

파우더 블라스팅을 이용한 STAVAX의 미세패턴 가공 Micro-pattern machining of STAVAX Using Powder Blasting process

*김선아¹, 장호수¹, 윤대진¹, 김은미², #박동삼²

*Seon Ah Kim¹, Ho Su Jang¹, Dae Jin Yun¹, Eun Mi Kim², #Dong Sam Park(dsparm@incheon.ac.kr)²

¹ 인천대학교 기계공학과 대학원, ² 인천대학교 기계공학과

Key words : Powder Blasting, STAVAX, Micromixer, Reactor

1. 서론

최근 디스플레이, 바이오, IT 전자산업 등의 개발 성과와 더불어 이들 첨단 산업에 요구 되는 부품들은 마이크로, 나노 가공기술을 기반으로 한 미세 가공에 의해 제작되는 부품으로 모바일 폰의 도광판(BLU, FLU), 컴퓨터 등의 LCD 모니터, PDP, 자기 디스크, 프레넬 렌즈, 홀로그래프 렌즈, 고휘도·초고휘도 반사 필름, 바이오 칩, 바이오 센서 등이 있다. 이는 초소형, 초정밀, 고기능성의 초미세 형상의 부품들로, 초정밀 가공 기술 없이는 생산할 수 없으며 차세대 산업의 성장에 대한 제품 개발의 필요성이 지속적으로 증대 되고 있다. 특히, 차세대 핵심 기술로서 많은 관심과 연구가 이루어지고 있는 BT(Bio Technology)는 게놈지도 완성, 체세포 복제 등 생명과학 및 생화학 기술을 바탕으로 바이오칩, 바이오 센서 등 각종 미세부품에 대한 연구 개발을 활발히 진행하여 보다 포괄적인 의미에서의 생명공학기술이 실현 중에 있다.[1-3]

바이오칩(Biochip)은 유리, 실리콘, 혹은 나일론 등의 재질로 된 작은 기판 위에서 DNA, 단백질 기타 화학, 생물학적 시료를 반응시켜 필요한 정보를 획득할 수 있는 생물학적 마이크로 칩(Biological microchip)을 말한다. 바이오칩은 크게 두 가지로 분류되는데, 마이크로어레이(Microarray)와 마이크로플루이딕스칩(Microfluidicschip)으로 분류된다. Microfluidics chip은 일반적으로 Lab-on-a-chip(LOC)이라 하며 분석 물질의 분리, 합성, 정량 분석 등 시료의 모든 전처리 및 분석단계를 수 cm² 이하 정도의 면적을 갖는 칩에서 수행하도록 한 것이다.

LOC 성형에 있어 핵심적 기술은 극소화, 다기능화, 저전력화로 작고 가벼워 자원소비 및 환경오염을 줄이면서도 더욱 높은 정확성과 고효율의 제품을 생산해 낼 수 있어야 한다.

중래의 Biochip 생산기술로는 에칭, 폴리싱, MEMS, LIGA 등의 미세가공 기술이 많이 사용되어 왔다. [4-5] 그러나 최근에는 나노급의 위치 정밀도를 갖는 파우더 블라스팅(Powder Blasting)을 이용한 초정밀 가공기의 출현으로 기계적인 가공법으로도 마이크로 형상 부품을 제작할 수 있는 미세가공 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. [6]

파우더 블라스팅(Powder Blasting) 기법은 고압의 공기에 의하여 가속된 수 μ m~수십 μ m의 미립 분사재를 노즐로부터 고속으로 분사시켜 그 충격력에 의하여 재료를 가공하는 취성모드의 기계적 에칭 가공법으로 본 연구에서는 파우더 블라스팅을 이용한 STAVAX의 미세패턴 가공을 실행 하였다.

STAVAX는 크롬합금스테인리스 금형강으로 내부식성, 경면성, 내마모성, 가공성이 높고, 열변형이 작은 특성을 가지고 있고 뛰어난 생산성을 나타내며 모든 분야의 성형용 금형에 적합한 재료이다. 이를 기계적인 미세가공 방법 중의 하나인 파우더 블라스팅(powder blasting)을 도입하여, 미립 분사재를 고속 고압으로 분사하여 미세 채널 형상을 보다 정밀하고 신속하게 제작 할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다. [7-9]

2. STAVAX의 특성

STAVAX는 플라스틱 금형강(Plastic Mould Steel)으로 정식 명칭은 크롬 합금 스테인레스 금형강이며 PVC, PP, PC, PMMA 등의 폴리머 소재에 최적인 플라스틱 금형강이다. STAVAX는 내부식성, 경면성, 내마모성과 가공성이 우수하고 열처리시 치수변화가 매우 적은 특징을 가지고 있다. Table 1은 STAVAX의 화학성분을 나타낸 표이며, Table 2는 실험에 사용한 STAVAX의 열처리 성질을 나타낸 표이다.

Table 1 Chemical properties of STAVAX

	C	Si	Cr	Ni	Mn	Mo	V	Vo
STAVAX S136	0.38	0.8	13.6	-	0.4	-	0.3	-

Table 2 Characteristic heat treatment of STAVAX

	Austenizing	Quenching	Tempering	Hardness
STAVAX S136	1025 $^{\circ}$ C	Oil/Air	180 $^{\circ}$ C	54
			225 $^{\circ}$ C	55

3. 파우더 블라스팅의 기본원리

파우더 블라스팅은 고속의 공기나 가스에 의해 가속된 수 μ m~수십 μ m의 분사재들이 고속, 고밀도로 시편에 충돌되면서 미세가공을 하는 것으로 기계적 에칭(mechanical etching)의 한 가공법이다. Fig. 1은 파우더 블라스팅의 가공원리를 나타낸 것으로 피삭재가 마스크(mask)로 덮여 있는 상태에서 노즐의 X축, Y축 이동에 의해 가공이 이루어지게 된다. 이때, 피삭재의 마스크 형태에 따라서 복잡한 형상이나 아주 작은 형상도 쉽게 가공이 가능하다.

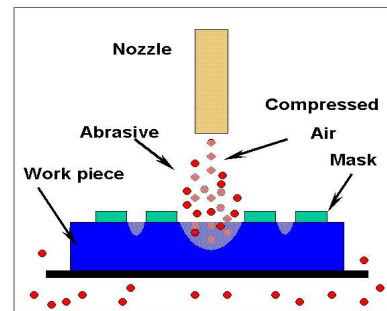


Fig. 1 Basic mechanism of powder blasting

가공의 변수로는 분사압력, 분사속도, 분사재의 종류와 크기, 분사재의 밀도, 노즐의 주사속도(Scanning) 및 노즐의 피삭재의 거리 등이 있으며 가공정밀도와 가공능률의 향상을 위해서는 적절한 조건을 선택해야 한다. 또한, 파우더 블라스팅은 분사재의 충돌에 의한 가공법이기 때문에 칩핑(chipping)이나 크랙 및 열발생이 적어 유리나 세라믹, 실리콘 및 수정 등 경취재료의 정밀 미세가공에 아주 적합한 가공법이다.

4. 실험방법

4.1 시편제작

본 연구에서 사용된 시편은 STAVAX를 사용하였다. 소재의 크기는 40mm×40mm×10mm로 제작하였으며, 파우더 블라스팅 가공을 위한 전처리 과정으로 마스크 공정(masking process)을 수행하였다. 마스크 공정은 라미네이팅(laminating), 노광(exposure) 및 현상(developing)의 3공정으로 구성된다. 현상은 Reactor와 Micro mixer로 나누어지며, Reactor는 폭 300 μ m와 400 μ m의 "Y"의 형상과 Serpentine형상이 양각으로 하단에, Micro mixer는 250 μ m와 400 μ m의 크기의 형상을 음각으로 상단에 설계되어, 이 두 상판과 하판이 만나 유로를 형성하여 시료를 섞을 수 있도록 설계하였다. Fig. 2는 CAD를 이용하여 도면 작업을 수행한 것으로, 이를 이용하여 마스크 필름을 제작하였다. 마스크 필름 제작과 시편에 대한 마스크 작업은 국내 전문 제작사에 의뢰 제작하였다.

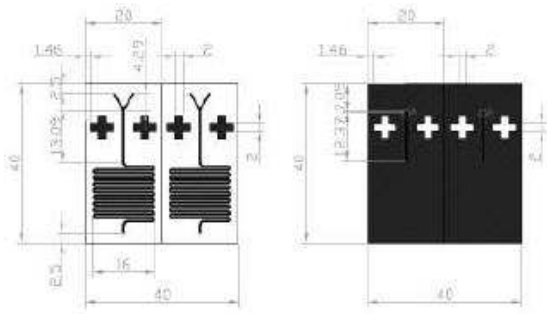


Fig. 2 Drawing of micro chip

4.2 분사입자

본 연구에서 사용된 분사재는 미립 연마재로서 초정밀 가공이나 연삭, 연마, 랩핑 및 폴리싱에 사용되는 WA계통의 Al₂O₃ 입자로 크기는 #2000을 사용하였다.

Fig. 3는 본 실험에 사용된 분사입자의 SEM 사진을 나타낸 것이다.

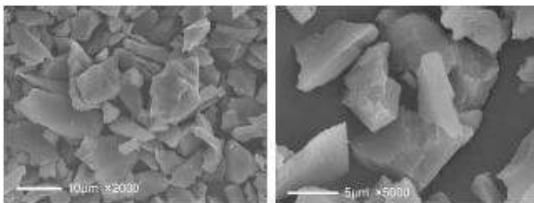


Fig. 3 SEM micrographs of used abrasive particles.

4.3 실험 조건 및 방법

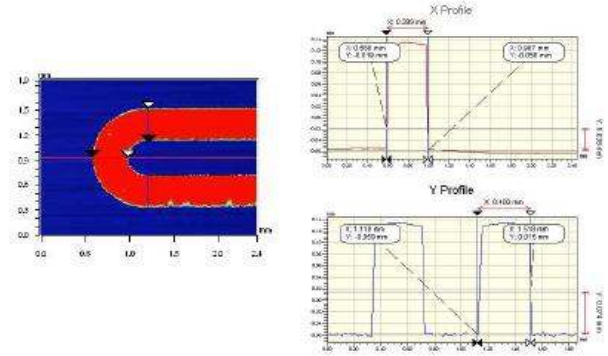
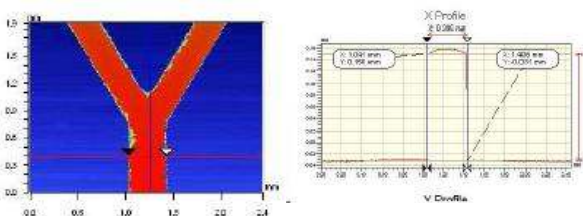
본 연구의 모든 실험은 일본의 S사에서 제작한 MICROBLASTER(type MB1)을 사용하였으며, 분사노즐은 알루미늄 재질로 내경이 8mm인 원통형상이다. 실험에 사용한 가공 조건은 Table 3. 으로 노즐의 각도는 90°, 이송속도는 상판의 micromixer의 경우 30mm/s, 하판의 reactor의 경우 50mm/s로 하였고, 분사량은 100g/min, 분사압력은 0.25MPa로 동일하게 설정하였다. 주사 횟수는 micromixer는 150회, reactor는 100회로 실험하였다.

Table 3 Experimental conditions

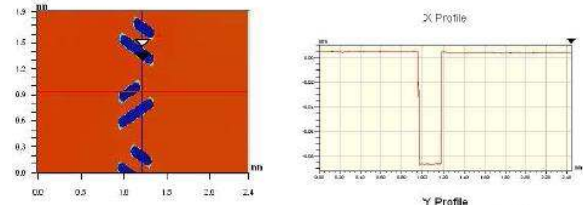
Powder material	WA#2000
Impact angle(°)	90
Scanning speed(mm/s)	30, 50
Mass flow rate (g/min)	100
Blasting pressure(MPa)	0.25
Scanning times	100, 150

5. 실험결과

Fig. 4은 STAVAX를 파우더 블라스팅을 이용하여 가공 후, 전체적인 형상의 미세 측정을 위하여 비접촉식 3차원 형상측정기(WYKO-NT-1000)와 MVS(Microscope Vision System)를 사용하여 측정한 결과이다. (a) Reactor의 측정결과는 폭 400.49µm, 높이 18µm, (b) Micromixer는 폭 206µm로 측정 되었다. 설계했던 치수와 1µm 이내의 오차만이 발생해 가공결과 측정한 치수가 오차범위 0.3% 이내로 가공이 성공적으로 이루어 졌음을 확인하였다.



(a) Reactor and cross-section



(b) Micromixer and cross-section

Fig. 4 Dimensional view of Reactor and Micromixer

6. 결론

본 연구를 통하여 다양한 형상의 미세패턴을 STAVAX에 가공하기 위하여, 가공성 평가를 바탕으로 예비 실험을 수행한 결과, 최적의 가공 조건은 분사재 WA #2000, 분사압력 0.25MPa, 이송속도 30mm/s 일 때 주사 횟수 100, 이송속도 50일 때 주사 횟수 50임을 알 수 있었다. 또한 파우더 라스팅을 이용한 STAVAX의 가공을 통하여 미세패턴의 금형 제작의 가능성을 알 수 있었으며, 금형을 통한 LOC의 생산 가능성 또한 알 수 있었다.

참고문헌

1. Lab-on-a-chip(Microfluidics) 최근 기술 이슈 및 시장동향, 한국보건산업진흥원 2005. 2.
2. Yohtaro Yamazaki., Application of MEMS technology to micro fuel cells. Electrochimica Acta , 50, 663-666 ,2004.
3. S. Mouradian., Lab-on-a-chip : Applications in proteomics. Current opinion in chemical biology , 6, 51-56, 2002.
4. L. J. kricka., Microchips, microarrays, biochips and nano chips:personal laboratories for the 21st century. Clinica Chimica Acta , 307, 219-223, 2001.
5. B-H. JO.; L.M. VAN Lerberghe, K. M. Motsegood, and D. J. Beebe, Three-dimensional micro-channel fabrication in poly dimethylsiloxane (PDMS) elas-tomer, J. Microelectromech. Syst , 9, 1, 76-81, 2000.
6. Slikkerveer, P. J., Bouten, P. C. P. and de Haas, F. C. M., "High quality mechanical etching of brittle materials by powder blasting", sensors and actuators 85, 296~303, 2000.
7. Solignac, D.; Sayah, A.; Constantin, S.; Freitag, R.; Gijs, M.A.M., Powder blasting for the realisation of microchips for bio-analytic applications. Sensors and Actuators-A 2001, 92, 388-393.
8. Belloy, E.; Thurre, S.; Walchiers, E.; Sayah, A.; Gijs, M.A.M., The introduction of powder blasting for sensor and microsystem applications. Sensors and Actuators , 84, 330-337, 2000.
9. 최중순, 박경호, 박동삼, "Powder Blasting을 이용한 미세 포켓가공," 한국정밀공학회 2001년도 춘계학술대회논문집. 1060-1063 , 2001.