

파우더 블라스팅을 이용한 퀴츠글래스의 미세채널 가공 Machining of microchannel of Quartz Glass Using Powder Blasting

*장호수¹, 윤대진¹, 김선아¹, 손현승¹, 손종인¹, 이학용¹, #박동삼²

*Ho Su. Jang¹, Dae Jin Kim¹, Seon Ah Kim¹, Hyeon Seung Sohn¹, Jong In Sohn¹, Hak Yong Lee¹,

#Dong Sam Park²(dspark@incheon.ac.kr)

¹인천대학교 대학원 기계공학과, ²인천대학교 기계공학과

Key words : Powder Blasting, Quartz Glass, Microchannel, Fuel Process, Bio Chip, Lab-on-a-chip

1. 서론

바이오칩(Biochip)은 유리, 실리콘, 플라스틱 재질로 된 기관 위에서 DNA, 단백질 기타 화학, 생물학적 시료를 반응시켜 여러 가지 필요한 정보를 획득할 수 있는 생물학적 마이크로 칩으로 과학기술 연구, 신약개발, 임상진단, 농업, 식품, 산업, 환경 모니터링 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 바이오칩은 마이크로어레이(microarray) 칩과 미세유체 칩(microfluidics chip)으로 분류되는데 미세유체 칩을 일반적으로 Lab-on-a-chip(LOC) 이라 하며 MEMS나 미세가공기술을 이용하여 시료의 희석, 혼합, 반응, 분리 및 정량 등 시료의 모든 전처리 및 분석 단계를 수 cm² 이하 정도의 면적을 갖는 하나의 칩 위에서 수행하도록 한 것이다.

LOC는 미량의 생체 시료의 채취 운반 처리 측정하기 위한 마이크로 유체소자(마이크로 밸브, 마이크로 펌프, 마이크로 채널, 마이크로 필터, 혼합기 등), 항원이나 유전자와 같은 생물분자를 이동 조작하기 위한 바이오 필터, 시료를 분석 감지하기 위한 반응기 및 센서(면역센서, 생화학센서 등), 마이크로 유체 소자를 구동시키기 위한 액츄에이터, 주변 회로부 등의 소자를 집적화된 구조를 지니고 있으며 작은 화학/생물 마이크로 프로세서와 같은 역할을 하게 된다. Fig. 1은 LOC의 한 형태를 보여준다.

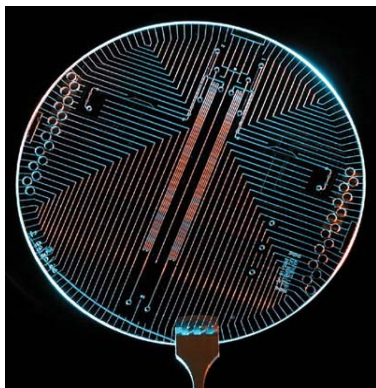


Fig. 1 An example of lab-on-a-chip

Fig. 1에서 보듯이 LOC에서 마이크로 채널이 아주 중요한 요소가 되는데 현재 보편적인 마이크로 채널 제작기술은 포토레지스트(photoresist)를 이용하여 UV 노광(exposure), 현상(developing) 등의 일련의 과정을 거치는 photolithography에 기초한 화학적 에칭에 기반을 두고 있는데 이는 화학작용에 의한 방법이므로 농도나 시간에 따라 언더컷(undercut)과 과도에칭(overetching)이 발생하여 미세채널의 치수정밀도에 큰 영향을 미치게 되며, 작업자에게 유해한 생산 환경 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 LOC의 기본 소재를 Quartz로 선정하고, 미세가공분야에서 최근 용도가 크게 증가하고 있는 파우더 블라스팅(powder blasting)을 이용하여 마이크로 채널을 성형하는 기술을 개발하고자 한다. 이 기법은 고압의 공기에 의하여 가속된 수 μm ~수십 μm 의 미립 분사재를 노즐로부터 고속으로 분사시켜 그 충격력에 의하여 재료를 가공하는 취성모드의 기계적 에칭 가공법이다.

2. Quartz의 특성

Quartz Glass는 처음 GE(General Electric)에 의해 고성능 램프 용으로 개발되었으나 화학적 성분과 초고순도, 고내열성 등의 뛰어난 특성으로 인하여 램프 외에도 반도체, 광섬유 등 초고순도의 재질적 특성을 원하는 다양한 분야에서 다양한 형태로 사용된다. Quartz는 높은 순도의 무수 규산(SiO₂)을 응용한 수정 유리로 "Silica Glass"로도 불린다. 원래 이러한 용어들은 자재의 투명과 불투명 등급을 구분하기 위해 사용되었으며 "수정"으로부터 생산되는 투명제품은 Quartz Glass, "모래"로부터 제조되는 불투명 제품은 Silica Glass라 하였으나 오늘날에는 원재료 제조공정의 향상으로 수정 또는 모래로부터도 투명제품이 만들어 지므로 수정성분이 함유되어 있으면 모두 용용 Quartz라 부른다.

Quartz Glass의 특성으로는 연화온도가 1600 $^{\circ}\text{C}$ 이상이며, 열충격저항이 우수하여 열선보호관, 이화학기구, 특수조명용 관으로 사용되며 반도체 제조공정에서 Si 웨이퍼를 운반하는 기구로도 사용된다. Quartz Glass는 전기적인 저항도 1016 Ω 으로 일반 소다석회 유리(1012 Ω)보다 높고 유전상수도(dielectric constant)로 3.82로 일반 유리의 8에 비해 매우 낮아 광학용 소재나, 코우크로스의 도어 코우크로스의 도어, 비철금속의 통, 강의 연속주조용 노즐, 유리용해로의 트웰, 운수용로재, 반도체 등에 쓰인다.

3. 파우더 블라스팅의 기본원리

파우더 블라스팅은 고속의 공기나 가스에 의해 가속된 수 μm ~수십 μm 의 분사재들이 고속, 고밀도로 시편에 충돌되면서 미세가공을 하는 것으로 기계적 에칭(mechanical etching)의 한 가공법이다. Fig. 2는 파우더 블라스팅의 가공원리를 나타낸 것으로 피삭재가 마스크(mask)로 덮여 있는 상태에서 노즐의 X축, Y축 이송에 의해 가공이 이루어진다. 이때 피삭재의 마스크의 형태에 따라서 복잡한 형상이나 아주 작은 형상도 쉽게 가공이 가능하다.

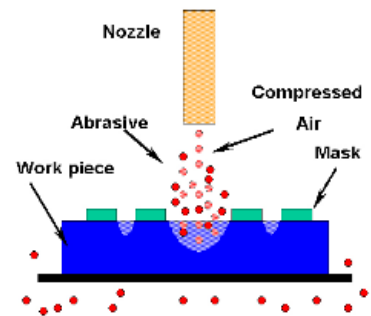


Fig. 2 Basic mechanism of powder blasting

가공의 변수로는 분사압력, 분사속도, 분사재의 종류와 크기, 분사재의 밀도, 노즐의 주사속도(Scanning) 및 노즐과 피삭재의 거리 등이 있으며 가공 정밀도와 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 취성재료의 정밀 미세가공에 아주 적합한 가공법이다.

4. 실험방법

4.1 시편제작

Quartz 시편은 시중에 판매되는 두께 2.2mm의 판재로부터 가로와 세로를 각각 45mm가 되도록 제작하였다. 파우더 블라스팅 가공을 위해 전처리로서 마스크링 공정(masking process)이 필요하며 크게 라미네이팅(lamminating), 노광(exposure) 및 현상(developing)의 3공정으로 구성된다. 또한, 가공 목표 형상으로 직선 채널의 가공 폭은 각각 70 μ m, 90 μ m으로 하였으며, 패턴 형상을 CAD를 이용하여 도면 작업을 수행하고 이를 이용하여 패턴 필름을 제작하였다. 패턴 필름 제작과 시편에 대한 마스크링은 국내 전문 제작사에 의뢰 제작하였다.

4.2 분사입자

본 실험에서 사용된 분사재는 미립 연마재로서 초정밀 가공이나 연삭, 연마, 래핑 및 폴리싱에 사용되는 WA 계통의 Al₂O₃ 입자 크기는 #2000을 사용하였다.

Fig. 3은 사용된 분사입자의 SEM 사진을 나타낸 것이다.

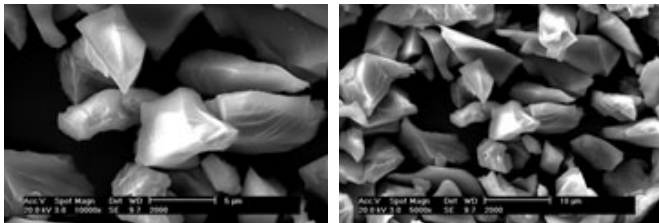


Fig. 3 SEM photograph of abrasive WA2000(X1000, X2000)

4.3 실험 조건 및 방법

가공 실험은 일본의 S사에서 제작한 MICROBLASTER(type MB1)을 사용하였으며 분사노즐은 알루미늄 재질로 내경이 8mm인 원통 형상이다.

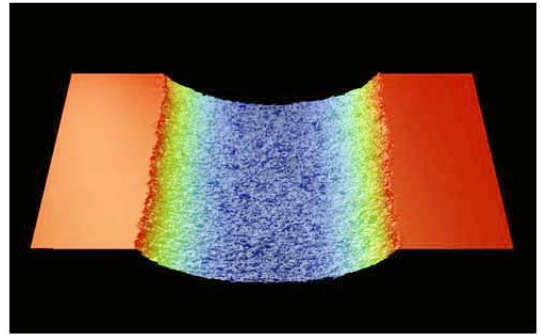
본 실험에서 사용된 분사가공 변수들은 Table 1과 같다. 노즐 주사 횟수를 5, 10, 15, 20회로 주었고 분사재는 WA #2000을 사용하였다. 가공 후 각 패턴의 가공 깊이를 정밀 측정하였는데 가공 형상분석을 위해 비접촉식 3차원 형상 측정기(WYCO NT-2000)을 사용하였고, SEM 사진은 JEOL JSM-5200 scanning microscope를 이용하였다.

Table 1 Experimental conditions

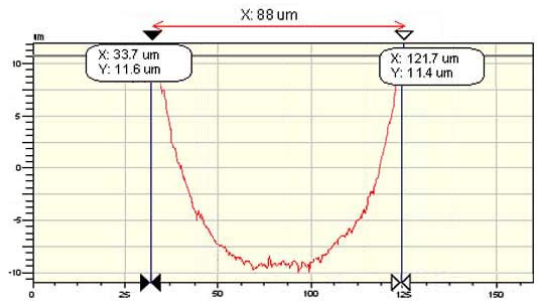
Powder material	WA#2000
Impact angle(°)	90
Scanning speed(mm/s)	100
Mass flow rate (g/min)	150
Blasting pressure(MPa)	0.2
Scanning times	5, 10, 15, 20

5. 실험결과

실험조건 중의 하나인 분사재 WA #2000, 분사량 100g/min, 노즐 이송속도 100mm/sec, 분사압력 0.2Mpa 및 주사 횟수 15회의 조건으로 가공했을 때, 시편의 형상 중 90 μ m 선 패턴(line pattern)에 대해 WYCO NT-2000과 WYKO Vision32를 이용하여 3차원으로 측정된 사진을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4의 (a)는 선폭 90 μ m의 3차원 형상을, (b)는 선폭 90 μ m의 채널 단면 형상을 나타낸 것으로 이들 그림에서 마이크로 채널이 전체적으로 잘 가공되고 있음을 알 수 있으며, 단면형상은 거의 U자형을 이루고 있다.



(a) 3 dimensional view



(b) cross-section of microchannel

Fig. 4 Shape and cross-section of microchannel

4. 결론

LOC에서 필수적으로 요구되는 마이크로 채널의 성형을 위하여 파우더 블라스팅을 이용한 Quartz Glass의 마이크로 채널 가공시 가공 특성을 규명하였다. 여러 다양한 조건을 이용하여 가공 실험을 수행한 결과 70 μ m의 마이크로 채널은 가공이 쉽지 않았으나 90 μ m의 선폭을 갖는 마이크로 채널은 비교적 용이하게 가공할 수 있었다. 이러한 가공법을 이용한다면 현재 주로 화학적 에칭에 기반한 성형 기법을 효과적으로 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. S. Mouradian., Lab-on-a-chip : Applications in proteomics. Current opinion in chemical biology 2002,6,51-56.
2. 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.
3. L. J. kricka., Microchips, microarrays, biochips and nanochips;personal laboratories for the 21st century. Clinica Chimica Acta 2001, 307, 219-223.
4. B-H. JO.; L.M. VAN Lerberghe, K. M. Motsegood, and D. J. Beebe, Three-dimensional micro-channel fabrication in polydimethylsiloxane(PDMS) elastomer, J. Microelectromech. Syst 2000, 9, 1, 76-81.
5. 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 2000, 84, 330-337.
6. K.S. Yun.; E. Yoon., Microfabrication of 3-dimensional photoresist structures using selective patterning and development on two types of specific resists and its application to microfluidic components. IEEE International conference on MEMS 2004, 757-760.
7. F.G. Tseng.; Y.J. Chuang.; W.K. Lin., A novel fabrication method of embedded micro channels employing simple UV dosage control and antireflection coating. IEEE 15th International Conference in Micro Electro Mechanical Systems 2002, 69-75