

상하좌우 복합유동 마이크로믹서 제작 및 성능평가에 관한 연구 A Study on fabrication and performance evaluation of the horizontal and vertical multi-mixing (HVM) micromixer

*유원섭¹, 김성진¹, 강석훈¹, 이동규¹, 권봉현¹, 고정상¹, 박상후²

*W. S. Yoo¹, S. J. Kim¹, S.H.Kang¹, D.K. Lee¹, B.H. Kwon¹, J.S. Go¹, #S. H. Park(Sanghu@pusan.ac.kr)²
¹부산대학교 기계공학부 대학원, ²부산대학교 정밀정형금형 및 금형가공연구소/기계공학부

Key words : Micromixer, Microchannel, Mixing Ratio, Horizontal and vertical multi-mixing flow(HVM)

1. 서론

NT, IT, BT의 대표적 융합기술의 한 예로 다양한 종류의 바이오칩(Biochip)이 많이 거론되고 있고, 바이오칩은 최근 생명공학의 급속한 발전과 더불어 앞으로는 더 급속하게 질병진단의학에 대단한 혁명을 가져올 것으로 예견되고 있다.¹ 그 중의 최근 마이크로 크기 칩 속의 실험실이라 불리는 Lab-on-a-chip이나 μ -TAS(Micro Total Analysis System)과 같은 바이오칩이나 초소형 디바이스들은 극소량의 시료를 이용하여 높은 처리속도로 분석 및 합성을 할 수 있고, 사용시약의 절감 및 에너지 감소 등으로 많은 이점이 있어서 바이오분야 뿐만 아니라 화학 분야에서 많이 활용되며, 많은 연구가 진행되고 있다. Lab-on-a-chip이나 μ -TAS에서는 분석대상의 이송, 혼합, 반응 등의 역할을 하기 때문에 마이크로 유체 시스템에서의 문제를 다루어야 한다. 마이크로 유체 시스템에서는 마이크로 채널 내의 유체 유동의 혼합은 필수적이다. 하지만 마이크로 유체 시스템에서는 레이놀즈수(Re)가 1000 이하에는 층류유동(Laminar flow)이 형성되어 두 유체의 난류를 이용한 혼합은 어려워진다. 그래서 층류만으로는 단순히 확산만으로 혼합을 유도하여야 하기 때문에 혼합을 유도하는 마이크로믹서의 개발이 필요하다.

이전 연구²에서는 수치해석을 통한 혼합효율을 해석과 형상을 최적화 하였던 설계개념을 가지고, 본 연구에서는 최적화된 형상으로 제작을 하고자 한다.

2. 본론

2.1 제작방법

본 실험에 사용된 복제 캐스팅용 몰드(replica cast-

ing mold)는 실리콘 웨이퍼에 포토리소그래피공정을 이용하여 패터닝을 한 후에 Fig.1(a) 와 같이 DRIE (Deep Reactive Ion Etching) 로 제작하였고 PDMS 캐스팅으로 주재(Sylgard 184A)와 경화제(Sylgard 184B)를 10:1의 체적비율로 경화 후 완성된 단층의 마이크로믹서의 SEM 사진은 Fig.1(b)와 같다.

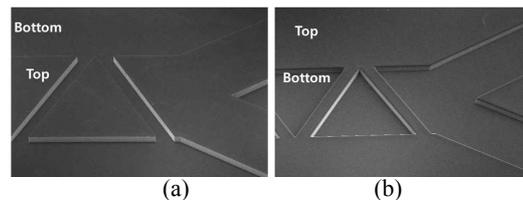


Fig. 1 SEM images for the micromixer single layer; (a) micromixer mold, (b) PDMS replica

제작된 단층의 마이크로믹서는 PDMS로 제작되었기 때문에 표면성질이 소수성을 띄므로 단층의 PDMS 마이크로믹서들을 접합하기 위해 표면에 Plasma asher를 이용하여 친수성으로 표면처리 하였다. 그 표면처리한 결과는 Fig.2 와 같이 접촉각으로 나타내었다.

표면처리된 두 단층의 PDMS 마이크로믹서를 align을 하여 O₂ plasma bonding으로 접합하여 제작을 한다.

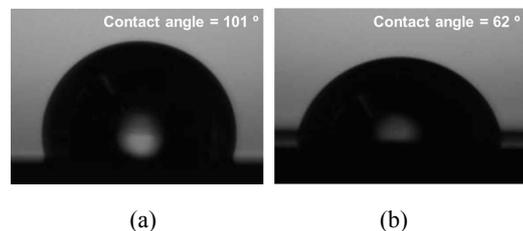


Fig. 2 Contact angle; (a) Non treated PDMS (101°), (b) Plasma treated PDMS (62°)

2.2 혼합효율 측정

제작된 HVM 마이크로 믹서의 효율을 측정하기 위하여 로다민 B 형광염료를 이용하여 입구A(Inlet A)에는 DI water를 입구 B(Inlet B)에는 로다민 B 형광염료를 사용하였고 시린지 펌프(Harvard 사 PHD 2000)를 이용해 각 입구에 주사기를 이용하여 레이놀즈수 100으로 유입하였다.

2.3 혼합효율 계산

혼합효율은 CI 값으로 계산을 하여 표준편차로 구해서 나타낸다.³ CI 값은 식(1)과 같다.

$$CI = \frac{(OI - DF)}{(FF - DF)} \quad (1)$$

OI 는 Original Image 이고 DF는 Dark-field, FF는 Flat-field image이다. CI는 그레이스케일 값으로 0 에서 1사이의 값을 가진다. 이 값을 가지고 표준편차를 구하며 표준편차 σ 는 아래 식(2)와 같다.

$$\sigma = \sqrt{\langle CI - (CI) \rangle^2} \quad (2)$$

따라서 혼합효율은 η 로 식(3)으로 나타낸다.⁴

$$Mixing\ rate(\eta) = (1 - 2\sigma) \times 100 \quad (3)$$

2.4 결과 및 토의

Fig3 은 HVM 마이크로믹서의 혼합 효율을 현미경으로 촬영한 결과이다. Fig3 (a)는 입구부의 유입부에서 적층된 격벽의 구조를 지나면서 혼합이 일어남을 보여준다. Fig3 (b)는 출구부의 혼합물을 나타낸다. Fig3 (c)는 CFD 해석결과를 가지고 실험 결과와 비교를 하였다.

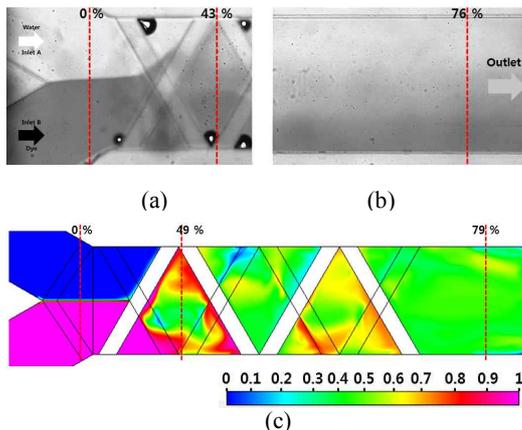


Fig. 3 Mixing results; (a) Inlet section, (b) Outlet section, (c) CFD results

3. 결론

본 연구에서는 선행 연구로 상하좌우 혼합유동을 일으키는 마이크로 믹서의 설계개념을 가지고 PDMS를 이용하며 간단한 격벽의 적층으로 상하좌우 혼합유동을 일으키는 마이크로 믹서를 제작하였다. 이 마이크로믹서는 기존의 포토리소그래피로 간단하게 단층의 몰드를 만들어 PDMS로 제작하여 적층하는 방식으로 제작을 하였고 평가를 통해 해석결과와 비슷한 혼합결과를 알 수 있었다.

향후 여러 가지 조건을 가지고 혼합을 일으키는 혼합특성을 평가하여 더 높은 혼합율을 가지는 조건을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 선도연구센터육성사업 학제간융합분야(NCRC)와 (2010-0008-276), 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원과 (No.K20702001648-10E0100-07010), 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2010-0000588), (2010-0016093).

참고문헌

1. S.H. Kang, "단일분자측정기술의 랩온어칩(Lab-on-a-Chip) 응용," News & Informaiton For Chemical Engineers, **23**, 3, 280-284, 2005.
2. W.S. Yoo, S.J. Kim, S.H. Kang, B.H. Kwon, W.H. Lee, J.S. Go, S.H. Park, "Development of an effective micromixer having horizontal and vertical multi-mixing flow," KMEMS 2011, 69-70, 2011
3. M.H. Oddy, J.G. Santiago, and J.C. Mikkelsen, "Electrokinetic Instability Micromixing," Analytical Chemistry, **73**, 5822-5832, 2001.
4. J.I. Ju, K.B. Song, "Passive micro mixer using by the surface tension," KMEMS 2011, 71-72, 2011.