V-2

$Nd_8Fe_{86-x}Nb_x(x=0,1,2,3)B_6$ nanocomposite magnet의 자기적 특성 연구
(The study for magnetic properties of $Nd_8Fe_{86-x}Nb_x(x=0,1,2,3)B_6$ nanocomposite magnet)

한종수*[1,2], 양충진[1], 박언병[1], 김웅찬[2]

[1] 포항산업과학연구원 나노프로젝트팀, P.O.Box 135 포항 790-600
[2] 영남대학교 물리학과, 214-1, 경산 712-749

1. 서 론

Nd계 희토류 조성의 초미세립 복합상 영구자석은 nanoscale의 결정립으로 혼성, 복합화된 연자성상(α-Fe 혹은 Fe_3B)과 경자성상($Nd_2Fe_{14}B$)간의 교환상호작용(exchange coupling)에 의해 자기특성을 크게 개선할 수 있다는 점에서 nanocomposite에 대한 연구와 용도개발이 진행중에 있다[1~3].

현재까지 높은 잔류자속밀도를 가지는 Fe_3B base의 nanocomposite은 제품 응용시 3.5 kOe의 낮은 보자력으로 인해 큰 어려움을 겪고 있었다. 따라서, 본 연구에서는 5 kOe 이상의 보자력을 나타내는 nanocomposite 자성재료를 개발하고자 Nd의 함량을 높이고, 비정질 촉진 및 보자력 향상을 위해 Nb을 첨가한다. 또한, 본 연구에서 사용한 melt-spinning 공법은 냉각속도에 따라 결정되는 초기 자성분말의 상태가 후속 열처리 과정에 아주 중요하며 초기의 비정질 상태를 평가하여 적정 열처리 후 자기특성을 평가해야만 한다. 이에 냉각속도에 따라 초기 제조된 nanocomposite 조건 정립을 통하여 최종 상태를 예측 후 대량 생산시의 효율을 높이고자 한다.

2. 실험방법

Ar 분위기 하에서 플라즈마 아크 용해 방법을 사용하여 균일한 조성의 주괴(ingot)를 제조하고, 제조한 주괴를 축출형 용융회전식 (extractive melt spinning) 급냉장치를 사용하여 급속냉각 자성리본을 제조하였다. 급냉회전체의 냉각속도는 15~24 m/s로 가변시켰고, 적정 열처리 후 자기특성을 VSM으로 평가하였다. XRD, TEM으로 결정학적 변화요인을, AGM으로는 자기적 변화요인을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

초기 냉각속도에 따라 제조된 자성분말의 비정질 상태를 확인하고자 AGM으로 측정한 자기특성 결과를 Fig.1에 나타내었다. Nb 첨가시 냉각속도 15.5 m/s에서 결정립이 존재하는 곡선을 나타내고, 냉각속도 20~22.4 m/s에서는 비정질과 결정립이 혼재하다가 23.7 m/s에서야 거의 비정질 상태를 나타내었다. 또한, Nd-Fe-B만으로는 20 m/s에서 결정립 존재하는 곡선을 나타내지만, Nb 첨가시 비정질과 결정립이 혼재한 곡선을 나타내었다.

보자력 향상을 위해 첨가한 Nb의 영향을 파악하고자 후속 열처리후 자기특성을 Fig.2에 나타내었다. 최대자기특성은 냉각속도 20 m/s, 650 ℃에서 10분간 열처리한 (c)에서 B_r = 9.791 kG, $_iH_c$ = 5.565 kOe, 그리고 $(BH)_{max}$ = 14.61 MGOe였다. Nb 첨가시 Nd-Fe-B 조성보다 잔류자속밀도는 대체적으로 감소하나 보자력은 증가하였다.

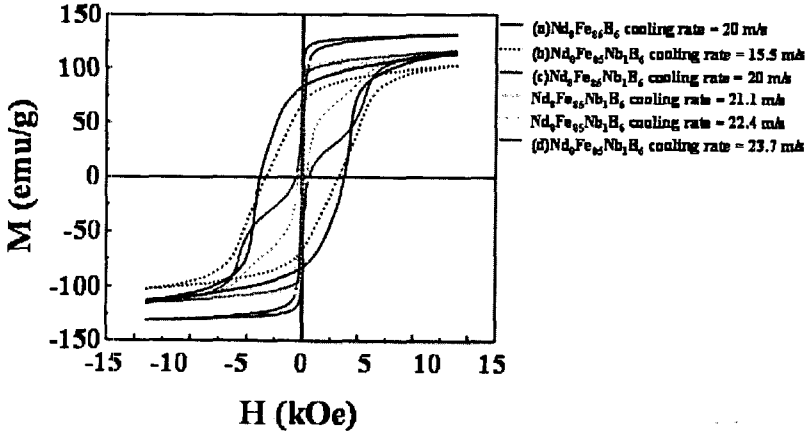

Fig.1 Magnetic properties measured from as-spun powders.

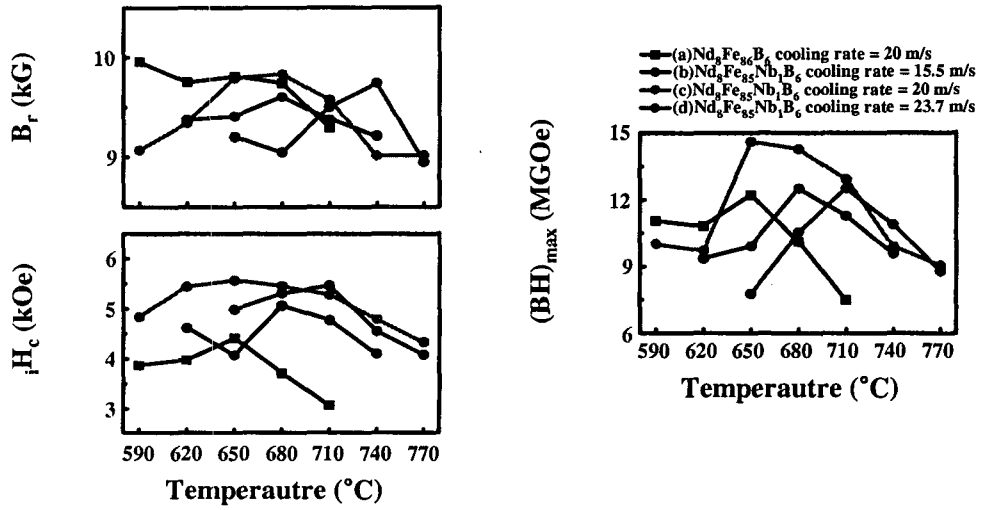

Fig.2 Magnetic properties measured from melt spun powders followed by post annealing.

4. 결 론

Nd-Fe-B 계에 Nb을 첨가하여 melt-spinning 공법으로 냉각속도 20 m/s에서 급냉 자성분말을 제조하였을때 비정질 및 결정립이 혼재된 상태를 나타내지만 최적 열처리 조건에서 최고의 자기특성을 얻었다. 특히, 고성능 소형모터에 적용 가능한 5.5 kOe의 보자력을 나타내는 nanocomposite을 개발하였다.

5. 참고문헌

[1] R. Skomski and J. M. D. Coey, IEEE. Trans. Magn., **29**, 2860(1993).

[2] R. Ficsher, T. Schrefl, H. Kronmuller and J. Fidler, J. Magn. Magn. Mater., **153**, 35(1996).

[3] G. C. Hadjipanayis and W. Gong, J. Appl. Phys., **64**, 5559(1988).