

Dy 화합물 표면 코팅 및 확산에 따른 (Nd, Dy)-Fe-B 소결자석의 자기특성변화

이민우*, D.R. Dhakal, 임태환, 장태석

선문대학교 대학원 재료금속공학과

1. 서론

Nd-Fe-B 소결자석에서 보자력을 증가시키기 위하여 Dy 또는 Tb과 같은 중희토류 원소의 첨가는 필수적이다. 그러나 이들 원소는 Nd에 비해 매우 비싸고 자원이 부족하여 많은 양이 사용될 경우 자석 가격의 상승과 자원고갈 문제도 심각하게 대두될 수 있다. 따라서 최소의 중희토류 원소를 사용하거나 중희토류 원소(Dy, Tb)를 사용하지 않고 보자력을 증가시키는 연구가 진행되고 있다. 그 중 중희토류 원소를 자석 표면에 다양한 방법으로 코팅한 후 열처리를 하여 입계를 따라 중희토류 원소가 확산되어 들어가도록 하는 연구가 주목을 받고 있다. 이는 역자구가 생성되기 용이한 강자성 2:14:1 상의 계면부분을 중희토류 원소로 치환하여 자기이방성이 높은 층을 형성함으로써 보자력을 향상시키는 방법이다 [1, 2]. 따라서 본 연구에서는 Dy 화합물을 소결자석 표면에 코팅하여 입계 내 확산을 제어하면서 보자력을 증가시키는 방법을 모색하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 32.6RE(Dy 4.9 wt%)TM-B 합금을 용해한 후 스트립캐스터를 통해 급속 냉각하여 두께가 합금스트립을 제조하였다. 제조된 스트립은 0.1 MPa의 수소압력으로 400 °C에서 2시간 동안 수소처리를 실시한 후 진공 분위기에서 가열하여 수소를 제거하였다. 수소/탈수소 처리한 스트립은 젯밀을 이용하여 분쇄하였으며 약 5 μm 의 분말을 제조하였다. 제조된 자성분말을 2.2 T의 자장하에서 일축자장성형을 한 후, 1060 °C에서 4시간 동안 진공소결을 하였다. 소결된 자석을 DyF₃, DyH_x, Dy₂O₃를 무수알콜에 분산시킨 용액에 담가 표면을 코팅한 후 1차, 2차 열처리를 실시하였다. 소결체의 미세구조는 주사전자현미경(SEM; Hitachi S-3000N)을 통하여 분석하였고, 소결체의 자기특성은 BH loop tracer (Magnet physik Permagraph C-300)를 이용하여 측정하였다. 소결체 내 첨가 화합물의 분포 및 성분은 SEM-EDS와 EPMA를 통하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 나타난 바와 같이 Dy 화합물을 소결자석 표면에 코팅하여 확산시켜 소결자석을 만들어 감자곡선을 측정하였을 때 3종의 Dy 화합물을 포함한 소결자석의 보자력이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Dy₂O₃의 경우 보자력이 0.8 kOe 증가하였고 DyF₃의 경우 3 kOe, DyH_x의 경우 4 kOe 증가하였다. 또한, Dy 화합물을 혼합하여 첨가한 소결자석의 경우에는[3] 잔류자화의 감소율이 7 %에 달하는데 비해 Dy 화합물을 코팅하여 확산시킨 소결자석의 경우에는 잔류자화의 감소가 없었다. 이에 따라 최대자기에너지적의 감소없이 높은 경자기 지수((BH)_{max+iH_c})를 나타내었다.

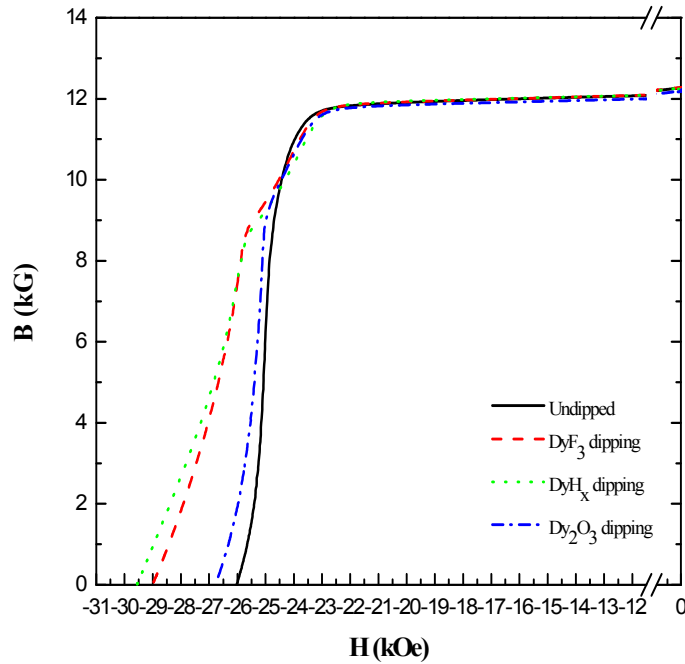


Fig. 1. Demagnetization curves of dipped magnets in Dy-compounds.

4. 결론

Dy 화합물을 소결자석 표면에 코팅하여 확산시켰을 경우 잔류자화의 감소없이 보자력을 증가시킬 수 있음을 확인하였고 DyH_x 의 경우 보자력이 4 kOe 증가하는 것을 확인하였다. 이는 Dy가 입계의 외곽 부분을 따라 확산되어 입계의 내부에는 침투하지 않은 것으로 판단되며 앞으로 후속연구에 의해 소결 및 열처리 조건을 최적화하면 보다 높은 자기 특성을 갖는 Dy 저감형 자석을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

- [1] K. Hirota, H. Nakumura, T. Minowa and M. Honshima, IEEE Trans. Magn., vol. 42, no. 10, pp. 2909-2911, Oct. 2006.
- [2] M. Komuro, Y. Satsu and H. Suzuki, IEEE Trans. Magn., vol. 46, no. 11, pp. 3831-3833, Nov. 2010.
- [3] S. Namkung, M.W. Lee, I.S. Cho, Y.D. Park, T.H. Lim, S.R. Lee, and T.S. Jang : Kor. Powder metall. Inst., Vol. 18 (2011) 29

* 본 연구는 지식경제부 에너지자원 융합기술사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.