

## 공작기계 기술의 현재와 미래(18)

강 철 희\*

### Machine Tool Technology; The Present and the Future(18)

C. H. Kahng\*

#### 강좌 시리즈 차례

- |                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| (1) 서론              | (11) EDM 가공, Laser 가공 공작기계       |
| (2) 공작기계의 고속화와 고성능화 | (12) CNC 콘트롤의 발전                 |
| (3) 고속MC의 Tooling   | (13) 공작기계의 새 개념(VARIAX, HEXAPOD) |
| (4) 공작기계의 정밀화       | (14) 측정, Sensing 기술              |
| (5) 공작기계의 동적 특성     | (15) CAD/CAM/CAE와 공작기계           |
| (6) 공작기계의 열적 특성     | (16) 공작기계의 성능 평가                 |
| (7) CNC-선반의 현재와 미래  | (17) Metal Forming 공작기계          |
| (8) 머시닝 센터의 현재와 미래  | (18) 자동생산시스템(FMS, FMC)           |
| (9) CNC 연삭 공작기계     | (19) 미래의 생산(CIM, IMS)            |
| (10) 초정밀 가공 공작기계    | (20) 한국 공작기계의 갈 길                |

#### 18. 자동생산시스템(FMS, FMC)

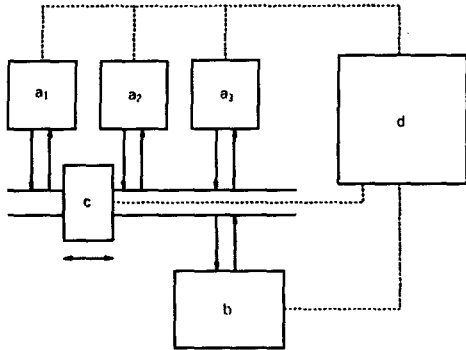
##### 18-1. 서론

영국의 담배 제조 기계를 생산하는 Morins사가 1960 년대에 자사공장의 제조 Line을 자동화 하기 위하여 새로운 가공시스템의 개발을 시작하였다. 현재의 FMS 원형인 "System 24"라고 하는 24시간 연속 운전이 가능한 생산 System을 생각해 낸 것이다. Morins사는 당시로서는 획기적 Idea인 이 System의 특허출원을 세계 각국에 제출하였다.<sup>(1)</sup> Morins사의 FMS 미국 특허는 No.

4369563으로서 FMS의 설치특허이고 No. 4621410으로서는 FMS를 이용하는 제조방법의 특허이다.

여기서 Morins사의 특허 내용을 설명하기 전에 Flexible Manufacturing System(FMS-유연생산시스템)의 정의를 간단히 확인하고자 한다. FMS란 수십종류의 제품을 각각 수백개까지 생산 할 수 있는 다품종 소량생산에 대응 가능한 자동 생산 System을 말한다. Fig.18-1은 FMS의 구성을 설명하는 개념도이다.  $a_1 \sim a_3$ 는 머시닝센터, NC선반, 자동조립기등의 가공기계가 복수로 나열되어 있으며 NC가공 기계군에 속한다. b는 자동창고

\* 統一重工業(株) 전무



- a<sub>1</sub>~a<sub>3</sub> : NC 가공기계군
- b : 저장수단
- c : 자동반송수단
- d : Computer 중앙정보 처리수단

Fig. 18-1 Concepts of FMS by Morins Co.

로서 Work와 공구를 저장하는 것을 말하고 c는 공구나 Work를 Pallet에 올려놓고 각 가공기계나 창고 사이를 이동하는 자동반송수단이다. d는 전술한 a, b, c를 제어하는 Computer정보 처리수단으로 Work의 종류, 필요한 가공공정 및 순서등의 가공내용을 모두 기억하고 있으며, 자동 반송수단 c의 반입수량, 순서를 조정하면서 가공지령을 낸다. 이 지령에 의해서 c가 좌우로 이동하고 가공기계 a와 저장수단 b, 가공기계 a와 밀접한 관계가 있는 공구와 Work를 주고 받으면서 가공을 설세없이 진행시킨다. 자동화를 더욱 촉진하기 위해서 공구마모나 장치 교장의 감시등의 기능을 붙이는 것도 가능하다.

Morins사의 미국 특허 2건을 완전히 소개하기란 쉽지 않지만 특허 명세에 기술된 내용을 Fig.18-2에서 보면, ① 복수의 NC 공작기계 ② Work의 저장수단 ③ Work의 반송수단 ④ 정보처리 수단을 가지고 있으며, ①~③의 구성 요소를 ④로 제어하고 복수가공 공정에 필요한 복수 종류의 Work를 가공하는 공작기계 설비라고 말할 수 있다. 또 FMS를 이용하는 제조방법에 관한 특허는 상기 ①~③의 구성요소로 되어 있는 가공 시스템을 이용하여 Work를 반송 또는 Set up시켜 ④로서 감시 또는 제어하면서 복수공정의 가공을 하는 Engineering component를 제조하는 Process를 말한다. Morins사에서는 후에 생산 시스템을 실제로 도입할 것을 계획했지만 Software개발 등의 장치제어기의 문제 해결을 하지 못해 이 계획은 중지되어 버렸고, 1970년대에 들어가서 Morins사는 공작기계 사업에서 철수하게 되어 "System 24"의 특허를 포기한 상태에 이르렀다. 한편 FMS는

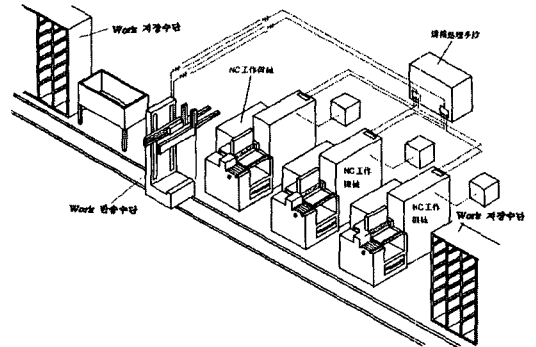


Fig. 18-2 Patented FMS by Morins Co.

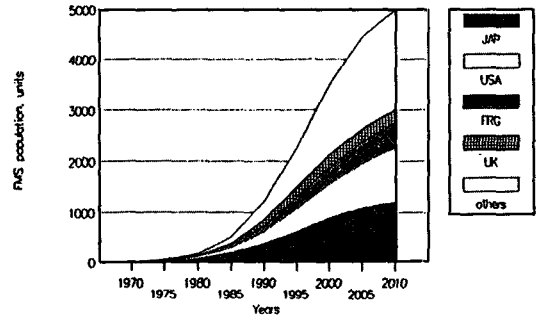


Fig. 18-3 Forecast of world FMS population by main country users

1980년대에 들어가 각국의 제조업 여러 분야에 널리 사용되고 있는 기술이 되었다. 수년전에 세계 선진국의 FMS 사용을 예측한 것을 Fig.18-3에 나타나고 있다. 최근 일본의 통계에 의하면<sup>(2)</sup> 1991년 1월 현재 일본에서는 금속 공작기계 수가 743,247대, FMS가 2,250 Sets, FMC가 11,778 Sets로 되어 있다. 전세계 기업의 대소를 막론하고 FMS나 FMC에 대한 관심이 높아지고, 본격적인 대규모 FMS로부터 손쉽게 도입이 가능한 범용 FMC에 이르기까지 각 기업의 요구는 다양화되고 있으며 FA(Factory Automation)라고 하는 목표를 향해서 힘을 기울이고 있다. 그 파급 요인은 기능 인력의 부족, 인건비의 상승, 노동시간의 단축 등 노동환경의 변화가 큰 원인이다.

18-2. FMS와 FMC의 개념

FMS란 기계가공과 자동조립 Shop에 있어서 다종소량에 적용한 유연성(柔軟性)있는 생산 System이며 최근에

는 생산성과 유연성을 겸하고 있는 생산시스템을 일반적으로 FMS라고 부르고 있으며 FMS의 System내용도 다양화되고 있다. FMS에 관한 엄격한 정의는 없으나 그 개념을 명확하게 할 필요성 때문에 대표적인 기계가공 Shop의 경우를 예를들면 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>(3)</sup>

- 1) 복수 이상의 NC 공작기계 특히 MC
- 2) 가공 Work를 자동 착탈장치
- 3) 공정간의 자동반송장치
- 4) 가공 Work를 일시 저장하는 Stacker 또는 자동창고
- 5) 이것들을 종합적으로 관리, 제어하는 Computer 및 운용 Software 등으로 구성된 자동화 System을 말하며 폭넓은 요소기술을 종합한 기술이다. 생산성, 유연성에 대한 FMS의 위치는 Fig.18-4와 같다.

FMS는 단체 NC기계와 비교하여 유연성은 적지만 생산성은 높고, 전용 Transfer machine과 비교할 때 생산성은 낮지만 유연성은 높아진다. 두 가지 관점에서 볼 때 중간에 위치하는 생산 시스템이지만 기술의 발달에 의해서 양자를 겸하는 새로운 분야로 확대되고 있다. FMS와 더불어 언급되는 것이 FMC이다. 이것은 Flexible Manufacturing Cell의 약칭이고, 가공셀(Machining Cell)이라고 부른다 FMC의 정의는 대략 다음과 같이 하고 있다. 「FMC란 ①자동화된 핵심가공기능 ②자동화 되어 있는 내부 반송기능 ③그것들의 제어기능을 가지고 있으며 그것 자체로서 단독가동이 가능한 소규모의 FMS이며 외부반송 System과 연결하여 설치하면 FMS의 기본 Module이 될 수 있는 것이다.」 다시 말해서 FMC는 FMS에 비해서 규모가 적고, 중소기업층에 도입이 용이하며 FMS의 기본 Module이 될 수 있으므로 장치 확장이 가능하다. 운영 Cost가 적고, Floor space가 적어 경

제적이며 기계 가공뿐만 아니라 조립, 용접, Plastic성형 등으로 그 응용이 확대되고 있으며 기계 가공용 FMC도 MC와 공작물 반송기능, Control System을 여러 종류로 조합하여 많은 종류의 FMC 개발이 가능하다. Fig.18-4에서 보는 바와 같이 FMC는 FMS와 단체 NC 기계의 중간에 위치하고 있으며 단체 NC기계로 가공된 Work를 Pallet위에 장착하여 장시간 무인운전을 하는 것이다. 다시 말해서, FMC란 한대의 MC를 주체로 하여 Pallet Pool이 반송 및 Stacker의 역할을 겸하고 있는 Pallet 교환장치(APC)를 통하여 자동공급된 Work를 연속적으로 NC가공이 가능해지며 생산성의 향상에 기여하고 있는 FMS의 기본 Unit으로 보고 있다. 절삭가공의 경우에는 한대의 NC선반으로 구성되어 Work는 전술한 바대로 Pallet방식에 의해서 자동 공급되거나 또는 자동 Clamp방식에 의해서 자동 반송된다. 이와 같이, 가공 Cell은 생산 System의 Unit로 볼 수 있기 때문에 FMS 계획에 있어 사전 준비로서 가공 Cell을 도입하고 그 후 자동반송장치 및 자동창고등을 추가함으로써 FMS를 완성시킬 수 있다.

넓은 차원에서 자동화를 분류하면 고정자동화(Rigid)와 유연성 자동화(Flexible)로 구별할 수 있는데 이것을 비교하면 전자는 한 소재를 한 Cycle에 생산하는 Mass production에 적합하지만 후자는 Interchangeable 또는 Specific machining Unit을 보유하고 있으며 Transportation과 Storage System, Clamping Pallet에 의해서 소재가 서로 독립적으로 가공이 가능하다. (Fig.18-5) 여러 공작기계의 자동화 단계를 비교해 보면 Fig.18-6과 같이 종합할 수 있다. 공작기계를 중심으로 하는 자동화의 발달을 보면 처음의 범용 공작기계(M/C)는 자동화에 필요로 하는 기능이 전무하지만 범용 NC-공작기계

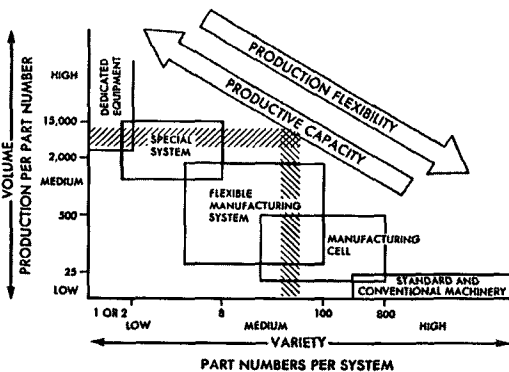


Fig. 18-4 Productivity and flexibility of production systems

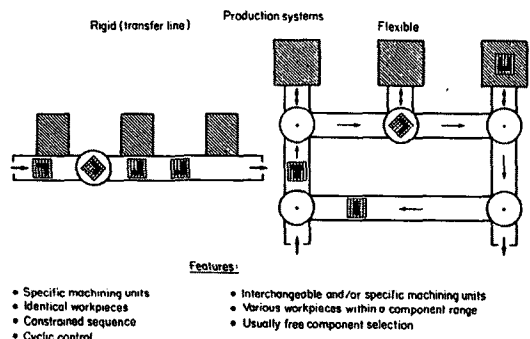


Fig. 18-5 Rigid and flexible production systems

Function	Individual machine			Multi-machine system		M/C : Machine tool
	M/C	NC-M/C	MGC	DNC	FMS	MGC : Machine centre
Tool change	○	○	●	(●)	●	FMS : Flexible manufacturing system
Tool transport	○	○	○	○	(●)	
Workpiece change	○	○	●	○	●	○ ↑ Increasing automation
Workpiece transport	○	○	○	○	●	
Control data distribution	○	⓪	⓪	●	●	
Operating data collection	○	○	○	●	●	
Process monitoring	○	○	○	●	●	

Fig. 18-6 Stages in automation of production

에는 어느 정도의 Control data를 받아 자동화가 가능하다. Machining Center(MC)는 자동적으로 Tool을 교환하는 ATC가 있고, Pallet에 의해서 Workpiece를 자동적으로 교환이 가능하다(APC). 그 다음에 System화에 따라 DNC는 Control data가 전적으로 기계조작에 분배되므로 자동화가 이루어지지만 Tool을 이동시키는 일, Work를 교환시키고 이동시키는 작업은 자동화가 되어 있지 않다. 거기에 비해서 FMS는 아래에 열거하는 8가지의 기능이 다 자동화 되고 있는 System이다.

### 18-3. FMS의 기본설계

#### 1) FMS의 분류

FMS는 FA(Factory Automation)를 구축하는데 핵심이 되는 생산설비로서 선진국에서는 정착되어 생산향상에 큰 역할을 하고 있다. FMS는 대규모의 전용 System과 Compact하고 비교적 범용적인 System의 두가지로 분류하여 생각할 수 있다. 대규모의 전용 System은 공작물의 종류를 어느 정도 한정해 놓고 User의 생산 형태에 맞추어 가는 전용 Line의 색채가 강한 것으로서 생산성이 높은 것을 말한다. 전체 25%는 MC의 대수가 3대 이상인 경우이다. 일반 범용적인 System은 인력부족과 생산성을 올릴 목적으로 구성 기계 대수가 1~2대인 경우로서 전체의 75%이고 중소기업에 많이 보급되어 있으며 Compact하고 취급하기 쉬운 System으로 발전되어 있다. FMS는 장시간 무인운전을 목적으로 하는 것으로서 신뢰성이 제일의 요건이지만 공장에 설치할 때는 조작성과 보수성 그리고 장래에 확장이 용이한 것도 중요한 요건이다.

#### 2) 설비 설치

FMS를 형성하는 설비 장치에 관해서는 Fig.18-7과 같은 각종 조건에 의해서 설비의 대수가 결정된다. 각 항

條件項目	影響을 주는 設備·裝置
全 WORK의 加工時間合計	機械台數
加工工程	
各 工程별 加工時間	搬送裝置의 能力·台數
WORK+JIG+PALLET의 質量	
無人運轉時間	PALLET數
1SET UP當의 加工時間	BUFFER STATION의 數
SET UP 時間	SET UP STATION의 數
SET UP時間과 加工時間의 BALANCE	

Fig. 18-7 Relationship between production conditions and capacity of FMS

목은 서로 복잡한 관계가 있어 단순한 계산식으로는 결정하기가 곤란하다. 요구되고 있는 능력에 대하여 실제의 생산설비 능력이 부족해도 안되고 반대로 과잉 설비를 하여 도입가격을 높게 해서도 안된다. FMS 도입시의 중요한 목표는 그 경제효과이다. 따라서, Input한 투자에 대해서 생산성의 향상, 생산설비 Space를 감소시키고, 노동인력을 감소하는데 효과가 없으며 아무 의미가 없는 것이다.

#### 3) Simulation

FMS를 도입하는 경우 경제적인 효과를 User의 요망에 의해서 PC를 사용하여 사전에 확인하고 있다. FMS의 경제효과 Simulation에는 Fig.18-8과 같은 조건을 Input함으로서 「손익계산(損益計算)Graph」, 「투자자금회수기간(投資資金回收期間) Graph」, 「투자이익률(投資利益率)Graph」, 「System layout」, 「소요면적 비교」등을 표시한다. 이 외에 FMS 가동 Simulation은 실제의 공작기계 투입을 가정하여 기대되는 생산이 가능한가를 PC

1. PALLET台數
2. 工具本數
3. 月間生産數
4. 平均加工時間
5. SET UP 作業時間
6. 勤務體系
7. 製品單價
8. 材料費
9. 勞務費
10. 諸經費
11. 一般管理費 등

Fig. 18-8 Input data for FMS simulation process

를 사용하여 해석하고 그 결과를 알기쉽게 Graph로 표시하여 System으로서의 평가를 지원하는 것이다. 수동으로 하는 것 보다 월등히 빠르고, 정확하며 조건을 변화시키면서 몇 번이고 해석을 할 수 있다. Simulation System에는 일반적으로 Simulation원어(GPSS, SIMULA, SLAM)를 사용하는 것이 많이 있으나 PC를 사용하여 User가 공장에 가지고 와서 실제와 비교하는 것도 가능하다. FMS 가동 Simulation의 개요도를 Fig.18-9에서 볼 수 있다.

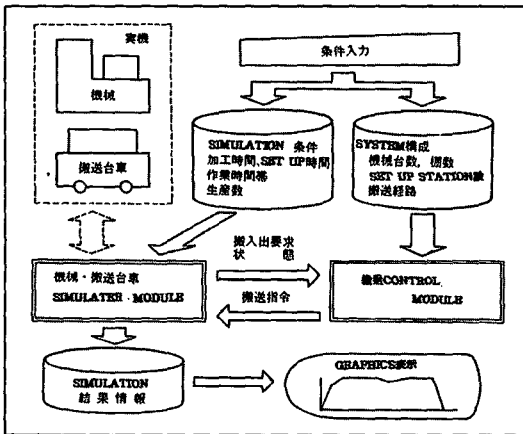


Fig. 18-9 Operation simulation of FMS

#### 4) FMS의 설비 장치

「2대 이상의 NC 공작기계에 공작물의 자동반송, 자동공급장치, 공구의 자동교환장치를 구비하고 이것들의 장치 전체를 Computer로 제어하여 일련의 기계가공을 자동적으로 처리할 수 있는 고도 생산 자동화 System」이 FMS의 정의이므로 FMS를 구성하는데 필요한 최소한의 설비장치로서,

- NC 공작기계
- 자동 반송장치, 자동공급장치
- Computer기기

를 열거할 수 있다.<sup>9)</sup> 그 내용을 보면,

##### a) NC 공작기계

FMS를 형성하는 기기중 핵심이 되는 설비이다. 강성이 높고, 신뢰성, 보수보전성이 높은 기계인 것이 중요한 Point이다. 또, 장시간 무인운전을 생각할 때 공구의 수가 많아야 되고, Coolant장치의 용량과 유활장치의 용량

을 높여야 한다. Coolant와 유활을 자동공급하는 방법도 고려해야한다. 머시닝 센터는 대개 수평형과 수직형으로 구별할 수 있다. 일반적으로 4면 가공이 가능한 수평형을 많이 쓰고 있으나 5축 MC 혹은 5면 가공기도 사용되고 있다.

##### b) 자동반송장치

머시닝센터를 사용하는 FMS에서 반송물의 질량, 요구되는 반송능력(속도), 정지정도, 반송거리, 반송빈도, 반송물의 종류에 따라서 반송수단이 다르다. 어떤 수단을 사용하더라도 반송장치가 Down되면 System전체의 Down과 연결되므로 NC 공작기계와 똑같이 신뢰성이 높고 또 장래의 NC기계 증설에 대한 확장성이 요구된다.

##### ㄱ) Conveyor

소규모 FMC에 많이 도입되며 Pallet수가 6~12개 정도이다.

##### ㄴ) 레도식 반송차

고속반송, 고정지정도의 장점이 많기 때문에 FMS에 많이 채용되고 있다. 입체식인 경우 공장의 Floor space를 유효하게 이용할 수 있어 장시간의 무인운전, 소재 완성품의 수납용으로 이용된다.

##### ㄷ) 무레도식 반송차(예:AGV)

통로의 유효이용, Layout Flexibility가 크고, 복수대 주행이 가능하다는 장점이 있으나 주행속도가 느리고, 정지정도가 불량하다는 단점이 있으며, 심분고려하여 선택할 필요가 있다. 무레도식 반송차는 가공시간이 길고, 고속반송이 불필요할 경우나 공장전체의 FA화를 구축할 때의 물류장치에 적합하다.

##### ㄹ) Robot

비교적 공작물이 가볍고, 외형형상이 통일되어 있을 때 적합하다. 일반적으로 각물 공작물을 반송할 때는 Pallet가 필요하지만 Robot에 의한 Direct반송에서는 Pallet를 사용하지 않더라도 반송이 가능하므로 사람손으로 Pallet에 착탈작업이 불필요하며 무인화가 가능해진다. 고정식 Robot의 경우에는 1~2대의 NC 공작기계를 취급할 수 있으나 Robot에 주행기능을 부착하면 더 많은 공작기계를 취급할 수 있다.

##### c) Computer 기기

FMS Computer로서 Minicon 또는 Super minicon이 전용 Computer실내에 설치되어 Minicon 한대로 DNC제어, NC Data의 관리, 반송제어, 생산관리 등의 복합기능이 요구되고 80년대 후반에 16Bit PC가 등장한 이래 각 기능을 분산적으로 제어하게 되었다. PC의 기능

향상은 32Bit화, 고 Clock화에 따라 Multitask OS(OS/2, Windows/NT)등의 고성능, 고기능화가 진전되고 있다. 최근에서 Desktop형의 PC외에 One board형 PC등 기종선택의 폭이 커지고, Minicon 이동을 포함하는 기능에 의해서 사용하게 되었다. 과거 10년을 보면 FMS를 구성하는 장치중 가장 발전된 것은 Computer 기기이다.

d) Stacker crane의 제어

Stacker crane식 FMS는 User에게 경제적이며, 효율적인 System이다. 반송대차는 Servo-motor 구동으로 고속화를 도모하고 Absolute encoder를 채용하여 현재 위치를 보증하며 정지정도가  $\pm 1.0\text{mm}$ 로 가능하게 한다. 반송대차는 Teaching playbox방식을 채용하고 있기 때문에 NC 공작기계나 Stacker 위치의 변경, 확장이 용이하다. Stacker는 Module 단위의 증설이 가능하다. System 제어 기능으로서 Stacker crane을 제어하는 Cell controller와 NC-Data, 공구 Data의 관리, DNC 제어, 실적관리 등을 하는 FA 관리 System으로 구성되어 있으며 Fig.18-10에 관리방법을 나타내고 있다. Stacker crane의 제어는 준비 Station, NC 공작기계와 Stacker 사이의 반송을 제어하는 것이다. Cell controller의 기능은 Fig.18-11에서 볼 수 있으며 우선순위, 이상처리, 무인화 대응, 긴급처리 다종다공정 대응, 작업 지원기능 등이 포함되어 있다.

e) FA 관리 System

Fig.18-12는 Multi-process 기능을 구비한 High

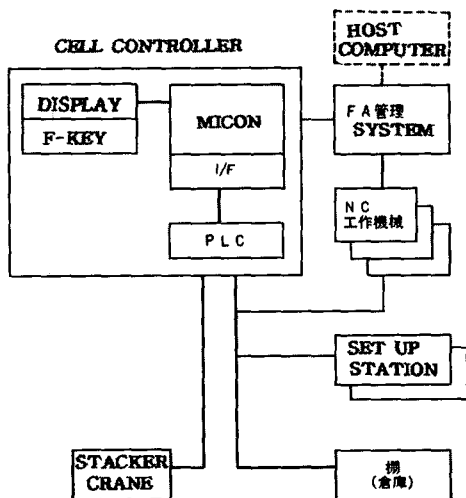


Fig. 18-10 Structure of stacker crane FMS

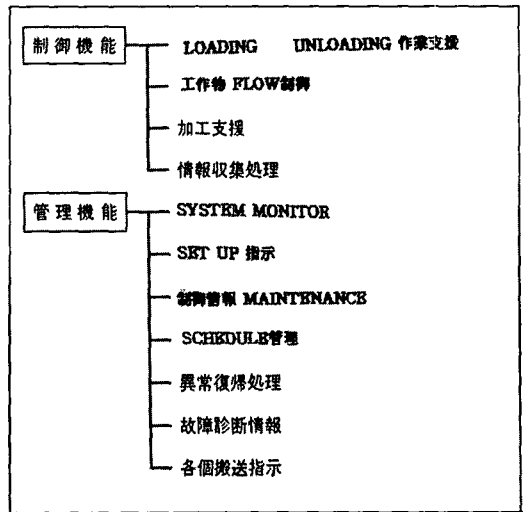


Fig. 18-11 Function of Cell-controller

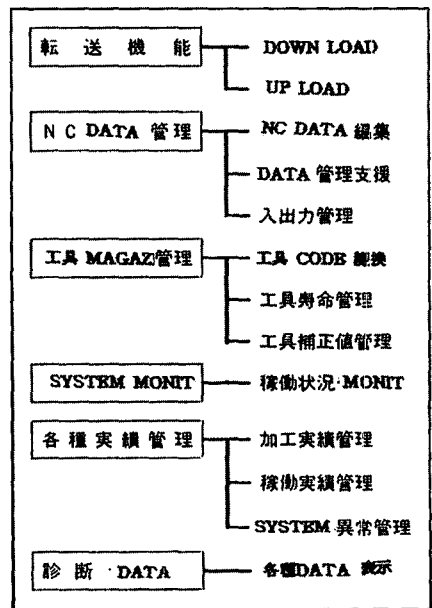


Fig. 18-12 Function of FA-management system

level의 PC를 채용한 것으로서 Cell-Controller, NC 공작기계, Tool presetter, 상위 Computer등과 접속되어 있으며, 다음과 같은 기능으로 구성되어 있다.

· NC 공작기계와 Stacker crane과 접속되어 공작물의 반송방향에 맞추어 Data를 공급하며 동시에 각종 관리 정보를 수집, 표시할 수 있게 하고, Cost perfor-

mance가 높은 System의 구축이 가능하게 한다.

· NC Data속에 공구선택은 공구관리 번호로서 기술할 수 있다.

· 가공실적, 가동실적, 가동상황 Monitor, System 이상관리 등의 관리기능이 충실하고 Display도 충분한 사용이 가능하다.

### 18-4. 자동차 Engine 가공 FMS

일본 T자동차 회사에서는 자동차 Engine부품중 Box형 생산부품이 100종류이고 생산능력은 800 PC/M을 가지고 있다. 가공대상 Work는 자동차 Engine의 Cylinder Head, Block 등 Box형 부품으로서 크기는 (L)600×(H)400×(W)400mm이하이며 재질은 Al합금, 주철등이다. Engine 공장은 넓은 Space를 요하며 저부하(低負荷) 가공 Line을 철거하고 공장 Space를 유효하게 활용하기 위하여 다종류의 Box형 부품을 생산할 수 있는 FMS를 개발 사용하고 있다.<sup>(4)</sup> FMS의 구성은 머시닝센터 7대, In line형의 3차원 측정기 1대, Flexibility가 높은 세척기(Washing machine), 압입기 등을 포함하여 합계 19대이다. 그 외에 Jig Pallet, AGV, Jig와 범용 Pallet을 교환하는 장치, Jig stocker등이 있다. Fig.18-13에 System의 전체도를 볼 수 있고, 자동가공 Zone과 수작업 Zone으로 나누어서 설치되어 있다.

FMS를 지원하는 System으로서 생산 Scheduling, 설비가동 Monitoring, DNC, 품질 Check지원 System등의 Software package가 있다. 이것들의 지원 System은 자율분산(自律分散)System 방식으로서 한 System이 고장이 나더라도 Manual로 보충시키면 System전체를 정지시키지 않고도 가동시킬 수 있게 되어있다. 자동 Zone은 24시간 무인운전이 가능하게 구성되어 있다. FMS의 Operator는 2명이며, 그 중 한명은 Jig에 가공 Work를 착탈(着脱), 품질 Check, 소물부품을 붙이는 일, 완성품에 방청작업, 포장 등의 작업을 하며 20~30분의 Task작업을 한다. 또 한명은 재료의 준비, 수명이 다 된 공구의 교환, 설비의 이상처리 등의 비정상 작업을 하고 있다.(Fig.18-14)<sup>(5)</sup> 자동차 Engine의 Box형 부품 가공은 FMS 전용 Line과 달라서 가공 Work, 공정별로 가공시간이 크게 다르고 가공 Work의 자세가 달라지기 때문에 Jig를 번갈아가면서 가공할 필요가 있다. 따라서 보통 FMS와 같이 평균화된 생산순서의 계획대로 할 수 없으므로 이 회사에서는 미국에서 개발한 Petri-net Simulation 기법을 사용하여 Simulator와 Schedule을 조합하여 FMS에 Real time으로 생산지시를 할 수 있는 계산 System을 구축하였다. 그 Simulation model을 Fig.18-15에서 볼 수 있다. 가공 Work(마크)는 한개씩 Loading station(LST)에서 Jig에 부착시켜지고 Buffer

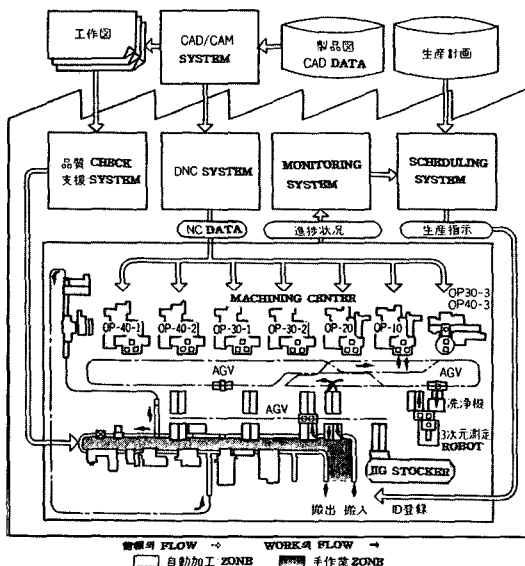


Fig. 18-13 FMS for automotive engine production

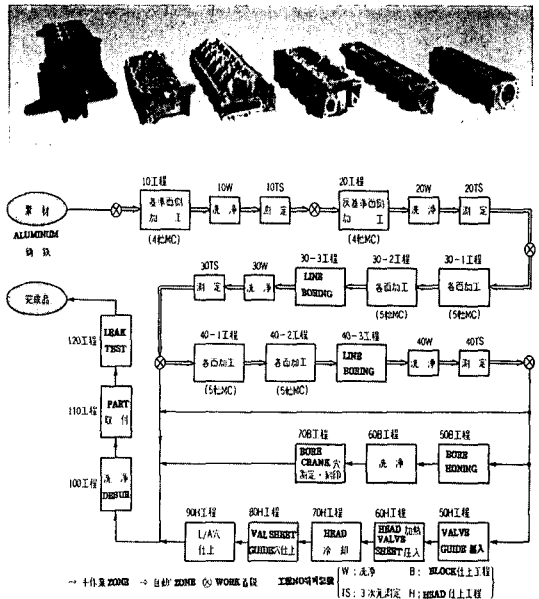


Fig. 18-14 Box type products and process chart of FMS production

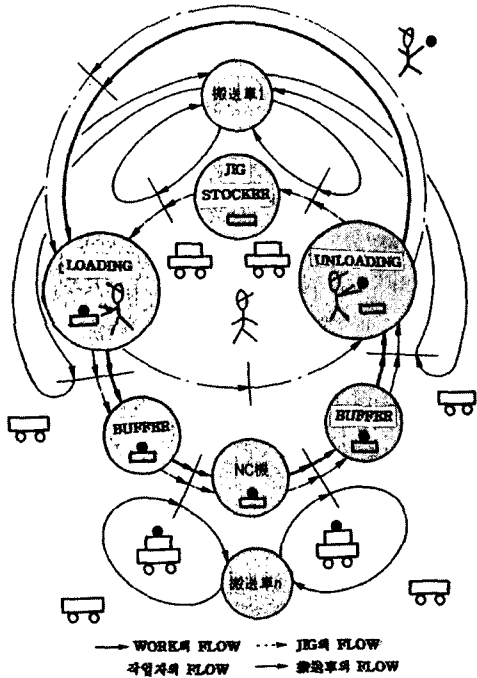


Fig. 18-15 Model of a Petri-net simulation

conveyor로 반송된다. 다음에 머시닝센터로 가공된 후 Washing, 측정을 끝나치면 Buffer conveyor로 돌아가고 Unloading station(UST)에서 Jig로부터 떨어진다. 그 후 가공 Work는 다음 공정인 LST로 반송되어 생산이 진행된다. Operator는 우선 LST에서 Work를 부착시킨 후 LST에서 Work를 떼어 이 Work를 다음 공정의 LST에 반출작업을 하며 동일동작을 순서대로 반복작업을 하게 된다.

AGV는 두개가 있는데 #1 AGV는 LST에서 Jig를 반입 UST에서 Jig 회수를 되풀이하며 #2 AGV는 Buffer conveyor에서 머시닝센터까지 가공 Work를 장착시킨 Jig를 반입하고 가공이 완료된 Work를 장착한 Jig를 Buffer conveyor로 회수한다. 두 AGV는 동일 Root를 동일순서로 순회하는 것이 원칙이며 이상시는 눈으로 보고 판단할 수 있도록 되어 있다. 전술한 바와 같이 가공 Work와 공정을 조합하면 가공시간과 Jig가 다른 FMS를 운영하기 위해서는 Simulator와 Schedule을 개발하여 이것을 System에 도입하였으며 그 효과는,

· Simulation에 의해서 합리적으로 AGV의 대수, Jig 수, Jig의 작업 준비시간등 FMS의 사양을 명확하게 할

수 있고,

· 평준화와 작업대기 Jig의 반출대기를 해소하여 양자를 다 만족시킬 수 있게 Work의 생산순서를 계획하여 Real time으로 FMS에 생산지시를 명령하는 것이 가능해졌다. 실제의 FMS 사양구성은 Fig.18-16에 표시한대로 물품에 정보를 가지게 하는 자립 분산 System을 사용한다. Jig의 Exchange장치는 공정가공 Work별로 전용 Jig를 Scheduling 지시에 따라서 Exchange를 한다. 범용 Pallet과 전용 Jig의 정도를 보증하기 위해서 Air swith를 사용하여 확인하고 있다.(Fig.18-17)

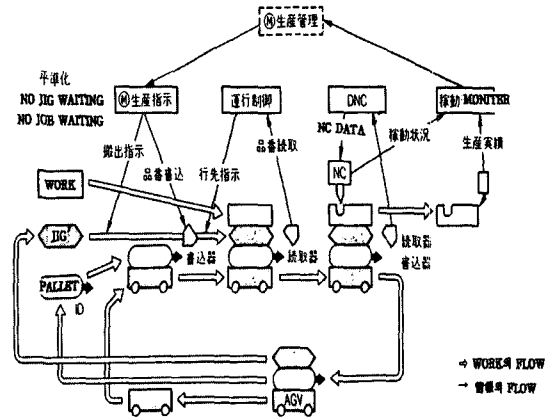


Fig. 18-16 Flowchart of Jig movement in FMS

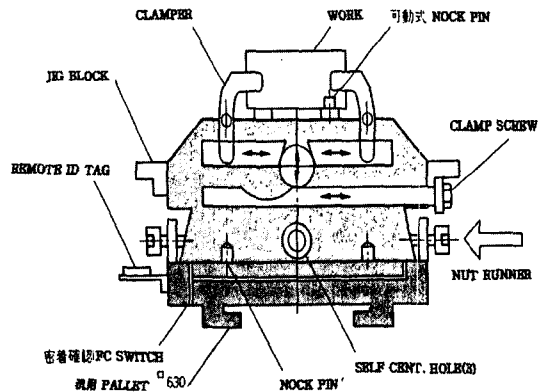


Fig. 18-17 Structure of a Jig



18-5. Gear 가공 FMS

1) FMS의 구성

일본 M사에서는 세계에서 처음으로 치차 가공 FMS를 개발하여 사용하고 있다. Transmission, Powertrain, Winch와 같은 동력 전달 장치에 사용하고 있는 Gear를 Hobbing하고 Deburring하고 Washing을 한다. 생산능력을 월 11000개, 가공 Item은 300종이고, 가공능력은 Work 외경  $\phi 85\sim 350\text{mm}$ , Work의 폭은 200mm까지이고 Work의 중량은 2~35kg이다. 가공 Lot수는 최소의 경우 2~3개, 최대의 가공 Work는 월 14~150개 정도이다. Work의 흐름을 보면, 우선 전공정에서 선삭 가공된 Work가 Pallet에 진열되어 Set up station으로 투입되고 자동창고에 넣어진다. 같은 방법으로 300 Item용의 Jig나 공구도 역시 Pallet에 옮겨져서 Pallet에 올려져 자동창고에 납입된다. 그리고, System computer가 한 달분의 생산계산을 관리하여 기한내에 완성할 수 있도록 가공 Schedule를 정하고 기계가 효율성 있게 가동할 수 있도록 가공순위를 결정하고 가공완료일에 맞게 Computer에 지령을 주어 각 기계에 Work, Jig, 공구가 자동 반송되고 각 기계에 부착되어 있는 Handling robot에 의해서 자동적으로 교환되어 가공 Set up이 이루어진다. 다음에 Gear Hobbing, Deburring, Washing의 각 공정을 거쳐서 완성후 빼낸다. System의 전체 Layout은 Fig.18-18에 표시하였다.<sup>(6)</sup> 가공기로서는 일형 NC-Hobbing machine이 3대, CNC-Gear shaper가 1대, CNC Shaving 1대, 그리고 자동 Gear 검사측정기능과

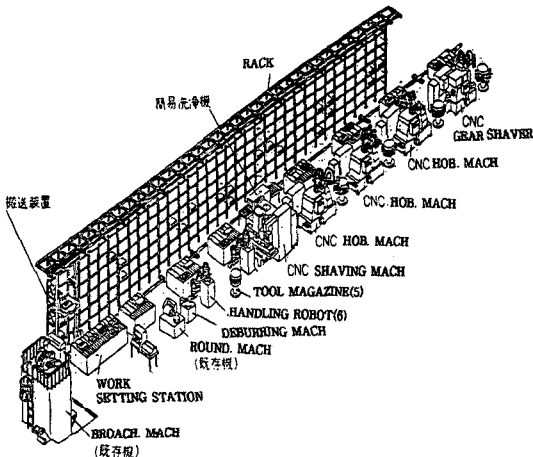


Fig. 18-18 FMS for gear production

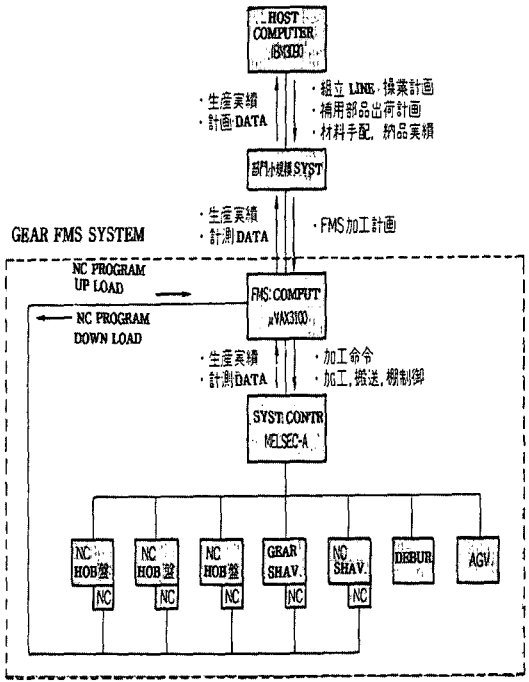


Fig. 18-19 Control system of gear production FMS

Handling robot에 의한 자동 치구 교환기능, 자동 공구 교환기능(ATC)이 붙어 있다. Rack과 Stacker crane으로 되어있는 자동 반송장치가 1대, 최대 반송 중량은 500kg, 주행속도가 120m/min, Crane수 200(40열×5단)이다. 그 속에 Work Pallet와 Jig Pallet이 수납되어 있다. 치면(齒面)이 Burr를 제거하는 장치는 1대, Disc grinder를 Handling robot이 잠게하여 Disc grinder 자체 무게의 압력으로 Chamfering이 행하여진다. Washing machine은 1대이고, Tunnel type이다. System의 관리구성은 Fig.18-19와 같다. System의 기능으로서 ①부품정보관리 ②Line내 재고관리 ③물류제어 ④설비제어 ⑤설비감시 ⑥공구관리 ⑦품질관리 ⑧실적관리 ⑨Scheduling ⑩고장진단관리 등이 있다.

2) 자동계측, 보정가공

Gear가공 Line을 FMS화 하는데 최대의 목적은 장시간 무인운전을 하는 것이다. 야간 근무인원을 최소한으로 하기 위한 기능으로서 자동계측을 하여 보정가공을 하는 것이 중요한 목적이다. 그렇게 함으로써 Work가 전체적으로 계측되기 때문에 품질의 안정화에도 도움을 줄 수 있다. 이 기능은 두 개의 Probe로 Gear를 물리게 하여 측정한다.

3) Scheduling

FMS에 있어서의 Scheduling은 Fig.18-19와 같이 Computer로 효율높은 생산을 하기 위하여 각 부품의 가공 순서가 자동적으로 결정되게 한다. Computer에 부품의 수량, 완성일을 입력하면 Master 정보로서 등록되어 있는 사용 공구, Jig, 가공시간을 사용하여 ①Set up에 의한 공구 교환이 최소가 되게 가공부품을 Grouping을 한다. ②완성일에 맞추기 위한 Schedule을 Over scheduling한다. ③공정간의 간격을 좁히거나 세분하여 기계의 가동율을 높게 한다. Schedule의 결과를 Chart로서 도면에 나타나게 한다. 일정시간마다 자동으로 재 Scheduling하여 가공 진행이 순조롭게 되고 있는가를 한눈으로 볼 수 있게 한다.

4) Jig 공구의 자동교환

FMS의 규모를 어느 정도 할 것인가, 어떤 기계로 구성시킬 것인가, 또는 어떤 공정이 필요한가를 결정하기 위해서는 처음에 어떤 종류의 Work를 얼마만큼의 생산량을 진행시켜야 하는 것을 결정해야 한다. 그러므로 FMS 도입의 효과를 검토할 수 있으며, Jig나 공구, Handling 등을 검토하여 도입 후에는 실패가 없는 운용을 할 수 있게 되는 것이다. 일반적으로 FMS에서는 Work의 교환은 표준화된 Pallet의 교환으로 이루어지는데 Gear가공에 있어서는 Work에 맞춘 Jig를 Handling robot으로 자동교환하게 하고 있다. 그러기 위해서 Work에 맞춘 300 Items분의 Jig가 준비되어 있다. 또 공구 교환도 머시닝 센터에서는 모두 ATC 장치가 기계에 부착되어 있지만 Gear 가공기에는 ATC 장치가 없으므로 Handling robot을 사용하여 공구의 자동교환이 되게 하고 있다.

5) 작업의 감시기능

FMS와 같은 무인화 System을 운용해 나갈 경우 문제가 되는 것은 기계가 잘못되어 큰 Trouble이 발생하기 전에 어떻게 그것을 방지하는가이다. 그러므로 눈이 되는 Sensor나 판단하는 기능을 어떻게 System에 투입시키느냐가 중요한 일이다. ID Chip도 그 하나이지만 이 System에 많이 사용하고 있는 Robot에서는 Servo-hand에 의해서 잡혀있는 물체의 크기를 보고 있다. 이것을 ±1mm정도의 신뢰성으로 검출할 수 있으며 이것을 잡았을 때(Clamp) 물체의 크기가 이상하면 작업을 Stop시켜야 한다. 또, Jig의 높이가 기준으로부터 떨어져 있으면 작업을 Stop시키고 또 Work가 Jig에 들어가지 않는 경우 작업을 Stop시킨다.

18-6. 공업용 Sewing machine의 가공용 FMS

1) 구성

공업용 Sewing machine을 생산하고 있는 일본 J회사에서는 한 Line으로 34기종을 월 4000~5000대 생산하는데 90%의 유연성을 가지고 있는 FMS를 개발하였다. Fig.18-20에서 보는 바와 같이 이 FMS는 27대의 머시닝센터, 8대의 AGV, 무인 Stacker, 제어관리용으로 Minicon이 2대, PC가 13대로 구성되어 있다.<sup>(7)</sup>

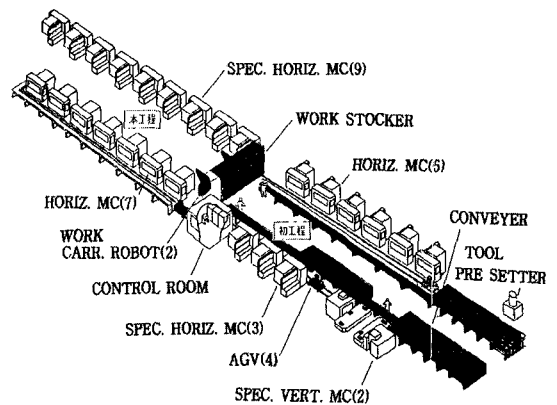


Fig. 18-20 FMS for sewing machine production

2) Scheduling

1주일 단위로 생산 Schedule을 만들어 그 Schedule을 매일 점검하여 문제가 있을 때는 당일 수정을 할 수 있게 하고 있다. Control room에서 모든 생산 관리와 Program의 관리를 하고 있으며 PC를 통해 현장에 지시 및 가공 관리를 하고 있다. Scheduling도 생산관리 부문에서 나오는 계획에 따라서 모든 것을 현장 Operator가 하고 있다. 여기에 있는 Operator는 머시닝센터의 Programmer이며 공구의 관리, 측정, 전체 System의 운영을 할 수 있는 젊은 Member로 구성되어 있다.

3) 생산공정

#1 Shift에 4명을 투입하여 #2 Shift에 8명이 종사하고 있다. FMS Line은 Arm공정과 Head공정으로 구분되어 있으며 초공정(初工程)과 본공정(本工程)으로 구별되어 있지만 초공정이 본공정보다 약간 능력이 높게 되어 있다. 초공정이 끝난 Work는 전부 Work stocker속에 들어가서 본공정의 Robot이 마음대로 Work를 꺼내서 완전 무인가공을 할 수 있게 한다.

4) 복합공구

공업용 Sewing machine에는 Hole making process가 많은 공정을 차지하고 있으며, Hole의 원통도, 진원도와 같이 Hole 자체의 정도 요구가 엄격하기 때문에 종래의 방법을 쓰면 Guide bush를 사용하여 정도를 얻을 수 있었으나 FMS에서 Guide bush를 붙이면 Jig의 Flexibility가 떨어진다. 그래서 Bush가 없는 가공기술의 검토가 필요하다. 구체적으로 복합공구를 많이 사용하고 있다. 일반적으로 Guide bush를 사용하면 Drilling, Boring, Milling과 같은 공정을 수행할 수 있으나 Bush가 없으면 우선 Center drilling으로 시작하여 소경 Drill로 Hole의 위치를 정한다음 대경 Drill로 크게 Hole을 뚫고 다음에 Boring, Reaming까지 한번에 가공할 수 있는 방법을 생각하면 된다. 그렇게되면 공구의 단가가 높아지지만 가공시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 공구의 수를 감소시키고 ATC의 공구교환 시간도 단축시킬 수 있다.

5) 공구관리

공구실에서 Tool Presetter와 PC가 연결되어 있으므로 공구의 치수를 계측함과 동시에 공구의 Data를 Computer로 관리하고 있다. 머시닝 센터의 ATC는 120개를 취급하지만 1기종의 가공에 대하여 120개 전부의 공구를 사용하는 것이 아니고 기본적으로 4기종에 대하여 120개의 공구를 사용하고 있다. 공구수명관리중 제일 문제가 되는 것은 Tap이지만 공구 수명 관리는 지금까지의 회사의 Data를 Base로 하여 시간관리를 하고 있다. 공구의 손상검출(Detection of Failure)은 특히 소경의 공구에 대해서는 가공이 끝나면 Touch sensor에 직접 접촉시켜 길이치수를 측정하여 소정의 치수에 들어가 있으면 손상이 없다고 판단하게 된다.

6) Chip처리

소재가 주물이므로 Chip은 기본적으로 자연낙하로 Chip를 처리한다. 떨어진 Chip은 Conveyor로서 한 곳에 집결시킨다. 절삭액을 사용하지 않는 Dry cutting이다.

7) FMS의 특징

지금까지 FTL로 월산 25000대의 가공을 하고 있으나 현재 FMS를 도입후 12명으로 운영하고 있으며 과거 생산라인이 합리화되어 있지 않을 때는 약 1000명의 인원이 필요했었다. FMS의 도입은 시간적으로 적절하였다. 새로운 개발품을 위하여 새롭게 생산설비를 해야 했기 때문이며 업계에서 Top이 되기 위해서는 시설면에서도 항상 선두에 서야하기 때문이다. FMS화를 하게되어 Lead

time을 단축시킬 수 있으며 앞으로 3년 계획으로 기술의 복합화, 생산능력의 확대, 생산성 향상을 가져오게 하고 양산 공장으로부터 다종다양, 변종변량 대응공장으로 개량하여 Order entry system으로서 발주로부터 생산발송까지의 물류기구의 개선을 통해 매출 확대를 목표로 하여 FMS를 더욱 유효하게 활용 할 것이다.

18-7. 한국형 FMS

1) 시스템의 구성

1991년 정부에서는 우리가 2000년대에 과학기술 선진 7개국 수준에 진입하기 위해서 특정 분야에서 선진 7개국 수준에 도달하는 접근 전략을 채택하여야 하며, 과학보다는 기술에 보다 우선 순위를 두고 11과제를 선정하였다. 그 중 하나가 첨단생산시스템이다. 그 중 차세대 가공 시스템의 주관연구기관으로 통일중공업(주)이 선정되었다. 통일중공업(주)에서는 8가지 소과제의 연구를 수행해 나가야할 책임이 있으나 궁극적으로 한국형 FMS의 개발을 1996년 11월까지 완성시켜야 한다.

본 시스템은 Fig.18-21에서 보는 바와 같이 차세대 가공 시스템(FMS)으로 통일중공업(주)에서 자체 개발한 5축 머시닝센터,<sup>(8)</sup> 고정밀.고생산성 머시닝센터,<sup>(9)</sup>를 포함하여 세척기, 셋팅스테이션, 공구셋팅스테이션, 스택커 크레인 로보트, 입체창고, FMS 제어기 등으로 구성되며 공작물 팔레트의 운반과 기계의 가동을 효율적으로 제어하면 장시간의 무인운전에 의한 공작물 가공이 가능하게 된다.

제어계로는, 셋팅관리 공구관리 DB 공정설계를 위한

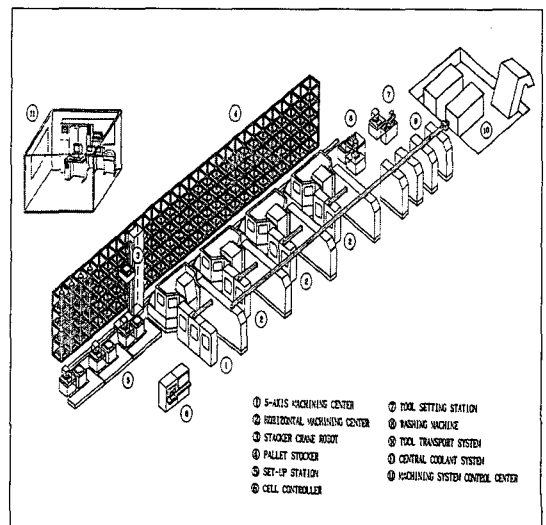


Fig. 18-21 TONG-IL's flexible manufacturing system

컴퓨터 및 컴퓨터와 각 장치를 연결하는 FMS제어기를 사용한다. 본 시스템은, 작성한 스케줄(Schedule)에 의해 자동하고, 생산계획에 따른 유연한 가동을 할 수 있다.

기계 가공에서는, 공작물(Work)이 반입되면 가공 NC 프로그램을 자동적으로 공급하고, 기계 가공을 자동 개시(Cycle start)한다. 또한, 프로그램 테이프 체크(Program tape check)에 의한 수동가공도 용이하게 할 수 있다. 팔레트(Pallet)반송에서는, 반송의 효율을 고려한 반송을 한다.

시스템의 조작화면은 모니터(Monitor)화면, Set Up Station 관리화면, NC 프로그램관리화면, 생산계획화면, 가공계획화면, 부품마스터화면, 가공프로그램 관리화면, 생산실적화면, 가공실적화면, 보수관리화면, 공구관리화면 등으로 구성되며, 각화면에서 여러종류의 지시를 할 수 있고, 우수한 오퍼레이터 인터페이스(Operator Interface)를 제공한다.

모니터(Monitor)화면에서는, 시스템의 레이아웃(Layout)을 그래픽(Graphic)으로 표시하고, 기계나 스택커 크레인 로보트(Stacker Crane Robot)의 자동상황을 실시간(Real Time)으로 상태감시(Monitoring)한다.

본 FMS는 자동차나 기계류에 사용되는 800×800×800mm 크기의 각종부품을 생산할 수 있으며 User 요구에 따라 시스템의 축소 또는 확장이 가능하다.

2) 공작물의 제한

NO	항 목	제 원	비 고
1	가공대상 공작물		
	공작물형	CASE 류	
	재질	GC 30	
	공작물종류	약 20종	
	최대공작물치수 (직경 × 높이)	φ1150×1150(mm)	
	평균공작물중량	800kg	
	평균사이클타임	약 120분/pallet	

3) 시스템의 제한

Fig.18-21에 번호로 표시된 각 항목을 자세히 설명하면 다음과 같다.

NO	항 목	수 량	제 원	비 고
1	(5축 머시닝센터)	1 대	·TABLET SIZE(mm): 800×800 ·TRAVERSE(mm):1250×1000×1150 ·SPINDLE SPEEDS(rpm):20~6000 ·MAIN POWER:26kW ·CONTROLLER:FANUC-15MA상당	·自由曲面的 가공 ·MILLING BORING DRILLING TAPPING 가공 ·TOOL WORK의 自動交換가공 ·72시간 無人 自動運転가능

NO	항 목	수 량	제 원	비 고
2	(고정밀, 고정산성 머시닝 센터) HORIZONTAL MACHINING CENTER	3 대	·TABLET SIZE(mm):800×800 ·TRAVERSE(mm):1250×1000×900 ·SPINDLE SPEEDS(rpm):20~6000 ·SPINDLE NOSE:NT50 ·MAIN POWER:26kW ·CONTROLLER:FANUC-15MA상당	·MILLING BORING DRILLING TAPPING 가공 ·TOOL WORK의 自動交換가능 ·72시간 無人 自動運転가능
3	STACKER CRANE ROBOT	1 대	·주행속도:80m/min ·승강속도:12.5m/min ·Fork 출입속도:16m/min ·위치결정정도:±1mm	·PALLET를 운반하는기능
4	PALLET STOCKER	108EA	·허용적재중량:2740kg ·구성:1열×3단×36 ·최대적재 치수(직경×높이) :φ1150×1150(mm)	PALLET를 보관 하는 곳
5	SET-UP STATION	3EA	·PALLET 상면의 높이:800mm ·분할각도:90° ·자유회전	·PALLET상에 설치되어 있는 JIG, FIXTURE 및 WORK 착탈 ·PALLET유무 확인 기능
6	CELL CONTROLLER	1 대	◎ HARD WARE ·CPU:i80486DX ·MAIN MEMORY:16MB ·INTERFACE: ETHERNET, RS-422 ·주변기기:MONITOR, KEYBOARD, etc. ◎ SOFT WARE ·음류제어관리 ·DNC 관리 · 시스템정보관리	
7	TOOL SETTING STATION	1SET	◎ PRESETTER:1대 ·직경방향:φ0~500mm ·최소속정단위:φ2μ ·길이방향:50~500mm ·최소설정단위:5μ ◎ 컴퓨터:1대(산업용 486PC)	·TOOL계측기능 (직경, 길이) ·TOOL정보인력 기능(수명, 번호 명칭등)
8	(자동세척기) WASHING MACHINE	1 대	·WORK SIZE(mm):φ1150×1150(mm) ·WORK중량:2200kg ·90° 반전속도:20sec ·선회속도:2rpm	·가공완료된 WORK를 세척

NO	항 목	수 량	제 원	비 고
9	TOOL TRANSPORT SYSTEM	1SET	◎ 공구운반로보트:1대 ·최대공구중량:30kg ·최고주행속도:80m/min ·주행위치결정정도:±0.5mm ◎TOOL TRANSPORT CONTROLLER:1대 ◎TOOL STOCKER:4대 ·공구용량(1대당):120개	·많은 공구를 효율적으로 중앙집중관리
10	CENTRAL COOLANT SYSTEM	1 대	·CHIP 배출량:160L/min ·Filtering:50micron ·Coolant 사용량:총 2070 L/min ·SPINDLE THROUGH:150 L/min ·나이가라:720 L/min ·칩 운반용:1200 L/min	
11	MACHINING SYSTEM CONTROL CENTER (MCC)	1 개	·EGB SERVER/CAD EMS ·MDB SERVER/생산계획 EMS ·CAPP/CAM EMS ·PRINTER ·SYSTEM CONTROLLER	·1대 설계/개발 ·1대 정보관리 ·1대 생산정보 및 ·1대 생산계획 정보 ·1대 관리 ·비상정지 및 ·1대 운전

4) 기타 시스템관련 제원

·예비 공구 관리(절삭감시)기능	·공구수명관리(절삭감시)기능
·절삭부하 감시(절삭감시)기능	·공구파손 감시기능
·시스템의 칩처리	: 시스템 일괄처리
·시스템의 절삭유처리	: 시스템 일괄처리
·시스템 설치면적	: 9.5M X 31M
·최소단위(기계 1대, STOCKER 15개)로부터 최대단위(기계8대, STOCKER 150개)까지 시스템 확장가능	

5) 특징

종래의 단독기계가 하루에 8시간 밖에 가공할 수 없는 것에 비하여 FMS는 야간무인 운전을 통하여 나머지 16시간을 무인가공하여 생산성을 3배 향상시킬 수 있다. 그러나 FMS는 처음부터 많은 시설비가 투자될 경우 도입하는 회사의 경영에 압박을 줄 수 있다.

처음에는 필요한 시설만 투자하고 차후에 늘어날 물량에 대비한 설치공간을 확보한다면 회사의 경영 압박을 해소할 수 있을 것이다. 따라서 FMS는 구성요소가 MODULE화 되어 최소단위(기계 1대, STOCKER 15개)로부터 최대단위(기계 8대, STOCKER 150개)까지 시스템 확장이 가능하도록 되어야 한다.

6) FMS 운용 소프트웨어

통일중공업(주)에서는 생산성 향상은 물론, FMS 운용 소프트웨어를 자체개발하여 MASTROL이라고 이름을 붙였다. MASTROL 개발환경은 다음과 같다.

종류	품명	비고
OS	SCO-UNIX	시스템 Controller
OS	MS-DOS 6.22, MS-WINDOWS 3.1	CELL/SET UP Controller
통신	PC-NFS FUTURE SYSTEM	정보교환

또, MASTROL의 주요기능은,

- 동적 생산계획 (Dynamic Scheduling)
- 이 기종간 (Heterogeneous)의 접속성 기능
- Module화 설계에 의한 확장성 (Extensibility)
- GUI 환경의 구현이다.

MASTROL은 CNC머시닝센터, CNC선반, 로봇트 및 로봇트 주행장치, 자동창고, 무인반송차(AGV), 가공물 파렛트들을 제어 및 관리하며 효율적인 FMS 운용을 가능하게 한다. 또한 MASTROL은 간이용, 교육용, 산업용 3가지 TYPE의 기본 시스템으로 구성되어 있으며

개개의 SUB SYSTEM으로 MODULE화 설계되어 고객의 요구에 따라 다양한 형태로의 시스템 구축이 가능하다. 소프트웨어의 구성도는 Fig.18-22에서 볼 수 있다. 그 구성을 설명하면 다음과 같다.

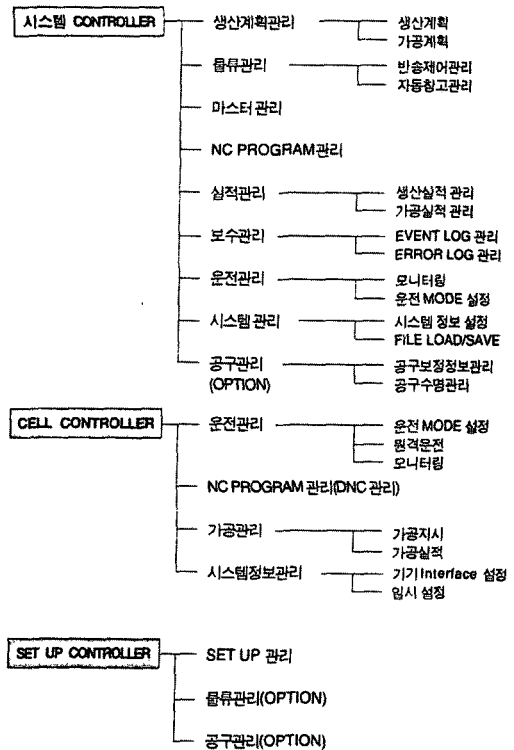


Fig. 18-22 Structure of TONG-IL's MASTROL

- ① 시스템 콘트롤러 : 시스템의 가동, 정지나 유인운전 무인운전, 물류흐름, 오류발생상태등 시스템 전체를 관리한다.
- ② 생산계획관리 : 시스템운전의 기초가 되는 가공계획이나 Lot 진척에 맞춘 생산을 지원 관리한다.
- ③ 생산계획 : 자동적으로 작성되어진 생산계획을 작업의 중요도와 일정에 따라 Gantt Chart형태로 보여준다.
- ④ 물류관리 : Pallet단위로 운용이 가능하도록 되어 있어 가공물의 위치나 이동등 물류의 흐름 상태를 쉽게 파악할 수 있으며 자동창고, AGV, S/C의 상태를 관리한다.
- ⑤ 반송제어 관리 : AGV 콘트롤러를 제어하여 PALLET을 반송하고, 시스템 내에서 사용되는 모든 PALLET의 수량을 관리한다.



PALLET STOCKER ④에 보관한다.

(다) 가공시스템 통제센터 ⑩에서 지시하는 WORK의 종류와 수량에 따라

(1) PALLET STOCKER에 보관된 치구와 PALLET가 SET-UP STATION ⑤로 STACKER CRANE ROBOT ③에 의해 운반된다.

(2) SET-UP STATION ⑤의 COMPUTER에 SET-UP 안내가 나온다.

WORK의 CODE번호, 품명, 치구 CODE번호(표준) WORK 및 치구의 그림과 고정방법의 안내도(OPTION)

(3) SET-UP 안내에 따라 치구장착 및 WORK의 SET-UP이 완료되면 SET-UP 완료 PUSH BUTTON을 누른다.

(라) WORK(소재)가 SET-UP된 PALLET는 기계 ①, ②앞에 빈 APC가 있으면 우선적으로 APC로 가고 빈 APC가 없을 경우에는 가공하는 기계 ①, ②에서 가장 가까운 PALLET STOCKER ④로 자동운반 보관된다.

(마) PALLET STOCKER ④에 보관 및 기계 ①, ②에서 가공 대기중인 WORK의 상태가 Machining System Control Center ⑩에 MONITORING된다.

(바) WORK가 기계 ①, ②에서 가공완료되면 STACKER CRANE ROBOT ③은 가공완료 WORK가 SET-UP된 PALLET를 기계 ①, ②에서 자동세척기 ⑧로 운반하여 세척후 SET-UP STATION ⑤로 자동으로 운반되 SET-UP STATION ⑤가 비어 있지 않을 경우에는 PALLET STOCKER ④로 운반하고 기계 ①, ②의 빈 APC에 WORK(소재)가 Set-Up된 Pallet를 보충시켜준다.

(사) PALLET STOCKER ④에 보관된 가공완료 WORK가 SET-UP된 PALLET는 SET-UP STATION이 비어 있을 경우 자동으로 SET-UP STATION으로 운반된다.

#### B) TOOL FLOW

가공시스템 통제센터 ⑩의 공정 MASTER에 WORK의 종류에 따른 공정별 가공 PROGRAM에 따라 공구 MASTER에 입고 필요한 공구 LIST와 교체 필요한 공구 LIST가 범용공구, 전용공구, 특수공구로 구비되어 조회된다.

입고 필요한 공구와 교체 필요한 공구를 준비한 후 TOOL SETTING STATION ⑦에서 공구의 경과 길이를 측정한다. 측정된 DATA는 자동으로 기억된다.

측정된 공구를 TOOL STOCKER에 입고한다. 이때 범용공구는 필요한 기계의 MAGAZINE으로 자동이동된다.

#### (1) 범용공구 FLOW

TOOL STOCKER에 범용공구가 예비로 있다. 0번의 공구가 수명이 다 되었다는 것을 M/C이 COMPUTER에서 가공시스템 통제센터로 통보한다. 가공시스템 통제센터에서는 기계의 MAGAZINE에서 수명이 다된 공구를 빼고 TOOL STOCKER로 자동반송 하도록 공구운송 ROBOT에 지시하여 반송하게 한다. 공구운송로봇트가 새로운 예비공구를 TOOL STOCKER에서 공구를 필요로 하는 기계의 MAGAZINE으로 자동반송한다. 수명이 다된 공구는 공구 교체 LIST에 자동등록된다.

#### (2) 전용공구 FLOW

전용공구는 평상시에는 TOOL STOCKER에 저장되었다가 필요시 기계의 MAGAZINE으로 반송된다. 기계에서 전용공구가 필요시 미리 가공시스템 통제센터 ⑩에 신호를 주어서 공구운송로봇트가 TOOL STOCKER의 전용공구를 기계의 MAGAZINE에 자동 운반하게 한다. 이때 MAGAZINE에 빈자리가 없을 경우 MAGAZINE의 공구를 빼서 TOOL STOCKER로 운반한 후 TOOL STOCKER의 전용공구를 MAGAZINE에 운반한다. 전용공구는 LOT가공시 MAGAZINE에 있다가 LOT가 끝나면 TOOL STOCKER로 이동한다.

#### (3) 특수공구 FLOW

전용공구 FLOW와 동일하되 LOT에 관계없이 필요할 때 TOOL STOCKER에서 기계의 MAGAZINE으로 왔다가 공구 사용후 그때그때 TOOL STOCKER로 돌아간다.

#### C) FIXTURE (치구) 교환시 운반방법

(1) PALLET STOCKER ④에서 필요한 치구가 보관된 나무 PALLET와 필요한 치구를 장착하려는 PALLET를 STACKER CRANE ROBOT ③으로 SET-UP STATION ⑤에 옮긴후 PALLET상의 기존의 치구는 떼어내고 필요한 치구를 부착(치구교환)후 재입고 시킨다.

(2) PALLET STOCKER ④에 필요한 치구가 없을 경우 별도의 치구창고에서 SET-UP STATION ⑤까지 필요한 치구를 지게차로 운반한 후 PALLET STOCKER ④에서 필요한 치구를 장착하려는 PALLET를 STACKER CRANE ROBOT ③으로 SET-UP STATION ⑤에 옮긴 후 치구교환한다. 교환후 필요한 치구가 장착된 PALLET STOCKER ④에 입고시키고 떼어낸 치구는

지게차로 별도의 치구창고에 보관한다.

본 FMS 설계에 있어서는 Simulation을 거치고 또 경제적인 평가를 거쳐 우리나라에서 제일 적합한 System으로 판단되어 이상과 같은 설계제작을 완료하게 되었다.

### 18-8. 중소기업용과 교육용 FMC

#### 1) 간이 FMC의 개발

제조업에 기능공 부족과 고생산가에 허덕이고 있는 중소기업에서는 기능공이 아닌 미숙련 인력으로서도 Boton만 누르면 가동되는 Turnkey base의 가공시스템이 탄생하고 대규모로 많은 투자를 해야하는 FMS보다도 간이 Stacker crane, 자동 APC, 자동공작물 교환장치(AWC)등의 소규모로 구성된 것을 FMC(Flexible Manufacturing Cell)라 부르고 FMS보다 널리 보급되어 있으며 앞으로도 보급이 더욱 확대될 전망이다. 한가지 개발 예를 Fig.18-24에서 볼 수 있다.<sup>(10)</sup> 그 구성은 MC 1대, Robot 1대, Pallet 5대, 감시 Camera 1대를 Network되어 있는 7대의 PC로 Control한다. 이 Sys-

tem으로서 2시간 정도의 무인가공이 가능하다. 중소기업에서도 쉽게 FMC의 구축이 가능하며 기존설비를 유효하게 이용하므로 저가격으로 생산이 가능하며 물류이동을 Robot을 이용하므로 Floor space를 절약할 수 있다. 또, 자유로운 확장성을 가지고 있다. PC의 Network는 시판하고 있는 것을 이용하고 MC등의 자동화기기를 상호접속시켜 운용할 수 있게 하고 있다. LAN을 구축하여 System내의 정보를 일원화 하였다. LAN을 이용하므로서 File 집중관리장치(Saber)에 등록되어 있는 정보를 각 단말장치(PC)로부터 가상 Drive로서 자유롭게 창조, 변경시킬 수 있다. Saber는 Work의 공정제어 Data, 관리 Data, NC program등 여러가지 정보를 등록하여 Cell controller를 통하여 각 Terminal마다 Application program에 의해서 관리한다. Cell controller에 의해서 DNC에 가공 Program, RBT에 Loading작업의 정보, TOL에 공구마모, HMI의 Work의 Clamp위치등 가공에 필요한 정보를 제공한다. 작업자는 Stocker에 있는 5개의 Pallet에 각각 Work를 부착시킨다. Work가 정확하게 부착되어 있는가를 CCD Camera로 회사정보를 입력시켜 Check한다. 가공을 생산계획에 따라서 PC가 자동적으로 MC를 구동시키고 DNC 시스템은 NC 제어장치의 통신 Port는 RS-232C를 사용하여 DNC Controller에서 NC Data를 One Step씩 전송시킨다. 가공후는 Pallet을 Robot으로 원래의 Stocker위치에 보내준다. 또 이 System은 MC와 Soft개발비를 제외하고 정보통신 System에 2000\$, Robot 8000\$, 시각 Camera 1000\$, 합계 11000\$의 비용으로 제작이 가능하다.

#### 2) 교육용 FMC의 개발

FMS가 1980년대에 보급되기 시작하여 그 파급은 계속적으로 증가하고 있다. 통일중공업(주)에서는 표준 FMS의 개발과 함께 중소기업용 또는 교육용으로 소형이며 가격이 저렴한 표준형 FMC를 개발하였다. 이 표준형을 토대로 12가지의 FMC를 구축할 수 있다. 그 표준형은 Fig.18-25에서 볼 수 있다.<sup>(11)</sup> 이 시스템은,

- ① Work의 Loading과 Unloading은 한개의 Robot으로 CNC 선반과 MC에 할 수 있다.
- ② Work는 자동창고에서 Pallet 위에 놓여 IN 또는 OUT 할 수 있다.
- ③ CAD/CAM 또는 DNC와 연결되어 있는 FMC Controller에 의해서 Scheduling과 여러가지 제어를 한다.
- ④ CNC 선반, MC, Robot, AGV, 자동창고는 모두

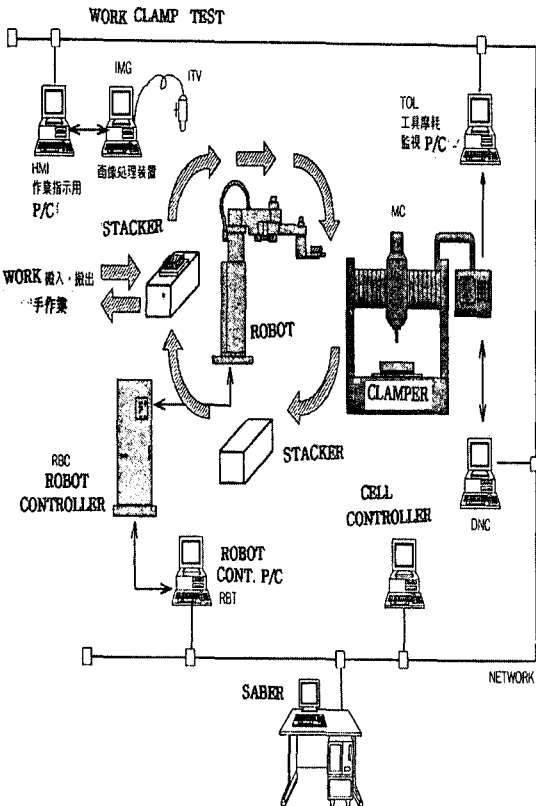


Fig. 18-24 One example of FMC





참 고 문 헌

1. “モーリスFMS特許係争の なかみ” 應用機械工學, 1993.2 pp.132-135
2. 生産財 마케팅/1985.6 pp.42
3. 淺田 敦久, “FMSにみるシステム化技術” 機械技術, Vol.42/11(1994) pp.60-65
4. H. Hirai et al, “Development of Automated Flexible Manufacturing System for medium variation and medium volume production” Annals of the CIRP Vol.37/1/1988 pp.461-464
5. 鈴木 恒治 et al, “自動車エンジンの 箱物部品加工用 FMSの開発と評價” 應用機械工學, 1991.6 pp.117-124
6. “齒車加工FMSを實現させた自動化技術” 應用機械工學, 1991/10 pp.117-121
7. 山岡修二, “大田原工場におけるFMSの導入と運營の現状” 應用機械工學, 1991/1 pp.90-95
8. C. H. Kahng et al, “Design of the 5 Axis Machining Center” Presented at the 24th North American Manufacturing Research Conference (NAMRC X X IV) May 21-23,1996, the University of Michigan
9. C. H. Kahng et al, “Design fo the Horizontal Machining Center” will be presented at the Pacific Conference on Manufacturing’96, Seoul, 1996. 10/29-31
10. 中小企業の自動化を進める簡易FMSを開發” 應用機械工學, 1994.5 pp.28-29
11. C. H. Kahng et al, “Design fo the Educational Flexible Manufacturing System” will be presented at the International Manufacturing Engineering Conference (IMEC), University of Connecticut, 1996, 8/7-9