

상온용 자기냉동기 재료에 대한 연구개발 동향

민 성 기, 유 성 초, 서 항 석*, 이 승 원**

충북대학교 물리학과, *한국에너지기술연구원, **충남대학교 금속공학과

Recent research and development of magnetic materials for room temperature magnetic refrigeration

Seong-Gi Min, Seong-Cho Yu, Hang-Suk Suh*, Seoung-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. 1881년에 Warburg⁽¹⁾가 큐리온도 부근의 철에서 자기열량효과를 처음으로 발견하였다. 자기열량효과란 자성물질에 자기장을 가하면 자기모멘트가 한방향으로 정렬을 하게 된다. 이때 자기엔트로피는 감소하게 되고 이 때 자성물질의 온도는 올라가게 된다. 이제 자성물질에 가해진 자기장을 제거하게 되면 자성물질의 온도는 떨어지게 된다. 이 현상을 자기열량효과라고 한다. 1976년에 Brown⁽²⁾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 °C의 온도차(고온부 46 °C, 저온부 -1 °C)를 얻었다. 그러나 실제 상온에서의 냉동기의 실현은 1997년 미국 Astronautics사(Madison, Wisconsin)와 Ames 연구소(Ames, Iowa)의 공동연구팀에 의해서 이루어졌다⁽³⁾. 순수 Gd은 T_c가 294 K이고 T_c 근처에서 자기장의 변화(ΔH)가 8 T일때 Gd의 온도변화(ΔT)는 약 15 °C보이고 있다. 이 재료는 다른 재료에 비해 온도변화가 아주 큰 물질로 알려져 있다. 그러나 자기냉매로 사용하기 위해서는 많은 양이 필요하다. 예를 들어 Ames 연구소에서 실험한 순수 Gd의 양은 약 3 kg정도였다. Gd은 희토류 금속 중에서도 매우 비싼 재료이므로 Gd이 보다 적게 사용되는 재료가 가격경쟁에서 유리하게 사용되어 질 것이다. 이런 이유로 해서 Gd과 다른 원소와 합금과 되어있는 재료를 찾게 되었는데 그것이 바로 Gd₄(Ge_{1-x}Si_x)₄ 합금이다. 이 합금의 특성은 순수 Gd과 같은 자기열량효과를 보이면서 Gd의 양을 줄이므로 해서 저렴한 가격에 제조할 수 가 있고 Ge과 Si의 조성비를 변화시킴으로 해서 T_c를 변화시킬 수 있다. 그 외에 가장 저렴하고 가장 손쉽게 만들 수 있는 페로스카이트 구조의 LaMnO₃ 합금이 있다. La과 Mn을 다른 원소로 치환하면 큐리온도와 자기열량효과를 변화시킬 수 있다. 또한 MnFe(P, As), Ni-Mn-Ga 합금, MnAsSb 합금 등 여러 가지가 있다. 본 논문에서는 이러한 여러 가지 합금들에 대해 알아보았다.

참고문헌

1. Warburg, E., 1881, Magnetische untersuchungen, Ann. Phys. Chem., Vol. 13, pp. 141-146.
2. Brown, G. V., 1976, Magnetic heat pumping near room temperature, J. Appl. Phys., Vol. 47, pp. 3673-3680.
3. 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