



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113227704 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 201980085394.6

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

(22) 申请日 2019.12.23

代理人 胡彬

(30) 优先权数据

102018000021106 2018.12.27 IT

(51) Int.Cl.

F28F 21/04 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

F28D 20/00 (2006.01)

2021.06.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2019/061297 2019.12.23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/136558 EN 2020.07.02

(71) 申请人 埃尼股份公司

地址 意大利罗马

(72) 发明人 加布里埃尔·比安奇

卡拉·拉扎里 卡门·萨玛

塔玛拉·帕瑟拉

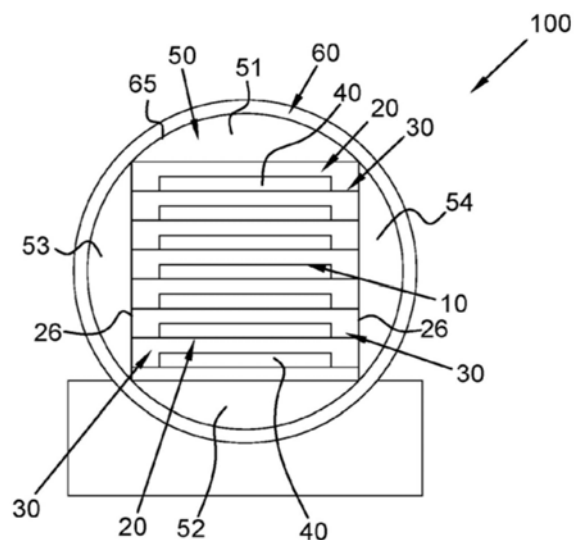
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

热能储存设备

(57) 摘要

热能储存设备(100)包括包含内部空腔(65)的至少一个中空管(60)、放置在所述内部空腔(65)内的至少一个基本模块(10),其中,所述至少一个基本模块(10)包括至少一个平板(20)、至少一对间隔杆(30)、适于热传递流体经过的至少一个贯穿通道(40)。



1. 一种热能储存设备(100),包括:  
至少一个中空管(60),其包括内空腔(65)和两个端部,其中每个端部提供贯穿开口(64),  
至少一个基本模块(10),其放置在所述至少一个中空管(60)的所述内空腔(65)内,  
其中,所述至少一个基本模块(10)包括至少一个平板(20)和至少一对间隔杆(30),至少一个贯穿通道(40)适于热传递流体经过从所述至少一个中空管(60)的所述两个端部中的一个端部到另一个端部。
2. 根据权利要求1所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述基本模块(10)的至少一个平板(20)与至少所述一对间隔杆(30)成一体。
3. 根据权利要求1或2中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个贯穿通道(40)被包括在每对间隔杆(30)的内壁、所述至少一个平板(20)的内壁(22)和搁置有所述至少一个平板(20)的另一个平板(20)的支撑壁(21,61)或所述空腔(65)的内壁(61)之间。
4. 根据权利要求1-3中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个成对的平板(20)中的每个平板(20)由混凝土制成,和/或所述至少一对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)由混凝土制成。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述一对间隔杆(30)彼此平行布置,并且相对于纵向轴线(L)平行布置,该纵向轴线沿着所述至少一个中空管(60)的纵向方向穿过。
6. 根据权利要求1-5中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)具有矩形横截面。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,每对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)具有与相应的至少一个平板(20)的纵向尺寸一样长的纵向尺寸。
8. 根据权利要求1-7中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个平板(20)中的至少一个成对的平板(20)一个堆叠在另一个之上,并且所述至少一个成对的平板(20)中的每个平板(20)包括两个面,上面(21)和下面(22),其中,每对间隔杆(30)放置在至少一个成对堆叠的平板(20)中的下平板(20)的上面(21)与更高的平板(20)的下面(22)之间。
9. 根据权利要求8所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个成对的平板(20)中的每个平板(20)包括两个横向边缘(26),并且所述至少一对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)放置在平板(20)的两个横向边缘(26)中的一个处,使得所述贯穿通道(40)包括与被包括在所述一对间隔杆(30)的所述壁之间的最大横向尺寸一样长的横向尺寸。
10. 根据权利要求1-9中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,每个平板(20)具有与所述基本模块(10)的任何其他堆叠的平板(20)相同的横向尺寸。
11. 根据权利要求1-10中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个中空管(60)具有矩形横截面,并且所述至少一个中空管(60)的所述内部空腔(65)是矩形的,并且具有适于完全被所述至少一个基本模块(10)占据的尺寸。
12. 根据权利要求1-11中任一项所述的热能储存设备(100),其特征在于,所述至少一个中空管(60)具有椭圆形横截面,并且所述至少一个中空管(60)的所述内部空腔(65)是椭

圆形的。

13. 根据权利要求12所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一个成对的平板(20)中的每个平板(30)具有相对于所述至少一个成对的平板(20)中的至少另一个平板(30)不同的横向尺寸, 使得基本模块(10)的每个平板(20)的两个横向边缘(26)的至少一部分与所述至少一个中空管(60)的所述内空腔(65)的曲线内壁接触。

14. 根据权利要求12或13中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一个基本模块(10)与所述至少一个中空管(60)的所述内空腔(65)部分地配合, 从而在所述至少一个基本模块(10)与所述内空腔(65)的内壁之间产生至少一个空置空间, 所述空置空间由具有圆弓形形状横截面的混凝土杆(50, 51, 52, 53, 54)占据。

15. 根据权利要求1-14中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 其包括多个中空管(60)和多个基本模块(10), 其中, 所述多个基本模块(10)中的每个基本模块(10)被放置在所述多个中空管(60)中的每个中空管(60)的每个内部空腔(65)内,

其中, 所述多个中空管(60)中的每个中空管(60)沿着纵向轴线(L)与所述多个中空管(60)中的另一个中空管(60)串联布置, 使得串联布置的所述多个中空管(60)中的两个相邻的中空管(60)的端部借助热传递流体分配器(80)流动连通。

16. 根据权利要求1-15中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一个中空管(60)的所述内部空腔(65)包含串联(70)布置的多个基本模块(10), 使得串联(70)布置的所述多个基本模块(10)中的相邻基本模块(10)的贯穿通道(40)借助热传递流体分配器(80)流动连通。

17. 根据权利要求1-16中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一个成对的平板(20)中的每个平板(20)包括长度范围在0.5至20米之间的纵向尺寸、长度范围在0.5至5米之间的横向尺寸和长度范围在0.01至0.30米之间的厚度, 其中, 厚度沿着垂直方向测量。

18. 根据权利要求1-17中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)具有长度范围在0.005至0.05米之间的厚度, 其中, 所述厚度沿着垂直方向测量, 限定所述贯穿通道(40)的垂直尺寸。

19. 根据权利要求1-18中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述至少一对间隔杆(30)中的每个间隔杆(30)具有长度范围在0.01至0.50米之间的横向尺寸。

20. 根据权利要求1-19中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述中空管(60)由金属制成。

21. 根据权利要求1-19中任一项所述的热能储存设备(100), 其特征在于, 所述中空管(60)由混凝土制成或由包裹在金属管或金属片中的混凝土制成。

22. 一种用于制造热能储存设备(100)的过程, 包括:

至少一个基本模块(10)的制造阶段,

其中, 包括至少一个成对的平板(20)和至少一对间隔杆(30)的所述至少一个基本模块(10)的所述制造步骤包括:

按顺序堆叠所述至少一个成对的平板(20)中的至少一个第一平板(20)、所述至少一对间隔杆(30)和所述至少一个成对的平板(20)中的至少一个第二平板(20)的步骤, 使得所述至少一个第一平板(20)和所述至少一个第二平板(20)一个堆叠在另一个之上, 并且借助所

述至少一对间隔杆(30)沿着竖直方向间隔开,从而形成贯穿通道(40),该贯穿通道适于热传递流体经过从至少一个中空管(60)的两个端部的一个端部到另一个端部,其中,每个所述贯穿通道(40)被包括在每对间隔杆(30)的内壁与每个成对堆叠的平板(20)的内壁之间。

23.根据权利要求22所述的用于制造热能储存设备(100)的过程,其特征在于,所述至少一个基本模块(10)的制造步骤发生在所述中空管(60)的空腔(65)内,其中,所述至少一个中空管(60)包括所述内部空腔(65)和所述两个端部,其中,每个端部包括贯穿开口(64)。

24.根据权利要求22所述的用于制造热能储存设备(100)的过程,其特征在于,其包括将所述基本模块(10)插入所述至少一个中空管(60)的内部空腔(65)内的步骤,

其中,所述至少一个中空管(60)包括所述内部空腔(65)和所述两个端部,其中每个端部包括贯穿开口(64)。

25.根据权利要求22-24中任一项所述的用于制造热能储存设备(100)的过程,其特征在于,所述热能储存设备(100)是根据权利要求1-21中任一项所述的热能储存设备。

## 热能储存设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种热能储存设备。

### 背景技术

[0002] 在现有技术中,用于储存热能的系统是已知的,它们适用于热产生或回收的每一种情况。特别地,热储存适于通过可再生资源在发电系统中应用,比如例如集中太阳能发电厂(CSP)。

[0003] 可再生能源储存系统可以储存白天产生的多余能量,并在绝缘较低或不存在时和/或在能量需求较大时将其返回。热能的储存有利地平衡了能量供应和用户需求。

[0004] 热能储存系统可根据用于热量积聚的方法来分类:“显热储存”,其中通过改变储存介质的最小值与最大值之间的温度,能量以显热的形式储存,储存介质可以是固体和液体,并且其物理状态不会经历变化;“潜热储存”,其中能量以潜热的形式储存,潜热来源于材料的相变过程,通常是从液体转变为固体,反之亦然;“化学热储存”,其中通过利用适当的完全可逆的化学反应以化学吸收热的形式或者通过产生 $H_2$ 或合成气体来储存能量。

[0005] 除了直接产生蒸汽和实际使用“潜热储存”类型的储存可能是有利的系统之外,在其他类型的系统中,如在大多数CSP发电厂中,热能以显热的形式储存,即“显热储存”。除了比如发电厂的温度 and 操作压力等操作条件之外,这种储存类型的基本参数还与所使用类型的储存介质有关:密度、比热、热传导率和扩散率、蒸汽压力、与所用材料的兼容性。迄今为止,最广泛使用的技术解决方案包括安装两个液位可变的储罐,其中液体储存介质以其最低和最高温度储存。当所使用的储存介质也是热传递流体时,热量通过该热传递流体被吸收或传递,该技术可以被定义为直接的,或者当储存介质和热传递流体是两种不同的物质并且储存通过热交换器被充入和/或排出时,该技术可以被定义为间接的。

[0006] 技术研究正朝着单个储罐的方向发展。热能通过在储存介质内部建立温度梯度(即所谓的温跃层(thermocline))来积聚,如果适当地控制,这允许理想地将最低温度区域与最高温度的区域分开。此外,对于这种技术,可以讨论如上所述的直接或间接储存。使用一种材料作为热积聚材料的原因由几个因素决定:容易获得、成本低、可能达到高温、易于生产、不造成环境问题。

[0007] 除了使用液体的可能性之外,可以选择固体材料作为储存介质,比如固体颗粒,例如沙子,或者混凝土和/或陶瓷材料。

[0008] 第一种类型允许执行直接和间接储存,在第一种情况下,使固体颗粒床流化,并且还将其用作热传递流体,在第二种情况下,假设储存内部存在填充床,并且通过与热传递流体的直接接触来积聚和/或释放热量。使用固体颗粒作为热传递流体和储存介质的可能性允许消除与两种物质之间的热交换相关的低效率。然而,这种选择的缺点也很多:为了能够获得流化床,颗粒必须具有明确限定的直径;用于使床流化的空气和/或气体的高消耗量;由于颗粒受到的机械应力而形成灰尘;与流化床接触的材料上的磨损现象;由于烧结现象在高温下可能形成附聚物。这些关键问题中的一些可以通过采用填充的且因此稳定的颗粒

床来克服。在这种情况下,热量通过与热传递流体的直接接触而积聚和/或传递,该热传递流体必须与选择作为储存介质的材料在化学上相容。这样做,使床流化就不会有更多的能量浪费,此外,颗粒直径仍然需要控制,但不像形成流化床那样严格。使用固体颗粒的可能性使得热传递流体与储存介质本身之间的交换面积最大化,但是仍然存在一些缺点,比如:由于重复的热循环,填充床受到逐渐的非弹性变形(热棘轮效应);由于密度和粘度不同,热流体通道在较冷流体中的建立,称为指进或形成通道(channelling)。

[0009] 一些技术解决方案提供了热传递流体不与混凝土接触而是在被混凝土包围的金属管中流动。这种实施例可能存在剥落的问题,即由于材料本身内部因为存在的水的蒸发或热膨胀差异而出现的高过压,导致混凝土从管上脱离。

[0010] 一些技术解决方案具有平板系统,其中相邻的混凝土平板之间的空间非常小(1-2mm),所述空间通过在模具中放置牺牲层(例如蜡或塑料)的薄片而获得的,牺牲层薄片不容易放置并且然后必须被移除。考虑到平板的大尺寸(0.5-1.5m宽,2.5-5m高,10-30mm厚),从实施的角度来看,该解决方案具有相当大的困难和问题。不利的是,一旦蜡片被移除,所获得的贯穿通道可能是不规则的并且具有波浪形状。

[0011] 现有技术提供了布置在平行六面体形状的容器中的相等尺寸的矩形混凝土平板。这种解决方案对于所涉及的压力保持较低(即低于5或10巴)的系统适用并且在经济上可行。随着压力的增加,考虑到壁上的推力的不均匀性,具有矩形和/或正方形截面的外壳和/或外部容器的厚度非常快速地增加,使得现有技术的解决方案不利地不适用。

## 发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种热能储存设备,其克服了现有技术的缺点。

[0013] 根据本发明,该目的通过根据权利要求1所述的热能储存设备来实现。

[0014] 本发明的另一个目的是提供一种用于制造热能储存设备的方法,该方法克服了已知技术的缺点。

[0015] 根据本发明,这种进一步的目的是通过根据权利要求22所述的用于制造热能储存设备的过程来实现。

[0016] 其他特征包括在从属权利要求中。

## 附图说明

[0017] 参考所附的示意性附图,本发明的特征和优点将从下面的描述中变得更加明显,下面的描述将被理解为示例性的而非限制性的,其中:

[0018] 图1是根据本发明的热能储存设备的基本模块的元件的轴测图,其中基本模块的元件包括混凝土平板和一对混凝土间隔杆,该对间隔杆彼此平行布置并且位于平板的两个横向边缘处,其中该对间隔杆支撑布置在平板的下面下方的平板,其中该对间隔杆与平板是一体的;

[0019] 图2是能量储存设备的横截面的前视图,该能量储存设备包括具有圆形横截面的中空管,该中空管包括具有圆形横截面的空腔,在该空腔内布置有基本模块,该基本模块包括堆叠的元件,该元件包括具有不同横向尺寸的平板,从而符合空腔内壁的曲线轮廓,其中基本模块包括一个堆叠在另一个之上的多个元件,使得混凝土平板一个堆叠在另一个之

上,并且由多对间隔杆间隔开,这些间隔杆适于形成适于热传递流体经过的多个中空通道,其中每个中空通道被包括在堆叠的下平板的上面、成对的间隔杆与堆叠的上平板的下面之间,其中在基本模块的基部处的下平板不包括间隔杆,其中所述中空通道具有不同的尺寸,其中中空腔的上空隙和下空隙分别填充有具有圆弓形形状横截面的混凝土杆;

[0020] 图3是热能储存设备的替代基本模块的轴测图,该基本模块包括一个堆叠在另一个之上的多个元件,使得所有的具有相同横向尺寸的混凝土平板一个堆叠在另一个之上,并且由多对间隔杆间隔开,间隔杆适于形成多个中空通道,所有中空通道具有相同的尺寸,适于热传递流体的经过,其中在基本模块的基部处的下平板不包括间隔杆;

[0021] 图4是能量储存设备的横截面的前视图,该能量储存设备包括具有圆形横截面的中空管,该中空管包括圆形横截面的空腔,在该空腔内布置有图3所示的替代基本模块,该基本模块包括元件,基本模块的元件包括具有相等横向尺寸的平板,其中中空腔的上空隙、下空隙和侧向空隙分别填充有具有圆弓形形状横截面的混凝土杆;

[0022] 图5是替代的能量储存设备的横截面的前视图,该能量储存设备包括具有矩形横截面的替代的中空管,该中空管包括具有矩形横截面的空腔,图3的替代的基本模块布置在该空腔内,该基本模块包括相同尺寸的平板和具有矩形横截面的成对的间隔杆;

[0023] 图6是中空管的侧视图,该中空管包括相应的空腔,能量储存设备的基本模块布置在该空腔内,这些基本模块相互串联布置,使得中空通道相互流动连通,其中三个中空管以这样的方式串联布置,即它们的空腔被布置成在它们之间流动连通,并且流动分配器设置在管的端部处,所述流动分配器连接到用于热传递流体的液压网络;

[0024] 图7是三个中空管相互串联布置以形成三串三个中空管的轴测图,其中三串三个中空管进而相互并联布置;

[0025] 图8示出了多个串联布置的基本模块的轴测图,使得中空通道彼此流动连通,其中多个串联布置的基本模块进而并联布置;

[0026] 图9是多串中空管的液压连接构造的示意图,该多串中空管包括在它们的空腔内部的多个基本模块,其中多串中空管借助热传递流体分配器相互并联连接,所述热传递流体分配器布置在每串中空管的端部处,其中多串并联的中空管借助液压网络和热传递流体分配器与另一串多个中空管连接;

[0027] 图10是两个中空管的替代构造的示意图,这两个中空管在每个端部处包括借助热传递流体的液压网络连接的热传递流体分配器;

[0028] 图11是根据本发明的替代基本模块的替代元件的轴测图,其中混凝土平板可分离地安装有一对混凝土间隔杆,该对间隔杆彼此平行布置并位于平板的两个横向边缘处,其中该对间隔杆支撑布置在平板的下面下方的平板;

[0029] 图12是能量储存设备的横截面的前视图,该能量储存设备包括具有圆形横截面的中空管,该中空管包括具有圆形横截面的空腔,在该空腔内布置有替代的基本模块,该基本模块包括可分离地安装有成对的杆的平板,其中平板具有不同的横向尺寸,以便符合空腔内壁的曲线轮廓,其中成对的间隔杆包括外壁,该外壁包括至少一个与空腔内壁的曲线轮廓接触的部分,其中中空腔的上空隙和下空隙分别填充有具有圆弓形形状横截面的混凝土杆。

## 具体实施方式

[0030] 参照前述附图,特别是图2、图4和图12,热能储存设备100被示出为包括具有圆形横截面的中空管60,该中空管包括具有圆形横截面的内部空腔65。

[0031] 具体如图6所示,每个中空管60包括两个端部,并且每个端部包括贯穿开口64。

[0032] 如图6中的示例所示,中空管60限定了纵向方向,中空管沿着该纵向方向从一个端部延伸到另一个端部。

[0033] 具体如图8所示,热能储存设备100包括多个基本模块10,这些基本模块根据串联构造或并联构造布置在所述至少一个中空管60的所述内部空腔65内。

[0034] 具体如图2所示,热能储存设备100的每个基本模块10包括一个堆叠在另一个之上的多个元件20、30。

[0035] 如图1所示,所述基本模块10的每个元件20、30包括平板20和一对间隔杆30。

[0036] 如图1-4所示,平板20和该对间隔杆30是一体的。

[0037] 基本模块10包括一个堆叠在另一个之上的多个平板20和多对间隔杆30,这些间隔杆将堆叠的平板20间隔开,成对的间隔杆30布置在堆叠的平板之间。

[0038] 图2示出了七个元件20、30,特别地八个平板20被示出为沿着竖直方向由七对间隔杆30分开。

[0039] 从图1中很明显,基本模块10的至少一个平板20具有的横向尺寸与空腔65的横向尺寸一样长。基本模块10的其他平板20具有不同的尺寸,以便符合中空管60的空腔65的内壁61的曲线形状。

[0040] 在图2-5、图12中,基本模块10包括多个成对的平板20和相应的多对间隔杆30。

[0041] 具体如图2-5、图12所示,每对间隔杆30布置在每个成对堆叠的平板20之间,并且适于形成贯穿通道40,该贯穿通道适于热传递流体经过从中空管60的两个端部中的一个端部到另一个端部。

[0042] 每个贯穿通道40被包括在每对间隔杆30的内壁与每个成对堆叠的平板20的内壁之间。

[0043] 图2示出了横向尺寸不同但高度相同的七个贯穿通道40。

[0044] 热能储存设备100提供了具有间隔杆30的混凝土平板20的使用,这些间隔杆具有矩形横截面,以精确和正确的方式,间隔杆的高度建立了平板20之间的距离和相应的贯穿通道40在竖直方向上的尺寸。

[0045] 因此,以有利的简单方式解决了现有技术中突出的通道的不规则性。

[0046] 有利地,贯穿通道40比现有技术更容易制造,并且可以保持高效率,因为可以保证贯穿通道40的高度以及平板20之间的恒定距离的控制。还可以决定以受控方式改变间隔杆30的高度,以便以极高的精度来确定缆绳通道40的尺寸。

[0047] 这些具有成对的间隔杆30的成对的平板20有利地使平板20的堆叠步骤模块化、简单、快速,允许将热能储存设备100制作成包括适于符合如图2、12所示的中空管60的空腔65的内壁61的轮廓的基本模块10或者如图3、4、5所示的平行六面体形状的基本模块10。

[0048] 每个平板20由混凝土制成,并且每个间隔杆30由混凝土制成。

[0049] 具体而言,平板20优选地由包括高性能骨料的混凝土制成,高性能骨料将混凝土的特性与对热冲击的更好的机械抗性相结合,并且化学-物理性质(比如比热、热传导率)增

加,同时保持低成本并使热能储存设备100在经济上有利。

[0050] 混凝土平板20可以在现场直接堆叠在中空金属管60的空腔65内。

[0051] 与平板20成一体的间隔杆30的存在有利地有助于基本模块10的结构抗性。此外,有利地,平板20有利地更容易运输和管理。

[0052] 一对间隔杆30中的每个间隔杆30被布置成彼此平行并且平行于沿着中空管60的纵向方向穿过的纵向轴线L。

[0053] 基本模块10的每个间隔杆30包括矩形横截面。

[0054] 每对间隔杆30中的每个间隔杆30包括的纵向尺寸与相应的成对堆叠的平板20的纵向尺寸一样长,该对间隔杆30布置在该成对堆叠的平板之间。

[0055] 成对堆叠的平板20中的每个平板20包括两个面:上面21和下面22。每对间隔杆30布置在成对堆叠的平板20中的下堆叠平板20的上面21与上堆叠平板20的下面22之间。

[0056] 每个平板20包括两个横向边缘26。

[0057] 每个间隔杆30包括外横向边缘36。

[0058] 具体如图1-5、图11、图12所示,一对间隔杆30中的每个间隔杆30布置在平板20的两个横向边缘26之一处,使得贯穿通道40包括的横向尺寸与包括在该对间隔杆30的内壁和成对堆叠的平板20的内壁之间最大横向尺寸一样长。

[0059] 具体如图6、图9、图10所示,在相互串联布置的多个中空管60的终端贯穿开口64的嘴部处,设置有连接到系统或液压网络的热传递流体分配器80,用于分配热传递流体。

[0060] 每个平板20包括长度范围在0.5米和20米之间的纵向尺寸、长度范围在0.5米和5米之间的横向尺寸以及长度范围在0.01米和0.30米之间的厚度,其中厚度是沿着垂直方向测量的。

[0061] 优选地,单个混凝土平板可以具有区间从1到20m的长度,从0.7到3m的宽度以及从2到10cm的高度。

[0062] 平板20的高度和构成热传递流体的贯穿通道40的两个平板20之间的厚度是高效的热储存设备100的尺寸设计中的基本的重要参数,它们的值通过适当的模拟来确定,所述模拟考虑了固体材料和所使用的热传递流体的化学-物理特性以及储存系统中使用的操作条件。在这种解决方案中,这两个参数都很容易控制和实现。

[0063] 间隔杆30包括长度范围在0.5到5厘米之间的厚度,其中该厚度是沿着垂直方向测量的,限定了贯穿通道40的垂直尺寸。

[0064] 间隔杆30包括长度范围在1到30厘米之间的横向尺寸。

[0065] 优选地,间隔杆30的长度等于平板20的长度;间隔杆30的高度等于两个平板20之间的期望厚度以及贯穿通道40的尺寸,在1至4cm的范围内;间隔杆30的宽度在5至20厘米的范围内变化。

[0066] 所提出的尺寸代表了一种容易实现的解决方案,并且因此有利地简化了制造步骤。

[0067] 热能储存设备100具有提供低成本的热能储存系统的优点,该热能储存系统可以在所有的热应用中使用,这些热应用受益于以与其生产分离的方式管理这种热量。示例覆盖与CSP太阳能系统、热量回收系统的结合使用,比如在发电中的电力循环、在水库中提高回收系数、在太阳能海水淡化厂中。

[0068] 热能储存设备100包括具有圆形横截面的中空管60。

[0069] 中空管60的形状与中空管60的内壁61的形状相同,所述内壁形成中空管60的内部空腔65,并且因此空腔的横截面也是圆形形状的。

[0070] 如图2所示,基本模块10的成对的平板20中的每个平板20具有与同一成对的平板20和/或同一基本模块10中的至少另一个平板20不同的横向尺寸,使得基本模块10的每个平板20的两个横向边缘26的至少一部分与中空管60的内部空腔65的曲线内壁接触。以这种方式,侧向半圆形的横向空置空间(如果基本模块10的所有平板20具有相同的横向尺寸(具有平行六面体形状),则该空置空间不会被占据)被基本模块10本身在横向方向上的变形占据。结果,贯穿通道40具有彼此不同的横向尺寸。

[0071] 如图2所示,可以完全填充中空管60的整个竖直尺寸,或者如图4所示,为基本模块10的两个上空置空间和下空置空间提供填充混凝土圆弓形形状的杆50(上杆51和下杆52),使得贯穿通道40具有在给定区间的长度内变化的横向尺寸,该给定区间的长度在上面图2的实施例中限定。

[0072] 具有圆弓形形状横截面的杆50包括的纵向尺寸与基本模块10的平板20的纵向尺寸一样长和/或与中空管60的空腔65的纵向尺寸一样长。

[0073] 具有圆弓形形状横截面的杆50可以等同于平板20,代替如图4所示的至少一个成对的平板20中的一个平板20,事实上,关于包括下平坦表面的上杆51,该下平坦表面完全等同于平板20的下表面22,该上杆51直接叠置在一对间隔杆30的顶部上,该对间隔杆将其与下平板20的上表面21在竖直距离上分开。

[0074] 有利地,使用不同横向宽度的平板20以允许这些混凝土平板20与间隔杆30一起堆叠在圆柱形中空管60的空腔65内,这允许使用商业上可获得的圆柱形金属中空管60来获得模块化且可扩展的解决方案,该解决方案即使在高压下也适用,但是基于基本模块10的标准且低成本的元件。

[0075] 此外,如图4所示,可以提供另一种替代方案,其中图3的热能储存设备100包括替代的基本模块10,该基本模块部分地填充中空管60的具有椭圆形横截面的内部空腔65。在图4所示的替代方案中,可以看到,图3的实施例中所示的平行六面体形状的基本模块10被直接插入或安装在图4的圆形截面的中空管60内。在该替代方案中,基本模块10留下四个空置空间,并且在图4中,这些空置空间填充有多达四个具有圆弓形形状横截面的杆50、51、52、53、54,其中具有圆弓形形状横截面的这四个杆50由混凝土制成。

[0076] 有利地,在上述替代方案以及图2和图4中示出的半圆形混凝土杆50的使用,允许增加热能储存设备100与外部环境的隔热性。

[0077] 有利地,由于半圆形混凝土杆50,即使当使用市场上已经存在的中空金属管60代替直接由混凝土制成的中空管60时,也有可能具有隔热性。

[0078] 在图2和4中,平板20可以具有可变或恒定的宽度,其中中空管60的空腔65的半圆形空置空间填充有尽可能多的包括圆弓形形状横截面的混凝土杆。

[0079] 此外,提供了将可变尺寸的混凝土平板20布置在中空管60的空腔65中的可能性,或者将相同尺寸的平板20堆叠在中空管60的空腔65中的可能性,其中形成了具有半月形横截面的圆弓形形状的四个空置空间。通过用尽可能多的横截面为圆弓形形状的杆50来填充这四个空置空间,该解决方案有利地适用于具有高温以及高压的系统。

[0080] 利用图2和图4所示的热储存设备100的这些几何形状,因此可以覆盖宽的压力范围,并且有利地使热能储存设备100适于用宽范围的热传递流体来操作:各种类型的导热油、熔融盐的混合物或所有流体的压力高达100巴的气体。

[0081] 此外,混凝土杆50既用作另外的储存材料,又主要用作与外部环境的隔热体,这有利地限制了中空管60的外壁上的必要的隔离。因此,也有利地降低了成本。

[0082] 优选地,杆50的材料不同于平板20的材料,并且特别地,它可以是具有低传导率的混凝土,使得它可以更好地用作隔热体。在这种情况下,其成本甚至低于平板20的成本。

[0083] 具体如图4所示,混凝土基部位于中空管60的空腔65的下部内部部分,该基部是具有圆弓形形状横截面的杆52,在该杆上方,若干具有可变尺寸的平板20如图2所示水平地堆叠,或者如图4所示以固定尺寸堆叠。中空管60的空腔65的最上部内部部分填充有具有圆弓形形状横截面的另一混凝土杆51。填充有基本模块10和杆50的圆形横截面的中空管60构成热能储存设备100。

[0084] 有利地,对于图3所示的平行六面体形状的基本模块10,可以使用由金属或混凝土制成的具有如图4所示的圆形横截面和/或如图5所示的矩形横截面的商用中空管60作为外壳。

[0085] 因此,有利地,没有必要设计和制造专门为这些基本模块10开发的特定的外壳。这进一步简化了实施步骤,并允许有利地控制成本。将平板20堆叠在中空管60的空腔65内并且为底部的安装提供热传递流体分配器80就足够了,传热流体分配器被适当地设计和制造以确保液体在热能储存设备100的基本模块10的各种平板20之间的均匀分布。

[0086] 如图2、图4、图5、图12所示,热能储存设备100包括包含堆叠的混凝土平板20的单个储罐,这些平板与热传递流体直接接触。平板20与具有矩形横截面的间隔杆30一起制成,这使得堆叠步骤变得简单。

[0087] 热能储存设备100可以具有平行六面体的形状,其中所有的平板20具有相同的尺寸,如图5所示。

[0088] 与混凝土平板20和间隔杆30直接接触的热传递流体可以是在操作条件下具有低粘度的稳定流体或气体,具有良好的热容和高的热传递速度。

[0089] 热传递流体的示例是导热油或熔融盐的混合物,它们在市场上可广泛获得并且可以在热储存系统中使用。

[0090] 储存系统的温度范围为0到700°C,压力范围为1到100巴。

[0091] 热传递流体在入口处流动到储存系统,在通过水平堆叠的混凝土平板20获得的贯穿通道40中流动,并且通过分配器80获得进入流体在贯穿通道40之间的均匀分布。热传递流体的速度保持低速,在0.0005和0.01m/s的范围内。在贯穿通道40中,建立了层流运动,这有利于流体与基本模块10的元件20、30的混凝土之间的热传递。

[0092] 如图6-8所示,热能储存设备100包括多个中空管60和多个基本模块10,其中所述多个基本模块10中的每个基本模块10被放置在多个中空管60中的每个中空管60的每个内部空腔65内。

[0093] 此外,具体如图6所示,这种多个中空管60中的每个中空管60沿着纵向轴线L与同一多个中空管60中的另一个中空管60以串联构造布置,使得以串联70布置的这两个相邻的中空管60的端部彼此流动连通,具有流动连通的贯穿开口64。

[0094] 如图10所示,也可以提供其他形式的串联构造,例如通过设置每个中空管60在其端部处包括连接到热传递流体的液压网络的热传递流体分配器80,以这种方式提供如图10所示的若干中空管60之间的串联连接和并联连接。

[0095] 中空管60的内部空腔65可以有利地包含以串联70布置的多个基本模块10,以这种方式使得这种以串联70布置的多个基本模块10中的相邻的基本模块10的多个贯穿通道40彼此流动连通,或者串联70的相邻基本模块10流动连通,并且并联布置在同一中空管60的空腔65内。

[0096] 如图9所示,包含在中空管60中的基本模块10的各串联70之间的连接是可能的,借助分配器80和热传递流体的液压网络将它们互相并联和串联地布置。

[0097] 对于在低压下操作的热能储存设备100,水平堆叠的多个相同的平板20形成基本模块10。一串70并排布置的若干基本模块10形成基本模块10的串联70,例如如图8所示。在串联70的基本模块10的每个端部处设有分配器80。串联70的基本模块10包含在例如如图5所示的具有矩形横截面的中空管60中,或者如图2和4所示的具有圆形横截面的中空管中。串联和/或并联构造的基本模块10的若干串联70构成作为热储存系统的热能储存设备100。

[0098] 并联连接的基本模块10的各串联70借助分配器80并联连接,所述分配器连接到中空管60的端部的两个相应的贯穿开口64,其中并联布置的每个中空管60在其空腔65内仅包括一个串联70布置的基本模块10的串联70。

[0099] 有利地,相邻的贯穿通道40之间的距离保持在1至4厘米之间,并且平板20具有2至10厘米之间的厚度,这表示可以更容易控制和获得尺寸,有利地降低了制造难度。

[0100] 尽管存在这些较高的空置厚度和全厚度,但热能储存设备100的性能和效率相对于现有技术有利地保持在高水平。

[0101] 此外,通过使用具有矩形横截面的间隔杆30,获得了贯穿通道40的水平布置和它们的正确的期望距离,这有利地允许更简单且更规则地将更多混凝土平板20一个堆叠在另一个之上。

[0102] 贯穿通道40的高度控制与平板20的高度控制是储存效率的基本参数,并且在该热能储存设备100中,由于使用了特殊的间隔杆30,以精确、可重复、可控且有利地经济的方式获得了对贯穿通道的高度控制与平板的高度控制。

[0103] 间隔杆30的存在还有利地允许生产和堆叠16米的且具有更长纵向尺寸的单个平板20。此外,从流体动力学的角度来看,在水平平板20之间的单个水平的贯穿通道40内,对流运动相对于现有技术的垂直平板的垂直通道而言受到限制,有利地促进了温跃层的形成并限制了面积。

[0104] 有利地,在温跃层的充入和排出步骤期间,基本模块10的每一单个串联70和/或由串联和/或并联的基本模块10的若干串联70构成的每一系统的负载损失较低且恒定,在温跃层的充入和排出步骤中,贯穿通道40内的流动方向相反,从而保证了较高的储存效率和操作的改进。有利地,贯穿通道40水平地布置。也可以提供竖直布置的形成竖直通道的平板20,但这放弃了当贯穿通道40水平布置时的协同且有利的技术效果。

[0105] 有利地,热能储存设备100提供热传递流体与混凝土之间的直接接触,即使使用熔融盐并达到高温,也不会出现剥落问题。

[0106] 举例来说,给出了热能储存设备100的两个示例,包括具有矩形横截面的中空管60

和平行六面体的基本模块10。对于这两个示例,使用的基本模块10包括混凝土固体的平板20和间隔杆30以及两种可能的热传递流体,这两种热传递流体由熔融盐和导热油的混合物组成,具有以下化学-物理特性:混凝土固体的密度为 $2300\text{kg}/\text{m}^3$ ,比热为 $1000\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ ,并且热导率为 $1.2\text{W}/\text{m}/\text{K}$ ;熔融盐的密度为 $1820\text{kg}/\text{m}^3$ ,比热为 $1520\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ ,并且热导率为 $0.52\text{W}/\text{m}/\text{K}$ ;导热油的密度为 $770\text{kg}/\text{m}^3$ ,比热为 $2425\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ ,并且热导率为 $0.089\text{W}/\text{m}/\text{K}$ 。

[0107] 对于第一示例,储存了 $500\text{kWh}$ 的热能,在 $300$ 到 $550$ 摄氏度之间的温度范围内以具有熔融盐的热传递流体操作。

[0108] 热能储存设备100包括串联70布置的八个基本模块10,以形成沿纵向轴线L方向的 $16$ 延米的长度。每个基本模块10包括横向尺寸为 $1$ 米长、纵向尺寸为 $2$ 米的平板20。基本模块10作为一个整体在垂直方向上具有 $0.54$ 米的高度,并且通过堆叠七个平板20而获得,在一个平板20与另一个平板20之间具有相应的成对的间隔杆30。由储存占据的体积等于 $8.67\text{m}^3$ ,混凝土的体积为 $6.27\text{m}^3$ 。单个贯穿通道40的高度为 $2.5\text{cm}$ ,并且平板20的厚度为 $5.6\text{cm}$ ,真空度为 $0.31$ 。

[0109] 一旦达到热能储存设备100的热稳定性,充入和排出时间都是大约 $5$ 小时。储存容量为每立方米混凝土 $80\text{kWh}$ 的热量。热能储存设备100的效率在 $94\%$ 和 $97\%$ 之间的范围内。

[0110] 对于第二示例,储存了 $660\text{kWh}$ 的热能,在 $300$ 至 $400$ 摄氏度的温度范围内以导热油作为热传递流体操作。

[0111] 热能储存设备100包括并联布置的两个串联70,一个串联70中布置有八个基本模块10,以沿纵向轴线L形成 $16$ 延米的长度。两个串联70形成两个储罐。每个基本模块10包括横向尺寸为 $1$ 米长、纵向尺寸为 $2$ 米的平板20。基本模块10作为一个整体在垂直方向上具有 $0.55$ 米的高度,并且通过堆叠二十一个平板20而获得,在一个平板20与另一个平板20之间具有相应的成对的间隔杆30。由组成两个串联70的储存占据的体积等于 $17.6\text{m}^3$ ,混凝土体积为 $13.44\text{m}^3$ 。单个贯穿通道40的高度为 $0.7\text{cm}$ ,并且平板20的厚度为 $2\text{cm}$ ,真空度为 $0.25$ 。

[0112] 一旦达到热能储存设备100的热稳定性,充入和排出时间都是大约 $4.5$ 小时。储存容量为每立方米混凝土 $50\text{kWh}$ 的热量。热能储存设备100具有 $96\%$ 的效率。

[0113] 就该热能储存设备100的制造而言,可以定义包括基本模块10的制造步骤的过程。

[0114] 基本模块10的制造步骤包括根据垂直方向依次堆叠至少一个成对的平板20中的至少一个第一平板20、至少一对间隔杆30和该至少一个成对的平板20中的至少一个第二平板20的步骤,使得第一平板20和第二平板20一个堆叠在另一个之上,并且借助该对间隔杆30沿着垂直方向相互间隔开,从而形成贯穿通道40,该贯穿通道适于热传递流体经过从中空管60的两个端部中的一个端部到另一个端部,其中每个贯穿通道40被包括在每对间隔杆30的内壁与每个成对堆叠的平板20的内壁之间。

[0115] 用于制造热能储存设备100的该过程提供了将基本模块10的元件20、30堆叠起来的步骤,该步骤发生在热能储存设备100的管60的空腔65内。

[0116] 替代地,用于制造热能储存设备100的该过程包括将基本模块10插入中空管60的内部空腔65内的步骤,其中中空管60包括内部空腔65和两个端部,其中每个端部包括贯穿开口64。

[0117] 有利地,通过借助也在中空管60的空腔65内的成对的间隔杆30将平板20间隔开,可以将平板一个堆叠在另一个之上,使得组装更容易。

[0118] 有利地,还可以提供基本模块10在外部组装并且稍后将其定位在中空管60的空腔65内,以加速热能储存设备100的制造。

[0119] 替代地,为了获得中空管60的内部空腔65的非常大的直径,可以接近具有较小横向尺寸的平板20。

[0120] 有利地,基本模块10由若干工件组成,平板20和一对间隔杆30是一体的,这没有任何热膨胀差异的问题。因此,有利地,可以制造大尺寸的基本模块10。

[0121] 替代地,热能储存设备100包括至少一个中空管60和布置在中空管60的内部空腔65内的至少一个基本模块10。

[0122] 替代地,基本模块10包括一个堆叠在另一个之上的单个成对的平板20和沿竖直方向将它们彼此间隔开的单对间隔杆30。

[0123] 替代地,基本模块10提供了基本模块10的元件20、30,包括平板20和一对间隔杆30,所述元件搁置在中空管60的内部空腔65的内壁61上,并且提供了贯穿空腔40被包括在平板20的下面22、该对间隔杆30的壁与中空管60的内部空腔65的内壁61之间。

[0124] 替代地,也可以提供相反的情况,即当没有平板20在上方界定贯穿空腔40时,该贯穿空腔40由内部空腔65的内壁61或上杆51界定。

[0125] 替代地,如图11-12所示,可以提供:成对的间隔杆30可以与平板20分开制造,即作为可与混凝土平板20分开安装的零件。间隔杆30与平板20分开制造,并且在将一个平板20堆叠在另一个平板20之上的步骤期间,间隔杆简单地布置在平板20上。

[0126] 替代地,如图12所示,基本模块10的成对的平板20中的每个平板20具有的横向尺寸不同于同一成对的平板20和/或同一基本模块10中的至少另一个平板20的横向尺寸,使得基本模块10的每个平板20的两个横向边缘26的至少一部分与中空管60的内部空腔65的曲线内壁接触。此外,可分离的间隔杆30以这样的方式布置,即使得它们的外横向壁36的至少一部分与中空管60的空腔65的内壁61的至少一个曲线部分接触,以便更精确地符合空腔65的内壁61的曲线轮廓。

[0127] 替代地,中空管60也可以由混凝土制成。

[0128] 替代地,中空混凝土管60可以与杆50是一体的。

[0129] 替代地,中空混凝土管60可以包裹在金属管或金属片中。

[0130] 替代地,平板20可以由固体材料制成,该固体材料具有与混凝土相当的良好的热容、导热率和抗性,并且与所使用的热传递流体具有化学-物理相容性。

[0131] 替代地,圆弓形形状的杆50可以由固体材料制成,该固体材料具有与混凝土相当的良好的热容、热导率和抗性,并且与所使用的热传递流体具有化学-物理相容性。

[0132] 替代地,可以提供:基本模块10的间隔杆30可以包括基本上为矩形形状的横截面,即横截面是方形的,或者横截面的形状基本上为矩形,并且具有彼此平行的下几何基部和上几何基部,以便支撑平板20,并且横截面的侧向侧边可以具有曲线轮廓或其他形状,例如凹曲线轮廓、凸曲线轮廓、向上或向下锥形的曲线轮廓。

[0133] 作为替代方案,如图5所示,热能储存设备100包括具有矩形横截面的替代的中空管60,该中空管包括具有矩形横截面的替代的内部空腔65。

[0134] 根据后一种替代方案,具体如图3、4、5所示,基本模块10使每个平板20具有与基本模块10的任何其他平板20相同的横向尺寸。

[0135] 具体如图5所示,中空管60具有矩形横截面,并且中空管60的内部空腔65包括矩形横截面,并且具有适于完全被基本模块10占据的尺寸,这意味着平板20的横向边缘26与空腔65的内壁接触。如图8或9所示,在中空管60内部,可以提供串联70布置的多个基本模块10。

[0136] 替代地,如图3-5、图12所示,一对间隔杆30中的每个间隔杆30等同于同一对间隔杆30中的另一个间隔杆30。

[0137] 替代地,中空管60的形状不同于中空管60的内壁61(其形成中空管60的内部空腔65)的形状。

[0138] 替代地,管60具有椭圆形横截面。也可以将中空管60的横截面设置为特定的椭圆形,其中长几何轴线等于短几何轴线,并且因此中空管60的横截面可以具有圆形形状。

[0139] 替代地,如图8所示,可以提供:热能储存设备100包括多个储罐,其中每个储罐由串联布置的基本模块10的单个串联70组成。

[0140] 替代地,热能储存设备100还包括并联布置在所述至少一个中空管60的所述内部空腔65内的多个基本模块10。

[0141] 如此构思的本发明易于进行许多修改和变型,所有这些都落在相同的发明构思内;此外,所有的细节都可以用等同的技术要素来代替。实际上,根据技术要求,所使用的材料及其尺寸可以是任何类型的。

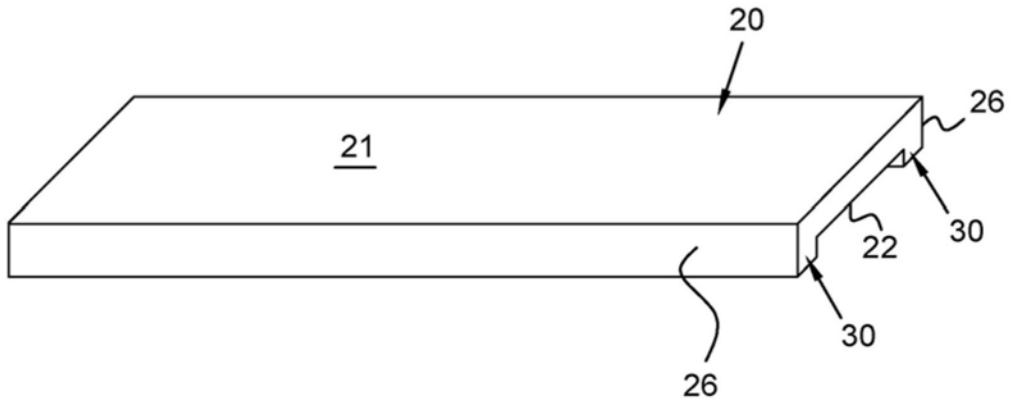


图1

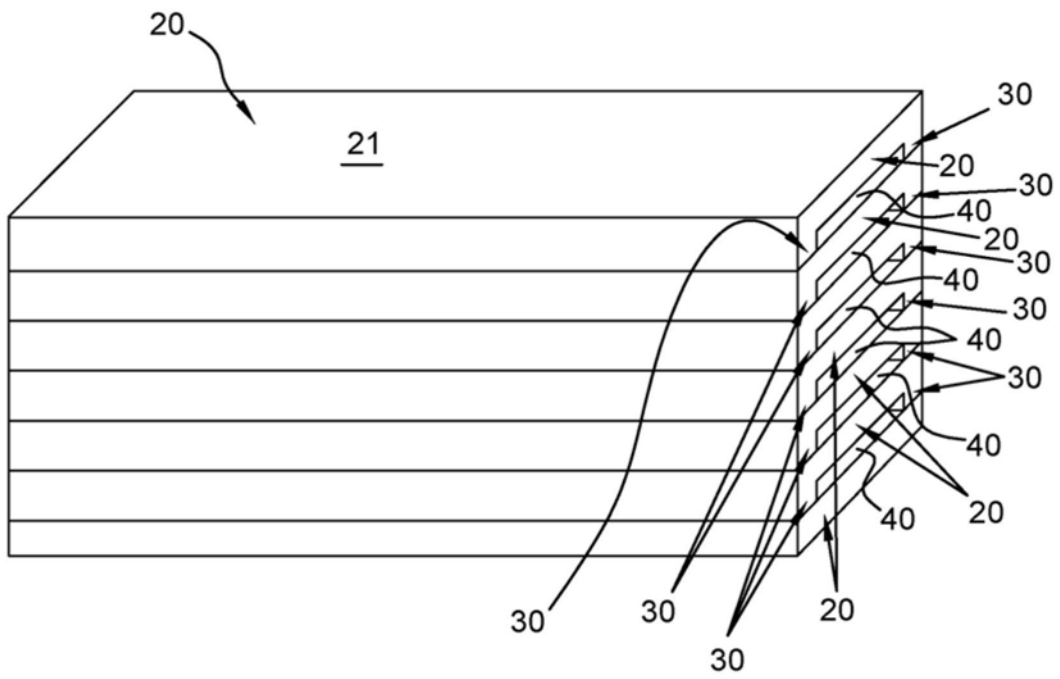


图3

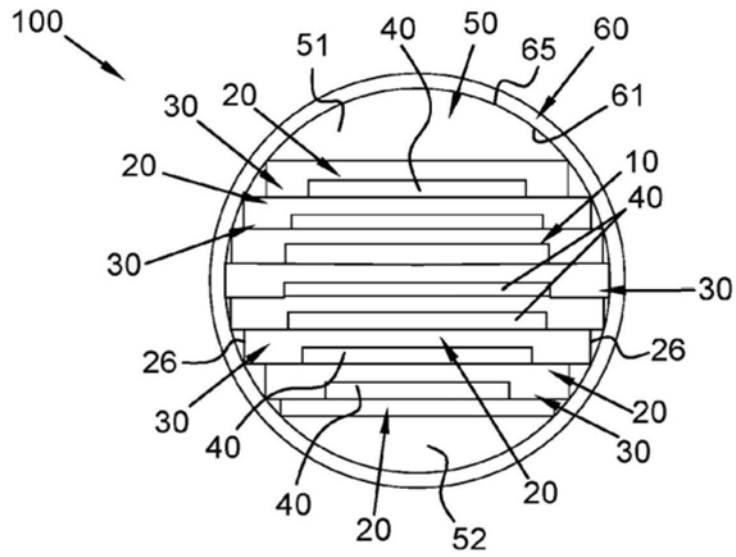


图2

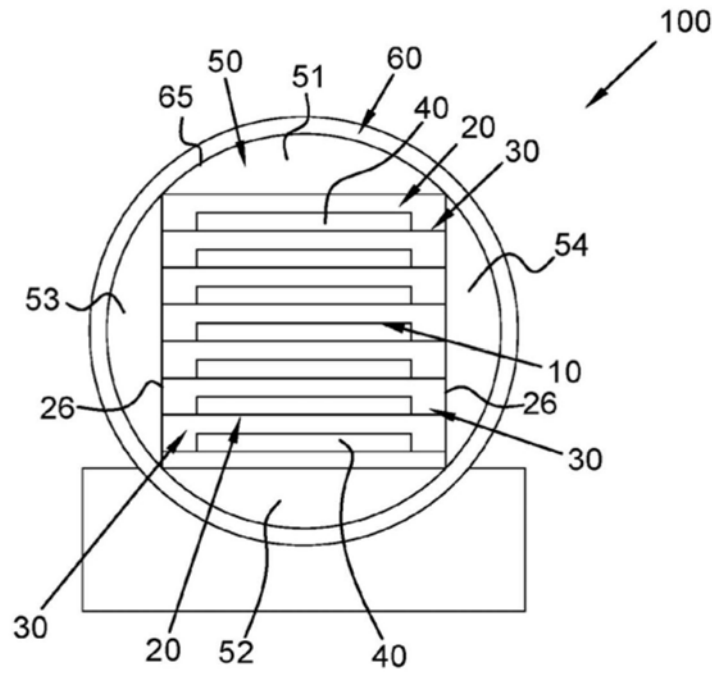


图4

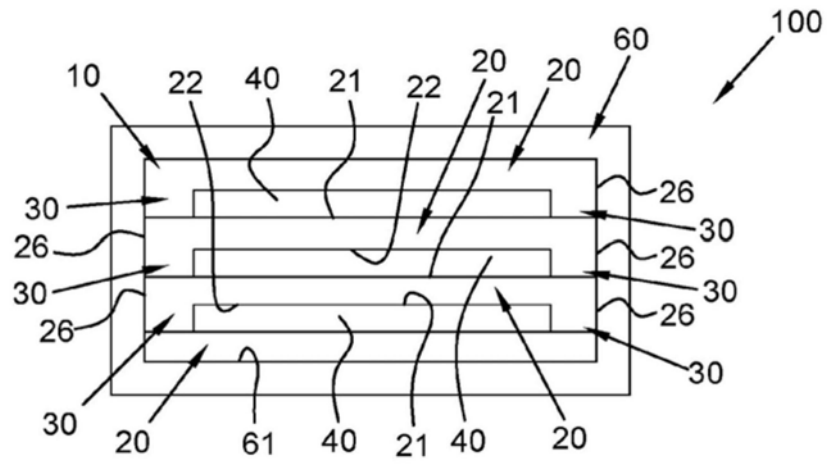


图5

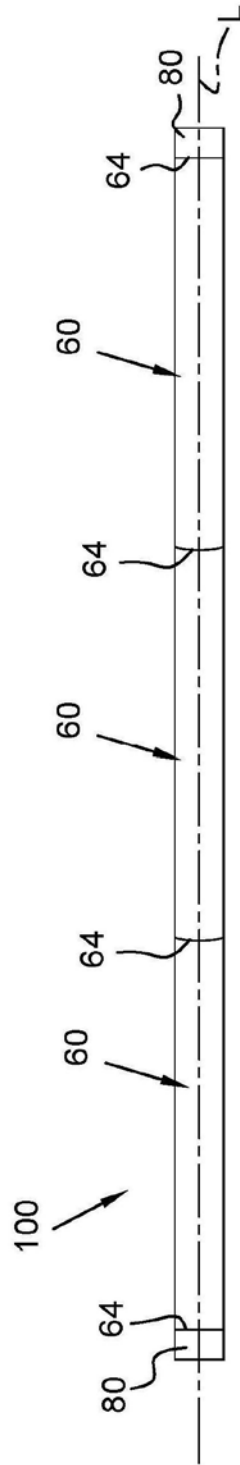


图6

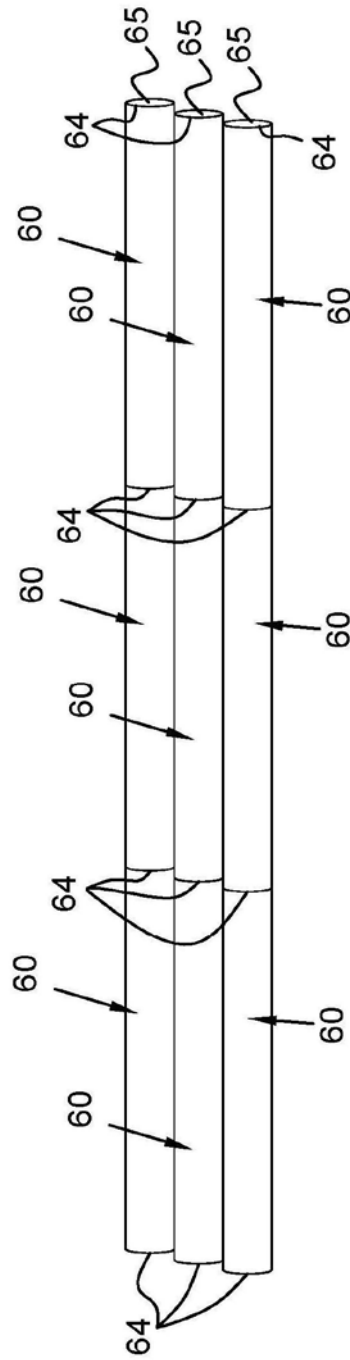


图7

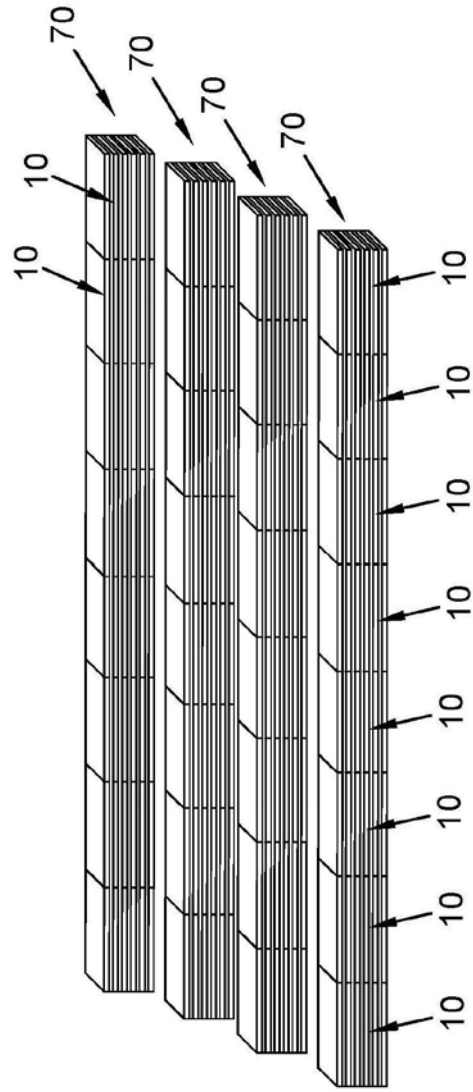


图8

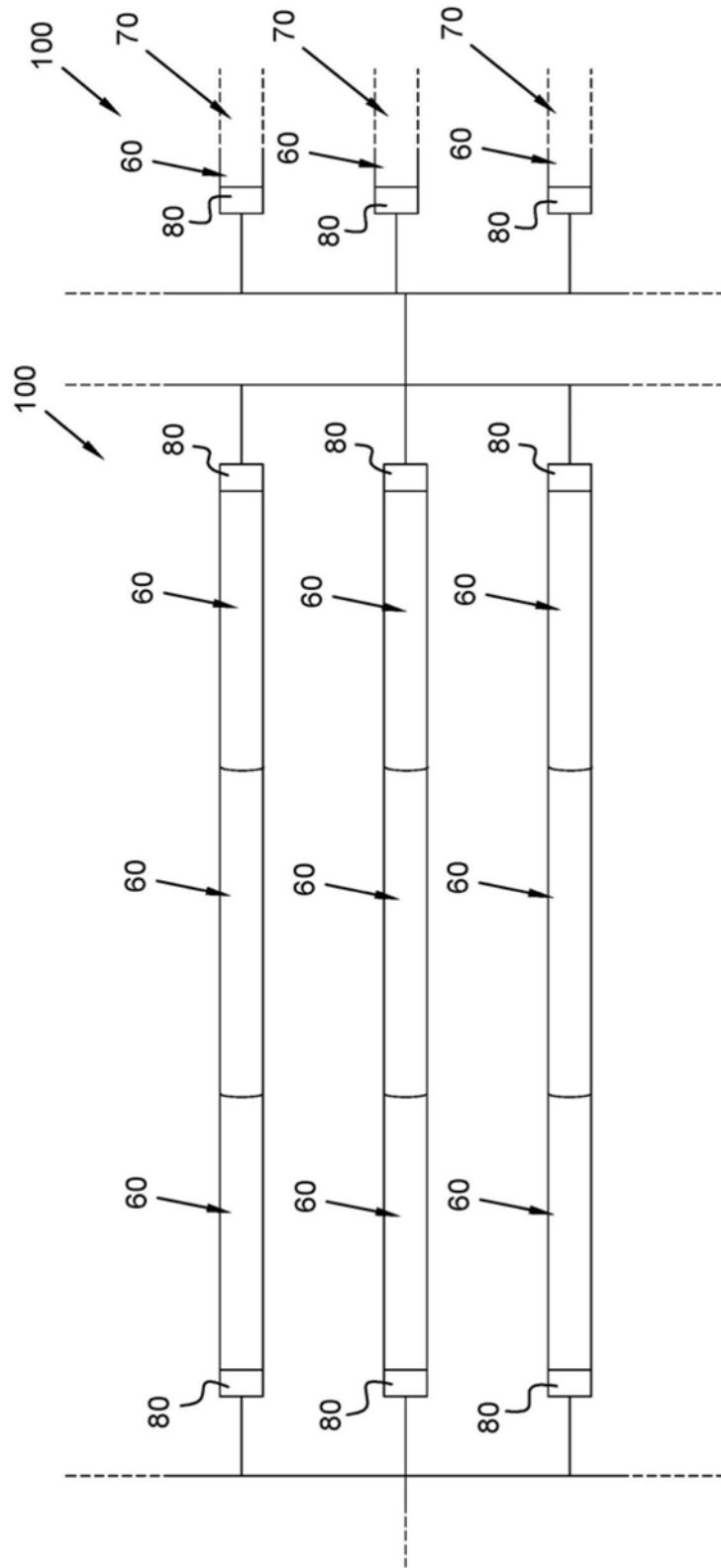


图9

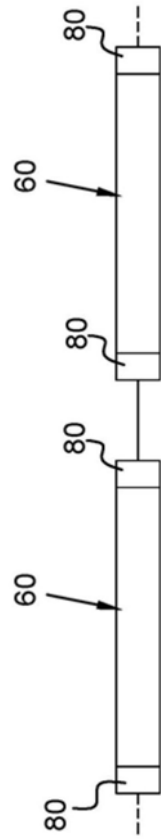


图10

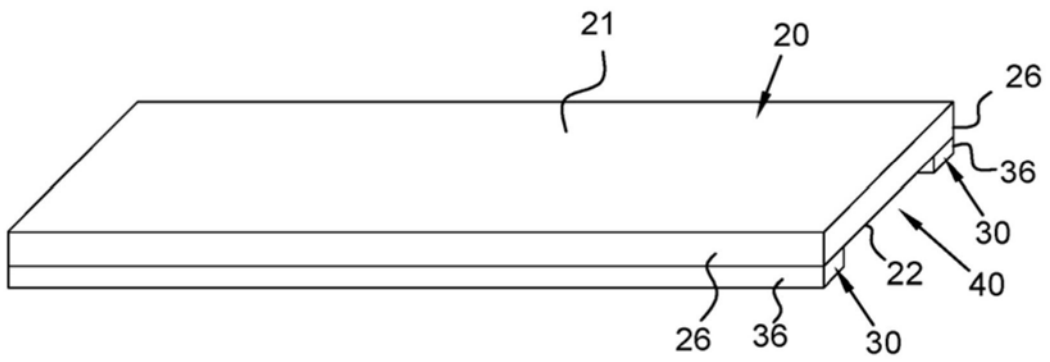


图11

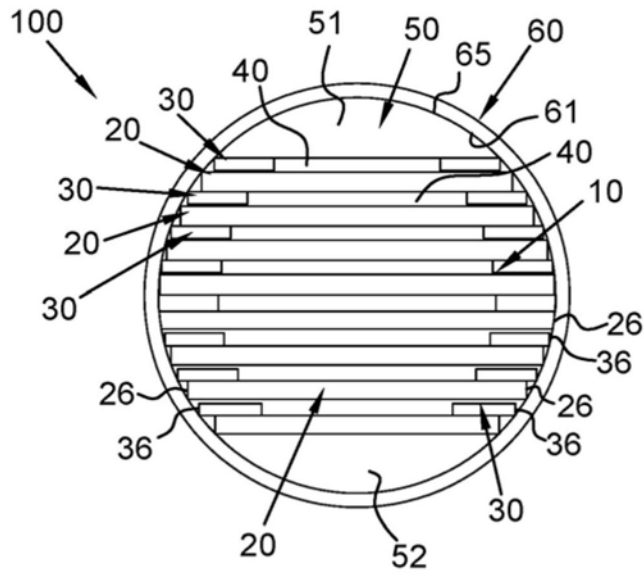


图12