

비스바우어 분광학과 δM plot을 사용한 Nanocomposite magnet의 자기특성 규명 연구

한 중 수* · 김 응 찬
영남대학교 물리학과, 경산시

양 충 진 · 박 언 병
포항산업과학연구원(RIST), 나노프로젝트팀, 포항시 P.O.Box 135

Nano 결정립 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}+\text{Fe}_3\text{B}$ 복합상 자성 리본은 Extractive melt spinner의 wheel speed를 달리하여 제조하였다. 초기 조성은 $\text{Nd}_4\text{Fe}_{77.5}\text{B}_{18.5}$ 이고, 이후 제조한 자성 리본의 자기특성은 VSM 및 AGM(Alternating gradient magnetometer)으로 측정하였다. wheel speed 1500rpm, 650°C 에서 10분간 열처리한 자성 리본에서 $B_r = 11.73 \text{ kG}$, $H_c = 3.082 \text{ kOe}$, $(BH)_{\max} = 12.28 \text{ MGOe}$ 의 자기특성이 나타났다. 이러한 자기특성 원인 규명을 위해 δM plot과 비스바우어 분광학을 사용하였다. δM plot을 통해 exchange coupling은 초미세립 복합상의 잔류자속밀도에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한, 비스바우어 분광학을 통해 경자성상($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$)과 연자성상 Fe_3B 의 부피분율비가 7:3 정도일 때 가장 최적의 자기특성을 발현하였다. 이 경우에 초미세립 복합상의 상호작용력이 가장 크게 발현하는 것으로 판단된다.

주제어 : 초미세립 복합상, δM plot, 비스바우어, exchange coupling

1. 서론

최근 nano결정립의 초미세립으로 존재하는 연, 경자성상 사이에서 유발되는 교환상호작용력은 자성상이 규칙적으로 잘 정렬된 경우에 최대자기에너지적(maximum energy product), $(B.H)_{\max}$ 를 극대화시킬 수 있다고 하였다[1]. 이러한 초미세립 복합상 영구자석의 잔류자속밀도와 보자력(H_c)는 자성체 결정 입자간 교환상호작용력에 큰 영향을 받는다[2,3].

본 연구에서는 Melt spinner의 wheel speed에 따른 초미세립 복합상 자성리본의 자기특성을 조사하고, wheel speed가 자기특성에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 따라서, 초미세립 복합상에 큰 영향을 미칠 것이라 판단되는 상호작용력을 δM plot을 통해 평가하고, 비스바우어 분광학을 이용해 자성리본에 존재하는 연·경자성상의 부피분율을 알아보려고 하였다[4-6].

2. 실험방법

순도 99.9 % Nd와 Fe, 99.5 % B을 사용하여 $\text{Nd}_4\text{Fe}_{77.5}\text{B}_{18.5}$ 조성으로 칭량하고, Ar 분위기 하에서 플라즈마 아크 용해 방법을 사용하여 균일한 조성의 주괴(ingot)를 제조하기 위해 3차례 반복 용해 하였다. 제조한 주괴를 축출형 용융회전식(extractive melt spinning) 급냉장치[15]를 사용하여 급속냉각 자성 리본으로 제조하였다. 사용한 급냉회전체는 Mo wheel 로써 냉각회전체의 속도는 1000, 1500, 2000rpm 으로 하였다.

제조한 급냉 리본은 10^{-5} Torr의 고진공에서 $620\sim 710^\circ\text{C}$ 까지 분당 20°C 증가시킨 후 등온상태에서 10분간 열처리 후 급냉하였다. 열처리한 리본은 일본 Toei 사의 진동시료형 자력기(vibrating sample magnetometer)를 이용하여 16 kOe의 자장을 인가한 가운데 자기특성을 측정하였다. 또한, 상호작용력은 미국 프린스턴사의 AGM(alternating gradient magnetometer)으로 δM plot을 통해 분석하였다. 비스바우어 분광학을 사용하여 자성리본의 연·경자성상의 부피분율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

extractive melt spinner을 사용하여 제조한 초미세립 복합상 자성리본은 wheel speed 1500rpm, 열처리 온도 650℃에서 최적 자기특성($B_r = 11.73$ kG, $H_c = 3.082$ kOe, $(BH)_{max} = 12.28$ MGOe)을 나타내었다. 이는 wheel speed와 열처리 온도가 결정립의 크기와 연·경자성상의 부피분율에 큰 영향을 미칠 것이라 판단된다. 따라서 δM plot과 뫼스bauer 분광학을 사용해 상호작용력 및 연·경자성상의 부피분율을 조사하였다. δM plot을 통해 상기의 자성리본에서 교환상호작용력이 가장 크게 나타나고 있었다. 이는 교환상호작용력이 초미세립 복합상의 잔류자속밀도에 큰 영향을 미치고 있다고 판단된다. 또한, 뫼스bauer 분광학을 사용하여 계산한 연·경자성상의 부피분율은 연자성상이 조금씩 증가할수록 초미세립 복합상의 잔류자속밀도를 감소시킨다.

4. 참고문헌

- [1] R. Skomski and J. M. D. Coey, IEEE. Trans. Magn., 29, 2860(1993).
- [2] R. Fiesher, T. Schrefl, H. Kronmüller and J. Fidler, J. Magn. Magn. Mater., 153, 35(1996).
- [3] G. C. Hadjipanayis and W. Gong, J. Appl. Phys., 64, 5559(1988).
- [4] Z.H. Cheng, B.G. Shen, M.X. Mao, J.J. Sun, F.W. Wang and Y.D. Zhang, J. Phys., 7, 3949 (1995).
- [5] L.X. Liao, Z. Altounian and D.H. Ryan, Phys. Rev. B., 47, 230(1993).
- [6] J.M. Breton and S. Steyaert, J.Phys., 11, 4941(1999).