

Sm₂Fe₁₅Ga₂ 합금의 HDDR 및 carburisation 특성에 관한 연구

부경대학교 재료공학과 손성우*, 권해웅

Study on the HDDR and carburisation characteristics of the Sm₂Fe₁₅Ga₂ alloy

Department of Materials Science and Engineering, Pukyong National University,
S. W. Shon*, H. W. Kwon

1. 서론

탄소원자 (C)를 침입형으로 고용한 Sm₂Fe₁₇C_x-type 경자성재료는 Sm₂Fe₁₇N_x-type 재료와 더불어 그 높은 경자기적 특성으로 인하여 차세대 고성능 영구자석용 재료로 적합한 것으로 인식되고 있다. Sm₂Fe₁₇N_x-type 재료의 경우처럼 Sm₂Fe₁₇C_x도 Sm₂Fe₁₇ 합금과 methane 가스간의 gas-solid reaction (GSR)을 이용하여 제조하고 있는데, 이 기체-고체간의 낮은 반응성이 Sm₂Fe₁₇C_x-type 재료 제조상의 어려움으로 작용하고 있다. 이러한 낮은 반응성은 Nd-Fe-B-type 재료의 가공 및 Sm₂Fe₁₇N_x-type 재료의 제조에 널리 이용되고 있는 HDDR처리를 이용하면 향상이 가능할 것으로 예상된다. Sm₂Fe₁₇C_x-type 재료의 제조 및 응용에서 있어서 또 다른 문제점은 이 재료의 낮은 열적 안정성이다. Sm₂Fe₁₇N_x-type의 재료에서와 마찬가지로, 이 재료 역시 고온으로 가열되면 낮은 열적 안정성으로 인하여 쉽게 분해되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 이 재료의 열적 안정성을 향상시키기 위한 연구가 활발하게 진행되어 왔는데, 그 결과 Sm₂Fe₁₇C_x 중 Fe의 일부를 Ga, Al, Si 등으로 치환하면 열적안정성이 크게 향상되는 것으로 확인되고 있다[1]. 이러한 Ga 등의 치환은 Th₂Zn₁₇-type 구조를 안정화시켜서 Sm₂Fe₁₇C_x-type 재료의 분해를 억제하는 데는 기여하고 있지만 제조시 낮은 반응성을 향상시키기 위한 HDDR처리의 적용을 어렵게 하는 문제점이 있다. 본 연구에서는 열적 안정성을 향상시키기 위해서 Ga를 첨가한 Sm₂Fe₁₅Ga₂ 합금의 HDDR 특성과 carburisation을 위한 methane 가스와의 반응성을 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용한 Sm₂Fe₁₅Ga₂ 합금은 고순도의 성분금속을 유도용해로를 이용하여 용해, 제조하였다. 제조된 합금은 1000 °C, Ar 가스분위기 중에서 9일 동안 균질화처리를 하였다. 균질화처리된 합금은 분쇄하여 다양한 입자 크기의 분말로 준비하였다. 먼저 TPA와 DTA를 이용하여 준비된 여러 가지 입자크기의 합금분말 (약 200 mg) 시료의 수소와의 반응성을 조사하였다. 이 결과를 바탕으로 HDDR처리 조건을 설정하였다. Sm₂Fe₁₅Ga₂ 합금분말을 HDDR처리로에 장입하고 반응 chamber를 7×10⁻⁶ mbar의 진공으로 한 후 약 1.8 kgf/cm²의 압력이 되도록 수소가스를 도입하고 7 °C/min의 속도로 가열하였다. 분해온도에 도달하면 일정한 온도에서 소정의 시간동안 유지하여 분해를 완료하였다. 분해 완료 후 분위기를 진공으로 하여 탈가스 및 재결합처리를 하였다. HDDR처리과정중의 분해와 재결합 거동은 XRD를 이용하여 조사하였다. 합금과 methane 가스와의 반응성은 DTA, TPA 및 XRD를 이용하여 조사하였다.

3. 실험결과

Fig. 1은 여러 가지 입자크기의 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ 합금분말에 대하여 1.8 kgf/cm^2 의 수소가스 중에서 수행한 TPA결과를 나타내고 있다. 저온부에서 나타나는 반응chamber 내 수소압력의 감소는 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ 합금이 수소를 흡수하여 hydride가 되면서 나타나는 것이며, 고온부에서 나타나는 압력의 감소는 합금 hydride의 분해시 수소의 추가흡수로 인한 것으로 판단된다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ 합금의 수소화 및 분해 특성은 합금분말의 입자크기에 따라 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 본 결과에서 주목할 것은 입자크기가 비교적 큰 ($40 \mu\text{m}$ 이상) 합금분말의 경우 수소가스 중에서 $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지 가열되어도 가열 도중 형성된 hydride의 분해가 완료되지 않고 수소의 추가흡수로 인한 압력의 감소가 계속되고 있는 반면, 입자의 크기가 작은 ($20 \mu\text{m}$ 이하) 합금분말의 경우에는 분해시 수소의 추가흡수로 인한 압력의 감소가 비교적 낮은 온도에서 완료되고 있음을 보여주고 있다. 이 결과는 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ 합금 hydride의 분해가 합금입자의 크기에 크게 영향을 받음을 의미하는 것으로서, Ga의 첨가로 안정성이 향상된 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ 합금의 경우에도 합금의 입자크기를 미세하게 하여 수소와 반응시키면 효과적으로 HDDR처리가 가능함을 보여 주고 있다.

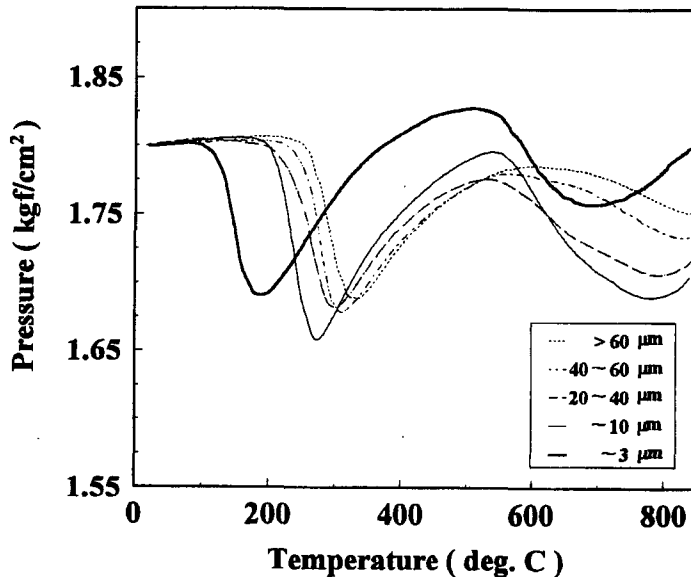


Fig. 1 TPA traces under hydrogen gas for the $\text{Sm}_2\text{Fe}_{15}\text{Ga}_2$ alloy powders with various particle sizes.

4. 참고문헌

- [1] M. Kubis, K.-H. Muller, L. Schultz, O. Gutfleisch, and I. R. Harris, J. Appl. Phys., 83, 6905 (1998)