

요 약 문

한국과학기술원 박 원 제*, 이 진 형
 한남대학교 물리학과 손 대 략

MAGNETIZATION MODELING OF
 A GIANT MAGNETOSTRICTIVE MATERIAL, TERFENOL-D

KAIST W. J. Park*, Z. H. Lee
 Hannam University D. R. Son

1. 서 론

거대자기변형재료로서 잘 알려진 Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe₂ 합금(Terfenol-D)은 자성을 띠면서 매우 취성이 강한 Laves 상(REFe₂, RE=Tb_{0.3}Dy_{0.7})과 자성은 없으면서 단지 재료의 인성을 높이기 위해 첨가하는 연성 RE 상으로 구성되며, 자기변형률을 최대화하고 결정립계에서 발생하는 에너지 손실을 최소화하기 위해 일 방향으로 정렬된 단결정 혹은 다결정으로 제조한다. 이를 위해 일방향응고를 시키며, 응고조직에서 RE 상은 REFe₂ 수지상의 경계에 편석된 skeleton network 구조를 이룬다.

Terfenol-D의 결정자기이방성 상수(K₁)는 약 -6×10^4 J/m³이며, 입방정구조에서 그렇듯이 K₁이 음인 Terfenol-D는 자화용이축이 111 방향이다. 한편 111 방향으로의 자왜율이 최대이기 때문에 결정의 성장 축도 이 방향이 될 때 최적의 성능을 얻을 수 있다. 하지만 REFe₂ 수지상의 우선성장방향은 응고조건에 따라 110, 112 혹은 113이 되며, 111 방향으로 성장시키기 위해서는 종자결정을 사용해야만 한다.

Terfenol-D는 강한 자기탄성결합을 갖고 있기 때문에 자기모멘트의 배향이 외부응력에 영향을 받는다. 압축응력이 가해질 경우, 자기모멘트는 응력축에 수직으로 놓기 때문에 미리 압축응력을 가한 상태에서 동일한 축방향으로 자화를 시키면 자왜율이 증가하고 포화자화값이 감소한다. 본 실험에서는 Terfenol-D가 특정한 축으로 성장했을 때, 자왜곡선, 자화곡선 그리고 응력의존성 및 기타 자기적 성질 들을 모델링을 통하여 계산하였고, 이를 실험결과와 비교하였다.

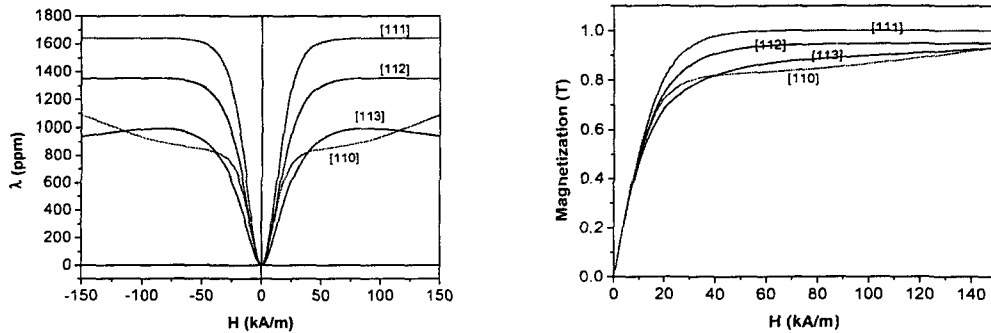
2. 실험방법

부피분율로 20%의 RE 상을 갖는 Tb_{0.3}Dy_{0.7}Fe_{0.95} 합금을 석영도가니에 고순도 Ar으로 밀봉하여 zone melting 법으로 일방향응고하였다. Feeder ingot은 균일한 조성 및 형상을 보장하기 위하여 진공흡입주조법으로 봉형상으로 주조되었다. 응고계면에서의 온도구배는 약 20°C/mm 였으며, 도가니의 인상속도는

7 $\mu\text{m/s}$ 이었다. 성장된 결정의 성장축은 극점도를 이용하여 조사하였다. 자성측정을 위해 성장시킨 결정을 약 $4 \times 4 \times 20 \text{ mm}^3$ 의 사각기둥모양으로 절단하였다. 자기변형률은 선형성이 우수한 LVDT로 측정하였고, 자화강도는 솔레노이드와 서치코일을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

계산에 이용한 모델은 3차원 anisotropic domain rotation model이다.^[1] 그림 1은 각각 [111], [112], [110], [113] 방향으로 성장한 Terfenol-D에 성장축을 따라 자장을 가했을 경우의 이론적인 자기변형곡선이며, 그림 2는 초기자화곡선이다. [110]과 [112]는 모두 Terfenol-D에서 자주 관찰되는 우선성장방향인데, 동일한 온도구배하에서 성장속도가 낮을 경우에는 110 방향으로, 성장속도가 비교적 빠를 경우에는 112 방향임이 관찰되었다. 디바이스가 가능한 낮은 자장 하에서 민감하게 반응하는 것이 좋으므로, [110] 결정보다는 [112] 결정이 바람직한 것으로 조사되었다.



4. 결론

이론적으로 예측한 자왜곡선 및 자화곡선의 성장축 의존성은 실험결과와 잘 일치하였다. 본 모델을 발전시켜, 우선성장방향이 혼합된 경우에서의 자기특성, 미시편석에 의해 결정자기이방성 상수가 바뀌어 자화재배열이 일어난 경우에서의 자기특성 등도 예측되어 질 수 있으며, 현재 이를 실험적으로 검증하고 있다.

5. 참고문헌

[1] D.C. Jiles and J.B. Tholke, *J. Magn. Magn. Mater.* 134 (1994) 143-160