

급냉응고된 Sm-Fe-B 합금 리본의 자기변형

한국과학기술연구소 김 상록* · 임 상호
고려대학교 강 석이 · 이 성래

Magnetostriction of Rapidly Quenched Sm-Fe-B Alloys

KIST S. R. Kim*, S. L. Lim
Korea University S. Y. Kang, S. R. Lee

1. 서 론

입방정 Laves 구조를 갖는 희토류-천이금속계 합금들이 상온에서 거대자기변형을 갖는다는 사실이 밝혀진 이래로 이 재료를 액추에이터 등에 이용하고자 하는 연구들이 많이 이루어져 왔다.[1] 그러나 이 재료는 결정자기이방성이 매우 커서 큰 자기변형을 얻기 위해서는 큰 외부자기장을 필요로 한다. 이러한 결점을 해결하기 위하여 여러가지 시도가 이루어졌는데, 1980년대 후반부터 미세조직의 제어를 통하여 유효결정자기이방성을 감소시키고자 하는 연구들이 있었다. 이것의 이론적 배경은 결정립 크기가 강자성 상호교환 길이보다 작으면 유효 자기이방성이 감소한다는 것에 있다.[2] Kikuchi 등은 비정질상 TbFe₂를 제조한 후, 추가적인 열처리를 통하여 초미세 결정립을 갖는 리본을 제조하였으며[3], 본 연구자들은 Dy-Fe-B 및 Tb-Fe-B 합금에 대하여 적절한 냉각속도와 B 첨가에 의해 급냉응고된 상태에서 초미세 결정립을 갖는 리본을 제조하였고 이 리본이 낮은 자기장 범위에서 우수한 자기변형 특성을 갖는다는 것을 확인하였다.[4,5]

본 연구에서는 Sm-Fe계 합금에 대하여 위와 유사하게 냉각속도 및 B 첨가에 따른 자기변형 및 미세구조·자기적 특성의 변화를 살펴보았다. 본 실험에서 연구된 합금은 (Sm_{0.33}Fe_{0.67})_{1-x}B_x이고, x=0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04이다.

2. 실험 방법

Ar 분위기하에서 유도용해 또는 아크용해법을 이용하여 (Sm_{0.33}Fe_{0.67})_{1-x}B_x 합금을 제조하였고, 이 합금을 Ar 분위기하에서 회전하는 Cu 휠 위에 분사하여 리본을 제조하였다. 휠 표면의 선속도는 10~50 m/sec으로 하였고, 그 외의 실험 조건은 모두 동일하게 유지하였다. 노즐의 직경은 약 0.5 mm였고, chamber의 압력과 분사압력은 각각 2.1×10^{-2} , 1.85×10^{-1} MPa로 하였다. 제조된 시료에 대하여 3단자 전기용량법을 이용한 자기변형 측정장치를 사용하여 최대 8 kOe까지 자기장을 가하면서 자기변형을 측정하였고, X-선 회절장치 및 TEM을 사용하여 미세조직 특성을 분석하였으며, VSM을 사용하여 최대 15 kOe까지 자기장을 가하면서 자기적 특성을 측정하였다.

3. 실험 결과

각 합금에서 휠의 선속도를 증가시킴에 따라 결정립의 크기가 감소하였고, B 함유량이 많아짐에 따라 높은 휠 선속도에서 비정질상이 생성되었는데, B 함유량이 많아질수록 점차 낮은 휠 선속도에서 비정질

상이 생성되었다. $x=0.01$ 이상의 합금에서 10 m/sec의 경우를 제외하면, 휠 선속도가 증가함에 따라 최대 자기변형이 증가하고 낮은 자기장에서의 자기변형의 자기장 민감도 향상되었으며, B 함량 증가에 따라서는 동일한 휠 선속도에서의 자기변형은 큰 차이를 보이지 않고 미미한 감소를 나타냈다. 각 합금에서의 10 m/sec에서의 자기변형은 B 함량이 증가함에 따라 최대 자기변형과 자기장 민감도가 급격히 감소하였다. 그러나 본 실험에서 얻은 자기변형의 절대값은 B를 함유하지 않은 합금의 10 M/sec에서의 값이 650 ppm 정도이고, 자기장 민감도가 우수한 높은 휠 선속도에서의 값이 200 ppm 정도로서, bulk SmFe_2 의 값보다 매우 작았다. 그리고, 낮은 자기장을 갖는 시료에서 우수한 자기장 민감성을 얻었으며, 보자력과 자기장 민감성은 서로 밀접한 상호관계를 가짐을 알 수 있었다. 포화자화는 B 함유량과 비정 질상의 생성에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

- ① A. E. Clark, *Ferromagnetic Materials*, vol.1, E. P. Wohlfarth (ed.), North-Holland Pub. Co., Amsterdam, chap.7 (1980)
- ② S. Kikuchi, T. Tanaka, S. Sugimoto, M. Okada, M. Homma and K. Arai, *J. Magn. Soc. Jpn.*, **17**, 267 (1993)
- ③ S. Legvold, J. Alstad and J. Rhyne, *Phys. Rev. Lett.*, **10**, 509 (1963)
- ④ S. H. Lim, T. H. Noh, I. K. Kang, S. R. Kim and S. R. Lee, *J. Appl. Phys.*, **76**, 7021 (1994)
- ⑤ S. H. Lim, S. R. Kim and H. J. Kim, *IEEE Trans. Magn.*, **32**, 4770 (1996)

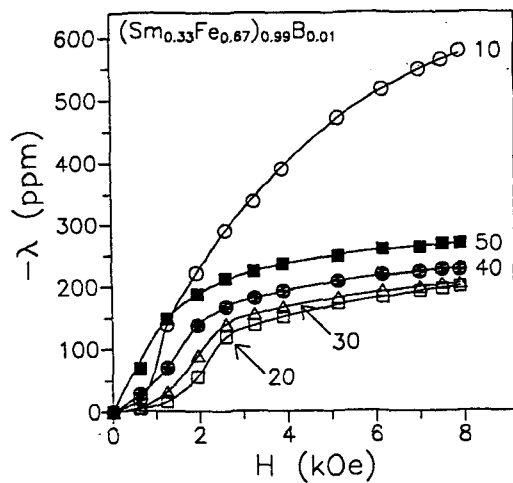


Fig.1 The λ -H curves for $(\text{Sm}_{0.33}\text{Fe}_{0.67})_{0.99}\text{B}_{0.01}$ alloy. The numbers at the curves denote wheel speed in m/sec during melt-quenching.

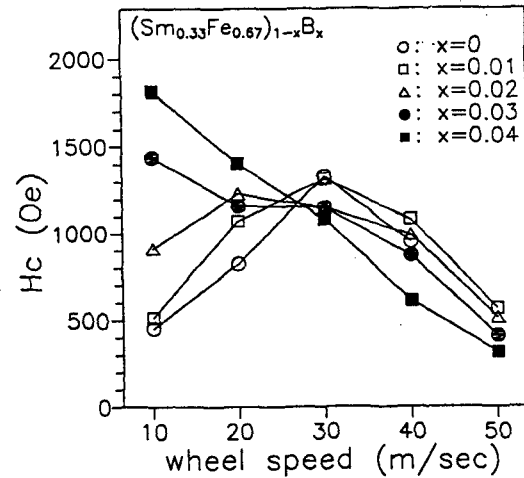


Fig.2 The values of H_c as a function of wheel speed for the alloys $(\text{Sm}_{0.33}\text{Fe}_{0.67})_{1-x}\text{B}_x$.