

技術資料

쾌속 3차원 조형법(RP)의 개발 동향

김기영, 이민수

Recent Trends in Development of Rapid Prototyping Technology

K. Y. Kim and M. S. Yi

1. 서 언

소비자들의 다양한 기호를 충족시키기 위해서는 다양한 형상의 부품이 공급되어야 하고, 또한 시간적으로도 적기에 공급하기 위해서는 제조시간의 단축이 요구된다. 즉 소비자 취향의 다양화에 따른 제품 라이프 사이클의 단주기화는 제조업 전반에 걸쳐서 시간이라는 요소가 제품 경쟁력에 지대한 영향을 미치는 환경을 형성하고 있다. 이는 전 제조업에서의 공통된 사항으로, 부품형상의 최적화, 제조시간의 단축 등은 곧 제조원가에 직결되므로 부품의 설계에서부터 제조까지 일관된 자동제작라인의 설치에 대한 요구는 점차 증대되고 있다. 이를 위한 방법 중의 하나가 시제품 형상 제작에서부터 금형의 제조까지를 미리 가시화 시켜서 확인해 볼 수 있는 쾌속 3차원 조형법(RP, Rapid Prototyping, 이하 RP라 함)이다.

미국을 중심으로 시작된 RP는 전 세계적으로 여러 가지 방법이 개발되었으며 상업화된 것도 10여가지를 넘고 있다. 이 글에서는 RP의 종류와 주물예의 적용동향에 대하여 소개하고자 한다.

2. 쾌속 시제품 제작의 기술체계

그림 1은 쾌속 시제품 제작(Rapid Trial Manufacturing)의 기술 체계도이다[1]. 양산계획을 수립하기 위해서는 개념설계에서부터 시제품의 제작 및 평가의 공정을 거쳐야 한다. 개념설계를

가시화시키고, 이의 변경이 용이하게 하기 위해서는 CAD(Computer Aided Design), CAI(Computer Aided Inspection), RP(Rapid Prototyping)의 3대 요소가 구비되어야만 시행착오의 소요시간을 최대한 단축시킴과 동시에 최적형상의 설계가 가능하고, 제조상의 문제점들이 검토될수 있다.

통합 제품개발 체제에서는 기존의 설계해석, 평가(CAE) 방법과 함께 가상시작기법(Virtual Prototyping)과 RP를 병행함으로써 가장 짧은 시간내에 제품을 개발할 수 있다. 즉 종래의 프로세스에서는 긴 설계평가 소요시간으로 인한 제한된 개발기간 때문에 제한된 범위의 설계 검증에 그쳤던 반면에 통합개발환경에서는 다양한 검증수단과 RP덕분에 설계 최적화에 필요한 설계 검증의 반복을 충분히 시도할 수 있다.

여기서 RP의 특별한 의미는 그것이 물리적인 모형을 실제로서 신속하게 제공할 수 있다는 것이다. 컴퓨터 그래픽과 시뮬레이션 기술의 발전에도 불구하고 아직도 의장적인 속성을 갖는 입체형상 부품의 개발에 있어서는 사용자의 오감으로 직접 느껴지는 감촉이 중요시되고, 또한 공간적인 사용환경에서의 존재감을 느낄수 있기때문이다[2].

3. RP 시스템의 구성

시스템은 하드웨어와 소프트웨어로 나누어지는데, 하드웨어는 실제로 시제품을 만드는 기계로 여러 종류가 있으며, 그 구성은 주기기부로서

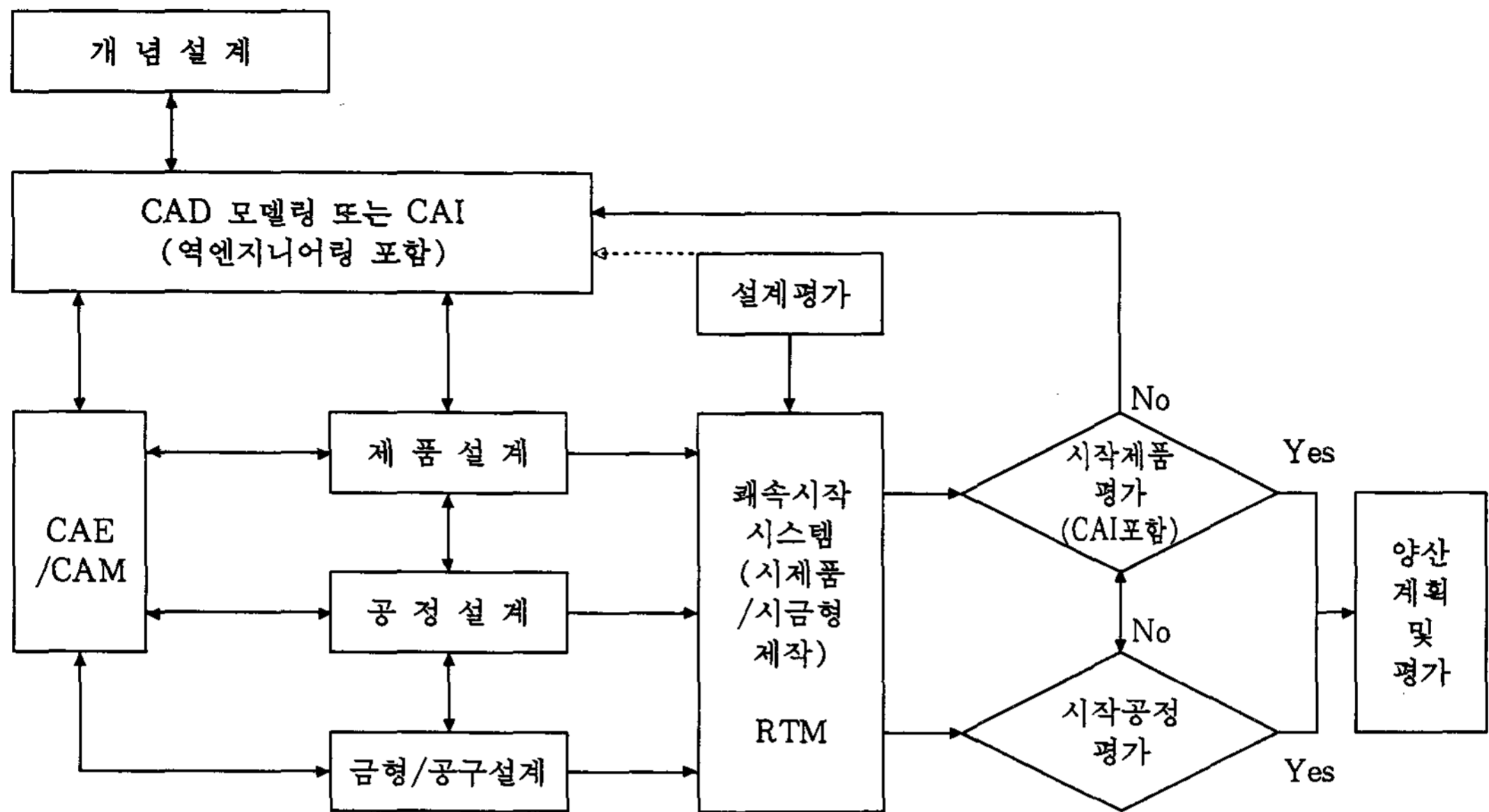


그림 1. 쾌속 시작품 제작의 기술체계[1]

3차원 CAD 데이터를 생성하는 컴퓨터(P/C 또는 EWS), 레이저를 발생시키는 광원부(또는 램프 등의 열원), 레이저의 광도 및 위치를 제어하는 광주사제어부와 원료저장 및 제품을 성형하는 탱크로 구성이 되어 있다.

소프트웨어는 시작품 형상 설계를 하는 것으로 현재 3차원 CAD의 급속한 보급으로 대부분의 제품설계는 3차원 솔리드 모델링으로 설계되고 있으며 미국 PTC사의 Pro/Engineer, Auto Desk사의 AutoCAD, SDRC사의 I-DEAS등이 많이 사용되고 있다[3].

4. RP의 종류

RP는 적층시키는 재료의 종류와 경화 및 절단 방법에 의하여 분류된다. 사용재료는 분말, 액체, 고체가 있으며, 절단은 레이저·빔과 커터형식이 있고, 경화에는 레이저 빔과 램프 등이 이용된다. 이러한 방법들을 이용한 기계는 현재 10종류 이상이 실용화되고 있는데 그 내역은 표 1과 같다[4].

RP방법 중 많이 사용되고 있는 대표적인 것은 다음과 같다.

4.1 SLA(Stereolithography)

액체상태의 광경화성수지(photo-sensitive liquid polymer)가 들어 있는 용기의 표면에 레이저 광을 선택적으로 조사하여 한층 한층 적층해 나가는 방법으로(그림 2) 3D Systems, Quadrax, Sony 등에서 상용화되어 있고, RP방법 중에서 가장 먼저 실용화 된 방법이다. SLA법은 그림 2에서와 같이 한 층을 point by point로 선택적으로 단면형상대로 레이저 광을 조사하여 그 층이 경화되면 액상고분자재료 표면 밑으로 가도록 밀 받침(platform)을 용기 속으로 내린다. 그리고 용기의 표면에 다시 레이저 광을 조사하여 그 다음 층을 만드는 방법으로 3차원 형상을 적층해 나간다. 액체 속에서 적층하므로 복잡한 형상의 경우에는 지지대(support)가 필요하다.

SLA공정에서는 액상의 광경화성수지 용기에서 적층이 끝나서 꺼낸 형상재는 아직 경화가 완전히 끝난 상태가 아니기 때문에 가열로에 넣어서 일정시간 동안 경화를 시키게 되며 이 과정 중에서 광경화 수지의 특성상 휘이나 비틀림이 발생하여 형상재의 치수정밀도가 떨어질 수가 있다. 또한 적층시간 때문에 적층 높이가 제한되어 단이진 층계 모양의 표면을 갖게 되어 후속표면 마무리 공정이 필요하게 된다. 따라서 형상에 따

표 1. RP(Rapid Prototyping)장치의 종류[4]

메이커명	장치명	형식	외형치수 (WDH:mm)	모델치수 (WDH:mm)	광원·열원 절단방법	주사방법	최대주사속도 (mm/s)	시스템가격 (만엔)
3D System(미국)	SLA	250	1420×920×1850	254×254×254	He-Cd	galvanomirror	762	4500
		500	2080×1400×3320	508×508×584	Ar		5080	8500
CMET	SOUP	400GH/GA-SP	1500×840×1815	400×400×400	He-Cd/Ar	galvanomirror	4000	4200~5000
		600GH/GA-SP	1700×1040×1850	600×600×500			6000	4600~5200
		600PH/PA	1340×1450×1620	600×400×400			1000	5200~5400
		850PA	2000×1985×1790	850×600×500	Ar	플로터	1000	6000
소니	SCS	1000HD	1380×850×1590	300×300×300	He-Cd/Ar	galvanomirror	5000	5100~5400
	JSC	2000	1650×1400×1800	500×500×500	Ar		5000	5000
		3000	1900×1550×2500	1000×800×500			5000	7500
제인제기	SOLIFORM	300	2600×1100×2418	300×300×500	Ar	galvanomirror	24000	4500
		500	2600×1100×2418	500×500×500				5200
와시오전기	UNIRAPID	UR-HP 1501	500×500×580	150×150×200	He-Cd	플로터	20	1100(장치본체)
EOS(독일)	STEREOS	DESKTOP S	1200×600×1000	250×250×250	He-Cd/Ar	galvanomirror	2000~5000	2300~2500
		300	1600×1000×1800	300×300×250	Ar	galvanomirror	2000~10000	4380~5370
		400	1600×1000×1800	400×400×250			5000~10000	5920~7360
		600	2020×1800×2200	600×600×400			10000	8890
삼성조선	COLAMM		1450×700×1600	300×300×300	He-Cd	플로터	300	3700
덴겐엔지니어링	SLP	4000	550×600×590	200×150×150	반도체	플로터	10	498(장치본체)
Cubital(이스라엘)	Solider	5600	4300×1300×2850	508×356×508	램프	마스크	1층/1분	7500
DTM(미국)	Sinterstation	2000	3000×1500×1910	φ305×380	CO ₂	galvanomirror	2500	5000
Stratasys(미국)	FDM	1000/1500/1600	660×864×864	254×254×254	전열	플로터	381	1250~2300
키러코퍼레이션	Solid Center	KSC-50	2000×900×1350	410×290×300	커터	플로터	1층/1분	1400
Helisys(미국)	LOM	1015	1473×2083×1422	381×254×355	CO ₂	플로터	381	1950
		2030	991×1219×1270	812×558×508			610	3250

* 국명표기가 없는 것은 일본제품임.

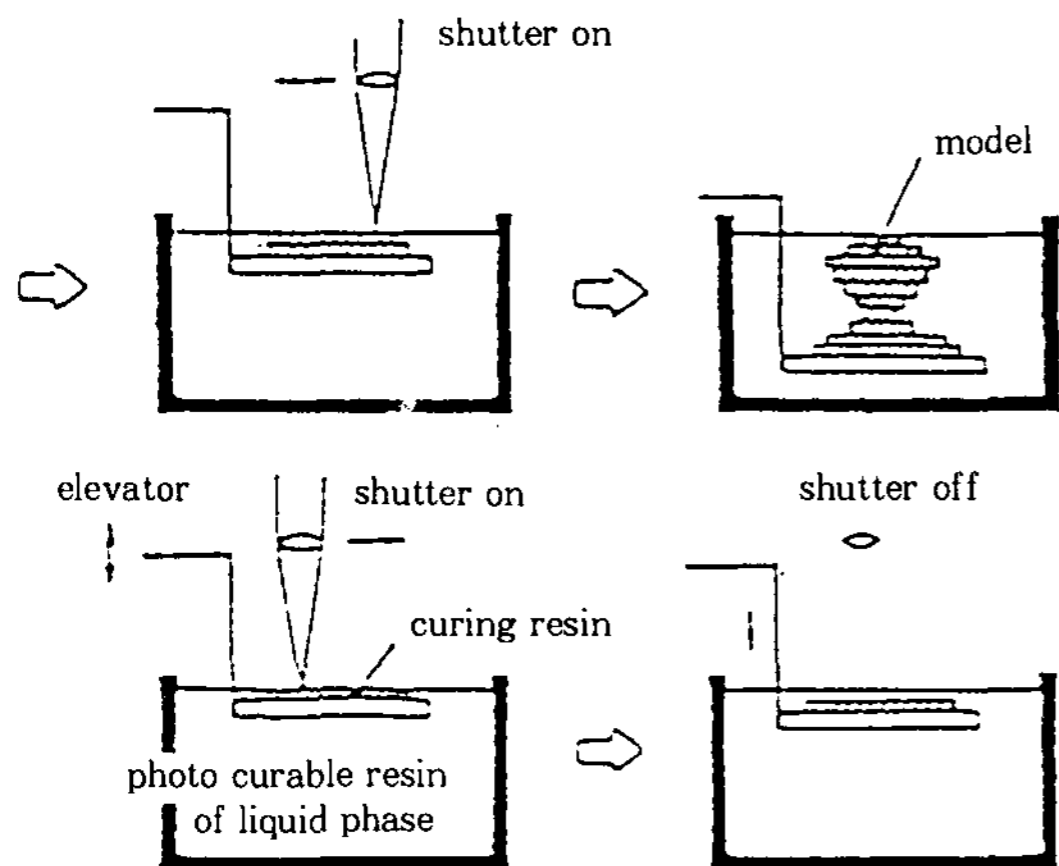


그림 2. SLA 공정[1]

른 적층방법과 받침대 구조의 적절한 설계가 필요하다.

4.2 SGC(Solid Ground Curing)

자외선 램프를 이용하여 한꺼번에 한층씩 조사

하여 액상수지를 경화시키는 방식으로 Cubital Process라 불리는 Solid Ground Curing(SGC)법이 대표적인 방법이다. 이 공정에서는 그림 3에서와 같이 제작 밀받침이 한 층의 두께만큼 액상수지 속에 잠겨 있다. 부품의 한 단면을 나타내는 전식인쇄음화(xerographic negative)가 덮혀 있는 유리판을 밀받침 위 액상수지면에 접하지 않을 정도의 위치에 둔다. 이 판을 통해서 고강도의 자외선이 수지위로 주사되면 부품 단면 한 층만이 경화된다. 경화되지 않은 수지는 밀받침으로부터 제거하고 밀받침 위에 한 층의 액상 왁스를 도포하고 냉각 경화시킨다. 그 다음 표면은 원하는 두께까지 밀링을 이용하여 깎아 낸다. 이 왁스는 제거된 수지부분을 메워서 액상수지의 다음 층이 균일하게 도포되도록 하는 역할을 하며, 또한 부품을 지지하는 역할도 하게 된다. 공정이 완료되면 부품이 내부에 들어 있는 왁스블록이 만들어진다. 이것을 뜨거운 물과 구연산혼합물이 들어 있는 부품 세척기 속에 넣고 왁스를 녹여내

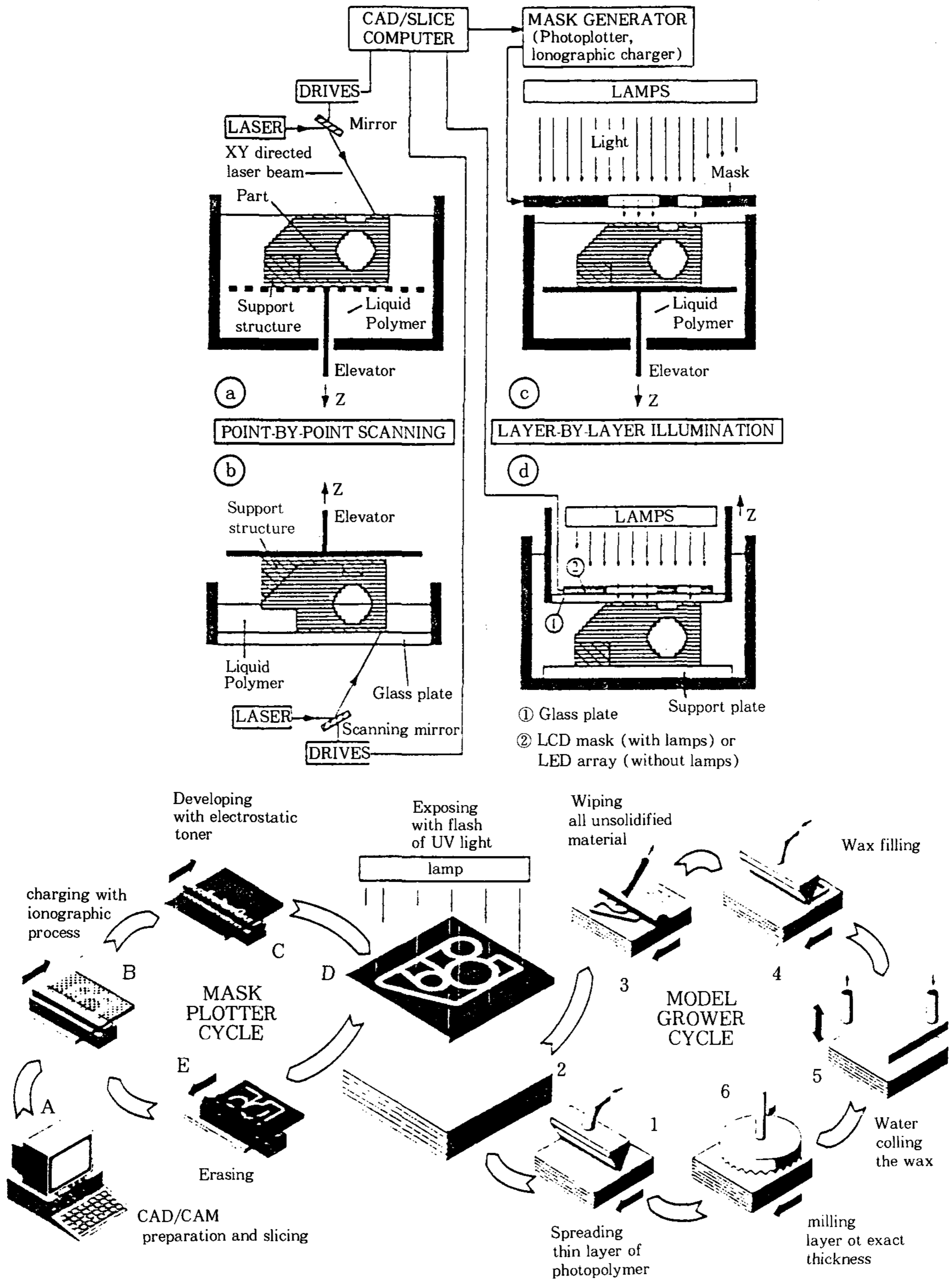


그림 3. SGC 공정[1]

고 블록속에서 부품을 꺼낸다. 적층방향으로 비교적 정밀도가 양호하다[5].

4.3 SLS(Selective Laser Sintering)

균일한 크기의 고체분말(고분자재료 또는 금속분말)을 한층씩 편평하게 도포한 후 레이저광을 조사하여 소결시키고 그 다음 층을 적층시키면서 3차원 형상재를 분말 속에서 만드는 공정으로 분말이 형상재의 받침대 역할을 하고 있다(그림 4). 따라서 형상재의 적층이 끝난 후 용이하게 형상재를 추출해 낼 수 있는 이점이 있다. 또한 받침대 역할을 한 경화되지 않은 분말은 다시 사용할 수 있다. 분말의 크기에 따라서 형상재의 표면조도가 결정되며, 분말재료로는 기능성 고분자재료, 왁스분말, 금속분말 등이 이용된다. 왁스분말의 경우에는 정밀주조에 쓰이는 왁스패턴을 직접 만들 수 있는 이점이 있다. 고분자재료나 금속분말의 경우는 기능성재료이므로 기능부품으로 시험할 수 있는 시제품을 만들 수가 있다. 금속분말의 경우는 철분말을 소결시키고 기공부위를 구리를 용침시켜서 금형을 만들거나 작은 크기의 금속 시제품을 직접 만들 수 있다.

4.4 FDM(Fused Deposition Modeling)

그림 5에서와 같이 열가소성(thermoplastic)의 가는 고분자재료나 왁스필라멘트선(직경 0.44인

치)을 노즐을 통과하는 동안 용융시켜 얇게 필름형태로 분사, 경화시키면서 적층시키는 방법이다. 이 방법은 레이저광을 이용하지 않으므로 기계장치가 비교적 간단하고, 소형이므로 사무실에 설치하여도 무방하며 기계가격이 저렴한 편이다. 따라서 비교적 소형물의 RP에 적합한 방법이며, 노즐로부터 2가지의 재료가 나오는 기계도 있으므로 구분된 형상재의 가시화에 유리하다.

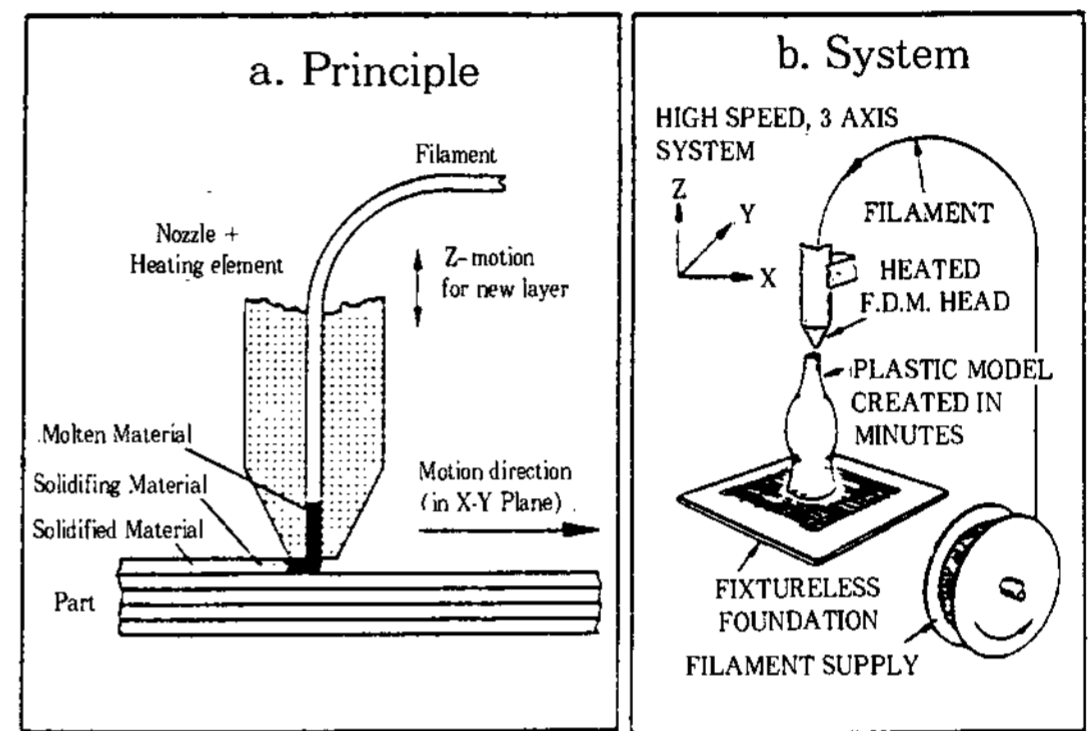


그림 5. FDM 개략도[1]

4.5 LOM(Laminated Object Manufacturing)

그림 6에서와 같이 LOM 공정은 종이를 사용하여 적층하는 방법으로 종이에 레이저를 조사하여 자른 후 뒷면에 붙어 있는 고분자 박막을 고열로 아래위로 압착시켜 한층한층씩 적층시켜 원하는 모양을 만든다. 각 층에서 적층시킬 단면 이외에는 작은 사각형 단위로 레이저를 조사하여 종이 블록으로 만들어 나중에 떼어내기 좋게 한다. 이 작은 사각형 단위의 떼낼 부분은 각층끼리 붙어 있으나 사각형 그리드 구조이므로 형상재로부터 분리시킬 수가 있다. 이 작업을 Decubing이라 하며 다소 시간이 소요되고 속련도가 요구되므로 LOM공정의 단점으로도 작용한다. 각층을 압착시켜 접착하므로 치수정밀도가 양호하고, 휨이나 비틀림이 없다[6]. 또한 적층된 형상재는 거의 나무와 같은 성질을 가지고 있고 후속표면 가공이 용이한 이점이 있으며 비교적 큰(단면 80×60cm) 모형의 제작도 가능하며, 주물용 모형의 대체 방안으로는 최적이다.

5. RP의 구조에의 응용

RP는 설계제품의 가시화 이외에 부품의 제조

Basic Components

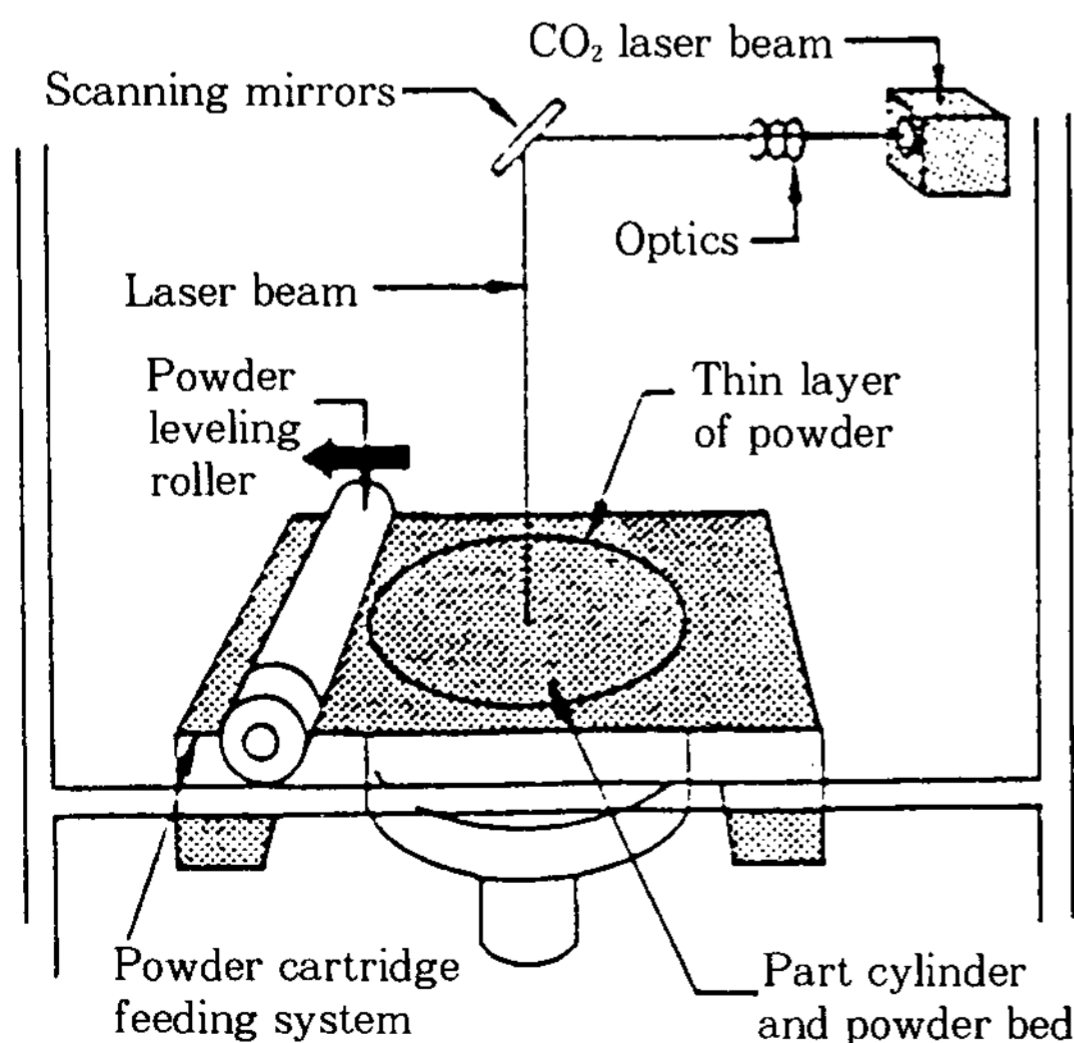


그림 4. SLS 개략도[3]

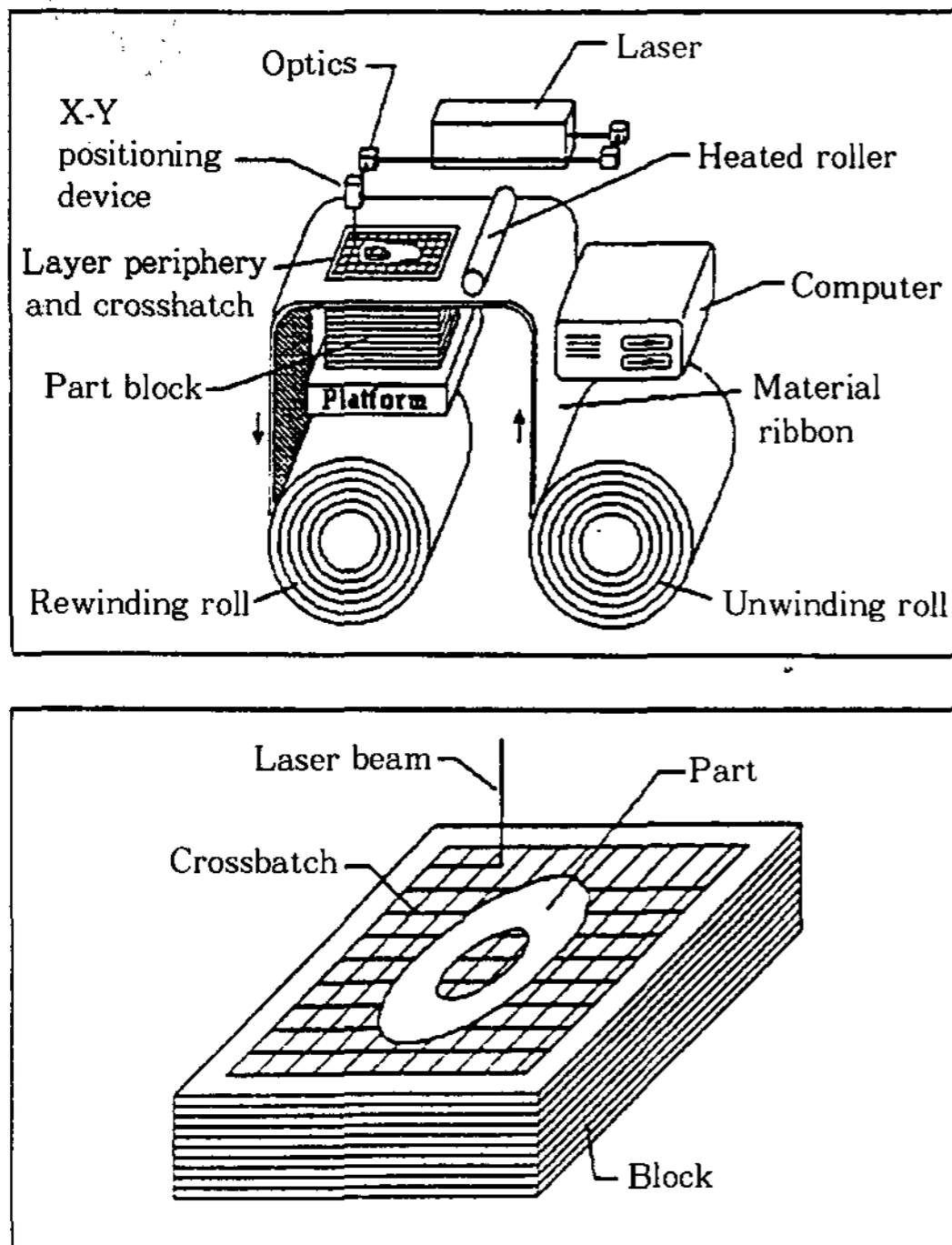


그림 6. LOM개략도(上)와 조형부위[6]

공정에 적용되고 있는데 현재로서는 주조공정에의 응용이 가장 활발하다. 즉 사형주조의 모형, 정밀주조의 모형, 석고주조의 모형, 실리콘형의 제작에 활용할 수 있다. RP를 주조에 적용한 예는 최근 많이 발표되고 있으며, 미국 다이캐스팅 협회의 학술발표회의에서는 RP가 독립 세션을 구성하기에 이르렀다[7-13].

SLA, FDM 등은 모형을 왁스로 제조 가능하므로 곧바로 정밀주조용의 왁스패턴으로 사용할 수가 있어서 제조시간 단축에 큰 기여를 하고 있다.

RP를 주조에 이용한 한 예로 그림 7은 석고주조에 이용한 경우인데[3], 제조순서는 다음과 같다. RP에 의하여 제조하고자 하는 부품을 일단 만든 후 주형상자에 넣고 에폭시 수지를 넣고 경화시켜서 에폭시 주형을 제작한다. 에폭시주형에 고무를 주입하여 제조하고자 하는 제품형상과 동일한 고무패턴을 만들고, 이를 주형상자에 넣고 석고의 슬러리를 주입하고 경화시키면 용융금속을 주입할 수 있는 석고 주형이 만들어지며, 이 단계에서 원하는 개수만큼의 주형을 제작한다.

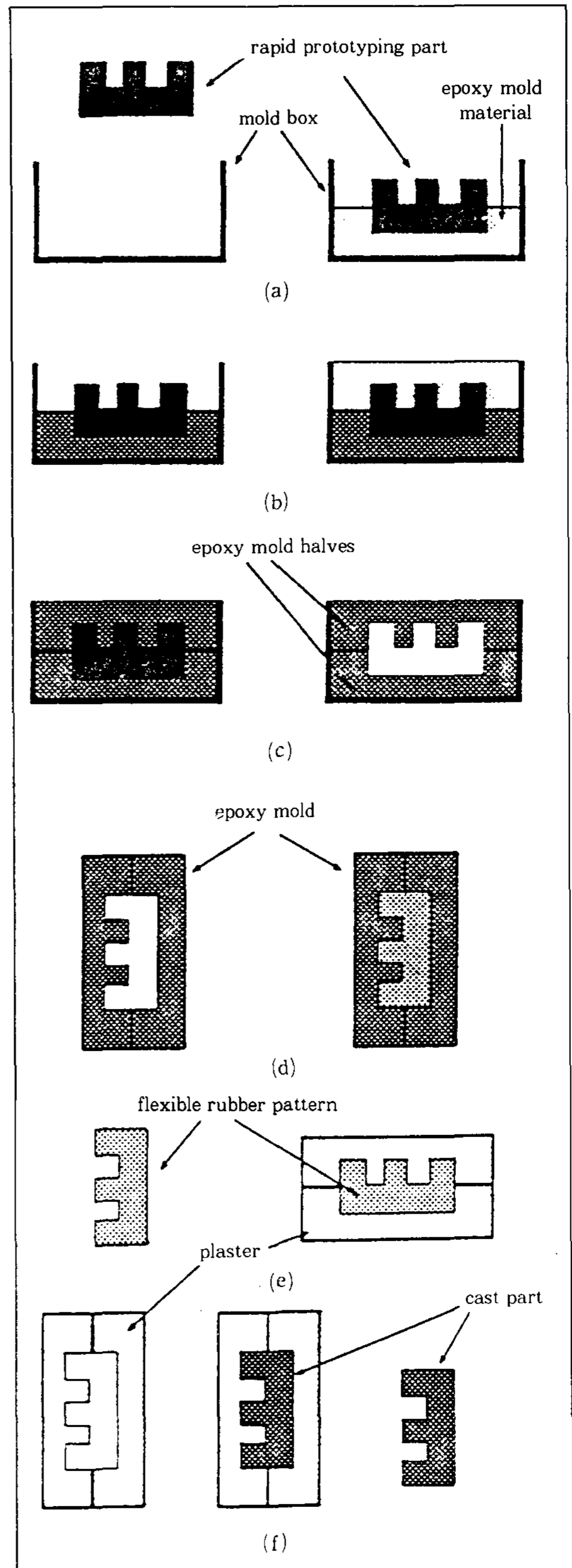


그림 7. 석고주조에 RP의 적용[3]

사형주조의 목형대용품으로 직접 사용할 수 있는 RP방법은 LOM으로 종이를 사용하므로 제작된 모형은 나무와 유사한 성질을 가지게 되어 비틀림 등 모형의 변형이 적고 설계자의 의도대로 정확한 형상 및 치수의 재현이 가능한 장점이 있다. 이 방법을 주조 모형에 잘 활용하기 위해서는 두가지 면에서 숙련된 목형기술자가 필요하다. 첫째는 적층된 종이 두께만큼(최소 0.25mm)의 단이 생기므로 이를 연마하여야 하는데, 바로 이점이 모형제작의 가장 큰 관건으로 되기 때문이다. 둘째 이유는 LOM을 비롯한 RP의 용도에서 찾을 수 있다. 사형주조의 모형, 정밀주조의 모형, 석고주조의 모형, 실리콘형의 제작이 그 용도인데, 일단 모형을 만든 후 이를 활용하기 위해서는 그림 7에서 설명한 것과 같은 2차 Tooling이 필요하며, 이를 거친 후에야 비로소 실 생산에 적용할 수 있다. 따라서 LOM을 비롯한 RP의 생명은 이 2차 Tooling에 달려 있다고 해도 과언은 아니며 실제, 미국에서도 LOM을 개발한 후 실용화시키기 위하여 이 2차 Tooling 기술개발에 상당한 투자를 하고 있다. 즉 기존의 목형기술자를 최대한 활용하는 것이 RP를 실용화하는 지름길인 것이다.

그림 8은 LOM을 이용하여 주조용 모형을 만들고 사형주조로 배기 매니홀드를 제조한 일례로, 종래의 방법과 제조시간을 비교한 결과이다 [6]. 종래에는 13주 이상이 소요되었으나, 새로운 방법으로는 25개의 주철제 배기 매니홀드를 만드는 데에 약 7주정도 소요되었는데, 이는 주로 설계와 모형제작에서 시간을 단축한 덕택이다.

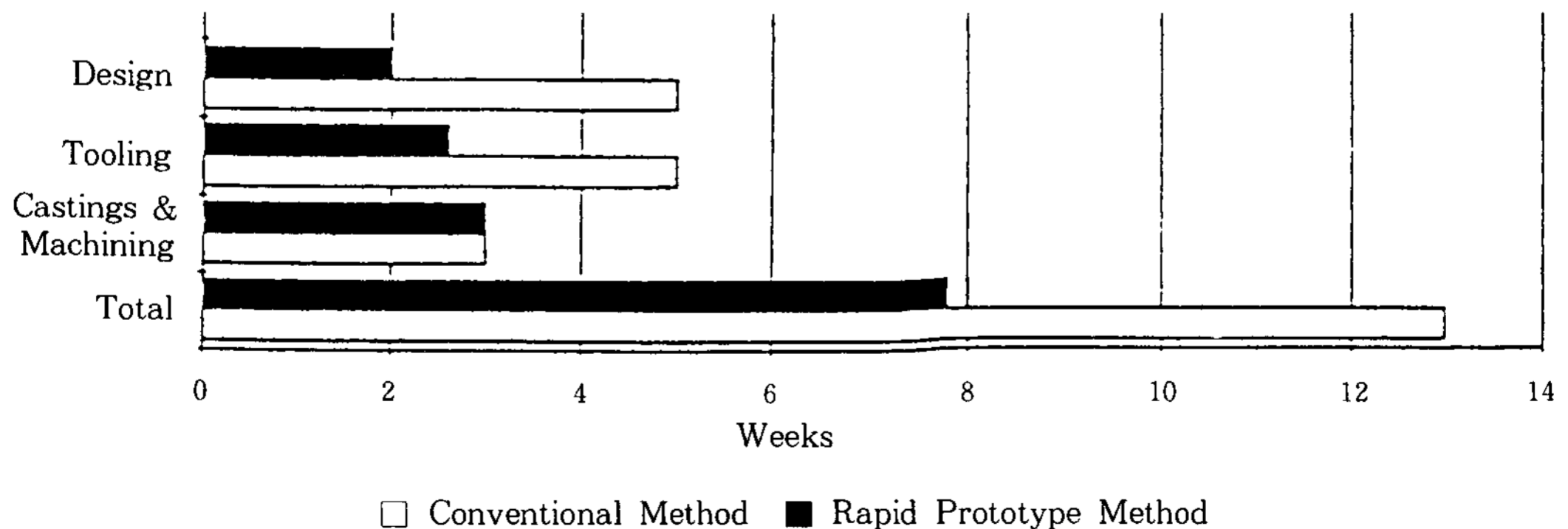


그림 8. LOM을 이용한 배기 매니홀드 주조품 시작 소요시간[6]

6. 결 론

RP기계는 국내에서도 여러 대 운용 중인데, 주로 대기업인 자동차회사, 가전제품회사에서 보유하고 있다. 그외에 RP기계와 자동치수 측정장비를 구비하고 이 분야의 사업에 나선 전문회사가 미국, 유럽, 일본에서는 다수 성업 중이며, 국내에서도 2,3개의 전문 업체가 있다.

RP를 즉시 주물에 적용할 수 있는 분야는 목형으로, 현재 국내에는 500개 이상의 목형제조 업체들이 있으나, 대부분 종업원 5인 미만의 영세업체들로 숙련공의 부족에 허덕이고 있다. 특히 목재 가공시의 열악한 환경은 3D 중에서도 심한 편으로 업체 전반적으로 매우 어려운 처지에 있다. 따라서 이러한 최첨단 기술을 도입 전파해야 할 요구가 증대되고 있는데 첨단기술의 응용으로 인력유인효과가 매우 크며, 이는 목형업체 뿐만아니라 주조업체, 금형업체의 파급효과도 매우 크다. 또한 부품도면의 CAD화로 도면의 보관이 가능해지고 수정이 자유로워지는 등 장점이 매우 많으나, 장비의 가격이 비싼 편이어서 한 개의 업체가 구입하기에는 어려운 것이 현실이다.

참 고 문 헌

- [1] 양동열 : 제1회 쾌속 3차원 조형 및 금형기술혁신 심포지움, 1995.10.13.
- [2] 강무진 : 제1회 쾌속 3차원 조형 및 금형기술혁신 심포지움, 1995.10.13.

- [3] 최두선, 신보성 : 기계와 재료, vol. 7(3), 1995.
- [4] Nikkei Mechanical : 1995.3.6.
- [5] A. T. Anderson : 제1회 쾌속 3차원 조형 및 금형기술혁신 심포지움, 1995.10.13.
- [6] M. C. Warner : 제1회 쾌속 3차원 조형 및 금형기술혁신 심포지움, 1995.10.13.
- [7] M. C. Warner : Modern Casting, 1993, pp. 25~26.
- [8] M. C. Warner and J. Renaud : 18th NADCA Transactions, 1995.
- [9] R. A. Beaudoin : 18th NADCA Transactions, 1995.
- [10] P. Chen and J. Parer : 18th NADCA Transactions, 1995.
- [11] B. D. Chiangi : 18th NADCA Transactions, 1995.
- [12] K. O'Connor : 18th NADCA Transactions, 1995.
- [13] 일본 소형재센터 연구보고서 454-3, 1995.