

# ◆특집◆ 지능형생산시스템 STEP-NC 기술개발

류명선\*, 차지혜\*\*, 이원석\*\*\*, 방영봉\*\*\*, 지해성\*\*\*\*, 권욱현\*

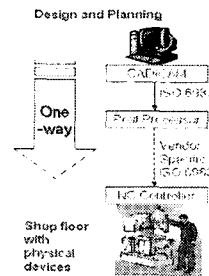
## Development of STEP-NC Technology

Myung Seon Ryou\*, Ji Hye Cha\*\*, Wonseok Lee\*\*\*, Young-bong Bang\*\*\*, Haeseong Jee\*\*\*\*  
and Wook Hyun Kwon\*

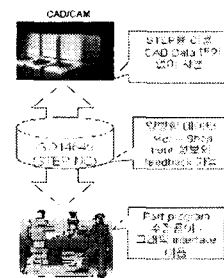
**Key Words :** STEP-NC, STEP, NC, XML, RP, Data Model, ISO6938, ISO14649, milling machine(밀링머신), tool-path(공구경로)

### 1. 서론

컴퓨터와 네트워크가 보편화 되면서 생산체계는 유기적, 분산적 구조로 발전하고 있고, 이러한 변화에 따라 CNC 분야는 개방성, 상호 운용성, 확장성, 이식성, 자율성, 지능성 등의 요구에 직면하고 있다. 그러나, 이러한 다양한 요구를 기존의 파트 프로그램 표준인 ISO 6983에서는 수용할 수 없으며, 또한 현재 CNC와 CAD/CAE/CAPP/CAM/CAX 시스템들과 사이에서의 데이터 교환체계가 갖추어지지 않아 현장에서 수정된 정보가 CAD/CAM 쪽으로 feed back 될 수 없다는 문제점을 가지고 있다. STEP은 CAD 데이터 교환에서, 특히 자동화 산업분야에서 표준으로 자리잡고 있다. ISO 14649 STEP-NC를 이용한 CNC는 이미 표준으로 자리잡은 STEP을 그대로 수용하기 때문에 CAD, CAE 시스템과의 데이터 흐름이 보다 용이해지는 특징을 가지며, 고속가공, 정밀가공, 자동 공구경로 생성, 이상상황 대처 등의 지능적 기능도 수행할 수 있게 된다. Fig. 1에서 각각의 데이터 흐름을 설명



(a) Data flow of ISO 6983



(b) Data flow of ISO 14649

Fig. 1 Comparison of data flow between ISO 6983 and ISO 14649

하고 있다.

IMS STEP-NC 프로젝트는 CNC 생산과정에 사용되는 STEP 기반의 데이터 모델을 폭 넓게 개발 실행한다. 새로운 인터페이스는 기존의 파트 프로

\* 서울대학교 전기·컴퓨터공학부  
Tel: (02) 873-4704, Fax: (02) 871-2527  
E-mail: ryoums@cisl.snu.ac.kr

생산 시스템 특히, 가공시스템의 지능화, 자동화, 개방화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

\*\* 서울대학교 제어계측 신기술연구소

\*\*\* 서울대학교 기계공학부

\*\*\*\* 홍익대학교 기계·시스템디자인공학과

그래밍 이상의 것을 목적으로 한다. 즉 계획과 생산의 인터페이스에서 중요한 작업현장을 기업전체 수준의 정보와 네트워크에 통합시켜 생산시간을 현저하게 줄임으로써 IT 기반의 생산이 가지는 새로운 이점을 제공할 것이다.

## 2. STEP-NC 기술개발

### 2.1 목적

IMS STEP-NC 프로젝트는 크게 세 가지의 목적으로 나눌 수 있다.

첫 번째는 기계 작동자와 NC 제어기에 공작 과정을 조사하고 작동시키는데 필요한 완벽한 정보를 최상의 질로서 신속하고 안전하게 제공 하는 것이다. 두 번째는 최종사용자가 CAD/CAM 과 NC 시스템에서 실행 될 새로운 데이터 모델을 이용할 수 있도록 최대한 노력하는 것이다. 세 번째는 새로운 데이터 모델 즉, STEP 에 기반을 두고 STEP 생산 모델 정의로 적절하게 맞춰진 모델을 새로운 국제 표준으로 바꾸고 ISO 6938 의 표준인 파트프로그래밍 언어를 더 이상 사용하지 않는다는데 있다. 이러한 목적으로 개발된 STEP-NC 기술개발 프로젝트는 수치제어 공작기계 톨과 CAD/CAM 시스템 시장을 겨냥하고 있다. 이 시스템 의 모든 사용자를 고려하면 프로젝트의 결과들은 기계, 제어기, CAD/CAM 제조자들 뿐만 아니라 제조에 적극적으로 참여하는 모든 회사들에게도 영향을 미칠 것이다. ISO 6938 대신 새로운 데이터 모델을 사용함으로써 프로젝트는 리드타임을 감소시키고, 제조과정의 유연성을 증가시킴으로써 구조적이고, 기술적인 솔루션의 완벽한 시나리오를 보여 줄 것이다. 그 결과 제조산업에서 생산성과 효율성의 향상을 가져올 것이다.

### 2.2 구성

밀링용 STEP-NC 시스템의 구성은 Fig. 2 와 같다.

그림에서 보듯이 본 시스템에서는 내부적으로 STEP-NC 파일을 XML 파일로 변환하여 각 모듈에서 그 정보를 받아들여 작업을 수행한다. 여기서 XML 을 사용하는 이유는 차후에 인터넷 기반의 분산환경에서도 사용될 것을 대비하기 위함이다. 이미 전자상거래의 표준으로 자리잡은 XML 을 사용함으로써 기존에 개발된 다른 분야의 기술

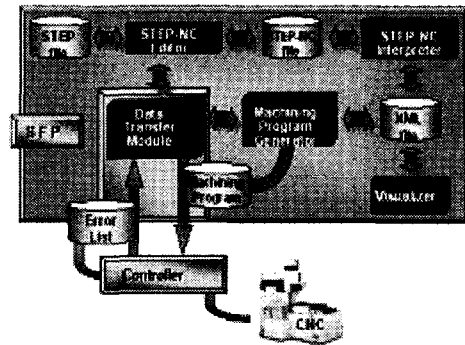


Fig. 2 Schema of SFP system for STEP-NC

을 이용할 수 있어, 분산환경에의 적응이 보다 효율적으로 이루어 질 수 있을 것이다. 이번 연구에서는 이미 개발된 XML parser 를 이용하여 금전적, 시간적 절약 효과를 얻을 수 있었다. SFP 의 모듈인 STEP-NC Editor 와 Interpreter 에 의해 CAD 파일이 XML 파일로 변환되면 MS XML parser 3.0 을 이용하여 XML DOM(Document Object Model) tree 를 작성하며, 이 tree 의 정보를 이용하여 Visualizer 와 Machining Program Generator 가 작업을 수행한다.

각 모듈의 기능은 다음과 같다.

- ▶ STEP-NC Editor : CAD 파일에서 STEP-NC 파일 작성
- ▶ STEP-NC Interpreter : 선택된 STEP-NC 파일을 XML 파일로 변환
- ▶ STEP-NC Viewer : Geometry 정보의 가시화
- ▶ STEP-NC Tool-path Generator : Tool-path 와 G-code 생성

밀링용 STEP-NC SFP 시스템 내에서의 데이터의 흐름은 Fig. 3 과 같다.

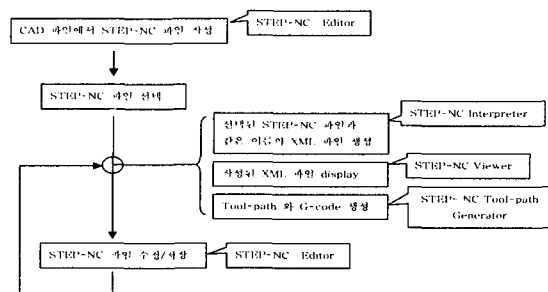


Fig. 3 Data flowchart of the system for STEP-NC

### 2.3 한국에서의 역할 및 구성원 소개

IMS STEP-NC 프로젝트는 현재 EU, Korea, Switzerland, USA 등 4 개의 지역에 산업체, 학계, 국립연구소를 포함한 26 개의 회원(산업체: 18, 학계: 7, 국립연구소: 1)이 있다. 회원들은 데이터 인터페이스와 관련된 모든 생산 시스템(CAD/ CAM systems, Controls, and Machine tools)과, 인터페이스 사용자, 학계연구기관을 포함한다. 한국에서는 서울대학교 제어계측 신기술 연구 센터(ERC-ACI)가 주축이 되어 서울대, 인하대, 홍익대, KIST, 포항공대(NRL-SNT)와 기업으로는 터보테크가 참여하고 있으며, 본 프로젝트에서의 한국의 담당분야는 Fig. 4 와 같다. 각국에서의 공동 연구분야인 밀링의 구현 부분과 Non-milling 부분인 RP(Rapid Prototyping), Turning Data Model 제안 및 구현을 담당하고 있다.

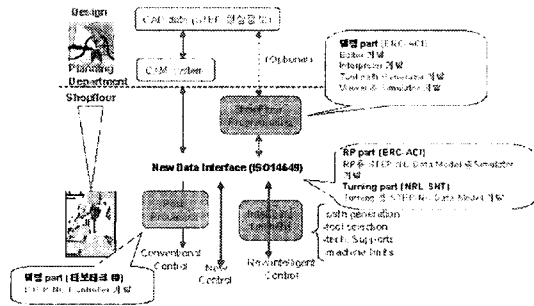


Fig. 4 Flowchart for new data interface and division of STEP-NC project in Korea region

## 3. Milling 용 ISO14649 와 이를 이용하여 동작하는 지능형 공작기계의 제작

### 3.1 Milling 용 ISO14649

#### 3.1.1 EXPRESS 로 기술된 밀링용 ISO14649

밀링용 ISO14649 는 앞서 언급한 바와 같이 공구의 동작뿐만 아니라 형상 및 가공 정보를 모두 저장하여 공작기계에 전달한다.

이러한 정보는 workplan 이라는 가공의 작업 단계를 나타내는 entity 밑에 각각의 작업 단계 별로 workingstep 이라는 entity 에 저장되며, 이 workingstep 에 형상 및 가공 정보가 저장된다.

ISO14649 에 정의된 각종 정보들을 전자 문서로 작성하는 데에는 EXPRESS 언어를 이용한다.

이 EXPRESS 언어는 C 함수와 동일한 형태를 하고 있으며, 함수의 함수 명에 해당하는 위치에 entity 명을 기입하고, 함수의 인자에 해당하는 부분에 이 entity 의 attribute 를 저장함으로써 하나의 단위정보를 전자문서에 기술한다.. 이에 해당하는 예가 다음의 Fig. 5 에 나와있다.

```

.....
#10=WORKPLAN('main workplan',(#11,#12,#13,#14,#15),$.#36);
#11=MACHINING_WORKINGSTEP('WS finish Planar Face1',
#46,#4,#16);
#12=MACHINING_WORKINGSTEP('WS drill Hole1',#46,#5,#19);
#13=MACHINING_WORKINGSTEP('WS Ream Hole1',#46,#5,#20);
#14=MACHINING_WORKINGSTEP('WS rough Pocket1',#47,#7,#21);
#15=MACHINING_WORKINGSTEP('WS finish Pocket1',#47,#7,#22);
.....
.....
    
```

Fig. 5 STEP-NC Example in EXPRESS

현재의 그림은 ISO14649-11 에 포함된 예제 문서 1 의 workplan entity 에 관한 기술이다. 10 번 행에서 workplan entity 를 정의하고 이 entity 의 attribute 에 해당하는 workingstep 들이 11 번 행에서 15 번 행까지 정의되어 있음을 보여준다.

이러한 EXPRESS 로 기술된 STEP-NC 정보를 이용하는 시스템을 구성하는 데에는 크게 두 가지 어려운 부분이 존재한다.

첫째로 EXPRESS 에 기술된 entity 의 의미와 어떤 entity 가 어떤 attribute 를 어떤 순서로 가지는지에 대한 정보가 EXPRESS 문서 자체에는 포함되어 있지 않으므로, EXPRESS 문서를 해석하려면 이 정보가 항상 별도로 준비되어야 한다.

둘째로, EXPRESS 언어는 다양한 분야에서 널리 이용되는 형식이 아니므로, 별도의 parser 를 제작해야 하며, 생산 부서 이외의 부서와 정보를 바로 교환하는데 문제가 발생한다.

#### 3.1.2 XML 로 작성한 STEP-NC 파일

본 연구에서는 앞서 언급한 두 가지 문제를 해결하기 위해 EXPRESS 언어 대신 XML 언어를 이용하여 STEP-NC 정보를 기술한다.

다음의 Fig. 6 은 이러한 STEP-NC 의 예를 보여준다.

```

- <main_workplan name="WORKPLAN" id="#10">
  <its_id name="identifier">MAIN WORKPLAN</its_id>
  + <its_elements name="MACHINING_WORKINGSTEP"
    id="#11">
    <its_elements>
  + <its_elements name="MACHINING_WORKINGSTEP"
    id="#12">
    <its_elements>
  + <its_elements name="MACHINING_WORKINGSTEP"
    id="#13">
    <its_elements>
  + <its_elements name="MACHINING_WORKINGSTEP"
    id="#14">
    <its_elements>
  + <its_elements name="MACHINING_WORKINGSTEP"
    id="#15">
    <its_elements>
  .....
    
```

Fig. 6 Workplan entity in XML

이 Fig. 6 은 앞의 Fig. 5 와 동일한 workplan entity 에 대한 정보를 기술하고 있다. 이러한 XML 로 정보를 기술하면 다음과 같은 장점이 있다.

XML 파일을 다루는 많은 방법들과 도구들이 존재하므로 시스템 구성이 용의하다.

- STEP-NC 정보를 다루기 위한 프로그램 내부의 별도의 자료구조가 필요하지 않다.
- 다른 전자 상거래에서 XML 을 표준으로 이용하므로 현재의 시스템을 인터넷 환경에 적용하기 유리하다.
- 현재 여러 분야의 데이터베이스에서 XML 을 이용하므로 타 부서와 자료 교환이 쉽다.
- XML 문서 내에 entity 와 attribute 의 이름을 저장하며, 동시에 이들의 포함관계로 나무구조로 저장하게 되므로, 별도의 ISO14649 문서가 필요하지 않게 된다.

본 연구에서는 XML 을 이용하는 시스템을 구축하였으며, 기존의 EXPRESS 문서를 이용하기 위해 EXPRESS 를 XML 로 변환하는 변환 프로그램을 제작하였다.

### 3.2 STEP-NC 를 이용하는 지능형 공작기계

STEP-NC 는 기존의 G-code 등의 기계 구동 명령과는 달리 형상 및 가공에 관한 거의 모든 정보를 기계에 전달한다. 대부분의 경우 공작기계의 동작 명령 자체는 생략되며, 형상 및 가공에 관련된 최소한의 정보만이 전달된다. 따라서 이들 정보를 이용하여 공구 경로를 처리하는 능력이 요구

된다. 이러한 정보를 이용하여 작업을 수행하려면, 기존 방식의 공작기계 들이 가진 단순한 인터프리터 및 컨트롤러보다 향상된 컴퓨터 부분이 요구되며 본 연구의 시스템은 700Mhz 의 PC 를 이용한다 STEP-NC 밀링 시스템을 구현하는 각각의 부분은 다음과 같다.

#### 3.2.1 STEP-NC 인터프리터

STEP-NC 명령은 기존의 G-code 와는 달리 단순한 명령어의 집합이 아닌 다양한 정보의 집합이다. 이들 정보들에서 다음 단계의 프로그램이 요구하는 정보들을 검색하고 추출하여 전달하는 역할을 하는 부분이 이 인터프리터이다. 기존의 인터프리터는 단순히 입력된 공구의 동작을 기계 동작으로 변경하는 역할만을 수행하지만, STEP-NC 의 경우는 정보의 검색, 추출, 변경 등을 수행한다

본 연구에서는 입력 파일에 XML 형식을 이용하므로 일반적인 방식의 STEP-NC 인터프리터에 비해 다음의 두 가지 능력이 추가적으로 요구된다

첫째, XML 을 parsing 하는 능력이 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 Microsoft 의 XML parser 를 이용하였다. 이로 인해 현재의 시스템은 XML 파일을 처리할 수 있게 되었으며, 따라서 약간의 수정으로 다른 전자 자료들이나 전자 문서와 직접 정보를 교환하고 이용할 수 있게 된다.

또 하나는 EXPRESS 를 XML 로 변경하는 능력이다. 다른 EXPRESS 문서로 작성된 STEP-NC 파일을 이용하려면 이를 XML 로 변경하는 것이 필수적이다. 현재 ISO14649 는 밀링의 경우 FDIS 버전까지 공개 되어 있으며, 본 연구의 변환기는 CD, DIS, FDIS 버전에 대응한다.

#### 3.2.2 공구 경로 생성기

인터프리터에서 추출하여 전달한 정보를 이용하여 공구 경로를 작성하고 기계를 구동하는 부분이다. 공구 경로가 별도의 부서에서 작성되지 않고 STEP-NC 밀링 머신 내에서 기계의 성능과 가공 조건을 맞추어 변경 혹은 생성 된다. 따라서 가공 조건의 변화와 형상의 수정 등의 상황이 발생하였을 경우 기계 내에서 자체적으로 작업을 변경 생성하여 처리할 수 있게 된다. 기존의 방식의 경우는 이런 경우 공작기계나 생산 부서가 가지고 있는 부족한 정보량으로 인해 작업을 중단하고 CAD/CAM 부서에서 새로이 작성한 정보를 기다

려야 하는데 따른 시간 및 비용 손실을 감소케 한다.

동시에 별도의 구동 명령을 불필요해 지므로 인하여, 도면의 출력이나, 공구 경로의 작성 전달 등에 따른 부수적인 작업이 소멸하므로 작업 효율을 올릴 수 있게 된다.

STEP-NC 밀링의 경우 2.5D 의 가공 형상은 크게 두 가지로 구분되며, 각각의 경우와 그에 따른 공구 경로의 생성은 Fig. 7 과 Fig. 8 에 나타내었다.

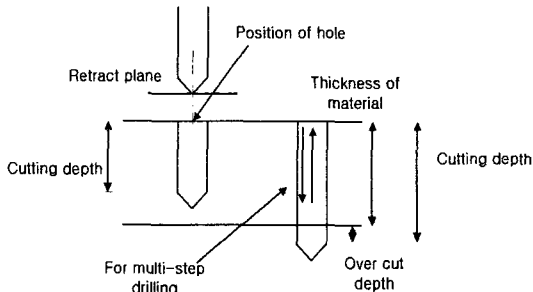


Fig. 7 Drilling type machining feature and its machining

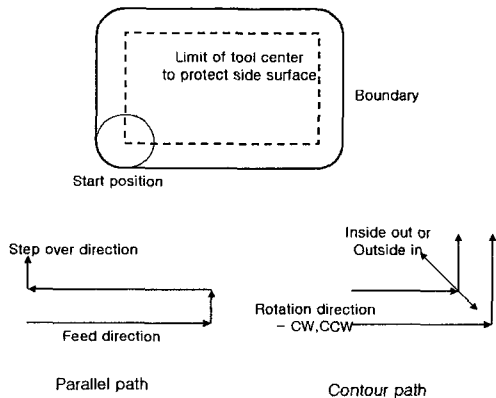


Fig. 8 Milling type machining feature and its machining

Fig. 7 은 hole 로 대표되는 드릴링 방식으로, 가공되는 형상에 관련된 STEP-NC 정보와 공구경로의 생성을 보여주며, Fig. 8 은 pocket 으로 대표되는 밀링 방식의 가공 형상을 보여준다.

이러한 정보들을 조합하여 STEP-NC 밀링 머신은 가공경로를 생성하고 작업을 자동으로 수행한다.

### 3.3 지능형 공작기계의 구현과 가공 실험

본 연구에서 제작한 지능형 공작기계의 3 축 방식을 Fig. 9 에 나타내었다.

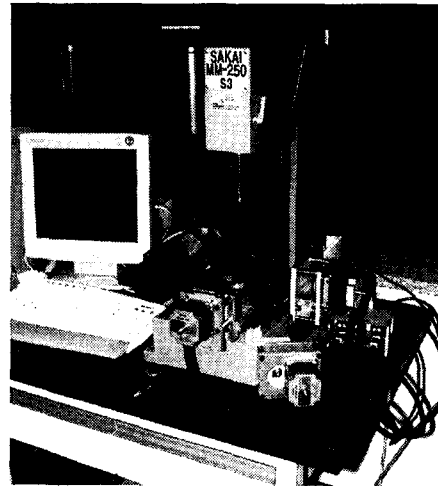


Fig. 9 Intelligent milling machine using STEP-NC

PC 내에 모든 소프트웨어 부분을 설치하여 PC 가 작업을 처리하고 공구 경로를 생성하면, 이 정보가 바로 기계를 구동하여 작업을 수행한다.

Fig. 10 은 가공 테스트의 결과를 보여준다.

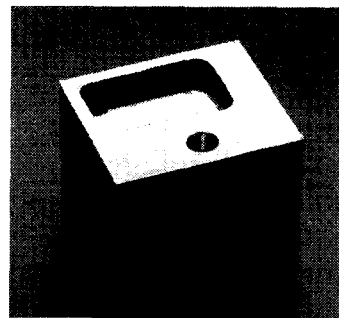


Fig. 10 Result of machining test of example 1 in ISO 14649-11

ISO 14649-11 에 포함된 1 번 예제를 입력하여 작업을 수행한 결과이며, EXPRESS 로 된 STEP-NC 파일을 XML 로 변환하여 가공을 시작하면, 자동으로 정보가 처리되고, 공구 경로를 생성되어 작업이 완료된다.

#### 4. STEP-NC 용 RP data model

본 연구의 목표는 STEP 을 이용하여 RP 기술을 효과적으로 지원하기 위한 장기적이고도 근본적인 설계정보 변환체계의 기본 골격 설계와 그에 의한 Express-G 모델의 정의이다. 또한 STEP 시험 표준 형상을 대상으로 이 변환체계를 적용, 적절한 처리를 거쳐 RP 조형정보를 산출할 수 있는지 검증한다.

##### 4.1 RP 조형 정보 모델용 스키마

본 연구에서는 STEP 에 근거하여 Fig. 11 과 같이 RP 조형 정보 모델용 스키마(schema)의 기본 골격을 설계하였다. 이는 솔리드 형상에 설계 정보를 결합하여 정의한 부분(manifold\_solid\_with\_rp)과, 2 차원 조형층 단면 형상에 조형 정보를 연계하여 정의한 부분(sliced\_solid\_with\_rp), 이렇게 두 부분 으로 나누어 구성되는데 특히 솔리드 형상에 설계 정보를 결합한 manifold\_solid\_brep\_with\_rp entity 는 기하학적 형상 정보에 거칠기, 색상, 재질, 강도 등과 같은 설계 정보를, 그리고 2 차원 조형층 단면 형상에 조형 정보를 연계하여 정의한 sliced\_solid\_with\_rp 는 2 차원 기하학적 조형층 정보에 조형 경로, 조형기법, 해상도등의 조형 정보를 추가한 것이다.

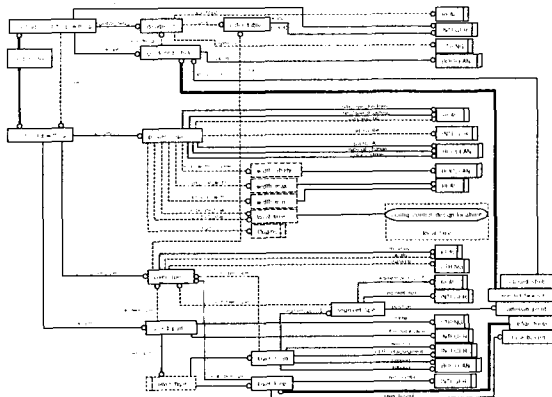


Fig. 11 EXPRESS-G model of RP schema

##### 4.2 RP 모델을 위한 시스템

RP 조형 정보 모델을 응용하기 위한 시스템의 구조는 Fig. 12 와 같다. 작성된 CAD 파일(ISO 10303 AP203)에 RP 조형 정보 모델을 이용하여

설계정보와 조형정보를 추가하여 RP 용 STEP-NC 파일을 작성한다. 작성 된 STEP-NC 파일은 다른 설계자에 의하여 수정될 수 있고, 시뮬레이터에서 단면정보를 산출하여 실제 조형을 시행할 수도 있다.

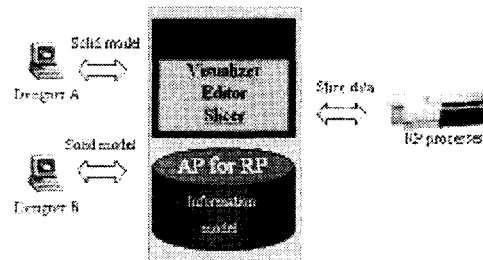


Fig. 12 Schema of system for RP

이러한 시스템을 이용한 예를 Fig. 13 에서 보여준다. STEP 파일인 anc101.stp 파일을 시뮬레이터를 이용하여 단면정보를 산출하여 가상조형한 후에 Z-402 머신을 이용하여 조형하였다.

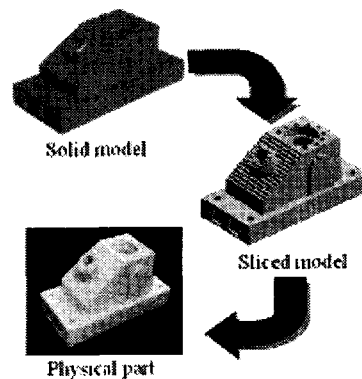


Fig. 13 Example of RP product

#### 5. 결론

STEP-NC 는 STEP 기반의 생산 데이터 모델의 개발과 CAD/CAM/CNC 처리망에 있어 업무의 질을 향상시키고 업무 흐름을 효율적으로 바꾸는 방법들의 영역에서 지금껏 간과되었던 새로운 생산 기술의 표준정의를 ISO 14649 에서 구체화된다는 점에서 볼 때 현재 기술수준에서의 발전이 있을 것이다. 그러나 이러한 발전이 양적인 면에서만

이루어지는 건 아니다. 하나의 기술에서 다른 몇 가지 단계로의 비약적 발전이 이루어지면, 생산 환경의 다양한 요구와 더 적합한 데이터 모델이 제안될 것이다.

현재 기술수준에서 결과들이 약속하는 발전을 보면 프로젝트가 NC 프로그래밍에 중요한 영향을 미치게 될 것으로 가정된다. 본래 CAD 에서 CAM/CNC 시스템까지의 기하학적 정보의 변경과 관련되어 발생하는 문제점들은 제거될 수 있다.

생산 과정의 모든 수준의 일관성 있는 정보는 업무의 구성과 분담이라는 면에서 좀더 높은 적응성을 고려하고 이는 불필요한 정보를 제거하면서 에러가 발생가능성까지 줄일 것이다. 제어기 NC 프로그램의 변경사항은 더 이상 수천개의 코드라인에 의해 판독될 필요가 없고 CAD/CAM 시스템에서 사용될 수 있다.

전반적인 결과를 보면 포괄적인 STEP 과 통합되는 CAD/CAM, SFP 와 CNC 시스템이 넓은 범위에서 개발되고 그 후 시장에 적극적으로 보급될 수 있다. 결국 사용자에게 생산처리 과정에서 더 많이 지원함으로써 완전히 통합된 생산 환경의 부분으로서 CAD/CAM, SFP 와 CNC 시스템의 발전을 이끌 것이다.

## 후 기

본 연구는 국제 IMS 프로젝트의 하나인 STEP-NC 프로젝트의 일환으로 행해졌으며, 한국측 파트너인 생산기술연구원의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. IMS STEP-NC Full Proposal Version 8.0, 2001.
2. ISO 14649 Part 1: Overview and Fundamental Principles (FDIS).
3. Kwon, W. H., Lee, W. S., Bang, Y.-B., Ryou, M. S., "STEP-NC for Milling using XML," Conference of Korean Society of CAD/CAM engineers, pp. 165-172, 2003.
4. Lee, W. S., Bang, Y.-B., Kwon, W. H., "PC-NC STEP-NC Milling using STEP-NC in XML Form," The 3rd Seoul International IMS FORUM, pp. 148-162, 2003.

5. STEP-NC 기술개발에 관한 연구, 2001.
6. 이원석, 류명선, 방영봉, 지해성, 권옥현, "XML 을 기반으로 하는 STEP-NC for Milling," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, pp. 149-150, 2002.
7. 류명선, 권옥현, 지해성, 이병열, "Milling 과 RP 를 위한 STEP-NC Data Model," 2002 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 329-334, 2002.
8. 이원석, 방영봉, "PC 기반의 STEP-NC 밀링 머신의 개발," 2002 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 335-341, 2002.