

자장중 열처리에 의한 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\text{Fe}_3\text{B}$ 초미세립
복합자성상의 자기 특성 향상

산업과학기술연구소
전자소재팀

박 언병*
양 충진
최 승덕
김 찬욱

IMPROVEMENT OF $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}/\text{Fe}_3\text{B}$ NANO-CRYSTALLINE MAGNETIC
COMPOSITES BY HEAT TREATMENT UNDER MAGNETIC FIELDS

RIST Electromagnetic
Materials Research Lab.

E.B.PARK*
C.J.YANG
S.D.CHOI
C.W.KIM

1. 서 론

최근 Nd-Fe-B계 희토류자석에 대한 연구 중, 작은 양의 희토류 금속을 포함하면서도 화학적으로는 안정하고, 자기적 특성 면에서도 고잔류자화와 고보자력을 나타냄으로써 높은 최대자기 에너지적을 갖는 합금 개발에 관한 것이 많다. 이러한 합금은 초미세결정립(10~20 nm)으로 형성된 약,강자성상 사이의 교환상호작용에 의하여 고잔류자화를 나타내는 복합자성상으로 알려져 있다. 본 연구에서는 $\text{Nd}_4\text{Fe}_{77.5}\text{B}_{18.5}$ 조성에 Co와 Hf 그리고 Ga를 첨가한 후, 최적의 자장중 열처리 조건하에서 Fe_3B , $\alpha\text{-Fe}$ 및 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상의 각 결정립을 일정한 방향으로 성장·배향시킨 초미세립으로 복합화 함으로써 잔류자화밀도를 높이는 동시에 보자력의 향상에 목적을 두었다.

2. 실험방법

$\text{Nd}_4\text{Fe}_{73.5}\text{Co}_3\text{Hf}_{1-x}\text{Ga}_x\text{B}_{18.5}$ ($x=0, 0.5, 1$)의 조성으로 플라즈마 아크 용해 방법으로 5회에 걸쳐 조성이 균일하도록 용해하여 ingot를 제조하였다. 제조된 각각의 ingot는 석영 관에서 용해하여 급냉회전체 표면에 용사 시킴으로써 급속응고된 자성체리본을 제조하였다. 사용한 냉각회전체 표면속도는 40~50 m/sec로 하였다. 제조된 각 리본의 결정화온도는 He 분위기 하에서 DTA를 사용하여 결정하였으며, 열처리는 Ar분위하의 자장중 열처리로서 500~750 °C, 열처리시간 5~30 min 조건으로 행하였다. 또한 10^{-5} torr의 고진공이 유지 가능한 chamber내에서 열처리온도 500~750 °C, 열처리시간 5~30 min 조건으로 열처리를 하여, 자장중 열처리에 의한 자기특성 변화를 관찰하였다.

결정학적 구조는 XRD를 사용하여 분석 평가하였고, TEM 및 EDX를 사용하여 미세조직 관찰과 구조 및 성분분석을 행하였다. 또한, TGA를 사용하여 얻은 열자장곡선으로 부터 Curie 온도를 결정하였으며, 시료의 형상에 따라 적당한 반자장계수를 적용시켜 진동시료 자력계(VSM)를 사용하여 16 kOe 인가자장하에서 자기적 특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

각 합금에서 얻어진 XRD 패턴을 분석한 결과, $Nd_4Fe_{73.5}Co_3Hf_{1-x}Ga_xB_{18.5}$ ($x=0, 0.5, 1$)의 각 합금에서 열처리 전의 리본은 비정질로 존재하고, 열처리 후에는 강자성을 나타내는 $Nd_2Fe_{14}B$ 상과 약자성을 나타내는 α -Fe 및 Fe_3B 등이 동시에 존재함을 확인하였다. melt-spun상태의 각 리본의 자기적 특성은 극히 미약하였지만, 655 °C에서 5분간 열처리한 $Nd_4Fe_{73.5}Co_3Hf_{0.5}Ga_{0.5}B_{18.5}$ 합금의 경우 보자력 및 잔류자속밀도 그리고 최대자기 에너지적이 각각 2.527 kOe 및 11.83 kG 그리고 10.73 MGOe였다. 그런데 자장중에서 655 °C에서 5분간 열처리를 행한 결과, 보자력 및 잔류자속밀도 그리고 최대자기 에너지적이 각각 2.721 kOe 및 12.55 kG 그리고 12.513 MGOe로 자기적 특성이 향상되었다.

3. 결론

$Nd_4Fe_{73.5}Co_3Hf_{1-x}Ga_xB_{18.5}$ ($x=0, 0.5, 1$)의 리본은 최적의 자장중 열처리 및 자장중 냉각처리 과정에서 각 결정립이 일정한 방향으로 성장·배향되어 약·강자성간의 exchange coupling을 향상시켜 자기특성이 향상된 것으로 판단된다. 광학현미경과 AFM을 통하여 결정립의 크기에 의한 자기특성 변화 및 exchange coupling의 세기에 영향을 준 인자를 확인하고, 자장중 열처리에 의한 결정립의 변화를 고찰할 예정이다. 또한 TEM관찰을 통하여 자장중 열처리에 의한 결정입도 및 분포 변화 그리고 존재상을 규명할 예정이다.

4. 참고문헌

1. L.Withanawasan, G.C.Hadjipanayis, J. Appl. Phys. 75, 6646(1994)
2. E.F.Kneller and R.Hawig IEEE Trans. on Mag., 27, 3588(1991)
3. R.Skomski and J.M.D.Coey IEEE Trans. on Mag., 30, 607(1994)