

강자성체의 효율적인 탈자 기법 연구

주혜선^{1*}, 정현주², 박관수¹

¹부산대학교

²국방과학연구소

1. 서론

강한 자기적 특성을 가지는 강자성체는 큰 보자력과 높은 투자율로 인해 전자전기 산업 전반에 응용되고 있다. 전기기기의 소형화 및 고성능화 추세에 따라 높은 자기특성을 지닌 희토류계 자석이 개발되었고 이러한 자성재료들이 영구자석 기기 및 HDD 등의 산업에 적용되기 위해서는 착자 및 탈자 시스템이 이루어져야 한다. 특히 탈자는 자성체에 외부 자기장이 제거된 이후에도 남아있는 강한 자기장 특성을 0으로 줄여야 하므로 세밀한 탈자 기법이 요구된다. 또한 최근 네오디뮴(NdFeB)과 사마륨코발트(SmCo)와 같은 큰 보자력과 각형비를 가지는 재료가 개발되어, 재료의 특성을 고려하지 않은 일반적인 탈자기법으로는 한계가 있다. 또한 국방 연구분야에서, 함정에서 발생하는 수중 자기장을 이용한 기뢰, 어뢰, 대잠 초계기 등의 무기들의 발달로 인하여 피탐지 되기위한 탈자 연구의 중요성이 부각되고 있다. 하지만 현재 탈자에 사용되는 기법으로는 Anhyseretic Deperm, Deperm-ME, Flash-D Deperm이 있지만 이는 선진국에서의 실험과 경험에 의존한 기법들로, 탈자 대상체의 자기적 특성을 반영하지 못해 비효율인 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 Preisach 모델을 이용하여 강자성체의 자기적 특성을 표현하고, 2차원 유한요소해석을 수행하였다. 그리고 탈자기법의 구성요소에 따른 내부 자화량 분포 해석을 통해, 강자성체의 자기적 특성을 반영하는 탈자기법을 새롭게 제안하였다.

2. 실험방법

자기이방성이 강한 재료의 특성만을 고려한다는 가정하에 자화용이축 방향의 한 성분만을 취급하는 Scalar Preisach 모델을 사용하였다. 해석 프로그램은 Preisach 모델링 기법과 유한요소해석을 결합한 2D simulation tool로서 탈자 과정에 따라 변화하는 히스테리시스 특성을 반영한 전자기 해석을 수행한다. 탈자 기법에 따른 내부 자화량 분포 해석을 위한 탈자 해석 과정은 다음과 같다.

- 1) 탈자 모델을 구성하기 위해, 탈자 대상체인 강자성체 재질과 이에 수평방향 탈자 자기장 인가되기 위한 솔레노이드 X축 코일을 배치한다.
- 2) 강자성체의 재질 특성을 표현하기 위해, 아래와 같은 Gaussian 분포함수인 식을 이용하여 Preisach 평면도상의 보자력 밀도를 표현한다.
- 3) 강자성체의 착자를 위해, 솔레노이드에 착자 전류를 인가하고 2차원 유한요소 해석을 수행한 후 수평방향의 Mx값의 분포를 ColorMap으로 비교한다.
- 4) 탈자 기법을 구성하여 이를 솔레노이드에 인가되는 전류식으로 환산하여, 해석에 적용한다. 탈자 전류에 따른 교번 자기장이 탈자 대상체의 수평방향으로 인가되면, 탈자 전류의 증감에 따른 Preisach 평면상의 자기이력궤적이 남고 이를 적분하여 전체 Mx값을 계산한다.
- 5) 탈자 후 결과비교를 위해 수평방향의 Mx값의 분포를 ColorMap으로 비교한다. 또한 수치적인 비교를 위해 탈자 대상체의 중심부로부터 수직으로 16cm 이격된 x축 범위가 -1m~+1m인 거리 내에서의 수평 자기장 성분인 Bx와 수직 자기장 성분인 Bz의 Peak값을 비교한다.

3. 실험결과

탄소강 재질의 SM45C 재질을 이용한 탈자 해석을 통해 탈자 대상체의 내부 자화분포를 비교분석한다. 선형적인 전류 감소특성을 가지는 Anhyteresis Deperm과 지수함수의 전류 감소특성을 가지는 Deperm ME 프로토콜에 따른 탈자 해석 결과를 제시하였다. 강자성체의 히스테리시스 현상과 탈자 결과간의 상관관계를 유추하여 이를 반영한 효율적인 강자성체의 탈자기법 정립에 대한 연구를 수행하였다.

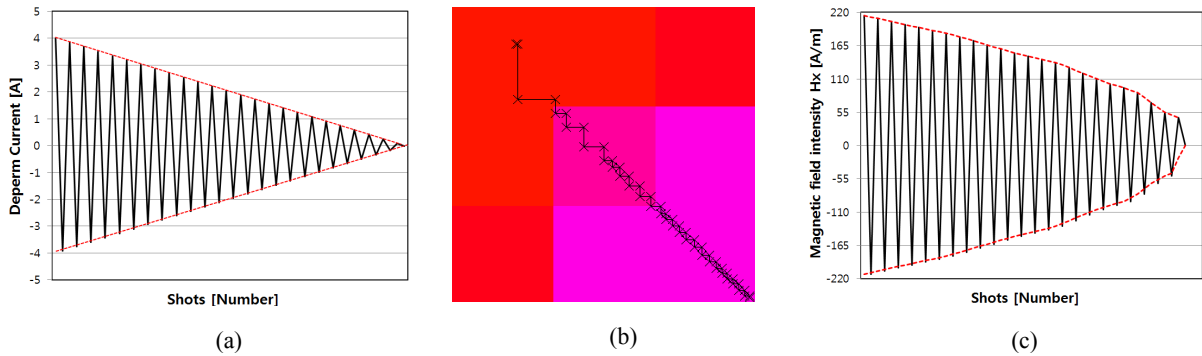


그림 1. Anhyteresis Deperm 탈자 전류 및 결과:

(a) 탈자 전류, (b) Preisach 평면의 자기이력궤적, (c) 탈자 대상체에 가해지는 전체 자기장

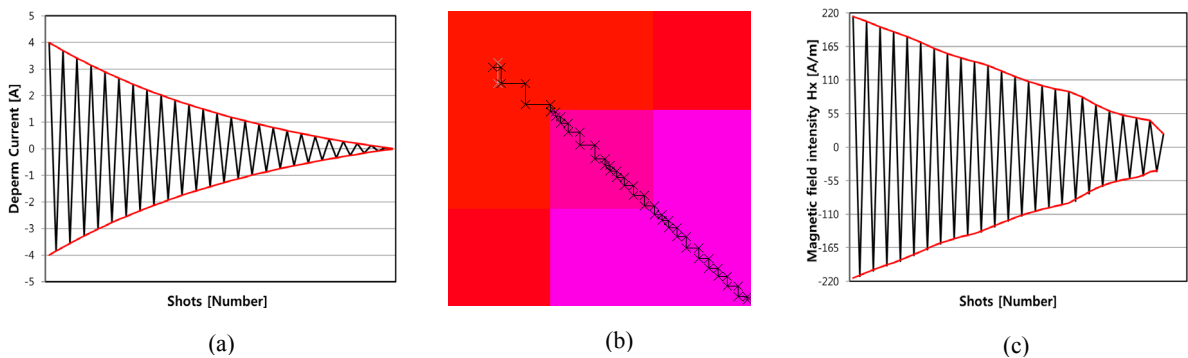


그림 2. Deperm-ME 탈자 전류 및 결과:

(a) 탈자 전류, (b) Preisach 평면의 자기이력궤적, (c) 탈자 대상체에 가해지는 전체 자기장

4. 결론 및 고찰

탈자 대상체로의 중심부로부터 수직으로 16cm 이격된 x축 범위가 -1m~+1m인 거리 내에서 탈자 후 자기장을 비교하면, Anhyteretic Deperm보다 Deperm-ME의 탈자 성능이 더 우수하였으며, 이는 반자장의 영향으로 탈자대상체에 인가되는 전체자기장의 선형성과 연관이 있다. Anhyteretic Deperm의 경우 선형적인 탈자 전류 및 인가 자기장의 특성과 달리 반자장의 영향으로 종 모양의 전체자기장 값을 가지게 되므로 Shots 초반에는 전류변화량이 작지만 점점 전류 변화량이 큰 특성을 가진다. 반면 지수함수의 감소특성을 가지는 Deperm-ME의 은 선형적으로 감소하며 Shots 후반에 Anhyteretic Deperm에 비해 탈자 전류의 감소량이 적다. 따라서 작은 전류 감소량으로 인해 자구의 개수가 많아져서 탈자 성능이 효율적임을 확인하였다.

5. 참고문헌

[1] H. Won, H. S. Ju, S. Park and G. S. Park, IEEE Trans. Magn. 49(5), 2045 (2013).
 [2] H. Won, Numerical Modeling of Hysteresis Phenomenon Based on the Mechanism of Magnetic Structures, Ph.D. Thesis, Pusan National University (2010).