

적층벤더형 압전 액추에이터를 내장한 색채선별기용 마이크로 밸브 Microvalve with a multilayered bender type piezoelectric actuator for color sorter

**윤소남¹, 함영복¹, 박중호¹, 서정균¹, 정황훈¹

*S.N. Yun¹(ysn688@kimm.re.kr), Y.B. Ham¹, J.H. Park¹, J.K. Seo¹, H. H. Jeong¹

¹ 한국기계연구원 에너지기체연구소

Key words : Unimorph actuator, Bimorph actuator, Piezoelectric actuator, Piezoelectric valve

1. 서론

본 연구에서는 색채선별기용으로 사용되는 압전식 마이크로 밸브에 대하여 고찰하고자 한다. 색채선별기는 농산물 및 공산물의 양품을 선별하기 위한 기술의 일종으로 동종품에서 크기 및 색깔이 다른 종류를 구별해 내는 기기이다. 품질이 우수한 제품을 출하하기 위한 일련의 과정중의 하나인 색채선별 과정에서는 색채를 선별하는 기기 및 선별된 이상 색채를 갖는 종류를 압축공기로 분류해 내는 작업 과정이 매우 중요하다. Fig.1에 보이는 그림은 곡물선별기의 개념도를 나타낸 것이다. 본 연구에서 대상으로 하는 곡물 선별기는 주로 온도가 매우 높은 아시아 지역에서 사용되고 있기 때문에 온도에 매우 민감한 특징이 있다. 기존에는 공기 이젝터로 사용되는 밸브가 모두 솔레노이드 방식이기 때문에 전력소비 및 온도변화에 따른 솔레노이드 액추에이터의 흡인력 변화로 인한 제품 전체의 성능저하가 문제점으로 지적되고 있다. 특히, 하나의 장비에 최대 128개의 솔레노이드 밸브를 장착하는 경우에는 수백W의 전력소비가 있기 때문에 솔레노이드를 대체하는 액추에이터 개발에 관한 연구들이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 색채선별기용 공기이젝터용으로 압전식 마이크로 밸브를 제안하였다. 박막 제조공정 및 액추에이터 제조를 통하여 작동압력 4bar 및 최대제어유량 20lpm의 성능을 내는 밸브를 개발하였으며, 300만회의 내구성 시험을 통하여 개발된 압전식 밸브의 색채선별기 적용 가능성을 고찰하였다. 또한, 마이크로밸브 성능향상을 위한 연구로서 적층벤더형 압전박막의 내구성 향상과 동시에 변위를 유연하게 하는 새로운 안을 제안하였다.

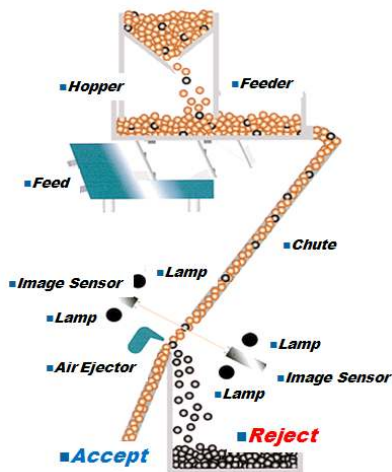


Fig. 1 Operating principal of grain sorter

2. 압전식 마이크로밸브 설계

Fig. 2는 본 연구의 대상인 곡물 선별기용으로 사용 가능한 액추에이터의 예를 나타낸 것이다. 곡물선별기용으로는 기본적으로 응답성과 유량특성이 매우 중요하다. Fig. 2의 a)는 대표적인 액추에이터인 솔레노이드를 보이는 것이다. 솔레노이드 방식은 구조가 간단하고, 제작이 용이하며, 제어가 쉽기 때문에 산업계에 널리 적용되고 있는 기술 중의 하나이다. 솔레노이드의 단점은 소비전력이 압전식에 비하여 높고, 특히 주위온도 혹은 자체발열

에 의한 온도 변화에 따라서 흡인력이 저하되는 성질이 있기 때문에 이를 대처하는 기술이 필요하다. 최근에는 저소비전력형 솔레노이드밸브들이 개발되고는 있으나, 여전히 압전식에 비하여 높은 전력을 소비하고 있는 것이 사실이다.

Fig. 2의 b)는 스택형 압전식 밸브를 보이는 것이다. 이 밸브는 솔레노이드밸브 보다 수배 이상의 응답성 및 흡인력을 가지는 특성이 있으나, 매우 큰 제어전압을 필요로 하는데도 불구하고 재료 자체의 특성으로 인하여 아주 작은 변위 출력을 내는 특성이 있어, 이젝터에 필요한 충분한 유량을 낼 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서, 곡물선별기에 채용하는 데는 한계가 있다.

Fig. 2의 c)는 본 연구에서 제안하는 박막 압전소자를 적층하여 액추에이터를 구성하고, 이를 마이크로 밸브에 적용하는 예를 보이는 것으로, 매우 적은 전력으로 구동이 가능하고 4bar 이상의 압력에서 20 lpm 이상의 유량을 낼 수 있는 특성이 있어 곡물선별기에 매우 유리한 방식이라 할 수 있다.

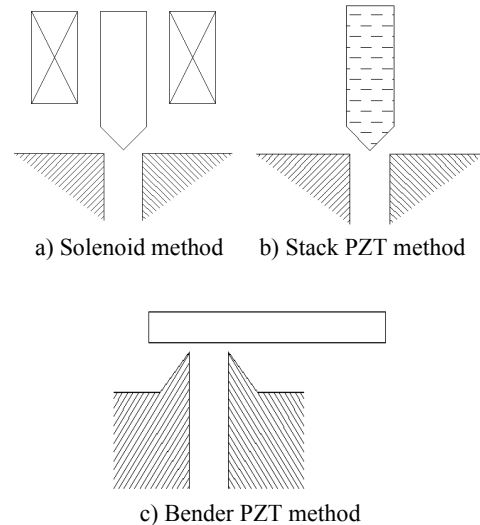
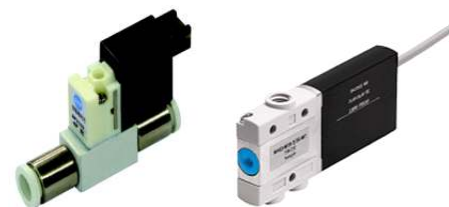
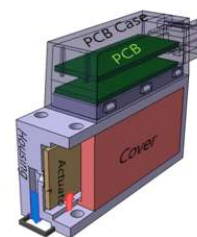


Fig. 2 Suggested valve method for grain sorter



a) solenoid method of 15W class b) solenoid method of 1.5W class



c) piezoelectric method of 0.3W

Fig. 3 final target using piezoelectric valve for grain sorter

3. 압전식 마이크로밸브의 특성

Fig. 4는 저자들이 제작한 압전액추에이터의 외관을 보이는 것이다. 크기는 31L*9.5W*0.8t이며, 자유길이는 27.0mm이다.

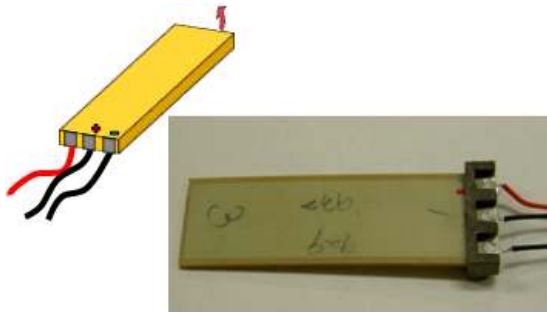


Fig. 4 Manufactured piezoelectric actuator

Fig. 5는 제작된 압전 액추에이터의 특성을 측정하기 위한 실험장치를 보이는 것이다. 이 실험장치를 통하여, 압전액추에이터의 변위 및 힘 특성이 얻어지며, 주파수 응답특성을 계측할 수 있다. 이 실험장치를 통하여 실험한 결과, 최대 변위는 412[μ m], 작동력은 131[gf]이었으며, 액추에이터 실제 작동 구간 300[μ m]에서는 25[gf]의 작동력을 얻을 수 있었다.

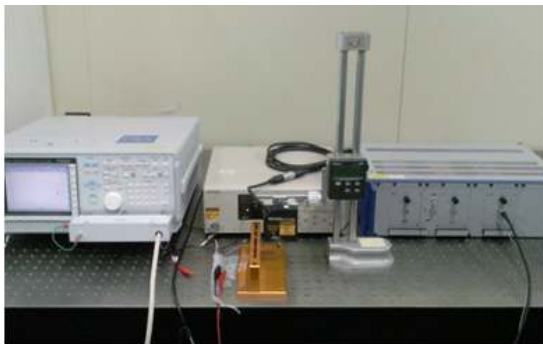


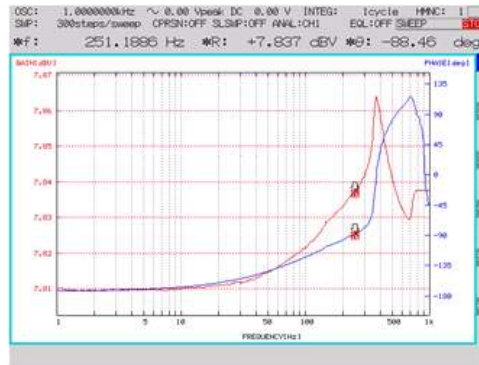
Fig. 5 Experimental setup & frequency analyzer

Fig. 6은 제작된 압전액추에이터의 주파수 응답 특성을 보이는 것으로, a)는 실험에 사용된 압전 액추에이터가 지그에 장착된 모습을 보이고, b)는 주파수 응답 특성 결과를 나타낸 것이다. 실험은 3가지 경우를 수행하였으며, 대표적인 결과를 Fig. 6의 b)에 나타내었다. Fig. 6 b)에서 알 수 있는 바와 같이 위상차를 기준으로 -90deg에서 약250Hz를 보이고 있어, 매우 빠른 응답을 보이는 액추에이터임을 예상할 수 있다.

Fig. 7은 동일 사양의 솔레노이드 특성을 보이는 것이다. 솔레노이드인 경우는 -90deg에서 약 50Hz의 특성을 보이고 있어, 압전식 보다 약 5배 정도 성능 저하가 있음을 알 수 있다. 액추에이터 자체만을 비교하였을 때는 압전식이 매우 우수하나, 압전액추에이터를 밸브 형식으로 설치하였을 경우에는 동특성이 매우 떨어질 것으로 사료된다. 그 이유는 마이크로 단위의 변위를 갖는 액추에이터를 밸브 하우징에 넣는 과정에서 압전액추에이터의 특성을 100% 반영할 수 없기 때문이다. 따라서, 조립시에는 충분한 주위가 요구된다 할 수 있다.



a) Piezoelectric actuator on the experimental jig



b) Frequency characteristics of PZT actuator

Fig. 6 Experimental results of manufactured PZT actuator

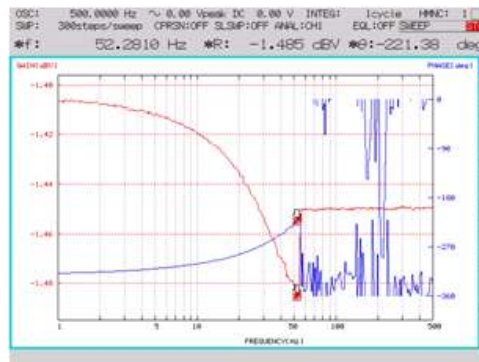


Fig. 7 Experimental results of solenoid actuator

Fig. 8은 설계.제작된 압전식 마이크로밸브의 유량특성을 보이는 것으로 정격전압 50[VDC], 압력차 1[bar]에서 약 19[lpm]의 유량이 출력되는 것을 확인할 수 있었다.

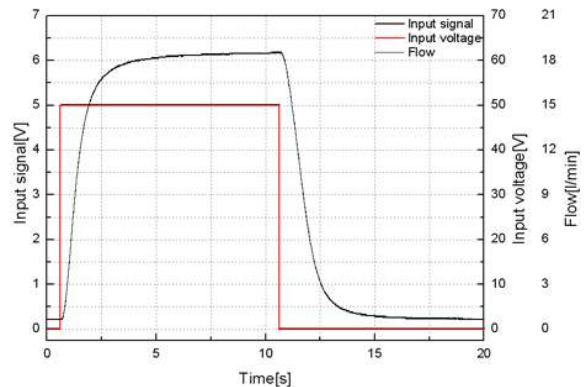


Fig. 8 Flow characteristics of PZT microvalve

4. 결론

본 연구에서는 곡물 선별기에 사용되는 새로운 방식의 압전식 마이크로밸브를 제안하였으며, 설계.제작된 밸브의 실험을 통하여 목표로 하는 압력 및 유량을 출력하는 밸브임을 확인하였다. 본 연구의 결과는 최근의 에너지 절약 및 그린에너지 이용에 부합되면서, 또한, 새로운 곡물 선별기 개발에 있어 매우 중요한 자료로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. S.N. Yun, Y.B. Ham, J.H. Park, H.J. So and I.Y. Lee, "Pneumatic Valve with a Pressure Regulator for Bimorph Type PZT Actuator," Journal of Electroceramics, Vol.20, No.3~4, pp.215~220, 2008.
2. So-Nam Yun, Dong-Won Yun and Hong-Hee Kim, "Flow Characteristics of the Piezoelectrically Driven Pneumatic Valve for Grain Sorter", IFK'2010, pp.273~283, 2010.