

방향성 규소강판에서 열화특성이 자기적 성질에 미치는 영향

김형욱, 김인성, 정순중, 민욱기, 송재성
한국전기연구원 전자기소자연구그룹

Korean Institute of Electrical and Electronic Materials

Hyung-Wook Kim, In-Sung Kim, Soon-Jong Jeong, Bok-Ki Min, Jea-Sung Song

Electric and Magnetic Device Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract : 방향성 규소강판을 tape-wound core 형태로 제작하여 N₂ gas 분위기에서 760°C 4시간동안 열처리후 자기적 특성을 조사 하였다. 그 결과 1차, 2차 권선수가 85 turns 시료에서 보자력(Hc)과 포화자속밀도(Bs)는 최대값을 나타내었고, 보자력은 0.0190e, 포화자속밀도는 1.92T 이었다. 현재 국내에서 생산되고 있는 방향성 규소강판의 자속밀도값 보다 더 우수한 값을 나타내었으며, 열화특성이 자기적 특성에 미치는 영향을 통해 고효율 방향성 규소강판 개발의 가능성을 확인하였다.

Key Words : Grain-oriented silicon steel, Tape-wound core, B-H hysteresis loop, Magnetic materials, Core loss

1. 서론

변압기 철심재료 중 가장 많이 사용되고 있는 방향성 규소강판(Si 3%, thickness 0.3mm)은 1934년 미국 American Rolling Mill Corporation의 N. P. Goss에 의하여 처음 개발되었다. 1945년 제품으로 생산 하여 이후 ARM사로부터 기술을 도입한 일본 Yawata Iron and Steel Corporation(현 Nippon Steel Corporation)는 기존의 방향성 규소강판에 비하여 자속밀도와 철손특성이 향상된 고 배향성 방향성 규소강판(HI-B)을 제조하여 1968년부터 현재 변압기 코어 소재로 사용되고 있다.[1-3]

현재 변압기의 코어 소재로 사용 중인 방향성 규소강판의 문제점은 정격부하시 고조파로 인한 과열로 코어내부에 온도가 상승 하여 변압기의 출력 감소, 손실 증가로 인한 효율감소, noise 발생, 전기장 발생으로 인한 통신장애가 변압기의 수명을 단축시킴으로써 고부가시대에 막대한 에너지 손실의 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 변압기 코어 소재인 방향성 규소강판의 열화특성이 자기적 특성에 미치는 영향을 통해 고효율 방향성 규소강판 개발의 가능성을 알아보고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 코어 손실 (Core loss)의 물리적 성질

코어 내부에서 시간에 따라 변하는 자기장에 의해 발생 되는 것으로 인가되는 주파수와 자속의 크기에 따라 정해지며, 코어 손실의 종류로는 히스테리시스 손실, 와전류 손실, 전류 손실이 있고, 재료에 따라 그 값이 변한다.

히스테리시스 손실(hysteresis loss)

코어에 전류가 흐르면 자계가 생기며 이 자계의 변화와 자속밀도의 변화와의 사이에 어긋남이 생기는것을 히스테리시스 손실이라 한다. 이 어긋남으로 인해 에너지가 소비된다.

와전류 손실(맹돌이전류 손실)

자력선 변화에 의해 철심 내부에 생기는 소용돌이 모양의 유도전류에 의한 것이다. 이 와전류는 철심의 저항에 의해 열로 변화하며 변압기의 철심은 와전류 손실을 줄이기 위해 두께가 얇은 규소강판을 절연하여 겹쳐쌓은 형태로 사용된다.

2.2 국내 현황 및 연구 범위

국내에서 생산되는 대부분 변압기 업체는 POSCO에서 생산되는 코어 소재를 사용하고 있으며, 일부 특수 변압기는 일본의 신일본 제철이나 가와사키 제철로부터 수입되는 코어소재를 사용하고 있다. 기술적으로 더 이상 코어 소재를 개발할 필요는 없으며 이미 품질면에서 거의 포화 수준에 이르러 있다. 다만 국내 기술의 경우 시장 경쟁력 측면에서 중국의 대량생산에 따른 가격 경쟁력이 중요하게 대두될 전망이다. 그러나 1차적인 규소강판 소재가 아닌 2차 가공하여 여러 가지 전기기기에 적용할 경우 가공 방법, 설계, 제작 등에서 동일한 코어 소재를 사용했다 하더라도 최종 사양은 다소 특성이 다르게 나타난다.

역시 본 연구에서 가공 방법과 설계 등에 공동으로 사용할 라이브러리 구축을 위해 여러 가지 물성을 조사중이다.

3. 실험

3.1 실험장치

그림 1은 자계(H)와 자속밀도(B)에 따른 히스테리시스 곡선을 측정하기 위한 장치이다. rms Ammeter를 이용하여 1차권선에 전류를 흘려 자계를 형성하고, Flux meter를 이용하여 2차 권선의 자속에 따라 출력되는 유도전류를 측정할 장치 계략도이다.

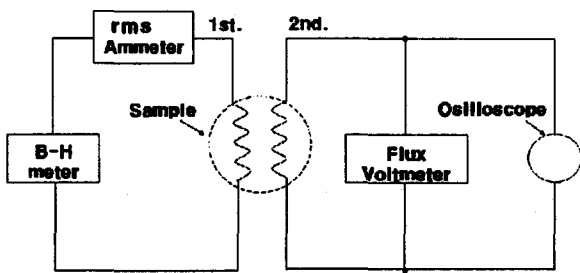


그림 1. 자계(H)와 자속밀도(B)에 따라 B-H hysteresis loop를 측정하기 위한 장치 계략도

시료의 원재료는 외국제품을 사용하였으며, 시료의 크기 및 권선수는 표1.에 나타내었다. 시료의 형태는 그림 2에서 처럼 Tape-wound core 형태로 제작 하여 N₂ gas 분위기에서 760°C 4시간동안 열처리 하였다. 열처리한 시료에 절연 tape를 사용하여 1차절연후 1차권선을 66~91회 감고 2차절연후, 2차권선을 1차권선수와 같은 횟수로 감았다. 1차권선과 2차권선은 Cu선(∅ 0.45mm)을 이용하여 시료를 제작 하였다.

표1. 시료의 크기 및 권선수

시료	외경 (mm)	내경 (mm)	두께 (mm)	높이 (mm)	폭 (mm)	1차/2차 권선수
1	15.45	17.36	0.23	5	84	66/66
2	17.7	18.83	0.23	5	86	85/85
3	19.26	20.91	0.23	5	90	91/91

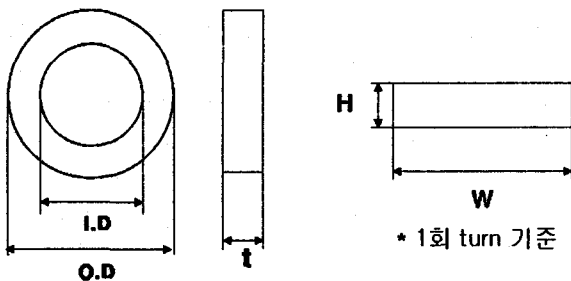


그림 2. Tape-wound core type 시료

4. 결과 및 고찰

그림 3은 방향성 규소강판의 B-H hysteresis loop를 나타내었다. 그림3 (b) 2번 시료의 Hc는 0.019Oe, Bs는 1.92T이었으며, (a) 1번 시료와 (c) 3번 시료의 보자력(Hc)과 포화자속밀도(Bs)값에 비해 우수하였다.

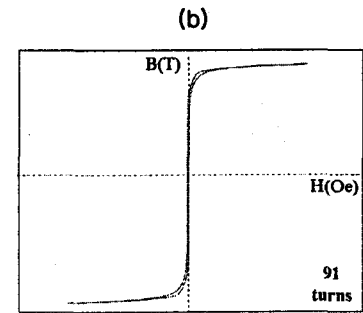
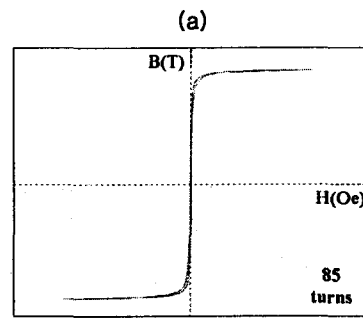
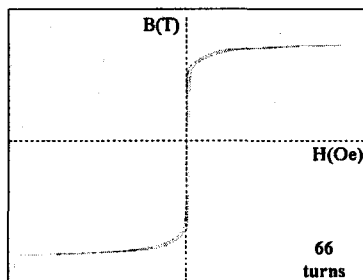


그림 3. 1차, 2차 권선수에 따른 (a) 1번 시료의 B-H hysteresis loop, (b) 2번 시료의 B-H hysteresis loop, (c) 3번 시료의 B-H hysteresis loop

표 2. 측정 결과

시료	1	2	3
Hc(Oe)	0.078	0.019	0.019
Bs(T)	1.4	1.92	1.84

5. 결론

변압기 코어소재인 방향성 규소강판을 Tape-wound core 형태로 제작 하여 자기적 특성을 조사 하였다. 그 결과 1차, 2차 권선수가 85 turns 시료에서 보자력(Hc)과 포화자속밀도(Bs)는 최대값을 나타내었고, 보자력은 0.019Oe, 포화자속밀도는 1.92T 이었다. 현재 방향성 규소강판의 가공방법에 따른 손실 절감과 자기적 특성에 미치는 연구가 진행되고 있으며, 각각 절단, 커팅, 프레스에 의해 가공 되었을때 물리적 특성이 다른 것으로 조사되고 있다.

참고 문헌

- [1] 허남희, "극박 방향성 3% 규소강판의 개발 및 초절전 변압기 적용", 전기전자재료학회논문지, 14권, 10호, p. 9~15, 2001.
- [2] K. I. Arai and K. Ishiyama: J. Appl. Phys., Vol 64, p. 5352, 1988.
- [3] K. I. Arai, K. Ishiyama and H. Mogi : IEEE Trans. Magn., MAG-25, p. 3439, 1989.