(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 106916727 A
(43)申请公布日 2017.07.04

(21)申请号 201710207598.5

(22)申请日 2017.03.31

(71)申请人 江南大学
地址 214000 江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号

(72)发明人 郑志永 陈瑜琦 詹晓北 高敏杰 刘和

(74)专利代理机构 苏州市中南伟业知识产权代理事务所(普通合伙) 32257
代理人 杨慧林

(51)Int.Cl.
C12M 1/00(2006.01)
C12M 1/04(2006.01)

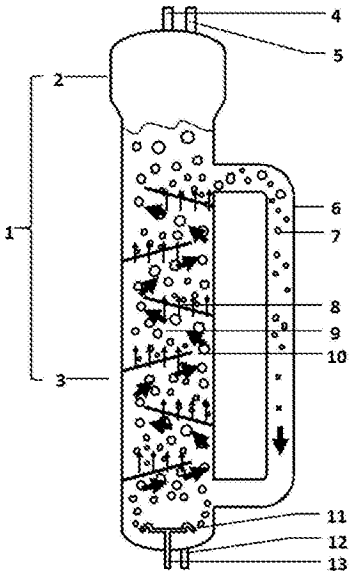
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

装配折流筛板的气升式反应器

(57)摘要

本申请公开了装配折流筛板的气升式反应器，包括：具有上升段和气液分离区的反应罐；气体分布器，其设置在所述反应罐的下部，并用于将气体导入所述上升段，所述上升段内设置有多个开设有筛孔的折流筛板，所述折流筛板与水平面之间具有不为0°或90°的预设夹角，相邻的两个所述折流筛板交错排布。采用了倾斜的折流筛板，并留有部分开放区，能减少气泡尺寸，提高气液传质效率，气体不会在筛板下方积聚而形成气塞现象，拓宽了反应器的操作弹性区间。



CN 106916727 A

1.装配折流筛板的气升式反应器，包括：具有上升段和气液分离区的反应罐；气体分布器，其设置在所述反应罐的下部，并用于将气体导入所述上升段，其特征在于，所述上升段内设置有多个开设有筛孔的折流筛板，所述折流筛板与水平面之间具有不为0°或90°的预设夹角，相邻的两个所述折流筛板交错排布。

2.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，一部分的多个所述折流筛板位于一侧且沿竖直方向间隔排布，另一部分的折流筛板位于另一侧且沿竖直方向间隔排布，位于一侧的所述折流筛板与位于另一侧的所述折流筛板沿竖直方向交错排布。

3.根据权利要求2所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述折流筛板具有朝向所述反应罐内壁面的一端和远离所述反应罐内壁面的另一端，所述折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜。

4.根据权利要求2所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述折流筛板呈板状，所述折流筛板与水平面之间形成的夹角大于0°且小于或等于60°。

5.根据权利要求2所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述气升式反应器包括下降段。

6.根据权利要求5所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述装配折流筛板的气升式反应器包括用于形成下降段的外循环管，所述外循环管的上端与所述反应罐的中上部连通，所述外循环管的下端与所述反应罐的下部连通；其中位于一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的一侧内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的另一侧内侧壁。

7.根据权利要求6所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述外循环管进液口。

8.根据权利要求6所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述外循环管出液口。

9.根据权利要求5所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述反应罐内设置有沿竖直方向延伸的隔板，所述隔板的一侧为上升段，所述隔板的另一侧为下降段，其中位于一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述隔板上。

10.根据权利要求9所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述隔板顶线。

11.根据权利要求9所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述隔板底线。

12.根据权利要求5所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述反应罐内设置有导流筒，所述导流筒的上部和下部分别与所述反应罐连通，所述上升段形成于所述反应罐与所述导流筒之间，所述下降段形成于所述导流筒内，所述气液分离区形成于所述反应罐位于所述导流筒上方的区域，所述折流筛板套设在所述导流筒上，所述折流筛板分为沿竖直方向交错排布的第一折流筛板和第二折流筛板，所述第一折流筛板自其内缘逐渐向其外缘逐渐向上倾斜，所述第二折流筛板自其内缘逐渐向其外缘逐渐向下倾斜，且所述第一折流筛板的外缘与所述反应罐内壁具有部分开放区，所述第二折流筛板的内缘与所述导流筒外壁具有部分开放区。

13.根据权利要求12所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述折流筛板呈圆锥台形。

14.根据权利要求12所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述导流筒顶线。

15.根据权利要求12所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述导流筒底线。

16.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述气升式反应器为鼓泡反应器，所述鼓泡反应器的多个折流筛板连接于所述反应罐的内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的另一侧内侧壁。

17.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述折流筛板的顶部留有部分开放区，所述的折流筛板在水平面上的投影面积与所述上升段的横截面积之比在0.5-0.9之间。

18.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述的折流筛板的开孔率在20％-80％之间。

19.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述筛孔的截面为圆形、椭圆形、月亮形、星形、三角形、四边形或多边形。

20.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述筛孔的截面为圆形，所述筛孔的孔径在2-50mm之间。

21.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，在竖直方向交错相邻的两个所述折流筛板之间的垂直间距与所述折流筛板的垂直高度之比在1-5之间。

22.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述气体分布器为环形管分布器或单喷嘴分布器或多喷嘴分布器或旋切喷嘴分布器。

23.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，位于一侧的多个折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜，位于另一侧的多个折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜。

24.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述反应罐的高径比在2:1～8:1之间。

25.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述的上升段的横截面的面积与所述的下降段的横截面的面积的比值在1:0.1～1:2之间。

26.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述的反应罐的顶部设置有进料口、出气口，底部设置有出料口和进气口。

27.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述的装配折流筛板的气升式反应器包括设置在所述反应罐内部和反应罐外壁的换热装置，以控制反应过程的温度。

28.根据权利要求1所述的装配折流筛板的气升式反应器，其特征在于，所述气升式反应器内的上升段内的液体呈S形方向流动，气体向上流动的轨迹与液体流动方向相互影响。

装配折流筛板的气升式反应器

技术领域

[0001] 本申请涉及化学工程、生物工程和环境工程领域，具体涉及气升式反应器。

背景技术

[0002] 气升式反应器(Airlift Reactor,AR)是在鼓泡反应器(Bubble Column,BC)的基础上发展起来的用于气-液或气-液-固的多相流反应器。传统的气升式反应器从结构上可分为内循环气升式反应器(Internal Loop Airlift Reactor,ILAR)和外循环式气升式反应器(External Loop Airlift Reactor,ELAR)。内循环式气升式反应器是在鼓泡反应器的基础上加入导流筒或隔板；外循环式气升式反应器则是由两个顶部和底部相联通的外循环管组成。

[0003] 一般气升式反应器主要包括上升段、下降段、顶部气液分离区和气体分布器。在上升段底部，气体经过气体分布器进入到反应器内，在上升段内气泡带动液体一起向上流动，到达气液分离区后，大部分气体穿过气液界面排出，另一部分气体被液相带入下降段，由于上升段和下降段内的气含率不同造成两区域的密度差异，最终引起气液两相在反应器内的循环流动。这种反应器中气体的搅动比鼓泡反应器更加剧烈，所以传质、混合效果更佳。

[0004] 气升式反应器综合了鼓泡反应器和搅拌式反应器的优点，具有结构简单、能耗低、混合性能好、传质传热效率高，剪切温和和对细胞损伤小等优点。在过去几十年间，气升式反应器在生物工程、能源化工和环境保护的诸多领域得到了广泛的应用。工业应用统计结果表明，与相同规模的传统机械搅拌式反应器相比，设备制造成本降低30％以上，平均节能30～50％。但是目前在通风发酵工业领域广泛使用的仍以机械搅拌式发酵罐为主，主要是由于气升式反应器的操作弹性区间相对较小，大通风量时气泡在上升过程中容易发生聚并，体积传质系数不能随通风量增加而线性提高，导致传质速率不及机械搅拌式发酵罐。尤其在高密度细胞培养时不能满足细胞的高耗氧需求，因而如何设计更高效的气升式反应器、提升传质速率和效率成为一个非常现实和迫切的问题。

[0005] 申请内容

[0006] 为解决上述技术问题，本申请的目的在于提供装配折流筛板的气升式反应器，当喷射出的气体带动液体做循环流动时，能使上升的大气泡破碎成小气泡，有效阻止气泡聚并，增加气含率，提高体积传质系数。

[0007] 为实现上述目的，本申请提供以下的技术方案：装配折流筛板的气升式反应器，包括：具有上升段和气液分离区的反应罐；

[0008] 气体分布器，其设置在所述反应罐的下部，并用于将气体导入所述上升段，

[0009] 所述上升段内设置有多个开设有筛孔的折流筛板，所述折流筛板与水平面之间具有不为0°或90°的预设夹角，相邻的两个所述折流筛板交错排布。

[0010] 优选地，一部分的多个所述折流筛板位于一侧且沿竖直方向间隔排布，另一部分的折流筛板位于另一侧且沿竖直方向间隔排布，位于一侧的所述折流筛板与位于另一侧的所述折流筛板沿竖直方向交错排布。

[0011] 优选地，所述折流筛板具有朝向所述反应罐内壁面的一端和远离所述反应罐内壁面的另一端，所述折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜。

[0012] 优选地，所述折流筛板呈板状，所述折流筛板与水平面之间形成的夹角大于0°且小于或等于60°。

[0013] 优选地，所述气升式反应器包括下降段。

[0014] 优选地，所述装配折流筛板的气升式反应器包括用于形成下降段的外循环管，所述外循环管的上端与所述反应罐的中上部连通，所述外循环管的下端与所述反应罐的下部连通；其中位于一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的一侧内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的另一侧内侧壁。

[0015] 优选地，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述外循环管进液口。

[0016] 优选地，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述外循环管出液口。

[0017] 优选地，所述反应罐内设置有沿竖直方向延伸的隔板，所述隔板的一侧为上升段，所述隔板的另一侧为下降段，其中位于一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述隔板上。

[0018] 优选地，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述隔板顶线。

[0019] 优选地，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述隔板底线。

[0020] 优选地，所述反应罐内设置有导流筒，所述导流筒的上部和下部分别与所述反应罐连通，所述上升段形成于所述反应罐与所述导流筒之间，所述下降段形成于所述导流筒内，所述气液分离区形成于所述反应罐位于所述导流筒上方的区域，所述折流筛板套设在所述导流筒上，所述折流筛板分为沿竖直方向交错排布的第一折流筛板和第二折流筛板，所述第一折流筛板自其内缘逐渐向其外缘逐渐向上倾斜，所述第二折流筛板自其内缘逐渐向其外缘逐渐向下倾斜，且所述第一折流筛板的外缘与所述反应罐内壁具有第一部分开放区，所述第二折流筛板的内缘与所述导流筒外壁具有第二部分开放区。

[0021] 优选地，所述折流筛板呈圆锥台形。

[0022] 优选地，位于最上方的所述折流筛板的最高点不高于所述导流筒顶线。

[0023] 优选地，位于最下方的所述折流筛板的最低点不低于所述导流筒底线。

[0024] 优选地，所述气升式反应器为鼓泡反应器，所述鼓泡反应器的多个折流筛板连接于所述反应罐的内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的另一侧内侧壁。

[0025] 优选地，所述折流筛板的顶部留有部分开放区，所述的折流筛板在水平面上的投影面积与所述上升段的横截面积之比在0.5-0.9之间。

[0026] 优选地，所述的折流筛板的开孔率在20%-80%之间。

[0027] 优选地，所述筛孔的截面为圆形、椭圆形、月亮形、星形、三角形、四边形或多边形。

[0028] 优选地，所述筛孔的截面为圆形，所述筛孔的孔径在2-50mm之间。

[0029] 优选地，在竖直方向交错相邻的两个所述折流筛板之间的垂直间距与所述折流筛板的垂直高度之比在1-5之间。

[0030] 优选地，所述气体分布器为环形管分布器或单喷嘴分布器或多喷嘴分布器或旋切喷嘴分布器。

[0031] 优选地，位于一侧的多个折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜，位于另一侧的多个折流筛板自其一端向另一端逐渐向上倾斜。

[0032] 优选地，所述反应罐的高径比在2:1～8:1之间。

[0033] 优选地，所述的上升段的横截面的面积与所述的下降段的横截面的面积的比值在1:0.1～1:2之间。

[0034] 优选地，所述的反应罐的顶部设置有进料口、出气口，底部设置有出料口和进气口。

[0035] 优选地，所述的装配折流筛板的气升式反应器包括设置在所述反应罐内部和反应罐外壁的换热装置，以控制反应过程的温度。

[0036] 优选地，所述气升式反应器内的上升段内的液体呈S形流动，气体向上流动的轨迹与液体流动方向相互影响。

[0037] 由于上述技术方案运用，本申请与现有技术相比具有下列优点：

[0038] (1)本申请的折流筛板安装于鼓泡反应器或气升式反应器的上升段，当气体从气体分布器喷出，向上运动遇到折流筛板时，部分气液两相流向上流动穿过筛板并破裂成小气泡，另一部分气液两相流沿着筛板倾斜向上运动，两部分流体相互影响形成错流，有效的阻止了气泡的聚并，减小了气泡尺寸，增加了体积传质系数。

[0039] (2)部分气液两相流会沿着折流筛板呈折线流动，运动路径延长，增加了气泡停留时间和气含率。

[0040] (3)采用了倾斜的折流筛板，并在折流筛板顶部留有部分开放区，过载气体不会在筛板下方积聚而形成气塞现象，逸出的气体被下一块交错布置的筛板优先分散，拓宽了反应器的操作弹性区间。

附图说明

[0041] 图1为本申请中装配折流筛板的气升式反应器中的一个具体实施方式的示意图。

[0042] 图2为本申请中装配折流筛板的气升式反应器中的一个具体实施方式的结构示意图。

[0043] 图3为图1和图2中的装配折流筛板的气升式反应器的折流筛板的结构示意图。

[0044] 图4为图1和图2中的装配折流筛板的气升式反应器的折流筛板的另一个实施方式的结构示意图。

[0045] 图5为本申请中装配折流筛板的气升式反应器中的另一个具体实施方式的结构示意图。

[0046] 图6为图5中的装配折流筛板的气升式反应器的A-A截面的折流筛板的结构示意图。

[0047] 图7为本申请中装配折流筛板的气升式反应器中的又一个具体实施方式的结构示意图。

[0048] 其中，1、反应罐；2、气液分离区；3、气液混合区；4、出气口；5进料口；6、外循环管；7、下降段；8、折流筛板；9、上升段；10、部分开放区；11、气体分布器；12、出料口；13、进气口、14、筛孔；15、隔板；16、导流筒；17、换热夹套。

具体实施方式

[0049] 下面结合附图和实施例，对本申请的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施

例用于说明本申请，但不用来限制本申请的范围。

[0050] 本申请公开了装配折流筛板的气升式反应器，包括：具有上升段9和气液分离区2的反应罐1；气体分布器11，其设置在所述反应罐1的下部，并用于将气体导入所述上升段9。所述上升段9内设置有多个开设有筛孔14的折流筛板8，所述折流筛板8与水平面之间具有不为0°或90°的预设夹角，相邻的两个所述折流筛板交错排布。

[0051] 具体的，装配折流筛板的气升式反应器可以为鼓泡反应器、外循环气升式反应器或内循环气升式反应器等。本申请中的装配折流筛板的气升式反应器的折流筛板倾斜，并留有部分开放区10，气体不会在筛板下方积聚而形成气塞现象，拓宽了反应器的操作弹性区间。

[0052] 下面以举例的方式进行说明。

[0053] 实施例一

[0054] 如图1和图2所示，装配折流筛板的外循环气升式反应器包括反应罐1，反应罐1的内部空间分配为位于上侧的气液分离区2，位于下侧的气液混合区3，气体分布器11设置在反应罐1的下部。所述气升式反应器包括用于形成下降段7的外循环管6，所述外循环管6的上端与所述反应罐1的中上部连通，所述外循环管6的下端与所述反应罐1的下部连通。一部分的多个所述折流筛板8位于左侧且沿竖直方向间隔排布，另一部分的折流筛板8位于右侧且沿竖直方向间隔排布，位于左侧的所述折流筛板8与位于右侧的所述折流筛板8沿竖直方向交错排布，以使部分气液两相流会沿着折流筛板8呈折线流动，运动路径延长，增加了气泡停留时间。其中位于左侧的多个折流筛板8连接于所述反应罐1的左侧内侧壁，位于右侧的多个折流筛板8连接于所述反应罐1的右侧内侧壁。

[0055] 反应罐1的顶部安装有出气口4和进料口5，底部安装有出料口12和进气口13，根据反应条件需要，反应罐还可以安装有温度、压力、pH、溶氧、消泡等电极和接管。

[0056] 在本实施方式中，参照图3和图4所示，折流筛板8的截面形状可以为马蹄形8-1。

[0057] 在本实施方式中，位于左侧的折流筛板8自其左端向右端向上倾斜。位于右侧的折流筛板8自其右端向其左端向上倾斜。

[0058] 折流筛板8的倾斜角度α为15°。

[0059] 折流筛板8在水平面上的投影面积与上升段9截面积之比为0.8。

[0060] 折流筛板8其交错相邻两个所述折流筛板8之间的垂直间距s与所述折流筛板8的垂直高度h之比为3。

[0061] 折流筛板8的最上方一块筛板的最高点m不高于外循环管6进液口中心线n。

[0062] 多个折流筛板8的最下方一块的最低点o不低于外循环管6出液口中心线p。

[0063] 参照图3所示，折流筛板8-1的右侧为部分开放区10，筛孔14-1为圆形孔，孔径5mm，均匀分布，任意三个相邻的筛孔14-1位于同一正三角形的三个顶点位置。

[0064] 参照图4所示，折流筛板8-1的右侧为部分开放区10，筛孔14-2为圆形孔，孔径为别为2、4、6mm，三种孔径按顺序间隔排列。

[0065] 气体分布器11安装在反应罐的下部，气体分布器11采用二喷嘴，所述喷嘴为斜向下弯曲45°的旋切喷嘴。

[0066] 反应罐1的气液混合区3对应部分的反应罐的高径比为4:1。

[0067] 气液分离区2对应部分的反应罐1的内径X与上升段9对应的内径D之比为1.2:1。

[0068] 上升段9的横截面的面积与下降段7的横截面的面积的比值为1:0.2，即上升段9的内径D与外循环管6的内径d之间的比值为1:0.4。

[0069] 实施例二

[0070] 如图5所示，装配折流筛板的内循环(加隔板)气升式反应器，包括反应罐1，反应罐1的内部空间分配为位于上侧的气液分离区2，位于下侧的气液混合区3，气体分布器11设置在反应罐1的下部，气液混合区8中设置有沿竖直方向延伸的隔板15，隔板15把气液混合区分为其左侧的上升段9和右侧的下降段7，气体分布器6向上升段9中通气。反应罐1中还包括安装在上升段9中的多个倾斜的折流筛板8。其中位于左侧的多个折流筛板8连接于所述反应罐1的内侧壁，位于右侧的多个折流筛板8连接于所述隔板15上。位于左侧的折流筛板8与位于右侧的折流筛板8沿竖直方向交错排布，以使部分气液两相流会沿着折流筛板8呈折线流动，运动路径延长，增加了气泡停留时间。

[0071] 反应罐1的顶部安装有出气口4和进料口5，底部安装有出料口12和进气口13。

[0072] 参照图6所示，折流筛板8-2左侧为部分开放区10，右侧与隔板15相连接。

[0073] 折流筛板8的倾斜角度α为30°。

[0074] 折流筛板8安装在上升段9的两侧，左右相间排列，且左右两侧的筛板大小，形状不同。

[0075] 右侧折流筛板8-2为不规则形，它的水平投影面积与上升段9截面积之比为0.8。

[0076] 折流筛板8其交错相邻两个所述折流筛板之间的垂直间距s与所述折流筛板的垂直高度h之比为1.2。

[0077] 折流筛板8的最上方一块筛板的最高点不高于隔板15顶线。

[0078] 折流筛板8的最下方一块筛板的最低点不低于隔板15底线。

[0079] 若干筛孔14均匀分布，任意三个相邻的筛孔14位于同一正三角形的三个顶点位置。

[0080] 筛孔14为圆形孔，圆孔形的孔径为5mm。

[0081] 气体分布器11采用环形管气体分布器。

[0082] 隔板15是弯曲的。

[0083] 反应罐1的气液混合区3对应部分的反应罐的高径比为4:1。

[0084] 气液分离区2对应部分的反应罐的内径X与气液混合区3对应的反应罐的内径D之比为1:1。

[0085] 上升段9的横截面的面积与下降段7的横截面的面积的比值为1:0.33。

[0086] 实施例三

[0087] 如图7所示，装配折流筛板的内循环(加导流筒)气升式反应器，包括反应罐1，反应罐1的内部空间分配为位于上侧的气液分离区2，位于下侧的气液混合区3，气体分布器11设置在反应罐1的下部，气液混合区3中心设置有导流筒16，导流筒16将气液混合区分为其外侧的上升段9和内侧的下降段7，气体分布器11向上升段9中通气。所述折流筛板8套设在所述导流筒16上，所述折流筛板8分为沿竖直方向交错排布的第一折流筛板8-3和第二折流筛板8-4，所述第一折流筛板8-3自其内缘逐渐向其外缘逐渐向上倾斜，所述第二折流筛板8-4自其内缘逐渐向其外缘逐渐向下倾斜，且所述第一折流筛板8-3的外缘与所述反应罐1内壁具有部分开放区10，所述第二折流筛板8-4的内缘与所述导流筒16外壁具有部分开放区10。

[0088] 反应罐1的顶部安装有出气口4和进料口5，底部安装有出料口12和进气口13。

[0089] 折流筛板8的形状为圆锥台状。

[0090] 折流筛板8的倾斜角度α为45°。

[0091] 折流筛板8在水平面上的投影面积与上升段截面积之比为0.8。

[0092] 折流筛板8安装在上升段9的内外两侧，且两侧相间排列。

[0093] 折流筛板8其交错相邻两个所述折流筛板之间的竖直距离s与所述折流筛板的竖直距离h之比为1.5。

[0094] 折流筛板8的最上方一块筛板的最高点不高于导流筒16顶线。

[0095] 折流筛板8的最下方一块筛板的最低点不低于导流筒16底线。

[0096] 若干筛孔14均匀分布，任意单个相邻的筛孔14位于同一正三角形的三个顶点位置

[0097] 筛孔14为圆形孔，圆孔形的孔径为6mm。

[0098] 气体分布器11采用环形管气体分布器。

[0099] 反应罐1的气液混合区3对应部分的反应罐的高径比为5:1。

[0100] 气液分离区2对应部分的反应罐的内径X与气液混合区3对应的反应罐的内径D之比为5:3。

[0101] 上升段9的横截面的面积与下降段7的横截面的面积的比值为1:0.8，即反应罐1的内径D与下降段7的内径d之间的比值为3:2。

[0102] 反应罐1的外部安装有换热夹套17。

[0103] 实施例四

[0104] 在另一个可选的实施方式中，所述气升式反应器为鼓泡反应器，其中鼓泡反应器不具有下降段，所述鼓泡反应器的多个折流筛板连接于所述反应罐的内侧壁，位于另一侧的多个折流筛板连接于所述反应罐的另一侧内侧壁。

[0105] 以上为对本申请实施例的描述，通过对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

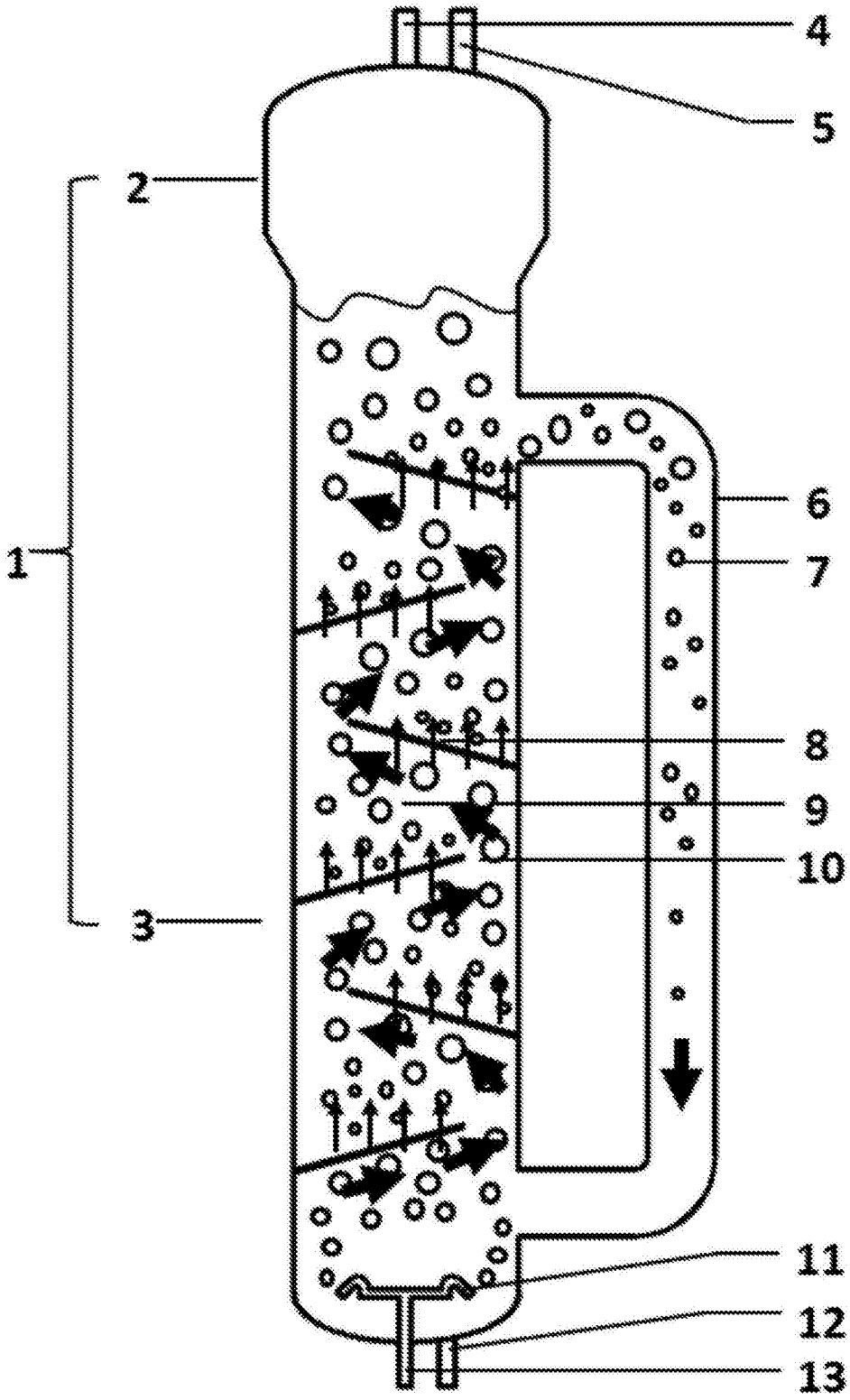


图1

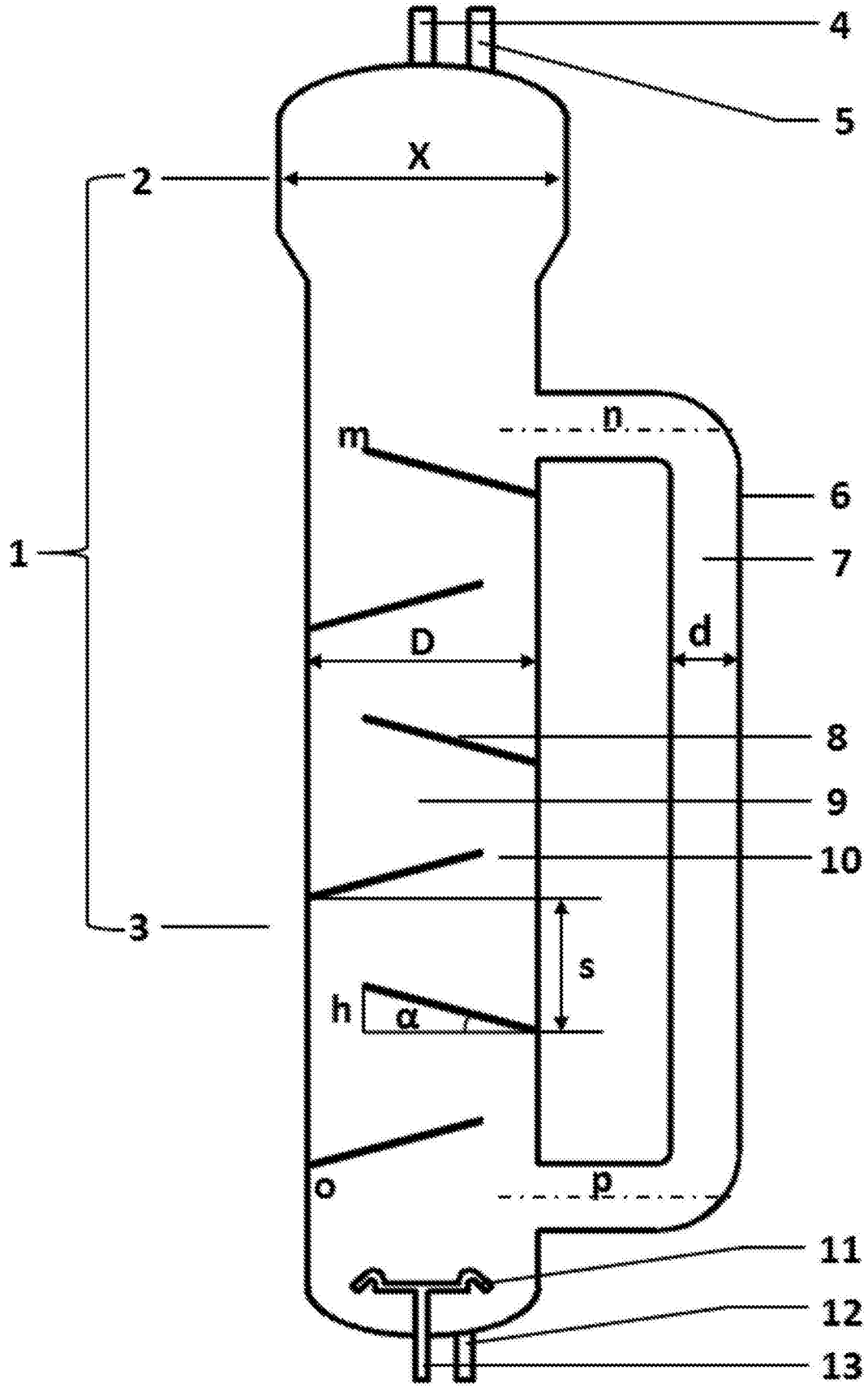


图2

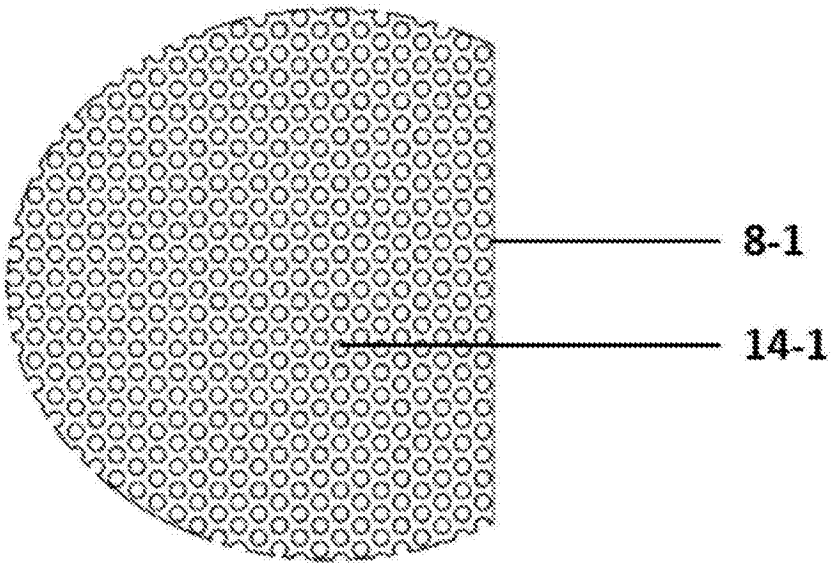


图3

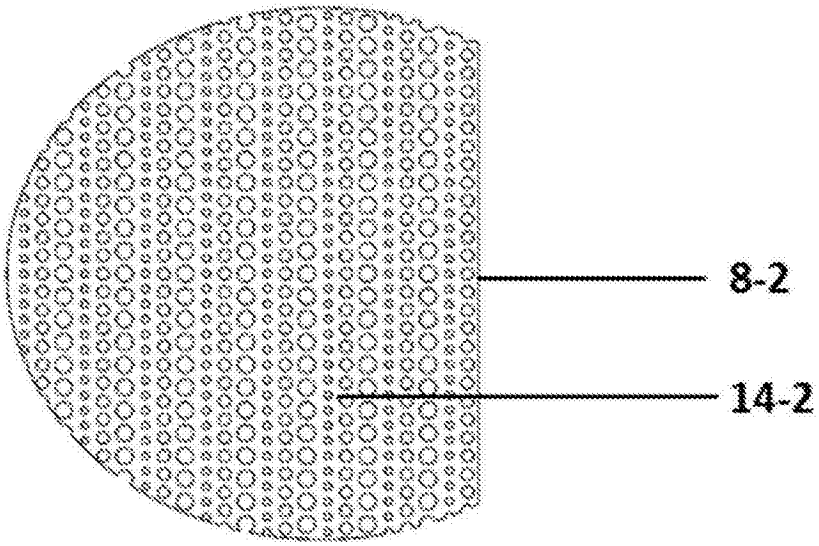


图4

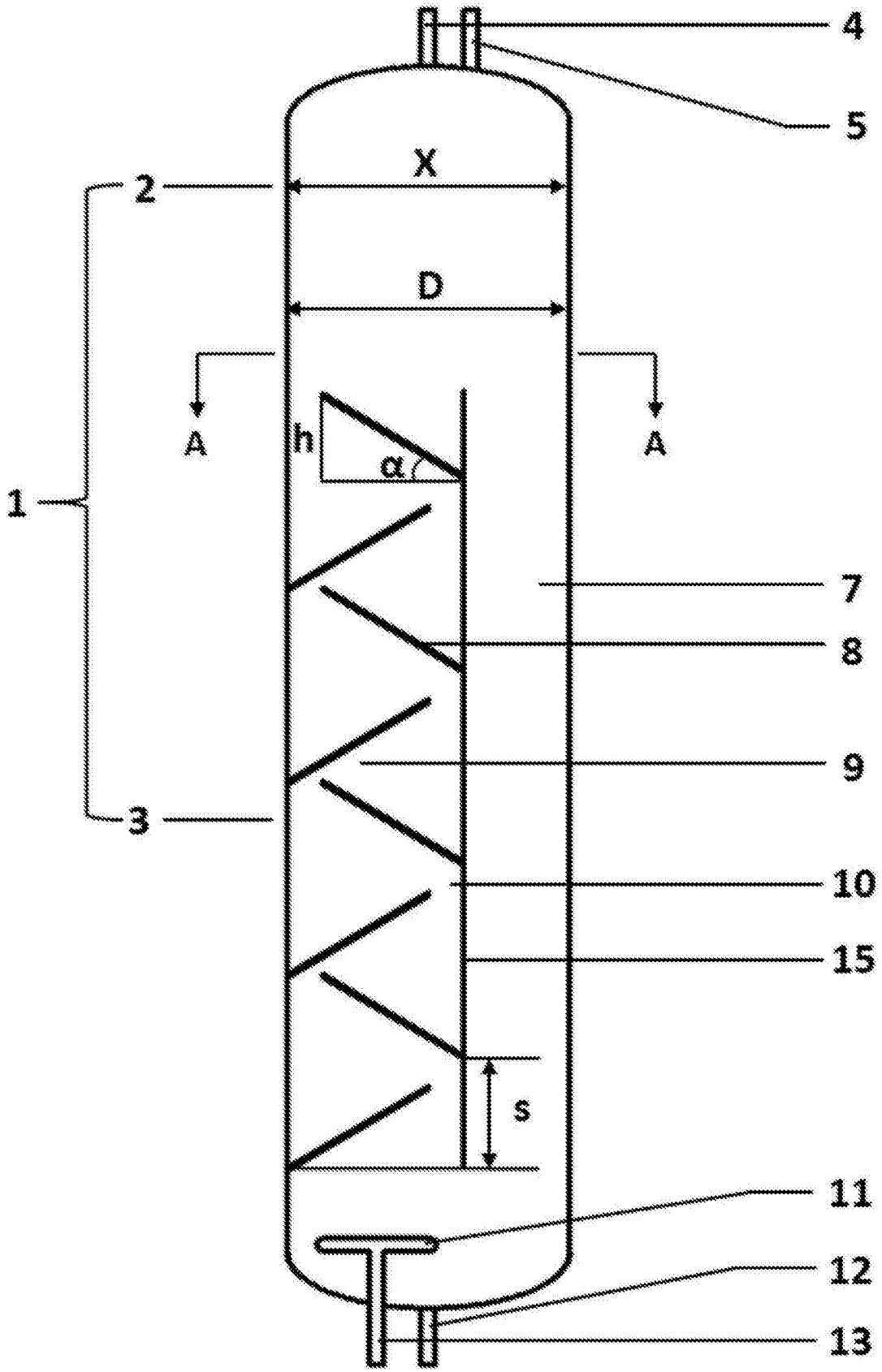


图5

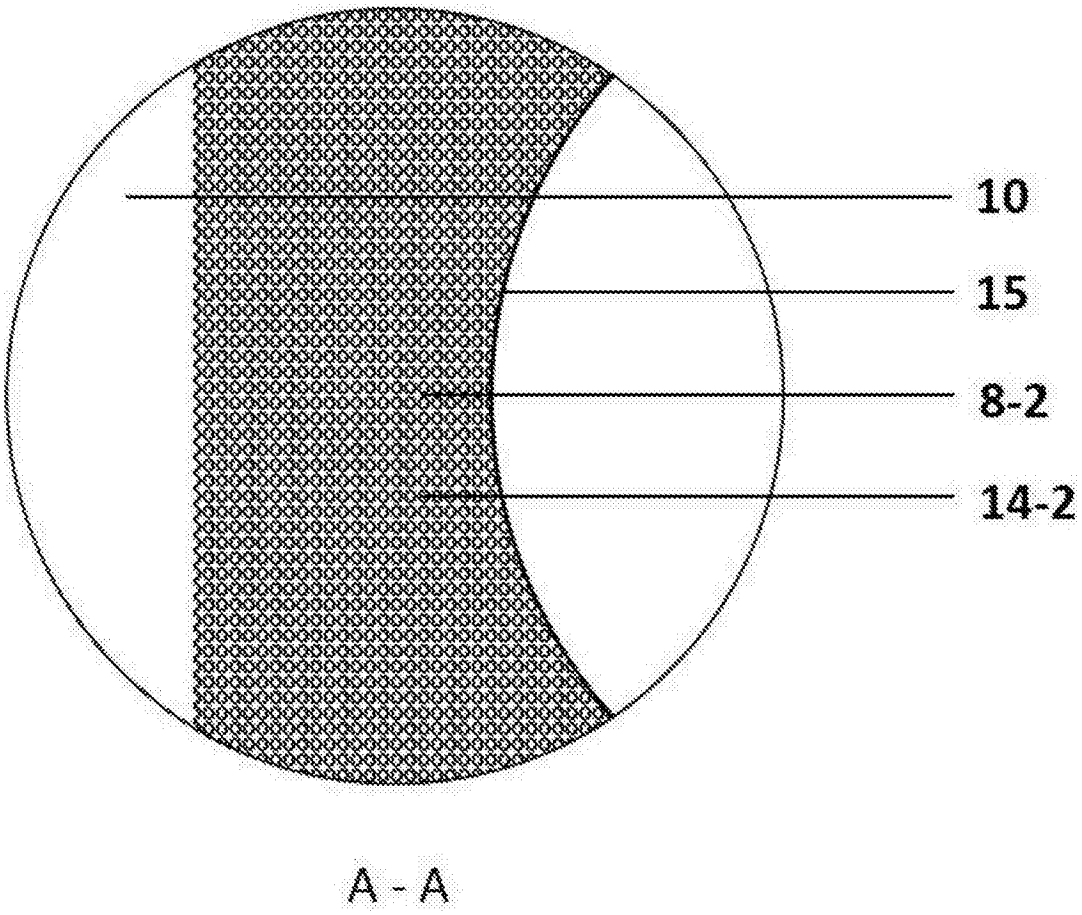


图6

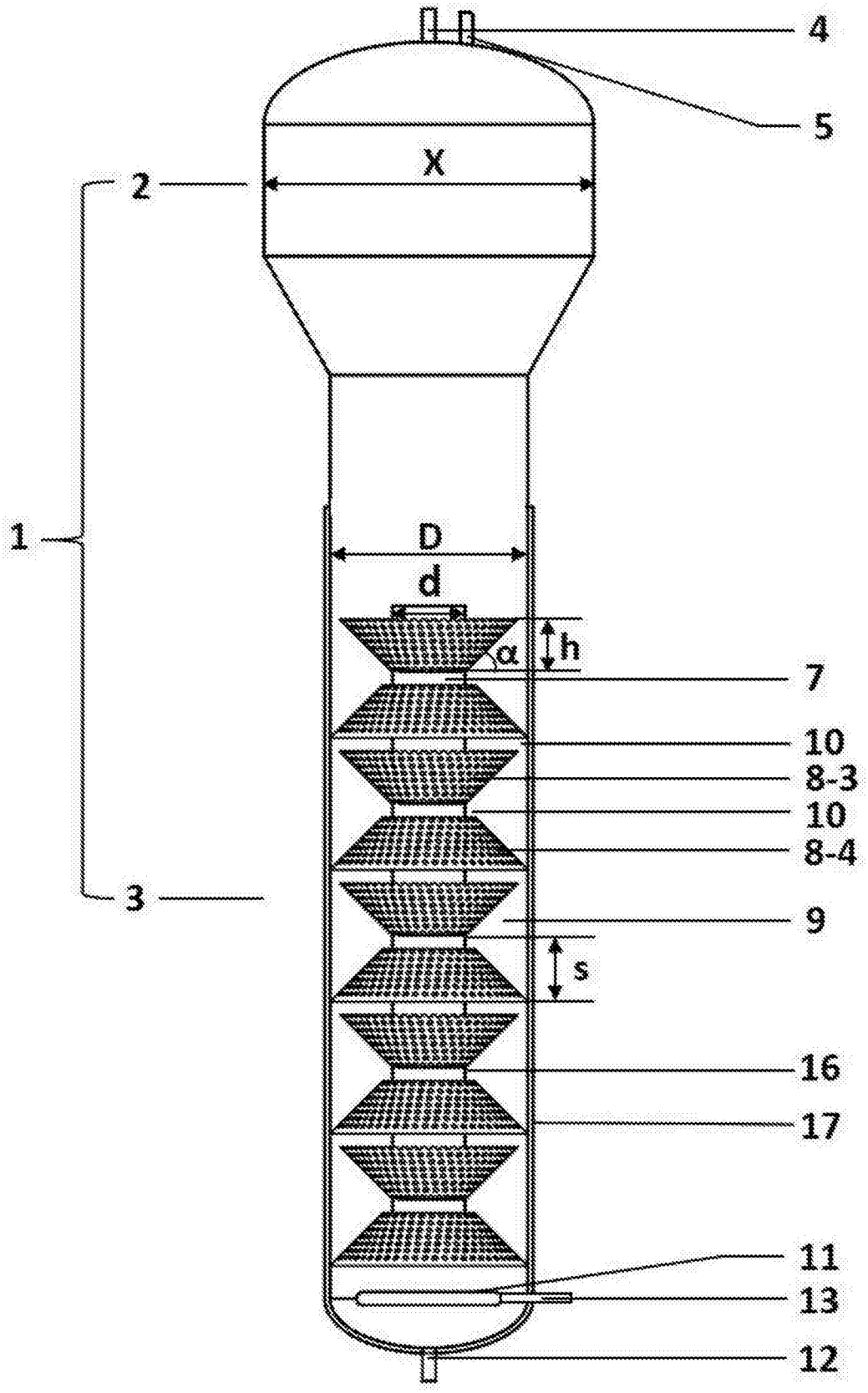


图7