

## Pr-Fe-B계 희토류 자석의 최대에너지적 향상에 관한 연구

승실대학교 김 용 복\*, 최 혜 복, 조 지 문  
임 상 희, 김 철 원, 고 재 귀

THE STUDIES ON THE INCREASING OF MAXIMUM ENERGE PRODUCT  
OF Pr-Fe-B RARE-EARTH MAGNET

Soongsil University Y B Kim\*, H. B. Choi, J. M. Cho  
S. H. Lim, C. W. Kim, J. G. Koh

## 1. 서 론

일반적으로 영구자석의 재료는 높은 일축이방성과 큐리온도를 지녀야 하며 보자력과 최대에너지적 등의 자기적 특성이 우수해야한다 LR-Fe 2원계 화합물은 큰 포화 자화 값을 가짐에도 불구하고 매우 낮은 큐리온도로 인하여 실용화되지 못하였다. 그 후 Nd-Fe-B 3원계 화합물에 대한 관심이 집중되어 생산량의 빠른 성장을 보이고 있는데 이것은 원료자원이 풍부하고 자기적 특성이 우수할 뿐만 아니라 기계적 강도가 우수하여 취급이 쉽고 비중이 작아서 전자기기의 경량화가 가능하기 때문이다. 그러나 Nd-Fe-B계 자석은 보자력과 잔류자기의 온도계수가 크고 spin reorientation으로 인한 이방성의 변화가 발생하는 단점이 있다 이에 비해서 Pr-Fe-B계 자석은 spin reorientation이 발생하지 않으므로 모든 온도 범위에 대해서 응용이 가능하다 따라서 본 연구에서는 Pr-Fe-B계 희토류자석의 시편을 제조하고 조성비와 열처리 온도에 따른 최대에너지적 향상을 조사하였다

## 2. 실험방법

조성에 따라 Pr, Fe, B의 ingot을 제조하고 진공 중 950℃ 부근에서 4주일간 균일화 처리를 시킨 후 1~2mm 크기로 1차 분쇄하고 hydride 방법을 이용하여 2차 분쇄를 행하였다. 2차 분쇄 후, 4.5시간 동안 ball milling을 하고 산소량이 30ppm 이하인 glove box내에서 미분쇄 분말을 packing하였다. step furnace에서 단계적으로 온도를 상승시킨 후, 1090℃에서 1시간 소결하였다. 소결 후 각각의 시편에 대하여 SEM으로 미세조직을 관찰하고 XRD로 결정구조 분석을하였다 또한 자기이력곡선을 통하여 최대에너지적을 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

각 자석의 큐리온도( $T_c$ )는  $300^\circ\text{C}$  근처이었고 SEM과 EDX 분석 결과, 주상인  $\text{Pr}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상은 14 at%의 Pr과 86 at%의 Fe, 미소상인 Pr-rich상은 58 at%의 Pr과 42 at%의 Fe로 이루어져있었다. 보자력은  $990^\circ\text{C}$ 에서의 열처리 후에 현저히 감소하였고  $550^\circ\text{C}$ ,  $585^\circ\text{C}$ ,  $625^\circ\text{C}$ 에서의 열처리 후에는 모두 증가하였는데 특히  $625^\circ\text{C}$ 에서의 열처리 후에 5.6에서 6.3 kOe로 크게 향상되었다. 열처리 온도에 대한 최대 에너지적 변화는 보자력의 변화와 거의 같은 경향을 보였고,  $625^\circ\text{C}$ 에서의 열처리 후에 최대에너지적을 42.7에서 45.0 MGOe로 약 5% 향상시킬 수 있었다.

### 4. 결 론

Pr-Fe-B 3원계 시편을 제조하여 측정한 결과, 이론치의 약 70% 인 42~43MGOe의 높은 최대자기에너지적((BH)max)을 얻을 수 있었다.

### 5. 참고문헌

- ① J.G.Koh, F.Pourarian, S.Simizu, S.G.Sankar, 한국자기학회지, vol.5, No.5, 675 (1995)
- ② T. Sagawa, S.Fujimura, M.Yamamoto, Y.Matsura, K.Hiraka, IEEE Trans. Mag., MAG-20, 1584 (1984)
- ③ Y.Z.Wang and G.C.Hadjipanayis, Appl. Phys., vol.70, 6009 (1991)
- ④ M.Anagostou, C.Christides, M.Pissas, D.Niarchos, Appl. Phys., vol.70, 6012 (1991)
- ⑤ S.F.Cheng, Y.Xu, S.G.Sankar, W.E.Wallace, 11th international workshop on rare-earth magnets, Pittsburgh, PA. vol.2, 400 (1990)
- ⑥ 고재귀, 자성 물리학과 응용, 숭실 대학교 출판부 (1992)