

2개의 란쥬반형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터의 설계 및 FEA해석

Design and FEA of Linear Ultrasonic Motor Using Two Langevin Type Vibrator

최명일, 박태곤, 김명호*

(Myeong-il Choi, Tae-Gone Park, Myong-Ho Kim)

Abstract

Transducer for linear ultrasonic motor with symmetric and anti-symmetric modes was studied. The transducer was composed of two Langevin-type vibrators. In order to excite two vibration modes, Two Langevin-type vibrators must have 90-degree phase difference with each other. As result, tip of transducers moves in elliptical motion. In this paper, vibration shape of transducer was simulated and The resonant frequency and maximum displacement were calculated using the FEA (Finite Element Analysis)

Key Words : Ultrasonic linear motor, Langevin type vibrator, FEA, ANSYS

1. 서론¹⁾

압전 세라믹을 사용하는 초음파 모터는 압전 세라믹의 신속한 발전에 따라 매우 빠른 속도로 발전하고 있다. 초음파 모터는 초음파 진동을 이용하여 초음파 모터의 원리는 수직, 수평 방향에 있어서 변위의 타원적 움직임을 이용한다. 이러한 초음파 모터는 전자기식 모터에 비하여 소형이며 간단한 구조를 이루고 저속에서 높은 토크를 발생한다. 특히 리니어 모터는 기어를 사용하지 않고 정밀위치 제어가 가능한 x-y스태이지 등의 구성에 유용하다. 또한 자계의 영향을 받지 않으며 자계를 만들지 않는다는 큰 장점을 가지고 있다. 국내외에서 지금까지 다양한 진동모드를 사용한 초음파 리

리니어 모터의 제조가 이루어졌다.

이 논문에서는 대칭-비대칭 모드를 이용한 초음파 리니어 모터를 설계 및 해석하였다. 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 설계모델의 공진 주파수를 해석하였다. 공진주파수에서 압전 진동자의 응력분포와 변위량을 해석하였으며, nut의 길이를 가변하면 공진주파수가 변화됨을 확인하였다.

2. 초음파 모터의 설계

2.1 초음파 모터의 구성과 구동원리

그림 1과 같이 transducer는 2개의 란쥬반형 진동자가 팁(tip)부분에서 서로 직각으로 배열하였다. 란쥬반형 진동자의 압전체에 각각 90°위상이 다른 전압(sin파, cos파)을 인가하면 대칭, 비대칭의 두 진동모드가 발생한다. 대칭모드에서 발생하는 종진동과 비대칭모드에 의한 굴곡진동이 합성된 결과로서 변위를 갖게 되어 타원운동이 일어나게 된다.

창원대학교 전기공학과 *창원대학교 세라믹공학과
(경남 창원시 사립동 창원대학교)
Fax : 055-263-9956
E-mail : leppard94@hanmail.net

이 타원운동에 의해 슬라이드를 이동시킬 수 있다.

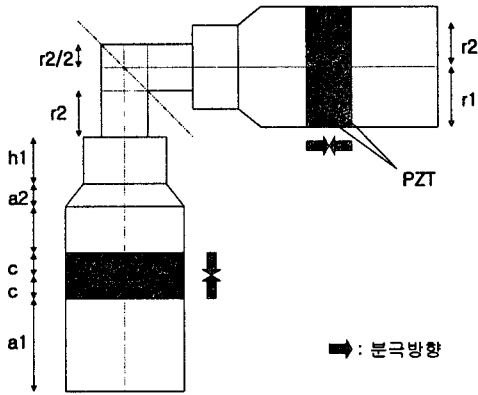


그림 1. Transducer의 구조
Fig. 1. Structure of transducer

2.2 모델의 설계

설계에 사용된 Transducer 진동자의 설계 치수 및 재료정수는 표 1, 표2와 같다.

표 1. Transducer의 치수

Table 1. Size of transducer

	r1	r2	a1	c	a2	h1	h2
[mm]	10	5	42	5	10	4	10

표 2. 재료정수

Table 2. Material characteristics

	Aluminum	PZT
Young's modulus E [N/m ²]	76×10 ⁹	76×10 ⁹
Density, ρ [Kg/m ³]	2700	7730
Poisson's ratio μ	0.3	0.3
Velocity c [m/s]	5305	3162

3. ANSYS를 이용한 유한요소해석

3.1 공진주파수 해석

본 논문에서는 transducer의 해석을 위해 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용하였다. 그림 2는 유한요소해석을 위한 프로그램 순서를 나타내고 있다.

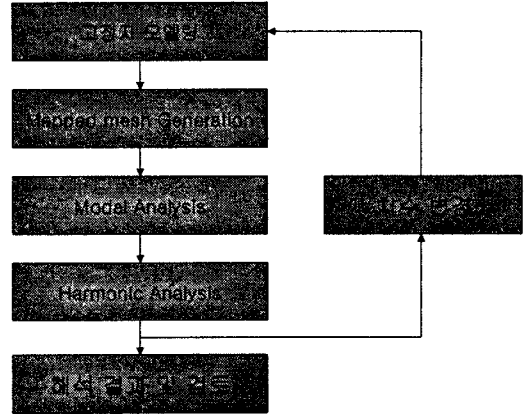


그림 2. 유한요소 해석의 순서도

Fig. 2. Flow chart of FEA

유한요소해석에 이용된 모델에는 프로그램에서 제공하는 SOLID5와 SOLID45 요소를 사용하였고, 요소의 총 수는 2704개이다. 유한요소 모델은 그림 3과 같다.

진동자의 size가 결정되면 transducer의 공진주파수를 계산할 수 있다.

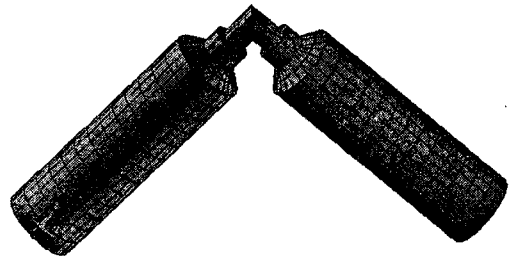


그림 3. 유한요소 모델

Fig. 3. FEA model

공진주파수를 구하기 위해서는 modal 해석과 harmonic 해석을 하여야 한다. 그림 4는 모드해석 시 공진주파수 36.9 [kHz]에서 어드미턴스가 가장 높게 나타나는 것을 보이고 있다.

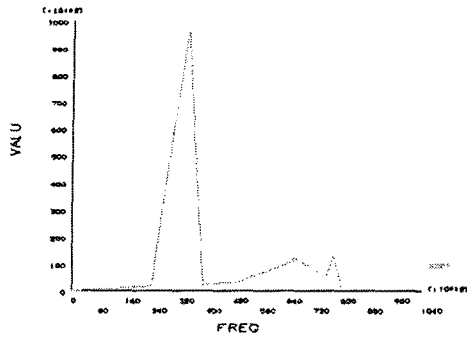


그림 4. 공진주파수에서 최대 어드미턴스
 Fig 4. Maximum admittance at resonant frequency

3.2 변위량 해석

공진주파수 36.9 [kHz] 부근에서 최대변위를 나타내었다. 그림 5는 공진주파수에서 전압 120 [V] 인가시 최대변위의 형상을 나타내었다.

그림 6는 U_x 와 U_z 방향의 변위량 분포를 해석한 것으로 색지수 표현에서 아래쪽으로 내려갈수록 변위량 값이 크다. 그림 6(a)는 U_x 방향으로의 변위를 나타내고, 그림 6(b)는 U_z 방향으로의 변위를 나타낸다. +는 양의 변위를, -는 음의 변위이다. 그림 5는 한 주기동안의 변위량의 변화를 나타내었다.

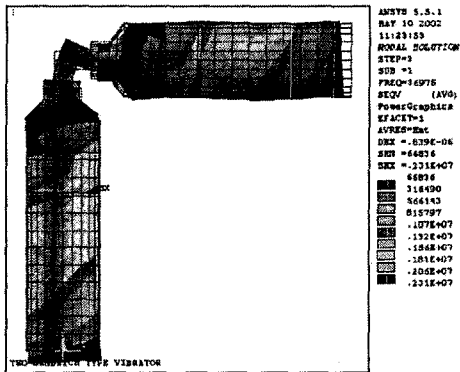


그림 5. 공진주파수에서의 진동
 Fig 5. Vibration mode at resonant frequency

3.3 Nut(a1)의 길이에 따른 공진주파수

a1의 길이를 27, 32, 37, 42, 47, 52 [mm]로 변화시키면 공진주파수가 변화될 수 있음을 확인했다.

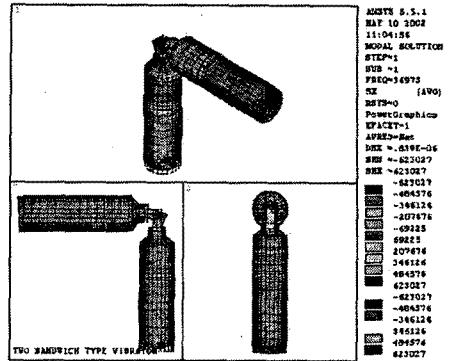


그림 6 (a). FEA에 의한 U_x 방향의 변위량
 Fig 6 (a). Displacement of U_x direction

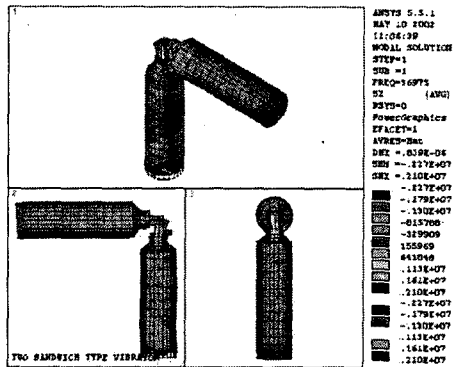


그림 6 (b). FEA에 의한 U_z 방향의 변위량
 Fig 6 (b). Displacement of U_z direction

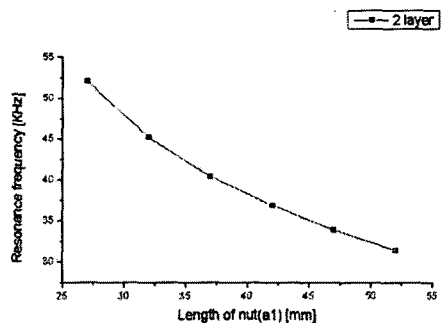


그림 7. Nut(a1) 길이에 따른 공진주파수
 Fig 7. Resonant frequency against the length of the end nuts

4. 결 론

본 연구에서는 기존의 초음파 모터와는 그 형태가 다른 두개의 압전 란쥬반형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터를 설계하였다. 또한 유한요소해석 프로그램인 ANSYS로 시뮬레이션을 하여 공진 주파수를 해석하였고 36.9[kHz]에서의 최대변위 및 변위형상을 해석하였다. 또한 Nut 길이를 가변 해 본 결과 공진주파수가 변하게 되는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] S. Ueha, Y. Tomikawa, "Ultrasonic Motors Theory and Applications", OXFORD, 1993.
- [2] Minoru Kuribayashi Kurosawa, "Transducer for High Speed and Large Thrust Ultrasonic Linear Motor Using Two Sandwich-Type Vibrators", IEEE, Vol. 45, No. 5, 1998.
- [3] 박창엽, "전기전자용 압전세라믹스", 반도체출판사, 1994.
- [4] 박민호, 김태열, 박태곤, 김명호, "란쥬반형 진동자의 유한요소해석 및 세라믹 적층특성 비교", 한국전기전자재료학회 '2000년도 하계 학술대회 논문집', Vol 1, pp. 415-418, 2000.
- [5] 손창현, "유한요소해석 입문과 선형해석", 태성에스엔이, 1999.
- [6] ANSYS 5.5 Manual.

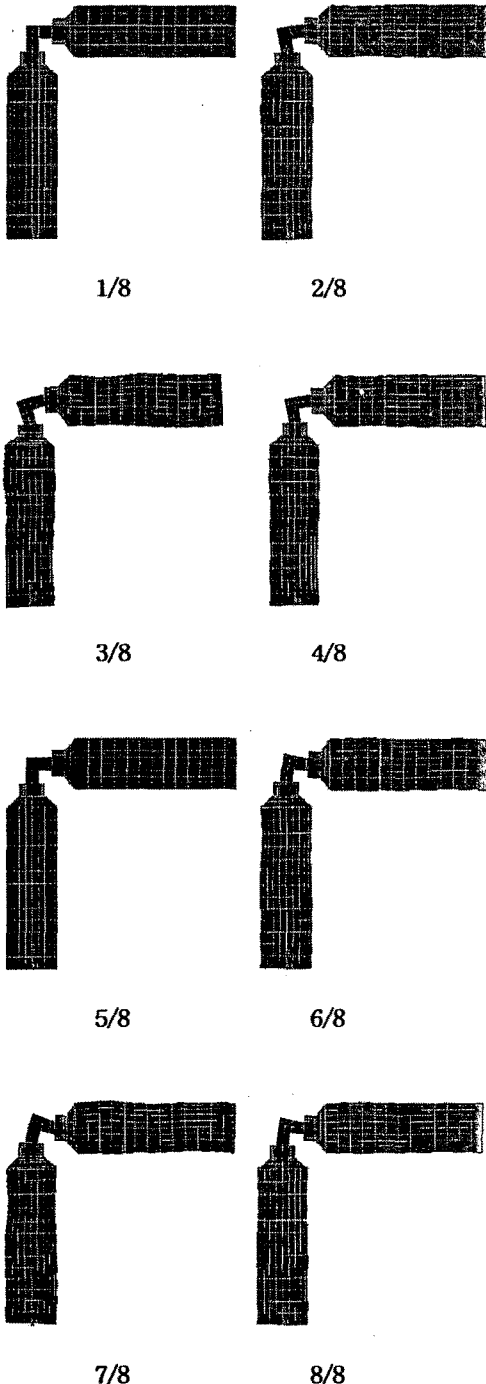


그림 8. 한 주기동안의 변위량 변화

Fig. 8. Change of displacements during a period