B1

α-Fe기 Nd-(Fe,Co)-B-M-Cu (M=Nb, Mo) 급속응고합금의 자기특성

한국표준과학연구원 조용수, 김윤배, 박우식, 김창석
충남대학교 김택기

MAGNETIC PROPERTIES OF α-Fe BASED Nd-(Fe,Co)-B-M-Cu (M=Nb, Mo) MELT-SPUN ALLOYS.

KRISS Y.S. Cho, Y.B. Kim, W.S. Park, and C.S. Kim
Chungnam National University T.K. Kim

1. 서론

최근, 고잔류자화, 고에너지 희토류자석으로 각광받고 있는 저 Nd함유 NdFeB 합금은 화학적 안정성 및 경제성이 우수하여 많은 연구가 진행되어 왔다[1]. 이와같은 저 Nd함유 NdFeB 합금은 급속응고법을 이용하여 제조된 비정질상으로 부터 열처리에 의하여 형성된 초미세결정립(<30nm)으로 구성되어 있으며, Fe_3B 연자성 기지상과 약 10% 부피분율의 $Nd_2Fe_{14}B$ 경자성상 사이의 exchange coupling이 주 자화기구로 보고되고 있다[2]. 본 연구에서는 Fe_3B 보다 포화자화가 큰 α-Fe를 주상으로 하는 α-Fe기 NdFeB합금의 제조가능성 및 자기특성에 관하여 조사되었다.

2. 실험방법

아크로를 이용하여 $Nd_4Fe_{85.5}B_{10.5}$, $Nd_4Fe_{82}B_{10}M_3Cu_1$(M=Nb, Mo) 및 $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}M_3Cu_1$(M=Nb, Mo) 모합금을 제조한 후, 단롤 급속응고장치를 이용하여 리본형상의 비정질시료를 제조하였다. 제조된 비정질합금을 약 1×10^{-5} Torr의 진공하에서 밀봉한 후 620 ℃에서 720 ℃까지 20 ℃ 간격으로 10분간 열처리를 행하였다. 자기특성은 펄스자석을 이용하여 약 8 T에서 자화시킨후, 진동시편마그네토미터(VSM, LDJ model 9600)를 이용하여 716 kA/m(9 kOe)의 자장하에서 측정하였다. 상분석은 X-선 회절장치를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

R. Hasegawa[3]는 Fe-B계 비정질합금에서 초기 결정상은 B의 함유량에 의해서 결정됨을 보고하였다. 이로 부터 저 Nd함유 NdFeB합금에서 B의 함유량을 조절하면 1차 결정화 과정에서 생성되는 연자성상의 변화를 유도할 수 있을 것으로 사료된다. 즉, 지금까지 개발된 저 Nd함유 NdFeB합금의 Fe_3B 연자성상을 자기특성이 우수한 α-Fe로 변화시킨 새로운 NdFeB합금의 개발이 가능할 것으로 판단된다. 이와같은 연구목적을 위하여 먼저 $Nd_2Fe_{14}B$의 조성비를 제외한 Fe, B의 함유량을 88:12로 설계한 $Nd_4Fe_{85.5}B_{10.5}$ 합금을 비정질상으로 제조한 후 열처리하여 최적 열처리조건에서 구조분석한 결과, α-Fe와 $Nd_2Fe_{14}B$상 만이 존재함을 확인 하였다. Fig. 1은 $Nd_4Fe_{85.5}B_{10.5}$, $Nd_4Fe_{82}B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb) 및 Co 를 8at.%치환한 $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb)합금의 열처리 온도에 따른 보자력의 변화를 나타낸 결과이다. Fig. 1에서 $Nd_4Fe_{82}B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb)합금의 보자력은 최적 열처리 조건에서 207 kA/m(2.6 kOe)로 $Nd_4Fe_{85.5}B_{10.5}$합금의 보자력 보다 2배 이상 증가한다. 이와같은 결과는 Mo, Nb 및 Cu의 첨가에 의하여 α-Fe의 결정립크기가 감소하여 exchange coupling효과가 증가 되었기 때문으로 사료된다. 한편 Co가 치환된 $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb)합금의 보자력은 $Nd_4Fe_{82}B_{10}Mo_3Cu_1$합금에 비하여 전반적으로 증가하는 경향을 나타낸다. Fig. 2는 최적열처리조건에서 측정

된 $Nd_4Fe_{82}B_{10}Mo_3Cu_1$ 및 $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}Mo_3Cu_1$합금의 자기이력곡선이다. Fig. 2에서 $Nd_4Fe_{82}B_{10}Mo_3Cu_1$합금에 Co의 치환은 약간의 보자력증가와 함께 잔류자화 및 각형성을 전반적으로 개선시킨다. 본 연구결과로 부터 $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb)합금은 (α-Fe)-($Nd_2Fe_{14}B$)형으로써 최근까지 보고된 ($Fe_3B$)-($Nd_2Fe_{14}B$)형과는 다른 상구성을 하고 있는 저 Nd함유 NdFeB합금임을 알 수 있다.

5. 참고문헌

[1] W. Coene, F. Hakkens, R. Coehoorn, D.B. de Mooji and C. de Warrd, J. of Magn. and Magn. Mater., **96**, 189(1991).

[2] E. F. Kneller and R. Hawing, IEEE Trans. on Mag., **27**, 3588(1991).

[3] R. Hasegawa and R. Ray, J. Appl. Phys., **49**, 4174(1978).

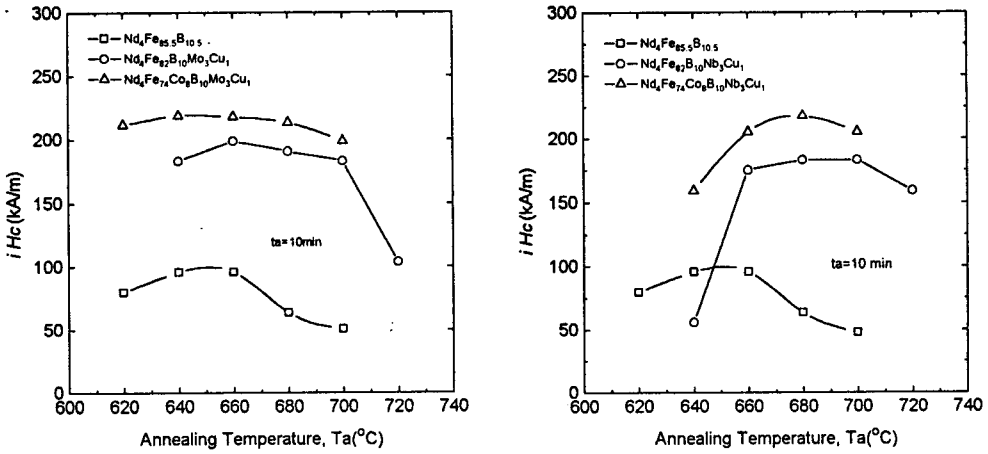

Fig. 1 Coercivities of $Nd_4Fe_{85.5}B_{10.5}$, $Nd_4Fe_{82}B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb), and $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}M_3Cu_1$(M=Mo, Nb) melt-spun alloys as a function of annealing temperature.

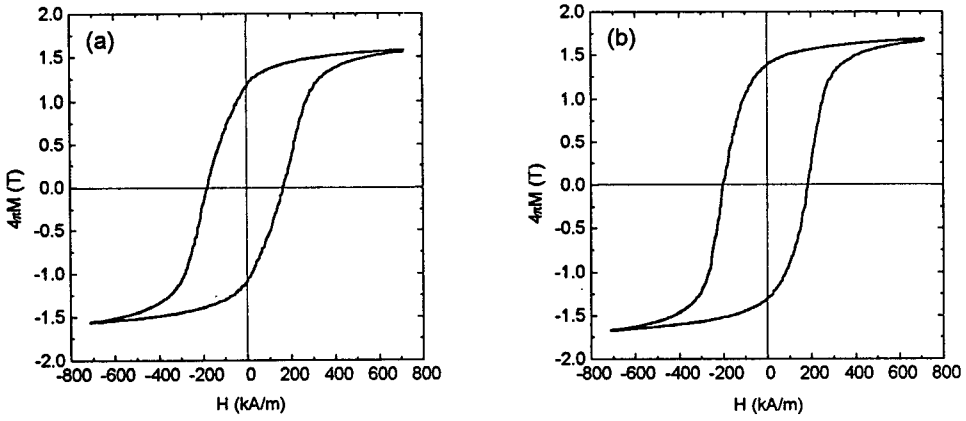

Fig. 2 The hysteresis loops of an optimally annealed (a) $Nd_4Fe_{82}B_{10}Mo_3Cu_1$ and (b) $Nd_4Fe_{74}Co_8B_{10}Mo_3Cu_1$ melt-spun alloys.