

Fe-Co계 합금 복합체의 자기변형 특성

성균관대학교 나석민*, 서수정
 경성대학교 신광호
 한국과학기술연구원 임상호

Magnetostrictive Properties of Polymer-Bonded Fe-Co based Alloy Composites

SungKyunKwan University S. M. Na*, S. J. Suh
 KyungSung University K. H. Shin
 KIST S. H. Lim

1. 서론

높은 자기변형 특성을 갖는 재료는 액츄에이터나 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 비교적 낮지만 연자성 특성이 우수하며 매우 경제적이다. 특히 이들 중 Fe-Co 합금에서는 자화용이축인 <100> 방향으로의 자기변형이 최고 150 ppm을 보이고 있다. 또한 최근에는 A. E. Clark 등이 Fe-Ga 합금에서 <100> 방향으로 207 ppm의 우수한 자기변형 특성을 보고하였다 [2]. 그러나 이 합금에서는 다결정 상태의 자기변형값이 최고 45 ppm으로 단결정 상태의 20% 수준밖에 미치지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 알려진 다결정 상태에서 가장 우수한 천이원소계 자기변형 재료인 Fe-Co계 합금을 고분자 수지와 혼합하여 제조한 자기변형 복합체의 제조조건과 자기변형 특성에 대하여 조사하였다.

2. 실험 방법

아크 용해로를 이용하여 아르곤 가스 분위기에서 Fe와 Co에 제 3의 원소를 소량 첨가하여 합금을 제조한 후 고에너지 불밀을 사용하여 분말을 만들었다. 제조된 분말의 크기를 분류하기 위하여 45, 100, 150, 200, 250 μm 크기의 체를 사용하였으며, 주사전자현미경을 이용하여 그 크기를 확인하였다. 바인더로는 페놀을 사용하였으며 이때 분말과 혼합된 바인더의 함량은 3~10 wt.% (16~41 vol.%)로 변화시켰다. 성형압력은 0.25~0.75 GPa이며, 이때 분말을 정렬시키기 위해서 2 kGauss의 자계를 발생시키는 영구자석을 정방형의 성형다이에 밀착시켜 사용하였다. 성형된 복합체는 높은 기계적 강도를 얻기 위하여 최종적으로 150°C에서 큐어링하였다. 제조된 시료는 정방형의 모양으로 3.5 mm \times 3.5 mm \times 10 mm의 크기를 갖는다. 자기변형 측정은 스트레인 게이지를 이용하여 최고 4.3 kOe의 인가자장 하에서 측정하였으며, VSM을 이용하여 자기적 특성을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 고분자 바인더와 혼합된 분말의 정렬상태에 따른 자기변형 특성을 인가자장의 변화에 따라 나타낸 것이다. 이때 사용된 분말은 판상의 모양을 가지고 있으며 그 평균크기는 225 μm 이다. 또한 혼합

된 바인더의 양은 10 wt.%이다. 그림에서 보는 바와 같이 정렬되어있지 않은 상태의 자기변형은 2 kOe의 자장에서 포화되었으며 그때의 자기변형값은 82 ppm이다. 이는 이 합금의 포화 자기변형값인 85 ppm에 근접한 값으로서 고분자 바인더에 의해서 자기변형이 효과적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 또한 사용된 합금재료가 결정학적으로 등방성인 경우 길이 방향으로의 자기변형이 포화자기변형과 거의 비슷한 값을 가질 수 있다는 사실에 의해서도 잘 설명되어진다. 분말이 외부자장에 의해 정렬된 경우는 높은 자장에서 자기변형이 증가하는 것을 관찰 할 수 있었다. 이는 분말들이 자기변형측정을 위해 인가하는 자장과 수직하게 배열되어 있어 높은 자장 하에서도 계속 변형되는 것으로 생각된다. 이외에 다른 분말 크기에서도 비슷한 경향을 보이고 있으며 4.3 kOe에서는 정렬된 시료 모두 100 ppm 이상의 값을 보이고 있다. 성형 중 자장에 의해 정렬되었거나 그렇지 않은 경우 모두 1 kOe 정도의 낮은 자장범위에서 자기변형이 선형적으로 변하고 있음을 알 수 있으며, 그 정도의 낮은 자장 하에서 일반적으로 60 ppm이상의 용융상의 우수한 특성이 얻어지고 있다. 그림 2는 성형압력에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 성형압력이 증가할수록 압축강도가 증가함을 알 수 있다. 이는 희토류-철계 복합체에서의 결과와 유사하다 [1]. 일반적으로 양(+)의 자기변형 특성을 갖는 재료의 경우 압축응력 하에서 자기변형 및 자기기계적 특성이 향상되는 것을 고려할 때 기계적 특성은 시료의 형상을 유지하는 것 그 이상의 의미를 가지므로 중요하다.

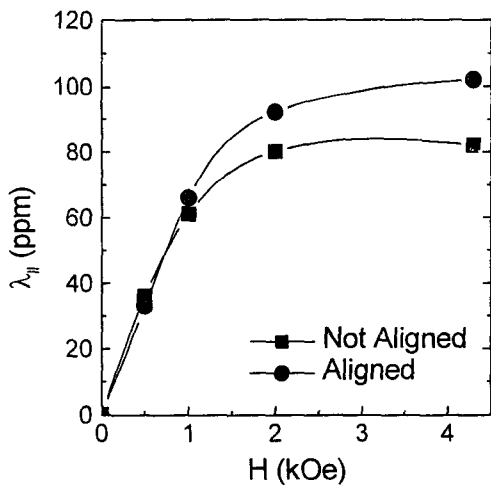


Fig. 1 λ -H curves for the particle alignment with the application of magnetic field during the compaction

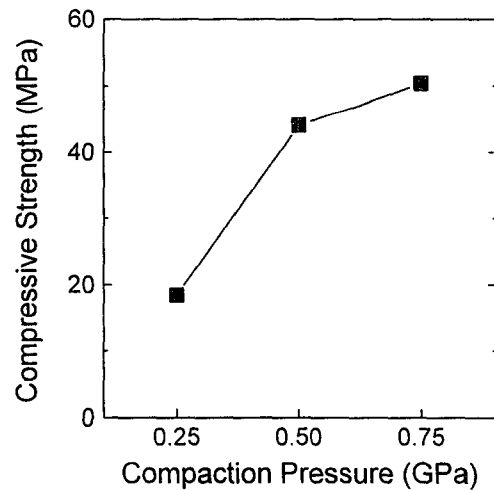


Fig. 2 Magnitudes of compressive strength as a function of the compaction pressure

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