



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110465249 A

(43)申请公布日 2019.11.19

(21)申请号 201910587103.5

(22)申请日 2019.07.01

(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 许萧 杨强 刘懿谦 张博涵

代品一 卢浩

(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 顾兰芳

(51) Int. Cl.

B01J 10/00(2006.01)

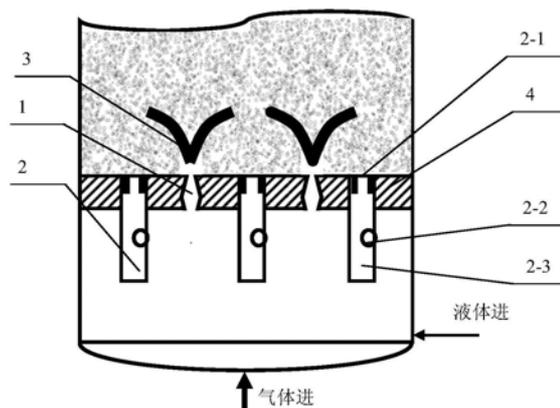
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法及装置

(57)摘要

一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法及装置,是利用气泡反应器内气泡尺寸分形维数来精准描述气泡尺寸分布,并通过分形气泡发生方法精准控制气泡反应器内气泡分形维数,并获得提升气泡反应器传质反应性能;本发明涉及大气泡发生、小气泡发生及气泡群在空间上的分形结构分布,一部分气体进入节流通道形成大气泡,另一部分气体进入剪切通道形成小气泡,两种气泡发生在反应器内的同一高度上的隔板,气泡群经过分散构件后在反应器横截面和纵截面形成分形结构特征。采用两种气泡产生和气泡分散控制气液反应器内部气泡群的分形结构分布,实现强化气液传质。



1. 一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法,是利用气泡反应器内气泡尺寸分形维数来精准描述气泡尺寸分布,并通过分形气泡发生方法精准控制气泡反应器内气泡分形维数,并获得提升气泡反应器传质反应性能的方法;

反应器内部气泡直径和气泡累积数量存在关系式: $N(L \geq \lambda) = \left(\frac{\lambda_{\max}}{\lambda}\right)^{D_f}$, 气泡分形尺度,等号左边代表尺寸大于等于 λ 的气泡数量,反应器内最大气泡尺寸为 λ_{\max} , D_f 为分形维数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述气泡尺寸分形维数是大气泡发生、小气泡发生及气泡群在空间上的分形结构分布。一部分气体进入通道形成大气泡,另一部分气体进入通道形成小气泡,两种气泡发生在反应器内的同一高度上的隔板,气泡群经过分散构件后在反应器横截面和纵截面形成分形结构特征,实现强化气液传质。

3. 一种调控大小气泡分形结构强化传质的装置,其特征在于,横截面具有气泡分形特征的气液反应器,符合基本单元迭代模型产生的分形结构,气泡分形维数为1~2;纵截面具有气泡分形特征的气液反应器,符合随机路径模型产生的分形结构,气泡分形维数为0.5~2;所述横截面特指水平截面,纵截面特指竖直截面,具有同样所述气泡分形特征。

4. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述的反应器为罐体,罐体底部设有气体进口以及液体进口;该罐体内设有隔板;

隔板上设有发生小气泡的若干剪切通道,通过涡流剪切通道发生小气泡,剪切通道的圆孔喷射口处的液体速度为4~20m/s;涡流剪切通道包括一个诱导流体旋转的气液进料口和一个圆孔喷射口,气液进料口的截面积与圆孔喷射口的截面积之比为1.9~0.9;

隔板上设有若干再分布装置;再分布装置是一个竖截面为翅型的导向圆盘,位于节流通道的正上方,圆盘半径等于节流通道与剪切通道之间的距离;

所述再分布装置对所发生的大气泡和小气泡进行混合,再分布装置改变大气泡运方向至周围小气泡群;经过再分布装置的气泡群在反应器内具备分形特征,即大气泡藏身于小气泡群,在反应器进料处产生多尺度气泡,气泡直径范围为0.001~20mm,气泡直径的极大值为2~20mm,大气泡体积占总气泡体积的0.05~0.9。

5. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,剪切通道上部设有进料口圆孔射流口,中部设有剪切通道的进料口,下部设有剪切通道的剪切腔体。

6. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,对于每个气泡再分布装置,圆盘的导向曲线是双曲线、抛物线、两段折线或对数曲线。

7. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,小气泡产生方法是基于液体剪切原理的涡流、文丘里、射流或叶轮;大气泡产生方法是基于节流原理的曝气或鼓泡。

8. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,所述装置包括发生大气泡的节流通道的发生小气泡的剪切通道以及再分布装置;隔板上设有若干发生大气泡的节流通道的发生小气泡的剪切通道,通过开孔、缝隙等节流通道的发生大气泡,节流通道的最小尺寸处的气体速度为5~50m/s;节流通道的最小尺寸为0.1~5mm。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述节流通道的剪切通道位于同一隔板,每个节流通道的周围布置2~6个剪切通道。

10. 根据权利要求4所述的装置,其特征在于,所述气液反应器是立式气液反应器或卧

式气液反应器。

一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法及装置

技术领域

[0001] 一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法及装置,具体涉及一种具有气泡分形结构的气液反应器,并且涉及分形气泡的发生方法和调控方式,实现强化传质的目标,可用于石油炼制、制药工业、精细化工、煤化工、电力、航空、环境等领域。

背景技术

[0002] 气液反应器中的气泡形态主导了气液传质和反应性能,描述气泡形态的参数通常包括气泡尺寸分布和气泡位置分布。

[0003] 基于气泡形态的调控,强化气泡反应器传质性能方面。通过降低气泡尺寸,可以提高反应器含气率,进而提高反应器的气液传质界面面积,提升体传质系数,已成为共识。但问题在于,气泡尺寸应该控制在哪个尺度,以及气泡尺寸分布应该控制为单峰集中还是宽尺度范围。

[0004] 围绕气液传质过程,总传质系数 $K_{La}=K_L \cdot a$,其中 K_L 为液相一侧传质系数, a 为气液传质界面面积。而液相一侧传质系数与液相湍动能 $E(k)$ 有关, $K_L=f(E(k))$,并且存在峰值。湍动界面更有利于提高气液传质效率,在高湍动界面条件下,液相一侧表面更新速率得到提升。

[0005] 气泡诱导的液体湍动(bubble induced turbulence)已经被国内外学者详细的研究,较大气泡可以导致更剧烈的液体漩涡。在气液反应器内,较小气泡提供较大的界面面积,较大气泡诱导周围液体形成涡流,进而提高液体微团接触传质界面的概率,加快气泡周围的液体更新,一定比例的较大气泡可以提供液相湍动能,较大、较小气泡的共存方法可以增大有效传质面积和提高液相传质系数。说明气泡尺寸分布应该是一个多尺度范围,最有利于气液反应。

[0006] 在气泡尺寸分布描述方面,气泡直径尺寸通常使用数值平均、索特平均、最大值、最小值进行描述,缺乏高度统一能够对气泡群进行数学描述的方法。在气泡位置分布描述方面,通常使用某一位置的含气率进行描述,无法进一步给出单元体积内的气泡详细信息。传统方法导致现有气液反应器的内部的气泡形态无法有效统计和分析,阻碍了反应器优化和发展的进度。

[0007] 不规则现象(分形)在自然界普遍存在,1973年,数学家芒德勃罗首次提出了分维和分形的设想。分形是一个粗糙或零碎的几何形状,可以分成数个部分,且每一部分都至少近似地是整体缩小后的形状。

发明内容

[0008] 本发明的目的是建立一种具有气泡分形结构的气液反应器,并且涉及分形气泡的发生方法和调控方式,实现强化传质的目标。

[0009] 本发明的具体技术方案是:一种调控大小气泡分形结构强化传质的方法,是利用气泡反应器内气泡尺寸分形维数来精准描述气泡尺寸分布,并通过分形气泡发生方法精

准控制气泡反应器内气泡分形维数,并获得提升气泡反应器传质反应性能的方法;

[0010] 反应器内部气泡直径和气泡累积数量存在关系式: $N(L \geq \lambda) = \left(\frac{\lambda_{\max}}{\lambda}\right)^{D_f}$, 即气泡分形尺度定律, 等号左边代表尺寸大于等于 λ 的气泡数量, 反应器内最大气泡尺寸为 λ_{\max} , D_f 为分形维数。

[0011] 进一步的, 所述气泡尺寸分形维数是大气泡发生、小气泡发生及气泡群在空间上的分形结构分布。

[0012] 本发明还提出了一种调控大小气泡分形结构强化传质的装置, 横截面具有气泡分形特征的气液反应器, 符合基本单元迭代模型产生的分形结构, 气泡分形维数为1~2; 纵截面具有气泡分形特征的气液反应器, 符合随机路径模型产生的分形结构, 气泡分形维数为0.5~2; 所述横截面特指水平截面, 纵截面特指竖直截面, 具有同样所述气泡分形特征。

[0013] 进一步的, 在表观气速0.0001m/s~2m/s条件下, 体传质系数随着分形维数的增大而增大。

[0014] 进一步的, 所述的反应器为罐体, 罐体底部设有气体进口以及液体进口; 该罐体内设有隔板4;

[0015] 隔板上设有发生小气泡的若干剪切通道2, 通过涡流剪切通道发生小气泡, 剪切通道的圆孔喷射口处的液体速度为4~20m/s; 涡流剪切通道包括一个诱导流体旋转的气液进料口和一个圆孔喷射口, 气液进料口的截面积与圆孔喷射口的截面积之比为1.9~0.9;

[0016] 隔板上设有若干再分布装置3; 再分布装置是一个竖截面为翅型的导向圆盘, 位于节流通道的正上方, 圆盘半径等于节流通道的距离; 剪切通道上部设有进料口圆孔射流口2-1, 中部设有剪切通道的进料口2-2, 下部设有剪切通道的剪切腔体2-3。

[0017] 所述再分布装置对所发生的大气泡和小气泡进行混合, 再分布装置改变气泡运方向至周围小气泡群; 经过再分布装置的气泡群在反应器内具备分形特征, 即大气泡藏身于小气泡群, 在反应器进料处产生多尺度气泡, 气泡直径范围为0.001~20mm, 气泡直径的极大值为2~20mm, 大气泡体积占总气泡体积的0.05~0.9。

[0018] 进一步的, 对于每个气泡再分布装置, 圆盘的导向曲线可以是双曲线、抛物线、两段折线和对数曲线。

[0019] 进一步的, 小气泡产生方法是基于液体剪切原理的涡流、文丘里、射流、叶轮等, 大气泡产生方法是基于节流原理的曝气、鼓泡等。

[0020] 进一步的, 所述装置包括发生大气泡的节流通道的、发生小气泡的剪切通道以及再分布装置; 隔板上设有若干发生大气泡的节流通道的1, 通过开孔、缝隙等节流通道的发生大气泡, 节流通道的最小尺寸处的气体速度为5~50m/s; 节流通道的最小尺寸为0.1~5mm。

[0021] 进一步的, 节流通道的和剪切通道位于同一隔板, 每个节流通道的周围布置2~6个剪切通道。

[0022] 进一步的, 所述气液反应器是立式气液反应器或卧式气液反应器。

[0023] 本发明技术效果:

[0024] 本发明通过大气泡发生、小气泡发生及气泡群在空间上的分形结构分布,一部分气体进入节流通道的形成大气泡,另一部分气体进入剪切通道形成小气泡,两种气泡发生在反应器内的同一高度上的隔板,气泡群经过分散构件后在反应器横截面和纵截面形成分形结构特征。采用两种气泡产生和气泡分散控制气液反应器内部气泡群的分形结构分布,实现强化气液传质。

附图说明

[0025] 图1实施例1的传质系数与强化传质装置的对应关系示意图;

[0026] 图2实施例2的传质系数与强化传质装置的对应关系示意图;

[0027] 图3分形气泡在反应器内的分布示意图;

[0028] 图4具有气泡分形结构的气液反应器的结构示意图;

[0029] 符号说明:图中:

[0030] 1、节流通道的;2、剪切通道;3、再分布装置;4、隔板;

[0031] 2-1、剪切通道的进料口圆孔射流口;2-2、剪切通道的进料口;2-3、剪切通道的剪切腔体。

具体实施方式

[0032] 下面,通过实施例对本发明进行具体描述。有必要在此指出的是,以下实施例只用于对本发明作进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制,该领域的专业技术人员根据本发明的内容作出的一些非本质的改进和调整,仍属于本发明的保护范围。

[0033] 一种立式气液反应方式,横截面具有气泡分形特征的气液反应器,符合基本单元迭代模型产生的分形结构,气泡分形维数为1~2;纵截面具有气泡分形特征的气液反应器,符合随机路径模型产生的分形结构,气泡分形维数为0.5~2。在表观气速0.0001m/s~2m/s条件下,具有较高的气液体传质系数,体传质系数随着分形维数的增大而增大。

[0034] 图4是本发明具有气泡分形结构的气液反应器的结构示意图;反应器为罐体,罐体底部设有气体进口以及液体进口;该罐体内设有隔板4;

[0035] 隔板上设有若干发生大气泡的节流通道的1,通过开孔、缝隙等节流通道的发生大气泡,节流通道的最小尺寸处的气体速度为5~50m/s;节流通道的最小尺寸为0.1~5mm;

[0036] 隔板上设有发生小气泡的若干剪切通道2,通过涡流剪切通道发生小气泡,剪切通道的圆孔喷射口处的液体速度为4~20m/s;涡流剪切通道包括一个诱导流体旋转的气液进料口和一个圆孔喷射口,气液进料口的截面积与圆孔喷射口的截面积之比为1.9~0.9;

[0037] 节流通道的和剪切通道位于同一隔板,每个节流通道的周围布置2~6个剪切通道;

[0038] 隔板上设有若干再分布装置3;再分布装置是一个竖截面为翅型的导向圆盘,位于节流通道的正上方,圆盘半径等于节流通道的与剪切通道之间的距离;剪切通道上部设有进料口圆孔射流口2-1,中部设有剪切通道的进料口2-2,下部设有剪切通道的剪切腔体2-3;

[0039] 所述再分布装置对所发生的大气泡和小气泡进行混合,再分布装置改变大气泡运方向至周围小气泡群。经过再分布装置的气泡群在反应器内具备分形特征,即大气泡藏

身于小气泡群,在反应器进料处产生多尺度气泡,气泡直径范围为 0.001~20mm,气泡直径的极大值为2~20mm,大气泡体积占总气泡体积的0.05~0.9。对于每个气泡再分布装置,圆盘的导向曲线可以是双曲线、抛物线、两段折线和 对数曲线;

[0040] 小气泡产生方法是基于液体剪切原理的涡流、文丘里、射流、叶轮等,大气泡产生方法是基于节流原理的曝气、鼓泡等。

[0041] 在一种实施方式中,在反应器进料处气泡产生方法是多种气泡发生型式的组合,以实现多尺度气泡的效果。

[0042] 在另一种实施方式中,大小气泡产生方法是通过一种涡流剪切通道实现,当气液比大于50时,涡流剪切通道不仅可以产生小气泡,也可以产生一定比例的大气泡。因此根据需要,可以取消节流通道的。

[0043] 在另一种实施方式中,节流通道的最小尺寸处的截面积与剪切通道圆孔喷射口的截面积之比为0.001~0.1,以实现隔板上下存在合适的压强差。

[0044] 在一种实施方式中,气液反应器为卧式,则横截面特指水平截面,纵截面特指垂直截面,具有同样所述气泡分形特征。

[0045] 实施例1

[0046] 在直径180mm、高度2.2米的反应器中,进行氧传质实验,采用传统鼓泡反应器和分形气泡反应器进行对比分析,如图1所示,均为气液升流流态,表观气速为0.025m/s,表观液速为0.0077m/s,实验温度为15摄氏度,采用动态氧浓度法测量 K_La ,体传质系数如图2所示。当采用该方法及装置对水中溶氧过程时,体传质系数由原来的0.015提升为0.027。

[0047] 实施例2

[0048] 在直径280mm、高度6米的反应器中,进行氧传质实验,采用传统鼓泡反应器和分形气泡反应器进行对比分析。均为气液升流流态,表观气速为 0.005~0.025m/s,表观液速为0.0077m/s,实验温度为15摄氏度,采用动态氧浓度法测量 K_La ,体传质系数如图2所示。当采用该方法及装置对水中溶氧过程时,传统鼓泡反应器的体传质系数为0.0025~0.013,分形维数合理的反应器F体传质系数为0.013~0.026,在表观气速0.025m/s工况下,体传质系数提升为鼓泡反应器的2倍。

[0049] 如图3所示分形气泡在反应器内的分布示意图;图中显示了分形气泡在反应器内,在高速摄像时的照片,包括横截面和纵截面的照片,从气泡的树形分形特征分析,大气泡升速较大,产生较强液体湍动;小气泡均匀分散在大气泡周围。

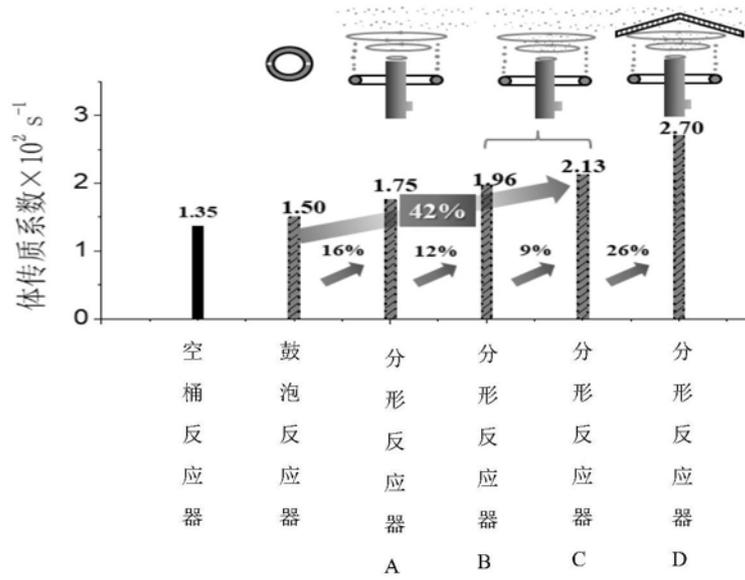


图1

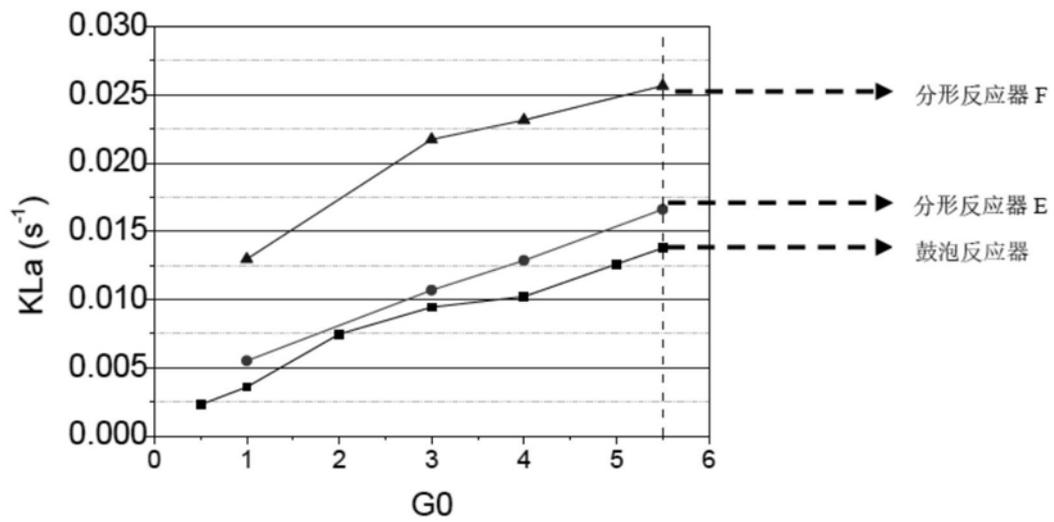


图2

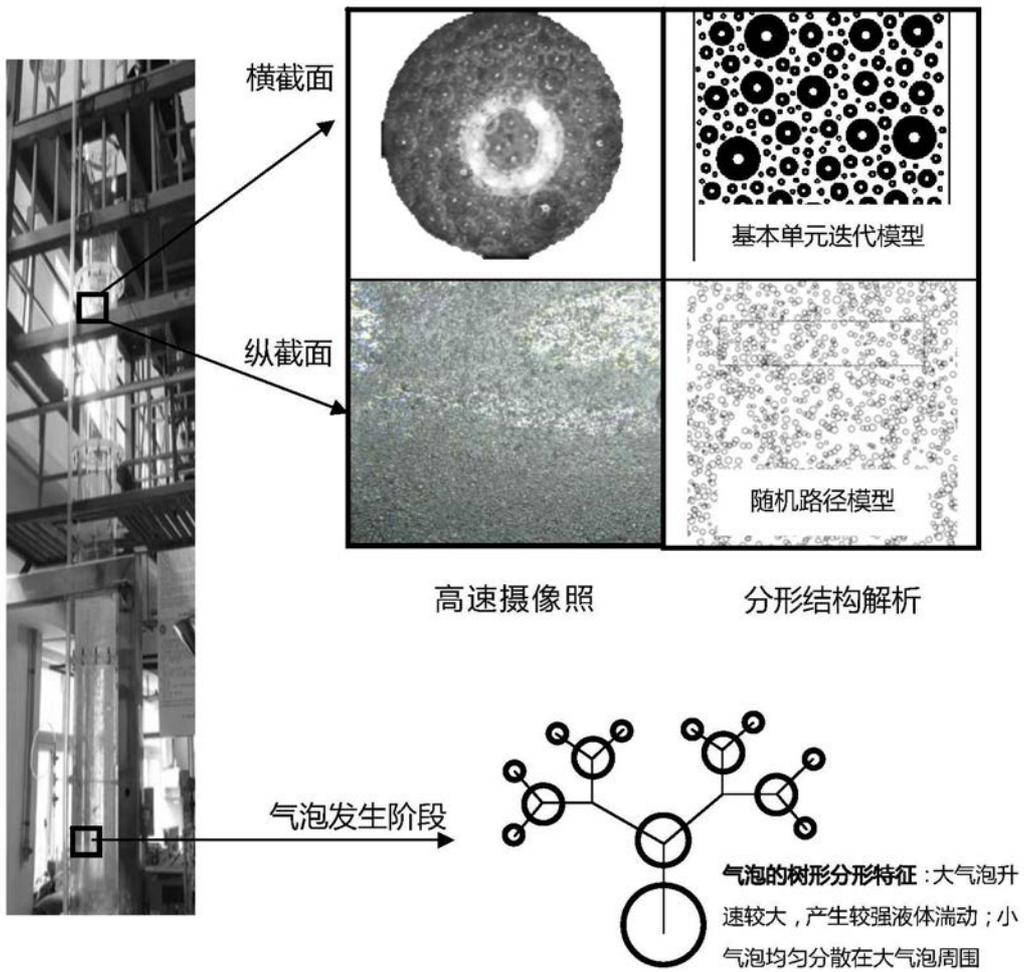


图3

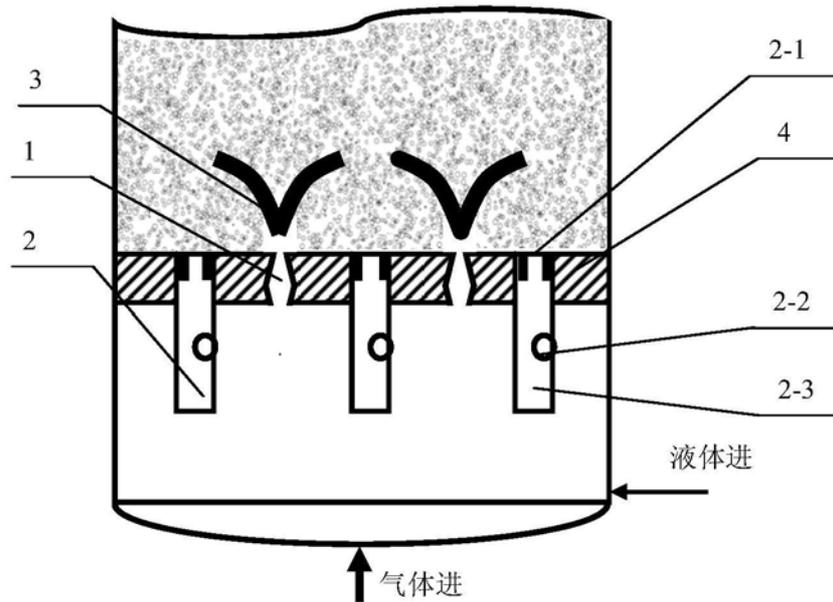


图4