

Fe-B-Si-Nb-Hf 벌크 비정질 합금의 연자성 특성에 미치는 Hf 첨가 원소의 영향

이주호^{1*}, 김휘준, 배정찬, 김도향¹

한국생산기술연구원 주조공정연구그룹

¹연세대학교 신소재공학과

1. 서론

연자성 소재는 자동차, 가전기기, 통신, 컴퓨터 산업분야에 사용되고 있는 전자기 부품의 코어를 형성하는 핵심소재로서 우리 생활을 혁신시키고 있으며, 사용하는 기기들의 고기능화, 자동화 소형화에 맞추어 고성능 연자성 소재의 수요가 증가하고 있다. 따라서 이러한 요구특성에 맞추어 Fe-Si-Al(Sendust), 비정질(Amorphous), 나노결정질(Nano crystalline), 금속계 유리질(metallic glass) 금속 등이 많이 사용되고 있다. 금속계 유리질 중에도 Fe계 금속 비정질 연자성 소재는 자화의 세기인 보자력(Coercivity)이 낮고 과냉각액체 온도 구간에서의 성형 특성이 매우 우수하여 연자성 코어 소재로서 활용이 기대되고 있으며, 새로운 조성의 합금 설계 및 코어 성형 기술에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다.

본 연구에서는 Fe-B-Si-Nb-Hf 조성에 Hf 첨가 원소의 연자성 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 Hf의 함량을 2~6% 까지 첨가하여 리본을 제조하고 연자성 특성을 VSM(Vibrating sample magnetometer)을 이용하여 알아보았다.

2. 실험방법

Ar 분위기에서 고순도 Fe, B, Si, Nb, Hf를 Arc melting에 의해 Fe-B-Si-Nb-Hf의 모합금을 제조하였다. 표 1은 Fe_{80-x}-B₁₄-Si₄-Nb₂-Hf_x 비정질 합금의 화학 조성 표이다. 제조된 모합금을 사용하여 Ar 분위기하에서 melt-spinning에 의해 두께가 약 30um, 폭이 3mm를 가진 리본을 제조하였다. 비정질 리본들의 구조적 특성은 X-ray 회절 장치를 이용하여 분석하였으며, 열적 특성은 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 분석하였다. 제조된 리본을 VSM(Vibrating sample magnetometer)을 이용하여 Hf 함량에 따른 연자성 특성을 조사하였다.

표 1 Fe-B-Si-Nb-Hf 비정질 합금의 화학 조성표

(at.%)	Fe	B	Si	Nb	Hf
#1	78	14	4	2	2
#2	76	14	4	2	4
#3	74	14	4	2	6

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 melt-spinning에 의해 제조된 리본들의 XRD 패턴과 DSC 커브이다. 그림 1의 X-ray 결과를 통해 온전한 아몰퍼스 구조를 가지는 것을 확인하였고, DSC 분석을 통해 유리전이온도(Tg), 결정화 온도(Tx), 그리고 과냉각액상구간(ΔT_x)를 확인할 수 있었다.

그림 2는 제조된 리본들의 Hf 함량에 따른 연자성 특성을 나타낸 것이다. 연자성 특성 측정 결과, 포화자속 밀도는 Fe의 함량이 제일 높은 #1번 리본에서 152emu/g까지 얻어졌으며, 보자력 값은 Hf의 함량이 6 at.%인 #3번 리본에서 제일 낮은 8.5 A/m가 얻어졌다.

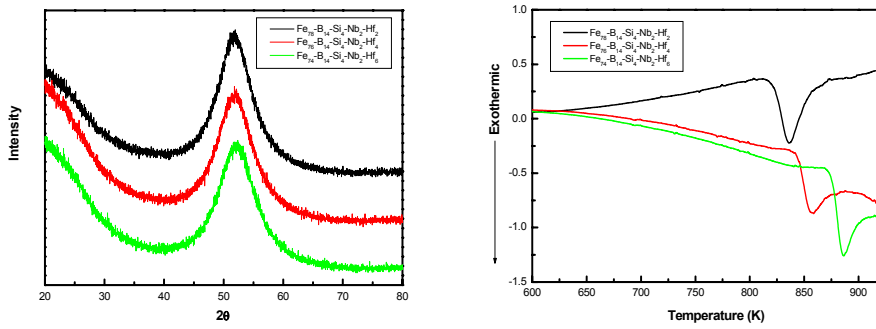
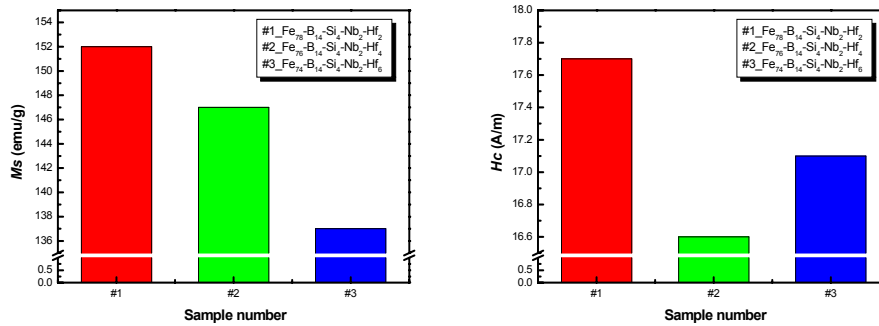


그림 1. $\text{Fe}_{80-x}\text{-B}_{14}\text{-Si}_4\text{-Nb}_2\text{-Hf}_x$ ($x=2,4,6$) 조성으로 제조된 리본들의 (a) XRD patterns, (b) DSC curves



(a) Magnetic saturation (Ms)

(b) Coercivity (Hc)

그림 2. $\text{Fe}_{80-x}\text{-B}_{14}\text{-Si}_4\text{-Nb}_2\text{-Hf}_x$ ($x=2,4,6$) 조성으로 제조된 리본들의 연자성 특성

(a)포화자속밀도, (b)보자력의 변화

5. 결론

본 연구에서는 Fe-기저 합금에 Hf 첨가 원소의 함량에 따른 연자성 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 리본을 제조하여 연자성 특성을 조사하였다. 연자성 특성 측정 결과, 포화자속밀도는 Fe의 함량이 제일 높은 #1번 리본에서 152emu/g까지 얻어졌으며, 보자력 값은 Hf이 6at.% 함유한 #3번 리본에서 제일 낮은 8.5A/m가 얻어졌다.

6. 참고문헌

- [1] Kawamura Y, Kato H, Inoue A and Masumoto T. Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 2008
- [2] A. Inoue, B.L. Shen, C.T. Chang, Acta Mater. 52 (2004) 4093
- [3] Senkov ON, Miracle DB. Mater Res Bull. 36 (2001) 2183-98