

## Nd-Fe-B계 소결자석 제조에 관한 연구

한국과학기술연구원 김 윤 배\*  
 금속공정연구센터 정 우 상  
 정 원 용

## Fabrication of Nd-Fe-B Type Sintered Magnet

KIST Yoon. B. Kim\*  
 Metal Processing W. S. Jung  
 Research Center W. Y. Jeung

## 1. 서 론

NdFeB계 영구자석에 개발된 이후 많은 연구가 진행되어 이 영구자석의 자기적 특성은 꾸준히 증가되어 왔다. NdFeB계 소결자석의 최대자기에너지적은 30 MGOe에서 50 MGOe이상으로 증가하여 현재 실험실에서는 55 MGOe의 소결자석을 제조하는 것이 가능하다[1]. 고특성의 NdFeB계 소결자석을 제조하는데 있어서는  $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 분율,  $Nd_2Fe_{14}B$ 상의 배향성, 산소 함량 및 미세한 grain size 등이 중요한 factor이다. 따라서 NdFeB계 소결자석의 특성을 향상시키기 위해서는 NdFeB계 합금의 조성 및 제조공정을 조절하여 위와 같은 factor들을 최적화 하여야 한다. 본 논문에서는 실험실 규모로 NdFeB계 합금 조성 및 공정 조절을 통하여 고특성의 NdFeB계 소결자석을 제조하는 연구를 수행하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에 사용된 NdFeB계 합금 및 첨가합금은 고순도의 합금원소를 사용하여 진공 유도 용해로에서 용해·주조한 후 NdFeB계 합금은 1150℃에서 20시간 동안 진공중에서 균질처리하였다. NdFeB계 합금은 수소를 이용하여 분쇄한 후 ball milling하였다. Fisher sub-sieve sizer로 측정된 분말의 평균입도는 약 3  $\mu m$ 이었다. 분쇄된 분말은 자장을 인가한 상태에서 성형하여 1050~1100℃에서 2~4 동안 소결한 후 500~600℃에서 1~4시간 동안 열처리하였다. NdFeB계 소결자석의 자기적 특성은 dc magnetic hysteresis loop tracer를 이용하여 측정하였다. NdFeB계 소결자석의 미세조직은 SEM-EDX 및 OM을 이용하여 관찰하였고, 산소 함량은 LiCo사 TC136을(Impulse method) 이용하여 분석하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 고특성 NdFeB계 소결자석을 제조하기 위해서 NdFeB계 합금 조성, 미량 첨가 원소 및 합금의 조성, 분쇄방법, 저산소 공정, 분말 입도, 소결 및 열처리 조건 연구 등 조성과 제조공정에 관한 실험을 수행하였다. 그림 1은 보자력을 향상시키기 위해 첨가한  $FeGa_3$  compound가 NdFeB계 소결자석의 자기적 특성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 보자력은

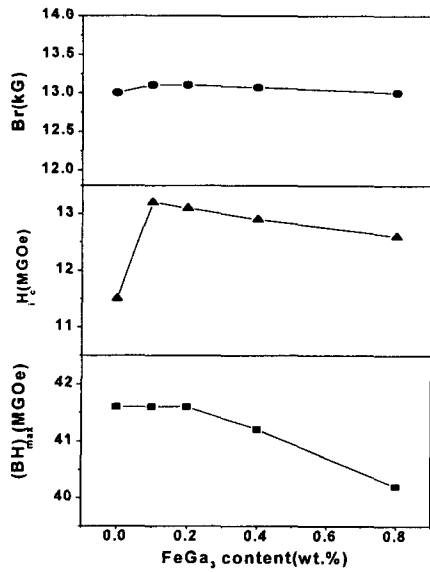


Fig. 1 Magnetic properties of NdFeB sintered magnets with the addition of FeGa<sub>3</sub>

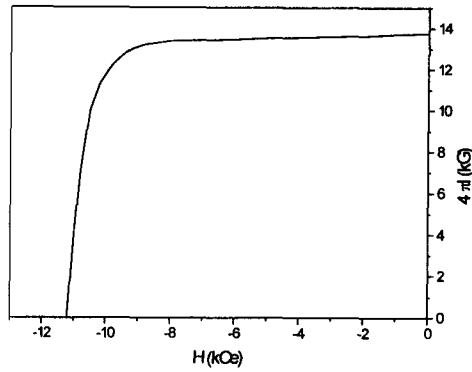


Fig. 2 Demagnetization curve for NdFeB sintered magnets

FeGa<sub>3</sub>가 0.1 wt.% 첨가되었을 때 급격히 증가하고 FeGa<sub>3</sub> compound의 첨가량이 더 증가하면 다시 감소하였다. 잔류자속밀도와 최대자기에너지적은 FeGa<sub>3</sub> compound가 0.2 wt.% 첨가될 때까지 변화가 없었으며 FeGa<sub>3</sub> compound의 첨가량이 더 증가하면 조금씩 감소하였다. 따라서 FeGa<sub>3</sub> 첨가에 의해 잔류자속밀도를 감소시키지 않고 NdFeB계 소결자석의 보자력을 효과적으로 향상시킬 수 있었다. 그림 2는 저산소공정 및 powder blending method에 의해 제조된 NdFeB계 소결자석의 감자곡선으로 위와 같은 제조공정에 의해 NdFeB계 소결자석의 산소 함량을 2000 ppm으로 감소시킬 수 있었으며 이때 자기적 특성은 잔류자속밀도 13.76 kG, 보자력 11.2 kOe, 최대자기에너지적 45 MGOe를 나타내었다

#### 4. 결론

본 연구에서는 고품성 NdFeB계 소결자석 제조에 관한 조성 및 제조공정 조절 연구를 통하여 잔류자속밀도 14.4 kG, 보자력 9.4 kOe, 최대자기에너지적이 47.1 MGOe인 NdFeB계 소결자석을 제조하였다.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. Hirose and Y. Kaneko, Proc. 15th International Workshop on the rare-earth magnets and their application, 1 (1998) 43