

고출력밀도형 마이크로 압전펌프를 위한 능동형 셔틀 밸브

박중호*, 함영복, 윤소남, 김광영, 최병오(한국기계연구원)

주제어 : 마이크로 펌프, 체크 밸브, 셔틀 밸브, 압전 소자, 밸브 개/폐 타이밍 제어

고출력밀도의 유체동력을 이용한 액추에이터는 한정된 공간에서의 다자유도 운동 메커니즘을 용이하게 실현할 수 있고, 전동모터 등에 비교해서 유연한 하드웨어의 구성이 가능하므로 안정성이 중요시되는 인간과 공존하는 미래형 지능 로봇과, 최근에 에너지 및 자원의 절약을 위해서 주목되어지는 마이크로 팩토리를 구현시키기 위한 공작기계와 이송장치 등에 사용되는 액추에이터로서의 응용이 기대되고 있다. 전술한 고출력 및 고기능 액압 제어 시스템의 구현에는 시스템의 소형화, 가동효율의 향상, 보수작업의 용이함, 누설유량의 감소 등을 위해서 고출력밀도의 유체 동력원으로써 마이크로 펌프의 개발이 필요하다. 고출력 마이크로 펌프의 구현에 있어서 체크 밸브는 펌프 성능과 유동 특성을 결정하는 핵심 요소의 하나이고, 펌프의 소형화 및 응답성 향상을 위하여 외팔보 형상의 급속 박막이 주로 사용되어지고 있다. 한편 이러한 수동형 체크 밸브는 펌프실 내부의 용적변화에 따른 차압을 이용하여 밸브 개/폐를 수행하므로 밸브 개도가 작고, 압력손실의 증대와 캐비테이션 발생 등에 의한 펌프 출력성능의 한계가 문제되어지고 있다.

상기 문제점을 해결하기 위한 하나의 대책으로써, 펌프실의 용적변화에 대응하여 고응답 적층형 압전 액추에이터를 사용하여 흡입측 및 토출측의 체크 밸브의 개/폐 타이밍을 능동적으로 제어하는 능동형 체크 밸브를 제안하고 유효사이즈 $17 \times 8 \times 11 \text{mm}^3$ 의 펌프 시제품을 제작하였었다. 또한 제작한 펌프 시제품의 부하 특성과 양방향 유량 특성 등의 상세한 실험적 검토를 통하여 펌프실의 용적변화에 대하여 흡입 및 토출측 능동형 체크 밸브에 인가하는 전압파형의 특정 위상차에 있어서 토출유량이 현저히 증가한다는 점과 고출력의 부하 특성을 나타낸다는 점 등을 확인하였다.

본 연구에서는 전술한 실험결과에 기초하여 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 흡입측 및 토출측 능동형 체크 밸브의 가동부를 일체화함으로써 소형화를, 의도한 능동형 셔틀 밸브를 제안함과 동시에 $10 \times 10 \times 10 \text{mm}^3$ 크기의 새로운 동작 원리의 마이크로 펌프를 설계, 제작하여 특성실험을 하였다. 무부하시에 있어서 밸브 개/폐 타이밍 제어에 의한 토출유량 특성실험의 결과를 Fig. 2 에 나타낸다. 본 연구에서 제안하는 능동형 셔틀 밸브는 펌프실 내부의 용적변화에 따라서 시트 형상의 밸브 가동부를 압전 액추에이터에 의해서 능동적으로 제어하여 작동유체의 흡입시에는 토출측 체크 밸브의 역할을, 작동유체의 토출시에는 흡입측 체크 밸브의 역할을 수행한다. 구조가 간단하고 더욱이 펌프실 용적변화에 대하여 밸브 가동부 구동을 위한 압전 액추에이터의 동작을 역전시키는 것만으로도 역방향 유동이 가능하기 때문에 응용범위는 매우 넓다고 할 수 있다.

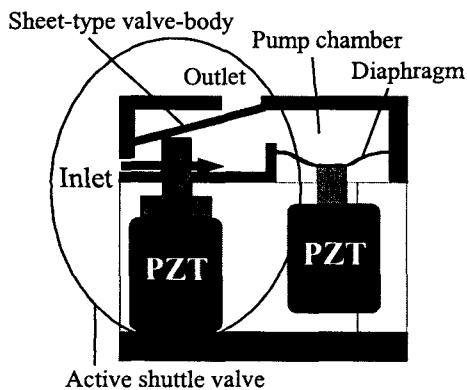


Fig. 1 Schematic of the proposed micropump using a sheet-type active shuttle valve

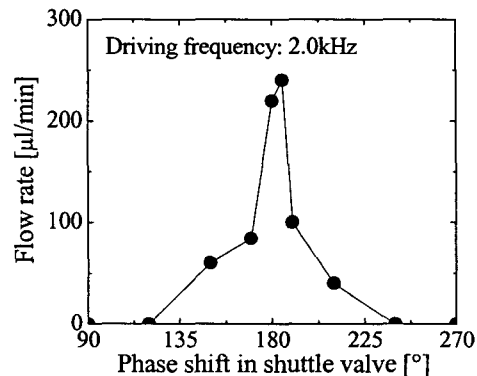


Fig. 2 Measured flow rates with timing control of the active shuttle valve