

극박형 철계 나노결정합금의 제조와 자기적특성

인하대학교 이중선* 유연철
한국과학기술연구원 김광윤 노태환 강일구

Fabrication and magnetic properties of ultra-thin Fe-based
Nanocrystalline ribbon alloys

Inha university J. S. Lee*, Y. C. Yoo
KIST K. Y. Kim, T. H. Noh and I. K. Kang

1. 서론

액체급냉방법에 의해서 제조되는 비정질박대는 그 두께가 일반적으로 20 μm 전후이며 대략 수백 kHz대까지의 주파수에서 실용화가 이루어지고 있다. 그러나 최근 각종 전기·전자기기에 대한 소형·경량화의 급속한 진전에 따라 이들 제품의 핵심소재인 연자성재료에 있어서도 보다 높은 고주파 영역에서의 특성 향상이 강하게 요구되고 있으며, 이에 부응하기 위해서는 고주파철손의 획기적 저감이 중요한 기술과제라고 할 수 있다.

금속자심의 경우 고주파에서의 총 손실의 대부분을 와전류손실이 차지하기 때문에 고주파특성을 개선하기 위해서는 와전류손실을 저감시키는 것이 필수적이다. 고전적 이론에 의하면 와전류손실의 감소는 두께감소로 실현될 수 있음이 제시되고 있다[1].

따라서 비정질박대의 경우 두께감소에 의해서 자심손실 및 고주파에서 투자율 향상을 얻고자 하는 연구가 일부 합금조성에 대해 이루어지고 있으며, 특히 Co기 합금의 경우 두께 3~10 μm 의 박대 제조가 가능함이 보고된 바 있다[2].

그런데 현재까지는 주로 비정질합금에 대해서만 극박화 연구가 진행되어 왔으며, 우수한 연자기특성을 갖고 있는 나노구조결정합금의 경우에는 거의 보고된 바 없다.

그러므로 본 연구에서는 1.5 T 정도의 고포화자속밀도를 갖는 $\text{Fe}_{83}\text{B}_9\text{Nb}_7\text{Cu}_1$ 합금을 액체급냉방법에 의해서 극박화하여 박대두께에 따른 자기적특성 변화를 조사하고 그 결과를 분석하였다.

2. 실험방법

극박형박대의 제조에는 진공을 유지할수 있는 단롤형 액체급냉장치를 사용하였으며, 냉각롤의 최대회전속도는 6,000 rpm 이었다.

제조 조건으로서 용탕분사실 내 압력 10^{-2} torr 이하, 철계 냉각롤의 선속도 약 40~60 m/s, 사각노즐을 통한 분사압력은 약 0.005~0.02 kg/cm^2 이었다. 이러한 제조 조건에 의해 제조된 비정질박대의 폭은 3~4 mm, 두께는 7~12 μm 정도였으며 이후 나노결정구조를 얻기위해서 결정화온도 이상에서 1 시간 동안 열처리를 행하였다.

교류투자율은 임피던스분석기, 자심손실은 B-H Analyzer로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

극박형박대의 제조는 각종의 제조변수와 밀접한 관계가 있음을 확인하였으며, 특히 용탕의 분사압력과 냉각률의 선속도, 용탕분사실내의 진공도등을 적절히 제어하여 두께 7 μm 의 극박형 철계 나노결정합금 박대를 얻을 수 있었다.

그림 1은 560 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 열처리한 $\text{Fe}_{83}\text{B}_9\text{Nb}_7\text{Cu}_1$ 합금의 박대두께에 따른 100 kHz에서의 자심손실 변화를 나타내고 있는데 박대두께가 감소함에 따라 자심손실이 현저하게 감소하고 있음을 알 수 있다.

그림 2는 두께 7 μm 과 통상두께인 20 μm 박대에 대한 실효투자율의 주파수의존성을 보여주고 있다. 주파수 증가에 따른 실효투자율의 감소는 두께 20 μm 에 비해 7 μm 인 경우 현저히 완만해지며 1 MHz에서 3,000 정도의 높은 실효투자율을 나타내었다.

4. 결론

진공 내지 감압챔버 내에서의 철계 나노결정합금에 대한 두께 7 μm 정도의 극박형 박대를 제조 할 수 있었으며, 이때 용탕의 분사압력이 작을수록 그리고 냉각률의 속도가 클수록 박대두께가 감소하였다.

또한 박대두께 감소에 의해 현저히 낮은 자심손실과 고주파에서 높은 실효투자율을 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

1. R. M. Bozorth : *Ferromagnetism*, D. Van Nostrand, New Jersey (1951)
2. M. Yagi and T. Sawa : *IEEE Trans. Mag.*, Mag-26 (1990) 1409

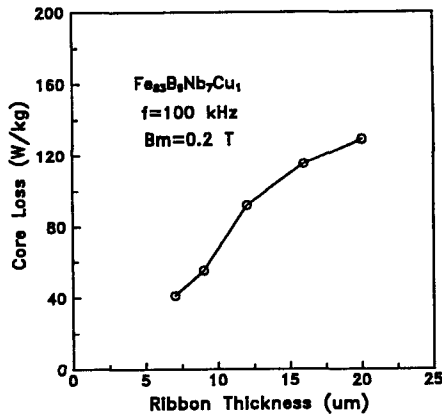


Fig.1 Core loss as a function of ribbon thickness for $\text{Fe}_{83}\text{B}_9\text{Nb}_7\text{Cu}_1$ alloy annealed at 560 $^{\circ}\text{C}$ for 1h

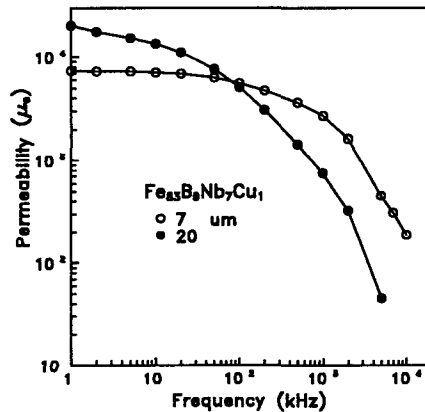


Fig. 2 Effective permeability as a function of frequency for $\text{Fe}_{83}\text{B}_9\text{Nb}_7\text{Cu}_1$ alloy