

## 열간 성형한 Nd-Fe-Co-Ga-B 합금의 자기적 특성에 미치는 Roll 속도의 영향

만도기계(주) 중앙연구소 양정필

### The Effect of Roll Speed on the Magnetic Properties of Nd-Fe-Co-Ga-B Alloy

Mando R & D Center Jung-Pil Yang

#### 1. 서 론

급속 응고 분말로부터 hot-press 와 die-upset 의 열간 성형 과정을 거쳐 제조된 RE-Fe-B 계 희토류 자석의 자기적 특성은 분말의 제조 조건, 특히, 냉각 속도에 크게 의존한다. Nozawa 등[1]은 급속 응고 분말 제조 시 냉각 속도가 die-upset 자석의 자기적 특성에 미치는 영향에 관한 연구에서 적정 냉각 속도로 급속 응고된 리본을 사용하였을 때 최고의 자기적 특성이 얻어짐을 보고하였다. Leonowicz 등[2]은 임계 냉각 속도보다 빠르게 냉각되었거나 느리게 냉각된 급속 응고 리본으로 제조된 die-upset 자석에서 자기적 특성이 저하되는 현상을 보고한 바 있으며, 그 원인이 미세 조직의 변화에 기인한다고 설명하였다.

본 연구에서는  $Nd_{14}Fe_{70}Co_8Ga_1B_7$  조성의 합금을 15 ~ 35m/sec 의 roll 속도로 급속 응고하여 분말을 제조하였다. 또한, 급속 튜브를 사용한 열간 성형 공정에 의해서 이방성 자석을 제조한 후 [3,4], 벌크 자석의 자기적 특성을 측정하여 roll speed 가 자석의 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

#### 2. 실험 방법

급속 응고 시 냉각 속도가 급속 응고 리본과 열간 성형 후 bulk 자석의 자기적 특성에 미치는 영향을 알아 보기 위하여  $Nd_{14}Fe_{70}Co_8Ga_1B_7$  조성의 합금을 유도 용해한 후 15, 20, 25, 30 및 35 m/sec 의 roll 속도로 급냉하였다. 급속 응고된 리본을 분쇄한 후 3 ton/cm<sup>2</sup>의 압력으로 성형하여 green compact 를 제조하였다. bulk 자석을 제조하기 위하여 compact 를 Cu 튜브에 장입한 다음 720 °C 의 온도에서 초기 높이의 25%가 되도록 한번에 열간 압축하였다. 리본과 벌크 자석의 자기적 특성은 각각 LDJ MODEL 9600 진동시편자력측정계 (Vibrating Sample Magnetometer, 이하 VSM 으로 약칭)와 LDJ 3500H Hysteresigraph 를 사용하여 측정하였다. X-ray 회절 시험과 광학 현미경을 이용하여 미세 조직을 관찰하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

$\text{Nd}_{14}\text{Fe}_{70}\text{Co}_8\text{Ga}_1\text{B}_7$  조성의 합금을 급속 응고하였을 때 roll 속도에 따른 고유 보자력의 변화를 Fig. 1에 도시하였다. 15 m/sec의 roll 속도에서 급속 응고한 리본의 경우 보자력이 20.9 kOe였으나, 냉각 속도가 증가함에 따라 보자력이 급격히 감소하여 30과 35 m/sec 냉각 속도에서는 0.4 kOe 이하의 매우 낮은 보자력을 나타내었다. Fig. 2은 20 ~ 35 m/sec의 roll 속도로 급속 응고한 리본을 740 °C의 온도에서 성형한 자석의 자기적 특성을 요약한 것이다. roll 속도가 증가함에 따라 최대자기에너지적이 증가하여 30 m/sec의 roll 속도에서 28.5 MGOe의 최대치를 나타내었으며, 이 후 roll 속도인 35 m/sec에서는 다시 감소하였다. X-ray 회절 분석 시험을 통하여 25 m/sec의 속도에서는 결정질이 30 m/sec의 roll 속도에서는 미세결정질 혹은 비정질상이 지배적임을 확인하였다. 또한, 열간 성형에 의하여 이방성 Nd-Fe-B계 자석의 제조하는 경우 자석의 자기적 특성이 성형 온도보다는 분말의 제조 조건에 민감하게 반응함을 알 수 있었다.

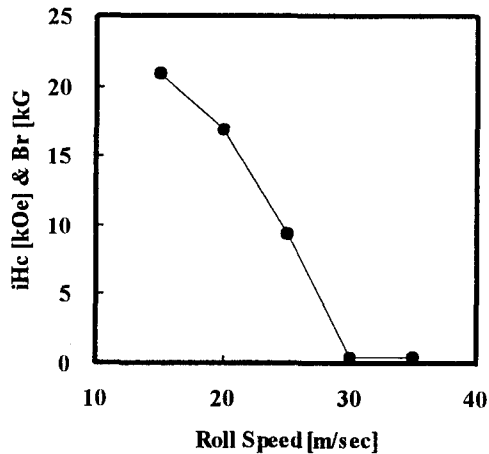


Fig. 1. The effect of roll speed on iHc of  $\text{Nd}_{14}\text{Fe}_{70}\text{Co}_8\text{Ga}_1\text{B}_7$  ribbons.

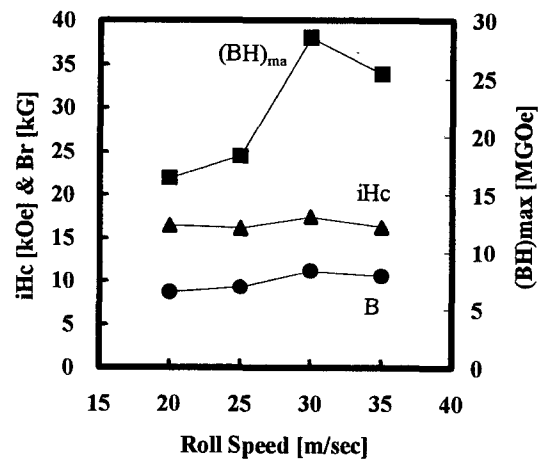


Fig. 2. Magnetic properties of one-step hot-formed ribbons solidified at roll speeds of 20, 25, 30, 35 m/sec 740 °C.

### 4. 참고 문헌

- [1] Y. Nozawa, S. Tanigawa, and N. Tokunaga, IEEE Trans. Magn. vol. 26, 1724 (1990).
- [2] M. Leonowicz, H. A. Davies and R. A. Buckley, IEEE Trans. Magn. vol. 29, 2794 (1993).
- [3] Y.B.Kim, C.S. Kim, T.S.Chung and K. S. An, United States Patent, No.5,516,371 (1996).
- [4] J. P. Yang, C. Y. Song, K. S. An, M. Kwon and S. C. Yang, IEEE Trans. Magn. , vol.33, No.5, 3820(1997)