

Gd 二元系金属间化合物的磁热熵效应*

邵元智

(中山大学材料科学研究所, 广州 510275)

张介立 周若珍 黄增卫 张进修

(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘 要 本文考察了低磁场(1 特斯拉)4f 稀土元素 Gd 的二元系金属间化合物的磁热效应. 发现部份 Gd 的二元系化合物具有优异的磁热效应及室温附近的铁磁-顺磁转变居里温度, 非常适合作为低磁场室温磁致冷工作介质材料.

关键词 磁热效应, 金属间化合物, 磁性材料

分类号 O513

近年来现代致冷工质氟利昂对大气臭氧层的严重破坏愈发受到人们的重视. 在开展的各种非氟利昂的制冷方式研究中, 磁致冷最为引人注目, 特别是低磁场室温磁致冷. 室温磁致冷工作介质材料是实现室温磁致冷循环的关键. 自 1976 年 Brown^[1]用超导磁体在 7 T (7 特斯拉)的高强磁场下以稀土 Gd 作工质材料首次实现了室温磁致冷循环以来, 寻求新的室温磁致冷工作介质材料的研究工作不断开展^[2~4], 遗憾的是所取得的进展甚微. 稀土 Gd 仍被认为是最好的室温磁致冷工质材料, 这是因为迄今仍未发现居里温度 T_c 在室温附近而磁热效应超过 Gd 的材料. 由于 Gd 的 T_c 为 20 °C, 由其熵熵状态图(图 1)可知, 如要实现室温磁致冷循环, 仅有 $T < T_c$ 的左半部份能被利用, 因此急需研究开发具有与 Gd 相同或相近的磁性但 T_c 比 20 °C 低 10~20 °C 的工作介质材料^[4].

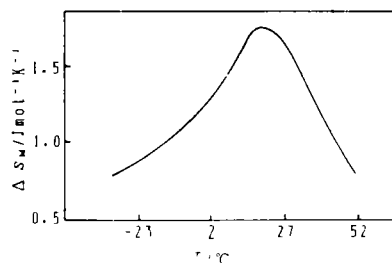


图 1 Gd 的磁熵变温度关系曲线

Fig. 1 Temperature dependence of magnetic entropy change ΔS_M

1 实 验

本实验材料选用高纯(99.99%)稀土 Gd, Tb 及 Ce 等与其它高纯材料 Fe, Ni, Co, In 及 Zn 等, 经电弧非自耗熔炼炉反复熔炼及后序高温均匀化处理制成, 试样(双偶片)用线

收稿日期: 1993-04-08

* 广东省科委基金资助项目

切割机切割成 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 片状. 双偶片接触面经抛光, 测量前涂上少量真空导热胶. 采用图 2 所示的真空绝热系统直接测量了 $-60\text{ C} < T < 40\text{ C}$ 温度范围、外加磁场强度 1 T 条件下各个系列材料的磁热效应. 利用本测试系统反复测定了 Gd 的磁热效应, 并以此为比较基础. 图 3 为部份系列材料的磁热效应测试结果. 测试条件为在不同恒温阶段加上低磁场 $\sim 1\text{ T}$, 不同的磁场

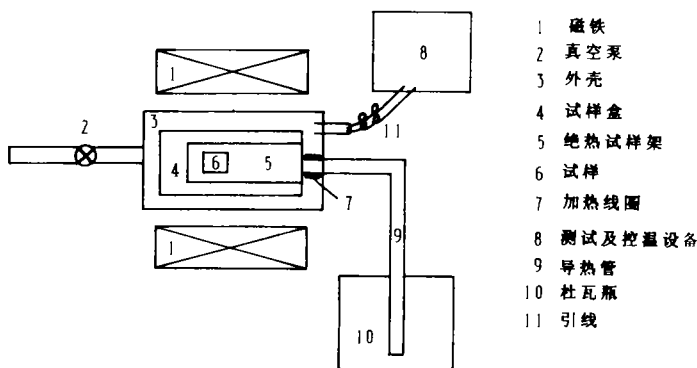


图 2 真空绝热测试系统示意图

Fig. 2 Sketch of vacuum adiabatic measuring system in magneto-caloric effect

变化速率对磁热效应影响较小, 本实验选定磁场变化速率为 0.1 T/s . 由图 3 可见在低温阶段 ($T < -25\text{ C}$) 各系列材料与 Gd 相比较, 差别 (温度变化量 ΔT) 都较小. 温度升高后差别较大. 除 Gd 之外, 图中列出的 6 种系列材料的 T_c 较 Gd 的 T_c 都有不同程度的下降, 更加符合作为室温磁致冷工作介质材料工作温度的要求, 同时这也为利用相近 T_c 的不同系列材料制作性能优越具有广泛 T_c 温度范围的实用复合工作介质材料奠定了基础^[5].

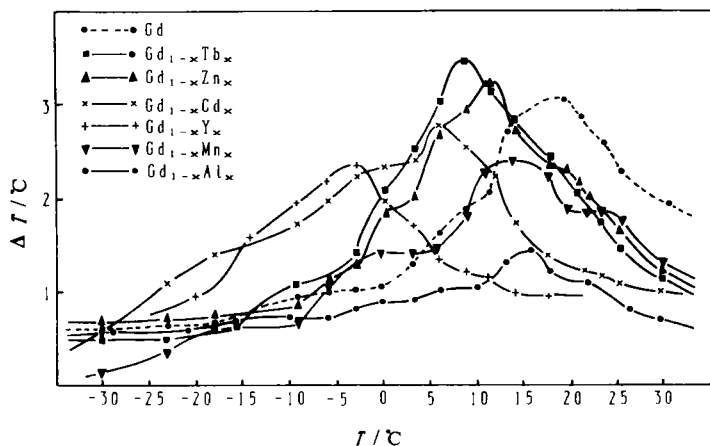


图 3 部份材料的磁热效应温度曲线

Fig. 3 Magneto-caloric effects Vs temperature of binary gadolinium intermetallics

2 结果与讨论

一个非常有意义的结果是 Gd - Tb 及 Gd - Zn 系列材料的 T_c 较 Gd 的 T_c 低 $10 \sim 20\text{ C}$, 作为室温磁致冷工质材料更为合理, 它们的磁热效应 ΔT 较 Gd 的 ΔT 更大, 反复测试均是如此, 这是迄今国内外文献中未见有报道, 这也是我们未曾预料及的结果, 有关的理

论分析正在进行中.

低磁场下(~ 1 T),磁致冷工质材料具有较明显的磁热效应,对于提高磁致冷循环制冷能力及效率,进一步降低磁致冷所需的很苛求的高强磁场,使其更加符合或接近作为家庭用商品化磁致冷冰箱或空调机(要求 ~ 1 T 的低磁场)的制冷工作介质材料,以替代现用制冷工质氟利昂等有着重要意义.

参 考 文 献

- 1 Brown G V. *J Appl Phys*, 1977, 47(8):3673
- 2 Geise R F. DE 90010305
- 3 桥本巍洲. 低温工学, 1985, 20(5):262. 日本特许公报, 平 1-21859
- 4 Tishin A M. *Cryogenics*, 1990, 30(8):720
- 5 邵元智, 黄增卫, 张进修. 中山大学学报(自然科学版), 1992, 31(3):124

Magnetocaloric Effects of Binary Gadolinium Intermetallics

Shao Yuanzhi* Zhang Jieli Zhou Rouzheng Huang Zhengwei Zhang Jinxiu

Abstract The magnetocaloric effects on binary gadolinium intermetallics have been experimentally investigated by applying the sample with low magnetic field (~ 1 T) under adiabatic condition. It is shown that some binary gadolinium intermetallics, with both excellent magnetocaloric effects and a lower ferromagnetic-paramagnetic curie temperature than 293 K, are suitable working substances of room temperature magnetic refrigeration.

Keywords magnetocaloric effect, intermetallics, magnetic materials

* Materials Science Institute, Zhongshan University, Guangzhou 510275