(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102767975 A
(43)申请公布日 2012.11.07

(21)申请号 201110114949.0

(22)申请日 2011.05.05

(71)申请人 华东理工大学
地址 200237 上海市徐汇区梅陇路 130 号

(72)发明人 朱冬生 孙赫 曾力丁 涂善东

(74)专利代理机构 上海顺华专利代理有限责任公司 31203
代理人 谈顺法

(51)Int.Cl.
F28D 7/02(2006.01)
F28F 19/06(2006.01)
C23C 2/06(2006.01)

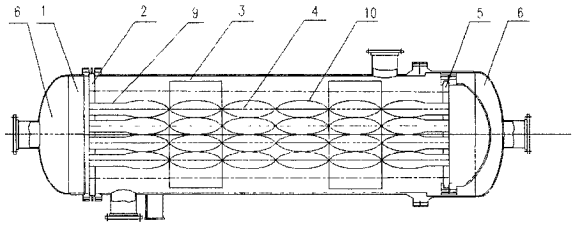
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54)发明名称

一种整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器

(57)摘要

本发明涉及一种整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器，其特征为：换热器传热扭曲管是两端为圆形直管、中间是横截面为椭圆形或扁圆形的螺旋扭曲管，传热扭曲管沿管箱轴向平行设置，两端与管板连接组成管束芯体，螺旋扭曲管扭距相同，每相隔至少 1/6 倍扭矩，相邻的螺旋扭曲管横截面的长轴部位相接触形成支撑和阻挡，短轴部位相对应形成间隙，形成网状流道。本发明的换热器没有支撑板（折流板），没有管板与管束表面的摩损，保证了热浸锌表面的整体性和完整性，显著提高了壳程、管程的抗腐蚀能力，替代了耐腐蚀性材料的换热器，减少了制造成本。



CN 102767975 A

1. 一种整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器，包括管箱 1、管板 2 和管板 5、壳体 3 和封头 6，其特征在于，所述的换热器以传热扭曲管 4 作为传热管，所述的传热扭曲管 4 的两端为圆形直管 9，其余部分是横截面为椭圆形或扁圆形的螺旋扭曲管 10，每根传热扭曲管 4 沿管箱 1 的轴向平行设置，通过两端的圆形直管 9 分别与管板 2 和管板 5 固定连接组成管束芯体 7，每三根相邻的传热扭曲管 4 在管板上成正三角形排列；每根螺旋扭曲管 10 具有相同的扭距 S，为螺旋扭曲管任一横截面绕扭曲管轴线旋转一周经过的长度，在与传热扭曲管 4 轴线垂直的任一平面上，螺旋扭曲管 10 横截面的长轴互相平行，管束芯体 7 中传热扭曲管 4 的间距为螺旋扭曲管 10 横截面的长轴长 A；每相隔至少 1/6 倍扭矩 S，相邻的螺旋扭曲管 10 横截面的长轴部位相接触形成支撑和阻挡，短轴部位相对应形成间隙，在所述管束芯体 7 中形成网状流道；

其中，所述的传热扭曲管 4 的材质为碳钢，管束芯体 7 在与壳体、封头和管箱进行装配前，进行整体热浸锌处理。

2. 如权利要求 1 所述的整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器，其特征在于，所述的螺旋扭曲管 10 横截面的短轴 B 与长轴 A 之比为 B/A ＝ (0.6 ～ 0.7) ： 1。

3. 如权利要求 1 所述的整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器，其特征在于，每相隔至少 1/6 倍扭距，所述的传热扭曲管 4 的管束整体捆扎。

4. 如权利要求 1 所述的整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器，其特征在于，所述的管板 2 和管板 5 为固定管板或浮头管板。

一种整体热浸锌防腐的扭曲管自支撑管壳式换热器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种管壳式换热器，特别是一种整体热浸锌防腐的采用扭曲管作为传热管的自支撑管壳式换热器，属于换热器材料和制造技术领域。

背景技术

[0002] 近年来，为降低换热设备的重量，减少换热设备体积，节能降耗，强化传热过程，已研制出多种高效换热器。如折流杆换热器（换热管有光滑管、螺纹管、螺旋槽管等）一般只是用于大流量的场合，壳程物流流速对壳程传热系数有很大的影响，不适宜壳程为中小流量使用；波纹管、波节管换热器一般采用薄壁换热元件，由于震动碰撞等原因，换热管易于破裂，降低了使用安全性，且由于薄壁承压较低，也不适用于高温高压场合下使用；管内插弹簧或扭曲带换热器易于堵塞、造成压力降过大；目前所开发的几类高效换热器应用场合受到一定的限制，不易推广，因此使用最为广泛的还是传统的管壳式换热器。目前大量使用的管壳式换热器为传统的弓形折流板管壳式换热器，换热管长期运行出现腐蚀破损的问题越来越严重。以石化行业常用的换热器为例：长期以来，每年都要发生多起换热管腐蚀破损失效的事件，不得不通过加衬管或堵管进行补救，并严重影响换热器的传热效果。

[0003] 传统的弓型折流板换热器中，弓型折流板的作用是使壳侧流动成为弯曲的之字形流动，流体可以垂直冲刷管束，强化换热。但是，这种折流板的布置形式同时也带来了很多问题。

[0004] (1) 弓型折流板使流体垂直冲击壳体壁面，造成较大的沿程压降；

[0005] (2) 折流板与壳体壁面相接处产生流动滞止死区，降低了换热效率；

[0006] (3) 由于制造公差的存在及安装要求，管束与壳体存在一定的缝隙，使壳侧存在较大的旁路流动，即壳体壁面附近的切向流动。折流板与壳体壁面之间及换热管与折流板之间存在漏流，旁流及漏流降低了有效的横掠管束的质量流速，故减小了壳侧的换热效率；

[0007] (4) 高的质量流速横掠换热管束，会诱导换热管的振动，缩短换热器的寿命。

[0008] 现代工业设备对热负荷的要求越来越大，这就要求安装更大面积的换热器。可是，在现有工艺流程上增加换热器的数量，必然引起总沿程压降的增加，即需要增大泵功消耗。在某些情况下，这种做法是不可行的。例如，对现有设备进行改进，由于空间限制，无法安装更多的换热器；或者泵的能力已在初始安装时确定，没有预留足够的余量。随着工业的发展，节能越来越重要，对换热器的要求也越来越严格。希望达到要求的换热量，同时消耗较小的泵功。而对于传统的弓型折流板换热器，要产生所要求的换热量，必然带来相当高的沿程压降。因此，重新考虑对折流板的安排是必要的。

[0009] 综上所述，传统弓型折流板换热器中，弓型折流板使流体横向冲刷管束．提高了壳侧流体的换热能力，但是，由于流体在接近壳体壁面处的突然转向使能量损耗迅速增大，造成壳侧的沿程压力降增大，另外，由于折流板与壳体之间的旁流和换热管与折流板之间漏流及死区的存在，使其壳侧流动特性的缺点十分明显。

发明内容

[0010] 针对现有技术的缺陷，尤其是针对弓型折流板换热器的腐蚀问题以及壳侧流动的缺点，本发明为克服传统折流板管壳式换热器存在的不足，提出一种整体热浸锌防腐的采用扭曲管的自支撑管壳式换热器。

[0011] 本发明的构思是这样的：

[0012] 传统折流板换热器因在整个管长区间周期性的布有折流板，在换热器投入使用后，由于震动，使折流板的管孔与管束存在很大的摩擦，若此类换热器在采用热浸锌处理，则处在折流板管孔与管束之间的热浸锌层 0.01-0.1mm 极易被摩损掉，导致局部腐蚀，是热浸锌失去价值。相比之下，本发明的扭曲管换热器就可以很好的实现整体热浸锌的工艺，因为扭曲管换热器可以实现自支撑，没有折流板，因此没有与管束的磨损，保证了热浸锌表面的整体性和完整性。可以显著提高壳程和管程的抗腐蚀能力，同时可以替代耐腐蚀性材料换热器，减少制造成本。同时传热扭曲管的换热器中，流体在壳侧的流动方向是连续变化的。不存在突然转向的流动，极大的降低了流动阻力。流体与换热管有一螺旋倾角，流体螺旋状的绕过换热管束，不仅流动阻力小，而且不存在滞流死区，壳程流动特性的优点是显而易见的。本发明的换热器与弓形折流板换热器的根本区别在于折流板在壳体中结构形式的变化。弓形折流板在壳体内垂直于换热管束，使壳侧形成若干个并列折返通道，介质急剧改变流向必然产生严重的压力损耗。这是此类换热器能耗大的主要原因。同时在两个折流通道变向过渡区域，流体取最短路程斜向前进，就形成一个介质相对静止的三角形区域。这部分静止流体降低了管子表面的换热能力，相当于减少了换热面积，这也说明了弓形折流板换热器无法大幅度提高换热效率的主要原因之一。采用传热扭曲管的换热器在结构上采用螺旋扭曲管束自支撑，使介质自壳体进口向出口呈螺旋状推进。避免了大斜度折返带来的严重压力损失，因而具有低压力降特点。介质的高传热系数来源于高 Re 数，而高的流速又是提高 Re 数的重要条件。传统的弓形折流板换热器由于死区较大，速度受到极大的影响。扭曲管换热器依靠螺旋线或变径部分的点接触来支撑管束，同时又形成了壳程的抗流元件，在保持低压力降的前提下，增大了流体自身的湍流度，大大提高了介质的流速，这样通过 Re 数来达到提高膜换热系数的目的。究其原因主要是这种螺旋结构使介质形成旋涡，从圆心到半径方向产生较大的速度梯度，使管子表面的流体形成湍流，从而减薄边界层，有利于提高换热系数，使壳程强化传热进一步增强。

[0013] 另外，连续的螺旋线和变径部分的支撑减小了管子间的跨距，使得管子的固有频率避开了流体的激振频率，避免了因共振引起的破损。从而延长了设备的寿命，降低了维修费用。由于流体的有效冲刷，也减少了污垢的沉积，使换热器长期运行在高效状态，达到了节能的目的。

[0014] 本发明是通过以下技术方案实现的：

[0015] 一种采用扭曲传热管的自支撑管壳式换热器，包括管箱 1、管板 2 和管板 5、壳体 3 和封头 6，其特征在于，所述的换热器以传热扭曲管 4 作为传热管，所述的传热扭曲管 4 的两端为圆形直管 9，其余部分是横截面为椭圆形或扁圆形的螺旋扭曲管 10，每根传热扭曲管 4 沿管箱 1 的轴向平行设置，通过两端的圆形直管 9 分别与管板 2 和管板 5 固定连接组成管束芯体 7，每三根相邻的传热扭曲管 4 在管板上成正三角形排列；每根螺旋扭曲管 10 具有相同的扭距 S，为螺旋扭曲管任一横截面绕扭曲管轴线旋转一周经过的长度，在与传热扭曲

管 4 轴线垂直的任一平面上，螺旋扭曲管 10 横截面的长轴互相平行，管束芯体 7 中传热扭曲管 4 的间距为螺旋扭曲管 10 横截面的长轴长 A ；每相隔至少 1/6 倍扭矩 S，相邻的螺旋扭曲管 10 横截面的长轴部位相接触形成支撑和阻挡，短轴部位相对应形成间隙，在所述管束芯体 7 中形成网状流道 ；

[0016] 其中，所述的传热扭曲管 4 的材质为碳钢，管束芯体 7 在与壳体、封头和管箱进行装配前，进行整体热浸锌处理。

[0017] 在上述技术方案中，所述的螺旋扭曲管 10 横截面的短轴 B 与长轴 A 之比优选为 B/A ＝ (0.6 ～ 0.7) ： 1。

[0018] 在上述技术方案中，每相隔至少 1/6 倍扭距，传热扭曲管 4 的管束整体捆扎。

[0019] 在上述技术方案中，所述的管板 2 和管板 5 为固定管板或浮头管板。

[0020] 有益效果

[0021] 本发明与现有换热器相比，有以下优势 ：

[0022] 1、防腐蚀性，换热管管束芯体和管板的整体热浸锌来替代防腐蚀材料管束，可以达到很好的抗腐蚀能力，同时又能大大的降低制造成本。

[0023] 2、使用寿命长，此高效换热器的壳程流道基本为纵向流或纯逆流，避免了流体对管束芯体的横向冲刷以及流动死区的形成，再加上对管束芯体的整体捆扎，更能有效提高换热器壳程抗诱导振动以及抗结垢的能力，从而延长换热器的使用寿命。

[0024] 3、此高效扭曲管换热器壳程因采用无折流板（支撑板）结构，简化了管束支撑，提高了换热器的紧凑度，扭曲管依靠螺旋线或变径部分的接触来支撑管子，同时又组成壳程的扰流元件，增大了流体自身的湍流度，破坏了管壁上的流体边界层，从而使壳程传热进一步增强 ；无折流板（支撑板）结构实现了全程纵向流或纯逆流，使得壳程压降大大降低，传热面积得到充分利用 ；同时由于分布均匀，没有流动死区的形成。

[0025] 4、管束外侧易于清洗，管壳式换热器设计时在一定条件下可广泛采用三角形排列，提高换热设备单位体积 / 重量的换热量。此高效换热器采用了螺旋扭曲管作为传热管，使管束中管排间形成周期性的局部较大空隙，便于管束外侧的清洗，因而对于壳侧需要走不清洁介质或传热阻力大的气体介质，宜采用此高效扭曲管换热器。

[0026] 5、从换热效果的角度上来讲，此高效扭曲管换热器的换热管束采用螺旋扭曲管，管程流体从管程入口进入螺旋扭曲管内，在管内旋转流动，产生复杂的以旋转和周期性的物流分离与混合为主要特点的强扰动。壳程具有一体化以及网格化的特点，流体在通道内由于离心力的作用而周期性地改变速度和方向，强化了壳程流体的纵向混合。使壳程纵向流很快达到湍流状态，有效传热面积显著增加。这些结构特点，大大提高了换热器的传热系数，起到强化传热的效果。

[0027] 6、从节能节材的角度来讲，此高效扭曲管换热器由于其具有高效传热管的强化传热作用，在同等换热量的要求下，可减少管束芯体中管子的数量，进而减少碳钢管和镀锌的重量，从而达到节能节材的效果。

[0028] 7、结构简单，易于推广。本发明采用横截面为椭圆形或扁圆形的螺旋扭曲管，其余均采用传统的管壳式换热器的基本结构形式，结构简单易于实现，适合于各种压力级别和不同温度条件的管壳式换热器的全部结构形式，包括 GB151《钢制管壳式换热器》中所述的几种结构形式，如浮头式、U 型管式和固定管板式等结构形式的管壳式换热器，而且此高效

管壳式换热器的管束与常规管壳式换热器的管束具有互换性，因而可广泛应用或替代传统换热器，易于推广，成本较低，特别是在石化行业的改造过程中具有广阔的应用前景。

附图说明

[0029] 图 1 为以浮头式为例的本发明示意图

[0030] 其中：1- 管箱，2,5- 管板，3- 壳体，4- 传热扭曲管，6- 封头，7- 管束芯体，8- 壳体内径，9- 圆形直管，10- 螺旋扭曲管。

[0031] 图 2 为浮头式管束芯体与壳体内径尺寸示意图

[0032] 其中：7- 管束芯体，8- 壳体内径，I- 扭曲管直管段与管板连接的局部图，II- 扭曲管管束整体捆扎局部图，III- 扭距 S 局部示意图。

[0033] 图 3 为传热扭曲管直管段与管板连接的局部放大图

[0034] 图 4、图 5、图 6 为管束芯体沿轴向 60°、120°、90° 不同截面的局部剖视图。

[0035] 其中：图 4 中∠ AOB ＝ 60°，图 5 中∠ AOB ＝ 120°，图 6 中∠ AOB ＝ 90°。

[0036] 图 7 为扭曲管管束整体捆扎示意图

[0037] 其中：11- 捆扎带。

[0038] 图 8 为扭距 S 的示意图

[0039] 其中：S- 扭矩。

[0040] 图 9 为螺旋扭曲管截面的长短轴示意图

[0041] 其中：A- 长轴长度，B- 短轴长度。

具体实施方式

[0042] 为进一步理解本发明，下面结合附图对本发明作进一步描述，需要说明的是，具体实施方式并不对本发明要求保护的范围构成限制。

[0043] 以浮头式正三角形布管的整体热浸锌防腐的高效节能节材自支撑管壳式换热器为例，其结构示意图如图 1 所示，包括管箱 1、管板 2 和管板 5、壳体 3、传热扭曲管 4 和封头 6。传热扭曲管 4 是横截面为椭圆形或扁圆形的螺旋扭曲管，传热扭曲管 4 左边与管板 2 连接，右边与管板 5 连接组成管束芯体 7，为方便传热扭曲管 4 与管板 2 与管板 5 的连接，传热扭曲管两端仍为圆形直管，直管段厚度大于管板厚度 2 倍以上，局部视图图 3 为管板 2 与传热扭曲管 4 连接的局部放大图。在与换热管轴线垂直的任一平面上，管束芯体换热管的椭圆形横截面长轴互相平行，相同的扭距和平行的椭圆形横截面长轴实现了管束芯体 7 的自支撑结构，图 4、图 5、图 6 为管束芯体沿轴向 60°、120°、90° 不同截面的局部剖视图，螺旋扭曲管依序排列，每相隔至少 1/6 倍扭矩，传热扭曲管相互接触实现自支撑，并通过整体捆扎提高其稳定性，如图 7 所示，局部放大图 8 表示了单个扭距 S 的长度。相邻螺旋扭曲管长轴相互接触形成支撑和阻挡，短轴部位相对应形成间隙，最终在所述管束中形成网状流道，此结构使得壳程流道网格化，管束芯体成为整体，能显著提高壳程结构的稳定性。

[0044] 本发明所述整体热浸锌防腐的高效节能节材自支撑管壳式换热器管束芯体 7 无需传统换热器的折流板（支撑板），图 2 所示为浮头式管壳式换热器的管束芯体 7 与壳体内径 8 的尺寸示意图，利用管束芯体 7 与壳体内径尺寸 8 尺寸上的差别，管束芯体 7 在整体热浸锌处理后，可实现与管箱 1、壳体 3、封头 6 的合理装配，显著提高其壳程与管程抗腐蚀和

抗诱导振动性能。

[0045] 实施例

[0046] 依据本发明的技术方案制成传热扭曲管换热器，对比换热器为单弓型折流板换热器，两种换热器的基本结构相同，具体参数见下表：

[0047]

	传热扭曲管换热器	单弓型折流板换热器
壳体结构 (mm)	Φ240 * 5	Φ240 * 5
换热管基础规格 (mm)	Φ25 * 2.5	Φ25 * 2.5
换热管实际规格 (mm)	Φ25 * 2.5 加工制作成扭曲管	Φ25 * 2.5
换热管长度 (mm)	2500	2500
排列方式	正三角形	正三角形
管间距 (mm)	32	32
支撑方式	自支撑	折流板
折流板间距 (mm)	/	230
折流板切口率	/	25%
导程 (mm)	250	/

[0048] 两种换热器的实验数据、计算数据见下表：(以下传热扭曲管换热器简称扭曲管折流板换热器简称折流板)

[0049] 表 1

[0050]

	管程流量 m3/h		壳程流量 m3/h		管程速度 m/s		壳程速度 m/s		壳程传热系数 W/m2-K		壳程压降 kpa	
	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板
1	29.285	29.285	927.915	927.915	0.7	0.7	14.250	20.34	86.510	182.820	7.785	25.398
2	29.285	29.285	866.054	866.054	0.7	0.7	13.390	19.47	82.180	175.190	7.127	21.479
3	29.285	29.285	773.262	773.262	0.7	0.7	12.510	18.25	77.320	167.340	5.750	18.975
4	29.285	29.285	711.401	711.401	0.7	0.7	11.530	17.55	72.340	161.840	4.905	16.735
5	29.285	29.285	618.610	618.610	0.7	0.7	10.040	15.14	64.700	148.310	3.760	13.030
6	29.285	29.285	556.749	556.749	0.7	0.7	9.050	12.25	59.480	134.050	3.079	9.556

[0051]

7	29.285	29.285	463.957	463.957	0.7	0.7	7.560	10.27	51.420	119.580	2.182	6.697
8	29.285	29.285	402.096	402.096	0.7	0.7	6.570	8.94	45.870	108.900	1.669	5.064
9	29.285	29.285	309.305	309.305	0.7	0.7	5.060	6.94	37.200	92.630	1.023	3.037
10	29.285	29.285	247.444	247.444	0.7	0.7	4.060	5.64	31.160	80.960	0.679	1.971
11	29.285	29.285	154.652	154.652	0.7	0.7	2.550	3.66	21.380	56.630	0.290	0.797

[0052] 表 2

[0053]

	管程压降 kpa		壳程 Re		总传热系数 W/m2-K		阻力系数 f		壳程 Nu		换热/压降	
	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板	扭曲管	折流板
1	3.787	3.787	18417	44603	81.4	161.370	0.596	0.954	69.699	76.243	11.11	7.20
2	3.787	3.787	17268	40987	77.6	155.400	0.617	0.880	66.198	76.249	11.53	8.16
3	3.787	3.787	16052	38191	73.2	149.190	0.571	0.885	62.441	76.255	13.45	8.82
4	3.787	3.787	14753	35860	68.7	144.810	0.573	0.844	58.365	76.260	14.75	9.67
5	3.787	3.787	12804	30958	61.8	133.870	0.579	0.883	52.110	76.266	17.21	11.38
6	3.787	3.787	11511	26352	57.0	122.150	0.584	0.989	47.856	76.273	19.32	14.03
7	3.787	3.787	9574	21931	49.6	110.020	0.593	0.986	41.297	76.279	23.57	17.86
8	3.787	3.787	8282	19005	44.4	100.910	0.601	0.984	36.775	76.283	27.48	21.50
9	3.787	3.787	6357	14604	36.2	86.780	0.621	0.980	29.761	76.290	36.36	30.50
10	3.787	3.787	5073	11718	30.4	76.470	0.640	0.963	24.846	76.294	45.85	41.08
11	3.787	3.787	3156	7396	21.1	54.390	0.693	0.924	16.996	76.300	73.72	71.05

[0054] 按上述实例对比，综合比较传热扭曲管换热器和单弓型折流板换热器的换热性能，按换热 / 压降的参数进行分析，可见传热扭曲管换热器可以消耗更小的压降来实现更大的传热效果，即单位压降，扭曲管换热器的传热系数比单弓型折流板换热器高。

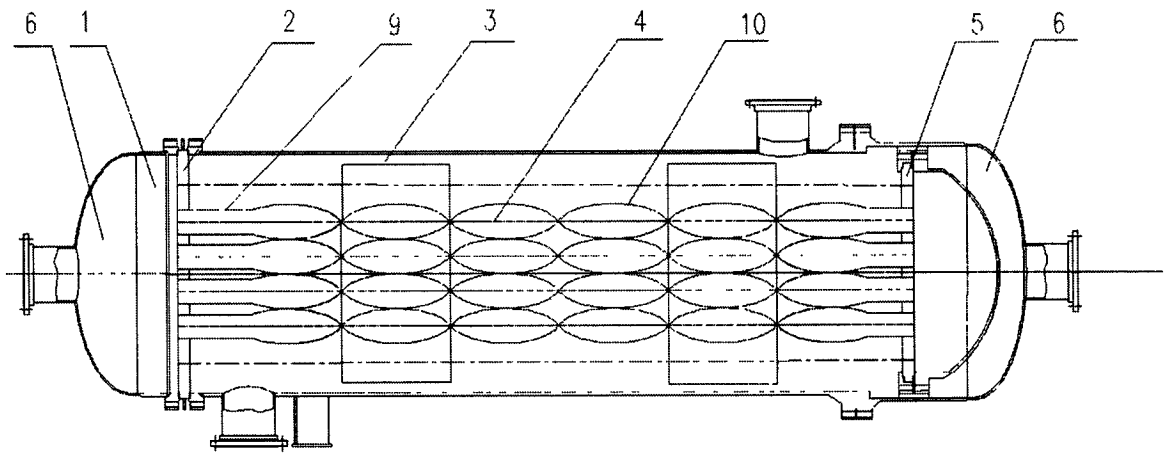


图 1

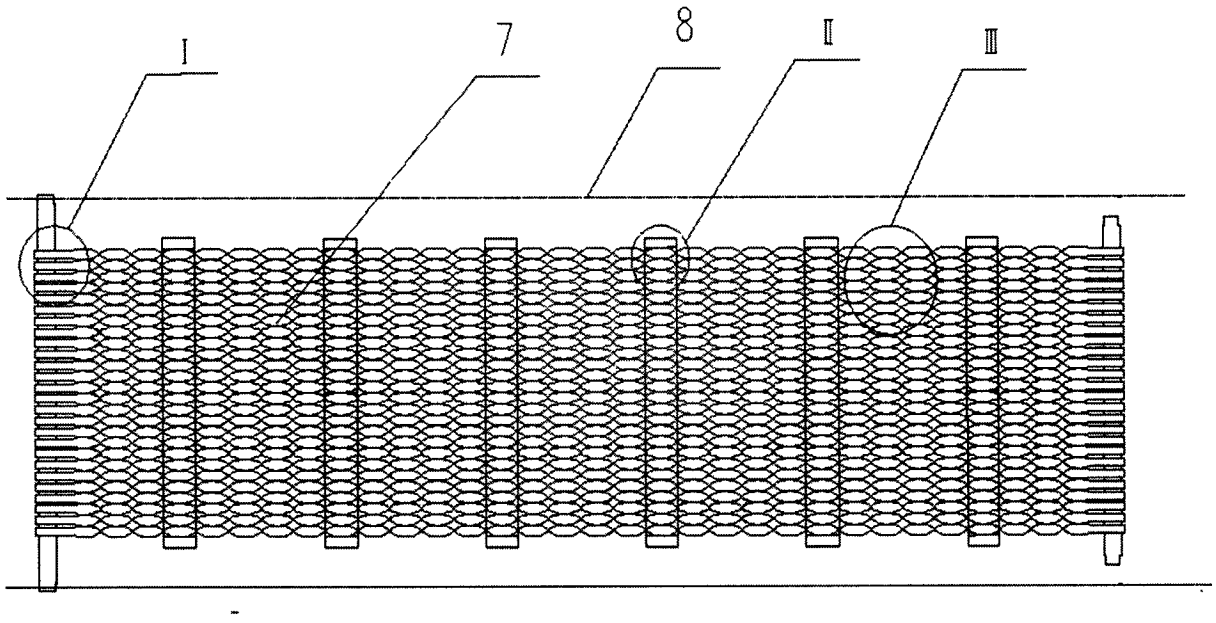


图 2

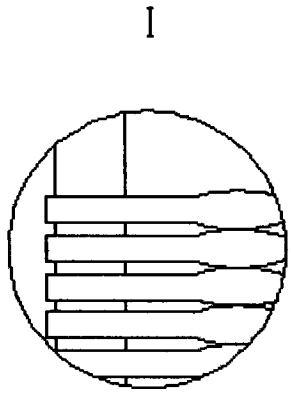


图 3

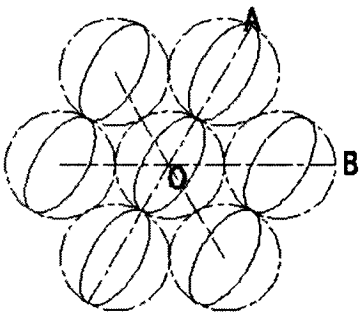


图 4

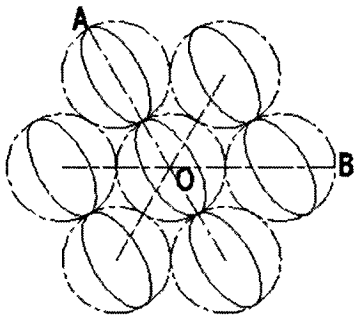


图 5

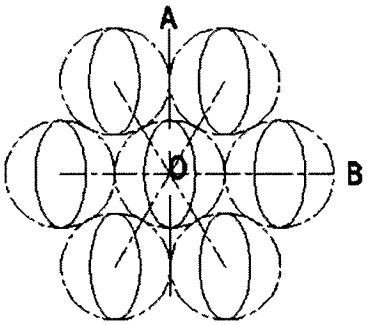


图 6

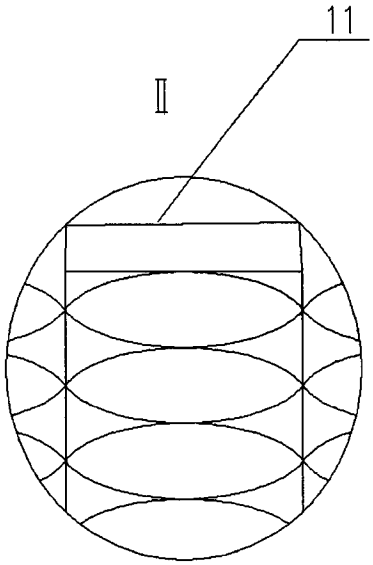


图 7

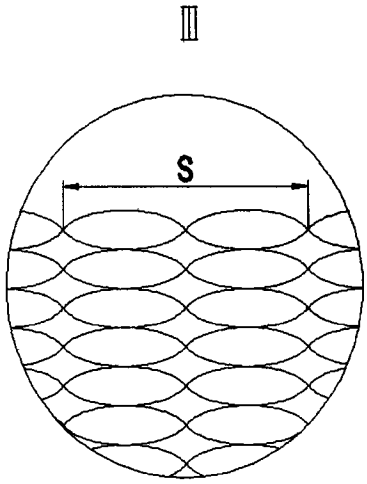


图 8

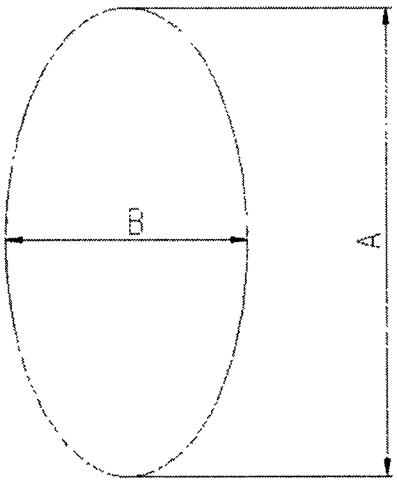


图 9