

## CAM 프로그램을 이용한 연속주조 몰드의 공정 개선

이 종 선, 남궁 충\*(대진대학교), 이 정 윤(삼척산업대학교)

### Process Improvement of Continuous Casting Mold using CAM Program

Jong-Sun Lee , Choung NamKung\* , Jeong-Youn Lee

#### Abstract

This study is object to process improvement of continuous casting mold. For process improvement of continuous casting mold using CAD, CAM software and CNC machining center. CAM software is purpose of G-code generation for CNC programming. Then CAM software and CNC machining center are connect to RS-232C cable.

Keywords : Continuous Casting Mold (연속주조 몰드), Process Improvement(공정 개선), Tool Path(공구 경로), Broad Face(장편), Narrow Face(단편)

#### 1. 서 론

현대 산업사회가 도입된 이래로 생산 현장에서는 생산성 향상을 위해 재료비 절감이나 자동화 기계에 의한 성력화, 인건비 절감을 통한 노동 생산성 등에 대해 연구하고 있다.

이러한 연구 중에서 특히 중요시되는 것이 자동화, 성력화, 무인화를 위한 생산 기술이며 대형화 공장들은 이미 이러한 체재를 구축하고 있다.

생산 현장에서 범용 공작기계를 사용하여 가공하는 작업자는 경험과 훈련에 따라 보다 나은 고능력, 고정밀 가공기술 및 기능을 얻게 된다. 그러나 이처럼 숙련자가 되려면 오랜 시간이 필요하다. 반면에 CNC 공작기계는 비교적 고정밀도면이나 능률면에서 요구되는 수준까지의 기술이나 기능을 빠른 시간안에 습득할 수 있다.

하지만 3차원(Three Dimension) 가공에 대해서는 작업자가 CNC 공작기계나 범용 공작기계로는 가공하기 힘들며 숙련기간이 많이 걸릴 수밖에 없다. 일반적으로 CNC 선반을 이용하여 작업하는 가공은 2차원(Two Dimension) 가공이 대부분을 이루

고, CNC 머시닝센터에서는 2.5차원 가공을 하는 것이 일반적인 추세이다.

3차원 제품의 프로그램에 있어서는 작업자가 범용 공작기계에서 가공하거나, CAM 프로그램을 사용하지 않고 작업자가 직접 CNC 공작기계에서 프로그램에 의해 가공하는 것은 많은 시간이 소요된다. CNC 머시닝센터를 이용한 3차원 가공을 하기 위해서는 CNC 머시닝센터에 Rotary Table 등 몇 가지 옵션 장치를 부착하거나 치공구를 이용할 수 있지만 극히 제한적일 수밖에 없다.

본 논문에서는 CAM 프로그램을 사용하여 3차원 자유 곡면인 연속주조 몰드를 제작하는 프로그램을 3차원 CAM 프로그램인 Z-master를 활용하여 가공 방식에 따른 시간의 차이를 계산하고, 이를 이용하여 CNC 머시닝센터에서 연속주조 몰드를 가공할 수 있는 프로그램을 만든다. 또한 프로그램을 검증하여 최적 공정을 개발하고 연속주조 몰드의 가공 시간을 단축하는 것이 목적이다.

연속주조법이란 용탕을 연속적으로 주조하여 빌릿(Billet) 등을 제작하는 주조법으로서 생산성이 매우 높은 가공방법이며 현재 국내의 제강, 제철업체에서 광범위하게 사용되고 있다.

연속주조법은 용탕을 저장장에서 주입하여 도관을 통하여 몰드안에 일정 속도로 유입하는 성형

방법으로서 도관 입구는 항상 용탕 표면보다 아래에 위치하므로 산화물이 생기지 않는 장점이 있다. 연속주조 몰드안에서 응고한 빌릿은 몰드를 하강시키면 롤러(Roller)에 물려 들어가며 강하하는 방식으로 몰드의 개폐 시간을 조정하여 연속적으로 주조할 수 있으므로 연속주조 몰드의 설계와 제작은 매우 중요하다.

## 2. 연속주조 몰드의 시뮬레이션

본 논문에서 연속주조 몰드의 제작에 필요한 CNC 머시닝센터의 프로그램을 만드는 과정은 Fig. 1과 같다.

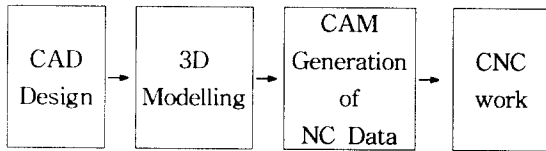


Fig. 1 Configuration of CAD/CAM/CNC system

### 2.1 가공 방식에 따른 가공 시간

연속주조 몰드를 가공하기 위해 가공조건, 기계 사양, 도면, NC 파일 등과 같은 데이터를 수집한다. 장편(Broad Face)의 가공 조건은 전체를  $\phi 25$ 의 엔드밀로 하향 절삭하고  $\phi 16$ 의 엔드밀로 다시 남은 R16 부분을 가공한다. 가공시 CNC 머시닝센터의 회전수는 700rpm이고 절삭속도는 800m/s로 한다.

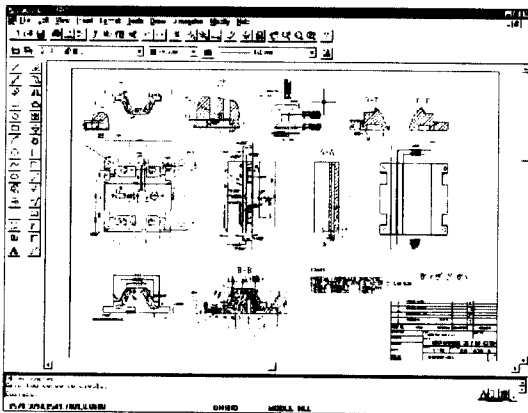


Fig. 2 CAD drawing of broad face

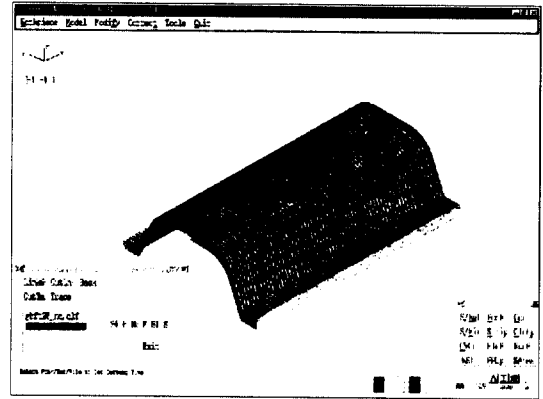


Fig. 3 Working time of broad face

기존 회사에서 사용하는 Fig. 2의 CAD 도면과 연속주조 몰드 CNC 프로그램 파일에서 Cv파일(곡선 데이터 파일)을 만들고 이를 이용하여 3차원 CAM 프로그램인 Z-master에서 전체 가공 시간을 Fig. 3과 같이 산출한다.

장편의 R16 부분을  $\phi 16$ 의 엔드밀을 이용하여 가공 방식을 Single방식과 Zigzag방식으로 변환하여 가공한 시간을 Z-master에서 Fig. 4와 같이 계산해 보면 Table 1과 같다. Table 1에서 알 수 있는 것과 같이 가공방식의 변화에 의해서는 가공 시간의 변화가 일어나지 않는다.

Table 1 Time of working method

| Working method | Time     |
|----------------|----------|
| Single method  | 1H21M44S |
| Zigzag method  | 1H21M44S |

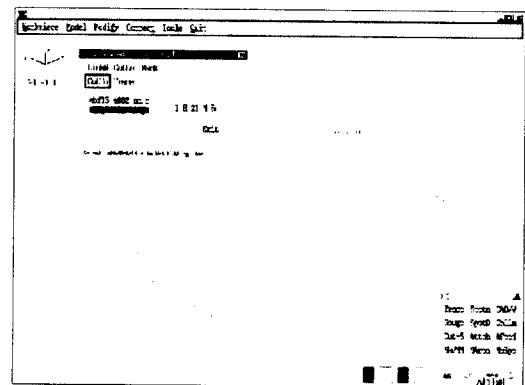


Fig. 4 Working time of broad face for R16 section

여기서 Single방식이란 가공시 가공 방향이 line 을 같은 방향으로 가공하는 방식이고, Zigzag방식 이란 상·하향절삭을 번갈아 가면서 가공하는 방식이다.



Fig. 5 Single method

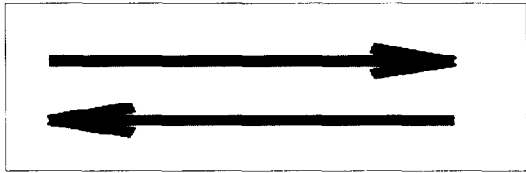


Fig. 6 Zigzag method

이와 같이 가공방향의 변화를 주는 방법은 프로그램 상에서 급속 이송이 차지하는 시간이 작기 때문에 효과를 얻을 수 없다. 그러므로 기존의 모델로는 가공 시간의 단축이 어렵다고 판단되어 가공 시간을 단축할 수 있는 방법으로 다음과 같이 AutoCAD를 활용하여 도면을 수정하였다.

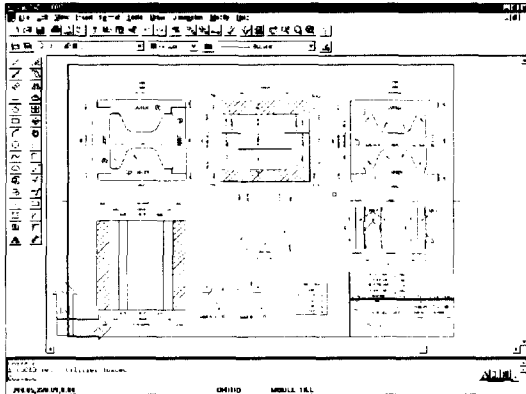


Fig. 7 CAD drawing correction of broad face

연속주조 몰드의 장편은 inner와 outer로 되어 있고, 단편(Narrow Face) 역시 Right와 Left로 구성되어 있다. 따라서 프로그램은 4개의 장,단편을 CAM 프로그램인 Z-master를 이용하여 각각 프로그래밍 하였다.

본 논문에서는 장편의 형상을 Fig. 7과 같이 수정

하고, 단편은 기존의 것을 사용하였다. 단편을 수정하지 않은 이유는 CNC 머시닝센터에서 가공되는 부분이 적기 때문이다.

앞의 과정중 공정의 감소를 위하여 장편의 R16 부위를 R25로 변환하면 R25 부위를  $\phi 25$  엔드밀로 한번에 가공하여  $\phi 16$  엔드밀로 가공하는 공정을 생략할 수 있으므로 가공 시간을 단축할 수 있다.

## 2.2 3차원 모델링

Z-master를 이용하여 프로그래밍 하기 위해서 3차원 FEM code인 Unigraphics의 Iges 파일을 이용하여 모델링 하였으며 이를 Fig. 8에 나타내었다. 이 iges 파일을 CNC 프로그램으로 만들기 위하여 Z-master에서 Fig. 9와 같은 방법으로 zes 파일을 만든다.

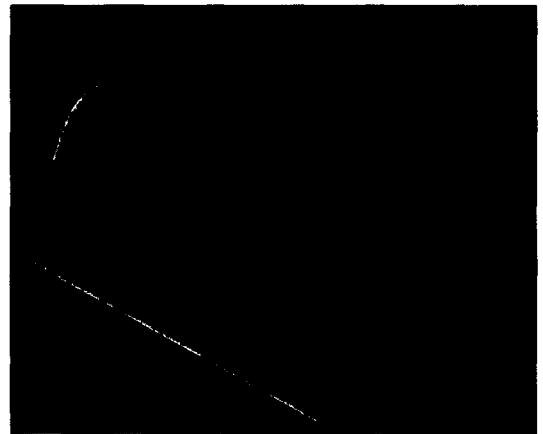


Fig. 8 Unigraphics modelling of broad face

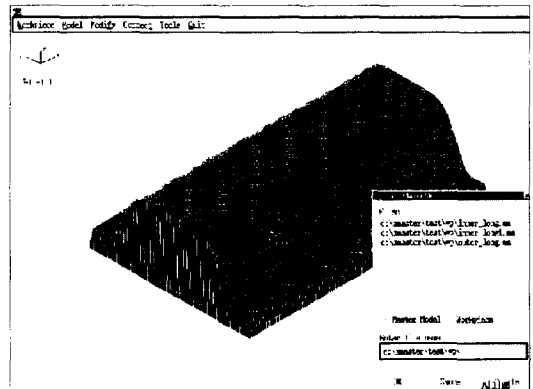


Fig. 9 CAM program file of broad face

생성된 zes 파일이 완전한 포스트프로세스(postprocess)가 되었는지 검토하기 위하여 모델 검증을 실시하며, 모델의 검증은 Z-master의 모듈(module)인 sectn 기능을 사용하여 Fig. 10과 같이 검사하였다. 검사시 제작되어 있는 수정된 CAD 도면과 zes 파일은 검사 결과 일치하였다.

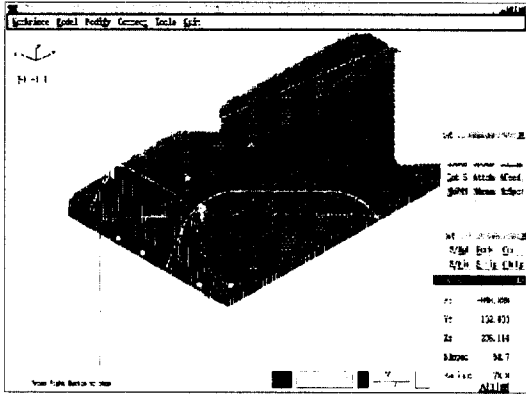


Fig. 10 Model inspection of broad face

### 2.3 1차 CNC 프로그래밍

모델 검증후 zes 파일을 이용하여 Fig. 11과 같은 방법으로 CNC 파일을 만든다. Z-master에서 프로그램은 scanning 방식으로 생성하면 모델의 기하학적 형상때문에 상향절삭과 하향절삭을 하게 되므로 하나의 모델을 절삭 방향만 달리하여 프로그래밍한다.

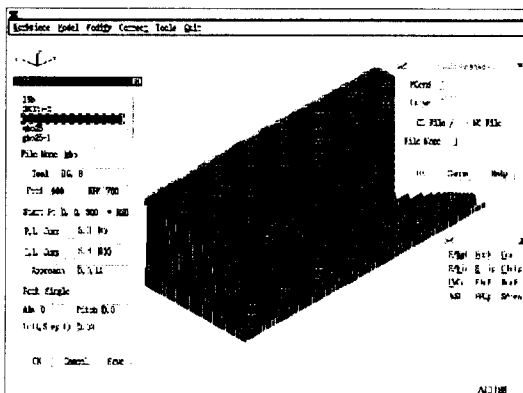


Fig. 11 Program maker

### 2.4 2차 CNC 프로그래밍

1차 CNC 프로그래밍에서 만든 절삭방향이 다른

CNC 프로그램을 Z-master의 CL-Manager에서 2차 CNC 프로그래밍을 반복하여, CNC 머시닝센터에서 사용할 수 있는 하나의 가공용 프로그램으로 만든다.

각각의 프로그램은 하나의 경로로 되어 있으므로, 필요한 cv 파일을 얻기 위해서는 그룹을 나누고 삭제하여 얻을 수 있는데, 이렇게 그룹을 나누기 위해서는 파일을 선택하고 Group에서 ToUg를 선택하면 Fig. 12와 같이 되며 cv 곡선들은 각각의 경로를 가진 그룹들로 되고, 이 cv 파일을 Fig. 13과 같이 중간에서 제거한다.

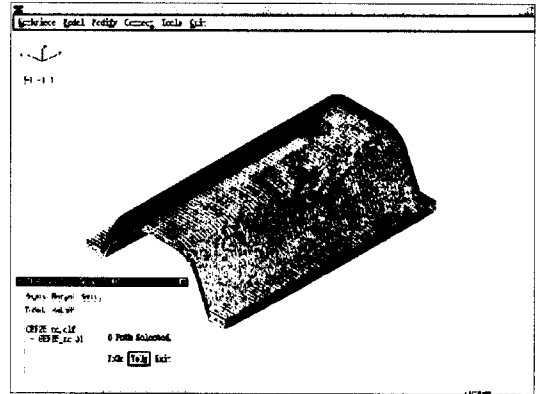


Fig. 12 Group depart

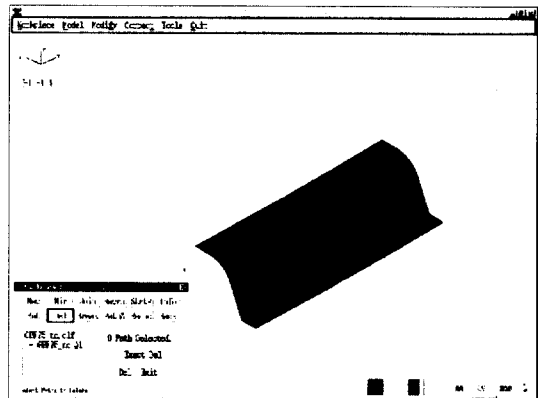


Fig. 13 Elimination of broad face half section

그리고 각각 만들어진 두 개의 cv 파일을 결합하여 Fig. 14와 같이 하나의 cv 파일로 만들어 기하학적 형상에 의해 상향절삭과 하향절삭으로 가공되어지던 것을 하향절삭만으로 가공한다.

cv 곡선의 분할에 의해 Fig. 13에서는 Fig. 12에서와 같은 급속 이송 Line이 제거되는데 Fig. 13과

Fig. 14는 CNC 프로그램이 아닌 cv 파일로 변환 되므로 이 cv 파일을 가지고 다시 CNC 프로그램을 생성하여야 한다.

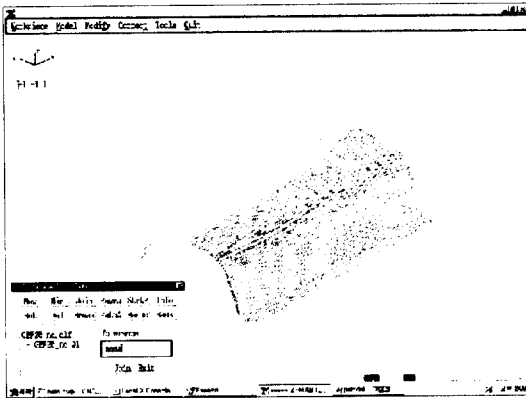


Fig. 14 Join of cv File

#### 2.4.1 CNC 프로그램의 검증

cv 파일의 방향과 위치를 관찰하고 프로그램으로 사용할 수 있는지와 절삭방향의 이상이 없는지를 확인한다. 그리고 가공방향과 가공위치가 공구와 척에 부딪치거나 간섭이 일어나지 않도록 Fig. 15와 같이 가공 시작점의 위치와 가공 끝점의 위치를 확인한다.

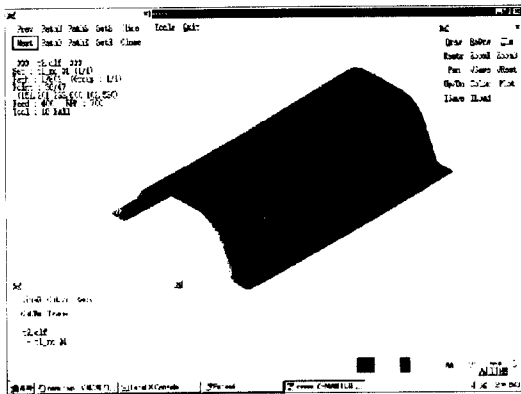


Fig. 15 Inspection of cutting direction

#### 2.4.2 가공 조건의 입력

본 프로그램에서는 가공시 CNC 머시닝센터의 회전수와 절삭속도는 회전수 700rpm, 절삭속도 800 m/s로 한다. 그리고 가공방식은 Single 방식으로

하며, 가공 시작점은 Z축으로 10mm, X축으로 5mm 떨어진 상태에서 시작하고 시작방향은 Z축에서 먼저 접근한 후에 X축으로 접근한다. 이런 가공 조건들을 Fig. 16과 같은 MC/TL에 입력한다.

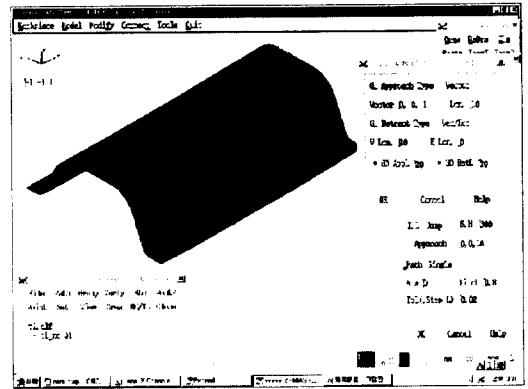


Fig. 16 Data input of cutting condition

#### 2.4.3 포스트프로세스(Postprocess)

2.4.2의 가공 조건과 Fig. 14와 같이 완성된 cv 파일을 가지고 CNC 머시닝센터에서 사용할 수 있는 프로그램을 생성한다.

위의 2.4.3에서 생성된 CNC 머시닝센터의 프로그램은 가공조건을 입력할 때 접근 방법을 한번에 입력할 수 없기 때문에 2.4.1에서부터 2.4.3까지의 과정을 반복해서 원하는 CNC 머시닝센터 프로그램을 얻었다.

### 3. 기계 전송

3차원 CAM 프로그램인 Z-master에는 기계전송 모드가 없기 때문에 다른 CAM 프로그램인 Omega의 기계전송 모드를 이용하여 프로그램을 CNC 머시닝센터에 전송한다.

#### 3.1 CNC 파일의 수정

Z-master에서 완성된 CNC 프로그램을 Omega에서 CNC 공작기계로 전송하는 작업을 하기 위해서는 프로그램을 Window상의 워드 패드로 불러들여 프로그램 번호와 원점 등을 입력한다. Omega에서는 프로그램의 번호가 없으면 프로그램이 전송되지 않는다. 또한 도입부의 Z-master에서 CNC 프로그램을 만들 때 입력한 조건들이 데이터

로 나오므로 데이터 부분을 삭제하거나 CNC 프로그램상에 “/”를 써서 스킵(skip)한다. 이 경우 CNC 머시닝센터 프로그램을 셋팅하고 검사할때 스킵 기능을 사용할 수 없으므로 삭제하였다.

```
%
( Z-MASTER NC - nam001 )
( DIA=5. RAD=2.5 FEED=400 RPM=700 )
( START=0., 0., 300. SAFE=30. PITCH=0.8mm
APPL=10. )
( PATH=SINGLE TYPE=STRIP ALW=0.
TOL=0.02 TIP )
G92X0.Y0.Z300.M03S700
G90G00X70.Y-46.647
Z29.182
G01Z19.182F400
X66.317Y-46.639Z19.298
X62.634Y-46.631Z19.407
X59.431Y-46.624Z19.498
X52.064Y-46.608Z19.691
X55.748Y-46.616Z19.597
X48.38Y-46.6Z19.778
X44.536Y-46.591Z19.863
X40.852Y-46.583Z19.939
X37.008Y-46.575Z20.011
```

위와 같은 Z-master 프로그램의 도입부에 프로그램번호와 원점 셋팅할곳을 입력하여 다음과 같이 완성한다.

```
%
O0001(프로그램 번호)
G21
G91 G28 X0. Y0. Z0.
G92X? Y? Z? (X, Y, Z의 제2원점값)
M03S700
G90G00X70.Y-46.647
Z29.182 M08
G01Z19.182F400
X66.317Y-46.639Z19.298
X62.634Y-46.631Z19.407
X59.431Y-46.624Z19.498
X55.748Y-46.616Z19.597
```

```
X52.064Y-46.608Z19.691
X48.38Y-46.6Z19.778
X44.536Y-46.591Z19.863
X40.852Y-46.583Z19.939
X37.008Y-46.575Z20.011
```

### 3.2 Omega를 이용한 기계전송

기계전송의 목적은 NC 코드를 CNC 공작기계에 전송하여 가공할 수 있도록 하는 것이다. 이는 통신의 일종이지만 컴퓨터와 CNC 기계와의 통신이다. 주메뉴에서 출력을 선택하고 부메뉴 중에서 기계전송을 선택하면 Fig. 17과 같이 Omega DNC창이 나타난다. Omega DNC창에 파일이 위치된 폴더의 경로명과 파일명을 각각 입력한다. 이때 컴퓨터와 CNC 공작기계를 RS-232C 케이블로 연결하여 기계에 전송한다.

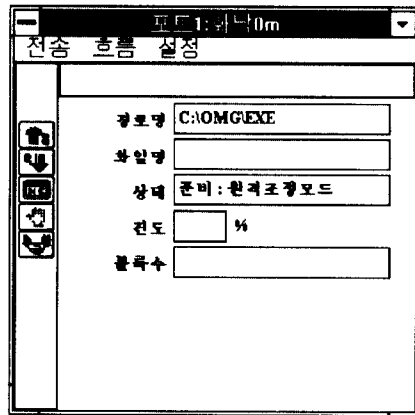


Fig.17 Transfer data box for CNC working

## 4. 결과 및 고찰

3차원 CAM 프로그램인 Z-master를 사용하여 연속주조 몰드를 제작하기 위한 프로그램 생성시 가공 모델의 변형을 통해 완성된 CNC 프로그램과 기존 프로그램의 시간을 Z-master를 이용하여 산출하면 Table 2와 같으며 이를 Fig. 18에 나타내었다.

Table 2와 같이 수정된 도면의 CNC 프로그램은 기존 도면의 프로그램과 비해 16M 24S가 감소했

으며, R16 부분을 R25 수정한 것을 고려하면 1H 37M 08S가 감소하여 상당히 많은 가공시간의 단축을 실현하였다.

Table 2 Time change of correction drawing

| Drawing            | Time      |
|--------------------|-----------|
| Old drawing        | 23H57M22S |
| Correction drawing | 23H41M58S |

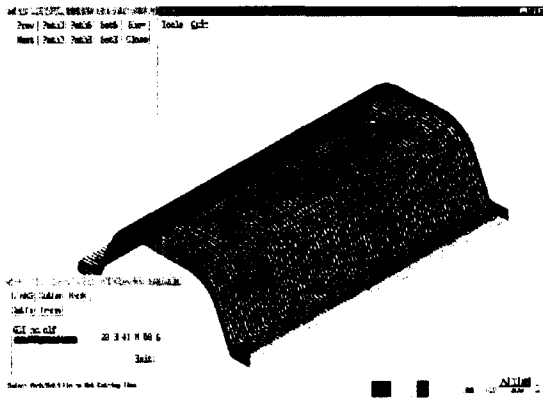


Fig. 18 Time change of correction model for broad face

## 5. 결 론

연속주조 몰드를 가공하기 위해 Z-master를 이용하여 CNC 프로그램을 개발한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 3차원 CAM 프로그램인 Z-master를 이용하여 3차원 자유곡면인 연속주조 몰드의 CNC 머시닝센터용 프로그램을 완성하였다.
- 2) 연속주조 몰드의 형상 변화를 통하여 가공 공정의 감소와 가공시간을 단축하였다.
- 3) 3차원 CAM 프로그램을 이용하여 CNC 프로그램을 개발할 경우 본 논문에서 제시한 방법은 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 1)이건우, 컴퓨터그래픽과 CAD, 영지문화사, 1997.
- 2)이희집, 기계공작법, 청문각, 1994.
- 3)배종외, 머시닝센터 프로그램과 가공, 도서 출판 황하, 1997.
- 4)김영일, CNC 가공학, 원창, 1996.
- 5)김학은, CNC 및 COMPUTER 응용가공. 보문당, 1997.
- 6)Z-master reference manual, CUBICTEK, 1997.
- 7)Unigraphics manual, LG-EDS System 1997.