

# DyF<sub>3</sub> paste를 활용한 Nd-Fe-B 입계확산 자석의 보자력 향상 연구

전광원\*, 차희령, 이정구†  
한국기계연구원 부설 재료연구소

## 1. 서론

자성 재료는 전기적 에너지와 기계적 에너지가 상호변환이 가능한 유일한 소재로, 발전기, 모터 등과 같은 에너지 변환 소재에 주로 사용되고 있다. 이러한 에너지 변환 소재의 높은 효율을 위해서는 높은 특성의 영구 자석을 사용하여야 한다. Nd-Fe-B 영구자석이 주로 사용되고 있으나, 최근 친환경 자동차(하이브리드 및 전기 자동차)에 적용되는 구동 모터는 사용온도가 150°C 이상으로 높아 상대적으로 낮은 큐리 온도와 높은 보자력 온도계수를 지니는 Nd-Fe-B계 영구자석을 사용하기 힘들다는 단점이 있다. 그로 인하여 고온에서 사용하기 위해서 Nd-Fe-B 영구자석에 Dy 또는 Tb와 같은 중희토류원소(HRE)를 첨가하여 보자력( $iH_c$ )을 향상시키는 방법이 주로 사용되고 있다. 그러나 중희토류 원소는 상대적으로 가격이 비싸고, 매장량이 한정되어 있어 Dy의 첨가량을 줄이려는 연구가 많이 진행되고 있으며, 주로 dip-coating을 통한 입계확산공정을 통해 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 dip-coating 기법에 의한 입계확산 공정은 Nd-Fe-B 자석 표면에 균질한 Dy 금속염을 도포하기 힘들고, 공정 중 loss가 발생하기 쉽다는 단점이 있다. 본 연구에서는 DyF<sub>3</sub> 분말을 이용하여 점도가 높은 DyF<sub>3</sub> paste를 제조하고 이를 tape casting 기법으로 균질하게 도포하고 입계확산 공정을 통해서 Nd-Fe-B 소결 자석의 보자력을 향상이 향상된 Nd-Fe-B 소결자석을 제조하고자 하였다.

## 2. 실험방법

paste를 제조하기 위하여 ethanol에 ethyl cellulose를 3~10 wt%로 조절하여 용해시켜 기본 paste 용액을 제조하였다. 응집되어있는 DyF<sub>3</sub> 분말을 유발을 이용하여 약 5분 동안 파쇄하여 앞서 제조된 기본 paste 용액에 질량비로 5:5, 6:4, 7:3의 비율로 혼합하여 DyF<sub>3</sub> paste를 제조하였다. 제조된 DyF<sub>3</sub> paste를 tape casting 기법을 이용하여 Nd-Fe-B 소결 자석에 약 100  $\mu$ m 두께로 균질하게 도포하였다. DyF<sub>3</sub> paste가 도포된 Nd-Fe-B 소결 자석은 850°C에서 12시간 동안 10<sup>-5</sup> torr 진공 분위기에서 입계확산 공정을 진행하였고, 500°C에서 2시간 동안 추가 열처리를 진행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Binder로 사용되는 ethyl cellulose는 열분석 결과 약 400°C에서 대부분 제거가 되었다. DyF<sub>3</sub> paste를 도포한 Nd-Fe-B 소결 자석의 입계확산 공정 동안 400°C에서 1시간의 탈지 공정이 없는 경우 잔류하고 있는 ethyl cellulose에 의해 Dy가 충분히 확산되지 않아 탈지 공정이 있는 시편에 비하여 보자력의 향상 정도가 덜한 것으로 나타났다. 또한, DyF<sub>3</sub> paste 내에서 DyF<sub>3</sub> 분말의 함량이 높을수록 보자력이 더욱 향상되는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

본 연구에서는 DyF<sub>3</sub> 분말을 이용하여 paste를 제조하였고, 제조된 DyF<sub>3</sub> paste를 Nd-Fe-B 소결 자석에 균질하게 도포하여 입계확산 공정을 진행하였다. 입계확산 공정 중 binder를 제거하기 위한 탈지 공정의 유무를 통해 탈지 공정이 Nd-Fe-B 소결 자석의 보자력 향상에 영향을 미침을 확인하였고, ethanol 내 ethyl cellulose의 함량이 낮을수록, paste 내 DyF<sub>3</sub> 분말의 함량이 높을수록 보자력의 향상 정도가 높아지는 것을 확인하였다.

## 5. 참고문헌

- [1] J. Lee, Y. Baek, J. Yu, and C. Choi, *J. Korean Powder Metall. Inst.*, vol. 19, pp. 151, 2012.
- [2] D. Brown, Z. Wu, F. He, D. Miller, and J. Herchenroeder, *J. Phys. Condens. matter*, vol. 26, pp. 064202, 2014.
- [3] S. Hirosawa, *J. Magn. Soc. Jpn.*, vol. 39, pp. 85, 2015.