

α -Fe계 Nd-(Fe,Co)-B-Nb-Cu합금의 자기적특성에 미치는 Nd과 B 함유량의 영향

충남대학교 김만중*, 千正男, 김택기
동부제강 기술연구소 조용수
한국표준과학연구원 김윤배

Effects of Nd and B contents on the magnetic properties of α -Fe based
Nd-(Fe, Co)-B-Nb-Cu alloys

*Chungnam National University M.J. Kim, Z.N. Qian, T.K. Kim
Technical Research Institute, Bongbu Steel Co., Ltd. Y.S. Cho
Korea Research Institute of Standards and Science Y.B. Kim*

1. 서론

최근 낮은 Nd 함유량을 갖는 Nd-Fe-B계 희토류자석에 대한 연구에서 포화자화가 큰 연자성상과 결정자기 이방성이 큰 경자성상의 교환상호작용에 의해 고 잔류자화를 나타내는 새로운 영구자석이 보고되고 있다[1~2]. 이와같은 (Fe₃B)-(Nd₂Fe₁₄B)합금은 급속응고한 후 결정화시켜 제조되며, Al, Si, Cu, Ga, Ag등을 첨가하여 결정립을 더욱 미세화함으로써 경질자기특성을 개선하려는 연구가 활발히 진행되고 있다[3]. 본 연구에서는 연자기특성이 우수한 α -Fe를 주상으로 하는 (α -Fe)-(Nd₂Fe₁₄B) 초미세결정립합금의 제조가능성 및 Nd 함유량 변화에 따른 자기특성을 조사하였다.

2. 실험방법

Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁(x=3, 4, 5) 합금을 아크로를 이용하여 Ar가스 분위기 중에서 모합금을 제조한 후, Cu 단를 급속응고장치를 이용하여 리본형상의 비정질시료를 제조하였다. 제조된 비정질합금을 석영관에 밀봉한 후 620 °C에서 720 °C까지 20 °C간격으로 10분간 행하였다. 자기특성은 펄스자석을 이용하여 약 8 T에서 착자시킨 후에 진동시편마그네토미터(VSM, LDJ model 9600)를 이용하여 7 kOe의 자장 하에서 측정하였다. 열분석은 DTA(Differential Thermal Analyser)를 사용하였으며, 상분석 및 미세조직관찰을 위하여 X-선회절장치와 투과전자현미경(TEM)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

(Fe₃B)-(Nd₂Fe₁₄B)형 Nd-Fe-B합금에 비하여 B와 Nd 양을 현저히 감소시키고 Nb와 Cu를 소량 첨가한 Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁(x=3, 4, 5)합금은 α -Fe(Co)상을 주상으로하는[α -Fe(Co)]-[Nd₂(Fe, Co)₁₄B]형 합금임을 x-선회절장치로써 확인하였다. Fig. 1은 Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁ (x=3, 4, 5) 비정질합금의 결정화 거동을 조사하기 위하여 측정된 DTA 실험결과이다. Fig. 1에서 Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁(x=3, 4, 5) 합금은 2개의 피크가 관찰되는 것으로 보아 2 단계에 걸쳐 결정화가 일어남을 알 수 있다. 또한 Nd의 함유량이 증가할수록 2차 피크 크기가 증가하는 경향을 나타낸다. Fig. 2는 급속응고법으로 제조된 Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁ 합금의 열처리온도에 따른 보자력의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 Nd의 함유량이 증가할수록 보자력은 전체적으로 증가한다. 이와 같은 결과는 Nd 함유량이 증가함에 따라 Nd₂(Fe,Co)₁₄B 상의 부피분율이 증가하였기 때문으로 사료된다. Fig. 3은 Nd_x(Fe₉₉Co₀₁)_{90-x}B₆Nb₃Cu₁ 합금의 최적열처리조건에서의 자기이력곡선을 나타낸 것이다. 전체적으로 각형성(squareness)이 우수하며, Nd의 함유량이 증가함에 따라 이상적인 spring

magnets에 가깝다는 것을 알수 있다. 이는 기존에 개발된 α -Fe(Co)기 $Nd_4(Fe_{0.9}Co_{0.1})_{82}B_6Nb_3Cu_1$ 합금보다 자 특성이 개선된 우수한 저 Nd함유 Nd-Fe-B합금이다.

4. 참고 문헌

- [1] R. Coehoorn, D. B. de Mooij, and C. de Warrd, *J. Magn. Magn. Mater.*, **80**, 101(1989).
- [2] E. F. Kneller and H. Hawig, *IEEE Trans. Mag.*, **27**, 3588(1991).
- [3] S. Hiroswa, H. Kanekiyo, and M. Uehara, *J. Appl. Phys.* **73**(10), (1993).

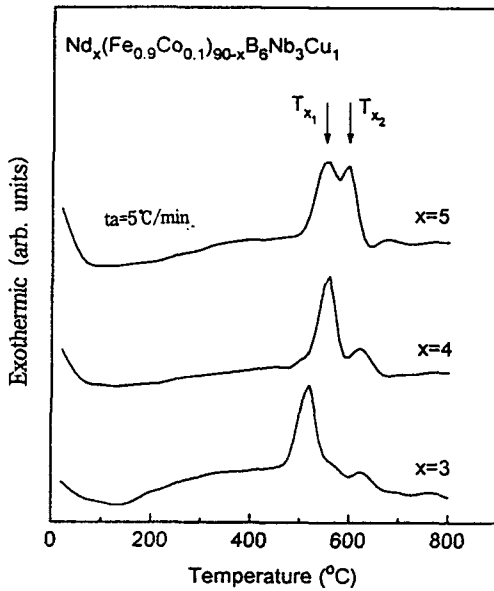


Fig. 1 DTA curves of $Nd_x(Fe_{0.9}Co_{0.1})_{90-x}B_6Nb_3Cu_1$ ($x=3, 4, 5$) melt-spun alloys.

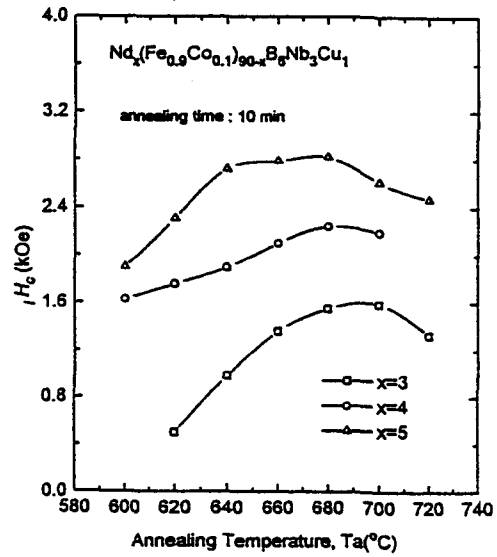


Fig. 2 Variations of the coercivities of $Nd_x(Fe_{0.9}Co_{0.1})_{90-x}B_6Nb_3Cu_1$ ($x=3, 4, 5$) melt-spun alloys as a function of annealing temperature.

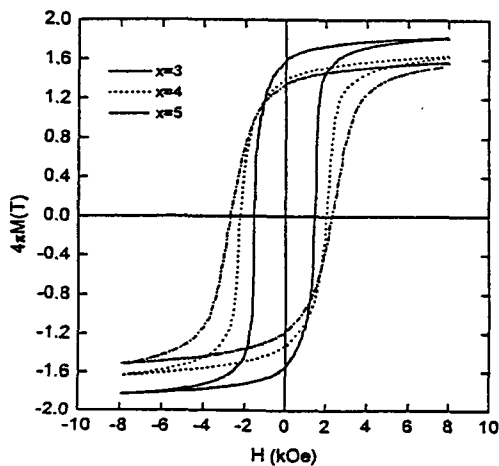


Fig. 3 The hysteresis curves of an optimally annealed $Nd_x(Fe_{0.9}Co_{0.1})_{90-x}B_6Nb_3Cu_1$ ($x=3, 4, 5$) melt-spun alloys.