

## Nd<sub>8</sub>Fe<sub>86-x</sub>Nb<sub>x</sub>B<sub>6</sub>(x=0,1,2,3) 초미세립 복합상 영구자석에서 입간 결정립의 되스바우어 연구

### (Mössbauer study on intergranular phases in Nd<sub>8</sub>Fe<sub>86-x</sub>Nb<sub>x</sub>B<sub>6</sub>(x=0,1,2,3) nanocomposite magnet)

한중수<sup>\*1,2</sup>, 양충진<sup>1</sup>, 박언병<sup>1</sup>, 김용찬<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 포항산업과학연구원 나노프로젝트팀, P.O.Box 135 포항 790-600

<sup>2</sup> 영남대학교 물리학과, 214-1, 경산 712-749

#### 1. 서론

Nanocomposite 영구자석은 나노크기의 연·경자성간 교환상호작용력에 의한 연자성의 높은 잔류자속밀도와 경자성의 고보자력을 혼성, 복합화한 자성재료이다. 특히, 잔류자화의 증가로 인해 최대자기에너지적을 크게 증가시킬 것이라 주목받고 있다. 잔류자화의 증가를 설명하기 위해서는 결정립 사이의 상호작용을 고려해야만 하며 Fukunaga 등은 micromagnetic simulation을 위한 모델에 입간 결정립을 존재시킴으로써 잔류자화의 증가를 해석하였다.<sup>1</sup> Inoue 등은 x-ray나 전자회절패턴을 통해 입간 결정립이 비정질이라 보고하였다.<sup>2-4</sup> 소량의 Nb 첨가는 비정질화를 촉진시키고 더구나 결정립 성장을 억제하여 자기특성을 향상시킨다는 보고가 있었다.<sup>5</sup> 이에 본 연구는 자기특성을 향상시키기 위해 Nb를 첨가하고, 비정질의 영향을 파악하고자 Mössbauer spectroscopy를 사용하여 측정, 분석하고자 한다.

#### 2. 실험방법

Ar 분위기 하에서 플라즈마 아크 용해 방법을 사용하여 균일한 조성의 주괴(ingot)를 제조하고, 제조한 주괴를 추출형 용융회전식(extractive melt spinning) 급냉장치를 사용하여 급속냉각 자성리본으로 제조하였다. 급냉회전체의 냉각속도는 15~24 m/s로 가변시켰고, 적정 열처리 후 자기특성을 VSM으로 평가하였다. XRD, TEM으로 결정학적 변화요인을, AGM으로는 자기적 변화요인을 관찰하였다. 100~300 K까지 다양한 온도에서 Mössbauer spectroscopy를 통한 데이터를 분석하여 각 사이트의 변화를 살펴보았다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

결정립 성장을 억제하여 보자력 향상을 위해 첨가한 Nb의 영향을 파악하고자 후속 열처리후 자기특성을 Fig.1에 나타내었다. 최대자기특성은 냉각속도 20 m/s, 650 °C에서 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 보자력은 1.15 kOe, 최대자기에너지적은 2.4 MGOe 증가하였다.

비정질 합금에 대한 Mössbauer 스펙트럼은 매우 다양하고 유사하며 불규칙적인 흡수선을 나타낸다. 이 흡수선은 hyperfine field, quadrupole splitting과 isomer shift를 확장시킨다. 갖가지 방법들이 수많은 가정아래 측정된 결과를 평가하기 위해 사용되어 왔다.<sup>6</sup> 여기서는 hyperfine-field distribution을 사용하여 되스바우어 데이터를 분석하였다. Fig. 2는 (a) Nd<sub>8</sub>Fe<sub>86</sub>B<sub>6</sub>, 650 °C에서 열처리한 샘플을 150 K에서 측정한 Mössbauer 스펙트럼과 분석한 결과이다.

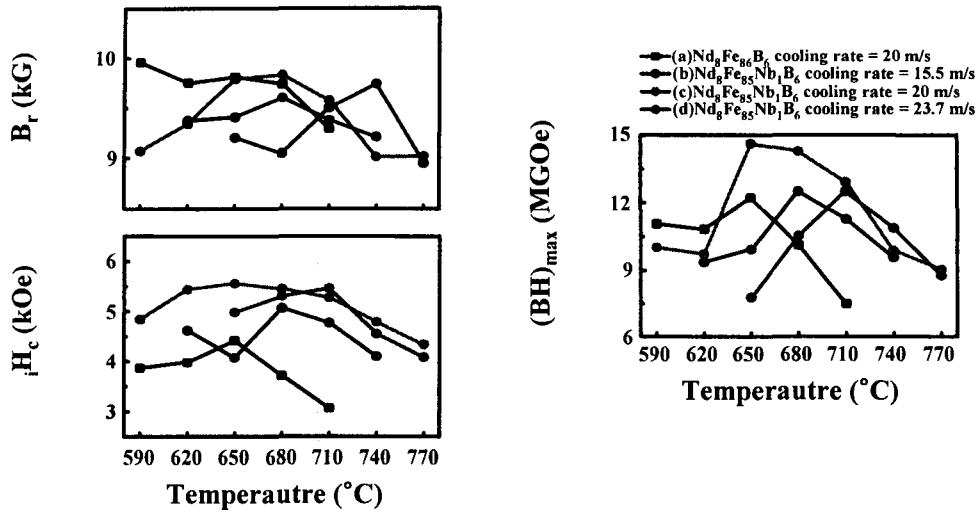


Fig. 1 Magnetic properties measured from melt spun powders followed by post annealing.

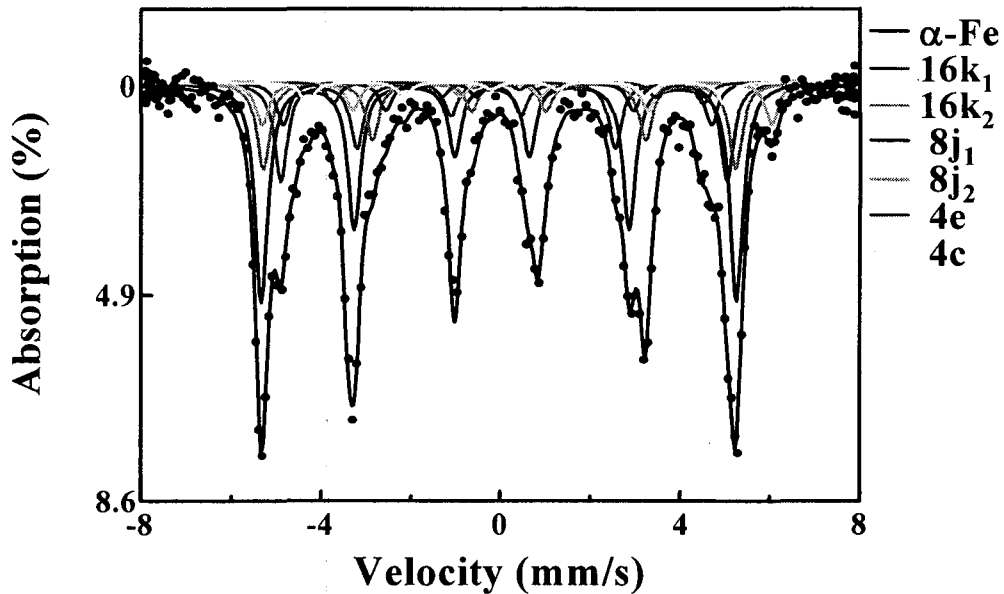


Fig. 2. Mössbauer spectrum at 150 K and analyzed results for  $\text{Nd}_8\text{Fe}_{86}\text{B}_6$  post annealed at 650 °C. The component with a hyperfine-field distribution corresponding to intergranular phase other than  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  and  $\alpha\text{-Fe}$  is represented by a dotted line in the spectrum.

#### 4. 참고문헌

- [1] H. Fukunaga, J. Kuma and Y. Kanai, IEEE Trans. Magn. 35, 3235(1999).
- [2] A. Inoue, A. Takeuchi, A. Makino and T. Matsumoto, Mater. Trans. JIM. 36, 676 (1995).
- [3] T. J. Konno, M. Uehara, S. Hirosawa, K. Sumiyama and K. Suzuki, J. Alloys Compd. 268, 278(1998).
- [4] P. G. McComick, W. F. Miao, P. A. I. Smith, J. Ding and R. Street, J. Appl. Phys. 83, 6256(1998).
- [5] A. Inoue, A. Takeuchi, A. Makino and T. Matsumoto, IEEE Trans. Magn. 31, 3626 (1995).
- [6] H. N. Ok and A. H. Morrish, Phys. Rev. B 22, 4215(1980).