

Juhani Mäntykoski

**Joustava valmistus  
FMS-järjestelmällä**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö  
Koulutusohjelma: Tietotekniikka  
Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikka

Tekijä: Juhani Mäntykoski

Työn nimi: Joustava valmistus FMS-järjestelmällä

Ohjaaja: Markku Kärkkäinen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä:

---

Tässä työssä käsitellään automation eri käyttömahdollisuuksia metalliteollisuuden tuotannossa. Erityisesti työssä käsitellään FMS-järjestelmää ja sen historiaa. Lisäksi työssä esitellään automaatioissa käytettäviä erilaisia laitteita.

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön laboratoriossa on uusi FMS-järjestelmä, jota työssä tutkitaan ja mietitään sen käyttömahdollisuuksia.

Työssä esitetään esimerkkinä yksi FMS-laitteistoon ohjelmoitu työkierto, lisäksi pohditaan sen muita käyttömahdollisuuksia

Asiasanat: FMS-järjestelmä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Information technology  
Specialisation: Mechatronics

Author/s: Juhani Mäntykoski

Title of the thesis: Flexible Manufacturing System

Supervisor(s): Markku Kärkkäinen

Year: 2010                      Number of pages: 48      Number of appendices:

---

This thesis describes the various possibilities of used in automation as a part of production in metal industry. Especially the Flexible Manufacturing System and its history is studied in detail. This thesis also introduces various units which are used in automation.

The School of Technology in Seinäjoki University of Applied Sciences has laboratory with a new FMS equipment and this is examined and described in this report.

One programmed cycle of the FMS equipment is described as an example and other possibilities are discussed.

Keywords: Flexible Manufacturing System

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SISÄLLYS

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

### KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>7</b>
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne .....	7
<b>2 AUTOMATISOINNISTA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Tuotannon automatisointi.....	8
2.1.1 Historiaa .....	8
2.1.2 Automaatio.....	9
2.1.3 Joustava FMS.....	10
2.2 Tuotantolinjan toimivuuden varmistaminen.....	12
2.3 Millaista hyötyä automatisoinnista on? .....	14
<b>3 FMS JÄRJESTELMÄNÄ .....</b>	<b>16</b>
3.1 Yleistä .....	16
3.2 NC-ohjaus.....	17
3.2.1 Solu .....	18
3.3 FMS-laitteita .....	19
3.3.1 Sorvi .....	19
3.3.2 Levytyöstökoneet.....	20
3.3.3 Varasto ja hyllystöhissi.....	23
3.3.4 Särmäyspuristin .....	24
3.3.5 NC-työstökone.....	25

3.3.6 Robotti .....	28
<b>4 FMS-JÄRJESTELMÄN HANKINTA.....</b>	<b>31</b>
4.1 Yleiset periaatteet .....	31
<b>5 SEINÄJOEN AMK:N FMS-LAITTEISTO .....</b>	<b>33</b>
5.1 Fastems .....	33
5.2 Mitä laitteita .....	37
5.2.1 Kitamura CNC -työstökone.....	38
5.2.2 Fanuc-robotti.....	39
5.2.3 Särmäyspuristin .....	41
5.2.4 Mitä mahdollisuuksia .....	45
<b>6 YHTEENVETO.....</b>	<b>46</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>48</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>ATC</b>	Automaattinen työkalunvaihto
<b>AWC</b>	Automaattinen kappaleen vaihto
<b>APC</b>	Automaattinen paletinvaihto
<b>CNC</b>	Pientietokone-ohjaus, johon kuuluu ohjelmamuisti
<b>CAD /CAM</b>	CAD/CAM-piirros- ja suunnitteluohjelmat
<b>FMC</b>	Joustava automaattinen solu
<b>FMU</b>	Joustava automaattinen valmistusyksikkö
<b>FMS</b>	FMS (Flexible Manufacturing System) tarkoittaa joustavaa valmistusjärjestelmää
<b>MMS</b>	FMS-järjestelmää varten tehty ohjausohjelmisto MMS (Manufacturing Management System)
<b>NC</b>	Numeerinen ohjaus
<b>Nestaus</b>	Kappaleen mallentaminen tietokoneohjelman avulla levytyöstökoneelle
<b>PLC</b>	Ohjelmoitava logiikka

(Aaltonen & Toivonen 1997, 16.)

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön FMS-laitteiston toiminnasta haluttiin tarkempi selvitys. Samalla haluttiin yleisesti tietoa metalliteollisuudessa käytettävistä laitteista, jotka automatisoivat toimintaa ja joiden avulla voidaan rakentaa kokonaisia tuotantolinjoja.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tarkoituksena on tarkastella metalliteollisuudessa tapahtuvaa tuotannon automatisointia sekä pohtia sitä, missä tilanteissa yrityksessä kannattaa käyttää automatisointia. Työssä myös tarkastellaan automatisoinnin hyötyjä ja haittoja.

Lisäksi selvitetään Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikköön hankitun FMS-laitteiston toimintaketjua. Tekniikan yksikön FMS:n ohjausjärjestelmänä on MMS-tekniikka.

## 1.3 Työn rakenne

Työn toisessa luvussa esitellään tietoa joustavasta valmistuksesta. Tarkoitus on vastata kysymyksiin: Mitä on FMS? Miten tuotantolinja ja sen toimivuus varmistetaan? Millaista hyötyä automatisoinnista on, ja tulisiko automatisointia rajata joltain osin? Kolmannessa luvussa tarkastellaan, millainen FMS on järjestelmänä. Samassa luvussa käydään läpi NC-ohjauksen periaatetta sekä muutamia FMS-järjestelmässä toimivia laitteita. Neljännessä luvussa käydään läpi FMS-järjestelmän hankinnan yleisiä periaatteita. Luku viisi käsittelee Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikköön hankittua FMS-laitteistoa.

## 2 AUTOMATISOINNISTA

### 2.1 Tuotannon automatisointi

Luvussa tarkastellaan metalliteollisuudessa tapahtunutta laitteistokehityksen historiaa. Lisäksi paneudutaan kysymykseen, miten varmistetaan tuotantolinjan toimivuus ja mitä hyötyä on tuotantolinjan automatisoinnista.

#### 2.1.1 Historiaa

1960-luvulla tuli teollisuuden käyttöön **NC**-tekniikka eli numeerinen ohjaus. Numeerisesti ohjattu tarkoittaa sitä, että työstökone suorittaa kappaleen koneistamiseen tarvittavat liikkeet automaattisesti. Tätä ei saa sekoittaa numeerisella näytöllä varustettuihin manuaalisiin koneisiin, joissa tiedot näkyvät numeerisella näytöllä. Manuaalinen, numeerisella näytöllä varustettu kone ei toteuta toimintaa automaattisesti, vaan sitä ohjataan manuaalisesti. NC-ohjaus mahdollisti ohjelmien luonnin tietokoneen avulla, mitkä sitten siirrettiin työstökoneelle numeerisina käskyinä. Tähän tekniikkaan voitiin myöhemmin liittää mukaan myös automaattinen työkalunvaihto eli **ATC**. (Lapinleimu 2000, 17- 26.)

1970-luvulla ensimmäiset teolliset robotit otettiin käyttöön, ja mukaan tuli **APC** eli automaattinen paletinvaihtaja, jolla suoritettiin kappaleen vaihto työstökoneelle. Tietokonepohjainen ohjelmointi ja ohjelmoitavat logiikat yleistyivät. (Lapinleimu 2000, 17- 26.)

1980-luku lisäsi valmistukseen solut ja tuoteverstaat sekä mikroprosessoripohjaisen **CNC**-tekniikan, jolla NC-teknologiaa voitiin soveltaa suursarjatuotantoon. Mukaan tulivat lisäksi **CAD/CAM**-piirros- ja suunnitteluohjelmat. (Lapinleimu 2000, 17- 26.)



Näihin piirros- ja suunnitteluohjelmiin tuli myöhemmin mukaan simulointimahdollisuus. Tämä tarkoitti, että tehty ohjelma voitiin ajaa tietokonenäytöllä ennen varsinaisen ohjelman käyttöönottoa. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

Viimeisiä vuosikymmeniä on leimannut koneellisen valmistuksen ohjauksen kehitys. Automaation kehitys on muuttanut ihmisen suoran työn osuuden epäsuoraksi. Uudelleenohjelmoitavuus on kehittynyt, ja yhdellä koneella voidaan helposti valmistaa erilaisia kappaleita vain vaihtamalla ohjelmaa. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

### **2.1.2 Automaatio**

Automaatti tarkoittaa itsestään liikkuvaa konetta tai laitetta, joka ilman näkyvää ohjausta suorittaa tietyn tehtävän. Se voi toimia itsestään tai ihminen voi käynnistää sen. (Keinänen & Kärkkäinen 1997,9.)

Automaation tuotantoprosessille on tunnusomaista sen automaattisesti suorittama säätely ja valvonta. Tästä johtuen tuottavuus on kehittynyt suursarjatuotannossa nopeammin kuin piensarjatuotannossa, joissa tuotteiden läpimenoajat ovat pitkiä. Tuotantojärjestelmän automatisointi onnistuu myös jäykän automaation keinoin, jolta kuitenkin puuttuu helppo muunneltavuus, ja jolla pystytään tekemään vain määrätynlaisia kappaleita. Jäykkää automaatiota käytettäessä eräkokojen täytyy olla suuria ja tuotevaihtoehtojen vähäisiä, toisin sanoen se soveltuu etenkin samanlaisten toistuvien tapahtumien suorittamiseen. Aina näin ei kuitenkaan ole, vaan eräkoot ja tuotesarjat saattavat olla pieniä, jolloin tuotantojärjestelmällä on oltava kyky mukautua erilaisiin ja erikokoisiin tuotteisiin. Jotta järjestelmästä saataisiin ulos riittävä hyöty, sen on oltava joustava. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleen reitti voidaan vapaasti ohjelmoida. (Aaltonen & Toivonen 1997, 9-16.)

### 2.1.3 Joustava FMS

**FMS** (Flexible Manufacturing System) tarkoittaa joustavaa valmistusjärjestelmää. Joustavalla valmistuksella tarkoitetaan sitä, että tuotanto jatkuu keskeytymättä, vaikka työkappaleet, niiden määrät ja sarjakoot vaihtuisivatkin. Järjestelmä toimii osan ajasta jopa täysin miehittämättömänä. FMS-järjestelmä voidaan myös pysäyttää kesken prosessin ja valmistaa välissä jokin kiireellinen työkappale. Tämän jälkeen voidaan jatkaa työjonoon jäädystä kohdasta. (Aaltonen & Toivonen 1997, 23-49.)

Joustava valmistus voidaan mieltää tuotannolliseksi yksiköksi, johon ulkoapäin syötetään tietoa ja raaka-ainetta. Yksikkö muokkaa raaka-aineen haluttuun muotoon ja siirtää muodostuneen osan ulos järjestelmästä esim. varastoon. Valmistusjärjestelmällä on siis laitteet ja valmiudet tiedonhallintaan, materiaalin käsittelyyn ja työstöön. (Aaltonen & Toivonen 1997, 23-49.)

Järjestelmän kaikki laitteet ovat NC-ohjattuja ja järjestelmästä löytyy tuotettujen kappaleitten valmistustiedot, jotka sisältävät materiaalityypin, kappalemäärät sekä muut tarpeelliset tiedot. Osa koneista toimii varastoa täyttävinä ja osa erimuotoisten kappaleiden taittokoneina. Metalliteollisuudessa kappaleiden valmistussarjat ovat usein pienehköjä, mutta toistuvuus on suuri. FMS-järjestelmällä saadaan yksitoikkoiset työvaiheet koneistettua ja tuotantoaikaan mukaan myös yöt sekä viikonloput. FMS-järjestelmä perustuu hyvään suunnitteluun ja käytössä olevien koneiden kokonaisvaltaiseen hyötykäyttöön. (Aaltonen & Toivonen 1997, 241-262.)

**FMU** eli joustava valmistusyksikkö on järjestelmän perusta. Se voi olla tavallisimmillaan yksittäinen NC-ohjattu työstökone, jos sillä on oma varastotoiminta. Tällöin myös toiminta on yksivaiheista. Monivaiheisuus tulee mukaan vasta, kun kappale kulkee useammalla eri koneella. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-134.)

**FMC** on joustava automaattinen solu, joka koostuu kahdesta tai useammasta täysin automaattisesta työstökoneesta, jotka on tarkoitettu tietyille toiminnoille. Näissä keskuksissa erilliset työvaiheet yhdistetään yhdelle tai useammalle erikoiskoneelle. Automaattinen solu eroaa yksittäisistä levytyöstökeskuksista siten, että siihen on liitetty automaattinen kappaleenkäsittelyjärjestelmä, yleisimmin kääntöpöytä. Järjestelmä suorittaa automaattisen työkappaleen vaihdon (**AWC**) koneelta toiselle. Usein kappaleen eteenpäin siirto seuraavalle yksikölle suoritetaan robotin avustuksella, jos kappale on tarpeeksi kevyt. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-134.)

FMS on järjestelmäkokonaisuus, joka muodostuu työstökoneista, automaattisesta työkalukäsittelystä ja automaattisesta materiaalin käsittelystä. Materiaalin hallinta perustuu automaattiseen varastointi- ja kuljetusjärjestelmiin, jotka sitovat muun järjestelmän yhdeksi kokonaisuudeksi. FMS-järjestelmään kuuluu myös olennaisena osana tiedonhallinta. Tämä tiedonhallinta mahdollistaa automaation, tuotannonhallinnan ja koko järjestelmän ohjauksen. FMS ei kuitenkaan ole täysin miehittämätöntä valmistusta, vaan ihminen suunnittelee, valvoo ja ohjaa valmistustoimintaa sekä sen häiriöttömyyttä ja automaattisen valmistuksen käytösuhdetta. (Aaltonen & Toivonen 1997, 241-262.)

Järjestelmää voidaan laajentaa vaiheittain, esimerkiksi lisäämällä koneita ja laitteita asteittain. Käytössä olevia FMS-järjestelmiä on usein laajennettu ainakin kerran. Monia näitä käytössä olevia järjestelmiä päivitetään useampiakin kertoja vastaamaan sen hetkistä käyttötarvetta. Järjestelmän koneita pitää myös tarvittaessa voida käyttää yksittäisinä koneina. Koneiden ei välttämättä tarvitse olla täysin samankaltaisia muiden järjestelmän koneiden kanssa, mutta sovelias rajapinta niiden on tarjottava järjestelmään nähden. Tällä tarkoitetaan sitä, että laitteet pystyvät osaksi tekemään toistensa töitä. (Aaltonen & Toivonen 1997, 241-262.)

## 2.2 Tuotantolinjan toimivuuden varmistaminen

Koska FMS-järjestelmän ideana on hyödyntää mahdollisimman moni vuoden aikana olevasta 8760 tunnista, on sen kaikkien laitteiden ja hallintaosien oltava ehdottoman luotettavia ja varmatoimisia. Häiriön ja vikatilanteen selvittäminen vaatii ihmisen puuttumista koneiden toimintaan. Käyttö- sekä huolto-ohjeiden on oltava sellaisessa paikassa, mistä ne ovat helppo löytää, ja mielellään myös ajan tasalle päivitettyinä. Tietojen päivittämismekanismiin on oltava kunnossa. Kun päivitetään tai muutetaan jotain tietoa, on myös tiedettävä kuka muutokset on tehnyt, jotta voidaan myöhemmin tarvittaessa selvittää muutoksen syy. Muutoksesta on siis jätävä jälki järjestelmään. Hankittaessa laitteistoa järjestelmään kannattaa se mitoitaa myös tulevaisuutta silmällä pitäen. (Lapinleimu 2000, 237-246.)

Tuotantolinjan rakenteiden olisi oltava mahdollisimman yksinkertaisia, tarkkuudesta kuitenkin tinkimättä. Laitteet edellyttävät tarkkaa liikkeiden hallintaa ja hallintalaitteiden toiminnan on oltava varmalla pohjalla. Jos FMS-järjestelmä on rakennettu siten, että koneet ovat erilaisia ja ne on tarkoitettu vain tietynlaisille työvaiheille, on mahdollista, että yhden koneen rikkoutuminen vaikuttaa koko järjestelmän toimivuuteen. FMS-laitteet olisi järkevää pyrkiä rakentamaan toisiaan korvaavista konetyypeistä, jotka kykenevät samanlaisiin työstövaiheisiin. Tällöin tuotanto jatkuisi konerikosta huolimatta. Myös ruuhkahuippuja voitaisiin jatkossa hoitaa toisiaan täydentävien laitteistojen avulla. (Lapinleimu 2000, 237-246.)

Mahdolliset kriittiset kohdat tuotantolinjassa tulisikin varmentaa kahdentamalla laitteisto varmuuden takaamiseksi. FMS:n keskeinen osa on usein hyllystöhissi, jonka ympärille muut työstöyksiköt rakennetaan. Tällainen on esimerkiksi korkeavaraston hyllystöhissi, joka toimii varaston täyttäjänä niin raaka-aineelle kuin valmiillekin tuotteille. Korkeavaraston toimintaan kannattaa harkita kahta hyllystöhissiä. Tällöin voi suorittaa jommallekummalle hyllystöhissille sen tarvitsemat huolto- toimenpiteet, eivätkä huoltotyöt katkaise tuotantolinjan toimintaa. Ennakoivat huollot ovat erittäin tärkeitä, koska niillä voidaan estää laitteistoon tulevia vikoja. (Lapinleimu 2000, 237-246.)

Tuotantolinjan liikkeitä valvotaan erilaisten antureiden avulla. Lisäksi löytyy myös rajakytkimiä, turva-aitoja sekä valoverhoja, joiden valvontaa suorittaa ohjelmoitava logiikka. (Keinänen & Kärkkäinen 2004. 276-282.)

Ohjelmoitavan logiikan (**PLC**) avulla voidaan ohjata laitteiston eri toimintoja. Logiikka koostuu keskusyksiköstä ja erilaisista ohjauksorteista. Logiikan suorittimen työskentely-ympäristönä on muisti, joka voidaan jakaa kahteen perustyyppiin: tyhjenevään lukumuistiin ja kirjoituskelpoiseen työmuistiin, jossa voidaan säilyttää esimerkiksi väliaikaisten mittaustulosten antamia muuttuja-arvoja. Logiikan tarvitsemat käyttöohjelmat tehdään pysyvään muistiin. Pysyvällä muistilla tarkoitetaan sitä, että ohjelma säilyy koneessa sähkökatkonkin jälkeen. Logiikan ytimenä toimiva suoritin tutkii ohjauksortteihin saapuvat tulosignaalit ja niiden tilat. Logiikka tekee ohjelmansa mukaiset toimenpiteet, ovat ne sitten säätöjä, käynnistyksiä tai pysäytyksiä. Logiikan avulla voidaan suorittaa erilaisia laskuritoimituksia, lämmön säätöä, kuljetinratojen paikoitusta ja säätöä servomootoreille. On myös erilaisia ohjauksortteja, joihin voidaan liittää sellaisia antureita, jotka valvovat laitteiston kuntoa. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 226-233.)



Kuva 1. Omron-logiikkayksikkö ohjainkortteineen

### 2.3 Millaista hyötyä automatisoinnista on?

Nykyaikainen tuotantoautomaatio perustuu tietotekniikan ja ohjaustekniikan laajaan hyväksikäyttöön. Olkoon kyse sitten massa- tai kappaletuotannosta, pysyvät tuotantoautomaation ratkaisut lähes samantyyppisinä. Automaatiotekniikka käsittelee laitteen sisäisiä eli elektronisia toimintoja. Yksi automaatiotekniikan muodoista on koneautomaatio eli mekatroniikka, joka tarkoittaa mekaanisen laitekokonaisuuden varustamista elektronisella ohjausjärjestelmällä. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 19-33.)

FMS-tuotantojärjestelmää kuvataan usein nopeana, kustannustehokkaana ja tasa-laatuista tulosta tuottavana järjestelmänä. Tuotantojärjestelmän tehtävänä on ohjalla materiaalivirtoja, jotka muunnetaan järjestelmän sisällä valmiiksi tuotteiksi. Tällä tavalla saadaan materiaalin arvo nousemaan. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 111-115.)

FMS-tuotantojärjestelmän toiminnassa voidaan nitoa yhteen suunnittelu ja valmistusprosessit. Tuotantoa on helpompi ohjalla, kun samassa tuotantolinjassa on osavalmistusyksiköt ja kokoonpano-osastot. Näin materiaalin kulutusta ja sen seuranta voidaan jaotella eri osastojen kesken. Lisäksi jonkin valmistettavan osan puute voidaan huomata ajoissa ja työn panostus voidaan siirtää väliaikaisesti kyseessä olevalle osalle. Tällöin koko tuotteen valmistusaika ei oleellisesti pitene, esimerkiksi mahdollisten materiaalien puutosten vuoksi. Automatisoitua tuotantoa voidaan helposti muunnella senhetkisten tarpeiden mukaiseksi. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 111-115.)

Suunnittelulla pyritään valmistusystävälliseen tuotantoon. Kun suunnittelussa saadaan yhdisteltyä eri osia osakokonaisuuksiksi, vältetään liitospintojen ylimääräiseltä työstöltä ja säästetään aikaa. Myös yksitoikkoiset toiminnot kannattaa siirtää koneiden tekemiksi, mikäli se vain onnistuu. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

Teollisuudessa valmistusongelman ratkaisija saa usein etulyöntiaseman, sillä tuotteen valmistuksen yksinkertaistaminen tuo säästöä monin eri tavoin. Jatkuva suunnittelu parantaa myös tuotteen laatua, koska mukana on tuotteen koko elinkaari. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

Pienissä valmistuserissä ohjaustekniikka korostuu. Näissä on voitava helposti muunnella ohjaukseen annettuja asetusarvoja. Tuotejoustavuus syntyy, kun työjärjestys on vapaa. Järjestelmän on pystyttävä työstämään erilaisia kappaleita mielivaltaisessa järjestyksessä ja erilaisia määriä. On olemassa myös määräjoustavuutta, jota käytetään kuormitustilanteissa, kun tuotantokapasiteetin lisäys on suoritettava taloudellisesti. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

## 3 FMS JÄRJESTELMÄNÄ

### 3.1 Yleistä

Tyypillisesti FMS-järjestelmä koostuu automaattisesta materiaalien käsittelystä, varastosta ja useammasta työstöasemasta eli NC-koneesta. Kokonaisuutta ohjataan järjestelmään sulautetuilla tietokoneilla. Yleisesti järjestelmällä on olemassa useita erilaisia automaattisia kappaleiden siirto-, kääntö- sekä vaihtojärjestelmiä. Valmiit kappaleet ladotaan yleensä lavaustekniikalla lavalle tai viimeisimmälle siirtohihnalle, josta ne varastoidaan. Lavaus tarkoittaa sitä, että kappaleet tulevat liittämättä alustalle, jolloin ne on siitä helppo laskea ja ne pysyvät järjestyksessä. FMS-järjestelmän asetuksia voidaan vaihtaa pysäyttämättä tuotantolinjan koneita. (Aaltonen & Toivonen 1997, 158-159.)



Kuva 2. Lavaustekniikka

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön FMS-laitteisto koostuu automaattivarastosta, särmäyspuristimesta ja kahdesta robotista. Roboteista toinen syöttää kappaleet särmäyspuristimelle ja suorittaa valmiiden kappaleiden lavauksen. Toinen roboteista on hitsausrobotti, joka liittää tuotteen osia yhteen. Lisäksi laitteistossa on vaakakarainen koneistuskeskus, Kitamura, jolla voidaan työstää erilaisia kappaleita. Kitamura on varustettu kääntöpöydällä.



### 3.2 NC-ohjaus

NC-ohjaustekniikalla ei alun perin ollut tavoitteena tuotannon automatisointi, vaan sitä tarvittiin monimutkaisten osien valmistukseen, mikä ei ollut käsin operoiden mahdollista. Tarkoituksena oli rakentaa ohjauskoodi, joka ohjaisi työstävän koneen toimilaitteita ja jonka perusteella kone työstäisi halutunmuotoisia kappaleita. (Pikkarainen 1999, 56-60.)

Ohjausohjelmia säilytetään joko hajautetusti työstökoneilla tai keskitetysti järjestelmän palvelimella. Työstökoneen muistikapasiteetti on kuitenkin niin pieni, että käytännössä ohjelmia säilytetään palvelimella. Tällöin samaa ohjelmaa voi käyttää useampikin eri kone. Tarvittaessa ohjelmanpalasia lähetetään käytössä olevia väyliä pitkin niitä tarvitseville koneille. (Pikkarainen 1999, 56-60.)

Ohjausmenetelmiä on kolme: piste-, jana- ja rataohjaus. Nämä liikeperusmuodot ovat kaupallisissa työstökoneissa aina saatavilla. Pisteohjausta käytetään koordinaattiporauksissa, joissa siirtymisen aikana ei tapahdu työstötoimintaa. Janaohjauksella kappaleen työstöä suoritetaan vain yhteen suuntaan. Rataohjauksella voidaan kiertää kappaletta ja jyrsiä sitä mielivaltaisesti eri puolilta, riippuen tietenkin ohjattavien akseleiden määrästä. Kappaleen työstö voidaan rataohjauksessa suorittaa jatkuvana toimintona aina loppuun saakka. (Pikkarainen 1999, 56-60.)

Laitteen ohjaustavoilla tarkoitetaan sitä, miten tiedot ja korjaukset ohjelmoidaan koneen käyttöön. Voidaan käyttää ns. käyttöpaneelia, jonka kautta suoritetaan erilaisia ohjauskäskyjä. Eräs tapa on käsipyöräohjaus, jossa toimintoja ohjataan käsin käsipyörällä. Nykyisin kuitenkin tietokoneet ovat vallanneet ohjaustoiminnot. Tietokoneella on helppo valmistella ja muokata ohjaustietoja. (Pikkarainen 1999, 56-60.)

NC-ohjauksella asemoinnit ovat tarkkoja käsiohjaukseen verrattuna. Ohjauksen apuna on monenlaisia aistimia eli antureita, jotka antavat tietoja säätötapahtumista ohjausväylän kautta. (Pikkarainen 1999, 56-60.)

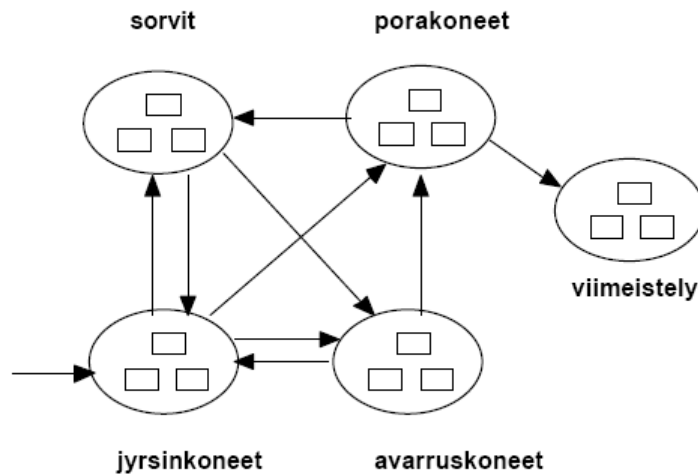
### 3.2.1 Solu

Solu on pieni itsenäinen valmistusyksikkö, joka suorittaa jonkin osakokonaisuuden valmistuksen. Tuoteverstaas saadaan muodostumaan, kun solujen työvaiheet yhdistetään yhdeksi valmistuskokonaisuudeksi. Tuoteverstaassa on mukana myös tuotesuunnittelua. Solujärjestelmän tavoitteena on työn tuottavuus. Tämä saadaan aikaan, kun tuotteella on valmistuksen soveltamiseen hyvät lähtökohdat. Tuoteverstaassa materiaalivirtaa on pyritty selkeyttämään rakentamalla linjoja, jolloin tuotteen valmistusprosessista tulee joustava ja tuote siirtyy suoraan työtapahtumasta toiseen. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

Tuotanto koostuu erilaisista koneryhmistä eli soluista, joissa kappaleet kiinnitetään eräänlaisiin istukoihin tai paletteihin, ja joita työstetään monivaiheisesti useilla eri koneilla. Koneryhmillä pyritään hyvään tuottavuuteen ja tässä käytetään automaatio-ohjausta apuna. Näin saadaan kappaleelle nopea työstöaika ja koneille korkea käyttöaste. Tuoteverstailla saadaan läpimenoaika alenemaan sekä varastontarve pienenemään. (Lapinleimu 2000, 17-26.)

Soluperiaate käyttää hyödykseen solurakennetta ja sen luomaa osakokonaisuutta. Näin kappale voidaan työstää lähes mielivaltaisessa järjestyksessä. Laitteiston ohjauksen merkitys kasvaa, kun tuotteen rakenne ei enää ole yksinkertainen. Soluperiaatteella saadaan aikaa erikoistumista sekä toimintavarmuutta, jolloin tuotteen hinta ja laatusuhde pysyy hyvänä. (Lapinleimu 2000, 56-60.)

Seuraavalla sivulla havainnollistetaan kuvan avulla soluyksiköiden toiminta-ajatus.



Kuva 3. Itsenäisiä valmistusyksiköitä

### 3.3 FMS-laitteita

Seuraavana on esitelty laiteita, jotka yleisesti kuuluvat FMS-järjestelmään.

#### 3.3.1 Sorvi

Sorvi ei varsinaisesti ole FMS-laite, mutta se on jonkinlainen koneistuskeskuksen esi-isä. Kun sorvi toimii CNC-ohjauksella, siitä tulee FMS-laite. Sorvilla työstetään erilaisia akseleita, ja muita tuotteessa tarvittavia kappaleita. Saatuihin akseleihin on helppo liittää erilaisia hammaspyöriä, jotka uritusten ja kiilaurien avulla liitetään akseleihin. Hammaspyörillä saadaan valmiissa tuotteessa välitettyä akselin pyörintä ja voima eteenpäin. (Pikkarainen 1999, 17-20.)



Kuva 4. Sorvi

### 3.3.2 Levytyöstökoneet

Levytyöstökoneet ovat nykypäivänä melutasoltaan matalia, koska ne ovat sähköservotoimisia, ja näin ollen niillä on myös pieni energiankulutus. Levytyöstökoneet voidaan jakaa kahteen ryhmään, materiaalia työstäviin ja materiaalia muokkaaviin koneisiin. (Pikkarainen 1999, 17-23.)

Toiset koneet suorittavat raaka-aineen muokkauksen haluttuun muotoon. Niissä työstettävät kappaleet ovat eripaksuisia metallilevyjä, jotka leikataan valmiiksi taiteltavaan muotoon. Suorat leikkaukset suoritetaan leikkuuterillä tai suoran pinnan lyöntityökaluilla. Materiaaliin tulevat reiät isketään halutunmuotoisilla työterillä. Nämä työkalut sijaitsevat koneessa itsessään ja vaihto tapahtuu revolverimaisesta makasiinista. (Pikkarainen 1999, 17-23.)

Työstettäviä kappaleita tehdään joko polttoleikkaamalla tai iskutekniikalla. Iskutekniikkaa käytetään silloin, kun kyseisen kappaleen muodot sallivat iskutekniikan.

Muotojen tulee olla joko kulmikkaita tai erikoistyökalujen mahdollistamia reikiä. Polttoleikkauksella päästään erilaisten kaarien ja kulmien hallintaa, mutta tämä on kalliimpaa. (Pikkarainen 1999, 127-139.)

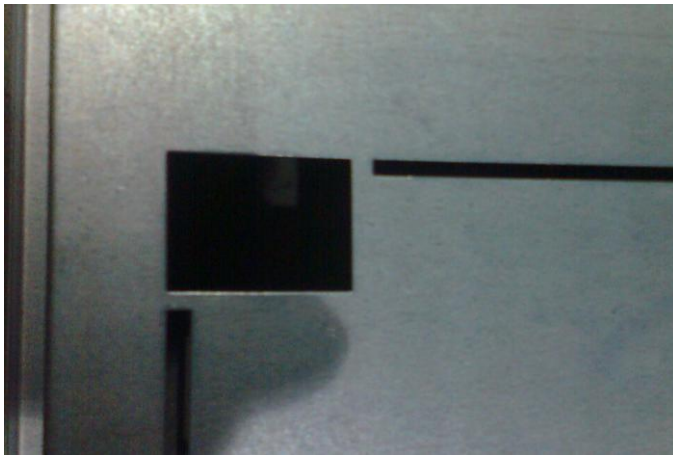
Levytyöstön toiset koneet ovat niitä, jotka suorittavat työstettävän kappaleen taiton. Ohjelmallisesti määritellään taiton suunta ja taittokulmat, jotka kone suorittaa. Kappaleet haetaan varastosta erilaisten kääntöpöytien ja imukuppinostimien avulla taittokoneen pöydälle, jossa kappale keskitetään ja taittokone suorittaa sille määrätty tehtävät. (Pikkarainen 1999, 21-23.)

Taittokoneen leuat suorittavat taittoja apuleukojen avulla, jotka liikkuvat ylös sekä alas. Keskitettyä kappaletta liikutellaan pöydällä taitostarpeiden mukaisesti. Eri-pituisten kappaleitten välissä taittoleukojen määrää on muuteltava työstettävän kappaleen pituuden mukaan. Tämä aiheuttaa taittotapahtumaan taukoja, joten olisi suotavaa, että suoritetaan samanpituisten materiaalien taitot peräkkäin ja tuotettavien kappaleiden kappalemäärien tulisi olla mahdollisimman suuria. Muussa tapauksessa koneen aika kuluu erilaisten taittorautojen ja pituusmittojen määrittelyyn. (Pikkarainen 1999, 21-23.)

Levytyöstökoneet käyttävät yleisesti automaattista työkalunvaihtoa (ATC). Myös kappaleenvaihto toimii automaattisesti (AWC). Näin saadut kappaleet varastoidaan myöhempää käyttöä varten. Materiaalitiedot tallennetaan varastotietoihin. (Pikkarainen 1999, 17-23.)

Jotta tietynlainen kappale voidaan valmistaa, tarvitaan tiedot sen muodoista ja mitoista. Nämä tiedot syötetään levynkäsittelyyn suunnitelluilla ohjelmilla, jotka muodostavat niistä kappaleen leikkausradat levytyöstökoneelle. Nämä ohjelmat auttavat saamaan maksimaalisen hyödyn käytössä olevasta levystä. Tätä toimintaa nimitetään nestaukseksi, jossa työstökoneen käyttäjä määrittelee millaisia kappaleita levystä tuotetaan. (Pikkarainen 1999, 17-23.)

Uusimmissa työstökoneissa on automatiikka, joka tekee nestauksen automaattisesti. Kappaleen mitat tämäkin toiminta toki tarvitsee. Usein myös hyödynnetään isommat poistettavat osat, joihin määritellään pienempiä työstettäviä kappaleita. Sisemmät kappaleet ovat ulommassa kiinni pienillä liitosliuskoilla, joita jätetään kappaleen teon yhteydessä. Nämä osat leikataan poikki, kun osat erotetaan toisistaan. (Pikkarainen 1999, 17-23.)



Kuva 5. Sisäkappaleen kiinnitystavasta



Kuva 6. Iskutyökalun poistamia osia

### 3.3.3 Varasto ja hyllystöhissi

Automaattista materiaalien käsittelyä auttavat korkeavarastot ja hyllystöhissit. Nämä yleensä sijoittuvat levytyöstökoneiden yhteyteen, jolloin materiaalin saanti ja liikuteltavuus helpottuu varaston ja työstökoneiden välillä. Varastot toimivat juna-periaatteella, jossa kiskojen molemmiin puolin on suuri määrä hyllyjä, joille aihiot varastoidaan. Hyllystöön kuuluu myös materiaalin latausasemia, joiden kautta suoritetaan materiaalin lisäykset ja poistot varastoon. Varasto-ohjelmalla saadaan selville, mitä aihioita on käytettävissä sekä aihoiden kappalemäärät. Jos hyllystöä käyttää vain yksi hyllystöhissi ja se rikkoutuu, kaikki siitä riippuvaiset koneet ympärillä ovat myös toimintakyvyttömiä. Tällainen varastointi on siis myös hyvin keskeisessä roolissa levytyökeskuksia ajatellen. (Lapinleimu, Kauppinen & Toivonen 1997, 167-171.)



Kuva 7. Kuvassa materiaalin lataus asema, jossa on liikuteltava lavakärry

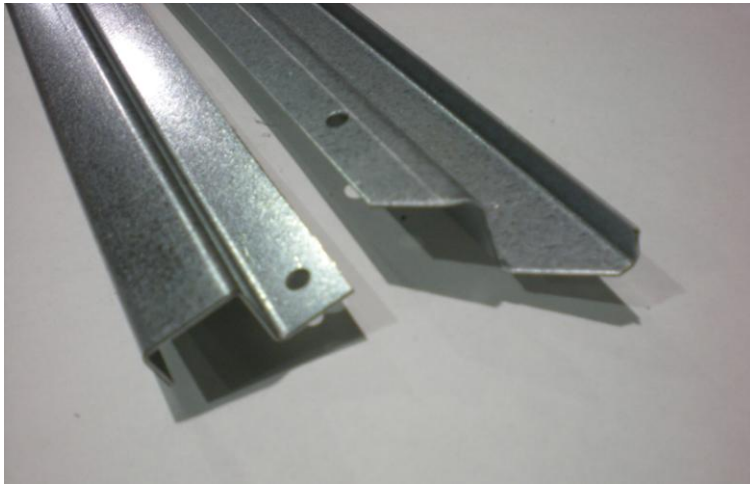
### 3.3.4 Särmäyspuristin

Varaston läheisyydessä toimivat myös levyntaittokoneet. Näillä koneilla suoritetaan varastomateriaalin muokkausta, jota ei jostain syystä saada suoritettua levyntyöstökoneilla. Liian lähekkäiset taitokset eivät aina onnistu suurilla koneilla eikä kaikkia taittoja voida tehdä levytyöstön taittokoneella, joten mekaanisia taittokoneita, särmäyspuristimia tarvitaan. Nämä voivat olla joko täysin miehitettyjä taikka robottiohjattuja. Esimerkiksi robotti on hyvä kappaleensyötössä. (Finn-Power 2009.)

Särmäyspuristimen "taittoleukojen" ylä- ja alatasorautojen muuntelulla voidaan suorittaa eripituisia taittoja. Taittopöydän pituus rajoittaa kuitenkin kappaleitten maksimipituuden. Yläteriä eli painimen kärkiä on monenlaisia, nämä tarvitsevat alatyökaluksi alavasteuria, että taivutuksen jälki on hyvää ja halutun mukainen. Uran leveys vaikuttaa puristusvoiman määrään, kuin myös materiaalin paksuus. Materiaalin paksuus vaikuttaa myös käytettäviin rautoihin. Leukojen voima vaihtelee tyypillisesti 700-900 kN välillä. Toiminnan toistotarkkuus on jopa 0,01millimetriä ja laitteen takavasteet ovat yleisesti moniakselisia. Taittokulmien ja taittokohtien on oltava kohdallaan, että haluttuun tuotteeseen ei tule mittamuutoksia. (Finn-Power 2009.)

Särmäyspuristimen käytössä tärkeitä tietoja ovat piirustuksissa kerrottavat tiedot siitä, miten taitos tehdään eli onko taitos tehtävä päältä vai alta ja millainen on taivutuskulma. Ohjaus tapahtuu nykypäivänä tietokoneella. Särmäyspuristimien nykyaikaiset ohjausjärjestelmät ovat graafisia ja usein 3-akselisia järjestelmiä. Tavallisella NC-ohjauksella varustetut koneet tekevät työkierron vaihe vaiheelta. Graafisessa ohjauksessa ohjelmaan sisältyy takavasteen vaatimat tiedot, joiden avulla useampivaiheinen särmäyksen kukin kulma saadaan oikeaan paikkaan. Tällainen monipuolinen takavasteiden ohjelmitavuustoiminta on usein kalliimpi kuin itse koko särmäyskone. (Finn-Power 2009.)





Kuva 8. Särmäyspuristimen taitoksia

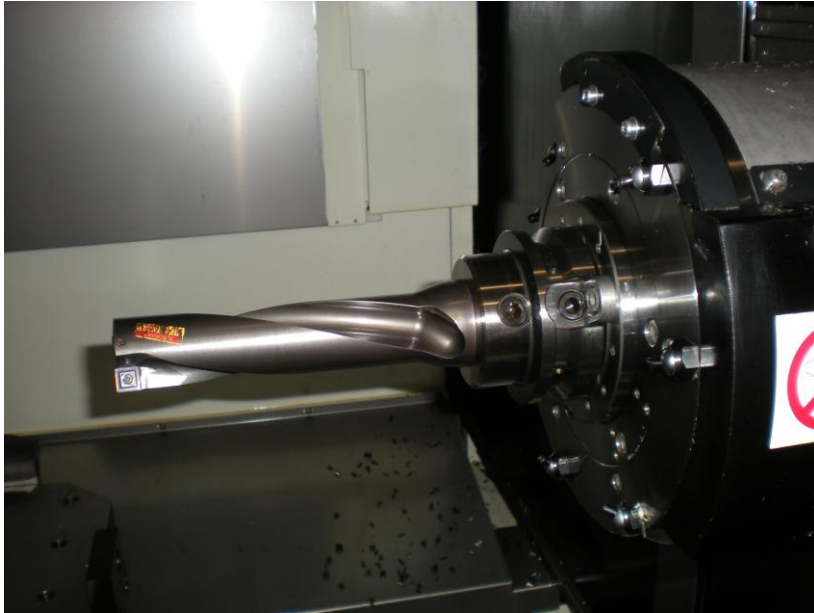
### 3.3.5 NC-työstökone

NC-työstökone on edelleenkin konepaja-automaation perusyksikkö, sillä työstökoneella aikaansaadaan monimutkaisen näköisiä kappaleita. NC eli numeerinen ohjaus teki mahdolliseksi kehittää avarrus-, jyrä- ja porauskoneita, joilla voidaan näitä monimutkaisia kappaleita tehdä. (Pikkarainen 1999, 37-55.)

Koska erilaisissa kokonaisuuksissa tarvitaan kaiken muotoisia akseleita, oli NC-työstökone merkittävä keksintö, sillä nämä akselit työstetään monitoimisilla NC-koneilla ja sorveilla. NC-työstökoneelle voidaan tuoda erillinen ohjelma, jonka mukaan kappaleen muotoilu suoritetaan. Vastaavasti toimintojen määrittely voidaan myös tehdä työtapahtuman etenemisen yhteydessä. (Pikkarainen 1999, 37-55.)

NC-työstökoneita on vaaka- ja pystykaralla. Näin voidaan työstää kappaletta erilaisista suunnista. Kara on laitteen osa, johon erilaiset terät asetetaan. Työkalut vaihdetaan yleisesti ohjelmoidusti, ja sijaitsevat koneessa revolverimaisessa työkaluvaihtajassa. Mittakellolla suoritetaan etäisyyksien mittauksia työstettävän kappaleen ja karassa olevan työkalun välillä. (Pikkarainen 1999, 37-55.)

Työstökoneen ajoajan ja työstöajan erona on, että ajoaika kattaa koko kappaleen koneessaoloajan kaikkine työkaluvaihtoineen. Työstöaika on vain se aika, jonka työstäminen vaatii. (Pikkarainen 1999, 37-55.)



Kuva 9. Vaakakara ja terä



Kuva 10. Työstökoneella työstetty kappale

Työstökoneiden työkalut ovat nykypäivänä kehittyneet moniteräisiksi. Näitä työsteriä kutsutaan minirevolvereiksi. Näillä saadaan työstövaiheesta muutama työkalunvaihto pois, jolloin työkierto nopeutuu. (Pikkarainen 1999, 37-55.)

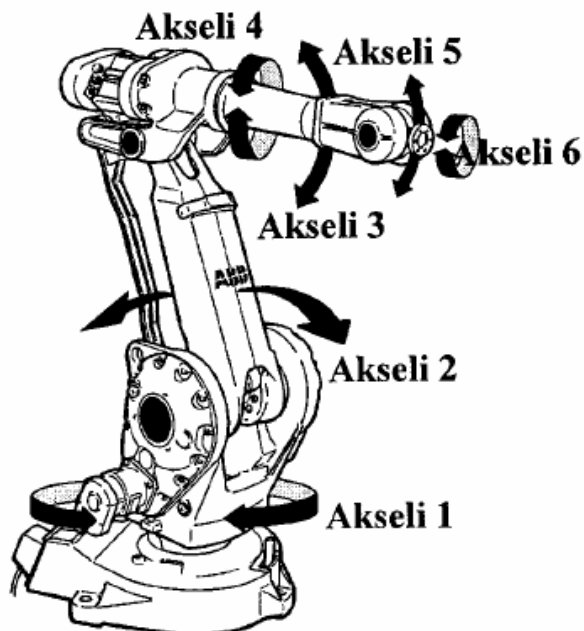


Kuva 11. Minirevolveri

### 3.3.6 Robotti

Robotti on uudelleen ohjelmitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite. Robotti on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia tai työkaluja sille ohjelmitavien liikkeiden kautta. Robotilla siis hoidetaan siirrot ja kappaleiden liikuttelu, elleivät kappaleet ole liian raskaita. Teollisuusrobotit ovat numeerisesti ohjattuja laitteita, joiden ohjelmointi on kehittynyt eri tavalla kuin työstökoneiden. Tästä syntyy kiusallisia eroavuuksia ohjelmoinnissa ja yhteiskäytössä. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)

Robotilla on kaksi pääosaa: Ohjauskaappi, joka sisältää käyttöpaneelin sekä ohjelmointiyksikön, ja varsinaisen manipulaattorin, eli toiselta nimeltään käsivarsirobotin. Robotissa on yleisesti nykyisin kuusi (6) kappaletta liikkuvaa niveltä tai akselia. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)



Kuva 12. Manipulaattori

Robotin valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat kuormituskyky, ulottuvuus, tarkkuus ja nopeus. Robotti käyttää liikeratojensa tunnistamiseen ja ohjailuun erilaisia koordinaatistoja. Näitä koordinaatistoja ovat mm. perus-, työkalun- ja kohteenkoordinaatistot. Peruskoordinaatisto on robotin oma jalusta. Työkalukoordinaatisto, kuten jo nimikin viittaa, on työkaluille tarkoitettu. Kohdekoordinaatisto tarkoittaa yleensä paikkaa, jossa liikuteltava kappale sijaitsee. Robottien joustavuus ei ole paras mahdollinen, mutta riittävä konepaja-automaatioon, sillä robotti suorittaa liikettä kolmiulotteisessa ympäristössä. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)

Robotit tarvitsevat erilaisia liikeratoja koordinaatistojen lisäksi siirrellessään kappaleita paikasta toiseen. Robottia valittaessa on huomioitava liikeradat, joita sillä halutaan teettää. Näihin liikerata valintoihin vaikuttaa siirtosuunta sekä kappaleen syöttö. Robotin liikeratojen ohjausliikkeitä ovat mm. lineaari- ja kaariliike. Käytössä on myös pikaliike, jonka jatkoksi tarvitaan lisäksi lähestymisliike, koska pikaliikkeellä ei voi mennä liikkeessä loppuun saakka. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)

Robotille voidaan myös opettaa liikeratoja käsiohjauksella, jotka sitten tallennetaan ohjausyksikön muistiin robotin suoritettaviksi. Käsiohjauksessa robotin liikuttamiseen useimmiten käytetään ohjaussauvaa. Nykypäivänä roboteissa on yleistynyt konenäkö, jolla voidaan suorittaa esimerkiksi hitsausrobotin tekemien saumojen tarkistus vertaamalla mallikappaleen kuvaa tehtyyn. Robotin ohjelmointi suoritetaan pääohjelmalla ja siihen liitetyillä aliohjelmilla. Simulointiohjelmilla saadaan testattua roboteille tehdyt ohjelmat helposti. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)

Teollisuudessa on käytössä erilaisia robotteja. Esimerkiksi maalausrobotin maalausjälki on tasaista, näin ollen maalauslinjoilla on usein käytössä robotteja eikä ihmisiä. Monesti materiaalit siirretään tai kuljetetaan roboteilla, näitä nimitetään kuljetusroboteiksi. (Aaltonen & Toivonen 1997, 138-155.)



Kuva 13. Robotin kääntöpöytä.

Robotteja voidaan käyttää apuna eri toiminnoissa. Yksi tällainen apuna toimiva robotti on varastorobotti. Seinäjoen Ykkösapteekin takahuoneessa sijaitseva varastorobotti hoitaa 12 000 pakettin lääkevarastoa. Kyseinen varastorobotti suorittaa lääkepakkauksien hyllytyksen kun varastoa täydennetään, ja myyntitapahtuman yhteydessä sama robotti toimittaa myyntitiskille tarvittavat lääkepakkaukset. Varastoidessaan tuotteita robotti vie lääkkeitä varastohyllyyn optimaalisessa järjestyksessä. Robotti toimii koordinaattien perusteella, ja jokainen hyllypaikka on sille opetettu kertaalleen. Apteekissa käytössä oleva täysautomaattirobotti on suomalainen tuote, nimeltään FIXU 12K -keräilyautomaatti. Robotin on valmistanut kuopiolainen Newico Oy. (Etelä-Pohjanmaan lehti 19.11.2008.)

Kyseinen robotti on ensimmäinen täysautomaattinen Newico Oy:n toimittama robotti. Newico Oy:n toimittamia puoliautomaattisia varastorobotteja löytyy Suomesta kymmenkunta. (Etelä-Pohjanmaan lehti 19.11.2008.)

## 4 FMS-JÄRJESTELMÄN HANKINTA

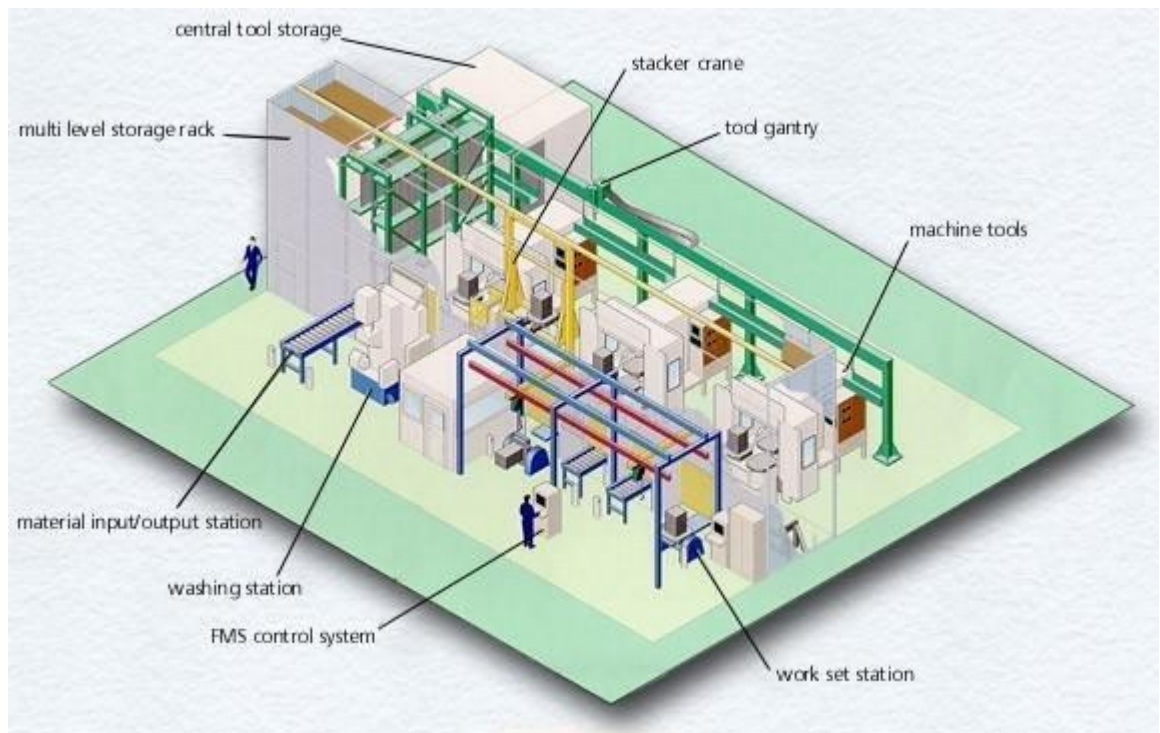
### 4.1 Yleiset periaatteet

FMS-järjestelmä auttaa tuotantotavoitteiden saavuttamisessa tehdasautomaation ja miehittämättömän tuotannon avulla. FMS-järjestelmällä pyritään hyödyntämään myös ajallisesti miehittämättömät jaksot. Voidaan puhua myös toisiaan täydentävästä järjestelmästä, jossa pyritään jakamaan erityyppiset vaiheet tietyille koneille. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-140.)

Ohjausjärjestelmien lisäksi järjestelmään kuuluvat olennaisena osana työstökoneet, teollisuusrobotit ja tuotantosolut. FMS-järjestelmä sisältää yleensä automaattisia kappaleen siirto- ja vaihtojärjestelmiä. Työkappaleiden liikutteluun on suunniteltu erilaisia paletteja. Tuotannossa tarvitaan myös monentyyppisiä kuljettimia, kääntöpöytiä sekä varastointihyllykköä. Koneistuskeskuksen koko materiaalivirta on automatisoitavissa hyllystön ja hyllystöhissin avulla, joka on liitettynä tuotantosoluun. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-140.)

Vuodessa on 8760 tuntia, joita pyritään tuotannon automatisoinnilla hyödyntämään mahdollisimman monta. Tutkimukset kertovat, että 1990-luvulla tuntimäärästä hyödynnettiin vain noin 20 prosenttia. Kuitenkin CNC-tekniikan kehittyessä ja FMS:n avulla on nykyään päästy jopa 50 - 60 prosenttiin, vaikka erävalmistus muuttuu jatkuvasti. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-140.)

Modulaariset laite- ja ohjelmistojärjestelmät yksittäisestä konesolusta aina koko tehtaan kattaviin järjestelmiin täyttävät valmistuslinjan erikoisimmatkin tarpeet. FMS-järjestelmän muuntelumahdollisuudet ovat lähes rajattomat. FMS on suurten massatuotantojen järjestelmä jo siksi, että laitteet tulevat maksamaan paljon. (Aaltonen, Airila, Andersin, Ekman, Kauppinen, Liukko & Pohjala 1992, 125-140.)



Kuva 14. FMS-järjestelmä



## 5 SEINÄJOEN AMK:N FMS-LAITTEISTO

### 5.1 Fastems

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön laitteiston keskeisenä osana on Fastems-järjestelmä, jolla suoritetaan kappaleen valmistuksen suunnittelu sekä ohjaus. Ohjekirjan turvallisuusohjeissa kerrotaan heti alussa, että järjestelmää saa käyttää ainoastaan käyttökoulutuksen saaneet henkilöt. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Järjestelmän pääosia ovat varasto ja siinä toimiva hyllystöhissi. Hyllystöhissi toimii varaston sisällä ja liikkuu siellä kiskoja pitkin. Varaston yhteydessä toimivat myös latausasemat, joissa käsitellään koneistuspaletteja, joihin kiinnitetään muokattava materiaali. Koneistuspalettien muokkaajana toimii työstökone. Lisälaitteina toimivat robotit ja materiaaliasemat. Tätä Fastems- järjestelmää ohjataan **MMS**-ohjelmistolla. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

MMS-ohjelmisto on erityisesti FMS-järjestelmiä varten tehty ohjausohjelmisto, joka on suunniteltu tehdasympäristöön. MMS:n Planning -näytöllä välilehtinä ovat mm. *Laitteet-välilehti*, jossa kerrotaan käytössä olevat laitteet. *Perustiedot-välilehti* sisältää jo nimensäkin perusteella perustietoa, jota tarvitaan kun suunnitellaan työtä tai käytetään laitteistoa. Tällä välilehdellä ovat myös kiinnitinvalikoima ja NC-ohjelmat. *Varasto-välilehti* sisältää varastotiedot sekä hyllyosoitteet. *Työluettelo-välilehdellä* nähdään ja voidaan valita suoritettavat työstötapahtumat ja määritellä, mitkä ovat kiireisimpiä. Listalta voi myös poistaa työtehtäviä. Täällä voi määritellä myös lisätoiminnot. Lisäksi löytyy *Tilanvalinta-* ja *Tuoteloki-välilehdet*. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

MMS Planning -ohjelmalle syötetään kaikki järjestelmän tarvitsemat tiedot valmistusreittejä myöden. Nämä kaikki tiedot ovat järjestelmälle välttämättömiä, niitä ilman järjestelmä ei voisi toimia. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Latausasemassa suoritettavia tehtäviä ovat työstettävien kappaleiden kiinnitys ja irrotus paletteihin. Nämä koneistuspaletit ovat alustoja, joihin työstettävä materiaali kiinnitetään. Ohjelmallisesti paletille määritellään esimerkiksi paletin numero, tyyppi, korkeus, tila, sijainti ja kiireysluokka. Näissä koneistuspaleteissa kulkee mukana usein myös ohjelma, minkä mukaan työkappaleen muokkaus suoritetaan. Paletille annetaan yleensä myös nimi taikka tunnus, jonka avulla järjestelmä tunnistaa eri kiinnittimet toisistaan, vaikka ne sijaitsisivat samassa varastopaikassa. Hyvä nimike on sellainen, josta kaikki voivat päätellä, mistä toiminnosta on kyse. Jos kyseessä on konepaletti, ohjelmisto näyttää myös siihen liitetyn reitin. Paletin tilaa voidaan muuttaa ohjelman *Paletin tiedot* -ikkunassa. Paletti voi olla aktiivisena tai pysäytettynä. Pysäytettynä olevaa palettia voidaan siirtää valmistusreitillä eteenpäin tai taaksepäin, seuraavaan tai edelliseen vaiheeseen. Valmistusreitin tiedot kertovat, missä järjestyksessä paletin työstö suoritetaan. Valmistusreitti alkaa yleensä latausasemasta ja siirtyy sieltä työstökoneelle, ja päättyy työstön jälkeen joko latausasemaan tai varastoon. Tarvittavan työstöohjelman puuttuessa paletti siirretään varastoon ja tilaksi tulee ”lukittu”. Jos työstötapahtumassa tulee jokin virhe, varastoon siirretyn paletin tilaksi tulee ”virhe”. Kun palettia ei käytetä, sitä säilytetään varastossa. Jos työstökoneessa on kääntöpöytä, voidaan työstön aikana hakea jo seuraava työstettävä paletti. Näin toiminnot nopeutuvat huomattavasti. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Prosessia ohjaillaan MMS:n Process-näytöllä, jossa toimintoina ovat mm. valvomo, lataus, materiaali, solu sekä suunnittelussakin ollut työluettelo. Jo valikoista näkee, että ohjelma on tarkoitettu itse järjestelmän käyttöön ja sillä ohjataan kaikkia laitteita, kuten myös hyllystöhissiä. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Ohjelman materiaalivalinnassa suoritetaan materiaaliasemalla eurolavojen poistot ja lisäykset. Tästä syystä hyllystöhissiin on liitetty latausasemien lisäksi myös materiaaliasemia, joiden kuljetinratoja pitkin varaston täytöt ja purut tapahtuvat. Kaikki nämä ulkopuoliset liitännät korkeavarastoon ovat varmennussuojattuja nosto-ovilla, ettei hyllystöhissiin pääse sisään muulloin kuin ohjelman ollessa pysähdyksissä. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

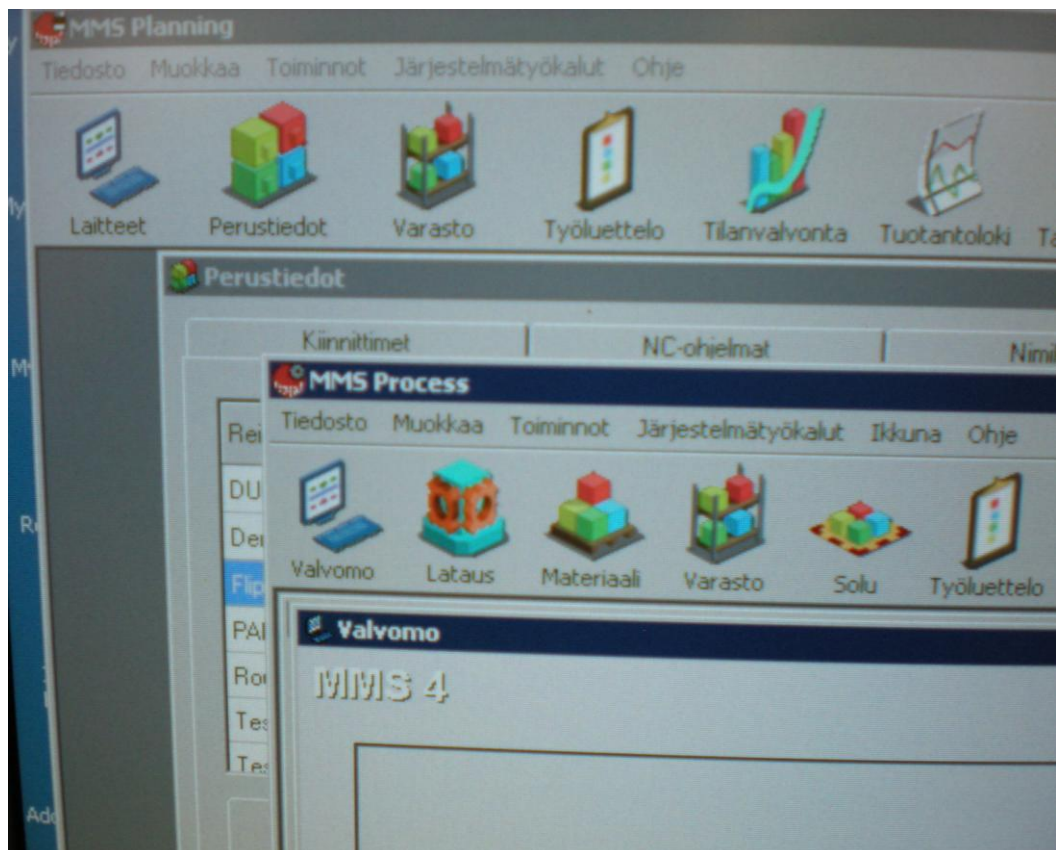
Näitä kuljetintoimintoja suoritetaan *Lähetä*- ja *Tilaa*-painikkeilla. Hyllystöhissin toiminta voi olla automaattista tai käsikäyttöistä. Lavan ollessa kuljettimella, siihen voidaan lisätä tai siitä voidaan ottaa pois materiaalia. Ohjauksen saa näkyviin valvomon kautta. Valvomossa on myös varaston pohjapiirrostoiminta, josta näkee palettien sijainnit hyllystössä. Varaston kautta saadaan helposti selville myös mitä varastossa on. MMS Process -ohjelmassa on neljä välilehteä, jotka ovat nimikkeet, pohjapiirros, paletit ja kiinnittimet. Esimerkiksi Paletit-välilehden alta löytyvät kaikki paletit, joissa tietoina ovat numerot, sijainti, tyyppi, paletin korkeus, reitti ja paletin tila. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Valvomotilassa voidaan tarkkailla eri laitteiden toimintaa. Toimintaan voidaan myös puuttua valvomosta käsin. Valvomossa näkee värien mukaan laitteen tilan. Kun laite on vihreä, voidaan sitä käyttää automaattijolla. Sinistä laitetta voidaan käyttää käsikäytöllä. Laitteen ollessa punainen, siinä on jokin häiriö tai häiriötä ei vielä ole kuitattu pois. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Solulla tarkoitetaan itsenäistä valmistusyksikköä, johon on sijoitettu useampia joko samoja tai erilaisia työstölaitteita, ja jonka lopputuloksena on lähes valmis tuote. Solun avulla on mahdollista säilyttää jokin materiaali järjestelmän kirjanpidossa, vaikka materiaalia ei fyysisesti olisikaan järjestelmässä. Materiaali on voitu siirtää toiseen soluun. Solussa lisätyt ja poistetut materiaalit on lisättävä tai poistettava myös materiaalinkäsittelyvalikossa. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Järjestelmällä suoritetaan myös tuotannon suunnittelu ja aikataulutus. Tilaukset syötetään käsin järjestelmään, tai niitä voidaan lukea puoliautomaattisesti tiedostoista, kuten esimerkiksi Excel-taulukoista. MMS luo työluettelon, josta näkyvät kaikki kirjatut tuotantotilaukset ja niiden tuotantotilat. Työluettelosta löytyy esimerkiksi tilausnumero, valmistettava määrä ja valmistumispäivämäärä. Tilauksen tilaa voidaan muuttaa muuttamalla työluetteloa. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)

Järjestelmä on suojattu varavoimalla virransyöttöhäiriöitä vastaan. Varavoimana käytetään UPS-laitteistoa, jolla pidetään järjestelmä päällä muutamia minutteja virtakatkoksen sattuessa. Tänä aikana järjestelmä ajaa itsensä hallitusti alas, toisin sanoen järjestelmä pysäytetään. Ellei tällaista varotoimenpidettä olisi käytössä, virtakatkon sattuessa master-pc sammuisi ilman hallittua järjestelmän pysäytystä ja tämän seurauksena käyttöjärjestelmä tai käytössä olevat tietokannat saattaisivat vahingoittua. (Fastems- käyttöohje [viitattu 12.1.2010].)



Kuva 15. MMS-järjestelmä.

## 5.2 Mitä laitteita

Seuraavassa käydään läpi Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön valmistusreitien laitteita. Ohjaava Fastems-järjestelmä on laitteiston keskeinen osa. Varasto toimii hyllystöhissin avulla, jonne materiaali tallennetaan eurolavoilla. Järjestelmään kuuluu myös kaksi latausasemaa ja materiaalin täyttö- ja purkupaikka.

Hyllystön yhteydessä on paikka erilaisille tartuntapaletille. Erilaiset paletit voidaan varustaa sähkömagneettisella saattomuistilla kappaleen tunnistusta silmällä pitäen. Robotteina ovat FANUC -Robot R -2000iB tyyppiset, joista toinen syöttää materiaalia särmäyspuristimelle ja toinen on hitsausrobotina. Robottien välissä on myös kääntöpöytä. Särmäyspuristimena toimii Schiavi Hfb S80.25, josta lisätietoa jäljempänä. Laitteistoon kuuluu myös vaakakarainen työstökone nimeltään Kitamura.



Kuva 16. Erilaisia paletteja.

### 5.2.1 Kitamura CNC -työstökone

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikköön on hankittu Kitamura-työstökone, jolla suoritetaan palettiin kiinnitetyn kappaleen muokkausta niin vaakakuin pystysuunnassa. Tämän suorittaa koneen karaan kiinnitetty työstöterä. Kitamura-työstökoneessa on vaakakara, jonka liikeradat ovat X ja Y (ylös ja alas). Lisäksi pöytää voidaan myös liikuttaa vaakatasossa, jolloin kappaleen työstöön tulee lisää ulottuvuuksia.

Pöydän vaak akselin suuntaa kuvataan Z-merkillä. Koneessa on kääntöpöytä, jolloin toista työstettävää kappaletta voidaan työstää ja toinen odottaa vuoroaan. Työstökoneen varustukseen kuuluvan kääntöpöydän liikeratoja kuvataan B-merkillä.

Kitamura käyttää palettia, jonka mukana seuraa suoritettava ohjelma. Edellä mainittu paletti on laite, johon työkappale kiinnitetään työstökoneen ulkopuolella.



Kuva 17. Ohjauspaneeli.

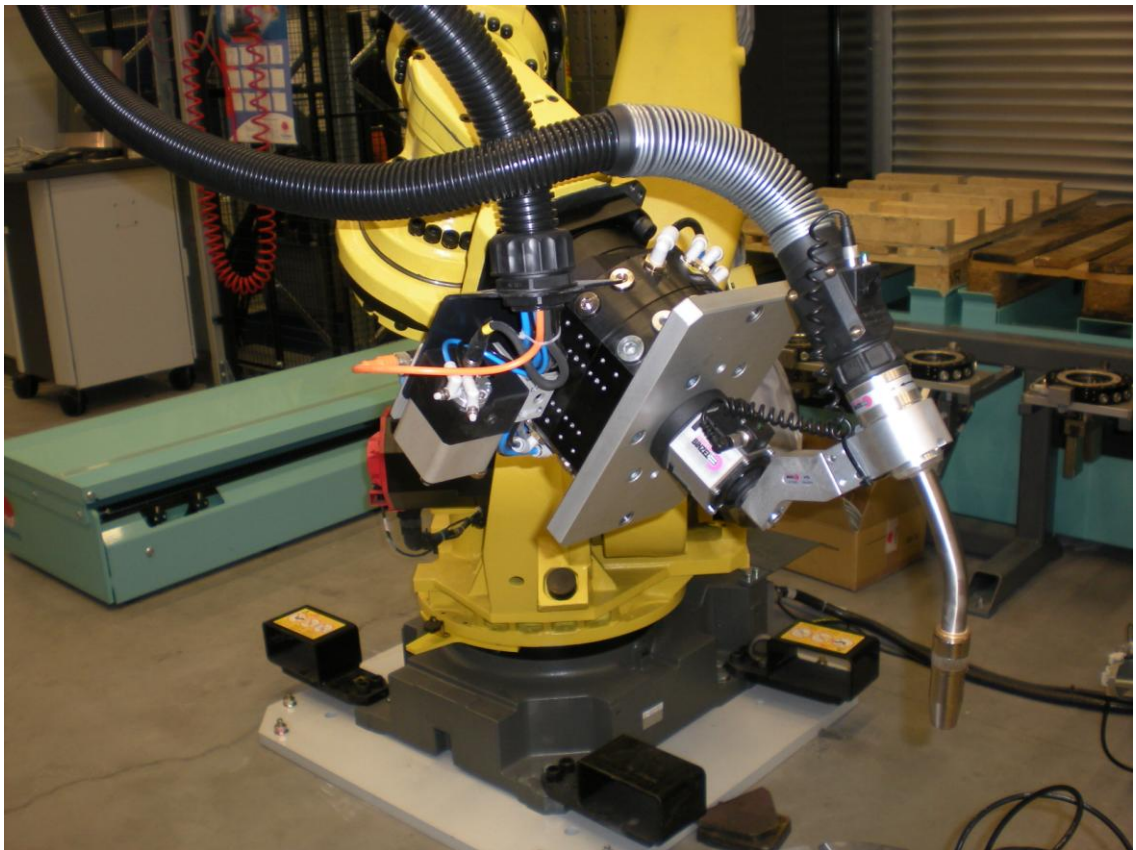
### 5.2.2 Fanuc-robotti

Fastems-järjestelmään kuuluu myös kaksi robottia, jotka ovat tyypiltään FANUC-Robot R -2000iB. Toinen näistä on ns. latausrobotti särmäyspuristimelle ja toisella voidaan tehdä hitsattavia liitoksia kääntöpöydällä.

Kappaletta kääntäviä akseleita on saatu monta, koska robotilla on niitä kuusi (6) kappaletta. Kääntöpöydässä akseleita on kaksi (2) ja lisäksi on laskettava vielä latausyksikkökin, joten akseleita on yhteensä yhdeksän (9) kappaletta.

Molemmat robottikoneet voivat siirrellä vain rajoitetun painoisia yksiköitä tai osia.

Käytettäessä robottia hitsaukseen sen ohjelma toteutetaan yleensä modulaarisesti. Tarkoittaa erilaisia yhteensovitettuja ohjelmistopaloja, jossa hitsausohjelma on itse pääohjelma, joka tuottaa tuotannollisesti halutun tuloksen. Pääohjelma vaatii kuitenkin toteutuakseen erilaisia aliohjelmiä, joissa määritellään hitsattavien saumojen eri suunnat. Lisäksi tarvitaan erilaisia huolto-ohjelmia, esimerkiksi polttimen puhdistustoimenpiteelle, joka suoritetaan tietyin väliajoin. Muussa tapauksessa hitsausaumat eivät ole enää tasalaatuisia. Kääntöpöydän toiminta voi olla eräs aliohjelma, jos ja kun sellaista hitsauksessa käytetään. Robottien konenäköä voidaan myös käyttää apuna hitsaustulosten tarkastuksessa. Konenäkö vertaa mallikappaleen hitsausaumojen kuvia hitsauksessa saatuihin ja antaa raportin tarkastuksesta. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2002, 373-384.)



Kuva. 18. Robotti hitsauspäällä.



### 5.2.3 Särmäyspuristin

Särmäyspuristimen on valmistanut Coastone Oy. Merkiltään se on Schiavi Hfb S80.25. Laite on CNC-tekniikalla toimiva särmäyspuristin, jonka puristusvoima on 800 kN. Pöydän pituus on 2550 millimetriä. Toistotarkkuudeksi on luvattu 0,01 millimetriä. Koneessa on viisiakselinen takavaste robottivalmiudella. (Finn-Power [viitattu 12.12.2009].)



Kuva 19. Särmäyspuristimen ohjausyksikkö

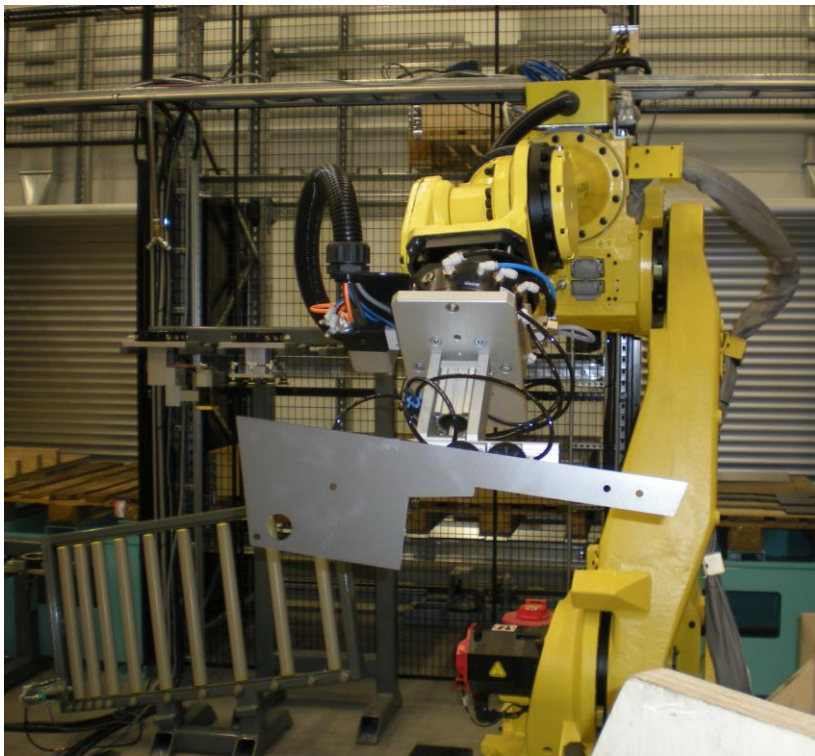
Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikössä särmäyspuristinta käytetään yhdessä Fanuc-robotin kanssa. Robotti syöttää särmäyspuristimelle materiaalin ja särmäyspuristin tunnistaa takavasteittensa avulla, milloin materiaali on paikallaan, ja aloittaa oman ohjelmansa. Takavasteen tunnistimia on kolme (3) kappaletta. Ohjelmointi suoritetaan tietokoneella. Ohjelma voidaan myös simuloida ennen varsinaista taiteltavan kappaleen syöttöä. (Finn-Power [viitattu 12.12.2009].)



Kuva 20. Robotti ja särmäyspuristin

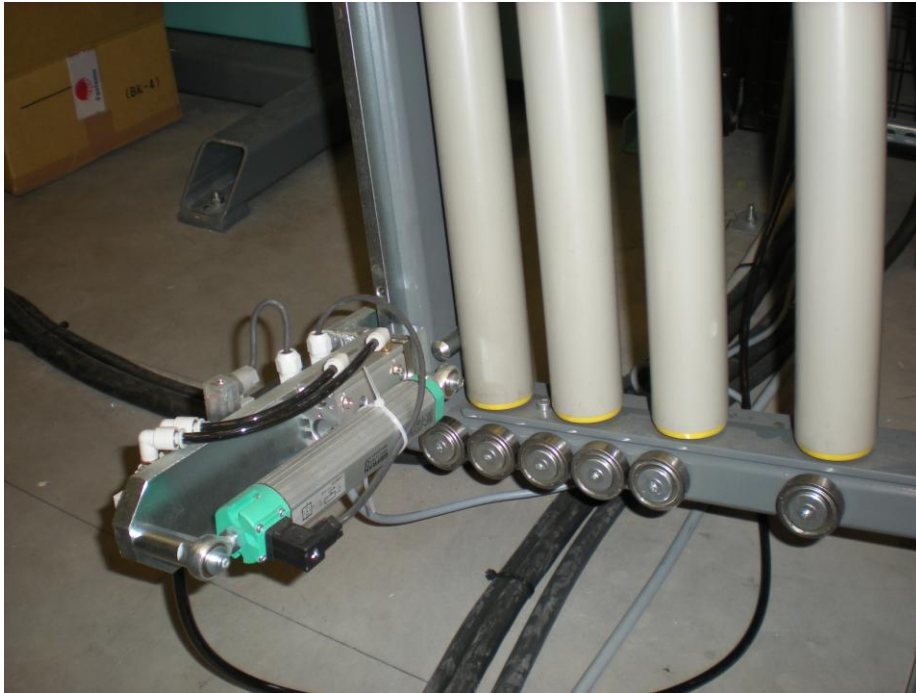
**Ohjelmoitu työkierto:** Tässä ohjelmoidussa työkierrrossa mukana ovat särmäyspuristin, robotti ja kohdistinpöytä.

Kaikki taitettava materiaali on laitettu eurolavalle. Lava on sijoitettu määrättyyn paikkaan, johon robotin imukuppiotin yltää ja nouto on ohjelmoitu. Työkierto alkaa, kun robotti noutaa eurolavalta määrätynmuotoisen metallilevyn.



Kuva. 21. Robotti, kappale ja kohdistinpöytä

Robotti tarttuu eurolavalla olevaan metallilevyyn imukuppinostimella ja taivuttaa peltiä hieman nostaessaan. Tällä varmistetaan se, että pinkasta lähtee vain yksi levy eivätkä leikkausrasvat aiheuta levyjen kiinnittymistä toisiinsa. Siirtorobotti siirtää ottamansa kappaleen kohdistuspöydälle ja irrottaa kappaleen, joka vapaana ollessaan liikuu kohdistinpöydän alalaitaan muovisten siirtorullien ja laakerirullien avulla. Kohdistinpöytä mittaa vielä kappaleen paksuuden, kun kappale on saavuttanut kulmapisteen.



Kuva. 22. Kappaleen kohdistinpöytä. (Kappale on pöydällä pystysuunnassa.)

Nyt robotti tietää, miten kappale on pöydällä, ja se on ohjelmoitu ottamaan levyn tietystä kohdasta kiinni ja toimittamaan kappale tietyssä asennossa särmäyspuristimelle. Särmäyspuristin tunnistaa takavasteittensa avulla, kun kappale on paikallaan, ja särmäyspuristimelle ohjelmoitu työkierto voi alkaa. Robotti siirtää osassa taitoksia kappaletta särmäyspuristimessa. Osa taitoksista on kuitenkin sellaisia, joissa robotintarttuja on ohjelmoitu irrottautumaan kappaleesta, ja sille on määritetty uusi tartuntapiste sekä myös kappaleen kääntö.

Kun särmäyspuristin saa taitokset tehtyä, robotti suorittaa valmiiden kappaleitten lavauksen eurolavalle siten, että kappaleet on helppo laskea. Lavauksella tarkoitetaan kappaleen sijoittelua eurolavalle siten, että aina seuraava laitettava kappale on hieman eri paikassa kuin edellinen.

#### 5.2.4 Mitä mahdollisuuksia

Kyseinen järjestelmä mahdollistaa haluttaessa vaikka pieniä alihankintatöitä. Monesti suuret valmistajat eivät ole halukkaita panostamaan yksittäiskappaleitten tuotantoon. Tällaisella koulun omistamalla laitteistolla voitaisiin saada opetukseen käytännönläheisyyttä. Opetukseen voitaisiin liittää myös kappaleen suunnittelu, kappaleen valmistukseen tarvittavan ohjelmoinnin laatiminen sekä simulointi. Materiaaliopissa voitaisiin käydä läpi materiaalivalinnat. Mikäli työvaiheita jaetaan useammalle laitteelle, saadaan työlle huomattavasti enemmän haasteellisuutta ja opetuskin on monipuolisempaa.

Monesti käytännössä opittu taito auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia paremmin kuin koulukirjat. On myös paljon mielekkäänpää, kun laitteistosta tulee ulos käsin kosketeltava kappale. Simuloinnissa tämä toiminta jää vain näköhavainnon asteelle.

Tällaisella toiminnalla saataisiin myös takaisin hieman laitteen hankintakustannuksia.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mitä on FMS. FMS:llä tarkoitetaan joustavaa valmistusjärjestelmää, jossa tuotanto jatkuu keskeytymättä, vaikka työkappalet ja niiden määrät vaihtuisivatkin. Tähän järjestelmään on liitetty erilaisia NC-koneita. Eräs näitä NC-koneita oli monipuolinen työstökone, jolla voitiin työstää kappaletta jyrkien ja poraten. Työstössä käytettiin yhtäaikaista koneen eri akselisuuntia liikuteltaessa työstettävää kappaletta, jolloin kappaleen valmistus nopeutui. Lisää nopeutta toimintaan haetaan nykypäivänä työstökoneen käyttämien työkalujen kehityksellä. Kun käytetään esimerkiksi moniteräisiä työkaluja, työkalunvaihtoon käytettävää aikaa pystytään säästämään. Monimutkaisia kappaleita suunniteltaessa ohjelmoinnin osuus korostuu FMS-laitteistoa hyödynnettäessä, ellei ohjelmoinnissa oteta huomioon yhtäaikaista toimintoja, kappaleen muokkaukseen käytettävä aika moninkertaistuu. Joustavassa valmistuksessa on hallittava akselisuuntien ohjelmointi ja tiedettävä erilaisten työkalujen käyttötarkoitus, jolloin niistä saadaan käyttöön mahdollisimman suuri hyöty.

Työssä käsiteltiin myös tuotantolinjan toimivuuden varmistamista, koska FMS-järjestelmä toimii osan aikaa miehittämättömänä. Vikatilanteen sattuessa hälytysjärjestelmän tulisi olla toimiva, koska ongelman selvittäminen vaatii kuitenkin ihmisen puuttumista koneiden toimintaan. Vikatilanteessa on voitava siirtää toiminta korvaavalle laitteelle. Ellei korvaavaa löydy, toiminta keskeytyy korjauksen ajaksi. FMS-järjestelmä olisikin järkevää pyrkiä rakentamaan toisiaan korvaavista koneityypeistä tai kahdentamalla laitekanta tuotantolinjan kriittisissä kohdissa.

Lisäksi selvitettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikköön hankitun FMS-laitteiston rakennetta. Työssä kuvaillaan yksi monista FMS-laitteistoon ohjelmoiduista työkiertoista, jossa ohjausjärjestelmänä käytetään MMS-tekniikkaa. Tämä työkierto aloitettiin kappaleen haulla määrätystä paikasta. Robotti oli opetettu noutamaan kappale eurolavalta ja toimittamaan se kohdistinpöydälle. Tällä kohdistinpöydällä saatiin kappaleen tarkka sijainti selville, jolloin robotti tiesi tartuntakohdan paikan ja siirsi kappaleen särmäyspuristimelle. Särmäyspuristimelle oli

ohjelmituna omat toimenpiteet, jotka se teki kappaleelle. Lopuksi robotti toimitti valmiiksi taitellun kappaleen sille määriteltyyn paikkaan.

Kirjallisessa osuudessa, joka myös oli haasteellisin minulle, selvisi miten laaja käsite FMS-järjestelmä on. Jouduin muuttamaan tutkimussuunnitelmaani suppeammaksi, ettei työstäni tulisi liian laajaa ja pintapuolista. Työssä käsiteltiin vain osa joustavan valmistuksen käyttämistä laitteista, joita ovat FMS-järjestelmän lisäksi mm. erilaiset kuljetinradat ja kääntöpöydät. Työssäni käytiin läpi FMS-järjestelmän hankintaan vaikuttavista asioista vain yleisimmät, sillä muussa tapauksessa työstä olisi tullut liian laaja. Työn jokaisesta osiosta saisi tarkalla selvityksellä aikaan oman opinnäytetyön.

## LÄHTEET

Aaltonen, K. & Toivonen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: Wsoy.

Aaltonen, K., Airila, M., Andersin, H., Ekman, K., Kauppinen, V., Liukko, T. & Pohjala, P. 1992. Tuotantoautomaatio. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, tuotantotekniikan laitos.

Pikkarainen, E. 1999. NC- Tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2004. Konetekniikan perusteet. Porvoo: Wsoy.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2002. Koneautomaatio 2 logiikat ja ohjausjärjestelmät. Porvoo: Wsoy.

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

Finn-Power. Prima Industrie ja FINN-POWER yhdistävät voimansa. [WWW-okumentti]. Finn-Power Oy[viittaus 12.12.2009]. Saatavissa: <http://www.finn-power.com/suomi/index.asp>

Fastems-käyttöohje. Joustava valmistusjärjestelmä. 25488 Seinäjoen AMK.