$(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ 합금의 결정자기이방성상수(K_1)

김경민[1*], 권해웅[1], 이정구[2], 유지훈[2]
[1]부경대학교 재료공학과, 부산광역시 남구 신선로 365, 48513
[2]재료연구소, 경상남도 창원시 성산구 창원대로 797, 51508

1. 서론

지금까지 알려진 영구자석 재료 중 가장 우수한 특성을 보이는 영구자석은 Nd-Fe-B계 영구 자석이다. Nd-Fe-B계 영구자석은 발전기, 모터 등과 같은 에너지 변환 장치의 핵심부품으로 사용되고 있다. 그러나 최근에는 원료의 불안정한 공급과 가격 문제 때문에 희토류 원소의 사용을 최저화 하거나 전혀 사용하지 않는 대체 재료의 개발이 요구되고 있다. 많은 연구자들이 Alnico, MnAl, MnBi, $Fe_{16}N_2$와 같은 이전에 알려진 재료를 다시 검토하여 비희토류계 영구자석 재료 개발을 위한 연구를 활발하게 진행하고 있다. 본 연구에서는 통상의 재료가공공정을 적용해서 Fe-Co계 합금에서 탄소(C)를 첨가하여 대칭성이 낮은 체심정방정구조(BCT)의 (Fe,Co)-C계 단일상 재료를 제조할 수 있는지를 조사하였다. BCT 및 BCC 구조의 (Fe,Co)-C계 단일상 재료의 결정자기이방성상수(K_1)를 실험적으로 측정하여 탄소의 첨가 및 결정구조의 정방성(tetragonality)이 결정자기이방성상수에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 Fe-Co-C계 합금은 고순도 Fe, Co 성분금속 및 Fe-B합금을 아크용해하여 제조하였다. 다양한 조성으로 제조한 시료를 1100℃에서 1시간 유지한 후 퀜칭하여 균질화 시켰다. 재료의 결정구조 및 상분석은 XRD를 이용하여 분석하였으며, 자기적 특성은 VSM을 이용하여 측정하였다. 단일상 시료의 결정자기이방성상수(K_1)는 포화접근법(law of approach to saturation)을 이용하여 측정하였다.

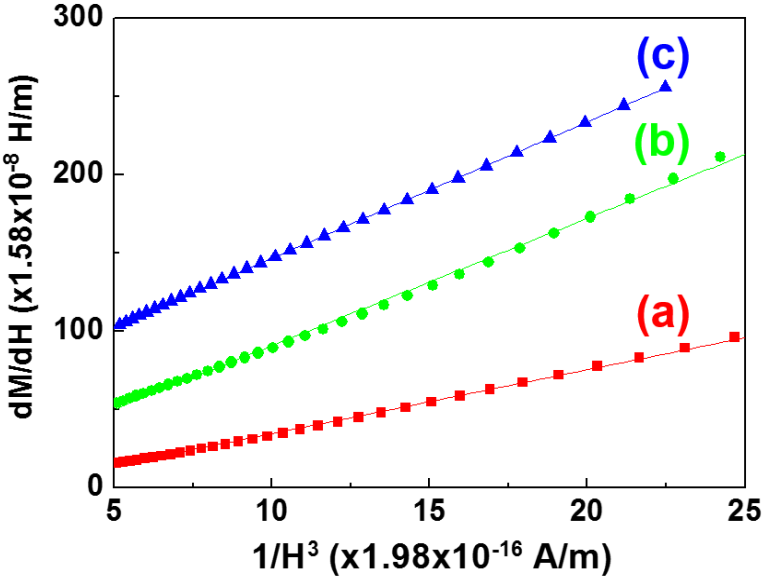

Fig. 1. dM/dH vs $1/H^3$ plots for the law of approach to saturation for the $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ alloys. (a) x = 0, (b) x = 0.032, (c) x = 0.062.

3. 결과 및 고찰

$(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$합금에서 탄소를 포함하지 않는 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0)합금은 BCC 결정구조를 가졌으며, 그 결정자기이방성상수(K_1)는 6.7 x 10^4 J/m^3 였다. 소량의 탄소를 포함하는 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0.062) 합금은 BCT 결정구조(c/a = 1.05)의 단일상 재료였다. 이 BCT 상 재료의 결정자기이방성상수(K_1)는 9.9 x 10^4 J/m^3 로서 탄소를 포함하지 않는 BCC 구조의 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0) 합금의 결정자기이방성상수에 비해 약 50 %의 증가를 보였다. 한편, 역시 소량의 탄소를 포함하지만 BCC 구조인 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0.032) 합금의 결정자기이방성상수는 9.5 x 10^4 J/m^3로서 BCT 결정구조의 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0.062) 합금의 경우와 유사하였다(Fig. 1). 이상의 결과는 BCT 결정구조의 $(Fe_{97.5}Co_{2.5})_{1-x}C_x$ (x = 0.062) 합금에서 얻어진 결정자기이방성상수의 증가는 결정구조의 정방성에 의한 것이 아니라 탄소 첨가에 의한 것임을 뒷받침 하는 것으로 판단할 수 있었다.