2286 大韓機械學會論文集 第17卷 第9號, pp. 2286~2293, 1993.

〈論 文〉

자동생산을 위한 금형가공의 합리화

현동훈* · 이용성**

(1992년 11월 16일 접수)

Relationality of Metal Mould Manufacturing for the Automatic Production

Dong-Hoon Hyun and Young-Sung Lee

Key Words: DNC(직접수치제어), OMS(최적절삭조건 선정)

Abstract

The study presents the development of a cost-effective CAD/CAM system for metal moulds by use of personal computer. In the personal CAD/CAM system named DKSYS, metal moulds are defined by the operations of basic elements such as prism, pyramid and sphere, plane, rotational body, and surface elements including curved surface. The internal expression of shape elements in the computer is based on the wire model, which is a set of cross-sectional curves of the shape elements. With the addition of OMS system to CAD/CAM system the optimum cutting condition can be selected automatically. After programming NC information with the form definition and the optimum cutting condition, the metallic mould can be formed by trnasferring cutting information to CNC machine through DNC system. Using a computer for the above process, it is possible to increase the productivity and reduce the cost.

1. 서 론

우리나라의 금형산업분야는 자동차, 가전제품등 내구성 소비재의 수요구조가 다품종 소량화로 변화되고 있다. 이러한 산업변화에 대응하기 위해 종래의 수작업에 의한 기능산업 형태로는 한계가 있다. 그러므로 컴퓨터를 이용한 수치제어 기술과 방전가공기술로 대표되는 메카트로닉스화된 고도 장치산업 형태로 전환이 시급하다.

일반적으로 금형은 복잡한 곡면 형상으로 되어 있어, 금형 생산은 작업시간이 많이 걸린다. 이러한 작업시간을 줄이기 위해 CNC 장비와 여러가지 CAD/CAM 시스템이 도입되어 사용되고 있으나 대분이 중소기업인 금형업체에서는 고가의 CNC 공작기계와 CAD/CAM 시스템을 구입하기란 경제적으로 곤란하다. 특히 CAD/CAM 시스템에 대한 투자는 더욱 힘들므로 중·소 금형업체에 적합한 경제적이며 실용적인 CAD/CAM 시스템 개발이 절실하다.

국내·외에서도 PC를 이용한 CAD/CAM 시스템[1~4]이 개발 되었으나 이들은 DNC에 의한 가공이 원활하게 이루어지지 못하며, 또한 NC 데이터 중 가공조건의 선택을 현장경험에 의존함으로서 불합리한 공정이 발생하고 있다. 그러므로 본 논문에서 PC를 이용하여 CAD/CAM 시스템에서 생성된 형상 모델을 가공하기 위해 최적 가공조건을 선정하여 NC 데이터를 작성한 후 RS232C를 통해 CNC 장치의 콘트롤러에 NC 데이터를 전송시켜 공작기계의 서어보 기구를 제어함으로서 원하는 형상을 가공한다. 그러므로 PC를 이용하여 형상모델에서 가공까지 통합화 하므로써 금형가공의 합리화

*정회원, 단국대학교 기계공학과 대학원
**정회원, 단국대학교 기계공학과

를 피하며 금형가공 공정의 정보까지 얻을 수 있어 금형생산의 합리화 및 원가절감에 기여할 것으로 기대된다.

2. 시스템의 구성

본 연구에 사용되는 DKSYS(DAN KOOK SYSTEM)의 개략을 Fig. 1에 표시한다. Fig. 2는 DKSYS의 구성을 나타낸다.

DKSYS는 CAD에 해당되는 형상 모델링 과정, CAM에 해당하는 NC 가공정보 생성과정, NC data를 CNC콘트롤러에 직송하는 DNC 과정으로 되어 있다. 특히 NC data정보를 생성시에 지원되는 OMS 시스템(optimal manufacturing selecting system)에서는 경제성을 고려한 최적 절삭조건이 선정 된다. 형상의 모델링은 형상요소의 합과 차로 정의되어 진다. 또한 형상요소는 기본요소(육면체, 피라미드, 구, 평면, 회전체)와 자유곡면으로 구성되어 있다. 이 형상 요소는 wire 프레임 모델로 표현하였으며, 자유곡면은 Bezier 곡면을 선택한다.

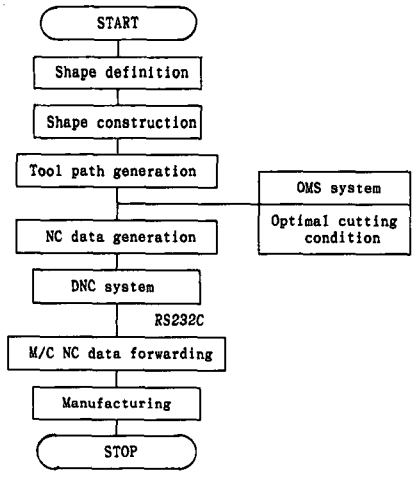
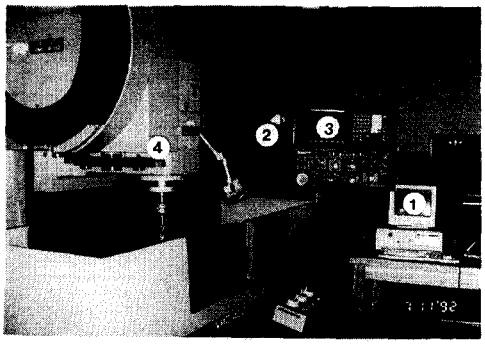


Fig. 1 Flow chart of how to operate DKSYS



① PC ② RS232C ③ CNC controller ④ Machining center

Fig. 2 Configuration of DKSYS

NC 가공정보 생성은 먼저 공구경로를 생성하기 위해 wire 프레임 모델의 데이터를 이용한다. 즉 wire 프레임 데이터를 따라 공구의 하면이 접하면서 움직이면 공구경로가 생성되나, 이때 공구간섭에 주의해야 한다. 본 연구에서는 옵셋(off-set)방법을 이용하여 공구간섭을 회피하고 있다. 다음은 NC 명령의 생성으로 공구경로를 참조하여 실제로 가공을 하기위한 NC 명령을 만든다. 이때 절삭하기위한 여러조건은 OMS 시스템에 의해 선정되어진다.

DNC를 하기 위해서는 PC와 CNC 공작기계의 콘트롤러(controller) 사이에 인터페이스를 원만하게 하여야 하므로, DNC 시스템에서 송신이 가능한 파라미터를 결정해 주며 또한 CNC 콘트롤러에서도 수신이 가능한 파라미터를 정해준다. 그러므로써 시스템 운영자가 원하는 형상을 가공할 수 있다. 본 시스템의 CAD/CAM 시스템은 BASIC 언어로, DNC는 C 언어로, OMS 시스템은 FOTRAN으로 되어 있다. 시스템 사용방식은 대화식이다.

3. 형상 모델링[5~9]

본 연구에서 취급하는 형상은 Fig. 3에 표시한 바와 같이 기본 형상 요소(육면체, 피라미드, 구, 회전체, 평면)와 자유곡면으로 되어 있고 지정된 형상 명령에 의해 데이터 입력 되어지면 컴퓨터내에서 각각의 형상으로 지정된 일정 간격의 wire 프레임 모델을 생성한다. wire 프레임 모델은 3차원 공간내에서 y축에 수직한 면으로 절단된 단면곡선을 지정된 간격으로 병렬 나열한 것이다. 기본

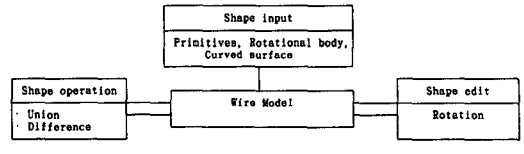


Fig. 3 CAD system of DKSYS

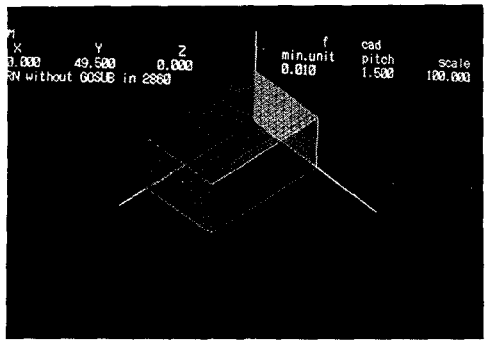


Fig. 4 Model of prism upper

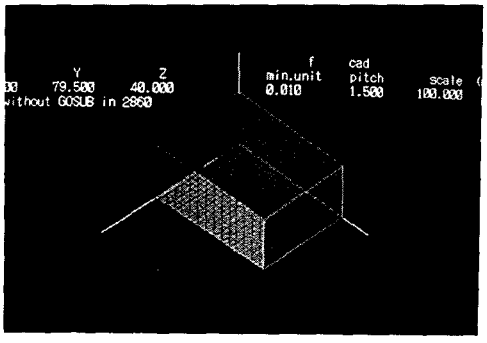


Fig. 5 Model of prism lower

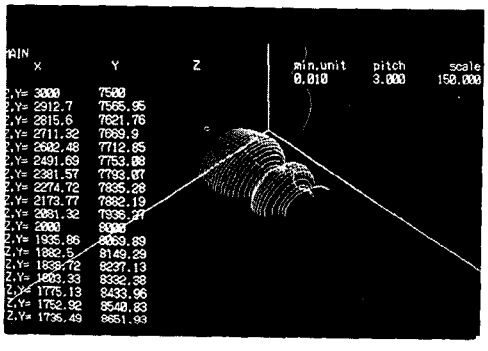


Fig. 6 Model of rotationl body

형상 요소는 입력 데이터를 주고 wire 프레임 모델의 아랫면와 윗면중 한면을 선택하면, CNC 공작기계에 의해 가공할 경우 공구가 형상의 어느면을 가공하느냐를 결정하게 된다. Fig. 4는 윗면 지정시 육면체 모델이고 Fig. 5는 아랫면 지정시 육면체 모델이다.

회전체는 2차원의 직선, 원호, 자유곡면 또는 임의의 조합된 곡선을 지정된 축을 중심으로 회전시켜 wire 프레임 모델을 생성하며, 아랫면과 윗면

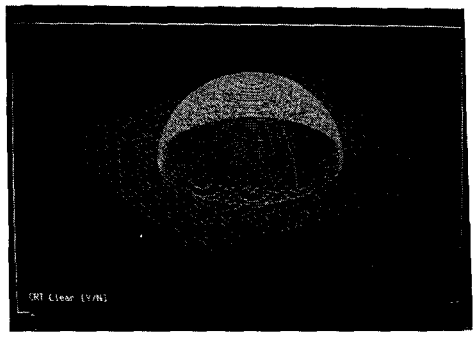


Fig. 7 Model of shape union operation

중 한 면을 선택하게 되어 있다.

Fig. 6은 Bezier곡선을 회전시킨 회전체 형상 모델이다. 형상합성은 기본 형상요소와 자유곡면의 wire 프레임 모델을 조합하여 새로운 형상을 합성할 수 있다. 이 경우 「합」과 「차」의 합성 연산에 의한다. 즉 두 형상을 교차시켜 교차점을 찾은 후 「합」연산의 경우에는 두 형상중 큰 쪽만을 선택하며, 「차」연산의 경우에는 두 형상중 작은 쪽만을 선택하여 합성한다. Fig. 7은 평면과 원을 「합」연산한 합성 연산 모델이다. 자유곡선 및 곡면은 Bezier 곡선 및 곡면을 이용한다.

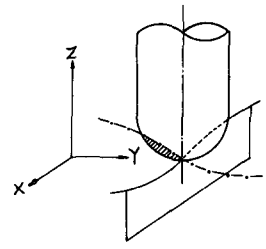
4. 공구경로와 NC 데이터 생성

4.1 공구경로 생성

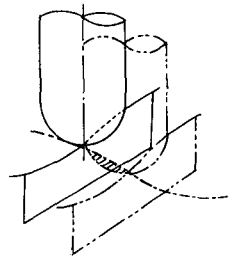
자유형상에 대한 설계가 종료되면 이를 가공하기 위한 공구의 이동 경로를 결정하게 된다. 즉 모델링된 곡면을 NC가공하려면 가공경로를 따라 CC(cutter contact) 데이터, CL(cutter location) 데이터를 생성하게 된다. 자유곡면을 포함하는 곡면형상의 절삭 가공에서는 엔드밀과 볼 엔드밀이 사용되므로 본 연구에서는 공구의 바닥 끝점을 기준으로 CC데이터를 결정하게 되며, 공구는 CC데이터에서 주어지는 가공정보를 따라서 움직이게 된다. 절삭가공시 CC데이터는 일반적으로 공작기계의 종류, 공구와 피삭재의 종류 및 치수, 가공 공차 등을 고려하여 곡면상의 절삭경로를 생성하게 된다. 본 연구에서는 CAD부분에서 완성된 wire데이터를 이용하여 CC데이터를 생성하게 된다. 즉 기존의 세그먼트 하이트(seagment height)법과 그리드 하이트(grid height)법과 달리 양단의 인접 wire데이터가 공구 간섭을 일으키지 않도록 공구

경로를 생성한다. 절삭가공중 다듬질 가공에서는 공구 직경이 작을수록 wire데이터를 따라 공구의 밑면이 모델면과 접하면서 움직이므로 인접하는 wire데이터와의 경사가 완만하면 공구의 간섭을 피할 수 있다. 그러나 가공 능률면에서 보면 가공시간이 길어지게 된다. 이에 반해 공구 직경이 큰 경우에는 가공시간을 줄일 수 있으나 공구간섭에 대해 고려해야 한다.

wire피치 보다 큰 직경의 공구를 사용할 경우 Fig. 8(a)와 같이 인접하는 wire에 공구 간섭이 발생하여 과절삭이 되므로 본 연구에서는 다음과 같이 간편하게 공구간섭을 회피한다. 즉 가공할 형상의 wire데이터를 공구반경에 해당하는 wire간격(pitch)만큼 $\pm y$축 방향으로 이동시켜 새로운 형상을 생성시킨후(Fig. 8(b) 참조) 각각 원래의 wire데이터와 「합」합성연산을 한다. 합의 합성연산을 통하여 생성된 공구경로에서 공구는 양단의 wire데이터를 포함하여 가장 큰 z좌표값을 통과하므로써

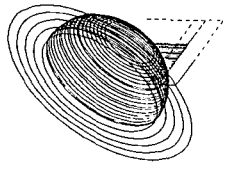


(a) Cutting path using wire data

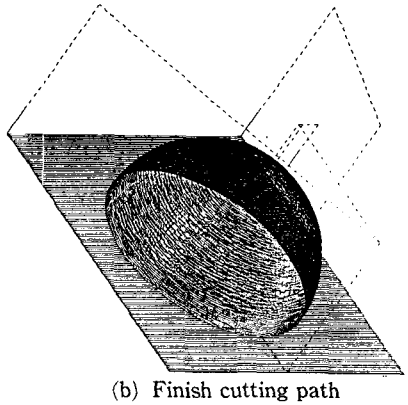


(b) New cutting path

Fig. 8 Generation of cutting path

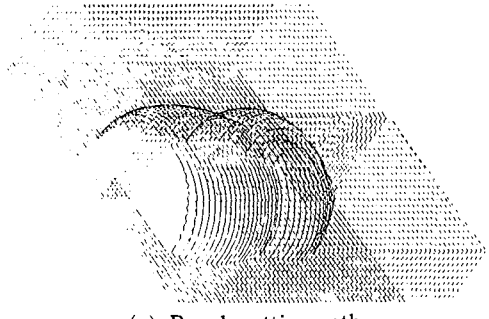


(a) Rough cutting path

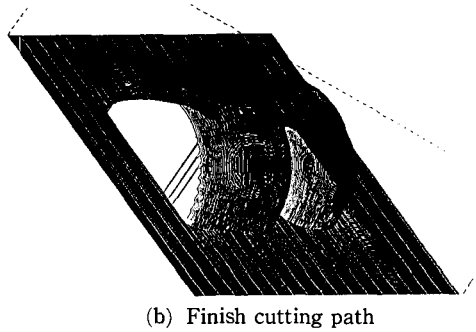


(b) Finish cutting path

Fig. 9 Model of shape union cutting path



(a) Rough cutting path



(b) Finish cutting path

Fig. 10 Model of rotational body cutting path

공구간섭을 일으키지 않게 된다. 따라서 공구간섭을 고려하여 새로 생성된 wire데이터를 이용하여 공구직경이 pitch×2보다 작은 경우의 공구경로를 생성한다. Fig. 9에 형상 합성에 의한 모델의 황삭 가공경로와 다듬질 공구경로를 표시하며, Fig. 10에 Bezier곡선의 회전체 모델의 공구경로를 표시한다.

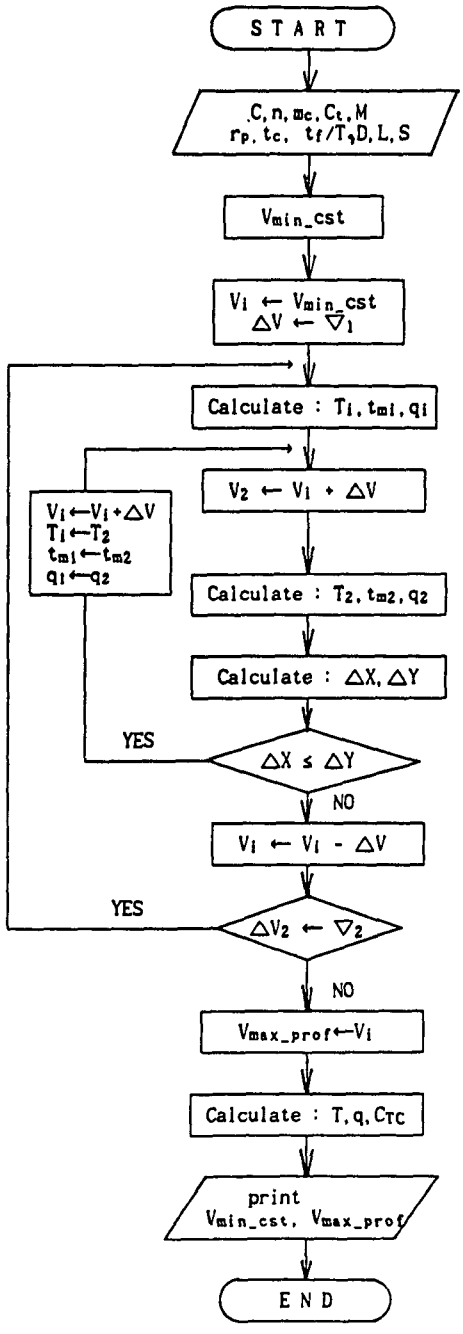


Fig. 11 Flow chart of OMS system

4.2 OMS 시스템[10~11]

공구의 움직임의 기본의 이상과 같으나 가공하기 위해 여러 가공조건을 설정하여야 한다. 즉 공구경로의 wire데이터로부터 NC명령을 생성하기 위해서 주축 회전수, 이송등을 결정해야 한다. 이러한 가공조건[1] 정보는 최적화 되어야 하므로 최적 절삭조건을 자동선정한 수 있는 시스템이 필요하다. 그러므로 본 연구에서는 피삭재와 공구만 정해지면 경제성을 고려한 최적 절삭조건 자동생성 프로그램을 구축하여 CAD/CAM 시스템에 최적화된 가공정보를 지원한다. OMS 시스템의 개략을 Fig. 11에 표시한다. 금형 가공시 지정된 공구와 피삭재간의 공구방정식을 세우기 위해 Fig. 12의 절삭속도와 가공거리에 관한 V-T방정식에서 Fig. 13과같은

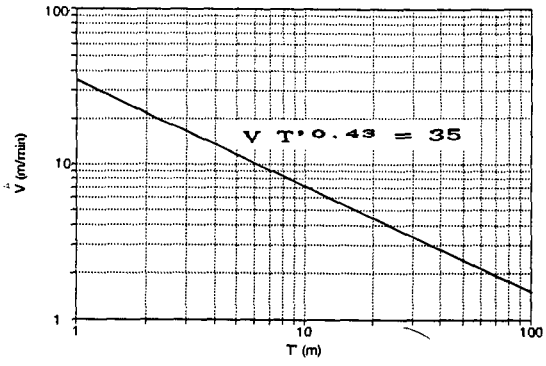


Fig. 12 V-T′ tool life equation graph

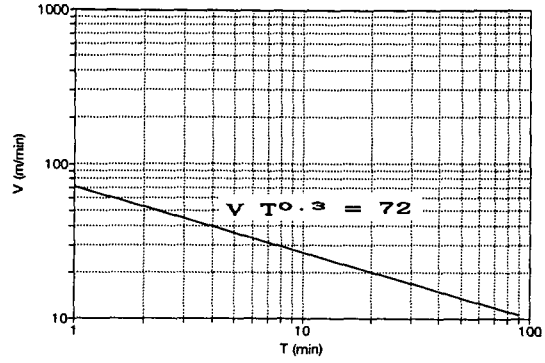


Fig. 13 V-T tool life equation graph

Table 1 Optimal cutting condition

**** For give cutting condition ****

1) Input data of an cnst ·····	?	0.3
2) Input data of c_c̄nst·····	?	72
3) Input data of Machining cost/min ·····	?	416
4) Input data of Material cost (won/pc)···	?	1
5) Input data of Sale cost (won/pc)·····	?	100000
6) Input data of Tool change time (min)	?	1.5
7) Input data of D(before diameter) (mm)	?	10
8) Input data of Cutting length (mm) ·····	?	7264
9) Input data of Feed (mm/rev) ·····	?	0.1

>>>> Economical machining dat <<<<

		Min cost	Max profit
Cutting speed	(m/min) :	25.618	31.618
Tool-life	(min) :	31.32922	14.00375
Production rate	(pcs/min) :	.0081276	.0099228
Cost	(won/pc) :	65400.386	67886.105
Profit	(won/min) :	281.203	318.651

절삭속도와 공구수명인 V-T방정식으로 전환한다. 이때 실험에 사용된 절삭조건은 다듬질 가공에서 이송속도 0.1 mm/rev, 절삭 깊이 2 mm, 반경경향 절삭폭 0.3 mm이다. 이러한 공구수명 방정식을 이용하여 최소비용 절삭속도를 구한 후 그 값을 초기값으로 하고, 절삭속도를 증분하여 ΔX_i(한계비용) ΔY_i(한계수입)을 구한 후, 한계비용과 한계수입이 다음과 같은 조건을 만족하는 i를 구한다.

$$\Delta X_i \leq \Delta Y_i \text{ and } \Delta X_i > \Delta Y_i$$

한계비용과 한계수입의 검정을 거쳐 ΔV가 충분히 작은 값에 의해 얻어진 절삭속도가 최대이윤 절삭속도 이다. Table 1에 SKD11의 재료를 ϕ10 엔드밀로 밀링 다듬질 가공시 입력데이터의 예와 OMS 시스템에서 나온 출력결과를 표시한다. 즉 SKD11을 사용하는 금형에서 다듬질공정의 공정도에 표시된 정보를 입력데이터로 이용하면 최적화된 최소비용 절삭속도 25 m/min과 최대이윤 절삭속도 31 m/min을 얻으며, 이 때 각 경우의 공구수명은 31.32 min과 14 min이다. 입력 데이터중 분당가공비는 금형업체의 분당 설비비와 분당 노무비 및 경비의 합이다. 이러한 최적화 데이터를 NC데이터 생성시 적용하므로써 공구교환주기 예측, 가공경비 및 공정별 작업시간 산출등이 가능하므로써 생산공정 계획의 효율적 운영에 기여할 수 있다.

4.3 NC 데이터 생성

생성 되어진 공구경로를 이용하면, 공구는 하나의 공구경로를 따라 이동하고 공작물을 이탈함과 동시에 상방으로 움직이고, 연속하여 반복하므로서 다음의 공구 경로를 따라 움직인다. 그러므로 공구경로가 전부 완료될 때까지 반복하게 된다. NC명령을 생성하는 코멘드에서 입력해야 할 정보는 OMS 시스템에서 입력, 출력 데이터의 정보와 CNC 공작기계의 기준좌표 원점으로부터 피삭재 상면까지의 치수의 정보이다. 이와같이 여러 정보

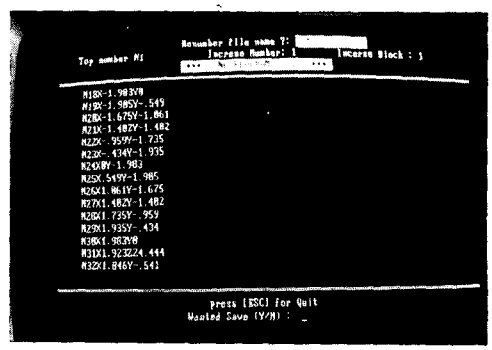


Fig. 14 NC programming of rough cutting

들의 입력이 완료되면 NC 명령이 생성 되어진다. Fig. 14에 Fig. 9의 황삭용 NC 명령 예를 표시한다.

4.4 NC 명령의 전송

DNC기능에는 CNC장치에서 PC Memory로 프로그램을 수신하기 위한 기능(receive 기능)이 있으며, PC에서 기계측으로 전송하는 기능(Send기능)이 있다. 즉 단순한 전송기능과 기계측에서 프로그램을 불러가는 자동 DNC운전 및 스케줄을 작성하여 정해진 순서대로 무인 자동운전하는 기능이 있다. RS-232C시리얼 인터페이스를 사용하는 경우 데이터 형식에는 전기 신호가 통신 회선으로 전송되어지는 주파수, 보오드레이트(baudrate), 스타트 비트가 송신된 후 실제로 정보를 포함하는 데이터 비트(data bit), 데이터 에러 검출에 사용하는 패리트 비트(parity bit), 하나의 문자 전송의 끝을 알리는 비트인 스톱 비트(stop bit)가 있다. send 기능은 컴퓨터에서 기계측의 "EDIT MODE"로 프로그램을 출력 할수도 있으며," TAPE MODE"에서 DNC운전도 가능하다. 또한 AUTO DNC기능이 있어 출력하면 컴퓨터는 전송준비에 대기상태가 되며 DNC와 "TAPE MODE"를 선택하여 Cycle start를 누르면 자동운전이 된다. 프로그램의 sequence number를 재정의하는 Renumber기능도 가지고 있다.

본 DNC시스템에서 머시닝센터와 인터페이싱을 하기위해 Fig. 15와 같은 데이터 형식을 지정한다. 그러므로 통식속도는 4800 bit/sec, parity는 짝수 패리터, 스톱 비트는 2로 지정한다(Table 2).

또한 CNC 콘트롤러에서도 송신된 신호를 받기 위해 파라미터가 올바르게 세팅되어야 한다. Fig. 16은 CNC 콘트롤러 세팅 파라미터이다. 이와같이 송 · 수신 데이터 형식과 파라미터를 일치 시킴으로서 NC 명령의 전송이 가능하며 NC명령이 서보(servo)기구에 전송되어 서보 모터를 작동시켜 우리가 원하는 형상을 가공한다. Fig. 17은 Enshu VMC-430 머시닝센터로 Fig. 9의 형상을 DNC

Table 2 Interface kind and funciton

NO.	①	②
Interface name	RS-232C	RS-422
Interface mode	Serial voltega interface	Serial balancing interface
Connector	DB-25S	DB-37S
Maximum cable length	15 m	100 m
Outer device	RS-232C I/F	RS-422 I/F
Function	① NC data → NC memory save ② NC dat → punch out ③ Tape mode inverse	

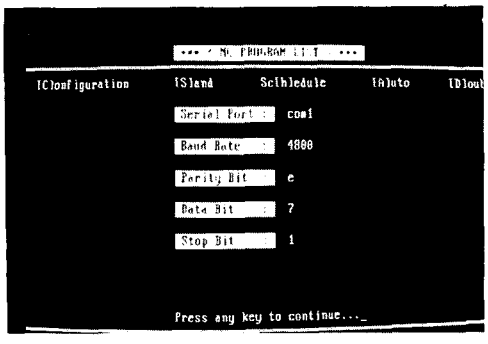


Fig. 15 Data format

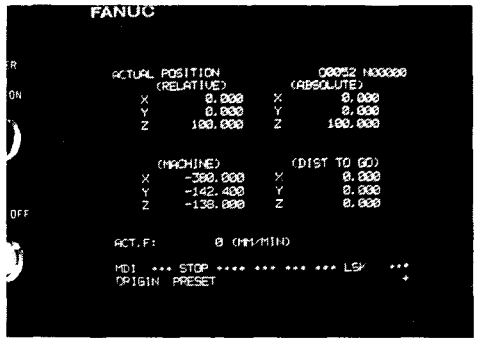


Fig. 16 CNC controller setting parameter

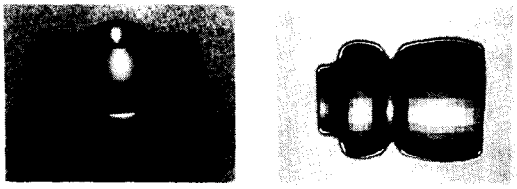


Fig. 17 Example of manufacturing by DNC

(direct numerical control)에 의해 가공된 예이다.

5. 결 론

DNC를 이용하여 금형가공의 합리화를 구축한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) OMS 시스템을 CAD/CAM 시스템에 부가함으로서 최적 가공조건으로 금형가공을 실시하여 금형의 생산성 향상 및 원가절감에 기여할 수 있다. 또한 금형 가공공정의 정보를 얻을 수 있다.

(2) DNC 시스템을 이용하여 실시간 통신을 실현함으로써 가공효율을 극대화할 수 있다.

(3) 이와같이 PC를 이용한 CAD/CAM 통합 시스템을 운영함으로서 금형가공의 합리화를 꾀할 수 있다.

참고문헌

(1) 伊藤誠, 1979, "圖形を描ための software技術," インターフェイス, Vol. 30, No. 11, pp. 62~73.

(2) Chiyokura. H. and Kimura. F., 1984, "A New Surafce Interpolating Method for Irregular Curve Models," Computer Graphic Forum, Vol. 3, No. 2, pp. 209~218.

(3) 현동훈 外, 1991, "PC용 NC 자동프로그래밍 시스템 개발(Ⅰ)," 생기원 연구보고서

(4) 박삼진 外, 1990, "NC 프로그램 생성용 소프트웨어 개발(Ⅱ)," 한국기계연구소 연구보고서

(5) Lasser, D., 1986, "Intersection of parametric surface in the Bernstein-Bezier representation," Computer-Aided Design, Vol. 18, No. 4, pp. 181~190.

(6) Farin, G., 1983, "Algorithms for rational Bezier curves," Computer-Aided Design, Vol. 15, No. 2, pp. 121~132.

(7) Dong-Hoon Hyun etc, 1990, "A Method of Geometric Modeling for Personal Computer CAD/CAM system," Pacific Conference on Manufacturing, pp. 1151~1164.

(8) Takeuchi. Y., 1986, "Development of a Personal CAD/CAM system for Metal Moulds," Machine Tool Design and Research Conference, pp. 55~61.

(9) 현동훈, 이용성, 1992, "PC를 이용한 Bezier 곡면의 형상 모델링에 관한 연구," 단국대 교수논문집 第26輯, pp. 527~539.

(10) 이용성 外, 1992, "기계가공의 경제성을 고려한 최적조건 선정에 관한 연구," 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp. 176~180.

(11) 현동훈, 이용성 外, 1992, "기계가공시 분당 가공비가 최적절삭조건에 미치는 영향," 한국항공우주학회 춘계학술대회논문집, pp. 86~93.