



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205874405 U

(45)授权公告日 2017.01.11

(21)申请号 201490001184.7

(74)专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

(22)申请日 2014.09.11

代理人 吴小璜

(30)优先权数据

20136161 2013.11.21 FI

(51)Int.Cl.

C12M 1/113(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.05.23

C12P 5/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FI2014/050694 2014.09.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/075298 EN 2015.05.28

(73)专利权人 芬兰碧奥科技有限公司

地址 芬兰于韦斯屈莱

(72)发明人 米卡·劳蒂艾宁

安妮玛丽·莱赫托迈基

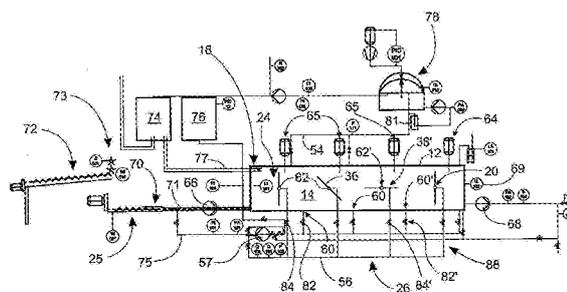
权利要求书1页 说明书11页 附图5页

(54)实用新型名称

用于采用厌氧消化由生物质生产生物气的反应器

(57)摘要

本实用新型涉及用于采用厌氧消化由生物质生产生物气的反应器,包括:界定生物质(16)的反应空间(14)的框架(12),所述框架(12)为通道样的并且对于生物质(16)的推流是水平的,并且所述框架(12)具有至少三个连续区段(24),所述区段(24)包括它们的微生物菌株;混合设备(20),其用于混合生物质(16)并将微生物进料到生物质(16)以及在所述反应空间(14)中向前传递生物质(16);回收设备(22),其用于在微生物消耗生物质(16)的有机材料的同时回收产生的生物气,其特征在于所述混合设备(20)包括弃料收集和进料系统(56),所述弃料收集和进料系统(56)用于收集来自所述区段(24)的弃料并将其作为高浓浆料进料到至少三个区段(24)。



1. 用于采用厌氧消化由生物质生产生物气的反应器, 反应器(10)包括:

- 界定生物质(16)的反应空间(14)的框架(12), 所述框架(12)为通道样的并且对于生物质(16)的推流是水平的, 并且所述框架(12)具有至少三个连续区段(24), 所述区段(24)包括它们的微生物菌株,

- 混合设备(20), 其用于混合生物质(16)并将微生物进料到生物质(16)以及在所述反应空间(14)中向前传递生物质(16),

- 回收设备(22), 其用于在微生物消耗生物质(16)的有机材料的同时回收产生的生物气,

其特征在于所述混合设备(20)包括弃料收集和进料系统(56), 所述弃料收集和进料系统(56)用于收集来自所述区段(24)的弃料并将其作为高浓浆料进料到至少三个区段(24)。

2. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于使用相对于反应器(10)的框架(12)的纵向方向横向设置的轴来操作所述混合设备(20), 用于区段特异性地混合生物质(16)。

3. 根据权利要求1或2所述的反应器, 其特征在于所述弃料收集和进料系统(56)被布置成通过混合设备(20)进料作为高浓浆料的弃料以减少摩擦。

4. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于弃料收集和进料系统(56)包括高浓浆料泵(57), 所述高浓浆料泵(57)用于进料干物质含量为3%至35%的弃料。

5. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于弃料收集和进料系统(56)包括高浓浆料泵(57), 所述高浓浆料泵(57)用于进料干物质含量为10%至20%的弃料。

6. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于每个区段(24)的混合设备(20)的支撑和运行元件位于框架(12)的外部。

7. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于反应器(10)包括设备(30), 所述设备(30)用于将高浓浆料和/或生物气从反应空间(14)的壁(44)和/或底部(42)进料到生物质(16)以有利于流动。

8. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于反应器(10)的框架(12)包括副框架(46), 各副框架(46)之间除了它们的长度和高度之外彼此之间是相同的。

9. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于所述反应器空间(14)被分成对厌氧消化的各反应步骤为特异性的区段, 所述区段包括至少:

- 水解区段,

- 酸发酵区段,

- 产甲烷区段。

10. 根据权利要求4所述的反应器, 其特征在于所述高浓浆料泵(57)为软管泵。

11. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于所述区段(24)的数量为至少三个。

12. 根据权利要求1所述的反应器, 其特征在于所述区段(24)的数量为三个至六个。

用于采用厌氧消化由生物质生产生物气的反应器

技术领域

[0001] 本发明涉及采用厌氧消化由生物质生产生物气的方法,在该方法中

[0002] -使用机械进料设备将生物质作为进料(input)进料到反应空间,同时使生物质在反应空间中作为推流(plug flow)在水平方向上前进,

[0003] -反应空间分成有连续区段(successive blocks),在每个区段中单独混合生物质,用于将生物质进料到区段特异性微生物菌株(block-specific microbial strains),并使生物质在反应空间中前进,该反应空间具有至少3个区段,每个区段包括其自身的主要微生物菌株,

[0004] -回收经生物质的厌氧消化所产生的生物气。

[0005] 本发明还涉及相应的反应器。

[0006] 本发明涉及由生物质生产生物气。生物气生产是一种加工有机废物的方法和一种生产再生能源的方法。生物气生产是基于被称为厌氧消化的生物学过程,其中微生物在不含氧的条件下消化有机材料或生物质从而产生含有甲烷的生物气作为终产物。厌氧消化是多步工艺,其中在如图1所示的消化链的不同步骤中涉及几种不同的微生物。用于分解生物质的消化链可以以简化方式进行描述,如下所述:

[0007] 1)多糖(烃) \rightarrow 糖 \rightarrow 短链脂肪酸, $H_2, CO_2 \rightarrow CH_4, CO_2$

[0008] 2)蛋白质 \rightarrow 肽,氨基酸 \rightarrow 短链脂肪酸, $H_2, CO_2 \rightarrow CH_4, CO_2$

[0009] 3)脂类 \rightarrow 长链脂肪酸 \rightarrow 短链脂肪酸, $H_2, CO_2 \rightarrow CH_4, CO_2$ 。

[0010] 例如,木质纤维素中含有的纤维素的消化链分步描述如下:

[0011] 1)纤维素经水解分解成糖:

[0012] $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

[0013] 2)葡萄糖单元经酸发酵分解成醋酸根:

[0014] $C_6H_{12}O_6 + 4H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 4H^+ + 4H_2$

[0015] 3)醋酸根经产甲烷作用分解成甲烷:

[0016] $2CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^-$

[0017] $4H_2 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$

[0018] 在消化链的不同步骤中,活性微生物也具有不同的最佳条件。作为厌氧消化的终产物产生的生物气可以作为功率和/或热产生方面的再生能源或作为运输燃料。

背景技术

[0019] 传统的生物气技术主要被设计成用于加工湿废物部分(fractions)如废水污泥和动物粪便。在这种情况下,该加工大多数时候在低于物质含量(大多数时候 $<10\%$)(即在高水含量($>90\%$))下发生于完全混合立式圆柱形罐反应器中。与这种方法有关的最显著的问题是在反应器含有的原料中超过90%是水。能量(生物气)不能由水产生;反而,加热大量的水消耗显著量的能量。此外,当期望在这种类型的完全混合反应器中加工较干的废物部分时,进料必须用液体进行稀释。液体也可以被再循环回到反应器中;然而,仍存在与此相关

的许多问题,如分解产物和氮化合物在再循环的液体中累积而引起的抑制作用。此外,与使用完全混合罐有关的问题是所有微生物菌株生活在具有均质条件的同一空间中,因此,反应条件必须根据消化链最慢步骤(即甲烷生成)进行优化。在这种情况下,活性微生物的活动在消化链的其他步骤中不是最佳的。

[0020] 已开发了基于所谓的干发酵工艺的生物气生产技术用于加工较干的废物部分。这些工艺可以在与传统生物气技术相比显著更高的干物质含量下运行。因此,可以实现显著更高的每反应器体积的能量收率。

[0021] 基于干法工艺实施生物气设备(plant)的一种方法是基于所谓的推流原理运行的生物气反应器。基于推流原理运行的生物气反应器大多数时候是卧式罐反应器,从反应器的一端向反应器中进料生物质,并从反应器的另一端移出加工后的材料。在加工过程中,材料因此通过基于推式流(plug-type flow)的卧式反应器。基于推流原理运行的生物气反应器可以在与传统生物气工艺相比显著更高的干物质含量(例如干物质含量为10%至30%)下运行。该工艺因此能够实现宽泛的原始基料(raw material base)(可加工较干的材料)、更高的每反应器体积的能量收率和更紧凑的反应器结构(反应器体积被较少水占据,每反应器体积更多的有机物质被消化)。此外,在传统生物气工艺中引起沉降问题的许多材料,如塑料块和纸块以及与生物气混合的沙子,在基于推流原理运行的生物气反应器中未引起类似的问题。

[0022] 基于推流原理运行的生物气反应器(特别是在高干物质含量下运行反应器时)的挑战是混合的布置。通过混合反应器中的内容物,确保微生物与待分解的材料之间无阻碍的接近(“接种(inoculation)”),并且防止分解产物在紧邻微生物的地方累积。根据图1,在消化链的各个步骤中生成的降解产物的累积抑制(即减缓)微生物的分解作用和甲烷的生成,或者也可能完全阻止这些。反应器内容物的混合有助于局部“稀释”分解产物以及它们的传递以变成可用于其他微生物。

[0023] 在较早期的基于推流原理运行的生物气反应器技术中,大多数时候使用在反应器的纵向上设置的混合轴来实施混合。公开物US 7,659,108 B2提出了推流反应器,其中使用支撑在一个轴上的搅拌叶片来混合反应器中含有的生物材料。然而,与这种结构相关的问题是难以使每一个反应的条件最佳化。当厌氧消化工艺包括几个不同的反应步骤时,如图1中所示,这对于微生物活动的效率是不利的。

[0024] 现有技术中还已知公开物US 2010/0062482 A1提出了用于生产生物气的卧式管状反应器。在该反应器中,部分已通过反应器的生物材料和水从反应器的末段返回到反应器的开始部分。在反应器的最后部分中,产甲烷的微生物在微生物群体中占大多数,而不是水解步骤的微生物占大多数,该水解步骤的微生物在反应器的开始部分是特别需要的,用于提供有效的消化反应。因此,用从反应器的末段移出的消化物接种反应器的开始部分对于提供有效的消化反应不是最佳的可替代方案。

实用新型内容

[0025] 本发明的目的是提供由生物质生产生物气的方法,该方法比现有技术的方法更有效且更快速。本发明的特征性特征在于在该方法中使用机械进料设备(25)将生物质(16)作为进料进料至反应空间(14),同时使所述反应空间(14)中含有的所述生物质(16)作为推流

在水平方向上前进;所述反应空间(14)分成有连续区段(24),在每个所述区段中单独混合生物质(16),用于将生物质(16)进料至区段特异性微生物菌株,并在所述反应空间(14)中向前传递生物质(16),其中区段(24)的数量为至少三个,每个区段包含其自身的主要微生物菌株;回收经所述生物质(16)的厌氧消化而产生的生物气;其特征不在于每个区段的微生物菌株在相应区段的前段处进料,并且在这些区段(24)中的至少两个区段中,进料为从区段(24)获得的为高浓浆料的弃料。本发明的另一目的是提供用于由生物质生产生物气的反应器,该反应器比现有技术的反应器更有效。本发明的特征性特点在于该反应器包括界定生物质(16)的反应空间(14)的框架(12),所述框架(12)为通道样的并且对于生物质(16)的推流是水平的,并且所述框架(12)具有至少三个连续区段(24),所述区段(24)包括它们的微生物菌株;混合设备(20),其用于混合生物质(16)并将微生物进料到生物质(16)以及在所述反应空间(14)中向前传递生物质(16);回收设备(22),其用于在微生物消耗生物质(16)的有机材料的同时回收产生的生物气;其特征不在于所述混合设备(20)包括弃料收集和进料系统(56),所述弃料收集和进料系统(56)用于收集来自所述区段(24)的弃料并将其作为高浓浆料进料到至少三个区段(24)。

[0026] 根据本发明的方法的目的可以通过采用厌氧消化由生物质生产生物气的方法来实现,在该方法中,使用机械进料设备将生物质作为进料进料到反应空间,同时使生物质在反应空间中作为推流在水平方向上前进。在分成连续区段的反应空间的每个区段中单独混合生物质以将生物质进料到区段特异性微生物菌株,并在反应空间中进一步传递生物质,该反应空间具有至少三个区段,每个区段包括其自身的主要微生物菌株。回收经生物质的厌氧分解所产生的生物气。每个区段的微生物菌株在相应区段的前段进料,并且至少在这些区段中的两个区段中,供料是从区段获得的作为高浓浆料的弃料(reject)。采用区段特异性调节的条件,每个厌氧消化反应可以在比现有技术方法更佳的条件下进行。在本申请上下文中,“在……的前段”意为区段的开始处,即相对于生物质行进方向的反方向。进料微生物菌株的位置决定区段的起点,因为微生物菌株的强度在此位置显著地增加。本发明的目的被实现,因为在每个区段的前段供给微生物菌株增加了微生物菌株的浓度,并显著加速了微生物菌株在此区段中生长至其最佳状态,这反过来又促进了由微生物提供的反应并籍此生产生物气。

[0027] 有利地,微生物菌株在区段内部作为弃料从区段的末段再循环至区段的开始处。这种再循环将在区段的末段处的浓微生物菌株传递到区段的开始处,此处微生物菌株固有地为弱的。

[0028] 有利地,通过混合设备进料弃料。通过混合设备供给弃料以减少混合设备和生物质之间的摩擦,并因此降低功率消耗。此外,每个区段中的生物质可以接种有浓微生物菌株,所述浓微生物菌株在该区段中对于促进反应是需要的。使用其他方法在接近反应器的中心接种正确的微生物菌株在技术上是非常困难的。同时,例如,部分进料可以通过混合设备进料到接近反应器的中心。

[0029] 高浓浆料的干物质含量范围可以是3%至35%,有利地是10%至20%。作为高浓浆料传递到此区段之前的区段的生物质具有富含量的该区段微生物菌株,其因此可以被移动到该区段的开始处,在此微生物菌株将固有的更弱。厌氧消化链的反应中涉及的微生物菌株的大部分主要生活在固体材料的表面上,而不是在液体“弃料”中,该液体“弃料”已在

其他用途中被用作“接种剂”。

[0030] 有利地,使用真空将弃料作为底部产物从区段中移出。真空也能够传递高浓浆料。作为底部产物的排放物能够利用反应空间中存在的液体静压力进行传递。

[0031] 有利地使用单泵产生真空,并将真空施加至阀系统的所选区段。通过使用单泵,反应器可以在显著较低的投资成本下实施。

[0032] 每隔一定间隔可以在区段的前段经由弃料收集和进料系统将弃料向后进料到吸入阀以保持弃料收集和进料系统清洁。这种后进料可以有效地防止收集系统的阻塞。换句话说,有时可以经由排放连接器将弃料向后进料至取得该弃料的区段。

[0033] 混合设备可以由旋转叶片元件组成,并且位于生物质的行进方向上最后的区段的混合设备可以与其他区段的混合设备的运行方向相反的方向运行。相反的混合方向促进由固体生物质在产甲烷过程中生成的生物气气泡的释放。

[0034] 有利地,通过向后旋转混合设备对生物质进行接种。在这种情况下,“向后”表示以如下方式旋转混合设备:朝反应器的开始部分施加该旋转混合设备用于移动生物质的力,至少生物质的主要部分在所述反应器的开始部分处进料到反应器。通过在反应器中向后移动待消化的生物质,可以确保微生物菌株散布于待分解的原料,并且分解产物远离微生物周围的区域移动。

[0035] 根据一个实施方案,通过混合设备将液体进料进料到反应器。以这种方式,根据进料所需的加工时间可以将进料进料到反应器中所选位点。换句话说,例如,反应器的第一区段可以被排除以用于简单分解原料,以这种方式减少生物质在反应器中的停留时间。

[0036] 有利地,在每个区段中区段特异性地调节生物质的温度。区段特异性温度调节能够实现更准确的条件优化,这提高生物气产量。在本申请上下文中,温度调节可以是指根据该条件加热或冷却生物质。有利地,供给到反应器的生物质需要加热,并且可以从反应器的末段排出的生物质回收热量,即,生物质可以被冷却,例如用于预热供给的原料。

[0037] 对每个区段的接种和加热独立地进行监测和控制。以这种方式,可以确保每个厌氧消化反应可以在有利于该反应的条件下进行。采用独立的控制,区段以及因此的反应条件至少几乎是相互独立的。

[0038] 可以从反应空间的壁和/或底部进料高浓浆料以有利于生物质的流动。从壁和/或底部进料的高浓浆料通过减少生物质和反应空间的内表面之间的摩擦来减少使待分解的生物质前进所需的力。同时,供给的高浓浆料对反应器中含有的生物质进行接种。

[0039] 根据另一实施方案,可以从壁和/或底部进料生物气以有利于生物质的流动。生物气有效地使生物质与反应空间的壁和/或底部分离以及分离生物质中含有的生物气气泡。这在反应器的最后一个区段中是特别显著的,因为该方法防止生物气随着消化物被移出。

[0040] 在根据本发明的方法中,该新型混合通过区段特异性地使用例如机械卧式或立式混合器混合反应器的反应空间中含有的生物质来进行,所述机械卧式或立式混合器的轴有利地相对于反应器的方向横向设置。混合器的数量取决于反应器的长度;一般而言,每个反应器可以使用3至10个混合器。几个混合器也可以存在于独立的反应器区段中。这种混合方法的一个优点在于可以通过局部向前或向后移动浆料来区段特异性地搅动反应器。可以单独地调节每个混合器的运行;即对于每个区段而言,反应器的混合效率和方向以及温度(介于20至55°C之间)均是可调节的。可以局部地且区段特异性地(位于每个区段的区域内的传

感器)实时监测反应器的条件(例如pH、温度、气体产量),可以将获得的信息与混合操作和反应器载量进行比较。通过在区段前段的生物质的行进方向上向后移动作为高浓弃料的至少两个区段的微生物菌株,确保在整个区段中具有足够的微生物菌株群体。与早期的基于纵向混合轴的生物气反应器比较的差别在于微生物菌株可以在反应器中局部地且区段特异性地移动,从而局部地增加在此区段区域中进行的厌氧消化步骤中的活性微生物菌株。同时,反应器的条件可以被区段特异性地优化,并且该条件可以根据在消化链的不同步骤中涉及的微生物的最佳条件进行局部优化。因此,可以实现较好的消化结果并且使生物气产量最大化。

[0041] 根据本发明的反应器的目的可以使用一种反应器来实现,该反应器包括界定生物质的反应空间的框架,所述框架是通道样的并且对于生物质的推流是水平的,并且具有至少三个连续的区段,所述区段包括它们的微生物菌株。此外,反应器包括用于混合生物质和将微生物进料到生物质中以及使生物质在反应空间中前进的混合设备,和用于在微生物消耗生物质的有机材料的同时回收生成的生物气的回收设备。混合设备包括用于从区段收集弃料并将其作为高浓浆料进料到至少三个区段的弃料收集和进料系统。采用这种反应器,在每个厌氧消化反应中使用的微生物的操作条件可以通过调节所涉及的区段的条件进行优化。优化的条件改进微生物的活动从而加速生物质分解成期望的终产物,即甲烷。弃料收集和进料系统允许在区段的前段进料弃料中含有的浓微生物菌株作为高浓浆料,其确保了在紧邻此区段的开始部分具有足够的微生物菌株。通过向每个区段进料弃料,还可以降低混合设备所需的马达功率。

[0042] 有利地,使用相对于反应器框架的纵向方向横向设置的轴来实施混合设备以区段特异性地混合生物质。横向轴允许每个区段的独立混合,而不管连续区段的数量如何。

[0043] 有利地,弃料收集和进料系统被布置成通过混合设备进料作为高浓浆料的弃料,以便减少摩擦。同时,微生物菌株可以从区段的末段移动到区段的开始部分,或者必要的话可以从一个区段移动到另一个区段。必要的话,相同进料设备可以用于用进料供给反应器,该进料在供给到反应器的开始部分时是不可用的,此反应器的开始部分处的条件对于供给的进料不是最佳的。

[0044] 弃料收集和进料系统可以包括用于进料干物质含量为3%至35%、有利地为10%至20%的弃料的高浓浆料泵。因此,弃料含有足够量的固体,在其表面上主要生活有产甲烷微生物(即负责生成甲烷的微生物菌株)。

[0045] 根据一个实施方案,每个区段的混合设备的支撑和运行元件位于框架的外部。因此,可以在反应器的外部进行混合设备的维护,这明显利于维护。

[0046] 有利地,反应空间被分成对于厌氧消化的反应步骤为特异性的区段,包括至少水解区段、酸发酵区段和产甲烷区段。因此,每个区段的条件可以针对每个区段进行特异性优化以优化生物气产量。有利地,水解区段的长度为反应空间总长度的25%至35%,酸发酵区段的长度也为25%至35%,并且产甲烷区段的长度为反应空间总长度的30%至50%。

[0047] 当提及区段特异性微生物菌株时,应当理解每个区段已混合不同区段的微生物群体。在水解区段中,对于水解是必需的微生物菌株占有所有微生物数量的50%至95%,并且这同样适用于酸发酵区段。产甲烷区段的微生物菌株更敏感,并因此,该微生物菌株占此区段的所有微生物菌株的30%至90%。

[0048] 有利地,反应器还包括用于单独控制每个区段中的生物质的温度的独立温度控制设备。以这种方式,可以对生物质的温度进行更准确的调节,因此利于条件优化。

[0049] 有利地,框架包括用于使区段彼此支撑的框架笼。框架笼确保反应器结构的总体刚性以及混合设备的轴的紧固点所需的支撑。

[0050] 有利地,反应器包括用于独立地监测和控制每个区段的接种、混合和加热的设备。以这种方式,可以独立于其他区段对每个区段进行控制。

[0051] 根据一个实施方案,反应器包括用于将生物质和/或生物气从反应空间的壁和/或底部进料到生物质中以利于流动的设备。通过进料高浓浆料或生物气,可以缩短反应器框架和生物质之间的部分,同时使生物质接种。

[0052] 有利地,反应器框架包括副框架,这些副框架彼此相同,除了它们的长度和高度不同。这样的结构使得反应器的生产是可负担的。

[0053] 有利地,副框架包括平面模块,在每个副框架中所述平面模块彼此是相同的。模块反应器可以容易被装在海运集装箱中进行运输并且在安装位置快速安装并在运行条件下设置。

[0054] 有利地,副框架形成直流通道,其用作反应空间。通道样结构能够使生物质作为推流前进。

[0055] 根据一个实施方案,高浓浆料泵是软管泵。这样的泵特别适合用于泵送高浓浆料。

[0056] 区段的数量可以是三个,有利地,在三至六个之间。因此,对于每个主要消化反应具有至少一个区段,并且每个区段的条件对于各自的微生物菌株可以是最佳的。

[0057] 在本申请上下文中,当提及区段时,应当理解在本申请中提出的区段是反应器组件,其每一个具有其自己的主要微生物菌株,并且有利地被独立控制。个体区段可以包括一个或多个模块副框架和混合设备件。区段的边界可以根据供给的生物质所产生的反应区域而改变。有利地,区段边界表示主要微生物菌株群体从一个群体变化为另一个群体的区域。不包括气体空间,有利地,在区段之间不存在机械限制,如间壁或等同物;反而,供给的生物质可以通过反应器,无阻碍地通过不同区段。每个区段的条件有利地是不同的。此外,当提及生物质时,应当理解其表示供给至反应空间并在其中进行厌氧消化的原料,而消化物和弃料表示作为厌氧消化的终产物产生的高浓浆料,其从反应空间排出。

[0058] 根据本发明的反应器的新型结构有利地基于预制模块。模块表示框架的混凝土板样组件,其结合起来以形成通道样副框架,当这些副框架被连续放置时形成反应器的框架。基于预制模块的生物气设备的优点包括例如设备的规模容易放大(通过增加副框架的数目和长度;即通过调节反应器的尺寸),设备可以快速地安装在应用位置并投入使用(与传统生物气设备方案比较,例如,所述传统生物气设备方案常在原地用水泥浇铸),并且生产具有标准尺寸的模块能够利用串联作用(serial work),这降低了生产成本。而且,模块能够使用标准海运集装箱实现容易的反应器运输。在本申请上下文中,当提及副框架时,表示框架的混凝土结构,其中模块形成副框架内的反应空间,而当提及区段时,表示在调节和控制方面是独立的结构,并且这可以由一个或多个副框架组成。

[0059] 根据本发明的反应器能够以对应为每天每体积(该体积对应为一反应器立方米)大约最多9kg有机物质的量(9kg VS/m³/d)分解生物质。该量根据进料的特征可以发生明显的变化。该结果按比例计多达现有技术反应器的5倍。因此,可以抓住根据本发明的方法的

益处,例如通过生产比现有技术所需明显更小的反应器。

附图说明

[0060] 在下文通过参照附图详细地描述本发明,附图示出了本发明的一些实施方案,其中

[0061] 图1是示出生物质从原料到最终产物的厌氧消化的基本视图,

[0062] 图2是根据本发明的反应器的侧向横截面基本视图,

[0063] 图3是根据本发明的反应器的基本横截面端部视图,

[0064] 图4是根据本发明的反应器的侧向基本视图,

[0065] 图5是根据本发明的反应器的一个实施方案的工艺流程图。

具体实施方式

[0066] 根据图1,厌氧消化工艺包括几个步骤100,其中微生物分解有机物质。因为每个反应最好是在对于所涉及的反应为最佳的条件下进行,在生物气生产中有效地利用厌氧消化在很大程度上取决于各个子过程的优化。在有利于多糖的水解102和发酵的条件下,pH范围大约为6.5至7。在有利于糖的发酵(即酸发酵104)的条件下,pH范围大约为5至6。在有利于乙酸的生成106的条件下,pH范围大约为6.5至7.5。在有利于甲烷的生成108(即产甲烷)的条件下,pH范围大约为6.5至8.0。如果pH低于6,则对于产甲烷是必需的微生物菌株被杀死。此外,对于水解步骤,如果浆料的氧含量低,这是有用的,然而氧对于产甲烷步骤中的微生物是极其有毒的。此外,在产甲烷和产乙酸步骤中涉及的微生物对于抑制剂(例如短链脂肪酸、氨)的累积是非常敏感的。例如,在该过程中使用的温度范围可以为35-37℃或约为55℃。然而,温度可以根据进料和所使用的微生物菌株而改变。因为在该方法中用作原料的生物物质的组成可以明显改变,所以厌氧消化中包括的反应也可以改变。

[0067] 下文是对根据本发明的反应器的结构更详细的描述。根据图2,根据本发明的反应器10由模块框架12组成。更精确地,模块框架12有利地包括3至10个副框架46,其在水平面上形成界定反应空间14的反应器的通道样框架12,在该反应空间中生物质16经由厌氧消化被分解成生物气和消化物。必要的话,副框架的数量可以明显大于10。副框架46是具有相等直径和形状的通道样结构,并且仅副框架46的长度可以在生物质的行进方向上发生改变。例如,副框架的宽度可以是2.2米,在这种情况下,仅副框架的高度和长度根据反应器所需的体积发生改变。在本申请上下文中,反应器10的纵向方向表示与生物质16作为推流在反应空间中前进的行进方向相同的方向。形成副框架的模块可以是预制的、表面加工的和绝缘的。有利地,副框架46被外部梁结构50锁在适当的位置,并用密封条彼此封住,如图4中所示。梁结构50锁住副框架46以形成反应器10的连续框架12。副框架46的形状可以例如是正方形,并且被这些界定的反应空间14的横截面也可以是四边形或正方形。另一方面,反应空间14的横截面也可以是任何其他形式;然而,四边形及其变体就技术实施而言是最简单的。

[0068] 除了框架12外,反应器10包括混合设备20,其用于混合在框架12内含有的用作原料的生物质16。根据本发明,每个区段24有利地包括其自己的混合设备20,如图3所示,其可以由叶片混合器36组成,叶片混合器36由在相对于反应器10的纵向方向横向地设置的通过

副框架46的轴48支撑。区段24是指一个或多个副框架46的控制和调节单元,其中条件可以被调节成适应在该区段区域内占大多数的主要微生物菌株的微生物活动。根据本发明的有利实施方案,每个区段24包括其自己的至少一个叶片混合器36,该叶片混合器36能够单独地控制每个区段的生物质的混合。可选地,可以应用混炼螺杆(mixing screw)或等同的机械装置来代替叶片混合器,其可以用于将生物质移动到反应空间中的不同方向上。根据图1,叶片混合器36的数量可以与副框架46的数量相等。因此,区段24的数量也可以是相等的。

[0069] 图3是根据本发明的反应器的横截面端部视图。有利地,混合设备20的支撑件可以被布置在与梁框架相连的反应器10中。在这种情况下,每个叶片混合器36的传动齿轮66和轴48的轴承64位于反应器10的框架12 的外部。这大大地利于混合设备20的维护。

[0070] 反应器10还可以包括温度调节设备18(在图5中示出),其用于将生物质16的温度调节至对于微生物活动是最佳的温度。使用相对于区段是独立的混合和温度控制设备,可以使得条件和混合对于每个区段中的微生物活动是最佳的。例如,温度控制设备18可以由安装在副框架的模块52中的电阻组成,其用于加热副框架46的结构并因此加热生物质16。加热对于头两个区段是重要的,而在这些之后的一个或多个发生产甲烷反应的区段中,加热生物质不再是绝对必要的,或者甚至可以对其进行冷却,而不显著影响生物气的收率。可以使用包括在温度控制设备中的热交换器进行冷却,举例来说,热交换器可以预热供给至反应器的生物质。燃气锅炉也可以用于加热以加热在热循环系统中使用的水,其可以有利地在三个或更多个区段特异性回路中被控制。

[0071] 为了回收作为产物获得的生物气,反应器10包括用于从反应空间14收集生物气的回收设备22。回收设备22可以由构建在框架54的上部的管道系统54(在图2中示出)组成,用于在储存罐或等同物中回收生成的生物气。此外,反应器10可以包括用于将生物质16进料到副框架46中的机械进料设备25。进料设备可以由螺旋输送机或等同物组成,其将生物材料进料到第一副框架中。根据一个替代实施方案,反应器可以包括进料漏斗,通过该进料漏斗将原料供给至反应器。

[0072] 在根据本发明的反应器中,混合设备20包括图2的弃料收集和进料系统56。弃料收集和进料系统56被布置在副框架46的下部,并且该收集和进料系统56用于收集来自分解待进料到区段24的前段的生物质16的弃料。该收集和进料系统在图3中未示出;然而,应当理解副框架包括这样的设备。在本申请上下文中,弃料表示高浓浆料。高浓浆料的干物质含量的范围为3%至35%,有利地为10%至20%。另一方面,干物质含量范围为3%至5%的浆料在某些语境中也可以被称为低浓浆料。根据图2,收集和进料系统56有利地包括单个高浓浆料泵57,其用于在管道系统内传递弃料。布置在管道系统中的阀系统88根据反应器10的控制系统的控制打开期望的区段24的阀82和84,并关闭其他区段24的阀82和84。有利地,在区段的前段的弃料供给表示弃料供给到位于弃料排放连接器前面的进料 连接器;然而,在一些情况中,弃料甚至也可以供给到相对于位于排放连接器之前的进料连接器位于更前面的进料连接器。有利地,弃料从反应器的底部被吸出,因为在反应器中存在的液体固有地形成液体压力,其利于弃料的传递。

[0073] 因为弃料的收集有利地是接种的一部分,必须确保弃料收集和进料系统保持清洁并且处于良好运行条件。出于此目的,弃料有时可以经由排放连接器向后进料到取得弃料的区段。以这种方式,防止管道系统的堵塞。例如,可以一天两次或者在一个或多个泵的吸

入侧检测到阻碍物时(自动化系统监测流速并自动使用逆向流试图移除阻碍物)进行清洁供给。

[0074] 从区段移出的弃料可以在高压下沿着图3所示的管道系统40供给到位于叶片混合器36的空心轴48内的通道,并进一步供给到叶片混合器36的叶片45。在本申请上下文中,高压表示0.2至20巴的压力。叶片可以包括喷嘴,当使用叶片混合器时弃料通过该喷嘴供给到生物材料中。可选地,代替弃料或者除了弃料之外,可以通过混合设备进料液体生物质作为进料。

[0075] 根据一个实施方案,反应器还包括图2中示出的用于减少生物质和反应空间中含有的生物质之间的摩擦的设备30,所述设备30包括根据图2的设备58,该设备用于例如使用泵将高浓浆料和/或生物气从图4的副框架46的壁44或底部42进料到副框架46。供给的高浓浆料和/或生物气减少副框架46中含有的生物质16和模块52之间的摩擦,这反过来又降低混合设备20的功率需求。高浓浆料和/或生物气可以以逐点方式供给,在该情况中,供给到生物质中的高浓浆料和/或生物气置换生物质,并在其中形成开口,因此改进待在反应空间中分解的生物质的前进。有利地,高浓浆料为生物质弃料。虽然高浓浆料和/或生物气减少生物质和反应器框架之间的摩擦,其同时也使反应器接种。此外,液体/气体的混合“释放”与固体键合的气体并确保甲烷不随着弃料被移出。

[0076] 在本申请上下文中,应当理解除了提供混合之外,混合设备如叶片混合器也用作进一步推动生物质作为推流的主元件。根据一个实施方案,框架的内表面可以涂有例如等同于特氟龙涂层的涂层,其减少生物材料和框架之间的摩擦并防止生物材料附着于框架的内表面。

[0077] 有利地,根据本发明的反应器包括相当多数量的测量传感器,其实时监测每个区段的条件。待测量的参数包括至少每个区段中的pH和温度以及反应器的总体气体产量。基于这些,至少对于混合设备、温度控制设备和弃料供给对于每个区段特异性地形成单独的控制参数。有利地,基于相同标准,对于减少摩擦的设备也建立控制参数。在生物质中包含的有机物质的量也可以是测量客体。

[0078] 在根据本发明的方法中,反应空间的大部分被液体和生物质填充,从而使得供给到反应空间的新的原料(即待分解的生物质)被进料到液面下方。这保证空气不会进入具有生物质的反应空间,空气将破坏微生物菌株进行厌氧消化。虽然出于清楚的目的在图3中未示出液面和生物质,应当理解反应空间被生物质几乎填充到顶端并且液面从反应器顶端延伸约20cm的距离。在反应器中以使得液体总是保持在所需的水平下的方式控制消化物的移出。在反应器的活化期间微生物菌株自身可以从例如另一反应器传递到反应空间。供给的生物质可以是在社区、农业或工业中生成的生物可降解的生物质,如动物肥料,家庭、餐馆、贸易或食品工业产生的生物废物,来自废水处理的淤泥,植物生物质或等同物;然而,不为具有高木质素含量的材料,如木纸浆。

[0079] 有利地,反应空间中的浆料的干物质含量的范围可以为10%至35%,但比这更干的材料很难混合。干物质含量随着趋向于已进行进一步分解的反应器的末段而降低。可以例如使用螺旋进料器将生物质供给到反应空间。例如,进料可以一天24小时每隔一小时进行,取决于有机物质的数量和用作原料的生物质的生物降解性。

[0080] 在根据本发明的方法中,根据图2,生物质16可以以四种不同方式进行接种:通过

旋转混合设备20,通过使用弃料收集和进料系统56通过混合设备20进料弃料,通过使用用于减少摩擦的设备30从反应器10的框架12的侧面和/或底部进料高浓浆料和/或生物气,或者通过在将进料进料至反应器之前将弃料添加至进料。当厌氧消化反应在反应空间中进行时,连续监测气体产量、pH和温度,而出于节能的目的,接种和混合有利地是间歇性的。作为这些变化的结果,反应器的混合和加热、生物质供给和弃料供给由弃料收集和进料系统控制。例如,如果监测到pH降低至不足的水平或气体产量在区段区域内降低,可以通过改进该区段中的混合并通过向该区段中增加或减少弃料供应来局部影响条件。

[0081] 混合设备20的目的是用于使生物质16在反应空间14中前进以及混合生物质16以使微生物接受新鲜的营养。如果混合进行得不够频繁,在微生物周围产生可以抑制微生物活动的分解产物层。例如,每隔一小时可以进行混合15分钟,同时将弃料进料到区段。有利地,除了提供前进力的混合方向之外,可以在反方向上进行混合,这提供不同类型的混合。例如,当使用叶片混合器,平行混合总是将某个地方的生物质移动到相对于叶片混合器的某个方向。混合方向的变化添加不同的混合方向,这改进生物质混合、微生物接种和有机原料对微生物的获得。通常,生物质在反应器中的通过时间可以是11至50天,取决于用作原料的生物质。

[0082] 根据测量的值确定混合及其方向;然而,通常略早于开始使生物质前进的混合之前进行向后混合。混合的效率对于反应空间中的每个区段而言是可变的。在最后一个区段中,混合有利地是最有效的,以允许甚至从排出反应空间的消化物分离剩余的生物气,剩余的生物气可能作为气泡存在于位于所谓的气体口袋中的固体消化物内。这对于实现有效的生物气回收并防止甲烷随着消化物逸出到大气中是重要的,其中甲烷是强温室效应气体。有利地,在最后一个区段中,以与其他区段相比为反方向的方向旋转混合设备,用于改进混合。从反应器中移出的消化物可以被递送至分离单元,其中使液体与其分离。该液体可以用于清洁例如弃料收集和进料系统。

[0083] 在反应空间不含氧的条件下,微生物活动提供生物质的厌氧消化,厌氧消化根据现有技术包括水解、酸发酵(产酸)、乙酸生成(产乙酸)和甲烷生成(产甲烷)步骤。单独的步骤及其相关的反应在反应空间中逐渐地并彼此部分重叠地发生。有利地,水解和产酸主要是在反应空间的开始部分发生,而产乙酸和产甲烷主要在反应空间的末段发生。作为这些反应的结果,可以由生物质产生含约50%–75%(v/v)的甲烷(CH₄)的生物气作为终产物,而其余部分主要由二氧化碳(CO₂)组成。除了这些之外,终产物可以含有少量的其他气体和杂质,如100–3,000ppm的硫化氢(H₂S)。根据生物气的最终用途,如果生物气被用作例如道路运输用途的燃料,可以对用该方法获得的生物气进行纯化以除去二氧化碳。另一方面,如果生物气被用于燃烧锅炉用于能量和区域热产生,可以就这样使用生物气。作为分解反应的结果,进料中含有的50%至90%的有机物质在反应空间中被转化成生物气和液体。必要的话,作为副产物产生的消化物可以进行干燥或以其他方式进一步加工并用于例如施肥目的或作为土壤调理剂。

[0084] 根据本发明的反应器的尺寸可以根据应用而改变。例如,反应器的大小可以为0.5m x 0.5m x 1.5m;然而,其可以放大至12m x 12m x 36m或更大的大小等级。与大的反应器大小相关,一些进料装置可以用于实现均匀供给。在此,12m是指反应器的高度和宽度,36m是指反应器在反应空间的纵向方向上的长度。

[0085] 可以例如使用常规PC作为使用者平台用于实施根据本发明的反应器的控制,在该平台上运行反应器的控制软件。在PC和制动器、传感器和控制所需的其他装置如阀之间提供用于数据传送的场地总线。根据本发明的方法可以是全自动的,在这种情况下,软件基于符合预选规则的预选标准控制反应器的运行。

[0086] 图5作为工艺流程图显示根据本发明的实施方案的反应器以及与该反应器相关的辅助设备。在该实施方案中,该工艺始于进料盘72,固体生物质有利地成捆供给至该进料盘72,使用拆捆机73将捆破碎成较小的碎屑。进料从拆捆机73降落到旋转进料器70,其以预设的一定间隔例如每小时一次将进料经由进料连接器71供给至反应器10。进一步破碎进料的压碎机管(crusher pipe)位于进料连接器71中。除了固体生物质之外,可以通过线路75向进料连接器71供给反应器的液体弃料。也可以向反应器10供给可以储存在罐76中的液体进料,如脂类。可以经由弃料收集和进料系统56的高浓浆料泵57将液体进料递送至反应器。

[0087] 根据图5,反应器10可以包括四个机械混合器,其可以是在该连接方式中的叶片混合器36。每个叶片混合器36有利地提供有其自身的发动机65及变频器,其可以用于调节旋转速度。例如,单独的发动机的输出可以为4kW,旋转速度为6转/分钟。反应器10的框架12被分成至少三个区段24;即水解区段、酸发酵区段和产甲烷区段。在每个区段24中,使用弃料收集和进料系统56将弃料供给至该区段的前段。根据图5,弃料有利地经由排放连接器60从区段24移出并作为高浓浆料利用由高浓浆料泵57产生的真空供给到收集和进料系统56。例如,在第三叶片混合器36',当排放阀82'是打开的时候,弃料经由排放连接器60'移出。弃料经由高浓浆料泵57传递并经由打开的进料阀84'供给至弃料进料连接器62'。在这种情况下,弃料进料连接器62'有利地位于叶片混合器36'的叶片上。通常,参考编号62是指进料连接器,参考编号82是指排放阀,参考编号84是指进料阀。

[0088] 换句话说,每个区段的微生物菌株有利地在区段内再循环,以使微生物菌株作为弃料从区段移出并有利地经由混合设备送回至该区段。在每个区段中,弃料排放连接器位于距将弃料送回至该区段的混合设备或弃料进料连接器一定距离的地方。该距离根据反应器的规模而改变;然而,进料连接器和弃料排放连接器有利地位于对应于区段长度的0.2至0.6倍的距离,弃料排放连接器尽可能地靠近该区段的末段。该距离能够使微生物菌株在该区段内自然发育。

[0089] 使用泵68将分解的生物质或消化物从反应器10的末段(即最后一个区段24)移出。当超出预选的液面时,基于反应器10的液面计的测量结果使用该泵。移出的消化物有利地被递送至干消化物储存单元,其中使用基质管分离干物质和液体。可以在气体储存单元78中回收在反应器中生成的生物气。有利地,还提供与气体储存单元连接的冷凝井81,向其中收集在100%湿气下从生物气中冷凝的水。可以用燃气锅炉74将部分生物气用于加热反应器的液体加热回路77。

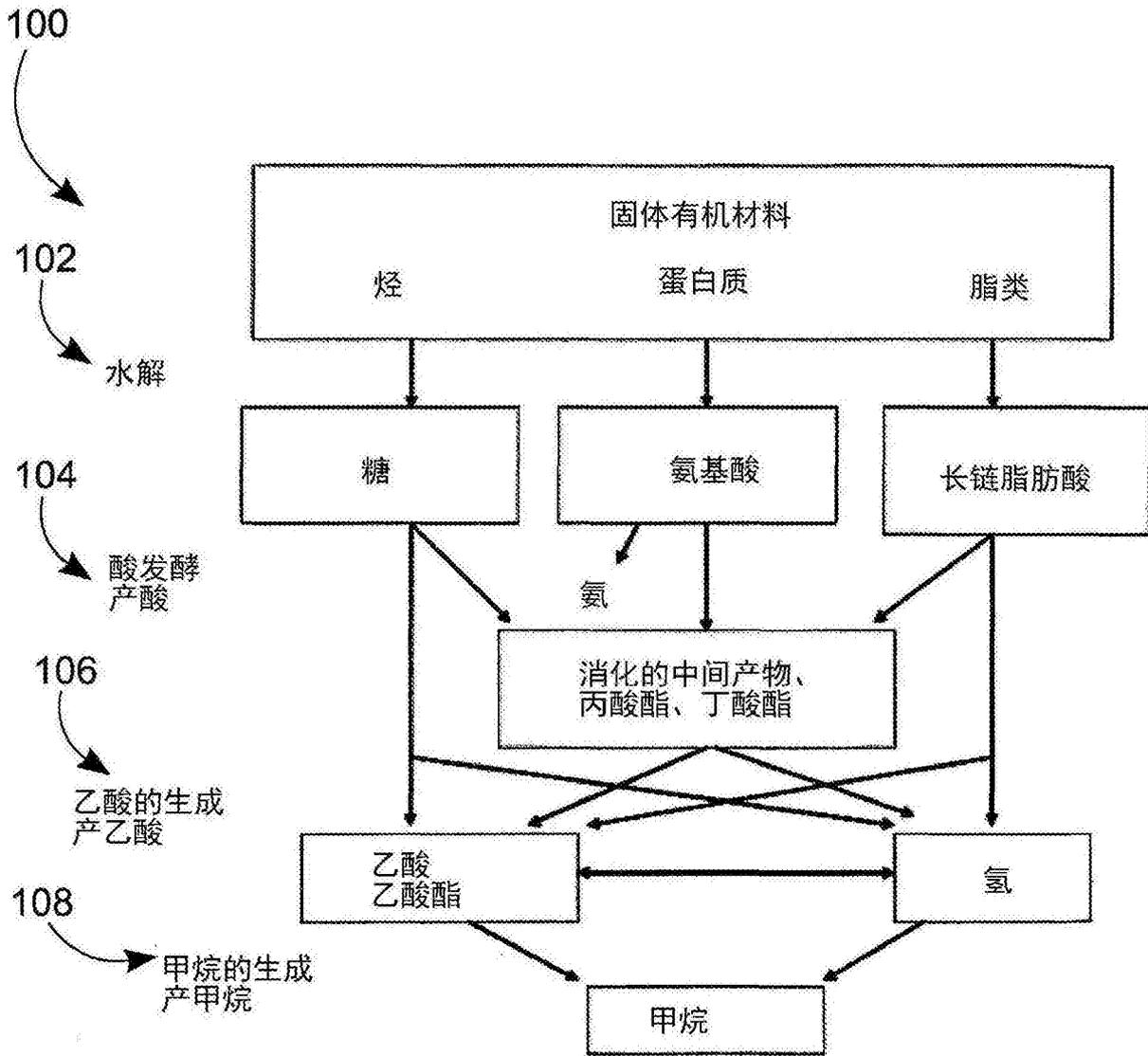


图1

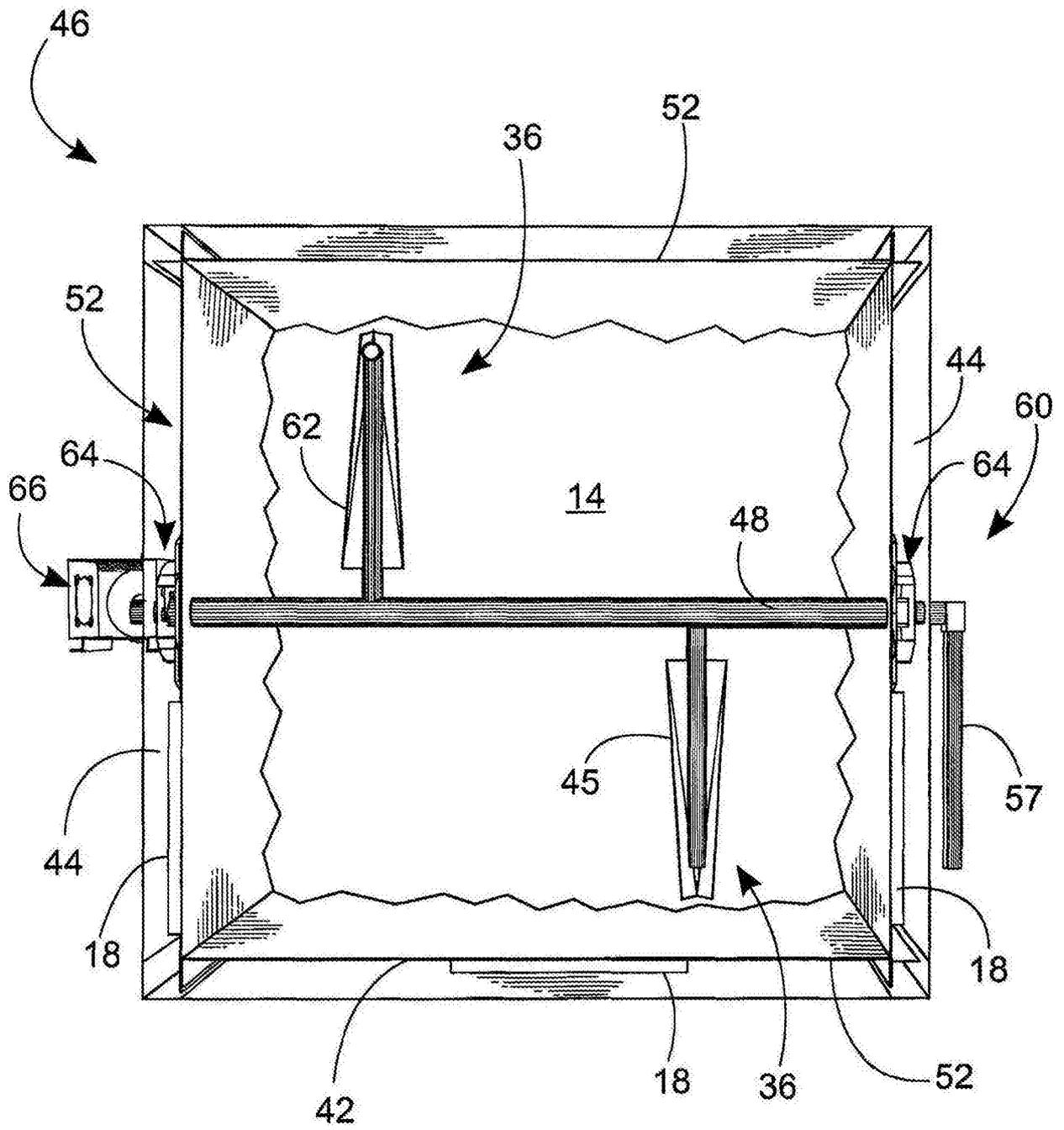


图3

