ahtaudesta oli muutama maininta eli lisää tilaa kaivattiin.
9. Vapaassa sanassa haastateltavat toivoivat lisää laboratorion käyttömahdollisuuksia sekä vapaavalintaisia laboratoriokursseja. Haastateltavat olivat tyytyväisiä laboratorioon jo nykyisellään.

4.3 Tutkimuksen yhteenveto

Haastatteluun vastattiin anonyymisti, jotta vastauksista saataisiin mahdollisimman todenmukaisia. Saadun tiedon pitäisi olla hyvin laadukasta, koska kyselyyn vastasi suuri määrä opiskelijoita. Opiskelijat ovat käyttäneet ja tulevat vielä käyttämään konelaboratoriota eli he mahdollisesti pääsevät vaikuttamaan omiin laboratoriotunteihinsa. Konelaboratorion nykytilaan haastateltavat olivat pääosin erittäin tyytyväisiä ja kokivat sen hyvin mielenkiintoiseksi ja tarkoitukseen sopivaksi. Hyviä kehitysideoita tuli myös runsaasti, ja ne varmasti kannattaa huomioida, vaikka kaikkia konehankintoja ja laajennusta ei nykyisillä määrärahoilla pystyisikään toteuttamaan. Mutta esimerkiksi vapaavalintaisten laboratoriokurssien lisääminen kurssitarjontaan on todennäköisesti mahdollista, samoin kuin opetusryhmien pienentäminen. Laboratoriota voisi pitää myös iltaisin auki, jolloin innokkaimmat opiskelijat pääsisivät omalla ajallaan tutustumaan laitteisiin tai tekemään omia projektejaan. Laboratorion käyttömahdollisuuksista pitäisi myös tiedottaa opiskelijoille nykyistä selkeämmin ja enemmän.

4.4 Omat pohdinnat

Näkemykseni konelaboratorion nykytilasta on se, että laboratorio on tällaisenaankin jo erittäin toimiva ja siellä on tärkeimmät laitteet, mutta aina sitä voisi parantaa ja saada monipuolisemmaksi uusilla laitehankinnoilla. Opiskelijoille saisi olla yksi kaikille pakollinen laboratoriokurssi, jossa käsiteltäisiin pintapuolisesti koko laboratorion konekanta ja sen lisäksi olisi syventäviä vapaavalintaisia kursseja jokaiselle koneelle tai laiteryhmälle. Siten kaikilla olisi jonkinlainen käsitys konelaboratoriosta, sen laitteista ja siitä, mitä niillä pystyy tekemään. Halukkaille olisi tarjolla syventäviä kursseja, joissa perehdyttäisiin tarkemmin koneisiin, niiden rakenteeseen ja käyttöön. Mielestäni konelaboratoriota pitäisi hyödyntää enemmän myös muillakin kuin laboratoriotunneilla, esimerkiksi ammattiopintojen ja automaatiojärjestelmien moduulissa. Opetusta voisi mielestäni parantaa selkeillä käyttöohjeilla ja lisäämällä ohjaajien määrää laboratoriossa.

5. YHTEENVETO

Konelaboratorion FMS-järjestelmä oli vasta käyttöönottovaiheessa, kun tätä työtä tein, joten en päässyt itse sitä kokeilemaan käytännössä. Se hieman häiritsi tämän opinnäytetyön tekemistä. Koneistuskeskusta, hyllystöhissiä ja särmäyspuristinta pystyi käyttämään yksittäisinä moduuleina, mutta robotit olivat vielä poissa käytöstä. Työtä tehdessä huomasin, kuinka paljon erilaisia asioita on otettava huomioon kappaleen valmistuksen suunnittelussa ja valmistuksen eri vaiheissa. Opin myös paljon uusia asioita kyseisistä järjestelmistä ja niiden käyttömahdollisuuksista.

Työssä käsiteltiin erilaisia joustavia valmistusjärjestelmiä, niiden rakennetta, osia ja erilaisia laitteita. Työssä tutustuttiin tietyn kappaleen valmistukseen tarvittaviin työvaiheisiin sekä valmistuksen suunnitteluun. Tutkimushaastattelun tuloksista saa varmasti hyödyllistä tietoa oppilaiden mielipiteistä sekä hyviä kehitysideoita sekä laboratorion että opetuksen parantamiseen. Haastattelusta kävi myös ilmi oppilaiden tyytyväisyys konelaboratorion huippumodernien laitteiden opetus- ja käyttömahdollisuuksiin.

LÄHTEET

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Hakola, J. 2001. Joustavat valmistusjärjestelmät. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Helsingin teknillinen korkeakoulu. [Viitattu 15.4.2009]. Saatavissa: <http://users.tkk.fi/jphakola/kptseminaari/fms.html>

Pikkarainen, E. 1999. NC-tekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy

Fastems oy esite. 2008. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 21.9.2009]. Saatavissa:http://www.fastems.com/images/ToWeb/Media/Brochures/Automation/Fastems_Autom_ENG_2008.pdf

Kitamura machinery Co. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 15.4.2009]. Saatavissa: http://www.kitamura-machinery.com/Products/product_Detail.aspx?m=4

Ruusuvuori, J. & Tiitula, L, (toim.) 2005. Haastattelu: tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

