

# 기능성 시작품 개발

정해도\*(부산대 기계공학부), 임용관\*\*, 조진구\*\*, 정은수\*\*(부산대 대학원 정밀기계공학과), 양동열\*\*\* (한국과학기술원 기계공학부)

## Functional Prototype Development

HaeDo Jeong\*(School of Mechanical Engineering, PNU),  
YongKwan Im, JinGu Cho, EunSoo Jeong\*\*(Dept. of Pre. Mech. Engineering, PNU)  
DongYuel Yang\*\*\* (Dept. of Mechanical Engineering, KAIST)

### ABSTRACT

Rapid prototyping is one of the most important technology for 21th century industry. To overcome the limitation of the material and function, Functional Prototype Development(FPD) concept is newly proposed. Wide function is necessary such as mechanical, optical, chemical and electrical property in order to solve broad requirements of the industry. The process of FPD has more than two conventional processes based on fusion technology and the FPD system is integrated with the interdisciplinary, interfacing and intelligent concepts. This paper shows some representative achievements such as optic coloring prototypes, electric multi layer printed circuit board(MLB) and MEMS using electrostrictive polymer. Finally, we confirmed that FPD has a great possibility which can be applied in broad industry and will be a powerful tool in near future.

**Key Words** : Rapid Prototyping(쾌속모형제작), Functional Prototype Development(기능성 시작품 개발), Coloring prototype(다색 기능성 시작품), MLB(다층인쇄회로기판), Electrostrictive Polymer(압전성 폴리머)

### 1. 서론

쾌속조형(RP)기술은 1988년 3D System사가 SLA 라는 광조형기를 시판하기 시작한 이래, 공업 및 의료분야에서 급속도로 확산되어 Design, Working 그리고 Master Model의 형태로서 활용되고 있다 [1]. 이는 쾌속금형(RT)기술로 발전되어, Master Model을 진공주형 등에 의해 복제하는 간접식[2]과 SLS[3], 용접/절삭 복합방식[4] 및 VDM[5] 등에 의한 직접식 금형제작기술이 등장하였다. 한편, 어차피 금형을 쾌속제작하기 위해서는 금형의 정밀도가 확보되어 있는 고속절삭이 RT기술에 합류하여, 특히 Encapsulation[6]에 의해 복잡 금형을 실현하였다. 그리고, CAD/CAM기술의 발전에 의한 동시공학 적 쾌속제품생산(RPD)는 21세기 제품생산의 새로운 가능성을 제시하고 있다[7]. 본 연구에서는 쾌속조형기술을 보다 광범위한 분야에까지 적용하기 위해 기능성 시작품 개발(Functional Prototype Development)의 새로운 개념을 제안한다.

### 2. 기능성 시작품 개발

반도체 Lithography기술과 적층기술로 탄생한 다양한 쾌속조형법은 기본적으로 기계 구조물의 3차원 실물을 빨리 얻을 수 있다는 점에서 장점을 가지나, 적용재료의 제한으로 인해 원하는 제품의 기하학적 기능만을 부여할 수 있을 뿐이다[8]. 물론, 강도 등과 같은 기계적 특성을 향상하기 위해 쾌속금형제작에서는 금속, 세라믹 등의 재료를 치환하고 있으나, 역시 제품에 다양한 기능을 부여한다고 말할 수 없다. 한편, FPD에서는 기존의 RP기술을 활용하되 적용재료를 다양화시킴으로써, 다양한 특성/기능이 부가되고 이를 해당분야에 적용하여 종래의 기계분야에 국한된 RP의 개념을 확장하는데 그 의미가 있다. 주요 특성 및 기능은,  
1. 기계적; 경도, 강도, 내마모성, 밀도 등  
2. 광학적; 색상, 투과율, 반사성 등  
3. 화학적; 반응성, 젖음성, 오염도, 생화학성 등  
4. 전기적; 전도성, 압전성 등

이러한 특성을 그 기능에 따라 해당 적용분야를 제시하면, 기계분야에서는 기계 부품 및 금형 등에서 원하는 부위에 필요한 기능을 부여할 수 있다. 그리고 광학분야에서는 렌즈, 미러 및 디스플레이에, 화학분야에서는 필터, Scrubber, 의료부품, 청정 반도체 부품에, 마지막으로 전기분야에서는 MEMS, 정보통신의 부품 등에서 원하는 특성을 얻을 수 있게 된다. 이른바 주문적응형 쾌속제품개발 (Order Adaptive Rapid Product Development)가 가능하게 될 것이다. Fig.1은 그 응용예를 나타낸다.

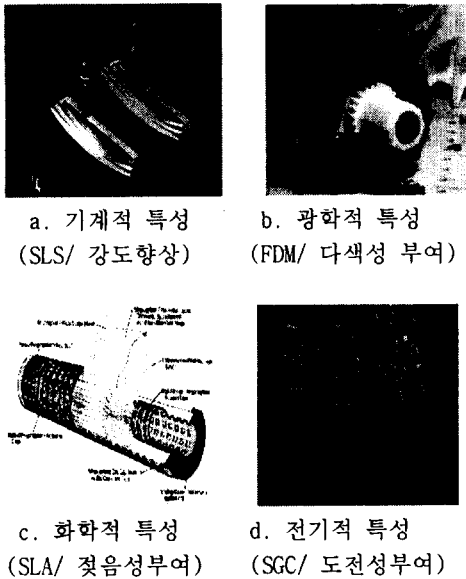


Fig.1 Function/Application of FPD

FPD를 실현하기 위한 공정기술을 살펴보면, 기존의 RP기술에서는 다양한 방법이 제시되어 있으나, 대부분 하나의 시제품을 얻기 위해서는 한 종류의 재료와 공정으로 국한되고 있는 실정이다. FPD에서는 한 제품에 다양한 재료를 활용하므로 여러 공정이 동시에 혹은 순차적으로 적용될 필요가 있다. Fig.2는 FPD를 실현하기 위한 융합기술(Fusion Technology[9])를 설명한다. 즉, 각 공정기술이 갖고 있는 장점만을 취득하여 FPD공정으로서 활용한다.

FPD를 실현하기 위한 시스템기술 개발은 크게 3단계로 나눌 수 있다. 먼저 기초연구에서는 무엇보다도 학제간 연구 프로그램이 필요하다. 이것은 다양한 활용분야로부터의 의견 취합과 이를 실현하기 위한 재료 및 공정기술의 확립을 위해 선행되어야 한다. 그리고 단순히 공학적인 의미를 증가하는 과

## Fusion (Direct or Indirect)

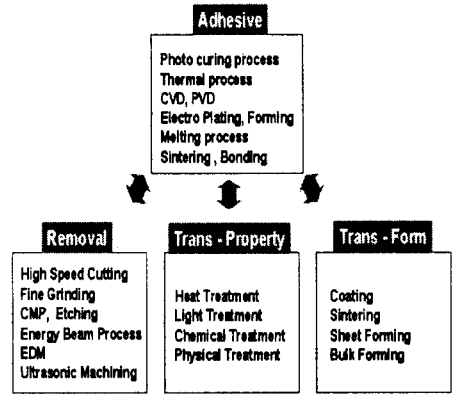


Fig.2 Fusion Technology for FPD process

학적 수준의 접근을 통해, 미래기술로 부각되는 MEMS, 의공학 및 정보통신분야 등의 시제품 및 제품을 단기간내에 구현할 수 있는 핵심기술로 성장하기 위해서 고려해야 할 사항이다. 개발연구에서는 기초연구에서 얻어진 결과를 토대로, 해당 기능을 얻기 위해 가장 적합한 재료와 공정을 효율적으로 구현해 낼 수 있는 시스템을 구현해야 한다. 특히, FPD Process는 최소한 두가지 이상의 재료와 공정을 융합한 형태를 취하므로 시스템을 구성하기 위해서는 2개 이상의 모듈이 각각 별도로 개발되어야 한다. 그리고 이를 인터페이스하기 위해 시스템 공학자의 역할이 중요하다. 또한, 필요에 따라 동시공학적 개념을 갖는 3D CAD/CAM/ CAE/CAPP의 소프트웨어 지원이 지능화를 도모할 것이다. 마지막으로, 상품화를 위해서는 무엇보다도 정밀도를 확보한 쾌속시스템이 되어야 하며, 환경/인간 친화적 시스템으로서 출현되어야 할 것이다.

본 연구에서는 앞에서 제안한 새로운 개념에 입각하여 최근 이룩한 대표적인 성과를 제시한다. 즉, 광학적 특성 중에서 다색 기능성을 부여한 사례와, 전기적 기능을 부여한 사례로서 다층인쇄회로기판(MLB) 적층기술 및 압전성 폴리머 개발이다.

## 3. 기능성 시작품 개발 사례

### 3.1 SLA를 응용한 다색 기능성 시작품 개발

제품의 다색화는 시각적인 측면에서 상당한 장점을 가져온다. Z-Corp.사의 3D Printing방법[10], Ink-Jet SLS 등이 Coloring 방법으로 연구되고 있다. Fig. 2는 광조형을 이용한 coloring 공정을 나

타낸다. 첫 번째 단계는 색상을 가지는 층을 제작하기 위해 투명한 광경화성 수지를 요면의 형상으로 경화하는 공정이고, 두 번째 단계는 안료혼합광경화성 수지를 공급한 후 경화함으로써 실제로 색상을 가지는 층을 얻는다.

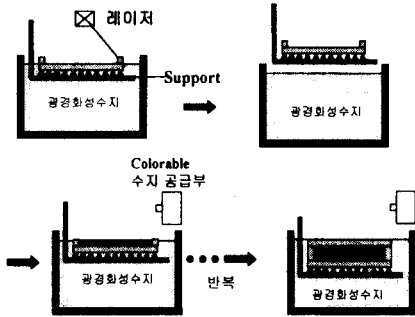


Fig. 2 Coloring process using laser lithography

이러한 과정의 반복에 의해 최종적으로 한 층에 여러 가지 색상을 가지는 모델을 제작할 수 있으며, Fig.3 은 그 간단한 실례를 보여준다[11].



Fig. 3 Fabricated SLA part with 3-color

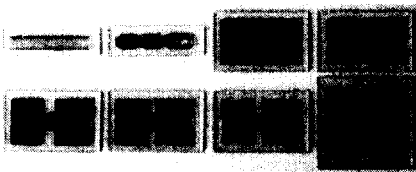


Fig. 4 RCC process model in PCB model

Fig. 4 는 Fig. 2와 같은 공정을 이용하여 제작된 PCB 제작에 있어서의 RCC 공정 모델이다. 이러한 다색 모델 제작이 가능해짐으로써 자동차 모델, 인체모델 등의 복잡한 모델이나 반도체 모델, PCB 모델 등의 미세형상의 가시화에 대한 응용이 가능하고 나아가서는 MEMS의 Concept 모델로써도 활발히 응용될 전망이다.

### 3.2 SGC를 응용한 다층인쇄회로기판 개발

전자제품이 점점 소형화, 박형화되어 인쇄회로기판 역시 다층화, 소형화, 박형화가 진행되고 있으며 특히, 통신기기용 다층인쇄회로기판(Multi

Layer Board)을 중심으로 한 다층화는 기기의 소형화에 가장 핵심을 이루고 있으나 종래의 빌드업인쇄회로기판 제조공정이 코어를 기본으로 하여 다층화가 진행되므로 층간의 전기적 연결을 위한 비아(Via)를 형성시킬 때 레이저드릴 등 고가의 장비를 도입해야만 빌드업인쇄회로기판의 제조가 가능하게 된다. Fig.5에 레이저 비아층 가장 많이 사용되는 RCC(Resin Coated Copper foil)제조공정을 나타내었다.

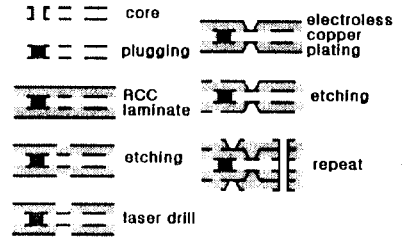


Fig. 5 RCC Process

기존의 절연층으로 사용되던 열경화성수지의 단점인 긴 경화시간을 단축하기 위해 패속조형기술에서 사용되는 광경화성수지를 이용한 SGC공정을 도입하고 부분적으로 스크린인쇄기술을 이용하여 전체적인 제조시간을 할 수 있는 MISO (Multi Integrated Surface Offset)공정을 Fig.6에 나타내었다[12].

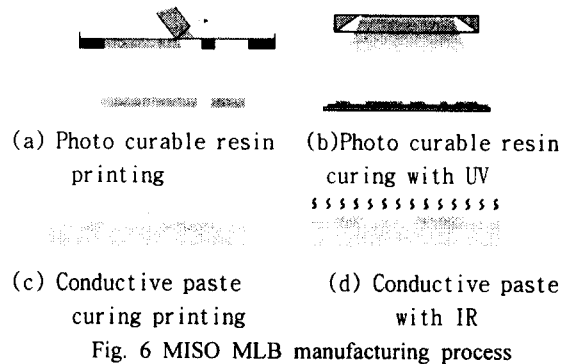


Fig. 6 MISO MLB manufacturing process

Fig. 7 에 실제 build-up과정과 일반적인 다층인쇄회로기판과 단면을 비교한 그림을 나타내었다.

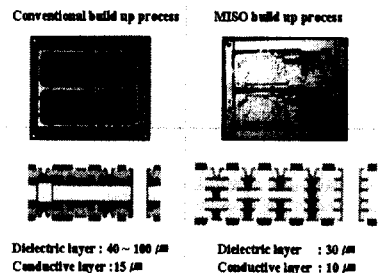


Fig. 7 Comparison between RCC & MISO process

### 3.3 압전성 폴리머 개발과 그 응용

새로운 기능성 고분자재료 중 압전성 폴리우레탄(PU)은 기존의 PZT와 같은 압전성재료에 비해 전계에 대한 선형적 응답, 높은 연신률, 빠른 응답속도, 그리고 극히 적은 피로하중 등의 장점을 가진다[13]. Fig.8은 본 연구에서 개발한 압전성 폴리우레탄을 제조하는 공정을 나타낸다.

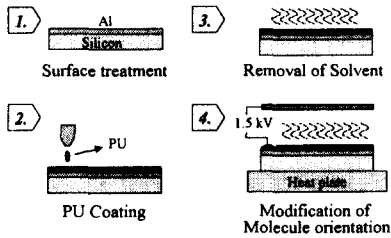


Fig. 8 Process flow of electrostrictive PU

특성평가는, ferroelectrometer 등을 사용하여 전기적 특성을 구하였고, PU의 경질부 유리전이온도를 측정기 위해 DSC를 사용하였다. 10~100 $\mu$ m의 막두께를 갖는 시편에 대하여 Fig. 9에 나타난 바와 같이 강유전성을 확인하였다.

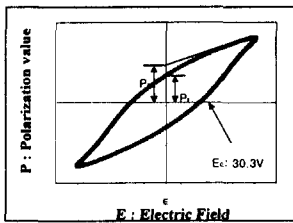


Fig. 9 Hysteris loop of PU

PU의 빠른 응답성과 함께 극히 적은 피로하중 등의 장점을 이용하여, Fig. 10에 나타낸 바와 같은 형태의 마이크로 스위치에 적용가능하며, 마이크로 펌프, 마이크로 액추에이터 등과 같은 MEMS 부품, 그리고 인공근육, 인공심장 등과 같은 인공장기로도 적용 가능할 것이다.

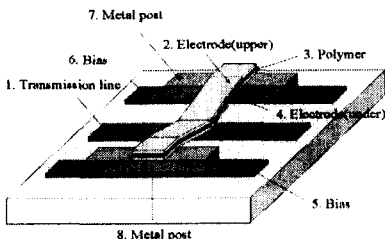


Fig. 10 RF-switch using an electrostrictive PU

### 4. 결론

본 연구에서 제안한 기능성 시제품 개발(FPD)는

기존의 쾌속조형(RP)기술이 갖는 재료 및 기능에 제한을 해결하여 보다 광범위한 영역으로 확산하고자 하는데 그 의미가 있다. 실현방법으로서는 융합기술을 토대로 한 공정기술의 확립과 학제간 연구를 통한 시스템 개발에 대한 개략적인 방법론을 제시하였다. 그리고 이를 증명할 수 있는 대표적인 사례연구를 제시하여 그 가능성을 확인하였다. 향후 많은 연구자들에 의해 본 기술이 체계화되고 완성될 수 있기를 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 정해도, "적층조형시스템", 성안당, pp.116, 1998
- [2] S-I. Chung, et. al, "Improvement of Characteristics of Aluminum Casting Using Ceramic Porous Mold", Proc. of ASPE Annual Meeting, pp. 154-158, 1999
- [3] 허성민 외, "SLS의 공정파라미터 최적화에 관한 연구", 대한기계학회지, 제 24권, 3호, pp. 769-776, 2000
- [4] 송용역 외, "3차원 용접과 밀링을 위한 공정 소프트웨어 개발" 한국정밀공학회 1999년 춘계학술대회 논문집, pp. 853-857, 1999
- [5] 이상호 외, "EVA를 이용한 가변 용착 쾌속 조형 공정 개발" 한국정밀공학회 2000년 춘계학술대회 논문집, pp. 771-774, 2000
- [6] D.S. Choi et. al., "Rapid Prototyping Technique Using Feature Based Encapsulation Process", Proc. of the 8th Int'l Conf. of RP, Tokyo, pp. 38-43, 2000
- [7] 이관행 외, "쾌속 제품 개발을 위한 측정 시스템", 한국정밀공학회지, 제 17권, 제 10호, pp. 26-34, 2000
- [8] 임용관 외, "R/P 마스터모델을 활용한 정밀주조 공정기술의 개발", 한국정밀공학회지, 제 16권, 제 6호, pp. 52-57, 1999
- [9] Manabu Kiuchi, "Technology Fusion in Metal Forming Field", The 5th Joint Workshop on Production Technology, Jan. 2000, pp. 1-3, 2000
- [10] Takeo NAKAGAWA, "RAPID PROTOTYPING IN JAPAN", Proc. of the 8th Int'l Conf. of Rapid Prototyping, Tokyo, Japan pp. 1-16, 2000
- [11] 조진구 외, "광조형을 이용한 다색기능성 시제품의 색상특성에 관한 연구", 한국정밀공학회 2000년도 춘계학술대회, PP 824-828, 2000
- [12] Hae Do JEONG et. al., "Development of Build-up Process for MLB Using Rapid Prototyping", Proc. of the 8th Conf. of RP, Tokyo, pp. 323-328, 2000
- [13] T. Ueda, et. al. " Polyurethane Elastomer Actuator ", Synthetic Metals 85, pp. 1415~1416, 1997