

압전펌프의 간헐 토출 특성 실험

Characteristics Test on Intermittence Discharging of the Piezoelectric Pump

*함영박, *오성진, 장수관, 박종호, 윤소남

*Y. B. Ham(hyb665@kimm.re.kr), *S. J. Oh, S. K. Jang, J. H. Park, S. N. Yun

한국기계연구원 에너지기계연구실

Key words : piezoelectric, bimorph PZT, positive displacement pump, intermittence discharging, burst waveform

1. 서론

액추에이터와 체크밸브로 구성되는 마이크로펌프에 관한 연구는 1970년대 중반부터 시작된 이래로 지난 수십 년 동안 다양한 종류의 펌프 모델과 구동 원리들이 제안되었고,⁽¹⁾ 유체 이송 및 토출이 가능한 펌프를 구성하는 방법으로써 압전소자의 압전 효과를 이용하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽²⁾

압전 액추에이터는 압전소자의 역압전 효과(reverse piezoelectric effect), 즉 전계를 가하면 기계적인 변위를 발생시키는 성질을 이용한 것으로서 높은 응답성과 저소비전력을 가지며 주위 환경변화에 특성이 크게 변하지 않고 효율변동이 크지 않은 장점이 있다.⁽³⁾ 이러한 특성 가진 압전소자를 소형 용적식 펌프의 구동원으로 사용하여 정량 토출 및 디스펜싱 특성이 요구되고 액체의 정밀한 투입을 필요로 하는 케미컬 시약의 간헐적 투입, 스핀 코팅에 있어서 PR(photo resist) 정량 공급 분야에 적용된다.

압전 세라믹에 전압을 인가함으로써 생기는 기구적 변위를 펌핑에 적용하기 위하여 우선적으로 압전소자의 변위와 발생력 특성을 고려해야 한다. 또한 압전펌프의 흡입과 토출을 담당하는 체크밸브의 형상과 펌핑 챔버의 크기는 압전펌프의 중요 설계인자이다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 바이몰프형 압전펌프를 설계 및 제작하고, 토출부에 니들(needle)을 장착하여 압전펌프의 연속적 토출 특성과 간헐적 토출 특성을 실험적으로 검토하였다.

2. 압전펌프의 설계 및 제작

2. 1 바이몰프 PZT 액추에이터

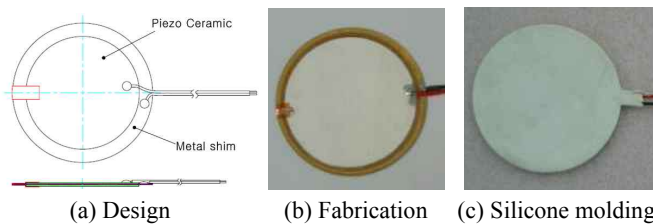


Fig. 1 Configuration of the bimorph PZT

Table 1 Specifications of the bimorph PZT actuator

Parts	Piezo ceramic	Metal shim	Molding
Material	Pb(Zr, Ti)O ₃	Brass	Silicone rubber
Diameter [mm]	45	50	54
Thickness [mm]	0.2	0.1	3

Fig.1은 압전펌프의 구동부인 원형 바이몰프 압전소자를 나타낸 것이다. 박판의 메탈심을 중심으로 상하에 압전 세라믹을 접착하여 전계가 가해지면 상하로 휘는 구조로 되어있다. 원형 바이몰프 타입의 PZT로 제작된 압전 액추에이터는 압전펌프의 구성품 중 구동부를 담당하는 것과 동시에 다이어프램 역할로써 펌프실(chamber) 내부의 액체를 흡입 및 토출시키는 핵심요소이다. 액체와 직접적인 접촉을 하기 때문에 압전소자를 실리콘 몰딩을 하여 절연시켰다.

Table 1은 본 연구에서 설계된 압전소자의 사양을 나타낸다.

제작된 바이몰프 압전소자의 변위량을 측정하기 위하여 Laser Doppler vibrometer(AT7500, Graphtec Co. Ltd., Japan), 함수발생기, 전압증폭기 및 압전소자 고정 지그를 사용하였다.

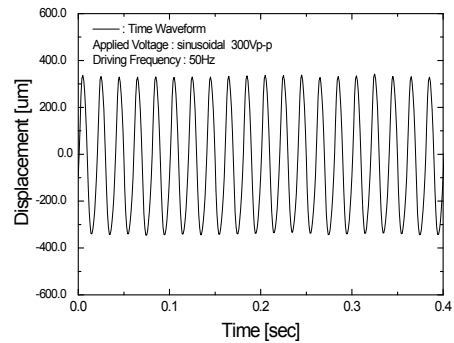


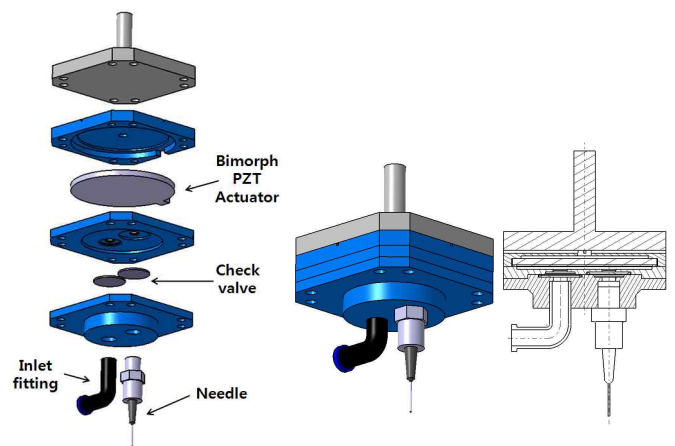
Fig. 2 Displacement of the bimorph PZT actuator

측정된 결과는 Fig.2와 같으며, 정현파 입력전압 300V_{p-p}, 구동 주파수 50Hz일 때, 최대 변위량은 약 680 μm로 나타났다.

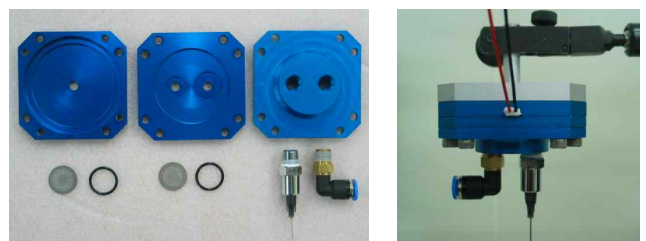
2. 2 설계 및 제작

압전펌프는 Fig. 3과 Fig. 4과 같은 구조로 설계 및 제작되었고, 바이몰프 압전소자와 압전소자가 안착되는 베이스(base), 2개의 박막형 체크밸브와 밸브시트(valve sheet), 흡입 및 토출 포트가 장착된 포트커버(port cover)로 구성되어 있으며, 외부 누설을 막기 위하여 오링을 장착하였다. 제작된 압전펌프의 크기는 가로 60mm, 세로 60mm, 높이 17mm이며 재질은 알루미늄을 사용하여 경량화 시켰다.

한편, 압전펌프의 정량 토출 실험을 위해 토출부에 니들 어댑터(needle adaptor)를 연결하여 플라스틱 니들(plastic needle)을 내경별(∅0.52mm, ∅0.72mm, ∅1.11mm)로 장착하였다.



(a) Schematics diagram (b) Assembly (c) Cross-sectional
Fig. 3 Design of the bimorph PZT pump

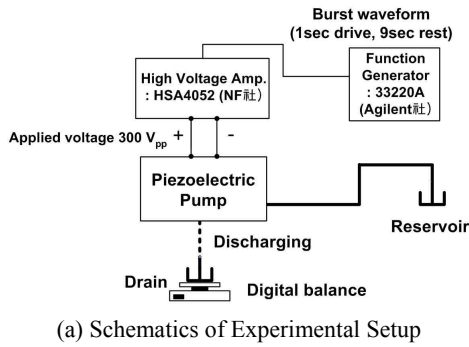


(a) Component (b) Fabricated PZT pump
Fig. 4 Photograph of the fabricated bimorph PZT pump

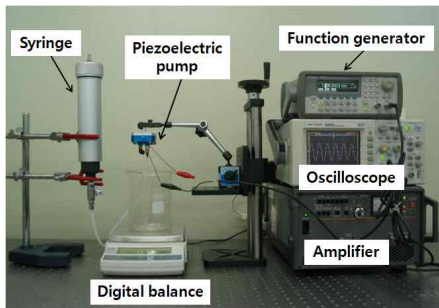
3. 압전펌프의 토출 특성 실험

3. 1 실험장치 구성

Fig. 5는 압전펌프의 토출특성 실험장치의 구성을 나타낸다. 합수발생기로 정현파 및 구동 주파수, 간헐 주기 동안 정현파를 입력하고, 전압증폭기를 통하여 바이폴라 압전소자에 전압을 인가하며, 디지털 저울(정밀도 0.01g)을 사용하여 토출량을 측정하였다. 실험에 사용된 작동액체는 증류수이다.



(a) Schematics of Experimental Setup



(b) Photo of Experimental Apparatus

Fig. 5 Experimental apparatus for discharging characteristics

3. 2 실험방법

실험방법은 압전펌프의 토출부에 장착한 니들의 내경(∅0.52mm, ∅0.72mm, ∅1.11mm)별로 토출 특성을 알아본다. 정현파로 300V_{pp}의 전압을 인가하고, 0에서 200Hz까지 구동 주파수를 가변하면서 주파수별 토출유량(ml/min)을 측정한다. 이후, 안정된 구동 주파수에서 간헐적 파형을 입력하여 토출량(ml/cycle)의 정량 여부를 판단한다.

Fig. 6은 입력된 간헐 토출 파형을 정의한 것이고, 1 Cycle은 10초 동안 정현파로 구동되고, 9초 동안은 정지하게 된다.

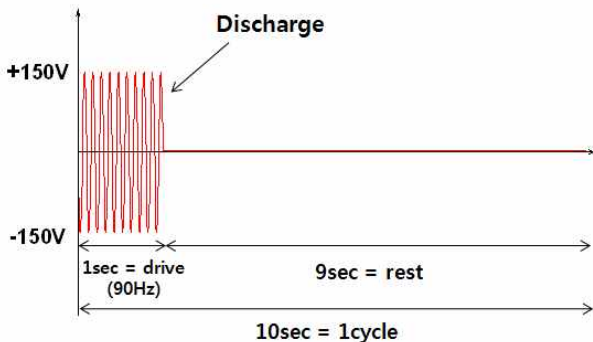


Fig. 6 Define of Intermittent 1 cycle

3. 3 실험결과 및 고찰

Fig. 7은 3개의 니들의 내경(∅0.52mm, ∅0.72mm, ∅1.11mm)별로 압전펌프의 구동 주파수에 따른 연속적 토출 유량(f-Q)을 나타내고 있고, 토출유량 최대점의 구동 주파수는 150Hz이다.

Fig. 8은 완전한 곡선을 이루는 안정된 구동 주파수인 90Hz에서 간헐적 토출 특성을 나타낸 것이고, 연속적 토출 특성 실험과 간헐적 토출 특성 실험 결과를 Table 2에 정리하였다.

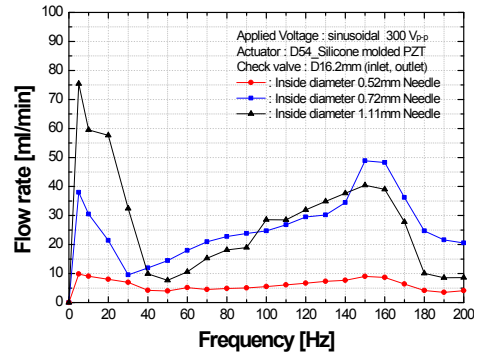


Fig. 7 Continuous discharged characteristics

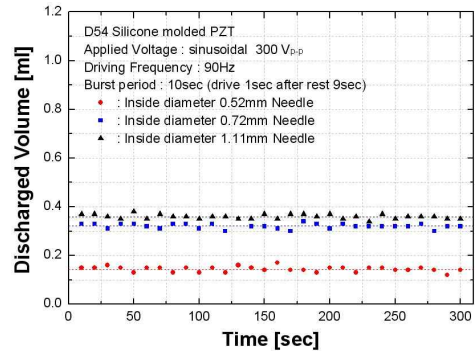


Fig. 8 Characteristics on intermitten discharging

Table 2 Characteristics on discharging

Needle Inside Diameter	∅0.52mm Needle	∅0.72mm Needle	∅1.11mm Needle
Max. Continuous Discharging flow rate [ml/min@150Hz]	9.0	48.9	40.5
Average Discharged Volume at Intermittent 1 Cycle [ml@90Hz]	0.144	0.321	0.359
Standard Deviation	0.011	0.012	0.009

4. 결론

본 논문에서는 원형 바이폴라 PZT를 구동원으로 이용한 정밀·정량 토출용 압전펌프를 제안, 제작하고 토출부에 니들을 연결하여 연속적 토출 실험과 간헐적 정량 토출 특성을 실험적으로 검토하였다.

향후, 압전펌프의 압력을 높일 수 있는 액추에이터를 설계하고 물딩 및 코팅법을 수정하여 다양한 점도범위를 갖는 기능성 액체를 작동유체로 적용할 예정이다. 또한 액추에이터 및 펌프의 전체 크기를 줄여 토출성능에 대한 검토를 수행할 예정이다.

후기

본 연구는 부품·소재전문기업기술지원사업 “압전 디스펜서 젯-밸브 설계기술 지원” 과제의 일부이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 오진현, 정의환, 임종남, 임기조, “밸브레스 연동(連動) 압전펌프의 설계 및 특성”, 대한전기학회, Vol 17 No. 1, 79-85, 2009
- 조정대, 함영복, 윤소남, 김광영, 최병오, “압전 액추에이터 구동을 위한 상변화방식 고전압증폭회로제작”, 한국동력기계공학회, 473-476, 2006
- Xing Yang, Zhaoying Zhou, Hyejung Cho and Xiao Luo, "Study on a PZT-Actuated Diaphragm Pump for Air Supply for Micro Fuel Cells", Sensor and Actuators, 130-131, 531-536, 2006.
- 함영복, 오성진, 서우석, 박중호, 윤소남, "미소 유량 정밀토출을 위한 압전펌프 구성과 적용", 유공압시스템학회지 제6권 2호, 17-25, 2009