

후처리를 최소화하는 판재적층방식 쾌속조형기의 개발

조인행*, 이건우**, 송용억***

Development of Sheet Deposition Type Rapid Prototyping System Minimizing Post Processing

Inhaeng Cho*, Kunwoo Lee**, and Yongak Song***

ABSTRACT

Sheet deposition type rapid prototyping systems have many advantages : high build speed, low operating cost, large part size, no phase change, no need for support generation, and so forth. However, those sheet deposition type rapid prototyping systems require an additional post processing to remove excessive material attached to the part. This post processing is time consuming and labor intensive. Moreover, it is difficult for those systems to fabricate parts with hollow cores and internal cavities.

A new sheet deposition type rapid prototyping system that minimizes the post processing is proposed. The proposed system automatically removes excessive material in a peeling-off process between two cutting processes. In this way, the proposed system can reduce the post-processing time and cost as well as the limitation of the feasible geometric shapes in the conventional sheet deposition systems.

Key Words : Rapid Prototyping system(쾌속조형기), sheet deposition(판재적층), post processing(후처리), decubing(디큐빙), LOM

1. 서론

1.1 연구 배경

1984년 Charles Hull에 의하여 최초의 쾌속조형기인 SLA가 발명된 이래 쾌속조형기는 여러 분야에서 그 용도를 인정 받아 빠른 속도로 발전해왔다.^[1] 쾌속조형의 기본 성형원리는 주어진 3차원 형상 데이터를 특정 성형 방향에 대한 2차원 단면 데이터로 근사 표현한 후, 파트를 아래층부터 층별가공(layer-by-layer manufacturing)하여 3차원으로 성형하는 것이다. 따라서, 기존의 가공방법

으로 제작이 불가능한 형상의 성형이 가능하며, 성형시간이 비교적 짧아 시제품의 제작 등에 매우 유리하다.

그러나, 아직까지 쾌속조형기의 구입에는 적지 않은 비용이 소요되며, 주로 특수재료를 사용함으로써 인해 유지비용 또한 고가이다. 쾌속조형의 비용을 구성하는 요소는 세가지로 나눌 수 있는데, 장비의 가격, 재료비와 후처리 비용으로 구성되는 성형비용으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 이 세가지 비용을 줄이면서 성형 가능한 형상의 폭이 넓은 쾌속조형기를 개발하는 것을 목표로 하였다.

* ㈜LG-EDS 시스템 CALS&CIM Solution 사업부

** 서울대학교 기계항공공학부

*** 한국과학기술연구원

이를 위하여 본 시스템은 쾌속조형법의 여러 방식 중 판재적층방식을 채택하였다. 판재적층방식은 Fig. 1과 같이 한 레이어를 한꺼번에 적층한 후 외곽선을 절단하는 방식으로서 장점은 다음과 같다.

- 한 레이어를 한꺼번에 적층하므로, 성형속도가 빠르다.
- 파트의 체적이 성형속도에 미치는 영향이 적어 큰 파트의 성형에 유리하다.
- 종이 등의 판재를 사용하므로 재료비가 상대적으로 싸고 상변화로 인한 변형이 없다.
- 지지대 생성 알고리즘이 불필요하다.

위와 같은 장점이 존재하는 반면, 판재적층방식 쾌속조형기는 다른 쾌속조형방식에 비하여 후처리에 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다. 즉, Fig. 1과 같이 적층, 접착, 절단의 과정이 반복되므로, 성형이 완료되었을 때 파트는 Fig. 2(a)와 같이 상자의 내부에 파묻히게 된다. 따라서, Fig. 2(b)(c)(d)와 같이 파트 이외의 불필요한 부분을 제거하는 과정이 필요하게 되는데, 이를 ‘디큐빙’ 과정이라 한다. 디큐빙 과정은 수작업으로 이루어져야 하므로 많은 시간과 비용이 소요된다. 또한, Fig. 3과 같이 디큐빙이 어려운 형상을 포함한 파트의 경우 디큐빙에 많은 시간이 소요되거나 성형이 불가능한 경우가 발생한다. 따라서, 디큐빙 과정에 대한 개선이 이루어질 경우 여러가지 장점을 갖고 있는 판재적층방식 쾌속조형기의 생산성을 높이고 이용을 확대시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기존의 판재적층 방식을 개선한 새로운 공정 및 CAD 시스템을 개발하여 쾌속조형에 소요되는 시간과 비용을 줄이고 쾌속조형기 사용의 폭을 넓힐 수 있도록 하였다.

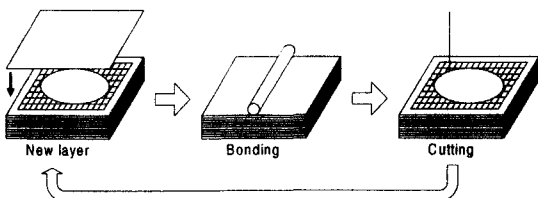


Fig. 1 Build process of sheet deposition type RP

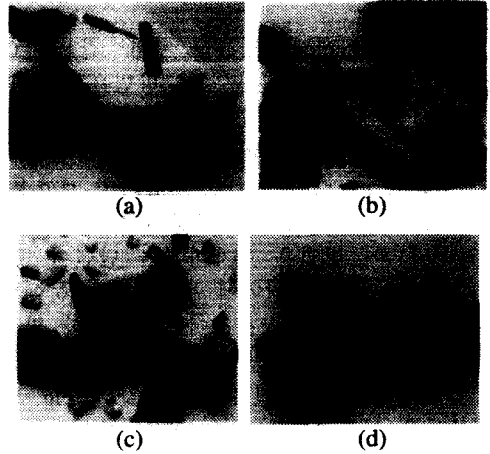


Fig. 2 Decubing process of LOM(courtesy of Helisys)

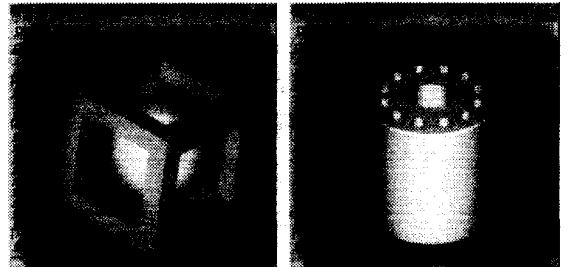


Fig. 3 Example parts involving high cost in decubing process

1.2 관련 시스템

판재적층방식 쾌속조형기는 현재 Helisys 사의 LOM 시스템, KIRA 사의 PLT 시스템, 그리고 SDC 사의 JP System 5 등이 있는데, 가장 널리 사용되는 Fig. 1의 LOM 시스템^[2]은 최종형상이 나무와 비슷하여 사형주조(sand casting)에 적용하기 용이하고, PLT 시스템은 일반 레이저 프린터 토너와 복사용지를 사용하여 유지비가 저렴하다는 장점이 있다. JP System 5^[3]는 상용 플로터를 사용하여 부착성이 있는 판재를 절단한 후 보호용지를 제거하고 이를 수동으로 적층하는데, 수작업이 많이 요구되므로 주로 교육용으로 사용되고 있다.

전술한 세 시스템은 모두 적층이 끝난 후 불필요한 부분을 제거하는 디큐빙 과정을 필요로 하며, 이로 인하여 성형가능한 형상에 제약이 받고, 후처리에 많은 비용이 소요된다.

1.3 관련연구

Ennex Technology 는 Fig. 4와 같은 “Offset Fabrication”을 제안하였다.^[4] 이 방법은 본 시스템과 달리 1 회의 절단만 수행하며, 드럼을 이용하여 판재를 이송하여 Fig. 4(b)와 같이 적층된 파트의 위에 적층한 후 다시 드럼을 이용하여 보호용지를 제거한다. 이 때, 불필요한 부분이 함께 제거된다.

그러나, 이 방법은 현재까지는 단면이 줄어들 경우 판재가 이전 레이어에 부착되기 때문에 제거되지 못하는 문제가 발생하여 기둥 형상 및 단면이 증가하는 파트의 경우에만 성형이 가능하다. 이를 그림으로 나타내면 Fig. 5와 같다. Fig. 5(a)의 회색부분을 적층하고자 하는 경우, (b)의 절단과정을 거쳐 (c)와 같이 적층한 후 보호용지를 제거하면, 불필요한 부분이 (d)와 같이 제거되는 것이 아니라 (e)와 같이 이전 레이어에 부착되게 된다. 따라서, 이 방법은 현재까지는 일반적인 파트의 성형이 불가능하다. Ennex Technology 는 위의 단점을 개선한 시스템을 현재 개발 중이다.

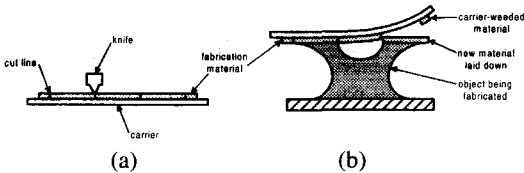


Fig. 4 Methodology of offset fabrication(courtesy of Ennex Corporation)

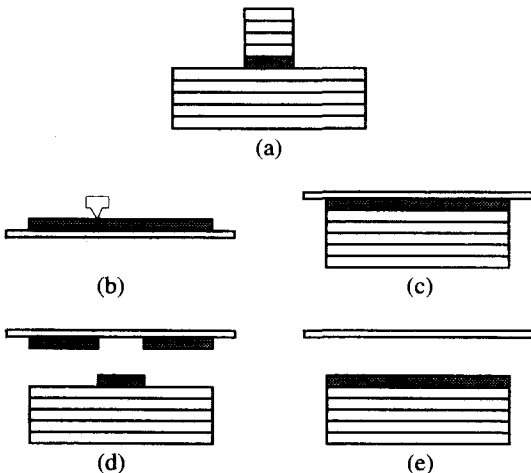


Fig. 5 Case where offset fabrication cannot remove excessive materials when the area is decreased.

Q. Huang 등은 중국 청화대학에서 개발한 LOM 방식 시스템에서 이전 레이어의 정보를 이용하여 레이저의 출력을 조절함으로써 파트의 손상을 최소화하고 디큐빙이 쉽도록 하였다.^[5] 즉, 해칭 패턴의 레이저 출력을 높이면 이전 레이어에 파트 내부가 있을 경우 레이저 출력을 낮추는 방법을 사용하였다.

최근 종이 대신에 세라믹 등의 재료를 판재의 재료로 사용하려는 연구가 이루어지고 있는데, 이 경우 디큐빙은 더욱 어려워지게 된다. 이 경우 기존의 절단 및 디큐빙 방법으로는 파트의 손상을 피하기 어렵게 된다.^[6] D. Klosterman 등은 이러한 문제를 해결하기 위하여 두 가지 방법을 이용하여 디큐빙이 용이하도록 하였다. 첫번째 방법은 파트와 제거될 영역이 만나는 부분에는 해칭 패턴의 간격을 좁게 하는 것이고, 두 번째 방법은 레이저의 초점을 조절하여 파트와 제거될 영역이 만나는 부분의 판재의 두께를 얇게 하는 것이다. 그러나, 위의 두 방법은 세라믹 판재를 이용한 적층에만 적용할 수 있다. 즉, 첫번째 방법을 종이 등의 판재에 적용할 경우 디큐빙 시 작은 조각들이 파트에 붙어있게 되어 이를 처리하는 시간으로 인해 오히려 후처리 시간이 늘어나게 되며, 두 번째 방법은 바인더가 첨가된 분말을 사용하는 경우에만 적용할 수 있다는 한계가 있다.

1.4 본 시스템의 성형원리

본 연구에서는 접착력이 있는 판재를 성형소재로 사용하였다. 본 시스템의 가장 큰 특징은 다른 판재성형방식 쾌속조형기와 달리 절단을 두 번 수행하는 것이다. 즉, Fig. 6(a)와 같이 1 차절단에서 제거되어야 할 부분의 외곽선을 미리 절단한 후, (b)와 같이 절단된 외곽선의 내부를 판재의 보호용지와 함께 제거한다. 불필요한 부분이 제거된 판재는 (c)와 같이 지금까지 성형한 파트 위로 이송되어 (d)와 같이 접착한다. (e)의 2 차절단에서는 나머지 절단선들을 절단한다. 이러한 일련의 과정을 거쳐 완성된 파트는 불필요한 부분을 포함하고 있지 않게 된다.

본 시스템에서는 판재적층방식의 장점은 최대한 살리면서, 단점을 극복하고자 노력하였다. 즉, 1 차절단과 2 차절단 사이에서 불필요한 부분을 대부분 없애므로써, 기존의 방법에서 제거가 어려웠던 부분의 제거를 용이하게 하였다. 따라서, 성형

가능한 형상의 폭을 넓혔고 후처리량을 감소시켰다.

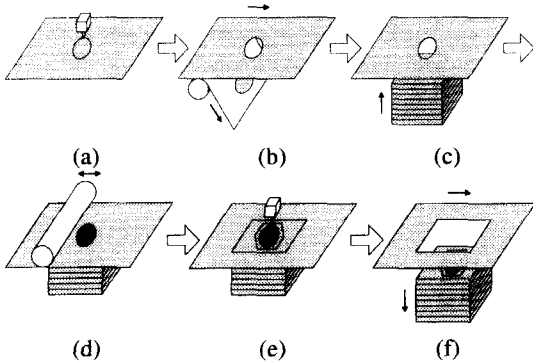


Fig. 6 Build procedure of ADL machine (a) first cutting (b) peeling (c) platform up (d) bonding (e) second cutting (f) platform down

2. CAD 프로세스

2.1 개요

기존 판재적층방식 쾌속조형기의 일반적인 CAD 프로세스는 Fig. 7(a)와 같다. 판재적층방식의 특성상 2차원 단면데이터 생성 시 해칭패턴의 생성과정이 필요하다. 그러나, 본 시스템은 기존의 판재적층방식 쾌속조형기와 달리 성형과정에서 불필요한 부분을 제거하므로, Fig. 7(b)와 같은 CAD 프로세스를 거치게 된다. 즉, 해칭패턴의 생성과정 대신 불필요한 부분을 제거하기 위한 데이터 처리과정이 추가되었다. 먼저, 제거되는 부분으로 인한 붕괴를 막기 위한 지지대 생성과정이 추가되었고, 제거영역을 최소화하기 위한 외곽선(silhouette) 추출과정, 제거영역 추출과정, 고립영역(island) 및 처짐영역(sagging region)을 방지하기 위한 브리지(bridge) 생성과정, 두 단계의 절단 데이터 생성을 위한 데이터 분리 과정이 추가되었다. 본 연구에서는 STL 파일의 입력부터 슬라이스까지의 3차원 데이터 처리에는 서울대학교 기계항공공학부 CAD 연구실에서 개발한 RapidWorks¹⁷⁾를 수정하여 사용하였고, 슬라이싱 이후의 2차원 데이터 처리에는 RapidADL이라는 시스템을 개발하여 사용하였다.

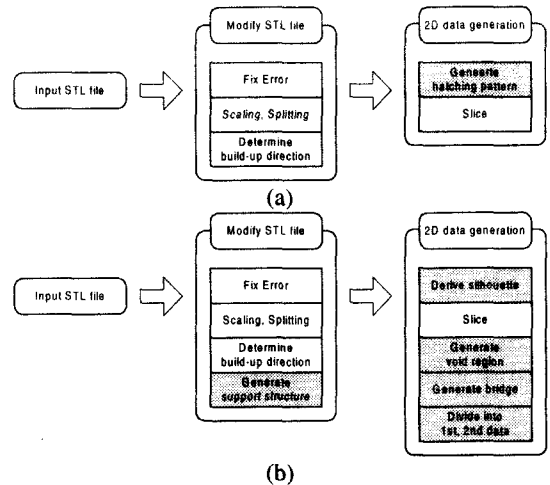


Fig. 7 CAD process of sheet deposition type rapid prototyping (a) conventional system (b) proposed system

2.2 성형방향의 결정

쾌속조형에서 성형방향은 총 성형시간, 정밀도, 지지대의 양, 고립체적의 양 등에 영향을 미친다. 따라서, 성형 전에 사용자의 요구에 부합하는 최적의 성형방향을 결정해야 한다.

본 시스템은 판재적층방식이므로 고립체적의 양은 고려하지 않아도 좋으나 2.6 절 및 2.7 절에서 상술할 브리지의 양을 고려해야 한다.

따라서, 본 연구에서는 성형 전 각 파트에 대하여 총 성형시간, 성형정밀도, 지지대의 양, 브리지의 양을 고려한 최적 성형방향을 결정하였다.

2.3 지지대의 생성

기존의 판재적층방식과 달리, 본 시스템에서는 파트 이외의 부분을 미리 제거하기 때문에 지지대가 필요한 경우가 발생하게 된다. 일반적으로, 쾌속조형 시 지지대가 필요한 경우는 Fig. 8과 같다. 허정훈¹⁸⁾은 Fig. 8의 각각의 경우에 대하여 지지가 필요한 부분을 찾아내고 Fig. 9와 같이 웹, 직선, 점, 거셋(gusset) 형태의 격자를 생성하였다. 그러나, 판재적층방식은 점 또는 선분 형상의 적층이 불가능하므로, 비다양체 지지대를 사용할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 Fig. 10과 같이 솔리드 형상의 지지대를 생성하였다. 솔리드 형상의 지지대 중 가장 간단한 방법은 기존의 판재적층방식과 같이 지지대 필요 영역을 판재로 가득 채우는 것이

다. 그러나, 이 경우 성형 후 지지대 제거에 많은 비용과 시간이 소요되므로, 본 연구에서는 격자형상의 지지대도 생성할 수 있도록 하였다. 또한, 판재적층방식의 장점을 활용하여 Fig. 8(b)의 천정(ceiling) 부분에 대하여 지지대가 불필요한 부분을 찾아내어 지지대의 양을 줄였다.

본 연구에서 개발된 지지대 생성 알고리즘을 사용할 경우 지지대의 필요 영역이 기존 SLA 방식에 비하여 줄어들게 되며, 지지할 영역 전체가 판재로 채워져 있는 기존 판재적층방식의 디퓨빙 작업에 비하여 지지대의 제거가 용이하게 된다.

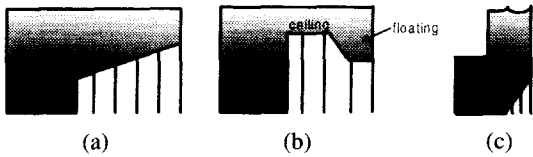


Fig. 8 Regions to be supported (a) overhang (b) floating & ceiling (c) unstable

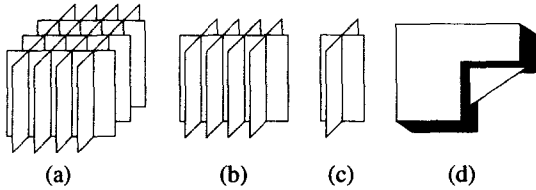


Fig. 9 Types of support structure for SLA (a) web (b) line (c) point (d) gusset

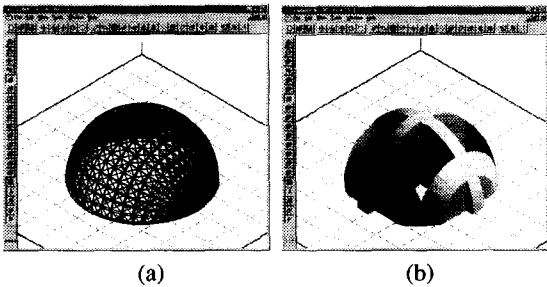


Fig. 10 Generation of support structure by proposed system (a) hemisphere shell model (b) generated support structure

2.4 외곽선 기둥의 생성

기존의 판재적층방식 쾌속조형기에서는 성형이 완료되었을 때 파트는 Fig. 11(a)와 같이 상자(block)의 내부에 파묻히게 된다. 이를 본 시스템

을 이용하여 성형하면 상자에서 파트를 제외한 부분은 미리 제거되고 빈 공간에는 필요에 따라 브리지, 지지대 등이 남아있게 된다. 브리지, 지지대는 적층 후 제거해야 할 부분이므로 그 양이 적을수록 후처리 비용이 줄어들게 된다. 본 연구에서는 브리지의 양을 줄이고 판재 이송의 안정성을 높이기 위해 상자 대신 외곽선 기둥(bounding pillar) 형상으로 파트를 성형하였다. 외곽선 기둥이란, Fig. 11(b)와 같이 성형방향으로 파트를 투영했을 때의 외곽선 모양의 기둥을 말한다. 외곽선 기둥 모양으로 성형하게 되면 외곽선 기둥에서 파트를 제외한 부분에 브리지가 생성되므로 후처리량은 줄어들고, 제거영역이 줄어들게 되어 판재이송 시 안정성이 높아지게 된다.

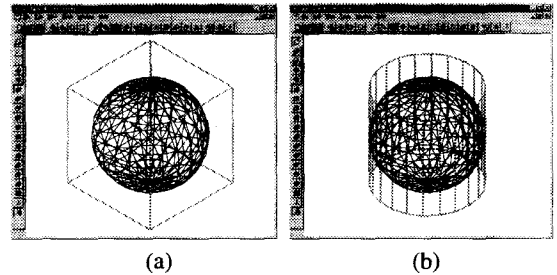


Fig. 11 (a) bounding box of sphere (b) bounding pillar of sphere

2.5 제거영역의 생성

본 시스템의 가장 큰 장점은 적층 과정에서 불필요한 부분을 제거할 수 있다는 것이다. 불필요한 부분은 각 레이어의 1차절단 및 보호용지 제거과정에서 제거되므로, 각 레이어의 제거영역을 구해야 한다. 각 레이어의 제거영역은 슬라이싱 시 제거체적(removal volume)과 슬라이싱 평면과의 교차면적과 같다. 제거체적은 Fig. 12와 같이 외곽선 기둥에서 파트를 감한 것이다.

그러나, 3차원 볼리안 차집합 연산을 이용하여 외곽선 기둥에서 파트를 감할 경우 많은 시간이 소요되므로, 본 연구에서는 각 레이어마다 외곽선에서 파트 영역을 감하는 2차원 볼리안 차집합 연산을 수행하여 계산의 안정성을 높이고 전체 계산 시간을 줄였다. 예를 들면 Fig. 12의 한 레이어의 절단영역은 Fig. 13과 같이 2차원 볼리안 차집합 연산에 의해서도 같은 결과를 얻을 수 있다.

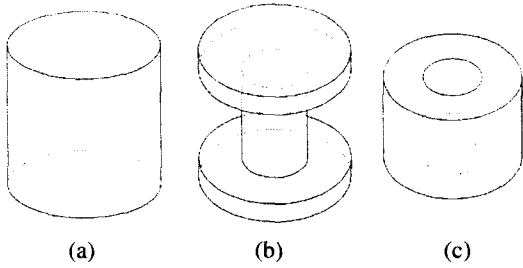


Fig. 12 Removal volume obtained by subtracting part volume from bounding pillar (a) bounding pillar (b) part to fabricate (c) removal volume

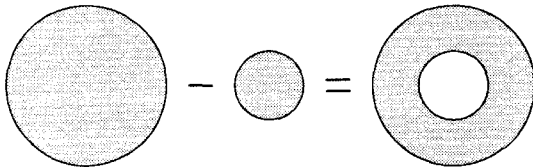


Fig. 13 2D Boolean subtraction operation

Fig. 15(a)는 Fig. 14 파트의 한 레이어이다. 이 파트의 외곽선 기둥은 사각기둥이므로, 제거체적은 사각기둥에서 파트를 감한 것과 같고, Fig. 15(a) 레이어의 제거영역은 Fig. 15(b)의 회색 부분과 같다. 이는 Fig. 15(b)에서 굵은 실선으로 표시된 외곽선에서 실선으로 표시된 파트영역을 감한 부분과 같다. 이 제거영역의 외곽선은 1 차절단에서 절단되며, 절단된 부분의 내부는 보호용지 제거과정에서 제거된다.

2.6 고립지역의 제거

Fig. 15(b)에서, 회색 부분은 불필요한 부분이므로 보호용지 제거과정에서 함께 제거된다. 그러나, 이 경우 Fig. 15(b)의 A 영역과 같은 고립지역(island)은 Fig. 16(a)와 같이 파트영역임에도 불구하고 보호용지와 함께 제거되는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 각각의 고립영역에 Fig. 16(b)와 같이 브리지를 생성하였다. 판재에는 판재진행에 평행한 방향으로 장력이 작용하므로, 브리지의 방향은 판재진행과 평행한 방향이며, 브리지의 개수는 각각의 고립지역의 크기에 따라 결정된다. 브리지의 폭은 판재의 물성치에 의하여 결정된다. 서로 다른 고립지역에 대한 브리지가 서로 중첩될 경우, 브리지들은 서

로 병합된다.

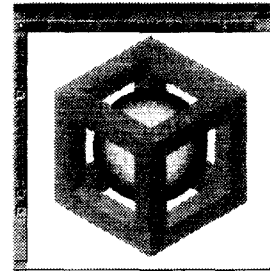


Fig. 14 Ball in a box model

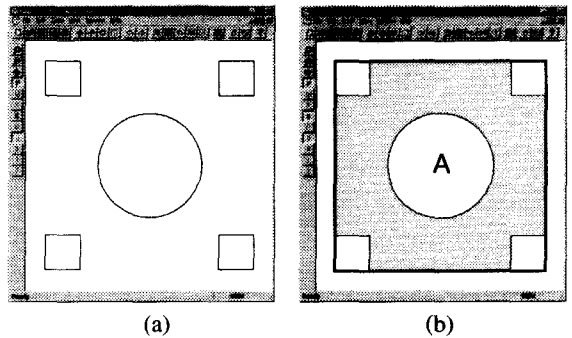


Fig. 15 Generation of removal area (a) sliced data (b) generated removal area

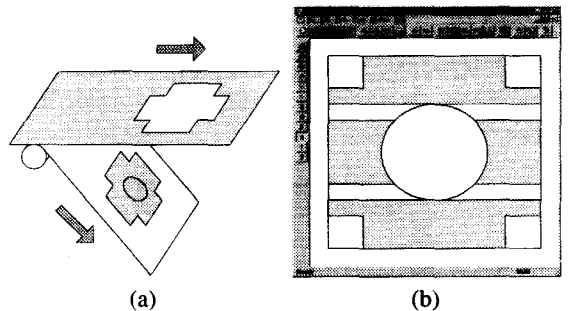


Fig. 16 Island problem (a) islands are removed along with shielding paper (b) bridges for island

2.7 처짐영역의 제거

브리지가 생성되면, 1 차절단 데이터와 2 차절단 데이터를 분리할 수 있게 된다. 그러나, 제거영역의 형상이 부적합하면 성형 시 문제를 일으킬 수 있다. 즉, Fig. 17(a)와 같이 판재의 일부분이 이송 시 중력에 의하여 아래로 처질 수 있다. 보호용지가 떨어진 상태에서 이러한 처짐 현상이 발생하면 처진 영역은 임의의 영역에 부착되어 심각한

문제를 야기할 수 있다. 이러한 부분은 제거영역의 형상이 오목(concave)다각형인 부분에서 발생하는데, 브리지를 추가하여 볼록(convex)다각형이 되도록 하였다. 이를 위하여, 본 연구에서는 각각의 제거영역에 대하여 오목다각형을 야기시키는 점을 구하여 이들 점에 브리지를 생성하였다. Fig. 17(b)와 같이 점의 다각형 내부각이 180도보다 크면 이 점은 오목다각형을 야기시킨다고 할 수 있다. 따라서, 이들 점들의 집합을 구하여 Fig. 17(c)와 같이 브리지를 생성하였다. Fig. 17(d)는 본 알고리즘을 이용하여 Fig. 16(b)의 단면 데이터에 대하여 브리지를 생성한 결과이다.

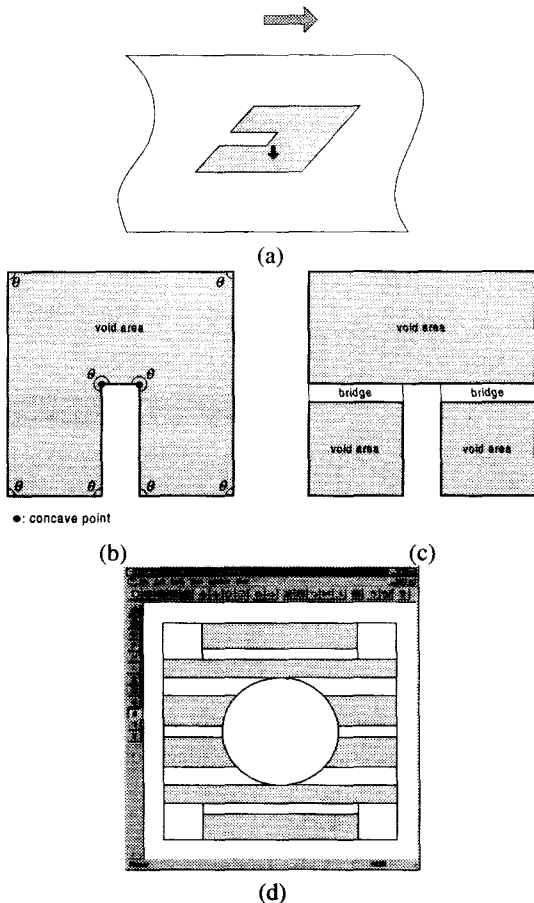


Fig. 17 Sagging region problem (a) sagging region around concave void area (b) convexity check (c) generated bridge (d) bridges for sagging regions

2.8 데이터의 분리

마지막으로 각각의 단면 데이터를 1차, 2차절단 데이터로 분리한다. 1차절단 데이터는 제거영역들의 경계선으로 구성되는데, 제거영역은 2.5절에서 생성되고 브리지 생성과정에서 수정된다. 2차절단 데이터는 전체 단면 데이터 중 1차절단 데이터를 제외한 데이터로 이루어진다. Fig. 18의 (a),(b)는 각각 Fig. 17(d)의 단면 데이터에 대한 1차, 2차절단 데이터이다.

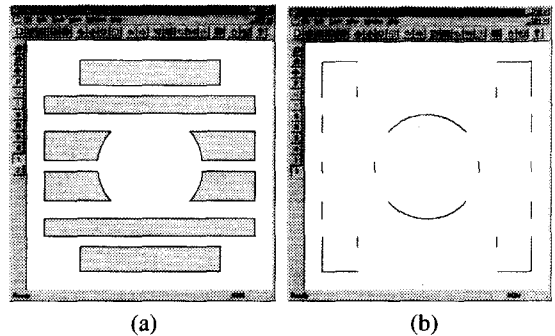


Fig. 18 Divided cutting data (a) first cutting data (b) second cutting data

3. 시스템의 구현

본 연구에서 제안한 쾌속조형 방식은 Fig. 19와 같이 구현되었다. 본 시스템의 설계에는 3차원 솔리드모델러인 SolidWorks를 사용하였다. 즉, 초기 설계 후 이를 3차원 모델링하여 조립성, 부품간의 간섭성 등을 미리 검사하고, 설계 완료 후에는 도면 생성 기능 및 부품표 생성 기능을 이용하여 2차원 도면화하였다. 따라서, 설계 변경 시에도 3차원 파트의 수정이 2차원 도면 및 부품표에 자동으로 반영되어 설계기간을 단축시킬 수 있었다.

본 시스템의 개념도는 Fig. 20과 같다. 크게 나누어 제어부, 판재 이송부, 플랫폼 구동부, 절단부로 나눌 수 있다. 제어부는 두 개의 모터와 절단장치, 플랫폼 등을 제어하는 역할을 수행하며, 판재 이송부는 판재를 판재보급물로부터 잔여판재를 까지 이송시킨다. 플랫폼 구동부는 실제로 파트가 적층되는 곳인 플랫폼과 리니어 가이드로 구성되어 있으며, 절단부는 커터를 움직여 판재를 자르는 역할을 수행한다.

4. 실험 결과

Fig. 21(a)의 솔리드 모델은 5 개의 관통하지 않는 구멍을 포함하고 있다. 본 연구에서는 이 모델을 본 시스템, LOM, PLT 시스템을 이용하여 성형하였다. Fig. 21(b)(c)(d)와 같이, 본 연구에서 제안된 시스템을 이용하면 적층이 완료되었을 때 5 개의 구멍 내부가 제거되지만, 기존의 상용 시스템은 디큐빙을 마친 후에도 구멍 내부를 제거하는 어려운 과정을 필요로 한다.



Fig. 19 Prototype of proposed system

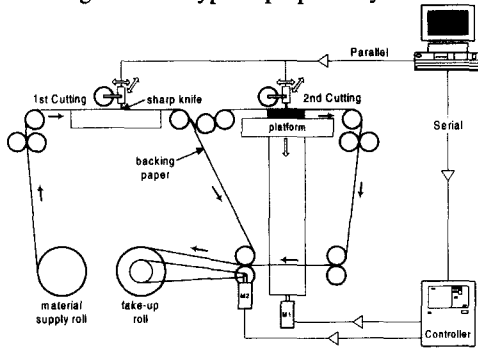


Fig. 20 Schematic diagram of proposed system

5. 결론 및 연구과제

5.1 결론

본 연구에서는 기존 방식의 단점을 개선한 새로운 방식의 쾌속조형기를 개발하였다. 판재적층 방식을 채택하여 적은 재료비로 빠른 성형이 가능하도록 했으며, 독창적인 성형방식을 채택하여 기존 시스템의 한계를 극복하였다. 즉, 기존의 시스템과 달리 2 회의 절단을 수행함으로써 적층 과정

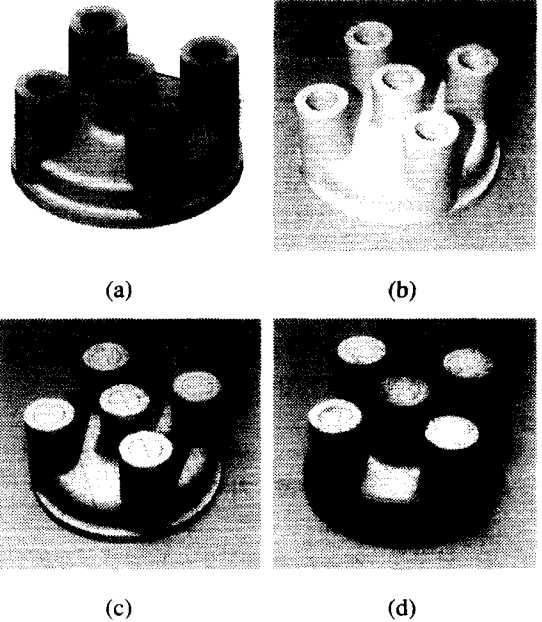


Fig. 21 Parts fabricated with three sheet deposition type RP (a) solid model (b) proposed system (c) LOM (d) PLT

중에서 불필요한 부분이 제거되도록 하여 이에 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있도록 하였고 아울러 기존의 방식으로 성형이 불가능한 형상의 성형이 가능하도록 하였다.

독창적인 성형방식으로 인하여 본 연구에서 개발된 시스템은 기존의 방식과 다른 CAD 프로세스를 필요로 한다. 따라서, 본 시스템의 장점을 최대화할 수 있는 여러 알고리즘들을 개발하였다. 즉, 지지대의 양을 최소로 하는 최적 지지대 생성 알고리즘, 용도에 따른 최적 성형방향을 찾는 알고리즘, 성형 시 변형을 최소화하기 위한 외곽선 기동 생성 알고리즘, 후처리량을 최소화하기 위한 제거영역 생성 알고리즘, 판재이송 시 발생하는 문제를 해결하는 브리지 생성 알고리즘 등을 개발하였다. 이들 알고리즘은 최근 널리 사용되고 있는 Windows NT 환경에서 개발하여 사용자의 편리성을 높였다.

5.2 연구과제

최근 연구되고 있는 세라믹 분말, 금속 분말을

이용한 판재적층방식 성형의 경우 기존의 종이 판재를 사용할 때보다 더욱 심각한 후처리 문제가 발생한다. 이 경우, 본 시스템의 성형방식을 도입하면 큰 효과를 거둘 수 있을 것으로 예상된다.

현재 본 시스템은 개발기간을 단축하기 위하여 판재의 절단에 칼을 사용하였다. 칼을 이용한 절단 방식은 물체의 단면 형상에 따라 문제를 야기할 가능성이 존재하는데, 이 문제는 레이저 등의 비접촉 방식 절단장치의 도입으로 해결될 것으로 생각된다.

또한, 현재 잉크젯프린터, 복사기 등에서 널리 사용되고 있는 날장 이송 방식을 현재의 롤 방식 대신 도입하면 데스크탑 형태의 작은 시스템도 개발될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 서울대학교 정밀기계설계공동연구소의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Paul F. Jacobs, "Rapid Prototyping and Manufacturing - Fundamentals of StereoLithography," SME, pp.20-22, 1992.
2. <http://www.helisis.com>
3. <http://www.jpsystem5.com>
4. <http://www.ennex.com>
5. Qiming Huang and Yungan Wang, "Research on Cutting Meshes in LOM," The First International Conference on Rapid Prototyping & Manufacturing, Beijing, July 21-23, pp.618-620, 1998.
6. Don Klosterman et al, "Automated Fabrication of Monolithic and Ceramic Matrix Composites via Laminated Object Manufacturing," Solid Freeform Fabrication Symposium Proceedings, University of Texas at Austin, August, 1997.
7. Junghoon Hur, Inhaeng Cho, Heesuk Kang, Kunwoo Lee, Donghoon Lee, and Jaehong Ahn, "rapidWorks98 : A Workbench for STL-based Rapid Prototyping Systems," The First International Conference on Rapid Prototyping & Manufacturing, Beijing, July 21-23, pp.236-244, 1998.
8. Junghoon Hur and Kunwoo Lee, "Efficient Algorithm for Automatic Support Structure Generation in Layered Manufacturing," The 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference, August 18-22, Irvine, California, 1996.