

평금형 CNC 가공 S/W 개발에 관한 연구

박태원* · 조승래** · 이춘만***

(1999년 11월 2일 접수)

A Study on the Manufacture of Extrusion Square Die

T.W. Park, S.R. Cho and C.M. Lee

Abstract

Square dies are widely used for hot extrusion processes with high production rate. however, the design and manufacture of square dies mainly relies on experience of industrial engineers. To overcome such difficulty, this study presents a method of automatic generation of NC-codes for the manufacture of extrusion square dies. The result shows that the method can reduce the lead-time for the design and manufacture of square dies.

Key Words : Square die, NC Code, Extrusion.

1. 서 론

평금형(Square die or Flat faced die)은 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 금형 중의 하나로서 여러 가지 단면을 가진 형재의 압출가공에 많이 쓰인다. 이러한 평금형을 통한 열간압출공정은 알루미늄 등의 경금속을 이용하여 봉재 뿐 아니라 튜브재 또는 각종 임의형상의 단면 형재를 큰 압출비로 저렴하게 가공할 수 있다. 또한 평금형을 통한 알루미늄 합금의 압출온도는 대개 500°C 전후로 비교적 낮은 온도에서 압출하므로 무윤활에서도 압출이 가능하고, 정밀한 치수를 얻으므로 후가공을 줄이거나 없앨 수 있다. 하지만, 형재의 단면이 복

잡하고, 두께가 얇은 압출제품은 불규칙 소성유동으로 인한 꼬임이나 굽힘 등의 불균일이 발생한다. 그러므로 적절한 압출비의 선정, 금형랜드(Die land)의 설계, 압출 구멍위치 결정 등의 공정설계와 금형설계는 필수적으로 요구되고 있다. 특히 임의의 단면 형상을 갖는 열간압출금형 제작은 경험적 방법과 시행착오에 의존한 실험을 통하여 개발하며, 숙련된 기능인력의 의존도가 높아 이들을 극복하기 위한 자동 금형설계·제작이 요구되고 있다. 이러한 자동 금형설계에 대한 연구로서 여러 연구자^(1~5)에 의한 연구가 있다.

본 연구의 목적은 압출용 평금형 제작을 보다 효과적으로 하기 위한 전산원용가공(CAM) 소프트웨어(Softw-

* 창원기능대학

** 창원대학교 기계설계공학과 대학원

*** 창원대학교 기계설계공학과

are)를 개발하는데 있다. 이를 위하여 AutoCAD와 연결 프로그램(Interface program)을 개발하고, 이 프로그램을 이용하여 그려진 도면에서 압출용 평금형의 와이어컷 방전가공(EDM)을 위한 NC 코드를 생성시키도록 한다. 생성된 NC 코드는 금형랜드부 방전용전극을 가공하고, 금형랜드부의 길이차를 가공할 방전용전극의 3축 M/C(머시닝센터)가공용 NC 코드를 생성시킨다. AutoCAD 데이터를 NC 데이터화하는 프로그램은 이미 상용화되어 있으나, 평금형의 금형랜드부 가공을 위한 방전용전극의 3축 NC 가공데이터를 얻는 프로그램은 개발되어 있지 않다. 본 연구에서는 이미 상용화되어 있는 프로그램 뿐만 아니라 3축 NC 데이터를 얻는 프로그램까지 일련의 모든 과정을 전산 자동화하여 평금형제작 기술을 향상시키코자 한다.

2. 본 론

본 연구에서는 압출용 평금형의 와이어컷 방전 가공용 NC 코드 생성을 위하여 AutoCAD의 DXF 파일을 이용하여 도형에 대한 정보를 입력한다. 이어서 공구가 소재에 처음으로 접촉할 때 소재에 흠집을 내지 않도록 하는 접근방법(Approach method)으로 직선(Line)과 원호(Arc) 2종류의 접근방법이 가능하도록 하였으며, 가공조건과 가공명령을 주어 공구경로 데이터(Data)를 산출하도록 한 후, 이를 NC 코드로 변환할 수 있도록 하였다. 압출용 평금형의 NC 코드생성 순서는 첫째로, AutoCAD 상에 그려진 도면에서 압출용 평금형의 와이어컷 방전가공용 NC 코드를 생성한다. 둘째로, 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷 방전가공용 NC 코드를 생성한다. 셋째로, 방전용전극의 높이차를 가공하는 NC 코드를 생성하고, 생성된 NC 코드를 확인하는 시뮬레이션(Simulation) 과정을 거치도록 하였다. Fig. 1 은 본 시스템의 흐름도(Flowchart)를 나타낸 것이다.

2.1 AutoCAD와의 연결프로그램

산업이 발달함에 따라 수작업에 의한 기존의 도면 작성은 CAD(Computer Aided Drafting)를 이용한 도면 작성으로 변화하였다. 이러한 CAD 프로그램중 하나인 AutoCAD를 이용하여 사용자가 도면을 그리는 경우 대부분의 사용자들은 AutoCAD의 다양한 기능을 이용하여 자신의 취향에 맞게 도면을 그린다. 이 때 생성된 DXF 파일의 데이터는 본 시스템에서 사용하기에는 적합하지 않으며, NC 가공에 적합한 연속적인 데이터가 아니다. 그러므로 사용자가 원하는 NC 코드를 얻기 위해서는

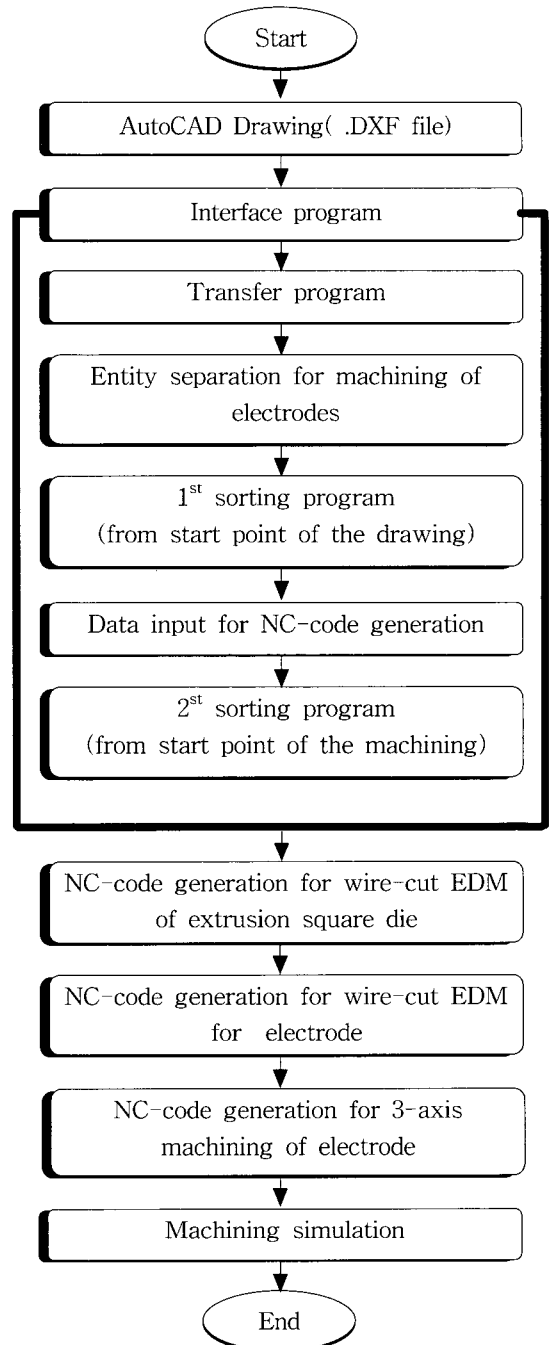


Fig. 1 Flowchart of the CAM system

AutoCAD와 본 시스템을 연결해주는 프로그램이 필요하다.

본 시스템의 연결프로그램에는 AutoCAD의 데이터를 본 시스템에서 사용이 가능하도록 하는 데이터 변환 프

로그램(Data transfer program)과 데이터를 연속적으로 만들어주는 정렬(Sorting)프로그램이 포함되어 있다.

2.1.1 데이터 변환 프로그램

데이터 변환프로그램은 사용자가 AutoCAD에서 그린 도면의 DXF(Drawing interchange format) 파일을 이용하여 본 시스템에서 사용이 가능한 선과 원호의 요소(Entity)로 변환시켜 저장한다.

이다. 선은 시작점(S_x, S_y), 끝점(E_x, E_y) 네 개의 값을 가지고, 원호는 시작점(S_x, S_y), 중심점(C_x, C_y), 반지름(R), 원호의 시작각도(θ_s), 끝각도(θ_e) 일곱 개의 데이터로 나타낸다. 위 데이터는 사용자가 임의의 순서로 그린 도면의 DXF 파일을 변환하였으므로 요소들은 서로 연속적이지 않다. 따라서 2.1.3절의 정렬과정을 거쳐야 한다.

2.1.2 랜드부 방전용전극의 높이차 가공을 위한 요소분할

압출용 평금형의 전극에 압출시 유동(Flow)을 조절하는 금형랜드부의 가공을 위해서는 랜드부의 길이차만큼 전극의 높이차(Offset)를 부여하여야 한다. 기존의 방법으로 가공하는 경우 소재의 절단, 금 긋기, 밀링가공, 다듬질 등의 복잡한 공정을 거쳐 가공하였다. 본 연구에서는 3축 M/C를 이용하여 방전용전극을 가공하므로 정밀하고 신속한 방법으로 제작할 수 있다. 금형랜드부를 가공하기 위한 방전가공용 전극의 NC 코드 생성을 위해 먼저 AutoCAD 상에 그려진 압출용 평금형의 요소를 동일한 금형랜드의 길이로 구성하는 부분으로 분할한다. 분할한 요소마다 Z축 방향으로 금형랜드부 길이 만큼의 높이차를 준다.

Fig. 2 A square die using AutoCAD

Fig. 2 는 AutoCAD에 그린 압출용 평금형을 나타낸 것으로 위 도면을 DXF 파일로 저장하여 NC 코드를 생성하게 된다. Fig. 2 의 각 요소의 연결부분에 있는 작은 원은 요소간의 구분을 쉽게 하기 위하여 표시한 것이다.

Table 1 Output from transfer program

	Sx,	Sy	Ex	Ey			
L	0.000	0.000	50.000	0.000			
L	50.000	40.000	48.000	40.000			
	Sx	Sy	Cx	Cy	R	θ_s	θ_e
A	50.000	48.000	48.000	37.000	3	90	180
L	50.000	0.000	50.000	40.000			
L	45.000	37.000	45.000	10.000			
L	2.000	40.000	0.000	40.000			
A	5.000	37.000	2.000	37.000	3	0	90
L	0.000	40.000	0.000	0.000			

Table 1 은 Fig.2의 AutoCAD DXF 파일에 대하여 변환프로그램을 실행하여 생긴 선(L)과 원호(A)의 데이터



Fig. 3 Entity separation for machining of electrodes

Fig. 3에서 전극의 높이차를 부여할 곳의 요소인 ①을 선정하고, 높이차가 있는 곳 ②를 선정하면 요소 ①은 둘로 나누어지게 된다. 나누어진 요소의 각각에 대하여 전극의 높이차를 입력하면 요소는 금형랜드부의 길이 만큼 높이차를 가지게 된다.

Fig. 4는 선택한 요소에 Z축 방향(공구축방향)으로 금형랜드부 길이 만큼의 높이차를 부여시키는 과정을 나타

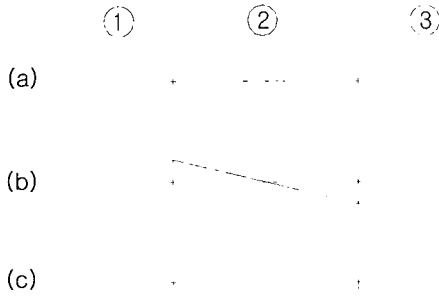


Fig. 4 Offset for machining of die land

내었다. (a)와 같이 요소를 나누어 ①, ②, ③으로 분리되었다고 가정한다. ①의 높이와 ③의 높이차가 나면 (b)의 ②와 같이 전극은 Taper 형상이 된다. ①, ②, ③의 각각의 요소에 다른 높이차를 부여하면 (c)와 같이 전극의 형태가 직각이 된다. 이와 같은 방법으로 압출형상의 외형선을 따라가면서 전극의 높이차를 주어 2.3 절의 3축 M/C 가공을 위한 준비를 완료한다.

2.1.3 데이터 정렬프로그램

AutoCAD의 DXF 파일을 변환하여 얻은 데이터는 NC 가공하기에 적합한 연속적인 데이터가 아니다. 따라서 본 시스템은 사용자가 원하는 NC 코드를 생성하기 위하여 두 번의 정렬과정을 거치게 된다. 1차 정렬에서는 사용자가 그리기 시작한 요소를 기준으로 요소들을 정렬한다. 1차 정렬이 끝나면 NC 가공을 위한 조건으로 공구가 공작물에 접근하는 방법과 가공방향을 정의한다. 본 시스템에서는 공구의 접근방법으로 선(Line) 접근방법과 원호(Arc) 접근방법 두 가지 경우를 정의하였고, 가공방향은 시계방향(CW) 또는 반시계방향(CCW)에 대하여 정의하였다. 2차 정렬은 1차 정렬 후 주어진 NC

Table 2 Output from 1st sorting program

L	0.000	0.000	50.000	0.000			
L	50.000	0.000	50.000	40.000			
L	50.000	40.000	48.000	40.000			
A	50.000	48.000	48.000	37.000	3	90	180
L	45.000	37.000	45.000	10.000			
;							
A	5.000	37.000	2.000	37.000	3	0	90
L	2.000	40.000	0.000	40.000			
L	0.000	40.000	0.000	0.000			

가공조건에 따라 가공하고자 하는 방향으로 정렬한다. 두 번의 정렬과정이 끝나면 NC 코드를 생성한다.

Table 2는 변환프로그램을 실행하여 생성된 데이터를 이용하여 사용자가 그리기 시작한 요소를 기준으로 1차 정렬하여 연속적인 데이터 결과를 나타내었다.

Table 3은 가공데이터 정렬방향의 역방향으로 NC 가공하고자 하는 경우 NC 가공방향으로 2차 정렬된 결과를 나타낸 것이다. 이렇게 2차 정렬까지 된 데이터를 이용하여 NC 코드를 생성하게 된다.

Table 3 Output from 2nd sorting program

L	0.000	0.000	0.000	40.000			
L	0.000	40.000	2.000	40.000			
A	2.000	40.000	2.000	37.000	3	90	0
;							
A	45.000	37.000	48.000	37.000	3	180	90
L	48.000	40.000	50.000	40.000			
L	50.000	40.000	50.000	0.000			
L	5 0.000	0.000	0.000	0.000			

2.2 압출용 평금형과 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷 방전가공을 위한 NC 코드 생성

압출용 평금형과 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷 방전가공을 위한 NC 코드를 생성하기 위해서는 AutoCAD 상에 그린 압출용 평금형과 DXF 파일을 이용하며, 정렬 작업 또한 동일하다. 하지만 NC 코드 생성을 위해 가공조건을 입력할 때에는 공구의 보정방향을 반대로 입력해야 한다.

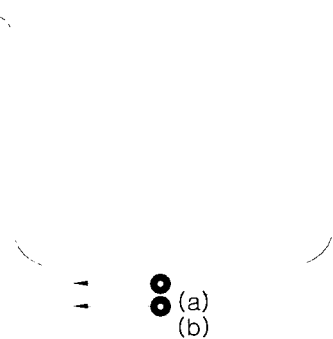


Fig. 5 (a) Wire-cut EDM of square dies (b) Wire-cut EDM of electrodes

Fig. 5(a)는 압출용 평금형을 가공할 때 공구의 보정방향을 공구 진행방향의 오른쪽으로 준 경우를 보여준다. Fig. 5(b)는 금형랜드부 방전용전극 가공할 때 공구의 보정방향을 공구 진행방향의 왼쪽으로 준 경우를 보여준다. 공구반경보정 코드는 양각(Island)가공이므로 공구의 진행방향이 반시계방향이면 G42 코드, 공구의 진행방향이 시계방향이면 G41 코드로 공구반경보정이 되도록 하였다. 공구의 보정방향이 정해지면 정렬된 데이터를 이용하여 압출용 평금형과 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷 방전가공을 위한 NC 코드를 생성한다.

2.3 금형랜드부 방전용전극의 3축 M/C가공을 위한 NC 코드 생성

금형랜드부 방전용전극의 3축 M/C 가공을 위한 NC 코드생성을 위해서는 2.1.2절에서 언급한대로 먼저 AutoCAD상에 그려진 압출용 평금형의 요소를 동일한 금형랜드의 길이로 구성하는 부분으로 분할하고, 분할한 요소마다 Z축 방향으로 금형랜드부 길이 만큼의 높이를 주어야 한다. 이렇게 각 요소마다 Z축 방향으로 높이가 주어지면 압출용 평금형 가공에 사용된 NC 코드에다가 Z축 방향으로 이송하는 NC 코드를 추가하여 3축 M/C가공을 위한 NC 코드를 생성한다.

2.4 공구경로 시뮬레이션

본 연구에서는 AutoCAD에서 생성된 도면을 이용하여 NC 코드를 생성하고, 생성된 NC 코드가 사용자가 원하는 대로 되었는지를 검증하기 위하여 시뮬레이션 과정을 포함시켰다. 시뮬레이션은 생성된 NC 코드의 G01, G02, G03 코드를 이용하여 컴퓨터 화면에 그래픽(Graphic)으로 나타내어 사용자가 쉽게 눈으로 확인 가능하도록 하였다. 이 때 생성된 NC 코드를 이용하여 시뮬레이션 하려면 공구가 이동하는 시작점과 끝점이 필요하다. G01 코드인 경우는 단지 선으로 시작점과 끝점을 연결한다. 하지만 G02, G03 코드인 경우는 원호의 반경방향의 공구 이동을 나타내기 위하여 원호의 시작점, 중심점, 끝점이 이루는 사이각이 필요하다. 다음은 시작점과 중심점과의 거리를 A, 끝점과 중심점과의 거리를 C, 시작점과 끝점과의 거리를 B라 할 때 사이각 θ 는 식(1)에 의해 구한다.

$$\theta = \cos\left(\frac{A^2 + C^2 - B^2}{2AC}\right)^{-1} \quad (1)$$

위에서 구한 θ 와 시작점, 끝점을 이용하여 공구의 이동점을 구한 후 NC 코드 가공 시뮬레이션을 한다.

3. 결과 및 토론

본 연구에서는 AutoCAD 상에서 그려진 압출용 평금형을 와이어컷방전가공으로 가공하기 위한 NC 코드의 생성, 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷방전가공을 위한 NC 코드생성 및 그 높이차 가공을 위한 3축 M/C가공용 NC 코드를 생성하였다. 그리고 개발한 CAM 시스템의 타당성을 검토하기 위하여 \cap 형상에 대하여 적용해 보았다.

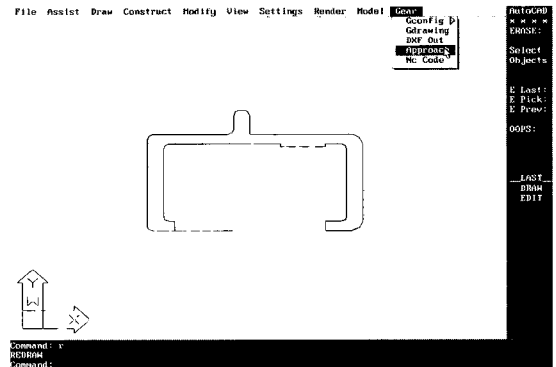


Fig. 6 \cap section using AutoCAD

Fig. 6은 AutoCAD 상에 \cap 형 압출용 평금형을 그린 후 Line 접근방법을 선택하여 나타낸 것이다.

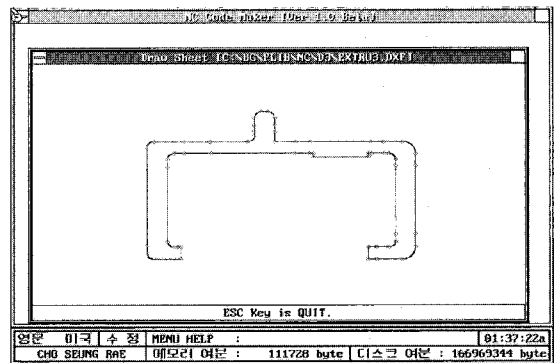


Fig. 7 \cap section by DXF file

Fig. 7은 입력된 \cap 형상 DXF 파일의 내용을 그래픽으로 나타낸 것이다. 요소간의 연결점은 쉽게 구분하기 위

하여 작은 원으로 표시하였다.

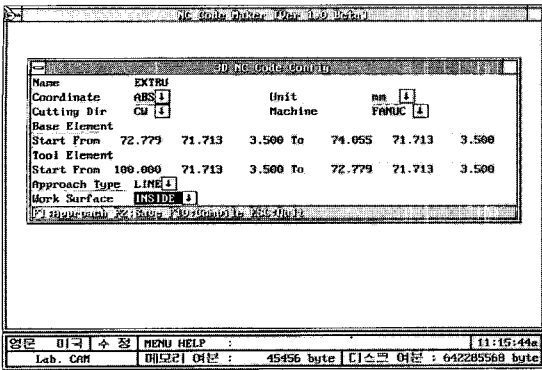


Fig. 8 Data input for U section

Fig. 8은 NC 코드 생성을 위한 사용자 조건을 입력하는 대화창으로 작업명, 사용단위, 가공방향, 공구의 출발점, 가공시작점, 공구접근방법, 공구의 보정방향을 입력한다.

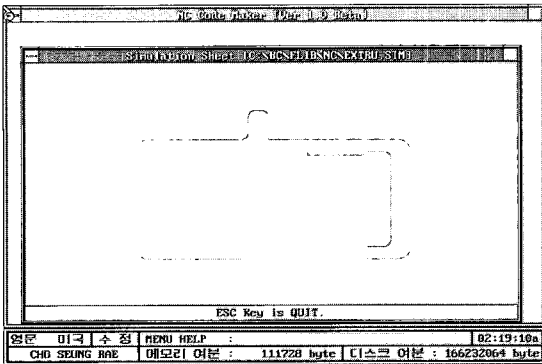


Fig. 9 Simulation of U section

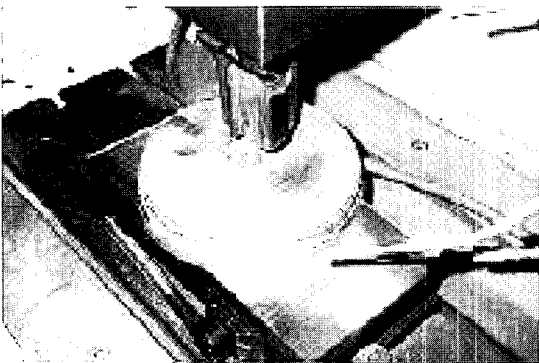


Fig. 10 EDM for die land of U section

Fig. 9는 U형상이 입력된 조건에 의하여 가공되는 과정을 시뮬레이션 한 것이다.

Fig. 10은 위 과정으로 생성된 NC 코드를 이용하여 가공한 금형랜드부 방전용전극으로 U형상의 금형랜드부를 방전가공하고 있는 과정을 나타낸 사진이다.

위와 같이 제작된 압출금형은 정밀한 제품을 생산할 수 있으며, 기존의 금형제작공정으로 20시간 이상 걸리던 작업을 본 연구의 방법으로 한 경우 6시간 이내로 작업시간을 단축할 수 있었다.

4. 결론

연구에서는 AutoCAD 데이터를 NC 데이터화하는 프로그램뿐만 아니라 평금형의 금형랜드부 가공을 위한 방전용전극의 3축 NC 가공 데이터를 얻을 수 있는 일련의 모든 과정을 전산화 시켰으며, 수행된 압출용 평금형의 CNC 가공 S/W 개발에 관한 연구 내용은 다음과 같다.

- (1) AutoCAD DXF 파일을 이용하여 NC 코드를 얻을 수 있는 연결프로그램을 개발하였다.
- (2) 설계된 금형을 가공할 수 있는 와이어컷방전가공을 위한 NC 코드 생성 프로그램을 개발하였다.
- (3) 금형랜드부 방전용전극의 와이어컷방전가공을 위한 NC 코드 생성 프로그램을 개발하였다.
- (4) 금형랜드부 방전용전극의 3축 M/C 가공을 위한 NC 코드 생성 프로그램을 개발하였다.
- (5) 기존의 금형제작 방법으로 평금형을 가공할 때 20시간 이상 걸리던 작업시간이 6시간 이내로 단축되었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터와 한국생산기술연구원의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- (1) Watts. G. A., 1974, 4th BNF Computer Conference, Birmingham.
- (2) Purnell. C, Males. D, 1980, Light Metal Age, pp.12~15.
- (3) Billhardt. C. F, Nagpal. V, Altan. T, May. 1978, SME MS78-957.

- (4) Nagpal. V, Billhardt. C. F, Altan. T, 1977, Int. Aluminum Extrusion Technology Seminar, Atlanta, pp.15~17.
- (5) 최재찬, 김병민 외 5 인, 1990, “알루미늄합금 형재의 열간압출 금형설계 자동화에 관한 연구”, 한국정밀 공학회지 7권 3호, pp.26.
- (6) Farin, 1988, “Curves and surface for computer aided geometric design”, Academic press.