

초음파 이송 시스템에서 Flexural Beam의 형태 변화와 물체 이송과의 관계에 대한 연구

정상화*, 신병수**

A Study on the Relationship between Flexural Beam Shape and Transport Characteristics for the Ultrasonic Transport Systems

Sanghwa Jeong*, Byungsu Shin**

Abstract

In the semiconductor and the optical industry a new transport system which can replace the conventional sliding system is required. These systems are driven by magnetic field and conveyer belt. The magnetic field damages semiconductor and contact force scratches the optical lens. The ultrasonic wave driven system can solve these problem. In this paper, the object transport system using the excitation of ultrasonic wave is proposed. The experiments for finding the optimal excitation frequency, finding phase-difference between two ultrasonic wave generators are performed. The relationship of transporting speed according to the change of flexural beam shape is verified and the system performance for practical use is evaluated.

Key Words : object transport system(물체이송장치), excitation frequency(가진주파수), phase-difference(위상차), ultrasonic wave excitation(초음파 여기), ultrasonic wave generator(초음파 발생장치), progressive frequency(진행주파수)

1. 서론

생산 시스템에서 원가절감은 경쟁력에 필수 요건이며 적절한 이송 시스템의 활용은 경쟁력 증대에 중요한 역할을 한다. 현대 산업에서 이송 시스템은 물체의 외관과 특성을

변화시키지 않고 필요한 시간에 필요한 장소로 이동 또는 정지시키는 기본적인 기능과 더불어 보다 정밀하고, 빠르며 안정적인 기능에 대한 요구가 증대되고 있다. 초음파를 이용한 이송시스템은 기존의 대표적인 이송시스템인 컨베이어 방식의 이송시스템에 비하여 정밀하고 손상에 민감

* 정상화, 조선대학교 기계공학과 (shjeong@chosun.ac.kr)
주소: 501-759 광주시 동구 서석동 375

** 조선대학교 대학원 기계공학과

한 부품들의 이송에 적합한 좋은 특성을 가지고 있다. 최근에는 반도체 및 광산업이 발달함에 따라 자기에 영향을 받는 반도체 부품이나 접촉력에 따라 표면손상을 일으키는 광소자들을 결함 없이 이송하기 위한 새로운 시스템의 개발이 요구되고 있다. 접촉력에 의한 렌즈표면 손실, 자기에 의한 전자적 배열의 손상으로부터 안전한 이송방법이 바로 초음파 여기를 이용한 이송방법이다. 초음파를 이용한 구동기에 대한 연구는 1980년 말부터 미국과 일본을 중심으로 진행되고 있다.⁽¹⁾ 그리고 최근에 이송하고자 하는 물체를 직접 초음파로 여기 하여 이송하는 방식이 활발히 연구중에 있으나⁽²⁾ 아직 실용화되지는 않았다.

본 연구에서는 초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 개발하였다.^{(3),(4)} 또한 개발된 이송 시스템을 서로 다른 응용분야에 적용하기 위하여 이에 적합한 탄성빔(Flexural Beam)의 형상을 개발하고, 각각의 형상에 따른 이송특성을 연구하였다. 탄성빔은 동일한 길이에 단면 형상을 직사각형 모양과 'U' 자 모양으로 변화시킨 것과, 동일한 단면 형상에 길이를 350 mm, 500 mm, 600 mm로 변화시킨 것을 사용하여 길이변화에 따른 물체의 이송특성과 단면형상의 변화에 따른 물체 이송특성을 파악하였다.

2. 실험장치구성

초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템은 함수발생기(Function synthesizer), 파워증폭기(Power amplifier), 탄성빔 그리고 초음파 발생 장치로 구성된다. Fig. 1은 실제 실험장치의 사진이다. 초음파 발생장치는 본 연구를 통해 개발한 장치로 초음파를 발생시켜주는 P.Z.T 액츄에이터로 구동된다.^{(5),(6)} 탄성빔은 Node Line이 아닌 부분에 초음파 발생장치와 볼트로 연결되어 있다. 초음파 발생장치와 탄성빔은 음향학적 효과가 뛰어난 재질로 제작되었다.

본 논문에서는 탄성빔의 형태 변화에 따른 이송 시스템의 성능과 이송특성을 파악하기 위해 탄성빔 각각의 형상에 따른 진행주파수 발견, 위상차와 이송방향과의 관계, 그리고 진행주파수와 이송방향과의 관계 등을 실험하였다.

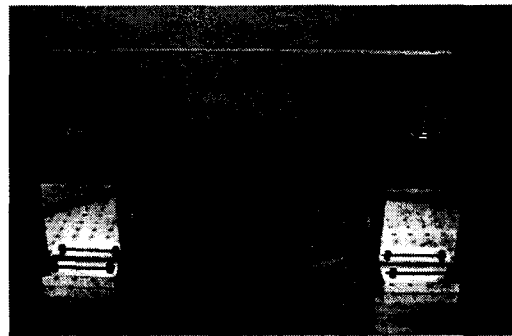
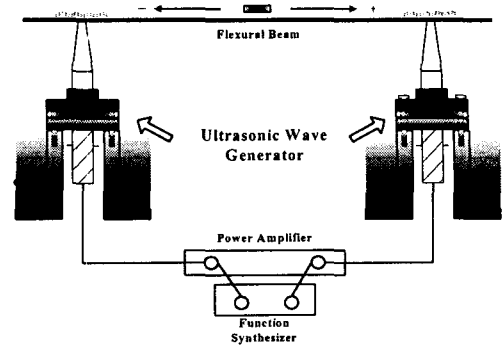


Fig. 1 Experimental apparatus of an object transport system

3. 연구내용

초음파를 이용한 물체 이송 시스템을 서로 다른 응용분야에 적용하기 위하여 이송되는 물체의 형상과 작업환경 등을 고려하여 탄성빔의 형태를 변화시키면서 이송특성을 관찰하였다.

3.1 탄성빔의 단면형상 변화에 따른 이송변화

탄성빔의 길이를 350mm로 동일하게 하고 단면형상을 직사각형과 'U' 형으로 변화시키면서 물체의 이송특성을 관찰하였다. 단면형상에 따른 최적의 진행주파수를 찾기 위해^{(7),(8)} ± 500 V의 일정한 출력전압과 두 개의 초음파 발생장치 사이에 140° 의 위상차를 주어 20 g의 물체의 이송하는 실험을 수행하였다. 주파수는 24.5 kHz부터 28.1 kHz까지 100 Hz씩 변화시켰다.

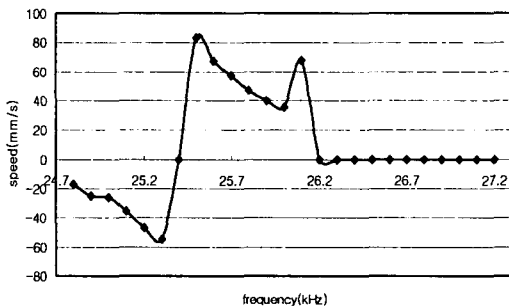
Fig. 2는 각각의 단면형상에서 주파수 변화에 따른 이송 변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 2에서 보는 것과 같이 탄성빔의 단면형상이 직사각형일 때 물체는 25.5 kHz에서 이송속도가 82.94 mm/s로, 단면형상이 'U' 형일 때 물체는 26.1 kHz에서 이송속도가 37.44 mm/s로 각각 가장 빠르게 안정적인 이송을 보였다. 그러므로 물체를 이송시키기 위한 최적 주파수는 단면형상이 직사각형일 때는 25.5 kHz, 'U' 형일 때는 26.1 kHz임을 알 수 있었다.

각각의 진행주파수를 기준으로 위상차를 변화시키면서 단면형상에 따른 물체 이송특성을 살펴보았다. 실험조건은 각각의 진행주파수에 출력전압 ± 500 V로 일정하게 하고 물체의 무게는 20 g으로 하였다. 이 때 두 초음파 발생장치 사이의 위상차는 0° 부터 360° 대역으로 10° 씩 증가, 감소시키면서 4개의 Case로 각각 실험하였다. 함수발생기 함수 발생 조건은 다음과 같다.

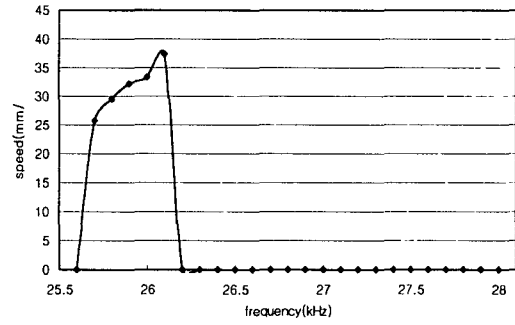
- Case 1 ; Ch1 : 0° 로 일정, Ch2 : 10° 씩 감소
- Case 2 ; Ch1 : 10° 씩 증가, Ch2 : 0° 로 일정
- Case 3 ; Ch1 : 10° 씩 감소, Ch2 : 0° 로 일정
- Case 4 ; Ch1 : 0° 로 일정, Ch2 : 10° 씩 증가

Fig. 3은 실험결과를 나타낸 그래프이다. 실험결과 각각의 그래프는 180° 를 중심으로 대칭이 되는 공통점이 있지만 이송속도가 가장 빠른 위상차는 단면의 형상이 직사각형인 경우(+)방향으로는 140° 와 220° 부근이고, (-)방향으로는 30° 와 330° 부근으로, 단면의 형상이 'U' 형인 경우 (+)방향으로는 180° 부근이고, (-)방향으로는 0° 와 360° 부근으로 서로 차이가 있음을 알 수 있었다.

탄성빔의 형태에 따른 이송변화를 관찰한 실험을 통해서 초음파 물체 이송시스템은 탄성빔의 길이의 변화에는 이송특성이 비슷하게 나타났으나 단면의 형상이 변했을 경우에는 이송특성도 많은 차이가 있었다. 이는 단면형상이 물체 이송특성에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

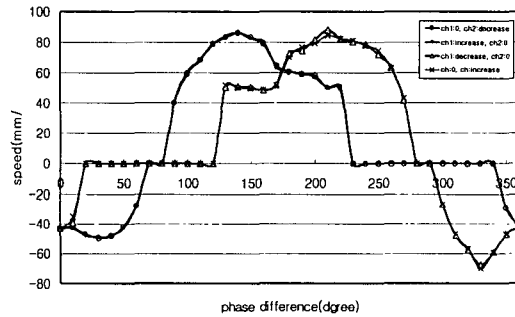


(a) Section of flexural beam : rectangular

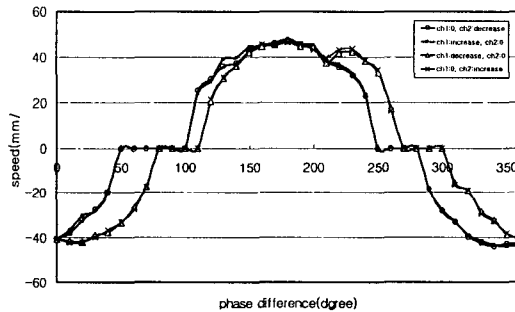


(b) Section of flexural beam : U

Fig. 2 Speed according to phase difference for two flexural beams



(a) Section of flexural beam : rectangular



(b) Section of flexural beam : U

Fig. 3 Speed according to phase difference for two flexural beams

3.2 탄성빔의 길이 변화에 따른 이송변화

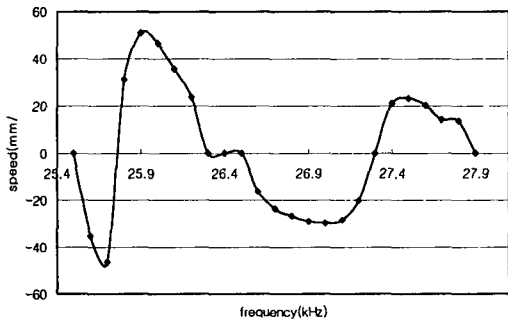
탄성빔의 길이를 600 mm, 500 mm, 350 mm로 변화시

키면서 물체의 이송특성을 살펴보았다. 각각의 길이에 따른 진행주파수를 찾기 위해 앞절의 진행주파수 찾는 실험과 동일한 방식으로 실험하였다.

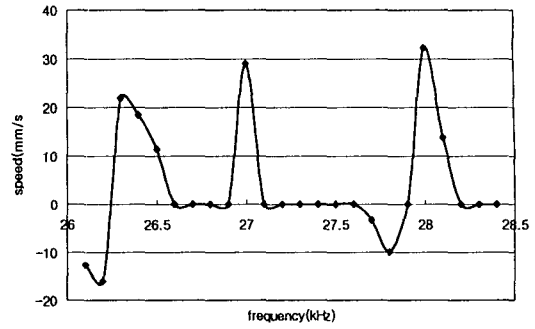
Fig. 4는 각각의 탄성빔에서 주파수 변화에 따른 물체 이송변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 4에서 보는 것과 같이 탄성빔의 길이가 600 mm일 때 물체는 25.9 kHz에서 이송속도가 50.99 mm/s로, 길이가 500 mm일 때 28.0 kHz에서 속도가 32.2 mm/s, 길이가 350 mm일 때 25.5 kHz에서 82.94 mm/s로 각각 가장 빠르며 안정적인 이송을 보였다. 그러므로 물체를 이송시키기 위한 최적 주파수는 길이에 따라 600 mm일 때는 25.9 kHz, 350 mm일 때는 25.5 kHz임을 알 수 있었다.

이 각각의 진행주파수를 기준으로 위상차를 변화시키면서 길이변화에 따른 변화를 살펴보았다. 실험은 앞절의 위상차를 변화시키는 실험과 동일한 방법으로 실험하였다.

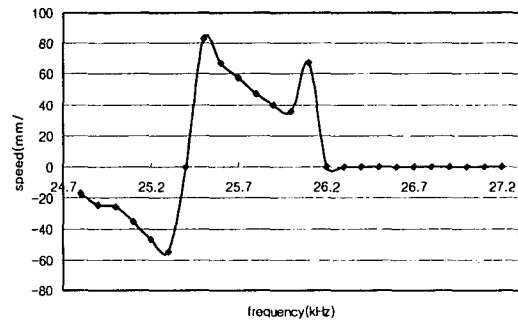
Fig. 5는 각각의 길이에서 위상차 변화에 따른 이송변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 5-(a)는 Case 1, Case 2의 조건일 때 각각의 길이에서 위상차의 변화에 따른 이송변화이고, Fig. 5-(b)는 Case 3, Case 4의 조건일 때 각각의 길이에서 위상차의 변화에 따른 이송변화를 나타낸 그래프이다. 물체가 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하는 방향을 (+), 오른쪽에서 왼쪽으로 진행하는 방향을 (-)라고 하면, Fig. 5-(a),(b)의 그래프에서와 같이 각각의 길이에 따라서 최고 이송속도에는 약간씩 차이가 있지만, 이송속도가 가장 빠른 위상차는 (+)방향으로는 140° 와 220° 부근, (-)방향으로는 30° 와 330° 부근으로 동일함을 알 수 있었다.



(a) Flexural beam : 600×14×3

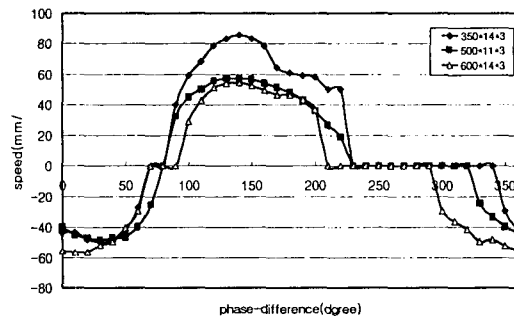


(b) Flexural beam : 500×11×3

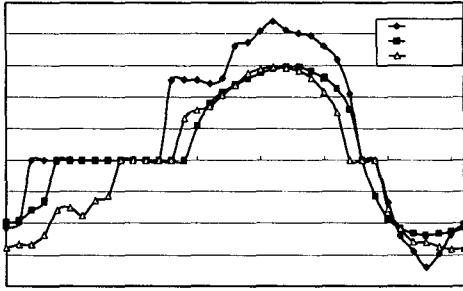


(c) Flexural beam : 350×14×3

Fig. 4 Speed according to frequency for three flexural beams



(a) Speed according to phase difference at Case 1, Case 2



(b) Speed according to phase difference at Case 3, Case 4

Fig. 5 Speed according to phase difference for three flexural beams

4. 결론

본 연구에서는 초음파 여기를 이용한 물체 이송 시스템을 개발하여 서로 다른 응용분야에 적용하기 위해 이에 적합한 탄성빔의 형상을 개발하고, 각각의 형상에 따른 이송 특성을 연구하였다. 탄성빔의 형태 변화에 따른 이송 시스템의 성능과 이송특성을 파악하기 위해 탄성빔 각각의 형상에 따른 진행주파수 발견, 위상차와 이송방향과의 관계, 그리고 진행주파수와 이송방향과의 관계 등을 실험하였다.

실험결과 탄성빔의 형상에 따라 각각의 다른 이송특성을 발견할 수 있었다. 탄성빔의 길이가 같고 단면 형상이 변화했을 때는 단면의 형상이 직사각형인 경우 (+)방향으로는 140° 와 220° 에서, (-)방향으로는 30° 와 330° 에서 최고 이송속도가 나타났고, 단면의 형상이 'U' 형인 경우 (+)방향으로는 180° 에서, (-)방향으로는 0° 와 360° 에서 가장 빠른 이송속도를 보였다. 탄성빔의 단면 형상이 같고 길이가 변화했을 때는 길이 변화에 관계없이 초음파 발생장치 간의 위상차가 140° 와 220° 일 때 (+)방향으로, 30° 와 330° 일 때 (-)방향으로 최고 이송속도를 보였다. 탄성빔의 단면 형상이 동일할 경우에는 탄성빔의 길이나 폭에 관계없이 동일한 위상차에서 최고 이송속도를 갖지만, 단면 형상이 다를 경우에는 각각의 단면 형상에 따라 각기 다른 위상차에서 최고 이송속도를 보이는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 탄성빔 형태 변화에 따른 이송특성 실험을 통해 탄성빔의 형태가 이송특성에 가장 많은 영향을 미

친다는 것을 규명하였다. 또한 연구를 통해 얻어진 데이터들은 각각의 응용분야에 따른 실제 산업현장에 적절히 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) Y. Tomikawa, K. Adachi, H. Hirata, T. Suzuki, and T. Takano, 1989, "Excitation of progressive wave in a flexurally vibrating transmission medium", Proc. 10th Symp. Ultrason. Electron., Vol. 29-1, pp. 179~181.
- (2) P. I. Ro, B. G. Loh, 2001, "Feasibility of Using Ultrasonic Flexural Waves as a Cooling Mechanism", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 48, No. 1, pp. 143~150.
- (3) S. H. Jeong, T. H. Kim, B. S. Shin, and K. R. Cha, 2003, "A Study on Object Transport System using 2-Mode Ultrasonic Wave", Proc. the KSPE Spring Conference 2003, pp. 1170~1173.
- (4) S. H. Jeong, B. S. Shin, K. R. Cha, S. Song, and K. H. Lee, 2003, "Development of the Object Transport System using Ultrasonic Wave Excitation", Proc. the KSMTE Spring Conference 2003, pp. 371~375.
- (5) M. Kurosawa, K. Nakamura, T. Okamoto, and S. Ueha, 1989, "An Ultrasonic Motor Using Bending Vibrations of a Short Cylinder", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 36, No. 5, pp. 517~521.
- (6) K. Nakamura, M. Kurosawa, and S. Ueha, 1991, "Characteristics of a Hybrid Transducer-Type Ultrasonic Motor", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control., Vol. 38, No. 3, pp. 188~193.
- (7) W. C. Elmore, 1991, Physics of Waves, New York, McGraw-Hill, pp. 5~13.
- (8) K. F. Graff, 1991, Wave Motion in Elastic Solids, New York, Dover Publication, pp. 163, 167, 180~187.