

**자장중 열처리가 Nd₂Fe₁₄B/Fe₃B 초미세립
복합자성상의 자기 특성에 미치는 영향**

산업과학기술연구소
전자기연구팀

박 언병*
양 충진

**The Effect of Magnetic Treatment enhanced Magnetic Properties
of Nd₂Fe₁₄B/Fe₃B Nanocrystalline Composites**

RIST Electromagnetic
Materials Research Lab.

E. B. PARK*
C. J. YANG

1. 서 론

최근 Nd-Fe-B계 희토류자석에 대한 연구 중, 작은 양의 희토류 금속을 포함하면서도 초미세립으로 형성된 강자성상(Nd₂Fe₁₄B)과 약자성상(Fe₃B, α -Fe) 사이의 교환상호작용에 의하여 고잔류자화를 나타냄으로써 높은 최대자기 에너지적을 갖는 합금 개발 및 상업화 노력이 상당히 진행되고 있다. 이러한 초미세립 복합자성상 합금이 고잔류자화를 갖기 위해서는 강/약자성상이 10~20 nm의 초미세 결정립으로 균일하게 분포되어 있어야 한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 Nd₂Fe₁₄B/Fe₃B 복합상의 결정 입도 및 분포를 동시에 제어하기 위한 방안으로 행한 외부자장 열처리의 효과를 자기적 측면과 구조적 측면에서 고찰하여 자기특성 향상의 원인을 규명하고자 한다.

2. 실험방법

Nd₄Fe_{73.5}Co₃Hf_{0.5}Ga_{0.5}B_{18.5}의 조성으로 플라즈마 아크 용해 방법으로 3회에 걸쳐 조성이 균일하도록 용해하여 ingot를 제조하였다. 제조된 각각의 ingot는 광폭리본을 제조하기 위해 고안된 석영관에서 유도 용해하여 급냉회전체 표면에 용사 시킴으로써 급속응고된, 폭 8~12 mm, 두께 50~150 μ m의 자성체 광폭리본을 제조하였다. 사용한 냉각회전체 표면속도는 20~30 m/sec로 하였다. 제조된 각 광폭리본을 He 분위기 하에서 DTA를 사용하여 결정화 온도를 결정된 후, 진공 중에서 quartz내에 봉입된 광폭리본을 자장중 열처리로 에서 5 kOe의 외부자장하에서 600~730 $^{\circ}$ C, 열처리시간 5~10 min 조건으로 열처리하였다. 또한 10⁻⁵ torr의 고진공이 유지 가능한 chamber내에서 열처리온도 600~730 $^{\circ}$ C, 열처리시간 5~10 min 조건으로 열처리를 하여, 자장중 열처리에 의한 자기특성 변화 및 구조변화를 비교, 관찰하고자 하였다.

결정학적 구조는 XRD를 사용하여 분석 평가하였고, TEM을 사용하여 미세조직 관찰과 변화를 확인하였다. 또한 TGA를 사용하여 얻은 열자장곡선으로부터 Curie 온도를 결정하였으며, 시료의 형상에 따라 적당한 반자장계수를 적용시켜 진동시료 자력계(VSM)를 사용하여 16 kOe 인가자장하에서 자기적 특성을 측정하였다. 또한 Mössbauer 분광학 실험을 통하여 각 존재상의 부피분률 및 초미세자기장의 변화를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

제조된 $\text{Nd}_4\text{Fe}_{73.5}\text{Co}_3\text{Hf}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{B}_{18.5}$ 합금에서 얻어진 XRD 패턴을 분석한 결과, 자장중 열처리후의 리본은 진공중 열처리 리본에 비해 α -Fe의 양이 감소하고 Fe_3B 의 양이 증가함을 확인하였다. SEM, TEM 관찰 결과 각 존재상이 자장중 열처리 전에 비해 더욱 미세하고 균일하게 분포되어 있음을 확인하였다. 또한 조대한 α -Fe의 불규칙한 분포가 자장중 열처리에 의해 크게 감소함을 관찰하였다. 이러한 결정학적 구조의 변화에 의하여 자기적 특성중 잔류자속밀도 및 각형비가 증가하여 최대자기에너지적이 증가함을 알았다.

3. 결론

$\text{Nd}_4\text{Fe}_{73.5}\text{Co}_3\text{Hf}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{B}_{18.5}$ 의 리본은 최적의 자장중 열처리 과정에서 각 존재상이 더욱 미세화 되고 균일하게 분포하여 약 강자성상간의 exchange coupling을 향상시켜 자기특성이 향상된 것으로 판단된다. Mössbauer 스펙트럼의 분석을 통하여 자장중 열처리에 의한 각 존재상의 부피분률 및 초미세 자기장의 변화는 학회 보고서 발표할 예정이다.

4. 참고문헌

1. G.C.Hadjipanayis, L.Withanawasan, IEEE Trans. on Mag., 31, 3596(1995)
2. K. Fukunaga, 일본응용자기학회지, Vol. 19, No. 4, 791(1995)
3. R.Skomski and J.M.D.Coey, IEEE Trans. on Mag., 30, 607(1994)
4. M. X. Mao, C. L.Yang, Z. H. Cheng, Y.D. Zhang, B. G. Shen, L.Y. Yang, F. S. Li, J. Phys., Condens. Matter 4, 9147(1992)