

ThMn₁₂ 형 (Sm,Nd)Fe₁₁Ti 합금의 미세구조 및 자기특성

(Structure and Magnetic Properties of (Sm,Nd)Fe₁₁Ti Alloys)

한국표준과학연구원 김희태, 김운배, 조희정, 김창석
충남대학교 공과대학 김택기

1. 서론

ThMn₁₂ 구조의 SmFe₁₁Ti 화합물은 Nd₂Fe₁₄B 을 능가하는 강한 일축결정자기이방성을 나타내므로써 새로운 형태의 고보자력재료로 주목되고 있다(1,2). 또한, 최근에는 동일 구조의 NdFe₁₁Ti 을 질화시킨 NdFe₁₁TiN_x 가 Nd₂Fe₁₄B 보다 높은 큐리온도와 강한 일축결정자기이방성의 특성을 갖고 있는 것으로 밝혀지므로써(3) ThMn₁₂ 형 화합물에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 본 연구에서는 Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti(0≤x≤1) 합금을 제조하고 이의 결정구조 및 자기특성을 조사하고자 하였으며, 아울러, 급속응고기술로 미세조직을 제어하여 보자력 및 미세구조의 변화를 조사하고자 하였다.

2. 실험 방법

Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti (x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) 합금은 순도 99.9 % 의 Nd, Sm 및 Fe 그리고 순도 99.8 % 의 Ti 을 이용하여 아르곤가스 분위기에서 용해하여 제조하였다. 제작한 합금의 결정구조 및 자기특성을 조사하기 위하여 각각의 잉곳트를 45 μm 이하로 분쇄하였으며 필요한 경우 각 분말을 파라핀과 섞어 1200 kA/m (15 kOe)의 자장 중에서 정렬시켰다. 자기특성은 초전도양자간섭 마그네토미터 (SQUID magnetometer, Quantum design MPMS) 를 이용하여 조사하였으며, 결정구조 및 자화용이축은 Cu-Kα를 이용한 X-선 회절장치(Rigaku계) 를 이용하여 조사하였다. 급속응고합금제작에는 단률법 급속응고장치를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti (x=0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) 합금 분말 및 자장중에서 정렬시킨 분말에 대한 X-선 회절시험 결과 전조성에 걸쳐 정방정(tetragonal) 의 ThMn₁₂ 구조가 형성되며 c 축을 자화용이축으로 하는 일축결정자기이방성의 특성이 있음을 알았다(Fig.1, Fig.2). 초전도양자간섭 마그네토미터를 이용하여 자기특성을 조사한 결과 Fig.3 에 나타낸 바와같이 Nd 의 함유량이 증가함에 따라 자화는 x=0 의 경우 119 Am²/kg (119 emu/g) 에서 x=1 의 경우 124 Am²/kg (124 emu/g) 로 증가하나 이방성자장은 x=0 의 경우 11200 kA/m (140 kOe) 에서 x=1 의 경우 2400 kA/m (30 kOe) 로 감소한다.

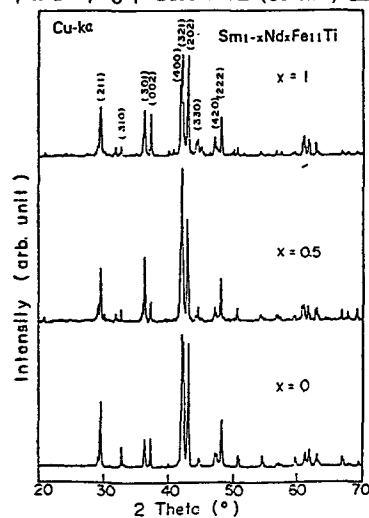


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti alloys.

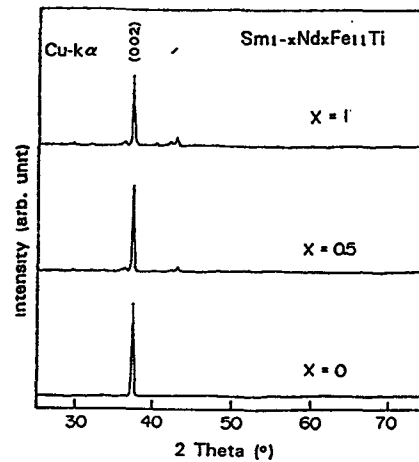


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti powders aligned in a magnetic field.

(Sm,Nd)Fe₁₁Ti 화합물은 주조상태에서 결정립이 조대하기 때문에 일반적으로 보자력이 40 kA/m (0.5 kOe) 미만이며 보자력을 높이기 위해서는 급속응고기술이나 mechanical alloying 등의 공정을 거쳐 결정립을 미세화 시켜야 한다. Fig. 4 는 Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti 합금을 V_s=35 m/s 로 급속응고시키어 비정질리본을 제작한 다음 850 °C 에서 30분간 열처리하여 보자력을 측정한 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti 의 보자력은 x=0 의 경우 360 kA/m (4.5 kOe) 에서 x=1 인 경우 32 kA/m (0.4 kOe) 로 Nd 의 함유량이 증가할수록 감소하고 있으며 이는 Nd 의 함유량이 증가함에 따라 이방성자장이 감소하기 때문인 것으로 사료된다. 한편, Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti 화합물이 높은 이방성자장을 갖고 있음에도 불구하고 보자력이 작은 이유는 열처리온도인 850 °C 부근에서 1-12 상 주위에 α-(Fe,Ti), Fe₂Ti, Sm₂(Fe,Ti)₁₇ 및 Sm(Fe,Ti)₉ 등의 연자기특성을 나타내는 강자성상이 존재하기 때문인 것으로 사료된다(4,5). 이들 급속응고합금에서 고보자력을 얻기 위해서는 위에서 언급한 강자성상의 제어가 효과적으로 이루어져야 된다고 생각한다.

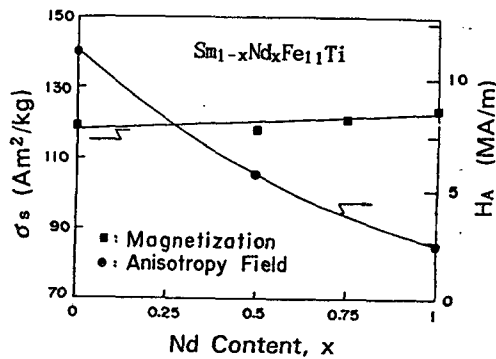


Fig. 3. Composition dependence of the specific magnetization and the anisotropy field of Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti compounds.

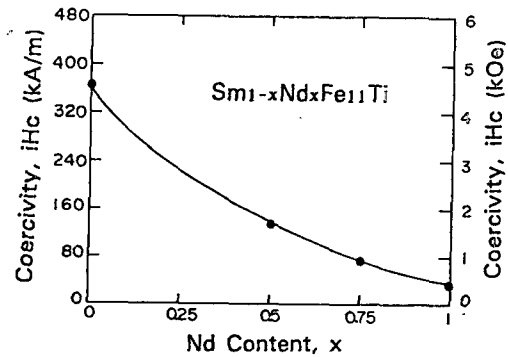


Fig. 4. Composition dependence of the coercivity of Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti melt-spun ribbons annealed at 850 °C for 30 min.

4. 결 론

Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti 합금을 주조하여 X-선 회절실험을 행한 결과 0 ≤ x ≤ 1 의 조성에서 ThMn₁₂ 구조의 1-12 상이 단상에 가깝게 얻어지며, 또한, 이들은 일축결정자기이방성을 갖고 있음이 확인되었다. 자기특성 조사 결과, Sm_{1-x}Nd_xFe₁₁Ti 의 이방성자장은 Nd 의 함유량이 증가함에 따라 계속 감소하나 x ≤ 0.5 의 조성 범위에서는 Nd₂Fe₁₄B 보다 강한 이방성자장을 갖고 있는 것으로 밝혀졌으며, 비포화자화는 직선적으로 증가함을 알았다. 한편, 비정질 (Sm,Nd)Fe₁₁Ti 급속응고합금을 제작하여 열처리한 결과 보자력은 360 kA/m (4.5 kOe) 이하였으며 보자력이 이와같이 작은 이유는 1-12 상 주위에 여러가지 강자성상이 공존하기 때문인 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. K.H.J. Buschow, J. Appl. Phys., 63, 3130 (1988).
2. K. Ohashi, Y. Tawara, R. Osugi, and M. Shima, J. Appl. Phys., 64, 5714 (1988).
3. Y. C. Yang, X. D. Zhang, L. S. Kong, and Q. Pan, Appl. Phys. Lett., 58, 2042 (1991).
4. Y. B. Kim, S. Sugimoto, M. Okada, and M. Homma, J. Alloys and Compounds, 176, 215 (1991).
5. B. Reinsch, B. Griebel, E. Th. Henig, and G. Petzow, IEEE Trans. Magn., 28, 2832 (1992).