

B13

첨가원소가 열간압축된 Nd-Fe-B계 합금의 자기적 특성에 미치는 영향

한국과학기술연구원 김 동업*, 이 동구, 정 원용

The Effects of Additive Elements on the Magnetic Properties of Hot Pressed Nd-Fe-B Alloys

KIST D. Y. Kim*, D. G. Lee and W. Y. Jeung

1. 서론

희토류계 금속-철-보론계 영구자석의 출현¹⁾과 함께 새로운 성분 개발과 새로운 제조공법에 관한 연구가 진행되어 왔다. 특히 이방성 R-Fe-B계 영구자석의 제조방법은 초기에는 분말야금법으로 제한되었으나, 다양한 연구를 통하여 급속응고법으로 제조된 분말을 die upset 방법으로 이방화시켜 (BH)max 39MGOe인 영구자석이 제조되기에 이르렀다.²⁾

최근에는 일방향 응고법으로 제조된 R-Fe-B계 합금을 열간 가공법으로 이방화시켜 최대자기에너지적이 30 MGOe인 영구자석을 제조하기도 하나, 현재 열간 가공법으로 높은 자기적 특성을 얻기 위한 조성은 Pr-Fe-B-Cu계로 국한되어 있다.³⁾

이에 본 연구에서는 Nd-Fe-B계를 열간압축하여 이방성 영구자석을 제조하였으며, 이때 첨가원소가 자기적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

고순도 알루미늄 도가니내에서 순도 99% 이상의 Nd, Fe, B, Cu, Co, Ga, Al 금속을 용해한 후에, 600℃로 가열된 외경 20mm Φ , 내경 8mm Φ 인 몰드에서 용탕을 응고시켰다. 이때 생성된 수지상 조직은 응고 방향에 따라 방향성을 갖게 된다. 이를 외경 9.5mm Φ 로 가공하여 열간가공재현시험기를 이용하여 열간 압축하였다.

열간 압축된 시편을 9mm Φ 로 가공한 후 자기적 특성을 측정하였다. 광학현미경과 주사전자현미경을 사용하여 조직 관찰을 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 Nd₁₆Fe_{79-x}B₅Cu_x계에서 Cu 함량 변화에 따른 자기적 특성의 변화를 나타낸 것이다. Cu가 첨가되지 않은 경우에 보자력과 잔류자속밀도가 모두 낮은 값을 나타내었으나, Cu 함량이 증가함에 따라 자기적 특성이 증가하였다. 이때 x=1.5인 경우에 (BH)max, Br, iHc가 최대치를 나타내었다.

Cu의 함량 변화에 따른 주조 조직의 변화를 살펴보면, Cu가 첨가되지 않은 경우 조대한 수지상 조직이 나타나나 Cu가 1.5at%나 3.0at% 첨가되면 입자의 크기가 감소하였다. 그러나 첨가된 Cu의 함량이 4.5at%로 증가할 경우에는 입자가 다시 커지는 경향을 나타내었다.

표 1은 Nd₁₇Fe_{76.5-y}Co_yB₅Cu_{1.5}계 합금을 열간압축할 때 Co의 함량에 따른 자기적 특성의 변화를 나타낸 것이다. Nd-Fe-Co-B-Cu계에서 Co가 10, 20at%가 첨가된 경우, 첨가되지 않은 경우에 비해

여 잔류자속밀도와 보자력이 동시에 감소하였다. 그러나 Co가 30at%가 첨가된 경우에는 다시 Co가 첨가되지 않은 경우와 비슷한 자기적 특성을 나타내었다.

열간압축된 Nd-Fe-Co-B-Cu계 합금은 보자력이 낮기 때문에 이를 향상시키기 위하여 Ga, Al 등의 원소를 첨가시켜 보았다. Nd-Fe-Co-B-Cu계의 보자력을 향상시키기 위하여서는 Ga이 효과적인 원소인 것을 확인하였다.

본 실험의 경우 Nd-Fe-B-Cu계에서 Co의 함량이 30at%인 경우에 보자력이 증가하고 Ga 첨가 역시 보자력을 증가시키고 있다. 따라서 열간 압축시 이 계에서 Co의 함량과 Ga의 함량을 적절히 조절함으로써 보자력을 더욱 증가시킬 것으로 생각된다.

4. 결론

- 1) $Nd_{16}Fe_{79-x}B_5Cu_x$ 계에서 첨가된 Cu는 주조시 입자의 미세화를 야기한다. Cu 첨가에 의해 Nd-Fe-B-Cu계의 자기적 특성은 증가하였으며 이때 Cu의 함량이 1.5at%인 경우에 최대값을 나타내었다.
- 2) $Nd_{17}Fe_{76.5-y}Co_yB_5Cu_{1.5}$ 계 합금에 Co를 첨가하면, 첨가량이 20at% 미만인 경우에는 보자력을 감소시키나 30at%인 경우에는 보자력이 Co가 첨가되지 않은 경우까지 향상되었다.
- 3) Nd-Fe-B-Cu계에 Co와 Ga의 동시 첨가는 보자력을 향상시킬 수 있다.

5. 참고 문헌

- 1) M. Sagawa, S. Fujimori, N. Togawa, H. Yamamoto, Y. Matsuura : J. Appl. Phys., 55 (1984) 2083
- 2) J. J. Croat, V. Panchanathand, K. H. See : Pro. 10th Int. Workshop on RE Magnet, Kyoto, Japan(1989) 429
- 3) T. Shimoda, K. Akioka, O. Kobayashi, T. Yamagami : ibid, (1989) 389

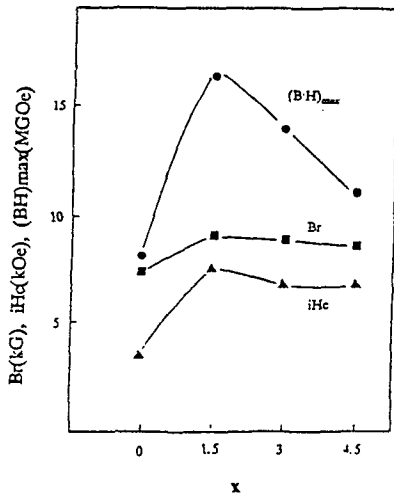


Fig.1 Variation of magnetic properties of hot-pressed $Nd_{16}Fe_{79-x}B_5Cu_x$ magnets according to Cu contents (heat treated at 1100°C, 4hrs. and 600°C 1 hr.)

Table 1 Magnetic properties of hot-pressed $Nd_{17}Fe_{76.5-y}Co_yB_5Cu_{1.5}$ magnets according to Co contents

Co content	hot-pressed		hot-pressed and heat-treated	
	Br(kG)	iHc(kOe)	Br(kG)	iHc(kOe)
y = 0	6.2	2.1	9.3	4.9
y = 10	4.4	0.9	6.2	1.6
y = 20	5.0	1.3	7.8	3.0
y = 30	5.6	1.8	8.4	4.0