



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103521106 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201310526232. 6

(22) 申请日 2013. 10. 30

(73) 专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市玄武区四牌楼 2 号

(72) 发明人 骆培成 辛传贤 吴俊 贾海燕 罗小雨

(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 沈振涛

(51) Int. Cl.

B01F 5/02(2006. 01)

B01F 5/04(2006. 01)

B01J 19/26(2006. 01)

B01J 19/24(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 2751872 Y, 2006. 01. 18,

CN 1627984 A, 2005. 06. 15,

CN 1191770 A, 1998. 09. 02,

US 2008/0159065 A1, 2008. 07. 03,

CN 101153015 A, 2008. 04. 02,

CN 201094905 Y, 2008. 08. 06,

审查员 李正杰

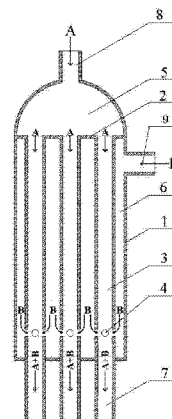
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种列管式孔射流喷射混合器

(57) 摘要

本发明提供了一种列管式孔射流喷射混合器,包括壳体(1)、固定板(2)、内套管(3);所述壳体(1)顶部设有第一进料口(8)、侧壁设有第二进料口(9);所述固定板(2)设于壳体(1)上部,与壳体(1)顶部围成缓冲室(5),与壳体(1)侧壁和底部围成环隙(6);所述内套管(3)固定于固定板(2)上,且内套管(3)上设有一组射流小孔(4),内套管(3)的射流小孔(4)底部为混合区(7)。该混合器结构简单、成本低廉、使用方便,可实现大规模生产能力下两股流体在极短的时间(毫秒级)内实现高效混合,强化主反应,抑制副反应,提高目标产物的选择性。



1. 一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:包括壳体(1)、固定板(2)、内套管(3);所述壳体(1)顶部设有第一进料口(8)、侧壁设有第二进料口(9);所述固定板(2)设于壳体(1)上部,与壳体(1)顶部围成缓冲室(5),与壳体(1)侧壁和底部围成环隙(6);所述内套管(3)固定于固定板(2)上,且内套管(3)上设有一组射流小孔(4),内套管(3)的射流小孔(4)底部为混合区(7)。

2. 根据权利要求1所述的一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:所述内套管(3)的截面为圆形;内径在50mm以下。

3. 根据权利要求1所述的一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:所述内套管(3)的数量为3个以上,均匀固定于固定板(2)上。

4. 根据权利要求3所述的一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:所述内套管(3)在固定板(2)上的排列方式为等边三角形排列、正方形直列或正方形错列。

5. 根据权利要求3所述的一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:所述每根内套管(3)上的射流小孔(4)的数量相同,且为1个以上;所述射流小孔(4)沿壳体(1)轴向方向的位置一致,且形状相同。

6. 根据权利要求1所述的一种列管式孔射流喷射混合器,其特征在于:所述混合区(7)的长度在20mm以上。

一种列管式孔射流喷射混合器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种大规模生产能力下实现流体间快速混合的列管式孔射流喷射混合器,属于工业流体混合、反应设备领域技术领域。

背景技术

[0002] 物料之间的快速混合、反应过程广泛地存在于精细化工、制药工程、生物化工等工业过程中。如化工生产过程中涉及到的反应物料之间发生复杂的快速平行竞争反应或者快速串连竞争反应时,由于反应产物或者中间产物与原料中的某些组分会进一步反应,且这些反应的特征反应时间在毫秒级甚至更少,目标产物的选择性不仅取决于反应过程的动力学特性,还取决于两股物料之间的微观混合效果。因此,设计合理的快速混合设备,对于强化物料之间的初始微观混合效果、提高目标产物的选择性和收率具有重要的意义。

[0003] 射流式喷射混合器是实现两股流体之间快速混合的一类重要设备,其设计思想是将一股流体通过较小内径的管路或者射流小孔等产生高速流体并喷射到另外一股流体中,射流流体与主流流体间可以是并流接触或者错流接触,利用两股流体之间的速度差产生强烈的湍流相互作用,实现流体间的高效、快速混合。如美国专利 US3, 226, 410 公布了一种用于快速竞争一串连反应体系的管式反应器(如图 1 所示),其设计思想是一股物料通过管壁上的射流小孔错流射入另外一股流体中,借此实现物料之间的快速混合。专利中未对孔射流式的管式混合器的尺寸进行描述,只是对两股流体的流动状态做了规定,要求两股流体的流动雷诺数在 2100 以上。由于其主流体管径尺寸的限制,所以它不适用于大规模生产条件下对初始混合程度有较高要求的场合。Bayer 公司在其申请的用于生产异氰酸酯的专利 (US5, 117, 048) 中公布了另外一种形式的孔射流喷射反应器(如图 2 所示),将一股流体(多胺)通过缩径处均匀分布的射流小孔呈错流式喷射进入主流体(光气),实现两股流体的快速混合。该反应器主要通过设计缩径来增强两股物料的湍动程度,从而强化物料之间的初始混合效果。

[0004] 通过以上的分析可以看出,将一股流体通过圆管上均匀分布的多个射流小孔呈错流式喷射进入另外一股流体,在一定程度上可以实现物料之间的快速混合。但是,由于一股流体在另外一股流体中错流射流时,由于流体之间的相互作用,射流流股进入主流体中时只能达到一定的射流深度,这样当主体流的管路直径较小时,可以实现两股流体之间的快速混合。然而,当生产能力较大时,主体流的管路直径也相应较大,从射流小孔喷射进入的流股不能在较短的时间内充分分散到主体流中,势必导致主体流圆管中心在较长的一段距离内未发生混合,混合时间相应延长,因此对于孔射流式喷射器,当要求达到的混合时间尺度一定时,反应器的生产能力也存在最大极限。针对此局限性,美国专利 US8, 042, 988B2 (相应的中国专利为 CN101, 209, 405A, 如图 3 所示)将一股流体的管道设计为矩形或者类似矩形的扁管道,在扁管道,在扁管道的壁上均匀分布一系列的射流小孔,另外一股流体通过管道壁上的射流小孔后分成多股流体以一定的角度错流喷射进入扁管道内的流体。由于流体通道设计成扁管道且对扁管道的宽度进行了限制,扁管道的宽度设计刚好使得从两个边

壁射流小孔喷射进入的流股能够在最短的时间内达到扁管中心区域,这样在混合的初始阶段大大减小了扁管道内中心的未混合区域,使得从射流小孔进入的流体能够尽快地分散到扁管道内的流体中,强化了混合过程,该设计可用于大规模操作条件下,两股流体之间的快速混合过程。美国专利 US7,033,069B2 与专利 US8,042,988B2 披露的混合设备类似,不同之处在于 US7,033,069B2 披露的混合器只是在射流小孔处的主流体管道设计为扁通道,在射流小孔的下方主流体通道设计成圆形截面(如图 4 所示)。

[0005] 上述专利(US8,042,988B2, CN101,209,405A, US7,033,069B2)中披露的混合器在一定程度上可实现大规模操作条件下,两股流体之间的快速混合、反应。然而,当生产规模达到一定程度时,扁通道的长宽比较大,因此会造成通过扁通道上的各个射流小孔之间的流体分布不均,混合器的操作稳定性相对较差。

发明内容

[0006] 发明目的:本发明的目的在于提供一种在大规模生产能力下,实现物料之间快速混合、反应过程,且稳定性高的列管式孔射流喷射混合器。

[0007] 技术方案:本发明提供的一种列管式孔射流喷射混合器,包括壳体、固定板、内套管;所述壳体顶部设有第一进料口、侧壁设有第二进料口;所述固定板设于壳体上部,与壳体顶部围成缓冲室,与壳体侧壁和底部围成环隙;所述内套管固定于固定板上,且内套管上设有一组射流小孔,内套管的射流小孔底部为混合区。

[0008] 作为改进,所述内套管的截面为圆形;内径在 50mm 以下,优选 10-30mm。

[0009] 作为另一种改进,所述内套管的数量为 3 个以上,均匀固定于固定板上。

[0010] 作为进一步改进,所述内套管在固定板上的排列方式为等边三角形排列、正方形直列或正方形错列,优选为等边三角形排列。

[0011] 作为进一步改进,所述每根内套管上的射流小孔的数量相同,且为 1 个以上,优选 2-6 个;所述射流小孔沿壳体轴向方向的位置一致,且形状相同。

[0012] 作为另一种改进,所述混合区的长度在 20mm 以上。

[0013] 作为另一种改进,射流小孔的孔径为 2-10mm。

[0014] 有益效果:本发明提供的列管式孔射流喷射混合器结构简单、成本低廉、使用方便,可实现大规模生产能力下两股流体在极短的时间(毫秒级)内实现高效混合,强化主反应,抑制副反应,提高目标产物的选择性。

[0015] 具体而言,本发明相对于现有技术,具有以下突出的优势:

[0016] (1)物料初始混合的时间短:该混合器将主流体分割成多股小流股,并将另一流体通过多孔错流射流的方式射入主流体的多股小流股中,利用流体间强烈的湍动来强化混合过程,物料初始混合的时间短,在毫秒级左右;

[0017] (2)应用范围广、混合效果好:该混合器特别适用于大规模生产能力下两股流体之间的快速、高效混合过程,内置多个内套管可以大大缩短流股之间的射流深度,强化了流体之间的混合效果,混合器的放大效应较小;

[0018] (3)稳定性好:该混合器,具有较高的操作稳定性。

附图说明

- [0019] 图 1 是现有技术美国专利 US3, 226, 410 所披露的混合器的结构示意图。
- [0020] 图 2 是现有技术美国专利 US5, 117, 048 所披露的混合器的结构示意图。
- [0021] 图 3 是现有技术美国专利 US8, 042, 988B2 (相应的中国专利为 CN101, 209, 405A) 所披露的混合器的结构示意图。
- [0022] 图 4 是现有技术美国专利 US7, 033, 069B2 所披露的混合器的结构示意图。
- [0023] 图 5 是本发明列管式孔射流喷射混合器的结构示意图。
- [0024] 图 6 是内套管在固定板上的等边三角形排列分布示意图。
- [0025] 图 7 是内套管在固定板上的正方形直列分布示意图。
- [0026] 图 8 是内套管在固定板上的正方形错列分布示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图进一步说明本发明所提供的多管式孔射流喷射反应器的具体实施方式, 但本发明并不因此而受到任何限制。

[0028] 本发明所提供的反应器中, 所述反应器的其它结构尺寸, 例如, 混合器的长度、内套管的总长度等应依据具体的实际需要, 由本领域的技术人员通过常规的工艺计算得到。

[0029] 列管式孔射流喷射混合器, 见图 5, 包括壳体 1、固定板 2、内套管 3; 壳体 1 的横向截面为圆形、顶部设有第一进料口 8、侧壁设有第二进料口 9; 固定板 2 设于壳体 1 上部, 与壳体 1 顶部围成缓冲室 5, 与壳体 1 侧壁和底部围成环隙 6; 内套管 3 固定于固定板 2 上, 且内套管 3 上设有一组射流小孔 4, 内套管 3 的射流小孔 4 下方部分为混合区 7。

[0030] 第一进料口 8 和缓冲室 5 连通, 缓冲室 5 和所有内套管 3 连通, 形成主流体的通道; 第二进料口 9 和环隙 6 连通, 为辅流体的通道; 内套管 3 的管壁上均设有射流小孔 4, 射流小孔 4 均匀的排布在内套管 3 上。

[0031] 该列管式孔射流喷射混合器的工作原理为: 主流体 A 经第一进料口 8 和缓冲室 5 进入内套管 3 中, 从而被分割成数股流量相等的流股并沿着内套管 3 向下流动; 流体 B 经第二进料口 9 进入环隙 6 中, 并沿着环隙 6 向下流动, 流体 B 在经过位于环隙 6 下部的均匀分布于内套管 3 上的射流小孔 4 后, 错流射入内套管 3 内的流体 A 中, 并在混合区 7 内流体 A 和流体 B 发生高效、快速混合, 混合的时间尺度为毫秒级。

[0032] 其中, 经过射流小孔 4 的物料 B 的流速 u_B 与内套管 3 内、射流小孔上游物料 A 的流速 u_A 之间的关系为: $u_B/u_A \geq 1$, 优选为 $2 \leq u_B/u_A \leq 5$ 。

[0033] 本发明所提供的列管式孔射流喷射混合器是基于以下设计构思: 将主流体 A 分割成多股小流股, 均匀地流过具有相图尺寸的小尺寸的内套管, 内套管通过固定板固定在外壳上, 内套管在固定板上呈规则排列, 以强化主流体 A 在各个小管间的均匀分布。另外一股流体 B 通过内套管上的射流小孔以错流射流的方式射入分割后的主流体 A 中, 用以实现大规模条件下两股流体之间的快速、高效混合。由于将主流体 A 分割成多股小流股, 大大缩短了主流体 A 与射流流体 B 间的射流深度, 从而使得流体 B 快速地分散到主流体 A 中, 最终强化了流体 A 与流体 B 之间的快速混合过程。同时, 内套管的均匀分布设计, 提高了混合器的操作稳定性。

[0034] 下面以激光诱导荧光技术定量评价本发明设备流体混合效果。

[0035] 激光诱导荧光技术 LIF 是一种定量评价流体混合效果的先进技术手段, 其主要原

理是利用荧光物质如罗丹明 B、罗丹明 6G 和丙酮等作为示踪剂,使其在激光的诱导和激发下产生一定波长的可见光,并利用高速数码相机 1280×1024 像素连续的捕捉这一波长的可见光。由于当溶液中示踪剂的浓度在一定范围内时,示踪剂的浓度与捕捉自该浓度区域可见光的图片的灰度值成线性关系,因此,可以通过激光诱导测量技术对混合区域的浓度场进行测量,进而分析流体之间的混合情况,并用该测量方法评价本发明所提供的多管式孔射流喷射反应器的混合效果。

[0036] 对本发明所提供的反应器进行评价,当评价体系为液液混合时,采用罗丹明 B 作为示踪剂,此时激光器的波长设定为 532nm;当评价的体系为气气混合时,采用丙酮蒸气作为示踪剂,此时激光器的波长设定为 266nm。

[0037] 实施例 1

[0038] 列管式孔射流喷射混合器,其结构如上,其规格为:壳体 1 的内径为 200mm;内套管 3 的内径为 20mm,内套管 3 的总长度为 500mm,其中混合区 7 的长度为 20mm;内套管 3 在壳体 1 中的排列方式采用如图 6 所示的等边三角形排列,内套管 3 的个数为 19,内套管 3 上的射流小孔 4 的直径为 4mm,每个内套管 3 上的射流小孔的个数为 4,射流小孔 4 均匀地分布于内套管 3 的同一横截面上。

[0039] 含有示踪剂罗丹明 B 的水溶液从第一进料口 8 处连续地注入混合器的环隙中,罗丹明 B 的浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$,第一进料口 8 处的表压为 3.5bar,第一进料口 8 处流体 B 的流量为 $20\text{m}^3/\text{hr}$ 。第二进料口 9 处连续地注入自来水,表压为 3.5bar,流量为 $40\text{m}^3/\text{hr}$ 。

[0040] 用激光诱导荧光技术定量评价含有罗丹明 B 的水溶液与自来水之间的混合效果,用混合反应区内不同横向截面处混合流体的离析强度 IOS,流体之间完全混合时,IOS 的值为 0;流体之间完全离析时,IOS 的值为 1 来评价流体之间的混合程度。当所有内套管中的两股流体间的离析度均达到 5% 及以下混合程度为 95% 及以上时,此时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 20mm,与该混合过程相对应的混合时间尺度约为 7.2ms。

[0041] 实施例 2

[0042] 采用与实施例 1 相同结构和尺寸大小的列管式孔射流喷射混合器,若仅将第一进料口 8 处的流量改为 $30\text{m}^3/\text{hr}$,其余的操作条件保持不变。

[0043] 利用激光诱导荧光技术对混合器的混合过程进行测量,此时两股流体达到 95% 的混合程度时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 26mm,该混合过程对应的时间尺度约为 11.2ms。

[0044] 实施例 3

[0045] 采用与实施例 1 相同结构和尺寸大小的列管式孔射流喷射混合器,仅将内套管上的射流小孔 4 的个数变为 6,操作条件亦与实施例 1 保持一致。

[0046] 利用激光诱导荧光技术对混合器的混合过程进行测量,此时两股流体达到 95% 的混合程度时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 24mm,该混合过程对应的时间尺度约为 8.6ms。

[0047] 实施例 4

[0048] 与实施例 1 基本相同,不同之处仅在于:内套管 3 的内径为 10mm;内套管 3 的数量为列管式孔射流喷射混合器,21 个,其在壳体 1 中的排列方式采用如图 7 所示的正方形直列排列;内套管 3 上的射流小孔 4 的直径为 6mm,每个内套管 3 上的射流小孔的个数为 2,射流

小孔 4 均匀地分布于内套管 3 的同一横截面上 ;混合区 7 的长度 50mm。

[0049] 操作条件 :含有示踪剂罗丹明 B 的水溶液从第一进料口 8 处连续地注入混合器的环隙中,罗丹明 B 的浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$,第一进料口 8 处的表压为 3.5bar,第一进料口 8 处流体 B 的流量为 $20\text{m}^3/\text{hr}$ 。第二进料口 9 处连续地注入自来水,表压为 3.5bar,流量为 $20\text{m}^3/\text{hr}$ 。

[0050] 利用激光诱导荧光技术对混合器的混合过程进行测量,此时两股流体达到 95% 的混合程度时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 44mm,该混合过程对应的时间尺度约为 6.5ms。

[0051] 实施例 5

[0052] 与实施例 1 基本相同,不同之处仅在于 :内套管 3 的内径为 30mm ;内套管 3 的数量为 9 个,其在壳体 1 中的排列方式采用如图 8 所示的正方形错列排列 ;内套管 3 上的射流小孔 4 的直径为 2mm,每个内套管 3 上的射流小孔的个数为 6,射流小孔 4 均匀地分布于内套管 3 的同一横截面上 ;混合区 7 的长度 50mm。

[0053] 操作条件 :含有示踪剂罗丹明 B 的水溶液从第一进料口 8 处连续地注入混合器的环隙中,罗丹明 B 的浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$,第一进料口 8 处的表压为 3.5bar,第一进料口 8 处流体 B 的流量为 $4\text{m}^3/\text{hr}$ 。第二进料口 9 处连续地注入自来水,表压为 3.5bar,流量为 $30\text{m}^3/\text{hr}$ 。

[0054] 利用激光诱导荧光技术对混合器的混合过程进行测量,此时两股流体达到 95% 的混合程度时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 38mm,该混合过程对应的时间尺度约为 25.6ms。

[0055] 实施例 6

[0056] 与实施例 1 基本相同,不同之处仅在于 :内套管 3 的内径为 50mm ;内套管 3 的数量为 3 个,其在壳体 1 中的排列方式采用等边三角形排列 ;内套管 3 上的射流小孔 4 的直径为 10mm,每个内套管 3 上的射流小孔的个数为 4,射流小孔 4 均匀地分布于内套管 3 的同一横截面上 ;混合区 7 的长度 100mm。

[0057] 操作条件 :含有示踪剂罗丹明 B 的水溶液从第一进料口 8 处连续地注入混合器的环隙中,罗丹明 B 的浓度为 $100\text{mg}/\text{m}^3$,第一进料口 8 处的表压为 3.5bar,第一进料口 8 处流体 B 的流量为 $20\text{m}^3/\text{hr}$ 。第二进料口 9 处连续地注入自来水,表压为 3.5bar,流量为 $40\text{m}^3/\text{hr}$ 。

[0058] 利用激光诱导荧光技术对混合器的混合过程进行测量,此时两股流体达到 95% 的混合程度时的横向截面与射流小孔中心所在的横向截面间的距离为 88mm,该混合过程对应的时间尺度约为 31.1ms。

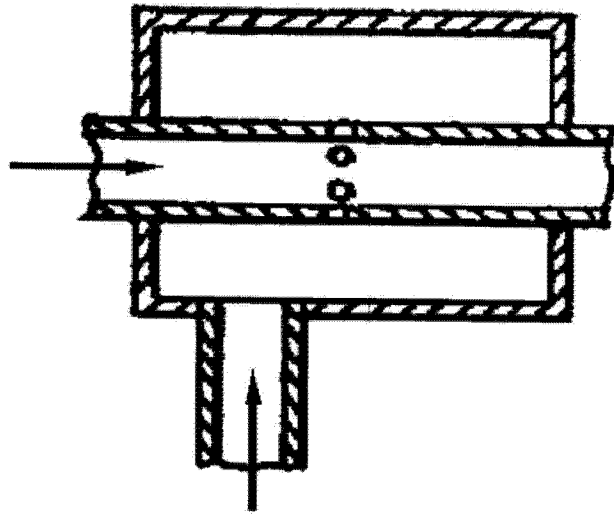


图 1

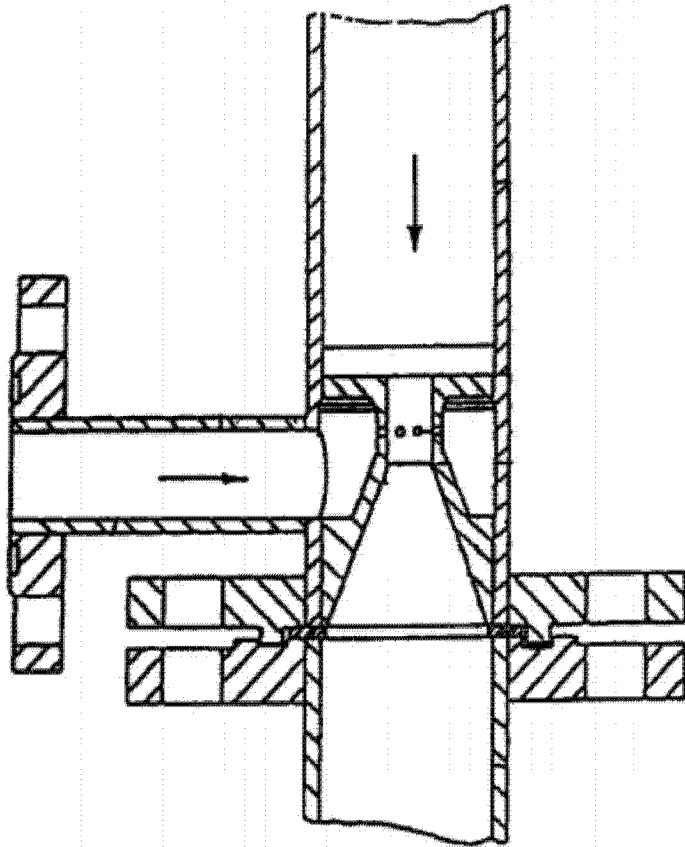


图 2

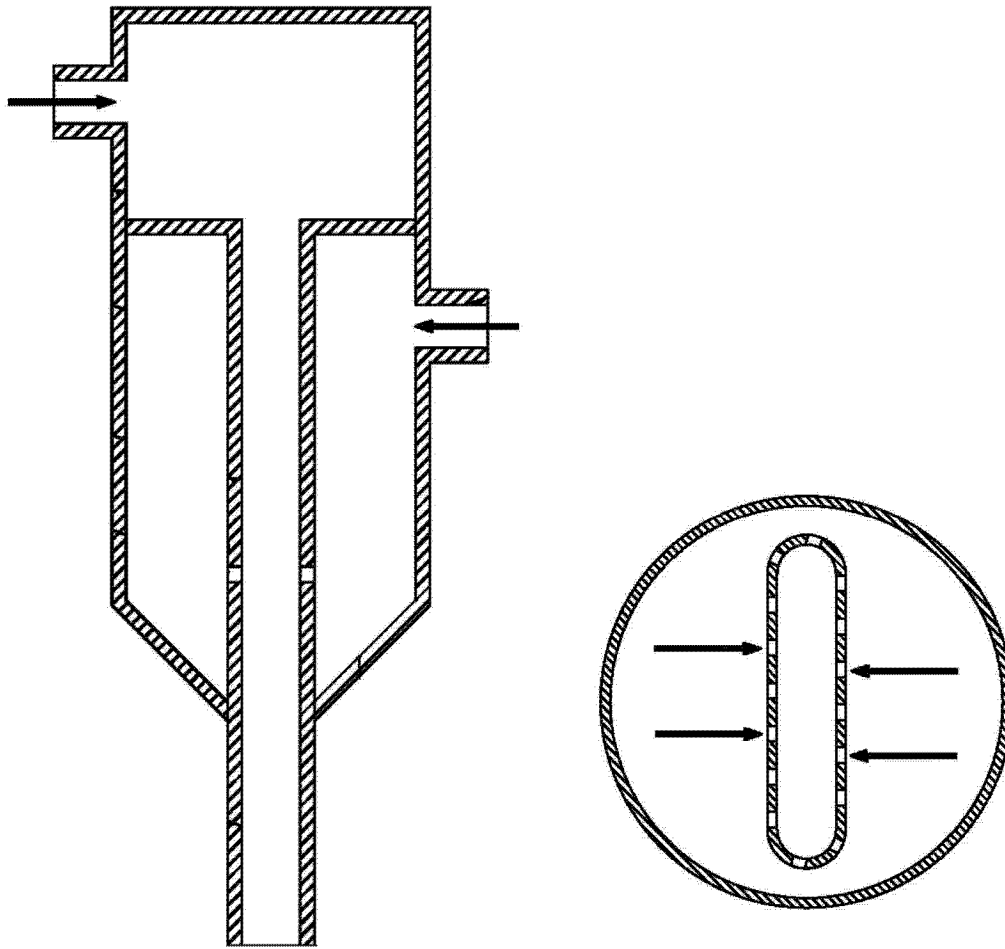


图 3

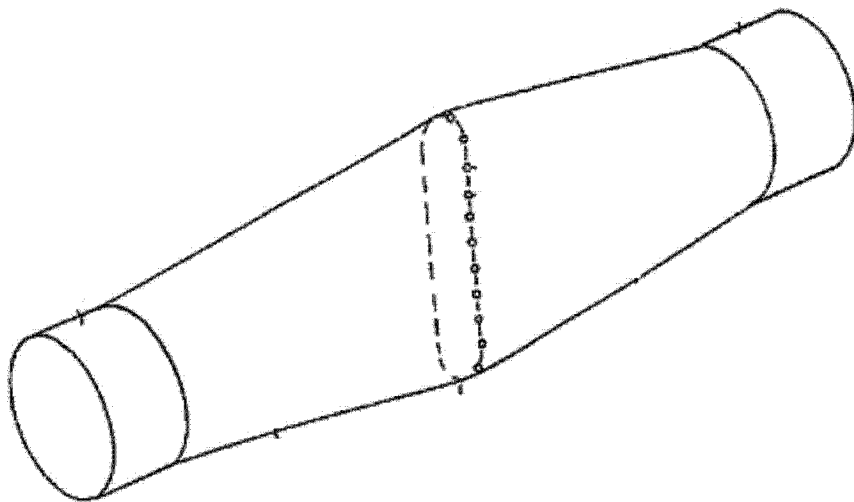


图 4

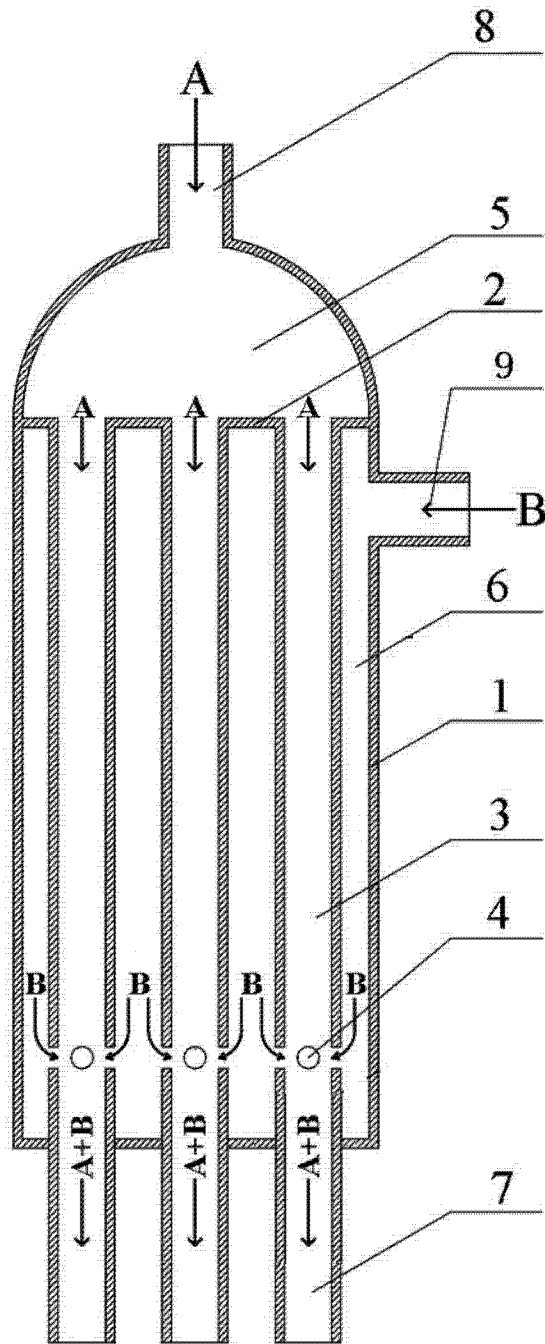


图 5

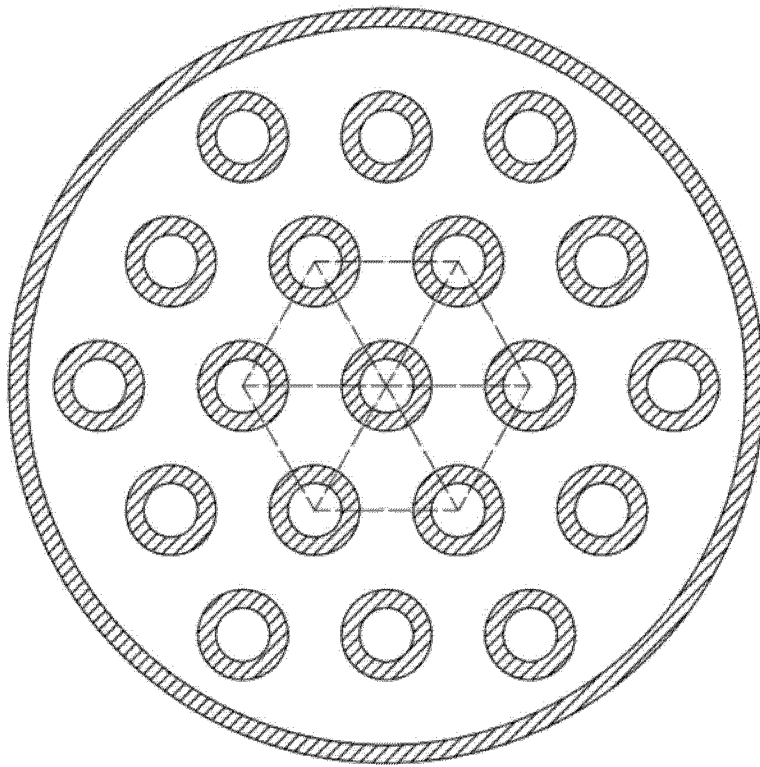


图 6

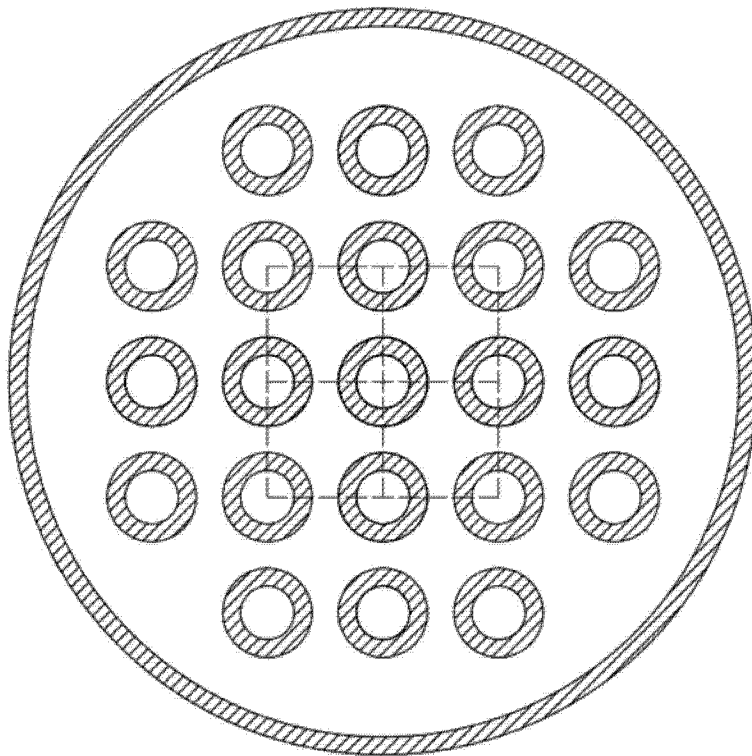


图 7

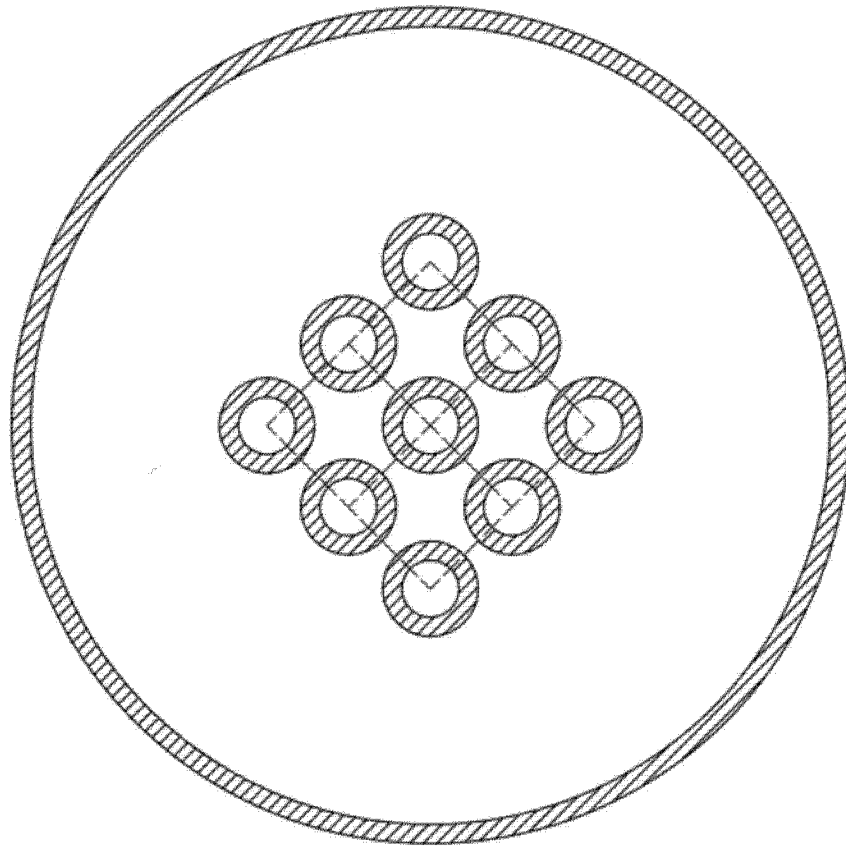


图 8