

모바일 연료전지용 에어펌프에 관한 연구

A Study on the Air Pump for Mobile Fuel Cells

*최종필¹, 김광수¹, 정창렬², 장재혁², #김병희³, 전병희⁴

*J. P. Choi¹, K. S. Kim¹, C. R. Jung², J. H. Jang², #B. H. Kim(kbh@kangwon.ac.kr)³, B. H. Jeon⁴

¹강원대학교 기계메카트로닉스공학과, ²삼성전기(주) 중앙연구소

³강원대학교 기계메카트로닉스공학부, ⁴인덕대학교 컴퓨터응용설계전공

Key words : Fuel cell, Micro pump, Piezo actuator, Computational fluid dynamics

1. 서론

현재 노트북, PDA, 휴대폰 등의 모바일 디바이스들은 카메라, DMB, 무선인터넷 등 고성능화, 고집적화 되면서 전원수요가 급격히 증가하고 있다. 그러나 기존 2차 전지의 경우 이러한 전원수요를 충분히 만족시키지 못하고 있는 실정므로, 차세대 휴대용 전원의 개발이 절실히 요구되고 있다[1]. 연료전지는 이러한 전원수요를 충족시킬 대안으로 세계 각국에서 활발한 연구가 진행되고 있다. 연료전지는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 에너지 변환장치로 효율이 높고 친환경적이며, 특히 고분자전해질형연료전지(PEMFC)의 경우 출력 밀도가 높고 작동온도가 낮으며 단순한 구조를 지니고 있어 작동안정성이 높은 편이다 [2,3]. 그러나 수소를 직접 연료로 이용하기 때문에 수소를 저장하거나 생산하는 별도의 장치가 필요하다. 또한 수소와 산소의 반응으로 생성되어 공기극 쪽에 남아 있는 물은 연료전지의 전체적인 성능을 저하시키는 요인이 될 수 있다.

연료전지의 공기극으로 공기를 공급하는 방식으로는 자연대류방식과 펌프 또는 블로워를 통해 강제 공급하는 방식이 있으며, 자연대류방식의 경우 별도의 부가장치가 필요 없어 구조가 단순하지만 강제공급방식에 비해 출력밀도가 낮고 사용 환경에 따라 성능이 변하는 단점이 있다. 강제공급방식은 자연대류방식보다 출력밀도가 높지만 연료전지에서 만들어 낸 전력의 일부를 공기공급을 위한 장치에 사용해야 하는 단점이 있다. 그러나 강제대류방식은 공기극 쪽에 남아 있는 물을 제거하는데 있어 자연대류방식에 비해 유리하다.

본 연구에서는 휴대용 기기의 전원장치로 사용될 마이크로 연료전지에 공기를 공급하는 초소형 에어펌프의 개발을 위한 연구를 수행하였으며, 이를 위해 두 개의 PZT 박막을 이용한 Synthetic jet 기반의 에어펌프[4]에 관한 해석 모델을 제작하고 형상치수를 매개변수로 전산유체해석을 수행하였다.

2. 모델링 및 해석

PZT 박막을 이용한 에어펌프의 형상 설계 및 해석을 위하여 상용 전산유체역학 코드인 CFD-ACE+를 이용하였다. 특히 CFD-ACE+의 전처리기인 CFD-GEOM과 Script language인 Python을 이용하여 에어펌프 내부의 치수 변화에 따른 펌핑 특성을 예측하기 위한 2D 격자생성 프로그램을 제작하여 해석에 이용하였다.

Fig. 1은 해석에 사용된 펌프형상 및 2D 해석 도메인을 보여주고 있다. 형상의 변화에 따른 에어펌프의 성능 특성을 비교/분석하였으며 이를 통하여 최적의 형상 설계를 수행하였다. Table 1은 해석에 사용된 기본 모델의 형상치수를 보여주고 있다.

PZT 압전소자에 의한 박막의 변위발생을 시뮬레이션에 고려하기 위해 박막과 유동장과의 경계면에 사인파 형태의 격자변형 조건을 인가하여 챔버의 부피가 변화할 수 있도록 하였다. 본 시뮬레이션에서는 유한체적법을 사용하여, 질량 및 운동량 보존식에 대한 비정상상태 수치해석을 수행하였고, 격자변형은 경계영역 노드의 움직임에 의해 내부 격자 변형을 결정하는 방식으로 해석에 사용된 경계조건은 Table 2와 같다.

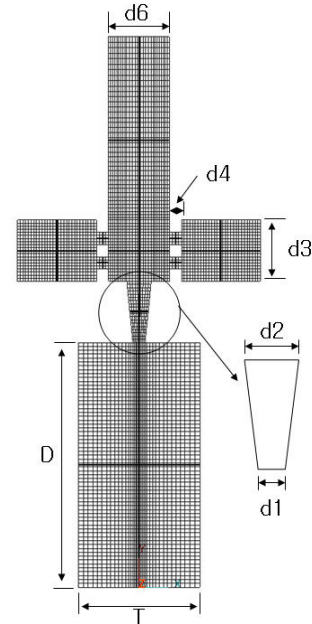


Fig. 1 Schematic diagram and 2D-domain of air pump

Table 1 Geometrical parameters of 2-D domain

Parameter	Symbol	Value (mm)
Piezoelectric disc diameter	D	9
Chamber thickness	T	2
Diffuser length	dh	1
Diffuser throat (in)width	d1	0.2
Diffuser throat (out) width	d2	0.4
Inlet width	d3	1
Block width	d4	0.2
Outlet length	d5	3
Outlet width	d6	1
Inlet length	d7	4

Table 2 Operating conditions used in this model

Condition	Symbol	Value
Air density	ρ	1.1614 kg/m ³
Air viscosity	μ	1.846E-5 kg/m-s
Inlet, outlet pressure	P	100000 N/m ²
Membrane amplitude	A _m	100 μ m
PZT oscillation frequency	f	2000 Hz

3. 결과 및 고찰

에어펌프의 형상 변화에 따른 펌핑 특성에 대한 해석을 위하여 Table 1에서 제시한 형상 변수를 기준으로 각각의 파라미터를 변화시키며 계산을 진행하였다. PZT 압전소자의 진동주파수는 2000Hz로 고정시켰으며, 박막 중앙부의 최대 변위는 100 μ m로 고정시켜 해석을 진행하였다.

Fig. 2는 비교 기준인 Table 1의 형상을 갖는 모델의 펌프모드 및 공급모드 시 속도분포를 보여준다. 챔버로부터 분사된 공기는 디퓨저 입구를 통과하며 방향성을 갖게 되고 속도가 급격히 증가하게 된다. 이러한 공기제트는 입구쪽으로 역류되지 않고 출구방향으로만 방향성을 지닌다. 공급모드 시에도 대부분의 공기는 입구 쪽으로부터 들어오며, 펌핑모드 시 발생한 공기제트의 관성에 의해 출구 쪽으로부터 역류되는 공기흐름이 차단됨을 알 수 있다.

Fig. 3은 펌프모델의 형상치수를 매개변수로 해석한 결과를 보여주고 있다. 0~1초간 출구방향으로 토출된 공기의 총량을 나타내며, 기본모델과의 비교결과를 통하여 각 형상변수들이 펌프 특성에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 그래프에서 알 수 있듯이 디퓨저의 형상변수인 d1, d2가 에어펌프의 성능에 가장 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. Fig. 4는 d1, d2의 변화에 따른 결과를 보여주며, 디퓨저의 목부분인 d1은 0.1mm, d2는 0.2mm에서 가장 좋은 펌핑성능을 보여주고 있다.

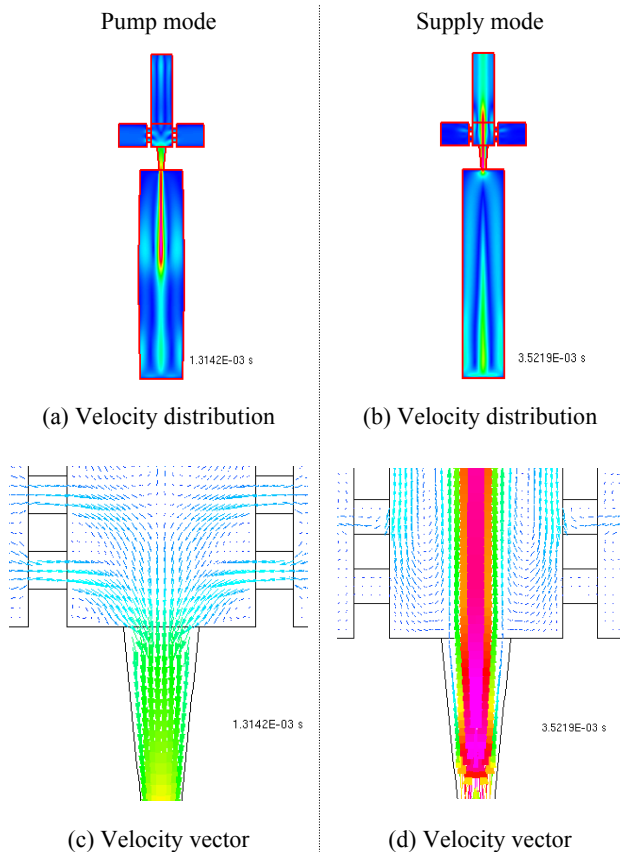


Fig. 2 Velocity distribution and velocity vector maps at pump mode and supply mode

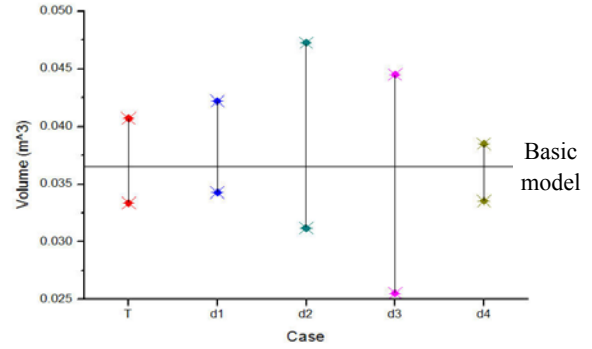


Fig. 3 The pumping volume for different cases in 0 to 1 second.

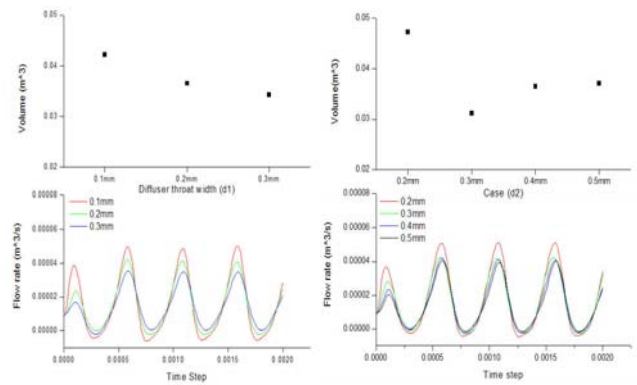


Fig. 4 Comparison of diffuser geometrical variables 'd1' and 'd2'

4. 결론

본 연구를 통하여 휴대용 기기의 연료전지에 공기를 공급하는 초소형 Synthetic jet 기반의 공기펌프에 대한 설계변수를 도출하였고, 그에 따른 전산유체해석을 수행하였다. 펌핑성능에 가장 큰 영향을 주는 형상변수는 디퓨저 형상으로 나타났으며, 각각의 형상들에 대한 최적형상을 도출하였다. 따라서 본연구의 2차원 해석을 통하여, 설계변수들을 적용한 3차원모델 해석의 기반과 에어펌프 제작을 위한 형상데이터를 확보하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 성장동력, 중기거점/차세대신기술개발 사업중 “고기능 초미세 광열유체 마이크로 부품사업”의 지원으로 수행된 “마이크로 모바일 발전 기계장치 개발”의 세부과제로 수행 중이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 또한 이 연구에 참여한 연구자는 “2단계 BK21사업”의 지원비를 받습니다.

참고문헌

1. H. Voss and J. Huff, "Portable fuel cell power generator", Journal of power source, Vol. 65, pp.155-158, 1997.
2. L.Wang, A. Husar, T.Zhou, H. Liu, "A parametric study of PEM fuel cell performance", Int. Journal of Hydrogen Energy, Vol. 28, pp. 1263-1272, 2003.
3. P. T. Nguyen, T. Berning, N. Djilali, "Computational model of a PEM fuel cell with serpentine gas flow channels", Journal of power source, Vol. 130, pp. 149-157, 2004.
4. Z. Lou, Z. Xia, "A novel valve-less synthetic-jet-based micro-pump", Sensors and Actuators A, Vol. 122, pp. 131-140, 2005.
5. X. Yang, Z. Zhou, H. Cho, X. Lou, "Study on a PZT-actuated diaphragm pump for air supply for micro fuel cells.", Sensors and Actuators A, Vol. 130-131, pp. 531-536, 2006.