

Fe-Cu-Mo-Si-B계 초미세결정합금의 자기적특성

한국과학기술연구원 피우갑*, 노태환, 김희중, 강일구

Magnetic Properties of Ultra-Fine Crystalline Fe-Cu-Mo-Si-B alloy

Korea Institute of Science & Technology W.K.Pi*, T.H.Noh, H.J.Kim, I.K.Kang

1. 서론

최근 액체급냉법에 의해 제조된 Fe-Cu-Nb-Si-B 계 비정질합금을 결정화시켜 고폭화 자속밀도 및 고주파 연자기특성이 크게 향상된 초미세결정합금이 Yoshizawa 등¹⁾에 의해 보고된 바 있다. 이와 같이 우수한 자기적특성은 결정화시 Cu에 의한 α -Fe 결정립의 핵생성 촉진과 Nb에 의한 비정질기지의 안정화에 의해 극히 미세한 α -Fe 결정립조직이 얻어지는 것에 의한 것으로 알려져 있다.

본연구에서는 Nb과 유사한 비정질 합금구조 안정화 효과를 가지는 Mo의 영향을 살펴보기 위하여 Fe-Cu-Mo-Si-B 합금을 열처리하여 자기적특성 및 미세구조를 조사하였다. 또한 초미세결정합금의 경우 연자성 특성은 미세조직의 특징에 크게 의존하며, 이는 열처리방법에 따라 변화할 것으로 믿어진다. 따라서 열처리방법의 변화에 따른 미세조직과 자성특성의 변화를 관찰하였으며, 그 변화의 기구를 고찰하였다.

2. 실험방법

$Fe_{76-x}Cu_1Mo_xSi_{14}B_9$ ($x=1\sim 5$ (at%)) 합금을 단률형 액체급냉장치를 사용하여 폭 1mm, 두께 약 $20\mu m$ 의 리본형태로 제조하였고, x-선 회절법으로 비정질상임을 확인하였다.

이들합금을 외경 21mm의 알루미늄보빈에 감은후 두종류의 열처리를 하였는바, Ar 분위기에서 $480\sim 540^\circ C$ 의 온도범위에서 1시간 아닐링한 단순열처리와, 일단 $400^\circ C$ 에서 1~3시간 저온열처리 후 $500^\circ C$, 1시간 고온열처리를 하는 2단열처리를 하였다. 열처리후 impedance analyzer로 실효투자율(μ_e)을 1kHz, 5mOe의 조건에서 측정하였으며 D.C. fluxmeter를 사용하여 B_{10} 과 보자력(Hc)을 구하였다. 열처리후 x-선 회절법을 이용하여 결정구조의 변화를 관찰하였으며, 기지조직의 변화를 투과전자현미경으로 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

단순열처리를 한 $Fe_{76-x}Cu_1Mo_xSi_{14}B_9$ 합금중 $x=2, 3$ 의 합금을 $500^\circ C$ 에서 열처리했을때 높은

μ_e 를 얻을 수 있었다. Fig. 1은 μ_e 의 Mo함량 의존성을 나타내고 있는데, 적정열처리시 약 9,000의 μ_e 를 가지며 이때 결정립 크기는 20nm 정도이었다. 적정열처리한 Fe-Cu-Nb-Si-B 합금의 결정립크기가 10nm 정도¹⁾임을 고려하면 Mo가 Nb보다 결정립성장 억제효과가 낮은것으로 판단되었다.

Fig. 2는 x=2 및 3 합금의 2단열처리에 따른 μ_e 의 변화를 나타낸 것이다. 합금의 결정화온도 이하인 400°C에서의 저온열처리 시간이 증가함에 따라 두합금 모두 μ_e 가 증가하였으며, 특히 x=3 합금을 3시간 열처리한 경우 약 17,000의 μ_e 가 얻어졌다. 이경우의 대체적인 결정립의 크기는 약 5nm임이 관찰되었는바, 2단열처리에 의한 μ_e 의 증가는 저온열처리에 의한 α -Fe결정상의 핵생성 증가 및 이에 따른 결정립 미세화가 일어나고 그 결과로서 합금의 평균자기이방성상수 <K>가 감소되었기 때문으로 생각된다.

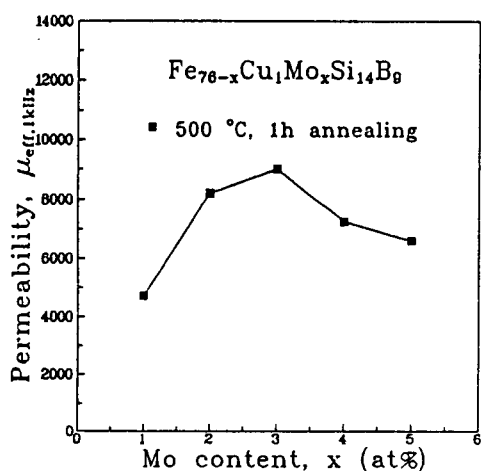


Fig. 1 Magnetic permeability as a function of Mo content for $Fe_{76-x}Cu_1Mo_xSi_{14}B_9$ alloys annealed for 1h at 500°C

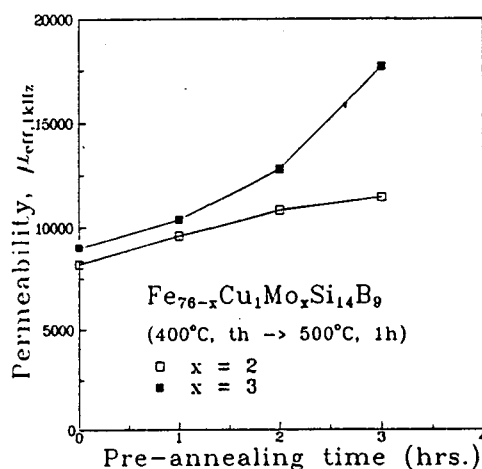


Fig. 2 Magnetic permeability as a function of pre-annealing time for $Fe_{74}Cu_1Mo_2Si_{14}B_9$ and $Fe_{73}Cu_1Mo_3Si_{14}B_9$ alloys subjected to two-step annealing

4. 결 론

1) $Fe_{76-x}Cu_1Mo_xSi_{14}B_9$ (x=2, 3) 비정질합금을 500°C에서 1시간 열처리한 결과 직경 약 20nm의 초미세 결정립조직으로 변태하였으며, 이때 μ_e 는 9,000, B_{10} 은 1.25T, H_c 는 약 40mOe이었다.

2) $Fe_{73}Cu_1Mo_3Si_{14}B_9$ 합금을 2단열처리할 경우 μ_e 는 17,000, B_{10} 은 1.25T, H_c 는 약 30mOe, 결정립 크기는 약 5nm이었다. 이와 같은 2단열처리의 연자성 개선효과는 결정립 감소 및 이에 따른 <K>의 감소에 기인하는 것으로 추정되었다.

5. 참고문헌

- 1) Y. Yoshizawa, S. Oguma, and K. Yamauchi, J. Appl. Phys., 64 (1988) 6044