

조향 자기변형 트랜스듀서의 전단파 방사 패턴

Radiation Pattern of SH Waves Generated by an Orientation-adjustable Patch-type Magnetostrictive Transducer

전병철† · 이주승* · 조승현** · 김윤영***

Byung Chul Jeon, Ju Seung Lee, Seung Hyun Cho and Yoon Young Kim

Key Words : Magnetostrictive Transducer(자기변형 트랜스듀서), Magnetostrictive Patch(자기변형 패치), Plate(평판), Guided Wave(유도초음파), Shear Horizontal Wave(전단파)

ABSTRACT

This is concerned with the radiation pattern of elastic waves in a plate generated by an orientation-adjustable patch-type magnetostrictive transducer. In general, not only the Lamb waves but also shear horizontal (SH) waves are produced by the deformation of the circular magnetostrictive patch bonded to a plate. Among the two types of waves, this paper investigates the radiation patterns of SH waves. A number of experimental results are presented. They are also accurately predicted by a theory developed by the present authors. Experimental findings were explained by a theoretical analysis.

1. 서론

최근 유도 초음파(guided wave)를 이용한 평판 구조물의 2 차원 결함 탐상용 트랜스듀서인 OPMT (Orientation-adjustable Patch-type Magnetostrictive Transducer), 즉 조향 자기변형 트랜스듀서가 개발되었다.^(1,2) 이 트랜스듀서는 자기장과 응력장의 연성효과(coupling phenomenon)를 이용한다. 평판에 강자성체인 니켈패치를 부착시킨 후, 자석에 의한 정자기장(static biasing magnetic field)과 8자형 코일(figure-of-eight coil)에 의한 동자기장(dynamic actuating magnetic field)을 동시에 패치에 걸어주면 자기변형(magnetostriction)⁽³⁾으로 패치 변형이 발생되는데 그 변형에 의해 평판에 유도 초음파가 발생된다.

이전 연구에서는 정자기장(static biasing magnetic field, \mathbf{H}_B)과 동자기장(dynamic actuating magnetic field, \mathbf{H}_A)이 평행한 조건일 때 램(Lamb)파와 SH (shear horizontal)파에 대한 기본적인 특성을 고찰한 바 있다.^(1,4) 최근 Fig. 1 과 같이 \mathbf{H}_B 와

\mathbf{H}_A 가 임의의 각도 θ 로 구성되어 있을 때 램파의 방사 패턴(radiation pattern)에 대한 연구가 수행된 바 있다.⁽⁵⁾

본 논문에서는 원형의 패치에 정자기장과 동자기장이 임의의 각도(θ)로 구성되어 있을 때 발생하는 SH 파의 방사 패턴에 대해 실험을 수행하였다. 이 실험의 목적은 임의의 자기장이 걸려있는 원형의 강자성체 패치의 변형에 의해 발생하는 유도초음파의 방사 패턴을 규명하는데 있다.

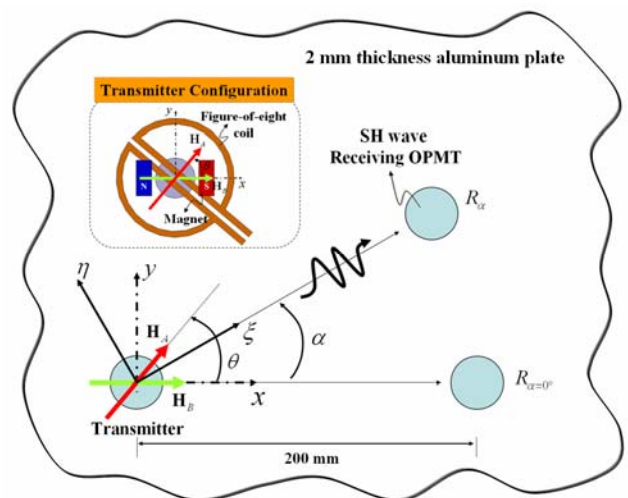


Fig. 1 Experimental setup for the investigation of the SH wave radiation pattern. (The exciting frequency flow to the coil is 300 kHz and the size and thickness of patch are 10 mm and 0.15 mm, respectively.)

† 서울대학교 기계항공공학부 대학원
E-mail : jeonbc@idealab.snu.ac.kr
Tel : (02) 880-1688, Fax : (02) 872-5431

* 서울대학교 기계항공공학부 대학원
** 한국표준과학연구원 안전계측연구단
*** 서울대학교 기계항공공학부 교수

2. SH 전단파의 측정

2.1 OPMT 를 이용한 전단파 발생 및 측정

Fig. 1 에서와 같이 OPMT 는 자기변형 패치, 영구 자석 및 8 자 코일로 구성되는데, 영구자석에 의한 정자기장과 8 자 코일에 의한 동자기장의 조합으로 강자성체 패치에 기계적인 변형을 일으킨다. OPMT 는 패치 위에 단순히 올려져 있기 때문에 방향 조절이 용이하다. 또한 자석과 코일이 각각의 하우스로 구성되어 정자기장과 동자기장의 상대 각도(θ)를 원하는 방향으로 조절시킬 수 있도록 고안되었다. 실험에 사용된 주파수는 300kHz 이고 신호는 가보(Gabor) 형태의 펄스이다. 여기서 발생하는 전단파는 SH 전단파 중 첫번째 브랜치에 속하는 SH0 파이다.

x 축을 기준으로 하여 정자기장을 x 축으로 고정하고, 정자기장과 동자기장이 이루는 각도를 θ 로 정의하였으며, 트랜스듀서와 센서가 이루는 각도를 α 로 정하였다. θ 를 0° 에서 90° 까지 30° 간격으로 변화시키면서, 각각의 θ 조건에서 α 를 15° 간격으로 변화시키면서 전방위(360°)에 대한 SH0 파의 방사 패턴을 측정하였다.

2.2 SH 전단파 방사 패턴

Fig. 2 는 정자기장과 동자기장이 θ 각도를 이루는 조건에서, α 각에서 측정된 SH0 파 신호 크기(V_{P-P} , peak-to-peak value)의 방사 패턴을 나타내고 있다. 본 실험의 결과를 요약하면 다음과 같다.

$\theta=0^\circ$ 에서, $\alpha=45^\circ$ ($\alpha=225^\circ$)와 $\alpha=135^\circ$ ($\alpha=315^\circ$)

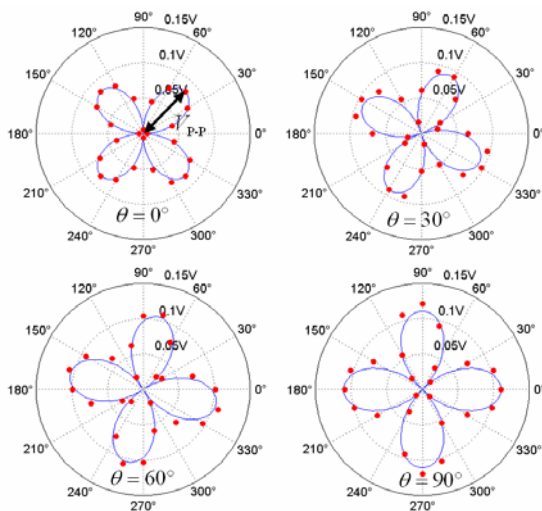


Fig. 2 Radiation pattern of the SH0 wave mode for various values of θ (dots: experimental results, solid lines: theoretical results)⁽⁶⁾

일 때 V_{P-P} 가 최대값을 가지며, 위상이 180° 차이가 난다. 그리고 $\theta=90^\circ$ 에서, $\alpha=0^\circ$ ($\alpha=180^\circ$)와 $\alpha=90^\circ$ ($\alpha=270^\circ$) 일 때 V_{P-P} 가 최대값을 가지며, $\alpha=45^\circ$ ($\alpha=225^\circ$)와 $\alpha=135^\circ$ ($\alpha=315^\circ$)에서는 SH0 파가 발생하지 않는다. 마지막으로 θ 가 0° 에서 90° 까지 변화함에 따라, 각각의 경우의 최대값이 증가하면서 90° 간격으로 4개의 최대값이 존재하며 방사 패턴이 반시계 방향으로 회전한다.

Ref. 6에 설명된 이론적인 해석을 바탕으로 실험 결과와 비교하면 Fig. 2에서와 같이 실험과 이론이 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서 원형의 강자성체 패치에 인가되는 정자기장과 동자기장이 이루는 각도 변화에 따른 SH0 파의 방사 패턴을 조사하였다. 실제 측정된 방사 패턴이 제안된 이론과 잘 일치함을 확인하였으며, 본 연구를 통해 원형 강자성체 패치의 변형에 의해 발생하는 유도초음파의 방사 패턴을 규명할 수 있었다.

후 기

본 연구는 과학기술부 창의적 연구 진흥 사업(과제번호: 2007-019)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 이주승, 조승현, 선경호, 김윤영, 2004, "자기변형 트랜스듀서를 이용한 평판구조물의 특정방향 가진 및 측정," 춘계학술발표회 논문집, 한국소음진동공학회, pp. 153-158.
- (2) 조승현, 이주승, 선경호, 김윤영, 2005, "조향 자기변형 트랜스듀서를 이용한 평판 결함진단" 한국소음진동공학회논문집, 제 15권 제 1호, pp. 81-86.
- (3) David Jiles, 1995, Introduction to Magnetism and Magnetic Materials, Chapman & Hall, London.
- (4) Cho, S. H., Lee, J. S., and Kim, Y. Y. 2006 "Guided Wave Transduction Experiment Using a Circular Magnetostrictive Patch and a Figure-of-eight Coil in Nonferromagnetic Plates," Appl. Phys. Lett., 88, 224101.
- (5) Lee, J. S., Cho, S. H., and Kim, Y. Y. 2007 "Radiation Pattern of Lamb Waves Generated by a Circular Magnetostrictive Patch Transducer," Appl. Phys. Lett., 90, 054102.
- (6) Lee, J. S., Jeon, B. C., Cho, S. H., and Kim, Y. Y. 2008 "Radiation Pattern of SH Waves Generated by a Circular Magnetostrictive Patch Transducer in a Nonferromagnetic Plates," to be submitted.