

다결정분말의 자화곡선을 이용한 분말정렬도 및 자기특성 결정에서의 오차분석

한국표준과학연구원 김만중*, 김윤배
충남대학교 김택기
吉林大 金漢民

Determination error on the particle alignment parameter and magnetic properties from magnetization curves of aligned powders

KRISS M.J. Kim*, Y.B. Kim
Chungnam National Univ. T.K. Kim
Jilin Univ. Jin Han-min

1. 서론

최근, 자장중에서 정렬된 다결정분말의 자화곡선에서 분말의 정렬도(θ_0)를 결정하는 방법이 보고되었다.[1] 또한 분말의 정렬도의 정량적해석이 가능하면 다결정분말의 자화곡선으로부터 포화자화 및 결정자기이방성상수의 결정이 용이하다. 본 연구에서는 임의의 정렬도, 포화자화(M_S) 및 결정자기이방성상수를 적용하여 자화곡선을 계산한 후 특정자장에서 외압에 의해 $M_0(\perp)$, $M_0(\parallel)$ 을 구하였다, 이로부터 결정된 정렬도, 포화자화 및 결정자기이방성상수등의 신뢰도측정을 위해 K_1/M_S 와 K_1/K_2 의 변화에 따른 (θ_0) error, (M_S) error와 (K_1) error를 분석하였다.

2. 분말정렬도, 포화자화 및 결정자기이방성상수의 오차분석

임의의 θ_0 , M_S , K_1 및 K_2 를 적용하여 자화정렬방향에 대한 평행, 수직의 자화곡선을 계산하였다. 이로부터 자화회전만이 존재하는 자장으로 가정한 $H=4\pi M_S \sim 1.3 \times 4\pi M_S$ 의 구간에서 외압하여 $H=0$ 에서의 $M_0(\parallel)$, $M_0(\perp)$ 을 구하였다.

θ_0 , M_S 및 K_1 은 외압에 의해 구한 $M_0(\parallel)$, $M_0(\perp)$ 을 식 (1), (2) 및 (3)에 대입하여 구하였으며 초기 적용한 값과 비교하여 (θ_0) error, (M_S) error, (K_1) error를 결정하였다.

$$\frac{M_0(\perp)}{M_0(\parallel)} = \frac{2}{\pi} \frac{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \sin^2 \theta_c \exp(-\theta_c^2/2\theta_0^2) d\theta_c}{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \cos \theta_c \sin \theta_c \exp(-\theta_c^2/2\theta_0^2) d\theta_c} \quad (1)$$

$$M_0(\parallel) = (M_S) \frac{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \int_{\varphi_c=0}^{\pi/2} \cos \theta \exp(-\theta_c^2/\theta_0^2) \sin \theta_c d\theta_c d\varphi_c}{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \int_{\varphi_c=0}^{\pi/2} \exp(-\theta_c^2/\theta_0^2) \sin \theta_c d\theta_c d\varphi_c} \quad (2)$$

$$K_1 = \frac{(M_s)^2}{2\chi_c^2(\perp)} P \quad (3)$$

$$P = \frac{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \int_{\varphi_c=0}^{\pi/2} (1 - \sin^2 \theta_c \cos^2 \varphi_c) \exp(-\theta_c^2/2\theta_0^2) \sin \theta_c d\theta_c d\varphi_c}{\int_{\theta_c=0}^{\pi/2} \int_{\varphi_c=0}^{\pi/2} \exp(-\theta_c^2/2\theta_0^2) \sin \theta_c d\theta_c d\varphi_c}$$

Fig. 1은 $M_s = 1200 \text{ emu/cm}^3$, $\theta_0 = 10^\circ$ 의 조건에서 $K_1/M_s = 3 \times 10^4 \text{ Oe} \sim 2 \times 10^5 \text{ Oe}$ 로 변화시키고 $K_2/K_1 = 0.01 \sim 10$ 으로 변화시킬 때의 K_1 의 오차($(K_1)\text{error}$)를 나타내고 있다. K_1/M_s 의 값이 증가할수록 $(K_1)\text{error}$ 는 작아지고 K_2 의 값이 증가하면 초기에는 큰 변화가 없다가 그후에는 크게 증가하는 모양을 나타낸다. 예를 들어 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 와 같은 희토류-천이금속 화합물은 상온에서 $K_1 = 5 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$, $K_2 = 6.6 \times 10^7 \text{ erg/cm}^3$ 이므로 [2] 이때의 $(K_1)\text{error}$ 는 약 10 %이다. 실험의 결과를 분석하여 보면 $(K_1)\text{error}$ 에 가장 큰 영향을 주는 인자가 $\chi_c^2(\perp)$ 임을 알 수 있다.

3. 참고문헌

- [1] Y.B. Kim, Jin Han-min J.Magn.Magn.Mater. 169 (1997) 114-122
 [2] "Ferromagnetic materials" vol 4, pp 20~21

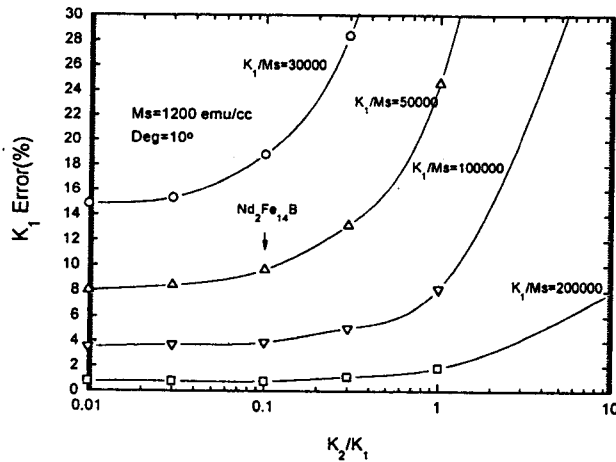


Fig 1. $(K_1)\text{error}$ dependence of K_2/K_1 for various K_1/M_s values ($M_s = 1200 \text{ emu/cm}^3$, $\theta_0 = 10^\circ$)