



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112629059 B

(45) 授权公告日 2024.03.29

(21) 申请号 202011633056.2

(22) 申请日 2020.12.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112629059 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(73) 专利权人 包头稀土研究院  
地址 014030 内蒙古自治区包头市稀土高新区黄河大街36号  
专利权人 瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司

(72) 发明人 李兆杰 黄焦宏 张英德 刘翠兰  
金培育 程娟 王强 戴默涵  
郭亚茹

(74) 专利代理机构 北京康盛知识产权代理有限公司 11331  
专利代理师 张良

(51) Int.Cl.

F25B 21/00 (2006.01)

F25B 49/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101788512 A, 2010.07.28

CN 215446948 U, 2022.01.07

JP 2012237497 A, 2012.12.06

US 2010095686 A1, 2010.04.22

CN 102706028 A, 2012.10.03

WO 2005116537 A1, 2005.12.08

JP 2004361061 A, 2004.12.24

JP 2010251697 A, 2010.11.04

JP S61183435 A, 1986.08.16

US 2012174597 A1, 2012.07.12

US 2014311165 A1, 2014.10.23

US 6293106 B1, 2001.09.25

审查员 邓广强

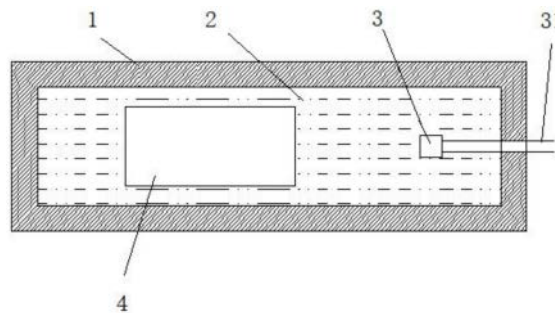
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

评价室温磁制冷材料制冷能力的方法及热交换装置

(57) 摘要

本发明公开了一种热交换装置,包括:绝热壳体、循环液、传感器、样品;绝热壳体为密闭容器,循环液、传感器、样品放置在绝热壳体的内部,传感器连接有信号线,信号线穿过绝热壳体引出外部,样品为具有磁制冷能力的磁性材料。本发明还公开了一种评价室温磁制冷材料制冷能力的方法。应用本发明热交换装置,以热量为形式表述评价室温磁制冷材料制冷能力,解决了现有磁制冷技术中磁制冷材料制冷能力判断问题。



1. 一种评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,包括:

传感器测量当前循环液的温度,并将第一温度值发送到外部存储器和显示器,记录热交换装置中循环液、样品的质量;

改变热交换装置的磁场环境,在磁热效应下,在绝热壳体中样品的温度发生变化,样品改变循环液的温度,传感器测量改变温度后的循环液的温度,并将第二温度值发送到外部存储器和显示器;

根据第一温度值和第二温度值得出样品的绝热温变和温度关系,样品的质量和循环液的比热容,得到最大平衡温度下的单位质量样品和单位质量循环液之间转移的热量 $q$ ,根据 $q$ 确定室温磁制冷中样品的制冷能力;

所述热交换装置包括:绝热壳体、循环液、传感器、样品;绝热壳体为密闭容器,循环液、传感器、样品放置在绝热壳体的内部,传感器连接有信号线,信号线穿过绝热壳体引出外部,样品为具有磁制冷能力的磁性材料;循环液的成分采用 $H_2O$ ,添加有抗凝剂;传感器采用薄膜铂电阻,量程范围为233K~673K,精度 $\pm 0.15K$ ;信号线采用铜线,信号线与显示器和存储器相连接;

其中,将所述热交换装置放入施加磁场环境,在磁热效应下,在绝热壳体中样品的温度升高,样品加热循环液,循环液的温度升高;将所述热交换装置从磁场环境中取出,在磁热效应下,绝热壳体中样品的温度降低,样品给循环液降温,循环液的温度降低。

2. 如权利要求1所述的评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,其特征在于,所述热交换装置的绝热壳体包括:绝热壳本体和上盖,上盖通过螺钉连接绝热壳本体,上盖设置加液口。

3. 如权利要求1所述的评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,其特征在于,所述热交换装置的信号线、绝热壳体的接触位置设置有密封胶。

4. 如权利要求1所述的评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,其特征在于,所述热交换装置的绝热壳体外侧设置保温垫。

5. 如权利要求1所述的评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,其特征在于:

当前循环液的温度为环境温度 $T$ ,样品作为室温磁制冷材料的质量为 $X$ ,循环液的质量为 $L$ ,循环液的比热容为 $C_L$ ;样品从磁场强度 $H_1$ 绝热退磁到0,在环境温度为 $T$ 时,样品绝热温变为 $\Delta T$ ,温度 $T_e$ 为: $T_e = T - \Delta T$ ;

样品与循环液进行热交换,设定平衡温度为 $T_B$ ,样品从温度值 $T_e$ 到温度值 $T_B$ 的平均热容为 $C_a$ ,则

$$C_a \cdot X \cdot (T_B - T_e) = C_L \cdot L \cdot (T - T_B),$$

$$T_B = \frac{C_L \cdot L \cdot T + C_a \cdot X \cdot T_e}{C_a \cdot X + C_L \cdot L}$$

据此求得,温度 $T$ 时,样品向循环液转移的热量 $Q$ 为:

$$Q = C_L \cdot L \cdot (T - T_B)$$

单位质量样品和单位质量循环液之间转移的热量 $q$ 为:

$$q = \frac{C_L \cdot (T - T_B)}{X}$$

在给定样品和循环液热容的情况下,求得使 $T_B$ 最大的质量比。

6.如权利要求1所述的评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,其特征在于,室温 $T$ ,样品质量为 $x$ ,绝热温变为 $\Delta T$ ,热循环液质量 $l$ ,热容 $C_l$ ,平衡温度为 $T_B$ ,样品平均热容为 $C_a$ ,则单位质量才能在相变时能导出的热量表示为:

$$q = \frac{c_l \cdot l \cdot (T - T_B)}{x} \text{。}$$

## 评价室温磁制冷材料制冷能力的方法及热交换装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于室温磁制冷技术领域,具体涉及一种评价室温磁制冷材料制冷能力的方法及热交换装置。

### 背景技术

[0002] 通常研究者通过绝热温变  $\Delta T_{ad}$ 和等温磁熵变  $\Delta S_m$ 来评价室温磁制冷材料的制冷能力,这种比较适用于成分变化不太大的同一系列材料或者相近系列材料。为了比较不同成分的材料之间的制冷能力强弱,一些学者提出了多种半定量的评级方法,如采用绝热温变  $\Delta T_{ad}$ 和等温磁熵变  $\Delta S_m$ 的乘积作为评价指标等等。

[0003] 但是这些方法均不能给室温磁制冷机设计者一个明确的以热量形式表述的制冷能力指标。现有的各种评价标准并不能告诉制冷机设计者,理论上某种磁制冷材料单次循环可以交换的热量,不足以指导制冷及设计者根据循环模型得出制冷机的理论制冷能力,也就无法更好的根据实验数据改进制冷机。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种评价室温磁制冷材料制冷能力的方法及热交换装置,应用热交换装置,以热量为形式表述评价室温磁制冷材料制冷能力,解决了现有磁制冷技术中磁制冷材料制冷能力判断问题。

[0005] 为达到上述目的,本发明使用的技术解决方案是:

[0006] 热交换装置,包括:绝热壳体、循环液、传感器、样品;绝热壳体为密闭容器,循环液、传感器、样品放置在绝热壳体的内部,传感器连接有信号线,信号线穿过绝热壳体引出外部,样品为具有磁制冷能力的磁性材料。

[0007] 进一步,循环液的成分采用 $H_2O$ ,添加有抗凝剂;传感器采用薄膜铂电阻,量程范围为233K~673K,精度 $\pm 0.15K$ ;信号线采用铜线,信号线与显示器和存储器相连接。

[0008] 进一步,绝热壳体包括:绝热壳本体和上盖,上盖通过螺钉连接绝热壳本体,上盖设置加液口。

[0009] 进一步,信号线、绝热壳体的接触位置设置有密封胶。

[0010] 进一步,绝热壳体外侧设置保温垫。

[0011] 评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,包括:

[0012] 传感器测量当前循环液的温度,并将第一温度值发送到外部存储器和显示器,记录热交换装置中循环液、样品的质量;

[0013] 改变热交换装置的磁场环境,在磁热效应下,在绝热壳体中样品的温度发生变化,样品改变循环液的温度,传感器测量改变温度后的循环液的温度,并将第二温度值发送到外部存储器和显示器;

[0014] 根据第一温度值和第二温度值得出样品的绝热温变和温度关系,样品的质量和循环液的比热容,得到最大平衡温度下的单位质量样品和单位质量循环液之间转移的热量 $q$ ,

根据 $q$ 确定室温磁制冷中样品的制冷能力。

[0015] 优选的,将热交换装置放入施加磁场环境,在磁热效应下,在绝热壳体中样品的温度升高,样品加热循环液,循环液的温度升高。

[0016] 优选的,将热交换装置从磁场环境中取出,在磁热效应下,绝热壳体中样品的温度降低,样品给循环液降温,循环液的温度降低。

[0017] 优选的:

[0018] 当前循环液的温度为环境温度 $T$ ,样品作为室温磁制冷材料的质量为 $X$ ,循环液的质量为 $L$ ,循环液的比热容为 $C_L$ ;样品从磁场强度 $H_1$ 绝热退磁到 $0$ ,在环境温度为 $T$ 时,样品绝热温变为 $\Delta T$ ,温度 $T_e$ 为: $T_e = T - \Delta T$ ;

[0019] 样品与循环液进行热交换,设定平衡温度为 $T_B$ ,样品从温度值 $T_e$ 到温度值 $T_B$ 的平均热容为 $C_a$ ,则

$$[0020] \quad C_a \cdot X \cdot (T_B - T_e) = C_L \cdot L \cdot (T - T_B),$$

$$[0021] \quad T_B = \frac{C_L \cdot L \cdot T + C_a \cdot X \cdot T_e}{C_a \cdot X + C_L \cdot L}$$

[0022] 据此可以求得,温度 $T$ 时,样品向循环液转移的热量 $Q$ 为:

$$[0023] \quad Q = C_L \cdot L \cdot (T - T_B)$$

[0024] 单位质量样品和单位质量循环液之间转移的热量 $q$ 为,

$$[0025] \quad q = \frac{C_L \cdot (T - T_B)}{X}$$

[0026] 在给定样品和循环液热容的情况下,求得使 $T_B$ 最大的质量比。

[0027] 优选的:

[0028] 室温 $T$ ,样品质量为 $x$ ,绝热温变为 $\Delta T$ ,热循环液质量 $l$ ,热容 $C_l$ ,平衡温度为 $T_B$ ,样品平均热容为 $C_a$ ,则单位质量才能在相变时能导出的热量可以表示为:

$$[0029] \quad q = \frac{c_l \cdot l \cdot (T - T_B)}{x}$$

[0030] 本发明技术效果包括:

[0031] 本发明是针对现有传统压缩气体制冷系统提出的,据此可以推算出某种磁制冷材料作为制冷工质时,应用它的室温磁制冷机理论上可以达到的最大制冷温差和最大制冷功率。

[0032] 本发明可以半定量确定室温磁制冷材料的制冷能力,并可据此计算出磁制冷机有限次循环后能够实现的制冷能力,从而可以为室温磁制冷机设计者提供改进制冷及设计的有效量化指标,大大提高了磁制冷材料制冷能力的判断。

[0033] 磁相变以材料为对象的绝热过程,即材料绝热退磁或者绝热磁化,表征他的参量为绝热温变和温度关系;热交换以材料和一定数量热交换介质为对象的绝热过程,两者通过热交换实现而平衡。不同温度下,单位质量或者体积磁制冷材料磁相变时可以向单位体积或质量热交换液转移的热量。本发明中,通过对参与热交换的交换液的质量取极限时获得单位质量或体积磁制冷材料磁相变时,向循环液转移的热量,据此得出某种磁制冷材料

作为制冷工质时,应用它的室温磁制冷机理论上可以达到的最大制冷温差和最大制冷功率。

### 附图说明

[0034] 图1是本发明中热交换装置的结构示意图。

### 具体实施方式

[0035] 以下描述充分地示出本发明的具体实施方案,以使本领域的技术人员能够实践和再现。

[0036] 如图1所示,是本发明中热交换装置的结构示意图。

[0037] 热交换装置包括:绝热壳体1、循环液2、传感器3、样品4;绝热壳体1为密闭容器,循环液2、传感器3、样品4放置在绝热壳体1的内部,传感器3连接有信号线31,信号线31穿过绝热壳体1引出外部,以连接外部的显示器和存储器等设备。

[0038] 绝热壳体1包括:绝热壳本体和上盖,上盖通过螺钉连接绝热壳本体,上盖还可以设置加液口。循环液2、样品4放入绝热壳本体后,用螺钉将绝热壳本体和上盖连接;信号线31、绝热壳体1的接触位置设置有密封胶。也可以在绝热壳体1外侧设置保温垫,以隔绝外部环境对循环液2温度的影响。

[0039] 循环液2的成分采用 $H_2O$ ,可添加抗凝成分,循环液2要排除灌装时形成的气泡,以免影响热交换。

[0040] 传感器3采用薄膜铂电阻,量程范围为233K~673K,精度 $\pm 0.15K$ 。信号线31采用导电性良好的紫铜线,信号线31与绝热壳体1的接触位置密封,信号线31与显示器相连。

[0041] 样品4为具有磁制冷能力的磁性材料。

[0042] 评价室温磁制冷材料制冷能力的方法,具体步骤如下:

[0043] 步骤1:传感器3测量当前循环液2的温度,并将第一温度值发送到外部存储器和显示器,记录热交换装置中循环液2、样品4的质量;

[0044] 当前循环液2的温度为环境温度 $T(K)$ ,样品4(作为室温磁制冷材料)质量为 $X(g)$ ,循环液2的质量为 $L(g)$ ,循环液2的比热容为 $C_L(J/kg \cdot K)$ 。

[0045] 步骤2:改变热交换装置的磁场环境,在磁热效应下,在绝热壳体1中样品4的温度发生变化,样品4改变循环液2的温度,传感器3测量改变温度后的循环液2的温度,并将第二温度值发送到外部存储器和显示器;

[0046] (1)、将热交换装置放入施加磁场环境(绝热磁化),在磁热效应下,在绝热壳体1中样品4的温度升高,样品4加热循环液2,循环液2的温度升高。

[0047] (2)、将热交换装置从磁场环境中取出(绝热退磁),在磁热效应下,绝热壳体1中样品4的温度降低,样品4给循环液2降温,循环液2的温度降低。

[0048] 步骤3:根据第一温度值和第二温度值得出样品4的绝热温变和温度关系,样品4的质量和循环液2的比热容,得到最大平衡温度下的单位质量样品4和单位质量循环液2之间转移的热量 $q$ ,根据 $q$ 确定室温磁制冷中样品4的制冷能力。

[0049] 热交换以样品4和一定数量循环液2(热交换介质)为对象的绝热过程,两者通过热交换实现而平衡。不同温度下,单位质量或者体积样品4(磁制冷材料)磁相变时,可以向单

位体积或质量循环液2转移的热量。通过对参与热交换的循环液2的质量取极限时获得单位质量或体积磁制冷材料磁相变时可以向循环液2转移的热量。

[0050] 样品4从磁场强度 $H_1$  (T) 绝热退磁到0 (T), 在环境温度为 $T$ 时, 样品4绝热温变为 $\Delta T$  (T), 其最终温度 $T_e$ 为:

$$[0051] \quad T_e = T - \Delta T \quad (1)$$

[0052] 样品4与循环液2进行热交换, 假设平衡温度为 $T_B$ , 样品4从温度值 $T_e$ 到温度值 $T_B$ 的平均热容为 $C_a$ , 有,

$$[0053] \quad C_a \cdot X \cdot (T_B - T_e) = C_L \cdot L \cdot (T - T_B) \quad (2)$$

[0054] 根据公式(1)和公式(2)可以求得:

$$[0055] \quad T_B = \frac{C_L \cdot L \cdot T + C_a \cdot X \cdot T_e}{C_a \cdot X + C_L \cdot L} \quad (3)$$

[0056] 据此可以求得, 温度 $T$ 时, 样品4向循环液2转移的热量 $Q$ 为,

$$[0057] \quad Q = C_L \cdot L \cdot (T - T_B) \quad (4)$$

[0058] 单位质量样品4和单位质量循环液2之间转移的热量 $q$ 为,

$$[0059] \quad q = \frac{C_L \cdot (T - T_B)}{X} \quad (5)$$

[0060] 在给定样品4和循环液2热容的情况下, 可以求得使 $T_B$ 最大的质量比。

[0061] 由于这里所求的是样品4的极限制冷能力, 所以由最大值 $T_{Bmax}$ 求出的 $q_{max}$ 可以作为不同材料间比较的参数。

[0062] 由此可以将公式(5)改写为,

$$[0063] \quad q_{max} = \frac{C_L \cdot (T - T_{Bmax})}{X} \quad (6)$$

[0064] 进一步地, 设室温 $T$ , 样品质量为 $x$ , 某温度下绝热温变为 $\Delta T$ , 热循环液质量 $l$ , 热容 $C_1$ , 假设平衡温度为 $T_B$ , 且 $T - T_B$ 到 $T_B$ 间样品平均热容为 $C_a$ , 则单位质量才能在相变时能导出的热量可以表示为,

$$[0065] \quad q = \frac{c_l \cdot l \cdot (T - T_B)}{x} \quad (7)$$

[0066] 本发明可以半定量确定室温磁制冷材料的制冷能力, 并可据此计算出磁制冷机有限次循环后能够实现的制冷能力, 从而可以为室温磁制冷机设计者提供改进制冷及设计的有效量化指标, 大大提高了磁制冷材料制冷能力的判断。

[0067] 本发明所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质, 所以应当理解, 上述实施例不限于任何前述的细节, 而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释, 因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

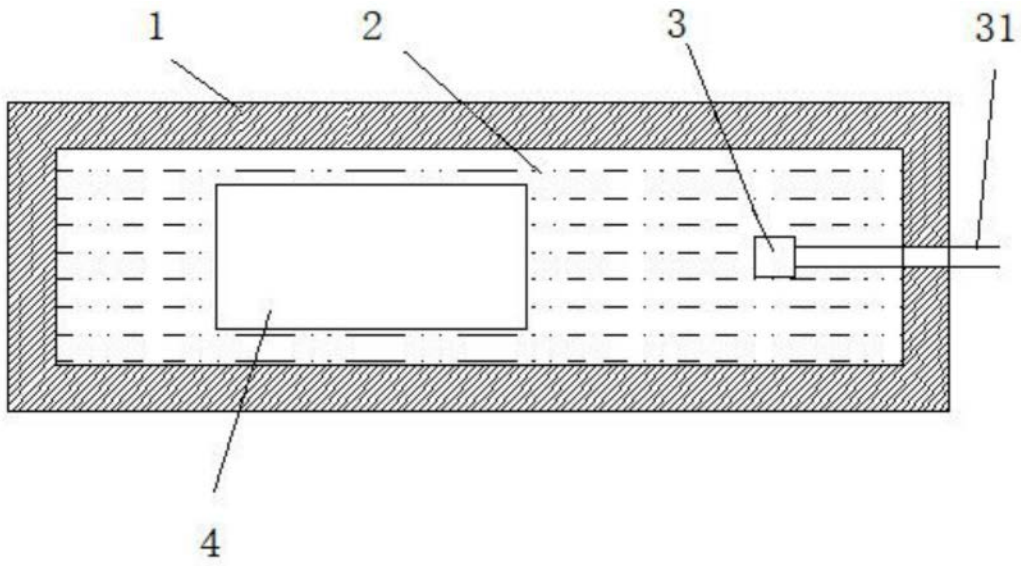


图1