

## 규소강판 코어소재의 가공 방법에 따른 철손 특성

김인성, 정순중, 민복기, 김형욱, 송재성  
한국전기연구원 전자기소재연구그룹

### Korean Institute of Electrical and Electronic Materials

I S Kim, S J Jeong, B K Min, H W Kim and J S Song

Electric and Magnetic Device Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract :** 방향성 규소강판을 tape-wound core 형태로 제작하여 가공방법에 따른 자기적 특성을 조사 하였다. 그 결과 곡률반경이 40mm인 시료에서 보자력(Hc)과 포화자속밀도(Bs)는 우수한 값을 나타내었고, 보자력은 0.02Oe, 포화자속밀도는 1.85T 이었다. 현재 국내에서 생산되고 있는 방향성 규소강판의 자속밀도값보다 우수한 값을 나타내었다. 본 연구로부터 방향성 규소강판을 이용하여 권자심을 제작할 때 도입되는 탄성변형에 대한 대책의 중요성과 코어 소재의 가공방법이 자기적 특성에 미치는 영향을 통해 고효율 방향성 규소강판 개발의 가능성을 확인하였다.

**Key Words :** Grain-oriented silicon steel, Tape-wound core, B-H hysteresis loop, Radius of curvature

### 1. 서 론

3%Si-Fe 방향성 규소강판[1]은 종래의 방향성 규소강판의 사용과는 달리 두께가 얇기 때문에 소형권자심 이용이 가능하며 특히 손실이 매우 적어 수 kHz 대역의 리액터용의 응용이 매우 주목받고 있다. 그러나 권자심은 스트립상의 형태를 어떤 곡률반경을 가지고 감기 때문에 응력도입이 불가피하며 이로인해 자기특성이 열화된다.[2-4] 또한 일정한 곡률반경에 대해 감는 스트립의 두께가 두꺼워지면 소성변형의 정도가 커져 자기특성의 열화는 더욱 심해진다. 본 연구는 3%Si-Fe 방향성 규소강판을 권자심으로 사용하는 것을 목적으로 권자심의 곡률반경과 두께에 따른 탄성 및 소성변형과 같은 변형 상태를 조사하였으며, 가공 방법 및 탄성변형이 자기적 특성에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

### 2. 실험

B-H meter를 이용하여 자계(H)와 자속밀도(B)에 따른 히스테리시스 곡선을 측정 하였다. rms Ammeter를 이용하여 1차권선에 전류를 흘려 자계를 형성하고, Flux meter를 이용하여 2차 권선의 자속에 따라 출력되는 유도 전류를 측정하였다. 시료의 원재료는 국내제품을 사용하였으며, 시료의 크기는 표1에 나타내었다. 시료의 형태는 높이가 각각 5mm, 10mm 스트립상의 형태를 직경 20mm, 30mm, 40mm, 50mm의 Tape-wound core 형태로 제작 하였다. Tape-wound core 형태로 제작한 시료에 절연 tape를 사용하여 1차절연후 1차권선을 100회 감고 2차절연후, 2차권선을 1차권선수와 같은 횟수로 감았다. 1차권선과 2차권선은 Cu선(∅ 0.45mm)을 이용하여 시료를 제작 하였다. 두께 d, 길이 L의 스트립 형태의 시료를 곡률반경 R로 굽힌 경우, 시료의 외측은 장력에 의해 늘어나고 내측은 압축력에 의해 줄어드는 형태를 나타낸 것이다[5]. 곡률반경 R, 시료의 길이 L과 각도 q와의

관계는 곡률반경 R이 두께에 대해서 충분히 크면  $R\theta=L$  식으로 나타낼 수 있다.

표1. Samples used in the experiment.

d (mm)	H (mm)	L (mm)	Dm (mm)	S (mm <sup>2</sup> )	Wn (turns)
3	5	65	23	15	6
	10	65	23	30	
3	5	94	33	15	
	10	94	33	30	
3	5	125	43	15	
	10	125	43	30	
3	5	155	53	15	
	10	155	53	30	

### 3. 결과 및 고찰

높이가 5mm인 시료가 높이 10mm인 시료보다 평균직경의 크기가 더 많이 변형 하였다. 시료가 탄성변형을 일으키는 경우 시료는 원래 형태대로 회복되고, 이때 곡률반경은 무한대가 된다. 한편 시료의 일부가 소성변형을 일으키면 시료는 굽게 되어 원래 감은 곡률반경 이상으로 된다. 그림1은 곡률반경과 직경에 따른 변화를 나타낸 것이다.

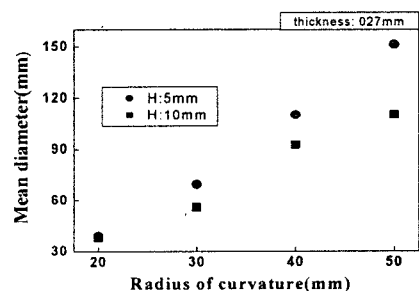
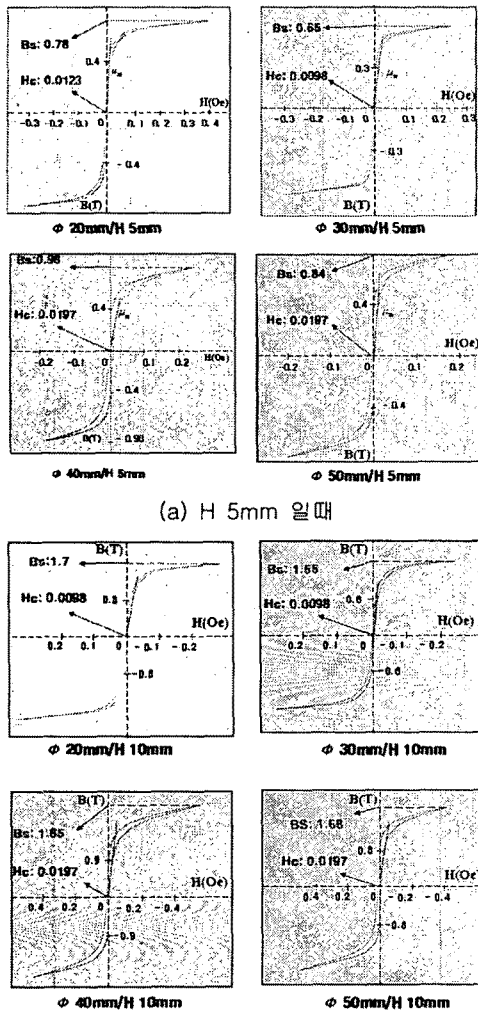


그림1. The curvature of radius VS mean diameter.

그림2은 곡률반경에 따른 B-H hysteresis loop의 변화를 조사하였다. (a) 높이가 5mm일때 보다 (b) 높이가 10mm 일때 시료의 보자력(Hc)과 최대자속밀도(Bs)가 우수하였고, 투자율이 크게 나타남을 조사 하였다. 그림3는 높이에 따른 투자율을 관찰한 것이다. (a)  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}5\text{mm}$  시료 보다 (b)  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}10\text{mm}$  시료의 자계(H)와 자속밀도(B)의 값이 컸으며, 투자율이 크게 나타났다.



(a) H 5mm 일때

(b) H 10mm 일때

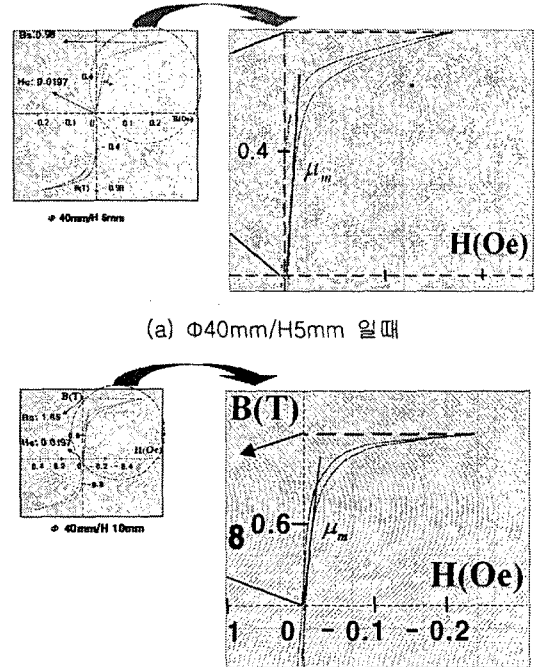
그림 2. Permeability as a curvature of radius

표2와 표3은 높이가 5mm, 10mm인 방향성 규소강판을 곡률반경에 따라 제작하여 B-H 특성을 조사하였다.  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}10\text{mm}$  시료에서 보자력(Hc)과 최대자속밀도(Bs)가 최대값을 나타내었다.

#### 4. 결론

코어소재인 방향성 규소강판을 곡률반경에 따라 Tape-wound core 형태로 제작 하여 가공방법에 따른 자기적 특성을 조사 하였다. 곡률반경에 따른 투자율과 높이에 따른 투자율을 조사한 결과  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}10\text{mm}$  시료

에서 투자율이 크고, 보자력(Hc)과 포화자속밀도(Bs)는 우수한값을 나타내었다.  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}10\text{mm}$  시료의 보자력은 0.02Oe, 포화자속밀도는 1.85T 이었다. 방향성 규소강판을 사용한 전기기기 제조시 곡률반경에 따라 손실 절감과 자기적 특성에 영향과 권자심을 제작할 때 도입되는 탄성변형에 대한 대책의 중요성을 통해 고효율 방향성 규소강판 개발의 가능성을 확인하였다.



(a)  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}5\text{mm}$  일때

(b)  $\Phi 40\text{mm}/\text{H}10\text{mm}$  일때

그림 3. Permeability as a height

표 2. B-H properties of high 5mm sample.

곡률반경	20mm	30mm	40mm	50mm
Bs(T)	0.78	0.65	0.98	0.84
Hc(Oe)	0.01	0.01	0.02	0.02

표 3. B-H properties of high 10mm sample.

곡률반경	20mm	30mm	40mm	50mm
Bs(T)	1.7	1.55	1.85	1.68
Hc(Oe)	0.01	0.01	0.02	0.02

#### 참고 문헌

- [1] K. I. Arai and K. Ishiyama : J. Appl. Phys. 64, 5352 (1988)
- [2] J. D. Livingston : Phys. Stat. Sol. (a) 56, 627 (1979)
- [3] W. Jilck and A. Hubert : j. Magn.Magn. Mater 19, 365 (1980)
- [4] H. Pftzner and K. Futschik, Y. Luo L : IEE Trans. Magn. 18, 1499 (1982)
- [5] Y. H. Kim. : Journal of Korean Magnetic Society 8, 4 (1998)