

연속유동에서 Micro Hybrid-MHD Stirrer 에 대한 연구 A Micro Hybrid-MHD Stirrer in Continuous Flows

*신동민¹, #김창녕²

*D. M. Shin¹, #C. N. Kim(cnkim@khu.ac.kr)²

¹경희대학교 대학원 기계공학과, ²경희대학교 공과대학 기계공학과

Key words : MHD, Micro machine, Micro pump, Stirrer

1. 서론

Micro device의 미세유체 시스템 (micro-fluidic system) 네트워크를 구성하는 펌프, 밸브 등의 단위 장치에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 미세유체역학 측면에서 혼합 과정은 상대적으로 낮은 유체 속도로 인하여 유체를 강제적으로 유동 또는 교란시킴으로써 이루어질 수 있다¹. 또한, 혼합 대상 유체에 직접적인 외력(external force)을 가하는 active type의 혼합방식이 혼합효율을 증가시키고, 혼합시간을 단축시킬 수 있다.

본 논문에서는 자기유체역학(Magneto Hydro Dynamics; MHD) 효과로 유발되는 외력(Lorentz force)을 이용한 micro MHD stirrer가 연구되었으며, 기존 연구와는 달리 stirrer에 연속유동을 발생시키는 pump를 첨가한 hybrid type의 stirrer가 고려되었다. 통합된 장치에서의 유동 특성과 혼합효율 등이 수치해석으로 계산되어 유동성 및 성능이 평가되었다.

2. 연구방법

직사각형 단면을 가지는 유로(conduit)의 전단부 벽면에는 유체의 연속유동을 위한 pump 전극(electrode)이 설치되었고 후단부 바닥에는 유체의 혼합을 위한 stirrer 전극(electrode)이 설치되었다. 유체의 움직임은 연속 방정식, 운동량 방정식을 풀어 얻어졌으며, MHD 효과로 유발되는 외력(Lorentz force)은 운동량 방정식의 source term으로 사용되었다. 또한, 유로 내부에 상층과 하층으로 구분되어 유입되는 두 유체의 혼합 성능을 파악하기 위하여 농도 방정식(species transportation equation)을 풀었으며 유동장에서 농도 차이를 표준편차로 정규화한 혼합

지수(mixing index)가 도입되었다. 혼합지수가 1에 가까울수록 혼합이 잘 이루어진 것으로 판단될 수 있다.

Pump 전극에 의하여 유발되는 연속유동 내에서 stirrer 전극 유무에 따른 유체의 유동특성과 혼합 성능이 FVM을 기반으로 하는 전산유체역학(CFD) 상용코드에 의하여 수치해석적으로 해석되었다. Stirrer의 성능평가를 위한 유로의 형상 및 해석조건이 Table 1에 제시되었다.

2. 연구결과

Pump 전극 주변에 MHD 효과로 유발되는 외력(Lorentz force)에 의하여 유체의 연속유동이 발생하고 있으나, 혼합은 이루어지지 않는 것이 pump 전극에만 전원을 인가한 Case 1에서 관찰되고 있다. 이와는 달리, pump 전극과 stirrer 전극 모두에 전위가 주어진 경우, 유체 유동뿐만 아니라 유체 혼합이 이루어지는 것이 Case 2에서 관찰된다. 즉, pump 전극 주변에서는 주 유동방향으로 외력이 가해져 유체를 유동시키고, 또 stirrer 전극 주변에서는 유체의 진행 방향과 직각인 방향으로 작용하는 외력이 상층 및 하층으로 구분된 두 유체유체에

Table 1 Geometry and analysis conditions

Variable		Condition
Dimension(L,W,H) [mm]		50, 6, 2
Magnetic flux density, [T]		0.2, +y direction
Number of Electrode	Pump	1(+), 1(-)
	Stirrer	3(+), 2(-)
Voltage	Pump [V]	2
	Stirrer [V]	4

Table 2 Analysis result

	CASE 1	CASE 2
Mass flow rate [kg/s]	8.59×10^{-5}	8.44×10^{-5}
Mixing index	0.008	0.805

가해져서 두 유체를 혼합시키고 있다. Table 2은 정상유동 일 때에 micro hybrid-MHD stirrer 장치의 출구지점에서 관찰되는 유량과 혼합성능을 나타내고 있다.

3. 결론

본 논문에서는 자기유체역학(Magneto Hydro Dynamics; MHD)의 효과에 의하여 유동이 유발되는 micro pump가 수반된 micro stirrer에서의 유동 특성과 혼합효율이 수치해석으로 계산되었으며, 이 장치의 유용성 및 성능이 평가되었다. 인가된 자장의 영향 아래에서 전기를 통하는 유체에 가해지는 Lorentz force가 유체 혼합을 위한 외력으로 작용하는 상황에서 stirrer 전극 유무에 따른 유량의 변화와 혼합 성능이 얻어졌다. 본 hybrid 장치에서는 유체의 이동과 혼합이 서로 간에 간섭 작용 없이 개별적으로 또 동시에 이루어지고 있다. 향후, 전극의 개수 변화 및 전압 조정 등을 통해 개별적인 요구 상황에 대응할 수 있는 최적의 micro hybrid-MHD stirrer 장치가 개발될 수 있다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0022679)

참고문헌

1. Hain H. Bau, Jihua Zhong, and Mingqiang Yi, "A minute magneto hydro dynamic(MHD) mixer", Sensors and actuators B, 79, 207-215, 2001