
함정에 수직자화를 부여하기 위한 탈자

김 영학*

*부경대학교

Demagnetization to Induce Vertical Magnetization in a Military Vessel

Young-Hak Kim*

*Korea Pukyong National University

E-mail : kimyh@pknu.ac.kr

요 약

소자장치가 없는 함정의 경우 탈자 시에 지구자계와 반대방향으로 수직자화를 부여하여 수중에서 수직방향의 자계가 발생하지 않도록 한다. 탈자 시에 수직자화를 부여하는 탈자방법으로는 Flash D가 있으나 수직자화의 예측이 어렵다. 본 논문에서는 Flash D와는 달리 바이어스 자계를 인가하여 수직방향으로 자화를 형성하는 것에 대해 검토하였다. 이용된 시편은 두께 0.15mm의 아연도금 강판을 이용하여 함정의 선수에서 선미까지의 형상을 고려하여 원형, 삼각, 사각형의 형태를 가진다. FEM해석을 통해 시편형상에 따른 자계신호의 차이를 구하였고 인가자계에 의한 잔류자화특성곡선을 실험을 통해 구하였다. 바이어스자계를 수평 및 수직으로 각각 인가하여 잔류자화에 의한 자계신호를 측정하였다. 시편에 인가하는 자계는 파형발생기를 이용하여 솔레노이드 코일에 전류를 흘려 발생시켰으며 수직바이어스자계는 솔레노이드 코일 아래에 사각 코일을 설치하여 발생시켰다. 신호측정은 자계센서를 이용하였다. 이 실험을 통해 수직 및 수평 바이어스 자계는 시편에 수직 및 수평 자화를 각각 형성시켰으며 수직자화는 수직바이어스 자계와 선형적인 관계를 가져 함정에 형성되는 수직자화를 예측할 수 있음을 알았다.

ABSTRACT

A military ship without degaussing coil has a vertical magnetization to compensate magnetization induced by the vertical magnetic field component of earth magnetic field during demagnetization process. Flash D is very useful to acquire vertical magnetization. However this is hard to predict vertical magnetization. This experiment was investigated on another method, which used the only vertical bias magnetic field. The specimens were prepared by thin Zn coated steel sheet with a thickness of 0.15mm. The shapes of 3 specimens were rectangular, triangular and circular cylinders. These shapes were corresponded to the shapes of bow, mid and stern of a vessel. Through FEM analysis, the difference of magnetic signatures for these specimens was recognized and the residual magnetization curve was measured. magnetic field was generated by a solenoid coil and magnetic signature was measured by a magnetic field sensor. A linearity between a vertical bias magnetic field and a vertical magnetization existed and the vertical magnetization of a military vessel was predicted by the linearity.

키워드

vertical magnetization, bias magnetic field, residual magnetization curve, military vessel

I. 서론

탈자처리는 합정에서 발생하는 자계를 최소화하기 위해 해군에서 사용하는 기술이다. 합정에서 발생하는 자계는 철을 주성분으로 하는 선체의 자화에 의한 것으로 북반구에서는 남에서 북, 그리고 위에서 아래로 향하는 성분으로 나누어진다. 상하방향 성분은 합정의 침로방향과 관계없이 항상 일정하게 합정을 자화시켜 기뢰는 이 자화에 의해 발생하는 자계를 감지하여 합정의 존재를 판단할 수 있다. 따라서 해군은 탈자처리에 의해 수직방향의 지자계에 의한 유도자화와 반대방향으로 영구자화를 일부러 부여하여 수직방향의 자화가 가능한 최소가 되도록 한다[1]-[2].

본 논문은 합정의 형상이 탈자 이후에 합정에 형성되는 수직자화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 합정의 대표적인 형상을 삼각형, 사각형, 원형으로 하여 지자계에 의한 유도자화를 FEM 정자장 해석으로 조사하였으며, 수직 및 수평 바이어스 자계의 유무에 따른 잔류자화의 변화를 조사하였다.

II. 실험 방법

그림 1은 본 실험에서 이용한 탈자 및 측정 장치의 구조를 나타낸 것이다. 탈자를 하기 위해 시편에 인가하는 수평자계는 솔레노이드 코일로 수직 바이어스 자계는 솔레노이드 아래에 위치한 원형 코일을 이용하였다. 수평인가자계는 LABVIEW에서 만들어진 파형을 DAQ 보드와 바이폴라전원을 통하여 솔레노이드 코일에 인가된다. 탈자 전 후에 시편에서 발생하는 자기장은 2축 플럭스게이트 자계센서와 LOCK-IN 앰프로 측정된다. 시편에서 발생하는 자기장의 측정은 아래에 있는 센서레일로 센서를 이동하여 이루어진다. 탈자 시에 솔레노이드 코일은 남-북 방향으로 배치된다. 그림 2는 탈자를 위한 전류파형을 나타낸 것이다. 파형은 상승시간, 지속시간, 하강시간 유지시간을 각각 가지는 ramp 파형이며 이 파형은 실제 합정을 탈자할 때 이용되고 있다. H_{fs} 는 첫 번째 인가하는 펄스(shot)이며 ΔH 는 자계의 감소폭, H_{Lb} 는 수평방향의 바이어스자계를 의미한다. 여기에 수직바이어스 자계를 인가할 때에는 직류전류를 원형코일에 흘리며 발생자계의 방향은 지자계의 수직방향 성분과 반대가 된다. 자계를 인가할 때, 첫 번째 자계와 크기가 같은 자계를 서로 반대방향으로 세 번을 인가하며 다음부터는 직전 자계 3%의 감소폭을 가지는 순차적으로 하였다. 마지막 인가자계는 환경자계의 반까지로 하였다. 본 실험에서 측정되는 모든 자계의 크기는 실험 공간의 환경자계를 감산하여 나타내었다. 그림 3은 시편을 나타낸 것이다. 시편의 재질은 주석도금 강판(합석판)이며 길이와 두께는 모두 100mm와 0.15mm이며, 원형시편은 직경이 60mm, 삼각형과 사각형 시편은 모두 한 변이 60mm이다.

III. 실험 결과

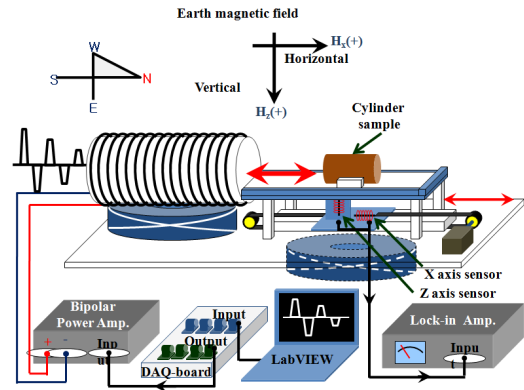


그림 1. 측정시스템.

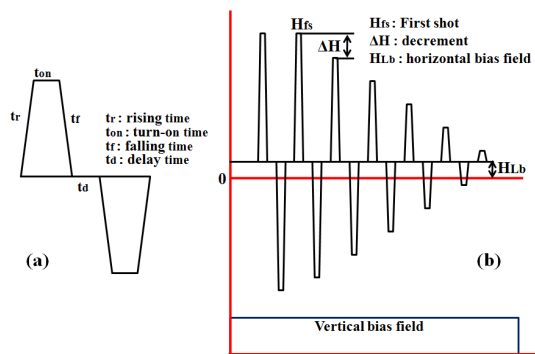


그림 2. 측정 파형 및 인가자계.

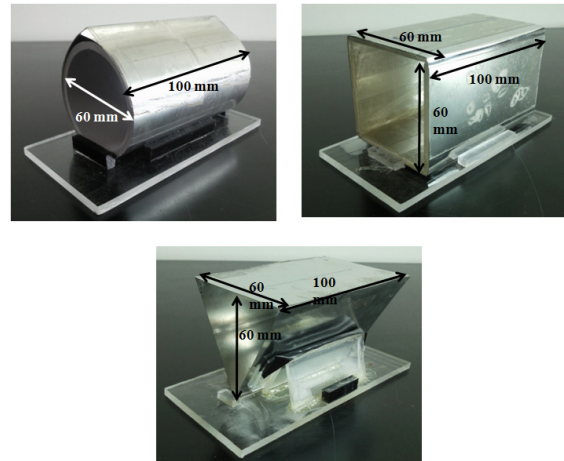


그림 3. 실험에 사용한 시편.

3.1 유도자화에 의한 자계 FEM 해석

그림 5는 선박건조에 이용되는 설게도의 전면 모습으로 선수에서 선미로 진행함에 따라 주요 부분의 형상을 나타낸 것이다. 정면에서 볼 때 선수는 삼각형에 가깝고 선미로 갈수록 사각형에서 원형에 가까운 형상을 하고 있다. 그림 6은 유한요소해석을 위해 제작한 해석모델이다. 이 해석모

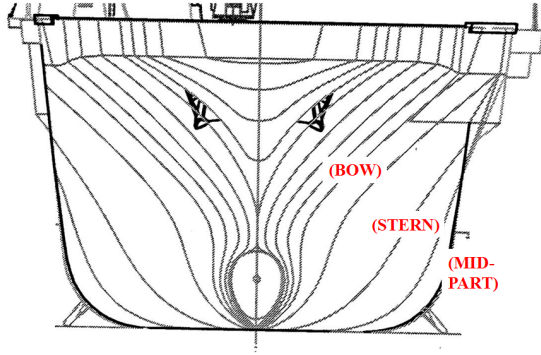


그림 4. 선박의 전면도

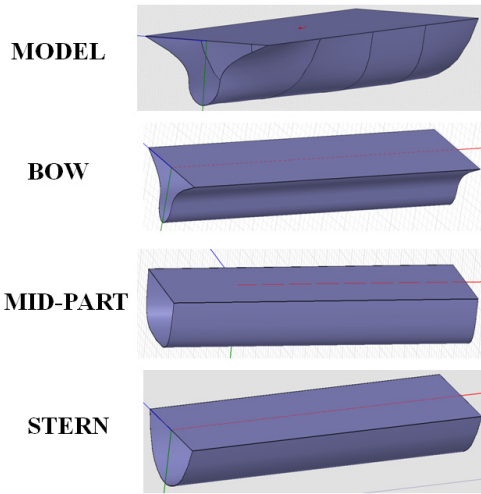


그림 5. FEM 해석모델

델은 그림 4의 전면도에 좌표를 설정하여 얻어진 좌표점을 이용하여 제작된 것이다. 그림에서와 같이 합정의 대표형상으로 선수(bow)는 삼각형, 중간부분(mid-part)는 사각형, 선미(stern)는 원형으로 정하였다. 그림 5에서 위로부터 합정의 모습(MODEL), 선수, 중간부분, 선미를 나타낸 것이다. 이 해석 모델은 지자체 공간 내에서 합정에서 발생하는 자계(Induced Magnetization: 유도자화에 의한 자계)를 계산하기 위해 투자율만을 입력하였다. 그림 6은 유한요소법에 의한 계산결과를 수평 성분과 수직성분을 나타낸 것으로 수직성분은 합정의 선수부분과 선미부분의 자계신호가 가깝게 나타났다. 이 해석결과로부터 유도자화에 의해 합정에서 발생하는 자계의 수직성분은 선수와 선미가 크게 작용함을 알 수 있다.

3.2 바이어스 자계에 의한 잔류자화의 변화

그림 7은 탈자과정 중에 수평 및 수직 바이어스 자계가 최종 잔류자화에 미치는 영향을 조사하기 위한 것이다. 이 때 그림 7(a)와 (b)는 수평 바이어스 자계가 각각 0A/m와 30A/m, 수직바이어스 자계(그림에서 VBF)도 각각 0A/m와 30A/m이었다. 그림 7(a)에서 수직바이어스 자계

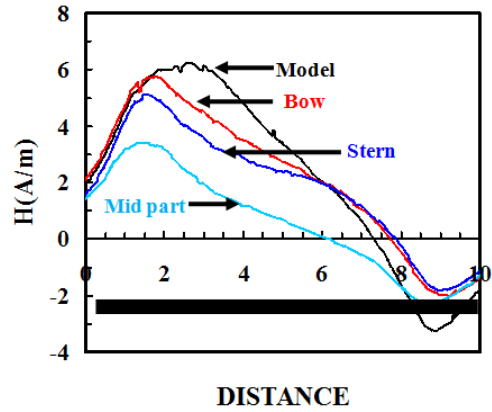
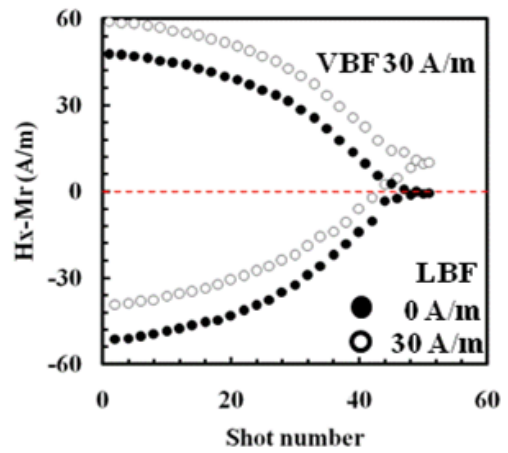
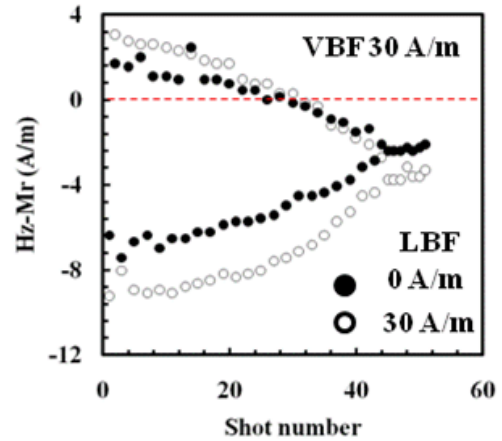


그림 6. FEM 해석결과



(a)



(b)

그림 7. 바이어스자계와 잔류자화.

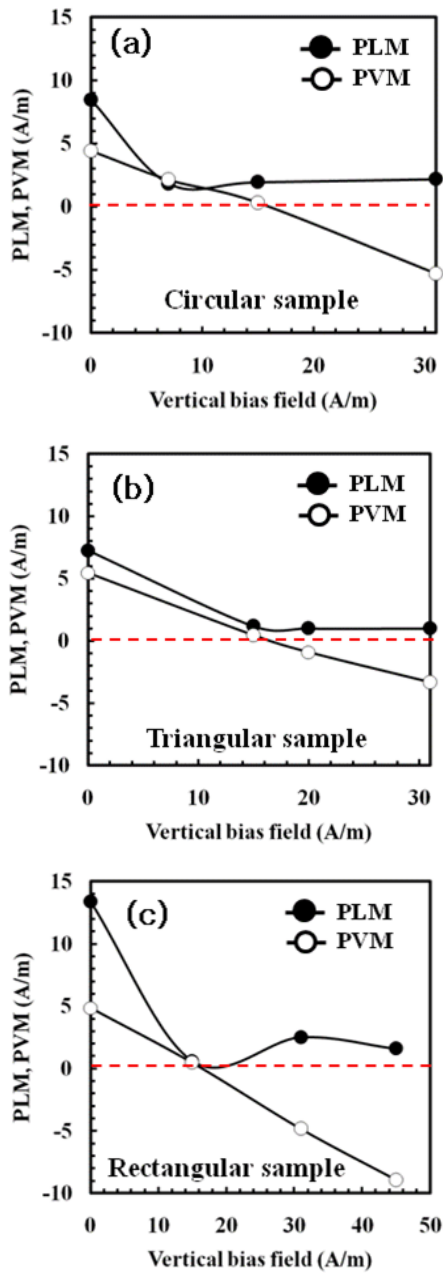


그림 8. 수직바이어스 자계에 대한 영구자화.

가 30A/m인가된 상태에서는 x방향의 자계는 편차를 가지고 변화하며 그림 7(b)의 수직방향의 자계는 - 방향으로 크게 시프트하였다. 이것은 수직 바이어스가 인가되기 전에는 지자계의 수직성분의 방향으로 자화가 형성하지만 수직바이어스 자계를 지자계와 반대방향으로 인가하면서 탈자하면 시편의 자화방향도 같은 방향으로 형성됨을 나타낸다. 그림 8은 원형, 삼각형, 사각형 시편에 대해 수직자계를 인가하여 탈자한 후 자화분리를 통해 얻은 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 PLM

과 PVM은 영구자화의 수평 및 수직방향 성분의 자계이다. 그림에서 0A/m의 데이터는 수평 및 수직 바이어스 자계를 인가하지 않고 탈자하였을 때 결과이며 탈자 전의 초기상태를 나타낸다. 그림 8(a)에서 수직방향의 바이어스 자계가 증가하여도 PLM은 거의 일정하며 이것은 수직방향의 바이어스 자계는 PLM에 거의 영향을 미치지 못함을 알 수 있다. 그러나 그림 8(b)에서 PVM은 수직 바이어스자계가 증가함에 따라 감소하며 어느 시편에서도 거의 15 A/m 이후의 자계에서 - 값이 되었다. 이것은 수직바이어스 자계는 시편의 수직방향 자화성분을 지자계와 반대방향으로 향하게 한다. PVM이 0이 되는 것은 지자계의 수직방향 성분에 의한 자화와 수직바이어스자계에 의한 자화가 크기가 같고 방향이 서로 반대가 됨을 의미한다. 그리고 PVM의 크기가 선형적으로 변화함을 알 수 있다. 이것은 합정의 잔류자화가 잔류자화 곡선 상, 어떤 점에 있더라도 충분한 수평 방향의 자계와 적절한 크기의 수직방향의 바이어스 자계에 의해 수직방향의 자계를 0으로 만들 수 있음을 의미한다. 그러나 수직방향의 바이어스 자계의 크기는 합정의 재질과 크기에 따라 다르며 이것은 반복되는 탈자에 의해 구할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문은 합정의 형상이 탈자 이후에 합정에 형성되는 수직자화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 합정의 대표적인 형상을 삼각형, 사각형, 원형으로 하여 지자계에 의한 유도자화를 FEM 정자장 해석으로 조사하였으며, 수직 및 수평 바이어스 자계의 유무에 따른 잔류자화의 변화를 조사하였다.

1. 수평 및 수직방향의 바이어스 자계는 최종 잔류자화를 결정한다.
2. FEM 해석결과, 유도자화의 수직성분은 합정의 중간부분에 해당하는 사각형보다 선수와 선미의 형상에 가까운 삼각형 및 원형에 더 큰 영향을 미친다. 그러나 탈자 이후, 영구자화성분은 형상에 크게 의존하지 않았다.

참고문헌

[1] Ki-Chan Kim, "Remnant Magnetization Prediction in the Demagnetization Process by Orthogonal Magnetic Field," IEEE Trans. Magn., vol. 47, no.10, pp. 4360 - 4364, October 2011.
 [2] T. M. Baynes, "Comparison of Stepwise Demagnetization Techniques," IEEE Trans. Magn., vol. 38, no.4, pp. 4360 - 4364, July 2002.