

FeZrB₆계 비정질 합금의 자기적 특성

경남대학교 : 김 현식*, 오 영우

한국전기연구소 : 김 병걸, 정 순중, 김 기욱, 송 재성

The Magnetic Properties of FeZrB₆ Amorphous Alloys

Kyungnam University : H.S. KIM*, Y.W. OH

KERI : B.G. KIM, S.J. JEONG, K.U. KIM, J.S. SONG

1. 서 론

1960년대 Duwez 등에 의해 최초로 연구가 된 비정질 합금은 결정질 합금에 비해 기계적, 화학적, 전기적 및 자기적으로 독특한 물성을 나타내고 있다. 특히, 이런 비정질 합금의 가장 중요한 응용분야로써 연자성 재료 분야가 가장 기대되고 있으며, 이미 일부는 실용화 되고 있다[1].

현재 연구된 연자성 비정질 합금은 Fe계 비정질 합금과 Co계 비정질 합금으로 크게 나눌 수 있다. Fe계 비정질 합금은 상용 주파수 영역에서 높은 포화자화 및 낮은 자기이력손실 등 우수한 연자기적 성질을 나타내므로 변압기 자심 재료등으로 현재 실용화 단계에 있으며, Co계 비정질 합금은 영자기 변형 조성에서 높은 투자율과 고주파 영역에서 높은 포화자속밀도 및 낮은 자기이력손실을 나타내므로 전자부품의 고성능화, 자기헤드 및 고주파용 자심재료로 사용되고 있다[2].

그러나, 이들 연자성 비정질 합금은 모두 결점을 가지고 있다. 즉, Fe계 비정질 합금은 자기변형이 크고, 고주파 특성이 나쁘고, Co계는 높은 가격과 상용조성에서 낮은 포화자속밀도를 나타낸다. 또한, 이들 합금은 모두 비정질상이기 때문에 열적 안정성이 나쁘다. 따라서 높은 포화자속밀도 및 고주파 영역에서 높은 투자율을 가지며, 열적으로 안정한 재료의 개발이 계속되고 있다.

이와 같은 목적을 달성하기 위하여 Yoshizawa 등[3]은 Fe-Nb-Cu-Si-B계 비정질 합금에서, 또한 Suzuki 등[4]은 Fe-Zr-B-Cu계 비정질 합금에서 열처리하여 초미세 결정립 합금을 개발하여 고투자율, 고포화자속밀도의 연자기특성이 우수한 재료를 개발한 바 있다. 이와 같은 재료는 고온의 열처리에 의해 결정화됨에 따라 소재 자체가 대단히 취약하고, 투자율도 기존의 Co계비정질 합금을 대체할 수 있을 정도의 값이 얻어지고 있지 않다.

또한, 비정질상의 합금과 초미세 결정립상의 합금사이의 임계상태에 관한 자기적 특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 실험에서는 기존에 알려진 발상에서 탈피하여, Fe와 비고용원소인 Ag를 B대신 소량 첨가하여 결정화 온도 이하에서 열처리하여 미세한 α -Fe cluster를 생성시켜 비정질 matrix에 미세하게 분산시킨 복합상을 제조하여 자기적 특성 변화를 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 Fe₈₇Zr₇B₆을 기본 조성으로 하여 Ag를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0(at%)로 B대신 치환하여, Fe-B 합금과 Zr-Ag 합금 및 순수한 Fe와 Zr를 50g으로 칭량한 후, 모합금은 아르곤 분위기에서 arc 용해하여 제조하여, 여기서 얻은 모합금의 일부 약 5g정도를 아르곤 분위기 중에서 약 폭 1mm, 두께 20 μ m의 FeZrB₆ 비정질 리본을 액체급냉법으로 제조하였으며, X-선 회절실험으로 비정질임을 확인하였다. 그리고, 제조한 비정질 합금을 DSC로 각각의 합금의 결정화 온도를 조사하여, 각각의 시료를 진공 중에서 10°C/min의 승온 속도로 300°C에서 600°C사이에서 1시간 등은 열처리한 후 로냉하였다. 열처리를 한 시료를 X-선 회절 실험으로 결정화 여부 및 생성된 결정을 조사하였다. 그리고, strip용 직류자기이력곡선 장치를 이용하여 B₁₀과 H_c 측정하였으며, 초투자율은 각 주파수 영역에 LCR meter를 이용하여 측정했다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 FeZrBAG 비정질 합금의 열처리 온도에 따른 B_{10} 의 변화를 나타낸 것이다. As-quench ed 상태에서는 Ag의 첨가량이 증가할수록 B_{10} 값은 감소하였으며, 0.4T이하의 값을 나타낸다. 비정질 상이 상당히 남아있는 450℃까지는 큰 변화가 없지만, 결정화가 일어나기 시작하는 500℃부터는 급격한 증가가 일어나고, 열처리 온도가 600℃에서 $Fe_{87}Zr_7B_{4.5}Ag_{1.5}$ 는 1.3T까지 증가함을 보인다.

그림 2은 1kHz에서 열처리 온도에 따른 초투자율의 변화를 나타낸 것이다. 비정질 상태에서 모든 조성이 50000이하이지만, 미세한 α -Fe cluster가 생성되는 400℃에서의 초투자율은 Ag0.5와 Ag1.0이 첨가된 조성에서는 250000이상으로 대단히 높은 값을 나타내지만, Ag양이 더욱 첨가되면 급격히 감소함을 알 수 있다. 결정화가 일어나기 시작하는 500℃이후 온도에서는 감소하고 있음을 알 수 있다. 400℃ 열처리온도에서 얻어진 값은 지금까지 비정질 합금 및 초미세결정립 합금에서 얻어진 값 중에 최고의 값이고, 철손도 대단히 적으리라 생각된다.

4. 결론

FeZrBAG 비정질 합금을 열처리 하여 자기적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 낮은 열처리 온도(400℃)에서 매우 우수한 연자기 특성이 얻어진다.
2. $Fe_{87}Zr_7B_{5.5}Ag_{0.5}$ 와 $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ 비정질 합금을 400℃에서 열처리하였을 때 1kHz영역에서 초투자율이 250000이상으로 지금까지 알려진 값 중 최고이다.
3. Ag의 첨가량이 1.5at% 이상이 되면 자기적성질이 급격히 감소하며, Ag의 첨가량은 1.0at%까지가 적당하다.

5. 참고문헌

- [1] 増本 健 : 아몰퍼스金屬의 基礎, (1980)
- [2] N. Saegusa and A.H.Morrish : Phys. Rev. B, 26 (1982) 305
- [3] Y. Yoshizawa, S. Oguma and K. Yamauchi : J. Appl. Phys. 64, (1988) 6044
- [4] K. Suzuki, A. Makino, N. Kataoka, A. Inoue, T. Masumoto : Mater. Trans. JIM, 32, 93 (1991)

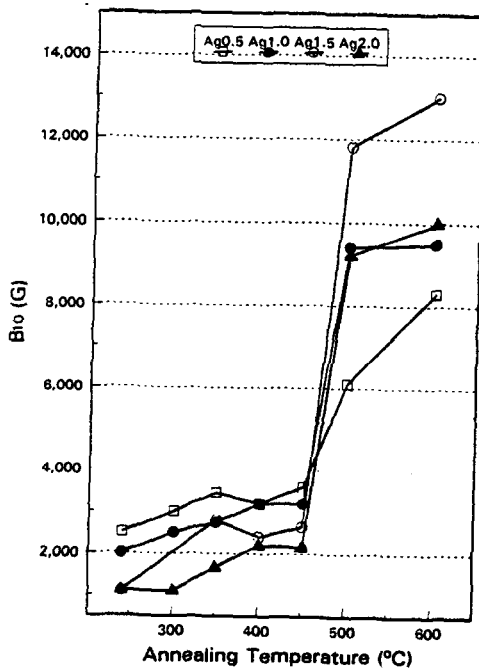


Fig 1. The flux density(B_{10}) at 100e as a function of annealing temperature for FeZrBAG amorphous alloys.

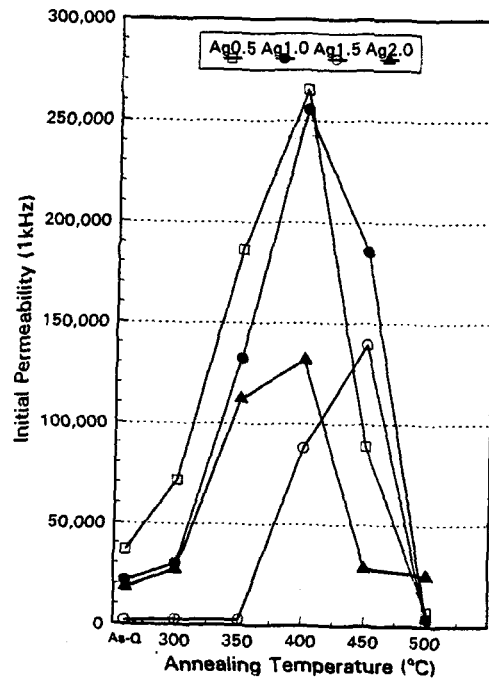


Fig 2. The initial permeability at 1kHz as function of annealing temperature for FeZrBAG amorphous alloys.