

## Rapid Prototyping에 관한 소식

### 1. RP 기술의 응용사례

#### ◎ 건축설계작업

Frank O. Gehry는 스페인의 Guggenheim 현대 미술관과 파리의 American Center, 미국 Minnesota주 Minneapolis시의 Weissman 예술박물관, 그리고 L.A. 시의 신축 디즈니 음악당을 설계한 세계적으로 손꼽히는 유명한 건축가이다. 그가 설계한 건축물들의 물흐르는 듯한 윤곽선과 면들은 1970년대나 1980년대의 유리나 금속상자를 연상시키는 기존의 건축물들과는 분명 그 궤를 달리한다. 그 동안 Gehry는 기존의 전통적인 공학적 제도나 건축 스케치가 그의 자유로운 설계 양식을 충분히 만족시키지 못한다는 것을 실감하고 있었다. 그 후 그는 CAD 용 소프트웨어를 이용하여 항공기나 자동차 그리고 핸드폰(사실은 cellular phone이 적합한 용어이다) 등의 설계 작업을 수행한 후 이들 모델들을 바로 RP 장비를 이용하여 제작하는 새로운 방법을 이용하기 시작하였다(그림 1).

우선 그는 cardboard, tape, 그리고 foam 등을 이용한 전통적인 방법으로 3차원 모델을 제작한다. 그 다음 C-cubed Inc.라는 회사에서 Gehry의 conceptual model을 3차원 scanner로 측정하여 CAD 시스템상



그림 1. Guggenheim 미술관의 LOM 모델.

의 3차원 점 데이터들을 생성해낸다. 이렇게 생성된 3차원 점 데이터들은 CATIA 시스템을 이용, 임의로 생성된 surface들을 변형시켜가면서 점데이터와 대조시키는 작업을 통해서 원하는 3차원 형상으로 복원되게 된다. 이 단계에서 얻어진 CATIA 모델이 바로 추후 모형제작을 위한 주요한 형상자료가 된다. 즉 CATIA를 통해서 건축물의 외관을 구성하는 복잡한 surface 형상을 설계할 수 있으며 그에 따른 건물 각층의 세부형상은 AutoCAD 시스템을 이용하여 처리하게 된다.

일반적인 산업 디자이너들이 그러하듯이 Gehry도 실제 물리적인 모형을 제작해 봄으로써 자신이 설계한 건축물의 공간적인 적합성을 직접 확인하고자 하는 것이 주된 작업목표였다. 이러한 설계 검증작업들은 과거에는 C-cubed Inc.사에서조차도 10명정도의 장인들을 고용한 모형제작소를 운영하므로써 그 수요를 충족하였다. 먼저 3차원 CATIA 모델들로부터 2차원 단면형상을 추정해내고, 그 단면형상을 종이나 플라스틱으로 둘러싸는 방식으로 모형을 제작하였는데, 시간이 오래 걸릴뿐만 아니라 제작후 발견되는 문제점이 설계자의 잘못인지 아니면 제작자의 잘못인지를 판단하기가 매우 어려웠다. 그러나 RP 장치를 사용하기 시작한 지난 5년여 동안은 거의 24시간 이내에 필요한 건축모형이 제작될 수 있었다. 그간 사용된 RP 장치로서는 Stereolithography (SLA)와 SLS를 포함하는 몇가지가 있지만 그중에서도 Gehry가 선호하는 것은 Helisys사의 LOM 장치이다. 이는 LOM에 의해 제작된 모형들이 인공적인 플라스틱처럼 보이지는 않으면서 또한 지나치게 투박하게 느껴지지 않는다는 점에 있었다고 한다. 무엇보다도 나무에 가까운 그 재질이 부분적인 수정을 가하기에 매우 적합했다고 한다. 즉 일단 제작된 모형을 보고 Gehry가 마음에 들지 않는 부분이 있으면 이를 직접 손으로 쉽게 수정하고 이를 다시 3차원 scanner로 측정하여 곧바로 수정된 3차원 CAD 데이

터를 생성시킬 수 있었기 때문이다.

이러한 일련의 모형제작 작업이 성공적으로 수행되었기 때문에 실제 설계자인 Gehry는 현재 C-cubed Inc.사의 3차원 모델링작업이 그의 설계작업에 궁극적으로 매우 도움이 되고 있음을 확신하고 있으며, 이렇게 생성된 3차원 모델은 실제 물리적 모형과는 달리 직접적인 운반없이도 다른 작업자나 사람에게도 쉽게 전달이 가능하다. 이는 또한 꼭 같은 모델을 지역적으로 매우 먼 곳에서도 빠르게 넘겨받아 같은 방법으로 제작하여 관찰할 수 있는 기회를 부여할 수 있게 되었다는 점에서도 매우 중요하게 생각된다고 한다.

### ◎ 선박설계작업

미국 Illinois주의 Waukegan시의 Outboard Marine Corporation(OMC)사는 세계에서 가장 규모가 큰 船外 엔진 제작회사이며 全美 두번째의 boat 제작회사이다. 최근에 OMC는 RP 장비를 이용한 설계와 가공작업에 매우 활발히 참여하고 있다. OMC사의 제작공정 전문가인 Rich McArthur는 최근 RP 기술을 design verification, engineering feedback, assembly mockups, tooling development는 물론 marketing에까지 이용하고 있다고 한다. 사실 얼마전까지만 해도 OMC사는 회사자체내에 RP 장비를 소유하지는 않고 RP 관련 전문 용역회사를 이용하여 모형을 제작해 왔다. 그러나 최근 3년간 RP 관련 지출예산이 눈에 띄게 급증함에 따라(1995년 현재 한해 예산 \$150,000) 6개월전부터 이를 감소시키려는 활동이 전개되었던 것이고, 광고끝에 결국 Stratasys사의 Genisys concept modeler를 구입하기에 이르렀다. OMC사 자체 분석에 따르면 그동안 OMC에서 외주를 주었던 RP에 의한 모형제작품의 반이상이 정밀도나 표면거칠기가 문제되지 않는 conceptual model 이었다는 것이다. 따라서 Stratasys사로부터 구입한 \$50,000 정도의 저가 Genisys concept modeler를 사용해도 RP 관련 지출예산은 감소하는 한편 그 이전보다 RP에 의한 모형제작 횟수는 오히려 증가시킬 수 있었다고 한다. 구입한 RP 장비의 설치도 매우 용이해서 데이터를 전송받기 위하여 사내의 computer network와 기계장비와의 연결작업정도가 그 전부였다고 하는데, 결국 장비를 들여온지 반시간만에 첫번째 시작품을 제작할 수 있었다고 한다. 사실 기계장비를 가동하면서 몇개의 운영상 결함이 발생하였으나 Genisys

concept modeler가 Stratasys사에서 상업용으로 출시한 첫번째 모델이라는 점을 감안한다면 그리 큰 문제로 생각되지는 않는다고 한다. 한가지 문제점이 있다면 기계장치의 extrusion head가 재료에 의하여 막히는 경우가 자주 발생하므로, 이러한 문제점들을 자체 진단할 수 있는 sensing 기술이 시급하게 느껴졌다고 한다. 이에 따라 최근에는 Stratasys사에서 문제가 되고있는 부분을 개조한 새 기술을 제시하기도 하였다. 현재 이 기계장비는 마치 사무실 한기운대 놓인 공용 프린터처럼 약 50명의 designer의 개인 computer에 연결되어 있어 이들이 요구하는 모든 모형물제작자료를 처리해 내고 있다. 물론 이들 각각으로 부터의 모형제작물의 주문요구는 중앙시스템 관리자로부터 통제해야 할 필요가 있는데, 이는 무분별한 모형제작의 방지와 또한 모형물의 작업대에서의 방향성을 최적화함에 따른 제작장비 운용의 효율성을 고려하기 위함이라고 한다.

현재 제작되고 있는 대부분의 모형물들의 재료비용은 \$25~\$100 정도로 저렴한데 예를 들어 180 mm × 180 mm × 75 mm 정도의 크기를 가진 조형물의 제작에는 12시간 정도가 걸리며 재료가격은 약 \$100 정도라고 한다. 1년전만 해도 이 가격에 외주를 준다는 것은 상상하기조차 어려운 일이었는데 지금은 그저 전체 재료비가 너무 급증하지 않기만을 바란다고 한다. 물론 시간적으로도 외주를 주면 3~5일씩 걸리던 작업도 지금은 하루정도에 완성할 수가 있다는 것이다. 이 하루라는 시간도 Stratasys사에서 조금만 더 기계장비의 운용을 효율화 한다면 보다 더 감소할 수 있으리라고 전망하고 있다. 현재 Genisys의 조형정밀도는 약 0.25 mm 정도로 높은 수준은 아니지만, OMC에서 생산하는 대부분의 모형물들은 표면정도를 높게 요구하지 않으므로 0.25 mm 수준의 정밀도에서도 만족스러운 조형작업이 가능하다고 한다. 또한 제작된 모형물의 강도도 손으로 만지거나 송달되는 경우에 큰 지장이 없으며 심지어 bolt로 체결할 경우에도 충분히 견디어 낼 수 있는 것으로 알려져 있다. Genisys를 사용함에 따라 전체 신제품의 개발기간이 평균 5년에서 2년정도로 급속히 감소하였으며 그 운용의 활용도를 높이면 앞으로도 이를 더욱 단축시킬 수 있을 것으로 전망하고 있다.

### ◎ 외과의학

미국 플로리다주의 올란도시에 위치한 Lockheed Martin RP Lab.에 근무하는 Lynda Hurley는 최근, 외과수술 용도를 위해 그녀의 14살난 아들의 두개골 모델을 SLA를 통해 제작할 수 있는 회사를 공개적으로 모집하였다(1995년도 12월호에 Rapid Prototyping Report에 발표되었음). 사실은 바로 Lockheed 사에 그와 같은 작업을 수행할 수 있는 RP 장비가 있음에도 그녀가 이렇게 할 수밖에 없었던 것은, 정부연구비로 사들여진 연구장비가 그녀와 같은 고용인의 사적인 이유로 이용될 수 없다는 회사방침 때문인 것으로 알려졌다. 그녀에 따르면 그녀의 14살난 아들은 태어날때부터 이미 가지고 있는 안면기형을 최근 성형수술로 교정할 계획이었다는 것이다. 사실 수술을 담당할 의사들은 이미 이 소년의 수술용 CT(Computer Tomography) 촬영을 오래전에 끝낸 상태였으나, RP 제작기술에 관한 지식을 가지고 있던 소년의 아버지가 RP 기술을 이용하여 소년의 두개골 모델을 제작하기를 요청한 때문이다. 그는 이 RP에 의한 두개골 모델이 단순한 CT 영상보다 실제 수술시 보다 효율적인 참고 자료가 될 수 있으리라는 기대 때문에 이러한 결정을 내렸다고 한다. 이러한 요청에 직면한 RP 업계에서는 신속하고도 고무적인 반응을 보였는데, 일주일만에 여러 회사가 CT 자료를 STL 자료로 전환하고 이를 stereolithography로 제작하는 전과정에 해당하는 비용을 무료로 제공하겠다는 의사를 제시해왔다. 우선 Texas주 Austin시의 Scientific Measurement Systems사와 Dallas시의 Cyberform사가 CT 자료의 STL로의 전환 작업을 담당하기로, 그리고 Ohio주 Cincinnati시의 Hasbro Toy Group사와 California주 San Diego시의

ARRK Creative Network사는 그 모델을 제작해주겠다고 나선 것이다. 최근 이러한 회사들의 의향을 주선했던 Hasbro Toy Group사의 Steve Deak는 벌써 의사들이 두 번에 걸친 수술전 모임에서 RP에 의해 제작된 소년의 두개골 모델을 검토하고 있는 중이라고 전했다(그림 2). 12시간이 걸린 수술은 2월 11일에 행해질 계획인데 실제 이 두개골 모델이 수술에 도움이 되었는지는 그 후에 밝혀질 예정이다. Steve Deak에 따르면 이 모델이 수술시간을 1 시간정도만 단축을 시켜도 이는 의학계에 매우 큰 성공으로 간주될 수 있을 것이라고 전망하고 있다.

### ◎ 조형예술

기존의 양초(wax), 찰흙(clay), 혹은 청동(bronze)을 소재로 사용해오던 조형예술 분야에서도 바야흐로 RP 제작방식과 더불어 그 소재로 쓰이는 플라스틱 수지재료(resin)가 각광을 받을 것으로 보인다. 이 소식의 주인공인 미국 New Mexico주 Santa Fe시에 거주하는 조각가 Michael Rees(이하 Rees)는 최근 SLA를 이용하여 조형해낸 "수중생물(Aqualine Creature)"이라는 조형작품을 발표하였다(그림 3).

Rees는 이와같은 조형물을 6개 만들어 그가 거주하고 있는 지역잡지인 "Art Foundry"에 발표하기도 하였다. 그는 1988년 SLA에 의하여 제작된 플라스틱 조형물을 처음으로 접했을때 그 소재로 부터 풍겨나오는 투명한 색조의 이미지에 끌렸었다고 얘기한다. 그후 그는 RP가 3차원 디지털 모델로부터 실제 물체를 조형하는데 있어서 매우 흥미로운 수단이 될 수 있음을 직감하고, 소위 그가 호칭하는 "디지털 조형(digital sculpture)"으로 그의 조형방식을 과감히 전환하였다. Rees는 우선 그의 3차원 디지털 자료를

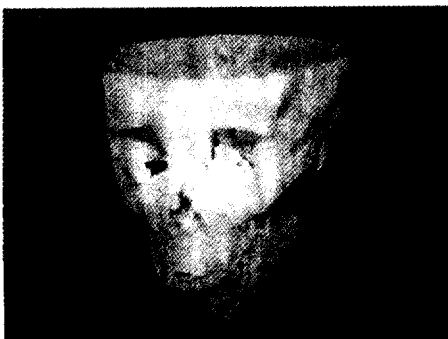


그림 2. SLA 방식으로 제작된 두개골 모델.



그림 3. SLA 방식으로 제작된 수중생물(Aqualine Creature).

일기위해 미국 Ohio주 Columbus시에 위치한 Auto-des-sys사의 form-Z라는 Macintosh 용 소프트웨어를 이용하였는데, 그에 말에 따르면 이 소프트웨어가 기본적으로는 surface modeler이나 몇몇 solid modeler의 기능도 갖추고 있다고 한다. 조각가로서 Rees는 이와 같은 디지털 조형의 가장 독특한 매력은 RP 제작장비를 이용시 조형물의 외형을 조형해내는 것은 물론 그 내부형상도 조형이 가능하다는 점을 강조하였다. 또한 투명한 플라스틱 수지의 재료 성격상 조형물의 내부가 훤히 들여다 보임으로써 조형후에도 조형물의 내부를 살펴볼 수 있다는 것이다. Rees는 SLA 작업에 필요한 특수한 플라스틱 수지의 소재가 격이 좋이나 양초 심지어 청동재료보다도 비싸다는 데에는 동의하지만, 한편으로는 조형재료를 보관하거나 조형작업을 시행할 재래식 스튜디오를 유지할 필요가 없다는 점에서는 충분히 경제성이 있다고 반박한다. 그는 디지털 조형방법이 재래식 조형작업에 비해 극강적으로 경제성이라는 문제에서 만큼은 뒤지지 않는다고 확신하고 있는 듯하다.

## 2. RP 관련 새로운 상품소개 (Hardware 및 Software)

### ◎ Z-Corporation사의 Z402

최근 미국 매사추세츠 주의 서머빌 시(Somerville, Massachusetts)에 있는 Z-Corporation사(이하 Z-Corp)에서는 기존의 상업용으로 제작된 RP 장비들보다도 속도면에서 20배정도는 빠른 획기적인 RP 장비를 개발하였다고 발표하였다. 즉 다른 RP 장비들이 수시간 혹은 수일이 걸리던 작업을 이제는 이 장비를 이용 수분내로 실행할 수 있다는 것이다. Z-Corp사의 사장인 Marina Hatsopoulos는 Z402라고 불리우는 이 새로운 장비가 가격은 약 \$50,000(한화 약 4천5백만원)선이면서 소위 "3차원 Fax"로서의 기능까지도 수행할 수 있는 만족스러운 제품이라고 설명한다.

이 새로운 RP 장비의 모태는 바로 이웃 Cambridge시에 위치한 MIT 공과대학에서 개발된 3D Printing 기계이다. 이 RP 장비는 우리가 흔히 볼 수 있는 잉크 젯 프린터(Ink-Jet Printer)의 print head 부를 떼어다가 RP 장비의 핵심부인 재료결합장치에 이용한 것으로서, 잉크대신에 순간 접착제와 같은 binder 액을 분말상 재료위에 선택적으로 뿌리게 된

다. 이는 마치 2차원적인 관점에서 종이위에 활자를 프린팅하는 것과 꼭 같은 이치인 것이다(보다 자세한 정보를 원하시는 분은 MIT 3D Printing URL인 <http://web.mit.edu/afs/athena/org/t/tdp/www/home.html> 을 방문해 보시기 바람). 필자도 1990년대 초반에 개발에 참여하였던 이 RP 장비제조기술은 1992년에 미국 California주 Northridge시에 소재한 Soligen Technologies사에 의해 기술특허가 이전되어, 세라믹 Investment-casting shells 제작을 위한 연구에도 이용되었고 1994년에는 그 제작기술이 정식으로 상업화되었다. Z-Corp. 역시 MIT로부터 이 기술특허를 이전받아 "appearance models"라는 응용주제를 가지고 연구를 시작하였고 최근에는 그 결실을 보게 된 것이다.

Z402라고 불리우는 Z-Corp.의 이 새로운 장치는 125개의 nozzle-jet를 장착하고 있어 전분을 주성분으로한 분말상에 수용성 용액을 뿌리게 되어있다. 전체적인 기계장치의 운용과정은 MIT의 3D Printing과 비슷하여 먼저 분말을 한층씩 장치의 상자위 평면에 쌓은 뒤, 그 위를 마치 TV의 주사선이 하나의 스크린 면적을 짝 채우듯이 print head가 raster scanning을 행하면서 nozzle로부터 미세한 용액방울을 투하한다. 이 용액방울이 닿은 부분은 녹말분자와 용액이 반응하여 분말이 고형화되고 그렇지 않은 부분은 이전의 분말상 그대로 남아있게 된다. 이러한 작업이 반복되면 결국 여러개의 켜들이 쌓여서 전체 모형형상이 구성되고, 이후 shaking과 brushing 작업을 통하여 결합되지 않은채 남아있는 분말을 제거해내면 최종형상이 얻어진다. 분말을 이용한 RP 기계장치가 그러하듯이 Z402도 support structure를 필요로 하지 않는다는 장점이 있으며 무엇보다도 그 속도의 신속성에 있어서 특수함이 돋보인다. 기존의 3D Printing이 그러했듯이 Z402도 조형속도를 좌우하는 변수는 조형물의 크기이므로, 조형물의 크기가 복잡하거나 단순하거나 그 크기가 일정하다면 조형속도 역시 일정하다.

Z402가 현재 조형해낼 수 있는 최대크기는 200 mm × 250 mm × 200 mm(가로×세로×높이)이며 한 켜의 두께는 0.127 mm에서 0.229 mm까지 조절할 수 있으며 조형해낼 수 있는 최소 크기도 이 범위에서 정해진다고 한다. 예를 들어 100 mm × 200 mm × 25 mm의 크기를 가진 조형물을 이 Z402로 조형하면

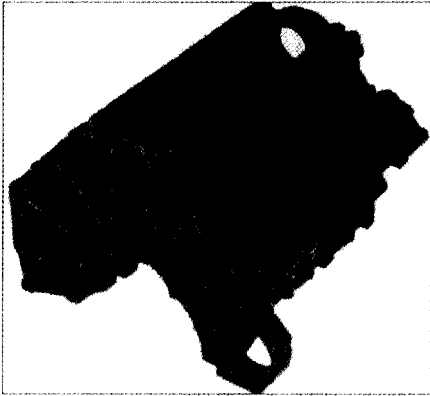


그림 4. Z402로 제작된 엔진블록 모형(크기: 175 mm × 150 mm × 125 mm, 제작시간: 약 4시간).

약 32분정도가 걸린다고 한다. 그림 4에는 Z402로 제작된 모형이 나타나 있다.

물론 이렇게 얻어진 조형물은 표면에 수 많은 기공을 가지고 있으며 매우 부서지기 쉽다. 따라서 손으로 다룰 수 있는 정도의 강도로 증가시키기 위해서는 용융상태의 wax에 살짝 담금으로써 표면의 기공을 메꾸는 처리를 10분정도 하게 되는데, 이러한 침탄과정(infiltration)을 통하여 조형물의 표면처리가 행해지고 따라서 매끄러운 외형을 유지할 수 있게 된다. 일단 wax로 표면처리를 한 후에는 조형물로서 필요한 강도는 얻을 수 있게 된다고 한다. 이 경우에 사용되는 wax는 일반적으로 투명한데 이 wax에 색을 띄우게 하기 위해서는 printing에 쓰이는 binder 용액에 잉크를 첨가하기도 한다. 보다 단단한 강도가 요구되는 조형물의 경우에는 wax를 쓰는 대신 점성이 낮은 에폭시(epoxy)를 쓰는 경우도 있는데 이러한 침탄과정에 필요한 기기들도 Z-Corp.사에서 취급하고 있다고 한다. Z402의 운용에 필요한 Windows 95 OS용 소프트웨어로는 대략 3,000 달러(270만원) 정도가 추가로 필요한데 이에 해당하는 기능으로는 STL file의 입출력과 editing 등이다. Z402의 크기는 대략 680 mm × 915 mm × 1050 mm이며 그 무게는 114 kg 정도인데 주 재료로 쓰이는 분말과 binder 용액이 인체에 무해하므로 기계장치의 위치를 신정시 별도의 주의를 필요로 하지 않는다. 분말의 가격도 11,143 입방 cm 당 약 \$150 정도로 매우 저렴하다.

Z-Corp.사는 사장을 비롯한 전 연구진이 MIT 졸업

생들이거나 MIT 3D Printing 연구팀에 참여했었던 인원으로 시작하여 기술 집적도가 매우 높은 것으로 평가되고 있다. Z-Corp.의 사장인 Hatsopoulos는 비록 Z402가 상업화에는 성공했으나 이를 곧바로 대량생산으로 연결하지는 않을 것으로 보고 있으며, 몇몇 관심있는 주요기업을 대상으로 하여 보다 심도 깊은 연구를 위한 공동연구를 계획하고 있다고 밝혔다. 관심이 있는 분은 다음에 명기된 미국의 본사에 직접 전자메일을 보내면 친절한 응답을 받을 수 있으리라고 본다(marina@zcorp.com).

### ◎ Stratasys사의 새로운 RP 장비

미국 Stratasys사는 1991년부터 현재까지 FDM 장비를 전 세계적으로 470대 판매하였다. 이번 97년 4월부터 시판이 시작된 FDM-8000 장비는 크기 457 mm × 457 mm × 609 mm의 제품을 제작 할 수 있는 대형이며 이는 기존의 FDM-1650보다 거의 두배의 크기이다(그림 5). 장비의 가격은 20만불에서 22만불 정도이고 현재로는 Stratasys의 ABS 소재만 사용 가능하나 추후 의료용 ABS나 정밀주조용 왁스도 추가될 예정이다. 개선된 하드웨어와 소프트웨어로 인하여 기존의 FDM-1650 보다 제작속도가 두배나 향상되었다.

Stratasys사는 FDM-8000 장비개발에 사용되었던 기술을 새롭게 개발된 소형 FDM-2000 장비에도 적용하여 기존의 FDM-1650 장비보다 제작속도를 35~50 퍼센트 향상 시켰으며, 새로 나온 QuickSlice 4.1 소프트웨어를 사용하면 적층두께를 0.178 mm에서 0.356 mm까지 조절할 수 있다. FDM-2000 장비의

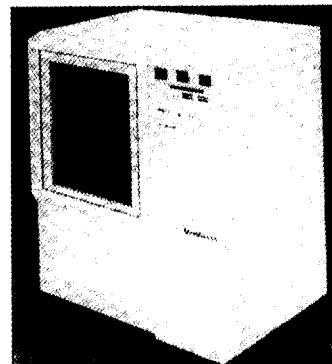


그림 5. FDM-8000 장비.

가격은 14만불에서 16만불 정도이다.

### ◎ 3D Systems사의 Actua 2100

3D Systems사에서 96년부터 판매하기 시작한 디자인 검증용 시제품 제작장비(concept modeler)인 Actua 2100에 관해서 독자들도 이미 들어 보셨으리라 생각된다. 97년 4월호에서 발췌된 미국 샌디아 연구소의 경험담은 이 장비의 구매에 관심있는 국내업체나 학교에 계신분들에게 도움이 되리라 본다.

미국 샌디아 연구소에서는 Actua 2100 장비를 2개월 정도 사용중이며 처음 구동 소프트웨어를 작동시킬 때 발생한 몇가지 사소한 문제 이외에는 24시간 장비를 가동하는데 현재까지 별 큰 지장이 없다고 한다. 제작된 조형물도 윗면과 옆면의 표면정도(surface finish)와 형상의 조형정밀도는 우수하나 밑면은 솔(brush) 모양의 지지대를 사용하기 때문에 그렇지 못하다고 하는데, 이는 시제품들이 주로 디자인 검증용으로 사용되기 때문에 그리 큰 문제가 되지는 않는 것으로 보인다. 만일 표면의 정도가 중요시 되는 경우에는 조형작업의 방향을 미리 최적으로 결정하므로써 표면정도가 그리 높게 요구되지 않는 면을 밑쪽으로 향하게 하기 위한 고려가 행하여지게 된다. 이렇게 얻어진 조형물은 최소한의 내구력은 있기 때문에 디자인 검증 중 돌려 가며 볼 수 있지만 마치 왁스 패턴을 다루듯이 조심스럽게 다루어야 하며, 만일 제품이 부러졌을 경우에는 에폭시 소재나 본드를 사용하여 다시 접착시킬 수 있다고 한다. 그림 6에 나타난 크기 125 mm × 125 mm × 100 mm 부품을 이 Actua2100 장비를 사용하여 제작 할 경우 소모되는 시간은 약 15시간이라고 한다.



그림 6. Actua2100을 사용하여 제작된 디자인 검증용 모형.

Actua 장비는 사무실 환경에서 사용될 수 있다고 선전이 되나 조형작업 후 지지대를 제거하기 위하여 필요한 끝마무리 작업은 일반적인 사무실 환경에서 수행되기에는 어려운 점이 있다. 이런 이유로 샌디아 연구소에서는 이 장비를 사무실에 설치하지 않고 대신 실험실에서 사용하고 있다. 가격면에서 6만5천불의 Actua 장비는 샌디아에서 소유하고 있는 SLA 장비보다 훨씬 저렴하며 유지비 또한 다른 장비보다 저렴하다. 제품이 완성된 후 지지대를 제거하고 표면 처리를 해 주는 끝마무리 작업 역시 다른 공정보다 간단하여 시간을 절약할 수 있는 이점이 있다. 그러나 소재비는 1 kg당 약 \$300(한화 약 27만원) 정도로서 다른 장비에 쓰이는 소재비와 비교하였을 때 그리 저렴한 편은 아니다.

### ◎ 유럽과 일본 RP 장비

현재 미국에서는 8개 RP 회사가 18가지 종류의 장비를 판매하고 있다. 미국 외에 유럽과 일본에서 8개 회사가 장비를 판매하고 있지만 아직까지 특허 문제로 인하여 미국내에서 판매되고 있지 않다. 표 1에는 현재 유럽과 일본에서 판매되는 장비들이 나열되어 있으며, 각 장비들이 나름대로 장단점을 지니고 있다. 특히 정밀도나 소재의 특성면에서 미국 장비와 비교하였을 때 매우 뛰어난 제품도 있다. 이 표는 장비 구입시 여러 장비를 서로 비교하여 원하는 용도에 따라 최적한 장비를 구입할 경우 진요하게 쓰이리라 생각된다.

## 3. RP 업계 동향 및 학회소식

### ◎ Rapid Prototyping and Manufacturing (RPM) '97

전 세계에서 가장 큰 RP 관련 학술대회로 알려진 RPM은 미국 생산공학회 SME 주관으로 매년 4월 미국 자동차공업의 중심지인 Dearborn에서 개최된다. 이전 회의때도 총 참석인원 617명과 전시회 참석인원 약 1600명으로 성황리에 개최되었다. 우리나라에서도 이번에 약 20명 정도의 산학연 전문가들이 회의에 참가하여 날로 높아지는 RP 기술에 대한 국내의 관심도를 보여주었다. 이번 회의의 주제발표논문(keynote paper)으로는 Ford 자동차사, 3M과 Eastman Kodak사에서의 신제품 개발용 RP 기술의 응용

표 1. 유럽과 일본에서 판매되는 RP 장비

장비판매사	장비명	적용 기술	부품 사이즈(mm)	소 재	가격(천US \$)
Electro Optical Systems (EOS), 독일	Stereos Desktop	stereolithography	250×250×250	에폭시, 아크릴, 비닐에터 수지	150
	Stereos Max-400		400×400×400	에폭시 수지	346
	Stereos Max-600		600×600×600		415-442
	EOSINTP-350	laser sintering	340×340×590	폴리스타이렌, 나일론, 유리섬유가 첨부된 나일론	436
	EOSINT-250		250×250×250	청동-니켈	346
	EOSINTS-700		720×380×380	코팅된 모래	717
CMET, 일본	SOUP-250GH	stereolithography	250×250×250	에폭시 수지	264
	SOUP-400		400×400×400		346-412
	SOUP-600		600×600×500		380-445
	SOUP-1000		1000×800×500		536
	SOUP-850PA		600×850×500		495
D-MEC, 일본	SCS-1000	stereolithography	300×300×270	우레탄 아크릴수지	421
	JSC-2000		500×500×500		412
	JSC-3000		1000×800×500		618
Teijin Seiki, 일본	300	stereolithography	300×300×300	우레탄 아크릴수지	346
	500		500×500×500		396
Denken, 일본	SLP-4000	stereolithography	200×150×150	우레탄 아크릴수지	66
	SLP-5000		220×200×225		107-124
Meiko, 일본	Meiko	stereolithography	160×120×100	아크릴 수지	116
Ushi, 일본	UR-HP1501	stereolithography	150×150×150	아크릴 수지	106
Kira, 일본	KSC-50	종이 적층	380×260×300	종이	115

사례에 관한 것들이 발표되었는데, 이들로 부터 읽을 수 있는 공동 메시지는 이제 RP 산업은 미국내에서는 실험단계를 벗어나 하나의 정착된 기술로서 인식되어 육성되고 있는 분야라는 것이다.

이번 회의에서도 전례행사로서 매년 빠지지 않고 발표되는 Terry Wohlers 씨의 RP 산업의 보고서에 의하면 96년 한해 동안에도 RP 시장은 괄목 할 만한 성장을 보여주었다. 즉 작년 한해동안 전 세계 RP 시장의 규모는 약 42.6% 증가한 4억2천달러 규모로 성장하였으며, 이를 구체적으로 세분화 하자면 장비

및 소재 그리고 소프트웨어를 포함하는 시장이 약 1억8천불이고 서비스 시장이 약 2억 4천불정도의 규모이다. 금형제작과 관계되는 소위 2차 공정 시장은 규모가 2억9천불로서 아직까지는 1차 공정 시장보다는 작지만 꾸준히 성장하고 있는 추세이다.

이 대회의 매년 행사중 가장 많은 관심을 끄는 주제는 역시 RP 작업으로 부터 직접 금형제작을 수행할 수 있는 Rapid Tooling 관련기술이다. 이번 회의 때 3D Keltool을 이용한 금형제작 및 이의 적용 사례, DTM사와 EOS사의 장비를 사용하여 주조용 모래 코

어 제작에 적용한 사례, 그리고 알루미늄과 예폭시 수지를 혼합하여 제작된 composite 금형에 의한 수천개의 플라스틱 제품의 사출성형 사례 등이 발표되었다. 발표 사례중 참가자들의 가장 큰 흥미를 일으킨 발표는 2차 공정을 사용하지 않고 직접 SLA와 SLS로 제작된 간이금형을 사용하여 10~15개 정도의 플라스틱 부품을 사출성형한 사례에 관한 것이었다.

### ◎ 장비

발표회와 동시에 주최된 전시회는 장비회사, 소재회사, 소프트웨어회사, 서비스 회사가 총 집합하여 각 제품을 소개하는 자리로서 참석자들이 한눈에 여러 제품을 직접 비교해 볼 수 있는 좋은 기회였다. Stratasys는 새로 개발된 FDM-2000과 FDM-8000 장비 및 Genisys(이번호 응용사례 참조)를 전시하였으며, DTM사는 새로 출품된 Sinterstation 2500을, Sanders Prototype은 MM-6Pro와 ModelMaker II를, Helisys사는 개선된 LOM-2030H와 LOM-1015s를, 그리고 3D Systems사는 Actua2100과 저렴한 Smart-Start SLA-250 장비를 전시하였다. 3D Systems와 유사한 장비를 시판할 예정인 Aaroflex사는 올해 뒤풍사의 특허를 사용하여 장비를 시판할 계획이라고 선전하였으나 이번에는 장비를 전시하지는 않았으며 Cubital사 역시 장비를 출품하지 않았다. 작년에는 새롭게 개조된 Personal Modeler를 선보였던 BPM사는 이번 전시회에는 참여하지 않았다. 이번 전시회에 새롭게 공개 발표된 장비는 미국 Z-Corporation의 Z402(이번호 응용사례 참조)이었으며 이를 이용한 응용사례를 Santin Engineering사에서 발표하였다(참조 97년 2월호). MIT에서 개발된 3D Printing 기술은 Z402 이외에도 이번에 Soligen사와 Z-Corporation에 이어 세 번째로 Extrude Hone사에게도 연구특허를 이전하여 그에 의한 금속분말을 이용한 금형제작방법에 관한 연구가 진행되고 있다고 한다.

### ◎ 소재

Helisys사는 종이를 이용하여 제품을 제작하는 LOM 장비를 위하여 이번에 플라스틱 소재를 선보였다. 이번에 개발된 플라스틱 소재는 습기에 강하여 종이 제품보다 더 많은 응용분야가 기대된다. DTM사는 이번에 고무와 비슷한 특성을 지닌 뒤풍소재 Somos 201를 발표하였다. 이 소재의 응용분야

로는 개스킷, 셀, 고무제품 제작들이 예상된다.

### ◎ 소프트웨어

DeskArtes사는 새로운 Rapid Tools 패키지를 선보였다. 이 패키지는 IGES, VDA, STL format 파일들에 대한 운용기능(editing: 보거나 수정하거나, 또는 움직일 수 있는 기능)을 지니고 있다. 처음 1년은 패키지의 성능을 평가할 수 있도록 사용료 \$89에 추가로 소프트웨어가 제공되며, 그 후에 필요한 Unix 환경에서 작동되는 모듈의 가격은 \$5,000(한화 약 450만원)이다. Brock Rooney사는 STL fixer를 개발하였으며 이는 STL 파일에 저장된 삼각형 평면 데이터들의 숫자를 감소시키면서 동시에 자료의 오차를 지능적으로 발견 및 수정함으로써 형상자료의 질을 향상시켜 경제적인 형상자료의 보관과 운용을 가능하게 해준다. 한편 Materialise사는 Magics RP의 새로운 버전을 공개하였는데 이는 VRML 파일 출력과 SLA용 파일의 z축값 수정, 자동 shelling, 제작시간 계산기능 등을 포함하고 있다. STL 파일에 저장된 모델형상을 screen 상에 그려주는 Magics View는 \$245에 그리고 전체 패키지는 윈도우 95/NT와 SGI 버전으로 시판되며 가격은 \$3500이다. 이밖에 Magics RP는 위에 소개된 Brock Rooney사의 소프트웨어의 IGES-STL 전환용으로도 사용되고 있다. Solid Concepts사는 개선된 SolidView 소프트웨어 버전을 시판할 예정이다. SolidView 2.1은 VRML 파일뿐만 아니라 STL, DXF, OBJ 파일들을 형상으로 그려 볼 수 있으며, 이밖에 단면형상을 측정할 수 있는 기능과 단면을 DXF로 출력할 수 있는 기능도 함께 포함하고 있다. 이번 전시회에 첫 선보인 Raindrop Geomagic사의 Wrap이라는 소프트웨어는 Imageware의 surfacer와 유사한 면을 지니고 있다. 이 소프트웨어는 laser scanner나 그밖의 다른 3차원 측정장치를 통하여 얻은 점 데이터들을 기반으로하여 자동으로 surface를 만들며 동시에 surface와 volume mesh까지도 생성시킬 수 있다고 한다. 이렇게 생성된 surface형상들은 또한 그 수정이 용이하며 여러 가지 다른 형태의 파일로도 출력이 가능하다고 한다. Wrap의 가격은 현재 \$4,900(한화 약 450만원)이며 Unix나 Windows 버전이 나와 있고 시범용 소프트웨어는 현재 인터넷 웹사이트 [www.geomagic.com](http://www.geomagic.com)를 방문하여 다운로드 받아 사용할 수 있다.



#### 4. RP 게시판

##### ◎ 8th Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium

8th SFF symposium이 예년과 마찬가지로 오는 8월 11일~13일기간동안 미국 Texas주 Austin시에서 개최된다. 이번 symposium에서는 the gamut of rapid prototyping and manufacturing: physical and computer modeling, materials, controls, new processes에 관한 주제를 놓고 많은 발표가 있을 예정이다. 이 symposium에 관심이 있으신 분은 다음의 주소로 연락을 취하거나 Texas 주립대의 홈페이지를 방문하면 관련자료를 얻을 수 있다.

- Dr. Dave Bourell  
Mechanical Engineering Department  
Center for Materials Science and Engineering  
University of Texas  
Austin, Texas 78712  
(Tel) 512-471-3170  
(Fax) 512-471-7681  
Email: dbourell@mail.utexas.edu

##### ◎ 1st Rapid Tooling and Manufacturing '97

RPA/SME에서 개최하는 1st Rapid Tooling and

Manufacturing 학술대회가 오는 12월 2일, 3일 양일간 미국 California주 L.A.시에서 개최된다. 자세한 정보를 얻기 위해서는 다음의 주소로 연락을 취하거나 관련 홈페이지(www.smc.org)를 방문하면 관련자료를 얻을 수 있다.

- Lori Hastie  
event manager  
The Society of Manufacturing Engineers  
One SME Drive, P.O. Box 930  
Dearborn, Michigan 48121  
(Tel) 313-271-1500  
(Fax) 313-271-2861

---

«RP Report Vol. 7, No. 2, February 1997»  
«RP Report Vol. 7, No. 3, March 1997»  
«RP Report Vol. 7, No. 4, April 1997»  
«RP Report Vol. 7, No. 5, May 1997»

.....

본 기사는 KIST의 송용익 편집위원, 홍익대학교 지혜성 편집위원이 "Rapid Prototyping Report"에서 발췌하였으며 출판사인 CAD/CAM Publishing Inc.의 연락처는 다음과 같다.

- Fax: 1-619-488-6052
- E-mail: cadcirc@aol.com