

Nd-Fe-B 소결 자석의 열처리에 따른 계면구조의 변화

Influence of Heat Treatment on the Interface Structure Changes of Nd-Fe-B Sintered Magnet

박대원*, 김동환¹, 장태석², 이성래

고려대학교 공과대학 신소재공학부, 서울특별시 성북구 안암동 5가 1번지, 136-701

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, 경남 창원시 창원대로, 641-010

²선문대학교 하이브리드공학부, 충남 아산시 탕정면 선문대학교, 336-708

1. 서론

Nd-Fe-B 소결 자석의 보자력 거동은 nucleation type으로 Nd-rich 계면 상, 결함 등과 같은 미세 구조의 변화가 그 자기적 특성에 큰 영향을 미치게 된다 [1]. 이러한 소결자석은 열처리를 거치게 되면 그 자기적 특성이 크게 향상되는데 그 원인은 아직 명확히 규명되지 않았다.

최근의 연구를 통해 이러한 자기적 특성의 향상이 계면에 그 원인이 있다는 것이 밝혀졌으며, 이 계면의 Nd-rich 상의 구조와 역할에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이에 본 연구는 열처리 전의 소결체와 1차 열처리, 2차 열처리를 시행한 소결자석을 통해 열처리과정 중의 계면의 변화에 대해 살펴보았다.

2. 실험방법

본 연구는 1070°C에서 4시간 동안 소결한 후 850°C에서 2시간동안 1차 열처리, 500°C에서 2시간 동안 2차 열처리한 소결자석을 통해 열처리에 따른 미세구조의 변화를 살펴보았다. 22.8Nd-9.77Dy-2.39TM-0.97B-64.0Fe (wt. %)의 시편은 ingot - strip casting - HDDR - jet milling - powder alignment - pressing - sintering을 통해 제조되었다. 미세 구조와 조성의 변화는 HR-XRD, SEM, HR-TEM을 통해 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

SEM을 통해 살펴본 미세구조의 변화는 뚜렷하게 나타나지 않았다. SEM 상으로 확인 되는 미세 구조의 변화 보다는 수나노의 실제 계면에서의 계면상의 변화가 그 자기적 특성 변화에 주된 원인을 확인 할 수 있었다. HR-TEM을 통한 분석을 통해 살펴본 Nd-rich 상의 경우, 소결 직후 2~3 nm의 매우 작은 입자들과 비정질에 가까운 구조를 보였다. 특히 두께가 두꺼운 경우 Nd-rich상 안쪽에서 비정질의 구조를 확인 할 수 있었다. 또한 미세 입자는 상온에서의 안정상인 Ia3의 Nd₂O₃ 뿐 아니라 고온에서의 안정상인 h-Nd₂O₃의 구조를 가진 입자들이 혼재했다. 1차 열처리 시편의 경우 역시 2~3 nm의 매우 작은 입자들과 비정질의 가까운 구조를 보였으며, Nd-rich상 아쪽에서 비정질의 구조를 가졌다. 2차 열처리 후 계면상은 모두 Ia3의 Nd₂O₃의 구조를 가졌으며 Nd-Fe-B 상과 Nd-rich 상이 긴밀하게 연결된 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 Nd-Fe-B와 Nd-rich의 계면의 향상은 자화 반전의 nucleation site로 작용할 수 있는 결함을 줄여주게 되어 그 자기적 특성을 향상시키는 것으로 생각된다.

4. 결론

열처리 이전의 소결체와 1, 2차 열처리 후의 소결자석을 통해 열처리가 계면 구조에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 소결 직후와 1차 열처리 후의 시편은 2~3 nm의 미세 입자들과 비정질에 가까웠던 Nd-rich 상으로 구성되

어 있었으며, 계면으로부터 멀어질수록 비정질의 구조를 보였다. 특히 열처리 이전의 시편은 고온에서의 안정상이 혼재 했다. 2차 열처리 후 Nd-Fe-B와 긴밀히 연결되었으며 고온에서의 안정상이 모두 사라졌다. 이러한 계면에서의 변화를 통해 자화 반전의 nucleation site가 감소해 그 자기적 특성의 향상이 있었다고 생각된다.

본 연구는 지식경제부 소재원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] H. Kronmuller, K.-D. Durst, M. Sagawa: J. Magn. Magn. Mater., **74** (1988) 291-302.