

임의의 자기장이 걸리는 패치 형태의 자기변형 초음파 발생 장치의 방사 패턴 분석

Radiation Pattern Analysis of Patch-type Magnetostrictive Ultrasonic Transducer Under Arbitrary Magnetic Fields

이호철† · 이주승* · 김윤영**

Ho Cheol Lee, Joo Seung Lee and Yoon Young Kim

1. 서 론

항공기와 같이 판재를 주요 부재로 삼는 구조물들에 대한 구조물 건강성 평가(SHM: Structural Health Monitoring)에 대한 관심이 높아지고 있다. 평판에서 발생할 수 있는 각종 결함의 존재여부와 위치 및 그 정도를 판정하는 방법은 다양하다. 이 중에서 상대적으로 간단한 사용법과 함께 넓은 범위를 빠르게 검사할 수 있다는 장점을 지닌 유도 초음파(guided wave)를 이용한 방식에 관한 연구가 최근 활발하게 이루어지고 있다. Fig.1은 평판에 자기변형 물질인 니켈을 패치형태로 붙인 뒤에 자기장을 걸어주고 이때 발생하는 패치의 변형을 이용해서 평판에 초음파를 만들어주는 실험을 개략적으로 보여주고 있다. 이 방법은 피에조 물질을 평판에

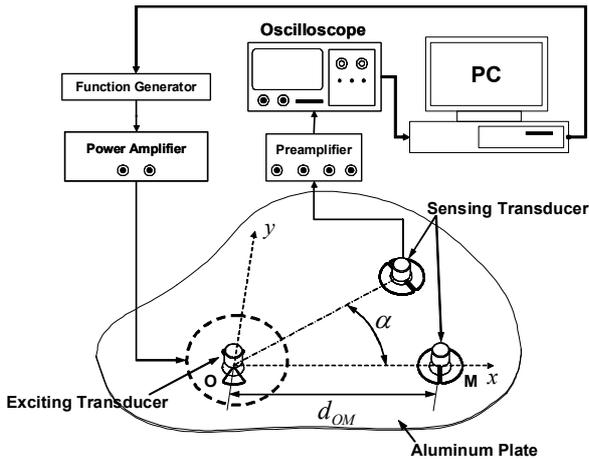


Fig. 1 Experimental setup for the investigation of the guided wave radiation pattern.

패치 형태로 붙이는 방법에 비해서 배선의 문제가 없다는 점에서 매우 큰 장점을 가진다.⁽¹⁾ 최근 연구에서 패치에 걸리는 자기장의 방향이 일정한 크기와 방향을 가지는 경우에 대하여 간단한 근사 이론으로 방사 패턴을 예측하는데 성공한 바 있다.⁽²⁾

본 연구에서는 선행 연구를 기반으로 패치에 임의의 바이어스 자기장과 임의의 가진 자기장이 걸리는 경우에 대해서 유도 초음파의 방사 패턴을 예측 할 수 있는 이론을 제시하고 이를 실험을 통해서 검증하고자 한다.

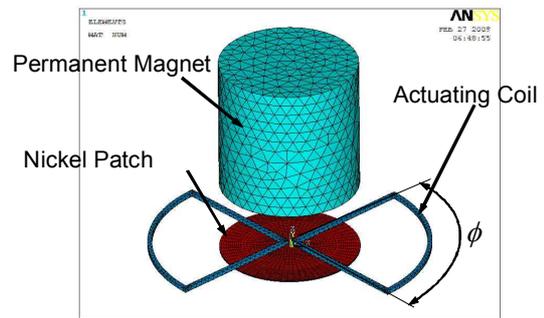


Fig. 3 Finite element model for newly fabricated magnetostrictive transducer shown in Fig.1

2. 본 론

2.1 방사 패턴 예측 모델

본 연구에서 대상으로 삼은 유도 초음파 발생용 변환기의

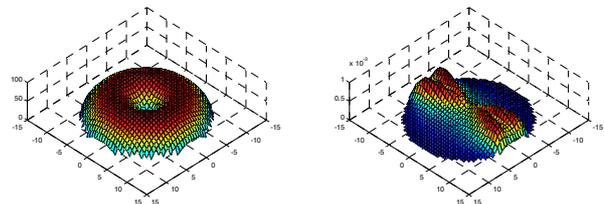


Fig. 2 Magnetic field distributions by the permanent bias magnet (left) and exciting coil (right) when the coil inner angle is 30°

† 교신저자 ; 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
E-mail : hclee21@cu.ac.kr
Tel : (053) 850-2712, Fax : (053) 850-2710

* 서울대학교 기계항공공학부 대학원

** 서울대학교 기계항공공학부

외관을 Fig.2에 F.E.M 모델을 통해서 보이고 있다. Fig.2에 보인 변환기의 영구자석과 가진용 코일은 패치 상에 매우 복잡한 형태의 자기장을 발생시키며 이에 대한 유도 초음파의 방사패턴은 기존의 연구결과로는 예측이 불가능하다. Fig.3은 Fig.2의 변환기의 영구자석에 의해서 만들어지는 바이어스 자기장과 코일에 의해서 만들어지는 가진 자기장의 크기가 패치 상에 어떻게 분포되는지를 보여주고 있다. 특히 코일의 내부 각도 ϕ 의 크기에 따라서 매우 복잡한 형태의 자기장이 걸리게 된다.

$$V_{S0}(\alpha) = K \int_A H_A \left| \frac{\partial \lambda}{\partial H_B} \right| g_{S0}(r, \eta) e^{ik\omega d} r dr d\eta \quad (1)$$

식 (1)은 기존의 연구결과를 일반적인 형태의 자기장 패턴에 적용할 있도록 수정한 것이다. 기존의 연구결과와 본질적으로 다른 점은 다음과 같다.

- ① 패치의 서로 다른 위치에서 발생하는 유도 초음파 성분이 측정 지점에서 서로 상쇄 혹은 보강 간섭을 일으키는 효과를 포함 시켰다. 이 효과는 식 (1)에 $e^{jk\omega}$ 항으로 반영되었다.
- ② 패치의 서로 다른 위치에 걸린 바이어스 자기장은 같은 크기의 가진 자기장이 걸려도 서로 다른 크기의 유도 초음파를 발생시킨다. 이 효과는 식 (1)에 $\partial \lambda / \partial H_B$ 항으로 반영되었다.

식 (1)로 주어진 이론의 유효함을 규명하기 위해서 Fig.2에 보인 변환기를 실제로 제작하였으며 이에 대한 실험을 수행하였다. 시험에 사용한 각종 장비, 시편 등의 실험 환경은 선행 연구결과와 같다.⁽²⁾

2.2 실험을 통한 이론식의 검증

Fig.4는 본 연구에서 제안한 식 (1)에 의해서 계산된 이론적인 방사패턴과 실제로 제작된 변환기에 대하여 실험을 수행하여 얻은 방사패턴을 함께 보여주고 있다. 코일의 내부 각도 ϕ 의 변화에 따라서 매우 다양한 형태의 방사패턴을 보이지만 식 (1)로 대표되는 이론을 통해서 계산한 방사패턴은 이를 비교적 정확하게 추종하고 있음을 확인할 수 있다.

3. 결 론

평판 상에 붙어있는 자기변형 패치에 임의의 형태의 자기장이 걸릴 때 이 패치를 통해서 생성되는 유도 초음파의 방사 패턴을 정확하게 예측하기 위해서는 바이어스 자기장의 영향과 패치상의 서로 다른 지점의 거리 차이를 고려해주어야 한다. 본 연구에서는 이 두 가지를 모두 고려한 이론식을 제시하였고 실험을 통해서 다양한 형태의 자기분포에 대해서 본 이론이 정확하게 방사패턴을 예측할 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 이론을 이용하면 평판에 임의의 자기장을 걸어줄 때 방사 패턴을 예측할 수 있으므로 평

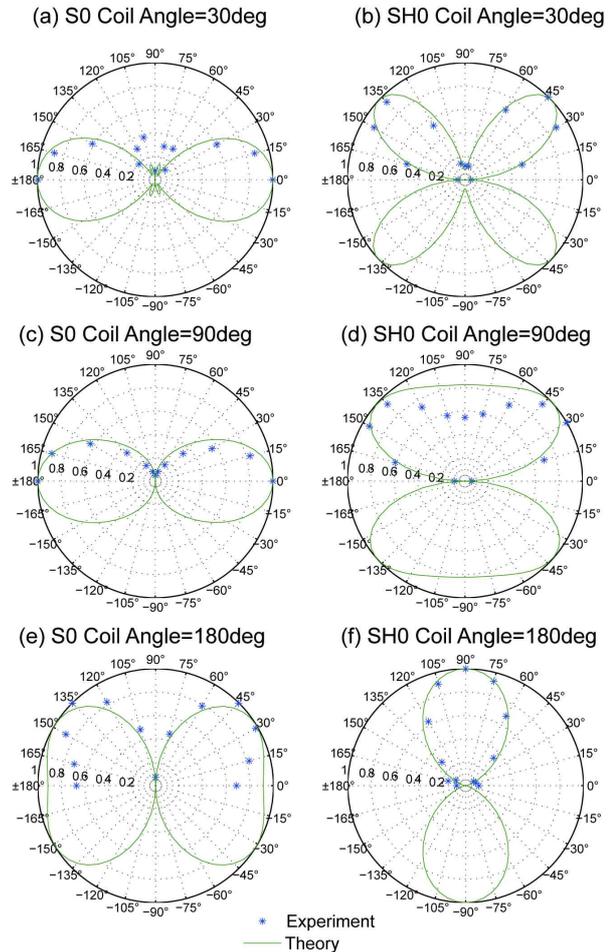


Fig. 4 Directivity pattern comparison between theory and experiments

판 구조물 혹은 결함의 특성에 맞는 방사 패턴을 가지는 변환기를 적재적소에 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) Giurgiutiu, V., 2008, "Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors," Elsevier, San Francisco
- (2) Lee, J. S., Cho, S. H., and Kim, Y. Y., 2007, "Radiation Pattern of Lamb Wave Generated by a Circular Magnetostrictive Patch Transducer," Appl. Phys. Lett., Vol.90, 053102