

압축변형력에 따른 Terfenol-D의 자기특성 측정

한남대학교 광·전자물리학과 임윤빈*, 신명선, 손대락, 조 욱

Magnetic properties of Terfenol-D depending on the compressive stress

Applied Optics and Electromagnetics, Hannam University YunBin Im, MyoungSun Shin
Derac Son, Youk Cho

1. 서론

자기변형재료를 이용한 transducer를 FEM을 사용하여 설계하기 위해서는 변형력에 따른 $\lambda-H$ 및 $B-H$, 변형-변형력 곡선 등의 데이터가 필요하다. 그러나 실제의 $\lambda-H$ 및 $B-H$ 곡선은 이력(hysteresis) 특성을 가지고 있고 이를 수치 해석에서 계산하기가 매우 어렵기 때문에 수치해석에서 편리하게 사용할 수 있게 이력현상은 고려하지 않고 비 선형만이 고려되는 특성의 측정이 필요하다. 본 연구에서는 Terfenol-D의 변형력에 따른 자기이력곡선, 투자율 곡선 및 $\lambda-H$ 특성을 측정하였다.

2. 실험방법

Terfenol-D의 경우 자기변형상수가 10^{-3} 으로 크기 때문에 변형의 측정은 비교적 선형도가 우수한 변형측정용 센서인 LVDT를 사용하였다. Terfenol-D 시편을 자화시키는 방법은 전자석을 사용하는 방법과 솔레노이드를 사용하는 방법이 있으나 솔레노이드를 사용할 경우 많은 열이 발생한다. 본 연구에서는 waveform synthesizer를 사용 $1\frac{1}{2}$ 주기의 파형만을 합성하여 솔레노이드에 자기장을 인가시킴으로써 솔레노이드에 발생하는 열을 최소화 할 수 있게 하였다. 또한 탐지코일을 Terfenol-D 막대에 권선하여 자기이력 특성을 측정하였다. 그리고 Terfenol-D는 압축변형력에 의해 자기변형의 크기가 증가하는 재료이기 때문에 Terfenol-D 막대에 압축변형력을 인가할 수 있는 장치가 필요하여 본 연구에서는 마찰이 없는 air piston을 사용하여 시편에 변형력을 가할 수 있게 그림1과 같이 구성하였다.

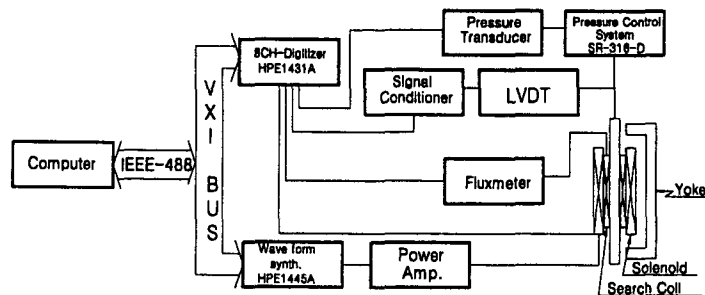


그림1 측정시스템 구조도

솔레노이드에 인가하는 전류를 일정한 시간간격으로 증가 감소시키면서 일차코일에 흐르는 전류를 shunt저항을 사용하여 전압신호로 측정하고, Terfenol-D에 자기장이 인가됨에 따라 자기변형이 일어나고, 이 크기를 LVDT로 측정하였다. 이런 모든 측정 데이터는 VXI용 digitizer를 사용하여 아날로그 신호를 디지털로 바꾸고 digitize된 데이터들은 IEEE-488 버스를 통하여 컴퓨터로 입력되고 자기변형특성($\lambda-H$) 특성을 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

제작된 측정장치는 직경 6 mm ϕ 인 Terfenol-D 재료의 경우 압축변형력을 0~40 MPa까지 가한 상태에서 자기변형특성 및 자기이력곡선을 측정할 수 있었으며, Terfenol-D 재료의 자기적 특성을 수치해석에 도입하기 위하여 이력특성을 제거시킨 비선형만 있는 $B-H$ 및 $\lambda-H$ 특성곡선을 구할 수 있었다. 먼저 $B-H$ 곡선으로부터 μ 값을 측정하였는데 ETREMA사의 경우 압축변형력이 12 MPa이고 자화력이 50 kA/m에서 투자율이 $14\mu_0$ ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$)로 ETREMA사에서 제공된 값 $9.2\mu_0$ 보다 약간 큰 값을 보였다. 자화력에 따른 자왜특성을 측정 한 $\lambda-H$ 곡선에서 압축변형력이 12 MPa에서 자화력 40 kA/m에서의 d 값은 $2.5 \times 10^{-8} \text{ m/A}$ 로 ETREMA사에서 제공된 $2 \times 10^{-8} \text{ m/A}$ 보다 조금 높게 측정되었다.

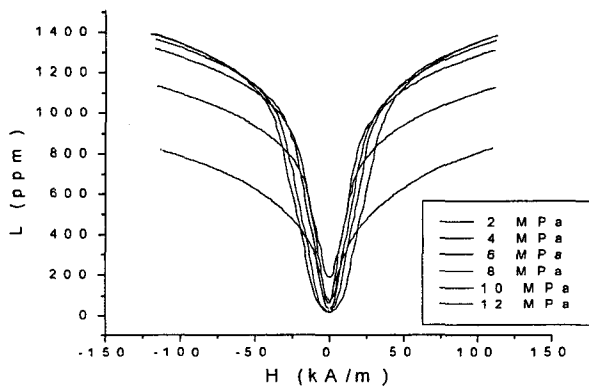


그림2 $\lambda-H$ 곡선

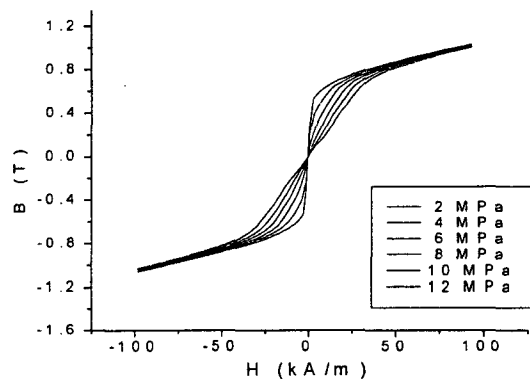


그림3 $B-H$ 곡선

4. 참고문헌

- [1] Application Manual for the Design of ETREMA Terfenol-D Magnetostrictive Transducers