

NdFeB 소결자석의 보자력 증가를 위한 소량의 Dy-TM 합금분말 첨가 효과

이민우*, 남궁석, 한세준, 박영덕, 조영걸, 장태석
 선문대학교 대학원 재료금속공학과

1. 서론

일반적으로 NdFeB 희토류 소결자석은 30~35 wt%가 Nd로 구성되어 있으며 30 kOe 이상의 보자력을 얻기 위해 이방성계수가 큰 Dy나 Tb와 같은 중희토류 원소가 10 wt% 내외로 첨가된다. 이 때 약 40 %의 Dy가 Nd와 치환되며, 치환된 Dy는 주상인 Nd₂Fe₁₄B₁ 상에 고르게 분포하면서 자석의 보자력을 증가시키나, Fe와의 반강자성 결합 때문에 잔류자화 및 최대자기에너지적을 감소시키는 단점이 있다. 그러나 주상의 입계부근을 따라서만 Dy가 풍부하게 존재하도록 하면 Dy 첨가량을 대폭 줄이면서도 입계에서의 역자구 형성을 억제하는 효과에 의해 보자력이 증가할 뿐만 아니라, Fe와의 반강자성 결합도 감소하여 Dy 첨가에 의한 잔류자화의 감소를 억제하는 효과도 얻을 수 있다.

따라서 본 실험에서는 Dy-TM 합금분말을 NdFeB 자성분말에 첨가하여 Dy의 입내 확산을 제어하면서 보자력을 증가시키는 방법을 모색하였다.

2. 실험방법

Dy가 4.9 wt% 함유된 NdFeB 자성분말에 Dy-TM 합금분말을 혼합, 분산시킨 뒤에 2.2 T의 자장을 가하여 성형을 한 후, 1070 °C에서 4시간 소결한 뒤에 850, 530, 500 °C에서 각각 2시간씩 열처리를 하여 소결자석을 제조하였다. 자기적 특성은 B-H loop tracer (Magnet physik Permagraph C-300)를 이용하여 측정하였고, 미세구조는 SEM (Scanning electron microscopy; Hitachi S-3000N), 편광현미경 등을 이용하여 관찰하였다.

3. 실험결과

그림 1에 나타난 바와 같이 소량 (1.9 wt%)의 Dy-TM 합금분말을 혼합 첨가하였을 경우, 첨가 전에 비해 보자력이 최대 4 kOe 정도 향상되는 것을 확인할 수 있었고, 첨가량에 비례하여 보자력도 증가함을 알 수 있었다. 이와 같은 보자력 증가 효과는 Dy 화합물을 혼합 첨가하였을 때보다는 약간 덜하여 1.8 wt%의 DyF₃ 분말을 첨가한 경우 [1]에 비해 1.7 kOe 정도 낮은 보자력 증가 효과를 나타내었다. 그러나 이중 분말 혼합 첨가에 따른 잔류자화의 감소폭이 크게 줄어들어 DyF₃ 분말이 첨가된 소결자석의 잔류자화 감소율이 7 %에 달하는데 비해 Dy-TM 합금분말이 첨가된 소결자석의 경우 3 % 이하의 낮은 감소율을 보였다. 이에 따라 최대자기에너지적의 감소율도 줄어들어 DyF₃ 분말을 혼합 첨가한 경우보다 높은 경자기지수((BH)_{max+iH_c})를 나타내었다.

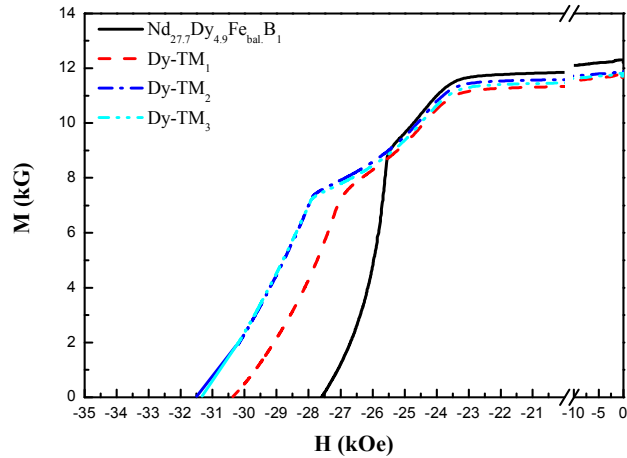


Fig. 1. Demagnetization curves of (Nd,Dy)-Fe-B sintered magnets mixed with various Dy-TM alloy powders.

4. 결론

소량의 Dy-TM 합금분말을 혼합, 분산시켜 소결자석을 제조하였을 때 잔류자화의 감소를 3 % 이하로 유지하면서도 보자력을 크게 증가시킬 수 있음을 확인하였으며, 이는 Dy의 분포를 보다 적절히 조절할 경우 Dy 함량을 크게 줄이고서도 높은 보자력을 얻을 수 있음을 암시한다. 따라서 후속연구에 의해 소결 및 열처리 조건을 최적화하면 보다 높은 자기 특성을 갖는 Dy 저감형 자석을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- [1] 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 소재원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.