

3차원 자유곡면 가공용 CAM시스템의 개발에 관한 연구(2)

-가공 알고리즘 및 시스템 구성-

정 회 원* · 정 재 현**

A Study on CAM System for Machining of Sculptured Surface in Mold Cavity(2)

- Machining Algorithm and Construction of the System -

H. W. Jeong · J. H. Jeong

Key words : Sculptured surface(자유곡면), Bézier surface(베제 곡면), CL data(공구위치 데이터), NC machining(NC 가공), Tool path(공구경로), CAM(컴퓨터지원가공)

Abstract

In this paper, we propose unique CAM system for personal computer that can define the geometric shape in an ease manner and to machine the sculptured surfaces of a mold cavity.

In this CAM system, if a user inputs simple initial information such as the control points for a shape definition and a radius of tool etc., all of the procedures for machining will be processed automatically by the CAM system as well as NC commands and simulations.

In addition to this, the environment of the CAM system is composed of "C" language for an easy extension of additional modules.

Also, the CAM system with the following characteristics was developed.

1. The optimum tool path satisfying given tolerance limits reduces the time for the high precision machining of sculptured surface in a mold cavity.
2. The generated NC commands can be trasmitted to NC directly by the CAM system through RS - 232C from PC.

이 서 론

3차원 형상을 포함하는 곡면의 가공에는 대개가 NC 밀링, 머시닝센터 또는 방전가공기 등이 사용

되는데, 본 연구에서는 상대적으로 값이 싸고 조작성이 간단한 NC 밀링 가공에 한정하고자 한다.

우선 동작제어 측면에서 NC 밀링의 기능을 간단히 살펴보면

* 정회원, 한국전자

** 정회원, 한국해양대학교

- 2차원 위치제어(Point - to - point Control)
- 2차원 윤곽제어(2D Contouring)
- 3차원 곡면제어(3D Sculpturing)

가 있다. 이 중에서 사용자가 직접 손으로 제어를 할 수 있는 것은 2차원 위치제어에 불과하고 이것을 수동 NC 프로그래밍이라고 한다. 나머지는 일반적인 컴퓨터 언어로서 BASIC, FORTRAN, C와 같은 역할을 하는 NC 파트프로그램 언어인 APT, FAPT 등을 사용하지 않으면 안된다. 이러한 파트 프로그램 언어는 NC 절삭 가공을 하고자 하는 형상의 도형정보를 입력하여 NC 절삭가공에 필요한 NC 코우드를 얻어내는 형식을 취하고 있는데, 이 방식을 자동 NC 프로그래밍이라고 부른다. 보다 엄밀히 구분하면 2차원 윤곽제어에 이용되는 소프트웨어를 파트프로그램언어라고 부르고, 3차원 곡면제어에 이용되는 소프트웨어는 CAM 시스템이라고 부른다."

자유곡면을 가공하기 위해 기존에 주로 사용하던 모방 밀링 방식과 마찬가지로 NC 밀링 방식에서도 얻고자 하는 공작물의 형상을 수학적으로 모델링하여 컴퓨터에 저장한 컴퓨터 수치 모델(Computational model)을 실물 모형 대신 이용한다. 즉, 모방밀링의 트레이서를 대신하는 공구가 컴퓨터 모델에서 생성된 곡면의 접촉점을 따라가게 되는데, 이때의 데이터를 NC기계에 입력함으로써 가공하게 된다.

NC 가공은 모방 밀링작업이 가지고 있는 대부분의 단점을 극복 할 수 있으나, 다음과 같은 사항들을 고려하지 않으면 안된다.

- 황삭계획 및 허용공차 지정
- 가공경로 계획(Tool path Planning)
- 직선보간 길이(Step length) 계산
- 경로간 간격(Path interval) 계산
- 공구간섭(Overcut, Undercut) 방지
- 절삭조건 지정

이러한 사항들은 모방 밀링에서는 나타나지 않는 NC 밀링의 단점으로, NC 밀링 가공시스템의 고도화를 위해서 시급히 해결되어야 할 과제이다.

따라서 본 연구는 제 1 보에서 확립한 고정도 곡면가공 정보 생성을 위한 이론에 근거하여 상기에서 지적된 NC 밀링 방식의 문제점을 해결한 고정

도 3차원 자유곡면 가공용 CAM 시스템의 개발에 그 목적을 두고 있다."

2. 시스템 구성과 가공예

2.1 실험장치의 구성

본 시스템의 하드웨어적 구성을 Fig. 1에 나타내고 있다. CNC와 PC는 RS - 232C 통신회선으로 연결되어 있으며, PC에서 ASCII Code를 EIA Code로 변환시켜 전송하게 되면, CNC 내에 장착된 16비트 듀얼 프로세서인 Compact 5는 전송된 명령을 CNC 내부의 자체메모리에 저장한 후 가공할 준비를 갖추게 된다.

2.2 시스템 구성

본 시스템은 기존의 EWS급에서만 자유곡면의 정의 및 가공정보 처리가 가능했던 것을 PC 상에서도 이런 작업이 가능하도록 하는데 그 근본적인 취지를 두고 있다. 따라서 본 시스템은 16개의 형상정의점을 입력으로 하여 정의된 Bézier 양3차 자유곡면을 CRT상에 도시한 후, 생성된 자유곡면에 대한 전반적인 가공 조건을 자동으로 산출하여 NC 코우드를 생성하고, RS - 232C에 의해 NC 기계에 전달하여 가공하는 기능을 가지고 있다.

본 시스템에 의해 생성 또는 계산되는 사항들은 다음과 같다.

- 3차원 Bézier 자유곡면의 표면데이터
- 곡면 상의 각 점에서의 접선벡터, 법선벡터, 곡률 계산
- 공구간섭이 일어나지 않을 공구반경의 최대

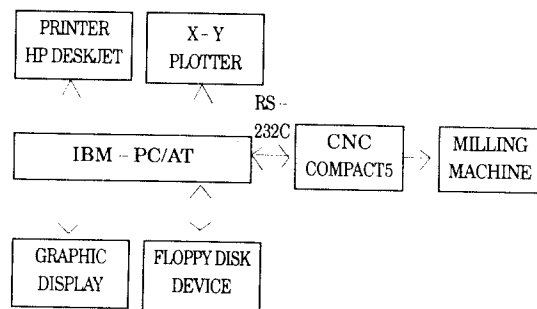


Fig. 1 Hardware system of experimental apparatus

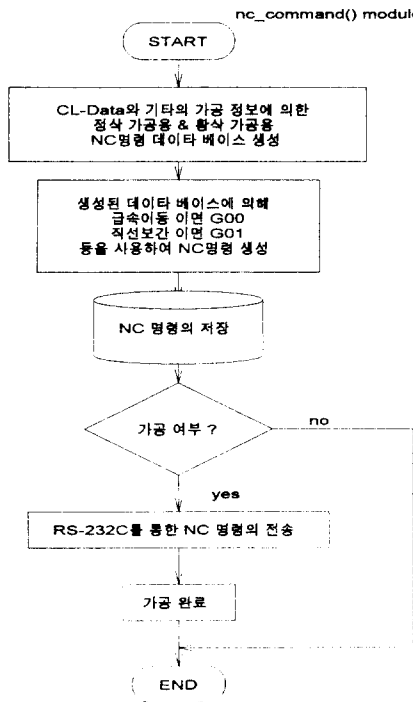
치 계산

- 허용공차를 만족하는 고정도 직선보간 길이 계산
- 허용 Cusp높이를 만족하는 고정도 공구경로 간격 계산
- 공구 경로 생성
- NC 코드 생성

본 시스템은 상기의 목적을 달성하기 위하여 형상정의부로서 화일의 입출력, 형상정의, 가공정보 계산, CC데이터에 의한 3차원 형상변환 루틴을 가지며 가공조건 결정부로서 공구반경입력과 CL데이터 계산루틴을, 그리고 NC명령 생성부로서 황삭 및 정삭 NC명령 생성 루틴을 가지도록 구성하였다.

Flowchart 1은 본 시스템의 전반적인 구성을 나타내고 있다.

Generation of NC_COMMAND



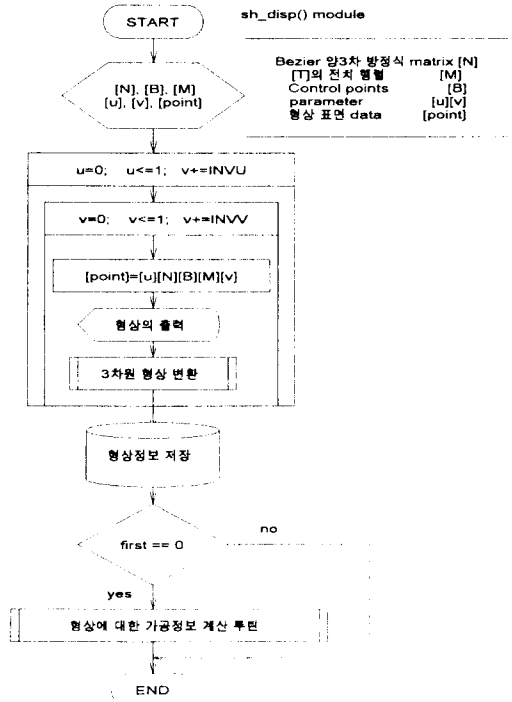
Flowchart 1 General flowchart of main() module

2. 2. 1 형상 정의부

본 시스템에서 채택한 3차원 자유곡면은 16개의 형상정의점을 가지는 Bézier 양3차 자유곡면이다. 형상 정의부에서는 양3차 Bézier 곡면식을 사용하여 곡면의 표면 데이터와 곡면이 가지고 있는 기본 정보로서 가공의 기초가 되는 접선벡터와 법선벡터 그리고 곡률을 구한다. 또한 구해진 표면 데이터에 대한 3차원 회전, 확대, 축소, 평행이동을 행하여 원하는 각도에서 형상을 볼 수 있도록 디스플레이 상에 출력해 주는 역할도 하고 있다.^{3),4),5)}

Flowchart 2는 앞에서 설명한 형상정의부의 개략적인 알고리즘을 나타내고 있다.

Shape Definition & Display



Flowchart 2 General flowchart of chdisp() module

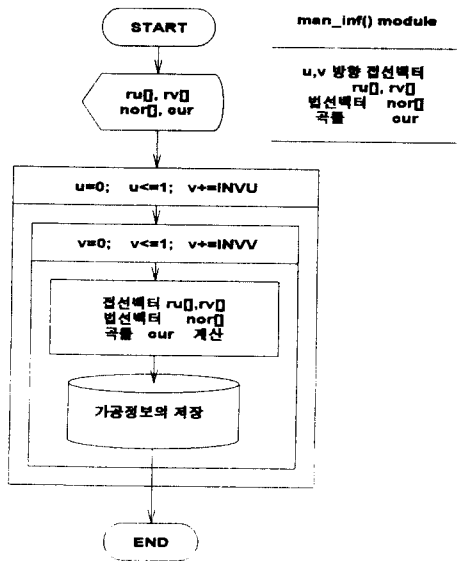
2. 2. 2 가공조건 결정부

공구의 간섭을 피하고 공구위치데이터를 구하기 위해 Bézier 기본식을 수학적으로 처리하여 정의곡면 각 지점에서의 접선벡터, 법선벡터, 곡률 그리고 곡률반경을 구하고 이에 따른 CL 데이터를 구하는 부분으로 man_inf() 모듈과 cl_dat()

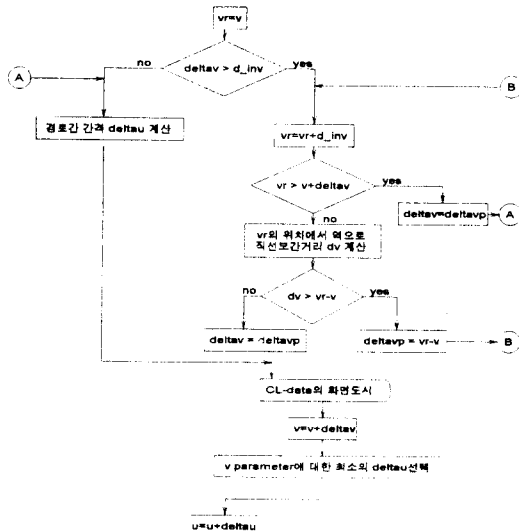
모듈로 구성하였다.

본 시스템에서는 시스템의 확장성을 좋게하기 위하여 가공조건 결정부의 `man_inf()` 모듈을 형상정의부와 별도의 루틴으로 구성하여 어떤 형상

Cal. for Manufacturing Inform.



Flowchart 3 General flowchart of `man_inf()` module



Flowchart 4 General flowchart of `cl_dat()` module

정의 모듈에서도 자유롭게 호출하여 사용할 수 있도록 하였다. 이에 대한 알고리즘이 Flowchart 3 이다.

또한, CL 데이터 생성시 기존의 시스템에서는 일정한 간격으로 공구경로간 간격과 직선보간 길이를 설정함으로써 CL 데이터가 너무 촘촘하게 생성되는 부분에서는 사용자가 일일이 손작업으로 수정해야 하는 불편함이 있는데 비해, 본 시스템에서는 주어진 허용공차와 Cusp 높이를 최대한 만족하는 CL 데이터를 자동적으로 계산해 줌으로써 이러한 불편을 개선하였다.^{6),7),8)}

Flowchart 4에서는 구해진 수학적 정보들을 사용하여 주어진 허용오차를 최대한 만족하는 직선보간 길이와 경로간 간격을 구하고, 이에 대한 공구위치데이터를 구하는 `cl_dat()` 모듈의 알고리즘중에서 이 모듈의 핵심부인 변곡점 부분과 곡률이 0에 가까운 곡면 부분에 대한 직선보간 길이 계산과 경로간 간격 계산 알고리즘을 보였다.

2.2.3 후처리부(NC Code 생성)

제1보에서 구한 CL 데이터를 기초로 NC 동작 기계에 적합한 명령을 생성하기 위한 모듈로서 정삭가공용 NC 코드 생성, 황삭가공용 NC 코드 생성 그리고 생성된 NC 코우드의 CNC 전송의 세 부분으로 구성되어 있다.

첫번째로 정삭가공용 NC 코우드는 CL 데이터에 가공경로계획에서 발생하는 공구경로 변경점을 더하여 새로운 공구위치 데이터베이스를 생성하고, 이 데이터베이스를 주축회전방향지정(M03), 급속이동 명령(G00) 그리고 직선보간 명령(G01)등을 사용하여 NC 코우드로 작성하였다.

두번째로 황삭가공용 NC 코우드는 CL 데이터를 xy평면에 평행한 평면으로 절단하여 그 평면과 CL 데이터와의 교점에 가공경로계획에서 발생하는 공구변경점을 더한 것을 새로운 공구위치 데이터베이스로 생성하고, 이것을 앞에서와 마찬가지로 NC 코우드로 변환하였다.

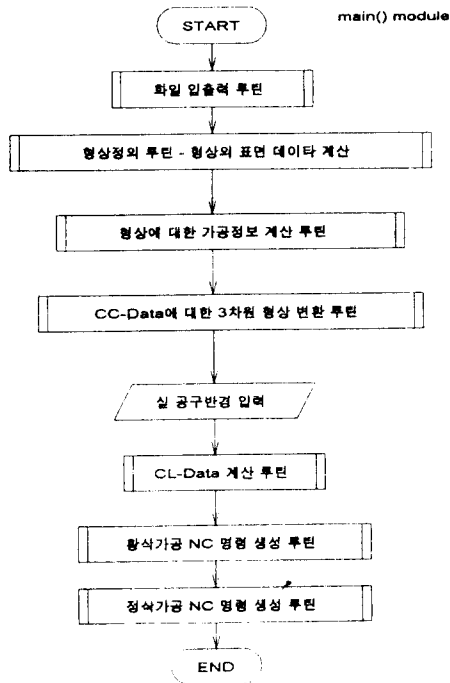
다음의 Table 1에는 본 연구에서 사용한 KSM1 CNC 밀링머신용 NC 명령들을 정리하였다⁹⁾.

또한, 이렇게 생성된 NC 코우드는 주 컴퓨터와 CNC 밀링을 RS-232C로 연결하여 직접 전송하

Table 1 NC commands for KSM1 CNC milling

EIA - Standard	
기 능	
G00	Positioning
G01	Linear Interpolation
G02	Circular Interpolation(CW)
G03	Circular Interpolation(CCW)
G04	Dwell
G21	Empty Line
G64	Step Motor 전원차단
G65	Magnetic Tape Operation
G66	Serial Communication Operation
G90	Absolute Input
G91	Incremental Input

General Flowchart



Flowchart 5 General flowchart of nc_command() module

였다. 이에 대한 알고리즘을 Flowchart 5에 보였다.

2.2.4 형상정의와 가공 시뮬레이션부

상기와 같이 생성된 NC 코우드를 기초로 화면 상에 정의된 곡면을 가공하기 위한 공구 경로를 생성하였다. Fig. 2(a)는 본 시스템에서 정의한 3차원 자유곡면을 나타내며 Fig. 2(b)는 정의된 자유곡면을 가공하기 위한 공구경로를 나타내고 있다.

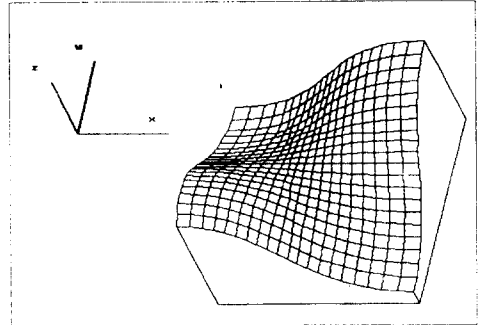


Fig. 2 (a) The sculptured surface in the developed CAM system

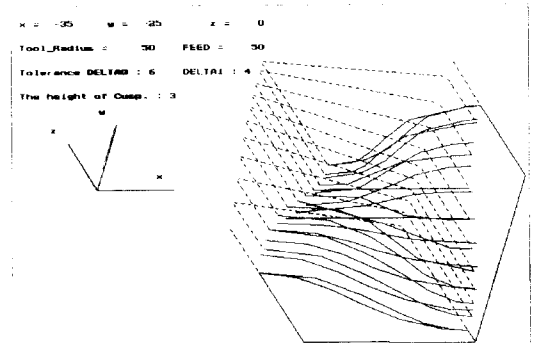


Fig. 2 (b) Tool path simulation for machining of defined sculptured surface

2.2.5 가공에

본 시스템에서는 재료의 제거량이 많은 금형 캐비티 등의 가공시에 발생하는 공구의 파손이나 과도한 마모에 의한 수명 단축을 방지하기 위해 기존의 시스템들이 사용하고 있는 등고선 가공과 동일한 효과를 얻으면서 계산량이 적고 처리속도가 빠른 황삭가공방법을 개발함으로써 PC 상에서도 자유곡면 가공을 위한 데이터 처리를 신속하게 하였다.

Fig. 3은 우레탄 수지로된 가공물을 가공하고 있는 상황을 보인것이고 Fig. 4는 가공결과이다.

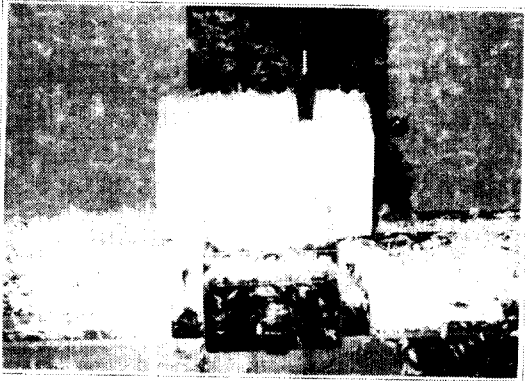


Fig. 3 The machining process of a workpiece

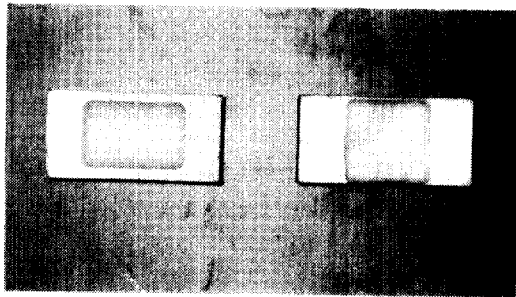


Fig. 4 The example of machined workpieces

3. 결 론

본 연구는 소형 컴퓨터에서 형상정의가 힘든 3차원 자유곡면을 어떻게 하면 쉽게 정의 하고, 원하는 형상의 자유곡면을 용이하게 제작할 수 있을까 하는 데 그 첫번째 목표를 두었고, 두번째로는 주어진 허용오차에 최대한 접근하는 CL 데이터를 계산하여 고정도 가공을 가능하도록 하는데 그 목적을 두었다.

따라서, 제1보에서 얻어진 이론적 토대를 바탕으로 형상정의점과 공구반경 등 몇가지만 대화형식으로 입력해 주면 나머지 가공에 필요한 모든 정보는 자동적으로 계산 될 수 있는 금형곡면의 고정도 가공을 위한 PC용 CAM 시스템을 구축할 수 있었다.

본 연구에서 개발한 CAM 시스템은 다음과 같은 특징을 가진다.

1. Bézier 양3차 자유곡면 정의 방법을 선택하여 16개의 형상정의점 만을 입력함으로써 원하는 형

상을 간단히 정의 할 수 있다.

2. Bézier 기초식에서 구해진 공구접촉점으로 부터 공구반경을 입력하는 것 만으로 공구위치데이터를 산출할 수 있다.

3. 고정도 가공과 가공시간의 최소화를 위해 주어진 허용오차를 최대한으로 만족시키는 직선보간 길이와 경로간의 간격을 구해 NC 명령 블록의 수를 최소화 하였다.

4. 생성된 NC 명령들을 RS-232C를 통하여 NC 밀링으로 직접 전송하여 CNC의 DNC화를 도모하였다.

참고문헌

- 1) 최병규, 「CAM 시스템과 CNC 절삭가공」, 청문각, 1992.
- 2) 정희원, 정재현, 「3차원 자유곡면 가공용 CAM 시스템의 개발에 관한 연구(1)」 한국박용기관학회지 Vol. 18, No. 1, pp. 92~100, 1994.
- 3) 전차수, "Cutter Interference Avoidance in NC Machine of Sculptured Surfaces", KAIST 박사학위논문, 1989.
- 4) David F. Rogers, J. Alan Adams. 「Mathematical Elements for Computer Graphics」, Second edition., McGRAW-HILL International Editions, 1990
- 5) Sylvan H. Chasen, 「Geometric Principles and Procedures for Computer Graphic Application」, Prentice-hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1978.
- 6) I. D. FAUX, B. Sc., Ph. D., and M. J. PRATT, M. A., M. Sc., 「Computational Geometry for Design and Manufacture」, Ellis Horwood Ltd., 1981.
- 7) J S Hwang, "Interference-free Tool-path Generation in the NC Machining of Parametric compound Surfaces", Computer Aided Design, Vol. 24, No. 12, pp. 667~676, 1992
- 8) 김대현, 최병규, "자유곡면 절삭을 위한 경제적인 CL 데이터 계산", 대한산업공학회지, Vol. 9, No. 2, 1983
- 9) 「CNC Training Milling Machine」, Training Manual, SHIN WON PROJECT CO., LTD.