

분말법에 의해 제조된 Tb-Dy-Fe 벌크 자기변형 재료의 자기적 및 자기변형 특성

한국과학기술연구원 김 상록*·장 석이·임 상호
 한남대학교 손 대락·남 진택

Magnetic and Magnetostrictive Properties of Tb-Dy-Fe Bulk Materials
 Prepared by the Powder Method

Korea Institute of Science and Technology S. R. Kim, S. Y. Kang and S. H. Lim
 Hannam University J. T. Nam and Derac Son

1. 서 론

1972년 Clack 등[1]에 의해 R-Fe 합금계가 상온에서 거대 자기변형을 갖는다는 사실이 밝혀진 이래로 이 재료의 디바이스 응용에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. 그러나 이 재료는 결정자기이방성 에너지가 매우 커서 큰 자기변형을 얻기 위해서 큰 자기변형을 필요로 한다는 단점을 지니고 있다. 이러한 자기장 민감성이 나쁘다는 단점을 해결하기 위하여 개발된 재료가 Terfenol-D라고 불리는 $Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_2$ 합금[2]이다. 그러나 이 재료는 단결정으로 성장시켜야 하는 등 공정 비용이 비싸고, 고주파 영역에서의 사용이 제한되는 등의 단점을 지니고 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여 $Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_2$ 모합금으로부터 분말법을 이용하여 벌크를 제조하는 공정에 대하여 연구하였고, 이 때 벌크의 자기변형 특성에 미치는 공정상의 인자들에 대하여 조사하였다.

2. 실험 방법

유도용해 방법으로 $(Tb_{0.3}Dy_{0.7})_{0.33}Fe_{0.67}$ 모합금을 제조하였고, Glove box 내에서 분쇄하여 분말을 얻었다. 여기에 분말들을 결합시키기 위한 바인더로서 페놀을 혼합하였으며, 페놀 혼합을 용이하게 하기 위한 용제로서 THF (TetraHydroFuran)를 사용하였다. 혼합물을 상온에서 진공 건조시킨 후, 건조된 혼합물을 다시 분쇄하여 적정 크기의 분말로 만든 다음 이를 상온에서 압축성형하였으며, 이 압축성형체를 150 °C의 진공중에서 경화 (curing)시켜 벌크 자기변형 재료를 얻었다. 이 벌크 재료에 대하여 진동시료 자력계를 사용하여 자기적 성질을 측정하였고, LVDT 방식을 이용한 벌크 자기변형 측정장치를 사용하여 시료에 압축응력 (prestress)을 가하면서 자기변형 특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

압축성형시 성형 압력에 따른 자기변형을 측정한 결과, 성형 압력이 0.5 GPa 이하인 경우에는 성형체가 충분한 강도를 가지지 못하였으며, 성형체가 충분한 강도를 가지는 0.5 GPa 이상의 압력에서는 압력이 높을수록 인가 가능한 최대 자기장 1.1 kOe에서의 자기변형 (λ_1) 값이 작게 나타났다. 또한 실제로

디바이스에 응용할 때 중요한 특성인 낮은 자기장 영역에서 자기장 변화에 따른 자기변형의 최대 기울기에서의 값($\Delta \lambda / 100 \text{ Oe}$)도 성형 압력이 클수록 작게 나타났다.

분말 입자 크기에 따른 자기변형 값을 측정해 본 결과, λ_1 은 분말 입자 크기가 클수록 크게 나타났으며 125~150 μm 크기의 분말을 사용하였을 때 535 ppm의 값을 얻었다.(Fig.1) 최대 기울기에서의 $\Delta \lambda / 100 \text{ Oe}$ 값도 분말 크기가 클수록 크게 나타났으며 125~150 μm 크기에서 약 1.3 ppm/Oe의 값을 얻었다.(Fig.2) 또한 분말 크기에 따른 압축 강도를 측정해 본 결과 분말 입자가 클수록 압축 강도는 작은 것으로 나타났다.

페놀의 함량에 따른 자기변형 특성을 조사한 결과, 페놀 함량이 많을수록 λ_1 및 $\Delta \lambda / 100 \text{ Oe}$ 값은 감소하는 것으로 나타났으며 페놀 함량이 3 wt% 일 때 가장 우수하였다.

자기변형 측정시 시료에 인가하는 prestress에 따른 자기변형 특성을 조사한 결과, prestress가 증가함에 따라 λ_1 값이 증가하여 약 5 MPa에서 최대를 나타낸 후 그 이상의 prestress에서는 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며 $\Delta \lambda / 100 \text{ Oe}$ 값은 5 MPa에서 최대를 나타낸 후 다시 감소하였다.

4. 참고문헌

- [1] A. E. Clark, Ferromagnetic Materials, vol.1, E. P. Wohlfarth(Ed.), North-Holland, Amsterdam (1980) chap.7
- [2] A. E. Clark, AIP Conf. Proc. No18, New York: American Institute of Physics, New York (1974) p. 1015

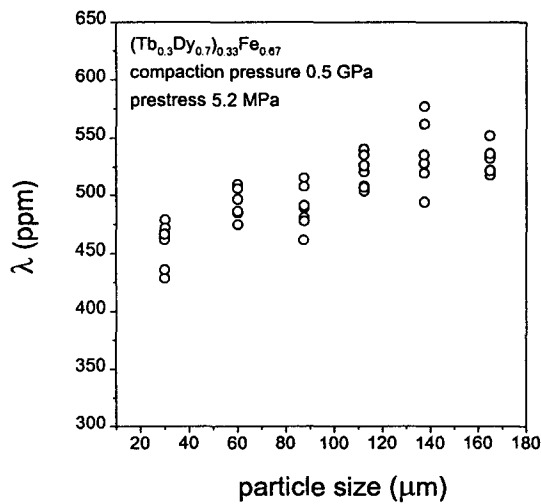


Fig.1 분말 입자 크기에 따른 자기변형

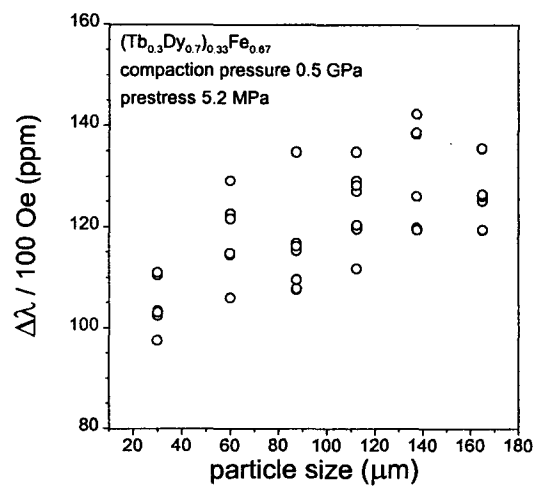


Fig.2 분말 입자 크기에 따른 자기변형의 자기장 민감도