

## B8

### Nd-Fe-B 급속응고 합금의 자기특성: Fe-기 Nd-Fe-B

한국표준과학연구원 박우식\*, 김운배, 김희태, 조용수, 김창석  
고려대학교 박만장

MAGNETIC PROPERTIES OF  $\alpha$ -Fe BASED Nd-Fe-B MELT-SPUN ALLOYS

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

#### 1. 서론

경자성상만으로 제조된 희토류계 영구자석은 희토류성분 때문에 화학적으로 불안정하고 값이 비싼 단점이 있으며, 잔류자화가 비교적 낮다. 따라서 준안정한 연자성 기지에 소량의 경자성상을 석출시킴으로써 두 상 사이에 교환상호작용 효과에 의하여 연자성상의 큰 자화값과 경자성상의 큰 일축이방성을 가지는 새로운 희토류 영구자석물질 개발에 관한 연구가 진행되어 왔다[1,2]. 연자성상 기지에 경자성상을 석출시키기 위해서는 모합금을 비정질상으로 제조한 다음 열처리하므로써 먼저 준안정 연자성기지가 형성되고 이어서 안정상인 경자성상이 석출된다. 본 연구에서는 Nd-Fe-B상 도표에서 Nd 함유량이 적은 새로운 영구자석 물질의 존재 가능성에 대해서 알아보기 위해서 단롤법 급속응고장치를 이용하여 Nd-Fe-B 비정질 리본을 제작한 후, 열처리하여 상변화 및 자기특성을 조사하였다.

#### 2. 실험방법

모합금은 Ar 분위기에서 아이크 용해로에서 제조하였다. 제조된 모합금을 단롤법 급속응고장치를 이용하여 디스크 표면속도, 35 m/s하에서 비정질상의 리본을 제작하였다. 제작된 시편을  $\sim 2 \times 10^{-5}$  Torr의 진공하에서 밀봉한 후, 온도 600 ~ 800 °C 사이에서 10 분간 열처리 하였다. 자기적 특성은 펄스마그네트를 이용하여 약 8 T의 자장하에서 착자시킨 후, 진동시편마그네토미터를 이용하여 측정하였다. 상분석은 X-선 회절장치를 이용 하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

표 1은 단롤법 급속응고에 의해 제조된 비정질리본과 최적열처리 조건하에서 열처리한 후 조사된 시료의 상을 분석한 결과이다. 표 1에서 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>23</sub>B은 디스크의 표면속도, 35 m/s 에서 완전한 비정질상이 형성되지만 나머지 리본들은 비정질상과 소량의  $\alpha$ -Fe 또는 준안정적 화합물인 Fe<sub>23</sub>B<sub>3</sub>로 구성되어 있음을 알수 있다. 최적열처리 조건에서는  $\alpha$ -Fe가 주상이되고 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B이 제2차상으로 석출되었다. 표 2는 Nd함유량이 적은

Nd-Fe-B합금의 자기적 성질을 나타낸것으로 Nd<sub>6</sub>Fe<sub>86</sub>B<sub>8</sub>과 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>23</sub>B<sub>3</sub>합금의 최대에너지적 및 보자력은 각각 9 MG·Oe, 2.6~2.8 kOe로 큰 편이다. 특히 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>80</sub>B<sub>18</sub> 합금은 Nd양이 2 at%임에도 불구하고 8 MG·Oe로 상당히 큰 최대에너지적을 나타내고 있으며 이는 연자성상인 α-Fe와 경자성상 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B사이의 교환상호작용효과에 의한 것으로 사료된다. 연자성상과 경자성상사이의 교환상호작용이 일어나지 않는 경우 탈자곡선의 모양이 계단형태로 나타나, 실제의 탈자곡선은 단상의 모양과 같은 형태이고, 또한 등방적 잔류자화가 1.5 T로 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 보다 2 배이상 으로 이경우 교환상호작용 효과가 큼을 알수 있다[2].

Table 1 Phases of melt-spun and annealed Nd-Fe-B ribbons.

materials	melt-spun ribbon	annealed ribbon
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>80</sub> B <sub>18</sub>	amorphous+α-Fe	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>76</sub> B <sub>22</sub>	amorphous+α-Fe	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B
Nd <sub>4</sub> Fe <sub>88</sub> B <sub>8</sub>	amorphous+α-Fe	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B
Nd <sub>6</sub> Fe <sub>86</sub> B <sub>8</sub>	amorphous+Fe <sub>23</sub> B <sub>6</sub>	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> +Fe <sub>23</sub> B <sub>6</sub>
Nd <sub>6</sub> Fe <sub>84</sub> B <sub>10</sub>	amorphous+Fe <sub>23</sub> B <sub>6</sub>	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>23</sub> B <sub>3</sub>	amorphous	α-Fe+Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B

Table. 2 Magnetic properties of Nd-Fe-B alloys with low Nd content.

materials	iH <sub>c</sub> (kOe)	B <sub>r</sub> (T)	(BH) <sub>max</sub> (MG·Oe)
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>80</sub> B <sub>18</sub>	1.05	1.5	8
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>76</sub> B <sub>22</sub>	0.6	1.5	6
Nd <sub>4</sub> Fe <sub>88</sub> B <sub>8</sub>	1.1	1.7	7
Nd <sub>6</sub> Fe <sub>86</sub> B <sub>8</sub>	2.8	1.1	9
Nd <sub>6</sub> Fe <sub>84</sub> B <sub>10</sub>	2.3	1.0	6.5
Nd <sub>2</sub> Fe <sub>23</sub> B <sub>3</sub>	2.65	1.0	9

#### 4. 참고문헌

- ①R. Coehoorn, D. B. De Mooij, and C. De Waard, J. Magn. Magn. Mater., 80, 101 (1989).
- ②E. F. Kneller and R. Hawig, IEEE Trans. Magn., 27, 3588 (1991)