

블라스팅과 워터젯 순차가공에 의한 유리 미세유체소자 제작기술

Smooth glass micromachining for microfluidic devices using sequential process of abrasive blasting and abrasive water jet finishing

*손성균¹, #김욱배², 김원우¹, 신명호²

*S. G. Son¹, #W. B. Kim(wkim@kpu.ac.kr)², W. W. Kim¹, M. H. Shin²

¹한국산업기술대학교 기계시스템설계공학과 대학원, ²한국산업기술대학교 기계설계공학과

Key words : Abrasive blasting, Water jet, Microfluidic devices, Glass micromachining

1. 서론

유리소재는 화학적으로 안정된 상태이며 생체 시료에 대한 내성이 우수하고 투명성, 내부식성 등의 특징으로 인해 미세유체소자에 적합한 소재이다. 그러나 유리의 특성상 직접적인 가공이 어려워 주로 포토리소그래피공정에 의한 에칭법을 사용하고 있다. 그러나 이러한 방법은 환경적으로나 제작효율에서 좋지 못한 측면이 있다.

Abrasive blasting은 유리가공에 사용되어온 기계적 방법으로 미세채널을 형성 하는데 비교적 빠르고 정밀하게 패턴모양을 형성 할 수 있다. 그러나 취성과파괴에 의해 가공된 표면은 표면거칠기가 매우 높고 이러한 원인으로 블라스팅법은 미세유체소자 제작기술로서 회피 되고 있다.

본 연구에서는 abrasive blasting으로 패턴 형성 후 가공물에 water jet을 연속으로 적용하여 높은 수준의 표면품위를 갖는 마이크로 채널을 제작하고자 하였으며 이하 제반특성을 설명한다.

2. Abrasive blasting과 water jet의 기본원리

Fig. 1 에서 나타난 바와 같이 abrasive blasting의 경우 100 μ m 이하의 입자가 약 80~200m/sec의 속도로 피가공물에 수직으로 충돌 시 충격력에 의해 표면에 크랙이 형성되어 재료를 제거하는 erosion의 원리이다.¹

Water jet은 기존의 경우, 100bar 이상의 압력으로 연마슬러리를 분사하여 주로 재료를 절단하는데 이용되어 왔으나, 저압(~20bar)분사에 의해 유리 등에서 연마 공정으로 활용할 수 있다.

이 때에는 슬러리가 표면에 충돌 후 표면에 수평한 방향으로의 유체 흐름에 의해 빠르게 가속되어 재료를 깎아내는 abrasion의 원리이다.²

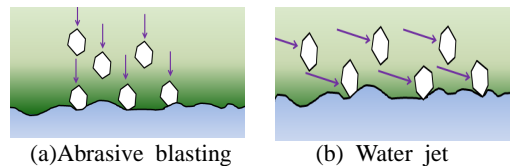


Fig. 1 Particle collision in erosion and abrasion

3. 실험방법

Abrasive blasting과 water jet의 순차가공은 Fig. 2 에 나타난 바와 같이 blasting과 water jet의 노즐 헤드를 별도로 구성하여 실시하였다. 패턴링을 위한 마스크는 폭 150 μ m의 1차 채널의 형태이다. 각 노즐은 일정한 분사조건(Table 1 참조)하에 채널을 따라 왕복한다.

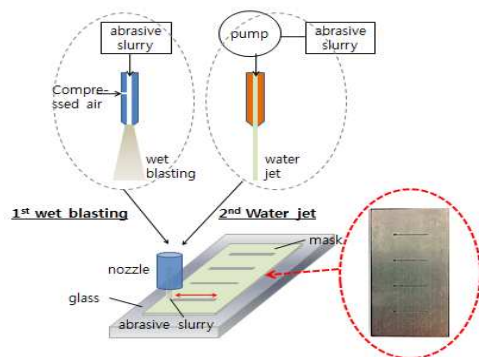


Fig. 2 Process of blasting and water jet

4. 실험결과

Fig. 3은 제안된 가공법에 의한 결과로써 마이크로 채널 및 채널표면에 대한 SEM사진이다.

Abrasive blasting은 2bar의 압력으로 6회 왕복을 하였고 water jet의 유체 속도는 30m/s로 하였다. 관측 결과 폭 150 μ m, 깊이 50 μ m의 채널이 형성되었으며 abrasive blasting만 시행했을

Table 1 Experimental condition

	Blasting	Water jet
Abrasive	Alumina #600	Alumina #2500
Pressure	1-3bar	-
Velocity	-	20-35m/s
Num. of scan	3, 6, 9	2, 4, 6
Nozzle Dia.	1.5mm	
Slurry comp.	5%	
Scan. speed	1mm/s	
Workpiece	Pyrex glass	
Stand-off	5mm	

시 표면을 확대 관측한 결과 전형적인 취성파괴의 흔적을 보였다. 또한 Fig.3 (b) 에서 water jet을 순차가공한 표면이 abrasive blasting시 생성된 크랙을 제거하는 모습이 관찰되었다.

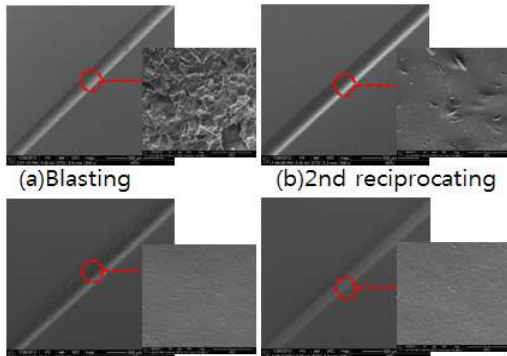


Fig. 3 SEM image, surface transition from coarse to smooth by water jet machining according to nozzle reciprocation

Fig. 4 그래프는 abrasive blasting 과 water jet에 의한 가공표면을 AFM으로 측정한 결과이다. Abrasive blasting 후 표면거칠기는 Rms 266nm 였으며 기존의 문헌에서 나타난 블라스팅에 의한 일반적인 표면거칠기를 보여주었다.

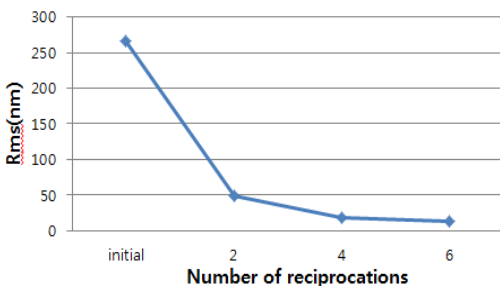


Fig 4. Number of scanning according to surface roughness

Water jet을 적용한 시편은 6회 왕복 시 14nm 수준으로 표면거칠기가 크게 감소하였다. 또한 water jet의 왕복하는 횟수가 증가 할수록 표면 거칠기가 감소되는 것을 알 수가 있다.

Fig. 5 에서는 본 연구에서 제안된 방법의 활용 예를 나타낸 것으로써 마이크로 리액터의 형태로 마스크를 제작하여 가공한 결과이다.

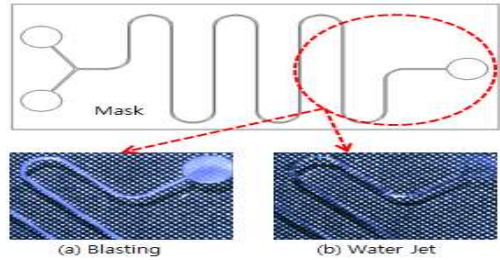


Fig. 5 Image of glass biochip

5. 결론

본 논문에서는 유리미세유체소자를 만들기 위해 기존의 방법과는 다르게 abrasive blasting과 water jet의 순차가공을 이용하여 미세유체소자에 적용하기 위한 패터닝을 실시하였다.

Blasting에 의한 패터닝 된 채널의 취성가공 표면은 water jet에 의해 효과적으로 표면품위가 개선되어 기존의 여타 기계적방법으로는 구현이 어려운 Rms 14nm 수준의 표면거칠기를 얻을 수 있었다. 본 논문에서 제안된 방법은 바이오칩 및 광학요소의 제작공정에 효과적으로 적용 가능 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Wensink, H., Berenschot, J.W., Jansen, H.V., Elwenspoek, M.C., "High resolution powder blast micromachining", The Thirteenth Annual International Conference on MEMS, pp.769-774, Japan, Jan, 2000,
2. Fang, H., Guo, P., Yu, J., 2006, "Surface roughness and material removal in fluid jet polishing", Applied Optics, Vol.45, No.17, pp.4012~4019.
3. Ko, T, J., Saragih, A, S., 2009, "Fabrication of passive glass micromixer with third-dimensional feature by employing SU8 mask on micro-abrasive jet machining", Springer Link, Vol.42, No5-6, pp.474 ~481.