

자성입자의 3차원 배향분포를 고려한

강자성체의 자화에 관한 연구

박 관 수

한국해양대학교 전기공학과

Study on Magnetization of Ferromagnetics Considering 3-Dimensional Dispersion of Magnetic Particles

1. 서 론

변압기 철심과 같은 연 자성체(Soft Magnetic Material), 또는 영구자석과 같은 경 자성체(Hard Magnetic Material)에서 자기입자의 배향분포는 자성체의 자화특성에 크게 영향을 미친다. 자성입자의 배향이 한 방향으로 잘 정렬되어있을 경우에는 자기 이방성이 매우 커진다. 자성입자의 배향정도(예를 들면 X 방향)에 따라 X방향뿐만 아니라 Y, Z방향의 히스테리시스 특성도 영향을 받게 된다. 이것은 자성체의 자화가 단일 자성입자의 자기적 성질뿐만 아니라 입자들의 조성과 배향에 따른 영향도 받기 때문이다. 실제 자성체내에서는 자성 입자들이 매우 많이 존재하며 이들 입자는 서로 상호작용을 하고 있으므로 실제 자성체의 전체적인 자화

특성을 모사하기 위해서는 자성입자의 배향 분포에 따른 영향을 체계적으로 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 자성입자의 배향정도와 자성체의 입체적 자화 특성에 대한 체계적인 분석을 수행하였다. 자성입자의 분포가 3차원이므로 자성체의 자화특성도 기본적으로 3차원이며 따라서 자성입자의 3차원적인 배향분포를 모델링하는 방법을 개발하고 이에 따르는 X, Y, Z 3축의 자화 히스테리시스 특성과 입체적인 자기 이방성 해석에 관한 연구를 수행하였다.

2. 본 론

자성입자의 3차원 배향분포를 나타내기 위하여 그림과 같은 계수를 정의하였다.

(b) 이방성일 경우

그림 2. 형상자기 이방성에 의한 입자들의 배향 분포도

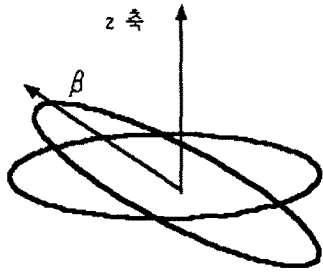
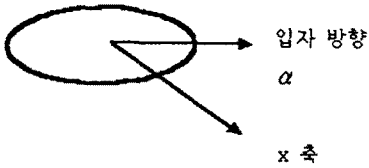
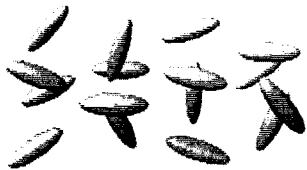


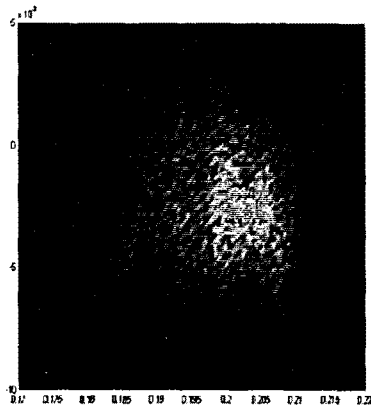
그림 1. 자성입자의 분포계수 정의
 (σ_α : x-y 평면에서의 입자들의 분포계수
 σ_β : x-z 평면에서의 입자들의 분포계수)



(a) 등방성일 경우

위의 그림은 입자들의 분포계수에 따른 배향모습으로 임의의 방향을 갖는 등방성 재료와 한 방향의 이방성 재료를 나타낸 것이다.

자성입자들의 배향분포는 Preisach Model의 Density Distribution과 함께 자성체의 Hysteresis Curve를 결정한다. 아래의 그림은 MOMM(Magneto-Optical Microscope Magnetometer)으로 측정한 Preisach Density를 나타낸 것이다.



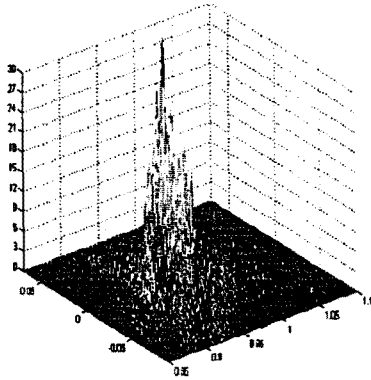
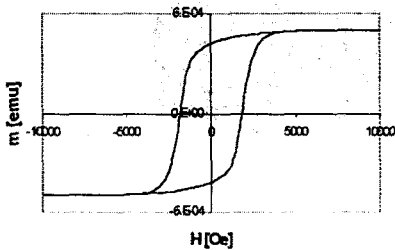


그림 3. MOMM으로 측정된 자성입자의 Preisach Density Distributions

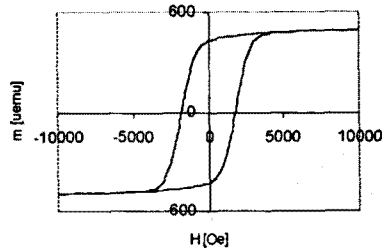
그림 4는 σ_k (보자력 방향의 분포계수)=2000, σ_l (상호작용 방향의 분포계수)=190, σ_a (x-y 평면에서의 입자들의 분포계수)=0.52, σ_b (x-z 평면에서의 입자들의 분포계수)=0.2인 자성체의 합성된 Hysteresis 곡선과 측정된 곡선을 비교한 것이며 X-Y평면에서뿐만 아니라 X-Z평면에서도 잘 일치함을 알 수 있다.

<합성 곡선 >



X-Y Plane

<측정곡선>



X-Z Plane

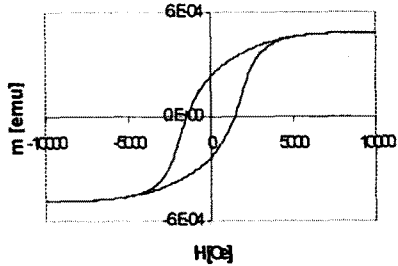
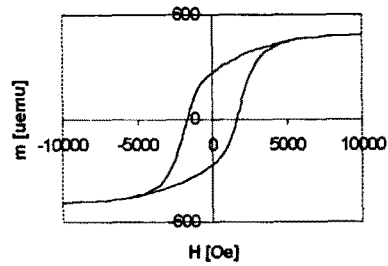


그림 4. X-Y 및 X-Z 평면배향에 의한 Hysteresis의 합성곡선과 측정곡선

3. 결론

본 연구는 자성입자의 3차원적인 배향분포에 따른 자성체의 자화특성에 대하여 연구하였다. 특히 본 연구에서는 단일입자의 자

화를 모델링 한 Stoner-Wohlfarth Model과 달리 자성체를 형성하는 많은 수의 자성입자 배향분포를 고려함으로써 그 분포가 자성체의 자화에 미치는 영향을 분석할 수 있고, 자성입자의 3차원 배향정도에 따른 X, Y, Z 축으로의 히스테리시스 곡선의 영향 해석이 가능해졌으며, 각 축 방향으로 잔류자속 밀도, 보자력, 각형비 등이 구해지며, 자성체의 자기 이방성이 입체적으로 구해진다.

본 연구의 결과는 자성입자의 분포에 따른 입체적인 자화특성 해석이므로 자성입자의 결합으로 이루어진 강 자성체에 적용할 수 있다. 즉 영구자석의 경우 영구자석을 이용한 발전기, 전동기 등의 전기기기의 재료적 조성이 고려된 착,탈자의 해석이 가능해짐으로써 AlNiCo, Ferrite, NdFeB, SmCo 등 영구자석의 재질에 대한 자화특성을 해석할 수 있고 특히 동일재료의 입자 배향에 따른 자화의 차이도 분석이 가능해진다. 또한 변압기와 전동기의 철심, 그리고 각종 전기기기 요크의 자기 이방성 효과에 대한 입체적인 해석이 가능해짐에 따라 이들 기기의 효율개선과 최적설계에 도움이 될 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

(1) "Effects of Magnetizing Current in Multi-pole

Magnetizer", Proceeding of the fourth International ISEM Symposium on the Nonlinear Phenomena in Electromagnetic Fields, pp. 349 - 352, 1992, Nagoya Japan, January 26-29, 1992.

- (2) "Implementation of Hysteresis Characteristics using Preisach Model with M-B Variables", IEEE Trans. Magn., vol. 29, no. 2, pp. 1542-1545, March 1993.
- (3) "2-D FEM Analysis of Longitudinal Magnetic Recording Media Taking Account of Hysteresis Model", Proceedings of the Third International Symposium on Physics of Magnetic Materials, pp. 555-559, August 1995, Seoul KOREA, August 21-25, 1995
- (4) "Prediction of Minor Loop Behavior of Longitudinal Thin Film Media Using Vector Moving Preisach Model", 8th International Symposium on Non-Linear Electromagnetic Systems, Braunschweig, Germany, May 12-14, 1997
- (5) "Practical Method to Obtain the Particle Density Distribution in Scalar Preisach Model", IEEE Trans. Magn., vol. 33, no. 2, pp. 1600-1603, March 1997.
- (6) "Implementation of Vector Moving Preisach Model Using Texture Coefficients as Easy Axis Distribution", J. appl. Phys. 81 (8), pp. 5224-5226, 15 April 1997.