

Cu 첨가에 따른 Nd-Fe-B Strip Cast의 미세조직과 자기적 특성 연구

박송이*, 이성래, 김동환¹, 장태석²

고려대학교 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5가 1, 136-713

¹한국기계연구원 부설 재료 연구소, 경남 창원시 창원대로 531, 641-010

²선문대학교 하이브리드공학부, 충남 아산시 탕정면 갈산리 100, 336-708

1. 서론

고에너지 Nd-Fe-B 소결자석의 자기적 특성은 잔류자화와 보자력의 크기에 의해 좌우된다. 보자력의 향상을 위해서는 소결체를 구성하는 각 상을 균질하게 제어하고 미세한 결정립이 분포하도록 하는 미세조직 제어기술이 필요하다. 따라서 Nd-Fe-B 영구자석의 성질을 향상시키기 위해 strip casting 방법으로 소결자석용 합금을 제조하고 또한, Nd, Fe, B와 치환될 수 있는 여러 가지의 치환원소를 소량 첨가함에 따라서 Nd-Fe-B 소결자석의 이론적인 보자력인 70kOe에 접근하고 있다. 본 연구에서는 Cu 조성에 (0.2~0.5wt%) 따른 strip-cast의 미세구조의 변화와 상변화를 관찰하고 그것에 따른 자기적 특성의 상관관계를 알아봄으로써 Cu 첨가로 인해 더욱 향상된 성질을 가지는 Nd-Fe-B 소결자석의 제조를 도모하였다.

2. 실험방법

조성 변화에 따른 상, 조직 및 자기특성의 변화를 조사하기 위하여 arc melting 후, wheel speed 2m/s에서 급냉한 각각의 조성이 (Nd_{27.68}, Dy_{4.89})Fe_{bal}.Cu_xB_{0.97} (x=0.2, 0.3, 0.4, 0.5 wt%)인 strip cast 4개를 준비하였다. strip의 조직변화는 주사전자현미경 (JXA-8500F)을 이용하여 관찰하였으며 주사전자현미경 촬영 시 free surface, wheel side 양면과 단면을 모두 촬영하였다. 또 EPMA (JXA-8500F Electron Probe Micro Analyzer)를 이용하여 free surface와 wheel side의 상변화 및 상분포를 조사하였다. strip cast의 자기적 특성은 LAKESHORE-Vibrating Sample Magnetometer을 이용하여 측정하였다. 이때 최대 인가 자기장은 10kOe였고, 자기장은 strip 표면에 평행하게 인가하였다.

3. 실험결과

Fig. 1은 strip cast의 단면을 주사전자현미경 back scattered electron mode로 촬영 한 image와 그 결과를 그래프로 나타낸 것이다. Cu의 함유량이 0.4 wt%까지는 표면에 수직인 방향으로 결정립의 정렬도가 좋아지고 결정립들이 균질하다.

Fig. 2는 각 strip의 VSM을 측정한 것이다. Cu의 함유량이 증가함에 따라 보자력 값이 증가하고 Cu 함유량 0.5 wt%에서는 보자력 값이 감소한다.

Strip cast를 EPMA mapping 해 본 결과 Cu-rich 상은 Nd₂Fe₁₄B간의 Nd-rich 결정립계를 따라 형성된다.

4. 고찰

EPMA mapping image를 보면 Nd₂Fe₁₄B간의 Nd-rich 결정립계를 따라 Cu-rich 상이 형성되는 것을 볼 수 있다. 주사전자현미경 사진에서는 Cu의 함유량이 증가할수록 strip 표면에 수직인 방향으로의 수직상정이 발달되고, <001> preferred orientation의 증가로 결정립의 정렬도 증가를 보이지만 Cu 함유량이 0.5 wt%에서는 감소한다. 그 이유는 Cu 함유량이 증가함으로써 유동성이 증가하기 때문이다.² VSM 결과를 보면, 보자력은 Cu의 함유량

이 증가할수록 증가하고 Cu의 함유량 0.5 wt%에서 감소하는 경향을 보이는데 그 이유는 Cu 함유량 0.4 wt%까지는 Nd-rich 결정립계를 따른 Cu-rich 상의 형성과 표면에 수직인 방향으로의 정렬도 증가로 인한 결정립의 균질화 때문이다. 또 Cu의 많은 함유량은 다공성의 형성을 야기시키는데 그러므로 Cu 함유량 0.5 wt%는 낮은 밀도를 가지게 되어 보자력을 감소시키는데 영향을 미친것이라고 생각된다.

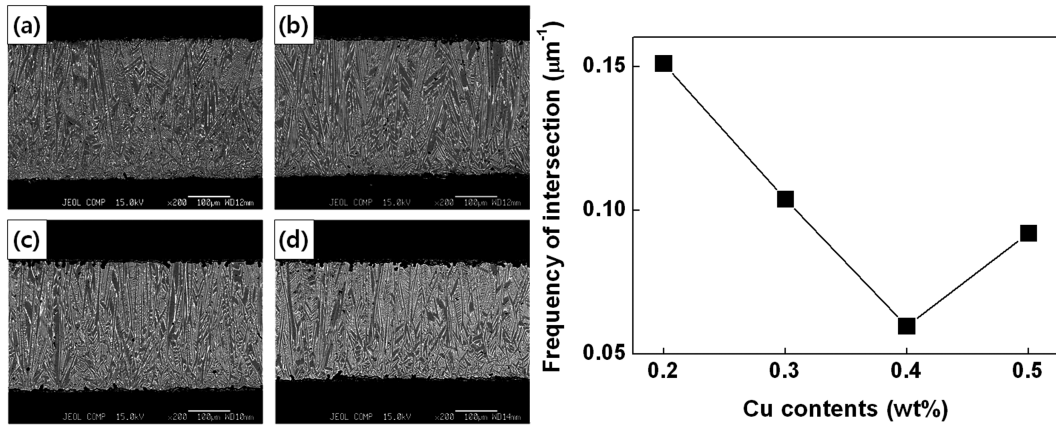


Fig. 1. strip 단면의 주사전자현미경 사진 (a)#1, (b)#2, (c)#3, (d)#4 (X200)과 Frequency of intersection

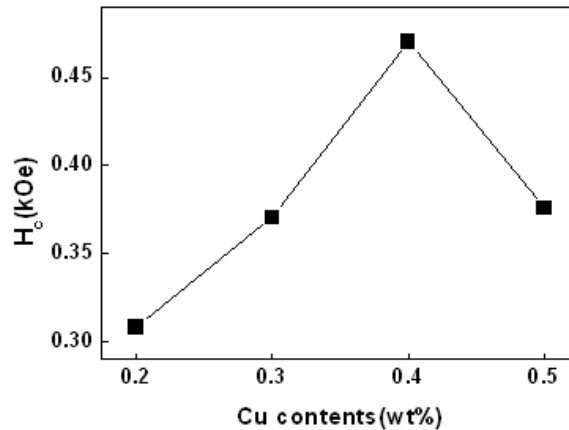


Fig. 2. Cu 함량에 따른 Hc의 변화

5. 결론

Cu 함유량이 증가함에 따라 결정립계를 따라서 Cu-rich 상이 형성되고 Cu 첨가는 Nd-rich 상의 녹는점을 줄이고 계면상의 젖음성을 향상시켜 Nd₂Fe₁₄B 상을 고립된 Nd₂Fe₁₄B 상으로 이끌게 되어 보자력 향상을 일으킨다. Cu의 첨가는 표면에 수직인 방향으로 정렬도가 높아지고 그에 따른 결정립의 균질화를 통하여 Nd-Fe-B 소결자석의 자기적 성질을 향상시키는데 직접적인 영향을 준다. 하지만 Cu의 많은 첨가는 다공성의 형성을 야기시킴에 따라 낮은 밀도를 가지고, 유동성이 증가됨에 따라 정렬도가 감소하므로 Cu 함유량 0.5 wt%의 보자력 감소의 원인이 되었다고 생각한다. 0.4wt% Cu의 첨가는 Nd-Fe-B 소결자석의 자기적 특성을 향상시킬 것이라 사료된다.

6. 참고문헌

- [1] W. F. Li, T. Ohkubo, T. Akiya, H. Kato, K. Hono, J. Mater. 24. 2. (2009)
- [2] D. H. Lee, T. S. Jang, Andrew S. Kim, Journal of The Korean Magnetism Society. 14. 5.(2004)