

시계-반시계 연속 회전유동을 이용한 고효율 마이크로믹서 설계에 관한 연구

Design of a Micromixer having Spiral Reverse-flow Mechanism(SRM)

*유원섭¹, 김성진¹, 강석훈¹, 차제명¹, 고경상¹, 박상후²

*W.S. Yoo¹, S.J. Kim¹, S.H. Kang¹, J.M. Cha¹, J.S. Ko¹, #S.H. Park(sanghu@pusan.ac.kr)²

¹부산대학교 기계공학부, ²부산대학교 정밀정형금형 및 금형가공연구소/기계공학부

Key words : Micromixer, Spiral Reverse-flow Mechanism(SRM)

1. 서론

최근 마이크로 크기 칩 속의 실험실이라 불리는 Lab-on-a-chip이나 μ -TAS(Micro Total Analysis System)과 같은 초소형 디바이스들은 극소량의 시료를 이용하여 높은 처리속도로 분석 및 합성을 할 수 있어 바이오나 화학 분야에서 많이 활용되며, 연구가 진행되고 있다.

마이크로 유체 시스템에서는 레이놀즈수(Re)가 1000 이하의 층류(Laminar flow)가 흐르기 때문에 단순한 확산에 의한 혼합을 유도하기엔 채널의 길이가 길어질 수밖에 없다. 그래서 마이크로믹서를 이용하여 짧은 채널의 길이에서 유체의 반응과 혼합을 일으키는 방법으로 많은 연구가 진행되고 있다. [1,2]

그래서 이번 연구에서 수동형 방식의 마이크로믹서의 AD Stroock[3]의 카오스 믹서(Chaotic mixer)와 SAR(Split and recombine) 믹서의 특성을 동시에 가지는 Spiral reverse-flow Mechanism (SRM)을 유도하는 믹서를 설계하고자 한다.

2. 본론

2.1 마이크로 믹서 설계

본 연구에서 대상으로 하는 Y채널 마이크로 믹서의 형상을 Fig1 에서 볼 수 있다. 입구(Inlet)의 폭은 $200\ \mu\text{m}$ 출구(Outlet)의 폭은 $300\ \mu\text{m}$ 높이는 $200\ \mu\text{m}$ 이다. 채널 안에 들어가는 격벽의 a는 격벽 각도이고 $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ 이며, b는 격벽의 두께이며 $50\ \mu\text{m}$ 이다. 그리고 c는 격벽의 높이이며 $100\ \mu\text{m}$ 이다.

2.2 Spiral reverse-flow Mechanism(SRM)

A.D. Stroock[3]의 Chaotic mixer는 채널 내부에 혼돈류(Chaotic flow)를 유도하여 혼합을 시킨다. 그리고 S.W.Lee[4]의 SAR mixer의 경우 유동의 흐름을 나누고 다시 합치면서 혼합을 일으킨다.

Fig2(a) 에서와 같이 유동이 3차원적으로 나선형으로 나타나며, (b)에서는 격벽을 지나가면서 발생하는 모멘텀

에 의해서 일어나는 혼합되는 유체의 단면을 볼 수 있다.

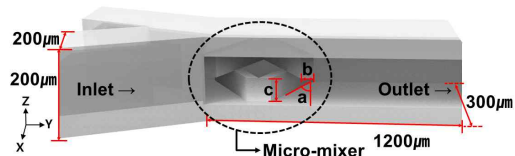


Fig. 1 Dimension of Micromixer

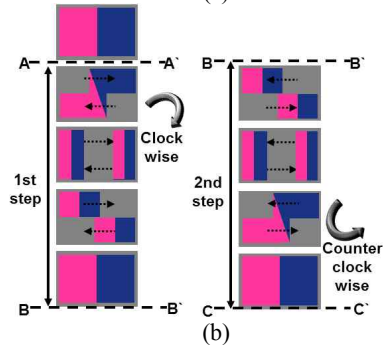
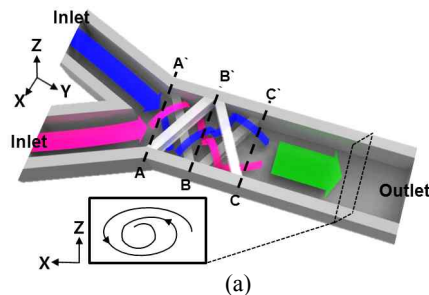


Fig. 2 Schematic of diagram (a) Spiral reverse-flow Mechanism(SRM), and (b) Cross-sectional view of the flow

3. 결과 및 고찰

3.1 CFD 해석

본 연구에서는 상용 프로그램인 CFD-ACE+를 사용하여 CFD 해석을 하였다. 각 입구는 Re가 0.1 일 때 해석을 하였다. 혼합률(Mixing Ratio)을 구하는 식은 Jeon에 의해 제안된 식으로[5] 혼합률 η 는 식(1)에서 다음과 같이 나타난다. C는 출구에서의 농도이고 C_{∞} 는 완전 혼합이 일어난 후의 농도를 나타낸다.

$$\eta = \left(1 - \frac{\int_0^l |c - c_{\infty}| dx}{\int_0^l |c_0 - c_{\infty}| dx}\right) \times 100\% \quad (1)$$

3.1.1 해석 결과

격벽의 각도별로 혼합 효율을 Fig3과 Fig4에서 볼 수가 있다. 격벽각도가 30°일 경우 346 μm , 45°일 경우 600 μm , 60°일 경우 1039 μm 일 경우 83-88%에 가까운 혼합효율을 알 수가 있었다.

Fig 5와 같이 기존 연구 사례와 비교해보면 SRM을 이용한 마이크로믹서는 같은 조건에서 S.W. Lee[4]와 Wang[6]에 비해 1/2 또는 1/4의 거리에서 같은 80%이상의 혼합효율을 얻을 수 있다. SRM을 일으키는 구조물로 더 짧은 거리에서 고효율을 나타낼 수 있다.

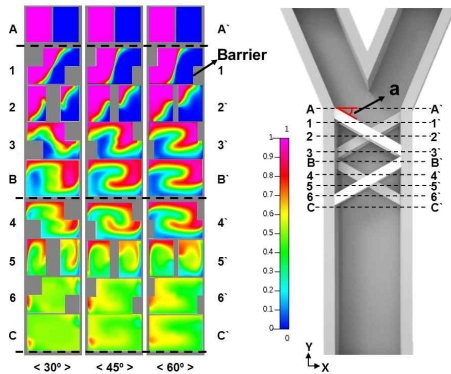


Fig. 3 Cross-sectional view of analysis result

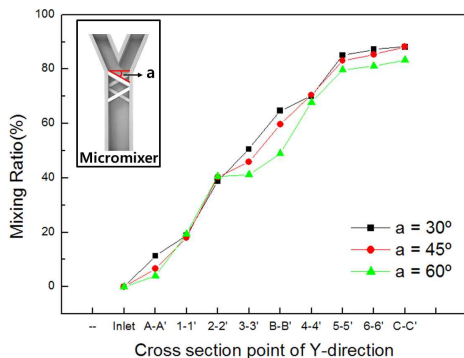


Fig. 4 Mixing ratio depending on the barrier angle

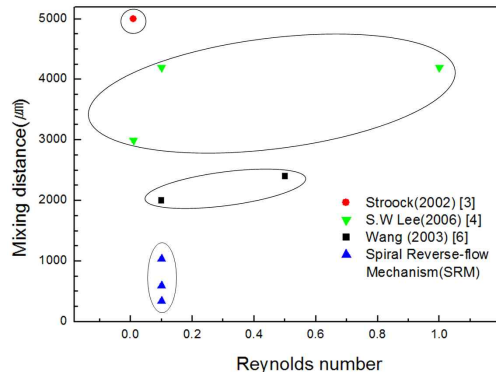


Fig. 5 Mixing efficiency that the required number of the unit needed to reach over 80% mixing in the existing case study

4. 결론

본 연구에서는 수동형 믹서의 혼합을 증대시키기 위하여 카오스 믹서와 SAR 믹서의 특성을 가진 SRM을 제안하였다. 그리고 CFD를 이용하여 기존의 마이크로믹서보다 1/2 또는 1/4의 짧은 혼합 거리에서도 88%의 높은 혼합율을 가짐을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 2010년도 한국연구재단 지원 특정기초 연구사업(과제번호 2010-0000588 및 과제번호 2010-0016093) 지원에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

1. 임태우, 손용, 양동열 이동훈, 김동표, 박상후, “고기능성 3차원 마이크로채널 제작을 위한 나노 마이크로 복합공정 개발”, 한국정밀공학회 2007년도 춘계학술대회논문집
2. R.H. Liu, et al, “hybridization enhancement using cavitation microstreaming”, Anal. Chem 75, 1911-1917, 2003
3. A.D. Stroock, et al, "Chaotic Mixer for Microchannels", Science, 295, 647-651, 2002.
4. S. W. Lee, et al, " A split and recombination micromixer fabricated in a PDMS three-dimensional structure", J. M.M 16, 1067-1072, 2006
5. N. L. Jeon, et al, "Generation of Solution and Surface Gradients Using", Langmuir, 16, 8311-8316, 2000
6. Wang, H, et al, "Numerical investigation of mixing in microchannels with patterned grooves", 13, 801-808, 2003