

금속 엔드캡 구조에 따른 심벌 액츄에이터의 변위 특성

최성영*, 김진수

한국교원대학교 기술교육과

Displacement Characteristics of Cymbal Actuator with Metal Endcap Structure

(Sung-Young Choi*, Jin-Soo Kim)

Dept. of Technology Ed., Korea Nat'l Univ. of Ed

Abstract-In this study, Brass endcap with 2, 3, 5, and 7mm contact surface and 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm conical cavity depths was fabricated by the punch die while keeping the cavity diameter constant 9.25mm then displacement characteristics of the cymbal actuators with each of brass endcap thickness were measured under an applied voltage 60V_{max}.

Displacement increased with increasing contact surface and resonant frequency decreased with increasing contact surface. cymbal actuator with 7mm contact surface and 1.5mm endcap cavity depth exhibits 35.89 μ m displacement and 18.8kHz resonant frequency. displacement increased with increasing endcap cavity depth while contact surface was kept constant at 3mm and Below a endcap thickness of 0.2mm. Differences in displacement between 1.2mm and 1.5mm cavity depth appeared at 0.18 μ m. that is, displacement of cymbal actuator with 1.2mm over cavity depth saturated nearly.

1. 서론

세라믹 액츄에이터에는 압전 세라믹을 그대로 이용하는 단순형 소자와 압전 세라믹에 탄성체를 부착하여 변위를 확대한 복합형소자가 있다. 단순형소자에는 중방향변형을 이용한 단판소자(simple disc)와 다층소자(multilayer)와 횡방향변형을 이용한 관상소자(cylinder)가 있다. 복합형소자는 유니몰프(unimorph), 바이몰프(bimorph), 무니(moonie), 힌지레버(hinger lever), 인치웜(inch-worm)이 있다¹⁾. 이들 모두는 각각의 design에 따라 장단점이 있으며 새로운 구조를 갖는 액츄에이터에 대한 연구가 진행

되고 있다. 1994년 새로운 액츄에이터가 도간(A. Oogan)이 개발한 cymbal(심벌) 액츄에이터가 있다²⁾. 이는 복합형 소자에 속하며 무니와 같이 금속 탄성체에 공동을 가지고 있는 구조를 하고 있다. 그러나 변위 메카니즘은 약간 다르다. 무니가 순수한 엔드캡의 굴곡 신장 운동(flextensional motion)에 의한 것이라면 심벌은 굴곡운동과 회전운동의 조합으로 변위가 발생된다고 생각되며 이에 대한 이론적 연구는 추후 연구과제이다.

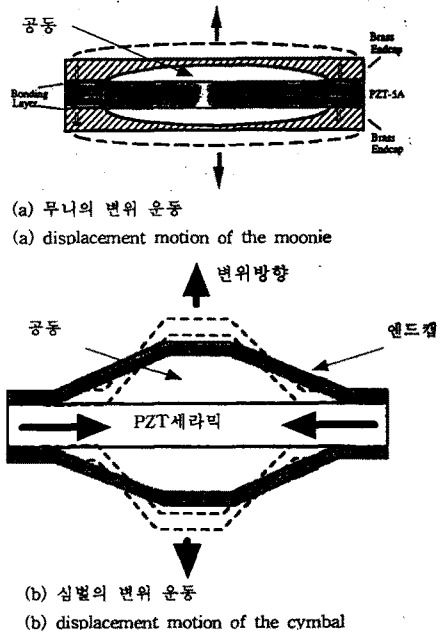


그림1. 무니와 심벌 액츄에이터의 변위 운동 비교
Fig.1 Comparison of the displacement motion of Moonie and Cymbal

그림 1은 무늬와 심벌의 변위 메카니즘을 도식적으로 비교한 것이다.

본 연구는 금속 엔드캡의 기하학적 구조에 따른 심벌 액츄에이터의 변위경향을 알아보고자 한 것으로 엔드캡의 윗면지름과 공동깊이를 변화시킴에 따라 변위가 어떻게 변화하는지를 알고자 한다.

2. 실험

엔드캡의 재료는 실용성과 가공성을 고려하여 황동(C2680, 풍산(주))으로 하였으며 접착제는 도선성 접착제와 2type 에폭시 접착제를 사용하였다. 엔드캡의 공동깊이와 공동지름은 1.5mm와 9.25mm로 고정하고 엔드캡의 윗면지름 2, 3, 5, 7mm로 두께별 가공하였고, 또한 윗면지름과 공동지름을 3mm와 9.25mm로 고정하고 공동깊이 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm로 두께별 가공하여 심벌 액츄에이터를 제작하였다.

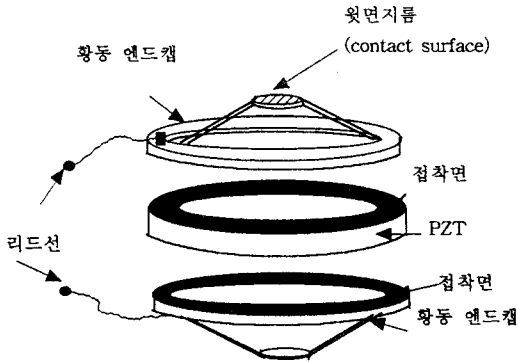


그림 2. 심벌 액츄에이터의 구성도

Fig.2 Structure of the Cymbal Actuator

3. 결과 및 고찰

3.1 엔드캡 윗면지름에 따른 특성

3.1.1 엔드캡의 윗면지름에 따른 변위 특성

그림 3은 엔드캡의 두께별로 제작한 심벌 액츄에이터의 윗면지름에 따른 변위 그래프이다. 엔드캡의 공동깊이와 공동지름은 가공이 가능한 최대 로 고정하고 심벌 액츄에이터의 윗면지름을 2, 3, 5, 7mm로 제작하였다. 각각 공진주파수에서 인가 전압 V_{max} 60[V]로 하여 심벌 액츄에이터의 변위를 측정하였다. 심벌 액츄에이터의 윗면지름이 증가함에 따라 변위도 증가하였으나 엔드캡의

두께에 따라 변위증가율은 매우 다르다. 엔드캡의 두께가 0.2mm이하인 경우 윗면지름증가에 변위는 지수함수적으로 증가하며 0.2mm이상에서는 윗면지름의 증가에 따라 변위는 매우 작게 선형적으로 증가했다.

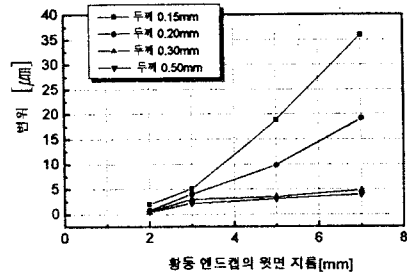


그림 3. 황동 엔드캡의 두께별 윗면지름에 따른 변위

Fig.3 Effect of contact surface on the displacement values of cymbal actuators at various brass endcap thickness

3.1.2 엔드캡의 윗면지름에 따른 공진주파수 특성

그림 4는 황동 엔드캡의 두께별 심벌액츄에이터의 윗면지름에 따른 공진 주파수 특성 그래프이다.

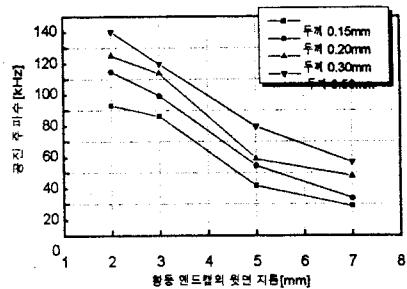


그림 4. 두께별 윗면지름에 따른 공진주파수

Fig. 4 Effect of contact surface on resonant frequency of cymbal actuators at various brass endcap thickness

3.1.1의 윗면지름에 따른 변위특성과 같은 조건으로 하여 실험하였다. 심벌 액츄에이터의 윗면지름이 증가할수록 공진주파수는 낮아졌으며 같은 윗면지름에 대해 엔드캡의 두께가 두꺼운 경우 공진주파수는 높았다. 공진주파수는 엔드캡의 두께의 제곱근에 비례한다는 선행연구⁴⁾가 있었으나 심벌 액츄에이터의 윗면지름에 따른 변위증가나 공진주파수해석은 아직 연구가 필요한 부분이다.

3.2 황동 엔드캡의 공동깊이에 따른 변위 특성

엔드캡의 윗면지름3mm, 공동지름9.25mm로 고정하고 각각의 공진 주파수에서 공동깊이를 0.6mm에서 0.3mm씩 1.5mm까지 증가시키면서 심벌 액츄에이터의 변위를 측정된 그래프가 그림5이다. 그림에서 알 수 있듯이 공동깊이가 증가함에 따라 변위는 거의 선형적으로 증가했으며 이는 무니 변환기의 공동깊이에 따라 변위가 선형적으로 증가한다는 연구결과⁵⁾와 일치한다. 또한 엔드캡의 두께가 0.2mm이하인 경우 공동깊이가 1.2mm와 1.5mm사이의 변위차는 0.18 μ m로 매우 작아 공동깊이 1.2mm에서 거의 포화되는 것으로 생각할 수 있다.

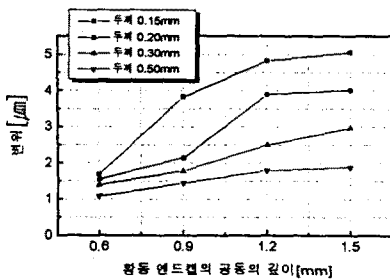


그림5. 황동 엔드캡의 두께별 공동깊이에 따른 변위

Fig.5 Effect of cavity depth on displacement value at various brass endcap thickness

4. 결론

심벌 액츄에이터의 윗면지름과 엔드캡의 공동깊이에 따른 특성을 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 심벌 액츄에이터의 윗면지름을 2, 3, 5, 7mm의 4가지 종류로 실험 측정하였다. 윗면지름이 7mm에서 변위는 35.89 μ m이며 공진주파수는 18.8kHz이었다. 윗면지름이 증가할수록 변위도 증가했으며 공진주파수는 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 엔드캡의 두께는 심벌 액츄에이터의 변위와 공진 주파수에 중요한 변수로 두꺼운 경우 윗면지름에 따라 변위증가는 매우 작았다. 같은 윗면지름에 대해 두꺼울수록 공진 주파수는 높았다.

(2) 황동 엔드캡의 공동깊이를 0.6, 0.9, 1.2, 1.5mm의 4가지 종류로 실험·측정하였다. 황동 엔드캡의 공동깊이가 증가할수록 변위는 대체로 선형적으로 증가했으며 이는 무니 변환기의 엔드캡의 공동깊이에 따른 변위특성결과와 일치한다고 할 수 있다. 또한 공동깊이가 1.2mm에서 거의 포화되는 것으로 나타났다.

따라서 심벌 액츄에이터를 실용화하기 알맞은 엔드캡 조건은 심벌 액츄에이터의 윗면지름은 되도록 크고, 엔드캡의 두께는 0.2mm이하, 공동깊이는 1.2-1.5mm가 알맞다고 하겠다. 그러나 심벌 액츄에이터가 액츄에이터로써 사용되기 위해 필요한 발생력에 대한 실험과 심벌 액츄에이터의 윗면지름에 따른 변위와 공진주파수에 대한 이론적 연구는 앞으로 필요한 연구과제라 생각된다.

참고문헌

1. Kenji Uchino, *Piezoelectric actuators and ultrasonic motors*, Kluwer academic publishers, pp. 129-143, 1997
2. A. Dogan, "Flexensional 'Moonie and Cymbal' Actuators", The Pennsylvania State University, Ph. D. Thesis, 1994.
3. 최성영, 김진수, "심벌 액츄에이터의 변위 특성에 대한 인가전압 의존성", 한국전기전자재료학회, 추계학술대회 논문, 1998, 11, 6(투고중)
4. Katsuhiko Onitsuka et al., "Design Optimization for Metal-Ceramic Composite Actuator 'Moonie'", *Ferroelectrics*, vol. 156, pp. 37-42, 1994.
5. A. Dogan et al., "The Effect of Geometry on the Characteristics of the Moonie Transducer and Reliability Issue", *Ultrasonics symposium*, pp.935-939, 1994.