

시트 체크밸브를 갖는 압전펌프 설계 및 펌프 실험장치 제작

함영복*, 유진산, 윤소남(한국기계연구원), 최성대(금오공대 기계공학부)

Design and Test Rig Construction for Piezoelectric Pump having Sheet Type Check Valve

Y. B. Ham, J. S. Yoo, S. N. Yun(Advanced Industrial Technology. Dept. KIMM), S. D. Choi(KNUT)

ABSTRACT

In precision machinery industry, it's required with small size and low noise design to using in constant liquid delivery equipment. To accomplish it's purpose, we designed the check valve with rubber sheet of circle shapes as a possible assembly in pump body. The test equipment for piezoelectric pump was able to test pressure-flow property and output property of piezoelectric pump by variation(magnitude of voltage and frequency) of input power.

Key Words : Piezoelectric pump(압전펌프), Sheet type check valve(시트 체크밸브), Bimorph(바이모프), Diaphragm(다이아프램), Silicon mold(실리콘 몰드)

1. 서론

최근 의료기기, 화학분석기기, 최적연료분사장치, 운할장치, 반도체조립장치 분야의 기술이 점차 정밀화·소형화 됨에 따라 이를 만족하는 기술개발이 절실히 요구되고 있다. 특히, 이들 산업분야에서는 의학용 약품이나 냉각수, 엔진의 연료 또는 화학공정에 사용되는 물질 같은 유체 이송이 가능한 펌프가 요구되고, 이러한 요구조건을 만족하는 펌프를 구성하는 방법으로서 압전소자의 압전효과를 이용하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.¹⁾

압전소자의 압전효과를 이용한 압전펌프의 연구사례를 살펴보면, 일본의 KYOKKO 사는 현재 의료, 화학, 공작기계에 상용전압으로 구동되는 바이모프형(bimorph type) 압전펌프를 이미 시판하고 있으며,²⁾ 미국 항공우주국(NASA)의 제트 추진연구소에서는 체크밸브를 사용하지 않고 미소량의 유체를 흡입·토출 할 수 있는 탄성체 진동형 압전펌프를 개발하였다. 이것은 압전소자에 탄성체를 진동시켜 탄성체 표면에 일으키는 진행파로 유체를 운송하는 것으로서, 미소 유량을 제어하면서 약액을 토출하거나, 소형분석기기의 시료를 채집하는 용도로 사용이 가능하다.³⁾

일본 통상산업부 공업기술원 기계기술 연구소에서는 유체자신이 체크밸브(check valve)로 사용되

는 양방향 마이크로 펌프가 개발되었다.⁴⁾ 물이나 에틸알콜 등의 유체의 점성은 온도가 상승하면 낮아지게 되는데, 이 펌프는 입구와 출구 유로 내의 액체를 서로 가열, 냉각하는 것으로 어느 한쪽이 다른 방향보다 흐르기 쉽게 되는 것을 이용한 것이며, 실리콘 막에 압전소자를 접착한 압전 액츄에이터(piezoelectric actuator)에 의해서 압력변동이 발생된다.

본 연구는 미소량의 유체를 이송하는 기구 개발의 초기단계로서, 바이모프형 압전 액츄에이터가 다이아프램(diaphragm)형태로 실리콘 몰드(mold)되어 압축과 팽창으로 상·하 펌 운동하는 구동부와 유체의 역방향 흐름을 단속해주는 시트형(sheet type) 체크밸브가 주요 부품으로 구성된 압전펌프 기구설계와 개발품의 특성을 시험할 수 있는 실험장치에 관한 것이다.

본 연구의 결과로 콤팩트한 시트형 체크밸브를 갖는 압전펌프 기구와 이것의 특성을 측정할 수 있는 실험장치가 설계 및 제작되어 향후 압전펌프 개발의 기초자료로 활용 하고자 한다.

2. 시트 체크밸브를 갖는 압전펌프 설계

2.1 동작원리

Fig. 1 은 체크밸브를 갖는 압전펌프의 동작원리를 보이는 것으로 압전 액츄에이터에 교류전압을

인가하면, 압전 액추에이터는 상·하 변위운동을 하고, 챔버(chamber)내에 체적변화가 발생되는데, 이때 입·출력 체크밸브가 열리고 닫히면서 임의의 유량을 펌핑(pumping)하게 된다.

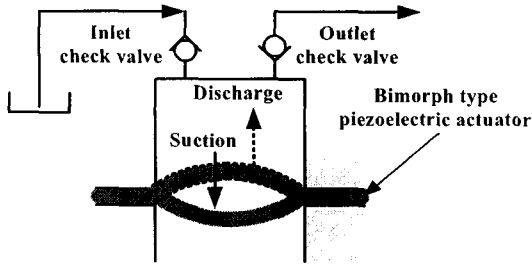


Fig. 1 Principle of piezoelectric pump

2.1.1 압전 액추에이터

Fig. 2 는 본 연구에서 설계한 압전 액추에이터의 구조이다. 얇은(0.25mm) 황동 판(shim)의 양면에 압전세라믹을 접착시키고, 유체와의 접촉을 막기 위해 실리콘으로 몰딩되는 구조로 설계하였다.

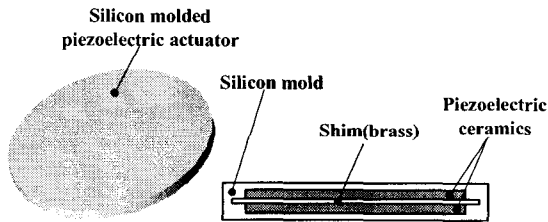


Fig. 2 Schematic diagram of bimorph type piezoelectric actuator

Fig. 2 의 압전 액추에이터는 디스크 형태의 다이아프램으로 펌프몸체에 삽입되어 상·하 힘 운동하도록 하였다.

2.1.2 시트형 체크밸브

체크밸브는 구성하는 방법에 따라 볼(ball)형, 버섯(mushroom)형, 시트(sheet)형 등이 사용되고 있으나, 본 연구에서는 이들 중에서 비교적 콤팩트하면서, 고속 운동에도 민감하게 대응할 수 있는 시트형 체크밸브를 적용하였다.

Fig. 3 은 본 연구에서 설계한 시트형 체크밸브를 나타내는 것으로서 두께 0.6mm, 직경 18.4mm 의 고무(rubber)원판에 'C'자 형태의 슬릿을 내어 조립시 펌프몸체와 맞닿아 고정되는 고정면(fixed plane)과 유량이 통과하는 운동면(moving plane)으로 구분하였으며, 운동면은 상·하로 운동하며, 고무의 탄성에 의해 스스로 닫히는 방향으로 움직이게 되는 구조이다.

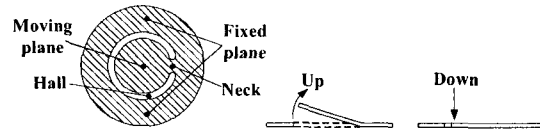


Fig. 3 Design of sheet type check valve

2.2 압전펌프 설계

Fig. 4 는 본 연구에서 설계한 압전펌프를 보인 것이다.

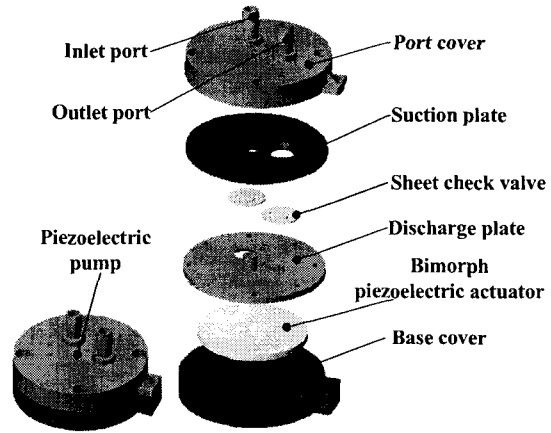


Fig. 4 3-D modeling of piezoelectric pump

압전펌프의 외형은 원형으로 하였고, 흡입판(suction plate)과 토출판(discharge plate)사이 시트형 체크밸브가 삽입되고, 베이스커버(base cover)에 바이모프형 압전 액추에이터를 끼워넣을 수 있도록 설계하였다.

3. 실험장치 제작 및 실험

3.1 압전펌프 실험장치 제작

압전펌프의 토출압력-토출유량 특성, 전압가변에 따른 출력(압력, 유량)특성, 주파수 가변에 따른 출력 특성을 측정하기 위한 실험장치를 Fig. 5 의(a)와 (b)에서와 같이 실험장치를 구성하였다.

Fig. 5(a)에서 마노미터(mano meter)와 압력센서(pressure sensor)는 각각 압전펌프의 흡입압력과 토출압력을 측정하기 위한 것이고, 압전펌프로부터 토출되는 유량을 측정하기 위해 유량센서(flow sensor)를 설치하였다. 유량조절밸브(throttle valve)는 펌프로부터 토출되는 유체의 관로면적을 가변하므로써 압전펌프의 토출측에 부하압력을 가해주기 위한 것이다. 한편 시험펌프를 구동하기 위한 전원공급장치(CVCF)는 입력전압의 크기 및 주파수를 가변할 수 있어, 압전펌프에 입력되는 전압 및 주파수를 가변시켜 토출 압력·유량특성시험을 할 수 있다.

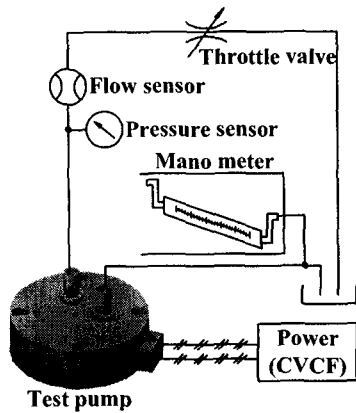


Fig. 5(a) Circuit diagram of piezoelectric pump test equipment

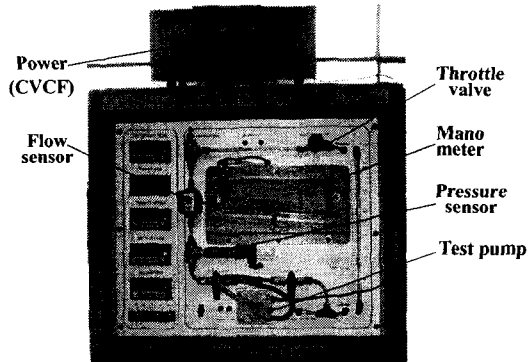


Fig. 5(b) Photo of piezoelectric pump test equipment

압전펌프 시험기에 사용된 센서 및 전원공급장치의 사양은 Table 1 과 같다.

Table 1 Specification of sensors and power supply used in piezoelectric pump test equipment

Item	Specification
Mano meter	-Maker : DWYER -Accuracy : $\pm 2\%$ of F.S. -Range : 3~30mmH ₂ O
Pressure sensor	-Hysteresis : max $\pm 0.80\%$ BSL -Range : 700 mbarg -Compensated Temp. range : +0°C to +50°C
Flow sensor	-Type : Pulse -Range : 50 Liter/Hour -Accuracy : $\pm 0.80\%$ -Uncertainty : $\pm 0.280\%$

Power supply (CVCF)	-Voltage : AC 0~100(120)V AC 0~200(240)V
	-Voltage stability : $\pm 1\%$
	-Frequency Preset : 50Hz/60 Hz Variable : 45.0Hz ~99.9Hz 100Hz ~999Hz
	-Frequency stability : $\pm 0.01\%$

3.2 압전펌프 특성실험

3.2.1 압력-유량 특성

Fig.6 은 시트형 체크 밸브를 갖는 압전펌프 시작품(mock up)의 토출압력 변화에 따른 유량변화 특성 실험결과로서, 압전펌프에 입력되는 전원의 전압과 주파수가 각각 100V, 50Hz 일때, 압전펌프의 토출측 부하압력변동에 따른 토출유량 변화를 나타내었다.

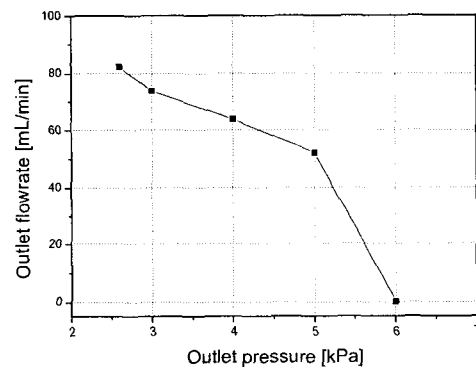


Fig. 6 Outlet pressure versus outlet flowrat test result

토출압력 부하가 증가함에 따라 토출유량이 감소하는 경향을 보이며, 토출압력 6kPa 이상에서는 유량토출을 할 수 없는 것으로 측정되었다.

3.2.2 전압 가변 특성

압전펌프 입력전원의 주파수를 50Hz 로 고정하고, 입력전압을 가변시켰을 때 펌프의 토출압력 및 유량변화 특성을 측정하였다. 이때, 부하압력 조절 밸브에 의한 특성변화 영향을 피하기 위해 밸브는 완전개방상태로 하였다. Fig. 7-8 은 각각 전압증가에 따른 토출압력·유량변화 특성 실험결과를 보인 것이다.

이들 결과로부터 토출유량은 전압에 비례하는 특성이 있음을 알 수 있고, 40mL/min 이상으로 유량이 증가함에 따라 압력또한 토출유량에 비례적으로 증가함을 알 수 있다.

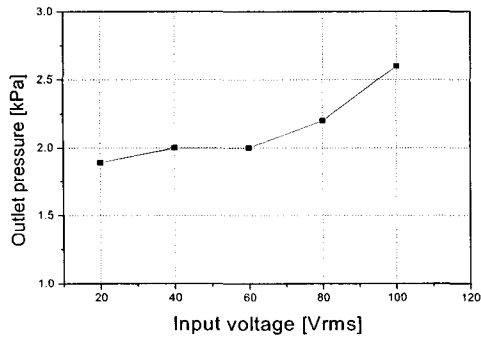


Fig. 7 Input voltage versus outlet pressure test result

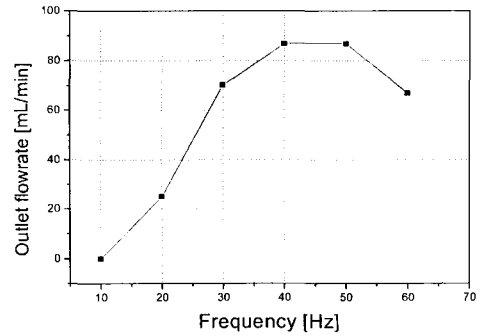


Fig. 10 Input frequency versus outlet flowrate test result

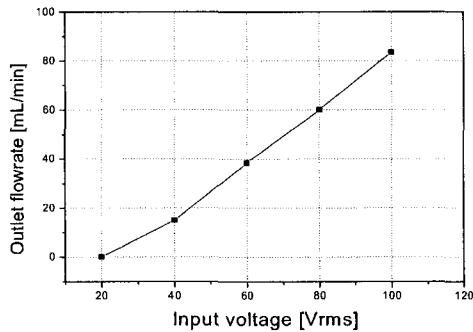


Fig. 8 Input voltage versus outlet flowrate test result

3.2.3 주파수 가변 특성

Fig. 9~10 은 압전펌프 입력전원의 전압을 100V 로 고정하고, 주파수를 가변시켰을 때 압전펌프의 토출압력과 토출유량 특성변화를 측정된 결과이다. 전압 가변 특성시험과 동일하게 부하압력 조절밸브는 완전개방상태로 하였다.

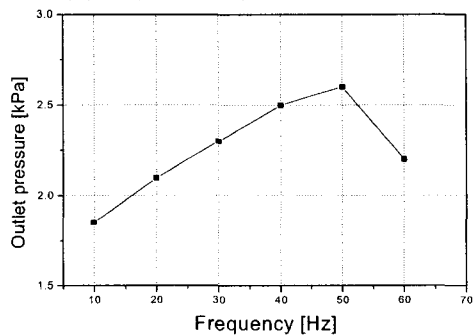


Fig. 9 Input frequency versus outlet pressure test result

주파수 가변특성 실험 결과에 나타난 바와같이 50Hz 이상의 주파수에서는 토출유량과 압력이 감소하고 있으며, 이 결과로부터 주파수가 50Hz 정도부터는 압전 액추에이터의 변위가 더욱 작아져서 토출유량이 감소되었고, 시트형 체크밸브의 동작 또한 원활하지 않아 압력이 상승하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구는 시트형 체크밸브를 갖는 압전펌프 및 특성시험장치를 설계·제작하기 위해 두께 0.6mm, 직경 18.4mm 인 고무원판에 고정면과 운동면으로 구분되는 시트형 체크밸브와 압전펌프에 삽입할 수 있도록 펌프 몸체를 제작하였으며, 압전펌프 전용 시험장치로 시험해본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 본 연구에서 제안한 고무재질의 시트형 체크밸브는 압전 액추에이터의 운동주파수 50Hz 까지 응답하여 유체를 단속할 수 있음을 알 수 있었다.
- 2) 본 연구에서 제작된 압전펌프 전용시험기로 압전펌프의 압력-유량특성, 전압 가변특성, 주파수 가변특성 등의 자동 시험이 가능해졌다.
- 3) 압전 펌프의 성능을 더욱 개선시키기 위해서는 체크밸브의 재질과 두께 등을 조절해 볼 필요가 있고 몸체 조립시 적절한 셸링이 중요한 과제라 할 수 있다.

참고문헌

1. 함영복, 윤소남, 최성대, “ 초소형 압전(piezoelectric) 펌프의 개발동향,”기계와 재료, 제 12 권 , 제 2 호, pp.85-92, 2000.
2. KYOKKO.CO.Ltd., Internet Site, “<http://www.medo.co.jp/sindex.html>”.
3. NASA 제트추진연구소, Internet Site, “<http://ndeaajpl.nasa.gov/nasa-nde/pump/piezopump.html>”.
4. 일본 기계기술연구소, Internet Site, “<http://www.mel.go.jp/soshiki/kyoku/ryoshi/matsumoto/pump.html>”.