

가변적층쾌속조형시스템에 대한 연구

정 동 원* · 한 유 리* · 고 형 훈**

Study of Variable Lamination Manufacturing RP System

Dong-won Jung* · Yu-ri Han* · Hyung-Hoon Ko**

ABSTRACT

Today, product a model is diversified according to consumer various request, and product development period and beginning period and cost saving are urgently required. High speed modeling system can serve to reduce expense and time. That is required in product development that product arrived from design to prototype production to cope effectively with a market's request. In this paper, studied to supplement problems to use VLM-ST to solve problem of modeling time of long hours, high price's device induction and preservation etc. that is problem of that do existent rapid prototyping system.

Key word : rapid prototyping, variable lamination manufacturing(VLM)

1. 서 론

제조분야에서 제품을 직접 생산하기 전에 이의 시제품을 제작하고 그 성능을 테스트함으로써 제품 설계와 생산의 주기를 단축하는 것이 대세를 형성하고 있다. 시제품 제작과정은 양산의 전 단계로서 설계를 검증하고, 가공공정을 결정하는 중요한 과정이다.[1] 그러나 설계의 초기단계에서 그 형상 자체가 매우 다양하고 소량이므로 절삭가공이나 소성가공을 통한 시제품 제작은 비효율적이다. 특히 제품의 수명주기가 짧아짐에 따라 시제품 제작기간도 단축되어야 하는

어려움이 있으며, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법으로 많이 이용되는 것이 RP(Rapid Prototyping System)라고 불리는 적층조형시스템이다[2].

RP기술은 제품 개발에 필요한 시제품을 빠르게 제작할 수 있도록 지원하여 주는 Totality System이라는 뜻으로 3차원의 CAD프로그램으로 설계된 데이터를 이용하여 원하는 시제품을 얻을 수 있다. 그리고 CAD프로그램은 우리가 설계를 할 때 가장 많이 사용된다. 적층조형시스템을 사용하기 전에 먼저 CAD 프로그램으로 모델링을 하고 이를 STL파일로 변환시켜서 모델링 한 것을 다시 얇은 층으로 나눠서 쌓아 올린다. 이는 주변에서 집을 짓는 것을 보면 밑에서부터 벽돌을 차근차근 쌓아 올리는 것과 같은 방법이다. 적층조형시스템이 사용되기 이전에는 모든 시제품을 제거가공(절삭가공, 방전가공, 레이저가공 등), 변형가공(주조, 단조, 프레스 등), 부가가공(용접, 용착, 도금 등)등으로 만들었으나 이는 복잡한 모델

* 제주대학교 기계·에너지·시스템공학부

Faculty of Mechanical, Energy and Mechatronics Eng., Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju Nat'l Univ.

인 경우 그것을 만드는데 많은 시간과 노력이 든다. 이는 수요자들의 요구가 끊임없이 빠른 속도로 변한다는 관점으로 볼 때 시간을 절감하여 신속하고 저렴하게 제품을 출하하는 것이 중요한 목표이기에 부적합하며, 이러한 단점을 보완하기 위해 적층조형시스템의 도입은 꼭 필요하다. 반면에 적층조형시스템이 계속 발전함에 따라 정밀도는 더욱 정교해지고, 경도도 실제 제품과 유사하지만 장비가 고가이고, 유지비 및 제품을 생산해 낼 때마다 면으로 쌓아 올려지기 때문에 계단형으로 된 면 등의 추가적인 후처리 공정 등의 문제점을 가지고 있다. 이런 문제점을 VLM-ST를 사용하여 보완하고자 한다.

II. 적층조형시스템의 종류 및 원리

적층조형시스템에서 쓰이고 있는 재료에 따라 분류할 수 있으며 현재 사용하고 있는 재료는 파우더, 종이, 액상의 수지이다. 거의 모든 적층조형시스템은 CAD를 이용하여 설계하고 이 설계된 CAD에서 적층조형시스템으로 만들어지기 전에 STL파일을 거쳐야 한다. 이 STL파일에서는 CAD에서 모델링 된 모형을 슬라이드로 나누어 주는 프로그램이다. 더불어 슬라이드의 개수도 조절할 수 있는데 슬라이드 개수가 많으면 많을수록 적층조형시스템에서 만들어진 제품의 정밀도는 높아진다. 대신에 슬라이드 개수가 많을수록 시간이 좀 더 걸린다는 문제점이 발생한다. 다음으로 적층조형의 종류에 따른 특징들에 대해 서술해 보겠다.

2.1. 광조형 소결법

각 층의 두께를 얇게 할 수 있고 미세한 형상을 가장 정확하게 표현할 수 있다. 또 곡면부의 표면 단차는 피할 수 없지만 평면부는 상당히 매끄럽고 이것은 표면 상태가 양호하다는 것과 관계가 있다. 그리고 경화시에 생기는 뒤틀림 변형도 문제가 되지않, 수축이 적은 예폭시계 수지가 보급되어 덩어리 상태의 모델이나 작은 치수를 갖는 모델의 정밀도는 일반적으로 이미 절삭가공에 필적할 수 있는 수준에까지 도달

하고 있다.

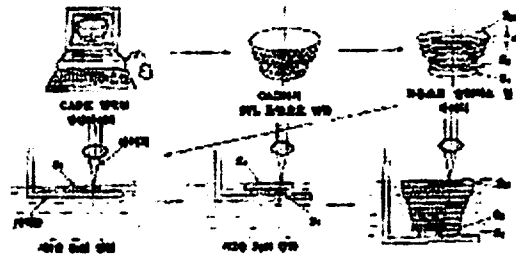
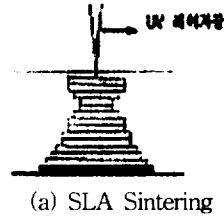


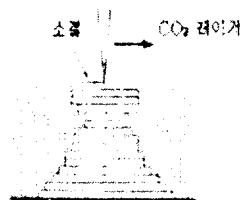
Fig. 1 SLA(stereolithography) sintering

또, 광 빔의 주사 정밀도를 향상시킴으로써 더욱 높은 정밀도를 가진 조형이 가능하다는 것도 실험을 함으로써 증명되고 있다. 그리고 투명도가 있는 수지를 사용할 수 있다는 점은 시험용 모델 등에 유리하다고 할 수 있다. 그러나 모델 재질로서는 광경화성 수지에 한정되어있기 때문에 조형품을 이용한 시작품의 엄격한 기능 체크에 이용될 때는 문제가 된다. 또, 장치나 수지 관리비가 비교적 고가이고 레이저 광원의 수명이 짧다는 점 등 모델 제조비용을 상승시키는 요인이 존재하고, 후처리로 소프트 제거도 매우 번거롭지만 이는 그나마 다른 적층 조형법에 비해 마무리가 양호하다[3].

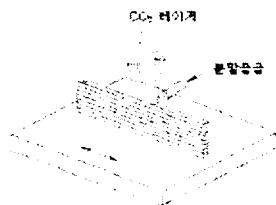
2.2. 분말 소결법

분말을 원료로서 사용하고 빔 가열에 의한 분말 입자를 상호 결합하여 적층조형을 하는 방법이다. 분말 소결법의 구체적인 조작은 광조형 소결법과 유사하다. 레이저 빔은 가열용 CO2 또는 Nd-YAG 등의 빔을 사용하고, 이 빔은 광조형 소결법에서 사용하는 자외선 빔에 비해 레이저 광원의 수명이 길다. 레이

저 빔이 분말에 조사되면 분말의 표면이 용융하고 서로 접한 분말끼리 접합하여 소결된 분말의 얇은 층을 만든다. 그리고 이때 이미 소결되어 있는 아래층과의 결합도 동시에 이루어진다. 그 다음 소결층을 하강시켜 다시 상면에 분말의 얇은 층을 공급한다. 분말의 재료로는 왁스, 수지 이외에 가장 큰 특징인 도포된 금속이나 세라믹 분말도 사용할 수 있다. 금속이나 세라믹 분말의 도포는 비교적 얇은 층이므로 도포 수지는 이후의 가열 공정에 간단히 제거할 수 있다. 또 세라믹 분말의 경우에는 다공질이면서 소결체 자신을 구조형 주형으로서 사용할 수도 있는데 그 예는 셸몰드(shell mold) 구조법이다. 이 주형을 만드는 방법은 셸몰드 주형에 비해 분말이 곤란한 복잡한 형상의 주형까지 직접 제작할 수 있는 특징을 갖는다. 그리고 분말 소결법을 더욱 발전시켜 레이저 빔의 용량을 크게 하면 바인더를 개재시키지 않아도 금속 분말끼리 소결할 수 있다[4,5].



(a) Laser selective sintering



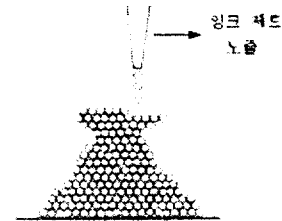
(b) The Modeling by laser selective sintering (Germany, Technical University of Aachen)

Fig. 2 Selective laser sintering

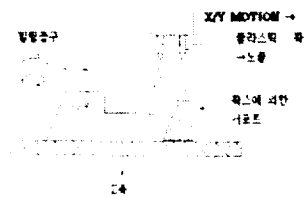
2.3. 잉크 제트법

이 잉크 제트법 기술은 현재 프린터기에 주류로 사용되고 있으며 이 방법을 적층 조형법에도 적용시켜 개발되고 있다. 이 방법의 경우 잉크 제트의 노즐로

부터 가열 용융된 왁스와 같은 액체 방울을 연속적으로 떨어뜨려 점상의 입자를 연결시킴에 의해 선상물을 형성할 수 있으며, 이것을 면상으로 주사하여 얇은 층을 만들 수 있다.



(a) Laser selective sintering (liquid jetting type)



(b) Laser selective sintering (liquid jet type, sanders Inc.)

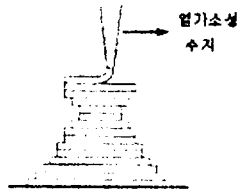
Fig. 3 Laser selective sintering (liquid jet type)

위에 보이는 Fig. 3은 미국 Sanders사에서 최초로 개발된 잉크 제트법을 이용한 적층조형시스템이며 밀링은 높이 방향의 정밀도를 향상시키기 위해 얇은 층을 만든 후 표면에 대한 절삭 가공을 하는 역할을 한다. 이 방법은 시작품뿐만 아니라 주물의 소량 생산에 적절하다. 그러나 일반 소형 프린터기를 보면 알 수 있듯이 한 개의 노즐을 사용하면 고속으로 조형할 수 없다. 그렇기 때문에 노즐의 수를 늘린다면 속도에 대한 시간을 해결할 수 있을 것이다[6].

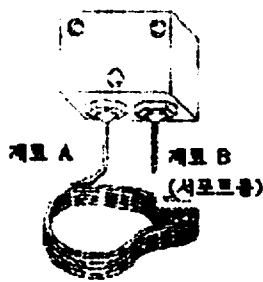
2.4. 수지 압출법

이 방법은 잉크 제트법에서 액체 방울을 떨어뜨리는 대신에 가는 노즐로 왁스나 가열 용융된 수지를 압출하여 가는 선 모양의 수지를 고화시키면서 면상으로 주사시킴으로써 적층 조형할 수 있다. 이 잉크 제트법을 사용하는 장치에는 노즐의 주사 속도에 따라 슬라이드의 두께를 조절한다. 그렇기 때문에 노즐의 주사 속도에 따라 압출량을 제어하여 두께를 컨

트를 할 수 있는 특수 펌프가 필요하다. 이 장치의 장점은 소형이며 저가이고, 로스트 왁스 주조용의 왁스 모델을 제작할 수 있다. 또한 ABS나 나일론 등 범용 수지를 조형할 수 있으며 금속 조형품이나 기능 체크를 필요로 하는 부품을 생산할 때 가장 널리 쓰이고 있다[7].



(a) Fused deposition modeling(FDM)



(b) Fused deposition modeling(FDM)
(stratasys Inc.)

Fig. 4 Fused deposition modeling(FDM)

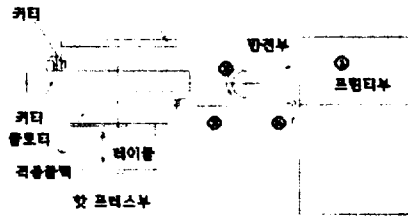
2.5. 시트 적층법

이 방법은 다른 조형법처럼 얇은 층을 만들면서 적층하는 것이 아니고 종이나 수지 등의 시트 재료를 슬라이스 데이터로 절단하여 그것을 적층하는 방법이다. 이 시트 적층법에서는 적층 중에 조형품의 두께를 검출하고, 그 두께 치수에 따른 슬라이스 데이터를 사용하여 높이 방향의 치수정밀도를 확보할 수 있다. 가열하여 압착하므로 냉각시의 응력 발생에 의해 변형이 발생하기 때문에 가압하면서 천천히 냉각하는 방법도 취해지고 있다. 또 시트에는 흡습성이 있어 그대로 방치하면 팽창 연화하여 치수 확대와 변형을 일으키므로 조형 후 빨리 래커 도포 등의 방습 처리를 하여야 한다. 이 방법에 의해 만들어진 조형품의

재질은 목질재와 비슷하고 후가공이 목형과 똑같이 처리되므로 목형업계에서도 사용되고 있다.



(a) Laminated Object Manufacturing



(b) Laminated object manufacturing
used the plain paper(KIRA Corporation Inc.)

Fig. 5 Laminated object manufacturing

이는 미세형상에는 부적절하지만 비교적 변형도 적고 대형물 부품에 적절하다. 그리고 이 논문에 대상이 되는 VLM-ST 또한 이 시트 절단법의 하나이다 [8].

III. VLM-ST

다음 Fig. 6에서 보이는 그림은 이 논문에 대상이 되는 VLM-ST장치이다. 이 장치는 시트 절단법의 하나로 오른쪽에 재료저장 및 공급부, 중앙에 형상 생성부, 그리고 왼쪽에는 잘려진 형상이 옮겨져 오게 될 때 바닥에 떨어지지 않도록 받쳐주는 받침대로 구성되어있다. 기존의 장비들은 레이저를 이용하여 종이 등을 한 층씩 적층하여 삼차원 형상을 조형하였지만 이 VLM-ST는 우리 주위에서 실내 장식을 할 때나 기타 여러 가지 다른 재료로 쓰이는 경질스티로폼 보드를 재료로 사용하고 절단은 열선을 이용하여 한 층 한층씩 절단하여 적층한다.

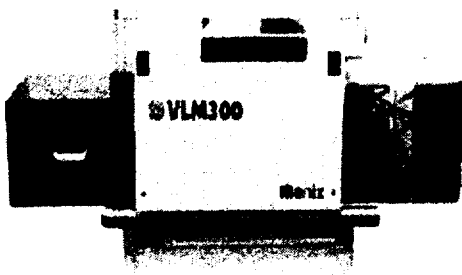


Fig. 6 VLM-Slicer (Korea, Menix Inc.)

3.1. 재료저장 및 공급부

위의 Fig. 6의 가장 오른 쪽에 있는 부분이 재료저장 및 공급부이다. 이 재료저장 및 공급부는 재료 저장단위와 저장된 재료를 단속적으로 이송시키는 이송단위로 구성된다. 이 부분을 자세히 살펴보면 지그재그로 된 형상을 볼 수 있다. 이 형상위에는 A4크기의 판이 하나 놓여져 있는데 이 부분에 재료를 공급한다. 재료는 블랙박스의 높이만큼 공급할 수 있으며, 이 부분에는 스프링에 의해 재료가 밖으로 나가는 것을 방지하기 위해 작은 탭이 설치되었다. 스프링의 가장 큰 역할은 위치 조절인데 이는 전체 공정 순서에 맞추어 재료가 자동으로도 계속 공급할 수 있도록 하는 역할을 한다[9].

3.2. 형상 생성부

위의 Fig. 6의 가운데 부분이 형상 생성부인데 자세한 사진은 아래 Fig. 7에 자세히 나타나 있다. 위에서 설명한 바와 같이 이 형상 생성부에서는 레이저 대신 열선을 이용해 한층 한층 절단한다. 열선에 대한 그림은 아래 Fig. 8에 자세히 나타나 있다. 열선은 과도 열 변형과 저주기 피로에 대처하기 위하여 고온에서 기계적 물성이 뛰어난 Ni-Cr선을 사용하였고, 발열온도는 약 700℃이다.

그리고 열선이 장착된 열선 절단기 시스템은 평행 사변형 링크 메커니즘을 이용하여 X축, Y축 및 아랫면 또는 윗면 단독으로도 움직일 수 있다[9].

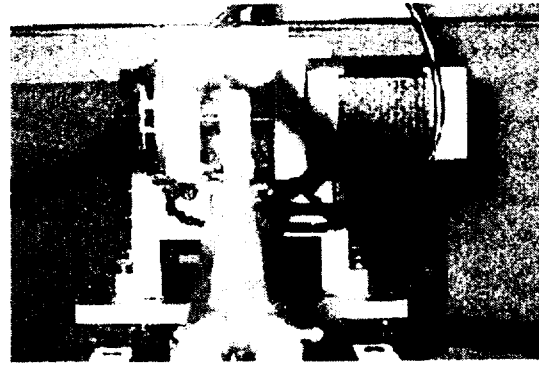


Fig. 7 A phase production division of VLM-Slicer

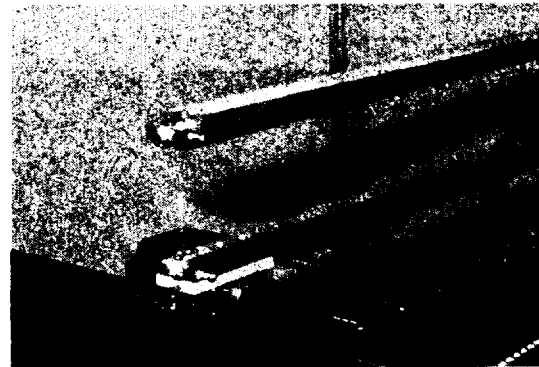


Fig. 8 A hot wire of a phase production division

3.3. 시스템 제어부

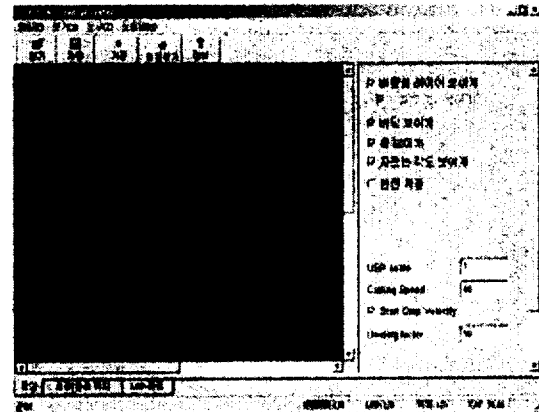


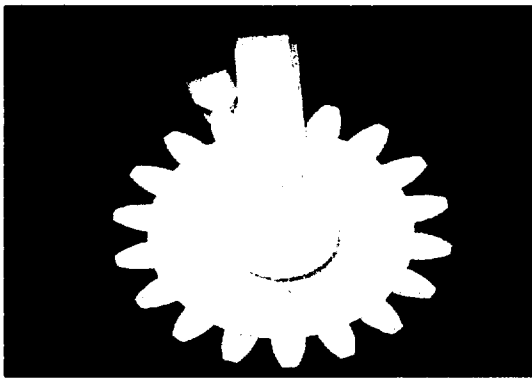
Fig. 9 VLM-slicer control system

시스템 제어부에서는 컴퓨터를 이용하여 Window 환경에서 전 자동 및 부분자동으로 제어할 수 있는 시스템이다. 여기에서는 재료의 자동 공급과 입력된

USL 파일의 데이터를 이용하여 열선 전단기까지의 경로 정보, 열선 온도에 대한 정보, 형상 생성 정보, 형성된 재료 및 잔여 재료의 자동 이송 속도와 간격 등을 결정하여 VLM-ST가 3차원 제품을 신속, 정확하게 조형할 수 있도록 구성된 시스템이다[9]. 아울러 여기에서는 초보자가 실수를 범하지 않게 열선에 관한 대부분을 제어할 수 있다.

3.4. 재료 적층 및 접합부

위의 Fig. 6의 맨 왼쪽에 위치한 블랙박스에 형성된 재료 및 잔여재료가 모아진다.



(a) A toothed wheel used the VLM-slicer (Top View)



(b) A toothed wheel used the VLM-slicer (Front View)

Fig. 10 A product used the VLM-slicer(a), (b)

여기에서 형성된 재료만을 골라서 적층하여 접합하게 되는데 이 모든 과정은 수동으로 이루어진다. 그러나 수동으로 이루어진다고 해서 약간 피곤할 뿐 초보자도 쉽게 접착할 수가 있다. 그 이유는 재료가 형성되어 나올 때 형성 마지막 부분에는 Fig. 10(a)에서 보듯이 파일럿 핀이 부착되어 있기 때문에 이 핀을 중심으로 계속 쌓아 올린다면 접합할 때의 문제점은 해결할 수가 있다.

IV. 결과 및 고찰

이제까지 적층 조형 시스템의 종류와 원리 및 VLM-ST장치에 대해서 알아보았다. 적층 조형 시스템은 시제품(Prototype)을 만드는 것을 주로 하였지만, 의료용 및 여러 실험 목적 등으로도 많이 쓰이고 있다. 더불어 적층 조형 시스템 또한 정밀도를 추구하기 위해 발전되고, 그에 따른 제품의 가격도 상승하고 있다. 그렇기 때문에 간단한 시제품을 만들거나 적층 조형 시스템의 원리를 살펴보기가 쉽지가 않다. 그에 비하면 VLM-ST장치는 가장 큰 결점인 비용면에서 저렴할 뿐만 아니라 직접 한 층 한 층 제작되어 접합해봄으로써 적층 조형의 원리를 알 수 있다. 그리고 한 층 한 층 제작되기 때문에 장치를 가동하는 도중 불량품이 나오면 다시 제작할 수 있기 때문에 완성된 제품을 폐기해야할 확률도 줄어든다.

다음으로 재료 면에서의 장점을 들어보겠다. 재료는 주위에서 쉽게 구할 수 있는 경질 스티로폼으로 가격도 저렴하다. 게다가 한 층의 최소 두께가 3mm 이상이기 때문에 종이에 비해 훨씬 두껍고[9], 이 두께는 정해진 것이 아니기 때문에 너무 크지 않는 범위 내에서 형성될 모양(단순한 부분은 두꺼운 폼을, 세밀한 부분은 얇은 폼을)에 따라 두께를 조절할 수 있기 때문에 적층이라는 조건에서 제작시간의 감소라는 효과도 있다. 재료의 특성상 아주 잘 꺾이기는 하지만 여러 개를 접합하기 때문에 충격에 대해서도 어느 정도는 견딜 수 있다. 그리고 후처리를 할 때에도 재료의 특성상 다른 기구는 필요 없고, 사포만으로도 손쉽게 표면을 다듬을 수 있다.

다음 열선을 사용함으로써 생기는 장점은 레이저

에 비해 가격이 저렴할 뿐만 아니라 여러 번 반복 사용할 수 있고, 기존의 적층 조형 시스템에서는 대부분이 직육면체로 생성되어 적층되었으나 이 VLM-ST장치에서는 열선 절단기의 평행사변형 링크 메커니즘을 사용하고 있기 때문에 곡면을 형성할 때 곡면처리가 되어 후처리를 덜어준다. 재료인 폼은 열에 약한 관계로 열선으로 쉽게 잘리며 판 하나가 형성되기까지의 시간은 10~50초 사이이다. 이는 열선으로 직접 자르기 때문에 복잡한 모양일수록 시간이 오래 걸린다.

단점으로는 접합부를 접합하는 과정에서 발생하게 되는데 수동으로 접합하다보니 아주 작은 형상을 접합할 때 시간도 오래 걸릴 뿐만 아니라 조금만 흐트러져도 형상이 이상하게 된다. 그리고 파일럿 판과 형상과의 접촉면도 얇게 연결되어 있기 때문에 큰 형상을 만드는데 적합하다. 접착할 때 접착제 또한 쉽게 구할 수 있는 접착제를 사용할 수 있지만 폼의 표면이 매우 매끄럽기 때문에 접착제로 붙여도 쉽게 붙여지지 않고 미끄러지게 된다. 그렇기 때문에 접착한 다음 위해서 수직방향으로 계속 눌러주어야 하는 결점이 있다. 이를 방지하기 위해 폼의 표면 거칠기를 크게 해야 할 것이다.

참고문헌

- 1) J. H. Yoon, H. H. Jeon, S. H. An, and M. C. Joe, 1997, Development of the integrated information system for 3D product design/RP/CAE /3D mold design/tooling, society of CAD/CAM engineers, Vol. 2. No. 1, pp. 35-43.
- 2) 이승수, 김민주, 박정보, 전연찬, 2003, RP를 이용한 미세기어 하우징 성형에 관한 연구 대한기계학회 A권, 제27권 제10호, pp. 1748-1753.
- 3) 中川 威雄, 丸谷 洋二, 1998, 적층조형 시스템, 3차원 카피 기술의 신전개, 성안당, pp101-104.
- 4) 中川 威雄, 丸谷 洋二, 1998, 적층조형 시스템, 3차원 카피 기술의 신전개, 성안당, pp104-108.
- 5) 한국과학기술원, 1995, 직접식 3차원 형상 제조법의 개발, 과학기술처, pp. 23-31. 1995.
- 6) 中川 威雄, 丸谷 洋二, 1998, 적층조형 시스템, 3차원 카피 기술의 신전개, 성안당, pp108-110.
- 7) 中川 威雄, 丸谷 洋二, 1998, 적층조형 시스템, 3차원 카피 기술의 신전개, 성안당, pp110-111.
- 8) 中川 威雄, 丸谷 洋二, 1998, 적층조형 시스템, 3차원 카피 기술의 신전개, 성안당, pp111-114.
- 9) 양동열, 안동규, 이상호, 최홍석, 박승교, 채희창, 2001, 단속형 재료 공급식 가변 적층 패속조형공정 및 장치 개발에 관한 연구, 대한기계학회 추계 학술대회논문집 A권, pp.706-765.