

# Flexible Manufacturing System (FMS) 의 개발

강 철 회

(주) 새일 중공업, 기술개발 중앙연구소, 기술고문  
한국과학 기술원, 생산 공학과, 초빙교수

Development of Flexible Manufacturing Systems (FMS)

by

C. H. Kahng

Technical Advisor, SAEIL Heavy Industries

Visiting Professor at KAIST

## Abstract

This paper describes two FMS, which were developed by SAEIL Heavy Industries. One is FMS for machining of circular parts, that are automobile's axle shafts. This system consists of 13 units, including 7 CNC machine tools.

The other is FMS for machining of non-circular parts namely casted or steel block within size of 1.2×1.2×1.5m. This FMS consists of 8-machining centers, 1-automated warehouse, 2-unmanned Robo Trailers, and computer control room. All systems are functioning satisfactorily and so help greatly towards automation of Korean industries.

## 1. 서론

여러 선진국에서는 Mechatronics 기술과 Software 기술의 발달로 새로운 생산기술 혁신이 진전되고 있다. 우리나라에서는 경제 민주화에 편승, 가속화되는 노사 분규에 신속적으로 대처키 위해 공장 자동화(FA)에 대한 필요성이 더욱 커지고 있다.

공장 자동화를 추진하고 있는 국내 기업의 대부분은 공장 자동화가 아닌 기계기구, 유압, 공압 또는 전 기구를 이용한 간이 자동화에 머물러 있고 FMC, FMS를 이용한 완전 자동화는 먼 장래의 것으로 보고 있다.

최근 신문지상에 빈번히 논의되고 있는 CIM (Computer Integrated Manufacturing)의 개념이 정부에서 계획하는 연구 과제로 활발히 홍보되고 있다.

Fig.1에서 보는 바와 같이 일본에는 1950년대 NC가 탄생함으로써 FA의 기술이 CAD/CAM Robot, FMC/FMS와 더불어 발달되고 FA=CIM이 1990년대 완성될 것으로 보고 있으며[1] 독일 사람들이 보는 CIM의 기술개발이 Fig.2와 같이 역시 1990년경에 완성 될 것으로 보고 있다.[4]

이 두과정에서 볼 수 있는 바와 같이 CIM은 Computer를 이용하여 생산 시설을 Control하는 NC기술로 부터 시작

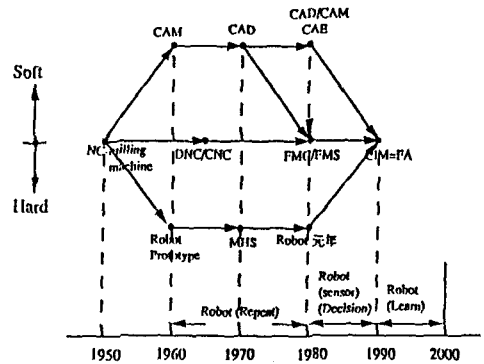


Fig.1 Steps Toward to CIM

여러기술을 점진적으로 축적한 종합적인 생산 자동화 기술이며, FMC/FMS의 기술을 거쳐가면서 이것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

우리나라의 생산 공업의 자동화 단계를 보면 (Table.1) 4단계로 구분 할 수 있으며, 선진국과 비교하면 매우 뒤 떨어져 있기는 하나 2000년대에 CIM이 실현될 것으로 보고 3단계, 4단계에 FMC와 FMS가 각각 실천 될 것으로 보고 있다.

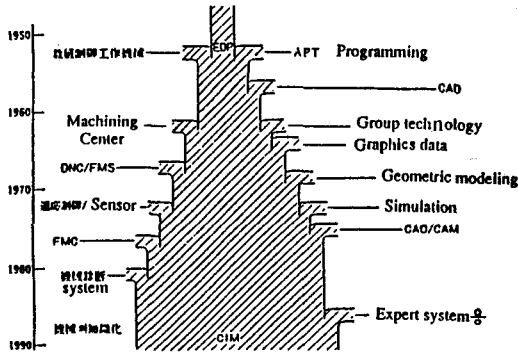


Fig.2 Technological Developments for CIM

Table.1 Steps to-ward to Automation in Korea

단계	구분	비고
1단계	간이자동화 (간단한 시퀀스 제어방식을 이용한 자동화 포함)	
2단계	자동화 기기(A군)의 도입 및 일부운용 -수치제어 방식을 이용한 각종기계 (NC 공작기계, 머시닝 센터) -자동조립기, 부품삽입기, 자동납땜기, 자동포장기 -CAD 시스템	
3단계	다수의 자동화기기(A군)의 운용 자동화기기(B군)의 도입 및 일부운용 -산업용 로봇 -FMS(Flexible Manufacturing Cell) -자동수송시스템, 자동반송시스템 -CAM 시스템	
4단계	다수의 자동화기기(B군)의 운용 -공장전체의 자동화 -FMS -무인수송차(AGV) -컴퓨터를 이용한 생산시스템의 제어 -기업전체의 생산시스템 통합화 -CIM	-2000년대 5단계로 구분 -2000년대 6단계로 구분

자료 : 공장자동화의 진전과 합리적 발전방향, 1988, 산업기술원

그러면 FMC와 FMS의 개념은 무엇인가?

FMC(Flexible Manufacturing Cell)의 개념은 "Computer기술을 적극적으로 이용하고 물품과 정보의 유통을 유기적으로 결합하여 그 결과가 높은 유연성 (Flexibility)을 보유한 규모가 작은 기계 가공 시스템이다."

이 FMC는 여러 선진국에서 활발하게 사용되고 있으며, 미국에서는 1985년에 1,080 Set가 1989년에는 8,100Set로 증가 4년사이에 약 8배의 증가를 보이고 있으며, 그 중 25-30%는 처음부터 다음 Step인 FMS를 위한 Module로서 조립되고 있다고 한다.[2]

FMS의 정의는 "공작기계와 기술적인 장치가 상호간에 공통 Control과 수송수단으로 연결되고 있고, 한편으로는 자동생산이 진행되고 또 다른 한편으로는 서로 상이한 재료가 서로 다른 가공공정이 이미 정해진 범위내에서 진행되게하는 System을 말한다."[3]

선진국들은 FMC나 FMS가 보편화된 추세를 보이고 있으나, 국내기업은 그 보다 두 단계 아래인 단위 기계의 일부 자동화 수준에 머물고 있는 실정이다.

국내기업이 본격 FA를 실현시키지 못한 이유는 관련 기술 수준이 낙후 되어 있고 부품소재 산업이 미성숙 단계이기 때문이라는 하나 기업 경영인들의 인식 부족이 또한 큰 요인 일것으로 믿고 있다.

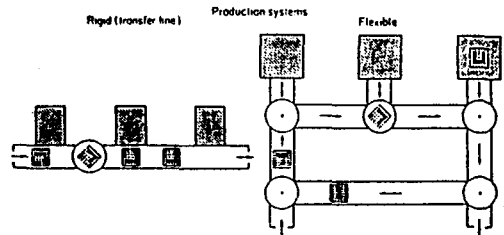
따라서 선진국처럼 컴퓨터 로봇 등 첨단 전기,전자장비를 이용 FMC내지FMS와 같은 완벽한 FA를 실현키 위해서는 관련 산업의 육성과 소재 부품산업 육성을 위한 정부의 과감한 투자가 이루어져야 할 것으로 믿는다.

일반 기업 경영인들도 무조건 노동력 절감이란 측면에서 FA화를 추진하지 말고 산업전반에 걸친 선진국화를 위한 안목으로 노력해야 할 것이다.

저자는 CIM-FA에서 핵심적인 역할을 하는 FMS를 (주)세일 중공업에서 개발한 실례를 들어 여기에 소개하고 우리나라 자동화의 노력에 참고가 되었으면 한다.

## 2. FMS의 특징

자동화를 분류하면 고정 자동화(Rigid)와 유연성 자동화(Flexible)로 구별 할 수 있는데 이것을 서로 비교하면 전자는 한 소재를 한 Cycle에 생산하는 Mass Production에 적합하지만 후자는 Interchangeable 또는 Specific Machining Unit를 보유하고 있으며 Transportation과 Storage System, Clamping Pallet에 의해서 소재가 서로 독립적으로 가공이 가능하다.(Fig.3)



- Features:
- Specific machining units
  - Identical workpieces
  - Constrained sequence
  - Cyclic control
  - Interchangeable and/or specific machining units
  - Various workpieces within a component range
  - Usually free component selection

Fig.3 Rigid and Flexible Production System

Fig.4는 여러 공작 기계종류의 자동화 단계를 비교한 것이다. FMS는 월등히 타 공작기계에 비해 자동화가 여러 부문에서 가능한 것을 알 수 있다.[3]

또 FMS의장점은 Batch Size에 따른 Flexibility가 타 System에 비하여 중간에 위치하고 있음으로 여러 면에서 타당성을 지니고 있다는 것을 알 수 있다. [4] (Fig.5)

Function	M/C : Machine tool				
	M/C	MC-M/C	MGC	DNC	FMS
Tool change	○	○	●	●	●
Tool transport	○	○	○	○	●
Workpiece change	○	○	●	○	●
Workpiece transport	○	○	○	○	●
Control data distribution	○	●	○	●	●
Operating data collection	○	○	○	●	●
Process monitoring	○	○	○	●	●

MGC : Machine centre  
FMS : Flexible manufacturing system

● : Increasing automation  
○ : Decreasing automation

Fig.4 Stage in Automation of Production

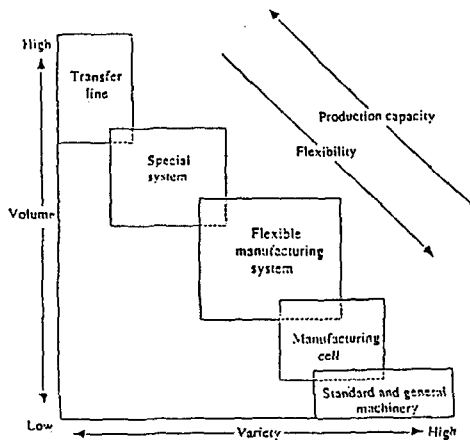


Fig.5 Types of Production Systems by batch sizes

FMS로 작업하려고 하는 Workpiece의 Form에 따라서 두 가지로 분류 할 수 있다.

하나는 원형 재료 (Circular Components)를 가공하는 FMS 이고 Fig.6 또 하나는 비원형 재료 (Non-Circular Parts)를 가공하는 FMS이다.(Fig.7)

Fig.6은 AACHEN 공대 공작기계 연구소에서 개발 한 것으로서 CNC-선반(2개)과 MC(1개) 그리고 한개의 Industrial Robot를 사용하고 있으며 재료의 운송 그리고 Computer의 Line을 그림에서 볼 수 있다.

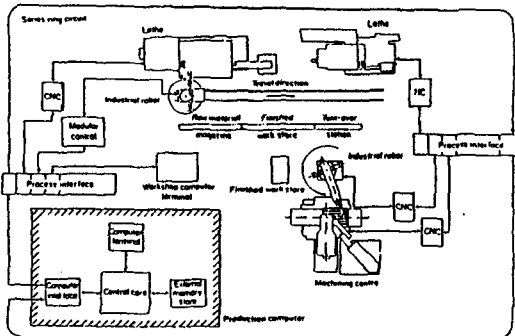


Fig.6 Layout of a flexible manufacturing system for circular workpieces (Machine Tool Laboratory of RWTH—Rhein-Wesphalia Technical High School—Aachen)

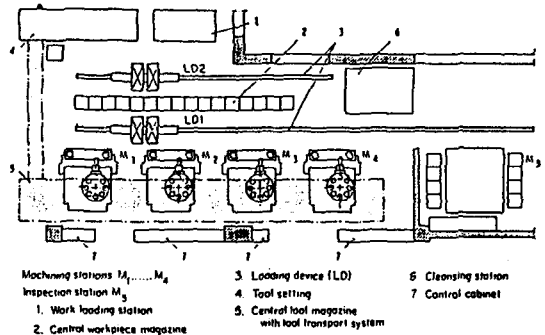


Fig.7 Flexible manufacturing system for non-circular parts at Stuttgart University Institute of Control Technology for Machine Tools and Production Installation

Fig.7은 STUTTGART대학 공작기계 Control연구소에서 개발한 것으로서 여러 Station으로서 구성되고 있다. FMS의 이점은 여러 각도에서 판정할 수 있으나, Transfer Line과 비교한 것이 Table.2이며 FMS는 소재의 종류를 무한으로 바꿀수 있고 Part를 교체하는 시간이 단 1분이다.

Table.2 Comparison of FMS with Transfer Line

COMPARISON OF THE CHARACTERISTICS OF TRANSFER LINES AND FLEXIBLE-MANUFACTURING SYSTEMS		
CHARACTERISTIC	TRANSFER LINE	FMS
Types of parts made	Generally few	Infinite
Lot size	> 100	1-50
Part changing time	1/2 to 8 hr	1 min
Tool change	Manual	Automatic
Adaptive control	Difficult	Available
Inventory	High	Low
Production during breakdown	None	Partial
Efficiency	60-70%	85%
Justification for capital expenditure	Simple	Difficult

그리고 Table.3에서는 종전에 하던 System과 FMS를 비교한 예로써 공작기계수에 따라서 인건비를 대폭감소 시킬 수 있으며, 생산량을 반으로 감소시킬수 있는 장점이있다. 이 외에도 FMS의 특징이 다양하다는 것은 여러보고서에서 볼 수 있으나 여기서는 생략하기로 한다.

Table.3 Comparison of FMS with Conventional System

	PRIOR METHOD	FMS	IMPROVEMENT (%)	RANGE OF IMPROVEMENT FOR 20 SYSTEMS (%)
MACHINE TOOLS	29	8	70	60-90
DIRECT LABOR	70	16	77	60-88
MACHINE EFFICIENCY	20%	70%	50	15-90
PROCESSING TIME * DAYS	18.6	4.2	77	30-90
* NUMBER OF OPERATIONS	15	6	47	
FLOOR SPACE	1500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	68	30-80
PRODUCT COST	\$2000	\$1000	50	25-78

### 3. Axle Shaft 가공용 FMS

(주) 세일 중공업에서 과거 여러 전용 공작기계를 개발해 왔으며, 한국 기계공업 자동화에 많은 기여를 해 왔음을 자부하고 있다. (Table 4)

특히 자동차용 Axle Shaft의 가공을 위한 FMS를 한국에서 최초로 개발한 것은 높이 평가받을만한 것이며, 앞으로 이것을 토대로 시장의 요구에 따라서 대규모 FMS의 개발을 시도하게 될 것이다.

여기에 이 System의 개요를 소개함으로써 우리나라 자동화에 새로운 인식을 일게 되기를 희망한다.

Table 4. Lists of Special Purpose Machine Tools Produced by Saell Heavy Industries

NO.	CUSTOMER	LINE NAME	기계	기종	LOADER	LOADER TYPE	납품일자
1	현대중공업(주)	DISC BRAKE 1# LINE	작업기	TNC-60	5#	SWING ARM TYPE	1982.09
1	현대중공업(주)	DISC BRAKE 2# LINE	작업기	TNC-60	5#	SWING ARM TYPE	1982.12
1	현대중공업(주)	DISC BRAKE 3# LINE	작업기	TNC-60	5#	SWING ARM TYPE	1987.04
1	현대중공업(주)	K-83 GEAR 1# LINE	작업기	TNC-60	5#	SWING ARM TYPE	1987.09
1	현대중공업(주)	K-83 GEAR 2# LINE	작업기	TNC-60	5# <td SWING ARM TYPE	1988.01	
2	현대중공업(주)	YAW LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.11
		PISTON LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.11
		YOKE LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.11
		PISTON UNCLE LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.11
1	현대중공업(주)	YAW LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.02
1	현대중공업(주)	YOKE LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.02
1	현대중공업(주)	PISTON LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.02
1	현대중공업(주)	PISTON UNCLE LINE	작업기	TIN-2	4#	SWING ARM TYPE	1988.02
1	현대중공업(주)	PUMP BODY LINE	공작기			TRANSFER MC	1988.05.31
18	강원기계	TRUC ROTOR LINE	전주기			CELL	1990.08.20
11	KOREA SPICER	AXLE SHAFT LINE	수송기	TNC-60			
		CONVEYER	LOADER		1#	GANTRY TYPE	1991.04
12	KOREA SPICER	PISTON GEAR LINE	작업기	TIN-2	1#	GANTRY TYPE	1991.6
		LOADER					

(주) 세일중공업 1991년 8월 28일

#### 3-1 소재

이 System에서 제조될 소재는 Axle Shaft를 택했다. 자동차의 후륜구동식인 경우 엔진의 동력을 변속기통해 타이어로 전달할 때 사용 되는것이 Axle Shaft이다.

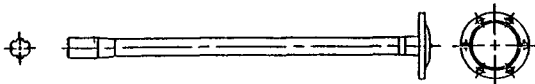


Fig. 8 Sample of Work

WORK NO	FLANGE DIA Ø A	SHAFT DIA Ø D	LENGTH L
1006110	197	65.3	1042.5
1006901	211	63	1077
1006901-001	211	63	973
1006901-002	211	63	1025
1015742	213	62.3	1069.5
1003128	163.75	41.2	1050.2
1019062-002	214.5	63	999
1019062-003	214.5	63	1050.5
1005780	225.6	59	1118.3
1004370	143	42	914

Fig. 9 10 Different Types of Axle Shaft

(Fig. 8) 이 System에서 취급하는 이 Axle Shaft는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 그 생산 품종이 10개가 있다.

- 즉, Flange Dia A,  $\phi 143 \sim \phi 225.6$ , 82.6mm의 차이
- Shaft Dia D,  $\phi 42 \sim \phi 65.3$ , 23.3mm의 차이
- 길이 L, 914 ~ 1118.4, 204.4mm의 차이

이상과 같이 현상에 차이가 다양한 소재를 한개의 FMS로서 기계가공을 전 종류에 걸쳐 완전하게 할 수있을 한다는 기술적인 조건이 이 System의 개발목표이다.

#### 3-2 System의 개요

Fig.10는 System전체의 Layout를 표시한 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 이 System은

- 3- NC Lathe
- 1- NC-Hobbing Machine
- 1- 전용Centering & Facing Machine
- 1- Multi-Drilling & Tapping Machine
- 2- Auto matic Loader
- 1- Chain Type Work Conveyor로 되어 있다.

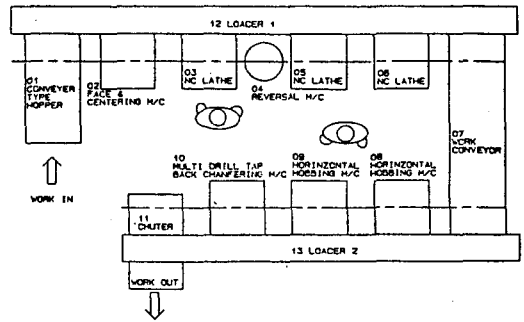


Fig.10 Layout of FMS

한개의 Axle Shaft의 가공시간을 4분으로 정하고 이 System이 구성되고 있다. Shaft의 운반은 Gantry Type의 Loader #1, Loader #2, Chain Type의 Work Coveyor에 의해서 이루어지고 있다. 즉, Gantry loader #1은 Fig.11에서 볼 수 있다.

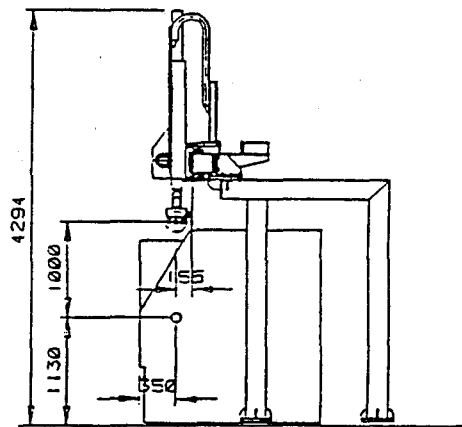


Fig.11 Gantry Type Loader

Fig.12에서 보는 바와 같이 공정의 순번대로 가공이 진행 된다.

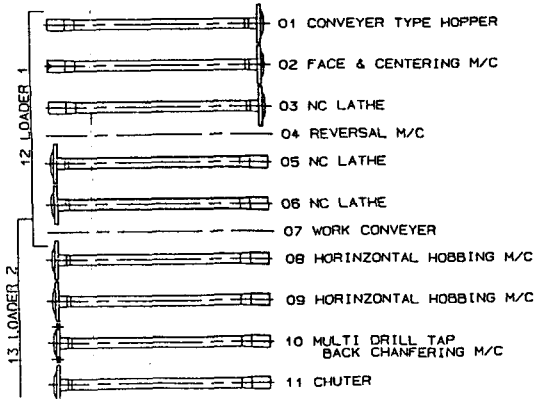


Fig.12 Machining Processes in FMS

- 01 소재를 Conveyor에 공급한다.
  - 02 Face & Centering M/C로 Work의 단면, 양 Center를 가공한다.
  - 03 Rest의 위치와 Flange 외경의 단면을 가공한다.
  - 04 Work의 방향을 180° 반전한다.
  - 05 Shaft외경, Flange 단면을 가공한다
  - 06 가공시간 관계로 동일한 가공을 하는 공정을 위하여 2대를 준비하였다.
  - 07 U자형 FMS이기 때문에 Work Conveyor로 Work를 이동시킨다.
  - 08 Spline부분을 Hobbing M/C으로 가공한다.  
가공 시간 관계로 이 공정도
  - 09 2대 준비하였다.
  - 10 Flange 부분을 Drilling하고 다음에 Facing 그리고 Tapping한다.
  - 11 Chuter로 Work를 Stock한다.
- 이상이 FMS의 Process Flow를 간단히 설명한 것이며 각 공작기계의 특징은 다음에 설명한다.

### 3-3 각 공작기계의 특징

1) Conveyor type hopper는 Chain Conveyor에 V-Block을 부착한 형식이고 구조는 간단하지만 10종류의 Work를 취급해야한다. Fig.13과 같이 Work를 Holding하는 방법으로 최대 23개의 Work를 Holding 할 수 있다.

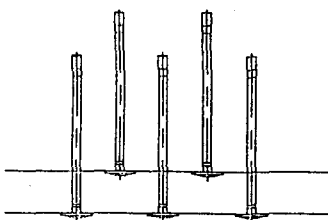


Fig.13 Work Holding Method

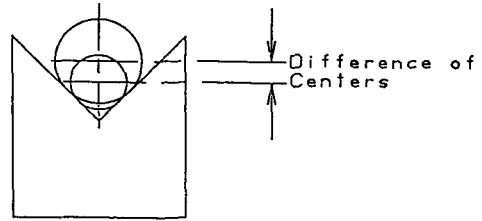


Fig.14 V-Block and Work size

그러나, V-Block에 Work를 Holding하면 Fig. 14과 같이 Work의 Dia가 다르면 그 중심위치가 이동한다. 이것은 전기계에 공통적으로 발생하는 문제이나 Loader의 동작에 의해서 해결하게 하였으며, 그 방법에 대해서 후에 설명할 것이다.

이외같이 FMS의 소재공급 장치는 매우 간단히 설계하였다. 그 이유는 24시간 가공할 FMS를 위한 소재 공급장치는 당연히 24시간 소재를 공급 할 수 있게 해야하겠지만 소재공급 회사, 열처리 회사, 자동창고 등의 Pallet의 공통화, 그리고 조립부에 부품공급방법 등 당 회사 만으로서는 해결 할 수 없는 문제가 많이 존재하고있어, 이번에 여기에 소개하는 FMS는 24시간 운전을 관계 부처가 상호 긴밀한 연락을 하여 시대의 요구가 있을때 할 수 있는 준비 단계의 설계인 것이다.

#### 2) Face & Centering M/C

NC Lathe의 작업을 준비하기위해 기준면을 만들기 위한 가공이며, 10종류의 가공을 한다. 이 M/C의 Controller는 (주) 세일에서 개발한 TEPS-XL를 사용하였다. 10종류의 가공 Program을 전부 기억시켜 Program의 선택에 따라서 각 Work의 가공을 할 수 있게 하였다. Fixture도 역시 10종류의 Work를 다 취급 할 수 있게 하였으며 새 Work 종류로 교체하는데 필요로하는 Set up 시간은 10분이내로 할 수 있게 하였다. Work의 Clamping 장치는 좌우 Screw의 조작에 따라서 그 위치가 조정되고 상하 V-Block은 Screw로서 (Fig.15) 조정된다. 가공방법은 Fig.16에서 보는 바와 같이 Facing과 Centering의 중간에 Work를 공급하게 함으로써

① Facing ② Centering ③ Unloading을 최소의 이동량만 주게하여 단순화하게 고려하였다. 또 파손의 가능성이 높은 Center Drill에는 Failure Detection Sensor를 부착시켜 안전성을 높게 하였다. Tool의 마모는 Tool Counter에 의해서 관리하게하고 Chip의 처리는 그 양이 적을것임으로 다량의 Coolant를 유출시켜 제거하는 방법을 사용하였다. 이상의 설명과 같이 공작기계가 여러 종류의 가공물에 대응 할 수 있게 설계되어야 당연한 일이지만 똑 같은 중

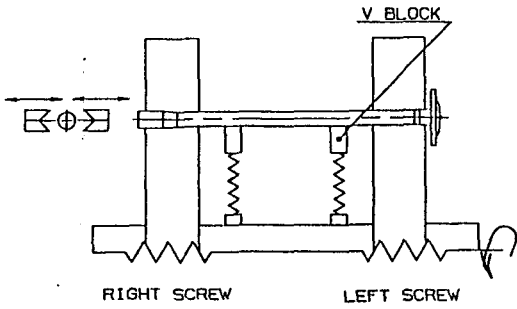


Fig.15 Work Clamping Method

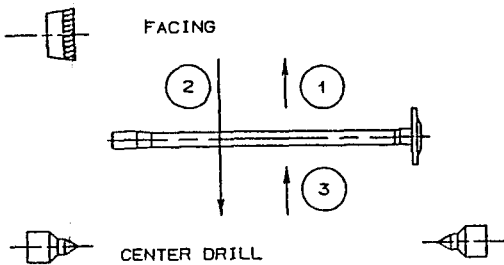


Fig.16 Facing and Drilling

류의 Work가 균일성을 상실하고 그 Dimension이 약간씩 다를때 거기에 대한 대책이 필요하게 되었다.

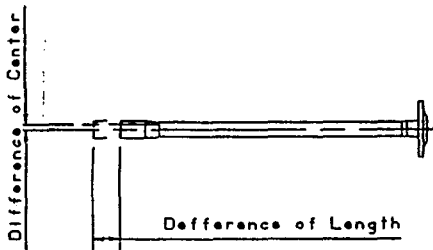


Fig.17 Dimensional Errors in Work

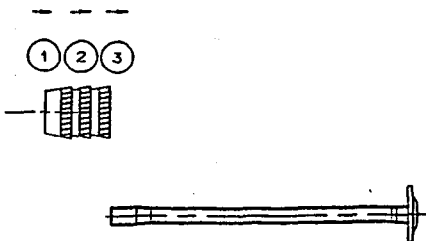


Fig.18 Three Different Feed Rate for Facing

Fig. 17은 Work의 오차를 표시하였으며 이문제를 해결 하기 위하여 Fig. 18에서 보는 바와 같이 길이에 오차가 있으면, Facing할 때 Tool의 Feed Rate를 3단계로 나눠서 가공할 수 있게 하여 길이에 오차가 있더라도 가공할 수 있게

하였다. Work의 중심에 오차가 있는것은 NC-Lathe로 Shaft의 전부를 가공하게 하였다.

장래에는 Work의 정밀도를 높이기 해야 하겠지만 여기서는 현재 일어나고 있는 사실에 적응하게 하였다.

### 3) NC-Lathe

당 회사에서 개발한 TNL-60을 NC-Lathe로서 사용하였다. (Fig. 19) 전과 같이 10종류의 가공을 하기 위하여 NC는 TEPS-XL을 사용하고 Program 10종류를 기억하게 한다.

Loading을 하기 위하여 Door는 자동으로 Open & Close하게 되어 있으며 Lathe 내부에 부착한 V-Block에 Work가 Loading된다.

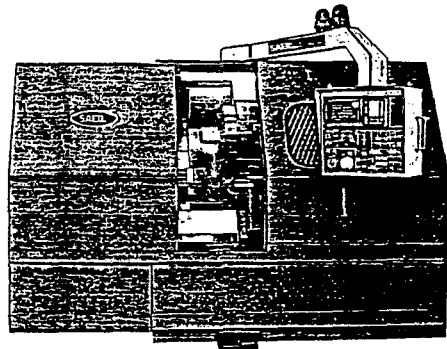


Fig.19 TNL-CNC Lathe

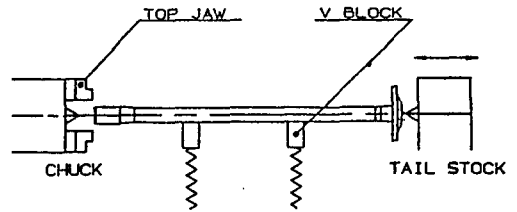


Fig.20 Loading of Workpiece

Fig.20에서 보는바와 같이 V-Block의 높이를 조정하고 Top-Jaw을 교환함으로써 Sep up이 완료된다. Tail Stock로 인해 기준면에서 Press된 Work는 Chuck에 의해서 Clamp되어 가공을 하게되는 것이다. Tool의 Set up Time을 단축시키고 Work가공의 안전성을 고려 Fig. 21에서 볼수 있는 바와 같이 Tool의 마모를 Check하기 위하여 Touch Sensor를 이용하였다. 또 Shaft의 변신양(진원이 아닌양)을 Check하는 Touch Sensor를 이용하여 Work의 양부(Good and Bad)를 판단 한후 가공을 시작 할 수 있게 하였다.

가공이 완료된 후 다시 가공의 정밀도를 측정할 장치는 없다. Touch Sensor의 원리는 Fig.21a 에서 볼수 있다. 가공 정밀도의 요구가 그다지 높지 않기 때문에 Tool의 End Edge에 이상이 없으면 가공정밀도에 문제가 없는 것

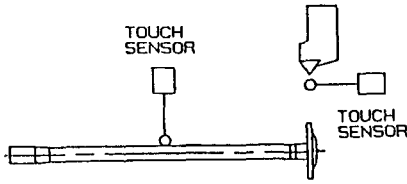


Fig.21 Touch Sensors for Work Dia and Tool position

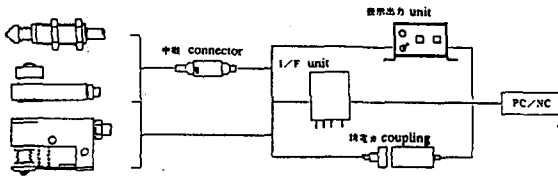


Fig.21a Principles of Touch Sensor

으로 판단하고 다음 기계에 보내게 된다. Chip은 Chip Conveyor에 의해서 처리토록 했으며 Long Chip이 발생하면 Chip Braker로 대처토록 하였다.

04) 반진기 (Revolver)에 의해서 Work의 방향을 반전시킨 후 05) 06) NC Lathc 두대로 Lathc의 두 공정의 가공을 한다. NC Lathc는 공정 Lathc와 동일한 것이지만 Work의 Good or Bad를 판단하는 Touch Sensor 없다. Lathc 1공정의 가공이 끝난 후 어느쪽의 Lathc에 Work를 보낼 것인가는 Software의 판단기능에 의해서 결정 된다.

07) Work Convcyor에 의해서 Work가 이동한 후 Hobbing Machine으로 간다.

4) Hobbing Machine

08) 09) Horizontal Hobbing M/C에 의해서 Spline 가공을 하게된다.

Shaft를 Horizontal 위치로 해서 가공을 할 수 있게 한것은 종래하던 비외값이 Vertical로 하면 Loader의 구조상 Sub

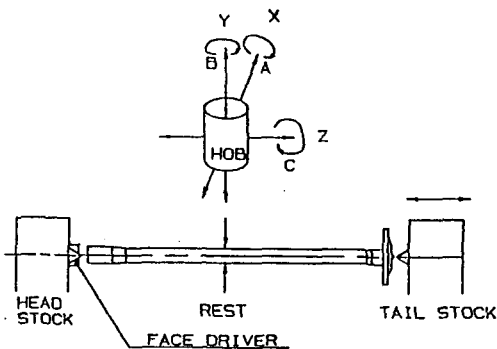


Fig.22 Hobbing Process

Loader가 필요로하기 때문에 Space 가격이 문제가 됨으로 Horizontal Type로 개발 하였다. 종래 Hobbing은 Set up 시간이 많이 걸리는 가공이기 때문에 본 FMS에 대응하기 위해 Hobbing M/C의 NC는 FANUC 15MA를 사용하여 10종류의 Spline 가공을 간단하게 할 수 있게 하였다.

Fig.22에서 볼수 있듯이 NC화 되고 있는 X축, Z축 B축 그리고 C축이 있는데 B축과 C축은 Synchronize하게 되어 있다. 또 Y축에 Brake Motor를 사용하고 Tail Stock, A축, 그리고, Hob의 교환은 유압방식을 사용함으로써 작업변동에 필요로하는 Set up시간을 단축시키게 하고 있다. Fixture는 Face Driver를 사용하기 때문에 Set up이 불필요하다. Chip의 처리로 Magnet Conveyor를 사용하였으며 Tool의 관리는 Counter 방식을 채택하였다.

5) Multi Drilling M/C

10) Multi Drill Tap Back Chamfening M/C는 6각 Turret Head에 다축 Unit를 One Touch 방식으로 교환가능케 했으므로 Set up 시간은 대폭 감소시킬수 있다.

또, Fixture는 전종류의 Work를 공동으로 사용할수 있게 하였고, 되풀이 사용해도 정밀도가 변하지 않게 특별고려한 Type를 채택하였다.

Chip의 처리는 Chip의 양이 적기 때문에 Coolant로 제거하게 하였고 Tool의 관리는 Counter 방식을 사용하였다.

11) Chuter는 Work를 다음공정인 열처리 공정으로 이송되게 한다.

12) 13) Loader는 Tandem Type Gantry Loader이며 상하 방향 2축, 좌우방향 1축, 합계 3축 NC 제어 장치로 조정되게 하고 TEPS-XM을 사용하였다.

Work의 운반에 있어서 각 Work마다 Program이 입력되게하기 위하여 Work의 길이, V-Block에 따르는 Work의 상하의 위치가 결정되어 있어야 한다.

또, Work Clamp Hand는 Stroke가 긴것을 개발하여 Set up을 불필요하게 하였다.

Work의 종류가 많기 때문에 기계의 가공 Program과 실제 가공되어 Work가 착오로 다른것이 되어 비리는 경우가 있을것이다.

이것을 방지하기 위하여 01) Conveyor에서 02) Face & Centering M/C으로 가는 도중에 Photo Sensor를 두개 설치하여 Work의 길이를 측정하면서 Work가 옮겨진것을 Check 하게 한다.

Work를 단것으로 바꿔 부착하여 그것으로 인하여 기계가 파손되는 것을 방지하게 하고 있다. (Fig. 23)

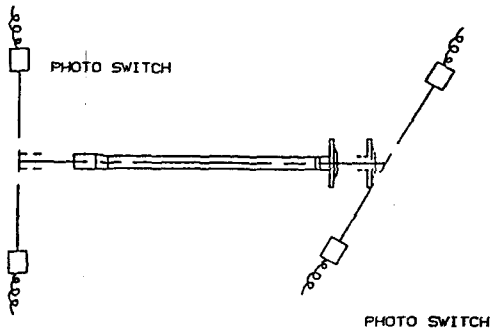


Fig.23 Photo-Sensor

### 3-3. Control System

본 FMS의 전체를 Control 할수 있는 System은 Fig. 24에서 볼수있다. 각 기계(NC장치)는 각 Line의 Auto Loader와 Dio Line으로 연결되어 있고, Auto Loader Cell Controller의 연결을 통해서 각 기계(NC)와 Cell Controller가 Dio Line으로 연결 된다. 또, Cell Controller와 각 기계 (NC) Communication Line (RS-232C Interface)에서도 1대1로 연결되어 있다. Communication Line 은 기기간 거리에 따라 광Modem과 광 Cable을 사용한다.

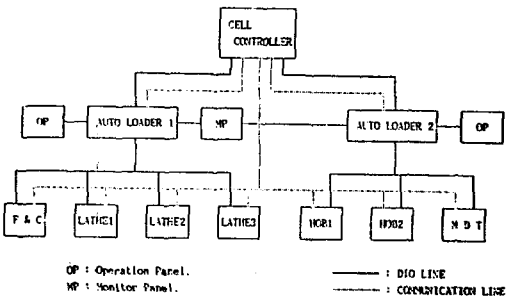


Fig.24 Total Control System in FMS

본 System Line의 시작은 각 Line의 Auto Loader에 연결된 Operation Panel의 조작으로 시작되고, Work의 공급, 가공, Cycle Start 등 Line의 제어는 Auto Loader에 의해 행해지며, Cell Controller는 각 기계의 동작상태 등, 각 기기와 Line 전체의 관리를 실행 한다.

#### 3-3-1 Auto Loader

##### (1) 제어 기능

- 가) 각 기계와 Line전체의 기동제어  
(원점복귀/Cycle Start/Restart)
- 나) 각 기계와 Line 전체의 Mode 제어.  
(Set up/Normal/End 각Mode)
- 다) Monitor Panel 표시
- 라) Work Size의 측정, 불량 Work의 처리제어

#### 마) Work Conveyor, 반전기의 제어 3-3-2 Cell Controller (Fig. 25)

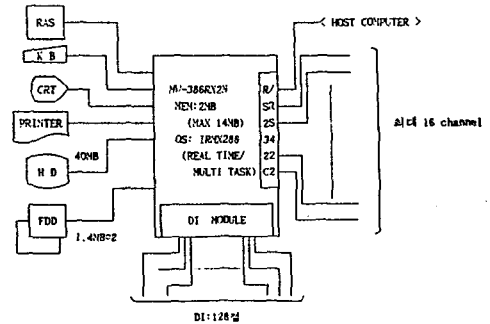


Fig.25 Construction of Cell Controller

##### (1) 기기 구성

- 가) Hardware 와 Software 가 Real Time/ Multi Task 처리가능
- 나) 각종 I/O Interface가 풍부함
- 다) 확장성이 우수함
- 라) 상위 Computer와의 Network 구축이 용이함
- 마) 내 환경성이 우수함

따라서, 일본 WACOM사 제품인 Multi-Ware MW-386RX2N을 사용하기로 결정하였다.

MW-386RX2N 은 REAL Time/Multi Task 기능을 위한 IRMX286 을 OS 로서 채용하고, DI/DO Board, Intelligent Communication Board(RS-232C/RS422)등을 통해서 각 기계의 Real Time인 Data를 입력하고 있다.

또, Ras Board 를 사용해서 정전검출, 온도감시 등 신뢰성이 높은 System 운용을 실현한다.

##### (2) 기능개요

- DI 기능 : DI Board 를 통해서 각 기계의 Status Data를 Real Time 으로 입력함.
- 통신기능 : 각 기계와의 다음과 같은 Data 를 동시에 Real Time으로 통신할 수 있음.  
NC 가공 Program      Message Data  
NC Parameter          Status Data  
공구보정량
- 표시기능 : 각 기계의 가동 상황등을 Color Crt Monitor에 표시함.
- 기록기능 : 일보, 주보, 월보의 작성

#### 3-4. Software

이 Control System의 Software는 다음과 같은 기능을 가지고 있다.



가. 운영 감시, 관리

- 가동상황 Monitor: 각 기계의 운영상태, Status 내용, Alarm 내용 등 표시
- Status Monitor: 각 Work의 가공실적을 주간, 월간, 연간관리, 표시

나. 실적관리

- 생산 예정 등록: 각 Work의 매일, 매월 가공 예정을 등록, 표시
- 생산 실적 관리: 각 Work의 가공실적을 주간, 월간, 연간 관리, 표시
- 가동실적시간관리: 각 기계의 가동시간 (Cycle on 시간, 절삭시간, Spindle on 시간)의 관리, 표시
- 일보, 주보, 월보 작성: 생산실적, 가동실적의 일보, 주보, 월보 Print out

다. 공구관리

- 공구정보 등록, 관리: 공구정보(Model, Type, Maker, 가격 등)를 1000개까지 등록, 표시, Print out
- 공구실적관리: 각 기계에서 사용중인 공구의 실적 (가공시간, 가공 Work수, 교환수 등)
- 공구마모량 관리: 선반 (Lathe)에서 Touch Sensor로 자동 측정된 공구 마모량을 수신해서 관리, 표시 (Graph 표시)

라. System Data관리

CNC 가공 Program 관리: CNC 가공 Program 의 편집, 등록, 삭제 (가동중이라도 처리 가능) CNC 1대당 100개 (MAX 1600개)

- 공구 보정량 관리: 공구 보정량의 편집, 등록, Up Load, Down Load
- NC Parameter관리: NC Parameter의 편집, 등록, Up Load, Down Load
- System 정수관리: 공구수명 기준치등 System 정수의 변경, Up Load, Down Load

마. 보수관리

- 각종 File관리: System Data File, 생산실적 File 등을 Floppy Disk 에 Save 및 Load
- 장애대책표시: Alarm 발생시, 발생한 Alarm내용, 대책방법의 표시 (한글 표시가 가능)
- 장애이력 Data 관리: 발생한 장애의 정보를 등록 및 보고서 작성, 표시

이것을 종합해서 Software 구성을 Fig.26에 정리하였으며 그중 한 예로서 Monitor 결과를 Fig.27에서 볼 수 있다.

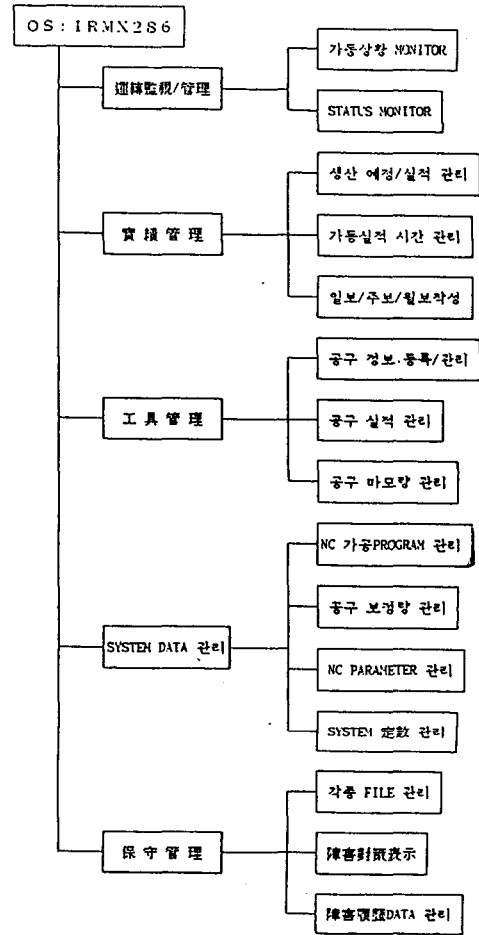


Fig.26 Structure of Soft-Ware

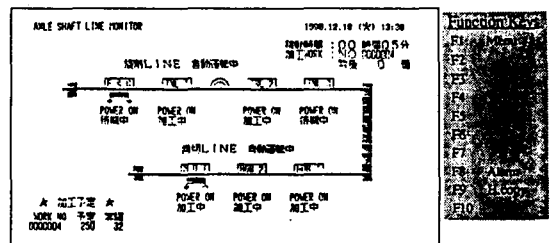


Fig.27 An Example of Line Monitoring

3-5 본 FMS의 경제성 분석

새로운 System을 개발할때는 그 경제성이 예상한것 보다 부족할때는 개발을 할 필요가 없다.

본 System과 종전에 한 System을 비교한것이 Table.5에 표시하였다. 완전한 통계가 아닌 임시적인 통계에 의한 것이다. 여기서 중요한 것은 Break Even Point이다. 여기서는 1377 EA/Month로 나타나고 있다. 즉 생산량이 대량일때만이 FMS는 이익을 가져다 준다.

Table. 5 Comparisons of Old New System

項目	現在狀態	FMS	備考
設備臺數	18	13	
人員數	9	3	
稼働率	65%	75%	
月生産量	3000	3900	
月生産金額(億円)	2	2.36	
年生産金額(億円)	24	28.5	
新規投資金額(億円)	-----	8.4	
LINE의 稼生産金額(億円)	10	8.4	
人件費/年(億円)	1.23	0.39	
LINE의 稼働率(%)	1	0.8	
現LINE과의 稼働分岐點	-----	7231EA/月	(稼働於30個月)
總收入及 生産費와의 稼働分岐點	861EA/月	1377EA/月	

인건비는 1.22억원에서 0.39억원으로 대폭 감소시킬수 있으며, 우리나라 인건비가 상승일로에 있는 실정에 있어FMS를 주목해야 할 시점에 와 있다고 말해도 과언이 아니다.

#### 4. (주) 새일 중공업의 FMS

##### 4-1 도입 동기

(주) 새일 중공업 (전 통일)에서는 일찍이 FMS의 중요성을 인식하고, 과감한 투자를 결정하여, 1982년 부터 준비를 시작한 바 있다. 그 배경을 요약하면 다음과 같다.

1980년대에 들어서 다양한 체계의 생산 방식에 부응하는 Factory Automation 이 NC기종의 개발 전산기술의 발달, 경영의 전산화 등에 의해서 여러가지 형태의 FA가 출현하게 되었고, FA의 목표자체도 노동력의 절감에 의한 생산성, 수익성의 향상 뿐만 아니라 다품종 소량체제 또는 다 품종 중량 생산 체제시의 정밀도 향상, 치구류의 감소, 불량방지등의 보다 직접적인 기술적 이득을 무시할 수 없게 되었다.

따라서 여러대의 NC공작기계를 하나의 중앙 처리장치에 의해 집중 관리하는 자동 System이 1970년대에 실용화하기 시작했고, 별도의 작업장에서 사람에 의해 Conveyor 나 Pallet라고 불리는 운반구에 의해 장착이 된 소재를 NC 기계군으로 이동, 기가서 가공, 검사, 작업, 계수에 의한 생산 및 일정 관리까지 계산기제에 의하여 자동적으로 행하게 되는 FMS하는 다품종 소량 생산의 실질적인 FA가 절실히 필요로 하게되었기 때문이다.

이 FMS를 채택하기로 결심한 이유는

- 공업선진국에서 범용기 생산의 이진으로 연차적으로 범용기 수출이 증가 할 것이다.
- 한국의 GNP가 2,000\$를 넘으면서 자동차 산업의내수가 증가 할 것이고 또 수출시장 확산으로 인한 부품산
- 입 및 기계류 수요의 급진적 증가가 예상되며,
- 국내 노후 장비의 교체시기가 도래 할 것이고
- 경쟁력 강화 및 기술 개발 능력의 배양을 해야 한다고

생각하기 때문이었다.

##### 4-2 구성

본 FMS의 가공분야와 참고 기능의 자동화를 감안해서 4단위로 구성으로하였다. (Fig.28) 즉,

- 1) 기계군 (Machining Center)
- 2) 자동창고 (Automated Warehouse)
- 3) 무인 반송장치 (Robo Trailer)
- 4) 통제실 (Computer Control Room)이고 각 단위는 다음과 같은 장비와 기능을 갖는다.

- 1) 기계군 (Machining Center): 43×48m 면적 자체에서 개발한 Machining Center

- M C H - 20 : 4대
- M C V - 20 : 2대
- M C H - 30 : 2대
- 전기종 Automatic Pallet changer 부착
- 전기종 Automatic Tool Changer 부착
- 가공대상품목 : 88 ITEM 선정/ 1차분
- 총공정수 : 161개공정 (Jig & Fixture 동일수량확보)
- 공구저장 : 기계당 40 Tool 저장과 여유분 평균 50Tool

- 2) 자동창고 (Automated Ware house) 21.5×50×7.8m

- Rack 수량일반 소재 Bucket 계열 : 3648 Booth
- NC Pallet 계열 : 640 Booth
- Stacker 크레인 : Win 1대 Single 2대
- 주행속도: 80×30×40 m/min  
(주행×승강속도×fack속도)

- Setting Station (유인 Station)

- Pallet Setting Chain Conveyor = 2 Line
- 원소재입고용 Chain Conveyor = 2 Line
- 출고용 Chain Conveyor = 2 Line
- 원소재용목재 Pallet Conveyor = 4 Line

- 자동창고의 주기능

- 가공대기소재, 가공완료소재, N.C Pallet, Jig & Fixture Pallet, Setting Pallet, 기타의 주품 및 일반소재의 중앙처리 계산기 (C.P.U) Control에 의한 자동 수납 처리

- 3) 무인반송장치 (Robo Trailer) 2대

- 적재하중 : 1.700Kg/max  
(Skid+ N.C Pallet+Jig+ Workpicce)
- 주행속도 : 40/25/10m/min
- 정지정도 : ± 1mm
- Lifting : 100mm
- 주 기능

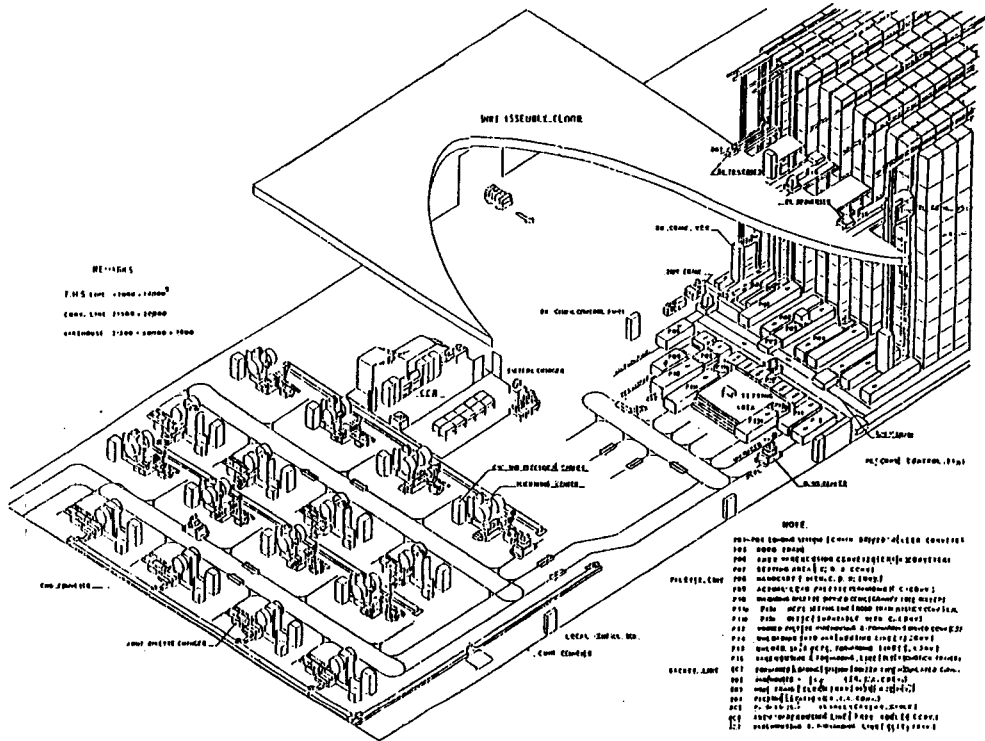


Fig.28 SAE-IL FMS 全體圖

- 지하에 매설된 전선의 자장유도호를 받아 운전이 되는 무인 반송차로써 Setting Station 에서 기계 Line 까지 가공품일체를 운송하고 기계 Line의 완료제품을 Picking, 다시 창고의 Setting Station 까지 자동송출 해서 전체흐름을 관리하는 작업자로 하여금 소재의 재 Loading, Chip의 청소, 제품의 검사기능을 연결

4) 조정실 (Computer control Room)

- MINC - 1000 (IBM S/I : 500KB)
- 주기능
- 위의 3년위 주, 기계는 자동창고, 반송장치등을 종합 관리하민시
  - a. FMS 공정별 Data 관리 및 생산 Schedule 관리
  - b. 자동반송설비의 Flexible Control
  - c. 창고의 입출고 관리 및 Booth의 재고관리
  - d. Machining Data 접수
  - e. Set, Rest, Preset 작업의 지시
  - f. Picking 작업의 지시
  - g. 입출고 실적 및 생산 권리실적의 수집

4-3 제품 주요 생산품목

- 주요생산 품목
  - 1.2X1.2X1.5m 이내의 주물 및 주강, 88품목
- 작업성 및 가공공정
  - 선삭을 제외한 일부 Turning, 원절삭, 평삭밀링, Endmilling, Drilling, Tapping, Boring 곡면 및 입체가공 전체를 담당하며, 중앙 집중식, 절삭유장치와 Conveyor Line설치로 공장의부까지 자동 Chip 반송을 실행.
- 한 가공품의 예가 Fig.29에서 보는 Transmission case 이다.

4-4 유통 System

Fig.30에서 보는바와 같이 IBM S/I을 사용 Part Search, Program Call 및 Warehouse Inventory Control 을 하게 하였으며 자체에서 개발한 Tong IL CPU Z80A로 각 Machining Center를 Control 하고 Tool Data, Part Program을 하게하였다.

4-5 효과

가. 유연성 생산의 확대

- 1) 가공대상의 다종 소량처리의 용이
- 2) ABC 가공법과 AA가공법의 재정립 정착
- 3) 가공대기 시간의 축소와 기계당 Flexibility 향상  
(평균 10품목 Loading)

나. 생산성의 향상

- 1) 고도의 자동화 처리로 기계의 무인연속 주야가동 가능

2) 고객요구의 다양화에 대응

3) 고용문제의 해결 (고속전공 배제)

다. 주변기술의 향상

- 1) Robot System의 활용과 적용
- 2) Computer 운용 Software의 설계능력 향상
- 3) 공구 System 및 표준화
- 4) 작업조건 표준화
- 5) 가공기술을 전개한 설계 체도로 유도

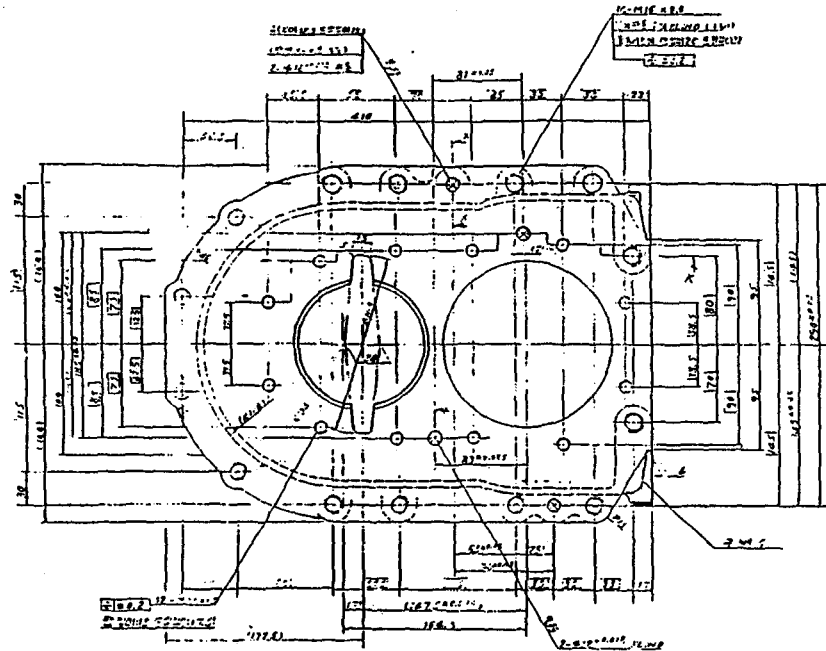
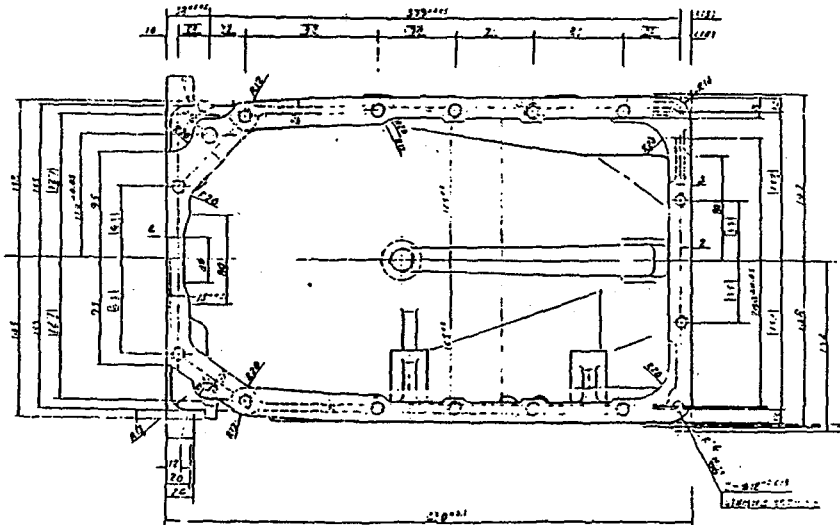


Fig.29 TRANSMISSION CASE



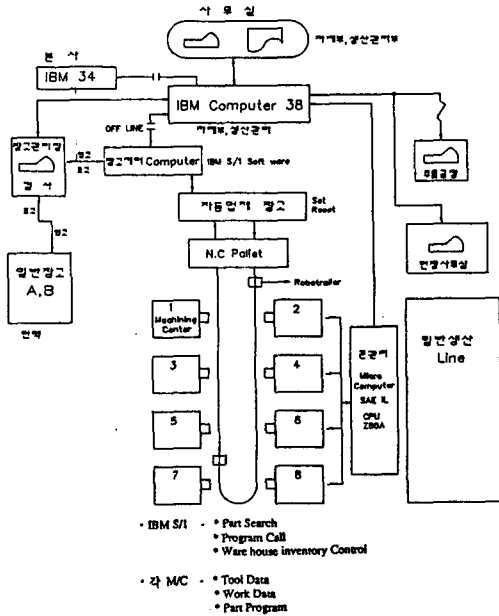


Fig.30 Information Flow chart of FMS

- 6) 자동 Loading, Unloading의 표준화
- 7) Chip 및 절삭유 처리의 자동화
- 8) 자체 NC Controller의 개발 기술 축적
- 9) 개발능력의 전반적 제고

라. 기타

- 1) 소재 반입시부터 완제품 출하시까지의 Cycle time을 20~30일로 단축
- 2) 공작기계 월 200대에서 350대로 생산량 증가가능
- 3) 주요 가공품목 작업인원 30명에서 6명으로 작업인원감소
- 4) 설비기계대수 범용기류 20대 에서 Machining Center 8대로 운영 할수 있어 설비대수 감소 및 설치장소 감소.

5. 결론

- 1) (주)세일중공업에서 Axle Shaft를 대량 FMS로 다종,다량 생산 할 수 있는 SYSTEM을 개발하였다.
- 2) 통합 13개의 장비를 한 Cell Controller로 Control하게 되었다.
- 3) Touch Sensor를 적극 사용하여 공구의 마모, Shaft 전원도의 오차, Shaft의 길이등을 Sensor로 관측하게 하였다.
- 4) Sensor는 0.0005mm의 동작 Repeat Ability를 가지고

있으며, 인간의 착오로 인한 기계파손의 원인을 미리 예방하게 하고 있다.

- 5) 1 Cycle Time을 4분으로 정했으며 Set Up Time을 10분으로 계산하였다.
- 6) 경제성이 매우 높다는 것을 증명하고 있다.
- 7) (주) 세일 중공업에서는 1985년도에 자동창고를 맞추고 무인 반송장치와 43×48(m)에 MC 8대를 이용하여 FMS를 개발한 바 있으며 현재도 잘 작동중에 있다.
- 8) 이 FMS는 한국에서 최초이고 또 유일한 이중류의 System이라 할 수 있으며, 여러 이점을 제공하는 동시에 여러 문제점, 개발해야할 기술적인 여러 항목을 제공하고 있어, 앞으로 우리나라 FA발전에 크게 참고가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] Factory Automation, 油井只朗著
- [2] ITO.Y et al "次世代 FMS" Taiger Publish Co.
- [3] M. WECK "Handbook of Machine Tools" Vol. 3, John Wiley & Sons 1987
- [4] G.SPUR et al "Entwicklungsstand integrierter Fertigungssysteme", ZWF 68. NO.3 1973