특 집

시제품 제작을 위한 쾌속조형, 진공주형, 금속주조 기술

김 기 대
대구가톨릭대학교
기계자동차공학부

1. 쾌속조형(Rapid prototyping) 기술

정확히 20년 전에 개발된 쾌속조형(RP) 기술은 이제 더 이상 낯선 기술이 아니다. 미국, 독일, 일본과 같은 선진국에서는 물론 국내에서도 대기업, 대학 및 국립연구소를 중심으로 활발하게 쾌속조형 기술의 응용성 확대를 위해 연

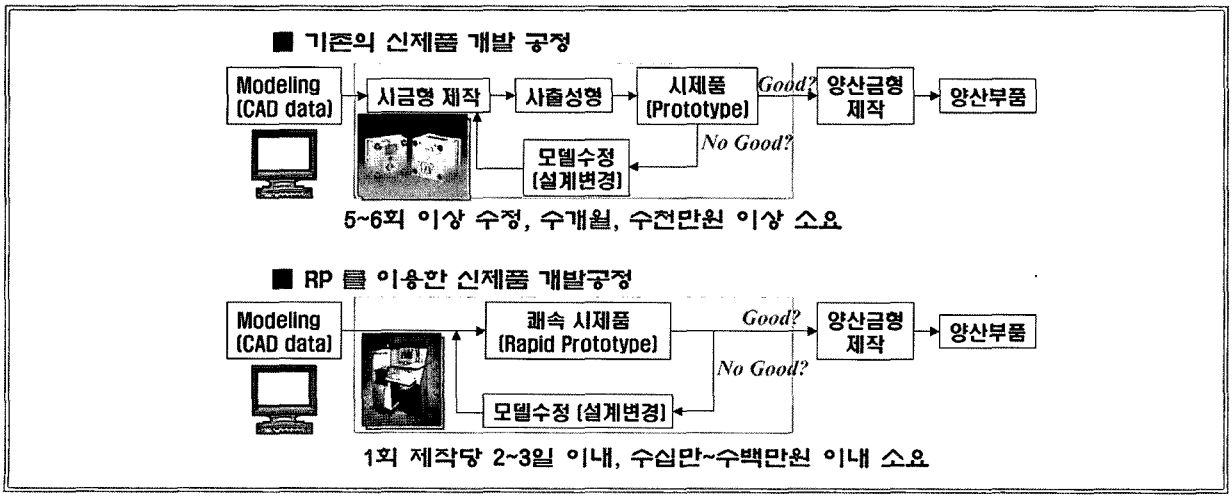

Fig. 1 RP 기술을 이용한 신제품 개발공정

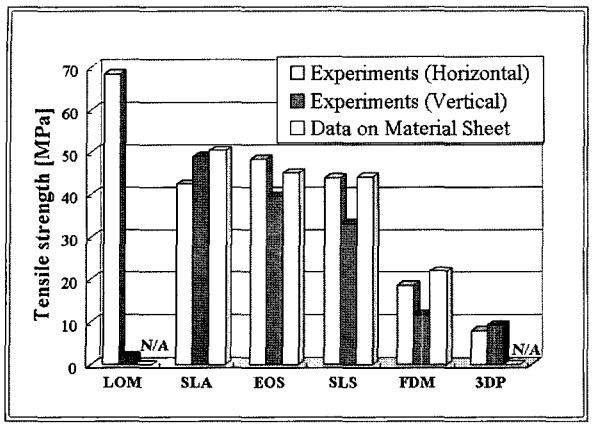

Fig. 2 다양한 RP 공정으로 제작한 시편의 인장강도 비교

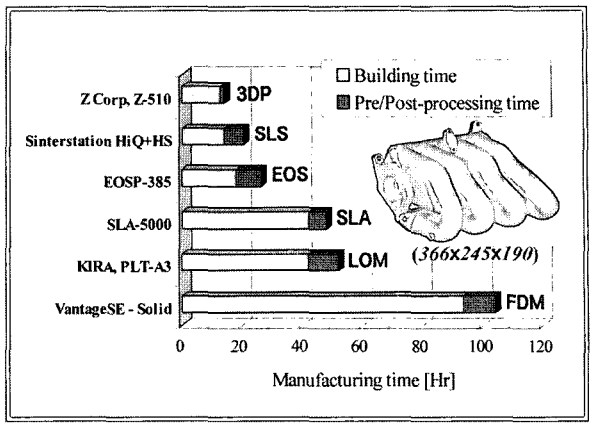

Fig. 3 다양한 RP 장비의 제작속도 비교

구하고 있다. 쾌속조형이란 3차원 형상을 여러 개의 2차원 단면으로 나눈(slicing) 후 이를 순차적으로 적층(building)함으로써 원하는 3차원 시제품을 만드는 공정이다. Fig. 1과 같이 쾌속조형 기술을 도입함으로써 기업은 생산공정의 단축 및 이를 통한 비용 절감의 효과를 가져 올 수 있었고 나아가 동시공학(concurrent engineering) 및 역엔지니어링(reverse engineering)의 실현이 가능하게 되었다.

현재까지 소개된 RP 공정 기술들은 다음과 같다. 3D systems 社가 대표하는 SLA 공정은 내부가 투명한 시제품을 제작할 수 있고 정밀도가 우수하나, 응고수축(solidification shrinkage)로 인한 형상오차를 가지고 유독성 재료로 인해 주의가 필요하다고 알려져 있고, Stratasys 社의 FDM 공정은 사용법이 간단하고 제작 환경이 우수하나, 제작 속도가 느린 단점을 가지고 있다. 3D systems 社의 SLS 공정 혹은 EOS GmbH 社의 EOS 공정은 여러 가지 분말 재료를 사용하여 응용이 다양한 시제품을 제작할 수 있고 시제품의 정밀도 및 제작 속도 측면에서 우수하나, 버려지는 재료가 너무 많고 또한 분말성 재료가 외부로 노출되어 사용 환경이 나쁜 단점을 가지고 있다. Z Corporation 혹은 Contex 社의 3DP 공정은 잉크젯 프린트 형식으로 제품에 색상을 마음대로 입힐 수 있고, 현재 여러 가지 쾌속조형 방식 중 제작 속도 및 재료비 측면에서 최고로 우수하지만, 시제품의 강도 및 정밀도가 매우 취약하다. Helisys 사와 Kira 사의 LOM 공정은 부피가 큰 제품을 제작할 때 재료비용이 상대적으로 저렴하지만 적층이 완료되고 완성된 제품을 추출하기가 매우 불편한 단점을 가지고 있다. Fig. 2는 여러 가지 RP 공정에서 각 공정의 대표 재료로 제작한 시편의 인장강도 시험 결과를 나타낸 것이다. 시편의 적층방향을 90° 변경하여 제작한 시편의 인장강도시험 결과와 장비제조사에서 제공하는 수치도 함께 나타내었다. Fig. 3은 그림 내에 나타난 형상의 제품을 제작하는데 소요되는 적층시간(building time) 및 전후처리 시간(pre/post processing time)을 비교한 것이다. 시험결과 LOM 시편의 단면 주사방향 인장강도는 상대적으로 컸으나 적층방향 인장강도는 매우 취약하였고, 3DP 시편의 인장강도는 매우 약했으나 제작시간은 매우 빠른 것으로 나타났다.

2. 진공주형(Vacuum casting) 기술

쾌속주형(RP) 공정은 형상 구속조건 없이 어떠한 형태의 시제품이라도 빠르게 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 각 장비가 사용할 수 있는 재료에 제한이 있고 한번의 공정으로 제작이 가능한 시제품의 개수가 한정되어 있다. 만약 수요자가 특정한 재질의 시제품, 예를 들어 양산 제품과 동일한 재질의 시제품을 제작하기를 원하거나, 한

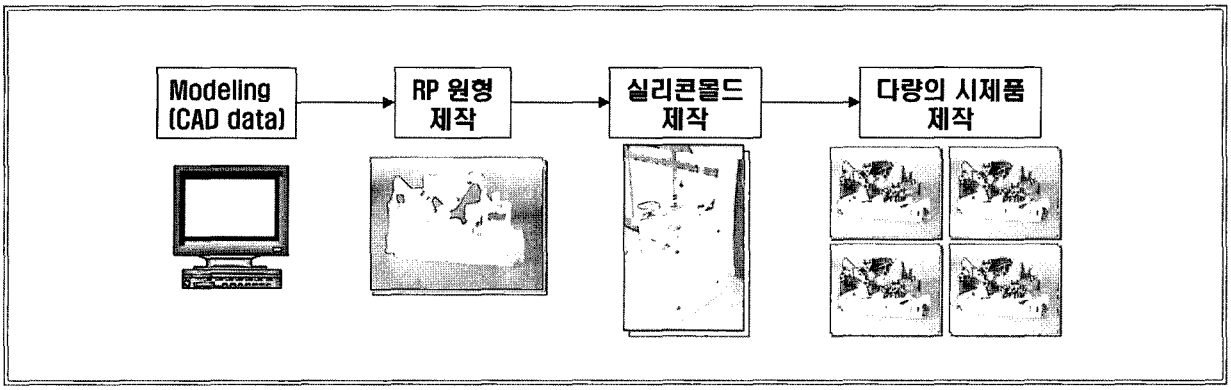

Fig. 4 진공주형 기술을 이용한 다량의 시제품 제작공정

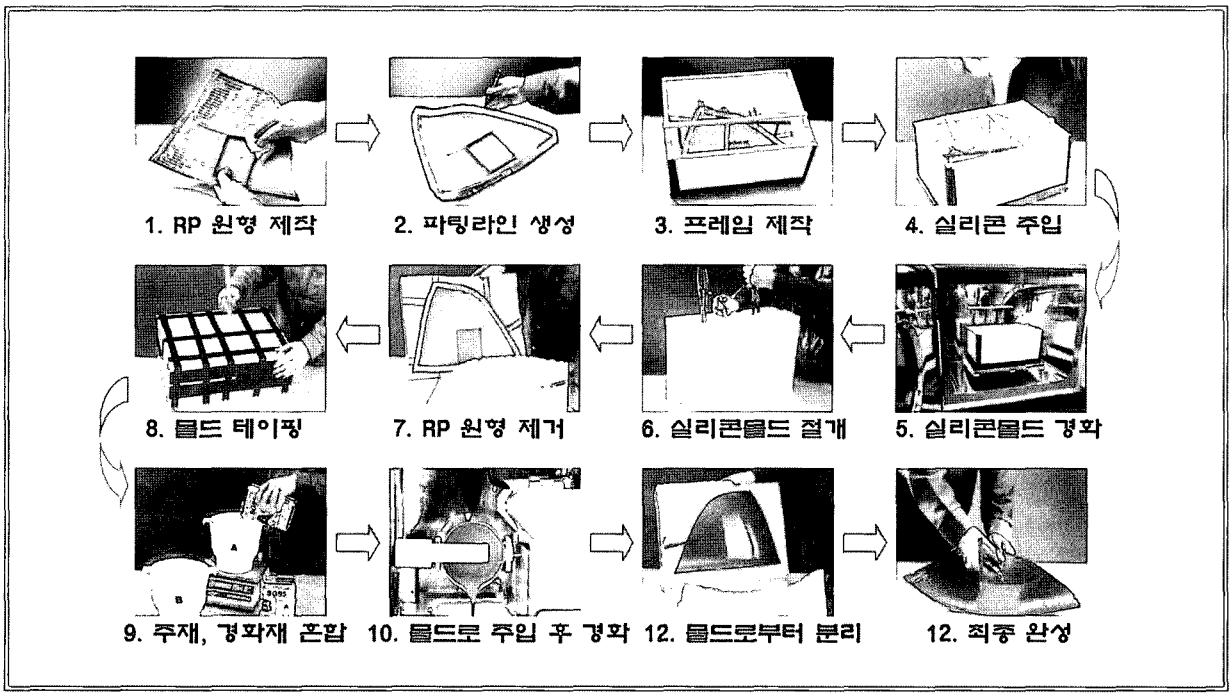

Fig. 5 진공주형 세부공정 순서

번에 10개 이상의 시제품을 한꺼번에 제작하고자 한다면 진공주형기술을 적용할 수 있다. 진공주형기술이란 Fig. 4에 나타난 바와 같이 우선 RP 공정으로 원형(pattern)을 제작한 후 실리콘 재질의 주형틀(mold)를 제작하고 이를 이용하여 원하는 재질로 다량의 시제품을 복제하는 기술이다.

Fig. 5에 진공주형 세부 공정을 순서대로 나타내었다. 우선 1) RP 패턴을 제작한 후 2) 패턴 주위에 테이프로 파팅라인(parting line)을 생성시키고 3) 실리콘 몰드를 제작할 프레임을 만들고 그 속에 RP 패턴을 위치시킨다. 4) 액체 실리콘을 주입한 후, 5) 실리콘 몰드를 오븐 속에서 경화시킨다. 6) 경화된 몰드를 분리하고 7) 그 속에 든 RP 패턴을 제거한 후 8) 몰드를 테이핑하여 실리콘 몰드를 완성

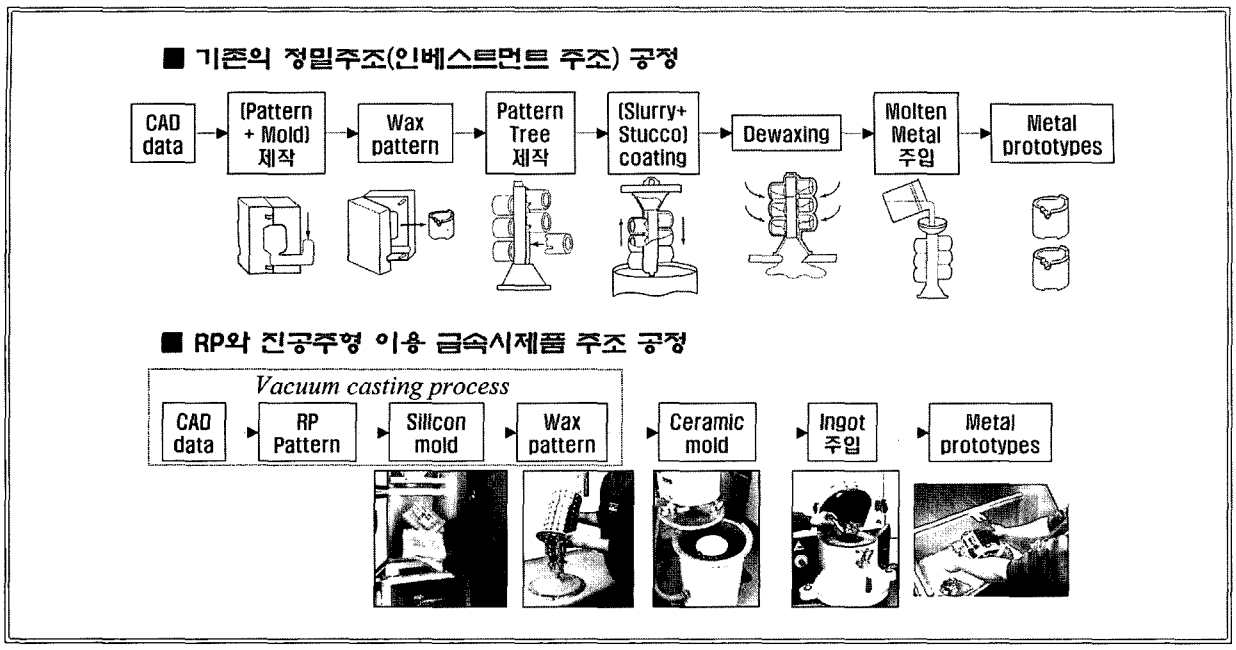

Fig. 6 금속시제품 제작공정 비교

시킨다. 9) 얻고자 하는 완성품 재료(주재료)와 경화재를 혼합한 후 10) 실리콘 몰드로 주입하고 다시 오븐에서 주재와 경화재를 경화시킨다. 이 후 11) 몰드 상, 하형을 분리시키고 제품을 꺼내면 12) 최종 시제품이 완성된다.

몰드의 재료명을 따라 일명 실리콘 주형법이라고도 하는 이 기술은 현재 독일의 MCP 社가 독보적인 기술력을 가지고 세계를 선도하고 있으며, 국내에서는 (주)일범이 시장을 점유하고 있다. 실리콘 재료 몰드의 탄성이 커서 어느 정도의 언더컷(undercut)을 가지고 있어도 슬라이딩 몰드(sliding mold) 혹은 코어(core) 없이 일체의 몰드로 제작이 가능하며 모든 공정이 진공 상태에서 이루어져서 몰드 혹은 제품 내에 기포가 최소화 되어 정밀도 향상을 가져올 수 있다. 사출성형 시제품을 대신하여 ABS 재질의 시제품을 많이 제작하고 있지만, 최근 MCP 社는 실리콘 몰드로부터 나일론 재질의 제품을 7~8분 만에 하나씩 추출할 수 있는 모듈을 개발하여 크게 환영받고 있다.

3. 금속시제품 주조기술

쾌속조형 공정 중 SLS 공정에서 금속재질의 분말(powder)를 사용하면 금속재질의 시제품을 만들 수 있다. 또한 지지대(supports)를 필요로 하는 EOS 공정을 이용하면 소형의 금속 재질 시금형을 제작하기 편리하다. 그러나 금속 시제품을 만드는 일반적인 공정은 Fig. 6에 나타난 바와 같이 인베스트먼트(investment)법 혹은 로스트왁스(lost wax)법이라고 불리는 정밀주조법을 이용한다. 금형을 제작하여 왁스 패턴 및 패턴 트리(tree)를 제작하고 슬러리/스투코 코팅을 한다. 이 후 가열, 왁스 제거, 용탕 주입으로 금속 시제품을 만드는 공정이다. 치수정확도와 표면정도가 우수하고 미세한 부품을 주조할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 제작 공정이 너무 복잡하고 제작 시간이 너무 오래 걸린다는 단점이 있다. 따라서 현재 시제품 제작업체에서는 RP 공정 및 진공주형 공정을 이용하여 왁스 패턴만을 제작하고 그 이후의 공정은 일반적으로 전문 주조업체에게 외주를 주어 시제품 제작을 의뢰하고 있다.

독일의 MCP 社에서는 왁스 패턴으로부터 금속시제품을 생산하는 공정을 획기적으로 단순화시킨 공정을 제시하였다. Fig. 6에서 보이는 바와 같이 원기둥 모양의 형틀(flask)

내부에 왁스패턴을 위치시키고 액상의 세라믹 분말을 채워 넣은 후 경화시켜 세라믹 몰드를 완성한다. 여기에 원하는 재질의 금속 주괴(ingot)를 넣기만 하면 자동적으로 금속을 용융시켜 주입하고 냉각시키는 과정을 거쳐 금속 시제품을 얻는 공정이다. 비교적 깨끗한 환경에서 주조공정이 수행되며 CAD 데이터로부터 RP 패턴 제작 1일, 실리콘 몰드 제작 1일, 왁스패턴 제작 1일 및 금속 시제품 제작 1일, 모두 4일 이내에 금속 시제품 제작이 완료될 수 있다. 만약 왁스 재질의 패턴을 바로 제작할 수 있는 RP 공정(3D systems 社 Invision 모델)을 사용하거나 주조패턴용 RP 모델(Quick Cast)을 이용한다면 전체 제작기간이 반으로 줄어든다. 현재 국내에서는 자동차부품연구원에 금속시제품 주조기 1기가 설치되어 있다.

4. 국내 동향 및 전망

쾌속조형 기술이 국내에 도입된 지 10여년이 지났다. 처음에는 국내 일부 대기업의 생산기술연구소를 중심으로 도입되기 시작하다가 차츰 국내 대학, 국공립연구소 및 각종 정부지원센터에서 다양한 종류의 쾌속조형장비들이 도입 설치되었다. 현재 일반 제조업 뿐 만 아니라 의학 산업, 보석가공 산업 등에서 RP 기술이 이용되고 있다. 획기적인 시제품 제작기술인 RP 기술이 처음 소개되었을 때는 마치 모든 컴퓨터에 2차원 프린터가 필요하듯이, 이러한 3차원 프린팅 기술은 국내 제조 산업 전반에 걸쳐 엄청난 속도로 발전해 나갈 것으로 예견되었었다.

그러나 현재 한국은 전 세계 RP 시장의 2% 이내를 차지하고 있어 그 규모면에서 매우 초라한 성적을 보이고 있다. 더군다나 많은 대학, 혹은 대학 내 센터들이 소유하고 있는 다수의 고가 쾌속조형장비는 사용률이 극히 저조하거나, 일부 연구용으로만 사용되고 있다. 또한 아직도 국내 많은 중소 제조업체에서는 RP 및 진공주형, 그리고 금속시제품 주조 기술 등에 대해서 잘 모르고 있는 실정이다. 미국의 보잉사를 비롯한 선진업체에서는 쾌속조형 기술을 비롯한 시제품 제작 신기술을 매우 다양하게 응용하여 동시공학을 실제적으로 실현하고 있음에 비추어 볼 때, 많은 성장가능성이 있음에도 불구하고 아직까지 국내에서는 그 기술이 활발히 이용되지 못하고 있다는 사실은 매우 안타깝다. 장비도입가가 너무 비싸 일반 중소업체에서는 이용이 어려운 것도 하나의 장벽으로 판단된다.

다행히 중소기업진흥공단, 대구가톨릭대학교 TIC, 영진전문대학 등에서는 우수한 장비를 갖추고 활발한 산학협력을 통해 비교적 많은 활용이 이루어지고 있다. 특히 대구가톨릭대학교 TIC 에서는 국내에서는 유일하게 거의 모든 방식의 쾌속조형 장비, 즉 SLA, FDM, 3DP, LOM 장비 뿐만 아니라 금속 시금형 제작용 EOS 장비 및 진공주형 장비를 고루 갖추고 중소업체를 상대로 활발한 용역서비스를 실시하고 있고, 향후 금속 시제품 주조 장비도 도입할 계획을 갖고 있어 『국내 시제품 제작 지원센터』로서 그 중추적 역할이 기대된다.