

RP 관련 신기술 및 업계 동향

1. Product Enhancement

◎ 3D Systems introduces upgraded SLA-250 with Zephyr recoating

3D systems사는 SLA-250에 40밀리와트의 레이저와 Zephyr recoating 시스템을 적용한 업그레이드된 모델을 내놓았다. 기존의 시스템에서는 한 층의 성형시 수지의 집성으로 인한 문제점을 해결하기 위해 부품을 수지통에 깊게 담갔다(Deep Dip) 한 층을 성형할 만큼 위로 올린 다음 doctor blade로 수지의 표면을 쓸어서 과다한 수지를 제거하였다. 이번에 선보인 장비의 Zephyr 시스템에서는 기존의 부품을 깊게 담그는 과정(Deep Dip)과 doctor blade 대신에 vacuum-fed blade를 사용하는데 이는 수지통 측면에서 수지를 공급받아 부품의 상단을 지나가면서 부품 뒷면에 한 층을 성형할 만큼의 수지를 입히는 장치이다.

3D측은 Zephyr 시스템으로 인하여 층과 층사이의 성형시간과 trapped volume과 관계된 문제들을 줄일 수 있었다고 한다('96 2 Rp Report 참조). 고풍력 레이저와 Zephyr 시스템이 적용된 SLA-250/50은 표준의 20밀리와트 레이저를 사용하는 SLA-250/40에 비하여 성형속도가 66%가량 빠르다. 3D측은 SLA-250/30이나 SLA-250/40을 SLA-250/50으로 업그레이드 할 수 있는 키트를 올해 6월말경부터 판매한다고 밝혔다.

2. Working with Service Bureaus

◎ STL vs. IGES files

Pro/Engineer, I-DEAS, Unigraphics 등 솔리드 모델링 CAD 시스템을 사용하는 설계자는 RP를 통하여 보다 빨리 실제의 3차원 부품을 얻을 수 있게 되었다. RP가 점점 더 유명해지자 현재 거의 모든 CAD 소프트웨어에는 CAD 데이터를 STL 파일 형태로 변환하는

기능을 갖고 있다. 그러나 현재 대부분의 RP service bureaus의 설계 작업자들이 아직 RP에 대해 명확한 지식을 갖고 있지 못한 실정이라서 STL 파일로 작업할 때 많은 주의가 요망된다. 즉, STL 파일의 형태가 간단하기는 해도 이에대한 작업을 하다보면 실수하기가 쉽다. STL 파일을 어떻게 생성하는가에 따라 RP로 성형한 부품의 형상을 좌우하기도 한다. 또한 STL 파일 생성에 대한 최적 해는 부품의 성형방향에 따라 달라질 수 있다는 사실을 염두에 두어야 한다.

◎ STL format

본래 3D Systems에서 개발된 STL은 부품의 실제 면을 수많은 삼각형 면들로 근사화하여 나타낸 것이다. 각각의 삼각형은 X, Y, Z 공간상의 세점과 하나의 법선벡터로 표현되는데, 이 법선벡터는 면이 부품의 안쪽을 향하는지 바깥쪽을 향하는지를 구분하기 위한 것이다. STL 파일에서 삼각형의 크기는 CAD 시스템 내에 설정된 분해능을 기준으로 하여 생성되며 원하는 크기로 크거나 작게할 수 있다. 대개 삼각형의 크기가 작을수록 곡면의 분해능 및 부품의 정확도가 높아진다. 반면에 삼각형의 크기가 커지면 성형시간이 빨라지기는 하지만 크기가 너무 클 때에는 성형된 부품과 원래 설계했던 부품의 치수가 크게 달라지게 된다. 그렇다고 무턱대고 분해능을 최대로 하여 STL 파일을 생성하는 것이 능사는 아니며 부품의 정확도와 성형시간을 고려하여 적당한 분해능을 결정하여야 한다.

◎ Chord height

CAD 데이터를 STL화하는 과정에서 가장 중요한 인자는 현(chord)의 높이로써 이는 STL화한 삼각형들과 실제 부품의 곡면간의 최대 거리차를 나타낸다. 상용 CAD 시스템 중에는 직접 현의 높이를 설정토록 하거나, 또는 삼각형의 수를 늘리거나 줄이는 방법으로 현의 높이를 조절하여 STL 파일을 생성할

수 있는 시스템이 있는가 하면 또 다른 시스템들은 현의 높이를 전혀 조절할 수 없는 것도 있다.

◎ IGES instead?

위에 기술한 것으로부터 알 수 있듯이 STL 파일의 정보는 변환하기가 쉽지 않으므로 많은 service bureau에서는 STL 파일보다는 IGES 파일이나 service bureau가 주문자와 동일한 CAD 시스템을 보유하고 있는 경우 CAD 파일을 선호한다. San Diego에 위치한 ARRK Creative Network의 CAD/CAM 전문가 Scott Clear는 service bureau에서 직접 STL 파일로의 변환 작업을 하기를 원한다고 한다. 왜냐하면 STL 파일은 한번 생성하면 다시 수정할 수가 없으므로 주문자가 오류가 있거나 면의 수가 너무 작은 STL 파일을 보내면 이를 이용하여 어떠한 작업도 할 수가 없게 된다. 이 문제를 해결하기 위해서는 service bureau에서 주문자에게 STL 파일의 수정을 요구하여 이 수정된 파일을 이용하여 작업을 하는 방법밖에 없는데 이러한 방법은 시간이 많이 소요된다. 따라서 될 수 있으면 service bureau에서 STL 파일을 생성하게 하는 것이 시간을 줄이는 방법이 된다.

◎ Conclusion

Service bureau에 부품성형을 의뢰할 때에는 파일을 어떤 형태로 보내야 하는가를 service bureau와 상의하는 것이 좋다. 만일 service bureau가 주문자의 CAD 시스템과 다른 CAD 시스템을 사용하거나 IGES 변환 장치가 없을 경우에는 주문자가 CAD 데이터를 STL 파일로 변환하여야 한다.

3. STL Viewers

◎ SolidView vs. TriSpectives

두어 달 전에 가격이 \$500인 솔리드 모델러 TriSpectives가 STL 파일의 뷰잉 기능이 있음을 소개한 적이 있다. TriSpectives로 비교적 작은 크기의 STL 파일에 대한 뷰잉 기능을 살펴 보았을 때 여러가지 옵션을 바탕으로 STL 파일을 렌더링할 수 있는 점, 예쁜 배경을 넣어 렌더링한 부품을 디스플레이할 수 있는 점 등이 매우 훌륭해 보였다. \$500이란 가격에 비추어 볼 때 이 정도의 성능은 꽤 높은 수준이다.

그런데 최근에 용량이 3.5메가바이트이고 삼각형

의 수가 12,000개 정도인 중간 크기의 STL 파일에 대하여 TriSpectives와 SolidView의 뷰잉 기능을 비교해 보았다. CPU가 펜티엄100이고 RAM이 16메가바이트이며 운영체제가 Windows 95인 컴퓨터에서 뷰잉하여 본 결과 TriSpectives는 STL 파일을 로딩하는데만 1분 30초가 걸렸으며 로딩한 형상을 회전시키거나 렌더링할 때에도 빠르게 형상을 보여주지 못했다. 또한 형상의 회전이나 렌더링을 수행하는 도중에 프로그램이 작동중임을 나타내는 모래시계가 나타나지 않아 시스템이 정지한 것처럼 보였다.

반면에 Solid Concept사의 SolidView의 버전 1.02로 STL을 뷰잉해 본 결과 STL 파일을 로딩하는데 15초가 걸렸으며 형상의 회전도 TriSpectives에 비해 훨씬 실시간에 가까웠다. SolidView는 TriSpectives가 갖는 렌더링 옵션을 모두 갖추진 않았어도 중간 성능의 컴퓨터에서 간단하게 뷰잉하는 경우라면 SolidView가 훨씬 유용하다고 할 수 있다. 성능 비교의 공정성을 위하여 CPU가 펜티엄120이고 RAM이 32메가바이트인 컴퓨터에서 같은 작업을 해보았다. TriSpectives의 성능이 조금 나아지기는 하였으나 여전히 SolidView만은 못하였다. 그리고 펜티엄120시스템은 펜티엄100시스템에 비하여 비싸다는 사실을 염두에 두어야 한다.

중간성능의 개인용 컴퓨터에서 STL 파일을 볼 수 있으므로 해서 여러가지 잇점이 생긴다. 어떤 service bureau에서는 직원에게 지지대 제거 작업시 STL 파일을 사용하여 작업할 것을 권한다고 한다. 그 이유는 CAD 파일과 STL 파일을 비교하여 작업하므로써 지지대와 원래의 형상을 구분할 수가 있어서 그만큼 실수할 확률이 줄어들기 때문이다. 또한 SolidView는 STL 파일의 형상과 이에 대한 정보를 함께 프린트할 수 있는 기능이 있다. Windows용 SolidView의 가격은 \$1995로 TriSpectives에 비해 4배 정도 비싸지만 TriSpectives를 제대로 운용하기 위해서는 컴퓨터의 성능이 높아야 하므로 SolidView가 비싸다고만 할 수 없다.

«RP Report Vol. 6, No. 4, April 1996»

4. Conference Highlights

◎ SME's Spring 1996 rapid prototyping event

Society of Manufacturing Engineers(SME)의 Rapid Prototyping Association에서 주최한 올해의 Rapid Prototyping and Manufacturing '96 Conference and Exhibition은 역대의 전시회중 가장 큰 규모로 열렸다. 컨퍼런스 기간중 작년에 비해 33% 늘어난 610명 이상의 임원들이 참가하였고, 105개의 전시 부스가 갖춰진 전시장에는 3일 동안의 운영 기간중 1100여 명의 방문객들이 찾아왔다. 이 기간 동안 세계의 RP 산업, 신속 금형제작(rapid tooling), 오피스 모델러 등에 대한 적용 및 사례연구, 정밀성, 주조(casting)에의 적용성, 새로운 공정, 연구 결과, reverse engineering, 그리고 공정 개선 등에 대한 사항들이 전시, 발표되었다. 또한 제품 공급업체들을 위한 연단에서는 3D Systems, Cubital, DTM, Helisys, Sanders Prototype, Stratasys, Soligen와 같은 업체들의 고위 경영자들이 앞으로의 사업 계획들을 발표하였다.

전시기간 동안 BPM Technologies사를 제외한 미국의 모든 RP기기 공급업체들이 제품을 전시하였다. 이는 BPM Technologies사가 여타 RP기기들과는 다른 퍼스널 모델러로서의 위치를 확고히 하기 위한 것으로 풀이된다. 한편 새로이 회사를 설립한 업체인 AAROFLEX사 Kinergy사 등이 전시에 참가하였는데, AAROFLEX사에서는 듀퐁의 고체 형상화 기술(solid-imagining technology)을 바탕으로 한 stereolithography 장비를, 싱가포르에 본사를 둔 Kinergy라는 회사에서는 Helisys사의 LOM장비와 유사한 장비들을 각각 전시하였다. 그 이외에 service bureaus, 재료 공급업체, 주조공장, 디지털화 서비스 관련업체, reverse engineering과 연관된 소프트웨어 및 장비업체, 그리고 RP에서 사용하기 위한 CAD 및 STL 파일을 만들거나 수정할 수 있는 프로그램 공급업체 등도 참가하였다.

◎ Participant profile

현재 RP 산업의 성공 요인으로는 세계적인 경쟁상황과 더불어 솔리드 모델링 CAD 소프트웨어의 사용 증가율을 들 수 있다. SME의 고문인 Terry Wohlers는 지난 수년간 SME가 추최하는 RP와 관련된 행사를 주최할 때마다 행사의 개최기간에 참여한 사람들을 대상으로 CAD 모델러의 사용여부를 조사하였다. 과거에는 CAD 모델러 사용자수가 적었던 것에 비하여 올해에는 참가자의 90%가 CAD 모

델러를 사용하고 있다고 대답하였다. 또한 Wohlers는 거의 혹은 모든 작업에 CAD 모델러를 사용하는 사용자에게 대하여도 조사하였는데 이때의 응답은 50%로 상대적으로 비율이 낮기는해도 여전히 높은 수치를 알 수 있다.

◎ Tooling applications

올 해의 전시회에서는 RP모델을 정밀주조(investment casting)에 적용하는 방법에 대한 발표들이 있었다.

미해군 항공무기 센터의 Todd Stahlhut는 3D System사의 QuickCast 시스템을 사용하여 정밀주조 패턴을 만들 때 최선의 결과를 내기 위한 기술에 대하여 발표하였다.

올해에는 새로이 DTM사가 Sinterstation에서 금속제의 사출성형 삽입물을 제작하는 RapidTool이라는 공정에 대하여 발표하였다('95년 9월 RP Report 참조). Louisville 대학교의 Tim Gomet, Plynetics의 Frost Prioleu, 그리고 Sunstand Corporation의 Richard Gee 등이 RapidTool에 대한 초기의 경험들에 대하여 발표하였다. Gomet에 따르면 Louisville대의 연구진이 용침(infiltration)과정 전에 중간 부품(green parts)을 사포질한 후 솔질을 하여 계단 무늬층을 없애면 RapidTool 공정으로 생산된 제품의 표면 마무리를 향상시킬 수 있었다고 한다. 또한 Gomet은 구리의 비율을 높게 하여 RapidTool 부품을 용침하게 되면 부품의 표면에 니켈을 얇고 균일하게 도금할 수 있어 표면의 강도와 마무리가 개선된다고 하였다.

영국에 위치한 Nottingham 대학교의 Phill Dickens는 Michigan 주의 Rosebell에 있는 Simco Industry 및 Ford Motor Company의 Utica 지부와 함께 수행한 알루미늄 박판으로 저품 주형의(foam-molding) 틀을 만드는 프로젝트에 대하여 소개하였다. Dickens의 연구원들은 여덟 개의 구멍이 있는 커다란 주형을 만들어 이를 lost-foam 주조 작업에서 필요한 foam 패턴을 폴리스틸렌으로 사출성형하는 기술을 사용하였다. 우선 Simco사는 AutoCAD 곡면 모델러로 주형의 양쪽 반을 모델링한 다음 이 곡면 모델로부터 845개의 단면을 구하여 이들을 각기 다른 DXF 파일로 저장하였다. 그 다음 단면을 저장한 DXF 파일들을 이용하여 0.9 mm 두께의 알루미늄 박판을 레이저로 절단하였다. 곡면 모델에 반영된 냉각 채널 또한 박판

절단시에 함께 절단되었다. 절단된 박판은 나사로 집합한 후 주형의 구멍에 윤을낸다.

Dickens는 주형의 초기 시험 작동후 Ford사에서 이 주형을 이용하여 재래식 방법으로 52,000개의 foam 패턴을 생산하였으며 SME에서의 전사를 마친 후 Ford사로 가지고 가서 이 주형을 다시 생산에 이용할 것이라고 밝혔다. Dickens는 이번의 실험프로젝트가 처음이었음에도 불구하고 주형을 생산하는데 드는 비용을 줄일 수 있었으며, 이 방법이 foam-molding 틀을 만드는데 드는 시간과 비용을 크게 절감할 수 있는 잠재력을 지닌 기술이라고 말한다.

MIT의 Eli Sachs는 MIT의 3차원 인쇄기술을 응용하여 금속으로 사출주형을 만들 수 있는 기술을 발표하였다. 이 시스템에서는 금속 분말층 위에 접착제를 선택적으로 분사하기 위하여 잉크젯 프린터헤드를 사용한다. 이 시스템에서 주형을 성형한 다음 이를 가열하여 접착제를 제거한다. 접착제를 제거한 다음 DTM사의 RapidTool 공정과 같이 용침을 하게 되면 구리가 금속입자 사이의 공간을 메꾸어 준다. 이 공정은 주형을 만들 때 냉각채널을 반영할 수가 있어서 냉각채널과 주형구멍의 형상을 일치시킬 수 있는 장점이 있다. 대개 냉각채널은 주형을 완성한 다음에 드릴로 구멍을 뚫어서 만들며 냉각채널을 주형구멍과 일치시켜서 만들면 사출주형 작업시 좀더 균일하게 열을 방출할 수 있다. Sachs는 이 기술의 상업화를 위한 협상을 진행하고 있다고 한다.

◎ Office modelers

현재 사무실 환경에서 사용이 가능하며 가격이 \$10만 이하인 소형 RP 시스템을 공급하는 업체는 3D Systems, Stratasys, Sanders Prototype, 그리고 BPM Technologies 등의 4군데가 있다. 이번 전시회에서는 이들 회사들의 대표들이 참여하여 소형 RP 장비에 대하여 서로의 제품을 비교하였다. 3D Systems의 Actua와 Stratasys의 Genesis는 둘 다 부품의 정밀도와 내구성 대신에 부품의 성형속도와 사용의 편의성에 중점을 두어 만든 장비들이다. 한편, Sanders Prototypes사는 한 층을 0.002인치의 얇은 두께로 부품을 성형할 수 있는 자사 시스템의 정밀도를 강조한다. 그러나 이 시스템은 다른 업체의 장비들과 비교할 때에 속도면에서는 크게 뒤떨어진다. 작년 가을의 AUTOFACT에서 상업용으로 발표된 BPM Personal Modeler는 이번

도 전시되었다(95년 RP Report 참조).

각 업체의 장비에서의 부품성형 시간을 비교해보기 위해 지름이 약 5인치이고 높이가 6인치인 가운데에 구멍이 뚫린 부품을 성형할 때에 소요되는 시간을 조사해본 결과, 3Dsystems사의 Actua를 사용하는 Ford사가 약 28시간이, Stratasys사의 Genesis를 사용하는 Laserform사의 Dave Tait는 약 26시간이 소요된다고 하였다. BPM사의 Roger Urban은 이들 장비들보다는 약간 더 오래걸릴 것이라는 말로 대답을 회피하려 하였다. 그리고 Sanders사의 영업부 부회장인 Dan McIntyre는 성형시간이 약 40시간정도 걸리긴 하지만 그렇게 큰 제품은 자사의 시스템에서 성형할 일이 없을 것이라고 하였다.

그러나 지금까지 소개한 장비들 중에서 3D사와 Stratasys사의 장비들이 28시간과 26시간으로 다른 장비들에 비해서는 성형시간이 적게 소요되기는 하나 이들이 설계 개념을 확인하기 위한 컨셉트 모델러로서 자리메김하기에는 성형시간이 너무 오래 걸리는 듯하다.

◎ DTM

DTM사의 영업부 부회장인 Tom Lee는 자사의 Sinterstation에서 모래주조 주형을 직접 성형할 수 있는 재료를 곧 발표할 것이라고 하였다. 또한 DTM사는 RapidTool에서와는 달리 소결과 용침 과정이 필요 없는 제한된 수명의 사출주형을 만들기 위해 비금속 재료를 개발하고 있다.

◎ Cubital

Cubital의 영업부 부회장인 Curtis Peel은 Cubital 사 시스템의 정밀도를 크게 향상시킬 수 있는 에폭시 수지와 성형된 부품으로부터 왁스를 빠르게 제거할 수 있는 왁스 제거제를 새로이 소개할 것이라고 하였다. 현재 Cubital사의 장비는 안정성과 기계적인 물성치가 향상된 새로운 아크릴계의 광경화성 수지를 사용하고 있으며, 부품의 성형 과정에서 밀링 과정에서 발생하는 칩이 photo-mask위에 떨어지는 것을 방지하기 위해 chip-stopper라는 장치가 탑재되어 있다.

◎ Helisys

Helisys사의 회장 Michael Feygin은 자사가 곧 LOM-2030 RP 시스템의 업그레이드된 모델을 출시

할 것이라고 밝혔다. 이 기계에는 새로운 서보모터 구동방식의 X/Y 위치이동 시스템, 정밀도와 표면마 무리가 개선된 보다 나은 프로그램, 새로운 방식의 적층방법, 공정 제어 및 피드백을 위한 센서 등이 사용되었다. LOM측은 부품의 성형시간을 단축시키기 위하여 두꺼운 재료를 사용하거나 플라스틱이나 복합재료를 사용하여 부품을 성형하는 것 등에 관하여 연구를 수행하고 있다.

◎ Sanders Prototype

Sanders Prototype사는 ModelWork 3.1이라는 프로그램을 새로운 소프트웨어를 선보였다. 이 프로그램을 사용하면 ModelMaker와의 인터페이스가 가능하며 부품의 성형 속도가 10배 가량 빨라지고, 또한 한 층의 성형 두께를 0.0005에서 0.005인치 사이의 두께로 부품을 성형할 수가 있다. 그 외에 이 프로그램은 부품에 대한 STL 뷰잉기능, 부품의 성형방향 및 크기결정, 자동 지지대 생성, 성형시간 예측 등의 기능이 있다.

◎ Research update

RP 산업의 가장 큰 특징은 2차 가공이 필요없이 직접 금속 부품을 만들어 내는 데에 있다. Sandia 국립연구소의 Dave Keicher는 레이저를 이용한 그물망 성형(laser engineered net shaping; LENS)이라는 신 기술을 발표하였다. Keicher는 앞으로 이 시스템이 금속부품을 만들거나 바다와 같이 기존의 방법으로 금속부품을 수리하기에는 부적합하거나 불가능한 장소에서 이용될 것이라 말했다. 이 시스템은 금속 표면을 녹일 때 Nd:YAG 레이저를 사용하며 이와 동시에 녹인 금속의 표면에 노즐을 통하여 금속분말을 공급한다. 이 시스템에서는 레이저가 가하여지는 금속판을 움직여서 새로운 금속으로 선을 그을 수 있다. Sandia 시스템에서는 한 층의 금속분말이 도포된 후 레이저를 한층의 높이만큼 높여서 다음층의 분말을 도포한다. 지금까지 Sandia 시스템에서는 316 스테인레스 스틸을 이용하여 작은 부품을 만들 수가 있었다. Keicher는 도포된 금속분말에 대하여 연구한 결과 부품의 층의 단면에서 입자가 성장하는 것을 관찰할 수 있었다고 한다. 이 때문에 이 방법으로 부품을 성형하려면 금속판과 성질이 비슷한 금속분말을 사용하여야 한다.

◎ Resins

Stereolithography 수지는 꾸준히 성능이 향상되어 왔다. 근래에 와서 에폭시 수지는 우수한 정밀도로 인하여 유명해졌다. 그러나 에폭시 수지는 아크릴 수지에 비하여 성형속도가 다소 떨어진다. DuPont사는 다른 에폭시 수지에 비해 성형속도가 두 배는 빠른 새로운 에폭시 수지를 발표할 것이라고 한다. Somos6110으로 명명된 이 수지는 3D Systems사의 SLA-250s에서 사용하는 헬륨-카드늄(HeCd)레이저를 사용하여 부품을 성형할 수 있다. 이 수지의 값은 1킬로그램당 \$187.5이다.

5. Industry Watch

◎ Market estimates

Wohlers Associate의 Terry Wohlers가 발표한 올해의 RP산업 현황에 대한 발표를 시작으로 SME RP 컨퍼런스가 시작되었다. Wohlers는 Rapid Prototyping Association의 설립에 관여한 주요 인물이며 매년 SME의 봄철 컨퍼런스의 계획안을 맡아왔다.

Wohlers는 RP 장비 및 재료와 서비스로 구성된 1차 시장(primary market)규모가 1995년에 약 \$295,000,000로 이는 이전 해에 비하여 49% 증가된 것이라고 하였다(Fig. 1 참조). 그에 따르면 1차시장에는 RP 장비와 성형재료 및 유지관리계약, 장비사용교육, 기술자문, 그리고 RP와 연관된 후처리장비(curing oven이나 honey extractor) 등과 관련된 업종이 포함된다고 한다. RP 서비스업체(serice bureau)에서 생산된 RP 부품이 1차시장에 포함되는 반면 NC 밀링이나, 실리콘-고무주형, 부품을 복사한 것 등은 이에 포함되지 않는다. 이와 같이 RP 부품의 가공, 주조, 부품복사 등의 2차시장에 관련된 업종의 규모가 1995년의 한해에 대해 \$176,000,000로 1차와 2차시장 규모의 총합은 \$471,000,000정도로 추산한다.

Wohlers에 따르면 RP 장비 및 재료의 판매가 1994년과 1995년에 각각 59%가 증가하였고, RP 산업의 서비스분야 중에서 RP 부품 생산에 관련된 서비스업이 꾸준히 발전하고 있다. 실제로 Wohlers가 제시한 바에 따르면 RP 서비스업이 장비 및 재료에 관련된 업종을 앞지르고 있으며 Wohlers는 이러한 추세가 계속 될 것이라고 전망한다(Fig. 2 참조).

Wohlers가 Detroit에 위치한 RP 서비스업체인

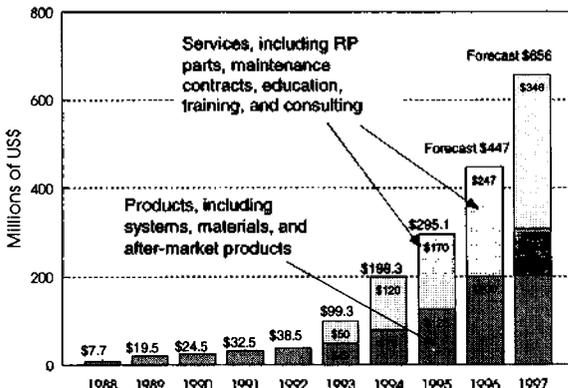


Fig. 1. Wohlers predicts that the worldwide market for rapid prototyping will reach \$656 million by 1997 (Figures courtesy of Wohlers Association).

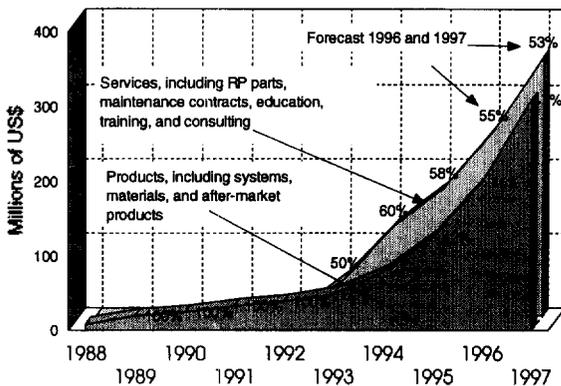


Fig. 2. Unit sales of rapid prototyping systems should increase as lower-priced systems enter the market (Figures courtesy of Wohlers Association).

Laserform의 Dave Tait와 함께 연구한 바에 따르면 1995년에 세계의 RP 서비스 업체로부터 생산된 RP 부품을 금액으로 환산하면 약 \$135,000,000 정도로 이는 1994년에 비하여 약 43% 증가한 것이다.

그는 CAD를 이용한 모델링, 부품복사, 사출주형과 주물 등과 같은 RP 부품생산의 보조업종의 규모가 1995년에 \$176,000,000 이상이며 이들 서비스 업체와 관련된 업종의 총 규모는 \$311,000,000 정도로 추산하였다.

6. Cybernews

◎ Rapid Prototyping Report Web-site

Rapid Prototyping Report와 Computer Aided Report를 출간하고 있는 CAD/CAM Publishing에서 <http://www.cadcamnet.com/circ>라는 주소로 Web site를 갖게 되었다. 이 site에서는 CAD/CAM Publishing을 통하여 구입할 수 있는 소식지와 서적 및 업계의 리포트등의 내용 소개와 구독에 관한 정보등을 구할 수 있다. 또한 이 Web site에는 지난 3년간의 Rapid Prototyping Report를 내용과 목록을 게재하여 원하는 내용을 구독할 수 있게끔 하였다.

«RP Report Vol. 6, No. 5, May 1996»

7. Market Update

◎ Rapid prototyping in Japan

일본은 Hideo Kodama가 stereolithography에 대한 일본 최초의 특허를 따낸 1980년경부터 RP에 대하여 이미 연구를 하고 있었으나, 그 이후의 RP에 대한 상업화는 미국에 비하여 훨씬 느린 속도로 진행되었다. 일본 최초의 RP 장비는 1988년에 Computer Modeling and Engineering Technology, Inc(CMET)에 의하여 생산되었다. 1994년말 CMET는 여전히 일본 RP업계의 정상으로서 총 54대를 판매한 반면, 똑같이 1988년에 설립한 3D Systems은 같은 기간동안 거의 500대의 SLA 장비를 판매하였다.

동경대의 산업과학연구소 교수인 Takeo Nakagawa 박사는 일본에서 RP장비의 상업화가 미진했던 이유는 심각한 경기침체 및 제조업 분야의 회사에서 3차원 CAD(특히 솔리드 모델러)시스템의 사용을 기피했것 등이 원인이라고 지적한다. 그러나 최근에 들어서 일본의 전자업계와 자동차 회사에서의 솔리드모델링 시스템의 사용이 증가하면서 RP 시스템의 판매도 늘어나고 있는 추세이다.

◎ 1995 a banner year

1995년은 일본의 RP 업계에 있어서 전환기에 해당한다. Nakagawa에 따르면 일본내의 모든 RP 장비 판매업자들의 판매가 전년에 비해 배로 늘었다고 한다. 이들 판매 회사에는 3D Systems, Stratasys, Helisys 등의 미국 회사들도 포함된다(Fig. 3 참조). 95년도 판매량은 94년에 비해서 stereolithography 시스템은 150%, Helisys와 Kira와 같은 박판형 시스템은

photopolymer resin	CMET	SOUP	2	8	4	14	7	10	9	22	76
	Denken	SLP						3	13	20	36
	3D Systems	SLA	1	1	3	3	4	2	6	10	30
	D-MEC	SCS		2	4	10	7	3	3	1	30
	Teijin Seiki	Solfom				2		1	7	13	23
	Meikoh	Meikoh							6	4	10
	Mitsui	COLAMM				1		1			2
	Cubital	Soldier							1		1
Ushio	Uni-Rapid							1	1	2	
laminated sheets	Helisys	LOM						1	1	12	14
	Kira	Sold Center							5	22	27
extrusion	Stratasys	FDM						1	2	6	9
powder	DTM	Sinterstation								1	1
	Soligen	DSPC								1	1

Fig. 3. Rapid Prototyping systems sold in Japan by vendors (Courtesy of Dr. Takeo Nakagawa, University of Tokyo).

550%의 판매 신장을 각각 기록하였다. Kira는 1994년에 RP 장비를 생산하기 시작한 회사이다. 이 회사의 RP 장비는 복사 기술을 이용하여 종이에 선택적으로 토너를 분사한 다음 이를 레이저가 아닌 칼로 절단하는 방식으로 부품을 성형한다(95년 7월 RP Report 참조).

현재 일본내에는 적어도 8군대의 RP 장비 생산업체가 있는데 이들은 대부분 stereolithography 시스템을 판매하고 있다.

◎ Technology improvements

작년에 일본을 방문한 영국의 조사단에 따르면 일본의 RP 시스템은 상당히 우수한 반면에, 시스템을 구동하는 대부분의 소프트웨어들이 서방측의 회사들에 비해 뒤진다고 한다(95년 10월 RP Report 참조). Nakagawa 박사에 따르면 94년에 일본 통상성(Ministry of International Trade and Industry; MITI)에서 일본의 모든 RP 시스템에 사용할 수 있는 소프트웨어를 개발하기 위한 \$8,000,000 규모의 프로젝트를 발주했다고 한다. 내년 봄에 완성되는 이 소프트웨어로 데이터 교환, 슬라이싱, 에러 수정, 뷰잉, 그리고 STL 파일생성 등의 작업 등을 할 수 있다. 또한 의무성이 발주한 프로젝트에는 stereolithography 시스템용의 보다 저렴한 레이저의 개발도 포함되어 있다고 한다.

◎ Future application

Nakagawa에 의하면 미국이나 유럽과 마찬가지로 일본의 RP 업체들도 RP 기술을 주형 제작에 적용하는 문제에 대하여 연구하고 있다고 한다. 예를 들어 Teijin Seiki에서는 사출주형을 만드는 Teijin Seiki Soliform이라는 stereolithography 장비에 사용할 수 있는 광경화성 수지와 유리의 복합물을 개발하였다고 한다. 이 복합물은 예복시류의 수지를 다량의 분말입자와 혼합한 다음, stereolithography 수지와 비중이 비슷한 유리구슬을 넣어 유동성(fluidity)을 좋게 한다.

또한, Nakagawa는 의료분야에 대한 RP 기술의 적용이 증가하고 있다고 한다. 현재 일본에선 컴퓨터 단층촬영(computer tomography; CT) 및 자기공명영상(magnetic resonance imaging; MRI) 자료를 RP 데이터 형태로 변환하는 소프트웨어가 개발되어 있으며, 여러 service bureau에서 병원들을 상대로 RP 모델을 만들어 주고 있다고 한다. 미국의 경우와 마찬가지로 일본에서 의료분야에서의 RP의 발전은 의료보험 회사가 RP 모델에 대해 보험 수가를 지불하는가에 달려있다.

◎ More information

동경대는 최근에 월드와이드웹의 RP 사이트를 개설하였다. 누구든지 이 사이트에 접속하여 인터넷

메일 리스트에 오를 수 있다. 이 사이트의 주소는 <http://nak.iis.u-tokyo.ac.jp/rpjp>이다. 거의 모든 사이트가 영어와 일어 모두로 표기되어 있다.

8. CAD Notes

◎ Intergraph's Solid Edge - ready or not?

작년에 Intel 계열의 개인용 컴퓨터에서 사용할 수 있는 Microsoft의 Windows용 솔리드모델링 CAD 프로그램들 다섯가지 정도 소개한 바 있다. 이 CAD 프로그램들은 중간 정도의 가격에 판매되고 있어서 앞으로 솔리드모델링 작업이 중소기업으로도 확대될 것으로 예상된다. 또한 AutoCAD와 같은 2차원 모델러를 3차원화 하는 과정에서 RP에 대한 요구도 상당히 늘어날 것으로 기대된다. 최근에 Intergraph사의 Solid Edge라는 Windows용 솔리드모델링 프로그램을 사용할 기회가 있었다. 가격은 \$5,995로써 SolidWorks 가격의 2배이상, TriSpectives 가격의 10배 이상이고, Pro/Tr.보다도 \$1,000이 비싸지만 Pro/Engineer나 Unigraphics 등 워크스테이션용 프로그램들에 비해서는 훨씬 저렴하다. Solid Edge를 조사해 본 결과 지금까지 나온 Windows용 솔리드모델링 프로그램중에서 Windows 환경에 가장 잘 적용된 프로그램이다. Windows용 워드프로세서나 그림틀 등에 익숙하기만 하다면 부품 모델의 호출, 팬(pan)기능, 확대 기능, 뷰잉옵션 설정, 화면 출력, 저장, 새 이름으로 저장하는 것 등의 초보적인 작업은 쉽게 익힐 수 있다. 따라서 Pro/Engineer를 사용했던 사람만이 친숙함을 느낄 수 있는 Pro/Tr.에 비하여 소프트웨어를 익히기가 훨씬 쉽다.

◎ Modeling limitation

Solid Edge를 검토한 결과 사용법은 그리 어렵지 않았으나 RP와 관련된 작업을 할 때는 문제점이 발생하였다. 예를 들면 어떤 형상에 대해서는 필렛과 블렌딩이 되지 않고, 경로를 따라 단면을 스윙핑하는 기능이 없고, 자유곡면을 이용하여 솔리드모델링을 할 수 없었다.

◎ STL problems

다른 CAD 프로그램들과는 달리 Intergraph사의 프로그램은 올바른 접근 방법에 의해 STL 파일을 생

성하고 있는 것으로 보인다. Solid Edge에서는 옵션 화면을 띄워 작업모델을 STL 파일 형태로 저장할 수 있다. 이 때 ASCII나 binary STL 형태중의 하나의 형식을, 또한 변환 허용오차(dialogue box에는 CHODAL DEVIATION으로 표기됨)의 단위로 인치나 밀리미터중의 하나를 선택하면 된다. 따라서 단순히 삼각형의 크기를 더 작거나(finer) 크게(coarser) 조절하는 두가지 방법중 하나만 선택하여 허용오차를 조절하고 또한 렌더링 기능을 사용해서 STL 파일을 생성할 수 있는 SolidWorks에 비하여 훨씬 우수함을 알 수 있다.

그러나 STL 뷰잉 소프트웨어인 Solid Concept의 SolidView를 사용하여 Solid Edge로 생성한 STL 파일을 보았을 때 필렛한 곡면 부분에서 삼각형 모양으로 불규칙하게 움푹 패이는 문제점도 발견되었다. 많은 CAD 시스템이 STL 파일 변환 기능에 문제가 있는 반면 IGES 파일을 STL 파일로 변환하는 전문 소프트웨어는 많이 있다. 실제 전문가들은 IGES파일을 만들어 STL 파일로 변환하는 방법을 선호한다고 한다('96 4월 RP Report 참조). 그러나 현재 시판되고 있는 Solid Edge는 IGES파일 형태로 저장할 수 있는 기능을 포함하지 않으므로 IGES 파일을 생성하기 위해서는 Solid Edge와 호환되는 프로그램을 이용하여야 한다. 앞으로는 Solid Edge에서도 IGES 파일 형태로 저장할 수 있는 기능을 추가할 것으로 보인다. 따라서 만일 RP작업을 하려고 한다면 IGES 파일 형태로 저장할 수 있는 기능이 추가된 다음 구입할 것을 권한다. Solid Edge의 보다 자세한 내용은 RP Report의 자매지인 CAD Report의 '96년 6월호를 참조하기 바란다.

«RP Report Vol. 6, No. 6, June 1996»

9. New Equipment

◎ DTM announces Sinterstation 2500

DTM사의 Sinterstation 2000의 개량형으로 Sinterstation 2500이 새로 발표되었다. 이 새로운 기계의 작업 공간은 330×380×430으로 대략 Sinterstation 2000의 작업 공간의 두 배에 해당하여 더욱 향상된 작업 효율을 기대할 수 있다고 한다. 이 기계는 또한 새로운 Polaris 빔 주사 모듈을 채택하여 작업 속

도와 정밀도를 더욱 향상시켰다고 한다.

레이저를 사용하는 데 있어 DTM 사 뿐만 아니라 많은 RP 업체들이 경험해온 문제점의 하나는 레이저의 주사 각도의 변화에 따라 표적을 표면에서의 레이저 열 영향 부위가 타원으로 일그러지고 성형물의 크기가 크면 클수록 그 일그러짐은 커져서 정밀도에 나쁜 영향을 미친다는 것이다. 금번 DTM사가 새로 개발한 방법은 CO₂ 레이저를 Z축 방향으로 연속적으로 촛점을 맞추도록 하는 것으로써, 성형물의 중앙에서는 물론 외곽의 모서리 부분에서도 레이저의 촛점이 잘 맞도록 하여 큰 물체의 성형에서도 우수한 정밀도를 보장하도록 하였다고 한다. 이 새로운 Polaris 시스템의 또 다른 특징은 vector bloom 현상을 제거하는 회로의 채택에 있다고 한다. Vector bloom 현상이란 레이저의 주사 방향이 바뀔 때는 일반적으로 레이저의 주사 속도가 감소되었다가 다시 일정 속도에 이르게 되는데 이때 목표물이 국부적으로 과열되어 정밀도가 저하되는 문제가 발생하는 것을 말한다. Polaris 시스템에서는 레이저의 에너지가 주사 속도에 따라 조절되기 때문에 일정한 정밀도가 유지될 수 있다고 한다. 또한, Sinterstation 2500에서는 현재의 작업 layer 뿐만 아니라 다음 작업 layer의 NC 데이터도 미리 준비되도록 하여서 작업 시간을 더욱 단축할 수 있도록 하였다고 한다.

Sinterstation 2500의 가격은 Sinterstation 2000 보다 대략 \$100,000 비싼 \$399,000으로 책정되어 올해 4/4 분기중 출하될 계획이다. 기존의 Sinterstation 2000을 Sinterstation 2500으로 업그레이드할 수 있는 장비들은 1997년 상반기에 선보일 것이라 한다 (<http://www.dtm-corp.com>).

10. Software News

◎ Stratays ships QuickSlice for Windows NT

Stratays 사는 자사의 FDM 시스템(fused deposition modeling system)을 위한 QuickSlice 2.0을 마이크로 소프트사의 Windows NT 용으로 출시하고 있다. Stratays사의 사장 S. Crump에 따르면 Windows NT 용 QuickSlice 2.0의 출시를 통해 Stratays 제품의 PC 용 CAD 시장 공략이 더욱 유리할 것으로 기대된다고 한다. 물론 QuickSlice 2.0은 Silicon Graphics, Hewlett-Packard, Sun Microsystems 등과 같은 Unix 기반의 위

크스태이션에서도 작동된다(e-mail: info@stratays.com).

«RP Report Vol. 6, No. 7, July 1996»

11. New Technology

◎ Conveyed-adherent™ autofab

LA 소재 Ennex Fabrication Technologies사의 Marshall Burns는 새로운 RP 기술을 선보였다. 그는 RP 관련 컨설턴트로 잘 알려져 있고, 1993년 Prentice Hall에서 출간된 *Automated Fabrication-Improving Productivity in Manufacturing*의 저자이기도 하다. 그는 Conveyed-adherent™ 제작법이라 불리는 이 새 기술과 Genie™이라는 기계에 대하여 미국 특허를 획득하였고, 일부는 특허 출원 중이라 한다. 많은 RP 기술이 point-by-point 방식의 고형화 공정을 채택하고 있는데 반하여, Genie에서는 Helisys의 LOM(laminated object manufacturing)에서 볼 수 있듯이 sheet 형 소재를 사용한다. 그러나, LOM에서는 sheet 형 소재를 먼저 각 layer 별로 접착시킨 후 물체 윤곽선을 따라 이를 잘라내어 사용하는데 반하여, Burns가 개발한 방법에서는 이 소재를 먼저 각 layer 별로 윤곽선을 따라 절단한 후 이를 적절한 방법에 의해 적층시키고 있다(Fig. 4 참조).

Genie™에서는 Sheet 형 소재로 현재는 스티커 등에서 보통 볼 수 있는 두께 0.076 mm의 한 면이 종이 접착된 비닐용지를 사용하고 있다. 소재의 절단은 plotter로 구동되는 칼날을 이용하지만 비닐과 종이를 한꺼번에 모두 절단하는 것이 아니라 위에 붙은 비닐

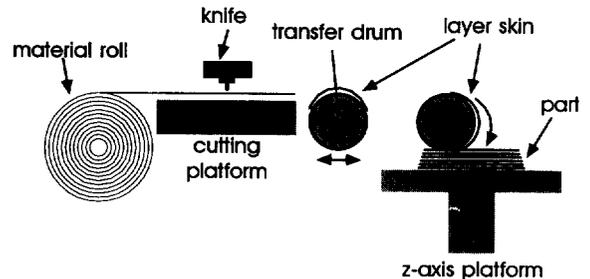


Fig. 4. The Genie first cuts sheets of adhesive-backed vinyl and then assembles the cut sheets to build a part.

만 윤곽선을 따라 절단한다. 그 뒤에 일정 길이로 sheet가 소재가 감겨져 있는 roll로부터 절단되고 이는 다시 회전 드럼을 거쳐 성형대로 이송된다. 이렇게 이송된 절단 소재는 성형물의 상단에 접촉되고 이때 비닐 뒷면에 붙어 있던 종이 회전 드럼에 의해 자동으로 분리된다. 이때 물체 성형에 불필요한 부분의 비닐은 종이와 함께 제거되어 후처리가 크게 줄어든다. 이러한 방식의 접촉-적층 때문에 종이 접촉되었던 비닐면이 위를 향하게 되어 다음 layer의 비닐과 접촉할 수 있게 된다.

Genie™ 시스템에서는 레이저 대신에 칼날을 이용하여 소재를 절단하기 때문에 기계의 원가 및 유지비가 저렴한 잇점이 있다. 또한 소재로 사용되는 비닐도 여러 색상을 쉽게 사용할 수 있어 다양한 용도로 사용이 가능할 것으로 기대된다고 한다. 현재는 비닐을 주요 소재로 사용하고 있으나 비닐 대신에 유연성이 있는 소재이면서 접착제를 적용시킬 수 있는 소재이면 어떠한 것이라도 가능할 것으로 기대되어 이에 대한 여러가지 연구가 진행되고 있다고 한다.

향후 실물 크기의 시작 시스템을 위해서는 기존의 point-by-point 방식의 RP 시스템으로는 너무 시간이 오래 걸려 구현이 불가능하지만 Genie 시스템이 채택하고 있는 방법은 잠재적인 가능성이 있는 것으로 자체 평가하고 있다(e-mail: autofab@ennex.com).

«RP Report Vol. 6, No. 8, August 1996»

12. Rapid Prototyping Helps Scientists to Visualize Data

캘리포니아 대학의 샌디애고 슈퍼컴퓨터 센터(SDSC)의 가상화 연구실의 Marshall Bailey는 아무리 좋은 프로그램을 이용하여 어떤 자료를 가상화시켜 놓아도 많은 과학자들에게는 컴퓨터 화면상에 나타난 3차원 자료의 해독이 용이한 일이 아님을 발견하였다. 그는 RP가 자료의 가상화에 도움이 될 수 있지 않겠나 하는 생각을 하게 되었다.

일년전 SDSC는 Helisys의 LOM-1015 시스템을 구입하게 되었고, Bailey는 이를 이용하여 샌디애고 Tele-Manufacturing Center(TMF)을 설립하였다. 그가 Helisys의 LOM 시스템을 선택하게 된 이유는 LOM

성형물은 마치 나무처럼 여러가지 방법으로 가공-변형이 용이하고 인체에 거의 무해하다는데 있었다고 한다.

TMF는 설립 이래로 모든 학문 분야의 과학자들에게 개방되어 데이터 가상화를 위해 운용되어온 미국 내의 유일한 RP 시스템이 되었다. 그리고 Bailey는 Internet을 통한 시스템 서비스를 위해 적극적으로 일하고 있다. 그에 따르면 과학자들은 TMF의 World Wide Web page를 통해 파일들을 전송할 수 있다. 그러면 TMF가 자체적으로 개발한 프로그램이 STL 파일들을 체크하고 에러를 수정한 뒤 이 파일들을 TMF의 LOM 장비로 보낸다. TMF에서는 두 대의 카메라도 설치하여 원격지 사용자(자료의 가상화를 의뢰한 과학자)도 짧게는 30초, 길게는 하루 밤 정도의 간격으로 개선되는 TMF의 Web page를 통해 자신이 의뢰한 RP 작업의 진척사항을 카메라 영상으로 점검할 수 있게 하였다. TMF의 RP를 이용한 자료 가상화 작업은 현재까지는 매우 성공적이라 할 수 있다. 다음은 Bailey가 소개하는 몇가지 성공 사례이다.

초창기의 작업의 하나로 실물의 약 2000배 확대된 단백질 분자구조 모델의 RP를 통한 가상화 작업은 단백질 사슬(chain)을 구성하기 위하여 단백질들이 서로 어떻게 결합할 것인가를 결정하는 데 있어 매우 유용한 정보를 제공한 것으로 평가되었다 한다. 기존의 컴퓨터 시뮬레이션으로 이러한 문제를 해결하기 위해서는 사실 매우 많은 시간과 경비를 투여해야 했다고 한다.

샌디애고 만(bay)의 연안 해저지형 측정자료를 가상화한 LOM 모델을 통해서 해양학자들은 그동안 알려져 있지 않았던 커다란 해저 모래 사구가 샌디애고 만 외해(外海)에 존재한다는 것을 발견하기도 하였다.

금성에 대한 레이더 자료를 토대로 LOM으로 재구성된 금성의 지표면 모델로부터, 과학자들은 판이동설(plate movement theory)로 설명될 수 있는 깊은 협곡과 매우 유사한 지형이 금성에도 존재함을 발견하게 되어 금성의 지각도 지구 지각이 움직이는 것과 비슷한 운동을 하고 있다는 결론을 내릴 수 있었다.

Bailey에 의하면, RP 기법에 의한 과학 자료의 가상화 방법은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 자료 가상화와는 또다른 방법과 깊이로 과학자들의 연구를 돕는

유용한 도구가 될 것으로 기대된다(<http://www.sdsc.edu/tmf/>).

13. Just Published

◎ Autofab in Japan

RP 업계의 최신 정보를 하나도 빠짐없이 챙기기란 여간 어려운 일이 아니다. 미국이나 유럽에서의 이 분야의 동향은 여러 학술행사나 전시회 등을 통해서 어느정도 확보가 가능하다. 그러나 아시아 특히 일본에서의 RP 업계 및 연구 투자 동향에 대하여는 그동안 별로 알려진 것이 없었다.

최근, Ennex Fabrication Technologies 사의 사장인 Marshall Burns(GenieTM의 발명자)는 일본 내의 RP 동향 파악을 위해서 일본을 방문하여 수집한 정보를

정리하여 Fabrication in Japan이라는 보고서를 출간하였다. \$195로 구입이 가능한 그의 보고서는 30쪽에 달하는데 일본에서 활동 중인 많은 RP 연구진에 대한 요약과, 미국과 일본의 RP 업계의 비교, 일본의 RP 업계의 향후 전망 등이 잘 소개되어 있다(e-mail: autofab@ennex.com).

«RP Report Vol. 6, No. 9, September 1996»

본 기사는 금오공과대학교의 박종천 편집위원, 제주대학교의 조경호 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