

Co 첨가에 의한 Fe₃B/Nd₂Fe₁₄B 초미세립 복합상 리본의 자기특성 향상 연구

영남대학교 물리학과 황 용 순* 김 응 찬
 포항산업과학연구원 양 충 진 박 언 병
 금속재료연구팀

Enhancement on the magnetic properties of Fe₃B/Nd₂Fe₁₄B nanocomposites by Co substitution

Yeungnam Univ. Physics Y. S. Hwang*, E. C. Kim
 RIST New Materials and Process Research Team C. J. Yang, E. B. Park

1. 서론

기존 단일상 NdFeB계 영구자석의 경우 높은 자기적 특성을 가지지만 복잡한 형상에서는 착자 시키기 어려우며 가격이 비싼 단점이 있다. 초미세립 복합상 NdFeB계 자석은 높은 잔류자속밀도를 가진 반면 단일상 NdFeB 영구자석에 비해 낮은 보자력을 가지지만, 가격이 저렴하며 화학적으로도 안정한 영구자석 재료이다. 본 연구에서는 Fe₃B base의 조성 (Nd₄Fe_{7.5}B_{18.5})에서 양호한 비정질의 리본을 얻기 위하여 Hf, Ga 원소를 넣었고, T_c의 증가와 결정화 온도의 변화 그리고 잔류자속밀도의 향상 및 각형비의 증가를 보기 위해 Co (3~5 at%)를 함께 첨가하여 살펴보았다.

2. 실험방법

Nd₄Fe_{7.5-x}Co_xHf_{0.5}Ga_{0.5}B_{18.5} (x=3, 4, 5)의 조성으로 Plasma Arc 용해 방법으로 Ar 분위기 하에서 ingot를 제조하고, 제조된 ingot를 석영관에서 유도 용해하여 Cu wheel 표면에 용사 시켰다. 급냉속도를 900~2000 변화시키면서 급냉 리본을 제조하였고 각 조건에서 제조된 급냉리본을 고 진공하에서 550~750°C/ 0~30 min의 열처리 조건으로 열처리하여 TEM, XRD를 이용하여 결정구조를 분석하고, DTA를 사용하여 결정화 온도를 살펴보았으며, VSM, TGA를 이용하여 온도에 따른 자기적 특성을 살펴보았다.

3. 실험결과 및 고찰

잔류자속밀도 및 각형비의 향상을 위해 Nd₄Fe_{7.5}B_{18.5}조성에 첨가원소인 Co를 3~5 at%로 변화시키면서 Fe₃B base 초미세립 복합상 리본(Nd₄Fe_{7.5-x}Co_xHf_{0.5}Ga_{0.5}B_{18.5})을 제조하였다. X-ray 회절 패턴 분석결과 냉각속도가 낮을 때(1100rpm 이하) 리본의 두께(약100 μm)로 인

해 wheel의 반대 면에서 일부 결정화되어 있었고 냉각속도가 높을 때(1700 rpm이상, 50 μ m이하)에서는 양호한 비정질 리본을 얻을 수 있었다. DTA를 분석해본 결과 두 상(2:14:1, Fe₃B)의 결정화 온도 간격이 줄어들 것으로 보아 첨가원소(Hf, Ga)가 급냉리본의 비정질화를 증가시켜 두 상의 결정립 크기를 비교적 균일하게 했기 때문으로 사료되며 TEM으로 확인할 수 있었다. TGA 곡선에서는 Co의 증가(3~5 at%)에 따른 Curie 온도의 증가를 볼 수 있었는데 이는 Co의 치환으로 교환적분 값의 증가로 인한 교환에너지의 증가로 Curie 온도가 증가하였다고 사료된다. 열처리 온도에 따른 자기적 특성을 살펴보면 일부 결정화된 리본(1100rpm이하)은 낮은 열처리 온도에서 최대자기특성을 나타내었고 비정질 리본은 보다 높은 온도에서 최대자기특성을 보였다. 비정질 리본(1700rpm이상)이 일부 결정화된 리본보다 최대 자기특성을 나타내는 온도에서 잔류자속밀도가 10 %정도 높게 나왔으며, 열처리 온도의 증가에 따른 결정립 크기의 불균일성이 두 상(2:14:1, Fe₃B)의 exchange coupling을 감소시켜 일부 결정화된 리본의 잔류자속밀도가 낮은 것으로 사료된다. 보자력은 열처리 온도가 증가할수록 점차적으로 증가하다 이후 감소하였다. 각형비에서는 낮은 열처리 온도에서 기본조성에 비해 Co를 첨가한 리본이 높았으며 온도가 높아질수록 그 차이는 줄어드는 경향을 보였다. 최대자기에너지적은 열처리 온도가 낮을 때 Co를 첨가한 리본이 기본조성보다 20 %정도 높았으며 이후 감소하면서 온도가 710 °C 에서 역전되었다. 이는 Co를 첨가한 리본이 온도가 높아짐에 따라 결정립이 불균일한 크기로 성장하여 효과적인 Spring Magnet 이 되지 못했기 때문인 것으로 생각된다.

4. 결론

Co를 첨가한 리본의 잔류자속밀도, 각형비, 최대자기에너지적이 기본 조성에 비해 20% 정도 높게 나왔으며 열처리 온도가 높을수록 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며 양호한 비정질 리본을 열처리한 결과 일부 결정화된 리본보다 잔류자속밀도가 10 %정도 높게 나왔다.

5. 참고문헌

1. W. C. Chang and S. H. Wu, J. of Appl. Phys., Vol. 83, No. 4, (1998)2147-2151
2. C. J. Yang and E. B. Park, IEEE Trans. on Mag. Vol. 32, No. 5, (1996)4428-4430
3. C. J. Yang and E. B. Park, J. Magn. Magn. Mater., Vol. 166 (1977) 243-248