

ATILA를 이용한 진행파 회전형 밸브리스 압전펌프의 진동 해석

임종남, 오진현, 박철현, 임기조, 김현후*

충북대학교, 두원공과대학

Vibration analysis of valveless Type Piezoelectric micro-pump by using ATILA

Jong-Nam Lim, Jin-Heon Oh, Cheol-Hyun Park, Kee-Joe Lim, Hyun-Hoo Kim*

ChungBuk Univ., DooWon Technical College*

Abstract : Using the extensional vibration mode of PZT ring, a piezopump is successfully made. The PZT ring is polarized with thickness direction. The traveling extensional wave along the circumference of the ring is obtained by dividing two standing waves which are temporally and spatially phase shifted by 90 degrees from each other. The proposed piezopump is consisted of coaxial cylindrical shells that are bonded piezoelectric ceramic ring.

Key Words : Piezoelectric pump, traveling wave

1. 서 론

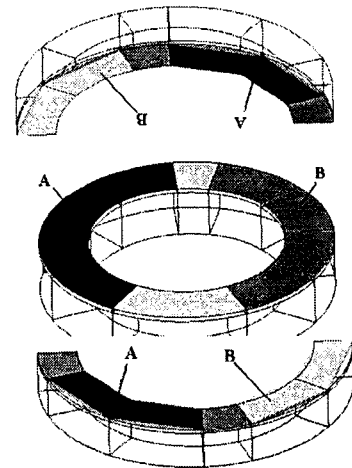
압전 펌프는 몇몇 다양한 적용을 위해 연구되어져왔다. 압전 펌프 체계는 전통적으로 능동적인 유체 흐름을 일으키기 위하여 체크밸브에 액체를 통과해서 작동한다. 압전 펌프의 기능은 압전 액추에이터의 아주 작은 변위를 유용한 작업이다. 펌프의 대부분은 액추에이터 구동을 위한 챔버 및 입출력의 On/Off 역할을 맡는 체크밸브를 이용하여 구동된다. 그러나 밸브는 마모나 피로와 같은 몇몇 문제를 가지고 있으며, 또한 유량의 흐름 방향을 단순한 기구로 자유롭게 제어할 수 있는 밸브는 찾아보기 어렵다. 이러한 중요한 문제들을 제거하기 위하여, valveless 펌프를 위한 다수의 고려사항이다. valveless 펌프의 한 종류는 직렬의 액추에이터로서 다이어프램을 가진 3개의 펌핑챔버를 이용하는 연동 펌프이다. 이 연동 펌프는 빠르기도 하고 느린 작동 메커니즘을 적용하였고, 압전, 압축 공기를 넣은, 열 압축 공기를 넣은 등의 다른 구동 효과들도 사용된다. 펌프들의 동작주파수에 대한 전계 의존성을 밝히고, 압전 소자의 진동 주기를 달리하였을 경우 특정한 진동 주파수에서 최대 순유량이 관찰되었다. 여기에는 유한요소해석프로그램 ATILA-GID로 펌프의 중앙 챔버의 형상과 진동 주기의 변화에 따른 최적의 순유량을 갖는 유동 조건 및 펌프 내부의 진동 특성을 확인하였다.

2. 실험

2.1 진동자의 설계

설계된 압전 펌프의 형상이 그림 1에 나타나 있다. 탄성체의 재질은 인칭동으로 원통형 중심으로 좌, 우 반달 모양을 설계하고, 압전소자는 PZT-PMNS세라믹을 사용하였다. 압전소자는 원환, 반달 모양으로 탄성체의 면에 각각 1개씩 부착되는데 6파장의 진행파를 얻을 수 있도록 12개의 세그먼트로 나누어 1/2파장마다 방향을 반전시켜

분극하였으며, 상하 양면의 압전소자는 1/4파장의 공간적 위상차를 두고 탄성체에 부착되어 있다.



(a) Electrode pattern of inner cylindrical shell

(b) Electrode pattern of outer cylindrical shell

그림 1. 진동자 설계

외각은 그림 1에서 보여진 것처럼 원통은 두 개의 부분으로 분리되는데 그것은 두 개의 반원으로 구성되어졌다. 그것이 내부 원통의 외부 표면에서 변위는 외부 원통과 친밀한 접촉을 하고 있는데 외부의 것과 같은 패턴임을 보여준다.

2.2 진동자 진동의 수치적 해석 과정

동작특성을 Modal Analysis와 Harmonic Analysis를 이용하여 수치적으로 해석하였다. 여기에는 유한요소해석프로그램 ATILA-GID가 사용되었다. Harmonic analysis를 수행하여 변위 분포를 그래픽으로 구현하였다. 해석순서는 그림 2와 같다.

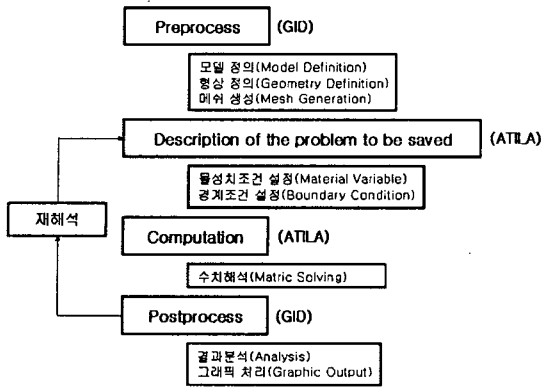
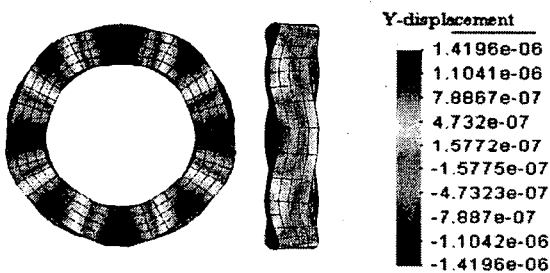


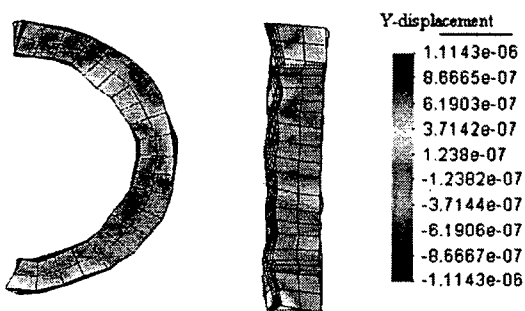
그림 2. 모델 해석 순서

3. 결과 및 고찰

Modal Analysis에 의한 해석결과 B5,1 공진모드에서 56.4kHz의 공진주파수가 계산되었으며 이 동작주파수에서 Harmonic Analysis를 실행한 결과 고정자의 변위분포가 그림 3과 같은 형태로 나타났다. 밖의 원통은 두 개의 부분으로 분리되는데 그것은 두 개의 반원으로 구성 되어졌다. 그림 3(b)는 분리된 외각에서의 변위를 나타낸다.



(a) Displacement distribution of inner cylindrical shell



(b) Displacement distribution of outer cylindrical shell

그림 3. 유한요소 해석프로그램(ATILA-GID)에 의한 진동자의 변위분포 해석 결과

이 그림에서 원통들의 원주에서 5차 진동모드를 발견할 수 있다. 변위의 두 가지 패턴사이의 공간적 상 180° 차이로 외부와 내부에 각각 공급된다. 또한 진행파가 외각에 유도 되었다는 것을 알아냈다. 그림 3에서는, Y축 변위 값의 단위는 미터이다. 내부 원통 모양 각의 외부 표면에 이동하는 탄성체의 진폭 사이 거리는 $2.8\mu m$ 이고, 외부 원통의 안쪽 표면의 파두와 골짜기 사이의 거리는 대략 $0.8\mu m$ 이다. 작동 모드는 5차 진동 형태이고 최고 전압은 100V 이다.

4. 결론

일정한 진동 주파수에 대해 진폭을 증가시키면 일정한 진폭 이상에서는 더 이상 유량이 증가하지 않는 것을 확인 하였다. 압전 세라믹 원한이 원통각의 표면을 따라 탄성 진행파가 유도되도록 원통 각에 접촉되었다. 연동을 옮기는 활동은 어떤 실제적으로 이동 부분도와 연관되지 않으며 양수한 액체 또는 가스는 진행 파동 방향으로 흐르고 있다. 이 압전 펌프의 가장 중대한 특징은 밸브를 필요로 하지 않는다는 것인데 그 이유는 짜내기 효과로서 중요한 역할을 할 수 있는 공간에 대해 이 압전 펌프의 연동 활동이 공급되기 때문이다.

참고 문헌

- [1] Yasuaki Kawai et al. "High Power Travelling Wave Type Ultrasonic Motor ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34, No 5B, p. 2711-2714, May 1995.
- [2] Timothy. S. Glenn and Nesbitt. W. Haghood "Development of a two sided piezoelectric rotary ultrasonic motor for high torque", SPIE Vol. 3041, p. 326-338, 1997.
- [3] K. Uchino, Ferroelectric Devices, New York, Marcel Dekker ; 2000 : 197
- [4] Peter Woias, Micropumps-past, progress and future prospects. Sensor and Actuators B 105:2005;28-38
- [5] S. Ueha , Y. Tomikawa, M. Kurosawa, and N. Nakamura, Ultrasonic Motors-Theory and Applications: Oxford, Clarendon 1993: 100