

## 온더머신 지능형 측정 및 검사시스템

# An Intelligent Measuring and Inspection System On the Machine Tools

김경돈\*, 정성중

한양대학교 공과대학 기계설계학과, 생산시스템 및 제어 실험실

K.D.Kim, S.C.Chung

MANufacturing System & Control Laboratory

HANYANG UNIVERSITY

Abstract : Interactive Measuring Part Program Generating Tools (IMPPGT) realized on the FANUC 15MA using touch trigger probes and interactive macro functions of the CNC were developed for an intelligent measuring and inspection systems on the machine tools. Menu driven measuring and inspection functions of the IMPPGT were studied and implemented on the CNC through the macro executer and ROM writer. In order to automate measurement and inspection procedures in machine shops, measuring G Code system was also proposed. Using the developed measuring G Code system on the machine tool, untended measurement and inspection operation was able to be realized in FMS lines.

### 1. 서론

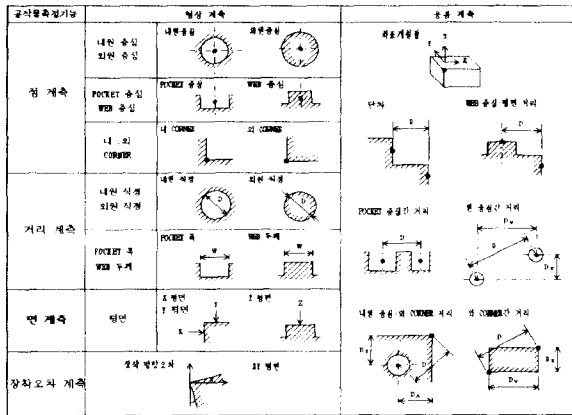
FMS의 도입과 CIM의 추진등 생산공정의 자동화, 통합화, 고효율화에 대한 필요성이 증가하면서 종래의 공작기계에 가공기능이외에 측정, 열처리, 연마, 조립등 복합적인 기능을 부여시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 특히 측정 및 검사공정의 자동화에 대한 필요성은 다품종 소량생산 체제가 정착되어

갈수록 증대되고 있다.<sup>[4]</sup> 가공이 끝난 부품의 정밀도를 검사하기 위하여 대부분의 제조공장에서 이용하는 3차원 좌표측정기는 고가이며 별도의 설치공간을 필요로 한다. 또한 빈번한 부품이동에 따른 시간적 손해와 측정 및 검사라인에서의 병목현상으로 생산라인이 정지하는 경우가 종종 발생한다. 이로인해 측정 및 검사공정을 공작기계상에서 구현함으로써 생산공정의 효율화 및 자동화를 시도하고자 하는 연구가 이루어져 왔다.<sup>[5~10]</sup>

본 연구에서는 FANUC 15MA가 장착된 수평형 머시닝센터상에서 PC의 도움없이 접촉식 측정프로브만을 이용하여 계측기능을 수행할수 있는 『온더머신 (On the Machine) 지능형 측정 및 검사시스템』을 개발하였다.

개발된 시스템의 대화형 측정프로그램 생성기(Interactive Measuring Part Program Generating Tools : IMPPGT)를 이용하면, 머시닝센터 작업자가 NC의 CRT를 보면서 쉽게 측정을 수행하고, 그 결과를 확인할 수 있다. 또한, 가공 G 코드와 유사한 형식으로 개발된 측정 G 코드를 이용하여, 무인운전을 요구하는 FMS Line에서도 온더머신 지능형 측정 및 검사 시스템을 적용할 수 있도록 하였다. 그리고 기본적인 계측형상에 대해서는 반자동 계측법을 통해 정확한 위치정보나 공작물좌표계의 설정없이도 측정을 수행할 수 있도록 하였다.

개발된 『온더머신 지능형 측정 및 검사시



<Fig 1> Measuring and Inspection Items for On the Machine System

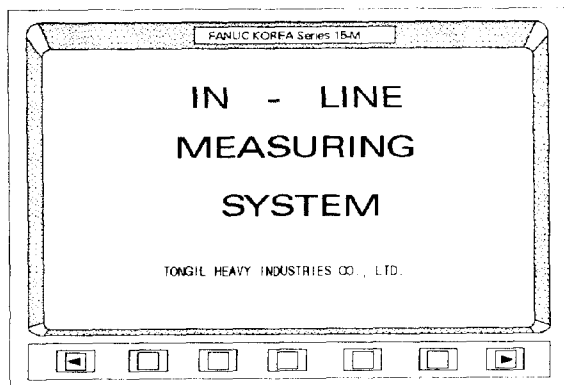
스텝」에서 계측가능한 기본 계측형상과 상관관계를 <Fig 1>에 나타내었다.

## 2. 온더머신 지능형 측정 및 검사시스템

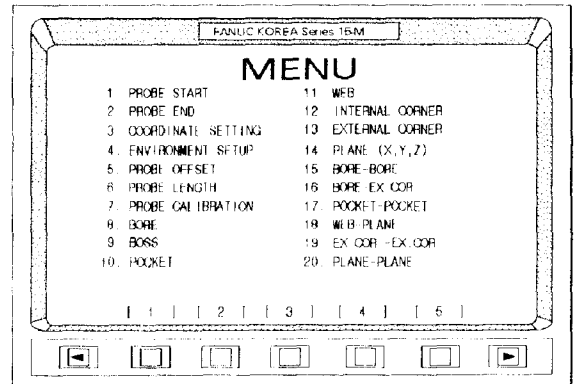
### 2.1 온더머신 지능형 측정 및 검사시스템의 구성

개발된 『온더머신 지능형 측정 및 검사시스템』(이하 계측시스템)을 실행시키면 NC의 CRT 상에 <Fig 2>와 같은 Title 화면이 나타난다. Title 화면은 5초간 깜박거린 후, <Fig 3>의 주 메뉴 화면(이하 MENU)으로 바뀐다.

계측시스템은 <Fig 3>에서 볼 수 있듯이 1.PROBE START부터 20.PLANE-PLANE까지 20개의 계측기능을 가지고 있다. 모든 계측작업은, 1.PROBE START에서 측정프로브를 기동함으로써 시작되며, 2.PROBE END에서 측정프로브의 기능을 정지시킴으로써 종료된다.



<Fig 2> Title Screen for On the Machine System



<Fig 3> Main Menu Screen for On the Machine System

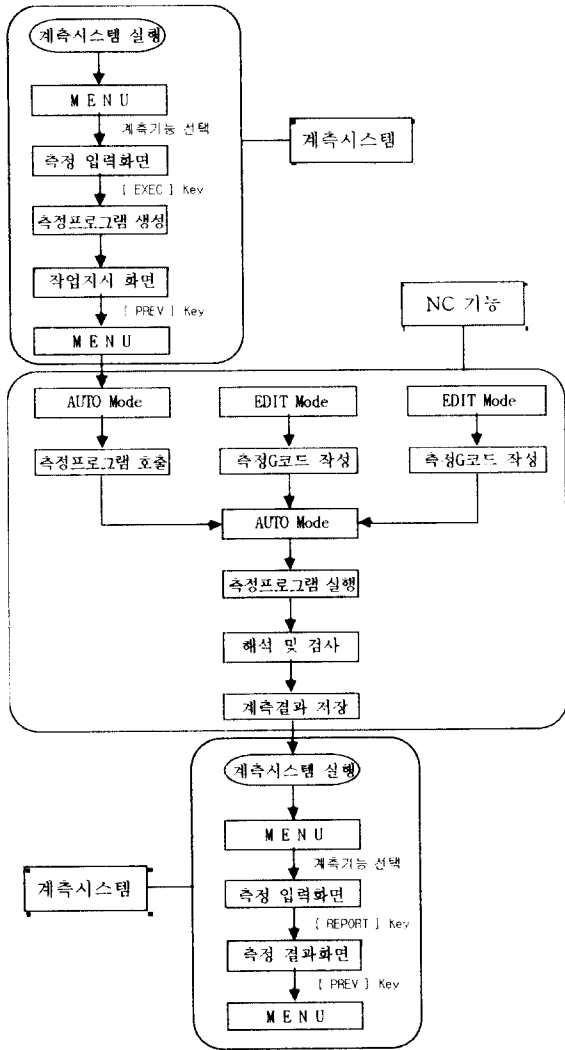
계측작업의 개시후에는, 측정프로브에 의한 측정결과와 측정정도를 확보하기 위해 반드시 4.ENVIRONMENT SETUP에서 계측환경을 설정해야 한다. 계측환경은 5.PROBE OFFSET, 6.PROBE LENGTH, 7.PROBE CALIBRATION에서 구한 각종 측정오차 보상데이터들로 구성되어 있다. 설정된 계측환경을 참조하여, 모든 측정데이터는 프로브와 기준공구와의 인터페이스를 통해 기준공구에 대하여 변환되며, 이 결과를 이용하여 각 측정항목의 해석 및 검사가 수행되므로, 계측환경은 계측이 수행되는 기계 및 프로브의 상태에 따라 알맞게 설정되어야 한다.

3.COORDINATE SETTING은 가공 및 측정 기준점인 공작물좌표계를 설정하는 기능으로서, 실제로 공작물을 측정하기 전에 이루어져야 한다. 8.BORE부터 14.PLANE (X, Y, Z)까지는 기본계측형상이며 15.BORE-BORE부터 20.PLANE-PLANE까지는 기본 계측형상의 계측결과를 이용한 기본 계측형상간의 상관관계 계측기능이다.

계측시스템의 20개의 계측기능은 1) 대화형 측정프로그램 생성방식 2) 측정 G 코드 방식 3) 만자동 계측방식의 3가지 방식으로 수행될 수 있다. 각각의 방식을 이용한 계측작업의 흐름도를 <Fig 4>에 나타내었다.

### 2.2 대화형 측정프로그램 생성기(IMPPGT)

대화형 측정프로그램 생성방식의 경우에는 사용자가 NC 화면을 보면서, 측정에 필요한 여러가지 데이터들을 대화형식으로 NC 자판을 통해 입력함으로써, 비전문가도 손쉽게 측정프로그램을 생성하여 각 계측기능을 수행할 수 있다.

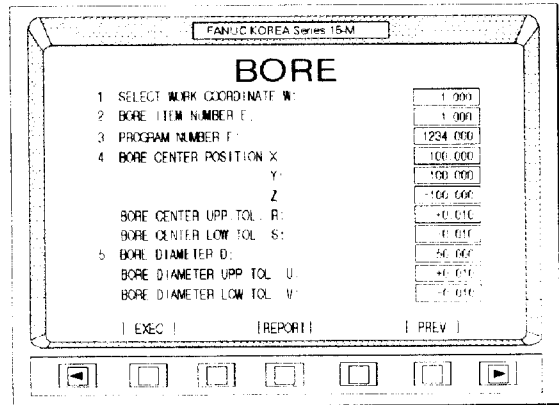


<Fig 4> Measuring Sequence

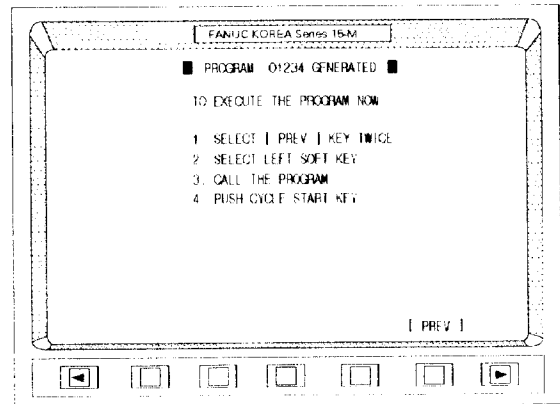
계측시스템을 실행한 후, MENU에서 각 계측기능을 선택하면 <Fig 5>와 같은 측정 입력화면이 나타난다. 측정 입력화면에서 항목번호(Item Number)를 비롯하여 필요한 데이터들을 입력한 후 [ EXEC ] Key를 누르면, <Fig 6>과 같은 작업지시 화면이 나타나면서 입력한 번호의 측정 프로그램이 생성된다.

측정 프로그램이 생성된 후 계측시스템을 빠져나가서 NC의 기능스위치를 AUTO Mode로 전환한후, 측정 프로그램을 호출 및 실행시키면, 측정이 수행된다. 측정된 결과는 매크로의 연산기능을 이용하여 해석 및 검사과정을 거친 후, 지정된 매크로 변수에 저장된다. 계측결과를 확인하기 위하여 측정이 완료된 후, 다시 계측시스템을 실행시켜, MENU에서 측정을 수행했던 계측

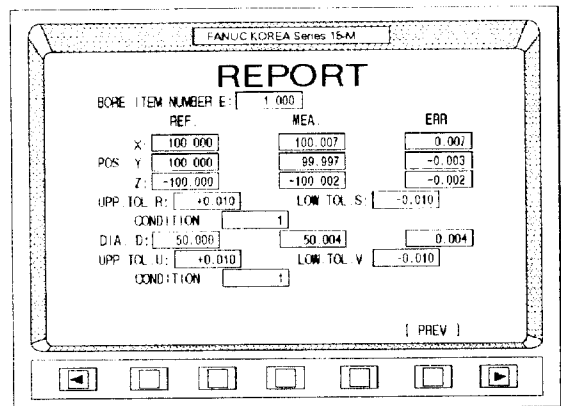
기능을 선택한다. 선택된 측정 입력화면에서 [ REPORT ] Key를 누르면, <Fig 7>과 같은 측정 결과화면이 나타난다.



<Fig 5> Input Screen for Bore Measurement



<Fig 6> Operator Message Screen for Bore Measurement



<Fig 7> Inspection Report Screen for Bore Measurement

### 2.3 측정 G 코드

계측공정의 자동화를 위해 가공 G 코드의 형식과 유사한 측정 G 코드를 개발하였다. 측정에 익숙하거나, 무인운전이 요구되는 경우에는 모든 계측기능마다 부여된 측정 G 코드를 이용하여 각 계측작업을 수행할 수 있다. 개발된 측정 G 코드를 <Table 1>에 나타내었으며, 측정 G 코드의 각 인자에 대한 설명을 Bore의 경우를 예로들어 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 1> Measuring G Codes

계측기능	측정 G 코드
1. Probe Start	G100 A1 D H T
2. Probe End	G100 A2
3. Coordinate Setting	G101 D W
4. Environment Setup	G102 E J K T
5. Probe Offset	G103 A1 E D E T
6. Probe Length	G103 A2 E H H T
7. Probe Calibration	G104 D E T W X Y Z
8. Bore	G105 A1 D E R S U V W X Y Z
9. Boss	G105 A2 D E R S U V W X Y Z
10. Pocket	G106 A1 E H Q R S W X Y Z
11. Web	G106 A2 E H Q R S W X Y Z
12. Internal Corner	G107 A1 E J Q R S W X Y Z
13. External Corner	G107 A2 E J Q R S W X Y Z
14. Plane (X, Y, Z)	G108 E Q R S W X Y Z
15. Bore-Bore	G109 A1 C D E K R S X Y
16. Bore-ExCor.	G109 A2 C D E K R S X Y
17. Pocket-Pocket	G109 A3 C D E K R S
18. Web-Plane	G109 A4 C D E K R S
19. ExCor.-ExCor.	G109 A5 C D E K R S X Y
20. Plane-Plane	G109 A6 C D E K R S

<Table 2> Argument Assignment for Bore Measurement

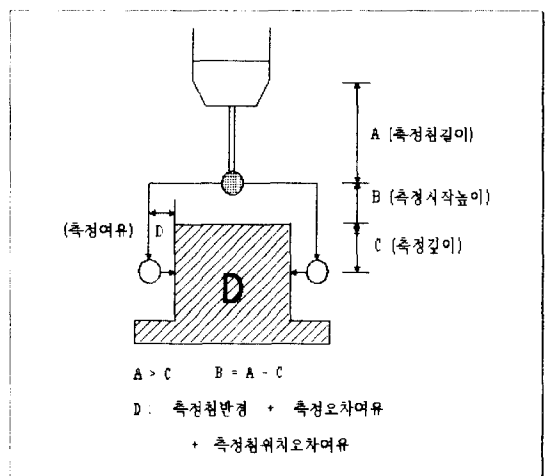
G105 A1. D E R S U V W X Y Z	
A	측정대상 구분 (Bore는 1.)
D	Bore 직경
E	Bore 항목번호
R	Bore 중심위치 상한 공차
S	Bore 중심위치 하한 공차
U	Bore 직경 상한 공차
V	Bore 직경 하한 공차
W	공작물좌표계
X	Bore 중심위치 (X)
Y	Bore 중심위치 (Y)
Z	Bore 중심위치 (Z)

<Table 1>의 측정 G 코드를 이용하여 계측작업을 수행하기 위해서는, 가공 G 코드의 경우와 같이 NC의 EDIT Mode 또는 MDI Mode에서 각 계측기능별 측정 G 코드를 정해진 양식대로 작성하여 실행시킨다. 측정된 결과의 처리 및 확인과정은 2.2 대화형 측정프로그램 생성기의 경우와 동일하다.

### 2.4 반자동 계측법

MENU의 20개의 계측기능중에서, 기본 계측형상들을 계측하는 경우에는 반자동 계측법을 사용할 수 있다. 반자동 계측법은 설계도면이 없어 기준위치를 알 수 없거나 공작물좌표계가 설정되어 있지 않는 공작물의 간편한 계측방법이다. 이 계측법은, JOG 또는 HANDLE 이송을 통하여, 측정하고자 하는 공작물 형상의 부근에 측정프로브를 위치시킨 후, 계측형상의 기준 위치, 상·하한 공차의 지정없이 계측작업을 수행할 수 있도록 개발되었다.

반자동 계측법을 이용한 계측작업의 경우에는, 각각의 기본 계측형상마다 측정프로브의 대강의 시작위치가 정해져 있으며, Boss의 경우를 <Fig 8>에 나타내었다. 반자동 계측법에 의한 계측작업 수행시 측정 G 코드의 인수는 <Table 3>에 나타낸 바와 같이, 공작물좌표계 W가 99로 지정되어 있으며, Bore, Boss의 경우 직경 D를 Pocket, Web의 경우 길이 H를 근사값으로 입력한다.



<Fig 8> Position of Touch Trigger Probe for Boss Measurement

<Table 3> Argument Assignment for Semi-automation Measuring Method

계측기능	측정 G 코드
8. Bore	G105 A1. D□ E□ W99.
9. Boss	G105 A2. D□ E□ W99.
10. Pocket	G106 A1. E□ H□ Q□ W99.
11. Web	G106 A2. E□ H□ Q□ W99.
12. Internal Corner	G107 A1. E□ I□ J□ Q□ W99.
13. External Corner	G107 A2. E□ I□ J□ Q□ W99.
14. Plane (X, Y, Z)	G108 E□ Q□ W99.

### 3. FMS Line에 계측시스템의 적용

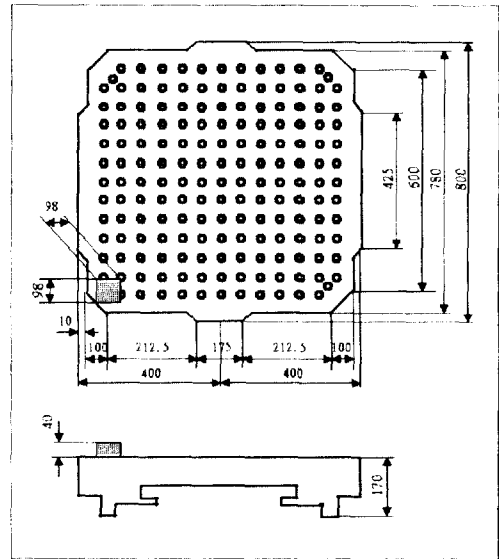
FMS Line에서는 공작물이 장착된 복수개의 팔레트(Pallet)가 가공공정 및 가공장비(예, 머시닝센터)의 부하에 따라 여러 대의 가공장비를 거쳐가며 가공이 이루어진다. 그러나 각각의 팔레트와 Table Base(팔레트가 가공장비에 고정되는 부위)들에는 제작공차 및 조립공차가 존재하므로, 팔레트들이 가공장비에 대하여 고정되는 위치정도는 이러한 공차들로 인해 제한된다. 따라서 FMS Line에서 고정도 부품을 가공하는 경우, 가공정도가 단독장비의 경우보다 낮아질 수 있다.<sup>[11]</sup>

모든 팔레트마다 3면이 연삭된 게이지블록을 설치하고 온 더 머신 지능형 측정 및 검사시스템을 FMS Line에 적용하여, 공작물이 장착된 팔레트가 가공장비에 반입되면, 접촉식 측정프로브를 이용하여 게이지 블록의 연삭면을 측정하여 기준공구에 대한 공작물좌표계를 재설정함으로써 팔레트의 장착위치오차를 제거시켜, 공작물의 가공정도를 향상시킬 수 있다.(<Fig 9> 참조)

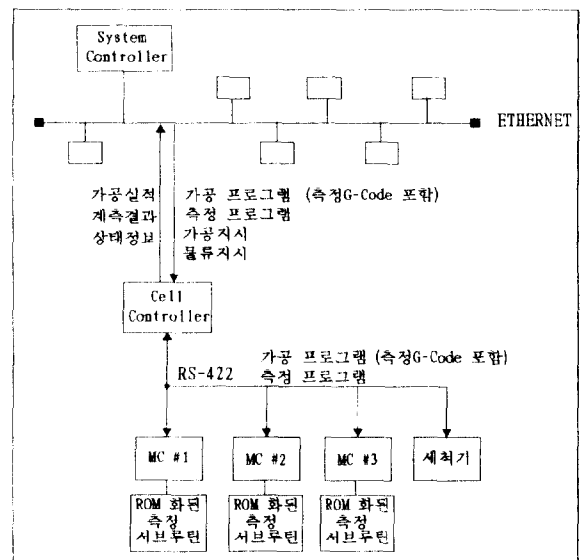
또한 온 더 머신 지능형 측정 및 검사시스템을 FMS Line에 적용하면, 각각의 가공단계를 시작하기전에 정도가 중요시되는 항목을 계측함으로써, 전 단계에서 이미 가공불량이 발생된 공작물을 다음 단계에서 계속 가공함으로써 발생하는 손실을 줄일 수 있다.

개발된 온 더 머신 지능형 측정 및 검사시스템은 측정 G 코드를 이용해 무인운전을 요구하는 FMS Line에 적용된다. 계측시스템을 FMS Line에서 운용하는 경우에 계측정보 흐름의 예를 <Fig 10>에 나타내었다. System Controller에서

가공공정계획에 따라 “측정 G 코드가 포함된 가공 프로그램” 또는 “측정 G 코드만으로 구성된 측정 프로그램”을 Cell Controller를 통해 머시닝센터(MC)에 Down-Load한다. 각각의 MC에서 계측작업이 수행된 후, 계측결과는 정해진 매크로변수에 저장된다. 저장된 계측결과는 Up-Load되어, Cell Controller 또는 System Controller에서 가공상태의 판별에 이용된다.



<Fig 9> Installation of Gauge Block



<Fig 10> Measuring Information Flow in FMS Line

#### 4. 결론

FANUC 15MA를 탑재한 머시닝센터상에서 접촉식 측정프로브와 NC의 대화형 매크로 기능을 이용하여, PC의 도움없이 NC의 화면과 자판만으로, 계측작업을 수행할 수 있는 『온더머신 지능형 측정 및 검사시스템』을 개발하였다. 개발된 시스템은 단위기계상에서의 계측은 물론이고, FMS Line에서의 계측에 효과적으로 쓰일 수 있다. 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- ① 기계사용자가 IMPPGT를 통해 NC 자판만을 이용하여 쉽게 측정프로그램을 생성하고, 측정을 수행한 후, 화면상에서 그 결과를 볼 수 있다.
- ② 계측시스템의 모든 계측기능마다 측정 G 코드를 부여함으로써, 부인운전을 요구하는 FMS Line에서도 『온더머신 지능형 측정 및 검사시스템』을 적용할 수 있도록 하였다.
- ③ 도면이 없는 공작물의 계측이나 공작물좌표계가 설정되어 있지 않은 경우에는 반자동 계측법을 이용하여, 측정하고자 하는 형상의 정확한 위치를 입력하지 않고서도, 단지 측정형상의 근처에 MPG 등을 이용하여 측정프로브를 위치시키기만 하면, 측정이 수행될 수 있도록 하였다.
- ④ 단위기계에 비해 팔레트의 수가 많고 복수개의 공작기계와의 호환성을 필요로 하는 FMS Line에 본 계측시스템을 적용하면, 가공전 기준공구에 대한 공작물좌표계의 원점 보정을 통해 가공정도를 향상시킬 수 있다.
- ⑤ FMS Line의 각각의 공작기계상에서 가공단계별로 정도가 중요시 되는 항목을 계측함으로써, 가공정도를 상태감시할 수 있으며, 전 단계에서 이미 가공불량이 발생된 공작물을 다음 단계들에서 계속 가공함으로써 인체 발생하는 손실을 줄일 수 있다.
- ⑥ 본 계측시스템을 FMS에 적용하면, 종래의 공작기계와 좌표측정기(CMM)사이를 오가면서 발생하는 측정, 검사, 재가공 및 그의 운영 시간, 그리고 CMM에서의 측정 및 검사시에 물류흐름의 정체때문에 발생하는 FMS Line의 병목현상을 제거할 수 있다.

#### 참고문헌

- 1) Yoshiaki Kakino, Yukitoshi Ihara, 1990, "Development of Machining and Measuring center, and Evaluation of its Performance", Japan - U.S.A. Symposium on Flexible Automation - A Pacific Rim Conference. pp189 ~195
- 2) J. Mou, C. Richard Liu, 1992, "A Method for Enhancing the Accuracy of CNC Machine Tools for On-Machine Inspection.", Journal of Manufacturing Systems Vol.11 No.4 pp229~237.
- 3) 박우열, 정성중, 1993, "온더머신 오차측정 및 검사 시스템의 개발", 대한 기계학회 '93년도 추계학술대회 논문집 (1), pp.749~752.
- 4) Joseph Talavage, Roger G. Hannam, 1988, Flexible Manufacturing Systems in Practice Applications, Design, and Simulation
- 5) 정성중외 7인, 1994, 고정밀·고생산성 머시닝센터, G7 프로젝트 1차년도 중간보고서, 한양대학교
- 6) 정성중외 6인, 1993, 시스템 상태감시 및 진단 기술, G7 프로젝트 1차년도 중간보고서, 한양대학교.
- 7) 정성중외 7인, 1994, 시스템 상태감시 및 진단 기술, G7 프로젝트 2차년도 중간보고서, 한양대학교.
- 8) 정성중, 1995, 자동측정 및 CAD/CAM/CAT 일괄처리시스템, 한양대학교 생산시스템 및 제어실험실.
- 9) 정성중, 김승철, 안중용, 김경돈, 이성일, 1996, "상관관계 해석을 고려한 온더머신 자동측정 시스템", 한국공작기계기술학회 '96년도 춘계학술대회 논문집, pp.183~187.
- 10) 생산시스템 및 제어실험실, 1996, MAS-1<sup>R</sup> 사용자설명서.
- 11) 정성중, 박영진, 김경돈, 안중용, 1996, 지능화된 공작물 계측모듈 개발, (주)한국와콤전자 최종보고서, 한양대학교.