

# Rapid Prototyping에 관한 소식

## 1. RP 기술의 응용사례

### 1.1. Direct Metal Tooling used to MPH (Mobile Parts Hospital)

미국에서는 최근 MPH(Mobile Parts Hospital)라는 모바일 병기창 프로그램을 새로 개발하고 이를 운영하기 위한 기본 하드웨어 장비로서 DMT(Direct Metal Tooling) 시스템을 채택하여 활용하고 있다(<http://www.mobilepartshospital.com>). 이는 후방에서 원거리에 위치한 전방에서 군사작전을 펼칠 때 긴급으로 보수가 필요한 군용부품들을 후방본부의 지원 및 보급에 의존하지 않고 현지에서 직접 보수 및 제작함을 목적으로 계획되었으며 現代戰을 주도하는 대표적인 시스템이다. 이 신개념의 모바일시스템에서는 보수에 필요한 형상자료들의 도면들을 모두 보관하지 않고 필요 시에만 인공위성을 통해서 다운받도록 하고 있으며 이것이 불가능한 상황 하에서도 보수할 부품파트를 직접 3차원 레이저 스캐너로 읽어 들이도록 하여 자료입수가 항상 가능하도록 계획되어 있다. 이는 원거리 군사작전을 운용할 때 최우선으로 고려되어야 할 시간적 공간적인 제약을 뛰어넘기 위한 것으로 결국 이러한 시스템 체계에서는 인공위성에서 내려받은 디지털형상자료로부터 곧바로 실형상을 직접 제작할 수 있는 DMT 장비의 역할이 필수적일 수 밖에 없다.

DMT란 컴퓨터에 저장된 3차원 디지털 형상데이터를 레이저를 이용하여 곧바로 금형이나 첨단소재부품의 실형상으로 제작해 내는 것으로 '기계와 재료, 그리고 전자' 3분야에서의 핵심기술이 효율적으로 결합되고 고도의 정밀제어가 뒷받침 되어야만 비로소 구현이 가능한 첨단 신기술로서 우리나라도 미국에 뒤이어 두 번째로 기술개발 및 상용화에 성공한 바 있다. 이 기술은 정량의 미세한 기능성 소재(금속, 합금, 세라믹 등) 분말을 정밀제어에 의해 미리 정의된 3차원 공간상에 注射함과 동시에 이

를 레이저로 순간적으로 용착시키는 반복과정을 통해 수천개의 용착층을 치밀하게 적층하여 그 결과로 디지털 형상데이터와 똑 같이 정밀하게 재현된 3차원 파트 실형상을 제작해 낸다. 일반적으로 군수, 방위산업체 분야에서 사용되는 소재부품들이 고가의 소재를 이용한 난가공 공정인 점을 감안할 때, 이 기술은 레이저가 갖고 있는 특성상 고부가가치 고기능성 소재 부품의 가공 및 제작단계에 제약 없이 적용될 수 있을 뿐만 아니라 꼭 필요한 양 만큼의 분말소재를 적재적소에 사용하여 파트를 성형하는 까닭에 군수, 방위산업체에서 주로 사용되는 고가소재의 낭비를 미연에 방지할 수 있다.

DMT 기술은 이 밖에도 군용 항공기 및 전폭기 엔진의 주요 기계부품인 터빈 블레이드를 신소재를 이용하여 신속하게 제작하고 보수하는 데에 이용되며 특히 육지로부터 원거리에서 운용될 수 밖에 없는 항공모함 등에서 MPH 시스템을 운용할 때 긴요하게 활용되고 있다. 이는 모함내의 무기 및 군수부품의 보수 및 제작에 소요되는 소재분말과 DMT 장비, CAD 및 인공위성 통신시스템만을 탑재하면 모함을 구성하는 모든 소모성 기계부품을 항상 적재해야 하는 부담에서 완전히 탈피할 수 있게 되어 전술한 시간적/공간적인 제한없이 효율적으로 군사작전을 수행하는 것이 가능하기 때문이다. DMT 기술은 수십년간 일반 제조업체의 대표적인 생산기술로 사용되어 온 기존의 절삭기술에 비해 손쉽고 빠르면서도, 제작된 파트의 기계적 성질은 오히려 월등히 우수하다. 또한 절삭공정에서 불가피하게 수반되는 소재재료의 낭비가 전혀 없기 때문에 고가의 금속파트나 금형의 실형상을 환경 친화적으로 제작할 수 있다는 점에서 밀레니엄 시대를 대표하는 혁신적인 미래형 가공기술로서 그동안 비상한 관심을 끌어 왔다. 현재 이 기술의 적극적인 활용이 기대되는 분야는 자동차 및 일반제조업체를 대상으로 한 국내 금형시장이었지만 최근에는 DMT 기술이 갖고 있는 최소성과 고부가가치로 인

한 경제적인 파급도를 감안할 때 치열한 국제적 경쟁이 예상되는 우주항공 및 군수, 방위산업체로의 광범위한 적용이 기대된다.

## 1.2. Rapid Prototyping used to tool military motorcycle

최근 미해군에서는 그간 기술련에 의지하던 군용 모터사이클에 디젤연료를 사용하는 것을 고려하고 있다. 이 연구를 위해 Kawasaki KLR-650 약 500대를 투입하여 엔진교체실험을 수행하였는데 새 엔진의 설계작업은 영국 Cranfield에 있는 Royal Military College of Science에서 맡고 제작은 미 캘리포니아에 위치한 HDT Industries에서 담당하였다. 전체 연구기간이 워낙 촉박하게 짜여진 관계로 HDT사의 설계담당자인 Jerry Marcell은 RP 장비를 이용하여 엔진 모형의 제작을 수행하였다. 우선 미해군 대학연구팀이 넘겨준 2차원 설계도면을 갖고 18개월 안에 양산엔진을 제작하려면 숙련된 기술자 뿐만 아니라 수십만불의 비용도 추가로 들어야 할 판이었다. 따라서 설계도면을 SolidWorks의 3D 모델로 변환하여 이를 이용하여 RP 조형작업을 수행하기로 계획하였다. 이렇게 조형된 파트를(그림 1) 샌드캐스팅용 패턴으로 삼아 실린더 헤드, 엔진 블록, 크랭크케이스를 비롯한 다른 엔진 파트들을 제작하기로 하였다.

제일 힘든 작업은 역시 2차원 도면을 CAD 모델로 변환하는 작업으로 크랭크 케이스만 해도 1,000개 정도의 크고 작은 기하학적 속성과 500개의 서

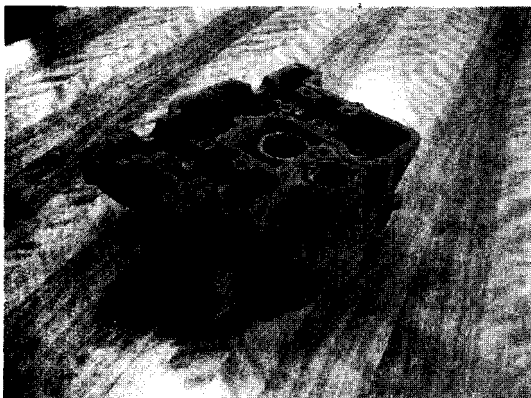


그림 1. Z-402에 의해 제작된 Kawasaki KLR-650 디젤엔진용 샌드캐스팅 마스터패턴

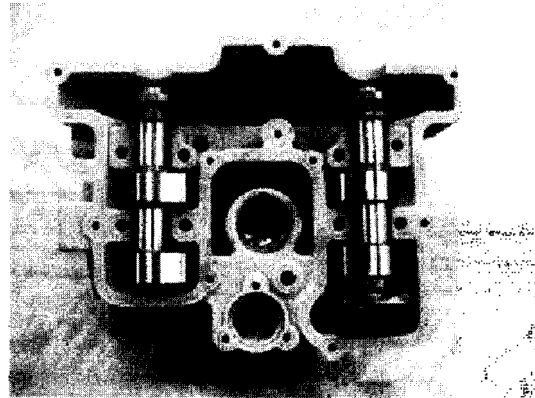


그림 2. 조형된 마스터패턴에 주철캠축을 조립해 본 결과

로 다른 필렛을 갖고 있지만 그나마 크랭크 케이스는 모터사이클을 구성하는 15개의 주요부품 중 하나일 뿐이다.

CAD 모델링 작업이 진행되면서 Marcell은 캘리포니아의 Livemore의 3DQ Concepts사에 RP 조형을 용역을 주어 설계검증을 하도록 하고 3DQ Concepts사에서는 Z402 장비를 사용하여 파트를 조형하였다. 이 조형된 파트를 갖고 HDT사는 다른 캠샤프트와 같은 실제 기계부품들을 조형된 파트에 임시로 조립하여(그림 2) Kawasaki의 모터사이클에 장착하는 실험도 수행하므로 이 때의 초기 조형파트들은 사실 기능성 파트로서 매우 중요한 역할을 담당한다.

통상 Z-402로 만들어진 조형파트들은 그 정밀도가 그리 좋지 못하므로 조립검사와 같은 기능성 시험에는 부적합한 것이 사실이다. 그러나 엔진 블록내는 그 형상피쳐들이 매우 복잡해서 지지대(support structure)를 만들어 주어야 하는 SLA, FDM 장비가 때로는 부적합하며 그런 관점에서 Z-402는 조형 중 지지대가 필요치 않다는 점이 적합한 장비로 선택되었고 무엇보다도 조형비용이 매우 저렴하다는 점, 속도가 매우 빠르다는 점도 장점으로 부각되었다. 3DQ Concepts사에서는 통상 주문용 STL 파일을 받고 나서 36시간 안에 조형된 파트를 납품할 수 있었다. 이 Kawasaki KLR-650 디젤엔진용 조형파트는 알루미늄 캐스팅에 직접 이용된 최초의 RP 조형파트로 기록될 것이다(그림 3).

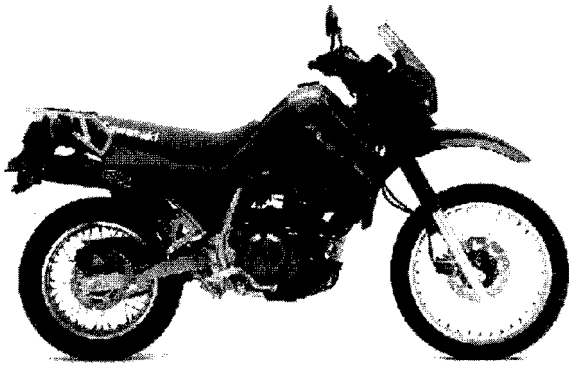


그림 3. 새로 개발된 디젤엔진을 장착한 Kawasaki KLR-650

### 1.3. Direct Metal Tooling used to Injection Molding

주지하다시피 Optomec 사의 LENS 공정은 금속파트를 고출력 레이저로 용융된 풀(Pool)에 금속분말을 녹여 한층씩 조형하는 공정이다. 최근 Optomec 사는 자동차 회사들과의 시범사업으로 LENS 공정을 이용한 두개의 플라스틱 사출금형 성형부에 대한 제작시험을 거쳤다. 이중 한 개는 단순히 동일한 재질의 금형표면형상을 따라가는 냉각수로 덧 붙인 것이고 그리고 나머지는 금형의 성형부를 구리/철의 경사재질합금을 이용하여 성형부의 각 부위의 재질을 다르게 한 것이다. 회사의 수석기술 연구원인 Dave Keicher에 의하면 이 금형성형부의 재질은 H13 공구강이며 전체형상을 실험상을 제작하되 먼저 성형부 형상에 전술한 자유형상 냉각수로 같이 설계된 파트형상을 제작하는 경우와 둘째 냉각수로 형상은 설계하지 않는 대신 성형부를 이에 경사재질로 조성된 합금으로 만드는 경우로 나누어 제작하되 이후 밀링정삭으로 다듬질 작업을 추가하는 것은 동일하다. 실험에 의하면 첫째 경우의 자유형상 냉각수를 장착한 사출금형은 그 냉각주기가 40%가 감소하기 때문에 전체 사출주기를 20%나 감소시키며 이는 통상적인 금형업체의 작업시간으로 환산시 일주일에 약 8시간의 작업시간을 추가적으로 얻게 되는 효과를 갖고 온다고 소개하였다. 다음 두번째 경우인 경사재질 합금으로 만들어진 성형부를 이용한 사출금형은 이보다 냉각 효과가 약간 낮아져서 전체 냉각주기가 약 30%

감소하고 사출주기는 15% 감소하였다고 소개하였다.

이와 같은 실험 결과 자유형상 냉각수로의 효율 가치가 충분히 증명되게 되었으며 이 밖에도 사출 유동해석에 의한 플라스틱 파트의 재질 개선도 기대할 수 있다고 한다. 현재 미국 Rhode Island 대학의 Rapid Manufacturing Center에서는 이에 관계된 사출금형제작 관련 실험(예를 들면 서로 다른 금속재질들의 조합을 이용하여 경사재질합금에 대한 연구)을 진행하고 있다고 한다.

## 2. RP 관련 장비/기술동향

### 2.1. Rapid prototyping outside the U.S.

지난 몇 년 동안 미국에서 RP 장비를 생산하는 업체들이 점차 감소하고 있는 실정이다. Helisys도 문을 닫았고 DTM은 3D Systems에게 합병되었다. 10여개에 달하던 미국내 장비회사는 이제 대형장비 분야에서는 3D Systems와 Stratasys로 양분되었고 컨셉트 모델러 시장에서는 Z Corporation 만이 독주하고 있다. 이제는 과거에 미국 특허와 법률로 진출이 금지되었던 외국업체들이 치츰 이 틈을 메꾸고 있다. 독일의 EOS(Electro Optical Systems GmbH) 사가 영업을 시작하였고 stereolithography 관련하여 일본에서 두번째로 큰 장비시장을 담당하는 SONY 사가 그들이다. 물론 아직 미국내에는 진출하지 못하였지만 미국 밖에서 활발히 활동하고 있는 장비회사들이 많다. 독일계 회사들이 많은데 Texas Instruments 사의 digital light processing(DLP) 방식을 채택한 Perfactory를 생산하는 Envision Technologies 사와 그리고 모래에 바인더를 분사하여 조형하는 방식을 채택한 Generis 사가 있고 스웨덴의 Arcam 사에서는 금속분말을 녹이는 전자빔을 이용한 장비를 최근 상용화하였다. 아시아에서는 역시 일본회사들의 활동이 인상적인데 자체적으로 개발한 stereolithography 방식을 채택한 6개의 회사들로서 Meiko, Denken, Unirapid, Autostrade가 \$24,000 - \$115,000 사이의 저가장비를 그리고 CMET, Sony/D-MEC이 고가 장비를 판매한다. 한편 Kira Corporation은 작년부터 paper-lamination 방식의 장비를 미국내에서 판매하려고 하지만 적절한 현지 고용인력문제로 현재 담보상태이고 Toyoda Machine Works 사가 오히려 이 분야에서 한 발 앞선 상태이

다. 싱가포르의 Kinergy 사에서는 paper-lamination 방식과 FDM 방식의 두 가지 장비를 제작하고 있다. 중국 베이징에서는 Yinhua라는 장비업체가 있

으나 외국진출은 고려하지 않고 있는 것으로 알려지고 있다. 표 1은 미국이외의 지역에서 활동중인 전세계 장비제조업체들을 나열한 것이다.

표 1. 미국이외의 지역에서의 국가별 RP 장비제조업체

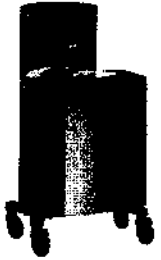
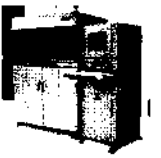
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
China				
Beijing Yinhua Laser Rapid Prototypes				
slicing-solid manufacturing (SSM)	SSM-800	800 mm by 600 mm by 570 mm (32 inches by 24 inches by 22 inches)	paper	\$110,000
melted-extrusion manufacturing (MEM)	Gemina	280 mm by 260 mm by 300 mm (11 inches by 10 inches by 12 inches)	wax, thermoplastic	\$78,000
combined SSM & MEM	M-RPMS-IV	800 mm by 600 mm by 470 mm (32 inches by 24 inches by 19 inches)	paper, wax, thermoplastic	\$120,000
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Germany				
Envision Technologies - <a href="http://www.envisiontec.de/">http://www.envisiontec.de/</a>				
digital light processing (mask-exposure)	Perfactory (intended commercial launch Q4 2002)	256 mm by 192 mm by 250 mm (10 inches by 7.5 inches by 10 inches)	acrylate photopolymer	\$50,000 (estimated)
				
EOS (Electro Optical Systems GmbH) - <a href="http://www.eos-gmbh.de/">http://www.eos-gmbh.de/</a>				
laser sintering	EOSINT P380	340 mm by 340 mm by 620 mm (13 inches by 13 inches by 24 inches)	polystyrene, polyamide, glass-filled polyamide powders	\$300,000-\$350,000
				

표 1. 계속 - 1

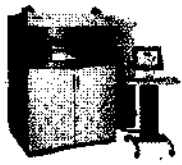


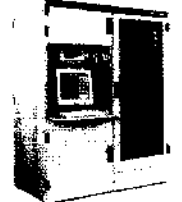

	<p>EOSINT P700</p> 	<p>700 mm by 380 mm by 580 mm (28 inches by 15 inches by 23 inches)</p>		<p>\$750,000-\$850,000</p>
	<p>EOSINT M250</p> 	<p>250 mm by 250 mm by 185 mm (10 inches by 10 inches by 6 inches)</p>	<p>Proprietary bronze- based metal and steel powders</p>	<p>\$300,000-\$350,000</p>
	<p>EOSINT S700</p> 	<p>28 inches by 15 inches by 15 inches (720 mm by 380 mm by 380 mm)</p>	<p>binder-coated sand</p>	<p>\$650,000-\$750,000</p>
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Fockele & Schwarze - <a href="http://www.fockeleundschwarze.de/">http://www.fockeleundschwarze.de/</a>				
selective-laser melting	<p>FS-Realizer SLM</p> 	<p>250 mm by 250 mm by 250 mm (10 inches by 10 inches by 10 inches)</p>	<p>stainless steel powder</p>	<p>\$320,000</p>
Generis - <a href="http://www.generis.de/">http://www.generis.de/</a>				
inkjet on sand	<p>GS 1500</p> 	<p>1,500 mm by 750 mm by 750 mm (59 inches by 30 inches by 30 inches)</p>	<p>foundry sand</p>	<p>\$700,000</p>

표 1. 계속 - 2






Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Israel				
Objet Geometries - <a href="http://www.objet.co.il/">http://www.objet.co.il/</a>				
inkjet	Quadra 	270 mm by 300 mm by 200 mm (10.6 inches by 11.8 inches by 7.8 inches)	proprietary acrylate photopolymer resin	\$69,000
	Quadra Tempo 			\$79,000
Japan				
Autostrade - <a href="http://www.autostrade.co.jp/">http://www.autostrade.co.jp/</a>				
stereolithography	E-DARTS 	200 mm by 200 mm by 200 mm (9 inches by 9 inches by 9 inches)	acrylate photopolymer resin	\$24,000
CMET Inc. - <a href="http://www.cmet.co.jp">http://www.cmet.co.jp</a>				
stereolithography	Rapid Meister 2500 (small-spot helium cadmium laser) 	250 mm by 250 mm by 250 mm (10 inches by 10 inches by 10 inches)	epoxy and acrylate photopolymer resins	\$250,000
	Rapid Meister 6000 (single or dual solid-state lasers) 	600 mm by 600 mm by 500 mm (24 inches by 24 inches by 20 inches)		\$650,000-\$1,000,000
	Rapid Meister Multi (multiple solid-state lasers)	1,000 mm by 800 mm by 500 mm (40 inches by 32 inches by 20 inches)		\$1,250,000
Denken Engineering Co. Ltd. - <a href="http://www.denken-eng.co.jp">http://www.denken-eng.co.jp</a>				

표 1. 계속 -3



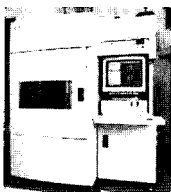
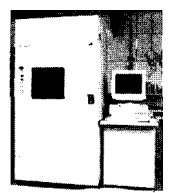
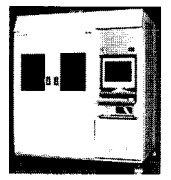
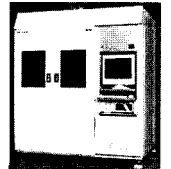
stereolithography	SL-4000R 	200 mm by 150 mm by 150 mm(8 inches by 6 inches by 6 inches)	acrylate photopolymer resin	\$24,000
	SLP-6000 	220 mm by 200 mm by 200 mm(9 inches by 8 inches by 8 inches)		\$121,000
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
D-MEC (Sony) - <a href="http://www.d-mec.co.jp">http://www.d-mec.co.jp</a>				
stereolithography	SCS-100HD (helium cadmium laser) 	300 mm by 300 mm by 270 mm(12 inches by 12 inches by 11 inches)	urethane acrylate and epoxy photopolymer resins	\$440,000
	SCS-300P (solid-state laser) 	300 mm by 300 mm by 300 mm(12 inches by 12 inches by 12 inches)		\$215,000
	SCS-2000 (solid-state laser) 	600 mm by 500 mm by 500 mm(23.5 inches by 20 inches by 20 inches)		\$431,000
	SCS-8000 (solid-state laser) 	600 mm by 500 mm by 500 mm(23.5 inches by 20 inches by 20 inches)		\$560,000

표 1. 계속 - 4

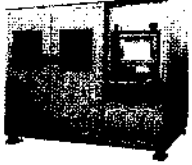


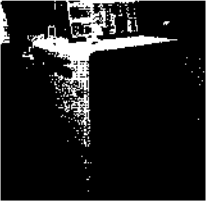

	SCS-8000 Duet Scan (dual solid-state lasers) 	600 mm by 500 mm by 500 mm(23.5 inches by 20 inches by 20 inches)		\$1,035,000
	SCS-3000 (solid-state laser) 	1,000 mm by 800 mm by 600 mm(40 inches by 32 inches by 20 inches)		\$699,000
Kira - <a href="http://www.kiracorp.co.jp/">http://www.kiracorp.co.jp/</a>				
lamination	PLT-A3 	400 mm by 280 mm by 300 mm(16 inches by 11 inches by 12 inches)	paper	\$73,000
	PLT-A4 	280mm by 190mm by 200mm(11 inches by 7.5 inches by 8 inches)		\$55,000
Meiko - <a href="http://www.meiko-inc.co.jp">http://www.meiko-inc.co.jp</a>				
stereolitho graphy	LC-315 	160 mm by 120 mm by 100 mm(6 inches by 5 inches by 4 inches)	acrylate photopolymer resin	\$115,000



표 1. 계속 - 5


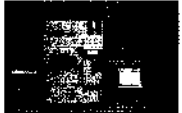


	LC-510 	100 mm by 100 mm by 60 mm(4 inches by 4 inches by 2.5 inches)		\$63,000
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Toyoda Machine Works - <a href="http://www.toyoda-kouki.co.jp">http://www.toyoda-kouki.co.jp</a>				
lamination	LOM-SC400	400 mm by 250 mm by 360 mm(16 inches by 10 inches by 14 inches)	paper, plastic	\$73,000
	LOM-2030-H	810 mm by 560 mm by 490 mm(32 inches by 22 inches by 19 inches)		not available
Unirapid, Inc. - <a href="http://www.unirapid.com">http://www.unirapid.com</a>				
stereolithography	UR2-SP1502 	150 mm by 150 mm by 150 mm(6 inches by 6 inches by 6 inches)	epoxy and acrylate photopolymer resins	\$64,000
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Singapore				
Kinergy - <a href="http://www.kinergy.com.sg/">http://www.kinergy.com.sg/</a>				
sheet lamination	Zippy I 	380 mm by 280 mm by 340 mm(15 inches by 11 inches by 13 inches)	paper	\$85,000
	Zippy II 	1,180 mm by 730 mm by 550 mm(47 inches by 29 inches by 22 inches)		\$160,000
	Zippy III	700 mm by 500 mm by 450 mm(28 inches by 20 inches by 18 inches)		\$120,000

표 1. 계속 - 6

extrusion	SW-I	380 mm by 280 mm by 340 mm(15 inches by 11 inches by 13 inches)	thermoplastic	\$70,000
	SW-II	750 mm by 500 mm by 450 mm(28 inches by 20 inches by 18 inches)		\$100,000
Technology	Model name	Build volume	Material	Approximate price in US\$
Sweden				
Arcam - <a href="http://www.arcam.com/">http://www.arcam.com/</a>				
electron-beam melting	EBM S12	250 mm by 250 mm by 200 mm(10 inches by 10 inches by 8 inches)	H13 tool steel, low-alloy steel	\$500,000

**2.2. RP 조형작업과 STL 변환**

통상 RP 장비는 3차원 프린터라는 이름으로 더 많이 알려져 있다. 그만큼 편리하다는 의미일텐데, 그러나 조형을 생각하고 있는 사람들에게 이 일은 사무실에서 문서를 인쇄하는 것처럼 그렇게 간단한 일은 아니다. RP 조형을 원하는 사람은 먼저 자신이 갖고 있는 CAD 파일을 STL로 변환해야 한다. 이 작업은 현재 거의 모든 상업용 CAD 시스템에서 지원된다. 다만 변환작업을 실행하기 위해 각 시스템에서 입력해 주어야 하는 STL resolution과 tolerance 를 비롯한 시스템 고유의 변수값들에 대한 용어가 한결같지 않다는 점이 문제점으로 남아 있다. 예를 들면 chord height, absolute facet deviation, angle control, adjacency tolerance 등의 용어들이 그것이다. 따라서 조형작업에 있어서의 초심자들, 혹은 자주 조형을 하는 사람이 아니라면 이러한 용어들을 모두 정확하게 이해하는 것이 어렵고 또한 그럴 이유도 없다. 지금까지의 경험에

의하면 STL을 구성하는 삼각형의 적절한 크기는 조형층의 두께(0.003 inch 혹은 0.075 mm) 정도로 알려져 있다. 이보다 커지면 파트의 표면 거칠기가 눈에 띄고 이보다 작으면 조형층의 계단형상오차보다도 작아지므로 파일크기와 조형시간만 증가했지 정밀도 상에서는 별 실익이 없다. 그림 4를 보면 삼각형의 크기에 따른 파트 외형의 차이를 알 수 있다.

만약 이중 CAD 시스템간의 서로 상이하게 정의된 입력변수들의 용어들을 통일해서 표준화 한다면 이와 같은 어려움이 상당히 해소될 것이다. 이러한 의견은 현재 많은 RP 장비업체와 서비스 용역업체들 사이에서 공감을 얻고 있다. 이 외에도 STL 파일의 resolution을 정의할 때는 CAD 시스템의 종류에 상관없이 chord height를 0.001-0.003 inch(0.025-0.075 mm) 범위안에서 결정하여야 조형 후에 양질의 조형파트를 기대할 수 있고 또한 공정의 용이함을 위해 파일은 되도록 binary format 으로

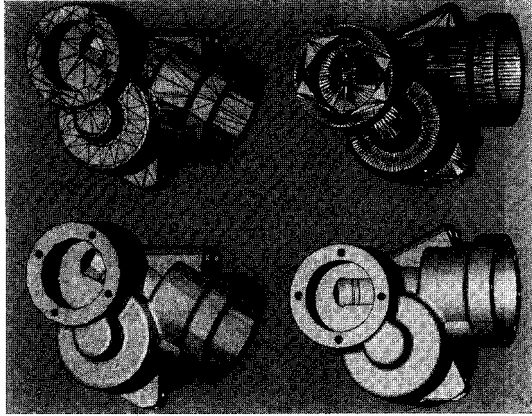


그림 4. 삼각형의 개수와 조형파트형상.

쓰여져야 한다. 몇몇 CAD 시스템은 STL 변환 도  
 중에 파일안의 형상좌표가 '음'의 값을 갖는다는  
 오류 메시지를 내지만 이는 사실 크게 문제가 되  
 지 않으므로 무시되어야 한다. 표 2는 현재 가장  
 많이 사용되는 5개의 상용 CAD 시스템을 기준으  
 로 STL 변환시 권장되는 입력변수들을 표시한 것  
 이다.

여기서 CATIA에서는 일반적으로 STL 변환후에  
 파일의 오류를 진단하는 모듈을 제공하고 있는데  
 이는 CATIA solid와는 달리 CATIA surface에서  
 STL로 변환되는 경우 많은 오류가 보고되고 있  
 기 때문이다. 따라서 CAD 시스템을 선택할 때는 되  
 도록 솔리드모델러 기반 시스템을 이용하는 것이

표 2. 5개의 상용 CAD 시스템에서의 STL 변환시 권장되는 입력변수

상용 CAD 시스템	입력 변수
CATIA version IV	Select STL command. Set Maximum Sag to 0.0005 inches or 0.0125 mm. Pick the model to be converted to STL. Select Yes to generate triangles. Select Export, type a file name, and click OK to output an STL file.
Pro/Engineer	Open your model and from the File menu choose Export/Model. Select the file type STL. In the Export STL dialog box, set Format to Binary. Set the Chord Height to 0. The field will be replaced by a minimum acceptable value for the geometry of the model. Set Angle Control to 1. Name the file and click the OK button. Pro/Engineer will save your STL file.
SDRC I-DEAS	From the File menu, select Export/Rapid Prototype File. Select the file to be exported. Select Prototype Device to SLA500.dat. Set Part Positioning to Centered. Set Absolute Facet Deviation to 0.000395 inches. Select Binary as file type. Name and Save your STL file.
SolidEdge	Open your model and from the File menu choose Save As. Select the file type STL. Click on the Options button in the Save As dialog box. Set the Conversion Tolerance to 0.001 inches or 0.0254 mm. Set the Surface Plane Angle to 45°. Select the Binary radio button and click the OK button. Name and Save your STL file.
SolidWorks	Open your model and from the File menu choose Save As. Set the file type to STL. Click on the Options button at the bottom of the Save dialog box. Select Output as Binary and select the desired units (inches or millimeters). Set Quality to Fine. If you want to preview the STL model before saving, check the "Show STL info before saving" box Name and Save your STL file.

바람직하다.

### 3. RP/RT 시장분석

RP 장비가 처음 선을 보였을 때만 해도 서비스 용역업체는 전무했고 다만 미국내에서 고가의 장비를 자체적으로 구입하여 사내에서 활용하는 Ford, Chrysler, Gillette, Baxter Healthcare와 같은 대기업들이 있을 뿐이었다. 그러나 10년 후인 1998년에는 서비스 용역업체의 수만 전 세계적으로 331개에 이르러 한 때 \$3,000에 이르던 파트당 평균 용역비가 10분의 1로 급강하 하였다. 이 때까지 판매된 장비시장의 규모를 국가별로 살펴보면 표 3과 같다. 또한 최근 8년 동안 판매된 장비시장의 규모를 장비제조사 별로 구분하면 표 4와 같은데 이를 살펴보면 다수의 굴곡은 있지만 시장규모가

꾸준히 증가해 오고 있으며 특히 시장점유율이 높은 장비제조사사의 경우(3D Systems, DTM, EOS, Stratasys) 등은 그 신장세의 경향이 두드러짐을 알 수 있다. 또한 장비별로 장비시장의 점유율을 살펴보면(표 5) 단연 3D Systems 사의 장비들의 61%라는 압도적인 우위를 보이는 가운데 그 아래 Stratasys, EOS, Helisys, Sanders 등이 5% 안팎의 점유율을 보이고 있다. 현재 전세계적으로는 28개의 장비제조사 이외에도 12개의 조형재료공급사, 14개의 RP 조형관련 소프트웨어 공급사, 35개의 조형상담회사, 70여개의 RP 관련 연구를 수행하는 대학 및 연구기관, 그리고 34개의 RP 파트를 활용한 제조업체가 있으며 이 밖에도 레이저를 이용한 장비업체, 진공주형장비를 포함한 여타 중소규모의 장비업체들이 있다.

표 3. 세계 장비시장의 분포

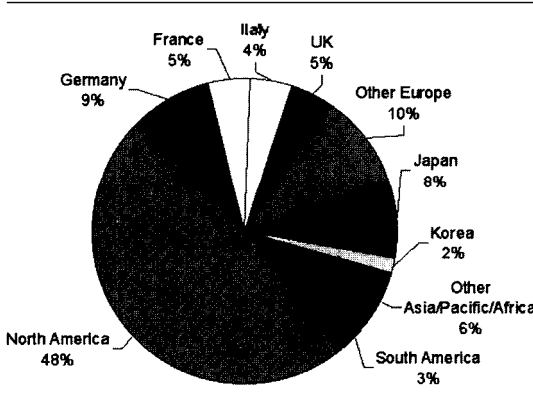


표 5. 장비별 시장점유 분포

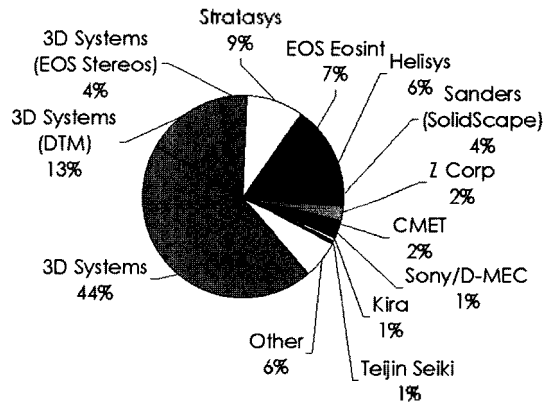
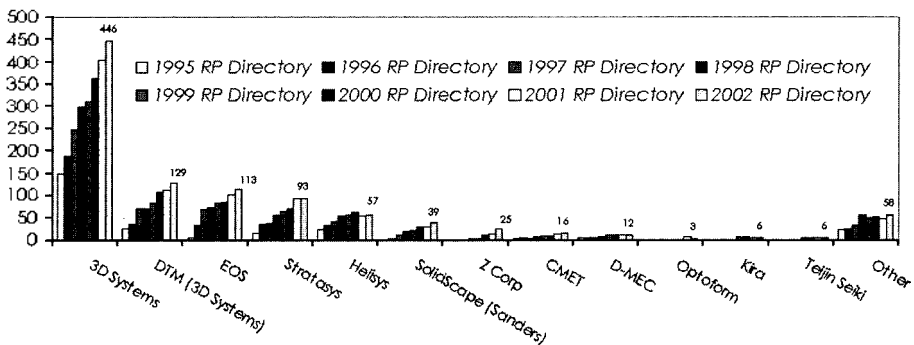


표 4. 장비시장의 제조사별 성장규모



---

본 기사는 홍익대학교의 지혜성 편집이사가 Rapid Prototyping Report 2002년 9, 10월호의 기사중에서 발췌하거나 혹은 다른 곳에서 정보를 수집하여 게재하였으며 출판사인 CAD/CAM Publishing Inc.의 연락처는 다음과 같다.

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

