

Dy합금 분말 혼합에 따른 (Nd, Dy)-Fe-B 소결자석의 자기특성 변화

이민우^{1*}, 남궁석¹, 장태석¹, 김태훈², 이성래²

¹선문대학교 대학원 재료금속공학과

²고려대학교 신소재공학부

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 자원 고갈 문제도 심각하게 대두될 수 있다. 따라서 최소의 중희토류 원소를 사용하거나 중희토류 원소를 사용하지 않고 보자력을 증가시키는 연구가 진행되고 있다. 그 중 중희토류 원소를 자석 표면에 다양한 방법으로 Dy (또는 Tb)를 코팅한 후 열처리를 하여 입계를 따라 Dy가 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]. 그러나 이 경우 제조 공정이 복잡해지고 자석 두께에 따라 Dy가 불균일하게 확산되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고자 Dy 화합물(Dy₂O₃, DyF₃) 분말을 사용하여 강자성 분말과 혼합한 후 소결함으로써 Dy를 확산 시키는 방법이다 [3, 4]. 그러나 이러한 화합물들은 산소농도의 증가와 NdOF상과 같은 불필요한 상들을 형성함으로써 잔류자속밀도를 감소시키는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 Dy-TM 합금분말을 첨가분말로 선택하여 자성분말과 혼합, 소결함으로써 새로운 상의 형성을 억제하고, 소결체의 각 결정립이 균일하게 자기이방성이 높은 층으로 둘러싸인 core-shell type 구조를 가질 수 있도록 하여 보자력을 증가시키고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 32.6RE(Dy 4.9 wt%)TM-B 합금을 용해한 후 스트립캐스터를 통해 급속 냉각하여 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 μm의 분말을 제조하였다. 제조된 자성분말에 소량의 Dy-TM 합금분말을 혼합한 후 건식 혼합하였다. 이렇게 혼합된 분말은 1.9 T의 자장하에서 일축자장성형을 한 후, 진공소결을 하였다. 이후 850 °C, 530 °C, 500 °C에서 순차적으로 각각 2시간씩 1, 2, 3차 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

Dy-TM 합금분말은 자성분말과 혼합하여 소결자석내의 Dy 함량이 6.5wt% 되도록 하였으며, 혼합된 분말은 소결하여 자기특성을 측정하였다(그림 1). 주로 Co를 함유한 합금분말의 보자력이 약 4 kOe 증가하였으며, 그 중에서 DyCo 합금분말은 다른 첨가 합금분말에 비해 잔류자화의 감소폭이 가장 낮은 값을 나타내었다.

DyCo 합금분말을 각각 0.5, 1.0, 1.5, 1.9 wt%로 첨가량에 변화를 주어 자성분말과 혼합 후 소결을 실시한 결과 첨가량에 비례하여 보자력이 증가하는 것을 확인할 수 있었고, DyCo 합금분말을 첨가하지 않은 소결자석

과 비교하였을 때 보자력이 약 4.4 kOe 증가한 것을 확인할 수 있었다. 또한 합금 용해공정인 스트립상태에서 Dy를 6.9 wt%포함한 소결자석과 비교하였을 때 보자력이 1 kOe 이상 더 높게 나타났으며, 잔류자화의 감소폭도 3% 이내로 낮은 값을 나타내었다.

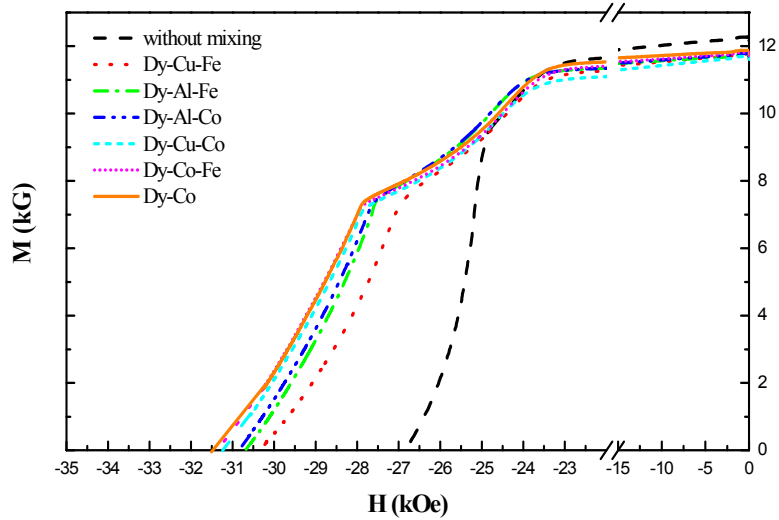


Fig. 1. Demagnetization curves of sintered magnets prepared by mixing various Dy-TM alloy powders.

4. 결론

Dy-TM 합금분말을 첨가하였을 때 DyCo 합금분말을 첨가한 소결자석의 자기특성이 가장 우수하였으며, 첨가량이 증가할수록 보자력은 4.4 kOe까지 증가하였고, 잔류자화는 최대 3% 이하의 감소폭을 나타내었다.

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.E. Park, T.H. Kim, S.R. Lee, D.H. Kim, S. Namkung and T.S. Jang, IEEE Trans. Magn., vol. 47, no. 10, pp. 3259-3262, Oct. 2011.
- [4] T. Hidaka, C. Ishizaka and M. Hosako, in Proc. 21th Int. Workshop Rare-Earth magnets and Their Applications, pp. 100-102, 2010.

* 본 연구는 지식경제부 소재원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.