

3차원 형상기반 기계상 측정 시스템 개발에 관한 연구

구본권* · 류제구* · 김세윤**

A Study on the Development of On Machine Measuring System using 3-Dimensional solid model

B. K. Koo*, J. K. Ryu* and S. Y. Kim**

Abstract

In this study on machine measuring system based on solid feature was developed. This system was applied with injection mold using 3 dimensional solid modeler for verification.

Developed program include pre-processor, main processor, and post processor. In pre-processor there are functions which check intersection, simulate motion of probe and calculate measuring time. Main processor generates measuring path and output NC code in Unigraphics. In post-processor functions that include evaluation of undercut or overcut and display of measuring procedure are offered.

In addition analysis module for quality control of measured data on manufactured product was developed with geometric and dimensional tolerance concept.

As the result developed program could get stability of system, precision of product, rapidity and cost down of manufacturing process compared with before measuring process.

Key Words : 3-Dimensional module, On Machine Measuring, Feature Based Measuring

1. 서 론

최근 제품의 생산주기가 빨라지면서 기계 부품이나 금형 등의 제작을 위한 컴퓨터 통합생산(CIM) 시스템의 도입이나 유연 생산 시스템(FMS)의 필요성이 점점 증가하고 있다.

특히 높은 정밀도를 요하는 금형 등의 제작에 있어서 설계, 가공, 조립 시운전의 제작공정 중 가공분야에서의 납

기 단축 및 고품질화가 생산성 향상에 큰 비중을 차지한다. 한편 가공공정에 사용되는 공작기계들은 종전과 비교하여 가공 성능 및 정밀도가 우수해지고 있으며, 가공 후 부품의 정밀도를 평가하기 위하여 3차원 측정기가 사용되고 있다. 그러나, 대형 부품의 기계가공 및 측정에서는 공작기계와 측정기간의 빈번한 이동과 재설치 등의 시간손실이 생산성을 크게 저하시키는 요인이 되고 있다.

CNC Milling Machine이나 Machining Center 또는 전용

* 서울산업대학교 금형설계학과

** 서울산업대학교 대학원 정밀기계공학과

가공기 등에 의한 부품 가공시 공작기계에 설치된 접촉식 센서에 의하여 공작물을 측정할 수 있고 또한 가공 부위의 형상을 파악하고 평가할 수 있다면 가공 및 검사의 일관된 자동화를 통하여 제품의 고품질화, 납기의 단축 및 저 코스트화를 추진하는데 유효한 수단이 될 수 있을 것이다.

이와 같이 가공된 부품을 공작기계 상에서 검사 또는 측정하고자 하는 연구가 최근 들어서 많이 시도되고 있다. 그러나 이러한 연구된 일부의 시스템도 Wire-frame 방식의 CAD 시스템 기반으로 개발되어 자유곡면으로 표현되는 금형의 Core 및 Cavity부에 적용이 어렵다고 할 수 있다.

본 연구에서는 솔리드 모델러를 이용한 특정 형상기반 자동측정용 소프트웨어를 개발하고, 이를 통하여 측정된 데이터의 신뢰도를 향상시키고, 측정 데이터의 분포 경향을 용이하게 분석할 수 있도록 측정데이터의 품질관리 기법을 적용하였다. 또한 응용 예로서 각종 금형의 핵심부품의 측정 등에 원활히 사용할 수 있도록 하기 위하여 gap측정 모듈, 분할면 측정 모듈 개발을 통하여, 이용 효율을 높일 수 있도록 알고리즘을 개발하고 프로그래밍하였다. 측정에 사용된 센서는 접촉식 probe인 영국 Renishaw사의 MP700을 이용하였다. 또한 pre-processor와 post-processor를 개발하여 측정 공정의 안정 및 신속화를 구현하였고, 사용자 중심의 GUI를 개발하여 사용의 용이성 및 측정공정의 단순화를 기하였다.

2. 시스템의 개요

2.1 자동 NC 데이터 생성

Uni Graphics(이하 UG)에서 생성된 Solid Model에 측정 부분을 정의하면 형상별 적용모듈이 생성되는데 측정 모듈에는 특정형상기반과 위치정보기반으로 분류된다. 특정형상기반 모듈은 측정대상의 형상에 기초하여 직경, 반경, 폭, 거리등 상관관계를 측정하고 위치정보기반 모듈은 정의하기 어려운 자유곡면의 측정시 사용되며 결합부의 gap distance를 측정하는데 주로 사용된다. 또한 사용자 인터페이스를 개발하여 사용의 편의를 기하였다. 측정 대상이 정의되면 측정 루틴에 의한 제어 포인트의 추출과 그에 대한 법선 벡터를 추출하여 측정 점들을 정의하여 NC 데이터를 생성한다. 또한 접촉식 프로브에 대한 설정을 자동화하여 변경 또는 교체시 필요한 시간을 단축시켰다.

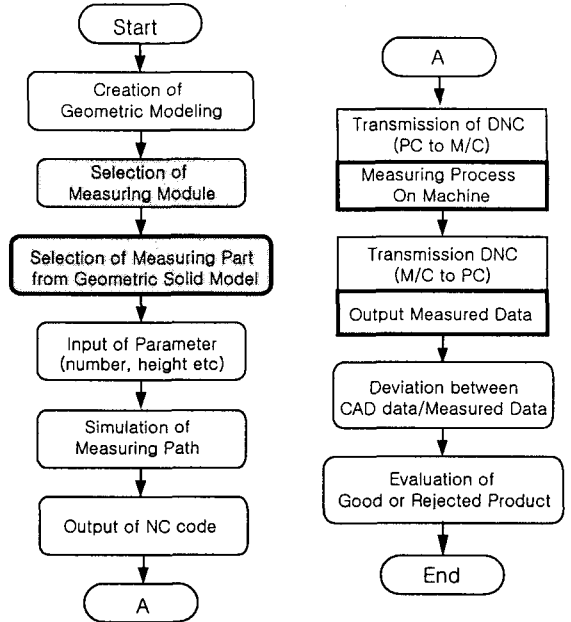


Fig. 1 Flow chart of on-Machine measuring system

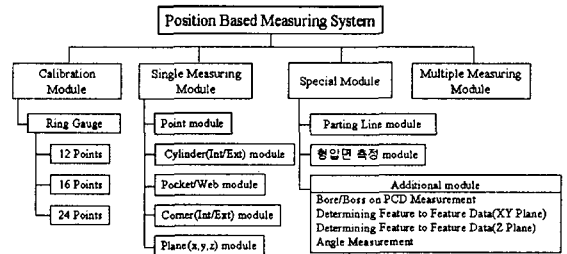


Fig. 2(a) Module of position based measuring software

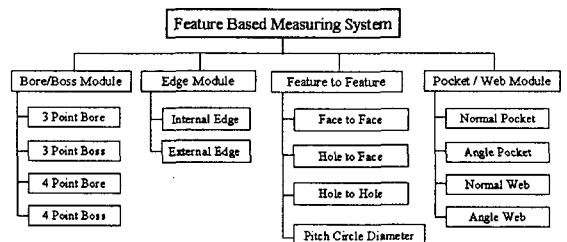


Fig. 2(b) Module of feature based measuring software

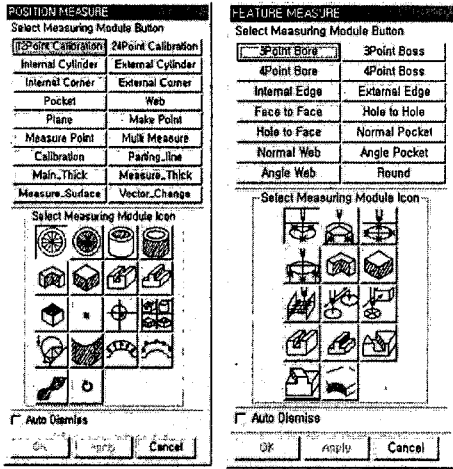


Fig. 3 GUI of position and feature based module

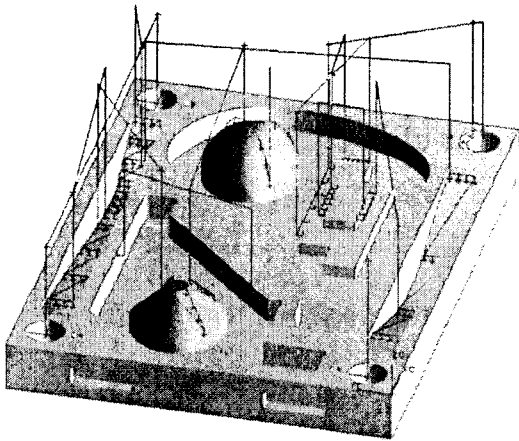


Fig. 4 (a) Example of position based measuring module

NC 데이터 생성 모듈의 구성과 데이터의 흐름 및 측정 과정에 대한 기능을 Fig.1에 도시하였고, 특징형상기반 측정 모듈 및 위치정보기반 측정 모듈의 하위 기능을 Fig.2에 도시하였다. 또한 UG내 사용자 인터페이스를 Fig. 3에 도시하였다. 각 모듈에 의해 측정 대상을 선택하고 측정경로가 생성된 상태의 과정을 Fig. 4(a), (b)에 도시하였다.

UG에서 측정 대상을 선택하면 측정 모듈에 의하여 생성된 측정경로와 NC 데이터는 DNC를 통하여 공작기계에 전달되며 측정후 공작기계는 측정 데이터를 PC에 전달한다. PC에 전달된 데이터는 ASCII방식이며 측정 데이터의 분석을 위하여 변환된다. 입력된 측정데이터를 분석하여 가공정밀도를 평가한다.

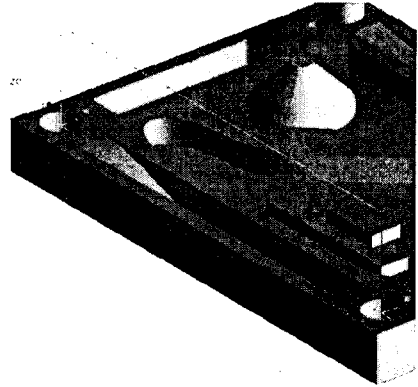


Fig. 4(b) Example of feature based measuring module

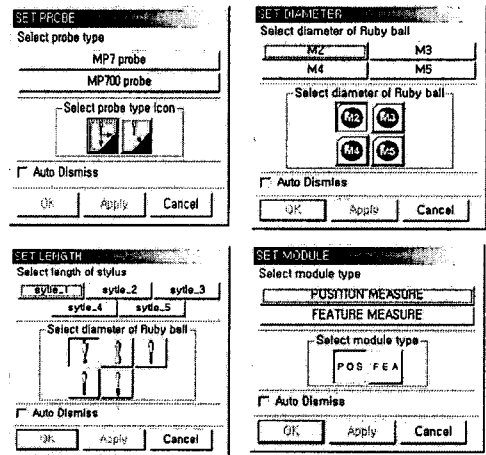


Fig. 5 GUI for probe and stylus setting

2.2 Pre-processor

기계상 측정 시스템의 측정 시뮬레이션을 위한 전 처리기를 개발하여 측정시 소요되는 시간 손실을 줄일 수 있었다. Fig. 5는 프로브 및 스타일러스의 종류와 setting menu를 도시한 것이다. 프로브의 이동에 따른 시뮬레이션과 간섭체크 기능을 구현하였으며 측정 포인트가 분석 프로그램과 대응할 수 있도록 측정영역을 디스플레이하는 기능을 개발하였다. 전처리기의 기능과 목적은 프로브의 설정의 자동화와 접촉식 프로브의 이동을 virtual reality 기법을 적용하여 이동 경로에 대한 시뮬레이션을 구현함과 동시에 프로브 이동시 몸체 보호 모드, 즉 간섭을 체크하는 것이다. 또한 실제 측정에 소요되는 시간을 산출하여 실제 측정 전에 필요한 정보들을 출력한다. 프로브의 종류에 따라 접근 방식이 다르고 프로브의 길이 또는 반경 보정도 반드시 필요하다.

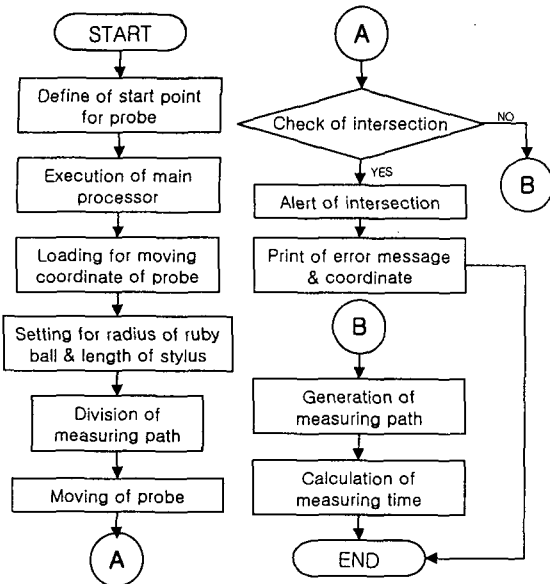


Fig. 6(a) Flow chart for pre-processor

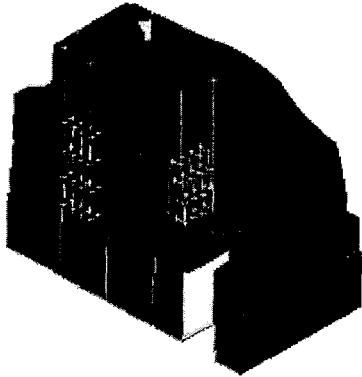


Fig. 6(b) Example of measuring path

프로브의 변경 사용 시 설정치를 프로그래밍하여 보정 알고리즘이 적용되도록 설계하였다.

시뮬레이션은 생성된 측정 경로와 NC 데이터를 기준으로 실행된다. NC데이터에 기록되는 동시에 제어 점을 기준으로 분할하여 간섭 체크의 정밀도를 조절한다.

프로브의 정보 설정이 완료되면 시뮬레이션 실행 여부를 결정하면 저장된 이동좌표로 이동하며 설정한 정밀도 (Division Rate : %)를 적용하여 실행된다.

Fig. 6(a)에 pre-processor의 flow chart를 도시하였다. 측정경로의 생성을 Fig. 6(b)에서 도시하였고, 생성된 측정경로를 기준으로 간섭체크 및 간섭 부분 발생 시 에러 메시지 발생 및 오류 정보 등을 Fig. 6(c)에 도시하였다.

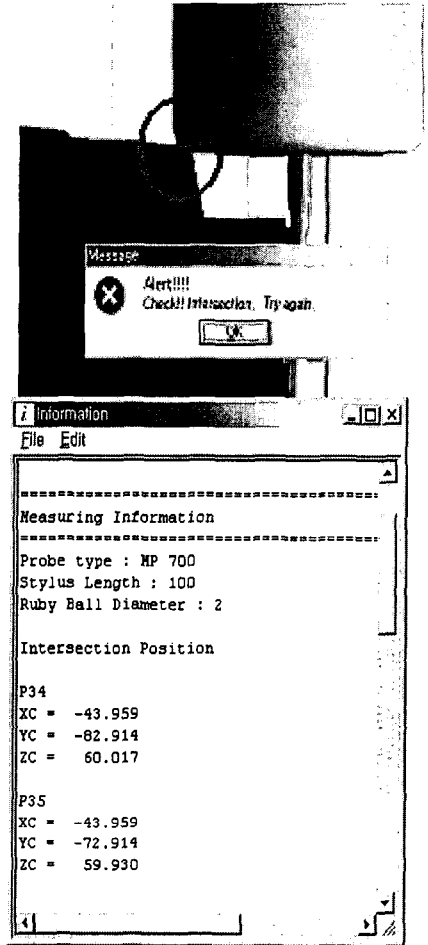


Fig.6(c) Example of intersection error

2.3 Post processor

후 처리기는 공작기계로부터 전송된 측정 데이터를 기준으로 설계 정보와 측정 정보를 비교함으로써 가공 정밀도를 파악하고 시각적으로 최대/최소 오차 지역을 감지하고 측정 번호와 실제 측정 번호를 대응시켜 정확한 오차를 파악할 수 있다. 또한 측정 데이터를 기준으로 과절삭 및 미절삭 정보를 사용자에게 제공한다. 설계정보 (황색)와 측정데이터를 기준으로하여 미절삭은 청색으로 표시하고 과절삭은 적색으로 표시한다.

Fig. 7(a)에 측정 순서의 표시, (b)에 미절삭/과절삭 정보를 도시하였다.

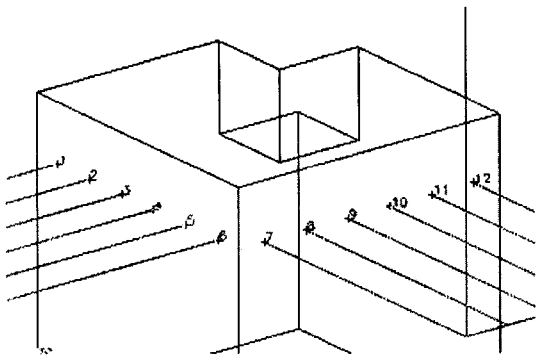


Fig. 7(a) Display of measuring process

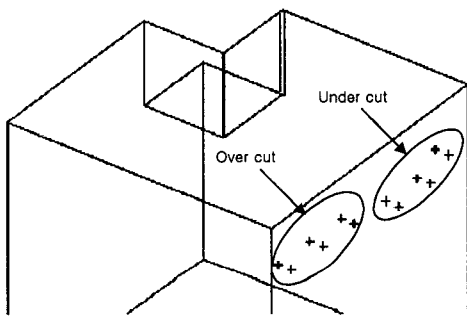


Fig. 7(b) Display of over cut / under cut

3. 측정 데이터 분석 시스템

측정데이터의 분석 및 신뢰도 확보를 위한 측정데이터 분석시스템(Measuring Data Analysis System : MDAS)을 개발하여 공작기계로부터 전송된 데이터를 필터링하고 분석시스템에 적합하도록 변환 및 전송한다. 또한 효율적인 측정 데이터의 관리를 위하여 측정데이터의 품질관리(Measured Data Quality Control : MDQC) 프로그램을 개발하여 측정데이터를 기준으로 가공의 양/부 판정을 할 수 있게 하였다. 그리고 측정 부위별 입력인자를 사용자가 입력하도록 프로그래밍하여 분석의 유연성을 기하였다. 측정 프로그램에 의한 결과는 가공에 대한 평가서 역할을 하여 금형 가공의 신뢰도를 높일 수 있었다. 또한 자동 NC 데이터 생성 프로그램과 함께 인터페이스를 구축하여 신속한 데이터 통신 및 신뢰도 향상을 위한 분석 모듈을 개발하여 특정 형상 모듈과 기하공차 모듈을 통합한 프로세스를 진행할 수 있었다.

MDAS는 기본적으로 ASCII 방식의 데이터와 엑셀 타입의 데이터입력이 가능하고 편집모드 실행이 가능하다. Fig. 8에서 MDAS의 메인 화면과 기본 인터페이스를 도시하였다.

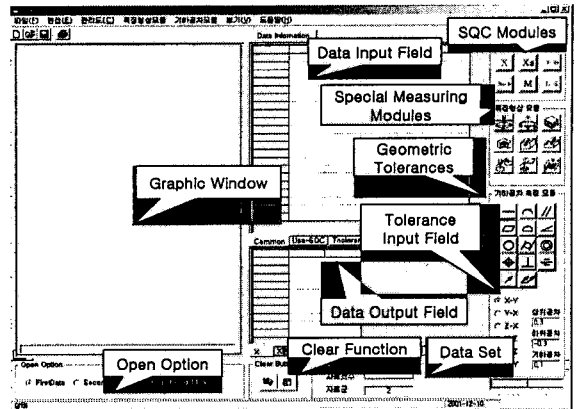


Fig. 8 GUI of MDAS

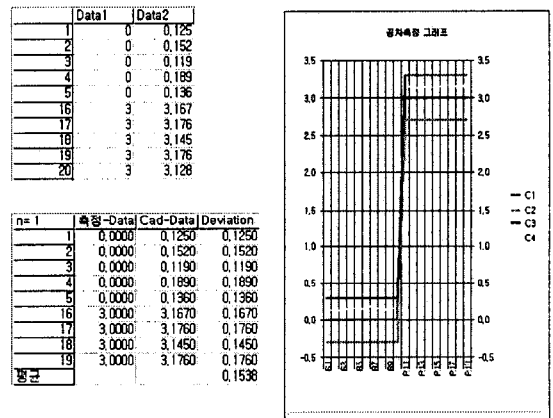


Fig. 9 I/O data of dimensional tolerance module

3.1 치수 공차 모듈

기본적으로 측정데이터 분석 프로그램에서 입력된 데이터를 기준으로 UCL(Upper Critical Line) 및 LCL(Lower Critical Line)을 생성하지만 특정 부위별 허용공차가 다르기 때문에 사용자가 직접 ±공차를 입력하여 측정 데이터에 대한 평가를 할 수 있도록 하였다. 그래프는 CAD 데이터와 측정 데이터를 비교한 것으로 사용자가 정의한 공차를 기준으로 측정데이터가 한계 공차 범위 내에 존재하는지 판단하여 가공의 양부를 판정하게 된다. 주로 고 정밀도를 요하는 특수한 부위에 국한되지만 반드시 필요한 분석모듈이다. Fig. 9에 치수 공차 모듈에 대한 적용예로 데이터의 입력 형태와 모듈에 의한 계산, 그리고 결과 데이터의 도출과 그래프의 생성을 도시하였다. 여기서 C1은 상한 공차, C2는 하한 공차, C3는 설계 데이터, C4는 측정데이터이다.

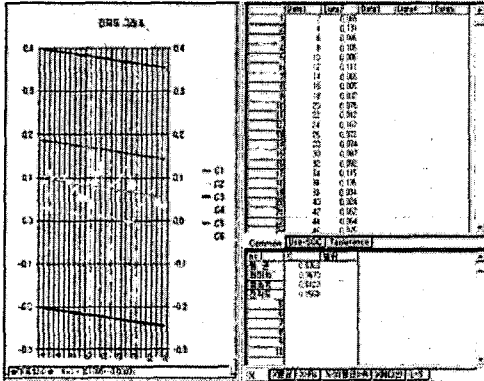


Fig. 10(a) Example of I/O data of straightness module

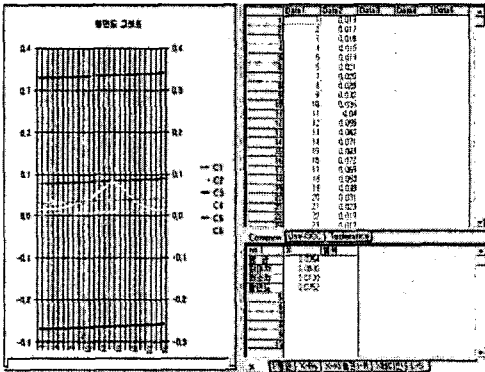


Fig. 10(b) Example of I/O data of flatness module

3.2 기하 공차 모듈

설계도면에 기입된 기하공차에 대한 측정데이터의 분석을 위한 모듈로서 NC 데이터 생성 시스템에서 형상기반 측정(feature) 모듈로 측정된 데이터를 설계정보과 대응시켜서 가공 정밀도의 양부를 판정할 수 있도록 한다. 금형의 특정 부위별 형상 정밀도를 요하는 경우, 그에 따른 기하공차를 분석 및 평가한다. 독립형/조합형 기하공차로 분류하여 독립형 기하공차의 경우, 단순히 측정 데이터만으로 가공 상태를 분석 및 판단하고, 조합형 기하공차의 경우, 금형의 기준이 되는 부분을 측정하고 데이터에 의한 LSM(Least Square Method)함수를 구하여 그에 따른 분석 및 판단을 한다.

3.2.1 진직도 및 평면도 측정 모듈의 예

Fig. 10(a),(b)에 도시한 바와 같이 진직도 측정시 기하공차 모듈을 이용하여 측정 데이터들의 LSM 함수를 구하고, 데이터들을 대표하는 line을 reference curve로 하여 각각의 데이터들의 오차범위를 표시하면서 진직도, 평면도를 평가할 수 있도록 하였다.

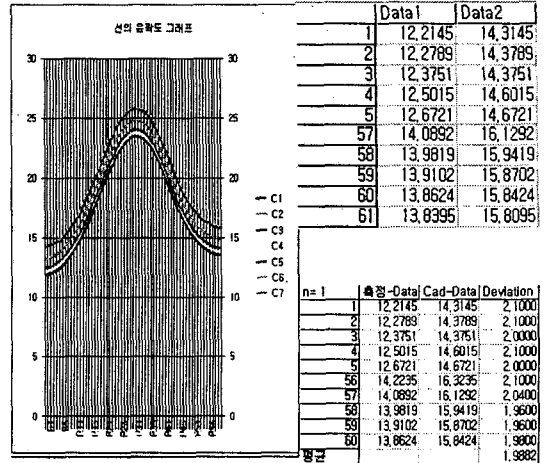


Fig. 11(a) Example of I/O data of straightness module

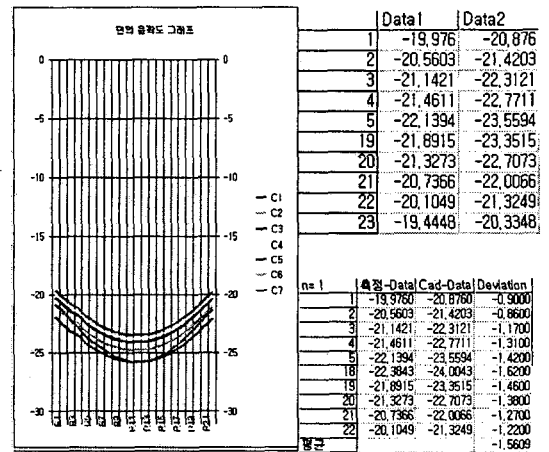


Fig. 11(b) Example of I/O data of straightness module

3.2.2. Profile of Line and Surface 분석 모듈의 예
CAD Data 와 Measured Data간에 발생하는 오차의 최대 및 최소량을 이용하여, Line / Surface의 윤곽도를 계산한다. Fig. 11(a),(b)는 선, 면의 윤곽도에 대한 입력과 결과를 나타내는 그래프이다.

- C1 : plus(+) tolerance
- C2 : average of Measured Data
- C3 : minus(-) tolerance
- C4 : CAD Data
- C5 : measured Data
- C6 : maximum of Measured Data
- C7 : minimum of Measured Data 이다.

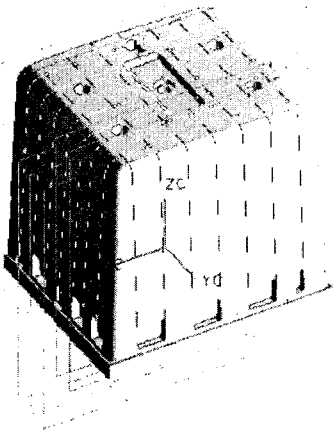


Fig. 11(a) Example of division of measuring model

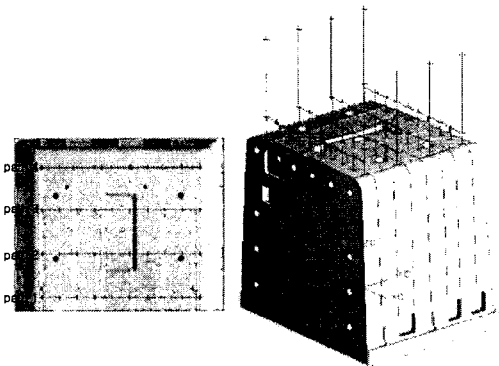
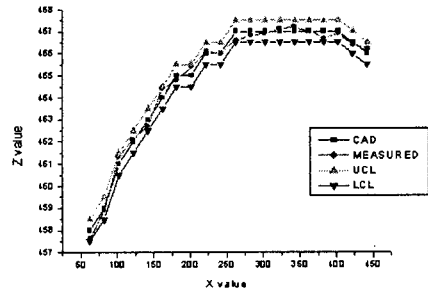


Fig. 11(b) Example of profile of line

4. 윤곽도 측정 및 분석 예

통합측정 시스템을 이용하여 금형 부품의 선의 윤곽도와 면의 윤곽도를 측정한다. 시스템의 효율적인 운영을 위하여 측정 모듈과 분석 모듈을 상호 연동하여 작동할 수 있도록 개발하였다. 선과 면의 윤곽도를 측정하기 위하여 Fig. 11(a)와 같이 일정한 간격으로 측정대상을 분할하고, 11(b)와 같이 측정 경로를 생성하였다.

측정 경로의 생성과 측정 데이터의 분석 모듈은 서로 연동되므로 분석 시스템에서도 윤곽도 모듈을 선택하여 데이터를 분류 및 변환하여 모듈에 맞는 형식의 데이터로 변환한다. Fig. 12(a),(b),(c),(d)에 4개의 분할된 측정대상에 대한 윤곽도 측정 데이터를 그래프로 도시하였다.



Profile of path 1

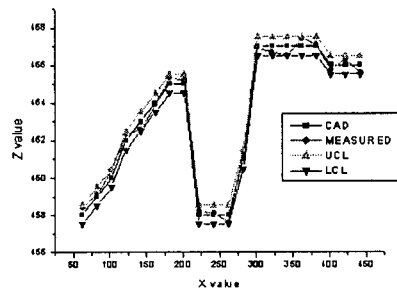


Fig. 12(b) Profile of path 2

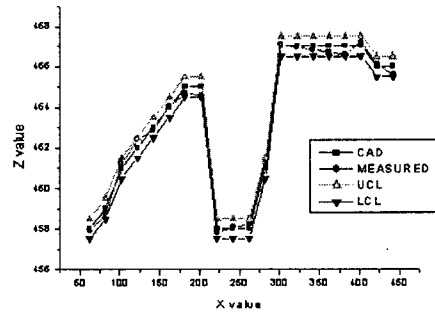


Fig. 12(c) Profile of path 3

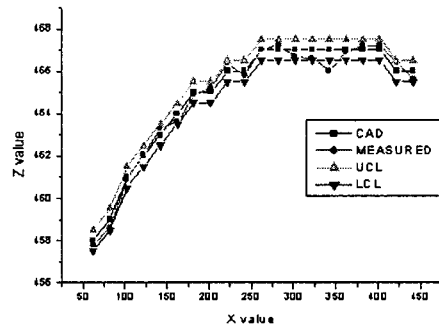


Fig. 12(d) Profile of path 4

Fig. 12(a)

4. 결론

본 연구에서는 특징형상기반 기계상 자동측정 시스템의 개발과 측정된 데이터의 품질관리 기법을 개발함으로써 기계상 측정 시스템에 대한 신뢰도를 향상시키기 위한 것이며, 3차원 솔리드 모델러인 UniGraphics를 기반으로 접촉식 probe를 사용한 측정 알고리즘 및 프로그램을 개발하였다. 위치 정보 추출 모듈과 형상 정보 추출 모듈을 개발하여 접촉식 측정이 가능한 형상에 적용이 가능하도록 하고, 종전 방식과 달리 사용자 중심의 Interface를 개발, 측정 경로 생성의 신속화, 측정의 시뮬레이션 및 측정 데이터의 정량적 품질관리, 치수공차 및 기하공차 모듈의 개발로 설계정보와 대응되도록 하여 측정데이터의 분석 및 판정이 용이하도록 하였다. 개발된 알고리즘 및 프로그램의 구현과 검증을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 위치 정보 및 형상 정보 측정 모듈의 개발로 접촉식 probe의 이송 경로를 추출하는 시간을 최소화할 수 있었다.
- (2) 공작기계에 3차원 측정기(Coordinate Measuring Machine)가 갖는 측정 기능을 추가하여 기상측정의 범위를 확대시켰다.
- (3) 측정 및 검사를 위한 시뮬레이션 기능을 제공하였다.
- (4) CAD 데이터와 측정 데이터간의 비교 분석으로 가공정밀도를 용이하게 분석할 수 있도록 하였다.
- (5) 측정의 안정성 및 정확성을 극대화하였다.
- (6) 측정 데이터의 display/feedback 기능을 제공하였다.
- (7) 데이터 분석 프로그램의 치수/기하공차의 분석으로 설계-가공-측정 공정을 통합화하였다.

본 연구를 통하여 개발된 시스템은 현재 금형업체의 현업에 적용되고 있으며, 앞으로 CMM 환경이나 무인 생산시스템에서 강력한 기능을 발휘할 수 있고, CNC 공작기계를 사용하여 금형을 제작하는 업체의 신속화, 생산공정의 단축 및 저 코스트화를 구현하는데 검사 및 측정 시스템으로써 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 시스템간의 통합 및 보다 다양한 제품의 금형에 대

한 현장검증이 이루어짐으로써 보다 사용이 쉽고, 신뢰도 높은 측정시스템으로서 발전할 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 생산기술연구원이 총괄하고 재영솔루텍(주)이 주관하는 선도기술개발 사업의 일환으로 연구비가 지원되었음.

참 고 문 헌

- (1) 구본권, "CNC 공작기계를 이용한 금형 계측시스템", G7 2단계 최종보고서, 1998
- (2) 구본권, "특징형상기반 기계상 측정 시스템 개발", G7 3단계 1차년도 최종보고서, 2000
- (3) 구본권, "기상특정 데이터의 품질관리 기술개발", G7 3단계 2차년도 최종보고서, 2001
- (4) 문희남, "온머신 자동측정 알고리즘 개발에 관한 연구", 석사학위 논문, 1998 서울산업대학교
- (5) 김경돈, 정성중, "NC 공작기계용 지능형 측정 및 검사시스템", 한국공작기계기술 학회지 제 6권 제 2호, pp 83~91, 1997. 6
- (6) Yoshiaki Kakino, Yukitoshi Ihara, "Development of Machining and Measuring center, and Evaluation of its Performance", Japan-U.S.A Symposium on Flexible Automation-A Pacific Conference, pp189~195, 1990
- (7) 정성중, 김승철, 안중용, 김경돈, 이성일, "상관관계 해석을 고려한 온 더 머신 자동 측정시스템", 한국공작기계기술학회 96년도춘계학술대회 논문집, pp183~187, 1996
- (8) 김경돈, "지능화된 In-Line Measuring 시스템의 개발에 관한 연구", 석사학위논문, 1996, 한양 대학교
- (9) EDS, UG/Open GRIP Reference, UG/Open API 1996, U.S.A
- (10) Renishaw, System Installation Manual-Machine Tool, 1991, United Kingdom
- (11) Renishaw, Inspection Plus Software Programming Manual, 1995, United Kingdom
- (12) FANUC, FANUC 기술연구소자료 (Custom Macro 코스), 1992, Korea
- (13) FANUC, FANUC Series 0-MC, 00-MC, 0-Mate MC 취급설명서, 1990, Korea
- (14) 배도선, "최신 통계적 품질관리", 영지문화사, 1997
- (15) 안상형, 이명호, "현대통계학", 학현사, 1993