

Thin-type 초음파모터의 설계 및 제작

김종욱, 정성수, 정현호, 전호익, 박태곤
창원대학교

Design and Fabrication of Thin-type Ultrasonic Motor

Jong-wook Kim, Sung-su Jeoung, Hyon-ho Chong, Ho-ik Jun, Tae-gone Park
Changwon University

Abstract : Nowadays, application fields using piezoelectric ceramics are various. On this paper, Characteristics of thin-type ultrasonic motor generating elliptical displacements has been analyzed by FEM, and then the motor was fabricated. Structure of the motor consists of sixteen ceramic pieces attached elastic body upper and bottom. Principle of the motor is to apply alternative voltages which have 90 phase difference to attached ceramics, and then elliptical displacements is generated at four edges of elastic body. And then rotor is rotated by the elliptical displacements.

In case of ceramic thickness 1.5[mm], characteristic of the highest speed was found at 79[kHz]. In case of ceramic thickness 2[mm], Characteristic of the highest speed was observed at 77.5[kHz]. Consequently, speed and torque of USM were increased linearly with increasing in applied voltage

Key Words : Thin-type, FEM, USM (ultrasonic motor), Fabrication

1. 서론

초음파모터의 일반적인 정의는 가청주파수 이상의 초음파를 사용하는 모터를 말하며, 모터의 구조나, 세라믹의 진동의 형태를 이용함에 따라 분류 가능 하다. 현재에는 카메라(DSLR)의 자동 초점용으로 원환형 초음파 모터가 사용 되고 있다.

초음파모터의 특징을 보면 세라믹의 진동자(vibrator)에 의해 구동되는 고정자(stator)의 부분에 타원 변위를 이용하여 회전자(rotor)를 회전 시키는 방식으로 기존의 전자기식 모터와는 차별화된 특성을 가진다. 이는 기존의 전자기식 모터(electric motor)에 비해 구조가 간단하며, 저속에서의 고 토크 및 정밀제어가 가능할 뿐 아니라, 기존 모터처럼 코일이나 자성체를 사용하지 않아 전자파가 발생하지 않으므로 사용에 제한을 받지 않는다. 또한 마찰을 구동력으로 하여 유지토크(holding torque)가 크기 때문에, 응답 특성이 우수하고, 소형 경량화가 가능하여 저가격이 기대되며, 형상의 자유도가 커 장치의 최적 설계가 가능한 특징을 가지고 있다. 응용분야로는 로봇의 관절 구동, 카메라 렌즈의 구동, 광학 및 정밀 위치제어가 필요한 선반, Home/Office Automation 구동 부문, 프린터 및 복사기 종이 feeding용 모터, 의료장비의 구동부, 반도체 장비의 구동부, 기타 군사무기추진 체계 구동용 모터 등과 같이 광범위한 분야에서 응용 되고 있다.

본 논문에서는 유한요소해석을 사용하여 세라믹의 두께라는 변수에 의한 초음파모터의 구동특성을 해석하고 세라믹 두께 1.5[mm]와 2[mm]를 가지는 초음파모터를 제작하였다. 제작된 초음파모터는 구동 장비를 사용하여 특성 실험을 하였고, 이를 측정 장비를 이용하여 속도 및

토크 특성을 확인하였다.

2. 구조 및 원리

그림 1은 GID 프로그램을 통하여 Thin-type 초음파모터를 모델링한 것이다. 크로스 형태의 얇은 탄성체에 위 아래로 각각 8개의 세라믹을 붙인 형태로, 탄성체의 물질은 brass, ceramic은 PZT4를 적용 시킨 모습이다.

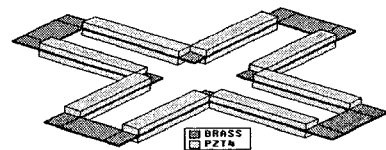
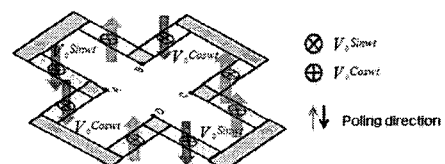


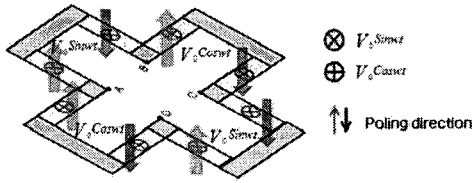
그림 1. Thin-type 초음파모터의 구조

Fig 1. Structure of Thin-type ultrasonic motor

그림 2는 초음파모터의 타원 변위를 만들어 내기 위해 가해지는 인가전압 및 분극 방향을 나타낸 것이다. (a)는 탄성체 윗면을, (b)는 세라믹의 아랫면에서의 인가전압 및 분극방향을 나타낸 것이다.



(a) 인가전압 및 분극 방향 (윗면)



(b) 인가전압 및 분극 방향 (아랫면)

그림 2. 초음파모터의 인가전압 및 분극방향
Fig. 2. Applied voltage and poling direction of ultrasonic motor

위와 같이 90도의 위상 차이를 가지는 교류전원을 인가하게 되면 점 A,B,C,D로 순차적인 타원 변위가 발생하게 되며 이를 직접 회전자(rotor)에 가해주게 되어 회전력을 발생 시킨다. 또한 sine파와 cosine파를 반대로 인가하게 될시 역회전이 된다.

3. 유한요소해석

유한요소해석(finite element method)을 위하여 탄성체와 결합하는 세라믹의 두께를 변수로 지정하였으며, 폭과 길이의 비는 1:6으로 3[mm]×18[mm]로 고정 하였다. 변수로는 두께 T를 0.5[mm]에서 2[mm]까지 0.5[mm]의 두께차이를 가지는 모델 4개를 기준으로 해석 하였다. 표1은 GID7.2를 사용하여 모델링하고 ATILA 5.2.4를 Modal 해석을 통한 공진 주파수를 나타낸다.

표 1. 세라믹 두께에 따른 공진주파수
Table 1. Resonance frequency depending on the thickness.

	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
Model 1	34[kHz]	64[kHz]	76[kHz]	98[kHz]
Model 2	28[kHz]	54[kHz]	64[kHz]	88[kHz]
Model 3	25[kHz]	48[kHz]	56[kHz]	84[kHz]
Model 4	22[kHz]	31[kHz]	49[kHz]	77[kHz]

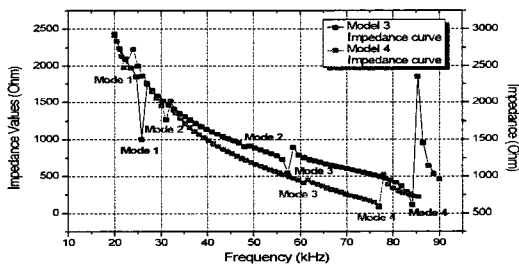
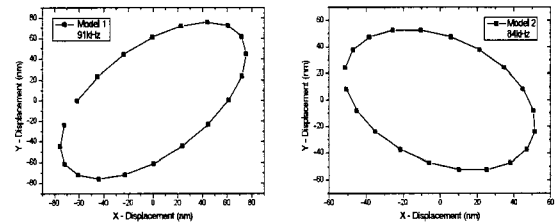


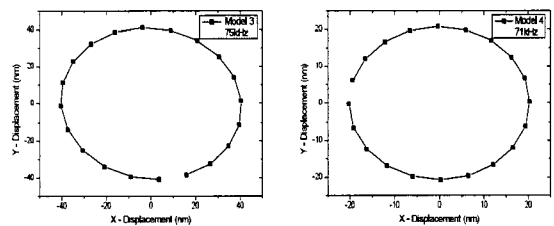
그림 3. 임피던스 특성 곡선
Fig 3. Characteristic curve of Impedance

그림 3은 유한요소해석을 사용하여 Model 3,4에 관한 임피던스 특성 곡선을 나타낸다. 공진모드는 총 4개의 공진

Mode를 나타내며 Mode 4에서 가장 낮은 임피던스 특성을 가졌다. 또한 세라믹 두께가 두꺼워 질수록 공진점에서의 주파수 값은 낮아짐을 확인 하였다.



(a) Mode 4 구동주파수에 대한 Model 1,2 타원 변위



(b) Mode 4 구동주파수에 대한 Model 3,4 타원 변위

그림 4. Mode 4에서 각 모델에 따른 타원 변위
Fig 4. Elliptical displacement of model 1,2,3,4 at mode 4

그림 4는 Mode 4에서 Model 1,2,3,4의 구동주파수에 대한 타원 변위를 나타낸다. 모델링 시 탄성체는 Brass로 두께 0.3[mm]가 사용 되었으며, 인가전압은 10[V]이다. 해석 시 공진 주파수를 벗어난 구동 주파수에서 가장 큰 타원 변위가 나타나는 것을 확인 하였다.

4. 실험

초음파모터 제작 모델은 낮은 구동주파수를 가지고 원형에 가까운 타원 변위를 가지는 Model 3, 4로 정의하였다.

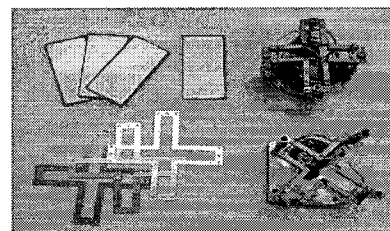


그림 5. Thin-Type 초음파모터 제작
Fig 5. Fabrication of ultrasonic motor

그림 5의 제작과정에서 탄성체의 두께는 0.3[mm]이며, 사용된 세라믹의 두께는 1.5[mm]와 2[mm]이다. 폭×길이는 3×18 [mm]으로 정의한다. Brass로 제작된 탄성체를 와이어 커팅을 이용하여 크로스 형태로 만들고, 세라

믹을 다이아몬드 커터를 이용하여 Model 별 16EA의 세라믹을 제작 하였다. 세라믹과 탄성체의 접착을 위하여 에폭시가 사용되었고, 상온에서 접착력이 떨어지는 단점을 보완하기 위해 가열로에서 건조접합 하였다. 이 후 90도 위상차의 전압을 인가하기 위해 전원선을 연결 하고, 탄성체의 끝부분을 Case에 고정시켜 제작하였다.

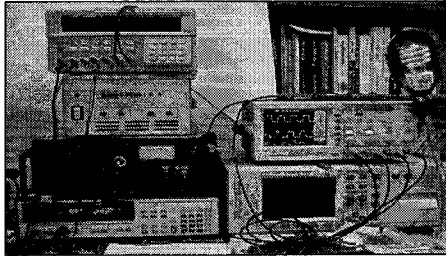


그림 6. 초음파모터 구동장비
Fig 6. Driving equipment of ultrasonic motor

그림 6은 구동장비를 나타낸다. 90도 위상차를 가지는 교류 신호를 발생시키기 위해 함수발생기를 사용하고, 증폭기로는 증폭된 신호를 모터에 인가하였다. 측정항목으로는 인가전압의 변화에 따른 속도 및 토크 특성과 구동 주파수의 변화에 따른 속도를 측정하였다. 오실로스코프로는 출력 전압을, 회전속도계 및 토크 게이지를 통해 속도 및 토크를 측정 하였다.

5. 결론 및 고찰

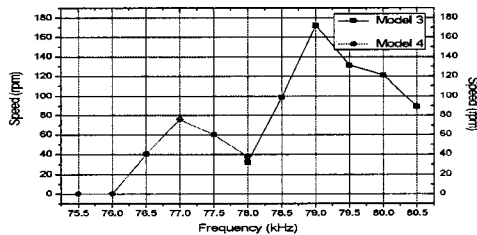


그림 7. 주파수에 따른 Model 3,4 속도 특성
Fig 7. Characteristic of speeds depending on the off-resonance

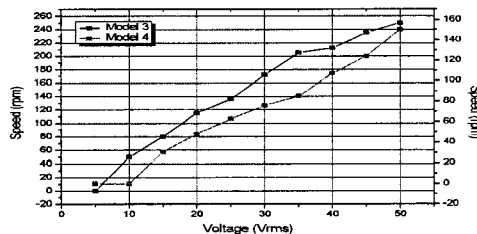


그림 8. 인가전압 따른 Model 3,4 속도 특성
Fig 8. Characteristic of speeds depending on applied voltage

본 논문은 Thin-Type 초음파모터를 유한요소해석 프로그램인 ATILA를 이용하여 해석하고, 실제 Model 3,4를 제작하였다. 그림 7은 인가전압 30[Vrms] 일 때 구동주파수의 변화에 따른 속도 특성이며, Model 3의 경우 77.5[kHz] Model 4일 때 79[kHz]에서 가장 높은 속도 특성을 나타내었다. 그림 8은 구동주파수는 고정된 상태에서 인가전압의 변화에 따른 속도 특성이다. 인가전압의 증가함에 따라 속도 역시 선형적인 증가를 확인하였다.

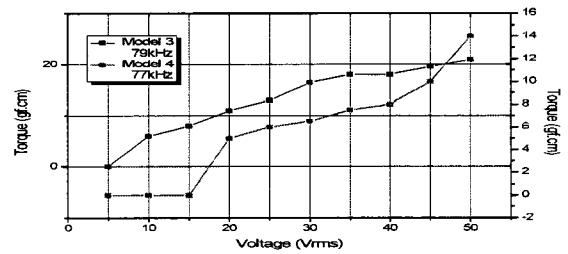


그림 9. 인가전압에 따른 Model 3,4 토크 특성
Fig 9. Characteristic of torque depending on the applied voltage

또한 그림 9에서의 인가전압의 증가에 따른 토크 특성역시 그림8에서의 선형적인 결과를 확인 하였다. 이는 유한요소해석 결과와 비교하여 속도 및 토크는 타원 변위의 크기와, 구동 주파수, 인가되는 전압에 의해 영향을 받는 것을 확인하였다. 이러한 자료를 토대로 이후 세라믹의 두께 외에 폭, 길이, 탄성체의 형태에 따른 새로운 형태의 초음파 모터의 개발이 가능할 거라 생각된다.

감사의 글

1. 본 논문은 2009년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.
2. 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고 문헌

- [1] 정성수, 전호익, 박태근 "박형 초음파모터의 최적 설계" 한국 전기전자재료학회 제21권, 4호, pp 335-336, 2008
- [2] 윤석진, 강종윤 "압전 초음파모터의 개발과 응용" pp 22 제8권 1호 2005
- [3] 김진수, 이명훈 "초음파 전동기의 이론과 응용" 성안당 출판사 pp. 1-8, 2000
- [4] 박창엽, "전기전자용 압전 세라믹스".
- [5] KENJI UCHINO, "FEM and Micromechanics with ATILA Software" CRC Press pp245-251, 2008