

Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 합금과 흑연간의 고상 반응성에 관한 연구

부경대학교 재료공학과 손성우\*, 권혜웅

Study on solid phase reaction between Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> alloy and graphiteDepartment of Materials Science and Engineering, Pukyong National University,  
S. W. Shon\*, H. W. Kwon

## 1. 서론

큰 포화자화값을 가지면서도 Curie 온도가 지나치게 낮고 결정자기 이방성이 작아 영구자석용 재료로 응용될 수 없는 R<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 화합물은 H, C, N, B와 같은 침입형 원자를 고용하면 화합물 내 Fe moment는 그다지 큰 변화가 없으면서 결정격자의 팽창으로 인하여 이 화합물의 Curie 온도가 크게 향상된다. 뿐만 아니라 탄소를 고용하기 전 R<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 상에서는 면내 이방성이던 결정자기 이방성이 R<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx 재료에서는 강한 일축 이방성으로 변환된다. R<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx 상 중에서도 희토류 원소가 Sm인 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx의 경우가 새로운 고성능 영구자석용 재료로서 필요한 경자성을 가장 잘 구비하고 있다. Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx 재료는 현재 주로 2가지 방법으로 제조되어 연구되고 있다. 첫째는 일반적인 합금화 방법 즉, Sm과 Fe 및 C를 arc melting해서 직접 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx를 제조하는 방법이며, 두 번째는 먼저 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 합금을 제조하고 이를 미세한 분말로 가공한 후 고온에서 메탄과 같은 hydrocarbon gas와 반응시켜 탄소를 고용시키는 기체-고체간 반응(gas-solid reaction)을 이용하는 방법이다. 일반적인 합금화 방법에서는 고용되는 탄소의 함량에 제한이 있어 x의 값이 2 이상인 재료를 얻기가 어려운 점 등의 문제가 있다. 한편 기체-고체간 반응을 이용한 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx 제조과정에서는 제조과정에서 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx가 쉽게 SmC와 α-Fe 혼합상으로 분해되어 양질의 carbide를 제조하기가 어렵다. 따라서 이상의 기존 2가지 방법 외에 새로운 효과적인 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>Cx 제조방법의 개발에 대한 필요성이 대두되게 되었으며, 그 방법의 일환으로 검토되고 있는 것이 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 합금과 흑연(graphite)간의 고상 반응을 이용하는 것이다. Skomski 등이 이 고상반응법에 대한 이론적인 연구결과를 보고하였으나 실질적인 연구는 거의 이루어지지 않았다[1]. 본 연구에서는 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 합금과 흑연간의 고상 반응을 조사하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서 사용한 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 합금은 고순도의 성분금속을 유도용해로를 이용하여 용해, 제조하였다. 제조된 합금은 1000 °C, 알곤 가스분위기 중에서 2 주간 균질화처리를 하였다. 균질화처리된 합금은 파쇄하여 40-60 μm 입자크기의 분말로 가공하였다. 제조된 Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 분말을 고순도의 흑연분말(약 10 μm)과 무게비로 1:1로 혼합하였다. Sm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> 분말과 흑연분말 혼합물을 compacting die에 장입하고 약 4 T/cm<sup>2</sup>의 압력을 가하여 compacting하였다. 제조된 compact를 반응로 속에 장입하고 반응로 내부를 7 × 10<sup>-6</sup> mbar의 진공으로 한 후 진공상태에서 가열하거나 수소 분위기중 혹은 수소와 알곤의 혼합가스 분위기(압력 : 2 kgf/cm<sup>2</sup>)중에서 7 °C/min의 속도로 450 °C 혹은 500 °C로 가열하여 소정의 시간동안 유지해서 반응을 유도한 후 로냉하였다. compact 내에서의 고상반응성은 DTA를 이용하여 조사하였고 carbide의 형성 여부는 XRD를 이용하여 조사하였다.

### 3. 실험결과

Fig. 1은 균질화 처리한  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  합금에 대한 x-선 회절패턴과  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  합금분말과 흑연을 혼합하여 제조한 compact를 수소와 알곤 혼합가스 분위기 중에서  $450\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2시간 반응시킨 재료의 x-선 회절패턴을 비교해서 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이,  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  합금분말과 흑연을 혼합하여 제조한 compact를 2시간 반응시킨 재료의 2:17상에 대한 회절 peak들이 일관되게 저각도쪽으로 상당히 이동되어 있다(주회절 peak가 약  $0.6\text{ }^\circ$  가량 이동). 이것은  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ 합금과 흑연사이의 고상반응에 의해서  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{C}_x$  carbide가 형성되었음을 의미하는 것이다. 이 결과는  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ 합금과 흑연간의 고상반응을 통하여  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{C}_x$  carbide를 제조할 수 있다는 가능성을 보여주는 것으로 대단히 흥미 있는 결과이다. 또한 본 연구에서는 고상반응에 미치는 분위기의 영향을 체계적으로 조사하였다. 진공 분위기 혹은 알곤 가스 분위기보다는 수소가스 분위기가 고상반응을 촉진시키는 것으로 확인되었으며, 수소분위기 중에서는 수소의 분압이 고상반응에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 수소분압이 낮아짐에 따라서  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ 합금과 흑연의 고상반응은 더 용이하게 일어나는 것으로 확인되었다.

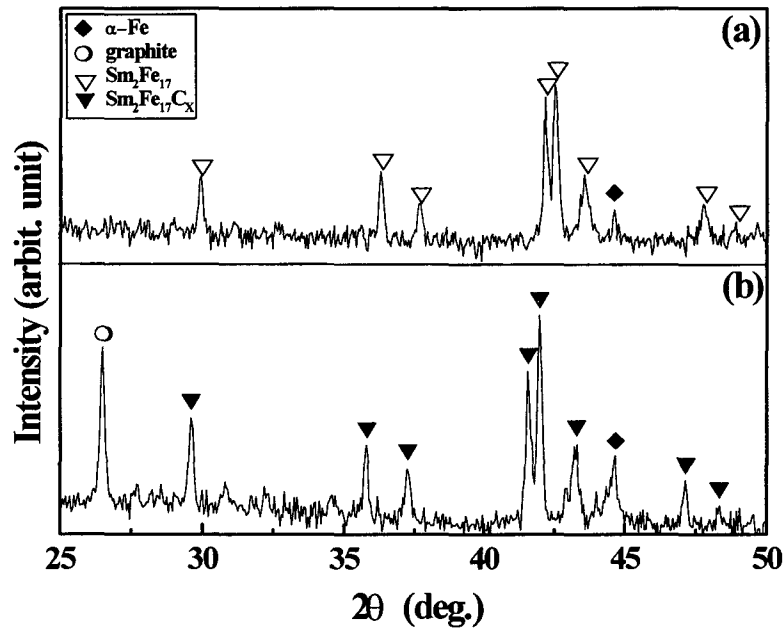


Fig. 1 XRD spectra for the annealed  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$  alloy and the compact heated at  $450\text{ }^\circ\text{C}$  for 2 hours under mixture of  $\text{H}_2$  and Ar gas(total pressure :  $2\text{ kgf/cm}^2$ , partial pressure of  $\text{H}_2$  :  $0.7\text{ kgf/cm}^2$ ).

### 4. 참고문헌

[1] R. Skomski, C. Murray, S. Brennan, and J. M. D. Coey, J. Appl. Phys., 73, 6940 (1993).