



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107002007 B

(45) 授权公告日 2021.03.09

(21) 申请号 201580061445.3

B01F 3/04 (2006.01)

(22) 申请日 2015.11.11

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

WO 9217409 A1, 1992.10.15

申请公布号 CN 107002007 A

GB 2037174 A, 1980.07.09

(43) 申请公布日 2017.08.01

CN 1578821 A, 2005.02.09

(30) 优先权数据

CN 1605385 A, 2005.04.13

MI2014A001944 2014.11.12 IT

US 4504388 A, 1985.03.12

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

CN 102068903 A, 2011.05.25

2017.05.11

US 3628775 A, 1971.12.21

(86) PCT国际申请的申请数据

GAVRILESC, M. 等. "Process Engineering in Biological Aerobic Waste-Water Treatment". 《Acta Biotechnol.》. 1999, 第19卷 (第2期),

PCT/EP2015/076337 2015.11.11

(87) PCT国际申请的公布数据

GAVRILESC, M. 等. "Process Engineering in Biological Aerobic Waste-Water Treatment". 《Acta Biotechnol.》. 1999, 第19卷 (第2期),

W02016/075194 EN 2016.05.19

(73) 专利权人 艾尼股份公司

地址 意大利罗马

(72) 发明人 法比奥·奥尔达尼

沈荣春等. "导流筒结构对气升式环流反应器内气液两相流动的影响". 《石油化工》. 2005, 第34卷 (第10期),

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 汤慧华 郑霞

审查员 陈云华

(51) Int. Cl.

C12M 1/00 (2006.01)

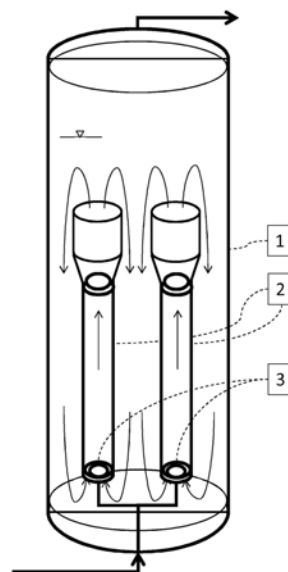
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

具有气升型内部循环的反应装置

(57) 摘要

本发明涉及一种具有气升型内部循环的反应装置, 所述反应装置包括: 竖直圆柱形容积部 (1); 多于一个引流管竖直元件 (2), 所述多于一个引流管竖直元件 (2) 以使得与所述容积部的壁形成间隙的方式定位在圆柱形容积部 (1) 内; 多于一个气体分配器 (3), 所述多于一个气体分配器 (3) 中的每一个定位于所述装置的底部上; 其中: 每个竖直内部元件 (2) 具有沿着所述元件的竖直轴线增大的内径, 并且反应装置的总高度与反应装置的内径之间的比率小于1。



1. 一种具有气升型内部循环的反应装置,所述反应装置包括:

- 竖直圆柱形容积部,
- 多于一个引流管竖直元件,所述多于一个引流管竖直元件以使得与所述竖直圆柱形容积部的壁形成间隙的方式定位在所述竖直圆柱形容积部内,
- 多于一个气体分配器,所述多于一个气体分配器中的每一个定位于所述反应装置的底部上;

所述反应装置的特征在于:

- 每个竖直内部元件具有沿着所述竖直内部元件的竖直轴线增加的内径;
- 所述反应装置的总高度与所述反应装置的内径之间的比率小于1;并且
- 所述间隙的横截面积与所述竖直内部元件的横截面积之间的比率在从1至3的范围内,

其中,所述反应装置内部的所述引流管竖直元件由三个主体形成,两个具有不同直径的圆柱形主体和一个呈截头圆锥形式的主体,所述主体以使得所述截头圆锥的较小基部与第一圆柱形主体的基部中的一个重合并且所述截头圆锥的较大基部与第二圆柱形主体的基部中的一个重合的方式彼此连接。

2. 根据权利要求1所述的反应装置,其中,所述引流管竖直元件中的所述截头圆锥的高度与所述引流管竖直元件本身的高度之间的比率在从0.03至0.25的范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的反应装置,其中,相对于所述呈截头圆锥形式的主体,由所述截头圆锥的高度延伸部和边心距延伸部之间的交叉线形成的角度在从15°至30°的范围内。

4. 根据权利要求1或2所述的反应装置,其中,所述反应装置的所述内径是所述引流管竖直元件的内径的1.5倍至5倍。

5. 根据权利要求3所述的装置,其中,所述反应装置的所述内径是所述引流管竖直元件的内径的1.5倍至5倍。

6. 根据权利要求1、2和5中任一项所述的反应装置,其中,所述间隙的横截面积与所述竖直内部元件的横截面积之间的比率在从1至3的范围内,并且所述反应装置的高度与内径之间的比率小于1。

7. 根据权利要求3所述的反应装置,其中,所述间隙的横截面积与所述竖直内部元件的横截面积之间的比率在从1至3的范围内,并且所述反应装置的高度与内径之间的比率小于1。

8. 根据权利要求4所述的反应装置,其中,所述间隙的横截面积与所述竖直内部元件的横截面积之间的比率在从1至3的范围内,并且所述反应装置的高度与内径之间的比率小于1。

## 具有气升型内部循环的反应装置

[0001] 描述

[0002] 本发明涉及一种具有气升型内部循环 (air-lift type internal circulation) 的反应装置, 该反应装置可以用于进行两相气-液反应和三相气-固-液反应。

[0003] 特别地, 所述装置可以用于进行需氧微生物比如例如酵母的发酵反应。

[0004] 在本专利申请中, 即使没有明确地陈述, 在该文本中提及的所有操作条件应当被认为是优选的条件。

[0005] 为了本解释的目的, 术语“包括 (comprise)”或“包括 (include)”还涵盖术语“由...组成”或“基本上由...组成”。

[0006] 为了本解释的目的, 除非另外陈述, 否则范围定义总是包括极值。

[0007] 用于发酵的两相反应器或三相反应器通常是鼓泡式反应器 (bubble reactor) 或搅拌式反应器。这样的反应器从能量观点来说有些低效和昂贵, 并且因此其应用被反应的规模和类型所限制。

[0008] 通常称为气升反应器 (air-lift reactor) 的内部循环反应器, 在鼓泡塔内提供还被称为引流管 (draft tube) 的管状元件, 该元件允许液相再循环, 因而改进从气相到液相的混合和传质 (“Biochemical Engineering Fundamentals”; J.E.Bailey, D.F.Ollis; McGraw-Hill; 第二版; 1986)。

[0009] 然而, 常规的气升反应器例如在引流管中呈现出液体再循环, 这导致所述再循环在其中进行的区域中的气相滞留量 (gas-phase holdup) 的减少。

[0010] 为减少此现象而采取的解决方案包括多级气升反应器 (multiple stage air-lift reactor), 多级气升反应器涉及引入多个管状元件 (引流管), 如在 W.Jianping, J.Xiaoqiang, P.Lei, W.Changlin, M.Guozhu; “Nitrifying Treatment of Wastewater from Fertilizer Production in a Multiple Air Lift Loop Bioreactor”; Biochem.Eng.J.; 25; [2005] 中所描述的。

[0011] 专利申请 US 2003/0147791 涉及用于进行两相气-液反应和多相气-液-固反应的多个引流管气升内部循环反应器。所述专利申请公开了可以在内部容纳多于一个引流管的反应器, 所述多于一个引流管并联布置并且配置在串联的多个级中。每个引流管提供定位于引流管 (在其内部或外部) 的底部上的气体分配器。所描述的反应器的特征在于, 在反应器的高度与其内径之间的比率在从 3 至 12 的范围内, 并且在引流管的直径与反应器的内径之间的比率在从 0.4 至 0.9 的范围内。可能存在 1 个至 6 个引流管。引流管的底部距反应器的底部一定距离, 该距离在从 10cm 至 100cm 的范围内, 而引流管的顶部在液相的表面下方 10cm 和 200cm 之间的距离。

[0012] 生物反应器可以是鼓泡塔, 并且特别是气升反应器。当用于工业发酵时, 由于非常长的反应时间 (大约几天), 反应器必须具有大于 1000m<sup>3</sup> 的容积 (volume)。与鼓泡塔相比, 气升反应器允许较大的系统均匀度, 这是由于气升反应器内液体的再循环。这种再循环通过反应器高度的增加来促进。然而, 当在反应器的高度和直径之间的比率大于 10 时, 从经济观点来说, 缺点可能由于用于建造 (较大的材料量) 和能量 (与泵送空气相关的消耗) 的较高成

本而产生。此外,将气体分配在以工业规模构建的气升反应器的提升管(riser tube)中的困难是已知的,其中反应器的内径可能多达6m(P.Wongsuchoto,P.Pavasant;"Internal Liquid Circulation in Annulus Sparged Internal Loop Airlift Contactors";Chem.Eng.J.;100;[2004]),这是由于提升管内的液体再循环(R.Krishna,M.I.Urseanu,J.M.van Baten,J.Ellenberger;"Liquid Phase Dispersion in Bubble Columns Operating in the Churn-Turbulent Flow Regime";Chem.Eng.J.;78;[2000])。

[0013] 因此,本发明的目的是改进具有小于1的在装置的总高度和内径之间的比率的气升型反应装置、特别是工业上使用的那些装置的流体动力学性能。

[0014] 因此,申请人发明了一种气升型反应装置,该气升型反应装置包含多于一个竖直内部元件,该竖直内部元件还被称为引流管,具有沿着所述元件的竖直轴线变化的直径。所述装置可以用于进行气-液反应或气-固-液反应,并且由于具体的几何比率,使得改进相均匀度和传质成为可能。

[0015] 本发明的另外的目的和优点将从以下描述和附图中更加明显,附图仅仅通过非限制性实施例的方式提供。

[0016] 图1-5全部是根据本发明的优选的实施方案。

[0017] 图1是具有两个竖直元件或引流管的气升型反应装置,其中引流管充当提升管(2),并且反应装置的容积部(volume)用作降液管(1)。根据该配置,气相通过分配器(3)分配在每个提升管(2)中。

[0018] 图2是具有两个管状引流管元件的气升型反应装置,其中引流管充当降液管(2),并且反应装置的容积部用作提升管(1)。气相通过分配器(3)分配在提升管(1)中。

[0019] 图3是正交于具有四个管状引流管元件的气升型反应装置的轴线的截面。

[0020] 图4示出沿着轴线具有可变直径的引流管的具体几何形状;所述引流管包括三个部分:具有直径D1(2)的圆柱形部分、直径 $D1 < D2$ (4)的截头圆锥部分和具有直径D2的圆柱形部分。

[0021] 图5示出分别具有1个、3个和4个引流管(6)的指定为(a)、(b)和(c)的一些优选的配置。

[0022] 详细描述

[0023] 本发明提供一种具有气升型内部循环的反应装置,该反应装置包括:

[0024] -竖直圆柱形容积部,其优选地可以是器皿(container)或容器(vessel),

[0025] -多于一个竖直元件,在文本中被指定为引流管,该多于一个竖直元件以使得与所述容积部的壁形成间隙的方式定位在圆柱形容积部内,

[0026] -多于一个气体分配器,该多于一个气体分配器中的每个定位于所述装置的底部上;

[0027] 所述装置的特征在于:

[0028] -每个竖直内部元件具有沿着其竖直轴线增大的内径,并且

[0029] -反应装置的总高度与反应装置的内径之间的比率小于1。

[0030] 反应装置内部的竖直元件优选地由三个主体形成,两个具有不同直径的圆柱形主体和一个呈截头圆锥形式的主体,所述主体以使得截头圆锥的较小基部(minor base)与第一圆柱形主体的基部中的一个重合并且截头圆锥的较大基部(major base)与第二圆柱形

主体的基部中的一个重合的方式彼此连接。

[0031] 引流管中的截头圆锥的高度与引流管装置本身的高度之间的比率优选地在从0.03至0.25的范围内。关于呈截头圆锥形式的主体,由截头圆锥的高度延伸部与边心距延伸部之间的交叉线形成的角度优选地在从15°至30°的范围内。

[0032] 所述引流管的几何形状允许液体在其内部更快速地再循环,确保系统更好的混合。

[0033] 在间隙的横截面积与竖直内部元件的横截面积之间的比率优选地在从1至3的范围内。

[0034] 优选地,反应装置的内径必须是引流管的内径的1.5倍至5倍。

[0035] 这里描述的反应装置更优选地特征在于,在间隙的横截面积和竖直内部元件的横截面积之间的比率在从1至3的范围内,并且在反应装置的高度和内径之间的比率小于1。

[0036] 根据本发明,引流管是定位于反应装置内部的元件,该元件通过在一个元件或更多个元件(如果存在多于一个)与装置本身的壁之间产生间隙将所述装置分离成两个不同的区域。

[0037] 引流管是直径沿着轴线变化的竖直元件。特别地,将反应装置的下部基部作为基准,引流管的直径在所述基部附近较小,并且随着距所述基部的距离增大而沿着装置的竖直轴线增大。

[0038] 根据本发明,多个引流管可以根据平行配置布置在反应装置内部。

[0039] 参考图1,在气-液反应或气-固-液反应期间,通过合适的分配器(3)引入反应装置(1)中的气体流由于内部引流管元件而与液相或液-固相分离。

[0040] 当供给气体时,由于存在引流管,在反应装置内形成了不同密度的区域:其中气体较浓缩的较低密度的区域和其中气体较分散的较高密度的区域。密度的这种差异激活了液相的循环,液相在其中气体较浓缩的区域中倾向于向上移动,所述区域相应地被指定为提升管,并且与在具有较低分散气体含量的区域中下降相反,所述区域相应地被指定为降液管。

[0041] 气体流还可以遵循不同的路径,如图2中所示。在这种情况下,气体分配在引流管外部,并且在反应装置的引流管与壁之间的间隙相应地充当提升管,而“引流管”充当降液管。

[0042] 当在提升管的面积与降液管的面积之间的比率在从1至3的范围内时,并且当在反应装置的高度与内径之间的比率小于1时,反应装置内部的多个引流管的存在导致较大的气相滞留量和较大的再循环速度,结果是传质增加。

[0043] 在装置内部存在多个管状引流管元件使得可能获得均匀的系统,即使(反应装置的总高度)/(反应装置的内径)比率低于1。以这种方式,可能的是,增加反应装置的容积,因而改进系统的经济可行性(用于较小的塔高度的较低的建设材料成本以及较低的气体泵送成本),而不改变系统的流体动力性能。

[0044] 本发明的某些说明性、非限制性实施例在下文被提供以帮助理解本发明及其实施方式。

[0045] 根据本发明的实施例1

[0046] 参照图5,将20Nm<sup>3</sup>/h的空气供给到圆形横截面的气升反应器中,气升反应器的内

径为0.690m,并且液体深度为0.470m。对距反应器的底部0.05m的距离的1个至4个引流管进行试验。空气被供给到各个引流管中,由此这些引流管充当提升管(6),而在引流管和反应器壁之间的间隙充当降液管(1)。引流管是具有可变横截面的管,具有0.350m的总高度。每个引流管由第一圆柱形主体、53mm的高度的截头圆锥主体和第二圆柱形主体构成,其中由截头圆锥的高度延伸部和边心距延伸部之间的交叉线形成的角度为 $20^{\circ}$ ,并且下部基部与第一圆柱形主体的基部中的一个重合,第二圆柱形主体的基部与截头圆锥体的上部基部重合。参考图4中示出的以及以图5的三种配置的引流管的形状,表示出了以三种不同配置的引流管的直径。

[0047] 表

| 图 5 的配置 | 引流管的数目 | 下部直径,   | 上部直径,   |
|---------|--------|---------|---------|
|         |        | D1, 图 4 | D2, 图 4 |
| a       | 1      | 0.398 m | 0.437 m |
| b       | 3      | 0.230 m | 0.269 m |
| c       | 4      | 0.199 m | 0.238 m |

[0049] 在实施例2中测试分别具有一直径的1个、3个和4个引流管的三种配置,该直径在所有三种配置中使得获得2的在间隙的横截面积与内部元件的横截面积之间的比率。在这些配置中,氧气传质系数从1个引流管的115.21/h增加到3个引流管的208.81/h并且多达4个引流管的266.41/h。

[0050] 根据本发明的实施例2

[0051] 将空气供给到具有 $1000\text{m}^3$ 的操作容积的工业需氧发酵反应器中。所述反应器由具有11.7m的直径和9.3m的液体深度的圆柱形主体构成(0.8的总反应器高度/内部反应器直径比率)。在反应器内部存在7.0m的总高度和在基部处5.8m的直径的单个引流管。“引流管”具有由第一圆柱形主体、截头圆锥容积部和第二圆柱形主体构成的几何形状,第一圆柱形主体具有5.8m的直径,截头圆锥容积部具有1.1m的高度、 $20^{\circ}$ 的边心距(张角(flare angle))、与第一圆柱形主体的表面中的一个重合的下部基部,第二圆柱形主体的基部与截头圆锥的上部基部重合并且具有6.6m的直径。所述反应器用26.7MW的安装压缩机功率被供给有72吨/h的空气。

[0052] 比较实施例1

[0053] 研究与本发明的实施例2中描述的容积相同容积的气升反应器,该气升反应器用作需氧发酵反应器,包含具有恒定横截面和5.8m的直径的圆柱形几何形状的单个引流管,其中总反应器高度/内部反应器直径比率等于3。所述反应器用57.2MW的安装压缩机功率被供给有72吨/h的空气。

[0054] 此外,在相同的操作容积下,本发明的实施例2中所描述的具有0.8的总反应器高度/内部反应器直径比率的反应器,允许用于建造反应器主体所需要的材料减少10%。

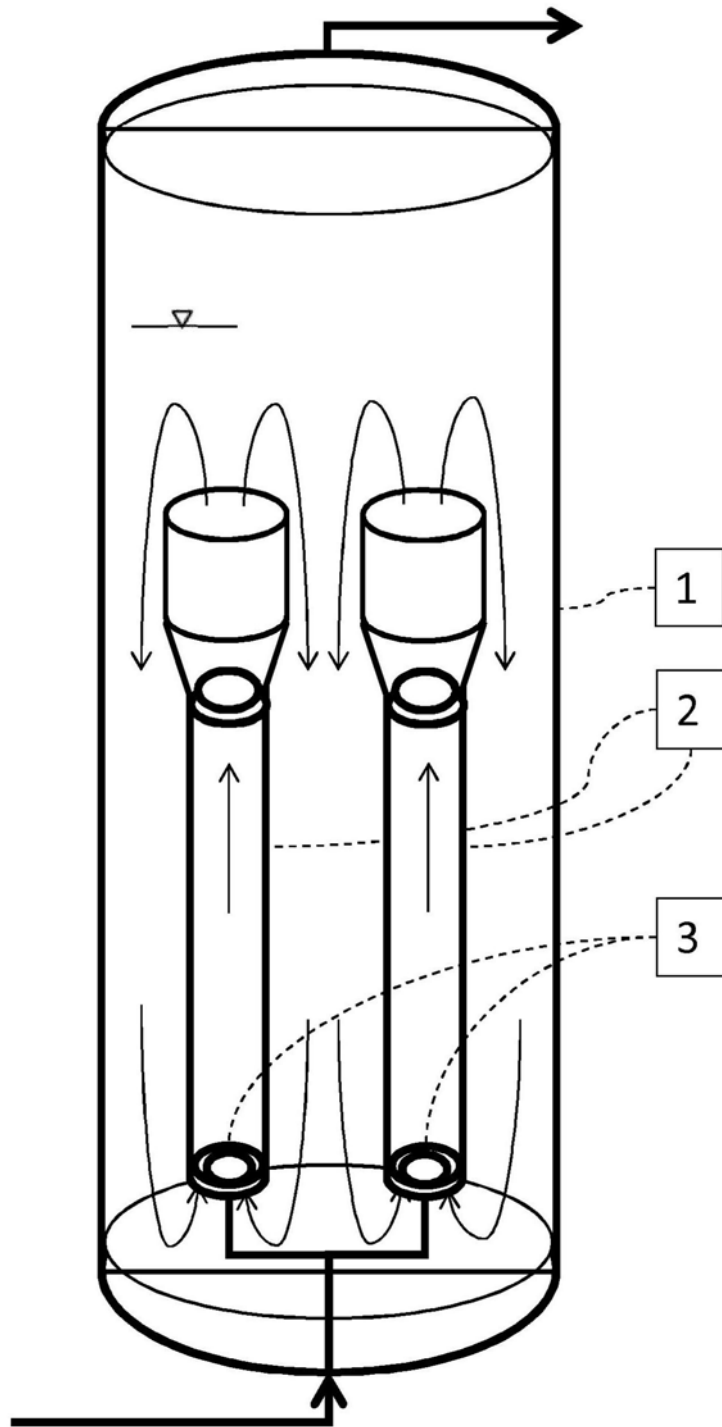


图1

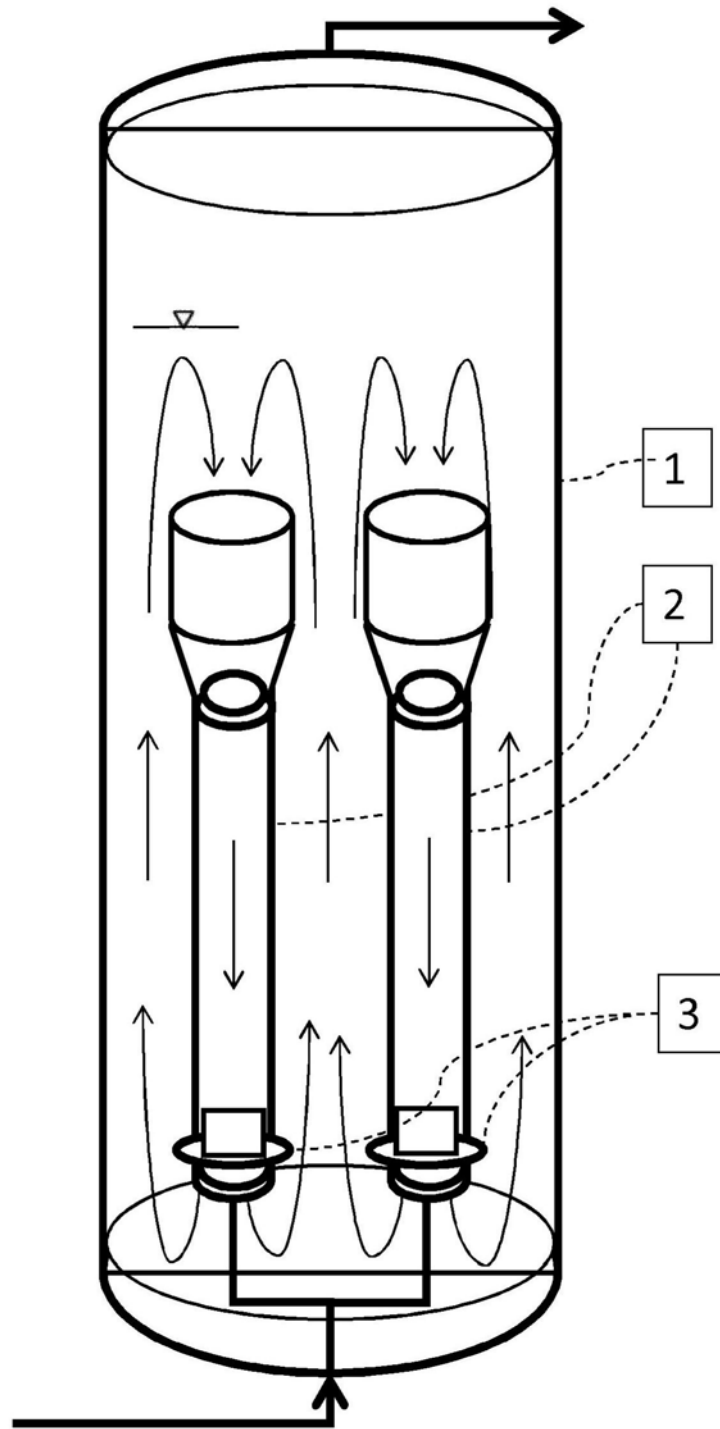


图2

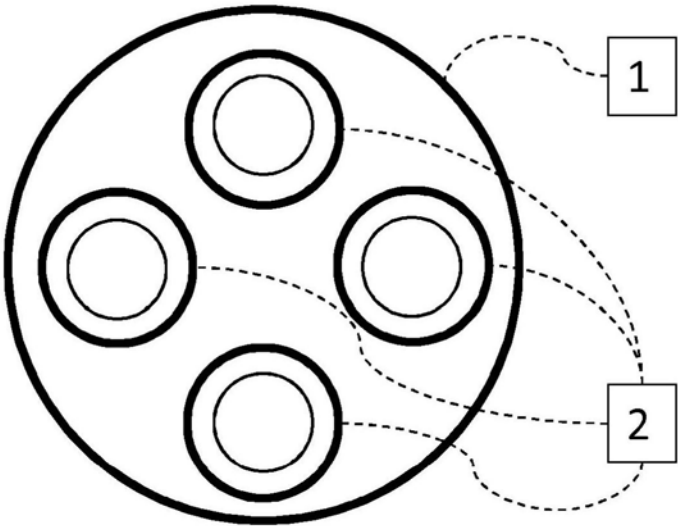


图3

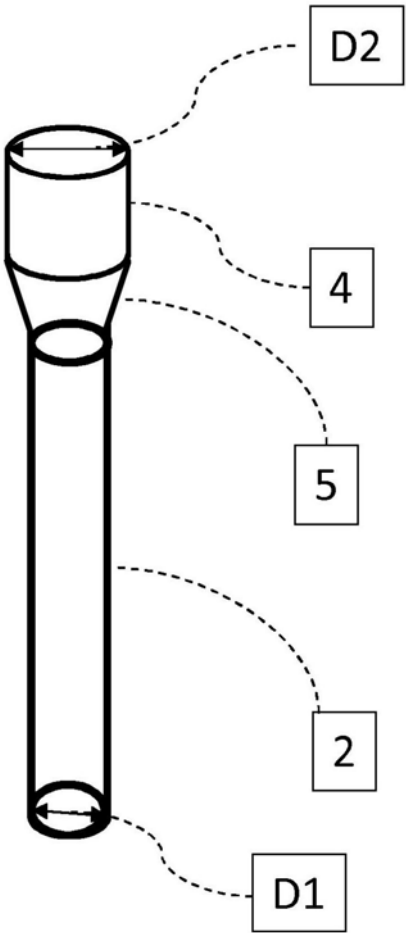


图4

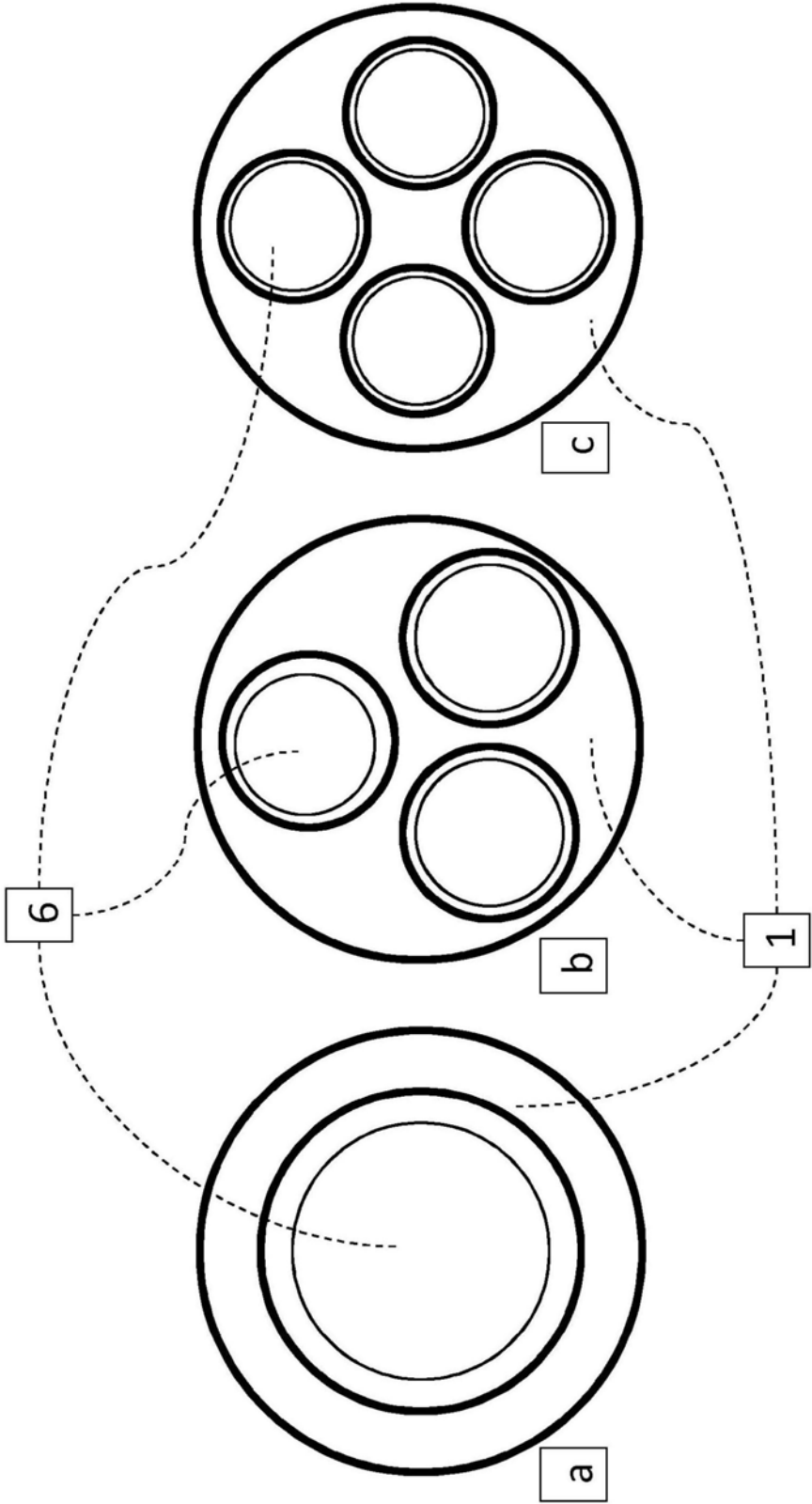


图5