기계적으로 체결된 PMMA 미세유체 소자에서의 누출 특성.

A Study on the leakage in the mechanically assembled plastic microfluidic device.

*이경호 [1], #유영은 [2], 김정엽 [2], 장성환 [2]

*K. H. Lee[1] , #Y. -E. Yoo (yeyoo@kimm.re.kr)[2], J. Y. Kim[2] , S. H. Chang[2]

[1,2] 한국기계연구원

Key words : PMMA Chip, Mechanically assembled, Microfluidic device

1. 서론

MEMS 기술을 이용한 미세유체 시스템 (microfluidic) 기반으로 연구되는 Microchip 들은 미세채널을 통한 내부 혹은 외부로의 유체 이송을 기반으로 기능이 수행되기 때문에 패키징 기술이 필수적으로 필요하다[1].

현재 대부분의 Micorchip 들은 유리 기판 혹은 실리콘 웨이퍼 기판 상에 포토리소그래피 (photolithography) 공정과 식각 (chemical etching) 공정으로 마이크로/나노 채널과 같은 미세한 구조물들을 정밀하게 가공 제작하고 있다[2]. 하지만 glass-to-glass, glass-to-Si wafer 간의 접합은 까다로운 고온에서 장시간 사전 세척 공정이 요구된다. 또한 접합면이 미세먼지로 오염되는 경우 접합력이 현저히 낮아지게 된다.

반면 플라스틱 소재는 핫엠보싱 혹은 사출성형 공정 등을 통해 마이크로/나노 채널과 같은 미세 구조물을 대량으로 빠르게 제작할 수 있어 경제성이 우수하고, 기계적 밑 화학적 안정성 등에서 많은 이점을 가지고 있다 이에 따라 최근 플라스틱 소재를 적용한 바이오칩과 같은 미세유체소자에 대한 관심이 시장을 중심으로 증가하고 있다. 현재 plastic-to-plastic 간의 결합을 위해서는 접착제를 사용하는 방식, 가열접합, 레이저접합 및 초음파 접합 방식 등이 적용되고 있다. 이러한 방법 들은 소재를 추가 적용하거나, 접합체를 부분적으로 용융시켜 접합하게 되므로 결합 중에 채널막힘, 구조물 변형 혹은 불균일한 접합 들이 발생하여 소자의 기능 및 특성에 문제를 일으킬 수 있다. 또한 이와 같은 방식에 의해서는 영구적으로 접합하게 되어 재분리 등이 매우 어렵게 된다.

본 논문에서는 기계적으로 체결된 마이크로 필라구조 기반의 플라스틱 미세유체 소자에 대해, 내부 구조물의 경계 및 외부 경계에서의 누출 특성을 평가 하였다. 이를 통해서, 소자의 채널에 적용되는 유체의 압력에 의한 소자 기판 변형 등에 의한 누출과 소자의 기계적 안정성을 분석 하였다.

2. 실험

2.1 사출성형에 의한 플라스틱 소자 제작.

본 연구의 체결 시험에 사용한 100mm x 50mm 크기의 마이크로 필라구조 기판은 PMMA 소재를 사용하여 사출성형을 통해 제작하였다. 마이크로 필라의 형상은 지름 200 μm, 높이 100μm 이며, 기판 중앙부 40mm x 20mm 영역에 100μm 의 간격으로 배열된 형태로 성형되었다. 성형된 마이크로 필라구조 기판과 평판의 덮개기판을 기계적으로 체결하여, 덮개기판에 부착된 유입, 유출 연결단자를 통해 공급되는 유체의 압력을 변화시키며 이에 의한 양 기판의 변형 및 누출 특성을 측정하였다.

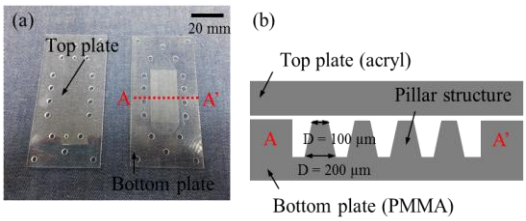

Fig. 1 (a) Top plate (acryl thickness : 2mm) and bottom plate (PMMA thickness : 1mm). (b) Cross section view of Plastic chip.

2.2 Plastic 의 기계적 체결을 위한 지그 설계.

덮개 기판 및 마이크로 필라구조 기판을 기계적으로 체결하여 플라스틱 소자를 제작하기 위해 아크릴과 알류미늄으로 가로 120mm 세로 70mm 두께 4mm 크기의 두개로 분리되는 상하 구조의 체결 기구를 Fig.2(a)와 같이 제작하였다. 하측 기구에는 기계적 체결을 위한 최적화된 수 및 위치의 볼트를 적용하였고, 적용 유체의 공급 및 회수를 위해 상판에서 쉽게 튜브를 연결할 수 있도록 설계 하였다.

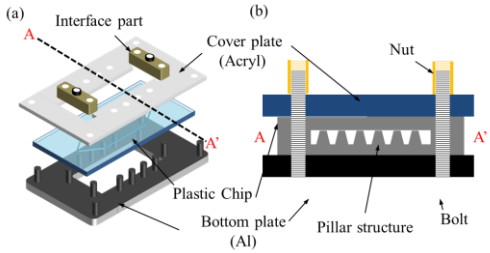

Fig. 2 (a) Schematic of mechanically assembled plastic chip. (b) Side view of assembled.

2.3 실험 방법.

체결 기구에 의해 기계적으로 체결된 플라스틱 소자에 실린더 펌프로 유체를 주입하며 유체의 압력을 측정 하였다. 유체의 주입압력을 증가시키며 마이크로 필라구조와 덮개기판 사이의 변형에 의한 이격량을 Laser sensor (KETENCE@ LK-H050)로 측정하였다.

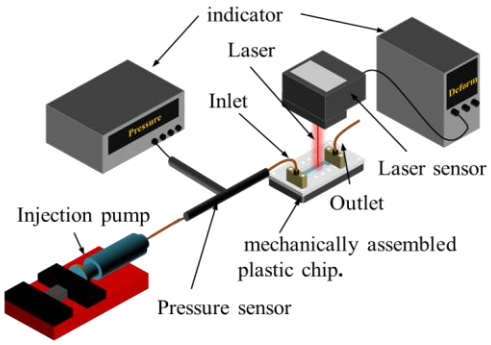

Fig. 3 Experiment setup.

3. 실험결과

유체의 압력이 증가하면 플라스틱 소자를 구성하는 양 기판의 변형이 증가하며, 필라 구조물과 덮개 기판의 틈새가 커져 누출량이 증가하는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구를 통하여 플라스틱 소자가 기계적으로 체결 되었을 때 소자 내 필라 구조에서의 누출 특성을 평가 하였으며, 이러한 결과는 플라스틱 소자의 바이오, 화학 등 여러가지 분야에서의 적용과정에서 유용한 기초 데이터로 활용 될 수 있다.

5. 후기

이 논문은 정부 교육과학기술부의 재원으로 바이오 제약사업 본부 - 신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호 2012K001443)

참고문헌

1. A. Berthold et al, Glass-to-Glass anodic bonding with standard IC technology thin films as intermediate layers , Sensors and Actuators A:Physical, Vol. 82, pp. 224 ~ 228, 2000.
2. Kelly RT, Woolley AT, Thermal bonding of polymeric capillary electrophoresis microdevice in water, Anal. Chem.,Vol, pp. 1941 ~ 1945. 2003.