

전기영동법으로 코팅한 DyF₃의 확산처리를 이용한 Nd-Fe-B 계 자성분말의 보자력 향상

김경민^{1*}, 권해웅¹, 이정구², 유지훈², 김태훈³, 양철웅³

¹부경대학교 재료공학과, 부산광역시 남구 신선로 365, 48513

²재료연구소, 경상남도 창원시 성산구 창원대로 797, 51508

³성균관대학교 신소재공학부, 수원시 장안구 서부로 2066, 16419

1. 서론

Nd-Fe-B계 고성능 영구자석의 응용분야가 여러 산업분야에서 확대되면서 고밀도의 벌크자석에서 뿐만 아니라 본드자석용 분말에서도 높은 보자력이 요구되고 있다. Nd-Fe-B계 영구자석에서 보자력을 높이는 일반적인 방법은 Tb, Dy와 같은 중희토류 원소로 Nd₂Fe₁₄B경자성상의 Nd의 일부를 치환해서 Nd₂Fe₁₄B경자성상의 이방성 자장을 높이는 것이다. Nd-Fe-B계 자석에서 Nd의 일부를 중희토류 원소로 치환하기 위해서 널리 이용되는 기술은 합금화 방법 혹은 결정립계 확산방법 등이다. 전반적인 자기적 성능을 고려할 때 결정립계 확산방법이 유리하여 최근에는 이 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 결정립계 확산방법에서 중희토류 원소의 공급원으로서 RF₃(R = 희토류 원소)와 같은 염이 널리 이용되고 있으며, RF₃ 염을 알코올과 같은 용매와 혼합하여 현탁액을 제조하고 이를 소결자석 등 고밀도자석의 표면에 코팅, 건조 후 고온 확산처리 한다. 본 연구에서는 Nd-Fe-B계 자성분말 입자를 DyF₃염으로 코팅하고 확산처리하여 보자력을 향상시키고자 하였다. Nd-Fe-B계 자성분말 입자를 DyF₃ 염으로 코팅하기 위하여 전기영동법 (EPD : Electrophoresis Deposition)을 적용하였으며, 흔히 이용하는 현탁액과의 혼합을 이용하는 코팅법 (dipping)과 비교하여 보자력 향상에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 Nd-Fe-B계 자성분말은 HDDR 처리하여 제조한 Nd_{12.5}Fe_{80.6}B_{6.4}Ga_{0.3}Nb_{0.2} 분말이며, 여러 가지 농도의 DyF₃ 염-알코올 현탁액에 자성분말을 혼합한 후 EPD 및 dipping 법으로 자성입자 표면을 DyF₃로 코팅하였다. 염으로 코팅한 자성분말은 완전히 건조시킨 후 진공 중 800 °C에서 확산 처리하였다. 재료의 자기적 특성은 VSM 을 이용하여 측정하였으며 미세구조는 TEM 및 SEM으로 조사하였다. 확산 처리 후 재료 내 원소 분석은 EPMA를 이용하여 실시하였다.

3. 실험결과

- 자성입자 표면에 형성된 DyF₃염 코팅막은 EPD법을 적용한 경우가 dipping법을 적용한 경우에 비하여 훨씬 균일하였다.
- 최적의 확산처리 후 보자력의 향상효과는 EP법을 적용한 경우가 dipping법을 적용한 경우에 비하여 높았다. 확산 처리하지 않은 초기 분말에서 12.5 kOe였던 보자력은 EPD법을 적용한 경우에는 16 kOe로 증가하여 약 3.5 kOe의 향상을 보였으며 dipping 법을 적용한 경우에는 14 kOe로 증가하여 1.5 kOe의 향상을 보이는데 그쳤다 (Fig. 1).
- DyF₃염 확산처리하지 않은 자성분말의 보자력은 고온 어닐링 후 냉각속도에 크게 영향을 받았다. 급냉한 경우의 보자력이 서냉한 경우에 비하여 높게 나타났다. 그러나, DyF₃염을 확산처리한 자성분말의 보자력은 고온 확산 처리 후 냉각속도에 크게 영향을 받지 않았다.

- dipping법을 적용한 경우에 비하여 EPD법을 적용한 경우에는 DyF₃ 염의 코팅량에 따른 보자력의 변화가 크지 않았다.

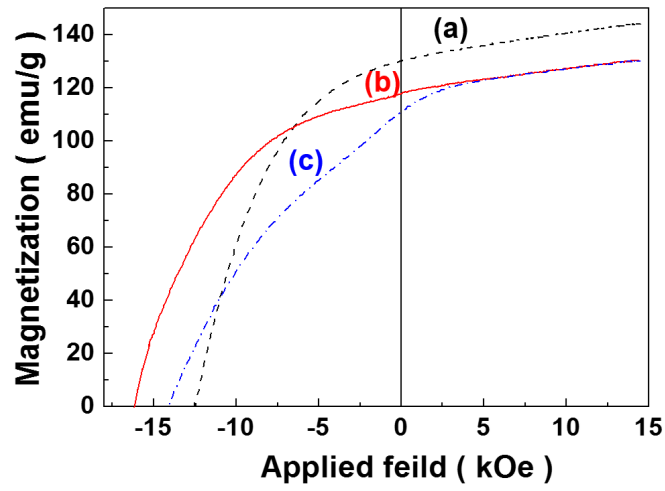


Fig. 1. Demagnetisation curves of the Nd_{12.5}Fe_{80.6}B_{6.4}Ga_{0.3}Nb_{0.2} powder. (a) initial, and 2 wt% DyF₃ coated by (b) EPD or (c) dipping. Diffusion-treated at 800 °C.