

쾌속조형기술

부산대학교 지능기계공학과 조석현

부산대학교 금속공학과 박익민

1. 쾌속조형기술의 개요

오늘날 거의 모든 제조업 분야는 국내의 시장에서의 치열한 경쟁으로 인해 다양한 신제품들을 신속하게 소비자에게 제공하는 일이 더욱 중요해졌다. 또한 소비자의 다양화되는 요구에 대응하기 위해 소품종 대량 생산 형태에서 다품종 소량 생산으로 변경되었다. 신제품 개발을 성공적으로 수행하기 위해서는 설계, 기능, 재질, 가공 및 조립성, 원가, 안정성과 같은 여러 가지 사항을 고려하면서 여러 부서와의 협업이 필요로 하게 되었다. 제품 생산 기술과 컴퓨터 응용 기술을 활용한 통합 제품 개발 체제가 절실히 요구되고, 이를 위해서는 무엇보다도 정보의 공유 및 일관화가 중요한 요소가 된다.

현재 여러 부서에서 발생되고 있는 상황을 고려하면서 최적의 방안을 수립하는데 가장 효과적인 방법으로 동시공학(Concurrent Engineering, CE)이라는 체계적인 방법을 활용할 수 있다. 이런 여러 부서간의 정보 교환 및 공유를 위해서는 주로 3차원 솔리드 모델링이 가능한 CAD 시스템을 활용하는 것이 매우 효과적이며, 동시공학의 효율성을 한층 높여준다. 위와 같은 제품 개발 환경 변화에 따른 요구에 부응하기 위해서는 제품의 개발 기간과 시작 기간의 단축을 통한 보다 저렴한 가격의 고품질 제품을 만들 수 있는 새로운 생산 기술이 필요하게 되었다.

이러한 혁신적 생산 기술의 개발은 3차원 쾌속조형(RP) 기술을 활용함으로써 성공적으로 이루어지고 있다. 쾌속조형기술이란 짧은 시간 내에 CAD 데이터로부터 3차원 형상의 시제품을 만들어내는 기술을 일컫는다. 이 기술은 1986년에 3D Systems라는 회사에 의해 상용화된 SLA (Stereo Lithography Apparatus) 방식을 선두로 하여 지난 20년간 급속한 발전을 해왔다. Fig. 1은 SLA 방식을 이용하여 제작한 자동차 부품을 보여주고 있다. 원하는 형상의 부품을 만들 때 기존의 절삭가공은 원자재에서 재료를 깎아내면서 만드는 반면에, RP는 재료를 한 층씩 차례로 쌓아서 부품을 만든다. 이에 본 보고서에서는 쾌속조형기술의 종류 및 적용사례에 대하여 소개하고자 한다.

2. 쾌속조형기술의 종류

2.1. SLA

RP 기술 중에서 가장 처음 개발되었고 현재 가장 널리 사용되고 있는 방식으로 H. Kodama에 의해

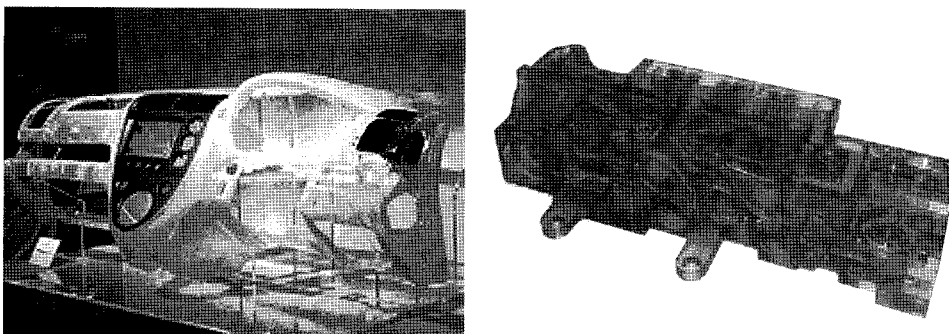


Fig. 1. Automobile part used SLA process.

서 처음 제안되었고, 1987년 3D Systems사의 Charles Hull에 의해서 처음으로 상용화되었다. 이 방식은 광조형 기술이라고도 불리는데 자외선에 의하여 경화되는 수지 표면에 자외선 레이저를 주사하여 단면을 경화시키면서 적층함으로써 삼차원 형상을 만들어낸다. Fig. 2처럼 용기(vat)에 담겨있는 수지를 x, y축으로 이동하는 레이저로 경화시키고 한 층이 경화되면 이동 elevator를 한 층의 두께만큼 내려서 액화상태의 수지가 방금 경화된 층을 덮게 한 후 다음 층을 경화시키는 방식으로 진행된다. 광조형 방식은 수지를 사용하기 때문에 정밀도가 우수한 시제품을 만들 수 있으나 재료의 선택이 제한적이며 시제품의 형상에 따라 지지대가 필요하다는 점이 단점으로 알려져 있다.

2.2. SGC

이 공정은 기본적으로는 SLA와 유사한 방법이다. 가장 큰 차이점은 SLA는 하나의 레이저광으로 조형을 하는 반면 SGC(Solid Ground Curing)은 마스크를 사용하여 경화시킬 부분을 한번에 경화시키는 것이다. 마치 복사기를 이용하여 한면을 복사하는 것과 유사하다. Fig. 3에 구체적인 개념이 도시되어 있다.

2.3. SLS

SLS(Selective Laser Sintering)는 광조형 방식과 매우 유사한 방식으로 차이점은 액체 상태의 수지를 사용하는 대신 분말 상태의 비교적 다양한 재료를 사용하는 것이다. Fig. 4처럼 x, y 방향으로 움직일 수 있는 레이저를 이용하여 필요한 부분을 선택적으로 용융시켜서 형상을 만들고 한 층의 레이저 주사가 끝나면 엘리베이터가 하강한다. 용융된 부분이 다시 고화되면 그 위에 분말을 한 층 두께로 덮은 후

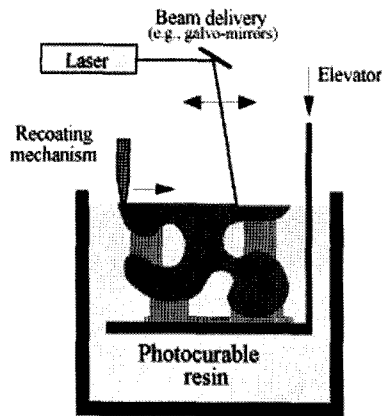


Fig. 2. The principle of SLA process.

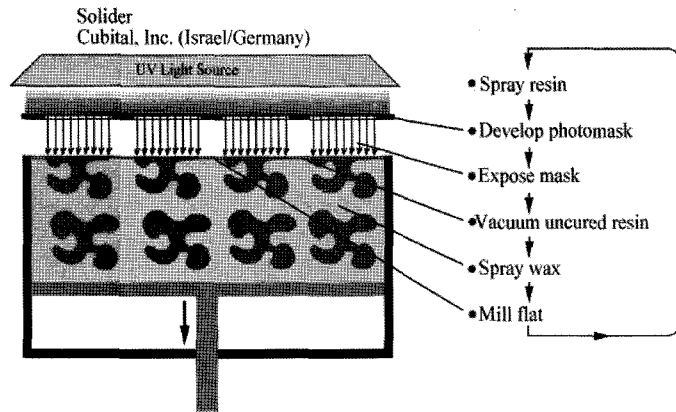


Fig. 3. The principle of SGC process.

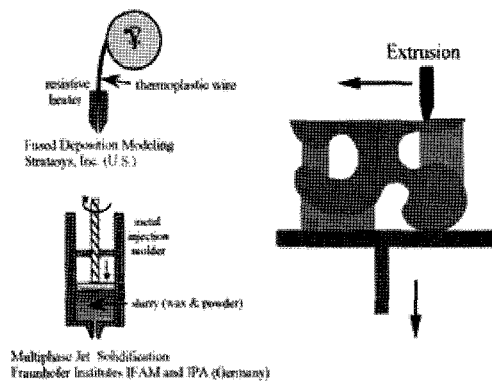
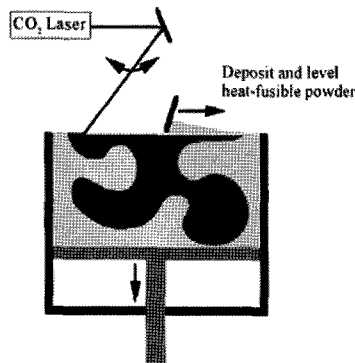
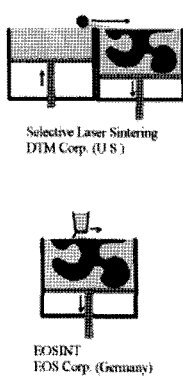


Fig. 4. The principle of SLS process.

Fig. 5. The principle of FDM process.

다음 층을 레이저로 주사하는 과정을 거치게 된다. 다양한 재료를 사용할 수 있고 분말 속에서 시제품을 제작하기 때문에 지지대가 필요 없는 장점을 갖지만 분말 상태의 재료를 사용하기 때문에 표면 거칠기와 정밀도가 다소 떨어지는 경향이 있다.

2.4. FDM

FDM(Fused Deposition Modeling)은 고체 상태의 플라스틱 재질을 가열하여 액화시킨 후 평면상에서 움직일 수 있는 노즐을 통하여 분출하여 한 단면을 성형하는 방식이다. 하나의 단면이 완성되면 Fig. 5에 보인 바와 같이 플랫폼이 한 층 두께만큼 하강한 후 다음 단면의 성형을 시작한다. 레이저를 사용하지 않기 때문에 장비의 가격이 저렴하고 사무실 환경에서도 사용할 수 있어서 설계 검증용으로 사용될 수 있지만 정밀도와 표면 거칠기가 떨어지는 단점이 있다.

2.5. 3D Printing

이 공정을 성공적으로 구현한 것은 MIT대학의 Three-Dimensional Printing(3DP)이다. 이것은 Soligen 사에 의해 Direct Shell Production Casting(DSPC)으로 상용화되었다. 기본적인 원리는 잉크젯프린트와 거의 유사하며 원리는 Fig. 6과 같다. 액상의 재료를 마치 프린트하듯이 쌓아나가는데 BPM사의 Ballistic Particle Manufacturing(BPM), 3D Systems사의 Multi-Jet Modeling, Sanders Prototype사의 Model Maker등의 상용제품들이 시판되고 있다.

2.6. Lamination

LOM(Laminated Object Manufacturing)으로 널리 알려진 이 방식은 접착제가 발라진 종이로부터 단면을 잘라내서 이를 적층시켜서 삼차원 형상을 얻는 방식이다. 이러한 방식의 대표적인 경우가 Fig. 7

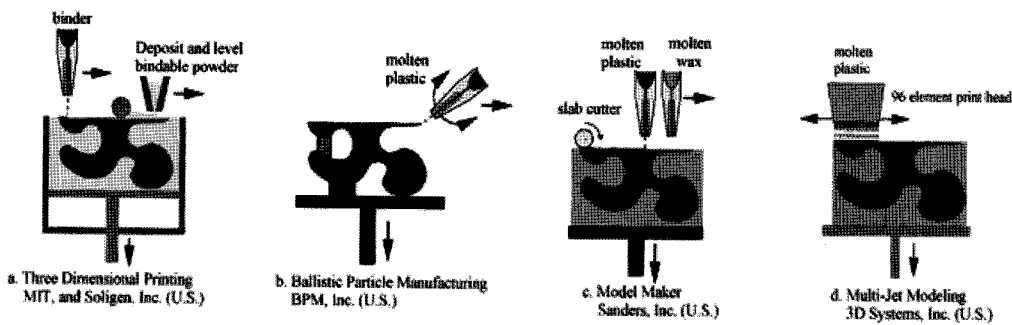


Fig. 6. The principle of 3D Printing process.

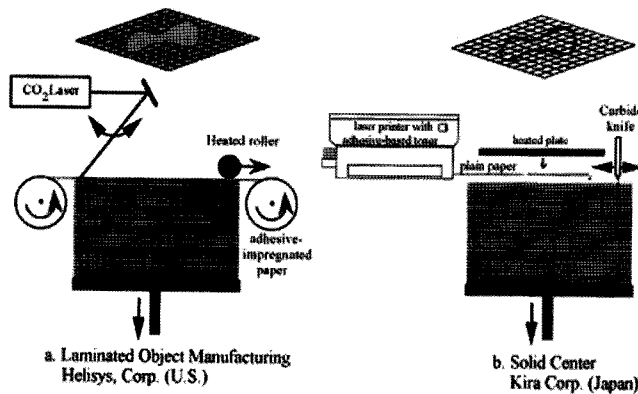


Fig. 7. The principle of LOM process.

에 나타나 있다. 이 방법은 큰 형상을 얻을 수 있고 목재와 비슷한 특성을 갖고 있기 때문에 후처리하
기가 용이한 장점을 갖고 있다. 하지만, 수분에 정밀도가 민감하게 변화하고 종이 블록 속에 있는 형상
을 꺼내기가 어려운 단점이 있다.

3. 쾌속조형기술의 적용분야

3.1. 설계형상의 확인

설계자로서는 자신이 설계한 것을 가능한 빨리 실체로 하여 형상 및 기능을 검증하고 싶다고 생각하
는 것은 당연하다. 특히, 의장성이 중요시되는 외관 형상의 디자인 등에서는 설계자 자신이 실체를 손
으로 만지면서 수정을 해 가는 과정을 빠뜨릴 수 없다. 그리고 많은 사람들이 함께 디자인 평가에 관
여하는 경우 실체가 존재하는 것은 올바른 판단을 할 수 있는 기본 조건이 된다.

3.2. 시작품의 제작

신제품 개발의 경우 제품 기능을 체크하기 위해서도 시작품 제작은 빠뜨릴 수 없다. 다품종 소량생
산이 일반화되고 동시에 제품 사이클은 짧아져 신제품의 개발기간 단축과 비용저하가 강하게 요구되고
있다. 따라서 시작품을 신속히 제작할 수 있는 RP는 시대에 부응할 수 있다고 간주된다. Fig. 8은 조
립성을 검토 하기 위해 제작된 자동차 부품이다. 그러나 기능을 확인할 때에는 단순한 작동뿐만 아니
라 강도, 내구성도 동시에 검사된다. 광조형에서 이용되는 환경화성 수지에서는 강도나 내구성이 불충
분한 경우에는 다른 RP를 사용하거나 전사를 위한 다른 재료를 구해야만 한다.

3.3. 금속부품에 응용

기계 부품에 수지재료가 많이 사용되고 있다고는 하지만 주된 재료는 뭉치 해도 금속재료이다. RP에
의해 시작품을 제작하고 그 기능을 살펴보기 위해서 금속제 시작품을 필요로 하는 경우도 많다. 그 때
단순한 형상에 대해서는 적층 모델로부터 석고주형을 만드는 것처럼 통상 주형을 제작할 수 있지만, 복
잡한 형상에 대해서는 각각 RT(Rapid Tooling)기법을 이용해 금속으로 전환하는 방법도 있다. Fig. 9는
3D Keltool로 제작된 금형들을 보여주고 있다.

3.4. 세라믹 부품에 응용

세라믹 부품은 통상 원료가 분말이기 때문에 RP에서 분말결합법의 적용이 기대되고 있다. 그러나 조
형물은 다공질이 되고 그 밀도도 40% 이하여서 소결 자체가 곤란하다. 세라믹의 응용에서 가장 실용성
이 높은 것은 슬립 캐스팅(slip casting)을 이용한 반전법이다. 이 방법은 RP에 의해 제작한 수지 모델로부
터 반전하여 석고형을 만들고 여기에 파인 세라믹스(fine ceramics)의 슬러리(slurry)를 주입하는 방법이다.

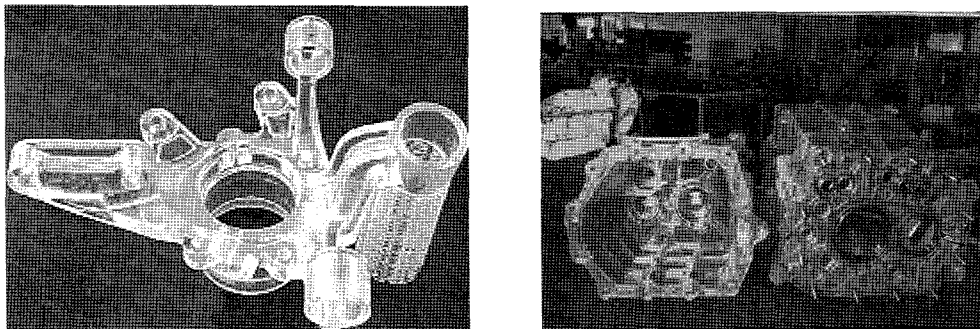


Fig. 8. Automobile part fabricated by rapid prototype.

3.5. 생산시스템에 응용

최근 신제품 개발에 동시공학(CE)의 필요성이 대두되고 있다. 이는 제품 개발 과정에 있어서 정보 전달을 동시 병렬적으로 효율 좋게 하여 가능한 단시간 내에 신제품을 개발하려는 것이다. 서로 다른 전문가가 동시에 정보를 공유화하기 위해, 데이터를 공유하는 것은 당연하지만 데이터 자체를 이해하기 쉬운 형태로 제시하는 것도 중요하다. 이러한 시점에서 RP에 의한 CAD 데이터의 실체화는 필수적이다. 또 자연계의 산물 등 실물 모델이 존재할 때, 이로부터 3차원 데이터를 측정하여 CAD 데이터를 얻는 방법도 이루어지고 있다. CAD 데이터로 입력되면 이것을 기본으로 하여 용이하게 CAD 데이터를 수정하거나 RP로 다시 제작할 수 있다.

3.6. 의료에의 응용

CT나 MRI와 같은 의료 계측이 보편화되어 가고 있다. 이것으로 얻어진 단층 데이터는 현재까지 인간에 의해 그대로 읽혀지기만 하였다. 그러나 적당한 이미지 처리를 하면 3차원 CAD 데이터로 변환이 가능하다. 3차원 데이터를 얻게 되면 역설계공학(RE) 기술을 이용하여 살아 있는 인간의 장기나 뼈의 모델을 실제로 얻을 수 있다.

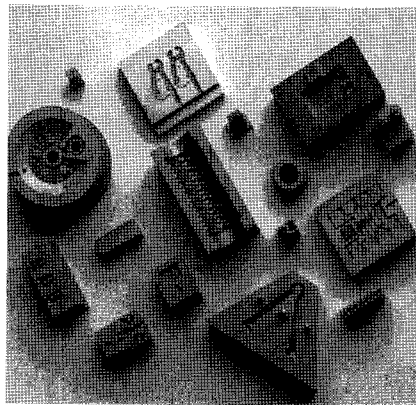


Fig. 9. The molds fabricated 3D Keltool process.

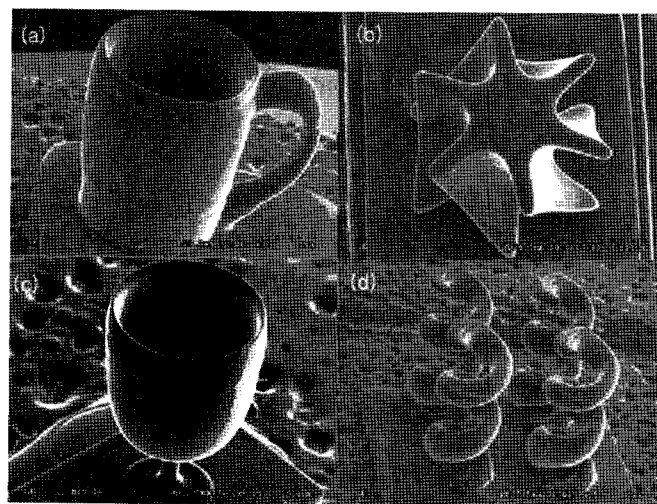


Fig. 10. Fabricated 3D complex microstructures

- (a) Microcup : 200 layers, 12 μm thickness, 95 μm minimum feature, (b) Microfan : 50 layers, 10 μm thickness, 40 μm minimum feature, (c) Microwineglass : 300 layers, 5 μm thickness, 30 μm minimum feature, (d) Microspring : 200 layers, 12 μm thickness, 300 μm minimum feature.

3.7. 마이크로 머신의 응용

마이크로 머신(micro machine) 중에서 활용하고 있는 것은 현재 반도체 생산에 사용되는 실리콘 프로세스가 중심이다. 현재 많은 기관에서 실리콘 프로세스 외의 방법으로 마이크로 머신 제작을 검토하고 있고 상당한 성과를 얻고 있지만, 복잡한 형상 가공에는 적절한 방법이 존재하지 않는 것이 현재 상태이다. 이러한 점에서, 예를 들면 RP에서 레이저 빔을 가늘게 하면 미세한 조형이 가능하고, 광경화성 수지로도 괜찮다면 제작은 비교적 간단하다. 또한 미세 부품이므로 소량 생산뿐만 아니라 대량생산도 문제없다. Fig. 10은 마이크로광조형 장치를 이용하여 제작한 예를 보여주고 있다.

4. 결 언

자동차, 가전 부품에서 적용되기 시작한 쾌속조형기술은 의료, 건축, 토목 등의 분야에 이르기까지 적용분야는 점점 확대되고 있으며, 최근에는 MEMS 및 NANO 3차원구조물을 제작함에 있어서도 쾌속조형기술을 응용하기 위한 연구들이 활발히 진행이 되고 있다. 또한 신속시작기술이라고 불리는 RT(Rapid Tooling)분야에 쾌속조형기술이 폭 넓게 적용되기 시작하고 있으며, 이를 위한 다양한 수지의 개발도 활발히 진행되고 있다.

참고문헌

- [1] Ik-Min Park, Application of Rapid Prototyping, 1, 2002
- [2] Pusan Kyungnam Automotive Technology Center, 1st~5th Exposition on Rapid Prototyping Technology, 1996~2000
- [3] Hae-Sung Ji, Cyber RT, 1, 1999
- [4] Seok-Hee Lee, Production Automation Laboratory, 1, 2006
- [5] Jae-Won Choi : Development of Projection-based Microstereolithography Apparatus Adapted to Large Surface and Microstructure Fabrication for Human Body Application, 59, 2007