

저온 소결을 통한 Nd-Fe-B 소결자석의 자성특성 연구

Magnetic Property of Nd-Fe-B Sintered Magnets by Low Temperature Sintering Process

김영도, 김세훈, 김진우
 한양대학교 신소재공학과

1. 서론

본 연구에서는 보다 우수한 자성특성을 가지는 소결 자석을 제조하고자 저온 소결하에서 비등온/등온 소결을 통해 고보자력 (Nd,Dy)-Fe-B 자성분말의 소결거동과 각 온도에 따른 상변화 분석을 통해 결정립 성장을 최소화하고 균일한 미세구조를 가지는 최적의 소결조건을 제시하며 이에따른 자성특성을 측정하였다.

2. 실험방법

$Nd_{11}Dy_4Fe_{76.5}TM_{2.5}B_6$ (TM=Co,Cu,Al)의 조성을 가지는 합금을 스트립 캐스팅을 이용하여 스트립을 제조하고 수소/탈수소처리를 한 후 젯 밀링 공정을 통하여 자성분말을 제조하였다. 이러한 분말을 150 MPa의 압력으로 일축자장성형을 한 후, 10-6torr이하의 진공 분위기에서 900°C부터 1100°C까지 50°C 간격으로 소결온도를 증가시켜 비등온(non-isothermal) 소결을 진행하였으며, 각각의 온도에서 최대 20시간까지 유지시간을 두어 등온(isothermal) 소결을 진행함으로써 (Nd, Dy)-Fe-B 분말의 비등온/등온에서의 소결거동을 관찰하였다. XRD, EDS, SEM을 이용하여 상분석 및 미세조직 관찰 하였으며 B-H loop tracer를 이용하여 자성특성을 측정하였다.

3. 실험결과

그림 1은 소결된 소결체를 냉각하여 얻은 상대밀도와 평균 결정립 크기를 측정 한 결과이다. 이 결과로부터 약 700°C의 온도에서부터 상대밀도가 증가하기 시작하여 950°C 이상에서 밀도 증가가 확연히 나타나며, 결정립 크기의 경우 1000°C 이상의 온도에서부터 입자성장이 일어나기 시작해 1070°C 이상에서 급격한 입자 크기 증가가 관찰된다.

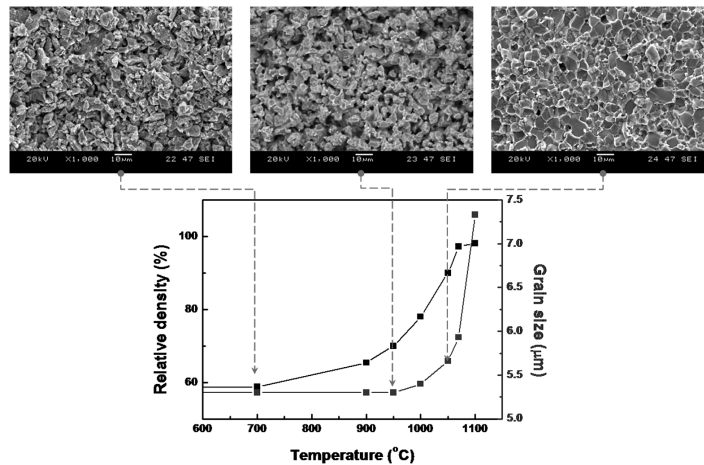


Fig. 1. Relative density and grain size changes of non-isothermal sintered (Nd, Dy)-Fe-B.

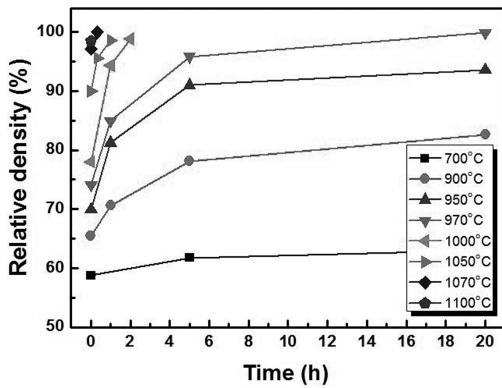


Fig. 2. Relative densities changes of sintered (Nd, Dy)-Fe-B as a function of holding time.

그림 2는 각 온도별로 유지시간을 0~20시간까지 유지하여 밀도를 측정된 결과로 액상량이 적은 700°C에서는 20시간까지 유지시간을 주어도 밀도 증가는 4% 미만 증가하는데 그쳤으나 950°C에서 20시간 유지한 경우는 상대밀도가 94%로서 크게 증가하였으며 970°C 이상의 온도에서는 유지시간에 따라 진밀도에 도달하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 700°C의 경우 액상량이 초기 치밀화 거동에는 크게 영향을 미치지 못할 정도로 적고 970°C의 경우 액상의 유동도는 충분히 높지 않으나 액상량이 풍부하기 때문에 유지시간이 길어짐에 따라 진밀도를 얻을 수 있는 것으로 설명할 수 있다

4. 결론

1) 고보자력 (Nd, Dy)-Fe-B 소결자석의 제조를 위한 최적의 소결조건을 제시하기 위해 비등온/등온 소결조건에 따른 미세조직과 상변화 특성에 대해 고찰하였다.

2) 1050°C 이상에서 소결할 경우 짧은 시간에 진밀도를 얻는 것이 가능하나 소결후기 단계에서 상대적으로 높은 온도로 인해 입자 성장이 크게 일어나게 된다. 이에 반해 970°C의 온도로 장시간 유지하여 소결할 경우 소결 시간이 길지만 평균결정립 크기가 5.5 mm로 초기 분말 입도인 5 mm에서 크게 성장하지 않는 결과를 가져와 보자력특성 향상에 기여할 것으로 판단된다.