



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610028891.7

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100404976C

[22] 申请日 2006.7.13

[21] 申请号 200610028891.7

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 覃峰 陈江平 陈芝久

[56] 参考文献

US4422500A 1983.12.27

JP6-34230A 1994.2.8

JP2-130360A 1990.5.18

CN1482017A 2004.3.17

JP8-5189A 1996.1.12

CN2689097Y 2005.3.30

JP7-190523A 1995.7.28

金属氢化物热泵空调研究进展. 李刚, 刘华军, 李来风, 杨柯, 杜屏, 吕曼琪. 制冷学报, 第 2 期. 2005

汽车尾气余热驱动的金属氢化物制冷循环. 倪久建, 陈江平, 覃峰, 陈芝久, 吕曼琪, 杨柯. 能源技术, 第 25 卷第 6 期. 2004

审查员 仇颖

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 王锡麟 王桂忠

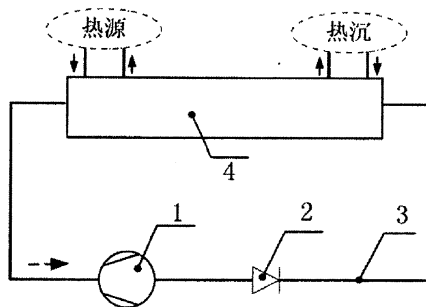
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称

单合金压缩-扩散式金属氢化物制热/制冷方法及系统

[57] 摘要

一种单合金压缩-扩散式金属氢化物制热/制冷方法及系统, 属于制冷技术领域。本发明在处于固溶相和氢化物相之间的金属氢化物两端产生压力差, 金属氢化物在高压侧吸氢放热、在低压侧放氢吸热, 通过换热器带走产生的热量/冷量, 实现制热/制冷; 金属氢化物高压侧吸收的氢原子借助扩散效应源源不断地通过金属氢化物内部转移到低压侧, 实现持续进行制热/制冷。本发明系统包括压缩机、单向阀、氢气管路和扩散床, 扩散床又包括微孔过滤片、低温换热器、床体绝热外壁、金属氢化物粉末和高温换热器。本发明降低了合金吸氢膨胀效应对反应容器的不利影响, 极大地简化了系统, 提高了能源利用率和系统可靠性, 从而有较好的经济性和实用性。



1. 一种单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷方法，其特征在于：在处于固溶相和氢化物相之间的金属氢化物两端产生压力差，金属氢化物在高压侧吸氢放热、在低压侧放氢吸热，通过换热器带走产生的热量/冷量，实现制热/制冷；金属氢化物高压侧吸收的氢原子借助扩散效应源源不断地通过金属氢化物内部转移到低压侧，实现持续进行制热/制冷。

2. 根据权利要求1所述的单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷方法，其特征是，具体实现步骤如下：

(1) 在反应床中填充、压实吸氢合金并活化，然后充入氢气使该金属氢化物处于固溶相和氢化物相之间的状态；

(2) 借助压缩机，使金属氢化物两端产生压力差，该压力差须保证高压侧氢压高于金属氢化物在工作温度下的吸氢压力，低压侧氢压低于金属氢化物在工作温度下的放氢压力；

(3) 在压力差的驱动下，金属氢化物在高压侧吸氢放热，低压侧放氢吸热；通过换热器带走产生的热/冷量，实现制热/制冷，同时高压侧金属氢化物氢含量因吸氢而增加，低压侧金属氢化物氢含量因放氢而减少，金属氢化物氢含量因此产生浓度差；

(4) 金属氢化物内部在浓度差的驱动下，高压侧吸收的氢原子借助扩散效应源源不断地转移到低压侧，使得高压侧金属氢化物内部的氢原子减少、低压侧金属氢化物内部的氢原子得到补充，从而维持制热/制冷的连续进行。

3. 一种基于权利要求1所述的单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷系统，包括压缩机(1)、单向阀(2)、氢气管路(3)和扩散床(4)，扩散床(4)又包括微孔过滤片(5)、低温换热器(6)、床体绝热外壁(7)、金属氢化物粉末(8)和高温换热器(9)，其特征在于：压缩机(1)进、出口通过氢气管路(3)与扩散床(4)进、出口相连，单向阀(2)设置在压缩机(1)出口管路，扩散床(4)整体被床体绝热外壁(7)包围，靠近扩散床(4)进口处设置高温换热器(9)，扩散床(4)出口处设置低温换热器(6)，金属氢化物粉末(8)填充在扩散床(4)内，扩散床(4)进、出口设置微孔过滤片(5)。

4. 根据权利要求3所述的单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷系统，

其特征是：低温换热器（6）与外界热源相连。

5. 根据权利要求3所述的单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷系统，其特征是：高温换热器（9）与外界热沉相连。

单合金压缩-扩散式金属氢化物制热/制冷方法及系统

技术领域

本发明涉及一种制冷技术领域的方法和系统，具体是一种单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷方法及系统。

背景技术

传统的蒸汽压缩式热泵/制冷系统是耗能大户，其氟利昂工质对大气的破坏作用也在世界范围达成共识；金属氢化物热泵/制冷系统在这种条件下孕育而生。金属氢化物是一种特殊的合金，它能在一定温度、压力下可逆吸收大量氢气，同时释放出大量反应热；常温其贮氢密度可达到液态氢的密度，而贮氢压力则远低于液态氢；合金的平衡压力随温度升高而迅速增加。金属氢化物热泵/制冷系统以氢气为工质，依靠金属氢化物在可逆吸放氢过程中的反应热来实现热泵/制冷功能，在节能和环保上有明显优势，是很有发展潜力的新型空调系统。现有的金属氢化物热泵/制冷系统采用一对氢化性能不同的金属氢化物组成一套系统，借助压缩机或热源驱动，使得合金间歇地吸、放氢气；两套系统反相运行，从而实现连续制热/制冷。显然该分时、反相的金属氢化物热泵/制冷技术无法保证制热/制冷量的稳定；合金吸氢时将膨胀、粉化，反复吸放氢极易导致容器局部壁面承受相当大的膨胀应力，因此降低了系统的可靠性；而为了提高可靠性，现有的系统基本采用厚壁容器，反应床热容非常大，但由于系统在吸、放热状态中不断切换，故由该热容造成的热量/冷量损失也相当大，通常能占系统理论制热/制冷量的 20%~40%。因此间歇运行方式造成现有系统的制热/制冷量不稳定，效率和可靠性都不高，距实用化尚有一段距离。

经对现有技术的文献检索发现，专利名称：“一种金属氢化物空调装置”，申请号：CN200420047871.0，该专利在现有循环基础上设计了完整的空调装置，但未能摆脱“两套系统分时、反相”的循环方式，故无法解决现有金属氢化物热泵/制冷系统制热/制冷量不稳定、COP 低的缺点。现有技术中，尚未发现采用单一的金属氢化物即可实现连续、稳定制热/制冷的技术。

发明内容

为克服已有技术的缺陷，本发明设计了一种全新的单合金压缩—扩散式金属氢化物热泵/制冷方法及系统。本发明方法仅需单一金属氢化物即可实现连续、稳定的热泵/制冷功能。

本发明是通过以下技术方案实现的：

本发明所述的单合金压缩—扩散式金属氢化物制热/制冷方法，具体为：在处于固溶相和氢化物相之间的金属氢化物两端产生压力差，使得金属氢化物在高压侧吸氢放热、在低压侧放氢吸热；通过换热器带走产生的热量/冷量，实现制热/制冷；金属氢化物高压侧吸收的氢原子借助扩散效应源源不断地通过金属氢化物内部转移到低压侧，从而使得该过程持续进行。

本发明方法具体的实现步骤如下：

(1) 在反应床中填充、压实吸氢合金并活化，然后充入氢气使该金属氢化物处于固溶相和氢化物相之间的状态，即金属氢化物压力、组成等温线图上的平高线区。

(2) 借助压缩机，使金属氢化物两端产生压力差，该压力差须保证高压侧氢压高于金属氢化物在工作温度下的吸氢压力，低压侧氢压低于金属氢化物在工作温度下的放氢压力。

(3) 在压力差的驱动下，金属氢化物在高压侧吸氢放热，低压侧放氢吸热；通过换热器带走产生的热/冷量，实现制热/制冷。同时高压侧金属氢化物氢含量因吸氢而增加，低压侧金属氢化物氢含量因放氢而减少，金属氢化物氢含量因此产生浓度差。

(4) 金属氢化物内部在浓度差的驱动下，高压侧吸收的氢原子借助扩散效应源源不断地转移到低压侧，使得高压侧金属氢化物内部的氢原子减少、低压侧金属氢化物内部的氢原子得到补充，从而维持制热/制冷的连续进行。

本发明还提供一种实现上述方法的系统，系统包括：压缩机、单向阀、氢气管路、扩散床、微孔过滤片、低温换热器、床体绝热外壁、金属氢化物粉末和高温换热器。压缩机进、出口通过氢气管路与扩散床进、出口相连，并在压缩机出口管路安装单向阀；扩散床整体被床体绝热外壁包围，在扩散床内靠近进、出口处分别布置高、低温换热器；将金属氢化物粉末填满扩散床并压实，以使粉末之间、粉末与换热器之间尽可能紧密接触；扩散床进、出口安装微孔过滤片以阻止运行中粉末随氢气流动；高温换热器与外界热沉相连，低温换热器与外界热源相

连。

当压缩机开动后，在扩散床两端造成压差。低压侧金属氢化物放氢降温，高压侧金属氢化物吸氢升温。在浓度差的驱动下，床体内部金属氢化物所吸收的氢原子从高浓度（高温、高压侧）向低浓度（低温、低压侧）扩散，从而实现连续、稳定的循环。高温换热器将高温侧的热量通过载热介质带给外界热沉，低温换热器将低温侧的冷量通过载冷介质带给外界热源。当外界热沉为用热设备、外界热源为环境时，该系统为热泵系统，当外界热源为用冷设备，外界热沉为环境时，该系统为制冷系统。亦可同时将高温端换热器与用热设备、低温换热器与用冷设备相连，构成冷热联供系统。

本发明的有益效果是：仅采用一种金属氢化物，可单向连续循环，解决了现有两套系统分时、反相运转所产生的制热/制冷量不稳定、系统热容造成热量/冷量损失大的缺点，从而极大地简化了系统，提高了能源利用效率，有较好的经济性和实用性。同时由于系统始终稳定运行，降低了合金吸氢膨胀效应给反应容器施加的应力，从而提高系统的可靠性。

附图说明

图 1 是本发明系统原理图

图 2 是本发明扩散床结构图

具体实施方式

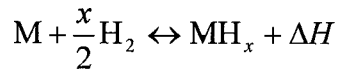
下面结合附图对本发明的具体实施作进一步的描述。

如图 1、2 所示，本发明系统包括压缩机 1、单向阀 2、氢气管路 3 和扩散床 4，扩散床 4 又包括微孔过滤片 5、低温换热器 6、床体绝热外壁 7、金属氢化物粉末 8 和高温换热器 9。

压缩机 1 进、出口通过氢气管路 3 与扩散床 4 进、出口相连，并在压缩机 1 出口管路安装单向阀 2 以防止氢气倒流。扩散床 4 整体被床体绝热外壁 7 包围，靠近扩散床 4 进口处安装高温换热器 9 并与外界热沉相连，靠近出口处安装低温换热器 6 并与外界热源相连；床体内部填满金属氢化物粉末 8 并充分压实，以保证粉末之间、粉末与换热器之间尽可能紧密接触。扩散床 4 进、出口分别安装两片微孔过滤片 5 以阻止运行中金属氢化物粉末 8 随氢气流动。

扩散床 4 出口、压缩机 1 进口及两者间的氢气管路 3 构成低压侧，扩散床 4 进口、压缩机 1 出口及两者间的氢气管路 3 构成高压侧。

金属氢化物的氢化反应方程式如下：



其中，M 为吸氢金属（或合金），MH_x 是金属氢化物，ΔH 是反应焓。

采用上述系统实现本发明方法，具体过程为：

在系统运行前，首先活化金属氢化物粉末 8 并充入适量的氢气，使金属氢化物粉末 8 吸收的氢原子达到一定浓度，其在系统温度下的平衡氢压与管路氢压相平衡。压缩机 1 运转，氢气管路 3 中低压侧的氢气通过单向阀 2 进入高压侧，使得系统低压侧氢压降低而高压侧氢压升高。扩散床 4 进口附近金属氢化物粉末 8 的平衡氢压低于高压侧氢压，故此处合金的氢化反应向右进行，吸氢放热、温度升高；扩散床 4 出口附近金属氢化物粉末 8 的平衡氢压高于低压侧氢压，故此处合金的氢化反应向左进行，放氢吸热、温度降低。通过高温换热器 9 将扩散床 4 高温端的热量带给外界热沉，通过低温换热器 6 将扩散床 4 低温端的冷量带给外界热源。在浓度差的驱动下，高压侧金属氢化物粉末 8 吸收的氢原子借助扩散效应、通过扩散床 4 内部从高浓度（高温、高压侧）向低浓度（低温、低压侧）单向转移，从而实现连续、稳定的循环。

当外界热沉为用热设备、外界热源为环境时，该系统为热泵系统，当外界热源为用冷设备，外界热沉为环境时，该系统为制冷系统。亦可同时将高温端换热器 9 与用热设备、低温换热器 6 与用冷设备相连，构成冷热联供系统。

压缩机 1 稳定运转，扩散床 4 两端金属氢化物粉末 8 的吸、放氢过程和床内金属氢化物粉末 8 中氢原子的扩散过程即可连续进行，从而实现稳定的制热/制冷。

循环中有部分氢气经过金属氢化物粉末 8 空隙从高压侧直接渗入低压侧，并有部分热量通过导热方式从合金低压侧传入高压侧，从而降低了系统效率。为尽量减少该损失，尽可能压实金属氢化物粉末 8 以增大扩散床 4 的气阻；采用绝热材料制作床体绝热外壁 7 以降低通过它产生的高、低温端热交换。由于金属氢化物处于粉末状态，故其导热系数相当低（0.1~0.5W/m·K），传导的热量较小，对系统效率影响不明显。

通过采用不同的金属氢化物粉末 8、调整压缩机 1 的压缩比，可获得所需的制热/制冷温度；通过控制压缩机 1 的排量可调节制热/制冷功率。

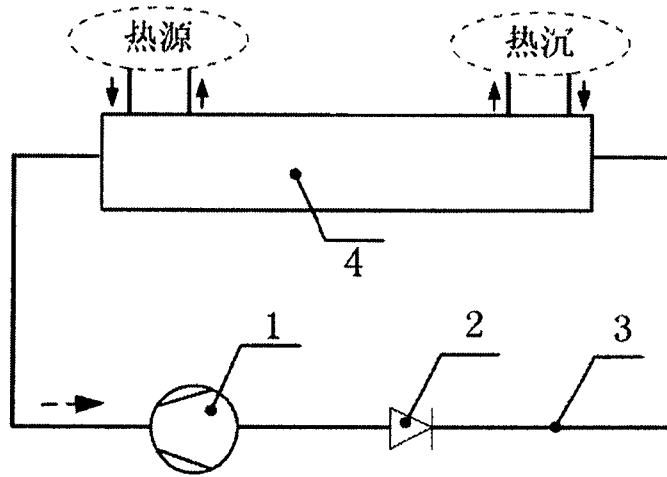


图 1

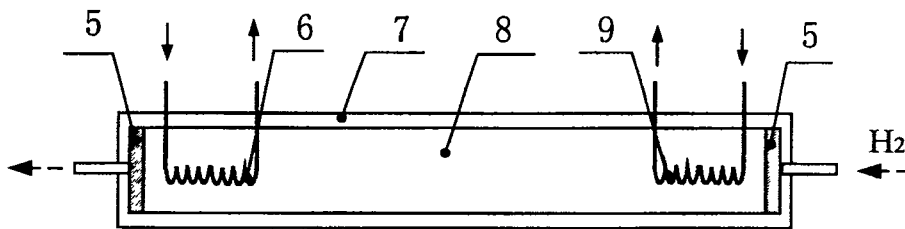


图 2