

Co계 자기열량 합금에서 방전 플라즈마 소결 공정이 자기열량 효과에 미치는 영향

이아영^{1*}, 김송이¹, 오혜령¹, 박규현¹, 김현아¹, 이민하¹

¹한국생산기술연구원, 신기능소재그룹

1. 서론

자기냉각 소자의 특성을 결정짓는 중요한 요소인 자기 엔트로피 변화량은 온도와 자화의 함수로 이루어져 있다. 또한 이 특성을 나타내는 자기열량 효과는 엔트로피 변화량의 급격한 증가를 보이는 큐리 온도 부분에서 가장 큰 효과를 나타낸다. 최근에는 자기열량 효과가 잘 나타나는 호이스러 합금에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Co계의 호이스러 합금을 액상 급냉법을 통해 제작한 리본 샘플과 이 리본 샘플을 방전 플라즈마 소결법을 통해 제작한 벌크 샘플의 자기열량 효과에 대해 분석하였다. 또한 아크 용해법으로만 제작된 벌크 샘플과 방전 플라즈마 소결법으로 제작된 벌크 샘플의 자기열량 효과에 대해 비교 분석하였다.

2. 실험방법과 결과

99.9%이상의 순도를 가진 Co, Hf, Zr, Sn 원소를 아크 용해를 통해 Co-Hf-Sn 합금과 Co-Zr-Sn 합금의 모합금을 제작하였다. 이 모합금을 액상급냉법을 통해 리본 샘플을 제작하였고, 이 리본 샘플을 적층하여 방전 플라즈마 소결법을 통해 벌크 샘플을 제작하였다. 제작된 샘플들은 진공 튜브로를 통해 850°C에서 24시간 열처리를 진행하였다. X-선 회절을 통해 일부분의 L2₁ 상을 관찰할 수 있었으며, 직류자화 측정 장비를 통해 상온보다는 낮은 온도에서 큐리 온도가 나타났다. 또한 자기 엔트로피 변화량은 큐리 온도 부근에서 변화가 발생하는 것이 관찰되었다. 방전 플라즈마 소결법으로 제작된 벌크에서 아크 용해로 제작된 벌크에 비해 더 큰 엔트로피 변화량이 관찰되었다. 뿐만 아니라 자화 값도 방전 플라즈마 소결법으로 제작된 벌크에서 더 큰 값이 나타났으며, 리본과 비교했을 때에도 리본에서 더 큰 자화 값이 관찰되었다.

3. 고찰

두 합금 모두 상온 부근에서 자기열량 효과가 구현되지 않는 못하였지만 엔트로피 변화량은 기존의 다른 합금들에 비해 매우 높게 측정되었다. 또한 X₂YZ 구조를 가진 호이스러 합금에서 Y 원소의 d 궤도의 전자의 수가 증가할수록 엔트로피가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 엔트로피의 변화량뿐만 아니라 자화 값이 방전 플라즈마 소결법으로 제작된 벌크에서 큰 값으로 관찰된 것은 결함들이 거의 발생되지 않았기 때문에 가능한 결과라고 판단된다. 그러나 자기열량 효과의 구현이 상온 부근에서 가능할 수 있는 합금 설계가 필요하다고 판단된다.

4. 결론

기공이나 크랙과 같은 결함들의 발생 억제를 통하여 자기냉각 소자의 특성을 결정짓는 중요한 요소인 자기 엔트로피 변화량을 증가시킬 수 있었다. 이 결함들의 발생 억제는 액상급냉법을 통해 리본이나 분말을 제작하여 결함들이 줄어든 시료들을 적층하여 벌크를 제작하는 방법을 통해서 가능하다.

5. 참고문헌

- [1] Ming Yin, Song Chen, Philip Nash, 'Enthalpies of formation of selected Co₂YZ Heusler compounds' J. Alloys and Compounds, 577 (2013), 49-56