



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104355961 B

(45)授权公告日 2019.08.23

(21)申请号 201410513077.9

(22)申请日 2014.09.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104355961 A

(43)申请公布日 2015.02.18

(73)专利权人 中国科学技术大学先进技术研究院

地址 230088 安徽省合肥市高新区望江西路5089号

(72)发明人 夏维东 王城 张晓宁 夏维珞  
陈瑭 廖梦然

(74)专利代理机构 合肥市长远专利代理事务所  
(普通合伙) 34119

代理人 程笃庆 黄乐瑜

(51)Int.Cl.

C07C 11/24(2006.01)

C07C 1/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1478765 A,2004.03.03,说明书第2-7页.

CN 1552680 A,2004.12.08,说明书第2-7页.

CN 1600758 A,2005.03.30,说明书第1页.

CN 101508622 A,2009.08.19,说明书第4-7页.

CN 1478858 A,2004.03.03,

审查员 郭晓赞

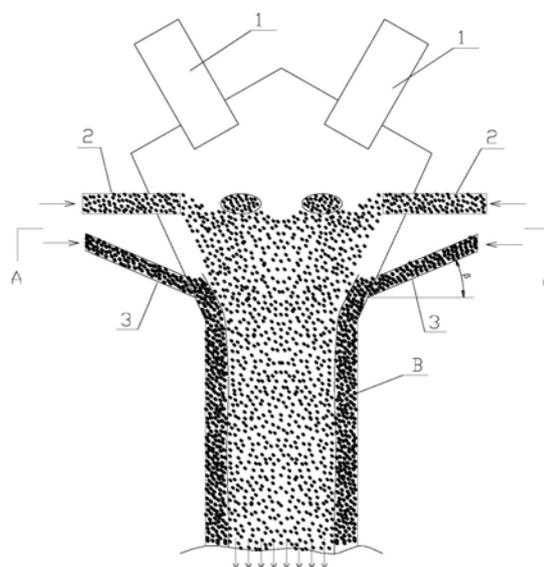
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种等离子体热解煤制乙炔反应器

## (57)摘要

本发明公开了一种等离子体热解煤制乙炔反应器,在反应器上安装多个等离子体发生器和多个煤粉输入喷嘴,等离子体发生器产生的高温电离气体与煤粉输入喷嘴喷出的煤粉在反应器内部混合形成煤粉气体混合反应物,在反应器壁上位于煤粉输入喷嘴下方安装多个固体粉末喷嘴,多个固体粉末喷嘴喷出的固体粉末在反应器内壁形成流动的固体粉末隔离层,流动的固体粉末隔离层围成热解反应通道,并且,流动的固体粉末隔离层的轴向流动方向与煤粉气体混合反应物的流动方向一致。本发明中,所述等离子体热解煤制乙炔反应器,减少了热能损耗,提高了反应效率并提高了乙炔收率,完全解决反应器壁结焦问题,并且可以保护反应器壁不被烧损。



1. 一种等离子体热解煤制乙炔反应器, 在反应器上安装多个等离子体发生器(1) 和多个煤粉输入喷嘴(2), 等离子体发生器(1) 产生的高温电离气体与煤粉输入喷嘴(2) 喷出的煤粉在反应器内部混合形成煤粉气体混合反应物, 煤粉气体混合反应物流入反应器的热解反应段升温并产生热解反应生成乙炔, 其特征在于, 在反应器上位于煤粉输入喷嘴(2) 下方安装多个固体粉末喷嘴(3), 工作状态下, 多个固体粉末喷嘴(3) 喷出的固体粉末在反应器内壁形成流动的固体粉末隔离层(B), 流动的固体粉末隔离层(B) 围成热解反应通道, 并且, 流动的固体粉末隔离层(B) 的轴向流动方向与煤粉气体混合反应物的流动方向一致; 其中, 流动的固体粉末隔离层的净体积厚度为 $1\text{mm} \leq d \leq 20\text{mm}$ ; 固体粉末的熔点在 $1000^{\circ}\text{C}$ 以上;

多个固体粉末喷嘴(3) 倾斜插入反应器壁面, 并且, 多个固体粉末喷嘴(3) 的倾斜方向一致; 多个固体粉末喷嘴(3) 的轴线在反应器横截面的投影线与反应器横截面的径线之间形成夹角 $\alpha$ ,  $10^{\circ} < \alpha < 80^{\circ}$ , 多个固体粉末喷嘴(3) 的轴线与反应器横截面之间形成夹角 $\beta$ ,  $10^{\circ} < \beta < 80^{\circ}$ 。

2. 根据权利要求1所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 流动的固体粉末隔离层的净体积厚度为 $2\text{mm} \leq d \leq 10\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 固体粉末的熔点等于或高于煤粉熔点; 固体粉末为煤粉热解反应后不含挥发份的含碳灰粉, 或者, 固体粉末为煤粉热解反应后碳被燃尽的煤灰。

4. 根据权利要求3所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 固体粉末可通过气体介质输送至固体粉末喷嘴(3), 或者, 固体粉末可以加水搅拌成水粉浆并输送至固体粉末喷嘴(3)。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 固体粉末喷嘴(3) 的横截面形状为扁形, 所述扁形为椭圆形、腰形或矩形, 并且, 其长轴与反应器的横截面基本平行。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 多个固体粉末喷嘴(3) 的出口端面与反应器的内壁面平齐。

7. 根据权利要求5所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 多个固体粉末喷嘴(3) 的出口端面与反应器的内壁面平齐。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 多个固体粉末喷嘴(3) 沿反应器周向均匀布置, 并且, 多个固体粉末喷嘴(3) 紧挨着煤粉输入喷嘴(2) 下方。

9. 根据权利要求5所述的等离子体热解煤制乙炔反应器, 其特征在于, 多个固体粉末喷嘴(3) 沿反应器周向均匀布置, 并且, 多个固体粉末喷嘴(3) 紧挨着煤粉输入喷嘴(2) 下方。

## 一种等离子体热解煤制乙炔反应器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及反应器技术领域,尤其涉及一种等离子体热解煤制乙炔反应器。

### 背景技术

[0002] 利用热等离子体或其它高温高能介质快速热解煤制乙炔是一种短流程、高效、低排放的乙炔生产工艺。由于等离子体的高温、高焓特点,等离子体热解煤粉制乙炔反应器的体积小,容易导致反应器壁面被烧损;同时由于反应区温度的不均匀性,导致反应效率低,且导致煤粉的升温过程不均匀,部分没有完全热解的高温煤粉颗粒不可避免在反应器壁面沉积和产生结焦,堵塞反应器,使反应难以持续进行。

[0003] 为了保护反应器壁不被烧坏,反应器壁通常采用水冷进行保护,同时也可以防止反应器壁结焦。但是,由于反应器水冷器温度低,使反应区温度由内向外产生很大的温度梯度,温度难以均匀,且热损耗大,能量利用效率低,特别是只能减缓、而并不能完全阻止反应器壁结焦。

[0004] 在防止反应器壁结焦方面,中国专利CN200610041033.6公开了一种采用将燃烧产生的高温气流从等离子体煤粉热解反应器的反应段入口处引入反应器反应段壁面,以形成高速高温气膜,带走飞向反应器的碳颗粒,降低煤粉颗粒在反应器壁面的沉积,从而降低反应器壁面结焦速度。但是对于较大或向壁面运动速度较高的颗粒,气膜不能阻止其碰撞反应器壁,且这种方法需要耗能,和/或产生氧化气氛,不利于乙炔生成。中国专利CN200820176634.2也采用了与上述类似的方法,所不同的是在等离子体煤粉热解反应器整个壁面四周开有切向气孔,通过气孔导入流体,在反应器表面旋转流动形成一层保护膜,防止高温碳粉颗粒在反应器壁面的沉积,但是,气膜的物理保护效果也难以满足要求,若采用氧化剂或蒸汽,则又会影响到乙炔的生成。以上方法虽然能降低反应器壁结焦速度,但实验结果表明一旦出现局部结焦,则结焦会迅速增加,很快会堵死反应器。

[0005] 根据中国专利CN200610041033.6的记载,德国的AKAD WISS PHYS CHEM公司和德国HULS公司采用间断氧化方法消除反应器结焦,但是这种方法影响了反应器的连续运行。

[0006] 因此,现有技术中存在反应器热损耗过大,反应区温度难以均匀问题,从而降低了反应效率和乙炔收率等,现有技术虽然在一定程度上解决了等离子体热解煤制乙炔反应器壁结焦问题,但是,在应用过程中产生了额外能耗,而且,现有技术中并不能完全解决反应器壁的结焦问题。

### 发明内容

[0007] 基本背景技术存在的技术问题,本发明提出了一种等离子体热解煤制乙炔反应器,可以对反应区保温从而减少热能损耗,提高反应区温度均匀性从而提高反应效率并提高了乙炔收率,并完全避免反应器壁结焦,保护反应器壁不被烧损。

[0008] 本发明提出的一种等离子体热解煤制乙炔反应器,在反应器上安装多个等离子体发生器和多个煤粉输入喷嘴,等离子体发生器产生的高温电离气体与煤粉输入喷嘴喷出的

煤粉在反应器内部混合形成煤粉气体混合反应物,煤粉气体混合反应物流入反应器的热解反应段升温并产生热解反应生成乙炔,在反应器上位于煤粉输入喷嘴下方安装多个固体粉末喷嘴,多个固体粉末喷嘴喷出的固体粉末在反应器内壁形成流动的固体粉末隔离层,流动的固体粉末隔离层围成热解反应通道,并且,流动的固体粉末隔离层的轴向流动方向与煤粉气体混合反应物的流动方向一致。

[0009] 优选地,流动的固体粉末隔离层的净体积厚度为 $1\text{mm}\leq d\leq 20\text{mm}$ ,优选地, $2\text{mm}\leq d\leq 10\text{mm}$ 。

[0010] 优选地,固体粉末的熔点在 $1000^{\circ}\text{C}$ 以上,优选地,固体粉末的熔点等于或高于煤粉熔点;固体粉末为煤粉热解反应后不含挥发份的含碳灰粉,或者,固体粉末为煤粉热解反应后碳被燃尽的煤灰。

[0011] 优选地,固体粉末可通过气体介质输送至固体粉末喷嘴,或者,固体粉末可以加水搅拌成水粉浆并输送至固体粉末喷嘴。

[0012] 优选地,多个固体粉末喷嘴倾斜插入反应器壁面,并且,多个固体粉末喷嘴的倾斜方向一致。

[0013] 优选地,多个固体粉末喷嘴的轴线在反应器横截面的投影线与反应器横截面的径线之间形成夹角 $\alpha$ , $0^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$ ,优选地, $10^{\circ}\leq\alpha\leq 80^{\circ}$ 。

[0014] 优选地,多个固体粉末喷嘴的轴线与反应器横截面之间形成夹角 $\beta$ , $0^{\circ}<\beta<90^{\circ}$ ,优选地, $10^{\circ}\leq\beta\leq 80^{\circ}$ 。

[0015] 优选地,固体粉末喷嘴的横截面形状为扁形,所述扁形为椭圆形、腰形或矩形,并且,其长轴与反应器的横截面基本平行。

[0016] 优选地,多个固体粉末喷嘴的出口端面与反应器的内壁面平齐。

[0017] 优选地,多个固体粉末喷嘴沿反应器壁周向均匀布置。

[0018] 优选地,多个固体粉末喷嘴紧挨着煤粉输入喷嘴的下方。

[0019] 本发明中,在反应器上位于煤粉输入喷嘴下方安装多个固体粉末喷嘴,多个固体粉末喷嘴喷出的固体粉末在反应器的内壁形成流动的固体粉末隔离层,流动的固体粉末隔离层围成热解反应通道,煤粉气体混合反应物在热解反应通道中进行反应。流动的固体粉末隔离层具有很好的绝热作用,对反应区进行保温,减少热能损耗;流动的固体粉末隔离层可以耐受高温,从而可以提高了反应区边缘温度而使反应区温度均匀性得到提高,进而提高反应效率和提高乙炔收率;高温气体与高温煤粉难以穿透流动的固体粉末隔离层到达反应器壁,保护反应器避免不被烧损,流动的固体粉末隔离层将撞向反应器壁的未完全热解的碳颗粒带走,从而完全保证反应器壁不产生结焦。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明提出的一种等离子体热解煤制乙炔反应器的结构示意图。

[0021] 图2为图1中A-A剖视图。

## 具体实施方式

[0022] 如图1-图2所示,图1为本发明提出的一种等离子体热解煤制乙炔反应器的结构示意图,图2为图1中A-A剖视图。

[0023] 参照图1-2,本发明提出的一种等离子体热解煤制乙炔反应器,在反应器上方安装多个电弧等离子体发生器1和多个煤粉输入喷嘴2,电弧等离子体发生器1产生的高温电离气体与煤粉输入喷嘴2喷出的煤粉进行混合形成煤粉气体混合反应物,然后下行流入反应器下方的煤粉升温热解反应段,在煤粉升温热解反应段煤粉快速加热升温气化并生成乙炔;在反应器上安装多个固体粉末喷嘴3,固体粉末喷嘴3位于多个煤粉输入喷嘴2下方,固体粉末输送至固体粉末喷嘴3,从固体粉末喷嘴4喷出的固体粉末在反应器的反应段内壁流动并形成流动的固体粉末隔离层B,流动的固体粉末隔离层B围成热解反应通道,并且,流动的固体粉末隔离层B的轴向流动方向与煤粉气体混合反应物的流动方向保持一致。

[0024] 在热解反应过程中,固体粉末喷嘴4喷出固体粉末,固体粉末在输送介质 带动作用、自身惯性作用、自重重力作用、煤粉气体混合反应物带动作用中一个或多个作用下,在反应器的热解反应段内壁流程形成流动的固体粉末隔离层,流动的固体粉末隔离层围成煤粉升温热解反应通道,煤粉气体混合反应物在热解反应通道中进行加热气化反应,流动的固体粉末隔离层隔绝高温气体和高温煤粉混合反应物向反应器壁传热,减少了热能损耗,并且隔离层与反应区界面温度得到提高,从而提高反应区温度均匀性,进而提高反应效率并提高了乙炔收率;同时,高温气体与高温煤粉难以穿透固体粉末隔离层到达反应器壁,从而保护反应器壁不被烧损,飞向反应器壁的未完全热解煤粉被固体粉末隔离层截获并随着固体粉末隔离层流动而带出反应段,从而完全保证反应器壁不产生结焦。

[0025] 在固体粉末喷嘴3的安装过程中,为了保证固体粉末隔离层位于煤粉气体混合反应物的外围以隔绝高温气体和高温煤粉接触反应器壁,需要将固体粉末喷嘴3安装在煤粉喷嘴2下方。为了更好地起到保护反应器的内壁不被烧损及不产生结焦现象,可以将固体粉末喷嘴4设在煤粉输入喷嘴2靠近反应器的煤粉升温、反应段入口处,进一步地,可以将固体粉末喷嘴4设置在紧挨着煤粉输入喷嘴2下方。

[0026] 为了在反应器内壁产生厚度均匀的固体粉末隔离层,将多个固体粉末喷嘴4均匀地布置在反应器上。

[0027] 在实际应用中,选择固体粉末性质为化学惰性,这样固体粉末形成隔离层对热解煤制乙炔反应几乎没有化学影响,也不会产生热量消耗。具体地,固体粉末可以由煤粉热解后完全失去挥发份的剩余含碳的灰粉,灰粉经筛选得到颗粒细小均匀的焦炭颗粒。选用等离子体热解煤粉之后的含碳灰粉是副产物的循环利用,节约了资源。当然,固体粉末也可以采用其他高熔点的无机粉尘,如碳 被燃尽的煤灰等。

[0028] 固体粉末的熔点要求在1000℃以上,在优选技术方案中,固体粉末的熔点等于或高于煤粉熔点,可以控制反应区外围温度达到煤粉快速热解和生成乙炔的所需温度以上,降低了反应区温度梯度变化,从而提高了反应区温度的均匀性,提高了反应效率并提高了乙炔收率。由于固体粉末本身具有比热低、导热系数小的特点,并且具有一定的空隙,还具有很好的保温性能,因而,可以提高热能利用效率。

[0029] 在实际应用过程中,固体粉末可以通过气体介质输送至固体粉末喷嘴3并输送至反应器内部,具体地,固体粉末喷嘴3与气体输送装置连接,气体输送装置具体可以采用气泵,气体输送装置提供气体介质,该气体介质可为参与反应的气体如氢气,也可为不参与反应的惰性气体如氮气、氩气、二氧化碳气体等。或者,固体粉末可以加水搅拌成水粉浆,具体地,固体粉末喷嘴3与浆体输送装置连接,浆体输送装置连接具体可以采用水泵或浆体泵

等,水粉浆通过浆体输送装置输送至固体粉末喷嘴3并输送至反应器内部,由固体粉末喷嘴喷出的水粉浆在反应器壁形成一层水粉浆隔离层,也可起到反应器壁的热损保护和防结焦作用。

[0030] 在具体实施例中,在反应器壁形成的固体粉末隔离层中,去除气体所占体积后固体粉末净体积厚度 $d$ 大于1mm,具体地可以在1-20mm之间,优选在2-10mm之间,如果过小则隔离效果不佳,如果过大则造成资源浪费。

[0031] 例如,固体粉末的净体积为 $V$ ,含气体的固体粉末隔离层实际占据体积为 $U$ ,固体粉末体积占空比 $k=(V/U)^{1/3}$ ,净体积厚度为 $d$ ,则固体粉末隔离层实际占据的厚度为 $d/k$ 。

[0032] 为了使得流动的固体粉末隔离层沿反应器壁周围的厚度和流动分布均匀,多个固体粉末喷嘴3均匀地布置在反应器壁周围,并且设置喷嘴的数目不少于两个。在图2中,六个固体粉末喷嘴3均匀地布置在反应器上,并且,六个固体粉末喷嘴3的出口端处于反应器的同一横截面上。

[0033] 在图2中,设置六个固体粉末喷嘴3倾斜插入反应器壁,并且,多个固体粉末喷嘴3的倾斜方向一致,从而使得喷嘴喷出的固体粉末在反应器壁产生旋转流动,更好地在反应器壁形成均匀的固体粉末隔离层,同时又使得固体粉末隔离层贴近反应器壁。具体地,设置固体粉末喷嘴3的轴线在反应器横截面的投影线与反应器横截面的径线之间形成夹角 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ,作为优选技术方案可选择 $10^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ ,例如, $\alpha=30^\circ、45^\circ、60^\circ、70^\circ$ 等。

[0034] 在图1中,设置固体粉末喷嘴3朝向煤粉流动方向(向下)插入反应器壁,即设置固体粉末喷嘴3的进口端高于出口端,进一步使得固体粉末隔离层贴近反应器壁而不至于离反应器壁太远。具体地,设置固体粉末喷嘴3的轴线与反应器横截面之间形成夹角 $\beta$ , $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ,作为优选技术方案可选择 $10^\circ \leq \beta \leq 80^\circ$ ,例如, $\beta=30^\circ、45^\circ、60^\circ、70^\circ$ 等,固体粉末的喷出方向在反应器轴线方向分量与煤粉流动方向一致。

[0035] 进一步地,为了使得固体粉末隔离层贴壁而不至于离壁太远,多个固体粉末喷嘴3插入壁面的深度不易过大,可以设置多个固体粉末喷嘴的出口端面与反应器的内壁面平齐。

[0036] 在上述实施例中,为了使得固体粉末隔离层沿反应器壁周围均匀分布,设置多个固体粉末喷嘴3的横截面形状为扁形,具体地可以为椭圆、腰形、矩形等扁形,并且,在实际安装过程中,可以设置固体粉末喷嘴3的扁形长轴与反应器的横截面基本平行,相应地固体粉末喷嘴3的扁形短轴与反应器的轴线基本平行。

[0037] 固体粉末隔离层的隔离传热和传质效果与固体粉末的流量成正比,所以,固体粉末的轴向流动群速度 $V$ 可选择与固体粉末隔离层的净厚度 $d$ 呈反比。为了使得送粉装置不过于复杂,可以设置固体粉末的轴向流动群速度 $V$ 小于煤粉颗粒的轴向流动群速度,其中,轴向流动群速度 $V$ 为固体粉末在流动过程中轴向统计平均速度,例如,固体粉末的轴向流动群速度 $V$ 在0.1-100m/sec之间。

[0038] 本发明除了应用于等离子体热解煤制乙炔反应器,也可以用于其他高温加热方法热解煤粉反应器的对反应区与器壁的隔离,以对反应区保温和保护反应器避免不被烧损,并完全保证反应器壁不产生结焦。

[0039] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其

发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

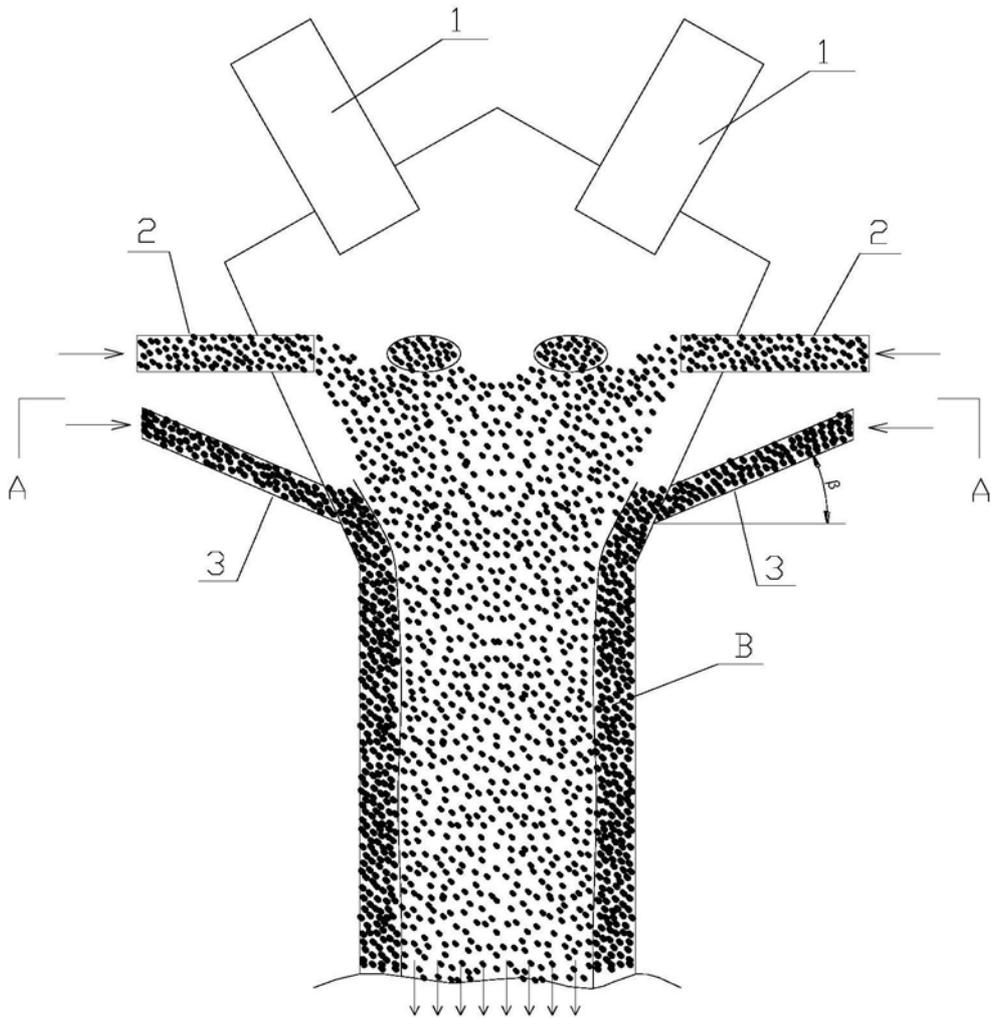


图1

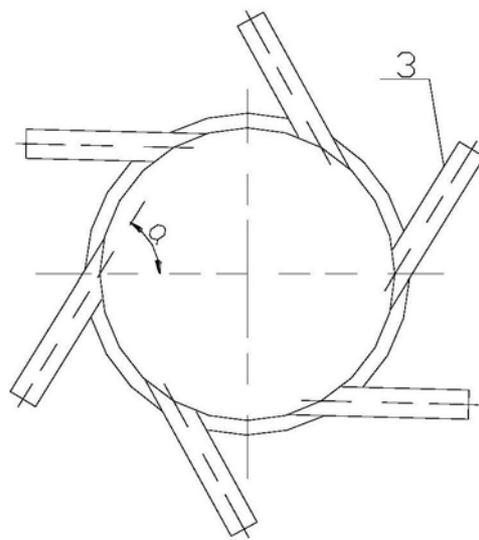


图2