

# 효과적인 강자성체 평판구조물 검사를 위한 전 방향 전단파 자기변형 패치 트랜스듀서 개발

## Development of an omni-directional shear-horizontal wave magnetostrictive patch transducer for the effective inspection of a ferromagnetic plate

승홍민† · 김윤영\*

Hong Min Seung and Yoon Young Kim

**Key Words :** Omni-directional guided wave, Magnetostrictive patch transducer, Shear-horizontal wave

### ABSTRACT

Omni-directional shear-horizontal magnetostrictive patch transducers have a disadvantage that magnetic flux leakage into the plate when it is installed on a ferromagnetic plate. The leakage produces poor transduction efficiency and unwanted wave mode excitation which should be avoided in guided wave inspections of large plate-like structures. In order to resolve these problems, we newly developed a method to reduce the leakage into the plate. In the method, the patch and the magnet are vertically lifted off and their optimal positions are determined by numerical simulations. Also, the verification of the developed method is successfully verified by experiments.

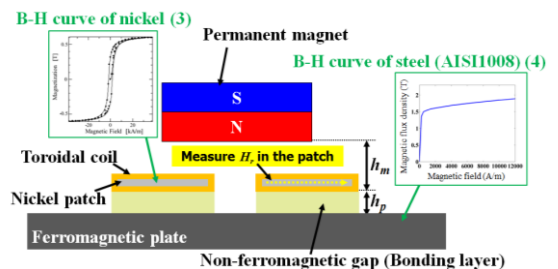
### 1. 서 론

전 방향 유도초음파 트랜스듀서는 위상배열 형태로 구성하여 넓은 평판구조물을 보다 빠르게 탐상하는 것에 매우 효과적이다<sup>(1)</sup>. 이러한 전 방향 유도 초음파 트랜스듀서들은 모두 Lamb 파(Lamb wave)를 사용한 반면, 최근 전 방향으로 전단파를 고르게 발생 및 측정할 수 있는 전 방향 전단파 자기변형 패치 트랜스듀서 (OSH-MPT: Omni-directional Shear-Horizontal wave Magnetostrictive Patch Transducer)가 최초로 개발되어 그 성능이 성공적으로 검증된 바 있다<sup>(2)</sup>. 하지만 OSH-MPT 는 철과 같은 강자성체 구조물에 설치될 경우 트랜스듀서를 구성하는 자석과 코일에서 발생하는 자기장들이 구조물로 누설되어 트랜스듀서의 효율을 떨어뜨리고 원치 않는 Lamb 파의 발생을 야기하는 문제점을 갖고 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을

해결할 수 있는 방법을 제시하고 그 효과를 수치적 해석과 실험을 통해 검증하여 추후 본 트랜스듀서가 강자성체 구조물 탐상에도 효과적으로 쓰일 수 있는 트랜스듀서 구성을 제안하고자 한다.

### 2. 트랜스듀서 및 정자기장해석

Fig. 1 에 확대칭 형태인 OSH-MPT의 단면과 정자기장 해석 모델의 개념도를 나타내었다. 패치와 자석의 높이를 조절하면서 한 쪽의 패치에 인가되는 자기장 값을 측정하는데, 이 때 패치와 강자성체에는 각각에 맞는 자화 곡선 정보를 입력하였다<sup>(3-4)</sup>.



**Fig. 1** Conceptual configuration of numerical simulation modelling of an OSH-MPT

† 교신저자 및 발표자; 정회원, 서울대학교 기계항공공학부  
E-mail : shm@snu.ac.kr

Tel : (02) 880-1689, Fax : (02) 872-5431

\* 서울대학교 기계항공공학부

그리고 패치와 자석의 수직방향 위치( $h_p, h_m$ )를 바꾸어 가며 강자성체 평판에 누설되는 자기장은 최소화시키고 패치에는 가장 적절한 정자기장이 인가될 수 있는 구성을 선택하였다. 중심주파수( $f_c$ )가 150 kHz인 OSH-MPT에 대한 해석결과를 Fig. 2(a)에 나타내었는데 패치에 인가되는 최적 자기장의 기준 값은 자기장 누설이 없는 비자성체 알루미늄 평판에서 자석의 높이만 조절하며 가장 큰 신호가 측정될 때의 실험결과를 사용하였다(Al). OSH-MPT가 철판에 설치되었을 때 이 값과 동일한 자기장이 패치에 인가되게 하기 위해서는  $h_p = 1$  mm,  $h_m \approx 2$  mm의 조합으로 트랜스듀서를 구성해야 함을 Fig. 2(a)를 통해 쉽게 알 수 있다.

### 3. Lift-off 실험 결과

해석결과의 타당함을 증명하기 위해 관련실험을 수행하고 그 결과를 Fig. 2(b)에 도시하였다. 각각의 실험결과에서 알 수 있듯이 패치를 강자성체 평판으로부터 띄우지 않은 경우( $h_p = 0$  mm) 자석의 수직 위치를 변화시켜도 자기장 누설이 크게 일어나기 때문에 신호크기가 다른 경우에 비해 현저히 낮은 것을 알 수 있다. 하지만 나머지 경우( $h_p = 1$  mm)는 패치를 평판으로부터 일정 거리만큼 띄움에 따라 자기장 누설이 줄어들기 때문에 평판에서 Lamb파가 가진 되지 않을 뿐 아니라 측정된 전단파 신호크기가 커지는 것을 보인다. 특히 앞서 제시한 특정 조건들로 트랜스듀서를 구성할 경우 신호크기가 가장 크게 측정되어 해석과 실험결과가 잘 일치하는 것을 보여준다. 더불어 패치와 평판 사이의 거리를 변화시키는 접착층(Bonding layer)의 두께가 많이 두꺼워지면 측정 신호크기가 크게 감소할 수 있으므로 이처럼 해석을 통해 적절한 최솟값을 선택하는 것이 중요하다.

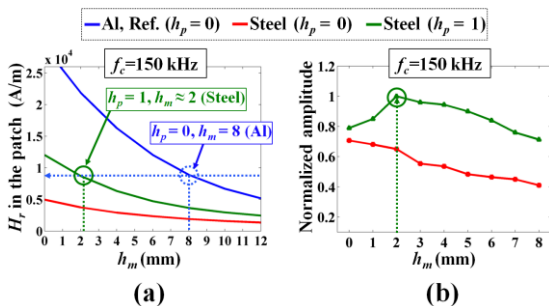


Fig. 2 (a) Numerical simulation results of static magnetic field varying  $h_p$  and  $h_m$  for 150 kHz OSH-MPT and (b) its corresponding experimental results.

### 4. 결 론

본 연구에서는 최근 새롭게 개발된 전 방향 전단파 자기변형 패치 트랜스듀서를 강자성체 평판에 설치할 경우 발생하는 자기장 누설이 일으키는 문제점들을 해결하고 트랜스듀서의 성능을 최대화 할 수 있도록 패치와 자석의 수직 위치를 최적으로 선정하는 기법을 최초로 제안하였다. 더불어 제안한 방법의 실질적인 효과를 수치적 해석과 실험을 통해 성공적으로 검증하였다. 추후 본 기법을 이용하여 강자성체 구조물을 탐상할 경우 더욱 효과적인 검사가 이루어질 것으로 기대된다.

### 후 기

본 연구는 교육과학기술부의 도약연구지원사업(과제번호: 2014-021950)과 BK21플러스과학기술 분야사업(과제번호: 21A0131712522) 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

### 참 고 문 헌

- (1) Lee, J. K., Kwon, Y. E., Lee, H. S., Seung, H. M., Kim, K. Y., Lee, J. K., Kim, H. W., Lee, H. C. and Kim, Y. Y., 2014, Development and Application of Phased Array System for Defect Imaging in Plate-like Structures., Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 24, No. 2, pp. 123~130.
- (2) Seung, H. M., Kim, H. W. and Kim, Y. Y., 2013, Development of an Omni-directional Shear-horizontal Wave Magnetostrictive Patch Transducer for Plates, Ultrasonics, Vol. 53, pp. 1304~1308.
- (3) Suzuki, T., Baba, H. and Matsumoto, E., 2001/2002, Stress Effect on Hysteretic Magnetization Curve of Nickel, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics. Vol. 13, pp. 307~310.
- (4) Zhang, T., Zhong, J., Lv, Y., Cui, T., Qin, J., Xing, J., Li, M., Yang, J., Pan, G. and Yang, F., 2012, Magnet Design and Fabrication of CYCIAE-14, a 14 MeV PET Cyclotron, IEEE Transactions on Applied Superconductivity. Vol. 22, No. 3, p. 4101004