

Fe-Co와 Fe-Ga 합금의 자기변형 특성

성균관대학교 나석민*, 서수정
한국과학기술연구원 이영숙, 임상호

Magnetostrictive Properties of Fe-Co and Fe-Ga Alloys

SungKyunKwan University S. M. Na*, S. J. Suh
KIST Y. S. Lee S. H. Lim

1. 서론

높은 자기변형 특성을 갖는 재료는 액추에이터나 센서, 초음파 진동소자 등에 응용된다. 특히 초음파 진동소자로서 응용되기 위해서는 낮은 자기장에서 높은 자기변형 특성을 가지는 것은 물론 와전류 손실을 줄이기 위한 높은 비저항과 고강도의 우수한 기계적 특성이 요구된다. 이러한 특성들의 향상을 위해 희토류계 거대자기변형 재료에 대해서 적절한 바인더와 혼합하여 복합체로 만드는 연구가 진행되었다 [1]. 천이금속계 자기변형 재료들은 희토류계 재료에 비해 자기변형 특성은 낮지만 연자성 특성이 우수하며 매우 경제적이다. 특히 이들 중 Fe-Co와 Fe-Al 합금에서는 자화용이축인 <100> 방향으로의 자기변형이 각각 150 ppm 과 100 ppm을 보이고 있다. 또한 최근에는 A. E. Clark 등이 Fe-Ga 합금에서 <100> 방향으로 207 ppm의 우수한 자기변형 특성을 보고하였다 [2]. 그러므로 천이금속계 합금 복합체를 만들기 위해서는 실제적 응용에 필요한 다결정 상태에서의 자기변형 특성이 기초가 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 알려진 가장 우수한 천이원소계 자기변형 재료인 Fe-Co와 Fe-Ga 합금을 급속응고하여 적절한 제조조건과 자기변형 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

아크 용해로를 이용하여 아르곤 가스 분위기에서 Fe에 Co를 30 - 75 wt.%, Ga을 13 - 30 at.%를 각각 첨가하여 합금을 제조하였다. 제조한 합금을 석영관에 넣고 재용해하여 급속응고를 실시하였다. 노즐 크기는 0.5 mm, 최하부의 노즐과 구리 휠과의 간격은 0.5 mm로 하였다. 용융시 급속응고 장치 내부의 아르곤 분위기 압력은 50 cmHg이며, 휠 표면으로의 분사 압력은 0.75 kgf/cm²으로 고정 하였다. 구리 휠의 선속도는 10-40 m/sec 범위에서 변화를 주었다. 자기변형 측정은 전기용량법을 이용한 것으로 최대 인가자장의 세기는 8 kOe이다. EPMA로 조성을 확인하였으며, VSM을 이용하여 자기적 특성을 관찰하였고 XRD를 이용하여 결정구조를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Bcc 구조를 갖는 Fe-Co와 Fe-Ga 합금 조성 영역에서는 자화용이축인 <100> 방향으로의 자기변형 값이 자화곤란축인 <111> 방향으로의 그 값보다 훨씬 크다. X-선 회절실험 결과 α -Fe 고용체를 형성함을 알 수 있으며, 리본의 면 방향으로 (200)나 (211) 보다 비교적 큰 (110) texture를 형성하고 있다. 이 때 다결정인 리본면에서의 주요한 결정학적 방향은 (110) 면으로 texture가 형성되었다고 본다면 [0,0,1], [1,-1,1], [1,-1,0]이 될 것이며, 각 방향들은 등방적으로 배열해 있을 것으로 예상 할 수 있다.

Fe-Co의 조성에 따른 Hall의 λ_{100} 과 λ_{111} 결과를 $\lambda_s = \frac{2}{5} \lambda_{100} + \frac{3}{5} \lambda_{111}$ 에 적용하여 계산된 값을 그림 1에서 보여주고 있다. 또한 Co의 함량을 40-75 wt% 변화시키면서 30 m/s의 회전 속도에서 제조된 리본의 포화자기변형값과 응용면에서 중요한 낮은 자기장에서의 값을 Williams의 결과와 함께 비교하였다. 60%Co 조성 근처에서 가장 큰 87 ppm의 자기변형을 얻었으며 이는 고유의 값을 이용하여 계산된 결과와 잘 일치 하였다. Fe-Ga에서는 가장 큰 λ_{100} 를 가지고 있음에도 불구하고 다결정 리본에서는 Fe-Co보다도 훨씬 작은 자기변형을 나타내었다(Fe-30%Ga에서 40 ppm의 포화자기변형을 가짐). 이는 실제로 λ_{100} 의 값은 크지만 λ_{111} 가 음의 값 (Fe-13%Ga에서 λ_{100} : 153 ppm λ_{111} : -16 ppm)을 가지므로 다결정에서는 더 작은 값을 가지는 것으로 생각된다. Fe-Co의 경우에는 Co의 조성이 증가할수록 λ_{100} 는 50%Co에서 최대치를 보였다가 다시 감소하지만 λ_{111} 는 서서히 증가하는 경향이 있음을 고려할 때 다결정에서의 자기변형에는 λ_{111} 의 방향과 크기 또한 중요한 비중을 차지함을 알 수 있었다. 따라서 Fe계 복합체를 만들기 위한 후보로서 고유의 값이 큰 Fe-Ga 합금보다 Fe-Co 합금이 더 유력하다고 판단된다.

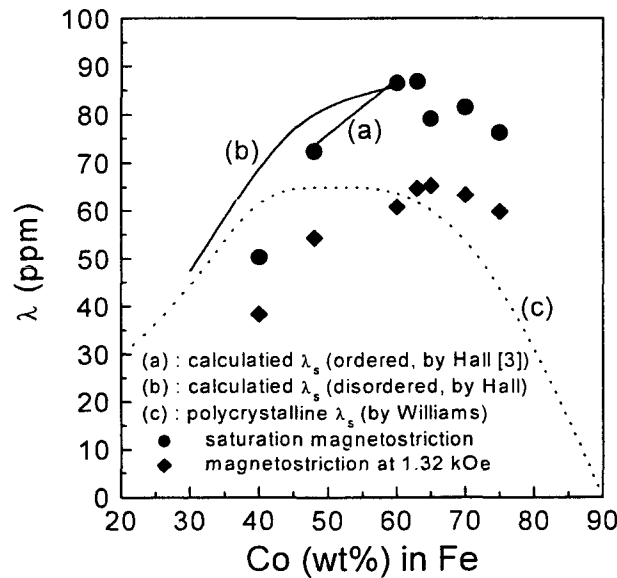


Fig. 1. Composition dependence of magnetostriction in polycrystalline Fe-Co alloys.

4. 참고문헌

- [1] S. H. Lim, S. R. Kim, S. Y. Kang, J. K. Park, J. T. Nam and Derac Son, J. Magn. Mag. Mater. vol. 191, pp. 113-121, 1999
- [2] A. E. Clark, J. B. Restorf, M. Wun-Fogle, T. A. Lograsso, and D. L. Schlagel, IEEE Trans. on Mag vol. 36, No.5, pp. 3238-3240, 2000
- [3] G. Y. Chin and J. H. Wernick, Ferromagnetic Materials, vol. 2, E. P. Wohlfarth, North-Holland Amsterdam, chap. 2, p. 172, 1980