

평판 구조물 진단을 위한 자왜형 초음파 센서의 자기적 특성 분석

Magnetic Properties of Magnetostrictive Ultrasonic Sensor for Structural Health Monitoring of Plate-like Structures

이호철† · 김희용*

Ho Cheol Lee, Heeyoung Kim

1. 서 론

항공기와 같은 고가의 구조물은 주기적인 검사를 통해서 상태를 진단(diagnosis)하지 않으면 막대한 경제적인 피해 혹은 인명의 피해로 이어질 수 있다는 점에서 최근 관심을 많이 받고 있는 구조물의 이상진단 기술(SHM:Structural Health Monitoring)의 주요한 관심 대상이 되어왔다. 최근 지능형 재료(smart material)를 활용하여 능동적으로 구조물의 결함을 찾아내는 방법에 많은 관심이 집중되고 있는데 항공기 구조물의 경우도 예외는 아니다. 예를 들어 항공기의 표면 혹은 내부구조를 이루는 평판의 특정한 부위에 피에조 물질로 이루어진 얇은 판 형태의 패치를 붙인 뒤에 이 패치를 가진(exciting)하여 초음파를 생성하고 결함에서 반사되어 돌아오는 반사파를 측정 및 분석하여 결함의 유무, 위치는 물론이고 결함의 심각도에 대한 정보를 얻는다.⁽¹⁾

피에조 물질은 이미 많은 분야에 성공적으로 적용되어 가장 유망한 지능물질로 알려져 있으나 위에서 언급한 항공기 구조의 검사에는 몇 가지 이유로 적합하지 않다. 먼저 재료 자체가 취성이 너무 강해서 항공기 동체와 같이 굴곡이 많은 곳에는 적용하기 힘들다. 최근 취성 부분에서 개선된 신 재료들이 속속 등장하고 있으나 아직 경제적인 측면에서 유용하지 않다. 두 번째 문제는 더욱 심각한데 피에조의 가진 및 측정 원리 상 전기장을 이용하기 때문에 반드시 초음파 변환기에 배선이 이루어져야 한다. 이는 항공기와 같이 검사의 범위가 넓은 대상에 이 재료를 적용하는 것을 불가능하게 만드는 원인이 된다.

자기변형(magnetostrictive) 물질 중에서 니켈은 취성 측면에서도 문제가 없고 비접촉으로 에너지를 전달하는 것이 가능하기 때문에 항공기와 같은 응용분야에 매우 적합한 것으로 판단되며 최근 이에 관한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다.⁽²⁾ 하지만 자기변형 현상이 가지고 있는 심각한 비선형 특성과 이력(hysteresis) 특성은 최적의 초음파 변환기를 설계

하는 데는 물론이고 정량적 특성 분석에도 어려움을 겪게 하고 있다. 이에 본 연구에서는 최근 제시된 패치 형태의 자기변형 초음파 변환기가 보이는 출력 특성의 원인을 F.E.M 해석을 통해서 정성적으로 분석하였다.

2. 본 론

2.1 바이어스 자기장의 출력에 대한 영향

Fig.1은 본 연구에서 대상으로 하고 있는 소위 OPMT (Orient-adjustable Patch-type Magnetostrictive Transducer)의 대략적인 구성을 보여주고 있다. 영구자석에 의해서 만들어진 바이어스 자기장에 가진용 코일에 의해서 만들어진 자기장이 더해져 니켈 패치에 변형을 일으키게 되고 패치상에 형성되는 지배적인 자기장의 방향으로 초음파가 발생하게 된다.

최근에 이루어진 연구에서 니켈 패치, 영구자석, 그리고 가진용 코일 사이의 상대적인 위치에 따라서 발생하는 초음파의 출력이 영향을 받는 것은 물론이고 특히 바이어스 자기장은 출력에 매우 큰 영향을 준다는 것을 밝혀내었다.⁽³⁾ Fig.2는 2개의 바이어스 자석 사이의 거리가 변화함에 따라서 초음파의 출력의 세기가 어떻게 변화하는지를 실험을 통해서 측정한 결과를 보여주고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 최대 출력이 나타나는 높이는 자석의 거리에 따라서

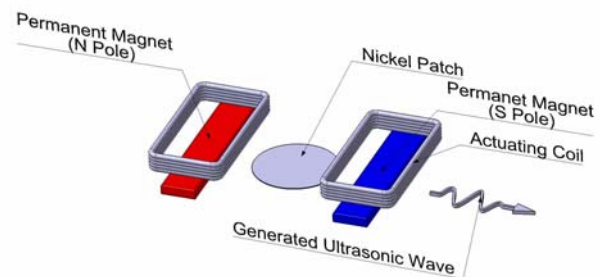


Fig.1 Schematic figure of the propose patch-type ultrasonic transducer using magnetostriction

† 교신저자 ; 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

E-mail : hclee21@cu.ac.kr

Tel : (053) 850-2712, Fax : (053) 850-2710

* 대구가톨릭대학교

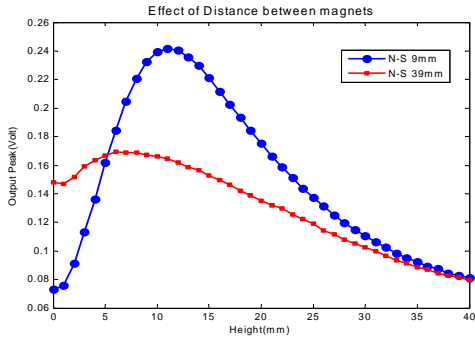


Fig.2 Effect of Distance between bias magnets on the output of the transducer

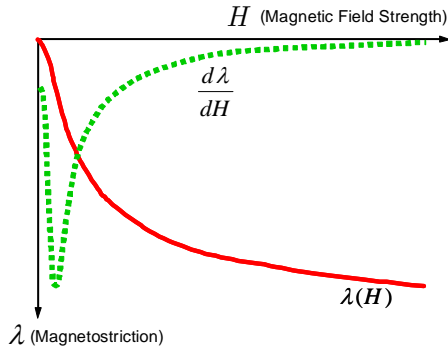


Fig.3 Magnetostriction property of nickel

달라지게 되지만 그 변화는 매우 작다. 이렇게 최대 출력이 나타나는 높이가 자석간의 거리에 따라서 큰 차이를 보이지 않는 이유를 밝혀내기 위해서 F.E.M 해석을 수행하였다.

2.2 F.E.M 모델을 통한 정성적 해석

Fig.2의 현상이 나타나는 이유를 정성적으로 확인하기 위하여 전자기 F.E.M 해석을 수행하였다. F.E.M 해석에는 ANSYS EMAG이 사용되었으며 Fig.4에 F.E.M 모델을 보였다. 또한 그림에서 흰색 파선으로 표시된 선을 따라서 y방향의 바이어스 자기장의 세기를 Fig.5에 보였다. 자석간의 거리가 39mm인 경우는 상대적으로 거리가 9mm인 경우에 비해서 매우 작은 자기장이 걸리고 있음을 확인할 수 있다. Fig.3을 이용해서 이 결과만을 해석하면 자석간의 거리가 9mm인 경우와 39mm인 경우에 최대출력이 비슷한 높이에서 나타나는 것을 이해할 수가 없다.

이 현상을 정확하게 이해하기 위해서는 패치 전체에 걸친 자기장의 분포를 확인해야 한다. Fig.6은 패치의 1/4분면에 자속의 분포를 보인 것이다. 그림에서 초음파를 생성해내는 데 기여하는 성분인 y방향 자속밀도가 39mm인 경우에 비해서 9mm쪽이 약함을 확인할 수 있다. 이것이 Fig.5와 같이 자기장의 세기가 큰 차이가 나도 자기장의 최대출력을 발생하는 높이는 비슷한(Fig.2) 원인이라고 판단된다.

3. 결 론

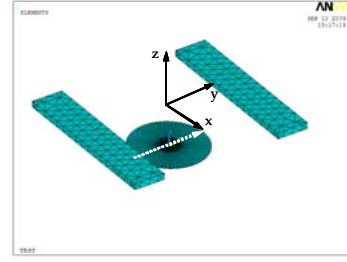


Fig.4 Finite Element Model for a proposed transducer

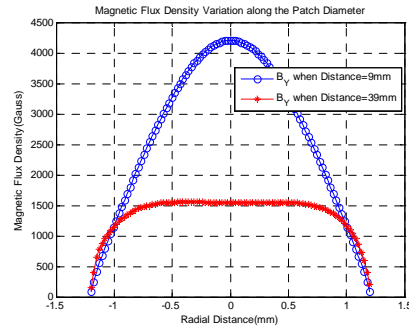


Fig.5 Magnetic flux density variation along the radial direction

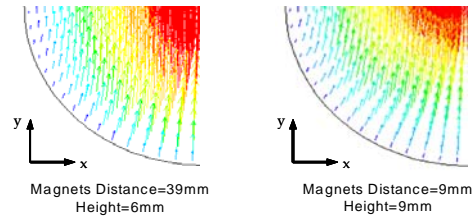


Fig.6 Magnetic flux distribution over the patch

F.E.M 해석을 통해서 패치의 출력이 최대가 되게 하려면 자기장의 세기가 크기만 해석은 안 되며 유효 자기장의 세기가 자기변형 곡선 상의 최대 출력 지점에 가까워야 함을 확인하였다.

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
- (3) Lee, H. C., Lee, J. S., and Kim, Y. Y., 2009, "Radiation Pattern Analysis of Patch-type Magnetostrictive Ultrasonic Transducer Under Arbitrary Magnetic Fields," 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집