

# 자기변형 트랜스듀서의 위상차를 이용한 평판에서의 램파 집속 기초 실험

## Basic Experiment for Lamb Wave Focusing by Phased Magnetostrictive Transducers in a Plate

이주경† · 김희웅\* · 이호철\*\* · 김윤영\*\*\*

Joo Kyung Lee, Hoe Woong Kim, Hocheol Lee and Yoon Young Kim

### 1. 서론

위상 배열을 이용한 유도 초음파 탐상 기법은 신속성과 높은 신뢰성으로, 특히 비파괴 검사 분야에서 그 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>(1, 2)</sup> 현재까지 위상 배열 시스템을 구성하는 트랜스듀서로는 주로 압전 트랜스듀서가 이용되어왔고, 이 외에 전자기유향 트랜스듀서를 이용한 경우도 있었으나, 아직 자기변형 트랜스듀서를 이용한 연구는 보고된 바 없다. 자기변형 트랜스듀서는 가격이 저렴하고, 간단한 구성으로 유도 초음파의 발생이 가능하다는 장점을 가지고 있어, 비파괴 검사 분야에서 활발히 이용되고 있다.<sup>(3, 4)</sup> 이에 본 연구에서는 자기변형 트랜스듀서를 이용하여 위상 배열 시스템을 구성하기 위한 장비들을 제안하고, 기초적인 램파 집속(Lamb wave Focusing) 실험을 수행하여 자기변형 트랜스듀서를 이용한 위상 배열의 가능성을 확인하였다.

### 2. 램파 집속 실험

#### 2.1 램파 집속을 위한 장비

다수의 트랜스듀서를 이용해 램파를 집속하기 위해서는 다채널 함수 발생기와 채널 수만큼의 파워 앰프, 평판에서 균일한 램파를 발생시킬 수 있는 트랜스듀서가 필요하다.

##### (1) 다채널 함수 발생기

수십 나노 초 단위의 시간 지연 제어를 위해 속도가 빠른 FPGA 모듈로 함수 발생기를 구현하였다. Altera 사의 Cyclone™ 칩셋을 사용한 뉴티시(주)사

의 FM-CY6S 개발모듈을 이용하였으며, 이 모듈의 클럭은 50 MHz 로, 최소 20 나노 초의 제어가 가능하다.

##### (2) 파워 앰프

함수 발생기로부터 발생된 신호를 증폭할 파워 앰프로 Cirrus Logic 사의 MP111 과 EK57 평가키트를 사용하였다. MP111 은 500 kHz 의 전력 대역폭을 가지며, 15 A 의 전류를 연속적으로 공급할 수 있기 때문에 초음파 트랜스듀서 드라이브로 사용하기에 적합하다.

##### (3) 자기변형 트랜스듀서

평판에서 균일한 램파를 발생시키기 위해 그림 1(a) 와 같은 구성의 자기변형 패치 트랜스듀서를 제작하였다. 제안된 트랜스듀서는 강자성체인 니켈 패치와 전방향으로 정자기장을 발생시키기 위한 영구 자석, 정자기장과 평행한 방향으로 동자기장을 발생시키기 위한 원형 코일로 이루어져 있다. 니켈 패치의 직경은 24 mm 이며, 코일의 감은 수는 24 회이다. 그림 1(b) 는 실험적으로 구한 제안된 트랜스듀서의 350 kHz 에서의 S0 모드 램파의 방사패턴을 나타낸다. 전방향에 대해 비교적 균일한 크기의 램파를 발생시키는 것을 확인할 수 있다.

### 2.2 램파 집속 실험 및 결과

##### (1) 실험 구성

제안된 트랜스듀서를 이용한 S0 모드 램파의 집

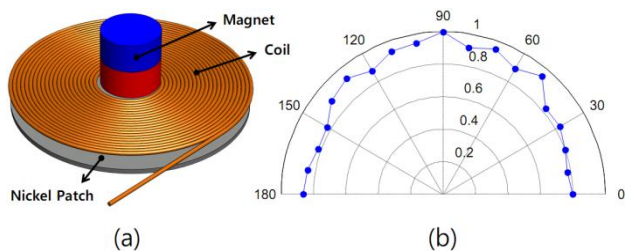


그림 1. (a) 제안된 트랜스듀서의 구성 (b) 350 kHz 에서의 방사패턴

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부  
 E-mail : jklee@idealab.snu.ac.kr  
 Tel : (02) 880-1688, Fax : (02) 872-5431  
 \* 서울대학교 기계항공공학부  
 \*\* 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부  
 \*\*\* 서울대학교 기계항공공학부 차세대 자동차 연구센터

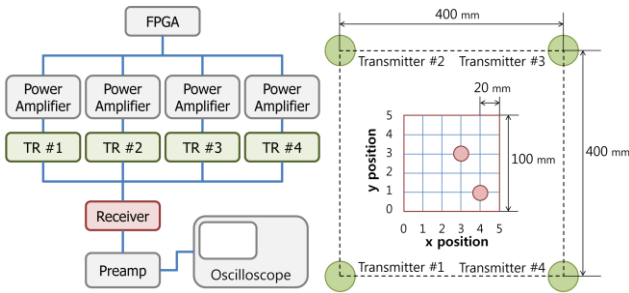


그림 2. 램파 집속을 위한 실험 구성

속을 위한 실험 구성이 그림 2에 나타나있다. 두께 2 mm의 알루미늄 평판 위에 한 변이 400 mm인 정사각형의 영역을 설정하고, 각 꼭지점에 제안된 트랜스듀서를 설치하였다. 탐상영역은 정사각형 영역 내의 100 mm x 100 mm 영역으로 설정하였고, 가로와 세로 20 mm 마다 격자를 나누어 총 36개의 지점으로 구분하였다.

램파 집속을 위해 다채널 함수 발생기의 4개의 채널을 이용하여 350 kHz의 3 사이클 사각파를 발생시켰다. 4 채널의 신호들이 탐상영역 36개 지점 중 한 곳에 집속되도록 각각 발생 시간 지연을 달리 하였으며, 발생한 신호들은 각 채널에 연결된 파워 앰프에 의해 증폭된 후 트랜스듀서로 전달된다. 가진용 트랜스듀서에서 발생한 램파는 각 집속 실험에 대하여 36개의 모든 지점에서 가진용 트랜스듀서와 동일한 구성의 측정용 트랜스듀서를 이용하여 측정되었다.

### (2) 실험 결과

램파 집속 실험의 측정 결과가 그림 3에 나타나 있다. 각 집속 실험에 대하여 측정된 36개의 데이터에서 PTP(Peak-to-Peak) 값을 추출하여 각 지점에서의 크기로 선정하였다. 그림 3(a)는  $(x, y) = (3, 3)$ 인 지점, 그림 3(b)는  $(x, y) = (4, 1)$ 인 지점에 램파를 집속시켰을 때의 결과이다. 모든 방향에 대하여 350 kHz의 S0 모드 램파의 속도는 5440 m/s로 동일하므로, 각 채널에서의 시간 지연은 표 1과

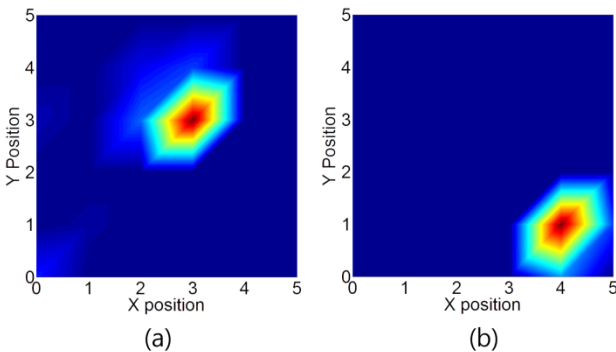


그림 3.(a)  $(x, y) = (3, 3)$ 인 지점에 집속시켰을 때 측정된 결과  
(b)  $(x, y) = (4, 1)$ 인 지점에 집속시켰을 때 측정된 결과

(x, y)	Transmitter No.			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
(3, 3)	0.00 $\mu$ s	2.53 $\mu$ s	5.20 $\mu$ s	2.53 $\mu$ s
(4, 1)	7.22 $\mu$ s	0.00 $\mu$ s	7.22 $\mu$ s	15.60 $\mu$ s

표 1. 집속 지점에 따른 각 트랜스듀서에서의 시간 지연

같이 집속 지점에 가까울수록 더 긴 지연 시간을 갖게 된다. 이 지연 시간의 차이로 인해서 가진용 트랜스듀서에서 발생한 램파는 집속 지점에 동시에 도달하고, 동일 위상에 의해 보강 간섭이 발생되어, 집속 지점에서 가장 큰 신호가 측정되고, 그 외의 지점에서는 신호의 크기가 작게 측정된다. 그림 3의 결과로부터, 제안된 자기변형 트랜스듀서의 위상차를 이용한 램파의 집속이 성공적으로 이루어진 것을 확인할 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서는 자기변형 트랜스듀서를 이용하여 위상 배열 시스템을 구성하기 위한 다채널 함수 발생기, 파워 앰프, 자기변형 패치 트랜스듀서를 제안하였고, 평판에서의 기초적인 램파 집속 실험을 수행하여 그 가능성을 확인하였다.

## 후 기

본 연구는 과학기술부 창의적 연구 진흥 사업 (과제번호: 2010-0019241)과 WCU(과제번호: R31-2009-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Paul Wilcox, Mike Lowe, and Peter Cawley, 2005, "Omnidirectional Guided Wave Inspection of Large Metallic Plate Structures Using an EMAT Array", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency control, Vol. 52, No. 4.
- (2) Fromme, P., Wilcox, P. D., Lowe, M. J. S., and Cawley, P., 2006, "On the Development and Testing of a Guided Ultrasonic Wave Array for Structural Health Monitoring", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 53, No. 4.
- (3) Riichi Murayama, 1996, "Driving mechanism on magnetostrictive type electromagnetic acoustic transducer for symmetrical vertical-mode Lamb wave and for shear horizontal-mode plate wave", Ultrasonics, Vol. 34, Issue 7, October 1996, pp.729-736.
- (4) Ju Seung Lee, Seung Hyun Cho, and Yoon Young Kim, 2007, "Radiation pattern of Lamb waves generated by a circular magnetostrictive patch transducer", Appl. Phys. Lett., 90, 054102.