

Nd-Fe-B-type 재료의 HDDR 특성 및 solid-HDDR 처리한 재료의 자기적 특성

부경대학교 재료공학과 손성우*, 권해웅

HDDR characteristics of the Nd-Fe-B-type materials and magnetic properties of the solid-HDDR treated materials

Department of Materials Science and Engineering, Pukyong National University,
S. W. Shon*, H. W. Kwon

1. 서론

Nd-Fe-B-type 합금은 산소와의 반응성이 대단히 큰 Nd를 상당량 함유하고 있어서 합금의 용해에서부터 자석의 제조에 이르기까지의 전과정을 불활성 가스 분위기중 또는 진공중에서 하여야 하며, 이에 따른 제조장치의 복잡 및 process control의 어려움으로 인해 Nd-Fe-B-type 자석의 생산성은 대단히 낮다. 따라서, Nd-Fe-B-type 영구자석의 제조공정에서 분말의 제조 및 취급을 피할 수 있는 새로운 제조 process가 요구되어 왔고 그 중 가장 효과적인 방법은 주조자석 제조법이라 할 수 있다. 주조상태의 Nd-Fe-B-type 합금은 $Nd_2Fe_{14}B$ 결정립의 size가 지나치게 조대해서 경자성을 보이지 않는다. 이 합금에 HDDR 처리를 적용하면 결정립의 크기를 미세하게 하여 경자성을 부여할 수 있다[1]. 그러나, 일반적인 HDDR 처리를 적용하면 powder형태의 재료로 변환되어 주조자석이 실현될 수 없다. 본 발표자의 연구실에서는 기존의 HDDR process를 변형시킨 solid-HDDR 처리를 적용하면 그 처리 후에도 초기상태의 강도에 버금가는 강도를 유지할 수 있음을 확인하였다[2]. 본 연구에서는 solid-HDDR 처리된 Nd-Fe-B-type 재료의 처리조건에 따른 보자력 변화를 조사하였으며, Nd-Fe-B-type 주조자석의 제조가능성을 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 Nd-Fe-B-type의 $Nd_{15}Fe_{77}B_8$, $Nd_{16}Fe_{75.9}B_8Zr_{0.1}$, $Nd_{12.6}Fe_{68.7}Co_{11.6}B_6Ga_{1.0}Zr_{0.1}$ 3종류의 합금을 사용하여 연구하였으며, 각 합금은 고순도의 성분금속을 유도용해로를 이용하여 용해, 제조하였다. 제조된 합금 ingot내에 존재하는 다량의 free iron을 제거하고, 조직과 조성을 균질화하기 위해서 1000 °C, Ar 가스분위기 중에서 3원계와 4원계는 3일동안, 6원계는 9일동안 annealing하였다. annealing한 합금을 ingot으로부터 $10 \times 10 \times 2 \text{ mm}^3$ 의 크기로 시편을 절단하여 HDDR 장치속에 넣고 반응 chamber를 $2 \times 10^{-5} \text{ mbar}$ 의 진공으로 한 후 약 50 °C/min의 속도로 가열하였다. 가열도중 시험편의 온도가 650 °C에 도달했을 때 수소가스를 도입하여 약 1.2 bar의 압력이 되도록 충전하였다. 재료는 분해온도까지 계속 가열한 후 분해온도에 도달하면 소정의 시간동안 유지하여 분해를 일으키고, 분해가 완료된 재료는 분위기를 진공으로 하여 탈가스 및 재결합을 유도한다. 분해와 재결합조건을 다양하게 변화시키면서 solid-HDDR처리한 재료의 자기적특성을 조사하였다. annealing한 합금의 수소와의 반응성은 DTA와 TPA로 측정하였으며 이때 시료의 양은 약 200 mg, 수소의 압력은 1.8 bar로 하였다. 시료 및 시편의

상분석은 XRD를 이용하였고, solid-HDDR처리한 재료의 자기적 특성은 VSM을 이용하여 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 6원계의 $\text{Nd}_{12.6}\text{Fe}_{88.7}\text{Co}_{11.6}\text{B}_6\text{Ga}_{1.0}\text{Zr}_{0.1}$ 합금에 대하여 수소분위기 중 800 °C에서 3시간동안 분해시킨 후 900 °C에서 재결합시킨 재료의 재결합시간에 따른 보자력의 변화를 나타내었다. conventional HDDR 처리한 재료의 경우와는 달리 solid-HDDR 처리한 재료의 경우는 보자력의 발현이 대단히 느리게 일어나서 약 4시간의 재결합에서 6.2 kOe의 Peak 보자력을 보인다. 그 후 재결합시간이 길어짐에 따라서 보자력이 감소하다가 약 10시간정도에서 보자력이 4 kOe정도로 회복된 후 다시 감소하였다. 이러한 결과는 solid-HDDR 처리에 의해서 6 kOe 이상의 상당한 보자력을 실현할 수 있음을 보여 준다. 본 연구실에서 이미 발표한 연구결과에 의하면, solid-HDDR 처리한 Nd-Fe-B-type 재료는 그 처리후에도 충분한 rigidity를 유지할 수 있는 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구결과는 solid-HDDR를 적용해서 충분한 강도와 보자력을 갖는 Nd-Fe-B-type 재료를 제조할 수 있음을 보여주는 것으로서 Nd-Fe-B-type 주조자석의 제조가능성을 보여주고 있다.

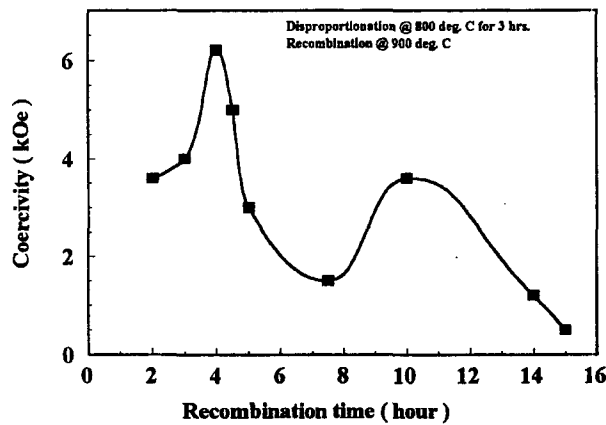


Fig. 1 Variation of the intrinsic coercivity as a function of recombination time for the $\text{Nd}_{12.6}\text{Fe}_{88.7}\text{Co}_{11.6}\text{B}_6\text{Ga}_{1.0}\text{Zr}_{0.1}$ alloy.

4. 참고문헌

- [1] X. J. Zhang, P. J. McGuinness, and I. R. Harris, J. Appl. Phys. 69(8), 5838 (1991).
- [2] H. W. Kwon and S. J. Kang, J. Appl. Phys, 83(11), 7130 (1998).