

B7

저손실 Fe-Al-Nb-B-(Cu) 나노 결정 합금의 자기적 특성.

성균관 대학교 박 진영*, 서 수정

K I S T 이 중선, 김 광윤, 노 태환, 강 일구

Magnetic properties of low loss Fe-Al-Nb-B-(Cu) nanocrystalline alloys.

SungKyunKwan Univ.

J.Y. Park*, S.J. Suh.

K I S T

J.S. Lee, K.Y. Kim,

T.H. Noh, I.K. Kang.

1. 서 론.

최근 우수한 연자기 특성을 나타내는 Fe-Si-B-Nb-Cu(Finemet)^[1] 합금이 개발된 이래 새로운 나노 결정 구조 합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구그룹에서는 Finemet의 기본성 분계인 Fe-Si-B계와 유사한 물리적인 특성(예: 전기저항, 자속밀도 등)이 기대되는 Fe-Al-B계에 대한 연구를 수행하여 왔다. 그 연구결과중에 Fe₈₀Al₄Zr₅B₁₀Cu₁ 합금의 경우 $\mu_{eff}=25000$, $B_{10}=1.42$, $H_c=25mOe$, $T_c=1040K$ ^[2]의 우수한 자기적 특성이 나타남을 보고한 바 있다.

본 연구에서는 이 합금조성중 Zr을 고주파 특성 및 손실이 상대적으로 우수한 Nb으로 대체하는 연구를 체계적으로 수행하였으며, Al 함량의 증가에 따른 결정화 거동 및 고주파 특성의 변화 거동과 함께 Cu의 Fe-Al-Zr-B계 합금에 대한 bcc-Fe상의 불안정성 개선 및 나노크기의 bcc-Fe상의 핵생성에 기여하는 효과를 조사하였다.

한편 각종 자기부품의 소형화 및 고주파 특성의 개선을 위하여 가장 우수한 자기적 특성을 갖는 Fe₇₈Al₄Nb₅B₁₂Cu₁의 조성합금을 극박화^[3]하여 고주파 특성을 비교하였다.

2. 실험 방법.

아크 용해법으로 제조된 모합금들을 Ar 분위기중 단롤형 액체 급냉장치를 이용하여 비정질 합금을 제조하였으며, 이 합금의 비정질상 여부는 X-선 회절분석 시험으로 확인하였다. 제조한 비정질상의 결정화 거동은 DTA에 의해, 생성된 상의 구조는 X-선 회절 및 TEM 분석에 의해 조사하였다.

각 합금계의 열처리 온도에 따른 연자기 특성을 조사하기 위하여 실효투자율은 임피던스 분석기, 자속밀도 및 보자력은 B-H 이력곡선 분석에 의하여 측정하였으며, 제조된 합금의 자심 손실은 B-H 분석기(Iwatsu, SY-8216)를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰.

Fe-Al-Nb-B계 비정질 합금의 DTA분석 결과 Cu를 첨가한 경우 bcc-Fe상 및 Fe-B 화합물이 생성되는 온도영역의 차이가 50K 이상 더 넓어지는 것으로 보아 나노크기 bcc-Fe 상의 안정에 훨씬 유리할 것으로 판단되었다.

Fig. 1은 Fe_{83-x}Al_xNb₅B₁₂합금의 열처리 온도에 따른 투자율의 변화를 보여주는 그림이다. Al

의 함량이 3~4 at% 범위에서 가장 우수한 유효 투자율(1kHz, 7100)을 나타내었으며 Cu를 1 at% 첨가하면 1kHz에서 11000로 증가하였다.

Fig. 2는 $Fe_{79-x}Al_4Nb_5B_{12}Cu_x$ ($X=0,1$)합금의 경우 주파수 변화에 따른 유효 투자율의 변화를 보여주는 그림인데, Cu가 1 at% 첨가된 경우의 유효 투자율이 전 주파수 범위에서 우수하였다.

고주파 특성의 개선을 위해 리본 두께를 극박화하여 1MHz, 0.1 T에서 자심손실을 측정할 경우, 그 값이 17 μ m 두께의 리본은 595 W/kg(4.6 W/cc)인데 반하여 9 μ m 두께의 리본에서는 397 W/kg(2.9 W/cc)으로 감소하였다.

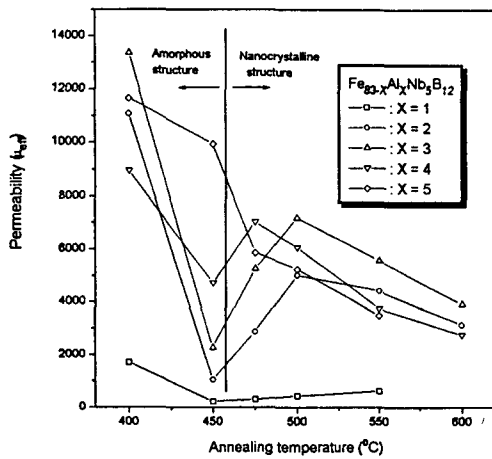


Fig.1. $Fe_{83-x}Al_xNb_5B_{12}$ 합금의 열처리 온도에 따른 유효투자율의 변화.

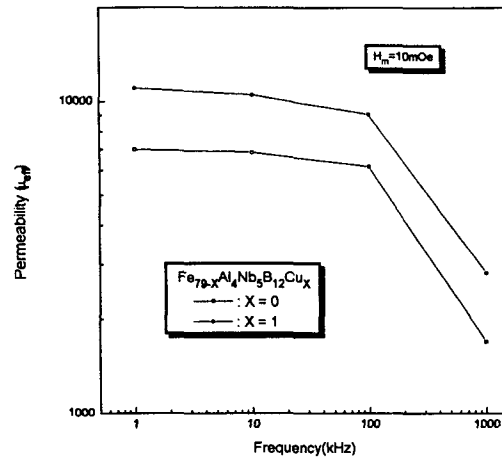


Fig. 2. $Fe_{79-x}Al_4Nb_5B_{12}Cu_x$ ($X=0,1$)합금의 주파수에 따른 유효투자율.

4. 결론.

Fe-Al-Nb-B-(Cu)계 비정질 합금을 열처리하여 나노 결정합금으로 만든 뒤 그의 구조 및 자기적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Fe-Al-B계에 Nb을 첨가한 경우 Zr의 경우에 비해 100 kHz, 0.2 T에서 측정한 자심손실이 96 W/kg(0.7 W/cc)에서 49 W/kg(0.37 W/cc)으로 약 50%가 감소하였다.
- (2) 상기 합금을 극박화 공정을 통하여 리본의 두께를 9 μ m로 감소시키면 1 MHz, 0.1 T에서 397 W/kg(2.9 W/cc)이하의 극히 낮은 자심손실값을 나타내었다.

5. 참고 문헌.

- [1] Y. Yoshizawa. et.al., J. Appl. Phys. 64 (1988) 6044
- [2] K.J. Kim. et.al., Proceedings of the Third International Symposium on Magnetic Materials(ISPMM 95), the Korean Magnetic Society, Seoul(1995), vol. 1. p.317.
- [3] M. Yagi. et.al., J. Appl. Phys., 64 (1988) 6050.