

# CAD/CAM/CNC를 활용한 금형제작 기술

이 종 선\*

## Die Production Technology Using CAD/CAM/CNC

Jong-Sun Lee\*



### 1. 서 론

금형산업의 발전이 현대공업의 필수적인 요소이며 대량 생산 수단의 첩경임에도 불구하고 그 실정에 있어서 영세성을 벗어나지 못하고 있는 점은 고도성장을 지향하고 있는 우리나라 공업분야가 지닌 커다란 문제점이라 할 수 있다. 이러한 영세성을 벗어나지 못하는 가장 큰 이유중 하나가 금형산업의 소형화, 경량화 및 고속화의 경향에 따른 금형설계의 표준화가 아직 갖추어지지 않아서이다. 특히 금형의 꽃이라고 하는 순차이송금형은 표준화가 절실히 요구되는 금형중의 하나이다. 먼저 순차이송금형이란 프레스에서 가공할 소재를 연속적으로 이송시키면서 여러공정을 거쳐 하나의 제품으로 가공하는 금형을 말하며 일반적으로 프로그래시브 금형(Progressive Die)을 뜻하나 넓은 의미로는 트랜스퍼 금형(Transfer Die)을 포함하여 순차이송금형이라 한다. 순차이송금형에서는 단순한 부품

은 물론이고 복잡한 부품이라도 재료가 순차적으로 금형을 통과하는 동안 원하는 제품의 형상으로 가공된다. 따라서 순차이송금형은 단일 프레스 금형과 달리 여러 가지 목적의 단일 프레스 금형을 조합한 금형이므로 제작에는 고도의 기술과 기능 및 높은 생산비가 소요되지만 대량생산 또는 지속적인 양산제품에 적용하면 이익이 크다. 그러나 이러한 가공의 대부분이 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여 컴퓨터를 이용한 설계(CAD) 및 가공자동화(CAM)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1971년 Shaffer<sup>(1)</sup>가 PDDC(Progressive Die Design by Computer)를 개발하였으며 Fogg<sup>(2)</sup>등은 다이-레이아웃에 영향을 미치는 여러 가지 요소들을 고려한 개선된 PDDC 시스템을 개발하였다. 그러나 이 시스템의 단점은 반자동이고 긴 공정시간이 소요된다는 것이다. 그후 Shibata<sup>(3)</sup>등은 블랭크-레이아웃과 다이-레이아웃의 화면출력만을 목

\* 대전대학교 기계설계공학과

적으로 하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였다. 또한 금형 제작과정에서 많은 시간과 인력을 필요로 하는 공정 및 금형설계에 있어서 컴퓨터의 정확하고 신속한 처리로 설계시간 단축을 통한 생산성 향상이 요구되며, CAD 데이터를 활용하여 금형 부품의 가공을 수행할 수 있는 CAM 시스템의 개발이 시급히 요청되고 있다.

따라서 본 해설에서는 CAD/CAM/CNC를 활용한 금형 제작 기술을 소개하기 위하여 순차이송금형의 제작과정과 자동차 시트 금형의 제작과정을 예로 들어 설명한다. CAD/CAM/CNC를 활용하는 금형제작 과정은 이미 개발된 CAD 시스템을 활용하여 설계자가 직접 설계하고 설계된 도면에서 가공하고자 하는 부분을 추출하여 CAM 시스템으로 전송한다. 전송되어진 CAD 데이터는 데이터 변환 모듈을 통하여 CAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태로 변환되어진다. 이 변환되어진 데이터를 다시 재인식시켜 NC 가공 데이터를 자동으로 생성시키고 생성된 NC 가공 데이터를 CNC 공작기계에 전송하여 금형제작의 가공자동화를 실현시킬 수 있는 DNC(Direct Numerical Control)를 구현한다.

## 2. 시스템의 구성

본 해설에서 구축된 시스템은 CAD/CAM/CNC 부분으로 나뉘어져 있다. 먼저 CAD 부분은 직접드로잉 부분과 각각의 부분으로 나뉘어져 있고, CAM 부분은 데이터변환 모듈, 모델링 모듈, 포스트프로세스 모듈로 나뉘어져 있다.

그리고 시스템은 하나의 환경에서 실행되며 각 모듈들이 규칙과 데이터 베이스를 공유하므로 수행 중에 시스템을 중단하지 않고 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있고, 이 시스템을 구성하는 모듈의 기능적인 설명은 Fig. 1과 같고 순차이송금형을 제작하기위한 전체적인 흐름도는 Fig. 2와 같다.

프레스 금형의 설계에서 먼저 금형제품이 어떤 형상으로 가공이 이루어져야 하는가를 판가름하기 위하여 먼저 Layout을 생각하고, 설계에서 필요한 식을 이용하여 계산한 값을 토대로 하여 설계한다.

그리고 데이터변환 모듈에서 CAD상의 데이터를 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태의 데이터로 변환하여 그 결과를 모델링 모듈로 넘긴다. 모델링 모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 데이터변환 모듈을 통하여 변환된 형상인식 가능한 데이터를 이용하여 2.5차원 모델링을 수행하여 공구경로를 지정하고, 그 결과를 프스

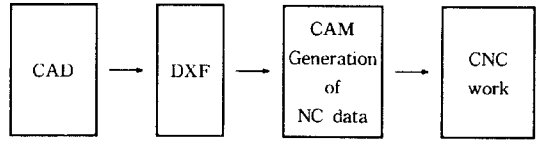


Fig. 1 Configuration of CAD/CAM/CNC system

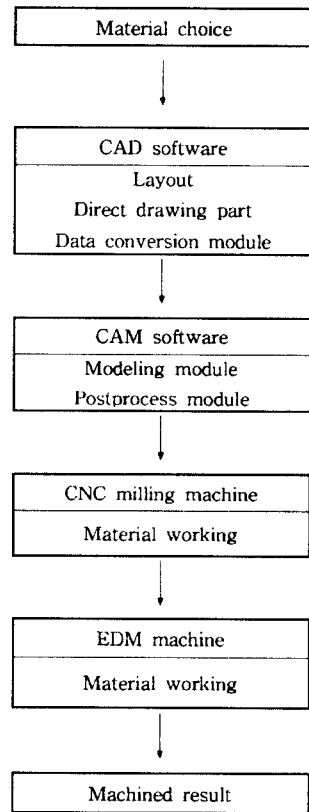


Fig. 2 Flow chart of CAD/CAM/CNC system

트프로세스 모듈로 넘긴다. 포스트프로세스 모듈에서는 기계의 작업조건과 가공조건을 판단하여 가공작업에 적합한 NC 가공 데이터를 생성시킨다. 이러한 시스템을 구성하는 각 모듈들의 기능적인 설명을 간략히 서술한다.

### 2.1 직접 드로잉 부분(Direct drawing part)

직접 드로잉이란 설계자가 여러가지 계산식을 이용하여 CAD 패키지를 활용하여 직접 드로잉을 하는것을 뜻하며, 이러한 패턴을 선택한 이유는 금형설계시 여러가지 변수

가 많은데 아직까지 이러한 변수를 충족시킬 만한 소프트웨어 개발이 안되어 직접 드로잉방법으로 설계를 하였다. 이 직접 드로잉부분(표준부품 드로잉은 제외)에서는 금형의 전체적인 조립도와 상형과 하형의 부분 조립도 그리고 각각의 플레이트를 설계하였다.

**2.2 데이터변환 모듈(Data conversion module)**

데이터변환 모듈은 CAD 소프트웨어를 이용하여 설계한 도면에서 가공하고자 하는 부분을 DXF (Data Exchange File)형식의 파일로 변환시켜 CAM 소프트웨어 환경에서 인식가능한 상태로 변환하는 방식을 말하며, 이 모듈에서는 도면의 탭핑, 드릴링, 카운터 보링 부위를 DXF 형식으로 변환하는것을 시도하였다.

**2.3 모델링 모듈 (Modelling module)**

모델링 모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 데이터변환 모듈을 통하여 변환되어진 설계도면의 데이터를 이용하여 2.5차원 모델링을 설정하고 공구경로를 지정하였다.

**2.4 포스트프로세스 모듈 (Postprocess module)**

포스트프로세스 모듈은 모델링 모듈에서 생성된 데이터를 이용하여 사용할 공구 및 가공조건 등의 정보를 입력시켜, CNC 가공 및 방전가공을 수행할 수 있는 NC 가공 데이터를 생성하는 것을 말하며, 이 모듈에서 생성된 NC 가공 데이터를 컴퓨터의 하드디스크나 플로피디스크로 저장하고 RS-232C 케이블을 이용하여 CNC 동작기계의로 연결을 용이하도록 하였다.

아래의 그림은 직접 드로잉시 상형과 하형 그리고 정면도에 나타난 조립 형상을 나타내었다.

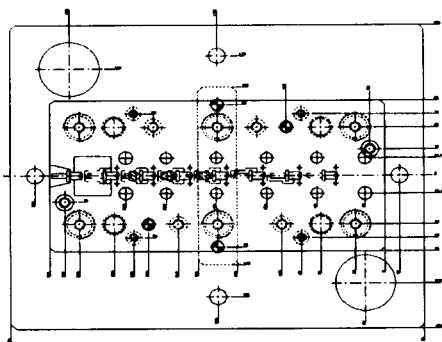


Fig. 3 Top part drawing of die block

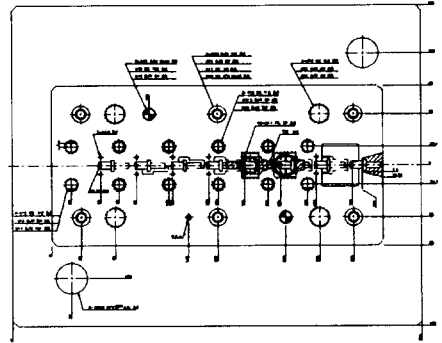


Fig. 4 Bottom part drawing of die block

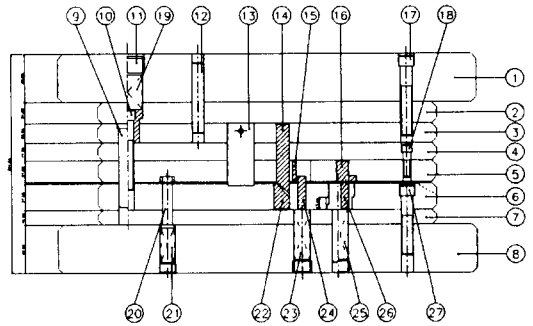


Fig. 5 Front part drawing of die block

**3. 시스템적용 및 고찰**

CAD/CAM/CNC를 활용한 순차이송금형 제작시 시스템의 각 모듈들에서 수행되어 출력된 결과들을 고찰하고자 한다.

**3.1 직접 드로잉 부분과 레이아웃의 검토**

Fig. 6과 같이 설계된 순차이송금형의 과정에서 Lay out을 토대로 검토한다.

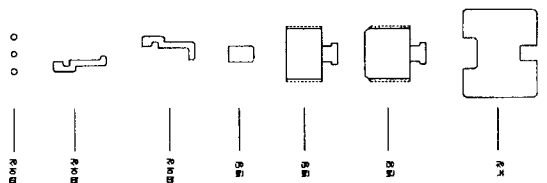


Fig. 6 Die block layout

이 모듈에서는 제품 사양에 맞는 계산식과 수치 등을 이용하여 굽힘 및 제품의 전개길이 등을 수식으로 정립화 하여 설계하였고, 순차이송금형의 설계시 사용된 계산식은 다음과 같다.

L형 굽힘가공력의 계산식은 다음과 같다.

$$P = \frac{1}{2}(P_a + P_p)$$

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{C_1}{3} \cdot b \cdot t \cdot \sigma_B + \frac{C_1 \cdot b \cdot t^2 \cdot \sigma_B}{3 \times L} \right) \quad (1)$$

$$\approx \frac{1}{3} b \cdot t \cdot \sigma_B + \left( \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \right) P_a$$

여기서  $P$ 는 가공력,  $P_a$ 는 다이의 압력,  $P_p$ 는 편치의 압력,  $C_1$ 은 계수,  $b$ 는 재료의 폭,  $t$ 는 소재의 두께를 나타낸다. 전단력의 계산식은 다음과 같다.

$$P = l \cdot t \cdot \tau \quad (2)$$

여기서  $P$ 는 전단력,  $l$ 은 전단길이,  $t$ 는 소재의 두께,  $\tau$ 는 재료의 전단강도를 나타낸다.

다이블록의 두께 계산식은 다음과 같다.

$$H = \sqrt[3]{P} \quad (3)$$

여기서  $H$ 는 다이블록의 두께,  $P$ 는 전단하중력을 나타낸다. 코일스프링의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{스트리핑력} = P \times (2.5 \sim 20\%) \quad (4)$$

여기서  $P$ 는 전단하중력을 나타낸다. 특히 스프링을 몇 개로 사용할 것인가는 스프링 하중력을 사용 스프링 수로 나누어서 사용한다.

이송피치 계산식은 다음과 같다.

$$P = l + b \quad (5)$$

여기서  $l$ 은 제품의 이송길이,  $b$ 는 이송잔폭을 나타낸다. 소재폭 계산식은 다음과 같다.

$$t = n + o + v + i \quad (6)$$

여기서  $n$ 은 노칭폭,  $o$ 는 뒤잔폭,  $v$ 는 블랭크 세로길이,  $i$ 는 내부잔폭을 나타낸다.

### 3.2 데이터변환 모듈 및 모델링 모듈에 적용

직접 드로잉 모듈에서 설계되어진 순차이송금형의 제품을 가공하기 위하여 데이터변환 모듈에서는 이 제품을

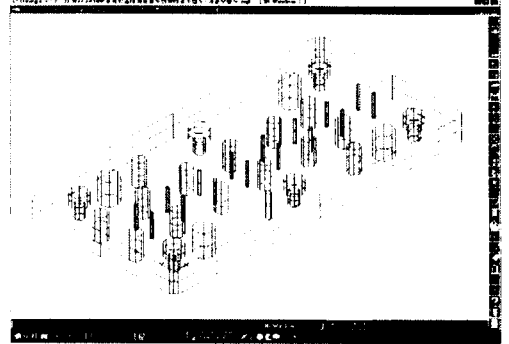


Fig. 7 Data conversion modeling

CAM에서 받아들이 줄 수 있도록 DXF 속성을 추출하여 CAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태의 데이터로 변환시킨다. 그리고 모델링 모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 3차원 모델링을 수행하여 공구경로를 지정하는데 이를 Fig. 7에 나타내었다.

### 3.3 포스트프로세스 모듈의 적용

포스트프로세스 모듈에서는 직접 드로잉 모듈에서 생성된 순차이송금형에 대하여 CNC 가공에 필요한 공구 및 가공조건과 금형 재료에 관한 데이터를 입력시키고, 입력된 조건으로 CNC 가공을 할 수 있는 NC 가공 데이터를 자동적으로 수행한다. 순차이송금형의 CNC 가공을 위한 입력사항을 Fig. 8에 나타내었고, 포스트프로세스 모듈에

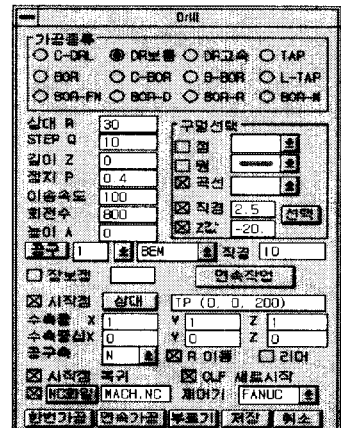


Fig. 8 Input data for CNC working of the die block

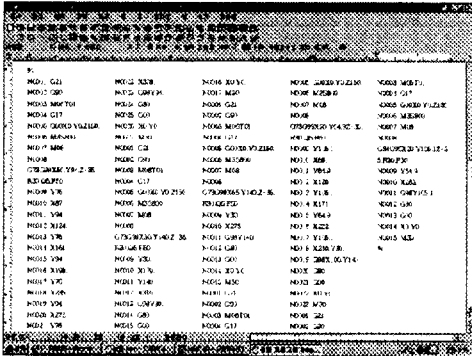


Fig. 9 NC data generated in postprocess module for the die block

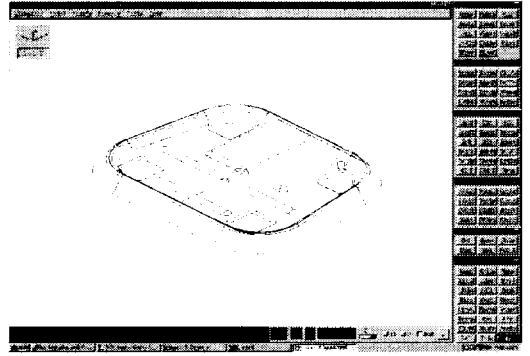


Fig. 11 CAD Modeling (Top)

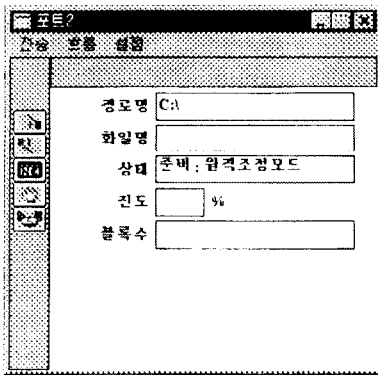


Fig. 10 Transfer data box for CNC working of the die block

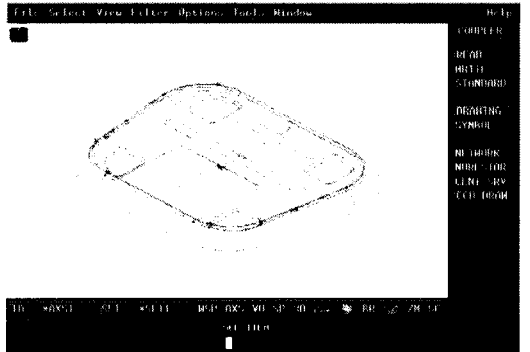


Fig. 12 CAD Modeling (Bottom)

서 수행되어 생성된 NC 가공 데이터를 Fig. 9에 나타내었다. 또한 생성된 NC 가공 데이터를 CNC 머시닝센터에 전송하기 위한 입력창을 Fig. 10에 나타내었다.

또한 자동차 시트 금형을 제작하기 위한 과정은 순차이송금형의 제작과정과 큰 차이는 없으나 설계시 3차원 유한요소해석 프로그램인 CATIA를 활용하였으며, NC 데이터 생성시 가공순서를 황삭가공, 정삭가공, 곡선가공, 잔삭가공의 순서에 따라 이루어지도록 함으로써 정밀가공에 의한 금형제작이 될 수 있도록 하였다.

### 3.4 자동차 시트 금형의 모델링

자동차 시트 금형의 제작에서 가장 중요한 제품의 모델링 작업은 CATIA 를 이용하여 수행하였으며 모델링 작업을 수행한 결과도면을 Fig. 11과 Fig. 12에 나타내었다.

### 3.5 데이터변환 모듈의 적용

CATIA로 모델링된 제품을 가공하기 위하여 CATIA 파일인 .model 이나 ZES(Z-master exchange specification), IGES(Initial graphics exchange specification)형태의 파일로 저장하여 CAM 소프트웨어인 Z-master에 불러들여 CAD 모델에 대해 데이터 변환 모듈 작업을 수행한다. 이때 CATIA에서는 모델이 정확히 드로잉 되었는지 치수를 한번 더 살피고, Z-master에서는 이 모델에 대한 형합검사 즉, 상형과 하형의 조합이 용이한지를 검사한다.

CATIA 모델에 대해 데이터변환 모듈을 적용시킨 결과를 Fig. 13과 Fig. 14에 나타내었다.

### 3.6 CAD 모델의 Master Model 생성

CATIA로 모델링된 모델을 Z-master 환경으로 불러들여 가공할 수 있는 모델에 대한 가상의 Master Model을 생성한다. 이를 Fig. 15과 Fig. 16에 나타내었다.

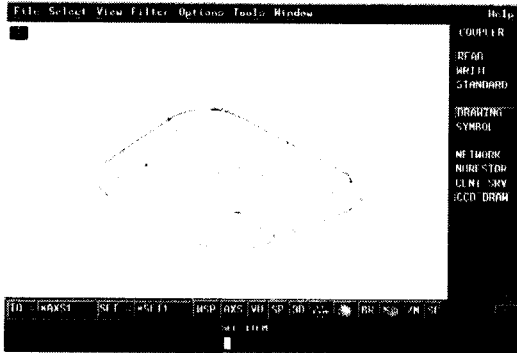


Fig. 13 Data Conversion Module (Top)

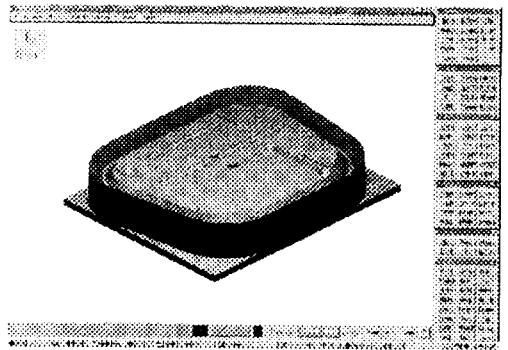


Fig. 16 Generation of Master Model (Bottom)

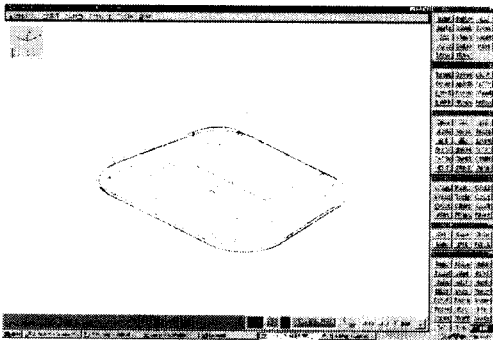


Fig. 14 Data Conversion Module (Bottom)

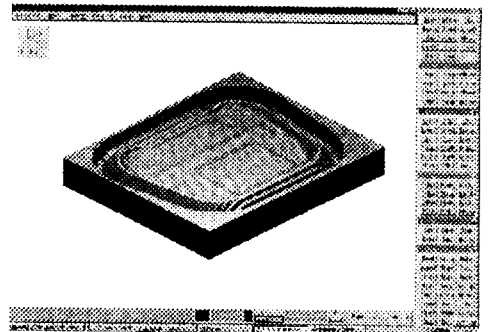


Fig. 17 Rough Working of Model (Top)

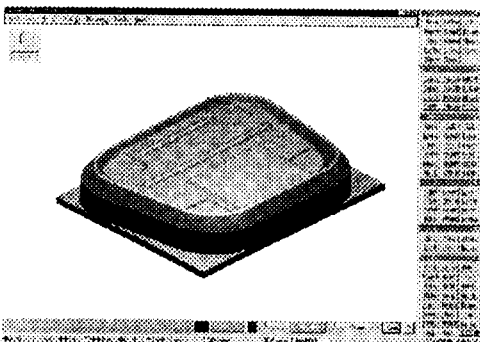


Fig. 15 Generation of Master Model (Top)

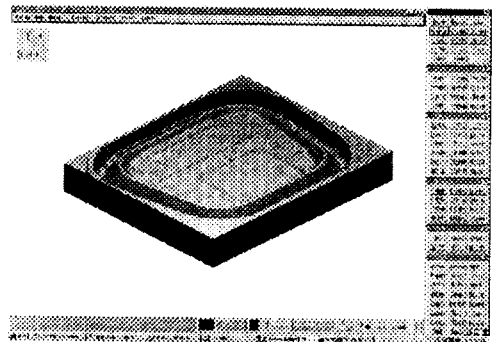


Fig. 18 Finish Working of Model (Top)

### 3.7 NC 데이터 생성과 시뮬레이션 측정

제품의 NC 데이터를 생성하는데 있어서 여러가지 방법이 있으며 대부분의 가공 순서는 황삭가공 → 정삭가공 → 곡선가공 → 잔삭가공의 순서로 행하여 진다. 따라서

이러한 작업을 프로그램 상에서 배치를 걸어 일괄처리 하였다. 제품의 각 단계에 대한 가공모델의 형상은 Fig. 17 ~ Fig. 24에 나타내었다.

가공에서 컴퓨터상의 시뮬레이션 측정은 황삭에서부터

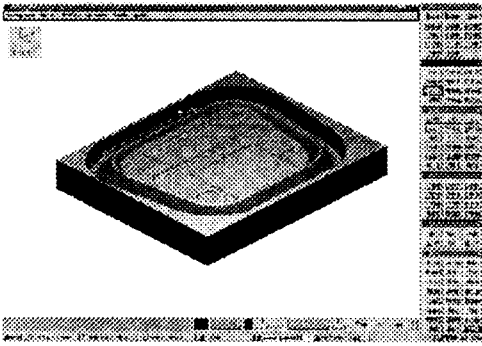


Fig. 19 Pencil Working of Model (Top)

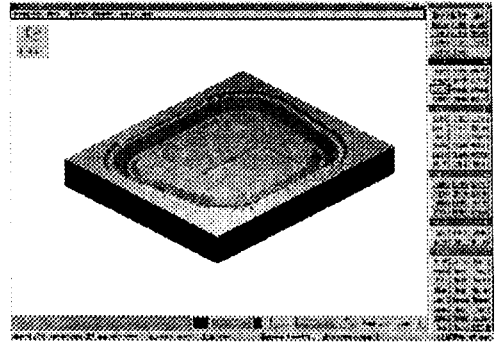


Fig. 22 Finish Working of Model (Bottom)

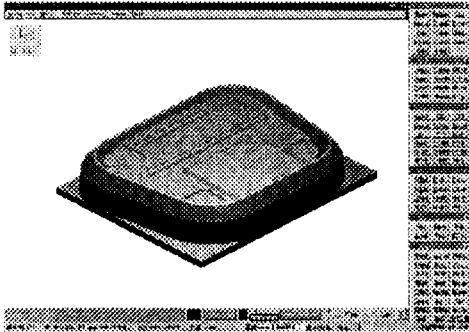


Fig. 20 Cleanup Working of Model (Top)

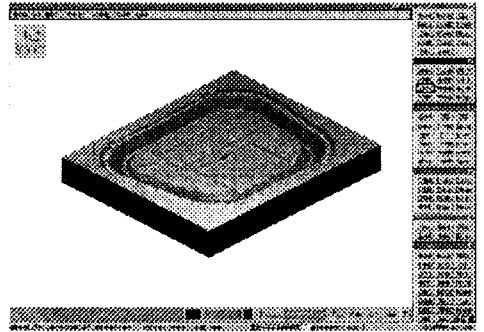


Fig. 23 Pencil Working of Model (Bottom)

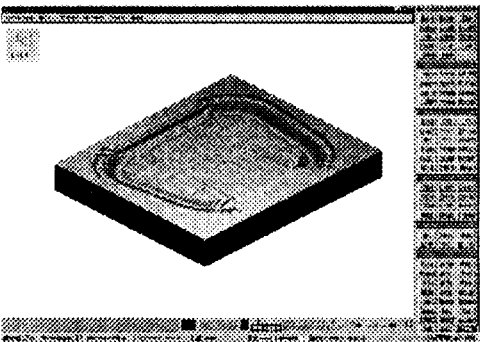


Fig. 21 Rough Working of Model (Bottom)

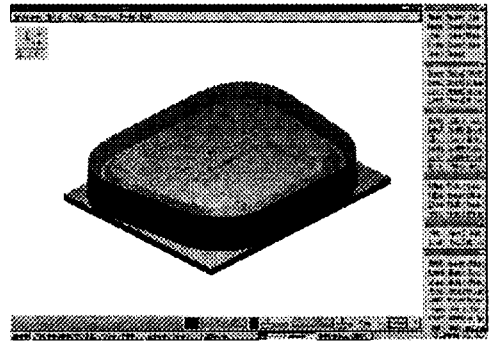


Fig. 24 Cleanup Working of Model (Bottom)

잔삭까지의 공정에서 생성된 NC 데이터를 가공 형상에 접목시켜 가공자가 원하는 부분이 잘 가공이 되었는지를 알아보는 과정이다. 이 과정은 가공하기 전에 과삭 및 미삭부위를 컴퓨터로 사전에 알 수 있어 시간절약 및 생산

성 향상에 크게 기여한다. NC 데이터가 체크된 형상을 Fig. 25~Fig. 26에 나타내었다. 또한 포스트프로세스 모듈의 적용과 CNC 동작기계에 전송하는 과정은 순차이송 금형의 제작과정과 동일하다.

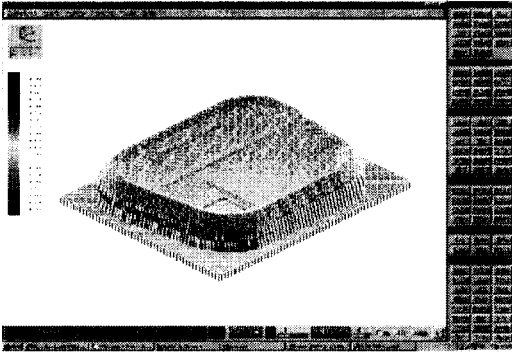


Fig. 25 Checked of Model (Top)

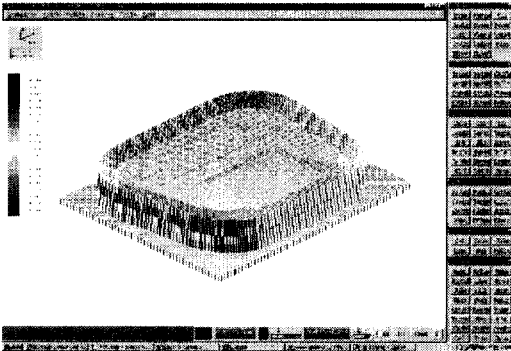


Fig. 26 Checked of Model (Bottom)

#### 4. 결과 및 고찰

순차이송금형의 제작과정을 자동가공하기 위하여 CAD/CAM/CNC 시스템에 적용한 결과를 평가하기 위하여 Fig. 7과 같은 제품형상 및 가공경로를 이용하여 DNC 시스템에 의한 가공을 수행한 경우와 기존의 방법을 이용하여 가공을 수행한 경우를 Table 1에 비교하였다. 두 방법의 가공시간을 비교하기 위하여 기존 작업에서의 시간 측정은 가공물을 고정된 후부터 측정하였으며, DNC 적용 작업에서의 시간 측정은 가공물의 원점을 체크한 후부터 측정하였다.

따라서 순차이송금형 제작시 CAD/CAM/CNC 시스템을 활용하면 CAD 부분에서는 다소 시간이 걸리는 반면 CAM 부분에서는 CAD 부분의 다이 레이아웃 모듈을 수행시킨 결과 설계시의 가공오류를 완벽하게 방지할 수 있었다. 또한 CAD/CAM/CNC를 활용하여 가공한 자동차

Table 1 Comparison of conventional method with DNC method

Dimension	Method	Conventional method(min)	DNC method(min)
φ 11		9	4.1
φ 19		6	2.8
φ 12		3	1.6
φ 4		3	1.4
φ 12.5		12	6.1
φ 14		6	2.7
M16 Tap		8	4.6

Table 2 Working Time

	Rough	Finish	Pencil	Cleanup
Top	38M 6S	4H 16M 21S	3M 24S	10M 16S
Bottom	41M 22S	4H 15M 1S	3M 27S	13M 3S

Table 3 Experimental Conditions

CAD Software		CATIA
CAM Software		Z-master, Omega
Ball End Mill	Rough	φ 16
	Finish	φ 10
	Pencil	φ 6
	Cleanup	φ 4
Tolerance		±0.01
NC Machine Tool		TONG IL (TNV 40AM)

시트 금형의 가공시간 및 사양을 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 참고로 가공시간의 측정은 컴퓨터상의 가공시간을 표현한 것이다.

#### 5. 결론

순차이송금형과 자동차 시트 금형의 제작시 CAD/CAM/CNC를 활용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

- (1) 컴퓨터의 코드에 의한 가공으로 가공자의 실수로 인한 오류를 제거할 수 있으며 숙련자와 미숙련자의 차이를 제거할 수 있다.
- (2) 컴퓨터에서 가공 데이터를 직접 전송하여 가공하므로 가공시간이 단축되어 생산성 향상이 이루어진다.



- (3) 여러가지 가공방법을 통하여 가공공정의 다양성을 측정할 수 있었다.
- (4) DNC 작업의 장점인 무인화 가공이 가능하였다.
- (5) 금형의 고정밀도를 확보할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- (1) G.Schaffer, "Computer design of progressive dies", Am. Mach, Vol. 22, pp. 73~75, 1971.
- (2) B.Fogg and Jameson, "The influencing factors in optimizing press tool die layouts and a solution using computer aids", CIRP Annuals, Vol. 24, pp. 429~434, 1975.
- (3) Y. Shibata and Y. Kunimoto, "Sheet metal

- CAD/CAM system", Bull. Jpn. Soc. Prec.eng., Vol. 15, pp. 219~224, 1981.
- (4) (주)큐빅테크, "Omega Reference Manual", 1995.
- (5) (주)큐빅테크, "Z-master Reference Manual", 1997.
- (6) 배종외, "머시닝센터 프로그래밍과 가공", 도서출판 황하, pp. 46~260, 1996.
- (7) (주)Ace-one, "CATIA Reference Manual", 1997.
- (8) 이종선, 이춘호, 하영민, "순차이송금형 제작시 DNC 적용", 한국공작기계학회 춘계학술대회, pp. 32~37, 1998.
- (9) 이종선, 남궁충, 이정윤, "CAM 프로그램을 이용한 연속주조 몰드의 공정 개선", 한국공작기계학회 춘계학술대회, pp. 228~234, 1998.