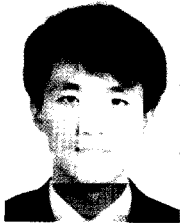


금속 시제품 제작을 위한 레이저 쾌속조형시스템 개발 (I)

(3D Laser-Welding and Milling for Direct Prototyping of Metallic Parts)



최 두 선

(KIMM 자동화연구부)

- '85 영남대학교 기계과(학사)
- '89 영남대학교 대학원 기계과(석사)
- '89 - '90 금성정밀(주) 연구소 연구원
- '90 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



황 경 현

(KIMM 자동화연구부 부장)

- '76 서울대학교 기계공학과(학사)
- '78 KAIST기계공학(석사)
- '86 Ohio State Univ. 기계공학(박사)
- '78 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



신 보 성

(KIMM 자동화연구부)

- '85 부산대학교 정밀공학과(학사)
- '87 부산대학교 대학원 기계공학과(석사)
- '87 - '90 육군사관학교 병기공학과 전임강사
- '95 산업기계분야 기술사
- '80 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

급변하는 세계시장에서 경쟁력을 갖기 위하여 많은 기업들은 기능이 뛰어나고 저가의 신상품 개발에 심혈을 기울이고 있다. 그러나 제품의 개념설계에서 상세설계 그리고 시제품에서 제품양산에 이르는 일련의 과정은 매우 많은 시간과 경비가 소요되며 잦은 설계변경과 같은 반복작업으로 설계자의 능력을 저하시키고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 3차원 CAD상에서 보여지는 형상을 빠른 시간에 실질적으로 만들 수 있는 형상으로 만드는 쾌속조형(Rapid Prototyping)기술이 개발되었다. 현재까지 개발된 쾌속조형기술은 형상제작 소재를 광경화성수지인 수지와 플라스틱의 일종인 ABS 그리고 왁스, 종이 등으로 극히 제한되어 있으며 사용되어지는 용도로는 디자인 검증이나 형상 간섭 검증과 같은 일부 분야에 직접적으로 사용되어지고 있다. 또한 시제품을 이용한 2차 응용분야로는 쾌속시작시스템에서 제작되어진 시제품을 캐스팅 하기 위한 마스터로 사용하여 진공주형 등의 방법으로 금속의 시제품을 만들어 제품의 시험검사에 사용되어 지고 있다. 현재 연구중인 직접식 금속 시제품의 쾌속조형기술은 미국의 DTM사와 독일의 EOS사에서 SLS방식으로 상업화에 성공 하였으며 최근 98년에는 미국에서 LENS방식으로 상업화에 성공 하였다. 그리고

독일의 아헨공대와 미국의 Stanford, MIT대학에서 현재 금속시제품 제작공정을 연구중에 있으며 한국과학기술원에서도 여러 차례 연구 되어졌다. 이러한 연구에도 불구하고 금속 쾌속시제품은 여전히 정밀도와 표면조도 소재특성연구 및 최적공정개발 등에서 그 해결책을 찾지 못하고 있다. 따라서 본 연구팀을 중심으로 한국과학기술연구원(KIST), 홍익대학교등과 함께 금속시제품을 제작하기 위하여 적층과 밀링공정을 결합한 쾌속조형시스템을 개발하고 있다. 본 논문에서는 쾌속조형시스템에서 3차원 CAD데이터를 2차원단면으로 만들기 위한 인터페이스 프로그램과 IBRD차관으로 도입된 미국 Stratasys사의 FDM-8000장비를 이용한 쾌속조형 응용사례를 소개하고 금속 시제품을 직접 제작하기 위한 레이저를 이용한 쾌속시작시스템 개발에 관하여 논하고자 한다.

2. 쾌속시작시스템의 CAD 인터페이스

쾌속시작시스템에 사용되는 3차원 모델링 데이터는 모델의 3차원 형상을 정확히 표현하며 모델의 안과 밖을 구별하는 폐구간을 생성하는데 사용된다. 또한 3차원의 이미지 형상은 2차원의 단면형상을 일정한 방향으로 중첩해 놓은 것과 같은 것으로 쾌속시작시스템의 기본개념이다. 기존의 기하학적 형상데이터를 인터페이스하기 위하여 사용된 표준 IGES 포맷은 3차원 솔리드 모델링의 정확한 형상데이터를 완벽하게 전송하지 못하기 때문에 3D SYSTEM사에서는 STL 포맷의 새로운 인터페이스를 개발하였다. STL 포맷은 다면체 표현을 기본으로 하고 있으며 여러 개의 삼각형을 서로 연결하여 임의의 형상을 표현하는 것으로 파일구조는 다음과 같다.

```
solid filename
facet normal 0.000e+00 0.000e+00 -1.000e+00
outer loop
vertex 1.000e+01 0.000e+00 0.000e+00
```

```
vertex 1.000e+01 0.000e+00 0.000e+00
vertex 1.000e+01 0.000e+00 0.000e+00
endloop
endfacet
:
endsolid filename
```

이와 같이 STL포맷은 각 삼각형을 형성하는 루프와 구성하는 삼각형의 수직방향을 나타내는 법선벡터로 이루어져 있으며 이러한 형태의 구조가 연속적으로 반복된다. 이러한 삼각형들은 법선에 대한 Right Hand Rule과 꼭지점에 대한 Vertex-to-Vertex Rule을 반드시 만족하여야 한다. 이러한 구조의 STL포맷은 어떠한 복잡한 형태의 3차원 입체형상도 용이하게 나타낼 수 있으며 또한 모든 삼각형이 서로 연결되어져 있어 삼각형의 세꼭지점은 서로 인접한 삼각형과 하나의 변과 두개의 꼭지점을 공유하고 있다. 절삭가공과는 달리 쾌속시작시스템은 2차원의 단면형상을 일정한 방향으로 적층하여 3차원의 제품을 성형하는 것으로, STL포맷을 이용하여 제품을 성형하기 위하여 반드시 3차원 형상데이터를 높이 방향(Z-axis)의 일정한 값으로 슬라이싱(slicing)하여 각 층별로 제품 성형 데이터를 생성하여야 한다. 따라서 먼저 각 삼각형에 대하여 직선의 방정식을 이용하여 일정하게 증가하는 z값과의 교점을 구하고 구하여진 z값에 대하여 소팅(sorting)하여 같은 z값의 데이터를 추출 저장함으로써 2차원 단면형상정보를 얻는다. STL포맷과 함께 CAD모델의 윤곽을 표현하는 SLC 포맷은 단면형상의 안쪽과 바깥쪽을 구분하는 경계선으로 이루어진 높이방향의 연속적인 단면으로 구성되어 있으며 솔리드 모델링이나 서피스 모델링의 데이터 변환으로 생성하거나 단층촬영용 CT-Scanner로 부터 직접 생성할 수 있다. 본 연구에서 개발한 RP시스템의 CAD인터페이스 프로그램은 windows95상에서 구동할 수 있으며 마이크로소프트사의 Visual C++ 를 사용하여 작성하였다. STL파일은 Pro/Engineer나 AutoCad,

Solidworks와 같은 상용 3차원 CAD/CAM시스템에서 완벽하게 모델링 되어도 제품형상 데이터의 CAM데이터로 변환할 경우 에러가 발생하여 RP시스템에서 제품을 성형하기 전 반드시 STL파일의 검증 및 수정의 단계를 거쳐야만 한다. 그리고 각 RP시스템에서 제공하고 있는 3차원 형상의 2차원 단면데이터 생성 프로그램은 시스템의 특성에 따라 다르며 다양한 알고리즘을 사용하고 있다. 본 연구에서는 기존의 상용 STL포맷의 단점을 보완하고 RP시스템에서의 제품성형 에러를 사전에 방지하기 위하여 CAD데이터의 CAM데이터 변환 시 발생할 수 있는 변환에러를 제품성형 전에 CAD상에서 검증 및 수정하도록 하였으며 서페이스 단위의 STL 포맷 제품형상 데이터를 솔리드화 하여 2차원 단면데이터 생성시 에러가 발생하지 않도록 하였다. 다음은 본 연구에서 개발된 CAD 인터페이스 프로그램에 관하여 논의하고자 한다.

2.1 메뉴구성

본 프로그램의 메뉴는 3가지 모듈로 구성되어 있다. STL파일의 입출력을 다루는 File모듈과 STL데이터의 솔리드화 및 3차원 솔리드 모델링 데이터를 2차원 단면형상 데이터로 변환시켜주는 슬라이스(Slice)작업의 Procedure모듈, 그리고 화면상의 각 형상들의 보기를 조절하는 View모듈 등이 있다. 각 모듈의 서브메뉴의 역할은 다음과 같다.

- File 모듈
 - ▶STL Open : STL파일을 CAD인터페이스 프로그램상에 로드
 - ▶Solid Open : Solid 파일을 CAD인터페이스 프로그램상에 로드
 - ▶Solid Save : Solid 모델을 파일로 저장
 - ▶Print : 화면상의 그래픽을 프린터로 출력
 - ▶Exit : CAD인터페이스 프로그램 종료
- Procedure 모듈

- ▶Make Solid : STL데이터로 Solid 모델을 구성
- ▶Slice Solid : Solid 모델을 Slice 처리하기

- View모듈

- ▶AutoScale : 화면상에 물체를 적합시켜 출력함
- ▶Zoom in : 화면상에 제품형상을 확대시켜 출력
- ▶Zoom out : 화면상에 제품형상을 축소시켜 출력
- ▶Up : 화면상에 제품형상을 위로 이동시켜 출력
- ▶Down : 화면상에 제품형상을 아래로 이동시켜 출력
- ▶Left : 화면상의 물체를 왼쪽 이동시켜 출력
- ▶Right : 화면상의 물체를 오른쪽으로 이동시켜 출력
- ▶Eye Position : 3차원상의 눈의 위치를 설정

2.2 STL파일의 수정작업

상용 CAD/CAM 소프트웨어 중 많은 제품들이 RP시스템을 응용하기 위한 특별한 모듈을 제공하고 있으나 대부분 CAM데이터 생성시 많은 에러를 발생시키고 있다. 파라메트릭 기법을 채택하고 있는 Pro/Engineer에서는 STL 파일생성 모듈이 옵션으로 제공하고 있으며 가장 안정된 형태의 인터페이스 모듈로 생각되어 진다. STL파일에서 오류가 발생하면 Procedure모듈의 make Solid작업에서 External loop와 Remain Triangle이 존재하게 되며 이를 수작업으로 붙여주어야 한다. 이때 External loop와 Remain Triangle의 각 절점은 작은 사각형으로 표시되며 마우스의 왼쪽버튼을 드래깅 하여 한 절점으로 나타낼 때 External이나 Remain의 절점을 포함하는 사각형을 구성한 후 다이얼로그 박스의 Attatch버튼을 누르면 한 절점으로 수정된다. 이렇게 수정된 데이터는 Save STL버튼을 사용하여 저장시킨다.

2.3 Solid 파일의 생성

STL파일의 오류가 모두 수정 저장된 후 3차

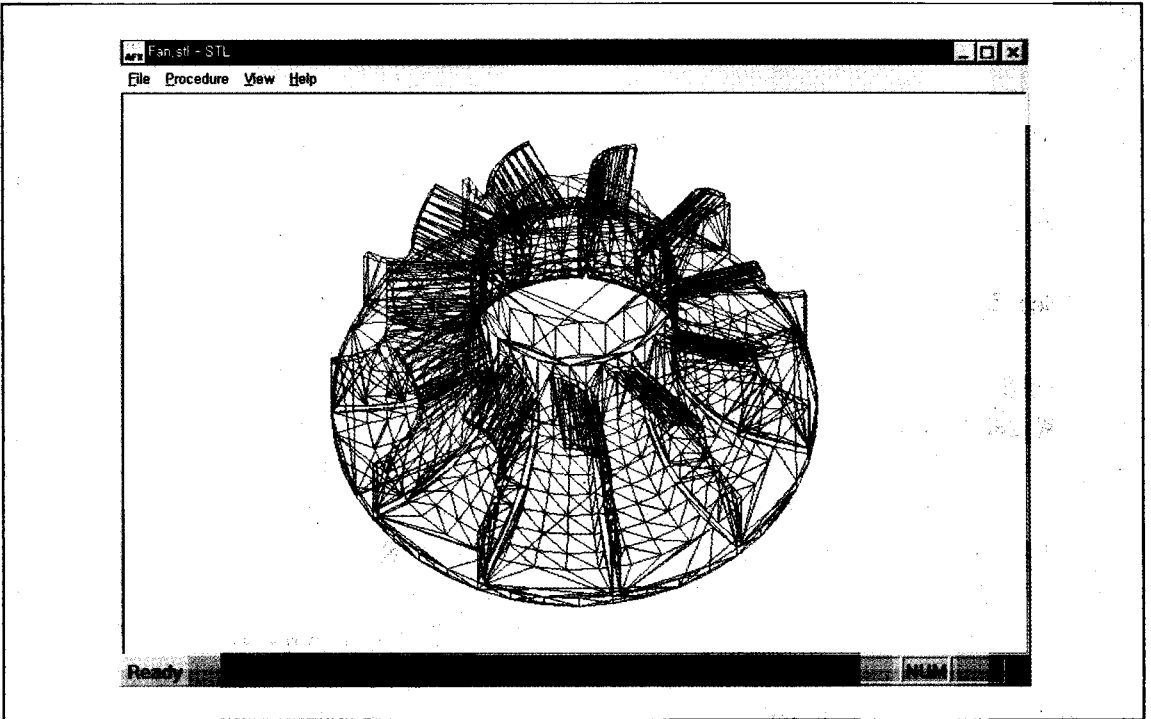


그림 1. 임펠러 모델의 솔리드 작업

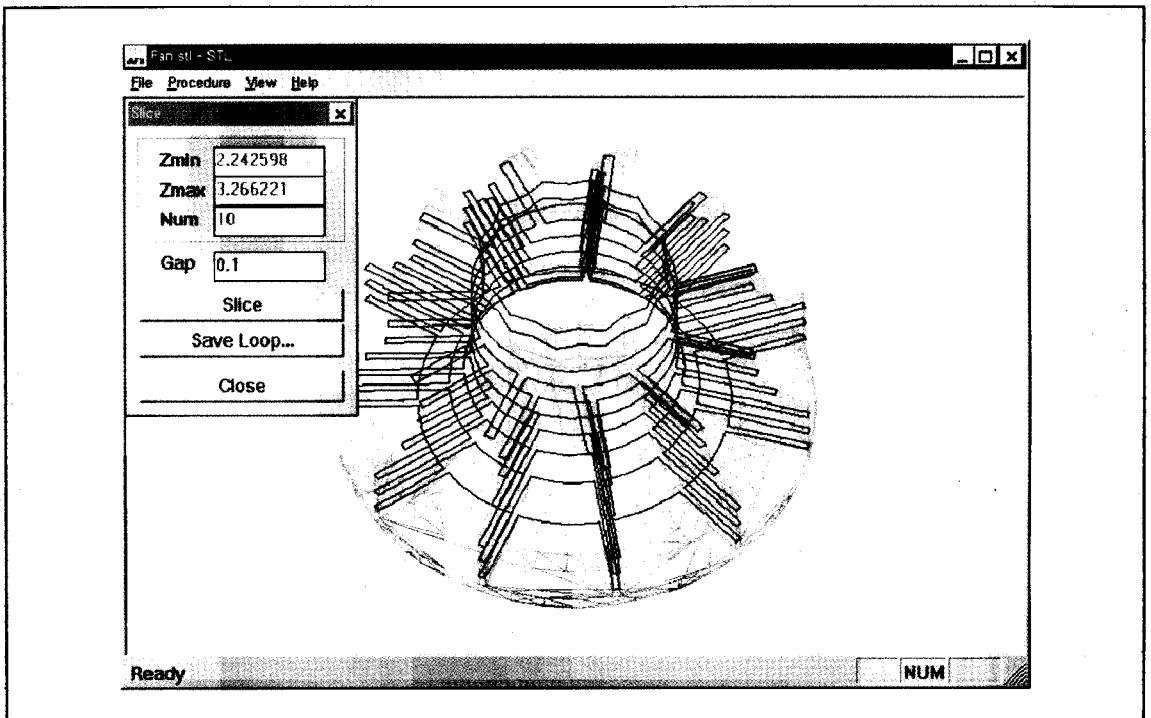


그림 2. 임펠러 단면생성 Slice 작업화면

원의 제품형상 CAD데이터를 2차원 단면으로 변환하기 위하여 아래 그림 1과 같이 Make Solid 작업을 수행하게 된다. External loop의 갯수가 한 개라도 존재하지 않아야 Make Solid작업이 성공적으로 수행되며 Slice작업에서 사용할 수 있는 솔리드 파일로 저장할 수 있다.

2.4 Slice 작업

Solid모델을 구축한 후 Slice Solid 모델을 수행하면 그림 2와 같이 Slice작업용 다이얼로그박스가 나타나며 Slice간격을 Gap 에디터 박스에 입력한 후 Slice버튼을 누르게 되면 Solid모델의 2차원 단면의 Slice작업이 수행된다. Slice데이터는 Save loop버튼으로 저장하며 데이터 양식은 그림 3에서와 같이 STL포맷과 유사하다.

이상과 같이 개발된 RP시스템의 CAD인터페이스 프로그램은 STL 파일의 솔리드화로 그 정도가 기존 상용프로그램과 비교하여 정확한 반

면 속도면 에서는 느린 단점을 가지고 있다.

이와같이 개발된 쾌속시작시스템의 CAD인터페이스 프로그램은 아직 개발 초기 단계로 현재 개발중인 쾌속시작시스템에 사용하기 위해서는 2차원 단면에 대한 스캔 데이터 처리 모듈, 통합 제어장치와의 인터페이스 모듈, 하드웨어 제어 모듈, 공정 가공 확인을 위하여 가공 시뮬레이션 모듈 등 많은 모듈을 추가하여야 한다.

3. 쾌속조형시스템 : FDM-8000

IBRD 차관장비로 도입된 미국 Stratasys사의 FDM(Fused Deposition Modeling) 시스템('98. 4. 도입)은 현재 전세계 RP시장에서 시장 점유율 1위(1996년 약 45%)를 차지하고 있으며 모델 8000은 최신형 제품으로 국내 최초로 도입되었다. 이 장비로 제작할 수 있는 최대 제품 크기는 약 460mm×460mm×610mm으로 동급의 쾌속시작시스템에서는 가장 큰 것으로 알려져 있

```

SOLID fan.lap <--- 파일명
FACET BEGIN <--- 단위 Slice시작
LOOP BEGIN <--- 단위 Loop 시작
Vertex +2.11326e+000 +1.17823e+000 +2.34260e+000 <--- Loop 구성 절점의 좌표
Vertex +2.11308e+000 +1.17823e+000 +2.34260e+000
.....
Vertex +2.11317e+000 +1.20382e+000 +2.34260e+000
Vertex +2.11319e+000 +1.19810e+000 +2.34260e+000
LOOP END <--- 단위 Loop의 끝
LOOP BEGIN <--- 단위 Loop의 시작
Vertex +2.11326e+000 +1.17823e+000 +2.34260e+000
Vertex +2.11319e+000 +1.19810e+000 +2.34260e+000
.....
Vertex +2.10334e+000 +1.17820e+000 +2.34260e+000
Vertex +2.11308e+000 +1.17823e+000 +2.34260e+000
LOOP END <--- 단위 Loop의 끝
FACET END <--- 단위 Slice의 끝
    
```

그림 3. 임펠러 단면생성 Slice데이터의 출력양식

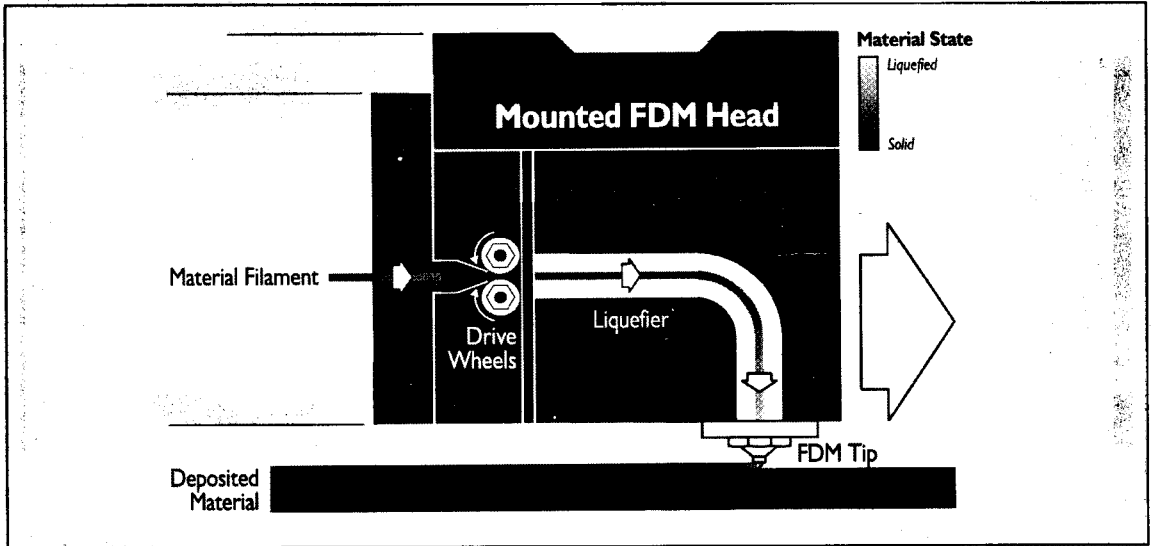


그림 4. Fused Deposition Modeling(FDM)공정

으며 사용 재질도 ABS, 왁스, 메디칼 왁스 등 매우 다양하다. 특히 타 시스템은 인체에 유해한 오염원이 발생하여 전용 제작실에 그에 대비한 장치와 환기시설을 설치해야 하는 것에 비해 이 장비는 실내에서 사용할 수 있도록 되어 있다. ABS 시작품은 일반 ABS제품의 물성 및 조작성과 동일한 성질을 가지며 양산용 마스터 정도의 정밀도로 만들 수 있으며 일반 사출제품의 약 85%정도의 강도를 가질 수 있다. 또한 실제로 밀링, 드릴링, 탭핑과 같은 기계적 가공성을 가지고 있어 시작품을 직접 시험할 수 있는 특징을 가지고 있다. 또한 다른 상용 시스템에 비하여 소재비용이 저렴하며 가공성이 뛰어나고 유지보수비용도 저렴하여 적용분야가 매우 다양하다. 그림 4은 FDM 공정을 나타내고 있다.

4. 적용사례

4.1 Turbo Generator용 Radial Turbo제작

산업용 기기에 사용되는 Radial Turbo는 다른 어떤 부품보다 성능에 미치는 영향이 크므로 설

계시 충분한 실험검토가 이루어 져야 하므로 폐속시작시스템과 같은 시작품 제작기술을 이용하면 여러 종류의 임펠러를 직접 만들어 볼 수 있으며 이를 통하여 디자인 검증 및 설계검증을 할 수 있다. 또한 실험을 통하여 설계시 성능과 비교 검토하여 범으로 설계 수정요소를 쉽게 찾아 재 설계시 이를 적용 할 수 있다. 아래 그림 5는 Pro/Engineer에서 설계된 것을 STL파일로 변환하여 FDM-8000에서 만든 것이다.

폐속시작기술의 적용분야로 현재 의공학용으로 많이 활용되고 있다. 인체 특성상 인체 각 부분에 대하여는 도면이 존재하지 않으며 각 사람마다 달라 표준품을 제작하는데 많은 어려움이 있다. 예를 들면 치아의 경우 치과마다 표준품을 적당한 크기와 종류로 비치하여 필요시 이를 가공하여 사용하고 있어 가공정도에 따라 교정이 달라지는 경우가 있으며 교통사고 등으로 인하여 두개골이 함몰된 경우 함몰부위의 크기를 알 수 없어 두개골을 개봉한 상태에서 덮개를 적당한 크기로 가공하여 접합하여 수술을 하고 있다. 그러나 컴퓨터 기술의 급격한 발달과 3차원 영상기술의 획기적인 기술 개발로 단층촬영기와

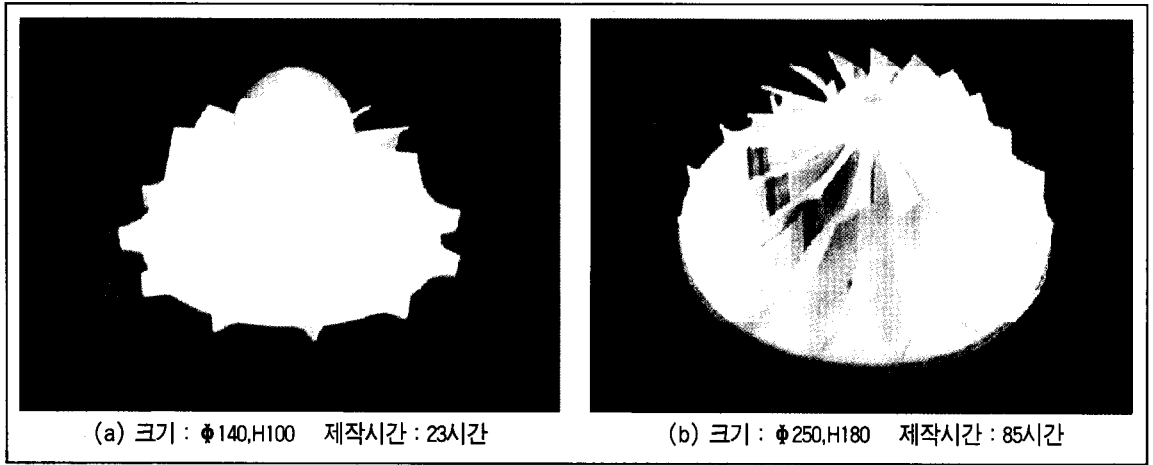


그림 5. Turbo Generator용 Radial Turbo 시작품 (자료제공: 열유체연구부)

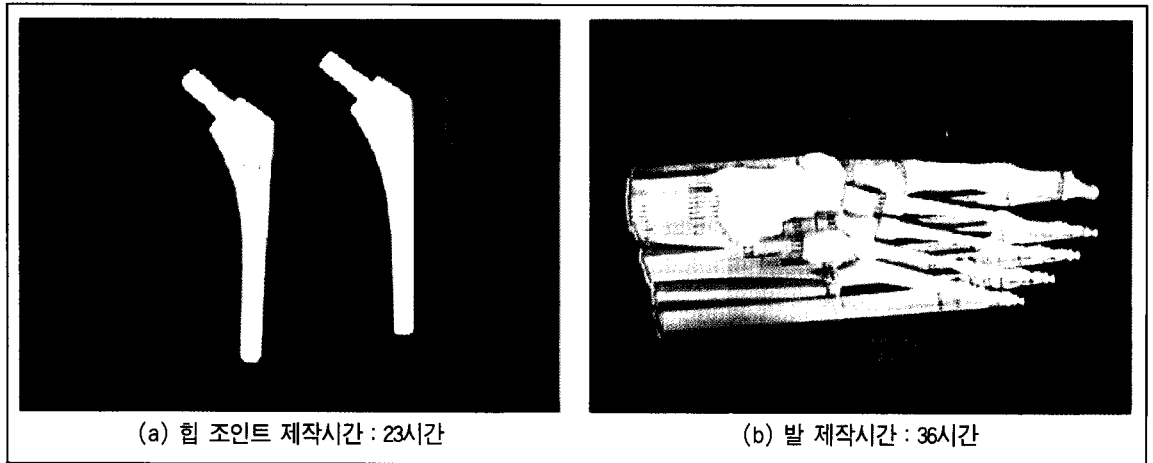


그림 6. 의공학 시작품(자료제공: 분원 내열재료그룹)

MRI 같은 영상기기가 개발되어 인체 각 부위를 측정된 데이터를 3차원 영상으로 처리하고 3차원 영상 데이터를 쾌속시작시스템에서 사용할 수 있는 데이터로 변환하여 의료용 재질로 시작품을 제작 사용 할 수 있다.

5. 쾌속시작시스템 개발

본 연구는 금속 시제품이나 시금형을 3차원 CAD데이터를 사용하여 자동으로 제작하기 위한 것으로 기존 대부분의 쾌속조형시스템은 금속분

말을 주원료로 하는 것과는 대조적으로 용접봉과 같은 금속 와이어를 소재로 조형하는 독자적인 신 공정을 개발하고 각 설계변수들의 조합으로 최적의 가공조건을 선정 이를 바탕으로 레이저와 금속와이어를 이용한 쾌속조형시스템을 개발하는 것이다.

5.1 금속 와이어와 레이저를 이용한 독자적인 쾌속조형 신 공정개발

기존 대부분의 금속 시작기술은 금속 분말을

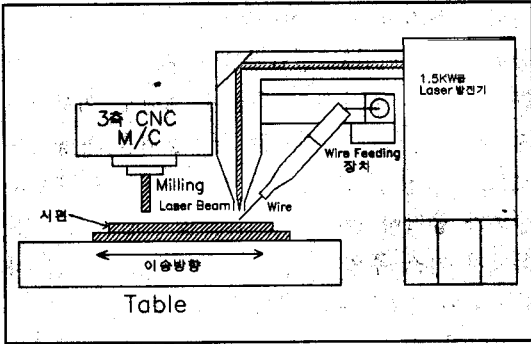


그림 7. 급속장치 개념도

주소재로 고출력의 레이저빔속으로 일정량 분사시켜 금속분말을 용융시켜 한층씩 적층하는 것과는 대조적으로 본 연구에서는 금속와이어를 레이저빔으로 용융시켜 한층씩 적층하는 과정을 반복하여 일정한 두께를 적층하고 적층시 발생하는 가장자리의 웨이브 현상을 밀링으로 후가공을 한

후 그 면을 따라 다시 와이어를 용융시켜 적층하는 패속조형 방식의 공정을 개발하였다.

5.2 와이어공급장치 설계 및 제작

일정한 속도로 레이저빔 초점에 소재인 금속 와이어를 공급하기 위하여 와이어이송장치를 설계 하고 제작하였다. 와이어이송장치는 일정한 속도로 이송을 하기 위하여 서보모터에 의해 구동되며 최적의 가공조건을 찾기 위하여 운전상태에서 속도를 제어할 수 있게 제어장치를 설계 제작 하였다. 또한 와이어 이송시스템의 제어장치는 와이어의 이송이 진행중인 운전상태에서도 이송속도를 감지할 수 있으며 순간적으로 와이어 이송속도를 급속히 변경하기 위한 방법으로 이송속도의 증감 폭을 지정하여 즉시 그 값을

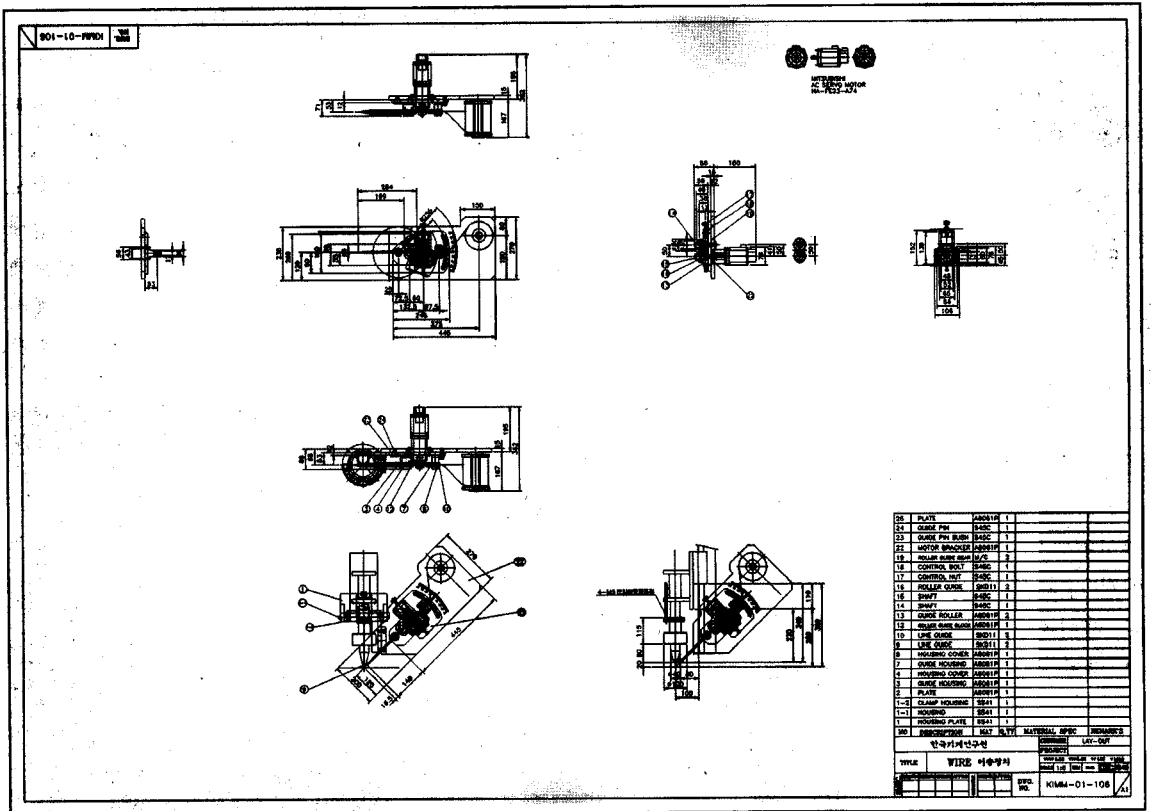


그림 8. 와이어공급장치 설계도면

반영 할 수 있도록 하였으며 서보모터의 가감속과 와이어의 진입 및 제어를 제어하기 위하여 서보모터의 회전방향을 쉽게 변경 할 수 있게 하였다. 실제 형상가공시 레이저의 진행방향과 와이어의 진행방향이 매우 중요한 변수로 작용하므로 와이어의 진입방향을 형상가공방향과 일치하게 하기 위하여 실험시 수동으로 회전할 수 있도록 하였으며 와이어 진입각도 또한 실험 변수로 생각하여 와이어의 수동으로 진입각도를 조절할 수 있게 설계 제작 하였다.

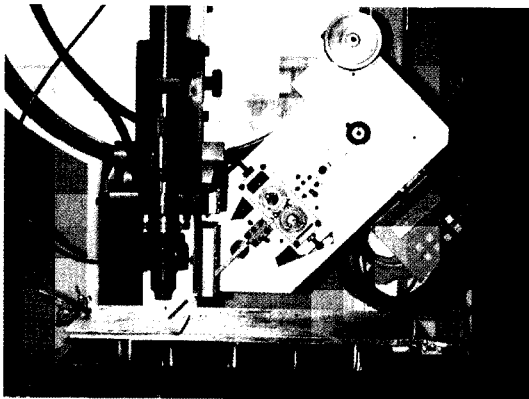


그림 9. 와이어공급장치 실험장치

5.3 기초실험을 통한 최적가공조건 및 소재특성 분석

레이저와 와이어 이송장치를 결합한 후 최적의 가공조건을 결정하기 위하여 각 설계변수들의 조합에 의한 기초실험을 수행하였다.

먼저 재질은 스틸303 직경 0.7mm으로 일반 와이어선을 기준으로 하였다. 레이저출력 700W에서 실시한 실험결과 스틸소재의 특성상 충분한 레이저빔의 용량에도 와이어가 용접되지 않고 말려 올라가는 현상을 발생하였다. 또한 레이저의 진행방향 즉 가공방향과 와이어의 진입방향이 매우 중요한 가공변수이다. 기초실험에서 사각형상을 조형하는데 있어서 가공방향과 와이어진입방향이 일치할 경우 레이저빔에 의한 와

이어의 용접이 매우 성공적으로 진행된 반면 가공방향과 와이어의 진입방향이 90, 180, 270에서는 와이어가 모재와의 용접이 제대로 이루어지지 않았다. 특히 레이저로 금속소재를 용융하는 것으로 일반 스틸선을 소재로 한 경우 대부분 산화가 급격히 발생하여 이를 방지하기 위한 산화방지 가스 주입과 chamber로 주위 공기를 차단되도록 가공부위를 설계하여야 한다.

레이저 출력을 Pulse로 변경하여 순간 최대출력이 2KW정도에서 실시한 실험에서 레이저 출력과 와이어진입방향 및 가공방향을 가공변수로 실험하였다. 0.8mm 구리용접봉을 소재로한 실험에서는 앞의 기초실험을 근거로 공정변수로는 레이저출력, 와이어 이송속도, 레이저 이송속도, 레이저 초점거리, 용접부의 반사율등을 고려하여 실험한 결과 레이저출력 415watt에서 와이어 이송 속도를 30mm/min, 초점거리 100mm로 일정한 상태에서, 레이저 이송속도가 50mm/min~75mm/min에서는 매우 안정되게 금속와이어가 모재에 용착되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 초점거리를 1mm상향하고 앞 실험에서 안정된 용착 범위 내에서 와이어 이송속도 50mm/min, 레이저출력 약 530watt로 높은 상태에서 실험한 결과 용접표면이 거칠고 용착이 제대로 이루어지지 않음을 알 수 있다. 이는 쾌속조형시스템에서 적층 가공두께도 하나의 중요한

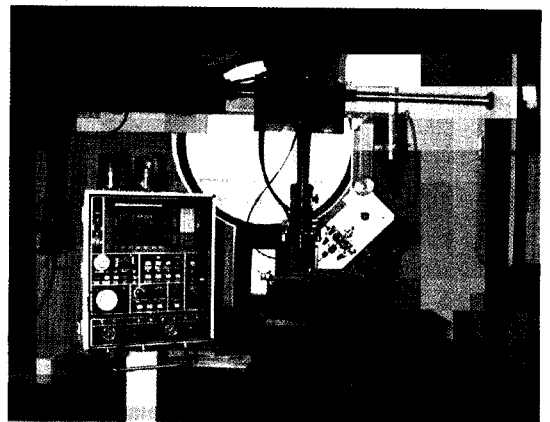


그림 10. 기초실험을 위한 실험장치

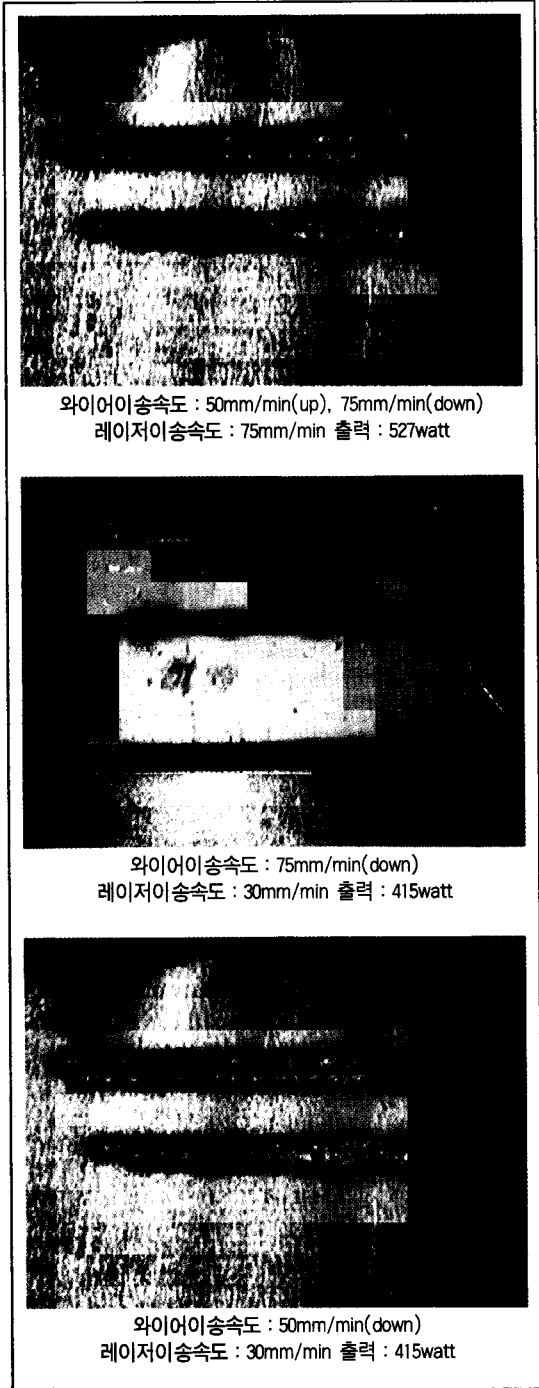


그림 11. 기초실험 결과 사진

설계변수임을 알 수 있다. 또한 일반스틸선에서 보이던 말려올라가던 현상과 산화현상도 발생하

지 않아 가공소재는 반드시 산화방지 코팅처리가 되어야 한다.

그외 가공변수로는 한층을 적층할 경우 가공형상이나 정밀도에 따라 최적 적층높이를 결정하여야 하며 와이어 두께와 레이저출력 가공형상에 따른 가공속도와 레이저의 조사정도등 매우 복잡한 조합에 의한 실험을 2차년도에 실시하여 가공형상에 따른 설계변수들의 최적조건을 데이터베이스에 일정하게 저장하여 쾌속조형을 위한 가공 전문가시스템을 만들 예정이다.

5.4 금속와이어와 레이저를 이용한 독자적인 쾌속시작시스템 개발

기초실험을 바탕으로 금속조형시스템의 설계변수는 레이저출력, 와이어 이송, 레이저이송방향, 와이어진입방향, 와이어 진입각도, 레이저 초점거리, 적층높이, 최적소재직경, 가공속도 등이 있다. 이러한 설계변수들의 조합한 여러 가지 실험을 2차년도에 계속 수행할 예정이지만 현재의 실험결과를 기준으로 이와같은 설계변수들이 조합된 금속와이어의 용융 및 적층과 밀링을 이용한 레이저 쾌속조형장치를 설계하였다. 먼저 레이저의 광원부는 기존의 1.5KW급 CO₂ 레이저를 사용하며 레이저빔의 안정된 전송을 위하여 빔 전송부를 새로 설계하였다. 빔 전송부 설계시 기

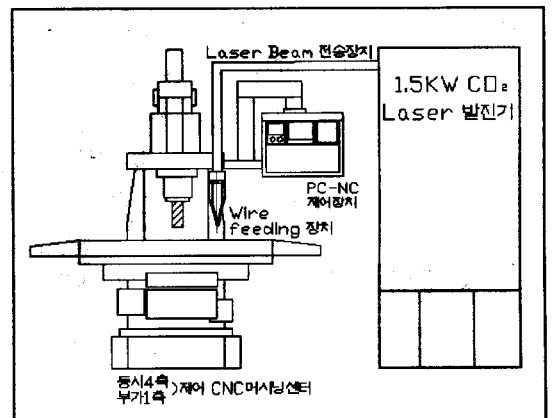


그림 12. 쾌속시작시스템 구성도

초실험에서 설계 제작한 와이어 이송 장치의 이송부를 빔전송부에 포함해서 설계하였으며 멀티 재질을 사용하기 위하여 2가지 재질이 따로 진입하도록 설계하였다. 금속 와이어의 적층부위 평탄화와 형상가공을 위하여 CNC밀링머신을 도입하였다. CNC밀링머신은 XYZ축이 동시제어가 가능하며 레이저의 입출력 제어 와이어의 이송을 제어하기 위하여 PC-NC기반의 제어장치를 부착하였으며 원주 방향의 형상가공을 위하여 인텍스테이블을 추가로 부착할 예정이다.

6. 결 론

급변하는 세계시장에서 시장경쟁력을 유지하기 위하여 가장 빠른 시간 내에 최적의 제품을 공급하기 위한 방법으로 발전하기 시작한 쾌속시작 기술은 이제 기술선진국에서는 매우 보편적으로 보급되어 시작품 제작에 적용하고 있으며 사용재질도 매우 다양하게 발전하고 있다. 최근에는 기존에 수지계통의 재료만으로 형상을 제작하였으나 세라믹이나 금속분말을 이용하여 시작품을 직접 제품 성능시험에 사용하게 되었다. 그러나 아직 금속의 시작품 제작에는 형상의 정밀도와 표면조도에 많은 기술적인 어려움이 있으며 상용화된 제품으로도 제작할 수 있는 형상은 매우 한정되어 있다. 최근 쾌속시작기술 학회에서 발표된 독일, 영국, 미국 등 선진대학들의 쾌속시작핵심기술과 본 연구에서 개발된 공정을 비교 분석한 결과 대부분 아직 실험실 수준에 있으며 이 금속의 쾌속시작 기술은 선진국과 대등한 기술을 보유하고 있다. 따라서 현재 연구중인 쾌속시작시스템은 최적 쾌속 가공조건과 가공변수들의 복합 연계 조건 및 통합 CAD/CAM 소프트웨어 개발 등

으로 선진국과 매우 기술 경쟁력을 갖추게 될 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] Paul F. Jacobs " Stereolithography and other RP&M Technologies
- [2] Martti Mantyla "An Introduction to Solid Modeling"
- [3] S. Ashley, "From CAD art to rapid metal tools", Mechanical Engineering, ASME, March pp.82-87, 1997.
- [4] Rapid Prototyping Report, CAD/CAM Publishing, June 1998.
- [5] Rapid Prototyping Technology, SME, 1998.
- [6] R. Merz, F.B. Prinz, K. Ramaswami, M. Turk, L. Weiss, "Shape Deposition Manufacturing", Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas at Austin, August 8-10, 1994.
- [7] J. R. Fessler, R. Merz, F.B. Prinz, "Laser Deposition of Metals for Shape Deposition Manufacturing", Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas at Austin, August 1996.
- [8] 채희창, "STL에 위상정보를 부여하기 위한 삼각형 기반 형상 모델링", 한국정밀공학회지, 제14권 제2호, pp136-144, 1997.
- [9] 채희창, 정인성, "분리형 삼각형을 기준으로 한 입체 모델링에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제10권, 제1호, pp89-99, 1993.