

Tool path 추가생성을 통한 광조형물의 내부형상 왜곡 개선 Improvement of internal shape error of stereolithography parts with addition of tool path

*박종철¹, 박석희¹, 강상일², #양동열¹

*J. C. Park¹, S. H. Park, S. I. Kang², #D. Y. Yang¹ (Dyyang@kaist.ac.kr)

¹ 한국과학기술원 기계항공시스템학부, ²(주)Solisys

Key words : tool path, inner shape, Stereolithography, accuracy

1. 서론

쾌속조형기술(Rapid Prototyping)은 다양한 임의 형상의 조형물을 빠르게 제작하기에 적합한 기술이다. 쾌속조형 기술은 3 차원 스캐너로 데이터를 취득하거나 CAD 프로그램으로 3 차원 형상을 모델링하여 형상 데이터 STL 파일을 제작한다. 완성된 STL 파일을 슬라이싱 프로그램을 입력하고 적층 방향으로 슬라이싱한다. 쾌속조형장치는 슬라이싱 된 순서대로 각 층을 적층하여 임의의 형상을 제작한다¹.

쾌속조형기술은 여러 방법과 재료를 이용하여 형상제작이 가능하다. 레이저를 이용한 광경화수지 경화, 레이저를 이용한 종이 절단, 레이저를 이용한 금속 소결, 열선을 이용한 스티로폼 절단, 잉크젯 노즐을 이용한 파우더 접착 등이 있다².

쾌속조형기술은 임의의 형상을 빠른 속도로 제작가능한 장점이 있어 기계, 건축, 예술, 의료를 비롯하여 다양한 분야에서 적용되고 있다³. 특히, 산업디자인, 예술, 의료 등의 시각적 효과가 부각되는 분야에서는 쾌속조형기술로 제작한 3 차원 조형물을 이용해 사용자 간의 정보전달과 의사소통의 효과를 높이고 있다.

3 차원 조형물을 이용해 정보전달과 의사소통의 효과를 높이기 위해 다색의 3 차원 조형물 제작이 가능한 다양한 공정들이 개발되었다. 나아가 투명한 3 차원 조형물의 내부에 조형물을 제작함으로써 외부 조형물을 투영하여 내부 조형물을 관찰할 수 있게 되었다. 이는 형상 간의 상대적인 위치와 상대적인 크기에 대한 정보를 사용자에게 동시에 전달할 수 있음을 의미하며, 이를 통해 기존에 표현할 수 없었던 외부 조형물의 내부형상 정보를 표현할 수 있게 되었다. 사용자는 3 차원 형상 정보를 더 효과적으로 빠르게 획득할 수 있게 되었으며, 쾌속조형기술의 의사소통과 정보전달 기능이 강화되었다고 할 수 있다.

투명한 외부 광조형물의 내부에 다른 형상 제작 공정은 다음과 같다. 첫 번째 공정은 광조형법(SLA)를 이용하였다. 내부형상을 제작하기 위해 광경화수지에 염료를 혼합하여 투명 광경화수지로 1 층의 가장자리 부분을 경화하고 미경화된 부분을 제거하였다. 제거된 부분에 염료를 혼합한 광경화수지를 채워 넣어 경화시킨다. 다른 염료를 혼합한 후, 위 과정을 반복하여 여러가지 색을 구현한다. 본 공정을 통해 다색 내부형상을 포함한 광조형물을 제작하였다⁴.

두 번째 공정은 광조형법(SLA)을 이용하여 외부형상을 투명 광경화수지로 경화시켜 내부를 투영할 수 있도록 한다. 그리고 내부 형상을 제작하기 위해 광반응성 수지(photoresponsive agent)를 혼합하였다. 광반응성 수지는 해당 광원의 파장에 반응하여 이중색이 표현된다. 파장이 다른 광원을 각각 조사하여 다색을 구현하였다. 현재로서 표현 가능한 색은 투명색과 보라색이며 광원의 조사시간에 의해 색의 농도를 조절할 수 있다⁵.

세 번째 공정은 광조형공정과 용착조형공정을 병행하였

다. Fig. 1 은 공정 개념도 이다. 적층된 광경화수지 표면에 정량제어노즐로 용융된 고분자재료를 분사하여 적층한다. 적층된 고분자재료는 광경화수지의 적층두께에 근사하며, 내부형상은 이를 반복적층함으로써, 내부형상을 포함한 광조형물을 제작한다⁶.

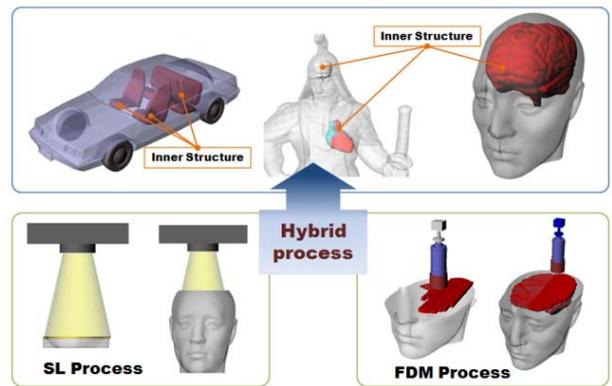


Fig. 1 Concept of visible internal shapes using SL & FDM

본 연구에서는 위의 세 번째 공정에서 내부형상을 제작하면서 발생하는 형상왜곡을 개선하고자 한다. 내부형상은 형상의 표면을 구현하기 위해 슬라이싱 데이터가 면을 표현해야 하는 영역은 래스터 방식, 선을 표현하는 영역은 킨투어 방식으로 패터닝한다. 이는 내부형상의 내부전체를 패터닝하지 않아도 되기 때문에 재료의 손실을 줄이고, 공정시간을 단축할 수 있다. 예로 Fig. 2 는 원기둥의 윗면과 아랫면은 래스터 방식의 패터닝을 적용하고, 원기둥의 측면은 킨투어 방식의 패터닝을 적용하였다.

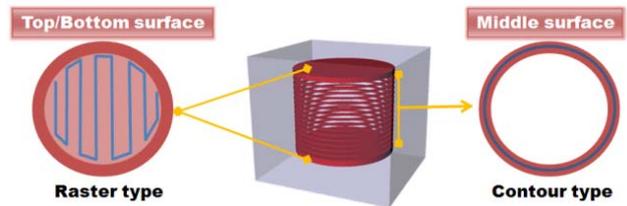


Fig. 2 Schematics of fabrication types

2. Toolpath 추가생성 개념

장치 개념도 Fig. 3 과 같이 정량제어노즐이 2 축 제어 시스템에 장착되어 용착조형공정이 진행된다. 정량제어노즐과 정량제어노즐을 장착한 2 축 제어 시스템을 동시에 구동하게 된다. 이는 정량제어노즐이 용융고분자를 분사하면서, 2 축 제어 시스템이 내부형상이 슬라이싱 된 좌표데이터에 따라 움직이게 된다. 하지만, 제어시스템에서 on 신호가 작동해 정량제어노즐이 정상상태(Steady-State)가 되기까지 1~3초 정도의 응답시간이 발생한다. 이로 인해 패터닝

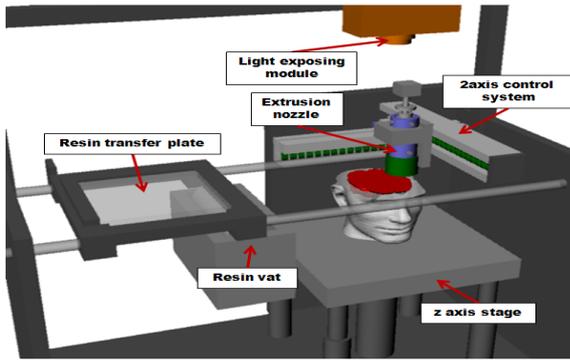


Fig. 3 Schematics of system

이 시작되는 시점에서 Fig. 3 과 같이 형상의 왜곡이 발생하게 된다. 본 실험에서는 사각형과 같이 툴패스의 변하는 각도를 분명하게 나타나기 위해 육면체 예시를 선택하였다. 형상왜곡을 개선하기 위해 정량제어노즐의 분사 시점과 2축 제어 시스템이 작동 시점을 정확히 일치시켜야 하지만, 이를 기계적으로 개선하는 것은 경제적 소모가 크다. 그래서 응답시간을 보상하기 위해 각 내부형상의 툴패스에 추가 툴패스 생성을 하였다. 개념도의 예는 Fig. 4 와 같다.

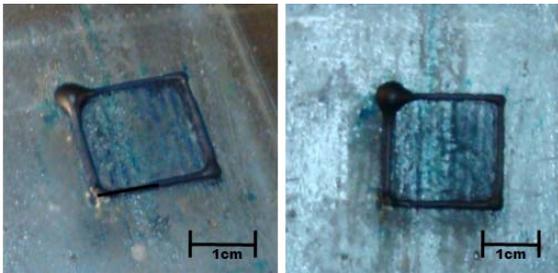


Fig. 3 Figures of Line patterning error

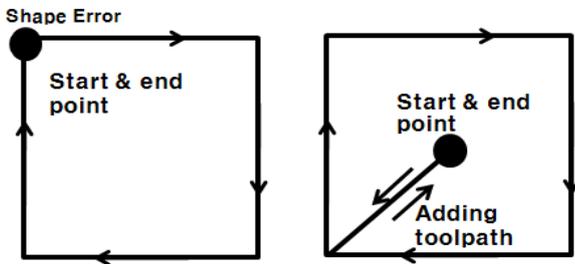


Fig. 4 Concept of addition of tool path (L) before (R) after adding of tool path

Fig. 4 와 같이 내부형상 패터닝의 시작지점을 각 슬라이싱 컨투어의 내부로 잡아 정량제어노즐이 정상상태에 도달하기 까지의 응답시간을 보상하도록 하였다. 이는 래스터 방식과 컨투어 방식모두에 적용이 가능하다. 또한, Fig. 2 와 같이 추가 툴패스는 외부에서 관찰할 수 없어 내부형상에 영향을 미치지 못한다.

3. 형상왜곡 개선

추가된 툴패스의 길이는 14mm 로 하였으며, 2축제어 시스템의 속도는 4.5mm/s 로 설정하였다. Fig. 5 와 같이 툴패스를 추가하여 내부형상의 슬라이싱 데이터를 패터닝하였다.

	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
외부형상	30	30	10
내부형상	10	10	5

Table. 1 Size of Hexahedron

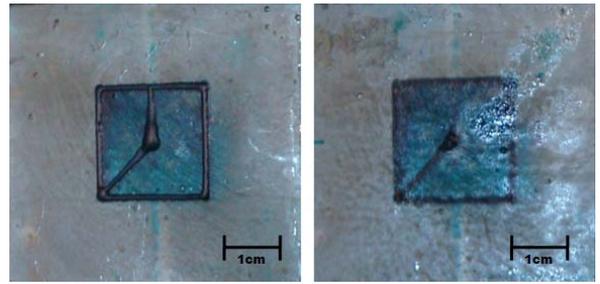


Fig. 5 Figures of Line patterning with addition of toolpath (L) before resin lamination (R) after resin lamination

Fig. 6 은 추가 툴패스를 적용하여 제작한 육면체 형상이다. 기존의 패터닝 시작지점에서 발생하던 형상왜곡이 개선되었으며, 내부형상의 표면이 완전히 밀폐되면서 내부형상의 내부를 관찰할 수 없어 추가된 툴패스가 관찰되는 형상에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다.

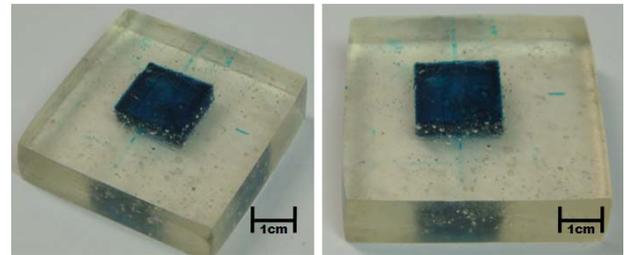


Fig. 6 Comparison between before and after using addition of toolpath

4. 결론

내부형상을 포함한 광조형물 제작의 용착조형공정에서 정량제어노즐의 응답시간 발생에 의해 내부형상 왜곡이 발생하였다. 이를 개선하기 위해 하드웨어를 추가할 경우, 경제적 소모가 클 것으로 예상되었다. 그래서 슬라이싱 된 내부형상의 좌표데이터에 툴패스를 추가하여 응답시간을 보상하였다. 또한 예제형상을 제작하였으며 추가된 툴패스 추가를 통해 이를 검증하였다.

참고문헌

1. P.F. Jacobs, "Stereolithography and other RP&M technologies", American Society of Mechanical Engineers Press, 1996
2. D.G. Ahn, "Investigation into development of variable lamination manufacturing using expandable polystyrene foam", KAIST, Ph. D. thesis, 2002
3. D.Y. Yang, H.K. Sohn, "Recent state of rapid prototyping technique for rapid product development", Journal of Korea Society Precision Engineering, Vol. 17. No.10, pp. 5-10, 2000
4. Y.G. Im, S.I. Chung, J.H. Son, Y.D. Jung, J.G. Jo, H.D. Jeong, "Functional prototype development : Inner visible multi-color prototype fabrication process using stereolithography," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 130, pp. 372-377, 2002
5. K. Christian, R. Michael, L. Georgios, U. Gerhard, W. Arne, M. Werner, "Colours stereolithography for planning comple maxillofacial tumour surgery", Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, Vol. 26, pp. 360-362, 1998
6. J. C. Park, S. H. Park, S. I. Kang, D.Y. Yang, "Fabrication of Stereolithography parts with visible internal shapes", Korea Society Precision Engineering 2009 autumn conference, pp. 315-316