

FeCoGe/페놀 복합체의 정적 자기변형 측정

박경일¹, 나석민², 신광호³, 임상호³, 사공 건³,

동아대 전기전자컴퓨터공학부¹, 경성대학교 멀티미디어공학과², KIST 나노소자연구실³

Static measurement of magnetostriction of FeCoGe/phenol composites

K.I. Park¹, K.H. Shin², G. Sa-Gong³, S.M. Na³, S.H. Lim³

Dong-A Univ.¹, Kyung Sung Univ.², KIST³

Abstract

The magnetostriction of FeCoGe/phenol composites, which is one of the magnetostrictive materials, measured at the external magnetic field. The measurement was carried out using the electrical-resistance strain gage, the wheaton's Bridge for eliminating the unnecessary voltage, and the lock-in-amp for signal amplification and noise filtering. When the external magnetic field was applied in the longitudinal the samples, the maximum strain of 120ppm was taken with regard to the 10wt.% phenol composite. This results indicate that the FeCoGe/phenol composites can be useful as an actuator because it has larger stain than the other solid state actuators such as piezo electric materials.

1. 서론

물체가 자기장내에 놓이게 되면 물체의 길이가 자기장의 세기에 따라 변화하는데, 이 효과를 자기 변형(Magnetostriction)이라 한다. 자기변형은 스핀-궤도결합(Spin-orbit coupling)에 기인하며 이 결합은 결정자기이방성의 원인^[1]이기도 하다. 압전 재료보다 출력이 크고, 낮은 전압에서도 작동되며 작동반응 시간이 빠른 자기변형 특성을 가진 재료들을 개발하기 위해서 많은 연구들이 수행되고 있다. 최근에는 자기변형 분말을 고분자 바인더로 결합시킨 자기변형 복합체의 제조에 관한 연구도 진행되고 있다. 자기변형 복합체는 자기변형합금 분말이 절연 고분자에 의해 코팅되기 때문에 비저항이 매우 크고 고주파에서의 응용에 적합하다. 또한 통상의 분말 공정에 의해 제조되기 때문에 원하는 형상으로 제조하는 것이 용이하다. 그러나 비자성체인 고분자 바인더가 첨가됨으로써 자기변형 특성이 다소 감소되는 단점이 있을 수 있으며, 합금 분말의 형상이나 고분자와의 복합비를 최적화하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 FeCoGe/페놀 복합체의 페놀 함량에 따른 자기변형율을 비교적 장치가 간단하며 정확도가 높은 스트레인 게이지법을 이용하여 페놀 함량에 따른 FeCoGe/페놀 복합체의 외부 자기장인가에 대한 자기변형(magnetostriction)을 측정평가 하였다.

2. 실험 및 실험방법

본 연구에서 사용한 시료는 벌크형 FeCoGe/페놀 복합체를 사용하였다. FeCoGe/페놀 복합체 시료는 3wt.%, 5wt.%, 7wt.%, 10wt.% 4종류로 하였으면 자기장의 세기에 따른 자기변형특성을 측정하기 위하여 스트레인 게이지를 시료의 길이 방향으로 부착하였으며 이때 사용한 접착제는 충분한 시간을 두고 건조시킨 후 측정하였다. 인가자기장은 전자석에 의해 자계를 발생시켰다. 또한 측정장치를 충분히 예열을 시킨 후 측정하여 열로 인한 오차를 최소화 하였다.

인가자계의 세기는 0~4300 Oe까지 변화시키면서 측정하였으며 시료의 길이 방향으로 인가하였다. 그림1은 자기변형을 측정하기 위한 장치의 개략도

이다. 시편에 자기장이 인가되면 시료의 길이가 자계의 크기나 방향에 따라 압축되거나 수축하는 자기변형이 일어나는데, 스트레인 게이지를 통하여 전기저항의 변화를 전압으로 출력되어 감지하게 된다. 저항변화에 의한 출력전압은 일반적으로 μV 단위이므로 적절한 증폭을 위해서는 저항변화와 무관한 offset 전압을 제거하여야 하는데, 이러한 목적으로 휘스톤 브리지를 사용하였다. 휘스톤 브리지의 출력전압과 스트레인의 관계를 식(1)에 나타내었다.

$$e_0 = \frac{E}{K_s} \times \epsilon_0 \quad (1)$$

여기서, e_0 는 출력전압, K_s 는 스트레인게이지의 게이지율, ϵ_0 는 스트레인, E 는 브리지전압(입력전압)을 나타낸다. 휘스톤브리지의 출력전압을 노이즈의 영향을 받지 않고 정밀하게 측정하기 위해 Lock-in-amp를 사용 증폭하였다. Lock-in-amp에서 나오는 출력전압과 스트레인의 관계식을 식(2)에 나타내었다.

$$\epsilon_0 = 2 \times \frac{e_0}{E} \quad (2)$$

자기변형은 스트레인에 의해 정리한 것과 같으며 스트레인 게이지를 사용할 경우 스트레인 게이

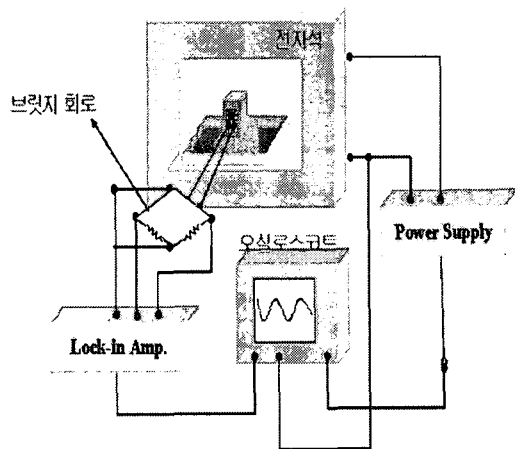


그림 1. Schematic diagram of the apparatus of magnetostriction measurement.

Table 1은 Lock-in-amp의 증폭율을 나타내고 있다. 증폭율은 순도 99.9% Ni을 이용하여 보정하였다. 출력전압과 스트레인의 관계식을 식(3)에 나타내었다.

$$G = \frac{2 \times e_0}{E \times \epsilon_0} \quad (3)$$

여기서, G는 증폭율은 나타낸다.

Table. 1. A amplification constant of lock-in-amp.

Range [mA]	증폭률
500	5
200	12.5
100	25
50	50
20	125
10	250
5	500
2	1250
1	2500
0.5	5000
0.2	12500
0.1	25000
0.05	50000
0.02	125000
0.01	250000
0.005	500000
0.002	1250000
0.001	2500000

그림 2 FeCoGe/페놀 복합체에 대한 자기변형 측정장치이다.

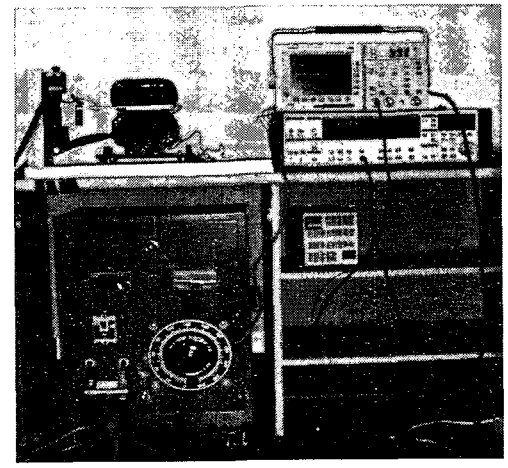


그림 2. Photograph of bulk magnetostriction measurement.

3. 실험결과 및 고찰

그림3은 자기변형 복합체의 페놀 함량에 대한 인가자기장에 따라 변하는 결과를 전압으로 측정하여 스트레인으로 변환하여 나타내었다. 그림3에서 보는 바와 같이 페놀함량이 증가됨에 따라 자기변형치가 증가됨을 알 수 있다.

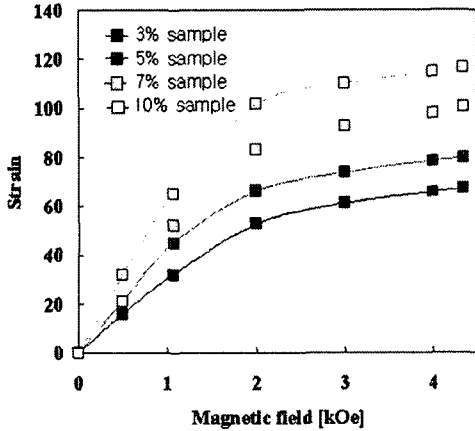


그림 3. Applied magnetic field dependence of Strain do the composites.

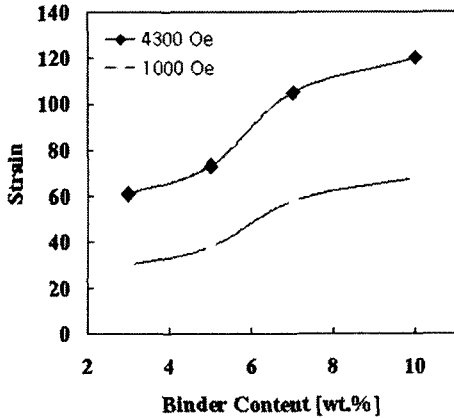


그림 4. Binder content of Strain of the composites.

그림4는 페놀함량에 따른 4300Oe, 1000Oe에서의 스트레인값을 나타내고 있다. 4300Oe의 인가 자기장 하에서 61ppm에서 120ppm으로 증가하였으며 1000Oe의 낮은 자기장에서 33ppm에서 62ppm으로 증가하여 자장에 따른 자기변형치가 유사한 경

향을 보여주고 있다. 이는 함량을 가진 시편에서는 바인더가 분말의 자기변형을 전달하기에 충분하게 코팅되지 못하였기 때문이라 생각된다.

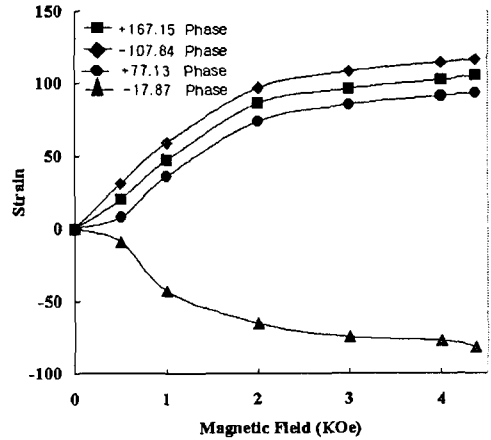


그림 5. Applied magnetic field dependence of Strain of the 10wt.% composite.

그림5은 10wt.% 페놀 복합체를 사용하여 Lock-in-amp의 변조위상에 따른 자기변형치를 나타내고 있다. phase가 -107.84도에서는 최대자기 변형치인 120ppm이 나왔으며 -17.87도에서는 자기변형이 음의 값을 나타내었다. 동상의 위상에서 반복하여 측정하였을 경우 ± 5 도의 오차범위에서 그림5와 같은 자기변형치를 보였다. 이는 phase에 따라 자기변형치가 달라진다는 것을 나타낸다. 따라서 Lock-in-amp를 사용하여 미소신호를 측정시 변조위상에 대한 보정을 하여야 한다.

4. 결론

본 연구에서는 스트레인 게이지와 휘스톤브리지 회로, 노이즈 및 증폭을 위한 lock-in-amp등을 사용하여 벌크형 FeCoGe/페놀 복합체의 페놀함량에 따른 정적 자기변형 특성을 측정하였다. 측정에서 알 수 있듯이 자기변형치는 μV 였으며 이러한 미소신호를 측정할 경우, Lock-in-amp의 증폭률을 1.25×10^4 배까지 측정 할 수 있어 자기변형과 같은 미소 신호를 측정할 때 유용하다는 것을 알 수 있었다. 자계인가에 따른 자기변형은 페놀함량이 증가함에 따라 자기변형치가 증가하였으며 10wt.%에서 최대 자기변형치인 120ppm을 측정하였다.

본 연구결과물은 과학기술부·한국과학재단에서
지정한 지역협력연구센터(RRC)및 산업자원부·
한국산업기술평가원에서 지정한 지역기술혁신센
터(TIC)인 동의대학교 전자세라믹스센터의 지원
에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] B. D. Culity, Introduction to magnetic materials, Addition-Wesley Publishing Company, ch. 7 (1972)
- [2] T. Nakata, N. Takahashi, M. Nakata, "Magnetostriction Measurement with a laser Doppler Velocimeter", IEEE Trans. Magn.vol 30. no 6. (1994)
- [3] M. Enokizono, K. Takahashi, Y. Yamaura "Development of a new strain gage for measurement of two dimensional magnetostriction", J. Magn, Mater., 196 (1999)
- [4] Y. Takahashi, "미소 신호측정에 사용하는 Lock-in-amp와 그 응용", 전자기술, 12월 호 (1998)