

## 쾌속 조형법을 이용한 쾌속 제품 개발

### Rapid Product Development Using Rapid Prototyping

양 동 열  
D. Y. Yang



양 동 열  
· 1950년 11월생  
· 정회원  
· 한국과학기술원 기계공학과  
· 소성가공, 정형가공 CAE,  
쾌속조형

#### 1. 서 론

오늘날 제품 종류의 다양화와 국내외 시장에서의 치열한 경쟁에 대처하기 위해서는 쾌속한 제품 개발에 의한 시장도입시기 및 납기 단축은 제품경쟁력의 제고를 위해 필수적인 일이다. 제품수요 확인에서부터 설계를 거쳐 제품시작생산과 양산에 이르기까지 종전의 시행착오적인 방법(trial and error)은 더 이상 경쟁력이 없으며, 신속한 제품개발 요구를 만족시킬 수 있도록 시간을 뛰어넘는 동시공학적(Concurrent Engineering)인 시도가 필수적이다.

쾌속 조형법(Rapid Prototyping; RP)은 10여 년 전에 개발되어 매우 짧은 시간 안에 세계적으로 주목을 받으며 활발하게 사용되고 있는 가장 강력한 동시공학적 도구이며,

이를 활용한 쾌속제품개발(Rapid Product Development)은 공간을 뛰어넘는 설계 및 시작, 생산과정의 통합화에 있어서 중요한 개념으로 부각되고 있다.

특히, 요즈음과 같이 연구소와 생산공장이 전국적으로 또한 세계적으로 분산되어 있는 경우에는 전국적인 나아가 국제적인 연결망(networking)이 실현된 쾌속제품개발 시스템은 궁극적인 지능생산 시스템(intelligent manufacturing system)의 필수적인 요소로 성장할 것으로 보여 진다.

쾌속 조형법은 설계방안의 강구와 설계안 확인에서부터 쾌속 시작과 금형 제작에 주로 쓰여 왔으나, 최근 들어서는 이를 기반으로 한 쾌속제품개발(Rapid Product Development)의 주요 요소로 발전하였다.

#### 2. 쾌속 조형법의 필요성과 응용 동향

국내외 시장에서 경쟁이 치열해지면서 제품의 개발기간과 시작기간의 단축이 요청되고 있으며 이에 따른 시장도입시기를 앞당기려는 노력이 경주되고 있으며 제품개발에 관

련된 납기 단축이 중요한 문제로 대두되었다. 특히, 세계적으로 경쟁이 치열한 자동차, 가전, 전자산업 등의 분야에서 빠른 제품의 시작과 생산을 위한 금형의 신속한 제작은 관련산업체의 시급한 문제로 인식되고 있다. 금형제작 인건비의 상승에 따른 가격 경쟁력의 저하는 새로운 금형제작방법을 요구하고 있다. 기존의 절삭 가공을 위주로 한 전통적인 금형제작방법으로는 더 이상 빠른 시장변화, 다양한 요구를 수용하기 어렵게 되었다. 제품다양성과 시작기간의 단축에 부응할 수 있는 시제품 제작과 금형제작방법의 기술혁신이 필요하게 되었으며 제품개발의 동시공학적 추구가 필수이다.

1986년 미국에서 3차원 형상 인쇄술(Stereolithography)이라는 이름으로 시작된 공정을 필두로 하여 CAD 데이터로부터 3차원 형상을 직접 만들 수 있는 이른바 쾌속 3차원 조형법(Rapid Prototyping)은 지난 9년간 많은 발전을 거듭해 왔고 여러 가지 다양한 방법들이 개발되었다. 쾌속 3차원 조형법은 최근 몇 년간은 자동차, 가전, 전자, 항공, 중공업 등 거의 모든 제조관련분야에 걸쳐서 제품의 설계에서 생산에 이르는 기간과 노력

을 절감하는 동시공학(Concurrent Engineering)의 필수적인 도구로써 사용되어 왔다.

쾌속 조형법은 기존 CNC 절삭가공의 CAD/CAM 데이터를 사용하여서도 3차원 조형에 필요한 데이터를 생성할 수 있으며 CAE 해석결과로부터 설계된 기하형상 표면 모델링 데이터로부터도 용이하게 조형정보를 생성할 수 있어서 총합생산시스템(CIM)의 중요한 요소로서도 역할을 할 수 있게 되었다.

현재 이 쾌속 조형법은 자동차, 가전, 전자, 항공, 중공업 등 분야에서 제품의 설계 및 생산에 널리 이용되고 시작 금형과 일부 양산 금형에 활용되고 있고 의학분야에서도 활발하게 응용되고 있다.

### 3. 쾌속 조형법의 종류와 특징

미국을 중심으로 시작된 쾌속 조형법은 전 세계적으로 10여 가지 방법이 개발되었으며 현재 상업화된 것 만해도 8가지 이상이 된다. Fig.1에 적용시키는 재료 종류에 따른 쾌속 조형법의 분류가 나와 있다. 분류에서와 같이 균일한 재료의 분말이나 액상의 재료 또는 고상의 재료를 사용하느냐에 따라 크게

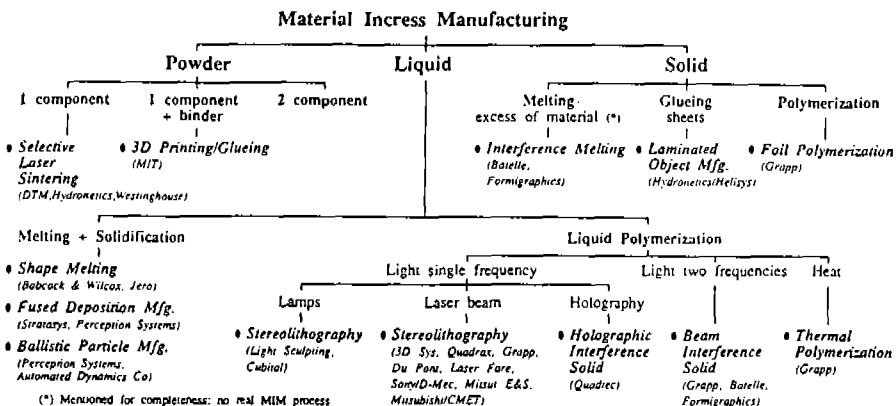


Fig.1 Classification of Rapid Prototyping

3가지로 구분할 수 있다. 여기서는 상업화된 다음 6가지 대표적인 공정을 소개하고 그 특성을 설명하고자 한다.

- ① Stereolithography(SLA/SGC)
- ② Laminated Object Manufacturing(LOM)
- ③ Selective Laser Sintering(SLS)
- ④ Fused Deposition Modeling(FDM)
- ⑤ Three-Dimensional Gluing/MIT Process
- ⑥ Ballistic Particle Manufacturing(BPM)

3.1 Stereolithography(SLA/SGC)

Stereolithography는 3차원 인쇄술이라 번역되기도 하는데 액체 상태의 광경화성 수지(Photo-sensitive Liquid Polymer)에 레이저 광을 선택적으로 조사하여 한 층 한 층 적층해 나가는 방법이며(Fig.2), 레이저 광을 국소적으로 조사하거나 자외선 램프를 이용하여 한꺼번에 한 층씩 조사시키는 두 가지 방식으로 나눌 수 있다(Fig.3). 전자의 방법은 3D Systems, Qudrax, Sony 등 여러 회사에 의해 상업화되어 있으며 패속 조형법 중에서 제일 먼저 실용화된 방법이라 할 수 있다. 보통 SLA 법은 Fig.2에서와 같이 한

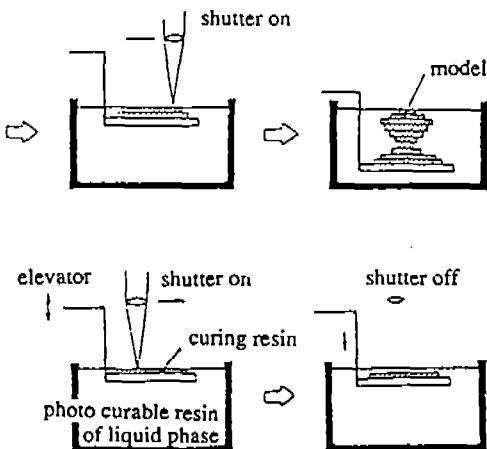


Fig.2 Stereolithography(SLA)

층을 point-by-point로 선택적으로 레이저 광을 조사하여 고화시킨(curing) 다음 한 층을 내려 또 선택적으로 레이저 광을 조사하여 3차원 형상을 적층해 나간다. 액체 속에서 적층이 이루어지기 때문에 형상에 따라 받침 구조(support)가 필요하게 된다. 최근 QuickCast™라는 제작법을 개발하여 각광을 받고 있다. QuickCast™를 이용하여 만든 시작품은 내부 구조가 honeycomb 형태이기 때문에 밀도가 매우 낮다. 그래서 제작 시간의 단축과 고가의 광경화 수지를 절약함으로써 경비 절감의 큰 효과를 얻을 수 있다. 컴퓨터 단층 촬영 기술(CT)을 이용한 역 엔지니어링(reverse engineering)에도 응용되고 있으며, 사출 금형과 인베스트먼트(investment) 주조 금형 제작에도 유용하게 사용되고 있다. 또한, Fig.4에 나타난 Multi-Jet Modeling(MJM)이라는 새로운 공정을 개발하였는데, 이 공정에서는 다중 노즐을 통해

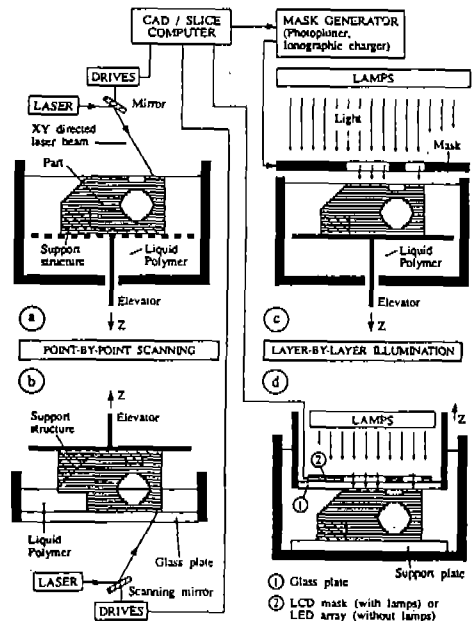


Fig.3 Solid Ground Curing(SGC)

서 액상 수지를 분사, 적층하여 부품을 제작한다. MJM 공정의 장점은 다중 노즐의 사용으로 인한 제작 시간의 감소, 저가 장비, 사무실 내 비치 가능, 쉬운 조작 등이다.

이와는 달리 Fig.3의 두 번째에서처럼 한 층씩 한꺼번에 레이저 광을 조사하는 방법으로는 Cubital Process라 불리는 Solid Ground Curing(SGC)법이 대표적인 방법이다. Fig.5에서와 같이 SGC법에서는 Zerox 복사와 같은 photomask를 만들어 액상의 광경화성 수지에 레이저 광을 한꺼번에 조사한 다음 경화가 안된 부분에 왁스(wax)를 채워 일종의

반침 구조를 만든 후 밀링 공정에 의해 정확한 치수로 깎아 내고 후속 공정을 되풀이함으로써 3차원 형상을 만들어 낸다. 따라서 적층 방향으로 비교적 양호한 정밀도를 가지는 이점이 있다. 최근에는 한 단면을 만드는 데 걸리는 시간을 90초에서 65초로, 왁스 제거에 걸리는 시간의 35%를 단축시켰으며, Flexi-Volume™이라는 소프트웨어를 개발하여 제작 부품의 크기를 조절할 수 있게 되었다.

SLA 공정에서는 액상의 광경화 수지 용기에서 적층이 끝나 꺼낸 형상재는 아직 고화(curing)가 완전히 끝난 상태가 아니기 때문에 가열로에 넣어 일정 시간 동안 고화를 완전히 시키게 되며 이 과정 중에 광경화 수지의 특성상 휨이나 비틀림이 발생하여 형상재의 치수 정밀도가 떨어질 수 있다. 또한 적층시간 때문에 적층 높이가 제한되어 단이진 층계 모양의 표면을 갖게 되어 후속 표면 마무리 공정이 필요하게 된다. 따라서 형상에 따른 적층 방법과 반침 구조의 적절한 설계가 필요하게 된다.

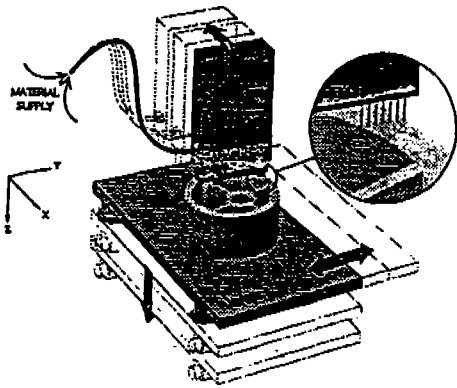


Fig.4 Multi-Jet Modeling(MJM)

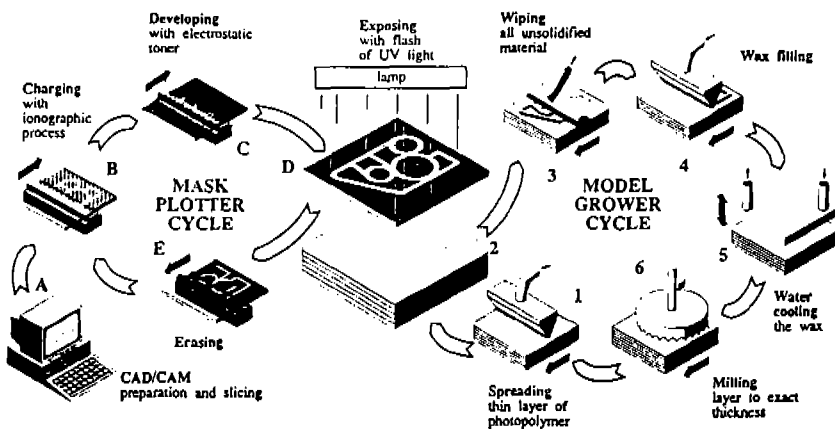


Fig.5 SGC Process

### 3.2 Laminated Object Manufacturing (LOM)

Fig.6에서 보이고 있는 LOM 공정은 일반적으로 종이를 사용하여 적층하는 방법인데 종이에 레이저 광을 조사하여 종이를 거의 잘라 낸 후 종이 뒷면에 붙어 있는 고분자 박막을 고열로 아래층과 압착시켜 한층 한층씩 계속 적층시켜 원하는 모양을 만든다. 각 층에서 적층시킬 단면 이외에는 작은 4각형 단위로 레이저 광을 조사시켜 결국 종이 블록을 쌓게 된다. 그렇게 되면 작은 4각형 단위의 메넬 부분은 각층끼리 붙어 있으나 4각형 그리드(grid) 구조 때문에 어렵지 않게 만들어야 할 형상재로부터 분리시킬 수가 있다. Decubing이라 불리는 형상재 추출 작업은 다소 시간이 소요되는데 숙련된 패턴(pattern)공들은 빨리 형상재 분리 작업을 할 수 있으나 이것은 LOM공정의 단점으로도 작용하고 있다. 각층을 압착시켜 접착하기 때문에 적층 방향으로의 치수 정밀도는 양호하고 힘이나 비틀림이 비교적 없다. 그러나 얇은 부분이 있는 제품의 경우는 작업상 세심한 주의가 필요하다. 적층의 두께는 종이 두께만큼이기 때문에 종이 두께를 바꿈으로 층상

모양의 치수 정밀도를 선택할 수 있다. 적층된 형상재는 거의 나무와 같은 성질을 가지고 있기 때문에 후속 표면 가공이 비교적 용이한 이점이 있다. 넓은 종이를 사용할 수 있기 때문에 큰 형상재의 적층이 유리한 점이 있다.

현재는 새로운 재료로써 고분자 박판의 적층이 시도되고 있다. 또한, 장치의 안정성과 Z축 시스템을 개선, 새로운 XY 메커니즘을 개발하였다. 소프트웨어 측면에서는 광선 오프셋(offset), 연속 경로 운동, 최적 데이터 준비 등이 향상되었다. 유리 섬유(fiberglass) 천과 적층된 에폭시 수지를 백킹(backing) 재료로 사용하는 에폭시 금형 제작에도 응용되고 있다. 한편, 일본의 KIRA사는 LOM과 유사한 공정을 개발하였는데, 이 공정에서는 레이저 대신 칼(knife)을 사용하며, 접착제 코팅된 종이 대신에 복사기를 이용하여 필요한 부분에만 접착제를 바르는 방법을 사용한다. 그래서 장치 가격은 LOM에 비해 저렴하고 일반 복사기를 사용하기 때문에 운영비도 저렴한 편이다.

### 3.3 Selective Laser Sintering(SLS)

Fig.7에 보인 SLS 공정은 균일한 크기의

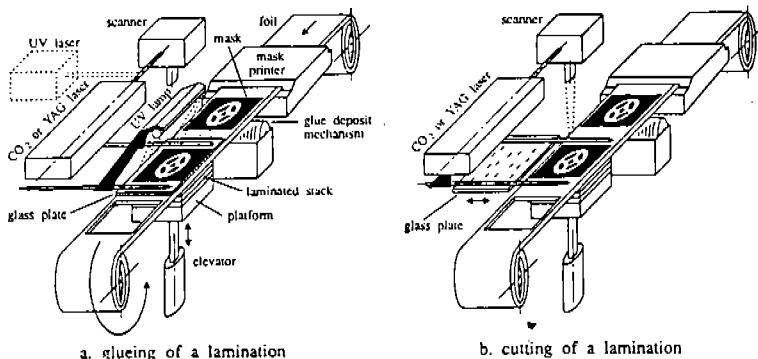


Fig.6 Laminated Object Manufacturing (LOM)

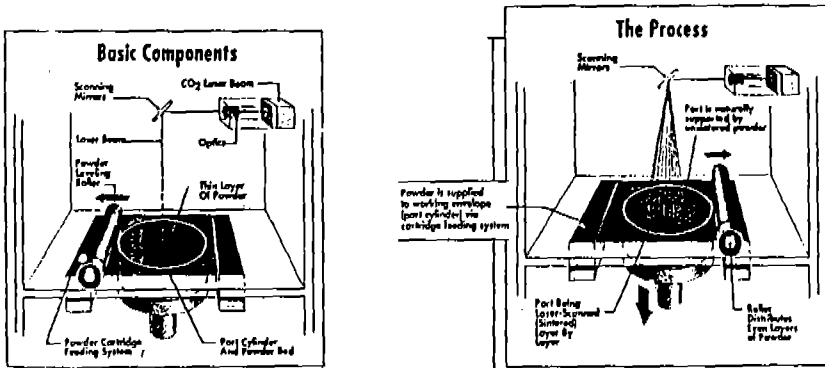


Fig.7 Selective Laser Sintering(SLS)

고체 분말(고분자 또는 금속 분말)을 한 층씩 편평하게 도포한 후 레이저 광을 조사하여 소결시켜 한 층씩 적층시켜가면서 3차원 형상체를 분말 속에서 만드는 공정으로 분말이 형상체의 받침 구조 역할을 행하고 있다. 받침 구조가 따로 필요 없다는 점에서 이전의 SLA나 LOM 공정과 크게 다른 점이며 형상재 적층이 끝난 후 용이하게 형상재를 추출한다는 점이 큰 장점이다. 분리 수거된 분말은 다시 사용할 수 있으며, 분말의 크기가 표면의 조도를 결정하게 된다. 분말 재료는 기능성 고분자 재료, 왁스 분말, 금속 분말 등이 이용되며 왁스 분말의 경우는 인베스트먼트 주조(investment casting)에 쓰이는 왁스 패턴을 직접 만들 수가 있는 이점이 있다.

고분자 재료나 금속 분말의 경우는 기능성 재료이기 때문에 기능 부품(functional part)으로 시험을 할 수 있는 시제품을 만들 수 있는 장점이 있다. 금속 분말의 경우는 철분말을 소결시켜 구리를 용침(infiltration)시켜 작은 크기의 시제품 제작에 응용되고 있다. 최근에는 인베스트먼트 주조와 소량 생산 금형을 위한 TrueForm™ polymer라는 재료를 개발하였으며, 새로이 sintering과 debond,

bond, infiltration을 결합한 single cycle furnace의 두 단계로 구성된 RapidTool™이라는 공정을 개발하였다. RapidTool™ 부품의 최종 기계적 성질은 Al 7075 정도로 알려져 있다.

### 3.4 Fused Deposition Modeling(FDM)

FDM 공정은 Fig.8에서와 같이 공급되는 고분자나 왁스 필라멘트(filament)선을 노즐을 통과하는 동안 용융시켜 얇게 필름 형태로 고화시키면서 적층시키는 방법이다. 이전의 세 방법과는 달리 레이저를 이용하지 않기 때문에 기계 장치가 간단하며 desktop 형태의 사무실 작업환경에서 사용할 수 있는 이점이 있고 다른 공정에 비해 기계나 가격이 상대적으로 저렴하다. 공정의 특성상 형상체의 모양과 치수 정밀도에 제한이 있다. 제품 설계의 설계 확인에 편리하게 사용할 수 있다.

최근에는 시제품 제작을 위한 FDM 1650과 개념 설계의 초기 단계를 위한 Genisys (Desktop 용)를 개발하였다. FDM 1650은 이전 모델인 FDM 1600 보다 제작 시간이 3배 빨라졌다고 보고하고 있다.

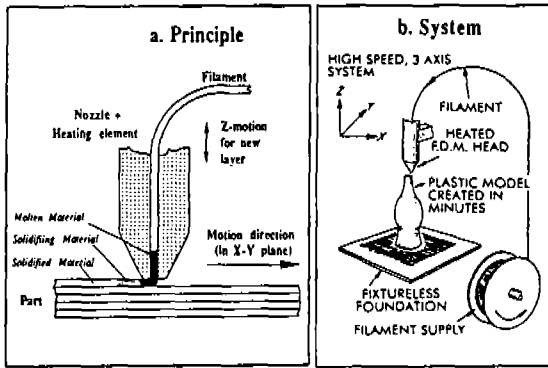


Fig. 8 Fused Deposition Modeling(FDM)

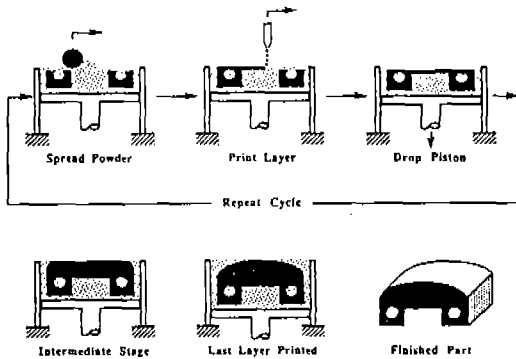


Fig. 9 Three-Dimensional Gluing (MIT Process)

### 3.5 Three-Dimensional Gluing/MIT Process

MIT 공법이라 불리는 TDG 공정은 3D Printing(3DP)이라 불리기도 하며 분말을 이용한다는 점에서 SLS 공정과 유사하나 일반적으로 세라믹 분말을 한 층씩 적층하면서 점도가 낮은 액상의 접착제(binder)를 잉크젯트(inkjet) 방식으로 분사하여 세라믹 셸(shell)을 형상재로 만든다(Fig.9). 이 세라믹 셸은 인베스트먼트 주조형으로 사용된다. 여기서도 금속 분말에 접착제를 선택적으로 투사하면 SLS에서와 유사한 방법으로 구리를 용침시켜 금속 부품을 만들 수 있다. 공정

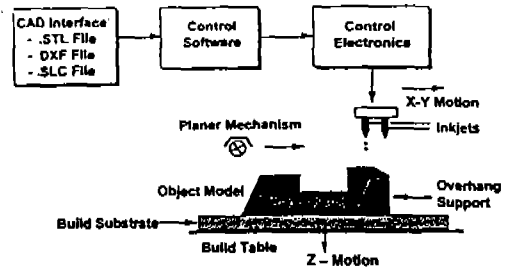


Fig. 10 3D Printing(Sanders Prototype)

의 특성상 다양한 재료는 시도되고 있지 않으나, 세라믹 셸의 제조는 정밀 주조에 이점이 있다.

Fig.10에서와 같이 3D Printing 공정과 Deposition Milling기술을 결합한 3DP(3D Printing & Deposition Milling) 공정을 Sanders Prototype사에서 개발하였다. 이 공정은 열가소성 플라스틱을 이용하여 층두께가 다른 쾌속 조형법에 비해 매우 얇은 0.000' - 0.005'의 정밀한 그리고 70 $\mu$ m의 굉장히 부드러운 표면 거칠기를 갖는 부품을 만들 수 있다. 입력 파일의 형태도 다양하여 .STL, .DXF, .OBJ, .SLC & HPGL 등의 파일을 사용할 수 있다.

Soligen사에서는 3D Printing 공정과 세라믹 알루미늄 분말을 이용하여 코어를 포함하는 셸을 만드는 DSPC(Direct Shell Production Casting)를 개발하였다. 이 공정을 이용하여 알루미늄, 강(steel), Inconel, Stainless Steel, 아연, 구리 등의 재료로 된 부품을 제작하였다.

### 3.6 Ballistic Partide Manufacturing(BPM)

Fig.11에 보인 BPM 공정은 용융된 왁스나 고분자 입자를 구형의 입자로 투사하여 3차원 형상을 만드는 방법으로 고분자 형상재를 만드는 경우에 왁스를 받침 구조로 하여 형상을 만든 후 왁스를 따뜻한 액체에 녹여

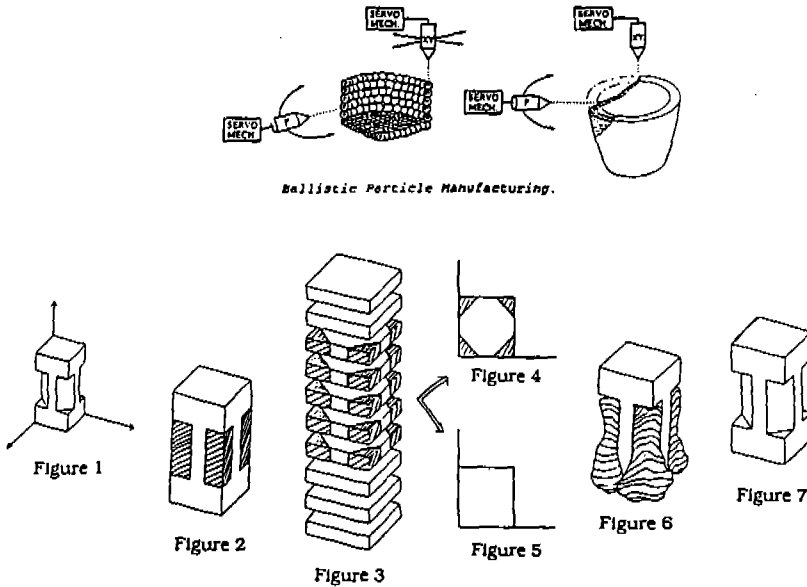


Fig.11 Ballistic Particle Manufacturing(BPM)

내어 형상재를 만든다. FDM과 같이 레이저 광을 사용하지 않기 때문에 기계 장치가 간단하고 desktop 형태로 사무실 작업환경에서 사용할 수 있는 이점과 함께 기계 가격이 비교적 저렴하다. 공정의 특성상 큰 형상재를 만들기는 어렵다.

이상 6가지 방법 외에도 용접(welding)의 원리를 이용한 방법이 미국과 독일의 대학에서 개발되고 있으며 SLS 방법과 유사하나 분말을 용융시켜 형상을 만드는 방법이 미국과 독일에서 개발되고 있다. 이 밖에도 원리는 유사하나 작업 방법이 다른 여러 가지 쾌속 조형법들이 개발되고 있으며 속속 상업화되어 시장에 선보이고 있다.

쾌속 조형법들은 공통으로 3차원 CAD에 의한 Solid 모델링으로부터 STL 파일이라 부르는 단면 데이터 생성을 통해서 쾌속 조형 기계에 연결되어 3차원 형상재를 만들게 한다. 쾌속 조형법은 3차원 형상을 쉽고, 빠르게 가시화함으로써 설계에 유용한 도구로

이용할 수 있어서 설계 단계에서 모델을 구체적으로 검토할 수 있는 장점이 있다. 따라서 제품 개발 기간을 단축시킬 수 있고 제품 설계와 생산을 병행하여 진행함으로써 동시 공학적인 합리화가 가능하다. 또한 기존의 방법으로 제작하기 어려운 복잡한 형태의 제품을 생산할 수 있게 된다. 이로써 쾌속 조형 모델을 마스터(master)로 하여 금형 제작의 패턴으로 다양하게 활용할 수 있는 이점을 가져다준다.

쾌속 조형법의 단점으로는 적층 원리를 이용하기 때문에 제품에 계단식 단이되거나 분말을 사용하는 경우에는 분말 크기가 조도를 좌우하게 되는 단점이 있다. 또한 공정에 따라서는 시제품의 수축과 뒤틀림이 수반되어 치수 정밀도가 결여된 경우도 발생하게 되며, 아직은 쾌속 조형법의 특성상 비교적 많은 시간이 소요된다고 할 수 있다. 이러한 제반 단점들을 보완하기 위한 공정 개선이 각 쾌속 조형법대로 꾸준히 모색되고 있다.



#### 4. 쾌속 조형법을 이용한 쾌속 금형 제작 (Rapid Tooling)

쾌속 조형법은 형상확인 모형이나 시제품을 직접 제작하는데도 많이 사용되고 있으나 최근에 들어 쾌속 금형 제작에 대한 응용이 빠른 속도로 확대되고 있다. 쾌속 금형 제작은 여러 정형가공공정의 금형 또는 간이금형 제작에 응용되고 있으나 다음과 같은 공정들이 지금까지 널리 응용되고 있는 분야들이라고 할 수 있다.

##### 4.1 인베스트먼트 주조 및 일반 주조

패턴을 사용하는 일반 사형 주조는 각종 쾌속 조형 공정에서 나온 마스터 모델을 패턴으로 하여 주조 공정을 수행할 수 있다. 인베스트먼트 주조는 쾌속 조형법이 가장 널리 쓰이는 분야 중의 하나이며, 각종 쾌속 조형 모델로부터 간접적으로 인베스트먼트 셀을 만들거나, 아니면 왁스 형상재를 직접 만드는 FDM, SLS, BPM 등의 공정의 경우는 바로 로스트 왁스를 만들어 사용할 수 있게 된다. SLA의 Quickcast는 “Lost Polymer”, LOM의 경우는 “Lost Paper” 등의 공정으로 각 공정으로부터 주어지는 형상재를 태워서 주조 제품을 만들게 된다. TDG 또는 MIT 공정은 세라믹 분말로부터 세라믹 셀을 직접 만들기도 한다.

##### 4.2 Metal Spray Modeling

각종 쾌속 조형법에서 만든 마스터 모형 위에 직접 또는 간접적으로 용융 금속을 도포하여 플라스틱 사출 성형(injection molding)에 쓰이는 간이 사출 금형에 응용되며 수 백개 내지 천 개까지 시험 제작에 응용된 사례도 많다. 간접식 방법에서는 모델 위에 주로 아연 합금(zinc alloy)의 금속을 도포

하여 셀을 만들고, 셀을 에폭시 수지(epoxy resin)로 백킹(backing)을 한 뒤 플라스틱을 사출 공정의 시작 금형으로 활용할 수 있다.

##### 4.3 Resin Transfer Molding(RTM)

각종 쾌속 조형법으로 만든 마스터 모델을 패턴으로 하여 수지를 이용하는 종래의 RTM 공법을 이용하면 다양한 RTM 제품을 편리하게 만들 수 있다. 가장 다양하게 응용되는 쾌속 조형 응용 공정의 하나이다.

##### 4.4 Silicon Room Temperature Vulcanizing(RTV)

각종 쾌속 조형법으로 만든 마스터 모델(model)을 패턴으로 이용하여 상온에서 경화되는 RTV 실리콘 고무를 형으로 뜬 뒤 이 실리콘 고무를 형으로 뜬 뒤 이 실리콘 고무형에 왁스를 주입하여 로스트 왁스를 만들어 주조를 할 수 있게 된다. 쾌속 조형 모델을 이용한 공정으로는 가장 널리 쓰이는 공정이라고 할 수 있다.

##### 4.5 Plaster Mold Casting

각종 쾌속 조형법으로 만든 마스터 모델을 패턴으로 이용하여 유동 형태의 석고(plaster)로 형을 뜨고 여기에 zinc aluminum으로 주조를 행하여 주조 시제품을 만들게 된다.

##### 4.6 Vacuum Form Tooling

각종 쾌속 조형법으로 만든 마스터 모델의 재료로 비교적 단단한 재료를 사용한 경우 고분자 재료가 진공 성형 시 형과 소재사이의 습동이 비교적 작기 때문에 몇 개 정도의 진공 성형 제품을 직접 만들 수 있다.

#### 4.7 EDM Electrode Making by Hausermann Process

하우저만 공법은 Fig.12에 있는 바와 같이 SLA, LOM 등의 마스터 모델로부터 어브레이딩 다이(abrading die)를 만든 뒤 하우저만 기계에 의해 어브레이딩 다이를 흑연 블록 위에 압력을 가하면서 요동시켜 복잡한 형태의 흑연 전극을 생성하는 방법으로 생성된 EDM 전극으로 바로 금속금형블록을 통방전하여 금형을 제작할 수 있으며 주로 다이캐스팅 금형(diecasting die)의 제작에 효과적으로 쓰이고 있다.

#### 4.8 Rapid EDM Electrode Making by Copper Deposition

이전 전극 제작 방법과는 달리 쾌속 조형 모형을 네거티브(negative)로 만들어 표면에 전도성 락카를 칠한 후 구리 용해액에 담가 하루 내지 이틀 담가 놓으면 쾌속 조형 모형 표면에 0.5mm 내지 1.0mm 두께의 구리 층이 형성된다. 이 구리 층을 에폭시 수지로 백킹하면 간이 전극으로 활용할 수 있다.

#### 4.9 직접식 쾌속 조형법에 의한 쾌속 금형 제작

금속으로부터 직접적으로 금속 형상재를

만드는 SLS나 3차원 Gluing 공정 등은 바로 작은 금형을 만들어 플라스틱 사출 성형으로 쓸 수 있으나 금형 제작에서 아직 정확한 치수 제어가 이루어지지 않는다고 있으나, 치수 정밀도가 어느 정도 허용되는 경우에는 효과적으로 응용될 가능성이 있다.

이상의 쾌속 금형 제작 방법 이외에도 다양한 응용 사례가 있으며 앞으로도 창의적인 응용이 점차 확대될 전망이다.

### 5. 쾌속 금형 제작의 시스템적인 접근

Fig.13은 쾌속 시작품 제작(Rapid Trial Manufacturing)에 있어서의 기술 체계도인데 쾌속 조형법을 효과적으로 응용하기 위해서 쾌속 시작을 시스템적으로 접근할 필요가 있다.

쾌속 조형 기계의 입력 데이터로 쓰이는 STL 파일은 CAD 입체 모델링이나 CAE/CAM 모델링으로 나온 입체 모델링 데이터의 표면 데이터로부터 얻을 수 있다. 그러나 그러한 입력 데이터를 직접 얻기 힘든 경우가 많이 있고 특히, 제품의 형태만 물리적으로 주어진 경우에는 비접촉식 레이저 주사법(noncontact laser scanning) 등에 의한 표면 데이터를 소프트웨어적으로 처리하여

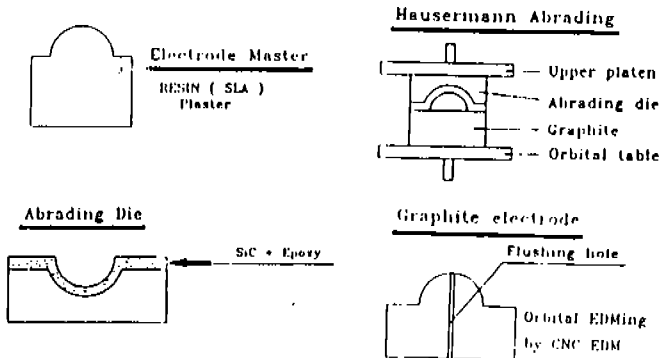


Fig.12 Hausermann Process

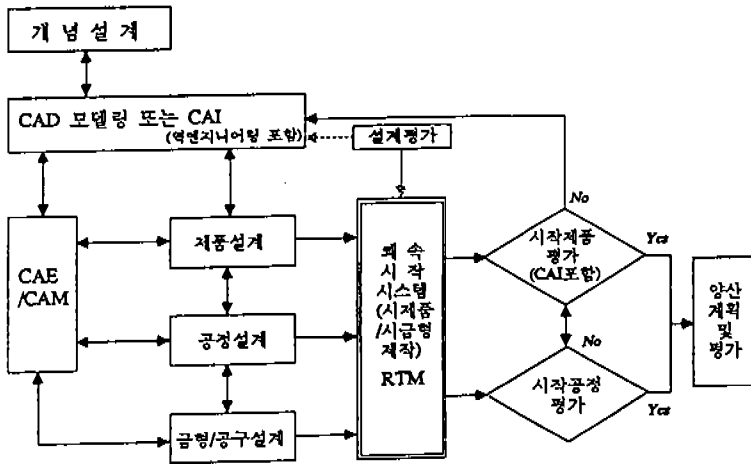


Fig.13 Technology system for Rapid Trial Manufacturing

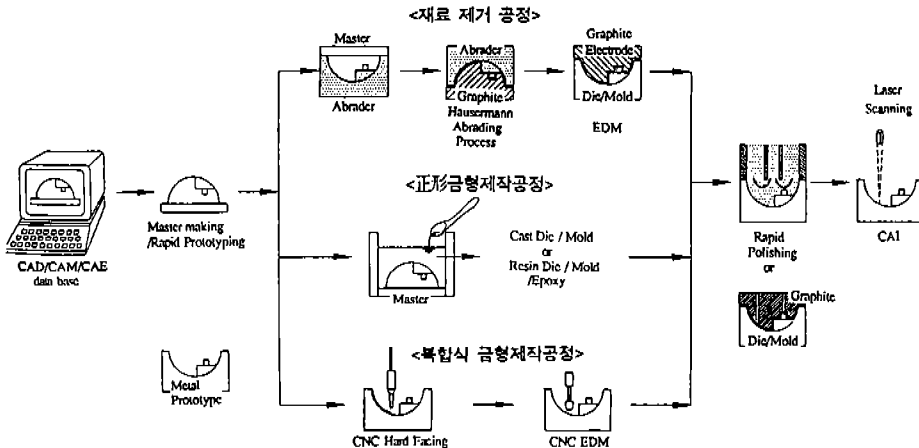


Fig.14 Die and mold making process using Rapid Prototyping

STL 파일을 만들어 쾌속 조형 기계 입력 데이터로 활용할 수 있으며, 제품이나 금형의 제작 후 치수 확인을 CAI(Computer-Aided Inspection) 장비에 의해서 간접식 또는 직접식 또는 혼합식 방법에 의해 행할 수 있다. Fig.14에 도시한 바와 같이 여러 가지 방법으로 금속 소재 금형을 만든 뒤에 표면 처리 문제가 남게 되는데 금형 표면의 요철이 복잡할 경우에 국소적으로 수동식으로 연마하

는 현재의 방법은 비효율적이기 때문에 전면 을 액체 또는 반고체에 의한 전면 쾌속 연마 (Rapid Global Polishing)가 필요하게 된다. 이것은 시제품의 제작 후 표면 처리 경우에도 똑같이 해당된다. 또한 형상이 복잡해 지면서 제작된 금형이나 시제품의 치수 정밀도를 확인하기가 어려워지기 때문에 효과적이고 자동적인 표면 측정 방법(CAI)이 필수적이다. 또한 쾌속 조형 공정의 본질적인 특

성 때문에 50-100 미크론 이하의 정밀도가 어렵기 때문에 자동 측정과 연계된 CNC 쾌속 가공(Rapid Machining, 절삭량이 작은 고속 가공)에 의해 주요면의 정밀 가공이 가능하며 이것은 쾌속 조형 공정의 응용을 제품 및 금형 정밀화에 더욱 확장시켜 가는 요인으로서 최근에 작용하고 있다.

### 6. 결 론

국내에서는 쾌속 조형법이 이미 여러 해전부터 소개되어 왔으나 아직까지 설계 확인(design verification) 목적으로 많이 사용되고 있으며 일부에서 시삭 금형의 제작에 응용되고 있다. 동일한 쾌속 조형법을 이용하고 있는 미국의 경우 훨씬 다양한 응용과 더불어 제품 개발에의 적극적인 응용이 많고, 시스템적인 시도로부터 관련 금형과 제품 정밀도도 추구하고 있는 실정이다. 우리 나라의 경우는 아직도 쾌속 조형법 자체에서 정밀도를 이끌어 내려는 경향이 있으나 여기에는 한계가 있으므로 오히려 시스템적인 시도로부터 이를 확보하는 것이 바람직하다. 미국에서는 오히려 쾌속 조형법을 쾌속 제품 개발에 활용하여 눈부신 성공을 거두고 있다. 이것은

쾌속 조형법의 활용에 대한 새로운 이해가 필요함을 의미하고 있다.

쾌속 제품 개발 시스템은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 Fig.15과 같은 동시공학 데이터베이스의 기반 위에 컴퓨터를 이용하여 제품의 설계에서부터 시제품 생산까지를 쾌속 하게 진행시킬 수 있는 컴퓨터 통합된 쾌속 시작 시스템을 구축하는 것이다. 여기에서는 입체 모델링(Solid Modelling), CAE data base, 전산 역설계 기술(Computer-Aided Reverse Engineering)과 전산 측정 및 검사 기술(Computer-Aided Measurement and Inspection), 쾌속 절삭 공정(Rapid CNC Machining), 쾌속 조형법(Rapid Prototyping), 쾌속 방전 공정(Rigid EDM), 쾌속 표면 가공 공정 등 관련 기술이 효율적으로 또한 유기적으로 연계 운용되어야 한다. 이를 위해서는 통일된 동시공학적 데이터베이스로서의 통일된 포맷의 CAD 데이터가 처음부터 끝까지 일관되게 사용될 수 있도록 하여야 한다. 필요한 경우, 정밀도의 추구는 중요한 평면 또는 면에 대해서 선별적으로 적용되어 전체적으로 기준면에 대한 정밀도의 관리가 가능하도록 진행되어야 한다.

둘째는 Fig.15에서 사용되는 일부 요소를 적절한 쾌속 조형법을 이용하여 선별적으로 쾌속한 제품 개발이 가능하도록 특수한 2차 공정(secondary processes)을 효율적으로 활용하는 것을 의미한다. 적절히 선정된 부차 가공 방법은 제품 분야에 따라 다르며 각 분야에서 그 특성에 맞는 방법이 개발되어 최적화된 쾌속 제품 개발이 구현되도록 한다. 이것은 대량생산과는 독립된 쾌속 제품 개발 방법으로서의 개발에 관점을 둔 것이다. 예컨대, 쾌속 조형법과 연성 공구를 이용한 박막(thin wall) RIM 공정의 활용은 이의 좋은 예라고 할 수 있다.

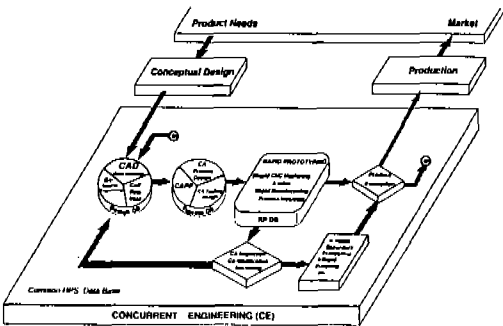


Fig.15 Computer-Integrated RP System for CE-based Rapid Product Development

효율적인 쾌속 제품 개발 시스템의 구축을 위해서는 무엇보다도 주요 쾌속 조형법의 각 방법 자체를 정확히 이해하고 각 방법에 맞는 응용 분야를 찾는 것이 출발점이라 할 수 있다. 쾌속 시삭 시스템의 개발에서는 각 요소 기술을 연결하는 시스템 연계 기술의 개발과 더불어 전산 역설계 및 측정을 이용한 쾌속 조형 공정 응용에 있어서 정밀화 기술이 개발되어야 하며 시스템의 데이터 정보

유동과 관련된 관리 기술의 확립도 필요하다. 또한 전산 공정 계획과 제품 설계 기술의 통합화 연구도 필수적이다.

자동차, 가전, 컴퓨터, 통신 기기, 의료 산업 등에서 쾌속 제품 개발은 광범위하게 적용될 수 있으며, 효율적인 쾌속 제품 개발 시스템의 개발과 활용은 이와 관련된 산업 분야에 범국가적인 파급효과가 있을 것으로 기대된다.