C1

자기화 역전기구 전환 이론

한국과학기술원 물리학과 허 진*, 신 성철

Switching magnetization reversal mechanism between coherent rotation and domain-wall displacement

KAIST Jeen Hur*, Sung-Chul Shin

1. 서 론

저자들은 결맞음회전 또는 자벽이동 이론만으로는 설명할 수 없는 일축 비등방성 자성체에서의 자기화 역전 기구에 대한 연구를 최근 수행하였다. 본 논문에서는 일축 비등방성 자성체의 자기화 역전기구가 결맞음회전에서 자벽이동으로 또는 그 반대로 전환됨을 요지로 하는 자기화 역전기구 전환 이론을 보고하고자 한다.

2. 본 론

그림 1에서와 같이, $K\sin^2\theta$로 표현되는 일축 비등방성 에너지를 갖는 시료가 자기마당 H안에 있는 경우를 고려한다.

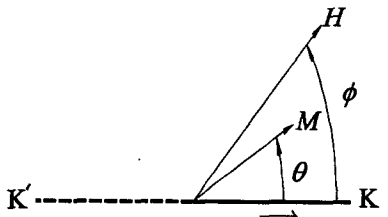

그림 1. 본연구에서 쓰인 좌표계. $\overrightarrow{K'K}$의 방향은 양의 용이축 방향임.

본 연구에서, 자기화가 역전되는 자기마당의 세기 및 방향을 각각 H_c 및 ϕ_c, 자벽이 생성 또는 이동에 필요한 최소 임계자기마당 세기를 H_0, 비등방성 자기마당 세기를 $H_K(=2K/M)$라 하였다. 여기서, 무차원 자기마당 세기들을 $h = H/H_K$, $h_0 = H_0/H_K$, $h_c = H_c/H_K$로 정의하였다. 이때, 자기화 역전기구가 결맞음회전에서 자벽이동로 또는 그 반대로 전환되는 자기마당의 세기 및 방향의 기준들은 각각 h_x' 및 ϵ_x로 주어진다. 그림 2 및 3은 자기마당의 방향을 고정하고 세기를 변화시킬 때, 그림 4 및 5는 자기마당의 세기를 고정하고 방향을 변화시킬 때, 각각 자기화 역전기구 전환을 설명하기 위한 것이다.

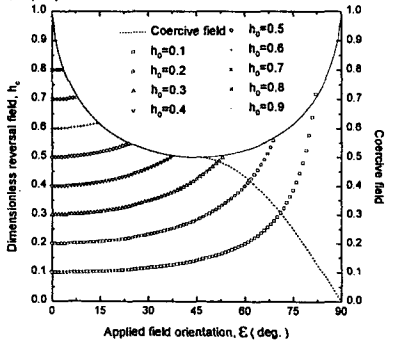

그림 2. 역전 자기마당 세기 h_c를 나타내는 곡선들. 주어진 h_0값에 대해, $\epsilon \le \epsilon_x$이면 기호들로 나타낸 곡선들을, $\epsilon \ge \epsilon_x$이면 실선을 따른다.

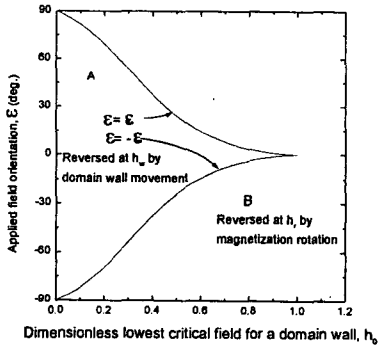

그림 3. 자벽이동에 의한 최저 역전자기마당 세기 h_0와 자기마당의 방향 ϵ에 따른 자기화 역전기구를 설명하기 위한 그림.

한편, 결맞음회전 이론에 따르면 비등방성 자기마당 세기의 50%보다 높은 세기의 자기마당에서만 자기화가 역전된다. 결맞음회전 이론만으로는 설명이 불가능한 낮은 자기마당 세기에서 나타나는 회전 이력현상을 자기화 역전기구 전환 이론으로 설명 할 수 있었다. 한 예로서, $t = \sin 2\theta$로 정의된 무차원 돌림힘을 도입하여 $h_0 = 0.1$인 시료의 이론

t-ϕ 이력곡선들을 그림 6에 나타내었다.

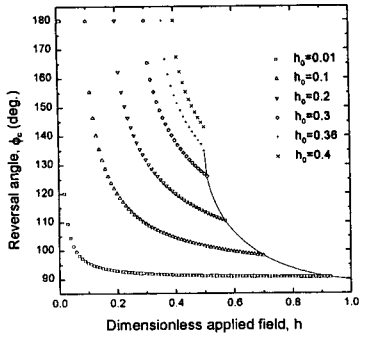

그림 4. 역전 자기마당 방향 ϕ_c를 나타내는 곡선들. 여기서, $h \leq h'_x$이면 기호들로, $h \geq h'_x$이면 실선으로 나타냈다.

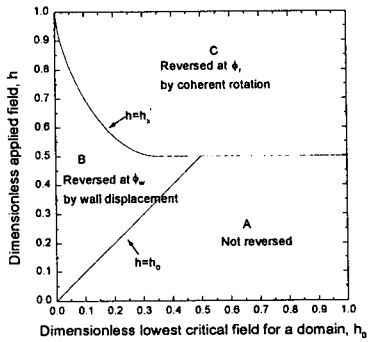

그림 5. A 영역에서는 자기화가 역전되지 않고, B 영역에서는 자벽이동에 의해 자기화가 역전되고, C 영역에서는 결맞음회전에 의해 자기화가 역전됨.

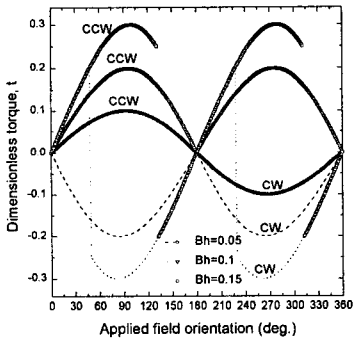

그림 6. h_0가 0.1인 시료의 이론적인 t-ϕ 이력곡선들.

자기화 역전기구 전환 이론에서는, ϕ_c의 값이 결맞음회전 이론에 의해 예측되는 최대값 $3\pi/4$보다 클 수도 있는 것과 $w = \int_0^{2\pi} t(\phi, H)d\phi + \int_{2\pi}^{0} t(\phi, H)d\phi$로 정의된 무차원 회전 이력에너지 w의 최대값이 $h = h_0$에서 $8h_0$로 주어지는 것이다. 그림 7에 자기화 역전기구 전환 이론에 근거한 무차원 회전 이력에너지 w의 자기마당 세기에 대한 의존성을 도식하였다. 결맞음회전 이론에 의한 회전 이력에너지 의존성은 $h < 0.5$이면 0이고, $h = 0.5$일 때 최대값을 갖는 것과는 크게 다르게(원형 기호로 표시된 곡선), 자기화 역전기구 전환 이론에 따르면 회전 이력에너지는 $h = h_0$일 때, 최대값을 갖으며 h가 증가함에 따라 감소하다가 $h \geq h'_x$이면 결맞음회전 이론에 의한 것과 일치한다(실선으로 표시된 곡선들).

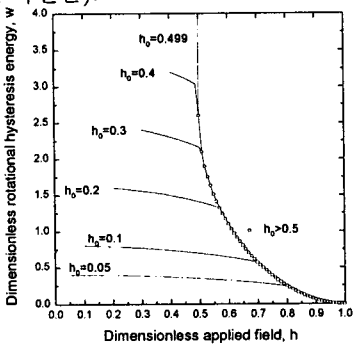

그림 7. 이론적인 회전 이력에너지의 의존성들

3. 결 론

일축 비등방성 자성체의 자기화 역전기구 전환 이론을 연구하였다. 자기화 역전기구 전환 이론은 결맞음회전 및 자벽이동 이론만으로는 설명할 수 없는 낮은 인가 자기마당 세기에서의 이력현상, 역전 자기마당 세기의 각도 의존성, 및 회전 이력에너지의 자기마당 세기 의존성을 잘 설명할 수 있다.

4. 참 고 문 헌

[1] 허진, 신성철, 응용물리, **10** (5), 463 (1997).