

정전기 방식을 이용한 박판 적층형 쾌속조형기술에 관한 연구

박정욱(광주과학기술원 대학원), 이관행*(광주과학기술원)

Development of the Freeform Master I – a desktop RP machine based on a new sheet lamination process

Joung-Ook Park(KJIST), Kwan-Heng Lee*(KJIST)

ABSTRACT

A novel process is newly developed for building RP(Rapid Prototyping) parts using a sheet lamination technique. The build process of existing sheet lamination type RP machines consists of the following steps : feeding, lamination and cutting. In this process, the laminated part of an object is often scratched by a cutter or damaged by a laser beam due to the cutting operation preceded by lamination. In addition, decubing of the unused portion from the laminated block is difficult. In the new process, cutting operation is performed before lamination. The cutting operation takes place while a paper sheet is firmly attached on the plate using electrostatic force. Then liquid glue is applied to the calculated region of the given contour for lamination. The process aims to manufacture a \$2k RP machine, what we call the Freeform Mater I, that can use A4 or latter-size used papers. A prototype machine that demonstrates the design concept is built and further research issues are discussed.

Key Words : Rapid prototyping (쾌속조형), sheet lamination(박판 적층), electrostatic adsorption(정전흡착), \$2k RP machine

1. 서론

쾌속조형기술이란 3차원 CAD 모델의 단면 정보로부터 재료를 층층이 쌓아서 전체 형상을 제조하는 기술로 널리 알려져 있다. 그러나 이러한 쾌속조형장비들은 고가일 뿐 아니라 재료도 고가이기 때문에 사용자들의 부담이 컸다. 그래서 최근에는 값싼 쾌속조형장비의 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 이에 발 맞추어 본 연구에서는 장비 자체뿐만 아니라 저가 재료를 이용할 수 있는 쾌속조형장비를 개발하고 그 과정을 제시하고자 한다.

일반적인 쾌속조형과정은 3차원 CAD 모델을 생성한 후에 이 모델로부터 적층한 각 단면 정보를 생성한다. 이렇게 전처리 과정이 끝나면 다양한 과정에 의해 실제 모델을 제작하게 된다. 모델 생성

이 완료되면 필요 없는 부분을 제거하고 전체형상을 다듬는 후처리 과정을 끝으로 쾌속조형과정이 끝나게 된다. 본 연구에서 쾌속조형과정 중에서 실제 모델을 제작하는 과정에 초점을 맞추어 기술하였다.

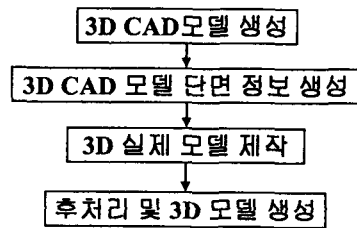


Fig. 1 General RP process

2. 기존 박판적층형 패속조형과정의 문제점 및 해결방법

2.1 기존 박판적층형 패속조형과정과 문제점

기존의 박판 적층형 패속 조형 기술은 다음과 같은 과정으로 요약할 수 있다.

▶ 공급 - 종이재료를 사용한 박판적층형 패속조형과정에서 일반적으로 사용되는 종이의 형태는 두가지다. Fig. 2 에서 Process 1 의 경우는 두루마리형태의 종이를 롤러에 의해 공급되고 Process 2 의 경우는 일반 A4 용지를 사용하고 롤러에 의해 공급된다.

▶ 접착 - 공급된 두가지 형태의 재료에 따라 접착방식도 다르다. Process 1 의 경우 열융착형 접착제가 종이의 한면에 도포되어 있고 가열된 롤러에 의해 접착된다. Process 2 의 경우 레이저 프린트 형식으로 접착제를 분사하고 열간 프레스를 이용하여 접착한다.

▶ 절단 - Process 1 의 경우는 레이저를 이용한 절단을 하고 Process 2 의 경우는 칼날을 이용하여 절단한다.

이와 같이 박판 적층형 패속조형 과정은 공급-접착-절단으로 간략화할 수 있다.

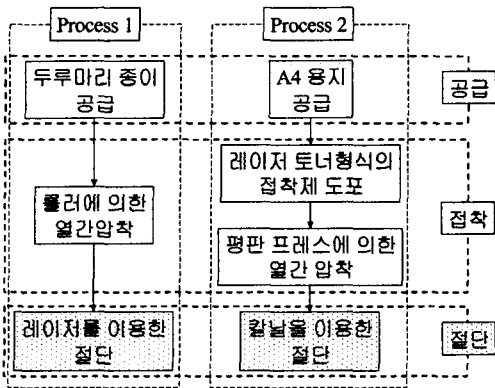


Fig. 2 Two types of sheet lamination process

이러한 기존의 박판 적층형 패속조형 과정의 문제점은 다음과 같다.

▶ 불필요한 부분의 접착 - '접착 후 절단' 과정에 의해 재료의 필요여부와 관계없이 항상 접착이 우선이기 때문에 불필요한 부분이 접착되는 문제가 있다.(Process 1)

▶ 이전 적층 부분의 손실 - '접착 후 절단' 과정에 의해 이전 적층된 부분 위에서 절단을 하게 되므로 이전 적층 부분에 손실이 생긴다.(Process 1, Process 2)

▶ 초기 재료 고정 - 기존의 박판적층과정에서는 적층후에 절단을 하기 때문에 첫 장을 어디에 적층하고 적층 후에는 어떻게 제거할 것인가에 대한 문제가 남아있다.(Process 1, Process 2)

불필요한 부분의 적층과 적층된 부분의 손실문제를 해결하기 위해 '접착 후 절단' 과정을 '절단 후 접착'으로 변경하였다. 재료의 고정 및 첫 장 적층 문제를 해결하기 위해 정전기를 이용하였다.

2.2 제안된 박판 적층형 패속조형과정에서 필요 사항 및 개략설계

기존의 박판 적층형 패속조형 과정인 '공급-접착-절단'을 '공급-절단-적층'으로 변경하였고 다음과 같은 기본 기능을 설정하였다.

- 공급 - A4 크기의 용지를 공급한다.
- 절단 - 용지를 절단한다.
- 접착 - 부분적으로 접착제를 분사하고 가압하여 접착한다.

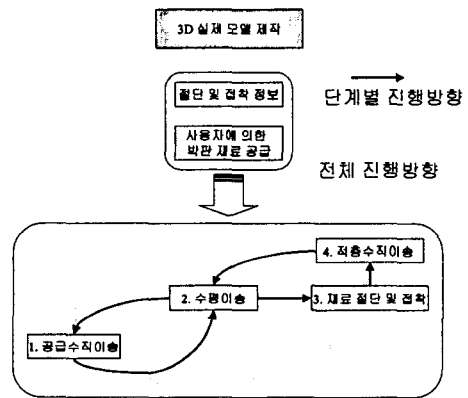


Fig. 3 Overview of the proposed process

'공급-절단-접착'과정을 구성하기 위해 필요한 조건들을 정리해 보면 다음과 같다.

- (1) 용지가 공급되는 부분과 적층되는 두 부분은 반드시 필요하고 독립적이다.
- (2) 용지를 공급부에서 적층부까지 이송해야 한다.
- (3) 공급된 용지의 움직임이 없이 절단이 가능해야 한다
- (4) 절단이 끝난 후에 절단된 부분이 움직이지 않고 정확한 위치에 접착되기 위해 절단 위치와 접착위치의 거리는 짧아야 한다.
- (5) 접착제는 재료 절단 과정과 적층 과정 사이에서 공급되어야 한다.
- (6) 처음 절단하여 적층하는 재료는 쉽게 고정하고 제거할 수 있어야 한다.

(1)에서 재료를 유출하고 유입하는 차이점을 제외하면 공급 과정과 적층 과정은 유사한 기능을 수행한다. 그러므로 공급과 적층이 공유하는 기능을 설정하고 두 기능의 차이점(크기와 제약조건¹⁾)을 이용하여 설계 변경을 하였다. (2)에서 공급과 적층을 연결할 수 있는 기능을 갖는 이송장치의 설계가 필요하다. (2), (3), (4)에서 절단부의 위치는 적층부와 동일한 위치에 있어야 하고 공급된 재료의 움직임이 없이 절단 가능하도록 이송장치에서 움직임 없이 절단해야 한다. 이송하는 동안 고정할 뿐만 아니라 공급된 재료를 어떤 모양으로 절단하여도 움직이지 않도록 하기 위해 항상 일정한 힘으로 재료 전체를 고정할 수 있는 부분이 필요하고 이를 위해 정전기를 이용하였다. 정전기는 (6)의 기능을 수행할 때도 이용하였다. (4), (5)에서 절단부와 접착제 분사부는 이송된 재료를 절단한 후에 적층해야 하기 때문에 적층부와 이송부 사이에 위치해야 한다.

3. 제안된 박판 적층형 쾌속조형 세부 과정

2.2에서 제시된 정보를 이용하여 세부 과정을 기술하면 다음과 같다.

- (1) 재료를 공급한다. - 공급부
- (2) 공급된 재료를 절단 및 접착제 분사 위치로 이송한다. - 이송부
- (3) 이송된 재료를 절단한다. - 절단부
- (4) 이전에 적층된 부분에 접착제를 선택적으로 분사한다. - 분사부
- (5) 절단된 재료를 적층한다. - 적층부

각 과정에 적합한 부분을 각각 구성하여 전체 과정을 이룰 수 있도록 모듈화 하였다. (3)의 절단 과정과 (4)의 선택적 분사의 과정은, 단면 정보에 따라 이동하는 유사한 기능이기 때문에, 두 과정은 절단·분사부로 통합하여 수행하였다. 그러므로 전체 과정은 공급부, 이송부, 절단·분사부, 적층부의 4 가지모듈에 의해 수행된다.

3.1 공급부

공급부는 재료를 공급하는 부분으로, 사용자가 전체 과정 수행의 준비단계로서 재료를 공급하면, 공급된 많은 재료 중에서 한 장씩 절단 위치로 공급하도록 도와주는 장치다. 쌓여진 종이를 상하로 움직여 정전판에 한 장씩 고정할 수 있도록 도와준다. 주요 부분으로는 수직이송장치와 리미트스위치(Limit Switch)가 있다. 수직이송장치는 쌓인 종이를 정전판까지 움직이는 구동부와 움직이는 동안 종이

가 좌우로 흩어지지 않게 하기 위해 안내선이 있다. 리미트스위치는 공급된 재료 중에서 처음 공급될 재료의 위치를 찾아내는데 이용된다.²

3.2 이송부

공급부에서 적층부까지 재료를 공급하고 많은 재료 중에서 한 장을 선택하여 이송하는 부분이다. 주요부분으로는 수평이송장치, 리미트스위치, 정전판이 있다.

3.2.1 수평이송장치

공급된 종이 한장을 흡착한 정전판을 공급부에서 절단부로 이송하는 역할을 한다. 절단부에서 단면 가공을 할 때 정전판이 받는 힘을 지지하는 역할도 한다.

3.2.2 정전판

정전판은 공급부에서 종이 한 장을 절단·분사부로 이송하는 동안 종이를 고정해 주고 종이를 자르는 동안에도 잘라진 부분이 움직이지 않도록 고정해 준다. 또한 절단 과정을 수행할 때, 정전판 위에서 자름으로써 절단 후 접착 과정을 수행할 수 있도록 해 준다.

정전판에 전원공급을 조절함으로써 첫번째 박판 재료를 고정하거나 쉽게 제거할 수 있기 때문에 적층부에서 사용된다.

이송부에서 구성된 정전판의 정전력은 공기 중에서 A4 크기(300 mm×210 mm)의 고른 분포를 갖는 물체에 대해 10kg/m²의 질량까지 들어 올릴 수 있다.

3.3 절단·분사부

공급된 재료는 정전판에 흡착되어 있고 이송부에 의해 절단 위치로 이송된다. 절단부는 재료를 정전판에 부착한 상태로 절단을 시작한다. 절단이 끝나면 접착부에서 선택적으로 접착제를 분사한다.

절단·분사부는 절단을 담당하는 원형칼, 접착제 분사를 담당하는 분사부, 원형칼과 분사부를 움직이는 구동부, 이 세 부분을 평면상에서 움직이는 평면이송기로 이루어져 있다.

3.3.1 절단부

절단부는 원형 칼날과 이 칼날을 정전판까지 상하로 이동하기 위한 구동부로 이루어진다. 이 구동부를 접착부가 공유함으로써 절단부와 분사부를 하나로 구성할 수 있다. 원형칼은 칼날의 직접 제어 없이 단면정보만으로도 날의 방향을 바꿀 수 있기

¹ 모듈의 방향, 작업공간, 행정거리, 다른 모듈과의 간섭

² 적층부의 경우 안내선이 없는 것을 제외하면 공급부와 유사한 기능을 수행하므로 공급부와 구조는 동일하다.

때문에 제어과정이 단순화 되었다.³

3.3.2 분사부

분사부는 절단부와 공유하는 구동부를 이용하여 상하로 이동한다. 접착제는 0.8mm의 노즐을 통해 접촉 분사되고 솔레노이드 스위치로 분사를 제어한다. 일정한 압력으로 접착제를 분사하기 위해 증기압을 사용하였다.

3.3.3 평면이송기(XY-table)

입력된 경로에 따라 절단부와 분사부를 이송하기 위해 평면이송기를 사용하였다. 평면이송기는 단면 정보를 따라 움직이는 부분이고 평면이송기의 정밀도는 20 μm이다.

3.4 적층부

절단과 접착제 분사가 끝나면 적층부가 이송하여 절단된 재료를 접착제가 분사된 면에 압착하여 접착한다. 최초로 적층된 재료를 고정하고, 모든 작업이 종료될 때까지 적층되는 부분을 고정하기 위해 정전판을 이용한다. 전체 구조는 공금부와 동일하고 움직이는 거리와 제약조건에 의해 약간의 설계변경이 있다.

정사각형 4개가 있는 면을 절단하여 적층하는 경우 장당 2분정도 소요되고 절단과 접착에 소요되는 시간은 30 초⁴ 정도다.

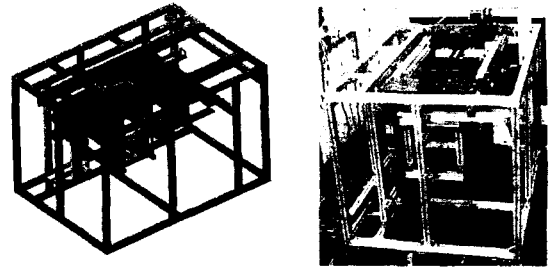


Fig. 5 The CAD model of Freeform Master I⁵(left) and Freeform Master I(right)

4. 결론

전체 과정을 단순화 하였고 리미트스위치를 이용하여 제어의 복잡도를 감소시켰기 때문에 장비가 격이 감소될 것이다. ‘절단 후 적층’ 과정에 의해 일정한 크기의 비전도성의 어떤 재료도 사용가능하기 때문에 재료의 제약이 없어 졌다. 더 나아가 모양이 보존된 폐지를 재료로 이용할 수 있기 때문에 저렴한 재료비뿐 아니라 자원의 재활용에도 기여할 것으로 기대된다.

본 연구에서 제안한 폐속조형과정을 더욱 발전시켜 상용화하고 이것을 학교에서 학습보조물 제작장비로써 널리 보급할 것이고 더 나아가 크기도 줄여서 컴퓨터 주변기기로써 이용할 수 있도록 사양을 바꿔 나갈 것이다.

참고문헌

1. Kai, C. C. and Fai, L. K., Rapid Prototyping, John Wiley & Sons, 1997.
2. 노경환, “Lamination 기법을 이용한 3 차원 팩스의 개발”, 1998.
3. Helisys Corporation, LOM Technology, <http://helisys.com>
4. KIRA, Inc. Solid Center, http://144.126.176.213/rp/p2_kira.htm
5. 정학근, “자가 검출 방식을 이용한 정전 부상 운송 시스템의 개발”, 1998.

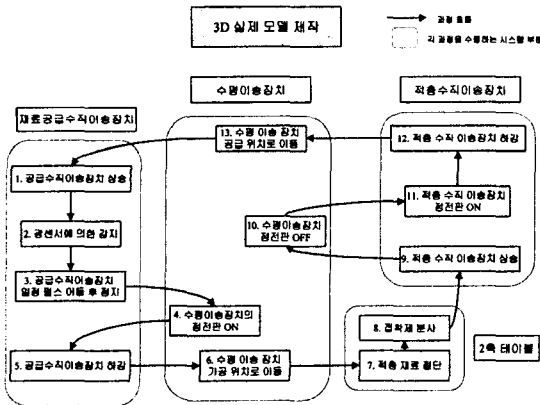


Fig. 4 Whole proposed process

4. 정전기 방식을 이용한 폐속조형장치

3에서 설명된 상세 기능을 기초로 제작된 폐속조형장비의 크기는 1070 mm × 760 mm × 720 mm이고, 최대 제작 가능한 제품 크기는 247 mm × 160 mm × 150 mm이다. 총 6개의 구동 모터가 사용되었고 2개의 정전판이 이용되었다.

작업 시간은 단면 모양의 모양과 복잡도에 따라 다소 차이가 있지만 한 단면에 50 mm × 50 mm 크기

³ 날의 방향을 예측하여 원하는 부분만 자르기 위해서 절단 경로 생성이 필요하다.

⁴ 단면 정보에 의해 가공되는 시간

⁵ 제안된 박판 적층형 폐속조형 과정을 구현하기 위해 구성된 장비를 Freeform Master I으로 명명하였다.