

# 정밀가공을 위한 CAD/CAM/CAT 일괄처리시스템 (CAD/CAM/CAT Turnaround System for Precision Machining)

안 중 용\* (한양대 대학원), 김 승 철 (한양대 대학원), 정 성 종 (한양대 공대)

J.Y. An (Graduate School of Hanyang Univ.), S.C. Kim (Graduate School of Hanyang Univ.), S.C.Chung (Hanyang Univ.)

Keywords : CAD/CAM/CAT, MascMC, Z-map, QPFGT (자동측정프로그램생성기), Digitizing (디지털타이핑), Cam profiles (캠형상), Free-Formed Surface (자유곡면), 3D-offset, MascCAM

ABSTRACT : In order to minimize turnaround of machining in FMS lines, CAD/CAM/CAT integrated system called MascCAM was developed. Developing enhanced CAM and inspection modules in the MascCAM environment, 2D cams, 2½D prismatic parts and 3D free-formed surfaces were able to be automatically designed, manufactured and inspected on the machine tools by using AutoCAD and Z-map. Introducing Z-map technique, the MascCAM was able to be interfaced with any CAD system. Developed QPFGT module generates a quick and fool-proof inspection work to users. A vertical and a horizontal machining center equipped with FANUC OMC were used for experiments. Performance of the system was confirmed by a large amount of experiments.

## 1. 서론

FMS 및 CIM 체계구축에 있어서 설계, 제조 및 검사단계 등을 일괄처리로 자동화함으로써 처리속도 내지는 정밀가공을 실현하는데 핵심적으로 필요한 기술은 CAD/CAM/CAT (설계/제조/검사) 통합 시스템이다.<sup>[1][2]</sup> 본 연구에서는 가공공정 자동화를 위한 FMS 라인 구축 및 운용에 필수적인 주요 기술들을 포괄하는 MascCAM 시스템을 개발하였다. MascCAM 시스템<sup>[3]</sup>은 2½ 차원 기구형 형상 뿐만 아니라 2 차원 유곽형상과 3 차원 자유곡면에 대한 설계에서부터 제조, 검사의 일련의 공정을 통합한 일괄처리 시스템이다.<sup>[4][5][6]</sup>

설계 단계에서는 상용의 AutoCAD 시스템을 이용하여 유곽형상, 기구형 형상, 자유곡면을 메뉴 화면에서 쉽게 생성할 수 있도록 AutoLISP 언어를 이용한 자동화된 설계 프로그램을 개발하였다. AutoCAD 에서 생성된 설계 데이터는 DXF 형식의 화일로 저장되어 자동 가공과 측정애 이용될 수 있도록 하였으며, 이 데이터는 형상 모델을 이용하여 필요한 형상으로 재구성할 수 있도록 하였다.

또한 자동으로 그래픽 환경하에서 손쉽게 빠르게 측정 파트 프로그램을 생성할 수 있는 QPFGT (Quick measuring Part Program Generating Tools : 자동 측정프로그램 생성기) 모듈을 개발하였다. QPFGT 는 AutoCAD 에서 생성된 설계데이터를 직접 화면에 표현하여 사용자가 그려진 형상 화면을 보면서 자동으로 측정 파트프로그램을 생성할 수 있도록 하는 GUI (Graphic User Interface) 기술을 바탕으로 개발되었다. QPFGT 는 측정작업에 비전문가라고 할지라도 신속하고 정직한 측정 및 검사작업을 수행할 수 있다.

이전의 CAD/CAM 시스템 뿐만 아니라 메뉴로 지정된 NC 파트프로그램만 가지면 자동으로 3 차원 Z-map 형상은 생성할 수 있도록 하였다. 또한, 기중 설계데이터나 디지털타이핑 (Digitizing) 데이터로부터 3 차원 자유곡면을 생성할 수 있다. 그리고 자유곡면 NC 가공을 위한 NC 파트프로그램 생성 기술과 이 3 차원 Z-map 형상을 이용하여 가공요류를 판단하고 자동 측정할 수 있는 기술을 개발하였다. 기존의 설계형상데이터가 없는 NC 파트프로그램은 약으로 형상데이터를 생성할 수 있기 때문에 더욱 이용가치가 높다.

## 2. MascCAM 시스템 구성도

개발된 MascCAM 시스템의 구성도를 Fig. 1 에 도시하였다.

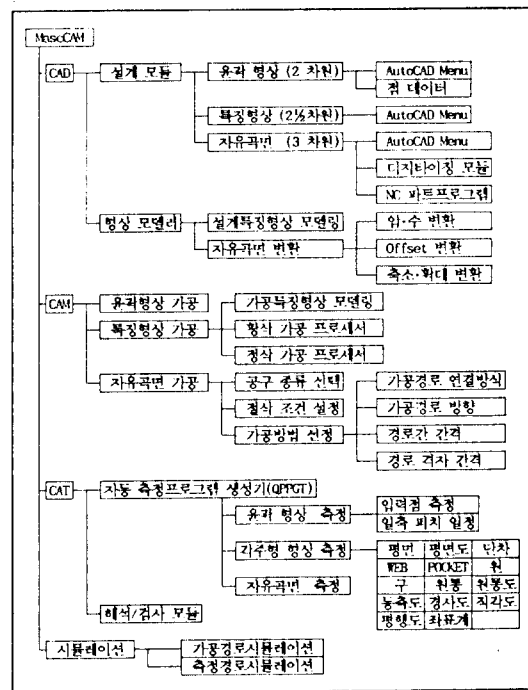


Fig. 1 Schematic Diagram of MascCAM System

### 3. CAD 모듈

#### 3.1 윤곽 형상 설계 (2 차원)

윤곽 형상에 사용되는 데이터는 두 가지 형식이 가능하다. 원 데이터로 구성된 데이터 화인을 읽어들이는 방법과, CAD 시스템의 출력형식 중의 하나인 DXF 화인형식을 읽는 방법이다. DXF 화인은 AutoCAD 시스템에서 직접 생성할 수도 있고, 원 데이터로 구성된 데이터 화인을 읽어들이면 자동으로 생성할 수도 있다. 이 두 가지 데이터는 윤곽 형상 가공과 측정에도 모두 사용할 수 있어, 데이터를 변환하기 위한 번거로움을 방지하고, 효과적인 메모리 관리를 가능하게 한다.

#### 3.2 각주형 형상 (특징형상) 설계 (2 1/2 차원)

2 1/2 차원 형상 설계를 AutoCAD의 Icon Menu와 Command에서 자동으로 빠르게 생성할 수 있도록 AutoLISP 프로그램 언어를 사용하여 프로그래밍 하였다. 특징형상으로는 볼록사각기둥형, 오목사각기둥형, 볼록삼각기둥형, 오목삼각기둥형, 외원통형, 내원통형이 있다. Fig. 2는 각주형 형상 (특징형상) 설계 Icon Menu 화면이다.

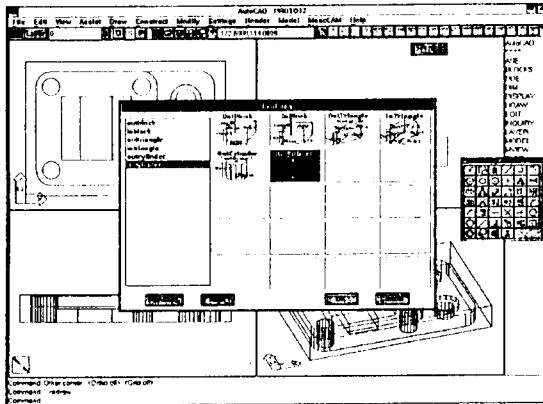


Fig. 2 Icon Menu Screen for Design of Prismatic workpieces on AutoCAD

#### 3.3 자유곡면 생성 및 변환 모듈 (3 차원)

자유곡면 설계는 3 가지 방법에 의하여 수행되어진다.

① AutoCAD의 MascAM Menu에서 3DMESH 기능을 이용한 자유곡면 설계 방법이다. 임의의 CAD 시스템에서 설계된 형상데이터도 AutoCAD가 인식할 수 있는 데이터로 변환 가능하다면, 이 설계 방법은 임의의 CAD 시스템에 적용 가능하다.

② 3 차원 좌표측정기나기, QPICKT, MascMC<sup>TRM</sup>에 의해 측정된 측정데이터로부터 직접 자유곡면은 생성하는 설계 방법이다. 이 디지털화 기능은 측정데이터를 AutoCAD 시스템이 인식할 수 있는 데이터로 변환한다. 변환된 데이터를 상용 CAD 시스템의 3 차원 곡면 모델링 기능과 연계하면 측정데이터의 곡면 수정 및 편집 등은 수행할 수 있다.

③ 임의의 CAD/CAM 시스템이나 메뉴인으로 지정된 NC 파트 프로그램만 가지면 Z-map 기술은 이용하여 자동으로 3 차원 Z-map 데이터를 생성하는 설계 방법이다. 이 방법은 기존의 설계 형상데이터가 없는 NC 파트프로그램에서 편리하게 자유곡면을 생성할 수 있는 설계 방법이다.

### 3.4 NC 파트프로그램에 의한 공작물 형상인식 기술

임의의 NC 파트프로그램에 의한 형상인식 기술은 두 가지 점에 있어서 유용한 기술이다.

① 설계 형상데이터가 없는 경우 NC 파트프로그램만으로 형상데이터를 생성하여, 수시입을 통하지 않고 자동으로 측정 파트프로그램을 생성시킬 수 있다. 또한 두 데이터를 비교 분석함으로써 기계가공시에 야기되는 오차원인을 판단할 수 있다.

② 설계 형상데이터가 있는 경우 설계 형상데이터와 인식된 형상데이터를 종합 비교 분석함으로써 기계가공시의 오차원인 뿐만 아니라 NC 파트프로그램의 오류도 판단할 수 있다.

머시닝센터 상에서 가공 중 발생하는 오류는 NC 파트프로그램의 오류, 과대절삭 (Overcut), 과소절삭 (Undercut), 공구 휨, 밀린, 마모, 피손 등을 들 수 있다. 이러한 오차 원인들을 판단하고 가공정밀도를 향상시키기 위해서는 NC 파트프로그램의 오류와 공작물의 가공정도를 감지하여야 한다. NC 파트프로그램의 오류는 공구궤적에 의하여 생성되는 공작물의 최종 형상을 인식하여 기존의 설계 데이터와 비교 분석함으로써 가공 오차가 발생한 부위를 미리 검증할 수 있다. 또한 인식된 형상을 가지고 자동측정을 수행하여 얻어진 측정결과 형상과 Z-map 데이터 (인식된 형상), 설계 데이터를 종합적으로 비교 분석함으로써 보다 다양한 가공 오류를 판단할 수 있다. 각 가공 단계 별로 Z-map 데이터를 생성하여 측정 파트프로그램과 연계시키면 가공 불량 원인을 최종 단계가 아닌 중간 단계에서 분석할 수 있어, 가공 불량으로 인한 시간 낭비를 줄이고 경제성을 향상시킬 수 있다.

NC 파트프로그램에 의한 공작물 Z-map 데이터 생성 방법 (이하)은 다음과 같다.

- ① 초기 공작물 및 XY 평면상의 거자점기 선정.
- ② 공구의 이동 경로상에 포함되는 거자점 판단.
- ③ 선정된 거자점에서 공구 접촉점의 Z 축 높이 계산.
- ④ 계산결과와 공작물의 Z-map 데이터를 비교하여 Z-map 데이터 생성.

위의 계산과정을 거기의 NC 파트프로그램에 반복 실행하여 최종형상을 생성한다. Fig. 3은 Ball End Mill 가공시의 Z-map 데이터 생성 방법이다.

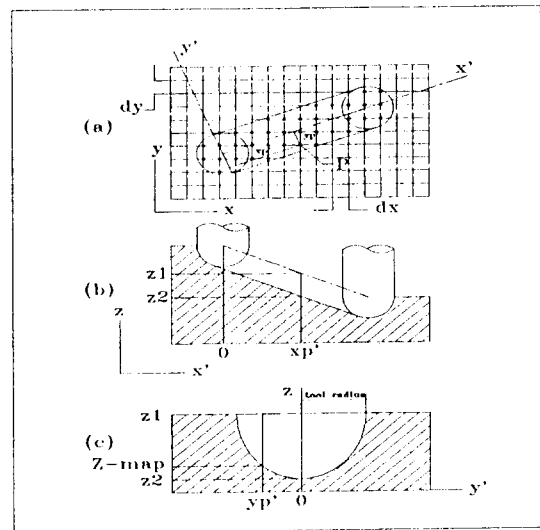


Fig. 3 Generation of Z-map Data in Ball End Milling Process

### 3.5 자유곡면 변환

변환은 임-수 간격에 대한 Offset 곡면을 생성하여 Z 축 기준평면에 대칭인 곡면으로 변환시킨다.<sup>[12]</sup> Offset 변환은 Offset 량에 대한 Offset 곡면으로 변환시킨다. 축소-확대 변환은 기준축에 대한 배율 크기의 변환 곡면을 생성한다.

## 4. CAM 모듈

### 4.1 윤곽 형상 가공

윤곽형상의 가공은 집 내이다 형식의 회인과 임의의 CAD 시스템에서 생성된 DXF 형식의 회인, 두 가지 형식의 회인을 입력으로하여 가공 NC 파트프로그램을 생성할 수 있다. NC 파트프로그램 생성시에 Offset 윤곽 형상을 구하지 않고, 공작기계의 공구반경 보정 기능을 적용할 수도 있다.

### 4.2 각주형 형상 (특징형상) 가공<sup>[13]</sup>

각주형 형상에 대해서는 이미 개발된 특징형상에 기초한 2 1/2 차원 CAD/CAM 시스템 모듈의 가공 특징형상 모델링, 황식 가공프로세서, 정삭 가공프로세서 모듈에 의해 NC 파트프로그램을 생성한다.

### 4.3 자유곡면 가공

자유곡면 가공을 위한 NC 파트프로그램은 Z-map 기법을 이용하여 다음과 같은 방법으로 생성된다.

- ① 공작물 형상표면의 공구접촉점을 구한다.
- ② 공구접촉점을 Z 축 기준평면에 대칭인 역상으로 변환한다.
- ③ 역상을 공구중심으로 하여 공구가 이동하였을 때 생성되는 Z-map 곡면을 구한다.
- ④ 다시 이 Z-map 곡면을 Z 축 기준평면에 대칭인 상으로 변환한다. 변환된 상이 공구경로가 된다.
- ⑤ 가공경로 계획과 전삭조건에 따라 NC 파트프로그램을 생성한다.

가공경로 계획에서 코리더야 한 중요한 사항은 생성된 CL 데이터를 실제 가공 경로로 어떻게 연결하느냐이다. 본 시스템에서는 one-way 방식과 zig-zag 방식을 제공하고 있다. 또한, 공구가 움직이는 방향은 ball-end-mill 작업에서의 up-milling 과 down-milling 의 상관점을 코리더야 선정하여야 한다.

전삭조건은 전삭에 의한 공구 마모, 과부하에 따른 공구 파손, 공구 휨과 진동 등의 영향을 줄일 수 있도록 설정하여야 한다. 전삭조건으로 전삭깊이, 이송속도, 스핀들속도를 입력한다.

## 5. 자동 측정프로그램 생성기 (QPPGT)

이미 개발된 MPPGT (Manual Part Program Generating Tools)<sup>[8][9]</sup>를 개선 및 보완하여 MPPGT 에서 측정기능을 선정하는 방식과 AutoCAD 상에서 DXF 회인을 이용하여 측정기능을 선정하는 방식을 집속시키 자동 측정프로그램 생성기인 QPPGT (Quick measuring Part Program Generating Tools)를 개발하였다.

QPPGT 는 MMC (Machining, Measuring & Control)<sup>[14][5][6]</sup> 시스템에서 구현되어 측정하고자 하는 형물을 선정할 후, 그레퍼 화면상에서 측정면만 선정하면 측정기능에 부여되는 측정점

의 측정방향을 자동으로 빠른 시간에 생성시켜준다. 또한, 각종 측정 형상에 대하여 측정하고자 하는 대상물의 면에 대한 정보를 한층욱으로 보여주는 심법은 그 면의 중심에 보이게끔으로써, 작업자가 면을 선정하는데 편리함을 제공하며, 면이 선정되면, 그 선정된 면을 QPPGT 화면의 형상에 표시함으로써 선정된 면을 작업자가 눈으로 확인할 수 있도록 하였다. 측정안코리들은 최저의 해석을 위한 측정위 및 측정 방향을 선정하고, 프로브를 안전하게 운용할 수 있도록 설계되었다.<sup>[14][6][7]</sup>

### 5.1 윤곽형상

실제기계에 있어서, 많이 볼 수 있는 형상중의 하나가 2 차원 윤곽형상이다. 윤곽 형상은 캐프로피인 등에서 찾아볼 수 있는데, 형상을 측정할 때에는 측정하고자 하는 목적에 따라 그 측정 방법을 널리 해야한다. 이를 위해, 임력전 측정법과 연속 피치인정 측정법 등의 측정방법을 적용하였다.

### 5.2 자유곡면

현상에서, 가공물에 대한 도면 정보가 없거나, 측정하고자 하는 형상이 복잡한 자유곡면으로 되어 있거나, 전체형상에 대한 측정을 할 필요가 있는 경우가 있다. 종래의 디지털 측정 기구<sup>[14][8]</sup>은 개량하여 자유곡면 형상측정 형부를 개발하였다.

### 5.3 특징형상 면의 정의

QPPGT 는 앞서 말한 작업들을 위하여, MascCAM 에서 개발된 AutoCAD 상에서의 기주형 형상모델링에 의해 생성된 기주형 형상의 DXF 회인을 읽어들이, 측정프로그램생성에 필요한 면정보데이터를 추출해낸다. 면정보데이터는 MascCAM 에 사용되어지는 Solid 데이터와의 연계성을 가지고 있어서, 필요한 경우, Solid 데이터를 이용할 수 있도록 하였다. 아래 내용은 면 데이터의 정보를 나타내는 구조체이다.

```

struct surface {
    struct solidframe *solid_origin;
    struct solidframe *in, *out;
    float x0, y0, z0;
    float x1, y1, z1;
    float x, y, z;
    float i, j, k;
    char selected, symbol[4];
}
    
```

이거에서 solid\_origin 은 면데이터를 생성할 때, CAM 모듈에서 정의된 실제특징형상의 정보를 이용하기 위해 선언된 변수이다. x0, y0, z0, x1, y1, z1의 변수들은 각 면의 모서리에 대한 정보를 가지고 있다. 그리고 x,y,z 는 각 면의 중심 좌표를 가지고 있어 측정점 선정 및 측정면의 symbol을 화면에 표시할 때 이용된다. i,j,k 변수들은 그 면의 면선 벡터의 성분들의 값을 지정한다. selected 변수는 그 면이 측정면으로 선정되었는지를 판별하는 변수이다. symbol [] 은 그 면이 포함되어있는 solid 형상의 종류를 나타내고 각각의 고유한 번호를 가지므로써 면의 종류를 정의해 준다. 면의 종류는 다음과 같이 6 가지로 정의하였다.

```

symbol[] = rmm : 볼록사각기둥에 포함된 면
           = rnm : 오목사각기둥에 포함된 면
           = rtm : 볼록삼각기둥에 포함된 면
           = tmm : 오목삼각기둥에 포함된 면
           = cmm : 볼록원기둥에 포함된 면
           = cmm : 오목원기둥에 포함된 면
    
```

이거서, symbol 의 대문자는 볼록형상을 나타내며, 소문자는 오목형상에 속해있는 면임을 나타낸다. 그리고, m 은 같은 종류의 solid 형상의 일련 번호를 나타내며, n 은 한 solid 형상에서의 면의 일련 번호를 나타내며 동시에 뒷면인지, 측면인지등을 나타낸다. 면의 종류를 Fig. 4 에 나타냈다.

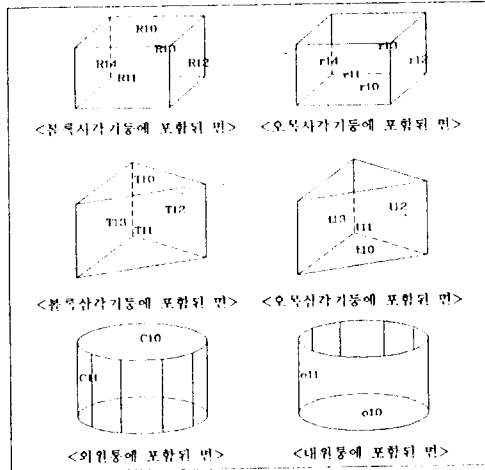


Fig. 4 Surface Types (Specific Features) for Prismatic Parts

## 6. 시뮬레이션 모듈 (AutoCAD)

이미 개발된 시뮬레이션 기능을 AutoCAD 상에서 보다 편리하게 구현할 수 있도록 하였다. 이 모듈은 MascCAM 에서 생성된 NC 파트프로그램과 측정 파트프로그램을 오프라인으로 DOS 및 AutoCAD 상에서 시뮬레이션 할 수 있도록 한다. 가공 전에 전작과정은 다양한 관점으로 시뮬레이션 할 수 있어 공구충돌, 공구간섭, Overcutting, Undercutting 오류 및 잘못된 작업을 정확히 확인 및 편집하여 전체적인 제품 품질 개선과 제품 제작시간을 단축할 수 있다. 측정경로 시뮬레이션 기능은 화면상에서 측정프로그램 경로 오류나 공작물과의 충돌 등을 판단하여 수정할 수 있다. Fig. 5 는 AutoCAD 상에서의 시뮬레이션 모듈 실행 화면이다.

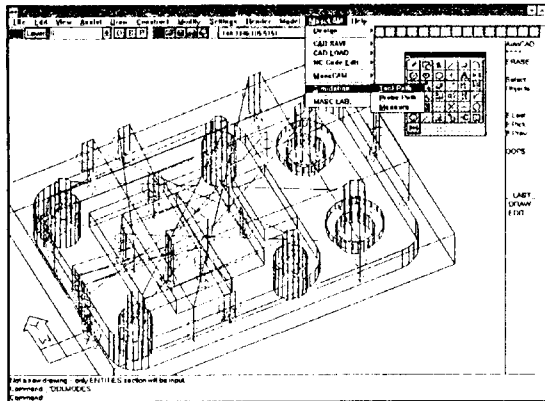


Fig. 5 Simulation Module on AutoCAD-Windows

## 7. 사례연구

본 연구에서는 윤곽형상 (2 차원), 자주형 형상 (2 1/2 차원), 자유곡면 (3 차원) 에 대하여 설계, 제조, 측정 및 검사의 일관적인 처리의 적용을 수행하였다.

## 7.1 윤곽 형상 (2 차원)

AutoCAD 상에서 만든 설계도면을 이용하여 POLYLINE 의 형태로 캡을 설계한다. 이것은 DXF 형식의 회의로 저장되고, 캡 유래 NC 프로그래밍 모듈에서 황삭가공 및 정삭가공을 위한 NC code 가 생성된다. 위의 DXF 회일은 읽어들여 QIPGT 에서 캡 윤곽의 측정 파트프로그램을 생성하였다. Fig. 6 과 Fig. 7 은 가가 입력된 측정법과 일축 배치인정 측정법에 의해 생성된 측정 파트프로그램의 측정 시뮬레이션이다.

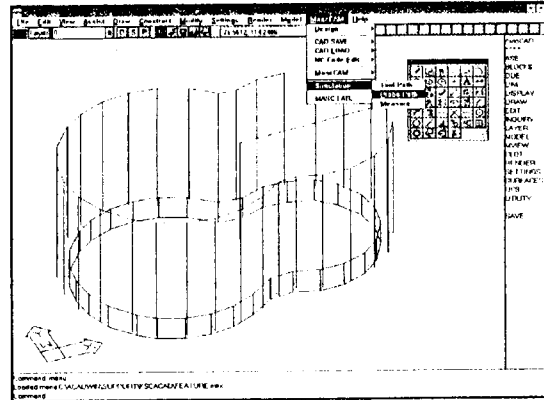


Fig. 6 Measurement Simulation for Cam Profiles by Input Point Measurement Method

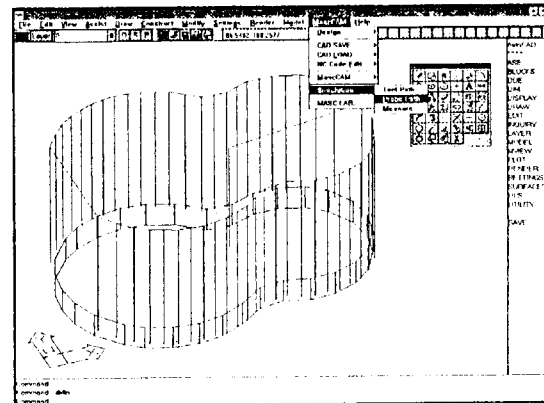


Fig. 7 Measurement Simulation for Cam Profiles by Uniform Pitch Measurement Method

## 7.2 자주형 형상

가주형 형상은 개발된 AutoCAD 상의 아이콘 메뉴를 이용하여 설계하고, NC 파트프로그램을 생성한 후, 설계 데이터를 이용하여 QIPGT 에서 자주형 형상의 측정 파트프로그램을 생성하였다. Fig. 8 은 QIPGT 에서 측정 항목과 측정면의 예를, Fig. 9 는 측정 시뮬레이션 결과를 보여준다. Fig. 10 은 측정된 결과 중 동축도에 대한 결과를 MascMC 의 해석 모듈을 통해 해석한 결과이다. Fig. 11 은 치수오차의 결과를 보여준다.

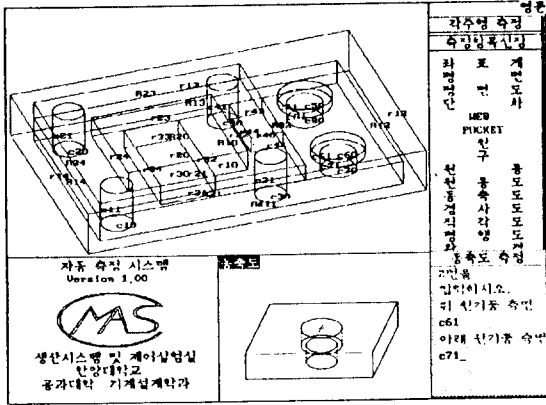


Fig. 8 Input Module of QPIXT

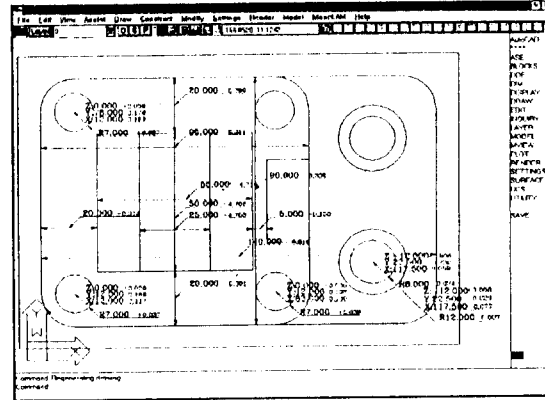


Fig. 11 Dimensional Errors for Prismatic Parts

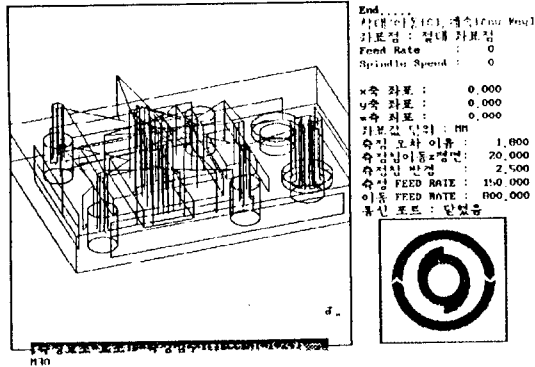


Fig. 9 Measuring Part Program Simulation generated by QPIXT

### 7.3 자유곡면

MascAM 시스템에서 저세대 금형가공 시스템인 Fusion Digitizing 시스템<sup>16)</sup> 개발에 필요한 디지털이칭과 3D-offset 과정 등을 실현하기 위하여 개발된 측정기술과 해석 및 가공변환 기술을 적용한다.

MascAM의 거주형 형상 가공 모듈에 의해 생성된 NC 파트프로그램을 본 연구에서 개발된 자유곡면 생성 프로그램에 적용하여 보았다. Fig. 12는 생성된 자유곡면이다. 측정결과로부터 거주형 형상에 대한 Z-map 기술은 Z-map 기차 간격이 이산적으로 분포되어 있기 때문에 급격하게 곡률이 변하는 부분에서는 충분한 형상정보를 얻을 수 없다. 이러한 Z-map 기술은 곡률이 완만한 경우에 효과적으로 적용될 수 있다. 그러나 측정에서는 형상에 대한 완벽한 정보가 필요하지 않고, 자동측정은 위치가 일정한 측정회공차 내에서 형상 정보를 얻어내는 것으로 만족할 수 있기 때문에 개발된 측정용 Z-map 기술은 거주형 대상체에도 효과적으로 적용될 수 있다.

Fig. 13은 상용의 CAM 시스템에 의해 생성된 NC 파트프로그램을 입력자료로 하여 본 시스템에 사용한 것으로써, NC 파트프로그램과 생성된 자유곡면의 비교 화면이다.

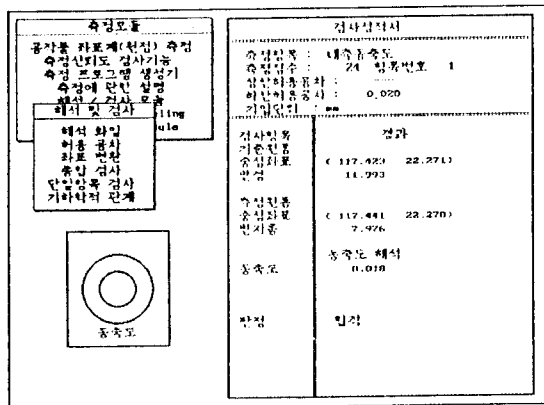


Fig. 10 Analysis Results for a Single Inspection Item

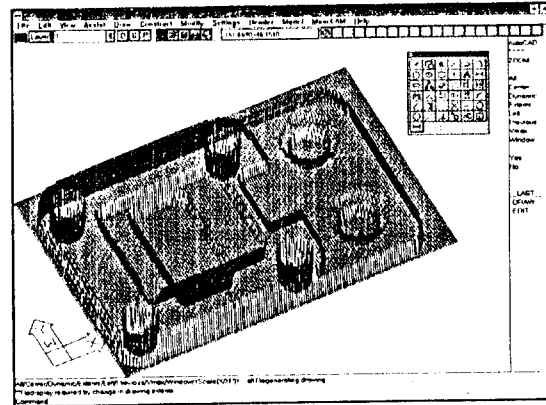


Fig. 12 Generation of Free-Formed Surfaces from the NC Part Program for Prismatic Parts

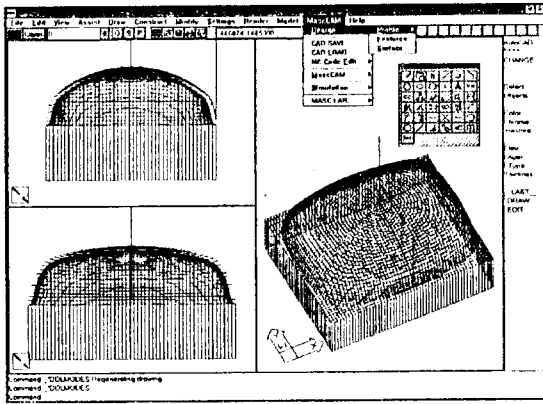


Fig. 13 NC part program and Generated Free-Formed Surface

Fig. 14는 모형자동치를 수평 또는 수직형 머시닝센터상에서 개발된 좌표측정기화된 공작기계상에서 QIPPGT 또는 MascMC를 이용하여 측정된 측정데이터로부터 직접 자유곡면을 생성하고, 암-수 변환한 결과이다. 각각 변환된 결과는 자유곡면 가공 모듈에서 가공 NC 파트프로그램으로 생성될 수 있다.

이로부터 MascCAM과 QIPPGT를 이용하면 디지털이정 기능으로부터 임의의 3차원 규형이나 기계부품의 측정이 가능하고, 그 결과를 변환하면 MascCAM의 CAD 모듈에서 수정이 가능하게 되며, MascCAM의 CAM 모듈에서 3D-offset을 통한 기계가공이 가능하게 된다.

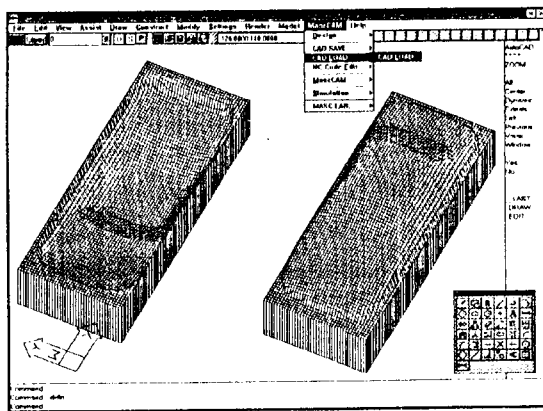


Fig. 14 Female-Male Transformation of Prototype Car Body

## 8. 결론

MascCAM 시스템은 CAD/CAM/CAT (설계/제조/검사) 통합 시스템으로 2차원 유곽형상, 2 1/2차원 자주형 형상, 3차원 자유곡면에 대한 설계에서부터 제조, 측정 및 검사의 일련의 공정을 통합한 일관처리 시스템이다. 이 시스템은 기계가공을 위한 FMS 라인에서 자동화된 고속 고정밀 가공을 위한 측정기술과 가공기술을 제공해주며, Fusion Digitizing 시스템 구축을 위한 주요 기술을 가지고 있다. MascCAM 시스템의 주요 개발 내용은 다음과 같다.

(1) 설계 단계에서 상용의 AutoCAD 시스템을 이용하여 유곽형상, 자주형 형상, 자유곡면은 메뉴 화면에서 쉽게 생성할 수 있도록 AutoLISP 언어로 설계 프로그램을 개발하였다.

(2) 임의의 CAD/CAM 시스템뿐만 아니라 메뉴언어로 작성된 NC 파트프로그램만 가지면 자동으로 3차원 Z-map 형상을 생성하는 프로그램을 개발하였다.

(3) 3차원 좌표측정기나, QIPPGT, MascMC에 의해 측정된 측정데이터로부터 직접 자유곡면을 생성하는 설계 방법을 개발하였다.

(4) 자유곡면 NC 가공을 위한 NC 파트프로그램 생성하고, 3차원 Z-map 형상을 이용하여 가공요구를 판단하고 자동 측정할 수 있는 기초기술을 확립하였다.

(5) QIPPGT와 MascCAM의 자동 측정프로그램 모듈을 개선시켜 자동으로 측정 파트프로그램을 생성할 수 있는 QIPPGT(자동 측정프로그램 생성기) 모듈을 개발하였다.

(6) 측정프로그램 생성에 필요한 면정보데이터는 MascCAM에서 생성된 자주형 형상 및 유곽 형상에 대한 DXF 파일로부터 추출해내어 공작분에 대한 측정을 수행함으로써, CAD/CAM/CAT 일관처리가 가능하게 하였다.

(7) 실제 기계부품중에 많이 사용되는 유곽 형상의 측정이 가능한 유곽 형상 측정 모듈을 개발하였다. 유곽 형상을 측정할 때에는 측정하고자 하는 위치에 따라 그 측정 방법을 달리하여 입력된 측정법, 일축 피치인정 측정법과 같은 측정방법을 적용했다.

(8) 현장에서 가공물에 대한 도면 정보가 없거나 측정하고자 하는 형상이 복잡한 자유곡면으로 되어 있는 경우, 실제 형상을 개측할 수 있는 Digitizing 기능을 이용한 자유곡면 형상측정 항목을 개발하였다.

## 참고 문헌

- (1) 김승진, 정성중, 1993, "작정형상에 기초한 규형 가공용 CAM 시스템 개발", 대한기계학회 '93년도 추계학술대회 논문집(1), pp.456-459.
- (2) Tien-Chien Chang, 1990, Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley Publishing.
- (3) 김승진, 정성중, 1993, "특정형상에 기초한 자동 가공 및 측정 시스템에 관한 연구", 한국정밀공학회 '93년도 추계학술대회 추록집, pp.238-242.
- (4) 정성중, 박우연, 박영진, 김승진, 공민규, 은용, 양종태, 1993, "시스템 상태감시 및 진단기술", G7 프로젝트 1차년도 중간보고서.
- (5) 정성중, 박영진, 공민규, 은용, 안중용, 1994, "고속고정밀 가공용 FMS를 위한 시스템 상태감시 및 진단기술", 제2회 G7 첨단생산시스템 Workshop, 생산기술연구원, pp.282-289.
- (6) 정성중, 박영진, 김승진, 공민규, 은용, 안중용, 양종태, 강정성, 1994, "시스템 상태감시 및 진단기술", G7 프로젝트 2차년도 중간보고서.
- (7) 정성중, 신동수, 박우연, 1993, "NC공작기계에서 자동가공, 측정 및 오차보정을 위한 DNC 시스템 개발", 제 1회 G7 첨단생산 시스템 Workshop, 생산기술연구원, pp.215-222.
- (8) 박우연, 정성중, 1993, "온라인 오차측정 및 검사 시스템의 개발", 대한기계학회 '93년도 추계학술대회 논문집(1), pp.749-752.
- (9) 박우연, 정성중, 1993, "공작기계용 자동 측정 및 해석 시스템에 관한 연구", 한국정밀공학회 '93년도 추계학술대회 추록집, pp.456-459.
- (10) Y.Takeuchi, M.Sakamoto, Y.Abe, R.Orita, 1989, "Development of a Personal CAD/CAM System for Mold Manufacturing Based on Solid Modeling Technique", Annals of the CIRP Vol.38/1, pp.429-432.
- (11) Minghui Hao, Yoshio Mizugaki, Masafumi Sakamoto, 1992, "A Computer Aided Testing System Based on Enhanced Z-map Modeling Method -Data Structure and Measuring for Primitive Shapes-", JSME-58-07, pp.1221-1226.
- (12) I.D.Faux & M.J.Pratt, 1979, Computational Geometry for Design and Manufacturing, Ellis Horwood Ltd.