

MEMS 공정을 이용하지 않는 미세구조물 제작에 관한 연구

유홍진, 김동학, 장석원*, 김태완**
순천향대학교 신소재화학공학부, *정보기술공학부
**신가공기술혁신센터

A Study on fabrication of micro structure not using MEMS processing

Hong Jin Yoo, Dong-Hak Kim, S. W. Jang*, Tae Wan Kim**
Division of Materials and Chemical Engineering, *Division of
Information Technology Engineering, **Technology Innovation Center,
Soonchunhyang University

요 약

본 연구에서는 일반적인 미세구조물 제작공정인 lithography 공정을 이용하지 않고 SLS(Selective Laser Sintering)형 RP(Rapid Prototyping System)을 이용하여 패턴의 깊이가 400 μm 인 미세구조물을 제작하였다. 제작 공정변수 중 재료의 상태가 new powder 이고 배치각이 0° 일 때 패턴의 깊이, 선폭과 표면조도가 가장 잘 구현되었다.

1. 서론

기존 산업계에 사용되는 기어, 모터, 릴레이, 스텝퍼 등 미세구조물은 나노 단위의 미세구조를 갖는 경우는 e-beam evaporation을 이용한 quartz 마스크의 제작이 아직까지 원활하지 않은 상태이지만 마이크로 사이즈의 경우는 수백 마이크로에서 수십 마이크로까지 마스크의 제작이 자유롭다. 그러나 포토마스크의 제작 단가는 수 십 만원에서 수 백 만원에 이르기 때문에 그 제작에 있어서 신중을 기해야 하며, 포토리소그래피 공정 또한 노광 공정을 이용하기 때문에 쉽게 그 조건을 잡기가 어렵다. 마이크로 구조물의 도금을 위해서는 thick PR이 사용되는데, 일반적으로 thick PR의 경우는 도포, 경화, 노광, 현상 조건 등 여러 까다로운 공정 조건의 해결이 선행되어야 하기 때문이다[1].

쾌속조형기(Rapid Prototyping)를 이용한 제품의 제작은 동시공학(concurrent engineer)적 차원에서 유용한 공법이다[2]. 현재 플라스틱 산업분야 외에도 정밀주조품 제작, 의료분야와 디자인 산업분야 등에도 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3,4,5]. 그

러나 미세구조물 가공 분야에서는 아직 연구가 미흡한 실정이다. 미세구조물 제작에 RP를 이용할 경우, 포토마스크의 제작이 필요하지 않으므로 마스크 제작비용과 제작시간을 획기적인 수준으로 절감할 수 있을 것이다. 부가적으로 기존 제작기술로는 구현하지 못했던 입체구조, 일체제작 등이 가능하다. 그러나 실제 산업계에 적용하기 위해서는 형상정밀도에 영향을 주는 배치각, 재료상태, 적층두께 등 공정변수 등 여러 가지 선결조건들이 해결되어야 한다.

본 연구에서는 미세구조물 제작 시 여러 까다로운 선형 조건을 거치지 않고 자유로운 형상을 구현할 수 있는 SLS형 RP로 미세구조물을 제작하여 재료상태와 배치각에 따른 DuraForm PA 성형품의 형상정밀도에 관한 연구를 수행하였다.

2. 실험

2.1. DuraForm PA 성형품의 설계 및 제작

RP를 이용한 미세구조물 제작 가능성을 확인하기 위하여

3D CAD 프로그램(CATIA)으로 설계된 패턴들은 깊이가 400 μm 이고, 길이가 8 mm 이며, 선폭은 50 μm 부터 1.2 mm 까지의 폭을 가진다. 본 실험에 사용된 RP는 SLS(Selective Laser Sintering) 방식의 Sinterstation 2500 plus(미, 3D system사)였다. 설계된 파일은 Buildsetup 소프트웨어를 이용하여 수축률 및 오차보정으로 RP 입력형태인 STL 파일로 재해석하였다. 재료는 분말형태의 DuraForm PA를 사용하였다. 빌드챔버는 381(W) \times 330(D) \times 457(H)의 크기이며 좌우측에는 재료공급을 하는 카트리지가 있다. 제작은 전처리, 소결공정, 후처리 공정 순으로 진행하였다. 전처리 공정은 챔버 안에 질소를 충전 하여 산소를 5.5 % 이내로 제거시켰고, 챔버 분위기 온도는 130~135 $^{\circ}\text{C}$ 로 예열시켰다. 본 실험에서 재료는 한번도 사용하지 않은 new powder와 한번 이상 재사용된 old powder를 사용했고, 136 $^{\circ}\text{C}$ 의 공정온도와 11 W의 레이저 파워와 100 μm 의 적층두께를 이용했고, 배치각은 각각 0 $^{\circ}$ 와 5 $^{\circ}$ 로 설정하여 제작하였다. 소결공정은 25 W CO₂ 레이저를 사용하여 100 μm 씩 슬라이스 된 데이터에 지름이 50 μm 인 빔을 조사시켜 분말형태의 재료를 광학반응으로 소결시켰다. 소결이 끝나면 연속적으로 빌드챔버는 100 μm 씩 내려가고, 롤러를 이용하여 좌우측 카트리지 내의 재료의 일정량을 빌드챔버에 공급하였다. 새롭게 빌드챔버 내에 채워진 재료는 다시 레이저로 슬라이스 된 단면형상을 조사하여 소결하는 방식으로 한층 한층 씩 적층하여 제작하였다. 제작된 성형품은 후처리 공정으로 지지대 역할을 했던 소결되지 않은 재료와 분리시켰다.

2.2 DuraForm PA 몰드 분석

미세구조물을 갖는 DuraForm PA 성형품의 표면조도를 측정하기 위해 100번과 150번 연마지를 이용하여 표면을 연마한 후, Surface Roughness Meter를 사용하여 Ra 값을 측정하였다. 그리고 패턴 깊이는 접촉스타일러스식 SURFTEST SV-600을 사용하여 400 μm 의 깊이로 파진 패턴들을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Duraform PA 성형품 표면조도는 재료의 상태가 new powder이고, 배치각이 0 $^{\circ}$ 일 때 6.64 μm 으로 가장 좋았고, 재료의 상태가 old powder이고, 배치각이 5 $^{\circ}$ 일 때 표면조

도는 가장 나빴다. 배치각은 소결된 층과 그 다음 소결된 층 사이에 계단부위 형상을 생성시켰고, 이는 성형품의 표면거칠기를 증가시켰다. 재료 하나의 평균입자크기는 58 μm 이며 제작 시 2~3개 층을 투과하여 입자에 레이저가 주사된다. 제작에 한번 이상 사용되어 레이저 광원과 고온의 제작온도에 노출된 재료는 입자형태가 new powder 일 때 보다 균일하지 못하고 불규칙한 형상으로 이웃하는 입자와 결합형태로 분포되어 있어 형상정밀도와 표면조도에 나쁜 영향을 미쳤다. Table 3은 Duraform PA 성형품 제작 시 배치각과 재료의 상태에 따라 측정된 표면거칠기 값을 나타냈다.

Table 3. Surface roughness for alignment angle and material quality

Material condition	New powder		Old powder	
	0 $^{\circ}$	5 $^{\circ}$	0 $^{\circ}$	5 $^{\circ}$
Ra(μm)	6.64	8.20	7.41	9.28

Fig. 1~4는 패턴의 깊이가 400 μm 일 때 배치각과 재료에 따른 설계된 패턴의 깊이에 대한 분석결과이다. 그래프의 가장 왼쪽부분의 선폭은 50 μm 이며 그 다음부터 100 μm 에서 선폭이 100 μm 씩 증가되어 1.2 mm 까지 13개의 선폭을 나타내고 있다. 재료의 상태가 new powder이고, 배치각이 0 $^{\circ}$ 일 때 패턴의 깊이가 모든 선폭에서 균일하게 400 μm 에 근접함을 알 수 있다. 다른 공정조건에서는 설계치 깊이인 400 μm 보다 깊이가 적게 파져있는 형상으로 관찰되었다. 실험결과, 재료의 상태가 new powder이고 배치각이 0 $^{\circ}$ 일 때 미세구조물의 갖는 DuraForm PA 성형품의 표면조도와 패턴의 깊이가 다른 제작조건에 비해 최적의 형상을 얻었다.

기존 마스크의 경우 수 마이크로 패턴의 전사까지 가능하지만, RP는 사용되는 laser의 빔과 재료의 크기에 따라 패턴의 형상정밀도가 결정되는 단점이 있지만 MEMS의 여러 분야에서 적용될 수 있을 것이다. 한편 마스크 대체를 위해서는 DuraForm PA 성형품의 표면거칠기 향상의 선결조건이 이루어져야 한다. 표면 거칠기 및 단차가 마이크로 크기를 유지 할 수 있다면 shadow mask 및 미세구조물 제작에 유용하게 사용될 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 SLS형 RP를 이용하여 패턴의 깊이가 400 μm 인 플라스틱 미세구조물을 제작하였다. DuraForm PA 성형품은 재료가 new powder 상태이고, 배치각이 0° 일 때 표면조도가 가장 좋았으며, 400 μm 패턴의 깊이도 다른 공정변수들 보다 균일하게 형성되었다.

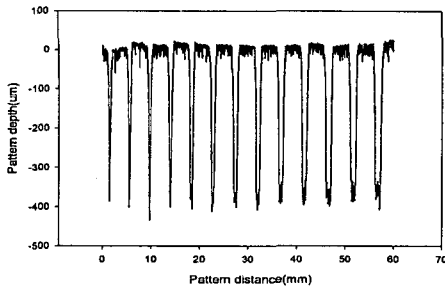


Fig. 1. Pattern depth of Duraform PA mold(new powder, alignment angle : 0°)

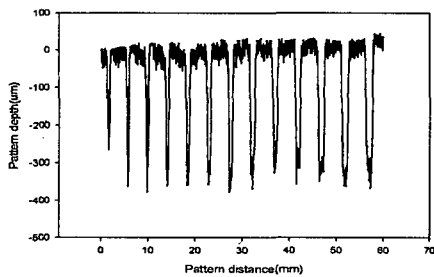


Fig. 2. Pattern depth of Duraform PA mold(new powder, alignment angle : 5°)

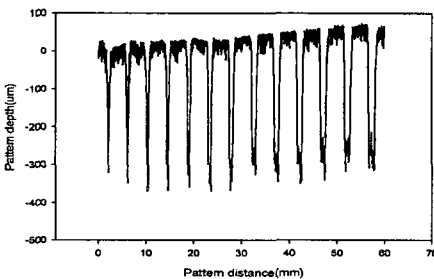


Fig. 3. Pattern depth of Duraform PA mold(old powder, alignment angle : 0°)

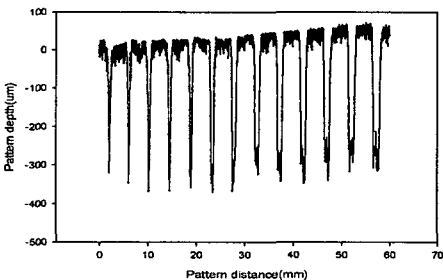


Fig. 4. Pattern depth of Duraform PA mold(old powder, alignment angle : 5°)

참고문헌

[1] R. K. Watts and J. H. Bruning, " Review of Fine-Line Lithography Technique: Present and future" Solid-State Technology, 24, pp. 99-105. May, 1991
 [2] Chua Chee Kai, Lenog Kah Fai "Rapid Prototyping", John Wiley & Sons, pp. 7-9, 1997
 [3] Qingbin Liu, guanghua Sui, M.C. Leu "Experimental study on the ice pattern fabrication for the investment casting by rapid freeze prototyping (RFP)" Computers in Industry Vol. 48, pp. 181-197, 2002
 [4] 주영철, 송오성 "쾌속조형 듀라폼몰드와 저융합점합금을 이용한 주얼리용 마스터패턴 제작에 관한 연구" 한국주조공학회지 Vol. 9, No. 5, pp. 265-270, 2002.
 [5] 주영철, 김태완 " 쾌속조형기를 이용한 정밀주조물의 쾌속제작에 관한 연구" 산학기술학회 춘계학술발표논문집 Vol. 3, No. 1, pp.49-51, 2002