

# 유연생산시스템 모델플랜트 MASFLEX-NX의 개발

성창민, 박정호, 김두근/통일중공업 기술개발중앙연구소 시스템기술부

## Abstract

As the manufacturing system becomes more complicated and flexible, there is a strong trend of having effective flexible manufacturing system in modern manufacturing. Furthermore, it seems that competitiveness of an enterprise is dependent upon. to some extent, the effectiveness of flexible manufacturing system.

### 1. 서론

21세기를 눈앞에 두고 생산효율향상, 제조원가 및 Lead Time단축이 커다란 과제로 되었다. 정보화 사회가 진전되면서 시장욕구는 다양화가 자리잡아 변화의 속도는 더욱 가속되고 있다. 이런 다이내믹한 변화에 대응하는 새로운 생산시스템을 구축하는 것은 21세기를 맞이하는 당세기의 중요한 국가적인 과제일 것이다. 이러한 시대적인 배경과 시장요구에 따라서 개발된 것이 유연생산시스템 이다. 유연생산 시스템(FMS)은

가공대상부품의 형상에 따라 각형부품 가공용 FMS, 환형부품 가공용FMS, 복합형(각형·환형)부품 가공용FMS로 구분된다. 또한 기능별로는 첨단기능을 갖춘 고기능 FMS와 무인운전에 꼭 필요한 기능만 갖춘 저기능 FMS로 구분된다. 차세대 가공시스템은 각형부품 가공용 고기능 FMS로 개발했다. FMS의 기계적 구성은 그림1과 같이 5축머시닝센터, 고정밀고생산성 머시닝센터(3축), Stacker Crane, Pallet Stocker, Set-Up Station, 주변장치 등으로 구성되어있으며 공작물 Pallet의 반송 및 기계의 가동을 효율적으로 제어하여 장시간의 무인운전에 의한 공작물가공을 가능케 한다.

FMS의 제어시스템은 그림2와 같이 시스템의 Cell단위를 제어·관리하는 하위컴퓨터와 시스템 전체를 제어·관리·지원하는 상위컴퓨터로 구성되어있어 추후 라인증설시 Cell Controller의 증설만으로 시스템을 용이하게 확장할 수 있다.

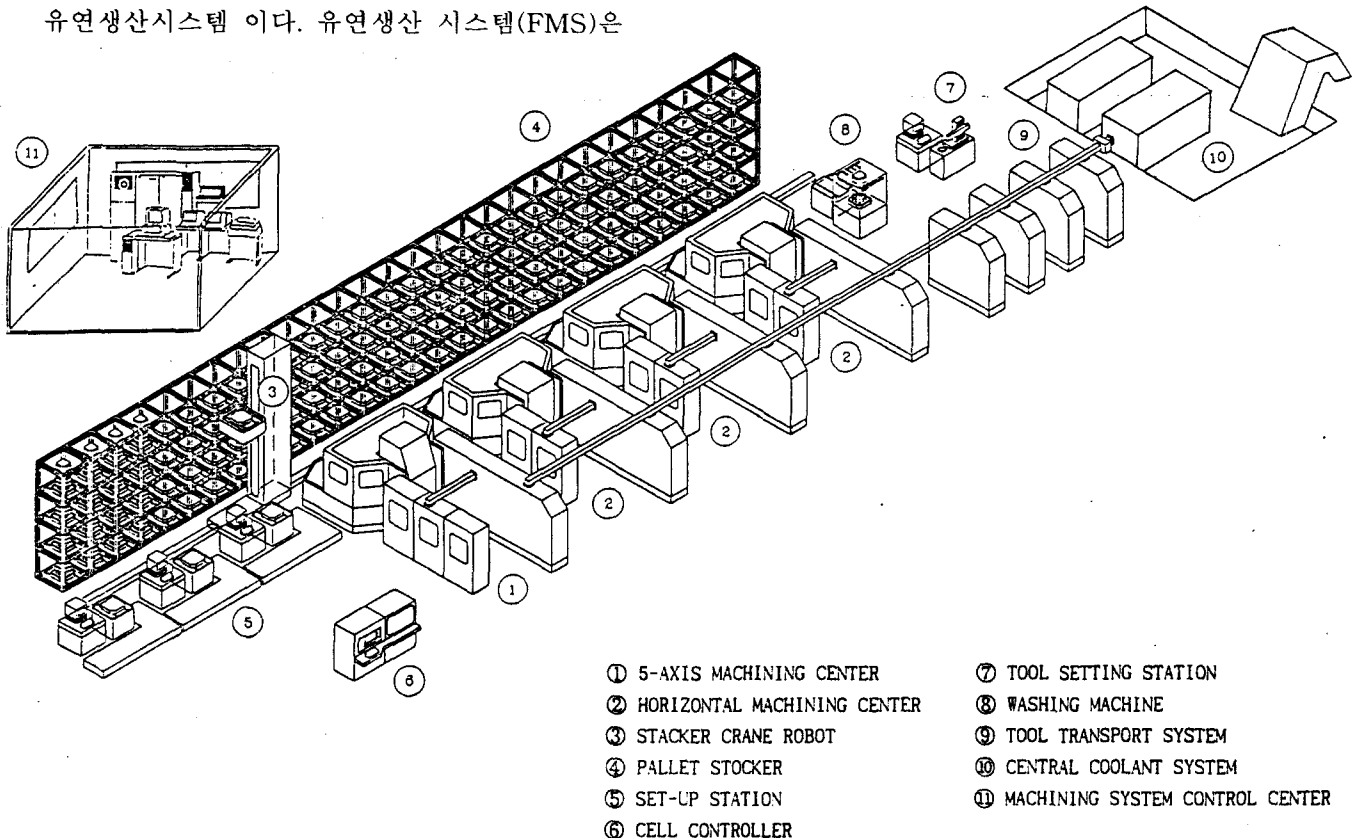


그림 1. FMS의 기계적 구성도

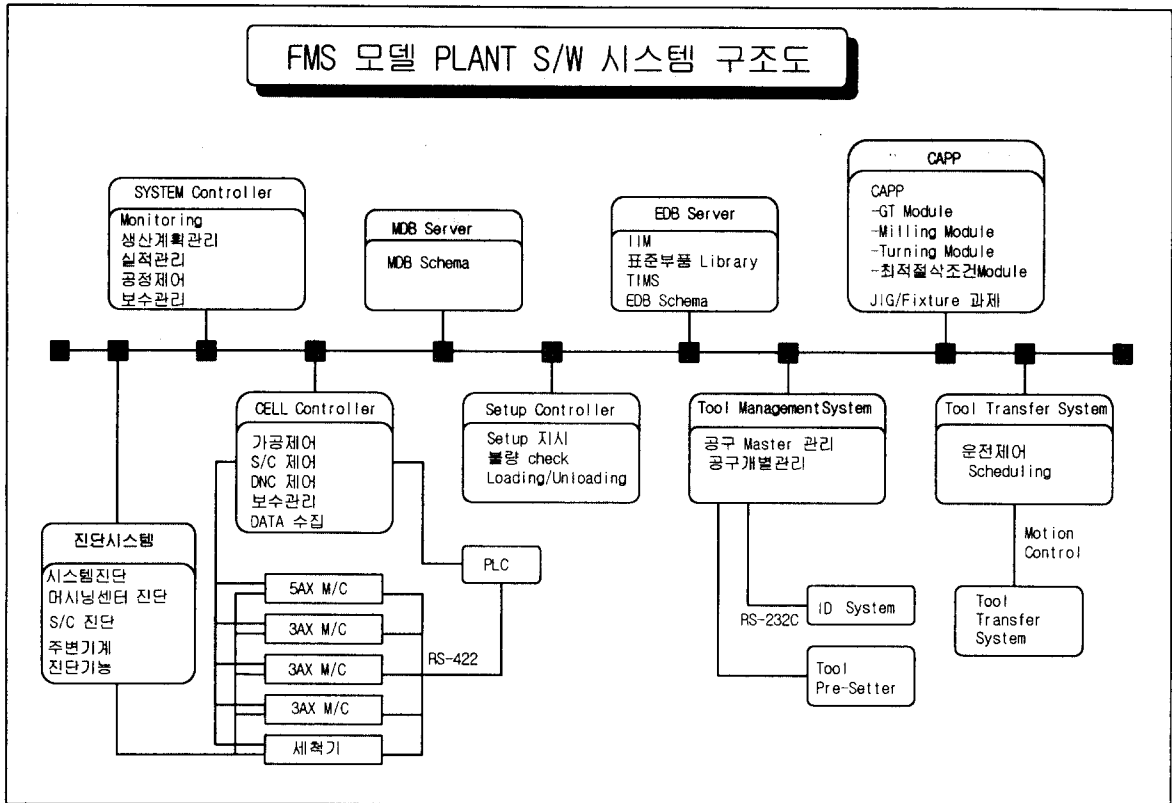


그림 2. FMS 시스템구성

시스템의 운용에서는 작성된 일정계획(가공계획)에 따라 가동하고, 생산계획에 따른 유연성 있는 운전을 할 수 있다. 공작물이 기계로 옮겨지면 Cell-Controller에서 NC공작기계로 가공하기 위한 NC Program을 자동적으로 Down-Load하여, Cycle-Start가 된다. Pallet및 공구는 각종 ID 시스템과 운반 로봇에 의해서 효율적으로 운용된다. 시스템의 조작화면은 생산계획관리화면, 물류관리화면, 마스터관리화면, NC PROGRAM관리화면, 실적관리화면, 진단관리화면, 보수관리화면, 운전관리화면, 시스템관리화면, 공구관리화면, 공구운송 관리화면 등으로 구성되어있어, 각 화면에서 여러 가지 지시를 용이하게 조작할 수 있다.

## 2. FMS 모델플랜트의 설계 및 개발

USER의 요구에 따른 공작기계의 적시공급, 자동차 OEM사의 새로운 차종에 따른 신규물량 및 기존물량의 증가로 월생산량이 약 3배정도 증

가함에 따라 1인당 생산성이 기존의 생산방식보다 300%향상됨과 더불어 리드타임을 1/3으로 단축시키는 가공시스템이 필요하게 되었다. 이러한 시스템을 실현하기 위하여 야간16시간 무인운전이 필요하게 되었다.

### 2.1 FMS 모델플랜트의 개발

FMS 모델플랜트에서 야간 16시간 무인운전을 하기 위해서는 FMS의 신뢰성과 가동률의 향상이 필요하게되었다. 다음은 FMS의 신뢰성과 가동률을 향상시키기 위해 FMS 모델플랜트의 개발에 적용한 내용들이다.

#### 1) 공작물 계측시스템

가공공작물을 장착한 복수개의 PALLET가 가공 공정 및 가공장비의 부하에 따라 가공장비 4대(5축M/C 1대, 고정밀·고생산성M/C 3대)중 어느 장비에 반입되어도 정밀가공이 가능하게 하기 위하

여 FMS에서 운용되는 복수개의 PALLET 및 기계4대의 TABLE BASE (PALLET와 가공장비가 끼워 맞추어지는 부위)를 위치 게이지 및 한계 게이지를 사용하여 호환성 있게 정밀제작 하였다. 또한, 고정밀도의 부품을 가공시, 게이지 공차 범위내의 오차로 인한 가공불량을 방지하기 위하여 가공장비에 공작물계측시스템을 적용하여 오차를 보정하였다. 가공을 하기 위해 공작물이 기계에 반입되면 가공장비의 스피들에 장착된 터치센서가 공작물의 가공기준면 ( 실제측정은 FIXTURE부위의 X, Y, Z.방향의 연삭된 장착기준면)을 측정하여 공작물 좌표계를 재 설정하여 가공하므로써 공작물 가공정밀도의 신뢰성을 향상시켰다.

#### 2) 절삭감시 시스템

가공중 이상 진단 신호가 검출될 경우 이를 즉각 운전 에 feedback하여 과부하, 무부하, 공구파손 등의 경우에 따라 이에 알맞은 운전 제어 기술을 제시하여 장비의 효율을 높이고 공구파손을 예방하며 공구파손시 alarm을 발생하여 다른 공작물의 가공불량을 예방할 수 있게 되었다.

#### 3) 선형 오차측정 및 보정시스템 적용

가공장비의 선형오차를 보정하여 고정밀가공을 실현하였다.

#### 4) PALLET ID · TOOL ID 시스템의 적용

PALLET가 기계에 장착되었을 때의 공작물 좌표계를 보정할 수 있게 하였으며, PALLET상에 공작물이 여러개 세팅되었을 때 공작물의 수가 FIXTURE에 세팅할 수보다 적을 경우, 공작물이 장착되지 않은 부위의 공회전 시간을 단축할 수 있는 기능을 부여하였다. 가공된 공작물의 계측 결과가 표시되며, 공구경· 공구길이· 공구수명시간· 공구 사용시간 등의 정보가 입력된 ID의 운용으로 무인운전중의 신뢰성을 향상시켰다.

#### 5) 설비진단시스템

FMS모델플랜트는 야간 무인운전시 고장·정지될 경우 생산에 손실이 커지므로 예방보전을 포함하는 종합적인 설비진단시스템을 적용하였다. 예방보전의 진단은 기계에서 취득할 수 있는 신호 및 지령값 등을 통한 성능진단방식과 유압시스템· 윤활유등과같이 시각 또는 간이 진단기기로 진단하는 방식을 취하고, 사후보전의 진단은 각 설비에서 직접 On-line 으로 값을 취득하는 방식과 시각으로(Off-Line) 진단하는 방식을 취했다. 장비고장시 설비진단 시스템의 진단기능을 활용하

여 고장원인진단을 실시후 이에대한 대책을 화면상에서 조사한다. 이대책에서는 FMS의 현장담당자도 조치를 취할수 있도록 수리방법이 표시되어 있기때문에 A/S요원에게 연락하여 수리를 대기하는 시간을 절감할수 있다.

#### 6) FMS 구성요소의 기계적인 통합

FMS의 무인운전이 가능하게 하기 위해서 Stacker Crane을 기준하여 각장비(M/C,세척기,셋업 스테이션)를 설치하였다. Stacker Crane Fork의 Stroke가 1400 mm로 일정하므로 각장비의 APC의 중심선과 Stacker Crane의 중심선과의 거리오차를  $\pm 1\text{mm}$  이내가 되도록 하고, Stacker Crane의 주행방향 위치결정 정밀도를  $\pm 1\text{mm}$  이내로 실현하였으므로 (Linear 위치 검출장치 적용) 각장비와 장비의 중심선과의 거리오차를  $\pm 1\text{mm}$  이내로 하여 장비를 설치하였다. 또한 Stacker Crane의 운전중 발생한오차를 기계적으로 (Taper Guide, Taper Pin등의활용)흡수하여 무인운전을 실현하게 하였다.

#### 7) 시스템제어 S/W

FMS를 생산매체로 하는 가공시스템 전체를 통합제어하는 지능형 S/W를 개발했다. 세부적인 개발 포인트는 다양한 부품을 최소공정으로 가공할 수 있고, 각 부품은 TRANSFER LINE에서 대체경로를 가져 야간무인운전시 가공기계1대가 고장나면 다른 기계에서 가공할 수 있도록 DYNAMIC SCHEDULING이 가능하다. 데이터는 중앙집중적으로 관리하고 시스템의 운영은 분산 처리함으로써 REAL-TIME CONTROL이 가능하다. 또한, 시스템의 확장 및 축소에 따라 융통성 있는 운용이 가능하다.

#### 8) Stacker Crane Robot의 안전장치

Stacker Crane Robot 에 2중수납방지센서, 과대공작물 적재방지센서, 화물붕괴 감지센서 등의 안전장치를 설치하였으며, Stacker Crane Robot 작동구간주위에 안전울타리를 설치하고 보수 등의 목적으로 울타리의 출입구로 보수담당자가 들어갈때에는 Robot의 작동이 정지되는등의 사고방지를 위한 안전장치를 설치하였다.

#### 9) 공구관리/운송 시스템

공구수명이 다되었거나 공구가 파손되었을때 가공기계의 Magazine에보관된 예비공구와 교환하도록지시하고 Magazine에 예비공구가 없을경우에는 공구 스토커로부터 Magazine까지 공구를 공급받아 교환하여 가동율을 향상시켰다.

10) 주변장치

Set Up Station의 설치로 기계가공의 Cycle Time 에 지장을 주지않고 공작물/Fixture를 착탈 한다. 세척기의 설치로 기계가공의 Cycle Time에 지장을 주지않고 절삭칩을 자동세척한다. 집중 Coolant장치의 설치로 가공장비에서 발생한 칩을 중앙Tank를 거쳐 칩통으로 회수하여 FMS의 가동을 향상및 무인운전을 가능하게 한다.

전술한바와같은 신뢰성및 가동율향상 요인과 더불어 FMS 모델플랜트에서는 가공준비 및 개발된 시스템의 품질안정화기간·시스템의 예방보전등을 고려하여 월25일 기준하여 85%의 가공장비가동율(일일 평균)을 목표로 하고있다.

3. 시스템 평가모델 및 시험가공

3.1 H/W의 평가

동일공작물을 FMS 모델플랜트와 단독기계에서 시험가공한 결과를 비교평가하여 FMS모델플랜트가 단독기계에 비해서 생산성 3배향상, 리드타임 1/3로단축을 확인하였으며 FMS모델플랜트에서의 가공물 정밀도 10μm/100mm의 실현을 확인하게 되었다.

- 시험가공공작물 : 스피들 박스
- 사용공구수 : 97개
- 가공내용 : 면가공, 보링, Endmill가공, 드릴가공, 탭가공
- 가공정도 : 동심도  $\phi$ 0.01mm, 직각도0.005mm, 보링경정도M5, 위치정도  $\pm$  0.013mm

-공작물 1개당 가공시간

- FMS : 152.5분
- 단독기계 : 219 분

-실가공시간

- FMS : 457.5 분
- 단독기계 : 657 분

-Dry Running 시간

- FMS : 72시간(FMS의 연속작동 신뢰성평가)

-LOT 수 량 : 50 개

-모 텔 : T-4호 선반

-FMS에서의 기계1대당의 1일 가공시간

$$= ( 8H+16H ) \times 0.85 = 20.4H$$

- \* 8H 유인운전, 16H 무인운전, 가공장비가동율85% 일 경우

Ⓐ FMS에서의 기계4대의 1일 가공 가능 수량  
 $= 20.4H \times 4개 / 2.54H = 32.1개$

Ⓒ FMS에서의 1LOT 의 Lead Time  
 $= 50개 \times 2.54H / 20.4H \times 4대 = 1.55일$

-단독기계 에서의 1일 가공시간

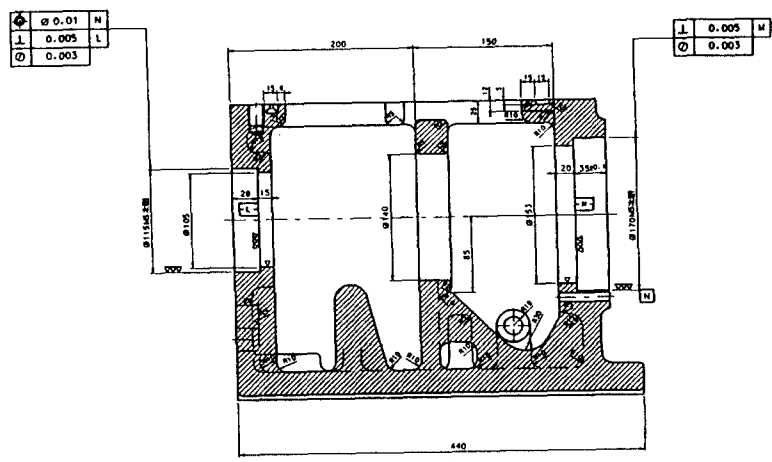
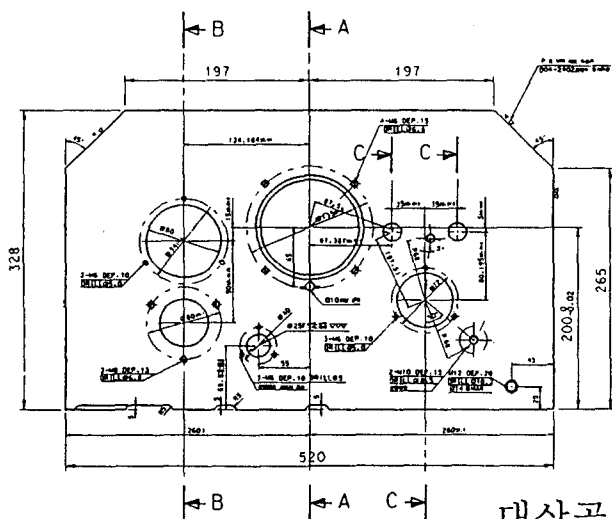
$$= ( 10H+2H ) \times 0.7 = 8.4H$$

- \*10H 유인운전, 2H 무인운전, 가공장비가동율70% 일 경우

Ⓑ 단독기계 4대에서의 1일 가공가능수량  
 $= 8.4H \times 4대 / 3.65H = 9.2개$

Ⓓ 단독기계에서의 1LOT의 Lead Time  
 $= ( 50개 \times 3.65H ) / ( 8.4H \times 4대 ) = 5.43일$

☆생산성 = Ⓐ / Ⓑ = 32.1 / 9.2  
 $= 3.48 ( 348\% \text{ 향상} )$



대상공작물 도면

☆ Lead Time = ㉔ / ㉕ = 1.55일/5.43일  
= 0.285 ( 1/3이하로 단축)

표.1 공작물 가공정밀도 결과 비교(스핀들박스)

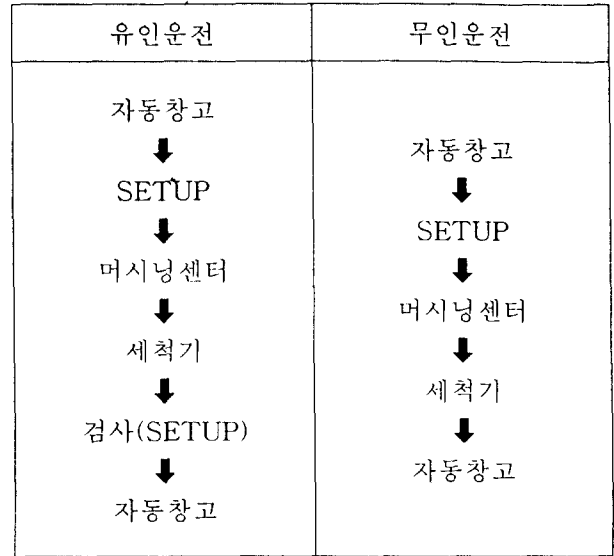
	도면치수	단독 장비	FMS 장비	비고
동심도	구멍간거리 :367에 대해 φ0.01	φ0.003 φ0.003 φ0.004	φ0.004 φ0.004 φ0.005	테이블 회전후 반대면 보링시의 오차는 NC 기계의 공작물 좌표계 기능으로 보정
보링경정도	-0.009 -0.027 φ170m 5	φ169.976 φ169.977 φ169.977	φ169.983 φ169.984 φ169.984	
직각도	φ115 가공면에 대해 0.005	0.003 0.004 0.004	0.002 0.003 0.003	
위치정도	+0.013 80.195 -0.013	79.993 79.994 79.996	80.004 80.006 80.007	

### 3.2 S/W의 평가

FMS의 전체운전(유인)과 무인운전은 제어시스템의 Reliability가 높은가에 따라 좌우된다고 할 수 있다. DB상의 생산정보를 바탕으로 약 1주일 정도의 가공물량을 가상적으로 가공한다고 가정하고 실내 TEST로 평가했다. 전체시스템의 Performance를 고려했을 때, 가공Item의 수량과 Pallet이 확보된다면 16시간 이상 무인운전이 가능하다.

- 가공 Item의 개수 : 20개
- 가공 Item의 수량 : 각 Item 당 20개
- 가공 Item의 공정수 : 각 Item 당 6 ~ 8개 (세척공정 포함)
- 가공 Item의 가공시간 : 평균 3 ~ 10 분
- 가공 시 필요 인원 :
  - 유인운전 : 5명 이하
  - 무인운전 : 1명(초기 SETUP 인원)
- 초기 평가방법 : 각 기계별로 단독으로 유인/무인운전 실시
- 전체 평가방법 : FMS의 모든 장비를 Full로 가동

### - 가공흐름 기본 전개



- 전체운전시 공구교환 및 장비고장 발생 시 등과 같은 다양하게 발생되어지는 현장의 상황을 고려하여 실험한 결과 16시간 이상의 무인운전이 가능하다.

- 유인운전에서 무인운전으로 전환시 인원의 교대시간을 고려해 SYSTEM 콘트롤러상에서 버튼을 한 번만 누르면 전환되도록 하였다. 이때, 초기 작업자는 SETUP을 위주로 작업을 하며 아침에 출근시 유인운전으로 전환하여 주면 검사공정을 우선적으로 행하면서 유인운전의 흐름을 계속적으로 수행한다.

### 4.결론

FMS장비는 단독장비에 비해 PALLET의수가 많고 복수개의 공작기계와 호환성이 있어야 하므로 단독기계에 비하여 가공정밀도가 낮아질 수 있지만, 본FMS에서 고정밀도 부품을 가공할경우 공작물계측시스템을 적용하여 가공물정밀도(10μm/100mm)를 향상시킬 수있게 되었다.

또한 전술한 바와같이 야간16시간 무인운전을 실현하여 기존의 생산방식보다 1인당 생산성이 300%향상됨과 더불어 리드타임 1/3로의 단축을 실현하게되었다.

향후 제조업의 추세가 다품종 소량생산 이라고 할때 기업이 살아남기 위해서는 무인화, 시스템화가 필수적이며, FMS 모델플랜트를 개발하면서 축적된기술을 활용하면 국내의 시스템 수요를 해결할뿐만 아니라, 수입대체및 해외로 수출하여 국가경쟁력 향상에 크게 기여할 것입니다.