

## 순수 Gd과 합금에 대한 자기열량효과 연구

민 성 기, 김 경 섭, 유 성 초, 서 항 석\*, 이 승 원\*\*

충북대학교 물리학과, \*한국에너지기술연구원, \*\*충남대학교 금속공학과

### Research of Magnetocaloric Effects for pure Gd and alloys

Seong-Gi Min, Kyeong-Sup Kim, Seong-Cho Yu, Hang-Suk Suh\*, Seung-Won Lee\*\*

Department of Physics, Chungbuk Nat'l University, Cheongju 361-763, Korea

\*Korea Institute of Energy research, Daejeon 305-343, Korea

\*\*Department of Metallurgy of Engineering, Chungnam Nat'l University, Daejeon 305-764, Korea

#### 요 약

현재 일반적인 냉동기는 증기 압축식 냉동으로 CFC, HCFC, HFC 등의 냉매를 사용함으로써 오존층 파괴나 지구 온난화 등의 문제를 발생시키는 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 냉매를 사용하지 않는 냉동기를 사용한다면 대기오염을 크게 줄일 수 있을 것이다. 이러한 냉매로서 가장 먼저 사용된 재료는 Gd이다. 1976년에 Brown<sup>(1)</sup>은 최초로 실온에서 작동하는 자기냉동기를 보고한 바 있다. 그는 가돌리늄(Gd)을 자기냉매로 사용하여 유체(물 80%와 에틸알코올 20%)를 재생시킴으로써 7 T의 큰 자기장에서 47 ℃의 온도차(고온부 46 ℃, 저온부 -1 ℃)를 얻었다. 그러나 실제 상온에서의 냉동기의 실현은 1997년 미국 Astronautics사(Madison, Wisconsin)와 Ames 연구소(Ames, Iowa)의 공동연구팀에 의해서 이루어졌다<sup>(2)</sup>. 순수 Gd은  $T_c$ 가 294 K이고  $T_c$  근처에서 자기장의 변화( $\Delta H$ )가 가장 큰 값을 보인다. 본 연구에서 순수 Gd과 Gd을 아크로에서 용해한 시료에 대해서 자기열량효과를 측정하였다. 또한 Gd-B합금을 아크로용해법으로 제조하여 측정하였다. 자기열량효과는 간접측정방법과 직접측정방법 두 가지가 있다. 간접측정방법에는 자기엔트로피변화를 측정하는 방법과 비열에 의한 방법이 있는데 본 연구에서는 자기엔트로피변화에 측정하였고 직접측정방법으로는 단열온도변화를 측정하였다. 측정 결과 순수 Gd과 이 Gd을 아크로에서 용해한 것의 차이점은 거의 없이 비슷한 특성을 보였다. 이 Gd의 엔트로피 변화( $4S_M$ )는  $\Delta H=1.5T$ 에서 4.36 J/kg K로 이미 보고된 값 3.8 J/kg K보다 조금 더 큰 값이 관측되었다. 단열온도변화( $\Delta T_{ad}$ )는  $\Delta H=2T$ 일 때 4.32 K의 값을 보이며 보고된 값 5.0 K보다 작은 값이지만 비슷한 값을 보이고 있다. B를 첨가하였을 때는 엔트로피변화, 단열온도변화 모두 감소하였다. 엔트로피는  $\Delta H=1.5T$ 에서 3.98 J/kg K로 감소하였고 단열온도변화는  $\Delta H=2T$ 에서 3.81 K로 감소하였다. B은 비자성체이므로 Gd에 치환이 되면 자기모멘트의 값은 감소를 하게 된다. 실험결과 큐리온도는 거의 변화가 없었으나 엔트로피변화는 순수 Gd보다 3K 높은 곳에서 가장 큰 값을 보였다. 그러나 단열온도변화는 Gd과 같은 온도에서 가장 큰 값을 보였다. 비록 B이 첨가됨에 따라 자기열량효과가 낮아지기는 하지만 B은 Gd에 비해 비열은 4배 이상 크며 열전도도 또한 2배 이상 큰 값을 갖고 있다. 그러면서도 측정된 자기열량효과는 크게 작아지지 않았다는 것은 자기냉매로서 Gd-B 합금이 효용 가치가 있을 것이라 생각된다.

#### 참고 문헌

1. Brown, G. V., 1976, Magnetic heat pumping near room temperature, J. Appl. Phys., Vol. 47, pp. 3673-3680.
2. Gschneidner, K. A., Jr., Pecharsky, V. K., Pecharsky, A. O., and Zimm, C. B., 1999, Recent developments in magnetic refrigeration, Materials Science Forum, Vol. 315-317, pp. 69-76