(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101738120 B
(45)授权公告日 2012.06.27

(21)申请号 201010105255.6

(22)申请日 2010.02.03

(73)专利权人 中国科学院电工研究所
地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 6 号

(72)发明人 王艳 王志峰 白凤武 李鑫 常春

(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司 11251
代理人 关玲

(51)Int.Cl.
F28D 20/02(2006.01)

审查员 韩冰

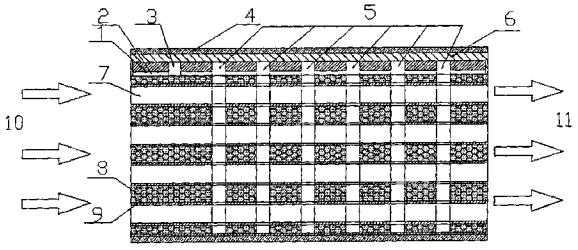
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54)发明名称

一种显热－潜热复合储热器

(57)摘要

一种基于碳化硅陶瓷的显热－潜热复合储热器。复合储热器包括复合储热器陶瓷支撑骨架(1)、可拆卸碳化硅陶瓷盖板(6)及碳化硅陶瓷换热管道(7)和碳化硅泡沫陶瓷骨架(8)；复合储热器陶瓷支撑骨架(1)、可拆卸碳化硅陶瓷盖板(6)、碳化硅陶瓷换热管道(7)和碳化硅泡沫陶瓷骨架(8)一体成型共同组成储热容器。碳化硅泡沫陶瓷骨架(8)内注入相变材料(9)实现潜热储热。复合储热器上部设有相变储能材料膨胀空间(2)和可拆卸碳化硅陶瓷盖板(6)。本发明可实现1600℃以下的碳化硅陶瓷显热与相变材料(9)潜热的复合储热。



CN 101738120 B

1. 一种基于碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器，其特征在于所述的复合储热器包括复合储热器陶瓷支撑骨架 (1)、可拆卸碳化硅陶瓷盖板 (6) 及碳化硅陶瓷换热管道 (7) 和碳化硅泡沫陶瓷骨架 (8)；复合储热器陶瓷支撑骨架 (1)、可拆卸碳化硅陶瓷盖板 (6)、碳化硅陶瓷换热管道 (7) 和碳化硅泡沫陶瓷骨架 (8) 一体成型共同组成储热容器；碳化硅陶瓷换热管道 (7) 与碳化硅泡沫陶瓷骨架 (8) 交错分布于复合储热器陶瓷支撑骨架 (1) 内；复合储热器陶瓷支撑骨架 (1) 位于所述的复合储热器的外围；复合储热器陶瓷支撑骨架 (1) 的下方设有相变材料膨胀空间 (2)，复合储热器的陶瓷支撑骨架 (1) 上部装有可拆卸碳化硅陶瓷盖板 (6)；所述的复合储热器外部加有保温层 (4)。

2. 按照权利要求 1 所说的碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器，其特征在于碳化硅陶瓷换热管道 (7) 为致密碳化硅陶瓷光管，碳化硅陶瓷换热管道 (7) 内设有或不设置内插物。

3. 按照权利要求 1 所说的碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器，其特征在于复合储热器陶瓷支撑骨架 (1) 上开有抽真空孔 (3) 和相变材料注入口 (5)；相变材料注入口 (5) 贯穿整个复合储热器；所述的复合储热器通过抽真空孔 (3) 使碳化硅泡沫陶瓷 (8) 内部形成负压，通过相变材料注入口 (5) 将液态相变材料 (9) 均匀地充入到碳化硅泡沫陶瓷骨架 (8) 中。

4. 按照权利要求 3 所说的碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器，其特征在于用于储热的所述液态相变材料 (9) 为有机物，或硝酸盐类或碳酸盐类或液态金属合金。

一种显热－潜热复合储热器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种储热器，特别涉及基于碳化硅陶瓷的复合储热器。

背景技术

[0002] 太阳能是取之不尽、用之不竭的可再生能源，在化石燃料逐年减少、国际能源形势日趋严峻的今天，开发利用太阳能是实现能源供应多元化、保证能源安全的重要途径之一。而太阳能具有非连续性特点，开发适合太阳能热利用领域的储热系统具有重要意义。

[0003] 目前有显热、潜热和化学能三种储热方式。显热储热技术最简单和最成熟，应用较广。常用的显热储热材料有水、油、砖石和水泥等。潜热储热又称为相变储热，利用材料在相变时吸收或者释放相变潜热来充热和放热，在相变过程中材料处于恒温或在很窄温度范围内变化，是目前应用最广、研究较多的储热方式。化学能储热比显热储热和潜热储热的单位体积储热量大，且可以长期储存，但由于技术较为复杂，成本高，工业中尚无应用。在复合储热方面，有显热－显热储热，即采用不同显热储热工质，利用各自的温度变化储存热量。通常含有金属换热管的显热储热装置均属于这一类储热，如预埋有金属管的混凝土储热器；显热－潜热储热，即将相变储热材料与显热材料复合在一起使用，如相变材料微胶囊材料，美国专利US005709945A，将石蜡等有机相变材料封装在胶囊材料中，形成1-10mm的微胶囊，使用过程中胶囊材料不发生相变，利用自身显热储存热量，而石蜡等相变材料则发生固－液相变，释放或者吸收潜热，该种复合储热材料目前仅能在100℃以下环境中使用，而且由于微胶囊的破损问题，限制了其使用寿命。专利WO2009/138771A2报道了一种利用多种相变材料实现多温位充热－放热的方法，根据太阳能辐射或热流温度的不同，存储不同温位下的热量，此项技术主要用于制冷与制热方面，因此主要用于存储15℃-65℃左右温度的热量。中国专利CN100999657A报道了有机物／膨胀石墨复合相变储热材料的制备技术，利用膨胀石墨的自身显热储热和有机物的固液相变进行潜热储热，形成复合储热材料，用于电子设备冷却等领域，由于有机相变材料的限制，此项技术使用温度局限在60℃-75℃之间，无法应用到高温领域。将无机盐等相变材料与陶瓷基材料复合在一起，利用陶瓷基的毛细力吸附无机盐固液相变过程形成的液态盐，其储热机理是陶瓷基材料为基体材料，起到承载－吸附无机盐的作用，同时利用自身的热容进行储热，而无机盐材料发生相变，释放或者吸收潜热。如中国专利CN1328107A，涉及了该类材料的制备过程，其使用温度可达850℃-1000℃，但由于无机盐的吸水性使得在大气环境中长期使用稳定性较差，另外该种材料的制备工艺较为复杂，限制了其更为广泛的应用。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有显热－潜热复合储热材料使用温度不高、长期使用稳定性差、制备工艺复杂、充放热过程效率较低等不足，提供一种基于碳化硅陶瓷的储热器及显热－潜热复合储热方法。

[0005] 本发明复合储热器包括复合储热器陶瓷支撑骨架、相变材料膨胀空间、可拆卸碳

化硅陶瓷盖板、碳化硅陶瓷换热管道、碳化硅泡沫陶瓷骨架等部件。复合储热器陶瓷支撑骨架、可拆卸碳化硅陶瓷盖板及碳化硅陶瓷换热管道以致密碳化硅陶瓷制成，致密碳化硅陶瓷热导率高、力学性能优异，适宜作为结构材料。碳化硅泡沫陶瓷骨架由碳化硅泡沫陶瓷制成，碳化硅泡沫陶瓷是具有三维空间网架结构的高气孔率的多孔陶瓷体。复合储热器陶瓷支撑骨架、碳化硅陶瓷换热管道和碳化硅泡沫陶瓷骨架一体成型，组成显热－潜热复合储热器。复合储热器陶瓷支撑骨架位于所述的复合储热器外围；碳化硅陶瓷换热管道与用于储热的碳化硅泡沫陶瓷骨架交错分布于复合储热器陶瓷支撑骨架内。碳化硅泡沫陶瓷骨架内注入相变材料，如有机物，硝酸盐类、碳酸盐类以及液态金属合金等进行储热。碳化硅泡沫陶瓷具有三维孔隙结构，保证了相变材料在碳化硅泡沫陶瓷骨架内的均匀分布以及热量的高效传递。复合储热器陶瓷支撑骨架位于复合储热器的上部，复合储热器陶瓷支撑骨架下方设有相变材料膨胀空间，保证相变材料由固态转变为液态过程中具有充分的膨胀空间。复合储热器陶瓷支撑骨架上部装有可拆卸碳化硅陶瓷盖板，保证对复合储热器内部的密封。复合储热器陶瓷支撑骨架上开有抽真空孔和相变材料注入口。为了实现与传热流体侧的强化换热，碳化硅陶瓷换热管道可以是光管或具有内插物的换热管道，其内插物可为如扁铁、麻花铁、交叉纽带等。复合储热器外围设有保温层，可减少热量损失，并密封复合储热器。

[0006] 本发明中致密碳化硅陶瓷和碳化硅泡沫陶瓷均不发生相变，在整个换热过程中利用自身温度变化储存显热，加入的相变材料进行固液相变传热过程，释放或者吸收潜热，实现潜热储热。碳化硅泡沫陶瓷骨架的导热系数大于 100W/(mK)，在与传热介质间进行换热的过程中，局部吸热形成的高温可以通过三维多孔骨架向四周迅速传导，同时，通过设计 1-6mm 的三维孔隙结构，可以针对不同传热特性的固液相变材料设计充热、放热速率。碳化硅陶瓷材料与多数有机相变材料、无机盐类、液态金属合金等均有较好的化学相容性，可避免相变材料对容器及换热管道的腐蚀，此外，通过对储热容器抽取真空，可将相变材料均匀封装在储热容器内，确保碳化硅泡沫陶瓷与相变材料充分接触。相变材料在容器内部盛放，使用过程保持完全密封，与外界空气环境隔绝，可避免相变材料如无机盐类的吸湿破坏。复合储热器外围包覆有保温层，既可减少热量损失又可起到密封作用。本发明复合储热器用的致密碳化硅陶瓷和碳化硅泡沫陶瓷与相变材料分开生产，工艺简单，易于实施。

[0007] 本发明工作过程如下：

[0008] 本发明的显热－潜热复合储热器是以致密碳化硅陶瓷与碳化硅泡沫陶瓷一体成型的盛装有相变工质的容器，兼有换热器的功能，其使用过程是传热流体与致密碳化硅陶瓷换热管直接换热，通过碳化硅泡沫陶瓷骨架将热量高效传递给内部盛装的相变工质。在充热过程，高温传热流体在致密碳化硅陶瓷构成的换热管中流过，通过强制对流传热，致密碳化硅陶瓷换热管温度升高，同时热量向内部传递，通过碳化硅泡沫陶瓷迅速传递给相变工质，固态相变工质吸收热量后温度升高，实现固态显热储热，待达到相变温度后开始融化，吸收相变潜热，此时温度在较窄的范围内变化，实现潜热储热，待全部融化为液态后，温度继续升高，实现液态显热储热，整个过程高温传热流体被冷却；在放热过程，低温传热流体在致密碳化硅陶瓷构成的换热管中流过，通过强制对流传热，致密碳化硅陶瓷换热管温度降低，相变工质的热量通过碳化硅泡沫陶瓷迅速传递给致密碳化硅陶瓷换热管，液态相变工质释放热量后温度降低，实现液态显热放热，待达到相变温度后开始凝固，释放相变潜

热，此时温度在较窄的范围内变化，实现潜热放热，待全部凝固为固态后，温度继续降低，实现固态显热放热，整个过程低温传热流体被加热。

[0009] 碳化硅泡沫陶瓷的三维孔隙结构特征使得相变材料与泡沫陶瓷间有较大的传热面积，并可实现三维强化换热，传热效率较高。合理选择当量直径在1-6mm间的碳化硅泡沫陶瓷材料的孔径尺寸和结构、提高孔隙率可以增加相变材料与骨架间的换热面积，提高传热效率，但孔隙率的提高会减少相变工质的质量分数，减少系统的总储热量。致密碳化硅陶瓷和碳化硅泡沫陶瓷的导热系数是一重要参数，选择高导热率材料有利于提高传热流体侧传热效率。

[0010] 本发明结构简单，碳化硅陶瓷材料自身具有较高的熔点，根据相变工质性质的不同，可在室温到1600℃下稳定工作，碳化硅陶瓷材料可在多数无机盐类、金属、氧化气氛下的气体等多种传热、储热工质相互作用下保持化学性质稳定，适应性强，使用面广。

附图说明

[0011] 图1本发明显热－潜热复合储热器结构示意图；

[0012] 图2本发明显热－潜热复合储热器左视图；

[0013] 图3内插交叉带的致密碳化硅陶瓷换热管道；

[0014] 图中：1复合储热器陶瓷支撑骨架、2相变材料膨胀空间、3抽真空孔、4保温层、5相变材料注入口、6可拆卸碳化硅陶瓷盖板、7碳化硅陶瓷换热管道、8碳化硅泡沫陶瓷骨架、9相变材料、10热流体、11冷流体。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施方式进一步说明本发明。

[0016] 图1所示为本发明碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器的结构示意图。本发明复合储热器包括复合储热器陶瓷支撑骨架1、相变材料膨胀空间2、抽真空孔3、保温层4、相变材料注入口5、可拆卸碳化硅陶瓷盖板6、碳化硅陶瓷换热管道7、碳化硅泡沫陶瓷骨架8及相变材料9。复合储热器陶瓷支撑骨架1、可拆卸碳化硅陶瓷盖板6及碳化硅陶瓷换热管道7以致密碳化硅陶瓷制成。复合储热器陶瓷支撑骨架1、碳化硅陶瓷换热管道7和碳化硅泡沫陶瓷骨架8一体成型，组成显热－潜热复合储热器。复合储热器陶瓷支撑骨架1位于复合储热器外围，构成复合储热器的外部结构；碳化硅陶瓷换热管道7与碳化硅泡沫陶瓷骨架8交错分布于复合储热器陶瓷支撑骨架内。碳化硅泡沫陶瓷骨架8内注入相变材料9进行储热。碳化硅泡沫陶瓷具有三维孔隙结构，保证了相变材料9在碳化硅泡沫陶瓷骨架8内的均匀分布以及热量的高效传递。复合储热器陶瓷支撑骨架1位于复合储热器的上部，复合储热器陶瓷支撑骨架1的下方设有相变材料膨胀空间2，保证相变材料由固态转变为液态过程中具有充分的膨胀空间。复合储热器陶瓷支撑骨架1的上部装有可拆卸碳化硅陶瓷盖板6，保证对复合储热器内部的密封。复合储热器陶瓷支撑骨架1上开有抽真空孔3和相变材料注入口5。通过抽真空孔3保证复合储热器内处于真空状态，有利于液态相变材料通过相变材料注入口5充分进入到复合储热器中。为了实现与传热流体侧的强化换热，碳化硅陶瓷换热管道7可以是光管或具有内插物的换热管道，其内插物可为如扁铁、麻花铁、交叉纽带等。相变材料9可以是有机物，硝酸盐类、碳酸盐类以及液态金属合金等。复合储热器

外围设有保温层，可减少热量损失和密封。

[0017] 图 2 所示为本发明碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器的左视图。复合储热器陶瓷支撑骨架 1 上开设有相变材料注入口 5。相变材料注入口 5 贯穿整个复合储热器。

[0018] 图 3 所示为本发明碳化硅陶瓷显热－潜热复合储热器用的带内插交叉带的致密碳化硅陶瓷换热管道。流体进入致密碳化硅陶瓷换热管道 7，在内插物中间产生扰流，达到强化传热的作用。

[0019] 工作时，在充入相变材料 9 前，通过抽真空孔 3 将复合储热器抽至真空状态，在负压作用下通过相变材料注入口 5 将液态的相变材料 9 注入到储热器内，待充满后将可拆卸碳化硅陶瓷盖板 6 盖上，完成储热器的制作。以高温水蒸汽为热流体 10，水为冷流体 11，碳酸盐类为相变材料 9 来具体说明本实施例的充热与放热过程。

[0020] 充热阶段，热流体 10 流入由致密碳化硅陶瓷组成的碳化硅陶瓷换热管道 7 中，与碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 及相变材料 9 进行强制对流换热过程。整个换热过程分为三个阶段。热流体 10 进入到复合储热器中后，碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 及固态的碳酸盐类相变材料 9 吸收热流体 10 的热量而升温，碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 及碳酸盐类相变材料 9 进行显热储热以及水蒸汽进行显热放热的显热储热阶段。随着换热的进行，碳酸盐类达到熔点温度，由固态变为液态，实现潜热储热，碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 仍为显热储热。热流体 10 则随着换热的进行，温度不断降低，成为过冷水蒸汽或液态水，发生显热放热或潜热放热。此阶段实现了复合储热器的显热 / 潜热储热。液态相变材料 9 和碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 通过与低温水蒸汽或液态水的换热，温度继续升高，实现液态相变材料 9 和碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 的显热储热。过冷水蒸汽或液态水通过换热，发生潜热放热或显热放热，冷流体 11 以液态水形式从复合储热器中流出，完成储热器的充热过程。由于固态相变物质的密度高于液态工质，在充热过程中，固体吸收热量融化，体积随即膨胀变大，整个储热器容积按照液态相变工质的体积确定。

[0021] 放热阶段，冷流体 11 流入由致密碳化硅陶瓷组成的碳化硅陶瓷换热管道 7 中，与碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 及相变材料 9 进行强制对流换热过程，整个放热过程分为三个阶段。冷流体 11 流入由致密碳化硅陶瓷组成的碳化硅陶瓷换热管道 7 中，吸收碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 及相变材料 9 储存的热量。冷流体 11 的温度升高，成为高温水，相变材料 9 和碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 通过释放热量，发生显热放热。高温水通过换热，温度继续升高，成为过热水或水蒸汽，相变材料 9 随着温度的降低，达到凝固点温度，成为固态碳酸盐类，实现潜热放热，而碳化硅泡沫陶瓷骨架 8 仍为显热放热过程。在放热的第三阶段，固态相变材料 9 和碳化硅泡沫陶瓷放出自身存储的显热使过热水或水蒸汽变为高温水蒸汽。热流体 10 以高温水蒸气的形式从换热管中流出，完成复合储热器的放热过程。

[0022] 在复合储热器的充热与放热过程中，都实现了相变材料的潜热储热与放热，同时根据换热流体的特性，在一定条件下换热流体发生相变，在放热过程由气态变液态，在放热过程由液态变气态。

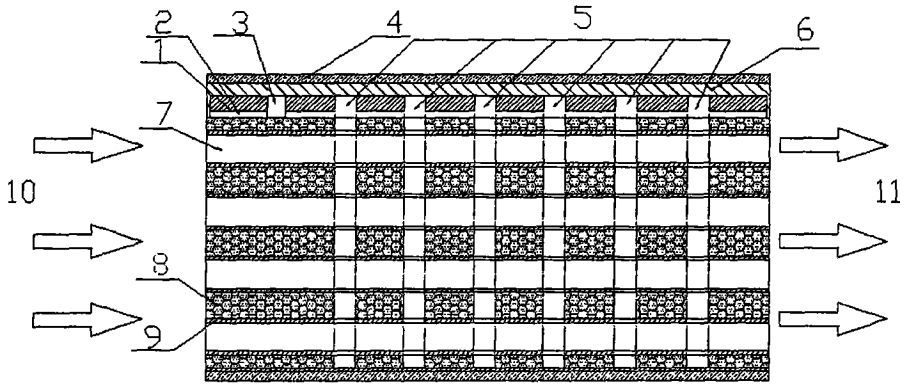


图 1

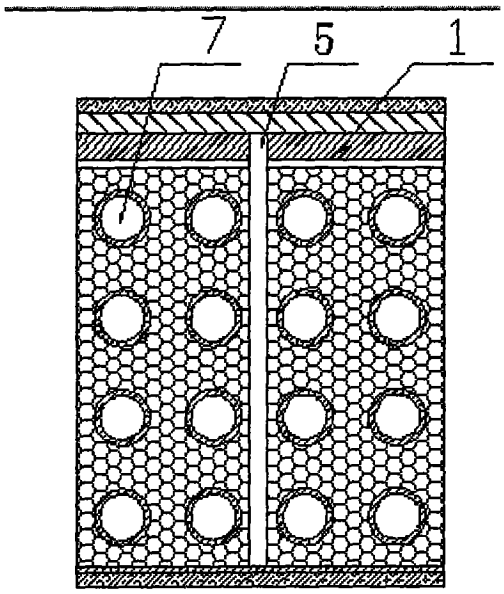


图 2

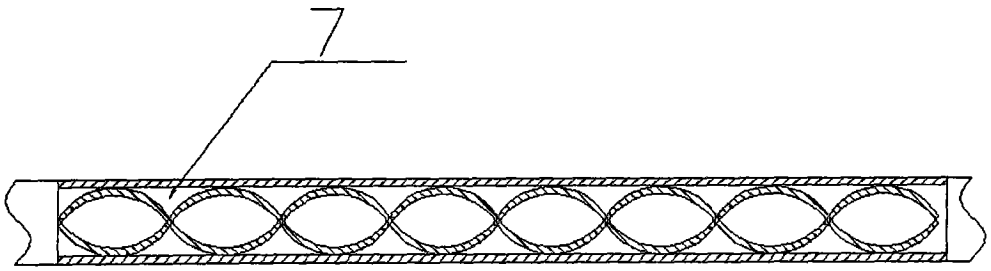


图 3