

결함 배관 영상화를 위한 SH 파 분절형 패치 배열 자기변형 트랜스듀서 개발

Development of a Shear Horizontal Wave Magnetostrictive Transducer Using a Segmented Patch Array for the Cracked Pipe Imaging

김희웅* · 권영의* · 조승현** · 김윤영†

Hoe Woong Kim, Young Eui Kwon, Seung Hyun Cho and Yoon Young Kim

1. 서론

최근 유도 초음파 기술을 기반으로 한 결함 배관의 영상화와 관련하여 많은 연구가 진행되고 있다⁽¹⁻²⁾. 이러한 유도 초음파를 이용한 영상화를 사용하면 전문가가 아니더라도 쉽게 결함에 대한 정보를 확인할 수 있고, 긴 구간을 단시간에 검사할 수 있어 검사 시간 및 비용이 단축되는 장점이 있다.

기존의 결함 배관 영상화를 위한 유도 초음파 기술로 압전 트랜스듀서를 이용한 위상 배열 방법과 단층 촬영 기법(Tomography) 등이 제안된 바 있다. 이 기법들은 결함에서 반사되는 유도초음파 신호를 측정하거나 결함을 통과하는 파의 변화를 측정하여 결함의 정보를 얻는다. 압전 트랜스듀서는 일반적으로 웨지(wedge)등을 이용하여 배관의 표면에 부착되어 초음파를 발생시킨다. 이 경우 유도초음파 가진 및 수신용의 용이성을 고려하여 주로 램파(Lamb wave)를 사용하는데, 램파는 주파수에 따라서 속도가 변하는 분산특성을 가지고 있어 이를 고려한 별도의 신호처리 과정이 요구된다.

본 연구에서는 결함 배관의 영상화에 필요한 유도 초음파의 발생 및 측정을 위하여 기존의 압전 트랜스듀서와는 달리 전단파의 발생에 효율적인 자기변형 트랜스듀서를 사용하였다. 전단파는 그 첫 번째 모드가 비분산 특성을 가지고 있어 램파에 비해 신호의 분석이 간단하다는 장점이 있다. 또한 영상화에 알맞도록 기존의 구성과는 다른 분절형 패치 배열 자기변형 트랜스듀서를 개발하였고, 그 특성을 살펴보고, 다중 결함이 있는 배관에 적용해 보

으로써 제안한 방법의 타당성을 확인하였다.

2. SH 파 분절형 패치 배열 자기변형 트랜스듀서

2.1 트랜스듀서의 구성 및 특성

개발된 분절형 패치 배열 자기변형 트랜스듀서는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 분절된 다수 개의 자기변형 패치와 패치 사이에 위치하는 영구 자석, 패치의 윗면에 부착된 미엔더 코일로 구성되어 있다. 패치 사이에 위치한 영구 자석에 의해 각 패치를 따라서 배관의 원주 방향으로 정자기장이 형성되고, 패치의 윗면에 부착된 미엔더 코일에 흐르는 전류에 의해 정자기장과 수직한 방향의 동자기장이 형성되어 전단파가 발생되게 된다⁽³⁾.

미엔더 코일을 이용한 500 kHz의 고주파 대역을 사용하기 때문에 발생된 전단파는 Fig. 2(a)와 같이 높은 집중도의 방사 패턴을 가지고 전파되어 결함의 파가 집중되는 트랜스듀서의 맞은 편에 위치할 때 즉, 결함과 트랜스듀서가 동일 선상에 있을 때 결함으로의 입사파가 가장 크게 된다. 따라서 결함 반사파의 도달 시간 및 각 수신 트랜스듀서들의 측정신호의 크기를 이용하여 결함의 종 방향 위치 및 원주 방향 위치의 추정이 가능하게 된다. 하지만 경계가 없는 배관의 특성 상, 발생된 전단파는 배관을 따라

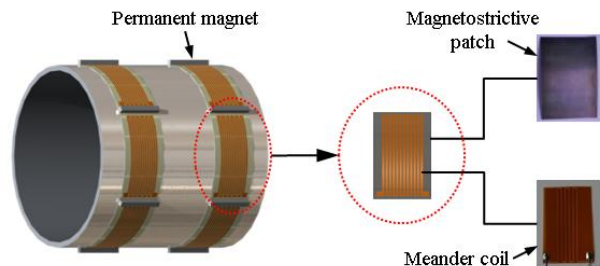


FIG. 1. The configuration of the developed magnetostrictive transducer.

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부
차세대 자동차 연구센터

E-mail: yykim@snu.ac.kr

Tel: (02) 880-7154, Fax: (02) 872-5431

* 서울대학교 기계항공공학부 대학원

** 한국표준과학연구원

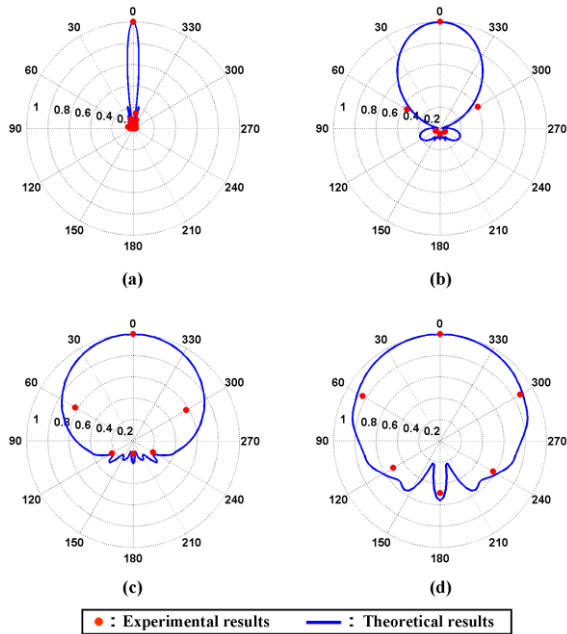


FIG. 2. (a) The radiation pattern of the developed magnetostrictive transducer on an infinite plate for 500 kHz. (b), (c), (d) The radiation patterns of the developed magnetostrictive transducer in a pipe at traveling distances 0.3 m, 0.6 m and 0.9 m, respectively for 500 kHz.

전파되면서 서로 중첩이 일어나게 되고, 이로 인해 Fig. 2(b), (c), (d)와 같이 측정 거리에 따라 다른 방사 패턴이 나타나게 된다. 이러한 거리에 따른 배관 내에서의 파의 방사 패턴을 고려하는 것이 배관 결함의 신호 해석에 필수적이다.

2.2 결함 배관의 영상화

개발된 자기변형 트랜스듀서를 사용한 결함 배관의 영상화를 위하여 다음과 같은 구성의 실험을 수행하였다. 직경 76.3 mm, 두께 2.1 mm, 길이 2 m 인 스테인레스 배관에 각각 6 개의 자기변형 패치, 영구자석 및 미엔더 코일로 구성된 2 개의 트랜스듀서 배열이 0.3 m 거리를 두고 송신기 및 수신기로 설치되어 있고, 송신기로부터 0.5 m 와 0.7 m 에 송신기의 1 번 트랜스듀서를 중심으로 원주방향으로 120 도 간격으로 결함이 형성되어 있다.

결함 배관의 영상화는 다음의 단계로 이루어진다. 첫째로 송신 트랜스듀서 배열 중 하나의 트랜스듀서에서 전단파를 발생시키고, 수신 트랜스듀서 배열에서 측정을 한다. 둘째로 송신 트랜스듀서가 부착된 부분과 동일 선상의 면적에 가상 격자⁽⁴⁾를 그리고, 각 가상 격자의 교점에 해당하는 측정 신호의 크기를 추출하여 행렬을 구성한다. 이 과정을 나머지 송신 트랜스듀서에 대해서도 반복한 후 전체 배관 면적에 대한 행렬을 구성하여 영상화한다. 이와 같은 과정에 의해 구해진 결함 배관의 영상화 결과는 Fig. 3 과 같다. 각 결함의 종 방향 및 원주 방향의 위치

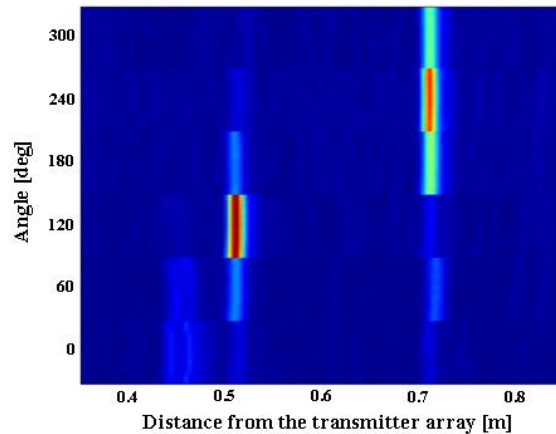


FIG. 3. Processed image of the developed surface of the cracked pipe. Two artificial cracks are located at (0.5 m, 120 deg) and (0.7 m, 240 deg) from the transmitter array.

가 잘 측정이 되는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 결함 배관의 영상화를 위한 SH 파 분절형 패치 배열 자기변형 트랜스듀서를 개발하였고, 그 특성을 살펴보았으며, 다중 결함 배관에 적용하여 그 성능을 확인하였다. 개발된 트랜스듀서를 사용함으로써 복잡한 신호처리 기술 없이 결함 배관의 영상을 성공적으로 얻을 수 있었다.

후 기

본 연구는 과학기술부 창의적 연구 진흥 사업 (과제번호: 2009-0083279)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) J. Mu, L. Zhang and J.L. Rose, 2007, " Defect circumferential sizing by using long range ultrasonic guided wave focusing techniques in pipe " , Nondestr. Test Eval., Vol. 22, No. 4, pp. 239~253
- (2) Joost G.P. Bloom, Gert-Jan Heerens, Arno W.F. Volker and Arjan Mast, 2009, " Opportunities for permanent corrosion monitoring of pipelines using guided wave tomography " , Proceedings of ASME PVP Division Conference
- (3) R. Bruce Thompson, 1979, " Generation of horizontally polarized shear waves in ferromagnetic materials using magnetostrictively coupled meander-coil electromagnetic transducers " , Appl. Phys. Lett., Vol. 34, No. 2, pp. 175~177
- (4) J.S. Lee, H.W. Kim, Y.Y. Kim, B.C. Jeon and S.H. Cho, 2009, " Damage detection in a plate by using beam-focused shear-horizontal wave magnetostrictive patch transducers " , AIAA Journal, submitted