



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113499744 A

(43) 申请公布日 2021.10.15

(21) 申请号 202110768443.5

(22) 申请日 2021.07.07

(71) 申请人 山东泰和水处理科技股份有限公司  
地址 277100 山东省枣庄市市中区十里泉  
东路1号

(72) 发明人 程终发 孙同乐 刘全华

(74) 专利代理机构 济南泉城专利商标事务所  
37218

代理人 崔振旺

(51) Int. Cl.

B01J 19/00 (2006.01)

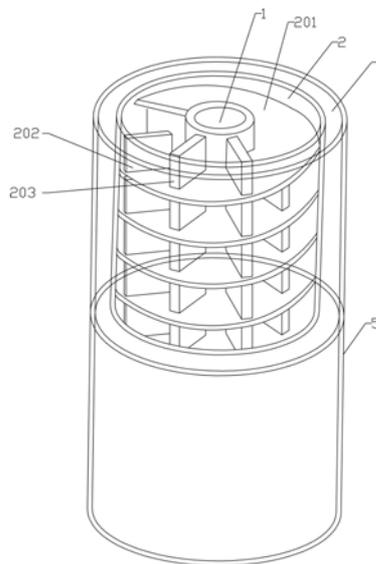
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

基于3D打印机技术制作的微通道反应器

(57) 摘要

本发明涉及化工装置技术领域,特别涉及一种基于3D打印机技术制作的微通道反应器。本发明采用的技术方案是:包括至少一个3D技术打印的微反应通道模块单元,所述微反应器模块单元为方形体,微反应器模块单元内部有多条规则排列的微通道反应管内嵌,微通道反应管同时设有内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体;内层换热介质腔体处于微通道反应管的中央位置,物料反应腔体包围环绕换热介质腔体,环绕换热介质腔体包围物料反应腔体。微通道中反应腔体通过螺旋导流隔板结构及挡板的作用,不仅增大了反应接触面积及时长,能使反应物料混合更加充分均匀,促使反应快速稳定进行,利于提高反应速率和产品质量。



1. 一种基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,包括至少一个3D技术打印的微反应通道模块单元,所述微反应器模块单元为方形体,微反应器模块单元内部有多条规则排列的微通道反应管内嵌,微通道反应管同时设有内层换热介质腔体(1)、物料反应腔体(2)和环绕换热介质腔体(3);

内层换热介质腔体(1)处于微通道反应管的中央位置,物料反应腔体(2)包围环绕换热介质腔体(1),环绕换热介质腔体(1)包围物料反应腔体(2),内层换热介质腔体(1)、物料反应腔体(2)和环绕换热介质腔体(3)间相互隔绝,内层换热介质腔体(1)、物料反应腔体(2)和环绕换热介质腔体(3)间的隔绝层材料为整体结构打印;

内层换热介质腔体(1)、物料反应腔体(2)和环绕换热介质腔体(3)在收尾端部分别设有独立的进口和出口,同一微反应器模块单元上相邻的微通道反应管并联或串联,多个微反应器模块单元并联或串联组成完整的微通道反应器。

2. 根据权利要求1所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,物料反应腔体(2)内设有螺旋导流隔板(201),螺旋导流隔板(201)的内外边缘位置连接与物料反应腔体(2)的内外壁,螺旋导流隔板(201)将物料反应腔体(2)隔离出螺旋状流动通道,螺旋状流动通道内设有挡板,挡板固定于物料反应腔体(2)内壁或螺旋导流隔板(201)但不隔绝螺旋状流动通道。

3. 根据权利要求2所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,所述挡板分为固定在物料反应腔体(2)内壁的内壁挡板(203)和固定在物料反应腔体(2)外壁上的外壁挡板(202),内壁挡板(203)和外壁挡板交替设置。

4. 根据权利要求3所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,螺旋导流隔板层间距大小为反应腔体外径的一半,挡板高度与螺旋导流隔板层间距一致,长度为反应腔体内外壁间距的2/3;所述环绕换热介质腔体(3)内外壁由杆状连接装置固定。

5. 根据权利要求4所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,单微通道反应管外壁直径500 $\mu\text{m}$ ,内层换热介质腔体直径100 $\mu\text{m}$ ,物料反应腔体(2)直径400 $\mu\text{m}$ ,环绕换热介质腔体(3)直径500 $\mu\text{m}$ ,螺旋导流隔板每层间隔300 $\mu\text{m}$ ,内外壁挡板高度与绞龙高度一致,宽20 $\mu\text{m}$ ,长100 $\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求1所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,微反应器模块单元长7000 $\mu\text{m}$ ,宽4000 $\mu\text{m}$ ,高6000 $\mu\text{m}$ ,上述微通道反应管按横排、竖排的排列方式均匀分布在模板单元中,每排相邻微通道反应管的头部相连或尾部相连,头部相连与尾部相连在每排微通道反应管上间隔设置,每排微通道反应管串联后与相邻排微通道反应管串联,两端部排的微通道反应管设置汇集进口和汇集出口,汇集进口和汇集出口分别通过管路与物料或换热介质储罐建立对应连接,可实现各物质在对应腔体通道内精准注入和流出。

7. 根据权利要求1所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,微通道反应器可以选择为不锈钢合金、聚四氟乙烯、陶瓷或碳化硅等材质中的任意一种、两种或多种的组合打印制作。

8. 根据权利要求6所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,相邻微通道反应管的头部相连或尾部的相连接管道内部设置内层换热介质管8、物料管6和环绕换热介质管7,内层换热介质管8与两相连微通道反应管的内层换热介质腔体(1)相连,物料管6与相连的两微通道反应管的两物料反应腔体(2)相连,环绕换热介质管7与相连的两微通道

反应管的环绕换热介质腔体(3)相连。

9. 根据权利要求1所述的基于3D打印机技术制作的微通道反应器,其特征是,所述环绕换热介质腔体(3)的外壁与微反应器模块单元为一体结构。

## 基于3D打印机技术制作的微通道反应器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及化工装置技术领域,特别涉及一种基于3D打印机技术制作的微通道反应器。

### 背景技术

[0002] 微通道反应器又称微反应器或微流反应器等,其本质是使流体通过当量直径为微米至毫米尺度的机械通道,强制进行气-液、液-液、气-液-液等混合,以实现增大传质、传热界面,提高传质、传热和反应效率之目的。

[0003] 传统的微通道反应器最初是利用金属材料通过两片合二为一,构造比较简单,且这种结构的微通道反应器在使用一段时间后,反应器管路通过反复热胀冷缩过程,会出现连接处渗漏现象。为了达到物料尽可能的混合均匀,传统的微通道反应器多在反应通道的形状上做不同的设计和改变,易造成加工材料的不合理利用。同时,由于微通道反应器的特征尺寸是微米级别,传统的精密加工制造技术很难实现微通道反应器内部更加复杂的微小结构的制造,无法满足一些条件要求比较严格的反应。随着当前社会环境安全形势和微反应器技术的不断发展,微通道反应器可实现在大直径传质与反应设备中较难实现的精准传质,特别是在光化学催化转化、硝化等危险反应等过程具有明显优势,因此逐渐受到许多有机合成行业的青睐,吸引越来越多的人关注研究。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种基于3D打印机技术制作的微通道反应器,实现更精密的微通道反应器内部构件,有效提高反应的传质传热效率,降低工业生产能量消耗。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

基于D打印机技术制作的微通道反应器,包括至少一个D技术打印的微反应通道模块单元,所述微反应器模块单元为方形体,微反应器模块单元内部有多条规则排列的微通道反应管内嵌,微通道反应管同时设有内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体;

内层换热介质腔体处于微通道反应管的中央位置,物料反应腔体包围环绕换热介质腔体,环绕换热介质腔体包围物料反应腔体,内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体间相互隔绝,内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体间的隔绝层材料为整体结构打印;

内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体在收尾端部分别设有独立的进口和出口,同一微反应器模块单元上相邻的微通道反应管并联或串联,多个微反应器模块单元并联或串联组成完整的微通道反应器。

[0006] 进一步的说明,物料反应腔体内设有螺旋导流隔板,螺旋导流隔板的内外边缘位置连接与物料反应腔体的内外壁,螺旋导流隔板将物料反应腔体隔离出螺旋状流动通道,螺旋状流动通道内设有挡板,挡板固定于物料反应腔体内壁或螺旋导流隔板但不隔绝螺旋

状流动通道。

[0007] 再进一步的说明,所述挡板分为固定在物料反应腔体内壁的内壁挡板和固定在物料反应腔体外壁上的外壁挡板,内壁挡板和外壁挡板交替设置。

[0008] 再进一步的说明,螺旋导流隔板层间距大小为反应腔体外径的一半,挡板高度与螺旋导流隔板层间距一致,长度为反应腔体内外壁间距的 $\frac{1}{2}$ ;所述环绕换热介质腔体内外壁由杆状连接装置固定。

[0009] 再进一步的说明,单微通道反应管外壁直径 $\mu\text{m}$ ,内层换热介质腔体直径 $\mu\text{m}$ ,物料反应腔体直径 $\mu\text{m}$ ,环绕换热介质腔体直径 $\mu\text{m}$ ,螺旋导流隔板每层间隔 $\mu\text{m}$ ,内外壁挡板高度与蛟龙高度一致,宽 $\mu\text{m}$ ,长 $\mu\text{m}$ 。

[0010] 进一步的说明,微反应器模块单元长 $\mu\text{m}$ ,宽 $\mu\text{m}$ ,高 $\mu\text{m}$ ,上述微通道反应管按横排、竖排的排列方式均匀分布在模板单元中,每排相邻微通道反应管的头部相连或尾部相连,头部相连与尾部相连在每排微通道反应管上间隔设置,每排微通道反应管串联后与相邻排微通道反应管串联,两端部排的微通道反应管设置汇集进口和汇集出口,汇集进口和汇集出口分别通过管线与物料或换热介质储罐建立对应连接,可实现各物质在对应腔体通道内精准注入和流出。

[0011] 进一步的说明,微通道反应器可以选择为不锈钢合金、聚四氟乙烯、陶瓷或碳化硅等材质中的任意一种、两种或多种的组合打印制作。

[0012] 再进一步的说明,,相邻微通道反应管的头部相连或尾部的相连管道内部设置内层换热介质管、物料管和环绕换热介质管,内层换热介质管与两相连微通道反应管的内层换热介质腔体相连,物料管与相连的两微通道反应管的两物料反应腔体相连,环绕换热介质管与相连的两微通道反应管的环绕换热介质腔体相连。

[0013] 进一步的优选,所述环绕换热介质腔体的外壁与微反应器模块单元为一体结构。

[0014] 本发明3D打印制备的微通道反应器,利用3D打印技术制作出普通制造技术无法实现的复杂构造的微通道反应器,每个微通道通过两层介质腔体包裹反应腔体,形成内中外的三层结构,有效提高反应的传质传热效率,降低工业生产能量消耗。微通道中反应腔体通过螺旋导流隔板结构及挡板的作用,不仅增大了反应接触面积及时长,能使反应物料混合更加充分均匀,促使反应快速稳定进行,利于提高反应速率和产品质量。3D打印的器件表面均更加粗糙,用作反应容器,能有效增大了反应接触面积,进一步促进反应的有效进行。

## 附图说明

[0015] 图1为微通道反应管结构示意图。

[0016] 图2为微通道反应管俯视图。

[0017] 图3为微反应器模块单元结构示意图。

[0018] 图4为微反应器模块单元内微通道反应管的连接关系图。

[0019] 图5为多个微反应器模块单元间的串联结构图。

[0020] 图6为多个微反应器模块单元间的并联结构图。

[0021] 图7为两微通道反应管间的连接关系结构图。

[0022] 附图标记:1、内层换热介质腔体,2、物料反应腔体,201、螺旋导流隔板,202、外壁挡板,203、内壁挡板,3、环绕换热介质腔体,4微反应器模块单元,5微通道反应管,6物料管,

7环绕换热介质管,8内层换热介质管,9汇流进口10汇流出口。

### 具体实施方式

[0023] 下面对本发明的具体内容进行进一步的说明:

本发明是一种基于3D打印机技术制作的微通道反应器,由多个3D技术打印的微反应通道模块单元组成。

[0024] 本发明微反应器模块单元为方形体,如图3和图4所示,微反应器模块单元内部有多条规则排列的微通道反应管内嵌,微通道反应管可以与微反应器模块单元为一体结构,也可以微反应器模块单元嵌入微反应器模块单元内。

[0025] 微通道反应管结构如图1所示,包括设有内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3。

[0026] 如图1所示,内层换热介质腔体1处于微通道反应管的中央位置,物料反应腔体2包围内层换热介质腔体1,环绕换热介质腔体3包围物料反应腔体2,内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3间相互隔绝不连通,内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3间的隔绝层材料为整体结构打印。物料反应腔体2内为物料的反应空间,内部设有增加物料流动时间的冗余结构。内层换热介质腔体1和环绕换热介质腔体3内为换热介质,通过管壁结构与物料反应腔体2内流动物料进行热量交换,既可以带走物料反应放热,也可以为物料反应提供合适的温度环境。

[0027] 内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3为分体结构,为了实现微通道反应管的整体打印,物料反应腔体2的外壁和环绕换热介质腔体的内壁间设有连接支撑杆体结构,实现内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3三个腔室间的位置固定。

[0028] 物料反应腔体2内具体冗余结构如图1所示,物料反应腔体2内设有螺旋导流隔板201,螺旋导流隔板201为板状结构呈螺旋状布置在物料反应腔体2内。

[0029] 螺旋导流隔板201的内外边缘位置连接与物料反应腔体2的内外壁,即内边缘连接内层换热介质腔体1与物料反应腔体2间的壁结构,外边缘连接环绕换热介质腔体与物料反应腔体2间的壁结构。所述环绕换热介质腔体3内外壁由杆状连接装置固定。螺旋导流隔板201将物料反应腔体2隔离出螺旋状流动通道。

[0030] 螺旋状流动通道作为反应腔体能够在增加反应通道的长度,增加反应时间。螺旋状流动通道内设有挡板,挡板固定于物料反应腔体2内壁或螺旋导流隔板201但不隔绝螺旋状流动通道。

[0031] 挡板分为固定在物料反应腔体2内壁的内壁挡板203和固定在物料反应腔体2外壁上的外壁挡板202,内壁挡板203和外壁挡板交替设置。

[0032] 内壁挡板203和外壁挡板202将螺旋状流动通道再次分隔成蛇形的流动通道,进一步增加了流动的距离,增加了反应时间,也能够高反应效率。

[0033] 具体的各部分尺寸设置要求,螺旋导流隔板层间距大小为反应腔体外径的一半,挡板高度与螺旋导流隔板层间距一致,长度为反应腔体内外壁间距的2/3。单微通道反应管外壁直径500 $\mu\text{m}$ ,内层换热介质腔体直径100 $\mu\text{m}$ ,物料反应腔体2直径400 $\mu\text{m}$ ,环绕换热介质腔体3直径500 $\mu\text{m}$ ,螺旋导流隔板每层间隔300 $\mu\text{m}$ ,内外壁挡板高度与螺旋状流动通道高度一

致,宽20 $\mu\text{m}$ ,长100 $\mu\text{m}$ 。微反应器模块单元长7000 $\mu\text{m}$ ,宽4000 $\mu\text{m}$ ,高6000 $\mu\text{m}$ 。

如图4所示,内层换热介质腔体1、物料反应腔体2和环绕换热介质腔体3在收尾端部分别设有独立的进口和出口,同一微反应器模块单元上相邻的微通道反应管并联或串联,多个微反应器模块单元并联或串联组成完整的微通道反应器。微通道反应管按横排、竖排的排列方式均匀分布在模板单元中,每排相邻微通道反应管的头部相连或尾部相连,头部相连与尾部相连在每排微通道反应管上间隔设置,每排微通道反应管串联后与相邻排微通道反应管串联,两端部排的微通道反应管设置汇集进口和汇集出口。

[0034] 如图7所示,相邻微通道反应管的头部相连或尾部的相连管道内部设置内层换热介质管8、物料管6和环绕换热介质管7,内层换热介质管8与两相连微通道反应管的内层换热介质腔体1相连,物料管6与相连的两微通道反应管的两物料反应腔体2相连,环绕换热介质管7与相连的两微通道反应管的环绕换热介质腔体3相连。

[0035] 内层换热介质管8联通的各微通道反应管的内层换热介质腔体,组成内层换热通道,物料管6联通各微通道反应管的物料反应腔体,形成完全的物料反应流动通道,环绕换热介质管联通各微通道反应管的各微通道反应管的,行为外层换热通道。

[0036] 汇集进口和汇集出口分别通过管线与物料或换热介质储罐建立对应连接,可实现各物质在对应腔体通道内精准注入和流出。

[0037] 如图5所示,多个微反应器模块单元串联,内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体分别串联。

[0038] 如图6所示,多个微反应器模块单元并联,内层换热介质腔体、物料反应腔体和环绕换热介质腔体分别并联。

[0039] 为实现微通道反应管和微反应器模块单元的一体打印制作,打印中需要将环绕换热介质腔体3的外壁与微反应器模块单元打印为一体结构,以实心产品的整体成型。

[0040] 微通道反应器可以选择为不锈钢合金、聚四氟乙烯、陶瓷或碳化硅等材质中的任意一种、两种或多种材料组合打印制作。

[0041] 根据上述设计和参数,利用3D模型软件设计成3D打印模型,然后使用碳化硅材料进行打印制造出上述尺寸的模组单元。

[0042] 以上所述实施例仅表达了本发明的实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

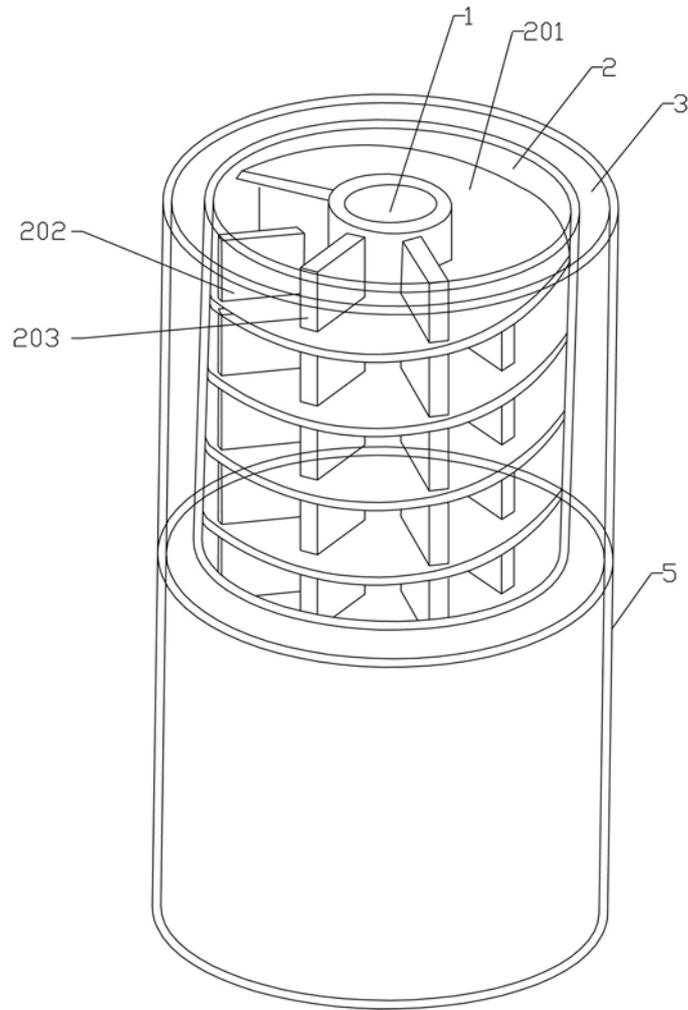


图1

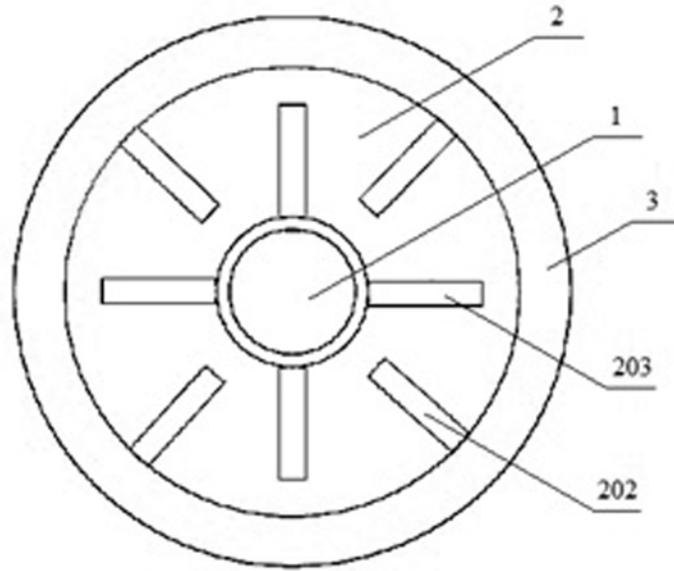


图2

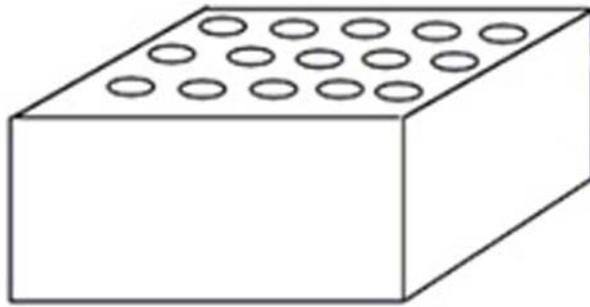


图3

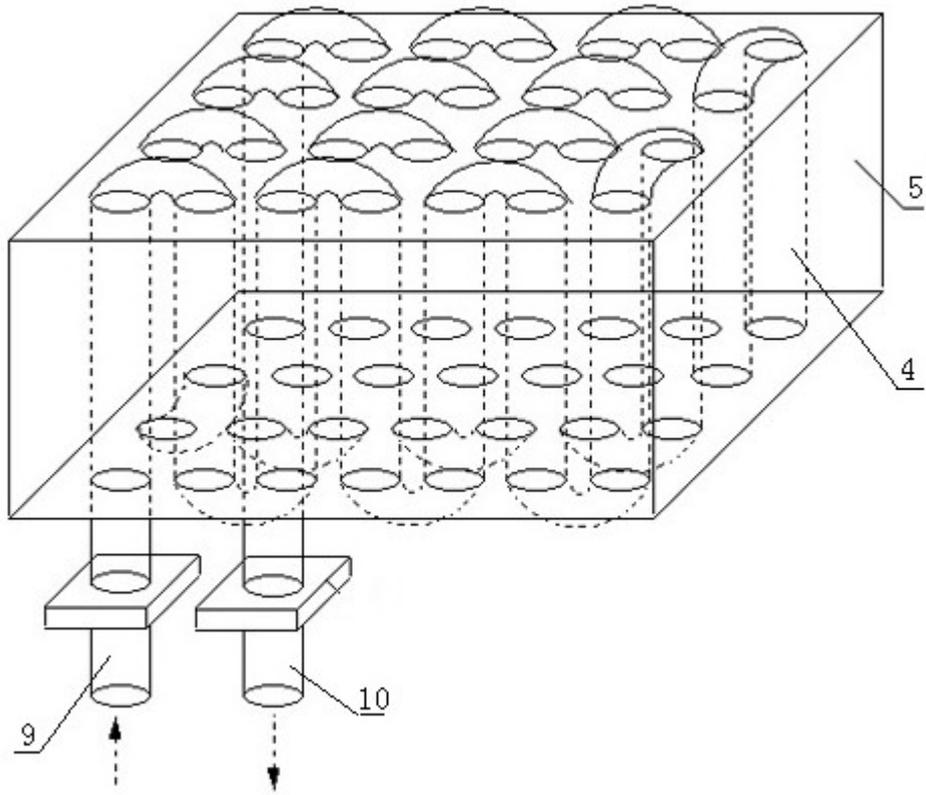


图4

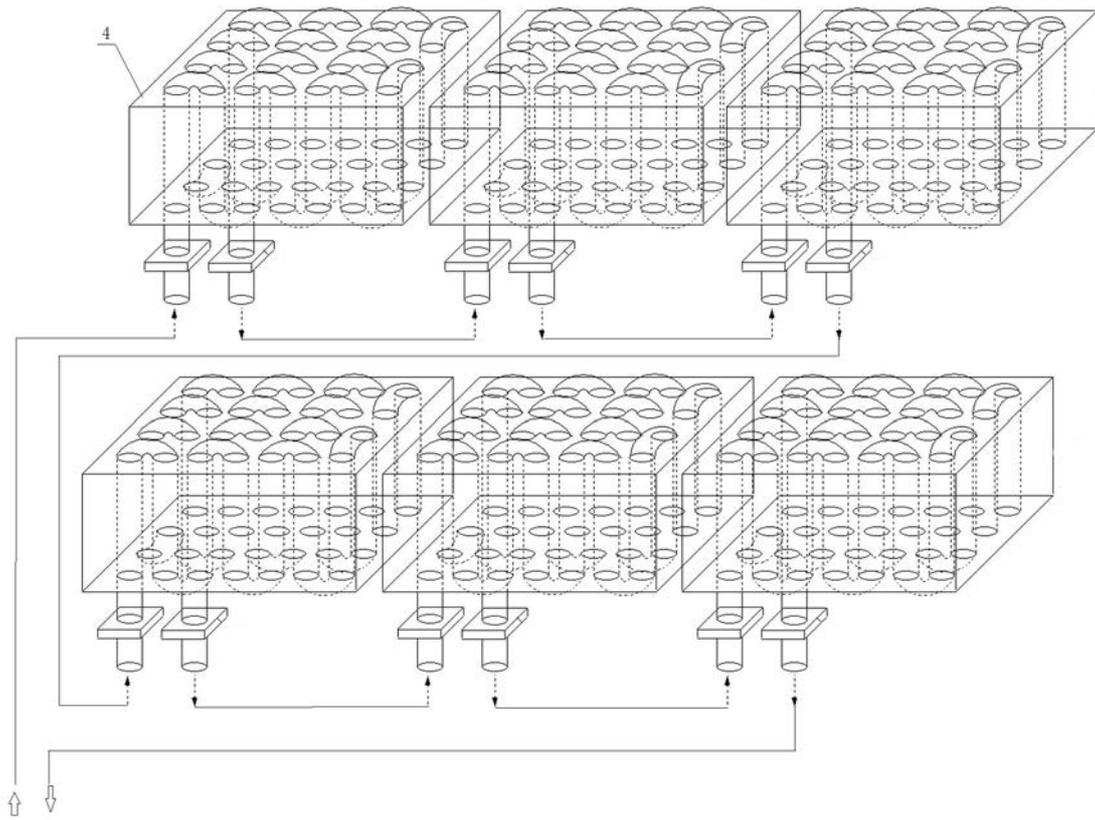


图5

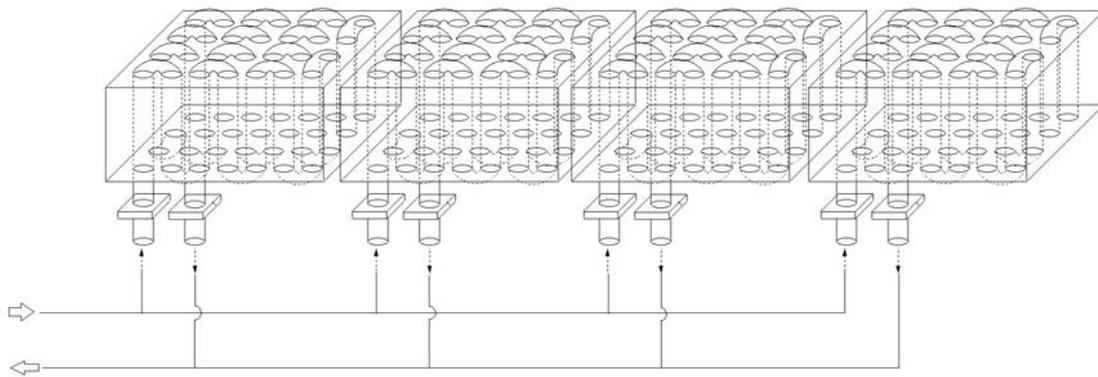


图6

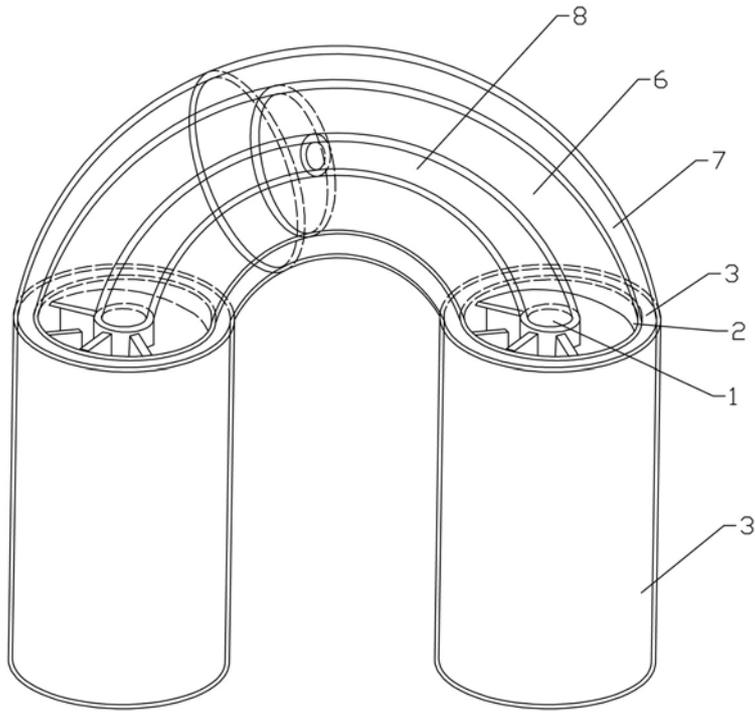


图7