



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106268544 B

(45)授权公告日 2020.03.24

(21)申请号 201610641251.7

(22)申请日 2016.08.05

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106268544 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(73)专利权人 南京大学
地址 210023 江苏省南京市栖霞区仙林大道163号

(72)发明人 张志炳 罗华勋 巫先坤 田洪舟
张锋 孟为民

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 徐蓓

(51)Int.Cl.
B01J 10/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103920444 A,2014.07.16,说明书第7-13段,说明书附图1-3.

CN 204981362 U,2016.01.20,说明书第11-13段,说明书附图1-3.

CN 105289219 A,2016.02.03,全文.

CN 201981065 U,2011.09.21,全文.

CN 102863058 A,2013.01.09,全文.

CN 101254485 A,2008.09.03,全文.

CN 101450291 A,2009.06.10,全文.

CN 101164680 A,2008.04.23,全文.

CN 102688709 A,2012.09.26,全文.

CN 1431927 A,2003.07.23,全文.

审查员 田佳阳

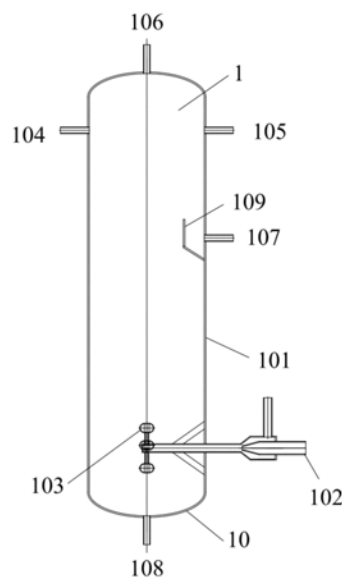
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

塔式超细气泡反应器

(57)摘要

本发明公开了一种塔式超细气泡反应器。所述塔式超细气泡反应器包括:本体,所述本体内具有反应腔,所述反应腔的壁上设有通孔、进液口、循环液出口、进气口和循环气出口;一次气泡破碎器,所述一次气泡破碎器的一部分穿过所述通孔且伸入到所述反应腔内,其中所述一次气泡破碎器具有循环液进口、循环气进口和气液混合物出口,所述循环液进口与所述循环液出口连通,所述循环气进口与所述循环气出口连通;和二次气泡破碎器,所述二次气泡破碎器具有进料口和出料口,所述进料口与所述气液混合物出口连通。根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器具有传质效率高、反应速率快、能耗低等优点,能大幅度缩短反应时间,减小反应器尺寸。



1. 一种塔式超细气泡反应器,其特征在于,包括:

本体,所述本体内具有反应腔,所述反应腔的壁上设有通孔、进液口、循环液出口、进气口和循环气出口;

一次气泡破碎器,所述一次气泡破碎器的一部分穿过所述通孔且伸入到所述反应腔内,其中所述一次气泡破碎器具有循环液进口、循环气进口和气液混合物出口,所述循环液进口与所述循环液出口连通,所述循环气进口与所述循环气出口连通;和

二次气泡破碎器,其设置在反应腔内部,所述二次气泡破碎器具有进料口和出料口,所述进料口与所述气液混合物出口连通;

所述二次气泡破碎器包括:

连接管,所述连接管的第一端与所述气液混合物出口相连;和

容纳腔,所述容纳腔的壁上设有所述进料口和所述出料口,所述容纳腔的在其轴向上相对的第一端和第二端上均设有所述出料口,其中所述连接管的第二端与所述进料口相连,所述连接管的长度方向与所述容纳腔的周向相切;

所述二次气泡破碎器通过与所述一次气泡破碎器连接,利用所述一次气泡破碎器喷出的气液混合物的机械能,将一次气泡破碎器喷出的机械能转化为气泡的表面能;

所述容纳腔为回转体状,所述容纳腔的回转母线为一条圆弧线;

所述一次气泡破碎器包括:

吸气室,所述吸气室具有所述循环气进口;

喷射管,所述喷射管具有所述循环液进口,所述喷射管的端部构造出喷嘴,所述喷嘴伸入所述吸气室内;

混合管,所述混合管与所述吸气室连通,所述混合管的前端口与所述喷嘴配合,其中所述混合管具有所述气液混合物出口;和

固定筋板,所述固定筋板的一端与所述反应腔的内壁连接,所述固定筋板的另一端与所述混合管的外壁连接;

所述吸气室包括彼此相连的前段和后段,所述前段具有所述循环气进口,所述前段的横截面积沿轴线方向保持不变,所述后段的横截面积由前向后减小,其中所述后段的后端部敞开且与所述混合管的前端部相连,所述喷嘴穿过所述吸气室的前壁伸入所述吸气室内,所述喷嘴邻近所述混合管。

2. 根据权利要求1所述的塔式超细气泡反应器,其特征在于,所述循环气出口设在所述反应腔的顶壁上,所述进液口、所述进气口设在所述反应腔的侧壁的上部,所述反应腔的壁上还设有出液口,所述出液口设在所述反应腔的底壁上,所述循环液出口设在所述反应腔的侧壁上且位于所述进液口和所述进气口的下方,其中所述塔式超细气泡反应器进一步包括溢流挡板,所述溢流挡板设在所述反应腔的壁上且邻近所述循环液出口,其中所述溢流挡板的上沿位于所述循环液出口的上方。

3. 根据权利要求1所述的塔式超细气泡反应器,其特征在于,所述吸气室、所述喷射管和所述混合管中的每一个均水平地设置,所述混合管的横截面积沿前后方向保持不变,其中所述气液混合物出口设在所述混合管的侧壁上且邻近所述混合管的后端部。

4. 根据权利要求1所述的塔式超细气泡反应器,其特征在于,所述二次气泡破碎器的进料口在所述容纳腔的轴向上位于所述容纳腔的中部,所述容纳腔的横截面积由所述容纳腔

的中部向所述容纳腔的端部减小,所述容纳腔相对经过所述容纳腔的轴向的中心的横截面对称。

塔式超细气泡反应器

技术领域

[0001] 本发明涉及反应器,具体而言,涉及塔式超细气泡反应器。

背景技术

[0002] 反应器是化工工艺过程的核心,采用高效节能的反应器是提升化工装置竞争力的关键。传统的多相反应器多采用鼓泡、搅拌或两者相结合的方式,这些方式放大效应明显,气泡直径大通常为10-20mm之间,气液界面积小,传热传质效率低,反应时间长,设备体积大,不能满足现代化工生产高效节能的要求。

[0003] 针对上述问题,有人提出了喷射强化反应器的理念,利用一次气泡破碎器内的液气两相卷吸混合,并产生大量气泡,较传统的多相反应器能较大幅度地大幅度提高反应速率。但现有的喷射强化反应器所产生的气泡直径仍然偏大,大多处在4mm-10mm之间,其整体能量利用率尚较低。

发明内容

[0004] 本发明经过深入研究后发现:一次气泡破碎器喷射出的气液混合物的机械能很高,该气液混合物直接进入反应器内并形成强烈的湍动,此部分湍动能最终以摩擦热的形式耗散了,对气泡破碎的贡献较小。

[0005] 本发明旨在解决现有技术中存在的问题。为此,本发明提出一种具有能量利用率高、气泡直径更小、气液界面积更大的塔式超细气泡反应器。

[0006] 本发明所述塔式超细气泡反应器包括:本体,所述本体内具有反应腔,所述反应腔的壁上设有通孔、进液口、循环液出口、进气口和循环气出口;一次气泡破碎器,所述一次气泡破碎器的一部分穿过所述通孔且伸入到所述反应腔内,其中所述一次气泡破碎器具有循环液进口、循环气进口和气液混合物出口,所述循环液进口与所述循环液出口连通,所述循环气进口与所述循环气出口连通;和二次气泡破碎器,所述二次气泡破碎器具有进料口和出料口,所述进料口与所述气液混合物出口连通。

[0007] 根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器具有传质效率高、反应速率快、能耗低的优点,能大幅度缩短反应时间。

[0008] 另外,根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器还可以具有如下附加的技术特征:

[0009] 根据本发明的一个实施例,所述循环气出口设在所述反应腔的顶壁上,所述进液口、所述进气口设在所述反应腔的侧壁的上部,所述反应腔的壁上还设有出液口,所述出液口设在所述反应腔的底壁上,所述循环液出口设在所述反应腔的侧壁上且位于所述进液口和所述进气口的下方,其中所述塔式超细气泡反应器进一步包括溢流挡板,所述溢流挡板设在所述反应腔的壁上且邻近所述循环液出口,其中所述溢流挡板的上沿位于所述循环液出口的上方。

[0010] 根据本发明的一个实施例,所述一次气泡破碎器包括:吸气室,所述吸气室具有所

述循环气进口;喷射管,所述喷射管具有所述循环液进口,所述喷射管的端部构造出喷嘴,所述喷嘴伸入所述吸气室内;混合管,所述混合管与所述吸气室连通,所述混合管的前端口与所述喷嘴配合,其中所述混合管具有所述气液混合物出口;固定筋板,所述固定筋板的一端与所述反应腔的内壁连接,所述固定筋板的另一端与所述混合管的外壁连接。

[0011] 根据本发明的一个实施例,所述吸气室包括彼此相连的前段和后段,所述前段具有所述循环气进口,所述前段的横截面积沿轴线方向保持不变,所述后段的横截面积由前向后减小,其中所述后段的端部敞开且与所述混合管的前端部相连,所述喷嘴穿过所述吸气室的前壁伸入所述吸气室内,所述喷嘴邻近所述混合管。

[0012] 根据本发明的一个实施例,所述吸气室、所述喷射管和所述混合管中的每一个均水平地设置,所述混合管的横截面积沿前后方向保持不变,其中所述气液混合物出口设在所述混合管的侧壁上且邻近所述混合管的后端部。

[0013] 根据本发明的一个实施例,所述二次气泡破碎器包括:连接管,所述连接管的第一端与所述气液混合物出口相连;和容纳腔,所述容纳腔的壁上设有所述进料口和所述出料口,所述容纳腔的在其轴向上相对的第一端和第二端上均设有所述出料口,其中所述连接管的第二端与所述进料口相连,所述连接管的长度方向与所述容纳腔的周向相切。

[0014] 根据本发明的一个实施例,所述二次气泡破碎器的进料口在所述容纳腔的轴向上位于所述容纳腔的中部,所述容纳腔的横截面积由所述容纳腔的中部向所述容纳腔的端部减小,优选地,所述容纳腔相对经过所述容纳腔的轴向上的中心的横截面对称。

[0015] 根据本发明的一个实施例,所述容纳腔为回转体状,所述容纳腔的回转母线为一条圆弧线、或者一条与所述容纳腔的轴线平行的直线和两条直线组成的曲线、或者一条与所述容纳腔的轴线平行的直线和两条圆弧线组成的曲线,优选地,与所述容纳腔的轴线平行的所述直线与两条所述圆弧线在它们的相交处相切。

附图说明

[0016] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0017] 图1是根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器的结构示意图;

[0018] 图2是根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器的一次气泡破碎器的结构示意图;

[0019] 图3是根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器的二次气泡破碎器的结构示意图;

[0020] 图4是根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器的二次气泡破碎器的结构示意图;

[0021] 图5是根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器的二次气泡破碎器的结构示意图。

具体实施方式

[0022] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附

图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0023] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0024] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0025] 下面参考图1-图5描述根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1。如图1-图5所示,根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1包括本体10、一次气泡破碎器102和二次气泡破碎器103。

[0026] 本体10内具有反应腔101,反应腔101的壁上设有通孔、进液口104、进气口105、循环气出口106、循环液出口107、出液口108。一次气泡破碎器102的一部分穿过该通孔且伸入到反应腔101内,其中一次气泡破碎器102具有循环液进口1021、循环气进口1022和气液混合物出口1028,循环液进口1021与循环液出口107连通,循环气进口1022与循环气出口106连通。二次气泡破碎器103具有进料口和出料口1033,该进料口与气液混合物出口1028连通。

[0027] 下面参考图1-图5描述根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1的工作过程。新鲜的料液从进液口104加入到反应腔101内,气体从进气口105加入到反应腔101内直至反应腔101内达到所需的压力。反应腔101内的料液从循环液出口107抽出,在泵的驱动下进入到一次气泡破碎器102内。有利地,在循环料液进入到一次气泡破碎器102内之前,可以对料液进行换热。

[0028] 同时,由于高速的循环料液在一次气泡破碎器102内形成负压,因此高速的循环料液将循环气体带入一次气泡破碎器102内并混合剪切产生大量气泡,以便形成气液混合物。具体而言,循环气体由循环气出口106离开反应腔101,且由循环气进口1022进入到一次气泡破碎器102内。

[0029] 该气液混合物由一次气泡破碎器102的气液混合物出口1028喷出并进入到二次气泡破碎器103内,该气液混合物在二次气泡破碎器103内高速旋转,由于密度差异,气体聚集于二次气泡破碎器103的轴线附近,被液体压缩剪切产生大量的直径小于等于 $50\mu\text{m}$ 的超细气泡,并由二次气泡破碎器103的出料口1033喷出,进入反应腔101内。由于气泡直径越小,气泡在液体中的上升速度越小。因此,反应腔101内会充满大量的超细气泡,以便形成乳状液,从而可以使反应能够快速地进行。

[0030] 根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1通过设置与一次气泡破碎器102相连

的二次气泡破碎器103,从而可以充分地利用一次气泡破碎器102喷出的气液混合物的机械能,将一次气泡破碎器102喷出的气液混合物的机械能转化为气泡的表面能,以便使该气液混合物内的直径2mm的气泡变成直径小于等于50 μm 的超细气泡。与现有的气液反应器的气液相界面积相比,在相同的输入功率下,根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1的气液相界面积可以提高到40倍以上。

[0031] 而且,气泡的直径越小,气泡的传质系数越高,从而可以大幅度提高塔式超细气泡反应器1的反应效率。因此,根据本发明实施例的塔式超细气泡反应器1具有传质效率高、反应速率快、能耗低等优点,能大幅度缩短反应时间,减小反应器尺寸。

[0032] 如图1-图3所示,反应腔101的高径比在3-20之间。循环气出口106设在反应腔101的顶壁上,进液口104和进气口105设在反应腔101的侧壁的上部。随着反应产物从循环液出口107采出,可以通过进液口104来补充料液以便维持反应腔101内的液位稳定。通过进气口105来补充气体以便来稳定反应腔101内的压力。

[0033] 循环液出口107设在反应腔101的侧壁上,循环液出口107位于进液口104和进气口105的下方。有利地,反应腔101的壁上还设有出液口108,出液口108设在反应腔101的底壁的中心位置。

[0034] 在本发明的一些实施例中,如图1-图3所示,塔式超细气泡反应器1进一步包括溢流挡板109,溢流挡板109设在反应腔101的壁上且邻近循环液出口107,溢流挡板109的上沿位于循环液出口107的上方。由此可以使塔式超细气泡反应器1的结构更加合理。

[0035] 具体而言,溢流挡板109包括水平板和竖直板,该水平板焊接在反应腔101的壁上,该竖直板的下沿焊接在该水平板上,该竖直板的上沿位于循环液出口107的上方

[0036] 如图1-图5所示,一次气泡破碎器102包括吸气室1023、混合管1024和喷射管1026。吸气室1023具有循环气进口1022,喷射管1026具有循环液进口1021,喷射管1026的端部构造出喷嘴1025,喷嘴1025伸入吸气室1023内。混合管1024与吸气室1023连通,混合管1024的前端口与喷嘴1025配合。混合管1024具有气液混合物出口1028。

[0037] 具体而言,喷射管1026的前端敞开以便形成循环液进口1021,吸气室1023可以位于反应腔101的外部(如图1所示,相应地,喷嘴1025位于反应腔101的外部)。混合管1024的一部分位于反应腔101内(如图1所示)。其中,循环液从喷射管1026的前端流向喷射管1026的后端。

[0038] 在本发明的一个实施例中,如图1-图2所示,塔式超细气泡反应器1进一步包括固定筋板1027。固定筋板1027的一端设在反应腔101的内壁上,固定筋板1027的另一端设在混合管1024的外壁上。由此可以更加牢固地将一次气泡破碎器102安装在本体10上。

[0039] 有利地,固定筋板1027为多个,多个固定筋板1027沿一次气泡发生器102的轴线周向均布2-6个。

[0040] 吸气室1023、喷射管1026和混合管1024中的每一个均水平地设置。

[0041] 如图1-图2所示,吸气室1023包括彼此相连的前段10231和后段10232,前段10231的侧壁上设有循环气进口1022,前段10231的横截面积沿前后方向保持不变,后段10232的横截面积由前向后减小。

[0042] 其中,后段10232的后端部敞开且与混合管1024的前端部相连,喷嘴1025穿过吸气室1023的前壁伸入吸气室1023内。有利地,喷嘴1025邻近混合管1024。更加有利地,喷嘴

1025位于混合管1024的前方。

[0043] 如图1-图4所示,在本发明的一个具体示例中,喷射管1026包括圆柱部以及与该圆柱部相连的圆台部。该圆柱部的直径与该圆台部的最小直径之比为2-6:1,该圆台部的锥顶角为 20° - 80° 。其中,该圆台部构造成喷嘴1025。

[0044] 循环液体由循环液进口1021进入到喷射管1026内,并由喷嘴1026喷出,以便形成高速液体。该高速液体在吸气室1023内形成负压,以便将循环气体吸入吸气室1023内。由于喷嘴1025与混合管1024配合,即喷嘴1025与混合管1024相对且位于混合管1024的前方,因此该高速液体将循环气体带入混合管1024内并混合剪切产生大量气泡,以便形成气液混合物。

[0045] 如图1-图2所示,混合管1024的横截面积沿前后方向保持不变。有利地,气液混合物出口1028设在混合管1024的侧壁上且邻近混合管1024的后端部。

[0046] 如图3-图5所示,在本发明的一些示例中,二次气泡破碎器103包括连接管1031和容纳腔1032。连接管1031的第一端与气液混合物出口1028相连。容纳腔1032的壁上设有该进料口和出料口1033。

[0047] 容纳腔1032的在其轴向上相对的第一端和第二端上均设有出料口1033。换言之,容纳腔1032的第一端与容纳腔1032的第二端在容纳腔1032的轴向上相对,容纳腔1032的第一端和第二端上均设有出料口1033。其中,连接管1031的第二端与该进料口相连,连接管1031的长度方向与容纳腔1032的周向相切。

[0048] 由于连接管1031的长度方向与容纳腔1032的周向相切,因此从一次气泡破碎器102喷射出来的该气液混合物(即从混合管1024喷射出来的该气液混合物)通过连接管1031切向进入容纳腔1032内,由此可以使该气液混合物在容纳腔1032内高速旋转。由于密度差异,气体聚集于容纳腔1032的轴线附近,被液体压缩剪切产生大量的直径小于等于 $50\mu\text{m}$ 的超细气泡(有利地,该超细气泡的直径小于等于 $50\mu\text{m}$)。含有该超细气泡的液体由容纳腔1032的两端的出料口1033喷出,进入反应腔101。由于气泡直径越小,气泡在液体中的上升速度越小,因此反应腔101内会充满大量的超细气泡,形成乳状液,从而使反应能够快速进行。

[0049] 在本发明的一个示例中,容纳腔1032可以是回转体状。由此可以使二次气泡破碎器103的结构更加合理。容纳腔1032的回转母线可以是一条圆弧线,容纳腔1032的回转母线还可以是一条与容纳腔1032的轴线平行的直线和两条直线组成的曲线。此外,容纳腔1032的回转母线也可以是一条与容纳腔1032的轴线平行的直线和两条圆弧线组成的曲线。有利地,该与容纳腔1032的轴线平行的直线与两条该圆弧线在它们的相交处相切。

[0050] 如图5所示,该进料口在容纳腔1032的轴向上位于容纳腔1032的中部,容纳腔1032的横截面积由容纳腔1032的中部向容纳腔1032的端部减小。具体而言,容纳腔1032的横截面积由容纳腔1032的中部向容纳腔1032的第一端减小,且容纳腔1032的横截面积由容纳腔1032的中部向容纳腔1032的第二端减小。由此可以使二次气泡破碎器103的结构更加合理。有利地,连接管1031的截面为扁平的矩形结构,由此可使气液混合物进入容纳腔1032产生的阻力最小。

[0051] 有利地,容纳腔1032相对经过容纳腔1032的轴向上的中心的横截面对称。由此可以使二次气泡破碎器103的结构更加合理。

[0052] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0053] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

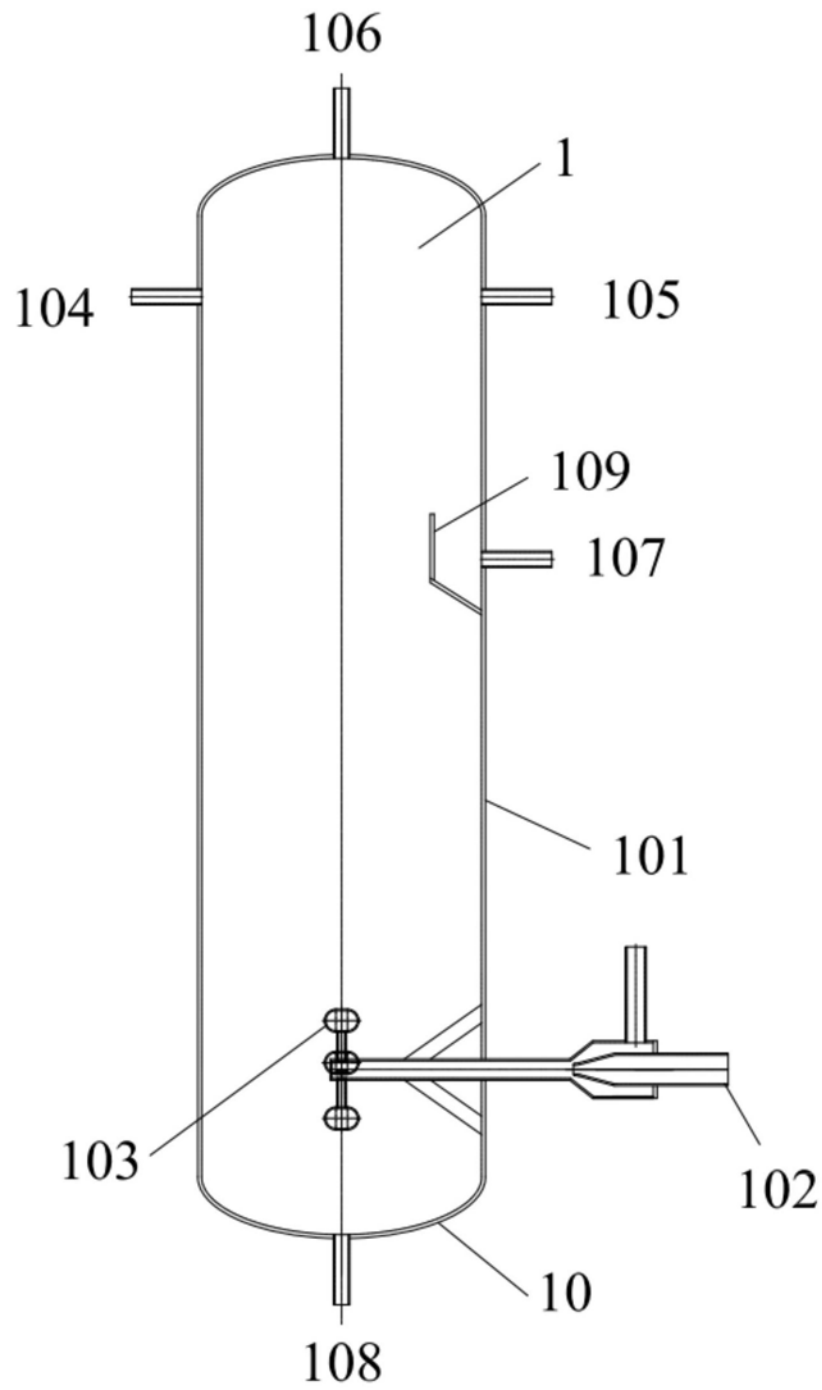


图1

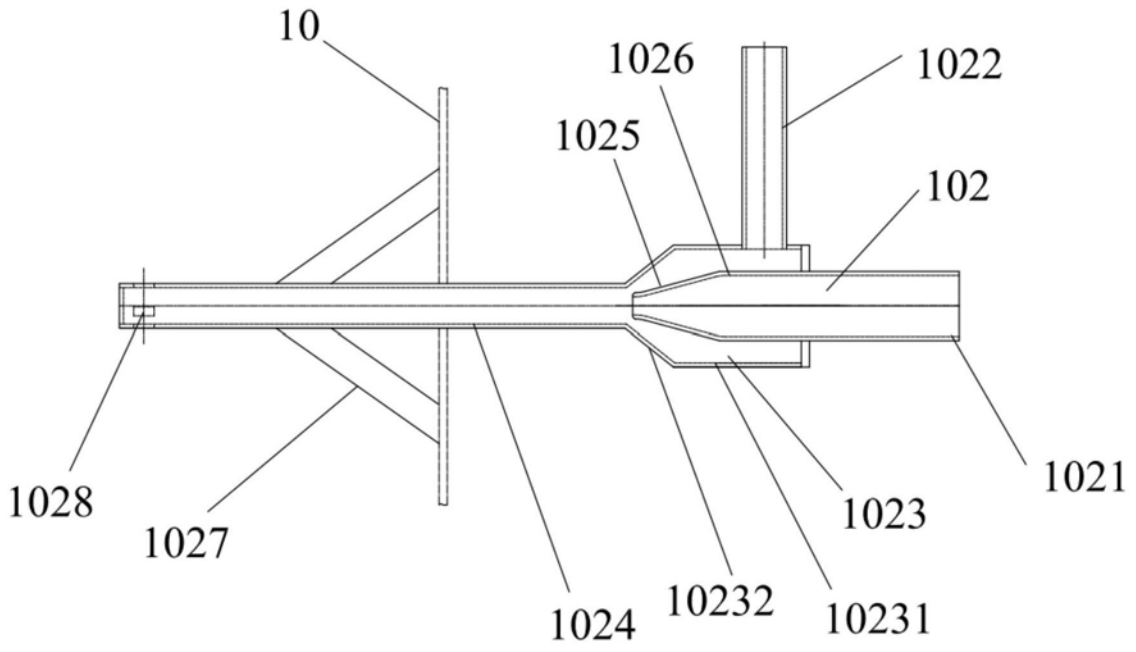


图2

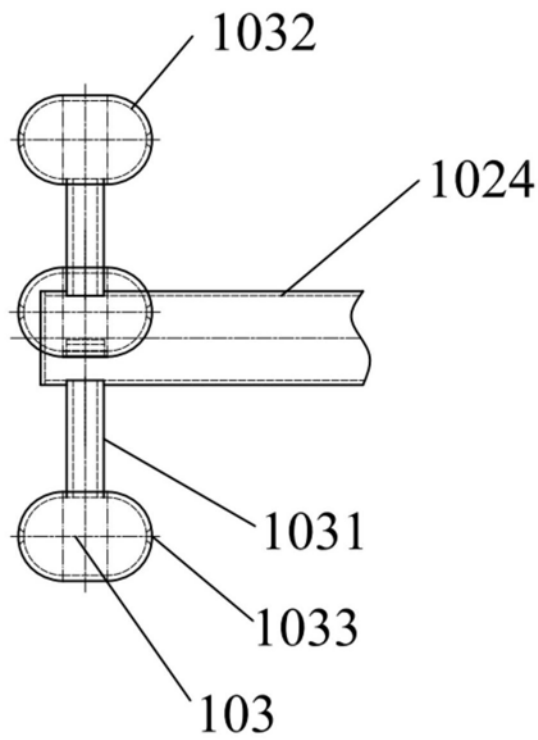


图3

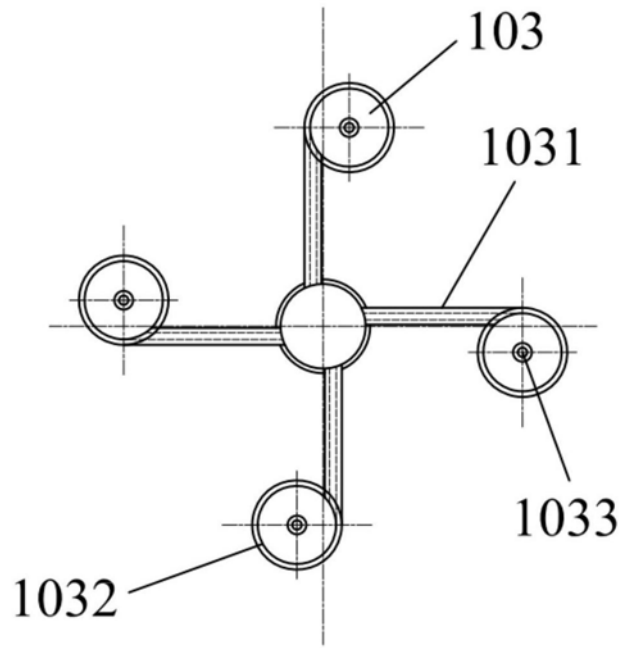


图4

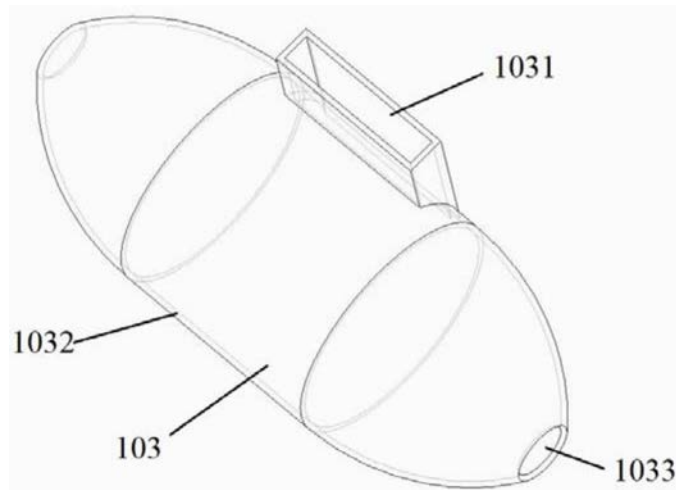


图5