



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110174017 A

(43)申请公布日 2019.08.27

(21)申请号 201910367223.4

(22)申请日 2019.04.30

(71)申请人 东南大学

地址 211100 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 张程宾 李杰 陈永平

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

F28D 20/02(2006.01)

F28F 1/00(2006.01)

F28F 1/12(2006.01)

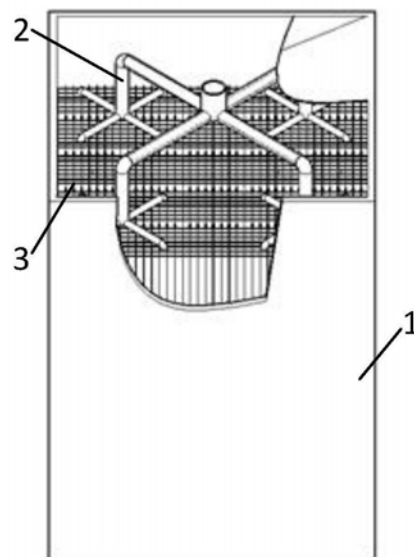
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种相变储能装置及热量循环利用系统

(57)摘要

本发明公开了一种相变储能装置及热量循环利用系统,相变储能装置由壳体、传热流体管道和相变材料组成;传热流体管道包括传热流体入口、传热流体出口以及连接传热流体入口与传热流体出口的换热部,换热部位于壳体内;所述换热部为三维分形传热流体管道,由进出口对称的至少三级传热流体支管连接而成,相邻两级传热流体支管管径满足默里定律,相邻两级传热流体支管长度满足构形原则;在最后一级所述传热流体支管上固定有分形栅格肋片,该分形栅格肋片由具有梯级厚度的高导金属肋片。壳体内填充相变材料以储存能量,储存的能量可供回收利用,能够在散热条件有限的环境下实现传热流体与相变材料之间的高效换热,从而保证散热设备的稳定运行。



1. 一种相变储能装置,由壳体、传热流体管道和相变材料组成;所述传热流体管道包括传热流体入口、传热流体出口以及连接传热流体入口与传热流体出口的换热部,所述换热部位于所述壳体内;所述相变材料位于所述壳体内并与所述换热部外壁接触;其特征在于:所述换热部为三维分形传热流体管道,由进出口对称的至少三级传热流体支管连接而成,相邻两级传热流体支管管径满足默里定律,相邻两级传热流体支管长度满足构形原则;在最后一级所述传热流体支管上固定有分形栅格肋片,该分形栅格肋片由具有梯级厚度的高导金属肋片以最后一级传热流体支管为中心展开配置,构造了从中心到四周的最佳热流通道。

2. 根据权利要求1所述的相变储能装置,其特征在于:相邻两级传热流体支管的上级传热流体支管端部连接四个下级传热流体支管。

3. 根据权利要求2所述的相变储能装置,其特征在于:相邻两级传热流体支管的管径满足关系式 $r_i^2 = 4r_{i+1}^2$,相邻两级传热流体支管的长度为 $L_i = \gamma^{i-1}L_1$, γ 为常数,且 $\gamma > 0$, $i = 1, 2, 3, \dots, N$, N 为分级数, L_1 为一级传热流体支管的长度。

4. 根据权利要求3所述的相变储能装置,其特征在于:所述高导金属肋片的梯级数与所述分形传热流体管道的分级数相同,第一级高导金属肋片从所述最后一级传热流体支管外壁面生出并沿正交方向生长,将壳体内的储能单元初步分割,第二级高导金属肋片在各第一级高导金属肋片的中点生出并沿垂直于第一级高导金属肋片的方向生长至壳体内表面,将储能单元进一步分割,第三级高导金属肋片按相似生成规则将所述的储能单元进一步分割,依此类推;各级高导金属肋片的厚度按照公式 $w_k = w_1 2^{-k/2}$ 生成, $k \geq 2$, k 为整数, w_1 为第一级高导金属肋片的厚度。

5. 根据权利要求4所述的相变储能装置,其特征在于:所述壳体呈正方形,所述第一级高导金属肋片将所述壳体内的储能单元分割成四等分,第 i 级高导金属肋片将所述壳体内的储能单元分割成 $4i$ 等分。

6. 一种热量循环利用系统,包括产生热量的高能设备以及与所述高能设备连接的用于热交换的流体第一循环管路,其特征在于:在所述流体第一循环管路上设置有如权利要求1-4任一所述相变储能装置。

7. 根据权利要求6所述的一种热量循环利用系统,其特征在于:所述相变储能装置构成一流体循环支路,该流体循环支路还与一用热设备连接形成流体第二换热循环回路。

一种相变储能装置及热量循环利用系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种相变储能装置,具体涉及的是一种在散热资源有限的条件下为高功耗、高热流密度设备工作的分形相变储能装置。

背景技术

[0002] 现代军事科技发展日新月异,为适应军事战略的要求,导弹、激光、雷达等高能设备得到了很大的发展。为了提高设备隐秘性,同时适应设备使用的特殊要求,不少高能设备开始在一些环境较为恶劣的位置部署,例如荒漠、山区、甚至太空。研究表明,一些高能设备如激光武器在执行任务时会产生极高强度的热流,且设备为间歇性工作,负荷波动极大,这为设备的散热系统带来了极大的挑战。现有的大功率设备冷却技术包括液冷、喷雾冷却、热泵冷却等存在热负荷能力不高、换热速度慢、对散热资源要求高的缺点。无法在散热资源有限的条件下实现对大功率、高热流密度仪器设备的高效热管理。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足,而提供了一种分形相变储能装置,该装置能够在散热条件有限的环境下达到对高功耗、高热流密度设备的进行快速冷却和储能的高效热管理。

[0004] 为解决传统散热器存在的上述技术问题,本发明采用的技术方案是。

[0005] 一种相变储能装置,由壳体、传热流体管道和相变材料组成;所述传热流体管道包括传热流体入口、传热流体出口以及连接传热流体入口与传热流体出口的换热部,所述换热部位于所述壳体内;所述相变材料位于所述壳体内并与所述换热部外壁接触;其特征在于:所述换热部为三维分形传热流体管道,由进出口对称的至少三级传热流体支管连接而成,相邻两级传热流体支管管径满足默里定律,相邻两级传热流体支管长度满足构形原则;在最后一级所述传热流体支管上固定有分形栅格肋片,该分形栅格肋片由具有梯级厚度的高导金属肋片以最后一级传热流体支管为中心展开配置,构造了从中心到四周的最佳热流通通道。

[0006] 本发明一种分形相变储能装置,由壳体、三维分形传热流体管道、分形栅格肋片、相变材料和传热流体组成。所述的相变储能装置为管壳式结构,所述的传热流体在所述的三维分形传热流体管道内流动,所述的分形栅格肋片配置在所述的传热流体管道外壁面上,所述的相变材料填充在所述的传热流体管道与所述的外壳之间的空隙中。所述的传热流体管道依据仿生学原理构造,其形状类似人体毛细血管,由进出口对称的一、二、三级传热流体支管连接而成。所述的一、二、三级传热流体支管管径按照默里定律设计,长度按照构形原则设计。所述的分形栅格所述的三级传热流体支管为中心展开配置,由具有梯级厚度的高导金属肋片组成,构造了从中心到四周的最佳热流通通道。所述的壳体内填充所述的相变材料以储存能量,储存的能量可供回收利用,能够在散热条件有限的环境下实现高能设备的有效热管理。

[0007] 所述的三维分形传热流体管道由进出口对称的一、二、三级传热流体支管连接而成,下级支管由上级支管端部正交发出,经过横向延伸后再向纵向延伸,其形状类似人体毛细血管。一个所述的一级传热流体支管端部连接四个所述的二级传热流体支管、一个所述的二级传热流体支管端部连接四个所述的三级传热流体支管。该结构具有更加立体的空间布局 and 更优化的热流通道,能够有效减少所述的储能装置中的传热死区。所述的各级传热流体支管的长度和管径根据构形原理及默里定律生成,所述的传热流体支管的长度为 $L_N = \gamma^{N-1}L_1$ (γ 为常数,且 $\gamma > 0, N=1,2,3$), L_1 为一级传热流体支管的长度。所述的各级传热流体支管的管径满足关系式 $r_i^2 = 4r_{i+1}^2$ ($i=1,2$)。研究证明,这种依据仿生学原理制定的长度和宽度关系能够减少所述的传热流体的流动阻力,从而增强管内外材料之间的换热。

[0008] 所述的分形栅格肋片由具有不同厚度的三级高导金属板按照一定规律以所述的三级传热流体支管为中心装配而成。其具体生成规则如下:四个一级高导金属板从所述的三级传热流体支管外壁面生出并沿正交方向生长,将长方体状的储能单元四等分,所述的二级高导金属板在各所述的一级高导金属板的中点生出并沿垂直于所述的一级高导金属板的方向生长至所述的储能单元边缘,将储能单元十六等分,所述的三级高导金属片按相似生成规则将所述的储能单元六十四等分。所述的各级高导金属板的厚度按照公式 $w_k = w_1 2^{-k/2}$ 生成 ($k=2,3$), 所述的分形栅格肋片构造了从中心到四周的更加优化热流通通道,能够有效加速热量从所述的传热流体管道进一步向相变材料区域扩散,从而达到快速换热的目的。

[0009] 所述的具有三维分形通道的相变储能装置可叠加组合使用,便于根据散热设备散热量合理调整储能装置的储能容量。

[0010] 本发明提出的一种具有三维分形传热流体通道耦合分形栅格肋片结构的相变储能换热装置。本装置运用构形方法建立具有三维分形结构的传热流体通道,具有更加合理的空间布局,能够减少储能装置中的传热死区,提升储能装置中相变材料与传热流体的换热能力。同时,该相变储能装置中的传热流体管道壁面装配有分形栅格肋片,能够进一步强化管道内传热流体与管道外相变材料的传热,以达到高效储能散热的目的。本发明使用相变材料作为储能介质,不仅储能密度大,而且相变材料在相变过程中温度不变,提高了储能装置工作过程中的稳定性。同时,相变材料可重复使用,且储能系统中运动部件少,能够在散热资源有限的条件下进行冷却和储能,而储能装置储存的能量可以在极端环境下用于设备的维护,实现了高能设备在极端环境下的高效热管理。

[0011] 有益效果

[0012] 本发明一种具有分形结构的相变储能装置,储能散热装置为管壳式结构,其内的传热流体管道具有三维分形结构,形状类似人体的毛细血管,具有更加立体的空间布局 and 更加优化的热流通道,能够有效减少储能散热过程中的传热死区。传热流体管道各级支管的长度和管径按照仿生学规则生成,能够有效减少传热流体在管道中的流动阻力,起到强化传热的作用。此外,本发明还在传热流体管道外耦合据分形栅格肋片,从而进一步起到强化传热流体与相变材料之间传热的作用。此外,该储能装置能够进一步进行叠加装配,能够适应具有不同散热量的设备。由于该储能散热装置采用相变材料的相变来冷却和储能,相变材料可重复使用且储能设备中运动部件少,对极端的工作环境有较强的适应能力,且储存的热量能够回收利用。因此,该储能装置的使用能够提高极端条件下的高能设备的热管

理水平。

附图说明

- [0013] 图1:相变储能散热装置的三维示意图;
- [0014] 图2:传热流体管道立体示意图;
- [0015] 图3:传热流体管道俯视图;
- [0016] 图4:相变储能散热装置的横向截面示意图;
- [0017] 图5:分形栅格肋片单元的横向截面示意图;
- [0018] 图6:热量循环利用系统图;
- [0019] 图7:四级传热流体支管的传热流体管道结构示意图;
- [0020] 其中,1.壳体;2.传热流体管道;3.分形栅格肋片;4.一级传热流体管道;5.二级传热流体管道;6.三级传热流体管道;7.传热流体;8.相变材料;9.分形栅格肋片单元;10.一级高导金属片;11.二级高导金属片;12.三级高导金属片;13.相变储能散热装置;14.高能设备冷却装置;15.用热设备。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图说明进行更进一步的详细说明:

[0022] 图1为本发明的相变储能散热装置的三维示意图。如图所示,相变储能散热装置由壳体1、三维分形传热流体管道2和分形栅格肋片3组成。储能换热装置为管壳式结构,传热流体管道2的上下两端穿过壳体1的上下面,并在壳体1的内部呈血管状发散。分形栅格肋片配置于三维分形传热流体管道2的二级传热流体支管周围。

[0023] 图2为本发明的相变储能散热装置的三维分形传热流体管道立体示意图。如图所示,三维分形传热流体管道2由一级传热流体支管4、二级传热流体支管5、三级传热流体支管6连接而成。传热流体管道具有上下对对称结构。下级支管由上级支管端部正交发出,经横向延伸后再向纵向延伸。一个一级传热流体支管4端部连接四个二级传热流体支管5、一个二级传热流体支管端部连接四个三级传热流体支管6,这种血管状的空间分布能够优化传热流体向相变材料传热的热流通道,同时能够使储能装置内的温度分布更加均匀,从而有效减少储能装置的传热死区。

[0024] 图3为本发明的传热流体管道的俯视图。从图中可以看出,一级传热流体支管位于储能装置中心,二级传热流体支管5的纵向管道在储能装置的四分之一矩形的中心,三级传热流体支管6的纵向管道在储能装置的十六分之一矩形的中心。这种均匀的分配方法是为了提高相变储能装置内的热均匀性。

[0025] 图4为本发明的相变储能散热装置的横向截面示意图。从图中可以看出,为了进一步提升热量从传热流体到相变材料的传输,在二级传热流体支管5周围填充了分形栅格肋片3。分形栅格肋片3由多孔金属单元9组成。二级传热流体支管5从多孔金属单元9的中心自上而下地穿过。

[0026] 图5为分形栅格肋片单元的横向截面示意图。从图中可以看出,多孔金属单元9由厚度不同的三级高导金属片配置而成。四个一级高导金属片呈正交状沿传热流体管道外壁面装配,将储能单元四等分,二级高导金属板在各一级高导金属板的中点生出并沿垂直于

一级高导金属板的方向生长至储能单元边缘,将储能单元十六等分,三级高导金属片按相似生成规则将储能单元六十四等分。各级高导金属板的厚度按照公式 $w_k = w_1 2^{-k/\Delta}$ 生成($k=2,3$)生成,分形栅格肋片构造了从中心到四周的最佳热流通通道,能够有效加速热量从传热流体管道进一步向相变材料区域扩散,从而达到快速换热的目的。

[0027] 图6为相变储能换热装置的工作系统图,如图所示,当高能设备14工作时,热量由传热流体带走并储存在相变储能装置13中并供给给用热装置15。当高能设备14不工作时,相变储能装置13将储存的热量供给用热设备15。相变储能装置13实现了热量的回收和利用,保证了在散热条件不具备的环境下系统的高效热管理。

[0028] 图7为四级传热流体支管的传热流体管道结构示意图,当所需储能量较大时,可以将以上储能单元按照图7所示方式进行设置。

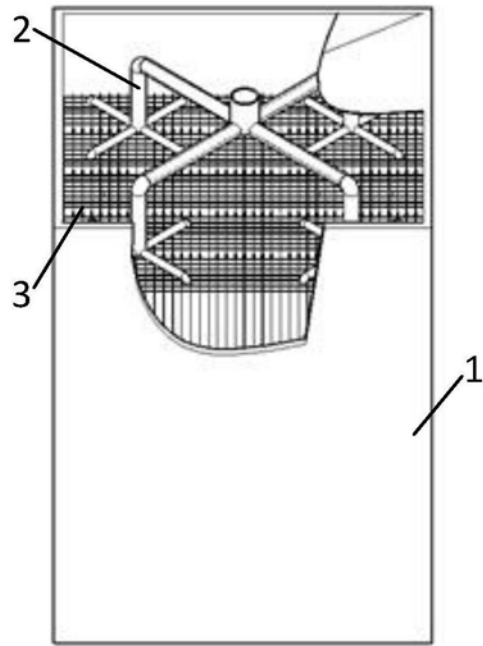


图1

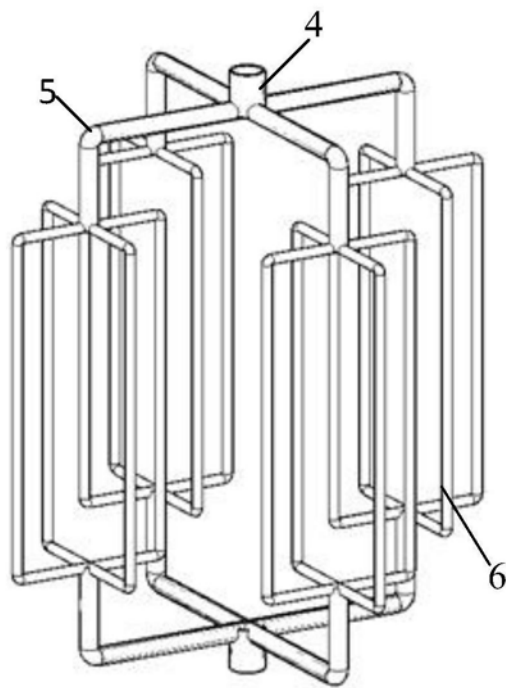


图2

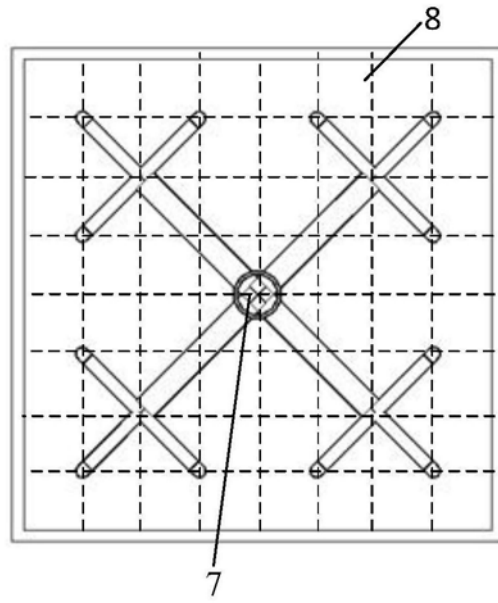


图3

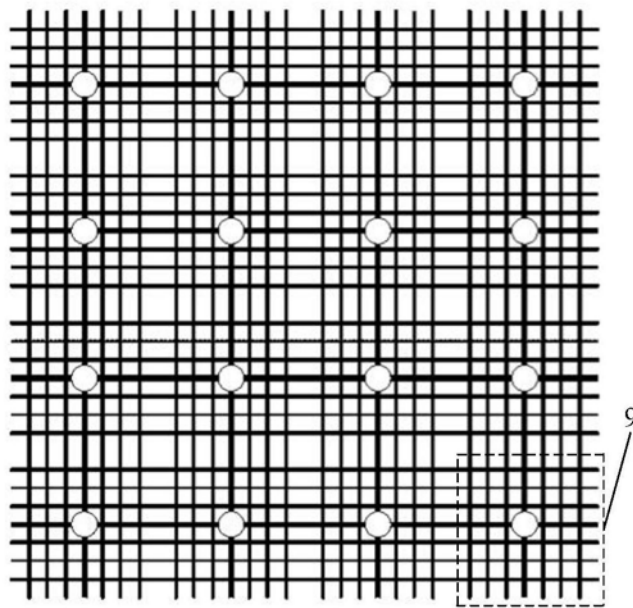


图4

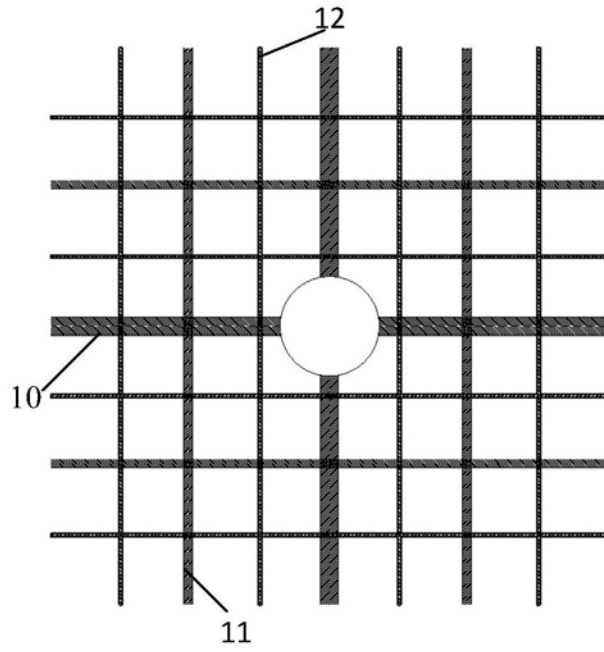


图5

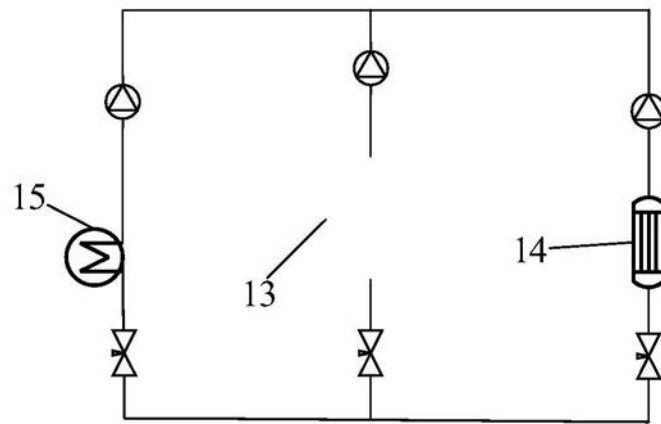


图6

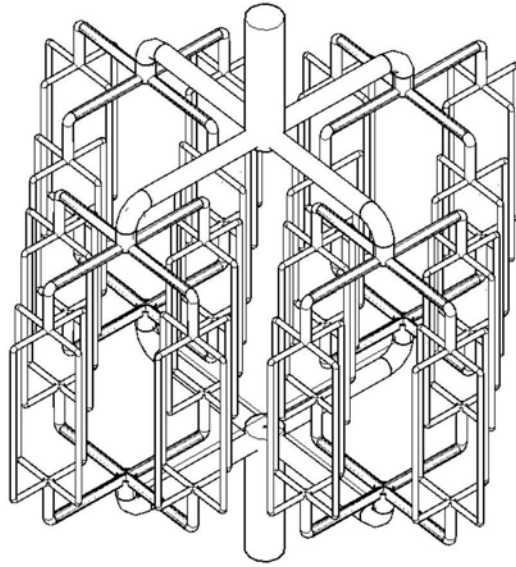


图7