

B9

낮은 Nd함유량의 Nd-Fe-B 급속응고 합금의 상분석

한국표준과학연구원 김희태*, 김윤배, 박우식, 조용수, 김창석
충남대학교 김택기
고려대학교 박만장

THERMOMAGNETIC ANALYSIS OF Nd-Fe-B MELT-SPUN ALLOYS WITH LOW Nd CONTENT

KRISS H.T. Kim*, Y.B. Kim, W.S. Park, Y.S. Cho,
and C.S. Kim
Chungnam National University T.K. Kim
Korea University M.J. Park

1. 서 론

최근, 4~5at%Nd를 함유하는 리본형상의 Nd-Fe-B급속응고합금에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2]. 이합금은 열처리에 의하여 연자성기지에 약 10%부피분율의 경자성상이 석출하며, 연.경자성상 사이의 exchange coupling 효과에 의한 고잔류자화와 경제성 및 내산화성이 우수한 것으로 보고되고 있다. 그 예로 최적열처리 조건에서 열처리된 $Nd_4Fe_{77}B_{18}$ 급속응고합금은 Fe_3B 연자성기지에 소량의 $Nd_2Fe_{14}B$ 이 석출하며, 95 KJ/m^3 ($\sim 12 \text{ MG}\cdot\text{Oe}$)의 최대에너지적을 나타냄이 발표되었다. 이와같은 합금에서 나타나는 상은 주로 $\alpha\text{-Fe}$, Fe_3B , $Nd_2Fe_{23}B_3$, $Nd_{1-x}Fe_4B_4$, $Nd_2Fe_{14}B$ 등이며, 이는 합금의 자기적 특성을 지배한다. 그러나 현재 이들 상분석에 대한 해석이 아직 확실치 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 준안정상인 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 의 상변태를 포함하여 Nd 함량이 4-8 at% 로 비교적 낮은 Nd를 함유하는 Nd-Fe-B 급속응고합금의 상변태를 자기적 특성과 연계하여 규명하고자 한다.

2. 실험방법

$Nd_2Fe_{23}B_3$, $Nd_8Fe_{77}B_{15}$ 및 $Nd_4Fe_{77}B_{19}$ 의 모합금을 아크로를 이용하여 제조한 후, 단률 급속응고장치를 이용하여 Ar 분위기하에서 비정질상의 리본시편을 제조하였다. 제조된 비정질시편은 $\sim 2 \times 10^{-5}$ Torr의 진공하에서 앰플로 제작된 후, $620 \text{ }^\circ\text{C} \sim 840 \text{ }^\circ\text{C}$ 사이에서 약 10 분간 열처리 되었다. 자기적 특성은 펄스자석으로 7160 kA/m (90 kOe)의 자장하에서 착자시킨 후, 진동시편마그네토미터(VSM, model 9500))으로 측정되었다. 상분석은 x-선회절장치와 VSM을 이용하여 측정된 열자곡선(thermo-magnetization curve)으로 하였다. 열자곡선측정시 시료의 산화를 방지하기 위하여 $\sim 2 \times 10^{-5}$ 의 진공상태를 유지하였으며, 가열 및 냉각속도는 $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 일정하게 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

준안정상인 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 의 상변태과정을 조사하기 위하여 $Nd_8Fe_{77}B_{15}$ 합금을 선택하였다. 그림 1은

670 °C에서 10 분간 열처리한 $Nd_3Fe_{77}B_{15}$ 합금의 열자곡선을 측정 한 결과이다. 그림 1에서 550~730 °C 온도 범위에서 나타나는 2단계 변태는 준안정상인 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 의 α -Fe 및 Fe_3B 분해와 잔류 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 의 α -Fe, $Nd_{14}Fe_4B_4$ 변태가 진행되기 때문으로 사료된다. 그림 2는 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 급속응고합금의 열자곡선을 측정 한 결과이다. 그림 2에서 amorphous- $Nd_2Fe_{23}B_3$ 를 625 °C에서 열처리하므로써 단상의 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 를 얻을 수 있다는 Buschow et al.[3]의 결과와는 달리 약 470 °C의 낮은 온도에서 α -Fe가 나타나며, 비정질상은 630 °C에서 $Nd_2Fe_{14}B$, $Nd_2Fe_{23}B_3$, Fe_3B 및 α -Fe로 변태됨을 알 수 있다. 이와같은 결과로부터 $Nd_2Fe_{14}B$ 은 준안정상인 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 으로부터 석출되지 않음을 알 수 있다. 또한 열처리된 $Nd_2Fe_{23}B_3$ 급속응고합금은 $Nd_2Fe_{14}B$, Fe_3B 및 α -Fe로 변태됨을 알 수 있다.

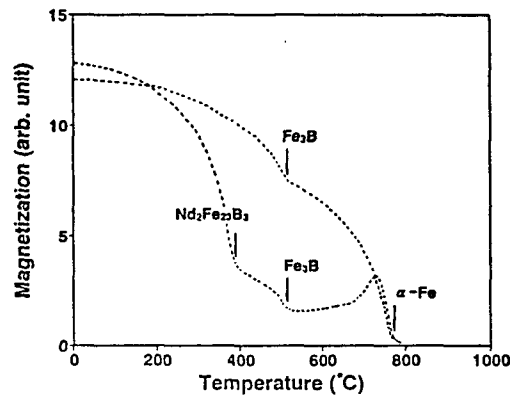


Fig. 1 Temperature-dependent magnetization curve of $Nd_3Fe_{77}B_{15}$ melt-spun alloy annealed at 670 °C for 10 min.

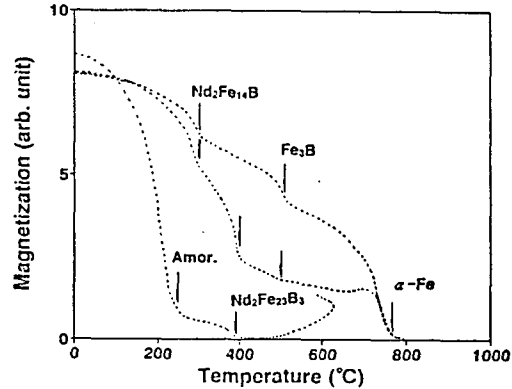


Fig. 2 Temperature-dependent magnetization curves of $Nd_2Fe_{23}B_3$ melt-spun alloy.

4. 참고문헌

- ① R.Coehoorn, D.B.De Mooij, and C.De Waard, J. Magn. Magn. Mater., 80, 101 (1989).
- ② E.F.Kneller and R.Hawig, IEEE Trans.Magn., 27, 3588 (1991).
- ③ K.H.J.Buschow, D.B.De Mooij, and R.Coehoorn, J.Less-Common Metals, 145, 601 (1988).