입계확산 처리를 통한 고보자력 이방성 HDDR 자석 제조

차희령[1*], 유재경[1], 유지훈[1], 권해웅[2], 이정구[1]
[1]한국기계연구원 부설 재료연구소
[2]부경대학교

친환경 자동차 산업의 성장과 함께 전기자동차 구동모터에 사용하기 위한 고보자력 Nd-Fe-B 자석이 요구되고 있다. 현재 Nd-Fe-B 영구자석의 보자력을 향상시키기 위해 Dy와 같은 중희토류 금속을 첨가하고 있지만 Dy의 경우 자원이 한정되어있고 첨가량이 늘어날수록 보자력은 향상되지만 자석의 세기가 저하되는 문제가 있다. 이에 최근에는 자석의 결정립 미세화, 결정립계 제어 등 미세구조 제어함으로써 중희토류 금속의 사용량을 줄이거나 중희토류 금속을 사용하지 않고 보자력을 향상시키기 위한 연구들이 주목받고 있다. 자석의 결정립을 미세화하기 위한 대표적인 방법으로 jet-mill, melt-spinning, HDDR (hydrogenation-disproportionation-desorption-recombination) 법이 있다. 이 중 HDDR 법은 수소가스 반응을 통해 단자구 크기 (~300nm)의 결정립을 가지는 자성분말을 제조할 수 있는 방법으로 공정조건을 적절히 제어한다면 결정립 미세화뿐만 아니라 이방성 분말을 제조하는 것이 가능하다. 하지만 실제 HDDR처리 된 분말의 경우 단자구 크기의 결정립을 가짐에도 불구하고 약 14 kOe 정도의 낮은 보자력을 나타내는데 이것은 결정립은 미세하지만 입계상이 불균일하여 입계결함 또는 결정립간의 자기상호작용 (magnetic coupling)에 의해 자화반전이 쉽게 일어나기 때문이다. 따라서 제조 된 HDDR 분말의 입계면을 비자성 또는 중희토류 물질을 이용하여 잘 제어한다면 보자력을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 고보자력의 이방성 자석을 제조하기 위해 HDDR 처리된 분말 ($Nd_{12.5}Fe_{bal}Ga_{0.3}Nb_{0.2}B_{6.4}$ (at.%))에 NdH_x-Cu, DyH_x 등의 희토류금속 화합물을 입계확산 처리 (GBDP; grain boundary diffusion process) 하였다. 실험결과 확산 열처리 후 분말 내부의 입계상이 개선되었고, 분말의 보자력이 최대 22 kOe까지 크게 증가하는 것을 확인하였다. 또한 제조 된 분말은 이방성 벌크자석으로 제조하기 위해 hot-press를 이용하여 저온 소결하였으며 제조된 자석의 자기특성 및 미세구조는 VSM, BH-tracer, FE-SEM을 통해 분석하였다.