

Fe-계 비정질 합금의 절연 코팅이 자기적 성질에 미치는 영향

김현식*, 오영우*, 김병걸**, 정순중**, 김기옥**, 민복기**, 송제성**
경남대학교 무기재료공학과*, 한국전기연구소**

Influence of Insulated Coatings on The Magnetic Properties of Fe-Based Amorphous Alloy

H. S. KIM*, Y. W. OH*, B. G. KIM**, S. J. JEONG**, K. U. KIM**, B. K. MIN**, J. S. SONG**
Kyungnam University*, Korea Electrotechnology Research Institute**

Abstract

The development of an insulated coating which can be used for amorphous alloys is extremely important from the practical point of view. This importance may be enhanced by the influence of the coating on the magnetic properties.

The aim of the study is to show how some coating influence the magnetic properties of $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1(at\%)$ amorphous alloy.

1. 서론

비정질 자성 합금의 비저항은 페말로이나 규소강판에 비해 2~3배 정도 높기 때문에 와전류 손실이 적어 고주파에서 적은 철손을 기대할 수 있다^[1]. 그러나, 일반적으로 철심재료로 사용되는 비정질 합금은 우수한 자기적 특성과 저손실을 가지고 있음에도 불구하고, toroidal 코어나 적층판을 제조할 경우, 가능한 점적률을 높이기 위해 최대한의 장력하에서 적층시키며, 이때 리본간의 점착도가 증가하므로 자연히 층간저항이 감소하여 손실이 증가하게 된다. 그러므로 이러한 손실을 억제하기 위하여 절연 피막을 형성시켜야 한다. 하지만, 이 절연 피막은 점적률 문제로 인하여 매우 얇아야 하며, 비정질 합금과 열팽창 계수가 비슷해야 한다. 또한, 비정질 합금은 코팅한 후에 열처리를 하여야 하므로 이 피막은 고온에서도 상당히 안정해야 된다. 종래에는 크롬합유 필름 코팅^[2], 인산염 필름^[3], 다공질 콜로이드층^[4] 등이 주로 사용되었다. 그러나 크롬산염계는 처리온도가 300~400°C나 되며, 크롬의 유해성이 문제가 되고, 인산염 필름의 경우 고온에서 처리하여야 하기 때문에 비정질 합금에서는 적합하지 않다. 또한, 다공질 콜로이드 SiO_2 피막은 두께를 충분히 얇게 할 수 있으나, 다공질 형태이어서 충분한 절연성을 가지지 못하며, 지금까지 알려진 코팅 재료는 필요한 특성을 만족시켜주지 못한다.

따라서, 본 연구에서는 비정질 합금의 코팅 재료로서 요구되는 특성을 만족시키는 새로운 코팅 물질을 개발하여, 이 코팅 재료로 Fe-계 비정질 합금에 코팅하였을 경우의 자기적 성질에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

$Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1(at\%)$ 조성의 모합금을 Arc 용해한 후 작게 분쇄하여, 석영노즐에 3~4g 정도 주입한 후 Ar분위기에서 단물 액체급냉장치를 이용하여, 두께가 약 20 μm , 폭이 1.3mm인 리본을 제조하였다. 제조한 리본의 비정질 상태를 조사하기 위해 X-ray diffraction pattern 분석을 사용하였으며, X-ray의 scanning rate는 3°/min., target는 Cu, scanning angle은 30~90°이었다. 결정화 온도를 알기 위해 DSC를 이용하여 열분석을 행하였으며, 이때 승온 속도는 10°C/min.로 하였다. 본 실험에서 사용한 코팅 물질은 alcoxide, 물, 산을 적당한 물비로 혼합하여 졸-겔법으로 제조하였다. 제조된 코팅 물질로 비정질 리본에 dipping과 wiping법을 이용하여 표면 양면에 0.5, 0.7, 1.0 μm 의 두께로 코팅을 하였으며, 상온에서 수분동안 건조하였고, 코팅층의 상태와 코팅 두께를 측정하기 위하여 SEM관찰과 EDX분석을 하였다. 시료는 toroid와 strip으로 준비하여, 코팅 두께를 변화에 따른 자기적 성질의 변화를 조사하였다. 또한, 최적의 코팅 두께를 선택한 후, 결정화 온도 이하인 200 ~ 500°C 사이의 다양한 온도에서 1시간 동안 진공 중(10^{-5} torr)에서 등온 열처리하여 로냉하였다. 자기적 특성은 strip용 직류자기이력곡선장치를 이용하여 Hc과 B₁₀을 측정하였고, 무자율은 각 주파수 영역에서 LCR meter로 측정하였으며, 포화자화는 VSM으로 측정하였다. 그림 1에 실험 공정도를 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

사진 1은 $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ 비정질 합금에 졸-겔법으로 제조한 새로운 코팅 물질을 코팅한 후, 비정질 리본과 코팅

층의 상태를 나타낸 것이다. 사진에서 알 수 있듯이 코팅층은 균일하고, 접착성이 우수하며, 두께는 약 1.0 μ m이다. 그림 2는 EDX로 코팅층의 성분을 분석한 결과이다. 코팅 물질의 주성분인 Ti-Si 산화물이 안정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 또한 상온에서 수분내에 충분히 건조가 되므로 공정시간이 다른 코팅 물질에 비해 상당히 짧다.

그림 3은 코팅 두께에 따른 B_{10} 의 변화를 나타낸 것이다. 열처리하지 않았을 경우 코팅한 시료의 B_{10} 값은 코팅하지 않은 시료 보다 떨어지지만, 300 $^{\circ}$ C에서 1시간 열처리하였을 경우, 코팅 두께가 증가함에 따라 증가함을 알 수 있다.

그림 4는 코팅 두께에 따른 Hc의 변화를 나타낸 것이다. Hc의 변화는 열처리에 관계없이 코팅 두께에 거의 무관하며, 300 $^{\circ}$ C에서 1시간 열처리 하였을 때 Hc는 약 10mOe로 매우 낮은 값을 가진다.

그림 5는 300 $^{\circ}$ C에서 1시간 열처리 하였을 경우, 코팅 두께에 따른 μ 의 변화를 나타낸 것이다. 주파수의 증가에 따라 μ 는 거의 같은 감소율을 나타내고, 1.0 μ m 두께로 코팅하였을 경우 μ 는 65500정도로 코팅하지 않았을 경우 보다 높았다.

그림 6는 코팅 두께에 따른 손실의 변화를 나타낸 것이다. 손실은 코팅하였을 경우 상당히 감소하였으며, 코팅 두께가 감소함에 따라 손실이 감소함을 알 수 있다. 또한, 코팅 두께가 0.5 μ m일 경우의 손실은 코팅을 하지 않았을 경우보다도 반으로 감소하였다. 이는 중간 코팅에 의해 중간 저항이 증가하였기 때문이라 생각된다.

4. 결론

새로운 코팅 물질로 $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ 비정질 합금에 절연 코팅을 하였을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ 비정질 합금에 새로운 코팅 물질로 코팅한 경우, 코팅 두께에 거의 관계없이 B_{10} , Hc, μ 는 큰 영향이 없었다.
2. 코팅하지 않았을 경우 보다, 코팅을 하였을 경우 손실은 상당히 감소하였으며, 이는 중간 절연 코팅으로 인해 비저항이 증가했기 때문이라 생각된다.
3. 졸-겔법으로 제조한 새로운 코팅 물질은 비정질 리본에 균일하게 코팅이 되고, 접착성이 우수하고, 코팅 물질이 안정하게 유지되며, 중간 절연성이 매우 우수하였으며, 또한, 수분내에 건조가 되므로 공정 시간이 짧다.

5. 참고문헌

- [1] N. Saegusa and A. H. Morrish : Phys. Rev. B, 26 (1982) 305
- [2] Y. Okazaki, H. Kanno and E. Sakuma : IEEE Trans. Mag., vol. MAG-25, No. 5, (1989) 3352
- [3] A. Zentko, A. Kosturiak and P. Duhaj : IEEE Trans. Mag., vol. MAG-20, No. 5, (1984) 1326

- [4] D. M. Nathasingh, C. H. Smith and A. Datta : IEEE Trans. Mag., vol. MAG-20, No. 5, (1984) 1332

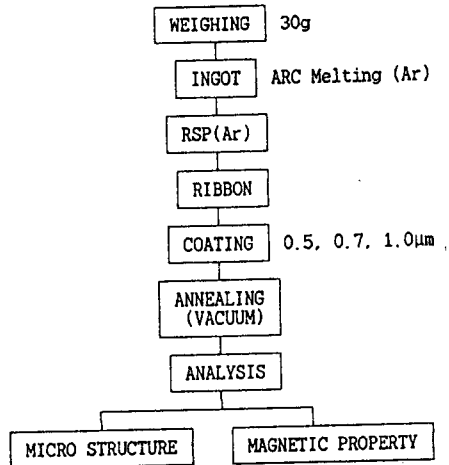


Fig. 1. Experimental procedure

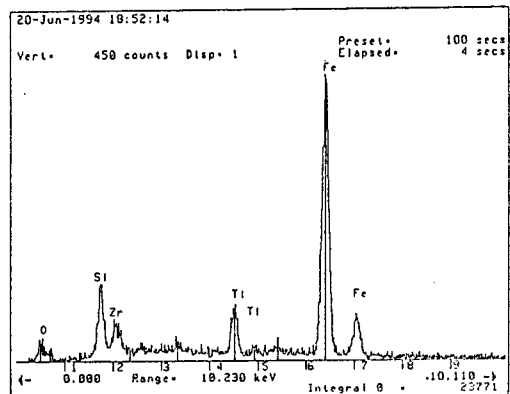


Fig. 2. EDX of coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.

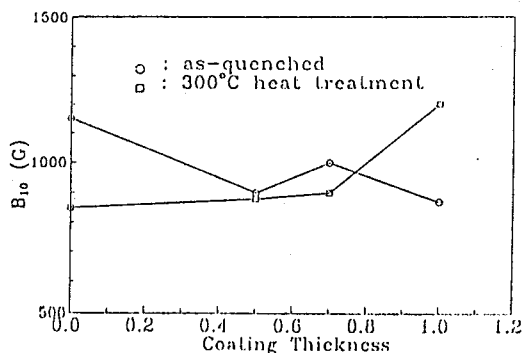


Fig. 3. Change of the B_{10} as a function of coating thickness for coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.

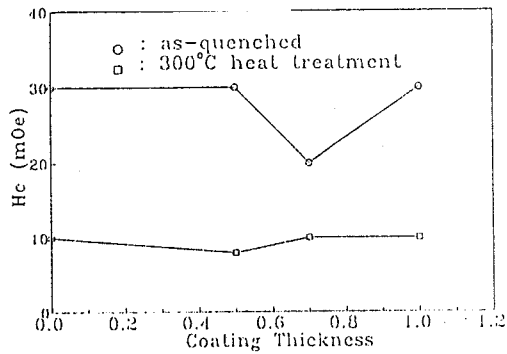


Fig. 4. Change of the coercive force(H_c) as a function of coating thickness for coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.

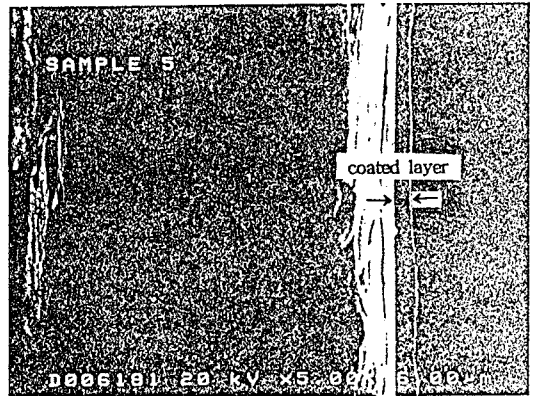


Photo. 1. SEM image of coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.

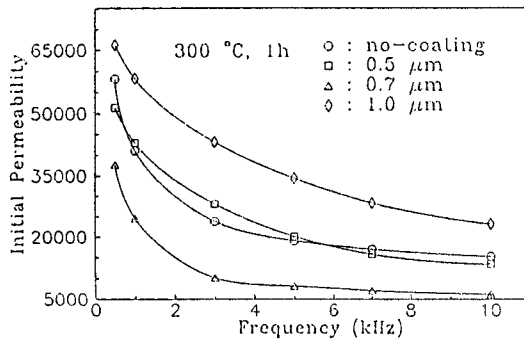


Fig. 5. Change of the initial permeability(μ_i) as a function of coating thickness for coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.

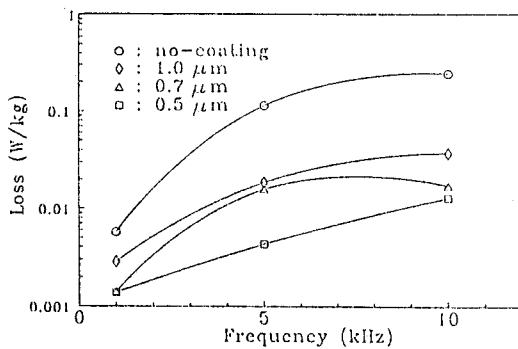


Fig. 6. Change of the loss as a function of coating thickness at 0.05T for coated $Fe_{87}Zr_7B_5Ag_1$ amorphous alloy.