

수압에 따른 잠수함 선체의 B-H Curve 특성 변화 연구

김상현*, 김종왕*, 양훈석*, 정현주**, 이항범*
 송실대학교*, 국방과학연구소**

B-H Curve Characteristic Change Research of The Submarine Hull by Water Pressure

Sang-Hyun Kim*, Jong-Wang Kim*, Hoon-Seok Yang*, Hyun-Ju Jung**, Hyang-Beom Lee*
 Soongsil University*, Agency for Defense Development**

Abstract - 잠수함은 운행 중 수압에 따라 자화 특성이 변하므로 자기 정숙화에 어려움이 있다. 본 논문은 잠수함 운행 중 수압에 따른 압력선체의 B-H Curve 특성 변화를 측정하였다. 잠수함의 압력선체는 강자성체 재질로 모델링 하여 제작하고 비자성체인 스테인리스로 보빈을 만들어 나사를 조이는 형태로 압축응력을 모사했다. 그 결과 응력이 가해지면 투자율이 작아지고 최대 자속밀도 또한 감소하였다.

1. 서 론

함정과 잠수함 운항에 있어서 가장 큰 위협 요소는 감응기뢰이다. 그 중 고감도 자기센서가 부착된 자기 감응식 기뢰는 선체에서 나오는 자기장을 감지하여 동작한다. 이에 함정과 잠수함을 보호하기 위한 방법으로는 선체에 나오는 자화량을 예측하여 저감하는 자기 정숙화(Magnetic Silence)를 실현해야 한다.

함정과 잠수함의 선체는 강자성체로 이루어져 있어서 자기장이 발생한다. 발생 원인에 따라 영구자기장(Permanent Magnetic Field)와 유도자기장(Induced Magnetic Field)로 구분 할 수 있다. 영구자기장은 함정을 제조하는 과정에서 생기는 기계적인 충격과 스트레스로 인한 자기 특성이 변화에 의해 형성되며, 유도자기장은 지구자기장 환경에서 함정의 기동방향과 운항지역에 따라 다르며, 선체의 형상, 크기 및 재질의 특성에 따라 결정된다.

따라서 함정과 잠수함에 유기되는 자기장을 감소시키기 위한 방법으로는 탈자(Deperming)와 소자(Degaussing)가 사용된다. 탈자의 경우 함정의 영구자기장에 의한 자기정숙화 방법으로 해안가의 자기 처리 시설(Magnetic Treatment Facility : MTF)을 구축하여 함정 외부에서 자기장을 인가한 후 규격화된 탈자 프로토콜을 인가하여 진행한다. 소자의 경우 탈자 후 함정에 남아있는 영구자기장과 지구자기장에 의한 유도자기장을 최소화시키는 방법으로 함정 내부에 3축으로 코일을 감아 함정 외부에서 측정된 자기장 데이터를 기준 값으로 하여 반대 방향으로 전류를 흘려 자기장을 최소화 시키는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 함정 외부의 측정된 자기장을 기준 값으로 사용하기 때문에 선체의 자기적 특성이 변화하면 안 된다. 잠수함의 경우 수압에 의해 선체에 외부응력이 가해져 자기적 특성이 변화하므로 자기정숙화를 실현하기 어렵다는 단점이 있다.[1][2].

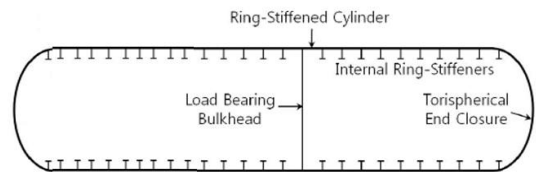
잠수함은 운행 깊이에 따라 평균 50~70기압이 선체에 가해져서 자기 변형(Magnetostriction)에 의해 자화 특성이 변화한다. 자기변형은 결정 격자가 탄성에너지와의 합이 최소가 되도록 변하고, 자기구역(Magnetic Domain)이 자발자화(Spontaneous Magnetization)의 방향으로 뒤돌아지기 때문에 자성체 내부에 변형력이 생긴다.

본 논문은 수압에 따른 잠수함 선체의 B-H Curve 특성 변화를 보기 위해 잠수함의 압력선체를 모델링 하고 운행 중 수압에 의한 압력과 동일한 환경을 모사하여 자성체의 특성 변화를 측정하였다.

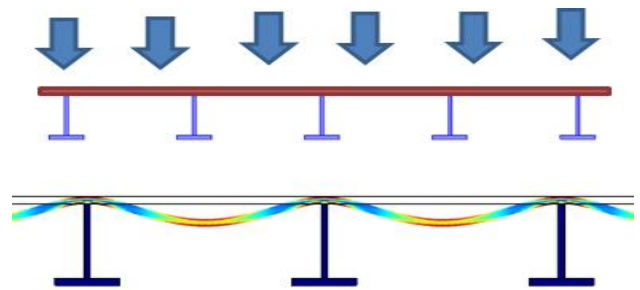
2. 본 론

2.1 잠수함의 압력선체 모델링

잠수함은 수압에 의해 평균 50~70기압이 선체 전체에 가해지는데 이러한 압력을 지탱해 주는 부분이 압력선체이다. 그러므로 잠수함은 유동학적 측면과 효율성으로 인해 원통형 구조로 제작한다. 그림 1과 같이 압력선체는 구형 외관(Spherical Shell)에 원환 늑골(Ring Frame)으로 보강된 구조로 되어있고 압력이 가해지면 외관과 원환 늑골 사이에 아코디언(Accordion)형태의 주름인 좌굴(Buckling)이 발생한다. 또한 동일한 외부 압력에 대해서 전체면에 압력을 가했을 때와 힘이 가장 많이 받는 부분에 압력을 가했을 때 결과는 모두 동일하게 나왔다. 그림 2는 수압에 의한 압력선체의 좌굴 현상을 나타내었다[3].



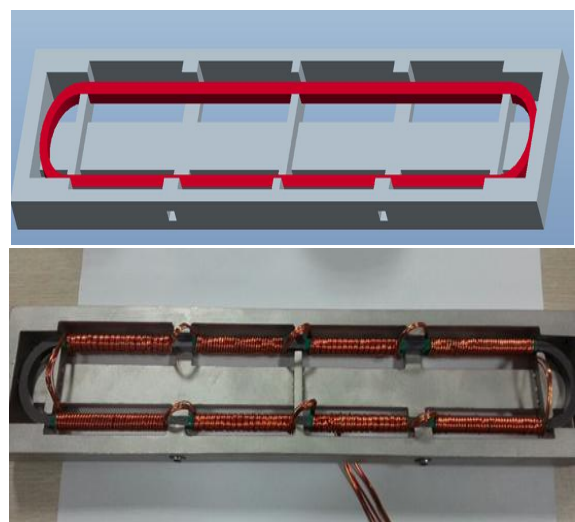
<그림 1> 잠수함의 압력선체 모델



<그림 2> 수압에 의한 압력선체의 좌굴 현상

2.2 실험 시스템 제작

본 논문에 사용된 잠수함 모델링한 시험 시편은 강자성체의 재질로써 선체 구조용으로 사용되는 고장력강이다. 그림 3은 잠수함을 모델로 만든 시험 시편과 외부응력을 인가하기 위한 보빈이다. 보빈(Bobbin)에 경우 비자성체(Non-Magnetic Material)인 스테인리스강(Stainless Steel)을 사용하여 자기장에 영향을 거의 받지 않는 재질을 사용하였다. 보빈의 크기는 가로 350mm, 세로 74mm, 두께는 15mm이며 나사를 이용하여 시험 전체에 응력을 인가 할 수 있도록 제작하였다.



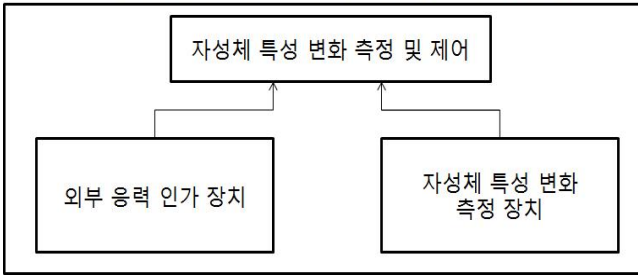
<그림 3> 실험 시편과 보빈

2.3 수압에 따른 잠수함의 자성체 특성 변화 측정 시스템

그림 4는 실험 시스템에 대한 구성도이다. 자성체 특성 변화를 측정하고 제어하기 위해 시편에 외부응력을 줄 수 있는 외부응력 인가장치와 외부응력을 인가하였을 때 시편에 자성체의 특성 변화를 측정하는 자성체 특성 변화 측정 장치로 구성한다.

외부응력 인가장치는 보빈을 이용하여 시편을 고정하고 외부응력을 주는 부분과 시편을 여자(Exciting)시키기 위한 1차측 코일과 여자된 시편으로 인한 자속의 변화를 감지하고 유도 기전력으로 바뀌는 2차측 코일로 구성한다. 자성체 특성 변화 측정 장치는 코일에 전류를 흘려주기 위한 Power Supply와 적분회로, 입력 전류를 제어하고 데이터를 분석하고 저장하는 DAQ 보드, B-H Curve Tracer 회로로 구성 되어 있다. 시편에 인가되는 자기장은 1차 측에 전류를 측정하여 자계강도(Magnetic Field Intensity)를 구하고, 2차 측 출력 전압을 적분하여 자속밀도(Magnetic Flux Density)를 구할 수 있다[4].

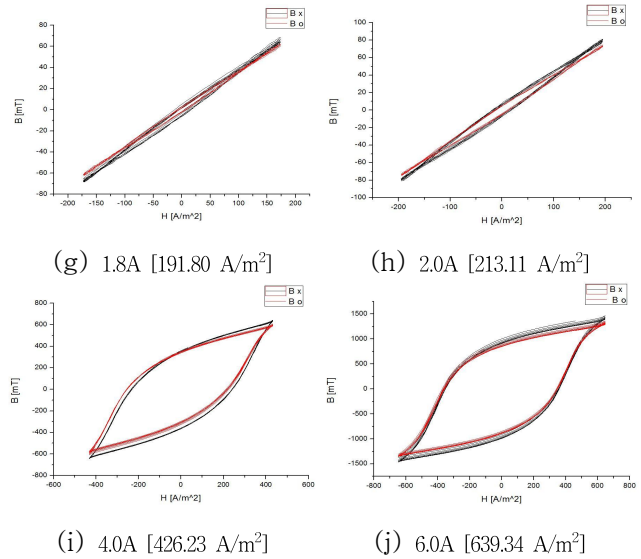
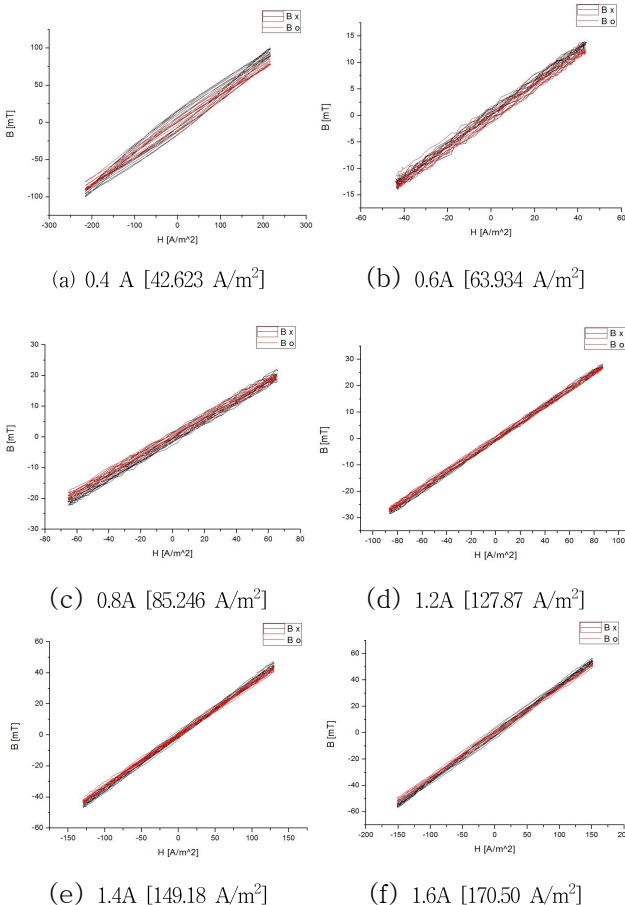
수압에 따른 잠수함의 자성체 특성 변화 측정 시스템



<그림 4> 수압에 따른 잠수함의 자성체 특성 변화 측정 시스템의 구성도

2.4 실험 결과

그림 5는 응력을 인가했을 때와 응력을 인가하지 않았을 때에 전류 0.4A~6.0A까지 B-H Curve를 측정하여 비교한 데이터이다. 그림 5의 결과를 보면 응력이 가해지면 시편의 투자율이 감소하고 최대 자속밀도가 감소하는 것을 알 수 있다. 표 1은 응력에 따른 최대 자속밀도를 측정된 결과이다.



<그림 5> 응력에 따른 전류 0.4A~6.0A까지 B-H Curve

<표 1> 응력에 따른 Bmax값 [mT]

	B 응력 X	B 응력 O	변화량
42.623A/m ²	13.9748 [mT]	13.8434 [mT]	1 %
63.934A/m ²	22.1231 [mT]	20.7213 [mT]	6 %
85.246A/m ²	29.6581 [mT]	27.6430 [mT]	7 %
127.87A/m ²	47.0062 [mT]	44.5091 [mT]	5 %
149.18A/m ²	56.6002 [mT]	54.7165 [mT]	3 %
170.50A/m ²	68.3846 [mT]	65.5371 [mT]	4 %
191.80A/m ²	81.0452 [mT]	76.7520 [mT]	5 %
213.11A/m ²	110.1018 [mT]	91.2088 [mT]	17 %
426.23A/m ²	643.6314 [mT]	608.1906 [mT]	6 %
639.34A/m ²	1464.2533 [mT]	1357.9738 [mT]	7 %

3. 결 론

본 논문은 수압에 따른 잠수함 선체의 B-H Curve 특성 변화를 보기 위해 잠수함의 압력선체와 운행 중에 받는 수압을 모사하여 압력선체에 받는 B-H Curve 특성 변화를 보았다. 그 결과 응력이 가해지면 투자율이 작아지고 최대 자속밀도 또한 감소하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방 피탐지 감소기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 양창섭, 함정에서 발생하는 수중 전자기장 신호 특성 예측 기법, 박사학위 논문, 경북 대학교, 2008
- [2] 김홍열, 신용구, 김수영, 신성철, 정보영, 조정희, 김현수, 소형 잠수함 압력선체의 구조설계, 대한조선학회논문집, pp. 116-123, 2012
- [3] 김은찬, 장석, 선박의 이해, 한국해양과학기술원, 2002
- [4] 김창식, 손대락, 우병청, 이원창, 자성측정자동화, KSR-IR-87(1987).