

쾌속제작을 위한 적층 및 이송장치 개발

엄태준 · 주영철 · 민상현*

Development of Stacking and Transfer System for the Agile Fabrication

Taijoon Um, Youngcheol Joo and Sanghyun Min*

요 약 본 논문은 쾌속제작법을 이용한 임의형상을 가공하는 새로운 방법의 개념을 소개하고 있다. 본 시스템은 레이저 절단, 이송, 적층, 소결의 단계를 통하여 세라믹재료로 된 임의형상을 가공할 수 있다. 시스템을 구성하는 주요장비로는 레이저 발생장치, X-Y테이블, 이송시스템, 그리고 전기로 등이 있다. 이 시스템을 사용하면 표면의 거칠기가 매끄러운 형상을 상대적으로 짧은 시간에 제작할 수 있는 장점이 있다. 또, 2차 공정을 거치지 않고, 바로 물체를 제작할 수 있어 효율성이 높다고 할 수 있다. 제작된 모형은 바로 조립되어 사용될 수 있기 때문에 응용분야가 다양하다.

Abstract This paper presents the basic concept of new solid freeform fabrication system using rapid prototyping method. The system could fabricate an arbitrary ceramic form by laser cutting, transferring, stacking, and sintering of each slide. The system consists mainly of laser apparatus, X-Y table, a slide transferring system, and electric oven. The system could fabricate an object that has smooth surface with comparatively short period of time. The system is effective in terms of its direct fabrication capability without second mechanical process. The fabricated shape could directly be used as part of a whole assembly and therefore its method could be applied to various application areas.

Key Words : Solid freeform fabrication, Rapid prototyping, Laser cutting

1. 서 론

적층방식으로 3차원 물체를 빠른 시간에 제작할 수 있는 임의형상 가공시스템은 주로 재료가 폴리머에 국한된 경우가 대부분이었다[1]. 따라서 세라믹 소재의 형상을 제작하기 위해서는 여러 공정을 거쳐야 하고 제작이 많이 따른다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 새로운 RP(rapid prototyping)기법을 사용한 시스템을 개발하고 이를 소개하고자 한다.

RP기술의 기본원리는 3차원 CAD데이터로 표현된 물체를 많은 2차원의 얇은 층으로 분할하고 각각의 층을 제작하여 이를 쌓아올려 물체를 제작하는 기술이다. 각각의 층을 제작하는 방법은 다양하여 재료를 굳게 하거나 절단하는 방법을 사용한다[2].

최근의 RP기술은 다양한 기술을 사용하여 모형을 제작하는 것이 대부분이나 폴리머로 된 재료를 제작하기

때문에 실제 사용되기에는 강도, 내열성, 내마모성의 문제가 있다. 따라서 세라믹 같은 재료를 제작하기 위해서는 불가피하게 폴리머로 된 모형을 제작하고 이를 바탕으로 주조 등의 2차 공정을 통하여 내구성 있는 제품을 만들게 된다. 그러므로 시간이 많이 걸리고, 정밀도도 떨어지는 문제가 있다[3].

본 연구에서는 위와 같은 문제를 극복하기 위해서 다 품종 소량생산 환경에 적합하고 다양한 재료를 자유롭게 형상화 할 수 있는 쾌속 원형 제작(agile prototyping)을 위한 새로운 방식의 시스템을 개발하였다. 소결전의 세라믹재료 즉, 그린을 절단하고 이 슬라이드를 적층·소결하여 2차 공정이 필요 없이 원하는 형상을 직접 제작할 수 있도록 하였다.

2. 쾌속 임의형상 가공시스템

2.1 기본원리

본 연구를 위해 제작된 시스템의 기본 작동순서는 다음과 같다. 우선 제작하려고 하는 샘플의 3차원 CAD 데이터를 단면정보로 변환하고(슬라이드화), 이를 바탕

기계공학과 엄태준 : Tel: 041-530-1368
기계공학과 주영철 : Tel: 041-530-1551
전기전자공학과 민상현: Tel: 041-530-1550

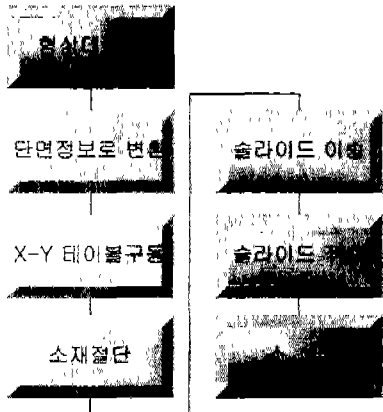


Figure 1. 임의형상 가공시스템 가공순서도

으로 세라믹재료인 그린을 레이저로 절단하여 2차원 슬라이드를 제작한다. 이 슬라이드를 이송하고 적층하여 3차원 형상을 얻고, 이를 소결하여 물체를 완성한다. 이러한 시스템의 개략적인 흐름도는 Figure 1과 같다.

2.2 레이저 절단

각 단면을 정밀하게 절단하기 위하여 레이저를 이용하여 절단한다. 정밀도를 유지하기 위하여 레이저 장치는 고정하고, 대신 재료를 Figure 2와 같은 X-Y 테이블을 제어하여 2차원 단면 데이터에 따라 이동하게 된다.

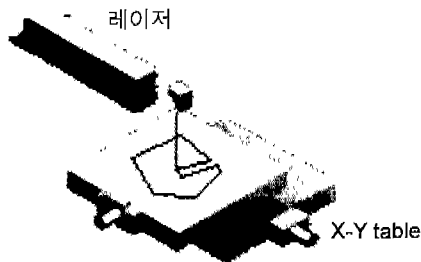


Figure 2. X-Y 테이블

Table 1. 레이저 사양

항목	사양
모델명	48-2 KAJ
power output	25 W
test output	평균 : 32.5 W 최소 : 31 W 최대 : 34 W
power 안정도	±5%
무게	8.2 kg

이동속도는 등속이 원칙이나 곡선이나 모서리 등을 절단하는 경우가 많으므로 이동시 가감속을 위한 속도패턴을 준다. 여기서 사용된 레이저는 CO₂ 레이저로서 사양은 Table 1과 같다.

레이저 발생기의 냉각을 위하여 냉각팬을 이용하여 강제대류로 냉각한다. 레이저 장치는 온도가 60±2°C에 이르면 동작이 멈추므로 이를 방지하기 위해 1개의 팬으로 외부로 열을 방출하도록 하였다.

레이저의 초점거리는 절단시 가공면의 품질과 정확도를 결정하므로 이를 최적화할 필요가 있다. 그리고 사용하는 슬라이드의 두께가 슬라이드 가공 소재에 따라 다르므로 이에 따른 초점거리를 일정하게 유지시켜 주어야 한다. 레이저의 초점거리는 beam delivery components의 렌즈로부터 1.5[inch]로 이것은 레이저 beam delivery components 을 제작한 Synrad 사의 표준 초점거리이다. 또한, 레이저 절단 시 슬라이드의 소재에 따라 레이저의 출력을 적절히 조정해 주어야 한다.

beam delivery components에는 레이저 절단 시 발생하는 분진을 제거하고 렌즈의 표면을 보호하기 위하여 가스 노즐이 부착되어 있다. 노즐에 공기를 공급하기 위하여 공기압축기를 사용하여 0.5 kg/cm²의 압력으로 압축공기를 지속적으로 공급하였다. 압축기의 윤활유에 의해 노즐 끝의 렌즈가 오염되는 것을 방지하기 위하여 윤활유를 사용하지 않은 압축기를 사용하였다. 렌즈의 표면을 보호하기 위해서 공기압축기에서 공급되는 압축공기의 먼지와 수분을 제거해야 하는데, 이를 위해서 이중필터를 설치하였다. 필터의 사양은 다음 Table 2와 같다.

2.3 이송 및 적층

절단된 재료를 이송하여 적층하기 위해서는 진공흡착장치 및 이송장치가 필요하다[5]. 이 때 재료를 원형 그대로 흡착하기 위해서는 Figure 3과 같은 기구를 사용한다. 여기서 진공흡입구는 진공블로어 및 제어밸브와 연결된 부분으로서 진공압력으로 물체를 흡입할 수 있도록 되어 있다.

Table 2. 필터 사양

항목	사양	
종류	double stage Filter	
용량	1단계	2.2 N · m ³ /min
	2단계	40 micron
메쉬 사이즈	1단계	1.8 N · m ³ /min
	2단계	5 micron

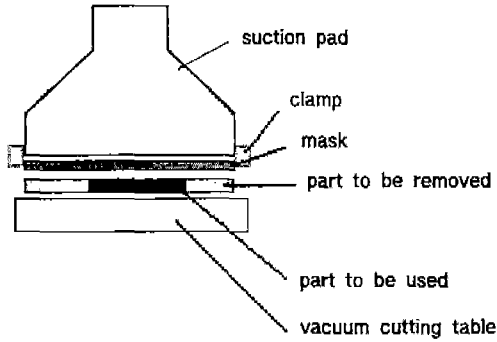


Figure 3. 진공흡착장치

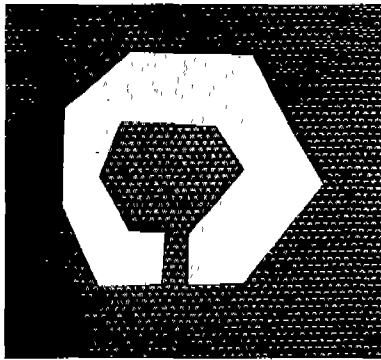


Figure 4. 범용 마스크에 슬라이드 흡착

Figure 3의 바로 밑 부분에 범용마스크는 여러 가지 모양의 슬라이드를 하나의 마스크를 이용하여 흡착하기 위해 필요한 장치이다. 범용마스크를 사용하는 것은 Figure 4에서 보듯이 레이저에 의해 절단된 슬라이드의 모양에 따라 이를 흡착하기 위해 슬라이드의 모양에 맞는 전용마스크를 제작할 필요가 없이 하나의 범용마스크로 모든 슬라이드를 흡착할 수 있다. 범용마스크를 사용하기 위해서는 높은 진공압 보다는 많은 유량의 공기의 흐름을 이용하여야 한다.

흡착하는 방법은 마스크 밑에는 가공물이 놓여있는데, 가운데 진한 부분이 적층에 사용될 부분이고, 가장 자리에 있는 재료들은 버리는 부분이다. 다시 그 밑에는 재료를 지지하는 장치가 놓여지게 된다. 위에서 언급한 내용을 전개하여 보여주고 있는 모습이 Figure 5로서 흡착하는 모습을 나타내고 있다.

2.4 이송 및 적층장치의 제어기 및 구동회로 구성

Figure 6은 이송 및 적층에 사용되는 제어기와 제어 대상인 이송 및 적층 장치에 대한 시스템 블록선도이다.

제어기는 레이저와 X-Y 테이블을 제어하는 DSP보드와 연동하여 레이저 절단전 슬라이드를 X-Y 테이블

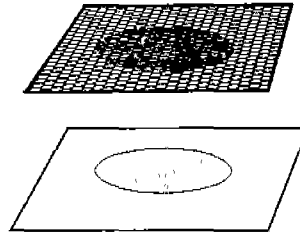


Figure 5. 절단된 슬라이드를 흡착하는 모습

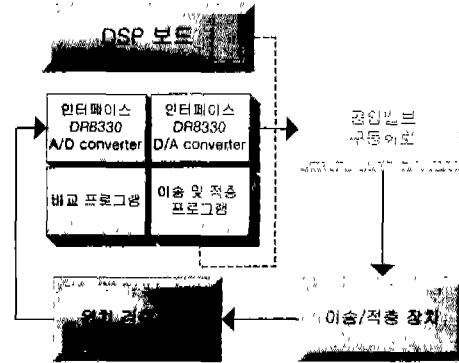


Figure 6. 이송 및 적층장치의 블록선도

에 이송하고, 절단후 절단된 슬라이드를 정확한 위치에 적층할 수 있도록 이송 및 적층장치에 구동회로에 신호를 주고, 적층 위치가 불일치 할 때 위치 검출 센서로부터 받은 신호 A/D 변환하여 기준입력과 비교 후 이를 보정해주는 역할을 한다. 제어기는 IBM-PC와 인터페이스 장치로는 DR8330 보드로 구성하였는데 인터페이스에 사용되는 DR8330의 특징은 입력부의 최대 샘플링 속도가 330KHz이고 최대 16채널 아날로그 입력신호를 디지털 값으로 처리할 수 있다. 그리고 대용량의 FIFO와 DMA 데이터 전송방식을 사용하여 DR8330보드에서 IBM-PC의 메모리로 CPU의 로드 없이 데이터 전송을 수행하여 CPU의 부하를 줄여줄 수 있다. 또한 timer/counter를 사용하여 외부의 사건이나 발생시간을 측정할 수 있고, 2개의 D/A 변환기를 통해 16채널의 제어출력을 발생시킬 수 있다[7].

인터페이스로 사용된 DR8330에서 직접 24 V의 솔레노이드를 구동하기에 적합하지 않다. 이를 위하여 공압 밸브 구동회로를 제작하였다. 공압밸브를 구동하는 솔레노이드는 높은 내압을 가진 트랜지스터로 스위칭하여야 하는데, 트랜지스터는 저주파용 NPN 타입의 2SD880을 사용하였고, Table 3에 2SD880의 사양을 나타내었다.

이송 및 적층시 사용되는 흡입장치는 진공 블로어 타입이다. 이송 및 적층시 진공 블로어가 항상 가동되는 것이 아니므로 진공 블로어를 스위칭 하는 고전력 릴레

Table 3. 스위칭 트랜지스터의 사양

항목	2SD880
V_{CE0} (V)	60V
I_c (mA)	3A
P_c (mW)	30 W
h_{FE}	60~300
F_T (MHz)	3

이회로 제작하였다. 사용된 릴레이는 스위칭 전압이 5V이고 교류 220V-10A의 내압에 견딜 수 있도록 설계되어 있다.

위치 검출 센서는 이송 및 적층장치의 흡착부가 이송 및 적층위치에 정확히 위치하지 않았을 때, 이를 검출하여 제어부에 위치신호를 전송하기 위해 사용되었다. 위치 검출에 사용된 센서는 리미트 스위치로 각 구분 동작간 흡착부가 정확한 위치에 있는지 제어부로 신호를 주게 되어 있다.

2.5 공압회로도

두 개의 실린더인 공압실린더 1과 2의 구동은 Figure 7에 보이는 공압회로도에 따라 구동된다. 각각의 실린더는 2위치 솔레노이드 밸브에 의해 구동된다. 실린더 3은 흡착기의 상하위치를 제어하기 위한 실린더로서 이 실린더의 제어를 위해 3위치 솔레노이드밸브가 사용된다. 슬라이드의 두께가 다른 경우에 실린더 3의 높이를 제어할 수 있게 된다. 또 적층이 진행됨에 따라 적층된 재료의 높이가 달라지므로, 실린더 3의 위치를 제어

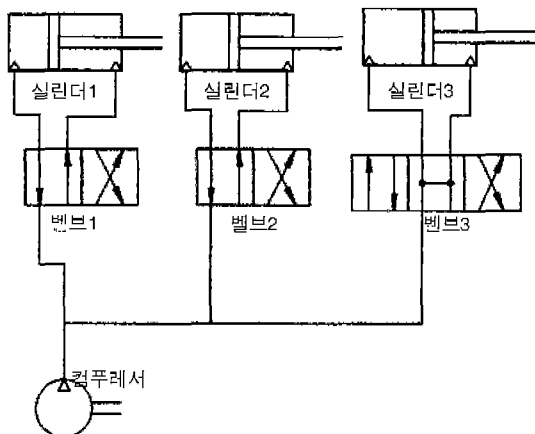


Figure 7. 이송 및 적층장치의 공압회로도

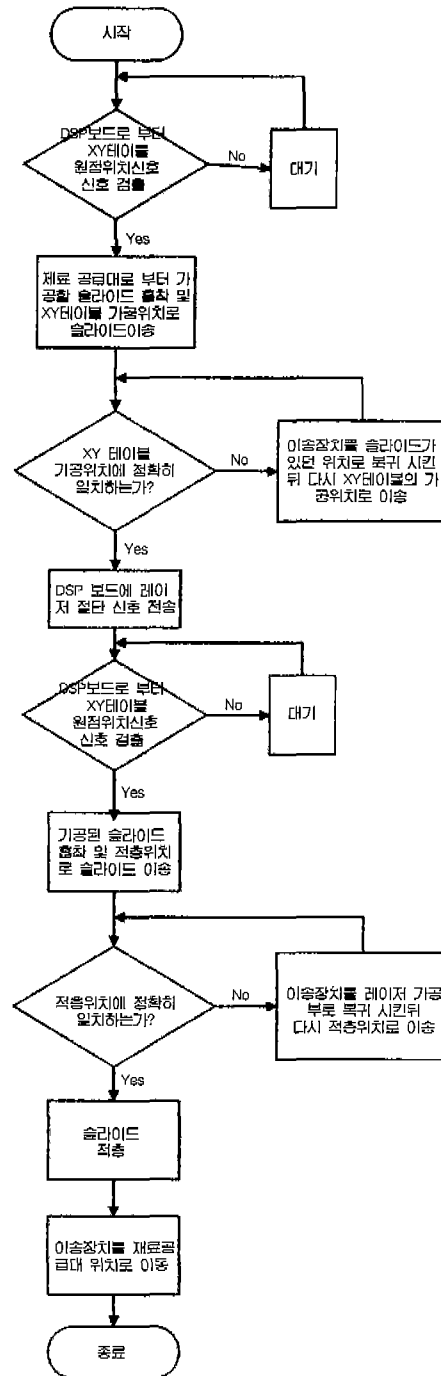


Figure 8. 이송 및 적층장치의 제어흐름도

하여 적층하게 된다.

2.6 이송 및 적층 장치 제어 순서

이송 및 적층장치의 제어기는 X-Y 테이블과 레이저



Figure 9. 시스템 전체모습

의 구동을 관장하는 DSP보드와 연동하도록 되어 있다. Figure 8은 이송 및 적층장치의 제어 흐름도이다.

2.7 쾌속 제작 시스템

Figure 9에 시스템의 전체모습이 나타나 있다. 가운데 부분에 있는 장치가 레이저 발생장치이고, 그 밑에 있는 장치가 X-Y 테이블로서 재료를 이동하는데 사용된다. 우측에 보이는 장치가 이송 및 적층장치로서 절단된 소재를 옮기고, 적층하는 기능을 한다. 이 장치의 작동은 3개의 공압실린더(스트로크 120 mm(2개), 스트로크 10 mm(1개))에 의해 이루어지는데, 각각의 실린더는 독립적인 작동신호를 받아 솔레노이드 밸브에 의해 전진·후퇴되어 진공흡착부를 이송하고 레이어를 적층하게 된다[4]. 적층된 소재는 가압한 후, 전기로에 옮겨 소결하여 최종형상으로 만들어진다.

3. 결 론

본 논문에서는 임의의 형상을 만들 수 있는 새로운 개념의 쾌속제작기법을 제시하고 있다. 최근의 RP기술은 대부분 폴리머로 된 재료를 사용하여 제작하기 때문

에 실제 사용되기에는 강도, 내열성, 내마모성의 문제가 있다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해소할 수 있도록 레이저를 사용하여 세라믹 그린을 절단하고, 그 절단된 재료를 이송·적층한 후 소결하여 세라믹으로 된 임의의 형상을 만드는 방법을 제시하였다. 이 방법을 세라믹 외에 금속을 사용할 수도 있어 응용분야가 다양하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R01-2000-000-00299-0)지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] P. Kulkarni, A. Marsan, and D. Dutta, "A review of process planning techniques in layered manufacturing", *Rapid Prototyping journal*, Vol. 6, No. 1, pp. 18-35, 2000.
- [2] 안동규, 이상호, 양동열 외 3인, "발포 폴리스티렌 폼을 이용한 가변 적층 쾌속조형 공정설계 및 개발", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp.759-762, 2000.
- [3] 김기돈, 정준호, 양동열, 박태권, "쾌속조형을 이용한 다익캐스팅 제품의 시작공정설계 및 제작", 쾌속시작기술연구회 '99추계학술대회, pp. 1-6, 1999.
- [4] 김동준, "공기압공학", 북스힐, pp. 181-186, 2001.
- [5] J. D. Cawley, Z. E. Liu, W. S. Newman, B. B. Mathewson, and A. H. Heuer, "Al₂O₃ Ceramics Made by CAMEM Technology", *Solid Freeform Symposium Proceedings*, 9, Austin TX, 1995.
- [6] A. Dolence, and I. Makela, "Slicing Procedures for Layed Manufacturing Technique", *Computer Aided Design*, Vol. 26, pp. 119-126, 1994.
- [7] 다림제어기술, "DR8330 User's Guide", DARIM CONTROL TECHNOLOGIES Ltd. p.1, 1999.