

반복소결이 NdFeB 소결자석의 미세구조변화 및 자성특성에 미치는 영향

김진우*, 김세훈, 김영도
한양대학교 신소재공학과

1. 서론

본 연구에서는 보다 우수한 자성특성을 가지는 소결 자석을 제조하고자 소결공정 변화를 통한 미세구조 변화를 유도 하였으며, 이에 따른 고보자력 (Nd,Dy)-Fe-B 자성분말의 소결거동과 균일한 미세구조를 가지는 최적의 소결조건을 제시하며 이에 따른 자성특성을 측정하였다

2. 실험방법

$Nd_{13}Dy_2Fe_{76.2}TM_{2.8}B_6$ (TM=Co, Cu, Al, Nb; at.%)의 조성을 가지는 자성분말을 제조하였다. 이러한 분말을 150 MPa의 압력으로 일축자장성형을 한 후, 10^{-6} torr이하의 진공 분위기에서 $950^{\circ}C$ 와 $1050^{\circ}C$ 의 온도구간 사이에서 1회승온과 1회 냉각을 한 사이클로 하여 10사이클 소결을 진행하였으며, 등온소결은 $1050^{\circ}C$ 에서 4시간 유지 하여 진밀도를 가지는 가지는 시편을 제조 하였다. SEM 을 이용하여 미세조직 관찰 하였으며 소결시편의 밀도는 아르키메데스법을 이용하여 측정하였고, 결정립 크기를 측정하기 위하여 시편을 연마한 후 단면을 관찰하여 이미지 분석 을 실시하였다. 또한 Nd-rich 상이 $Nd_2Fe_{14}B$ 상간의 계면으로 침투한 정도를 확인하기 위해 계면접합에 존재하는 Nd-rich 상의 이면각(Dihedral angle)을 측정하였으며, B-H loop tracer를 이용해 상온에서의 자성특성을 평가하였다.

3. 실험결과

반복 소결공정을 통해 제조된 시편의 SEM(BSE) 이미지로서, 사진에서 보이는 하얀 부분은 Nd-rich상, 검은 부분은 $Nd_2Fe_{14}B$ 상을 나타낸다. SEM 관찰 결과 삼중점에 존재하는 Nd-rich상의 형상이 등온소결 공정 보다 cyclic 소결공정시, $Nd_2Fe_{14}B$ 간의 결정립계를 따라 균일하게 형성된 것을 확인할 수 있다.

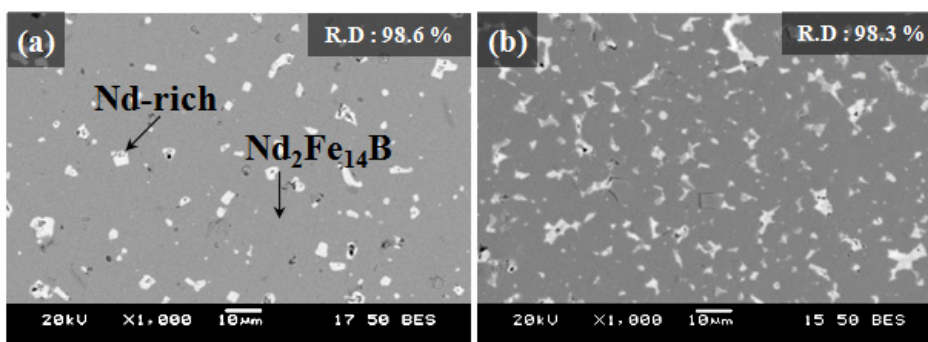


Fig.1. BSE images of Nd-Fe-B magnets fabricated by (a) isothermal sintering and (b) cyclic sintering

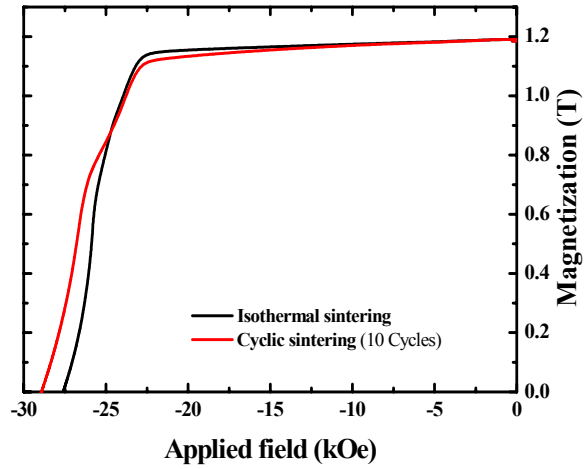


Fig. 2. Magnetic properties of of conventional and cyclic sintering process samples.

등온소결 시편과 10 cycle의 반복 소결공정 시편의 자기이력을 비교한 그래프이다. 반복 소결 후에는 잔류 자속밀도는 등온소결 시와 같은 1.2T를 나타내었으나 보자력은 27.77 kOe에서 29 kOe로 약 1.5 kOe 증가하였다. 이는 반복 소결공정 중 액상의 이동을 통하여 결정립계에 Nd-rich가 균일하게 분포함으로써 인접한 Nd₂Fe₁₄B상간의 자기교환 결합 작용을 억제 하여 효과적으로 자장절연체 역할을 하였기 때문으로 판단된다.

4. 결론

- 1) 고보자력 (Nd, Dy)-Fe-B 소결자석의 제조를 위한 소결 공정 변화를 통하여 미세구조를 유도 하였고 진밀도를 가지는 (Nd, Dy)-Fe-B 소결자석을 제조 하였다. 이러한 반복 소결은 Nd-rich상이 Nd₂Fe₁₄B상 주위를 고르게 분포된 미세구조를 나타내었다.
- 2) 반복적인 승온과 냉각공정을 도입한 반복 소결공정은 등온소결공정에 비해 보자력이 약 1.5 kOe 정도 증가한 결과를 나타내었으며 적절한 횟수의 사이클 구간을 설정함으로써 Nd-rich의 미세구조 제어를 통하여 보자력 값을 향상시킬 수 있음을 확인 하였다.