

선형 초음파 전동기의 제작과 특성에 미치는 회전자 가압력

이명훈 · 우상호 · 김영균 · 김진수
 한국교원대학교 기술교육과 ** 목포기계공업고등학교 전기과

Fabrication of Linear Ultrasonic Motor and Effects of the Pressing Force Applied to Rotors on Characteristics

Myung-Hun Lee, Sang-Ho U, Young-Gyun Kim, Jin-Soo Kim
 Dept of Technology Education, Korea Nat'l Univ. of Ed
 ** Mok-po Mechanical Technical High School

Abstract - In this paper the relationship between the pressing force applied to rotors and the characteristics of ultrasonic motor are discussed. The characteristics of ultrasonic motor using a piezoelectric vibrator were systematically studied. And these were applied to the construction of a card forwarding device.

The principle of ultrasonic motor is to use an elliptical motion generated on the side of the vibrator, and the elliptical motion of the ultrasonic motor was obtained by complex oscillation of L₁-B₄ mode.

As the experimental results, the forwarding speed of the card increased linearly as the pressing force applied to rotors increased. The forwarding speed of the card was 16.0 cm/s when the pressing force applied to rotors was 1 N.

The forwarding force of the card increased linearly as the pressing force applied to rotors increased. The forwarding force of the card was 398 mN when the pressing force applied to rotors was 1 N.

Therefore, this ultrasonic motor can be expected to be used for card-forwarding device and so on.

Key Words: ultrasonic motor, pressing force, forwarding speed, forwarding force

1. 서론

초음파 전동기는 초음파 영역의 기계적 진동을 구동원으로 하는 액츄에이터(전동기를 포함함)이다. 초음파란 20 kHz이상의 주파수 영역의 음파나 물체의 진동을 의미한다. 따라서 1주기의 움직임이 마이크로미터 정도로 작더라도, 1초당 회수가 수만회에 달하므로 빠른 속도와 큰 힘을 얻을 수 있다[1].

초음파 전동기는 1973년 처음으로 IBM社의 바스(H. V. Barth)에 의해 제안되었으나 실용화되지 못했으며, 1980년 일본의 사시다(T. Sashida)가 제안한 진동편형 전동기가 처음으로 실용화에 가까운 동작을 하였다. 그러나 이 전동기도 진동편과 회전자 접촉면의 마찰에 의한 심한 마모로 인해서 수명이 짧은 것이 문제점이었다. 이 문제를 해결하기 위하여 사시다는 1982년에 단성 표면파를 이용한 진행파형 초음파 전동기를 개발하였다[2]. 그 후 선형 초음파 전동기를 비롯한 다양한 초음파 전동기가 계속 연구·개발되고 있다. 현재 실용화된 초음파 전동기의 대표적 예로는

CANON社의 카메라에 장착된 자동 초점용 초음파 전동기와 동경청사의 롤브라인드 자동 조작용 초음파 전동기를 들 수 있다. 또한 선형 초음파 전동기는 다음과 같은 분야에서 응용될 수 있을 것으로 기대된다[3, 4].

- ① 자계의 영향이 무시할 정도로 적으므로 의료기인 핵자기공명(NMR)장치 주변의 액츄에이터
- ② 경량이면서 큰 토크를 얻을 수 있는 로봇용 액츄에이터[5]
- ③ 미세한 위치 제어가 요구되는 반도체의 제조 공정용
- ④ 응답성이 우수하고 유지 토크가 좋으므로 X-Y 테이블의 구동원
- ⑤ 프린터, 복사기, 팩시밀리 등의 용지 이송장치
- ⑥ 전자카드나 공중전화카드 등의 이송장치
- ⑦ 소형 구조이므로 마이크로 산업 분야의 구동 소자

본 연구의 목적은 압전 세라믹스를 이용한 L₁-B₄모드의 선형 초음파 전동기(Linear Ultrasonic Motor, LUM)를 제작한 다음, 특성에 미치는 회전자 가압력에 대하여 알아보는 것이다.

2. 선형 초음파 전동기의 제작

L₁-B₄모드의 선형 초음파 전동기는 고정자와 회전자로 이루어져 있으며, 고정자는 압전 세라믹스와 탄성체로 이루어져 있다

압전 세라믹스는 압전성이 우수하고, 큐리온도가 높은 PZT 압전 세라믹스를 사용하였다. 초음파 전동기용 압전 세라믹스에 요구되는 특성으로는 이 밖에도 높은 전기기계적 결합계수(k₃₁)와 기계적 품질계수(Q_m), 낮은 유전 손실(tan δ) 등이 있다[6, 7].

그림 1은 압전 세라믹스의 구조를 나타낸 것으로, 형상은 36.0×10.0×1.0 mm³(길이×폭×두께)이다. 그림에서 +, - 부호는 분극 방향이 서로 반대임을 나타낸 것이다.

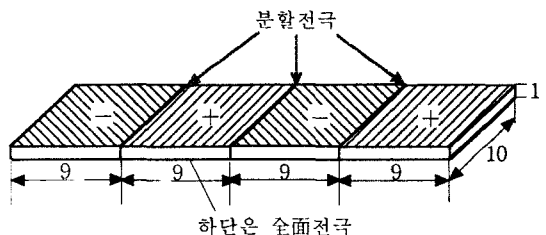


그림 1 압전 세라믹스의 구조

탄성체 소재로는 스테인리스강[8], 인칭동[9], 황동[10, 11] 등 다양한 금속이 사용되고 있다. 본 연구에서는 탄성 계수와 영률이 다른 금속에 비하여 우수한 스테인리스강을 사용하였다. 크기는 $36.0 \times 10.0 \times 2.0 \text{ mm}^3$ (길이 \times 폭 \times 두께)이며, 형상은 평판형이다.

압전 세라믹스와 탄성체의 접착에는 접착력이 우수한 2-type 에폭시 접착제(에프스 화학공업주식회사: 한국)를 사용하였다. 접착면에서 발생할 수 있는 기포를 제거하기 위하여 전기 오븐(DMC 122, 한국)에서 75°C 로 1시간 동안 경화시켰다[12].

회전자는 탄성체 표면의 미소한 타원 변위운동을 받아서 회전하게 된다. 외경 8 mm, 내경 3 mm인 베어링(재질: 스테인리스강)을 사용하였다. 회전자는 최대출력을 얻기 위하여 최대 변위점에 설치되어야 한다.

선형 초음파 전동기의 구조는 그림 2와 같다.

3. 선형 초음파 전동기의 구동

L₁-B₄모드의 선형 초음파 전동기도 일반적인 선형 초음파 전동기처럼 2상($\sin wt$, $\cos wt$)으로 구동된다. 2대의 함수 발생기(HP 33120A, 미국)를 이용하여 90° 위상차를 갖는 2상 신호를 발생시키고, 이 신호의 전압을 2대의 증폭기(NF 4015, 일본)로 증폭하여 이용하였다.

전압과 주파수는 함수 발생기를 이용하여 조절하고, 오실로스코프(HC 5802, 한국)로 측정된 2상의 위상차는 함수 발생기로 조절한다.

4. 측정 시스템

4.1 회전자의 가압력에 따른 카드 이송속도

본 연구에서는 이송속도를 측정하기 위하여 일반 신용카드(4.9 g)를 이송체로 사용하였다. 또한 카드가 보다 원활하게 이송될 수 있도록 하기 위하여 그림 2와 같이 카드 레일과 회전자 위에 롤러(외경 8 mm, 내경 3 mm, 베어링)를 설치하였다.

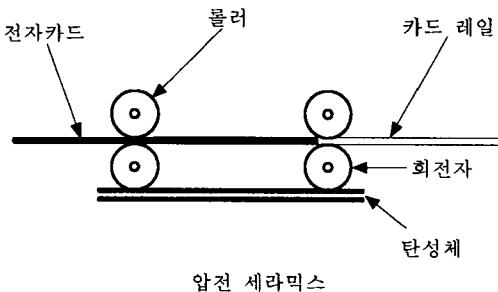


그림 2 선형 초음파 전동기의 구조와 회전자의 가압력에 따른 카드 이송속도 측정 시스템

4.2 회전자의 가압력에 따른 카드 이송력

그림 3과 같이 카드에 실로 추를 연결하고 회전자의 가압력에 따른 카드 이송력을 측정하였다.

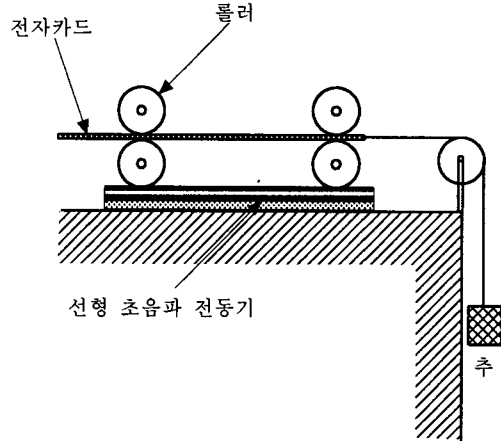


그림 3 회전자의 가압력에 따른 카드 이송력 측정 시스템

5. 실험 결과 및 고찰

회전자의 가압력이 초음파 전동기의 특성에 미치는 영향을 측정하기 위하여 초음파 전동기에 인가전압 56 V, 공진주파수 58.4 kHz의 전압을 인가하였다[13].

카드 이송속도는 그림 4와 같이 회전자의 가압력이 증가할수록 증가하다가 1 N 이상에서는 감소하는 것을 알 수 있다.

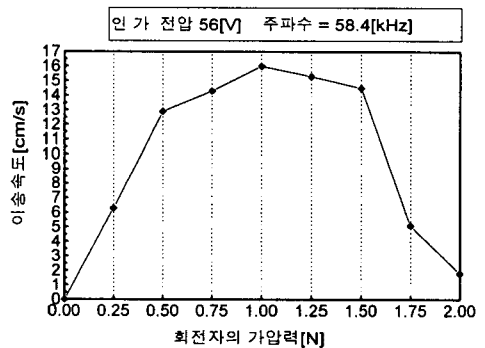


그림 4 회전자의 가압력에 따른 카드 이송속도

카드 이송력은 그림 5와 같이 회전자의 가압력이 증가할수록 증가하다가 1 N 이상에서는 감소하는 것을 알 수 있다.

회전자의 가압력이 1 N일 때 카드 이송속도는 16 cm/s이었으며, 카드 이송력은 398 mN이었다. 즉 회전자의 가압력이 1 N일 때 최적의 상태를 유지하였다.

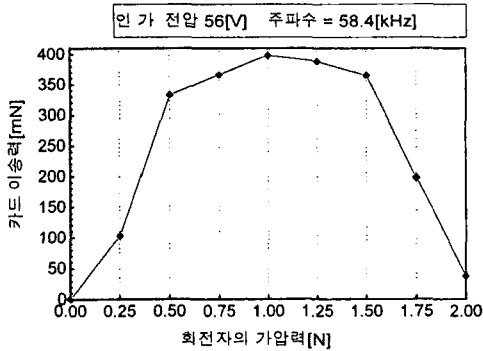


그림 5 회전자의 가압력에 따른 카드 이송속도

6. 결 론

본 연구에서는 L_1 - B_4 모드를 이용한 선형 초음파 전동기를 제작하였으며, 회전자의 가압력에 따른 카드 이송속도와 카드 이송력을 측정하였다.

제작된 초음파 전동기는 평판형으로, 크기는 $36.0 \times 10.0 \times 2.0 \text{ mm}^3$ (길이 \times 폭 \times 두께)이다.

제작된 초음파 전동기는 회전자의 가압력이 1 N일 때 16.0 cm/s의 카드 이송속도를 얻었으며, 398 mN의 카드 이송력을 얻었다. 이 정도의 카드이송 속도와 카드 이송력이라면 카드이송장치의 구동원으로 시제작한 초음파 전동기를 충분히 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

보다 우수한 카드이송장치용 초음파 전동기를 얻기 위해서는 탄성체와 톨러의 마찰에 의한 마모, 인가 전압에 따른 압전체의 발열 등에 관한 연구가 함께 병행되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 指田年生, 見城尙志 공저, *超音波モータ入門*, 統合電子出版社, p. 1, 1991.
- [2] S. Ueha, Y. Tomikawa, M. Kurosawa, and N. Nakamura, *Ultrasonic Motors Theory and Applications*, Clarendon Press, Oxford, pp. 1-4, 1993.
- [3] 김진수, 압전 액츄에이터와 초음파 전동기, 명현문화사, pp. 171-175, 2000.
- [4] 上羽貞行, 富川義朗, *新版 超音波モータ*, トリケップス, pp. 12-13, pp. 149-172, 1991.
- [5] A. M. Flynn, L. S. Tavrow, S. F. Bart, R. A. Brooks, "Piezoelectric Micromotors for Microrobots", 1990 Ultrasonics Symposium, pp. 1163-1172, 1990.
- [6] Jin-Soo Kim, Man-Ju Park and Kenji Uchino, "Composite Ultrasonic Motors Using a Piezoelectric Disk and an Elastic Body of 'Windmill' Type", *Ferroelectrics*, Vol. 232, pp. 185-190, 1999.
- [7] 김영균, 김진수, "풍차형 초음파 전동기의 회전자에 인가된 힘이 회전특성에 미치는 영향", *한국전기전자재료학회 논문지*, Vol. 13, No. 5, pp. 390-395, 2000.
- [8] Y. Tomikawa, T. Nishitsuka, T. Ogasawara, and T. Takano, "A Paper or Card Forwarding Device Using a Flat-Type Ultrasonic Motor", *Sensors and Materials*, 1-6, pp. 359-379, 1989.
- [9] T. Sashida and T. Kenjo, *An Introduction to Ultrasonic Motors*, Clarendon Press, Oxford, pp.

160-166, 1993.

- [10] 박만주, 김진수, "단상 초음파 전동기의 공진 및 진동 속도 특성에 관한 연구", *한국전기전자재료학회 논문지* Vol. 12, No. 4, pp. 312-318, 1999.
- [11] 김영균, 이명훈, 김진수, "스캐닝 진동계에 의한 심벌 액츄에이터와 초음파 전동기의 3차원 변위 특성 분석", *대한전기학회 전기전자재료연구회 및 방전·고전압연구회 춘계학술연구발표회 논문집*, LG산전청주공장, pp. 28-31.
- [12] 김영균, 이명훈, 김진수, "초음파 전동기의 회전자에 가하는 힘에 의한 회전특성 변화", *대한전기학회 충북지부 학술대회 논문집*, 충청대학교, pp. 109-111, 1999.
- [13] 이명훈, 김진수, " L_1 - B_4 모드를 이용한 선형 초음파 전동기의 시제과과 속도 특성", *대한전기학회 충북지부 춘계학술대회*, 충주대학교, pp. 21-24, 2000.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 지원하는KAIST-EMDEC 센터의 장비 사용과, 한국교원대학교의 학술 연구비 지원으로 연구가 수행되었기에 이에 감사드립니다.