

디퓨저/노즐 마이크로 펌프 내에서의 유동에 대한 수치해석적 연구

김 동 희, 김 창 녕*

경희대학교 기계공학과 대학원, *경희대학교 테크노공학대학

A Numerical Analysis of Flow in a Diffuser/Nozzle-based Micropump

Dong-Hee Kim, Chang-Nyung Kim^{*}

Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Kyunghee University, Yongin 449-701, Korea

^{*}College of Advanced Technology, Kyunghee University, Yongin 449-701, Korea

요 약

마이크로 펌프는 마이크로 플루이딕 시스템에서 소량의 유량을 조절해야 하므로, 마이크로 펌프의 펌핑 유량을 정확히 알아내는 것이 매우 중요하다. 그러나, 마이크로 펌프는 보통 가장 작은 channel의 크기가 수십 μm 정도이며, 진동수로 수십 Hz - 수백 Hz를 사용하기 때문에 그 크기와 진동 주기의 크기가 매우 작아 실험적 관찰을 통하여 유동 현상을 관찰하는 데 적지 않은 어려움이 있다. 이에 대해 본 연구에서는 이러한 마이크로 펌프의 한 종류인 piezoelectric diffuser/nozzle-based micropump에서의 유동에 대한 3차원 유체역학적 수치해석을 통하여 유체의 순유량을 구하고, 실험결과와 비교하여 수치해석의 타당성을 검증하고, membrane의 변위파형과 주파수에 따른 펌핑 유량의 변화를 연구하였다.

본 연구에서 사용된 piezoelectric diffuser/nozzle-based micropump에서 전압이 가해짐에 따라 membrane이 진동하고 이에 따라 chamber의 부피가 변화하며 유체의 흐름이 발생한다. 본 연구에서 사용된 piezo disk의 직경이 12 mm이고 두께가 175 μm 이다. 이 piezo disc는 ± 100 V의 전압을 걸어주었을 때, 중심에서의 최대 변위가 6 μm 이다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 piezo disk의 중심에서의 변위파형을 사각파형으로 단순화하여 membrane의 중심에서의 변위파형으로 사용하였다. Membrane의 변위는 각 time step마다 moving grid model에 의해 바뀌게 된다.⁽²⁾ 작동유체로는 물을 사용하였다. 본 연구에서는 수치해석을 위해 상용 수치해석 코드인 CFD-ACE 2002를 사용하였다.

파형에 따른 펌핑 유량을 해석하기 위해 사인파와 사각파가 고려되었다. Time step은 각 파형에서 동일하게 1×10^{-4} s로 하였고, 진동수는 100 Hz로 하였다. 수치해석 수행한 결과 사각파가 사인파보다 실험값과 더 근접한 결과를 보였다. 또한 진동수에 따른 펌핑 유량을 파악하기 위해 10 Hz, 100 Hz, 1000 Hz에 대해 계산을 실행하였다. 그 결과 10 Hz에서는 0.346 $\mu\text{l/s}$, 100 Hz에서는 2.54 $\mu\text{l/s}$, 1000 Hz에서는 2.44 $\mu\text{l/s}$ 의 유량을 보였다. 이는 유량이 10 Hz에서 0.321 $\mu\text{l/s}$, 100 Hz에서는 4.16 $\mu\text{l/s}$ 인 실험 결과와 근접한 결과를 보이고 있다.⁽¹⁾

참고문헌

1. Nguyen, N. T., Huang, X. Y., 2001, Miniature valveless pumps based on printed circuit board technique, Sens. Actuators A, Vol. 88, pp. 104-111.
2. Song, Y. S., 2002, Numerical simulation of flow in a piezoelectric diffuser/nozzle-based micropump for microfluidic application, MS thesis, KAIST, Daejeon, Korea.