



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103981080 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201410154021. 9

(22) 申请日 2010. 11. 18

(30) 优先权数据

61/296, 658 2010. 01. 20 US

(62) 分案原申请数据

201080060525. 4 2010. 11. 18

(71) 申请人 希乐克公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 M·梅多夫 T·马斯特曼

(74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所

11313

代理人 孟锐

(51) Int. Cl.

C12M 1/00(2006. 01)

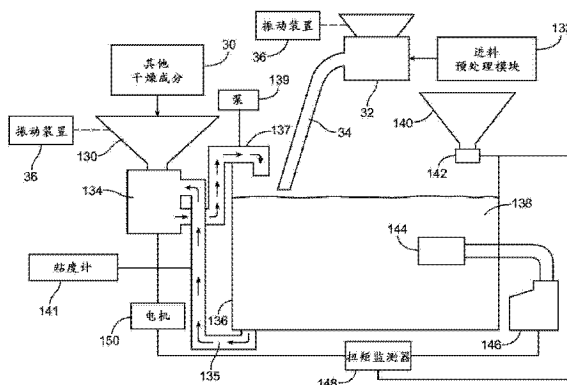
权利要求书1页 说明书22页 附图14页

(54) 发明名称

分散原料和加工物料

(57) 摘要

本发明涉及一种分散原料和加工物料。处理生物质原料(例如,工厂生物质、动物生物质和城市废物生物质)以产生有用的产品,如燃料。例如,描述了能够将原料转化成糖溶液的系统,随后将所述糖溶液发酵以产生乙醇。将生物质原料分散于液体介质中并随后糖化。



1. 一种用于原料糖化的分散系统,其被设置为将生物质原料分散于液体介质中,所述分散系统包括:

一个或多个分散单元,所述分散单元包括:

腔室;以及

在所述腔室内部的转动件,

其中所述转动件将所述原料和液体介质轴向地抽入所述腔室内并且将所述原料分散在所述介质中形成的分散体从所述腔室径向地排出。

2. 根据权利要求1所述的系统,进一步包括:

驱动分散单元的分散电机;

用户控制界面;以及

帮助维持分散单元内部的密封件完整性的加压单元。

3. 根据权利要求1所述的系统,进一步包括阀门,所述阀门布置在接收料仓和固体入口之间以计量向所述分散单元的固体输送。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述分散系统包括正排量泵。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述正排量泵包括螺杆泵。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述转动件作为叶轮发挥作用,并且所述转动件在所述腔室内部起离心泵作用。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述转动件包括与转子同轴设置的混合部件,所述转子以与所述腔室的侧壁成转子-定子关系的方式被布置。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中将所述分散系统设置为将液体介质流输送到在所述液体介质表面上的原料上面,润湿所述原料。

9. 根据权利要求1-8中任意一项所述的系统,其中所述分散系统进一步包括射流混合器。

10. 根据权利要求9所述的系统,其中所述射流混合器包括被配置为转动驱动轴的电机以及安装在驱动轴末端的混合部件。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中所述混合部件包括护罩和在护罩内部的叶轮。

12. 根据权利要求11所述的系统,其中所述护罩包括至少一个末端,其中所述至少一个末端包括靠近该末端的扩张区。

13. 根据权利要求11所述的系统,其中所述护罩和叶轮之间的间隙至少10倍于所述内容物中固形物的平均粒度。

14. 根据权利要求9所述的系统,其中所述驱动轴被配置为允许经所述驱动轴输送气体。

15. 根据权利要求9所述的系统,其中所述电机的扭矩为自身调节的,以在混合条件随时间推移变化时,维持相对恒定的叶轮速度。

分散原料和加工物料

[0001] 背景

[0002] 纤维素和木质纤维素材料在众多应用中以巨大的量产生、加工和使用。这类物料经常使用一次,并且随后作为废物丢弃,或者简单地被认为是废料,例如,污水、蔗渣、锯屑和秸秆。

[0003] 各种纤维素和木质纤维素材料、其用途和应用已经在美国专利 No. 7, 307, 108、7, 074, 918、6, 448, 307、6, 258, 876、6, 207, 729、5, 973, 035 和 5, 952, 105 以及许多专利申请中描述,包括 2006 年 3 月 23 日提交的 PCT/US2006/010648 “FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES(纤维物料和复合材料)”和美国专利申请公开 No. 2007/00454564 “FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES(纤维物料和复合材料)”。

[0004] 概述

[0005] 本文中公开了这样的工艺,其通过将物料(如纤维素或木质纤维素原料)的纤维素部分转化成低分子量糖而用于糖化或液化该物料,例如使用酶。本发明还涉及将原料转化成产物,例如,通过发酵。所述工艺包括使用分散系统来将纤维状和/或颗粒状原料分散于液体介质中。

[0006] 本文中公开的工艺可以使用低堆密度物料,例如纤维素或木质纤维素原料,所述物料已经物理地经预处理以具有小于约 $0.75\text{g}/\text{cm}^3$ 的堆密度,例如,小于约 0.7、0.65、0.60、0.50、0.35、0.25、0.20、0.15、0.10、0.05 或更小,例如,小于 $0.025\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0007] 这类物料可以是特别难以分散于液体中,例如,水或用于糖化、发酵或其他加工的溶剂体系。归因于它们的低堆密度,这些物料倾向于漂浮在液体的表面上而非被润湿并分散于液体中。在一些情况下,这些物料可以是疏水性的、高度结晶的,或否则难以润湿的。同时,需要在固形物水平相对高的分散体中加工原料,以便在加工后获得糖在糖化物料中的高终浓度或高浓度所需产物(例如,发酵后的高浓度乙醇或其他醇类)。在一些情况下,使用本文所述的方法,在加工期间分散体的固形物水平可以例如是以重量计至少 10、15、20、22.5、25、27.5、30、35、40、45% 或甚至至少 50% 溶解的固形物。例如,固形物水平可以是约 10 至 50%,例如,约 10-40%、10-30% 或 10-20%。

[0008] 发明人已经发现,可以通过在添加原料期间使用某种设备增强添加至液体的原料的初始分散。本文所述的设备允许原料或其他固体或液体(例如,养分)快速和容易地分散于液体内,从而允许将大量原料高效添加至液体。原料的这种高效分散有助于减少液化时间并因此有助于高通量,并且促进高固形物水平混合物的产生。

[0009] 在一个方面,本发明的特征在于一种方法,所述方法包括将容器中的生物质原料糖化,所述生物质原料已经使用分散系统而分散于液体介质中,所述分散系统包括腔室和在所述腔室内部的转动件,所述转动件将所述原料和液体介质轴向地抽入所述腔室内并且将所述原料在所述介质中的分散体从所述腔室径向地排出。

[0010] 一些实施方式包括一个或多个以下特征:原料可以具有例如小于约 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 的堆密度。液体介质可以包括水。该方法可以进一步包括将糖化剂(例如酶)输送至容器。转动件可以作为叶轮发挥作用,并且转动件在腔室内部的作用可以是起离心泵作用。该方法

可以进一步包括在糖化期间用射流混合器混合。转动件可以包括与转子同轴设置的混合部件,所述转子以转子-定子关系与所述腔室的侧壁布置。所述分散系统可以进一步包括射流混合器。该方法可以进一步包括将所述原料和/或糖化剂从一个源输送至所述容器,所述源布置于该容器外部,例如位于所述容器上方或与其相邻,或与所述容器相隔一定距离并且通过管道与其连通。输送原料可以包括将该原料吹到容器中液体介质的表面上。该方法可以进一步包括将液体介质流从分散系统的腔室输送到在所述液体介质表面上的原料上面,以润湿所述原料。在输送至容器之前,原料可以处于大体上干燥的状态,例如,0.1至15%含湿量。从中输出的物料的源可以包括料斗,所述料斗可以与振动装置连通。该分散系统可以包括多个分散装置。

[0011] 在一些实施方案中,糖化包括将原料以离散增量添加至液体介质;并且在添加另一个增量的原料之前,使用所述分散系统将每个离散增量的原料分散至液体介质内。该方法也可以包括在糖化期间监测原料、液体介质和糖化剂的混合物的葡萄糖水平。额外的原料和糖化剂可以在糖化期间添加至所述容器并且使用所述分散系统分散于所述介质中。

[0012] 在另一个方面,本发明的特征在于一种原料糖化设备,所述原料糖化设备包括(a)罐,(b)设置为将生物质原料和液体介质输送至所述罐的输送系统,(c)设置为将所述生物质原料分散于所述液体介质内的分散系统,(d)设置为将计量的量的糖化剂输送至所述罐的糖化剂输送装置,和(e)设置为混合所述罐的内容物的混合器。

[0013] 一些实施方式包括一个或多个以下特征。分散系统包括腔室和在所述腔室内部的转动件,其中所述转动件将所述原料和液体介质轴向地抽入所述腔室内并且将所述原料在所述介质中的分散体从所述腔室径向地排出。该设备进一步包括控制器,所述控制器基于来自扭矩监测器的输入而调节所述原料输送装置和/或所述糖化剂输送装置的运行。在一些情况下,混合器是射流混合器。输送系统可以包括设置为将原料吹到罐中液体的表面上的吹气机,并且分散系统可以设置为将液体流输送到在所述液体表面上的原料上面,润湿该原料。

[0014] 在另一个方面,本发明的特征在于一种方法,所述方法包括将生物质原料在含有液体介质的容器中糖化,所述生物质原料已经通过将生物质原料吹到容器中液体介质的表面上而分散于液体介质中,使在表面上的原料与液体流接触以润湿原料,并且混合原料和液体,例如,使用射流混合器混合。

[0015] 在一些实施方式中,使用正排量泵输送液体流。

[0016] 在又一个方面,本发明的特征在于一种方法,所述方法包括将容器中的生物质原料糖化,所述生物质原料已经通过将生物质原料吹到容器中液体介质的表面上而输送至容器并且使用分散系统而分散于该液体介质中,所述分散系统包括腔室和在所述腔室内部的转动件,所述转动件将所述原料和液体介质轴向地抽入所述腔室内并且将所述原料在所述介质中的分散体从所述腔室径向地排出到液体介质表面上的原料上面。

[0017] 该方法可以进一步包括用射流混合器混合所述罐的内容物。

[0018] 在另一个方面,本发明的特征在于一种原料糖化设备,所述原料糖化设备包括(a)罐,(b)设置为将生物质原料和液体介质输送至所述罐的输送系统,其包括用于将生物质原料吹入罐中的吹气机,(c)设置为将计量的量的糖化剂输送至所述罐的糖化剂输送装置和(d)设置为混合所述罐的内容物的混合器。

[0019] 本文所述的方法通常提供相对高固形物水平的原料的相对快速且有效的润湿。通过增加混合物中原料的初始固形物水平,方法可以更快、更高效和更有成本效益地进行,并且通常可以在成品中实现所产生的高浓度。

[0020] 本文所述的糖化方法允许将纤维素或木质纤维素原料转化成便利和浓缩的形式,所述形式可以容易地运输并且在另一个生产设施(例如,设置为将糖溶液发酵成醇的设施)中使用,以制造产物,例如,燃料如乙醇。这类浓缩物可以使用较少的水,这可以导致大幅度的制造和运输成本节省。

[0021] 本文中公开的一些方法包括原料的糖化和从生产或贮存原料的远处位置运输原料至生产设施。在一些情况下,糖化可以在运输期间部分地或完全地发生。

[0022] 在一些情况下,本文所述的系统或其组件可以是可移动的,从而该系统可以从一个位置运输(例如,通过铁路、卡车或航运容器)至另一个位置。这种移动式加工在美国系列 No. 12/374,549 和国际申请 No. W02008/011598 中描述,所述文献的全部公开内容通过引用并入本文。

[0023] 可以通过使用本文所述方法产生的示例性产物包括烃、蛋白质、醇(例如,一元醇或二元醇)如乙醇、正丙醇或正丁醇、羧酸、如乙酸或丁酸、羧酸盐、羧酸和羧酸盐的混合物和羧酸酯(例如,甲酯、乙酯和正丙酯)、酮、醛、 α 、 β -不饱和酸如丙烯酸、烯烃如乙烯,和这些物质中任何者的混合物。具体例子包括乙醇、丙醇、丙二醇、丁醇、1,4-丁烷、1,3-丙二醇、这些醇中任一者的甲酯或乙酯、丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、乳酸、丙酸、丁酸、琥珀酸、3-羟丙酸、所述酸中任一者的盐和所述酸中任一者及相应盐的混合物。这些产物和其他产物在 USSN12/417,900 中描述,所述文献的内容通过引用并入本文。

[0024] 使用 ASTM D1895B 测定堆密度。简而言之,该方法包括用样品填充已知体积的量筒和获得样品的重量。通过以克计的样品重量除以立方厘米计的已知量筒体积,计算出堆密度。

[0025] 本文所提及和所附的全部出版物、专利申请、专利和其他参考文献含有的所有内容通过引用完整地并入。

[0026] 附图简述

[0027] 图 1 是说明将纤维素酶促水解成葡萄糖的示意图。

[0028] 图 2 是说明通过生产和运输葡萄糖溶液将原料转化成乙醇的流程图。图 2A 是根据一个实施方案的糖化系统的图解说明。图 2B 是根据另一个实施方案的糖化系统的图解说明。

[0029] 图 3 是乙醇生产设施的示意图,所述乙醇生产设施已经改造的以利用本文中公开的溶液和混悬液。

[0030] 图 4 是根据一个实施方案的分散系统的图解透视图。

[0031] 图 5 和图 5A 分别是可以在图 4 内所示分散系统中使用的分散装置的图解截面图和透视图。

[0032] 图 6 是根据另一个实施方案的分散系统的图解透视图。

[0033] 图 7 和图 7A 是说明图 6 中所示分散系统的替代性运行模式的图示。

[0034] 图 8 是以在图 6 内所示分散系统中使用的分散部件的图解透视图。

[0035] 图 9 和图 9A 是图示说明离开喷嘴的射流。

[0036] 图 10 是根据一个实施方案的射流搅拌器的图解透视图。图 10A 是图 10 的射流搅拌器的叶轮和喷管的放大透视图。图 10B 是备用叶轮的放大透视图。

[0037] 图 11 是输送生物质原料的吹气机的示意图。

[0038] 图 12 是具有半球形底部的罐和从上方延伸至该罐内的两个射流混合器的截面视图。

[0039] 详述

[0040] 对于含有葡聚糖和 / 或木聚糖的物料例如纤维素物料和木质纤维素物料,使用本文所述的方法,可以将生物质(例如,植物生物质、动物生物质、纸和城市废物)转化或加工以产生有用的中间体和产物如有机酸、有机酸盐、酐、有机酸酯和燃料,例如,内燃发动机用燃料或燃料电池的原料,如本文所述的那些原料。本文描述了可以使用纤维素和 / 或木质纤维素材料作为原材料的系统和方法,所述的纤维素和 / 或木质纤维素材料是丰富和轻易可获得的,但是经常可能难以加工的纤维素或木质纤维素材料,例如,城市废物流和废纸流,如包括新闻纸、牛皮纸、瓦楞纸或这些纸的混合物的流。通常,如果需要,物料可以经物理处理用于加工和 / 或后续加工,经常通过尺寸缩减方式处理。如果需要缩减物料的抗降解性,则可以采用物理加工方法如发酵法。本文所述的多种方法可以有效地降低原料的抗降解性水平,使得它更易于加工,如通过生物处理法(例如,采用本文所述的的任何微生物,如同型产乙酸菌(homoacetogen)或异型产乙酸菌(heteroacetogen)和 / 或本文所述的任何酶)、热处理法(例如,气化或热解)或化学方法(例如,酸水解或氧化)。生物质原料可以使用本文所述的任何方法中一种或多种进行处理或加工,如机械处理、化学处理、辐射、超声波处理、氧化、热解或蒸气爆炸法。多种处理系统和方法可以在这些技术或本文和其他地方所述的其他技术中的两种、三种或甚至四种或更多种技术组合的情况下使用。

[0041] 为了将原料转化成可以在现有制造厂(例如单细胞蛋白厂、酶制造厂或燃料厂例如谷物乙醇生产设施)中轻易加工的形式,本文中公开的工艺可以使用低堆密度物料,例如纤维素或木质纤维素原料,所述物料已经物理地经预处理以具有小于约 $0.75\text{g}/\text{cm}^3$ 的堆密度,例如,小于约 0.7、0.65、0.60、0.50、0.35、0.25、0.20、0.15、0.10、0.050。 $75\text{g}/\text{cm}^3$ 或更小,例如,小于 $0.025\text{g}/\text{cm}^3$ 。使用 ASTM D1895B 测定堆密度。简而言之,该方法包括用样品填充已知体积的量筒和获得样品的重量。通过以克计的样品重量除以立方厘米计的已知量筒体积,计算出堆密度。

[0042] 为了将原料转化成可以轻易加工的形式,通过糖化剂(例如酶或酸),将原料中含有葡聚糖或木聚糖的纤维素水解成低分子碳水化合物,如糖,一种称作糖化的方法。低分子量碳水化合物可以随后例如在现有制造厂(如单细胞蛋白厂、酶制造厂或燃料厂例如乙醇生产设施)中使用。

[0043] 包含纤维素的物料可以通过将该物料和糖化剂在液体介质例如溶剂如水溶液中合并而用糖化剂处理。下文详细讨论用于将物料快速和高效地分散于液体介质内的方法。一旦物料已经分散于介质中,则将糖化剂、物料和液体介质彻底混合,在一些情况下彻底糖化。在一些实施方式中,将物料和 / 或糖化剂递增地添加而非一次性地添加。例如,可以将所述物料的一部分添加至液体介质,分散于其中并且与糖化剂混合,直至该物料至少部分地糖化,此时将物料的第二部分分散于该介质中并且添加至混合物。这种方法可以继续直至获得想要的糖浓度。

[0044] 分解生物物质如生物物质的纤维素和 / 或木质素部分的酶和破坏生物物质的生物, 含有或制造多种纤维素裂解的酶 (纤维素酶)、木质素酶或多种破坏小分子生物物质的代谢物。这些酶可以是协同地作用以降解生物物质的晶状纤维素或木质素部分的酶复合物。纤维素裂解酶的例子包括: 葡聚糖内切酶、纤维二糖水解酶和纤维二糖酶 (β - 葡糖苷酶)。参考图 1, 纤维素底物最初由葡聚糖内切酶在随机位置水解, 产生低聚物中间体。这些中间体随后是从纤维素聚合物末端产生纤维二糖的外切性葡聚糖酶如纤维二糖水解酶的底物。纤维二糖是水溶性 1, 4- 连接的葡萄糖二聚体。最后, 纤维二糖酶切割纤维二糖以产生葡萄糖。合适的纤维素酶将在本文稍后部分中讨论。

[0045] 完成糖化所要求的时间将取决于所用的工艺条件和原料及酶。如果糖化在制造厂中在受控条件下进行, 则纤维素可以在约 12-96 小时中基本上完全转化成葡萄糖。如果部分或完全地短暂进行糖化, 则糖化可以花费更长时间。

[0046] 在一些情况下, 糖化在 pH 约 4 至 7, 例如约 4.5 至 6 或约 5 至 6 处进行。

[0047] 通常优选的是, 糖溶液中的葡萄糖终浓度应当是相对高的, 例如, 以重量计大于 10%, 或大于 15、20、30、40、50、60、70、80、90 或甚至大于 95%。这减少待运输的体积, 并且还抑制溶液中的微生物生长。在糖化后, 水的体积可以缩减, 例如, 通过蒸发或蒸馏。

[0048] 可以通过限制随酶一起添加至原料的介质 (例如, 水) 的量, 获得相对高的浓度溶液。可以例如, 通过控制糖化多大程度地发生来控制浓度。例如, 可以通过添加更多原料至溶液而增加浓度。可以例如通过增加溶液的温度和 / 或通过添加如下文讨论的表面活性剂而增加原料在介质中的溶解度。例如, 溶液可以维持在 40-50°C、50-60°C、60-80°C 或甚至更高的温度。

[0049] 参考图 2, 用于制造醇 (例如, 乙醇) 的方法可以包括例如任选地物理预处理原料, 例如, 以缩减其大小 (步骤 110), 在这种处理之前和 / 或之后, 任选地处理该原料以降低其抗降解性 (步骤 112), 并且将原料糖化以形成糖溶液 (步骤 114)。可以通过将原料在液体介质 (例如, 水) 中的分散体与酶混合 (步骤 111) 进行糖化, 如会在下文详细讨论。在糖化期间或之后, 混合物 (如果将在途中部分地或完全进行糖化) 或溶液可以例如由管道、有轨车辆、卡车或船舶运输至制造厂 (步骤 116)。在工厂, 溶液可以经生物加工以产生想要的产物, 例如, 乙醇 (步骤 118), 所述产物随后进一步加工, 例如, 通过蒸馏 (步骤 120) 进一步加工。下文将详细描述这种工艺的各个步骤。根据需要, 如所示, 测量木质素含量的步骤 (步骤 122) 和设定或调节工艺参数 (步骤 124) 的步骤可以在工艺的多个阶段进行, 例如紧邻用来改变原料结构的工艺步骤之前。如果包括这些步骤, 则调节工艺参数以补偿原料的木质素含量变异, 如 2009 年 2 月 11 日提交的美国临时申请 No. 61/151, 724 中所述, 所述专利的完整公开内容通过引用并入本文。

[0050] 混合步骤 111 和糖化步骤 114 可以使用例如图 2A 和 2B 中所示系统的任一种进行。这些系统包括罐 136, 其最初初始含有液体介质并且稍后含有液体介质、原料和糖化剂的混合物 138。将液体介质通过带阀门的管道系统 (未显示) 输送至该罐。该系统还包括与分散单元 134 连通的料斗 130。在图 2B 内所示的实施方案中, 料斗 130 接收已经由原料预处理模块 132 处理以缩减其大小和任选地降低其抗降解性 (上文的步骤 110 和 112) 的原料。在两种实施方案中, 料斗可以接收例如来自供给源 30 的其他干燥成分, 如酵母和养分。任选地, 振动装置 36 可以与料斗连接以促进从料斗输送物料。该系统还包括分散单元

134。将液体介质从罐中抽入分散单元 134,并且通过分散单元经出口管 137 返回该罐。如图所示,出口管 137 的开口可以在液体水平之上,或在一些情况下可以浸没于罐中的液体中。在一些情况下,根据所用的分散单元(如下文将讨论)的类型,该系统可以包括设置为使液体介质循环穿过分散系统的泵 139(例如,正排量泵)和/或监测分散体的粘度并且在测量的粘度达到预定值时开启泵的粘度计 141。

[0051] 在图 2A 中所示的实施方案中,将原料输送至罐中的液体介质的表面,例如,经具有输送管道 34(例如,软管或管道)的输送装置 32。输送装置 32 也可以与振动装置 36 连接,以促进物料流入该装置。输送装置 32 可以是例如设置为将纤维状和/或颗粒状物料从来源经软管吹至远离该来源的吹气机,例如,隔绝式吹气机如从 Frederick, Colorado 可获得的 FORCE3 吹气机。吹气机 500 的例子在图 11 中示意性显示。吹气机 500 的料斗 502 从料源 504 接收物料,例如,借助真空 506 经入口 505 抽入物料。一旦处于料斗中,使用转动装置 508 使物料去团聚化,其包括止于柔性桨叶 512 的转动臂 510。转动装置 508 还将物料经开口 514 扫下至气闸 516。物料至气闸的输送由平板或阀门 518 计量。气闸 516 包括限定腔室 522 的多个转动叶片 520。气闸 516 的靠下部分包括通道 524,其中空气经所述通道 524 从压缩空气供给源(未显示)吹至出口管(例如,输送管道 34,图 2A)。叶片将物料扫至各个部分中的通道,一旦这些物料位于通道附近,则它们被吹入出口管中。转动叶片 520 足够缓慢地转动,以使每个腔室足够长时间地位于通道附近,因此部分物料和某个量的空气被输送至出口管内。因此,空气和物料的备用部分输送至出口管。当物料沿出口管(它可能相当长)下行时,物料和空气混合,从而吹送物料并且使其经出口管顺畅移动至罐。将搅拌器和气闸中的转动件的转动速率一起调整,并且该速率可以由用户基于原料、出口管的长度和其他变量而变动。

[0052] 可选地,物料可以使用其他技术如自重进料或螺杆输送机输送至液体的表面。

[0053] 在一些实施方案中,罐配备有柔性透气的盖或其它设置为允许空气在原料输送期间从罐中排泄、同时防止原料从罐中吹出和/或杂质进入罐内的装置。

[0054] 当原料物料经输送管道 34 输送到罐中液体的表面上时,液体经分散单元 134 的出口管 137 释放到物料上。释放的液体润湿原料物料,引起物料沉入液体中,在这里它可以由分散单元 134、任选地与下文讨论的射流混合器 144 的混合作用组合时而分散。

[0055] 通常优选,当原料输送管道经输送时,分散单元 134 和射流混合器 144 运行。

[0056] 在 2B 中所示的实施方案中,原料经料斗 130 输送至罐,所述料斗 130 可以接收来自例如原料处理模块 132 的原料,并且进入分散单元 134,在此,原料分散于液体介质(例如,水)内。

[0057] 在两个实施方案中,糖化剂从包括计量装置 142 的料斗 140 输送至罐中。将该罐的内容物混合,例如,通过一个或多个射流混合器混合。在图 2A 和图 2B 中示例性地显示射流混合器 144;合适射流混合器的例子将在下文详细描述,并且还在 2009 年 6 月 19 日提交的美国临时申请 No. 61/218,832 中描述,所述文献的公开内容在此通过引用并入本文。使用驱动泵和/或转子(未显示)的电机 146,射流混合器产生射流。由电机 146 产生的扭矩与罐中混合物的固形物水平相关,所述固形物水平转而反映混合物已发生糖化的程度。扭矩由扭矩监测器 148 测量,所述扭矩监测器 148 发送信号至驱动输送机 130 的电机 150 并且还发送信号至料斗 140 的计量装置 142。因此,作为罐内容物的糖化的函数,处理的原料

和酶的供应可以中断或恢复。由扭矩监测器测量的数据也可以用来调节射流混合器,例如,以降低利用转子的混合器的RPM,或用来降低泵驱动混合器的射流速度。作为扭矩监测器的替代或除扭矩监测器之外,该系统可以包括测量电机的全负荷安培数的安培监测器(未显示)。在一些情况下,射流混合器可以包括变频器(VFD)以允许调整电机的速度。

[0058] 该系统也可以包括热监测器(未显示),所述热监测器监测液体介质的温度并且响应于温度增加而调节原料的进料速率和/或混合条件。这种温度反馈环可以用来防止液体介质达到将使酶变性的温度。

[0059] 当一个或多个泵在本文所述的系统中使用时,通常优选应当使用正排量泵(PD)泵,例如,螺杆泵或螺杆型PD泵。

[0060] 在一些情况下,制造厂可以是例如现有的基于谷物或基于糖的乙醇厂或已经通过将生物加工系统上游的设备(在常见乙醇厂中,它通常包括谷物接收设备、锤磨机、糖浆混合器、烹煮设备和液化设备)移除或退役而改造的工厂。因此,由工厂接收的原料直接输入发酵设备中。图3中示意性地显示改造的工厂。现有的基于谷物或基于糖的乙醇厂的用途以这种方式在2010年2月11日提交的美国系列No. 12/704,521中描述,所述文献的公开内容通过引用并入本文。

[0061] 在一些实施方案中,并非将糖化的原料(糖溶液)运输至单独的制造厂,或甚至单独的罐,将糖溶液接种并且在同一个罐或用于糖化的其他容器中发酵。发酵可以在同一个容器中完成,或可以以这种方式启动并且随后如上文讨论在运输期间完成。在2010年1月20日提交的美国临时申请No. 61/296,673中描述了在单一罐中的糖化和发酵,所述文献的公开内容通过引用并入本文。

[0062] 通常,应当控制发酵容器中的氧水平,例如,通过监测氧水平并且根据需要使罐通风或使混合物曝气。还需要监测容器中乙醇的水平,从而当乙醇水平开始下降时,可以终止发酵过程,例如,通过加热或添加亚硫酸氢钠。终止发酵的其他方法包括添加过氧化物(例如,过氧乙酸或过氧化氢)、添加琥珀酸或其盐、冷却容器的内容物,或降低氧鼓泡速率。可以使用这些方法中任意两种或多种方法的组合。如果发酵将在运输期间实施或完成,运输容器(例如,轨道车或罐车的罐)可以配有包括氧监测器和乙醇监测器的控制单元、用于输送亚硫酸氢钠(或其他发酵终止添加物)至罐的输送系统和/或用于调节罐中参数以停止发酵的系统。

[0063] 根据需要,可以在发酵期间使用射流混合,并且如果发酵在与糖化相同的容器中实施,则可以使用相同的设备。然而,在一些实施方案中,射流混合不是必需的。例如,如果发酵在运输期间实施,则轨道车或罐车的运动可以提供充分的搅拌。

[0064] 分散和混合

[0065] 分散

[0066] 分散单元134可以包括用液体介质润湿原料的任何类型的分散设备。多种分散装置包括在腔室中如此安置的腔室和转子,从而将原料和液体介质轴向地抽吸至转子并且向外径向地挤压至转子的周界并且因此穿过离心泵形式的单元的出口。取决于分散单元的构造,可能需要备份泵(泵139,上文讨论)以抽吸高粘度的流体穿过分散单元。构建一些分散装置以在单元内部产生极高静流体压力;当使用这类装置时,通常不需要备份泵。

[0067] 在图4-5A中显示合适的分散系统300的一个例子。这种系统产生相对低的吸力,

并且因此一般使用备份。分散系统 300 包括可以从较大料斗或袋子（未显示）或其他源中接收原料并且输送至分散单元 301 的接收料仓 302。分散单元 301 包括壳体 304，其限定分散室 306（图 5A）、液体入口 308、与料仓 302 连通的固体入口 310（图 5A）和出口 312。分散系统 300 还包括驱动分散单元 301 的电机 314、用户控制界面 316 和帮助维持分散单元 301 内部的密封件完整性的加压单元 318。阀门（未显示）布置在接收料仓 302 和固体入口 310 之间以计量向分散单元 301 的固体输送。

[0068] 分配单元 301 的内部结构在图 5-5A 中显示。在穿过固体入口 310 后，固体由搅龙 320 向下移动，此时固体由经液体入口 308 进入的液体接触。液体和固体随后由一系列混合叶片 322 混合，并且最终由转子 324（在图 5A 中详细显示）混合，其中所述转子 324 以相对于腔室 306 侧壁的转子/定子布局而布置。该系列混合部件以递增水平的剪切力用液体润湿固体，产生从出口 312 离开的基本上同质的分散体。通过文丘里原理，叶轮产生在腔室 306 和料仓 302 之间有差异的巨大压力，所述压力抽出真空并且因此帮助将物料从料仓抽出至腔室。

[0069] 图 6-8 中显示另一个合适的分散系统 400。这种系统从 IKA® Works, Wilmington, North Carolina 在 CMS2000 商品名称下可商业获得。如所供应，分散系统 400 包括液体罐 402。然而，如果需要，可以省略相对小的罐 402 并且系统的剩余物排入较大的罐，例如，工业体积罐（未显示）。系统 400 还包括固体接收漏斗 403、包括壳体 404 的分配单元 401，所述壳体 304 具有与上文讨论的壳体 304 相似的结构，电机 414、用户控制界面 416 和加压单元 418。

[0070] 分散系统 400 和分配系统 300 之间的主要差异在于分配装置 401 和 301 的内部结构。图 8 中详细显示的分配单元 401 包括作为叶轮发挥作用并且在单元内部产生很高静流体压力的转子 420。因此，分散单元以离心泵的方式发挥作用，并且通常不需要备份泵，甚至在相对高的粘度时也是如此。

[0071] 转子 420 将液体从罐经入口 408 以高吸力抽吸至腔室 406。液体和固体（经入口 410 进入）轴向地以高压被抽吸至转子 420 内，并且借助将原料分散于液体中的高速紊流径向地离开转子 420。基本上均匀分散体经出口 412 离开腔室并且输送至罐用于糖化。

[0072] 分散系统 400 可以按多种模式运行，其例子在图 7 和图 7A 中显示。在图 7 中，分散单元 401 通过将原料载入料斗 422 进料，所述料斗 422 安装在壳体 404 的固体入口上。阀门 424 控制原料向分散单元 401 的输送。原料可以使用任何所需的输送技术加载，例如，手工、通过输送器、风力装料机（pneumatic loader）等。在图 7A 中，使用空吸棒（suction wand）426，将原料从袋或料仓 424 吸出。在这种情况下，可以通过控制空吸速率而控制原料的输送。可以使用其他布局。

[0073] 原料可以连续地或断续地输送至分散单元，并且该分散系统可以按再循环或“单程”模式运行。根据需要，在初始分散已经完成后，分散单元可以用于糖化期间的混合。

[0074] 射流混合

[0075] 一旦原料已经基本上分散于液体中，可能需要关闭分散系统并且使用要求更少能量以进一步混合的混合器。用于这个目的特别有利的混合器称作“射流混合器”。通常，合适的混合器的共同之处在于，它们产生高速度循环流，例如环形的或椭圆样式的流。通常，优选的混合器显示高的整体流率。优选的混合器以相对低的能量消耗提供这种混合作用。

通常还优选,混合器产生相对低的剪切力并且避免加热液体介质,因为剪切力和/或热可能不利地影响糖化剂(或微生物,例如,在发酵的情况下)。如下文将详细讨论,一些优选的混合器将混合物经入口抽入可以包括转子或叶轮的混合部件,并且随后从混合部件中经出口喷嘴排出混合物。这种循环作用和离开喷嘴的射流的高速度有助于分散漂浮在液体表面上的物料或已经沉降于罐底部的物料,这取决于混合部件的方向。混合部件可以以不同方向存在以分散漂浮物料和沉降物料,并且在一些情况下,混合部件的方向可以是可调节的。

[0076] 在一些优选的混合系统中,与外围流体相交时,射流的速度 v_0 是约 2 至 300m/s,例如,约 5 至 150m/s 或约 10 至 100m/s。对于 100,000L 罐,混合系统的功率消耗可以是约 20 至 1000KW,例如,30 至 570KW、50 至 500KW,或 150 至 250KW。

[0077] 射流混合包括将高速度液体的淹没射流或众多淹没射流释放入流体介质,在这种情况下即生物质原料、液体介质和糖化剂的混合物。液体的射流穿透流体介质,而其能量因紊流或一些初热而消散。这种紊流与速度梯度(流体剪切力)相关。周围的流体被加速并且夹带至射流中,而这种次生夹带流随距射流喷嘴的距离增加而增加。当射流膨胀时,次生流的动量通常保持恒定,只要该流不撞击到墙壁、地板或其他障碍物。该流在其撞击到任何障碍物之前持续的时间越长,夹带至次生流中的液体越多,从而增加罐或容器中的整体流。当遇到障碍物时,次生流将更多或更少地损失动量,这取决于罐的几何学,例如,该流冲击到障碍物上的角度。通常需要修正射流和/或设计该罐,从而相对于罐壁的水力损失最小化。例如,可以需要罐具有弓形底部(例如,半球形封头),并且射流混合器相对接近侧壁定位,如图 12 中所显示。罐底部(下部封头)可以具有任何所需的半球形构型,或可以具有椭圆或圆锥状几何形状。

[0078] 射流混合与大部分类型的液体和液体混合不同,在于驱动力是液力而非机械力。不同于如机械搅拌器那样剪切流体并且推动它遍及混合容器,射流混合器经罐内部的一个或多个喷嘴挤压流体,从而产生夹带其他流体的高速射流。结果是剪切(流体针对流体)和循环,这高效地混合罐内容物。

[0079] 参考图 9,来自淹没射流的芯流和周围流体之间高速度梯度造成涡流。图 9A 显示淹没射流的一般特征。随着淹没射流扩展至周围环境中,速度分布随距喷嘴的距离(x)增加而变扁平。另外,速度梯度 dv/dr 随给定距离 x 处的 r(距射流中线的距离)变化,从而产生限定混合区域的涡流(来自喷嘴的圆锥状扩张物)。

[0080] 在空气中淹没射流的实验性研究中(所述研究的结果适用于任何流体,包括水),Albertson 等人(“淹没射流的扩散”,论文 2409, Amer. Soc. of Civil Engineers Transactions, 第 115 卷:639-697, 1950, 第 657 页)阐述了无量纲关系 $v(r)_x/v(x)_{r=0}$ (在给定 x 的速度分布)、 Q_x/Q_0 (流夹带)和 E_x/E_0 (能量随 x 的变化):

[0081] (1) 中线速度, $v(x)_{r=0}/v_0$:

$$[0082] \quad \frac{v(r=0)_x}{v_0} \frac{x}{D_0} = 6.2$$

[0083] (2) 在任何 x 处的速度分布, $v(r)_x/v(x)_{r=0}$ —

$$[0084] \quad \log \left[\frac{v(r)_x}{v_0} \frac{x}{D} \right] = 0.79 - 33 \frac{r^2}{x^2}$$

[0085] (3) 在任何 x 处的流量和能量:

$$[0086] \quad \frac{Q_x}{Q_0} = 0.32 \frac{x}{D_0} \quad (10.21)$$

$$[0087] \quad \frac{E_x}{E_0} = 4.1 \frac{D_0}{x} \quad (10.22)$$

[0088] 其中：

[0089] $v(r=0)$ = 淹没射流的中线速度 (m/s)，

[0090] v_0 = 射流从喷嘴排出时的速度 (m/s)，

[0091] x = 距喷嘴的距离 (m)，

[0092] r = 距射流中线的距离 (m)，

[0093] D_0 = 喷嘴的直径 (m)，

[0094] Q_x = 在喷嘴的距离 x 处穿过任何给定平面的流体的流量 (m³/s)，

[0095] Q_0 = 从喷嘴排出的流体的流量 (m³/s)，

[0096] E_x = 在喷嘴的距离 x 处穿过任何给定平面的流体的能通量 (m³/s)，

[0097] E_0 = 从喷嘴排出的流体的能通量 (m³/s)。

[0098] (“Water Treatment Unit Processes:Physical and Chemical(水处理单元工艺:物理和化学)”, David W. Hendricks, CRC Press2006, 第 411 页)。

[0099] 射流混合在巨大体积(超过 1,000 加仑)和低粘度(1,000cP 以下)应用中特别具有成本效益的。通常还有利的是,在大多数情况下,射流混合器的泵或电机不淹没,例如,当使用泵时,它通常位于容器的外部。

[0100] 射流混合的一个优点在于,周围流体(而非直接相邻于可能存在一些局限化加热的喷嘴出口)的温度仅略微增加,即使有的话。例如,该温度可以增加小于 5°C、小于 1°C 或不增加至任何可测量的程度。

[0101] 射流搅拌器

[0102] 在图 10-10A 图中显示一个类型的射流搅拌器。这种类型的混合器是商业可获得的,例如,从 IKA 在商品名称 ROTOTRON™ 下可获得的。参考图 10,混合器 200 包括转动驱动轴 204 的电机 202。混合部件 206 安装在驱动轴 204 的末端。如图 10A 中所示,混合部件 206 包括护罩 208 和在护罩内部的叶轮 210。如箭头所示,当叶轮以其“正”方向转动时,叶轮 210 将液体抽入穿过护罩的开口上端 212 并向外挤压液体穿过开口下端 214。离开末端 214 的液体为高速流或射流形式。如果叶轮 210 转动的方向逆转,液体可以经下端 214 抽入并经上端 212 喷出。这可以用于例如至吸入在罐或容器中的液体表面附近或其上面漂浮的固体。(应当指出,“上部”和“下部”指图 10 中混合器的方向;混合器可以这样定位于罐中,上端低于下端)。

[0103] 护罩 208 包括靠近其末端的扩张区 216 和 218。这些扩张区据信对这种类型混合器中所观察到的总体上环形的流有贡献。护罩和叶轮的几何外形还使用相对低的功率消耗,使所述流浓集至高度流中。

[0104] 优选地,在护罩 208 和叶轮 210 之间的间隙是足够的,从而在物料穿过护罩时,避免过度研磨物料。例如,间隙可以至少 10 倍于、优选地至少 100 倍于混合物中固形物的平均粒度。

[0105] 在一些实施方式中,轴 204 设置为允许经该轴输送气体。例如,轴 204 可以包括经

其输送气体的孔眼（未显示）和气体经其离开进入混合物的一个或多个孔口。孔口可以在护罩 208 内部以增强混合，和 / 或在沿轴 204 长度的其他位置处。

[0106] 叶轮 210 可以具有任何所需要的几何外形，所述几何外形将抽吸液体以高速度经过护罩。叶轮优选地是船用叶轮，如图 10A 中所示，但是可以具有不同的设计，例如，如图 10B 中所示的 Rushton 叶轮，或改良 Rushton 叶轮，例如，倾斜从而提供一些轴流。

[0107] 为了产生经过护罩的高速度流，电机 202 优选地是高速度、高扭矩电机，例如，能够以 500 至 20,000 转 / 分钟（例如，3,000 至 10,000 转 / 分钟）运行。然而，混合器越大（例如，护罩越大和 / 或电机越大），则转动速度可能越低。因此，如果使用大混合器，如 5hp、10hp、20hp 或 30hp 或更大，则电机可以设计成以低转动速度（例如，小于 2000 转 / 分钟、小于 1500 转 / 分钟，或甚至 500 转 / 分钟或更小）运行。例如，大小用于混合 10,000-20,000 升罐的混合器可以在 900 至 1,200 转 / 分钟的速度上运行。电机的扭矩优选地是自身调节的，以在混合条件随时间推移（例如，归因于固形物糖化而）变化时，维持相对恒定的叶轮速度。

[0108] 有利地的是，混合器可以在罐中以任何需要的角度和位置定位以按照所需要的方向引导射流。另外，如上文讨论，取决于叶轮转动的方向，混合器可以用来从护罩的两端中的任一端抽取流体。

[0109] 在一些实施方式中，两个或更多个射流混合器位于容器中，其中一个或多个射流混合器设置为向上喷射流体（“上升泵”）并且一个或多个射流混合器设置为向下喷射流体（“下降泵”）。在一些情况下，上升泵送混合器将位于下降泵送混合器附近以增强混合器产生的紊流。根据需要，一个或多个混合器可以在加工期间在上升流和下降流之间切换。可以有利的是，在原料在液体介质中初始分散期间，尤其如果将原料倾倒或吹到液体的表面上，将全部或大部分混合器切换至上升泵送模式，原因是上升泵送在表面产生明显的紊流。上升泵送也可以在发酵期间使用以通过以下方式辅助从液体中除去 CO₂：使该气体起泡至其可以排出的表面。

[0110] 其他合适的射流混合器在 2009 年 6 月 19 提交的美国临时申请 No. 61/218,832 和 2010 年 5 月 24 日提交的美国系列 No. 12/782,694 中描述，所述文献的全部公开内容通过引用并入本文。

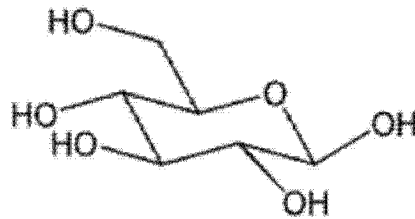
[0111] 材料

[0112] 生物质材料

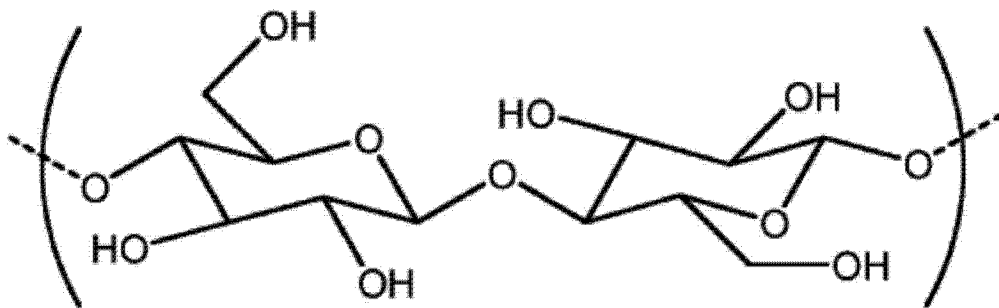
[0113] 生物质可以是，例如，纤维素或木质纤维素材料。这类材料包括纸和纸产品（例如，塑胶涂布纸和牛皮纸）、木材、木材相关的材料，例如，刨花板、草、稻壳、甘蔗渣、黄麻、大麻、亚麻、竹、剑麻、蕉麻、稻草、柳枝稷、苜蓿、干草、玉米芯、玉米秸秆、椰毛；和 α -纤维素含量高的材料，例如，棉花。原料可以从未用过的废弃纺织品材料获得，例如，边角剩料、消费后废弃物，例如，碎布。当使用纸产品时，它们可以是未用过的物料，例如，废弃的未用过物料，或它们可以是消费后废弃物。除了未用过的原料、消费后废弃物、工业废弃物（例如，内脏）和加工废弃物（例如，来自纸加工的流出液）也可以用作纤维源。生物质原料也可以从人废弃物（例如，污水）、动物废弃物或植物废弃物获得或衍生。额外的纤维素和木质纤维素材料已经在美国专利 No. 6,448,307、6,258,876、6,207,729、5,973,035 和 5,952,105 中描述。

[0114] 在一些实施方案中, 生物质材料包括碳水化合物, 所述碳水化合物是或包括具有一个或多个 β -1, 4- 键和具有约 3, 000 和 50, 000 之间数均分子量的物质。这种碳水化合物是或包括纤维素 (I), 其源自 (β -葡萄糖 1) 经 β (1, 4)- 糖苷键缩合。这种键自身与淀粉和其他碳水化合物中存在的 α (1, 4)- 糖苷键形成对比。

[0115]



1



I

[0116] 淀粉材料包括淀粉本身, 例如, 玉米淀粉、小麦淀粉、马铃薯淀粉或稻淀粉、淀粉的衍生物, 或包含淀粉的材料如可食食品或作物。例如, 淀粉材料可以是秘鲁胡萝卜、荞麦、香蕉、大麦、辣椒、葛、酢浆草、西米、高粱、常规家用马铃薯、甘薯、芋头、薯蓣或一种或多种豆类, 如蚕豆、扁豆或豌豆。任何两种或更多种淀粉材料的掺合物也是淀粉材料。

[0117] 在一些情况下, 生物质是微生物材料。微生物来源包括, 但不限于, 含有或能够提供碳水化合物 (例如, 纤维素) 来源的任何天然存在的或基因修饰的微生物或生物, 例如, 原生生物, 例如, 动物原生生物 (例如, 原虫如鞭毛虫、类阿米巴虫、纤毛虫和孢子虫类) 和植物原生生物 (例如, 藻类, 如甲藻类 (alveolate)、绿蜘蛛藻类、隐藻类、眼虫类、灰胞藻、定鞭藻类、红藻类、原生藻菌 (Stramenopile) 和绿色植物)。其他例子包括海草、浮游生物 (例如, 大型浮游生物、中型浮游生物、小型浮游生物、纳米级浮游生物、超微型浮游生物和超微微浮游生物)、浮游植物、细菌 (例如, 革兰氏阳性细菌、革兰氏阴性细菌和极端微生物)、酵母和 / 或这些生物的混合物。在一些情况下, 微生物生物质可以从天然来源获得, 例如, 海洋、湖泊、水体, 例如, 咸水或淡水, 或陆地上。可供选择地或额外地, 微生物生物质可以从培养系统获得, 例如, 大规模干式和湿式培养系统。

[0118] 糖化剂

[0119] 合适酶包括能够降解生物质的纤维二糖酶和纤维素酶。

[0120] 合适的纤维二糖酶包括在 NOVOZYME188™ 商品名称下出售的来自黑曲霉

(*Aspergillus niger*) 的纤维二糖酶。

[0121] 纤维素酶能够降解生物质,并且可以是真菌或细菌源的。合适的酶包括来自芽孢杆菌属 (*Bacillus*)、假单胞菌属 (*Pseudomonas*)、腐质霉属 (*Humicola*)、镰刀菌属 (*Fusarium*)、梭孢壳属 (*Thielavia*)、枝顶孢霉属 (*Acremonium*)、金孢属 (*Chrysosporium*) 和木霉属 (*Trichoderma*) 的纤维素酶,并且包括腐质霉属 (*Humicola*)、鬼伞属 (*Coprinus*)、梭孢壳属 (*Thielavia*)、镰刀菌属 (*Fusarium*)、毁丝霉属 (*Myceliophthora*)、枝顶孢霉属 (*Acremonium*)、头孢霉属 (*Cephalosporium*)、柱霉属 (*Scytalidium*)、青霉属 (*Penicillium*) 或曲霉属 (*Aspergillus*) (见,例如, EP458162) 的种类,尤其由选自以下的菌株产生的那些酶:特异腐质霉 (*Humicola insolens*) (再分类为嗜热柱霉 (*Scytalidium thermophilum*),见,例如美国专利 No. 4,435,307)、灰盖鬼伞 (*Coprinus cinereus*)、尖孢镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*)、嗜热毁丝霉 (*Myceliophthora thermophila*)、大型亚灰树花菌 (*Meripilus giganteus*)、太瑞斯梭孢壳霉 (*Thielavia terrestris*)、枝顶孢霉 (*Acremonium* sp.)、桃色枝顶孢霉 (*Acremonium persicinum*)、*Acremonium acremonium*、*Acremonium brachyphenium*、*Acremonium dichromosporum*、*Acremonium obclavatum*、*Acremonium pinkertoniae*、*Acremonium roseogriseum*、*Acremonium incoloratum* 和分枝枝顶孢霉 (*Acremonium furatum*);优选地来自物种特异腐质霉 DSM1800、尖孢镰刀菌 DSM2672、嗜热毁丝霉 CBS117.65、头孢霉 RYM-202、枝顶孢霉 CBS478.94、枝顶孢霉 CBS265.95、桃色枝顶孢霉 CBS169.65、*Acremonium acremonium* AHU9519、头孢霉 CBS535.71、*Acremonium brachyphenium* CBS866.73、*Acremonium dichromosporum* CBS683.73、*Acremonium obclavatum* CBS311.74、*Acremonium pinkertoniae* CBS157.70、粉灰枝顶孢霉 CBS134.56、*Acremonium incoloratum* CBS146.62 和分枝枝顶孢 CBS299.70H。纤维素裂解酶也可以从金孢属 (*Chrysosporium*)、优选 *Chrysosporium lucknowense* 的菌株获得。另外,可以使用木霉属 (*Trichoderma*) (尤其绿色木霉 (*Trichoderma viride*)、里氏木霉 (*Trichoderma reesei*) 和康氏木霉 (*Trichoderma koningii*)、嗜碱性芽孢杆菌 (*Bacillus*) (见例如,美国专利 No. 3,844,890 和 EP458162) 和链霉菌属 (*Streptomyces*) (见,例如 EP458162)。

[0122] 可以使用酶复合物,如从 Genencore 在 **ACCELLERASE®** 商品名称下可获得那些,例如, **Accellerase®** 1500 酶复合物。 **Accellerase®** 1500 酶复合物含有多种酶活性,主要是葡聚糖外切酶、葡聚糖内切酶 (2200–2800CMC U/g)、半纤维素酶和 β -葡糖苷酶 (525–775pNPGU/g) 并且具有 4.6 至 5.0 的 pH。这种酶复合物的葡聚糖内切酶活性以羧甲基纤维素活性单位 (CMC U) 表述,而 β -葡糖苷酶活性以 pNP-葡糖苷活性单位 (CMC U) 报道。在一个实施方案中,使用 **Accellerase®** 1500 酶复合物和 NOVOZYME™188 纤维二糖酶的掺合物。

[0123] 在一些实施方式中,糖化剂包含酸,例如,无机酸。当使用酸时,可以产生对微生物有毒的副产物,在这种情况下该工艺方法可以进一步包括移除这类副产物。移除可以使用活性碳 (例如,活性炭) 或其他合适技术进行。

[0124] **发酵剂**

[0125] 发酵中使用的微生物可以是天然微生物和 / 或工程化微生物。例如,微生物可以

是细菌例如纤维素裂解细菌、真菌例如酵母、植物或原生生物例如藻类、原虫或真菌原生生物，例如，粘菌。当生物是相容性时，可以使用生物的混合物。

[0126] 合适的发酵微生物具有将糖如葡萄糖、木糖、阿拉伯糖、甘露糖、半乳糖、寡糖或多糖转化成发酵产物的能力。发酵微生物包括酿酒酵母属 (*Sacchromyces* spp.) 例如，酿酒酵母 (*Sacchromyces cerevisiae*) (面包酵母)、糖化酵母 (*Saccharomyces distaticus*)、葡萄汁酵母 (*Saccharomyces uvarum*)；克鲁维酵母属 (*Kluyveromyces*) 的菌株，例如，马克斯克鲁维酵母 (*Kluyveromyces marxianus*)、脆壁克鲁维酵母 (*Kluyveromyces fragilis*)；假丝酵母属 (*Candida*)，例如，假热带假丝酵母 (*Candida pseudotropicalis*) 和 *Candida brassicae*、树干毕赤酵母 (*Pichia stipitis*) (休哈塔假丝酵母 (*Candida shehatae*) 的近亲)，棒孢酵母属 (*Clavispora*)，例如，葡萄牙棒孢酵母 (*Clavispora lusitaniae*) 和 *Clavispora opuntiae*、管囊酵母属 (*Pachysolen*)，例如，嗜单宁管囊酵母 (*Pachysolen tannophilus*)、酒香酵母属 (*Bretannomyces*)，例如，克劳森酒香酵母 (*Bretannomyces clausenii*) (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, 引自 Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C. E. 编著, Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212)。

[0127] 可商业获得的酵母包括例如 Red Star® / Lesaffre Ethanol Red (从 Red Star / Lesaffre, USA 可获得)、FALI® (从 Fleischmann's Yeast, a division of Burns Philip Food Inc., USA 可获得)、SUPERSTART® (从 Alltech, 现在从 Lalemand 可获得)、GERT STRAND® (从 Gert Strand AB, Sweden 可获得) 和 FERMOL® (从 DSM Specialties 可获得)。

[0128] 细菌也可以用在发酵中，例如，运动发酵单胞菌 (*Zymomonas mobilis*) 和热纤梭菌 (*Clostridium thermocellum*) (Philippidis, 1996, 上文)。

[0129] 添加物

[0130] 抗生素

[0131] 尽管通常优选在糖化溶液中具有高的糖浓度，然而可以使用较低的浓度，在这种情况下，可以需要添加低浓度例如 50 至 150ppm 的抗微生物性添加物，例如，广谱抗生素。其他合适的抗生素包括两性霉素 B、氨基青霉素、氯霉素、环丙沙星、庆大霉素、潮霉素 B、卡那霉素、新霉素、青霉素、嘌呤霉素、链霉素。抗生素将抑制微生物在运输和储存期间的生长，并且可以按适宜的浓度使用，例如，以重量计 15 和 1000ppm 之间，例如，25 和 500ppm 之间，或 50 和 150ppm 之间。即便糖浓度是相对高的，根据需要，可以包含抗生素。

[0132] 表面活性剂

[0133] 表面活性剂的添加可以增强糖化速率。表面活性剂的例子包括非离子型表面活性剂，如 Tween® 20 或 Tween® 80 聚乙二醇表面活性剂、离子型表面活性剂或两性表面活性剂。其他合适的表面活性剂包括辛基酚乙氧基化物如从 Dow Chemical 可商业获得的 TRITON™X 系列非离子表面活性剂。也可以添加表面活性剂以保持溶液中、尤其在高浓度溶液中正在产生的糖。

[0134] 糖化介质

[0135] 在一个实施方案中,介质具有以下浓度的组分:

[0136]	<u>酵母氮碱基</u>	1.7 g/L
	脲	2.27 g/L
	蛋白胨	6.56 g/L
	Tween® 80表面活性剂	10 g/L

[0137] 原料的物理处理

[0138] 物理制备

[0139] 在一些情况下,方法可以包括物理制备,例如,物料的尺寸缩减,如通过切断、碾磨、剪切、粉碎或切碎。例如,在一些情况下,通过剪切或撕碎制备疏松的原料(例如,再循环的纸、淀粉材料、煤炭或柳枝稷)。例如,在其他情况下,物料可以使用本文所述的任何方法中一种或多种进行预处理或加工,如辐射、超声波处理、氧化、热解或蒸气爆炸法,并且随后缩减尺寸或进一步缩减尺寸。首先处理并随后缩减尺寸可以是有利的,因此处理的物料倾向于更脆并且因此更容易缩减尺寸。筛和/或磁体可以用来移除过大或不想要的物体,如,例如来自进料流的岩石或钉状物。

[0140] 进料制备系统可以设置成产生具有特定特征(如例如特定的最大尺寸、特定长度-宽度或比表面积比率)的流。物理制备可以增加反应速率或减少加工所需的时间,通过打开物料并使工艺和/或试剂如溶液中的试剂更多地接近它们。可以控制(例如,增加)原料的堆密度。在一些情况下,可能需要制备低堆密度物料,使物料致密(例如,以使它更易和较不昂贵地运输至另一个地点)并随后使物料恢复至较低的堆密度状态。

[0141] 尺寸缩减

[0142] 在一些实施方案中,待加工的物料为通过剪切纤维源所提供的包含纤维的纤维状物料形式。例如,剪切可以用转刀切割器进行。

[0143] 例如,可以例如在转刀切割器中剪切纤维源,例如,是抗降解的或抗降解性水平降低的纤维源,以提供第一纤维状物料。使第一纤维状物料经过第一筛,例如,具有 1.59mm 或更小(1/16 英寸,0.0625 英寸)平均开口大小的第一筛,提供第二纤维状物料。根据需要,纤维源可以在例如用撕碎机剪切之前切断。例如,当使用纸作为纤维源时,纸可以首先使用撕碎机(例如,逆转动螺杆撕碎机,如由 Munson (Utica, N. Y.) 制造的那些)切成例如宽 1/4 至 1/2-英寸的条。作为撕碎的替代,纸可以通过使用闸刀式切纸机切至所需的尺寸来缩减尺寸。例如,闸刀式切纸机可以用来将纸切成例如 10 英寸宽 x12 英寸长的纸张。

[0144] 在一些实施方式中,纤维源的剪切和所产生第一纤维状物料经过第一筛选同时进行。剪切和过筛也可以以间歇式过程进行。

[0145] 例如,转刀切割器可以用来同时剪切纤维源并筛分第一纤维状物料。转刀切割器包括料斗,其可以用通过撕碎纤维源所制备的撕碎纤维源装载。撕碎的纤维源。在一些实施方式中,在糖化和/或发酵之前物理地处理原料。物理处理方法可以包括本文所述的任何方法中一种或多种,如机械处理、化学处理、照射、超声波处理、氧化、热解或蒸气爆炸法。处理方法可以在这些技术的两种、三种、四种或甚至全部技术(以任意顺序)组合的情况下使用。当使用多于一种处理方法时,所述方法可以同时或在不同时间应用。改变生物质原

料的分子结构的其他方法也可以单独或与本文公开的方法组合时使用。

[0146] 机械处理

[0147] 在一些情况下,方法可以包括机械处理生物质原料。机械处理包括例如切断、研磨、挤压、碾磨、剪切和剁碎。研磨可以包括例如球磨、锤磨、转子/定子干式或湿式研磨,或其他类型的研磨。其他机械处理包括,例如,石磨、裂解、机械撕开或撕裂、针式碾磨或气力研磨。

[0148] 机械处理可以有利于“打开”、“张紧”、断裂和打碎纤维素或木质纤维素物料、使得物料的纤维素更易断链和/或降低结晶度。当照射时,开放的物料也可以更易氧化。

[0149] 在一些情况下,机械处理可以包括接收时初始制备原料,例如,物料的尺寸缩减,如通过切断、碾磨、剪切、粉碎或切碎。例如,在一些情况下,通过剪切或撕碎制备疏松的原料(例如,再循环的纸、淀粉材料或柳枝稷)。

[0150] 可供选择地或另外,原料物料可以首先由其他物理处理方法的一种或多种(如化学处理、辐射、超声波处理、氧化、热解或蒸气爆炸法)进行物理处理,并随后机械地处理。这种顺序可以是有利的,因为由一种或多种其他处理法(例如,照射或热解)处理过的物料倾向于更脆,并且因此,可能更容易通过机械处理进一步改变物料的结构。

[0151] 在一些实施方案中,原料物料为纤维状物料形式,并且机械处理包括剪切以暴露纤维状物料的纤维。剪切可以例如使用转刀切割器进行。机械处理原料的其他方法包括例如研磨或碾磨。研磨可以使用例如锤磨机、球磨机、胶体磨、锥形或锥体磨、盘磨机、轮碾机、维利氏磨粉机(Wiley mill)或磨粉机(grist mill)进行。碾磨可以使用例如石磨机、针式研磨机、咖啡研磨机或磨盘式研磨机(burr grinder)进行。碾磨可以例如由往复运动的针或其他部件提供,如在针磨机中那样。其他机械处理方法包括机械撕开或撕裂、施加压力至物料的其他方法和气力研磨。合适的机械处理进一步还包括改变原料的分子结构的任何其他技术。

[0152] 根据需要,机械处理的物料可以经过筛子,例如,具有 1.59mm 或更小(1/16 英寸,0.0625 英寸)平均开口大小的筛子。在一些实施方案中,同时进行剪切或其他机械处理和筛分。例如,转刀切割器可以用来同时剪切并筛分原料。原料在静止刀片和转动刀片之间受到剪切以提供剪切的物料,剪切的物料经过筛子并且捕获于料仓中。

[0153] 纤维素或木质纤维素材料可以在干燥状态下(例如,在其表面具有少量或没有自由水)、水合状态(例如,具有以重量计至多到 10% 吸收的水)或在潮湿状态下(例如,具有以重量计约 10% 和约 75% 之间的水)机械地处理。纤维源甚至可以在部分或完全浸没在液体(如水、乙醇或异丙醇)下时机械地处理。

[0154] 纤维源纤维素或木质纤维素物料也可以在气体(如除空气之外的气流或气氛)(例如氧或氮)或蒸汽下机械地处理。

[0155] 根据需要,木质素可以从包含木质素的任何纤维状物料中除去。另外,为了辅助分解包含纤维素的物料,该物料可以在机械处理或照射之前或期间用热、化学品(例如,无机酸、碱或强氧化剂如次氯酸钠)和/或酶处理。例如,碾磨可以在酸存在下进行。

[0156] 进料制备系统可以设置成产生具有特定形态特征(如表面积、孔隙度、堆密度)和在纤维状原料的情况下纤维特征(如长宽比)的流。

[0157] 在一些实施方案中,机械处理的物料的表面积大于 $0.1\text{m}^2/\text{g}$,例如大于 $0.25\text{m}^2/\text{g}$ 。

g、大于 $0.5\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $1.0\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $1.5\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $1.75\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $5.0\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $10\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $25\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $35\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $50\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $60\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $75\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $100\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $150\text{m}^2/\text{g}$ 、大于 $200\text{m}^2/\text{g}$ 或甚至大于 $250\text{m}^2/\text{g}$ 。

[0158] 机械处理的物料的孔隙度可以是例如大于20%、大于25%、大于35%、大于50%、大于60%、大于70%、大于80%、大于85%、大于90%、大于92%、大于94%、大于95%、大于97.5%、大于99%或甚至大于99.5%。

[0159] 在一些实施方案中,在机械处理后,物料具有小于 $0.25\text{g}/\text{cm}^3$ (例如 $0.20\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.10\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$)或更小(例如 $0.025\text{g}/\text{cm}^3$)的堆密度。使用ASTM D1895B测定堆密度。简而言之,该方法包括用样品填充已知体积的量筒和获得样品的重量。通过以克计的样品重量除以立方厘米计的已知量筒体积,计算出堆密度。

[0160] 如果原料是纤维状物料、纤维状物料的纤维,则机械处理的物料可以具有相对大的平均长度直径比(例如大于20-比-1),即便它们已经被剪切超过一次。此外,本文所述的纤维状物料的纤维可以具有相对窄的长度和/或长度直径比分布。

[0161] 如本文所用,平均纤维宽度(例如,直径)是通过随机选择大约5,000根纤维以光学方式测定的那些。平均纤维长度是校正的长度加权长度。BET(Brunauer、Emmet和Teller)表面积是多点表面积,并且孔隙度是由水银孔隙度计测定的那些孔隙度。

[0162] 如果第二原料是纤维状物料14,机械处理的物料的纤维平均长度直径比可以例如大于8/1,例如大于10/1、大于15/1、大于20/1、大于25/1或大于50/1。机械处理的物料14的平均纤维长度可以例如在约0.5mm和2.5mm之间,例如,在约0.75mm和1.0mm之间,并且第二纤维状物料14的平均宽度(例如,直径)可以例如在约 $5\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 之间,例如,在约 $10\mu\text{m}$ 和 $30\mu\text{m}$ 之间。

[0163] 在一些实施方案中,如果原料是纤维状物料,则机械处理的物料的纤维长度的标准偏差可以是小于机械处理的物料的平均纤维长度的60%,例如,小于平均长度的50%、小于平均长度的40%、小于平均长度的25%、小于平均长度的10%、小于平均长度的5%或甚至小于平均长度的1%。

[0164] 在一些情况下,可能需要制备低堆密度物料,使物料致密(例如,以使它更易和较不昂贵地运输至另一个地点)并随后使物料恢复至较低的堆密度状态。致密化的物料可以由本文所述的任何方法加工,或由本文所述的任何方法加工的任何物料可以随后致密化,例如,如美国系列No. 12/429,045和W098/07409中公开那样,所述文献的全部公开内容通过引用并入本文。

[0165] 增溶、降低抗降解性或官能化的处理

[0166] 可以处理已经或没有经物理制备的物料以用于本文所述的任何生产工艺中。可以在上文讨论的降低抗降解性操作装置中包括下文描述的一个或多个生产工艺。可选地或另外地,可以包括用于降低抗降解性的其他方法。

[0167] 由降低抗降解性操作装置利用的处理工艺可以包括照射、超声波处理、氧化、热解或蒸气爆炸中的一种或多种。处理方法可以在这些技术的两种、三种、四种或甚至全部技术(以任意顺序)组合的情况下使用。

[0168] 辐射处理

[0169] 一个或多个辐射加工工序可以用来加工来自原料的物料,并且用来提供多种不同

的源以从原料提取有用物质,并且用来提供部分降解的有机机构修饰的物料,所述物料充当其他加工步骤和/或工序的输入物。照射可以例如降低原料的分子量和/或结晶度。辐射也可以将物料或生物加工该物料所需的任何介质消毒。

[0170] 在一些实施方案中,在从原子轨道释放电子的物料中沉积的能量用来照射物料。辐射可以由(1)带电重粒子如 α 粒子或质子(2)例如在 β 衰变或电子束加速器中产生的电子或(3)电磁辐射(例如伽玛射线、X射线或紫外线)提供。在一种方法中,由放射性物质产生的辐射可以用来照射原料。在一些实施方案中,可以使用(1)至(3)以任何顺序的任何组合或同时使用(1)至(3)。在另一个方法中,(例如,使用电子束发射体产生的)电磁辐射可以用来照射原料。施加的剂量取决于所需的效果和具体原料。

[0171] 在一些情况下当需要断链需要和/或需要聚合物链官能化时,可以使用比电子更重的粒子,如质子、氦核、氩离子、硅离子、氟离子、碳离子、磷离子、氧离子或氮离子。当需要开环断链时,可以带正电荷粒子增强开环断链的路易斯酸特性而使用它们。例如,当需要最大氧化时,可以使用氧离子,并且当需要最大硝化时,可以使用氮离子。重粒子和带正电荷粒子的用途在美国系列 No. 12/417, 699 中描述,所述文献的公开内容通过引用并入本文。

[0172] 在一种方法中,将作为或包含具有第一数均分子量(MN_1)纤维素的第一物料例如通过用电离辐射(例如,以 γ 辐射、X射线辐射、100nm至280nm紫外(UV)光、电子束或其他带电粒子形式)处理照射以提供包含纤维素的第二物料,其中所述纤维素具有低于第一数均分子量的第二数均分子量(MN_2)。第二物料(或第一物料和第二物料)可以与微生物(伴有或不伴有酶处理时)组合,所述微生物可以利用第二物料和/或第一物料或其组分糖或木质素以产生中间体或产物,如本文所述的那些。

[0173] 由于第二物料包含相对于第一物料而具有降低的分子量并且在一些情况下还具有降低的结晶度的纤维素,因此第二物料通常例如在含有微生物和/或酶的溶液中更有分散性、可溶胀性和/或可溶性。这些特性使第二物料相对于第一物料更容易加工并且更易受化学、酶促和/或生物攻击影响,这可以大大改善所需产物(例如乙醇)的生产率和/或生产水平。辐射也可以将物料或生物加工该物料所需的任何介质消毒。

[0174] 在一些实施方案中,第二物料可以具有比第一物料氧化水平(O_1)更高的氧化水平(O_2)。物料的更高氧化水平可以有助于其分散性、溶胀性和/或溶解性,这进一步增强物料对化学、酶促和/或生物攻击的易感性。在一些实施方案中,为了相对于第一物料增加第二物料的氧化水平,辐照在氧化环境下(例如,在空气层或氧下)进行,产生比第一物料更为氧化的第二物料。例如,第二物料可以具有更多羟基、醛基、酮基、酯基或羧酸团,这可以增加其亲水性。

[0175] 电离辐射

[0176] 每种形式的辐射借助如辐射能量所决定的特定相互作用使含碳物料电离。带电重粒子主要通过 Coulomb 散射使物质电离;另外,这些相互作用产生可以使物质进一步电离的高能电子。 α 粒子与氦原子的核相同并且因多种放射性核如铀、钍、镭、钋、钷、钷、钷、镭、几种铀系元素如铀、钍、钍、钍、钍、钍和钍的同位素的 α 衰变而产生。

[0177] 当使用粒子时,它们可以是中性(不带电荷)、带正电荷的或带负电荷的。当带电荷时,带电荷粒子可以携带单个正电荷或负电荷,或多个电荷,例如,一个、两个、三个或甚至四个或更多个电荷。在其中需要断链的情况下,带正电荷粒子可以是合乎需要

的,这部分归因于它们的酸性本质。当使用粒子时,粒子可以具有静息电子质量或更大质量,例如,500、1000、1500、2000、10,000 或甚至 100,000 倍于静息电子质量。例如,粒子可以具有约 1 个原子单位至约 150 个原子单位的质量,例如,约 1 个原子单位至约 50 个原子单位,或约 1 至约 25,例如,1、2、3、4、5、10、12 或 15 个原子单位的质量。用来加速粒子的加速器可以是静电 DC、电动力 DC、RF 线性、磁感性线性或连续波。例如,回旋型加速器是从比利时 IBA 可获得的,如 **Rhodotron®** 系统,而 DC 型加速器是从 RDI (现在的 IBA Industrial) 可获得的,如 **Dynamitron®**。离子和离子加速器在 *Introductory Nuclear Physics (核物理导论)*, Kenneth S. Krane, John Wiley&Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, *FIZIKA B6*(1997)4, 177-206, Chu, William T., “Overview of Light-Ion Beam Therapy (光-离子束疗法概览)” Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 2006 年 3 月 18-20 日, Iwata, Y. 等人, “Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators (用于重离子医用加速器的交变相位聚焦 IH-DTL)” Proceedings of EPAC2006, Edinburgh, Scotland and Leaner, CM. 等人, “Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus (超导离子源 Venus 现状)” Proceedings of EPAC2000, Vienna, Austria 中讨论。

[0178] 在一些实施方案中,电子束用作辐射源。电子束具有高剂量率(例如,每秒 1.5 或甚至 10 毫拉德)、高通量、低污染和较少约束设备的优点。电子也可以在造成断链方面更高效。此外,具有 4-10MeV 能量的电子可以具有 5 至 30mm 或更大(如 40mm) 侵彻深度。在一些情况下,多个电子束装置(例如,多头,经常称作“角”)用来输送多个剂量电子束辐射至物料。这种高总束功率通常使用多个加速头来实现加速头。例如,电子束装置可以包括两个、四个或更多个加速头。作为一个例子,电子束装置可以包括四个加速头,每个加速头具有 300kW 束功率,总束功率 1200kW。多头的使用(每一个头具有相对低的束功率),防止物料中的过度温度上升,从而防止物料燃烧,并且还增加剂量透过物料层厚度的均匀性。在 2010 年 10 月 20 提交的美国临时申请 No. 61/394. 851 中描述了采用多个头的照射,所述文献的完整公开内容通过引用并入本文。

[0179] 电子束可以例如由静电发生器、级联发生器、转化发生器、带有扫描系统的低能加速器、带有线状阴极的低能加速器、直线加速器和脉冲加速器产生。电子作为电离辐射源可以例如用于相对薄的物料堆,例如,小于 0.5 英寸例如,小于 0.4 英寸、0.3 英寸、0.2 英寸或小于 0.1 英寸。在一些实施方案中,电子束的每个电子的能量是约 0.3MeV 至约 2.0MeV (百万电子伏),例如,约 0.5MeV 至约 1.5MeV 或约 0.7MeV 至约 1.25MeV。

[0180] 电子束照射装置可以从 Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Belgium 或 Titan Corporation, San Diego, CA 商业地获得。常见的电子能量可以是 1MeV、2MeV、4.5MeV、7.5MeV 或 10MeV。常见的电子束照射装置功率可以是 1kW、5kW、10kW、20kW、50kW、100kW、250kW 或 500kW。原料的解聚水平取决于所用的电子能量和施加的剂量,而曝露时间取决于功率和剂量。常见的剂量可以取值 1kGy、5kGy、10kGy、20kGy、50kGy、100kGy 或 200kGy。

[0181] 电磁辐射

[0182] 在采用电磁辐射进行照射的实施方案中,电磁辐射可以具有例如每光子(以电子

伏特计) 大于 10^2 eV, 例如大于 10^3 、 10^4 、 10^5 、 10^6 或甚至大于 10^7 eV 的能量。在一些实施方案中, 电磁辐射可以具有每光子 (以电子伏特计) 在 10^4 和 10^7 之间 (例如, 在 10^5 和 10^6 eV 之间) 的能量。电磁辐射可以具有例如大于 10^{16} Hz、大于 10^{17} Hz、 10^{18} 、 10^{19} 、 10^{20} 或甚至大于 10^{21} Hz 的频率。在一些实施方案中, 电磁辐射具有 10^{18} 和 10^{22} Hz, 例如在 10^{19} 和 10^{21} 之间的频率。

[0183] 剂量

[0184] 在一些实施方案中, (采用任何辐射源或辐射源组合) 进行照射直至物料接收了至少 0.25 毫拉德 (例如至少 1.0、2.5、5.0、8.0、10、15、20、25、30、35、40、50 或甚至至少 100 毫拉德) 的剂量。在一些实施方案中, 进行照射直至物料接收了 1.0 毫拉德和 6.0 毫拉德之间的剂量, 例如, 在 1.5 毫拉德和 4.0 毫拉德、2 毫拉德和 10 毫拉德、Mrad 和 20 毫拉德、10 毫拉德和 30 毫拉德、10 毫拉德和 40 毫拉德或 20 毫拉德和 50 毫拉德之间的剂量。

[0185] 在一些实施方案中, 照射以 5.0 和 1500.0 千拉德 / 小时之间, 例如 10.0 和 750.0 千拉德 / 小时之间或 50.0 和 350.0 千拉德 / 小时之间的剂量率进行。

[0186] 在一些实施方案中, 使用两个或更多个辐射源, 如两个或更多个电离辐射。例如, 样品可以按任何顺序处理, 采用电子束、随后采用 γ 辐射和具有约 100nm 至约 280nm 波长的 UV 线。在一些实施方案中, 样品用三个电离辐射源处理, 如电子束、 γ 辐射和高能 UV 线。

[0187] 超声波处理、热解和氧化

[0188] 除辐射处理之外, 原料还可以用超声波处理、热解和氧化法中的任一种或多种方法处理。这些处理方法在 USSN12/417, 840 中描述, 所述文献的内容通过引用并入本文。

[0189] 增溶、降低抗降解性或官能化的其他方法

[0190] 本段落的任何方法可以在没有本文所述的任意方法情况下单独使用或与本文所述的任意方法 (以任意顺序) 组合情况下使用: 蒸气爆炸法、化学处理 (例如, 酸处理 (包括采用无机酸如硫酸、氢氯酸和有机酸如三氟乙酸的浓酸和稀酸处理) 和 / 或碱处理 (例如, 用石灰或氢氧化钠处理))、UV 处理、螺杆挤出处理 (见, 例如, 2008 年 11 月 1817 提交的美国专利申请系列 No. 61/073, 530115, 398)、溶剂处理 (例如, 用离子液体处理) 和冷冻研磨 (见, 例如, 美国专利申请系列 No. . 61/081, 709). 12/502, 629)。

[0191] 燃料、酸、酯和 / 或其他产品的生产

[0192] 在已经对生物质进行上文讨论的一个或多个加工步骤后, 如上文讨论, 纤维素和半纤维素部分中所含的复杂糖可以使用糖化方法加工成可发酵糖。

[0193] 在所得到的糖溶液已经运输至生产设施后, 可以将糖转化成多种产品, 如醇, 例如, 乙醇, 或有机酸。获得的产品取决于所用的微生物和生物加工发生的条件。这些步骤可以例如使用基于玉米的乙醇生产设施的现有设备进行。

[0194] 如果需要, 本文讨论的混合方法和设备也可以在生物加工期间使用。有利地, 本文所述的混合系统不对液体赋予高剪切力并且没有明显升高液体的总温度。因此, 在整个过程期间, 将生物加工中所用的微生物维持在有活力的状态下。混合可以增强反应速率和改善本工艺的效率。

[0195] 通常, 发酵利用多种微生物。由木质纤维素物料糖化产生的糖溶液通常将含有木糖以及葡萄糖。可能需要例如通过层析移除木糖, 因为一些常用的微生物 (例如, 酵母) 不作用于木糖。可以将木糖收集并且用于生产其他产品, 例如, 动物饲料和甜味剂木糖醇。木

糖可以在输送糖溶液至将进行发酵的生产设施之前或之后移除。

[0196] 微生物可以是天然微生物或工程化微生物,例如,在本文中材料部分中所讨论的任何微生物。

[0197] 酵母的最佳 pH 是约 pH4 至 5,而酵单胞菌属 (*Zymomonas*) 的最佳 pH 是约 pH5 至 6。常见的发酵时间是约 24 至 96 小时,伴随 26°C 至 40°C 范围内的温度,然而嗜热微生物偏好更高的温度。

[0198] 羧酸基团通常降低发酵溶液的 pH,倾向于抑制采用某些微生物(如树干毕赤酵母)的发酵。因此,在一些情况下,在发酵之前或期间需要添加碱和/或缓冲液以升高溶液的 pH。例如,可以将氢氧化钠或石灰添加至发酵培养基以升高培养基的 pH 至对所用微生物为最佳的范围。

[0199] 发酵通常在含水生长培养基中实施,所述含水生长培养基可以含有氮源或其他养分源,例如,脲,连同维生素和微量矿物质和金属。通常优选生长培养基应当是无菌的,或至少具有低微生物载量,例如,细菌计数。生长培养基的消毒可以按任何所需的方式完成。然而,在优选的实施方式中,通过照射长培养基或混合之前的生长培养基的各个组分完成消毒。辐射剂量通常尽可能地低,但仍获得足够的结果,以最小化能量消耗和相应成本。例如,在许多情况下,生长培养基本身或生长培养基的组分可以用小于 5 毫拉德(如小于 4、3、2 或 1 毫拉德)的辐射剂量处理。在特定情况下,生长培养基用约 1 和 3 毫拉德之间的剂量处理。

[0200] 在一些实施方案中,全部或一部分的发酵过程可以在低分子量糖完全转化成乙醇之前中断。中间体发酵产物包括高浓度的糖和碳水化合物。这些中间体发酵产物可以在制备用于人或动物消费的食品中使用。额外地或可选地,中间体发酵产物可以在产生粉状物质的不锈钢实验室磨中碾磨成细颗粒尺寸。

[0201] 可以使用移动式发酵罐,如美国临时专利申请系列 60/832,735,公布的国际申请 No. W02008/011598 中所描述。类似地,糖化设备可以是移动的。另外,糖化和/或发酵可以在转运期间部分或完全地进行。

[0202] 后加工

[0203] 在发酵后,可以使用例如“啤酒柱”蒸馏所得到的流体以将乙醇和其他醇与大部分水和残余固形物分离。离开啤酒柱的蒸气可以是例如以重量计 35% 的乙醇并且可以送至精馏柱。来自精馏柱中近乎共沸的 (92.5%) 乙醇和水的混合物可以使用汽相相分子筛纯化作为纯 (99.5%) 乙醇。啤酒柱残渣可以输送至三效蒸发器的第一效。精馏柱回流冷凝器可以为第一效提供热。在第一效后,固形物可以使用离心机分离并且在旋转干燥器中干燥。一部分 (25%) 的离心机流出液可以再循环以发酵并且输送至第二和第三蒸发器的剩余部分起效。可以将大部分蒸发器冷凝物作为相当干净的冷凝物返回至该工艺,而小部分分流至废水处理以防止低沸点化合物堆积。

[0204] 中间体和产品

[0205] 使用本文所述的方法,处理的生物质可以转化成一种或多种产品,如能量、燃料、食品和材料。产品的具体例子包括,但不限于、氢、醇(例如,一元醇或二元醇、如乙醇、正丙醇或正丁醇)、水合或含水的醇(例如,含有大于 10%、20%、30% 或甚至大于 40% 的水)、木糖醇、糖、生物柴油、有机酸(例如,乙酸和/或乳酸)、烃、副产物(例如,蛋白质、如纤维素

裂解蛋白（酶）或单细胞蛋白）、和任何这些物质处于任何组合或相对浓度下和任选与任何添加物（例如燃料添加物）组合的混合物。其他例子包括羧酸如乙酸或丁酸、羧酸盐、羧酸与羧酸盐的混合物羧酸酯（例如，甲基、乙基和正丙酯）、酮（例如，丙酮）、醛（例如，乙醛）、 α 、 β 不饱和酸如丙烯酸和烯炔，如乙烯。其他醇和醇衍生物包括丙醇、丙二醇、1, 4- 丁烷、1, 3- 丙二醇、任何这些醇的甲酯或乙酯。其他产物包括丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯、乳酸、丙酸、丁酸、琥珀酸、3- 羟丙酸、所述酸中任一者的盐和所述酸中任一者和相应盐的混合物。

[0206] 其他中间体和产物，包括食品和药物产品，在美国系列 No. 12/417, 900 中描述，所述文献的公开内容在此通过引用并入本文。

[0207] 其他实施方案

[0208] 描述了众多实施方案。然而，应当理解的是可以作出多种修改而不脱离本公开的精神和范围。

[0209] 在一些实施方式中，本文讨论的系统或这些系统的组件可以是便携式的，例如，处于美国系列 No. 12/374, 549 和国际申请 No. W02008/011598 中描述的移动式加工设备方式，所述文献的全部公开内容通过引用并入本文。

[0210] 在本文所述的任何分散系统中，经过分散系统的流体（液体和 / 或气体）的流可以是连续或脉冲的或连续流与脉冲流间隔的组合。当流是脉冲式时，脉冲可以是规则或不规则的。

[0211] 尽管本文中提到罐，但是所述工艺可以在任何类型的贮器（vessel）或容器中进行，包括贮留池、池、塘等。如果其中进行混合的容器是一种土建（in-ground）结构如贮留池，它可以加衬砌。容器可以盖住，例如，如果它在室外，或不盖住。

[0212] 在替代性实施方案中，分散系统 134 可以在图 2A 和图 2B 中所示的系统中省略，并且泵可以用来将液体从罐抽出并经出口管 137 输送以润湿原料物料，所述原料物料随后由射流混合器 144 的混合作用分散。在这类实施方案中，泵将优选地是低剪切力泵，例如，正排量泵，如从 SEEPEX 可获得螺杆泵和来自 Waukesha 的凸轮泵。还优选该泵应当能够泵送高粘度流体，因为添加更多原料时液体的粘度将增加。

[0213] 尽管本文已经描述了生物质原料，但可以是使用其他原料以及生物质原料与其他原料的混合物。例如，一些实施方式可以利用生物质原料与含烃原料的混合物，如 2009 年 7 月 20 日提交的美国临时申请 No. 61/226, 877 中公开的那些，所述文献的公开内容通过引用并入本文。

[0214] 因此，其它实施方案在下述权利要求的范围之内。

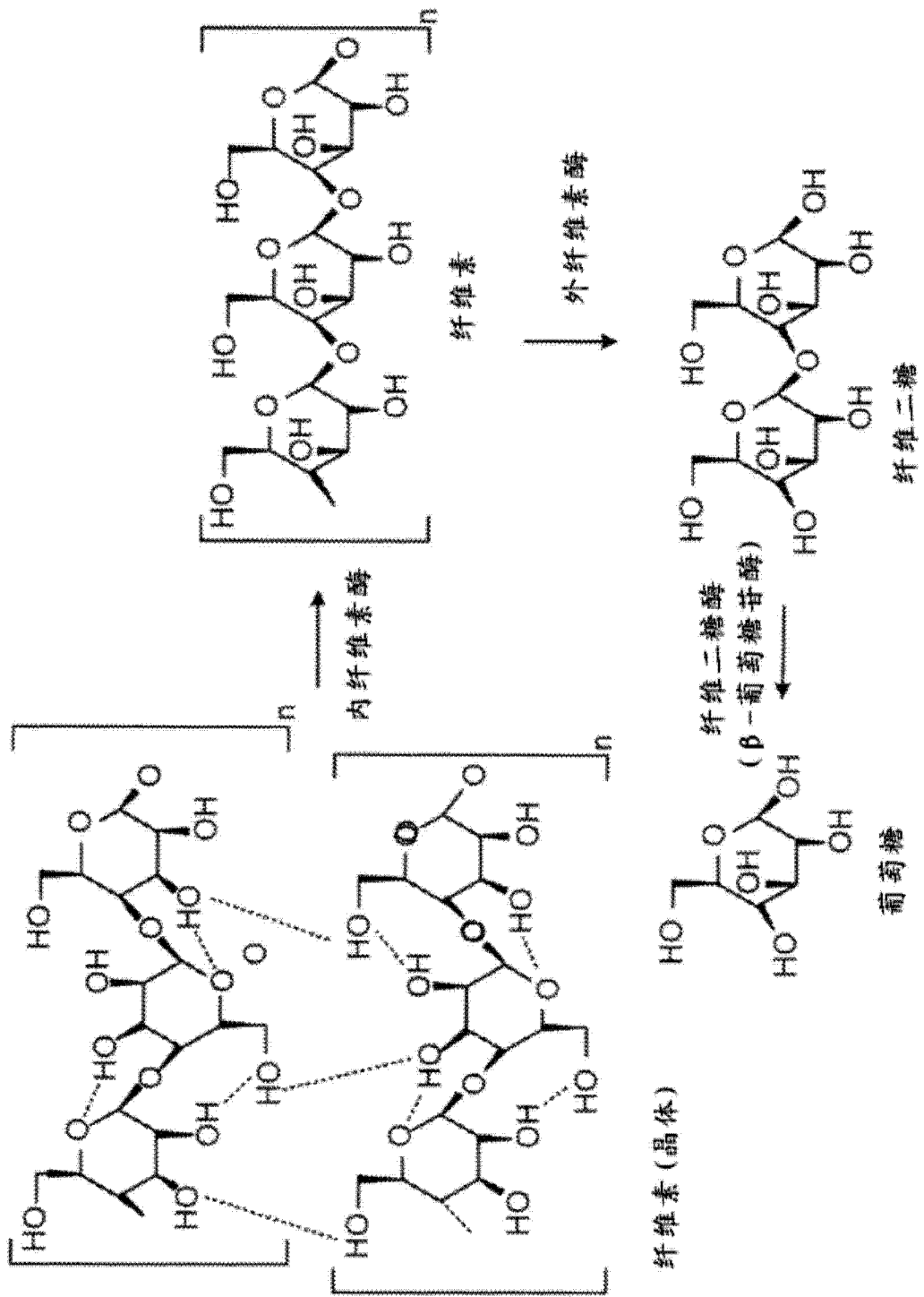


图 1

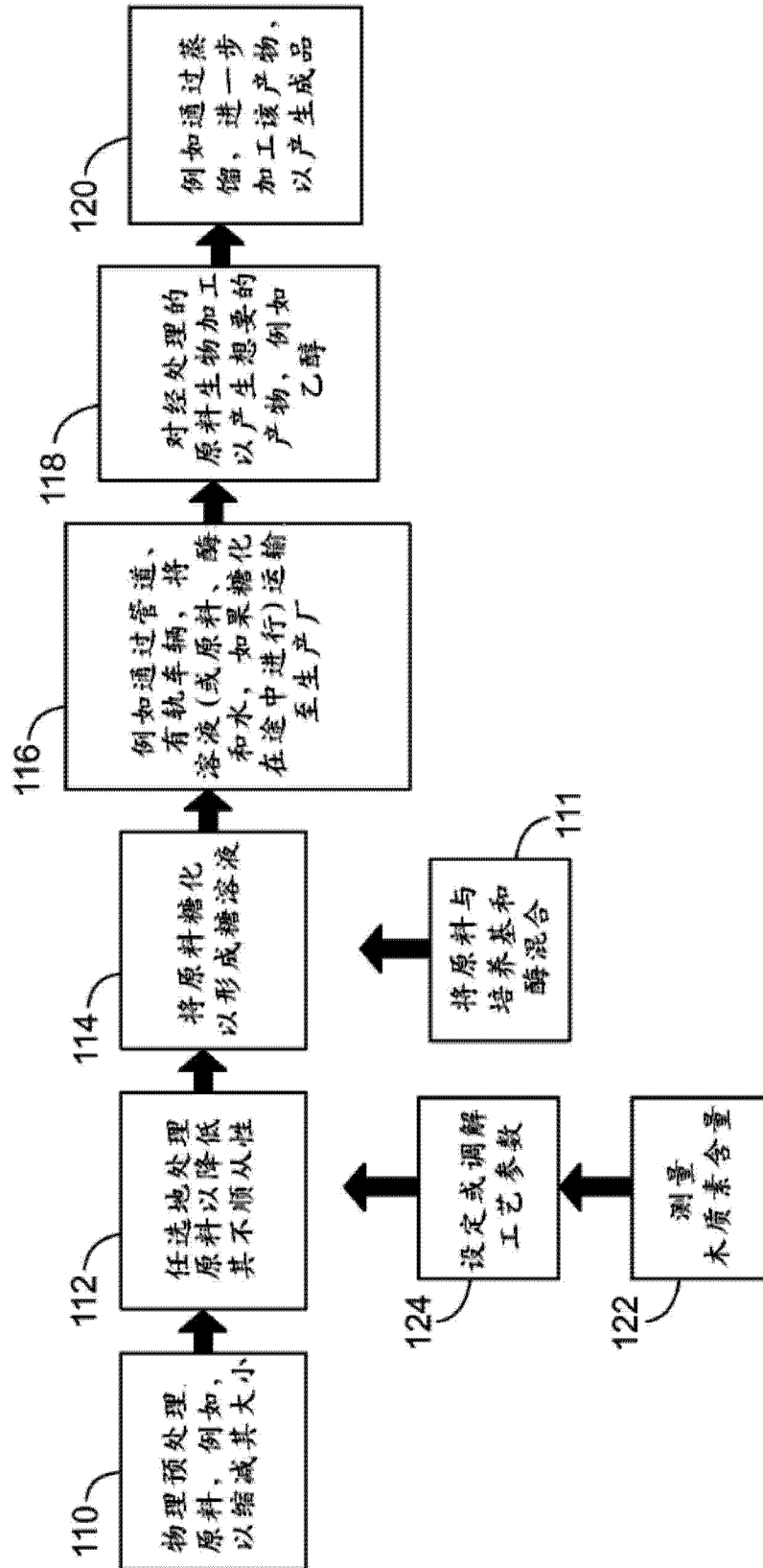


图 2

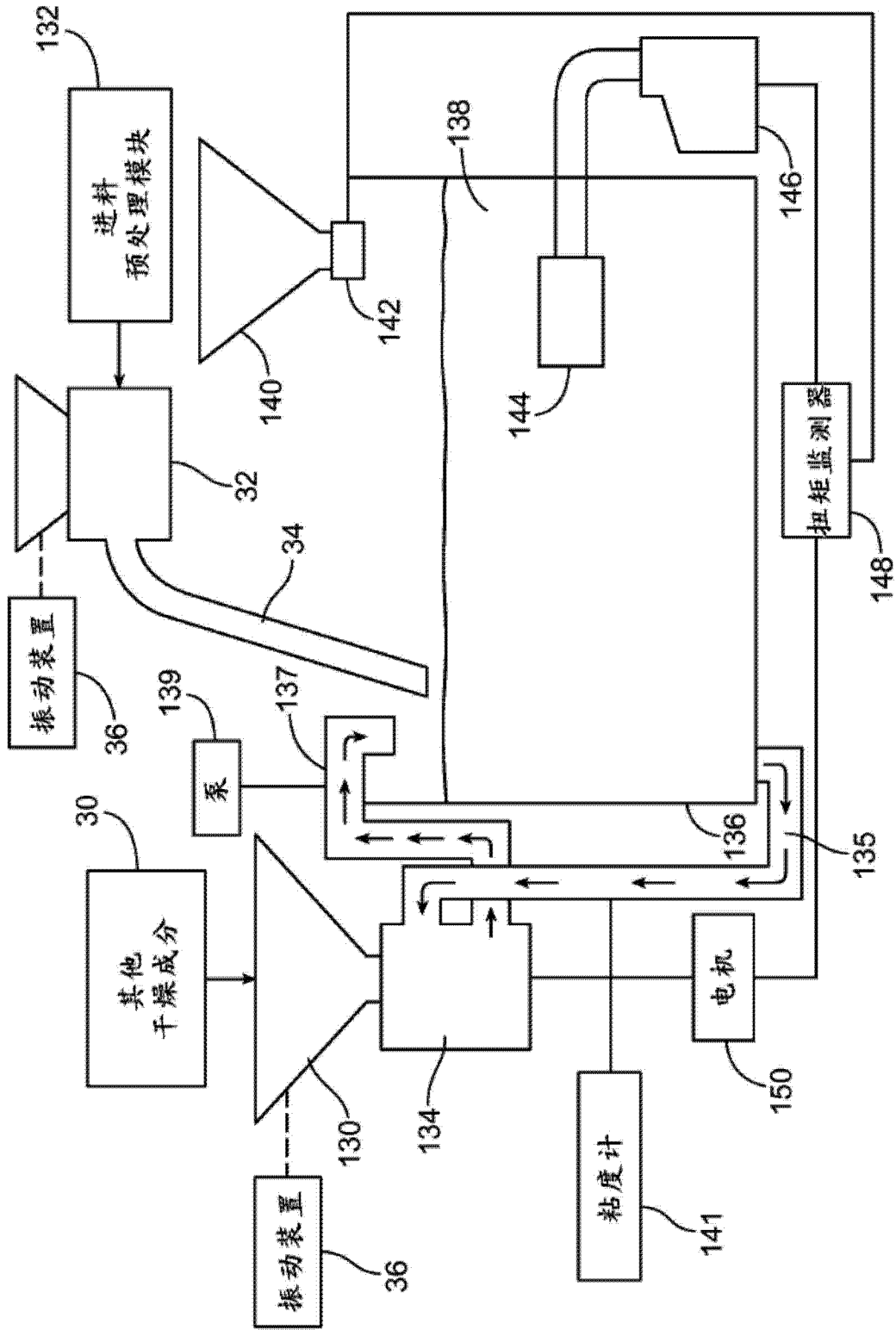


图 2A

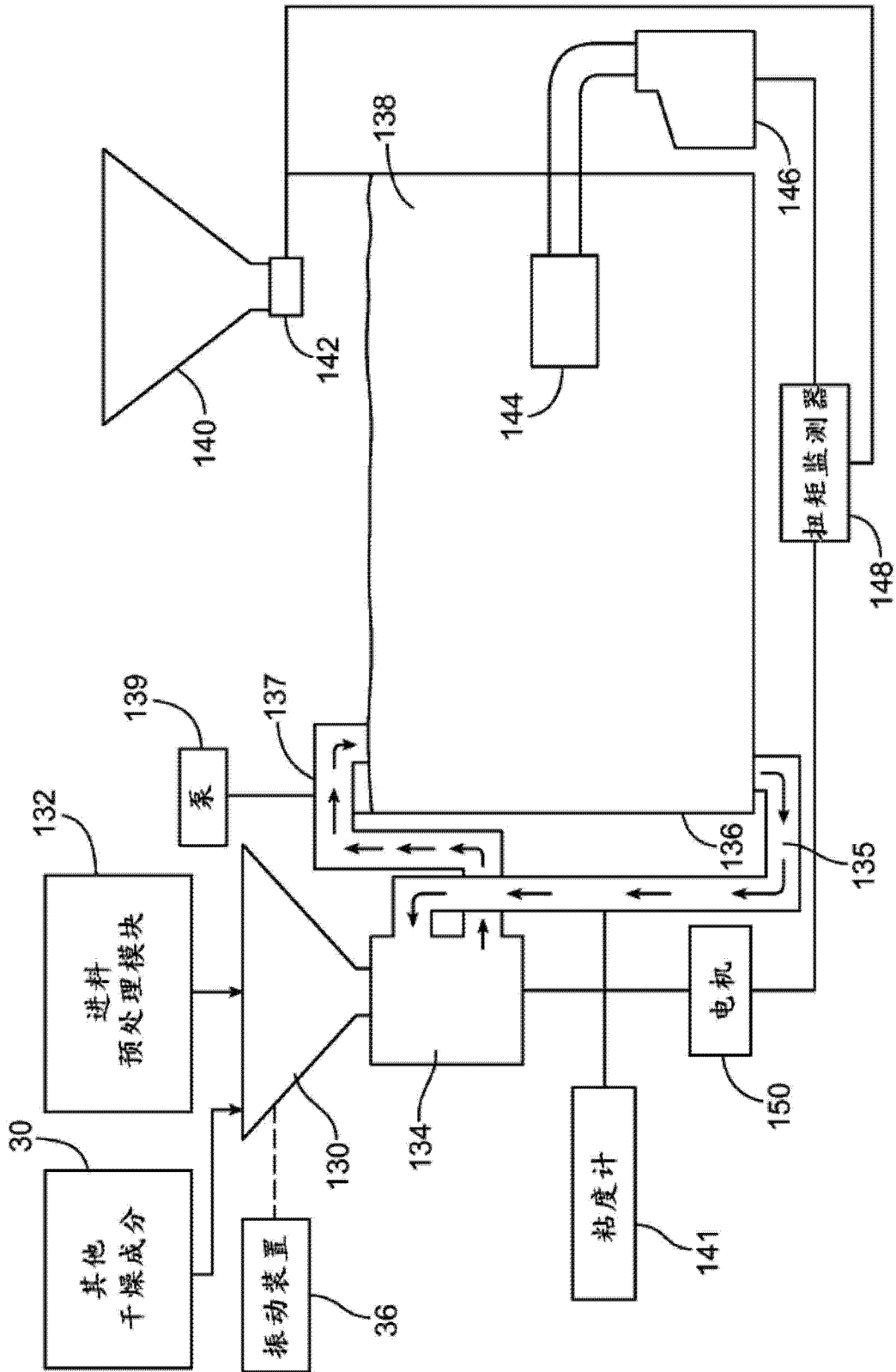


图 2B

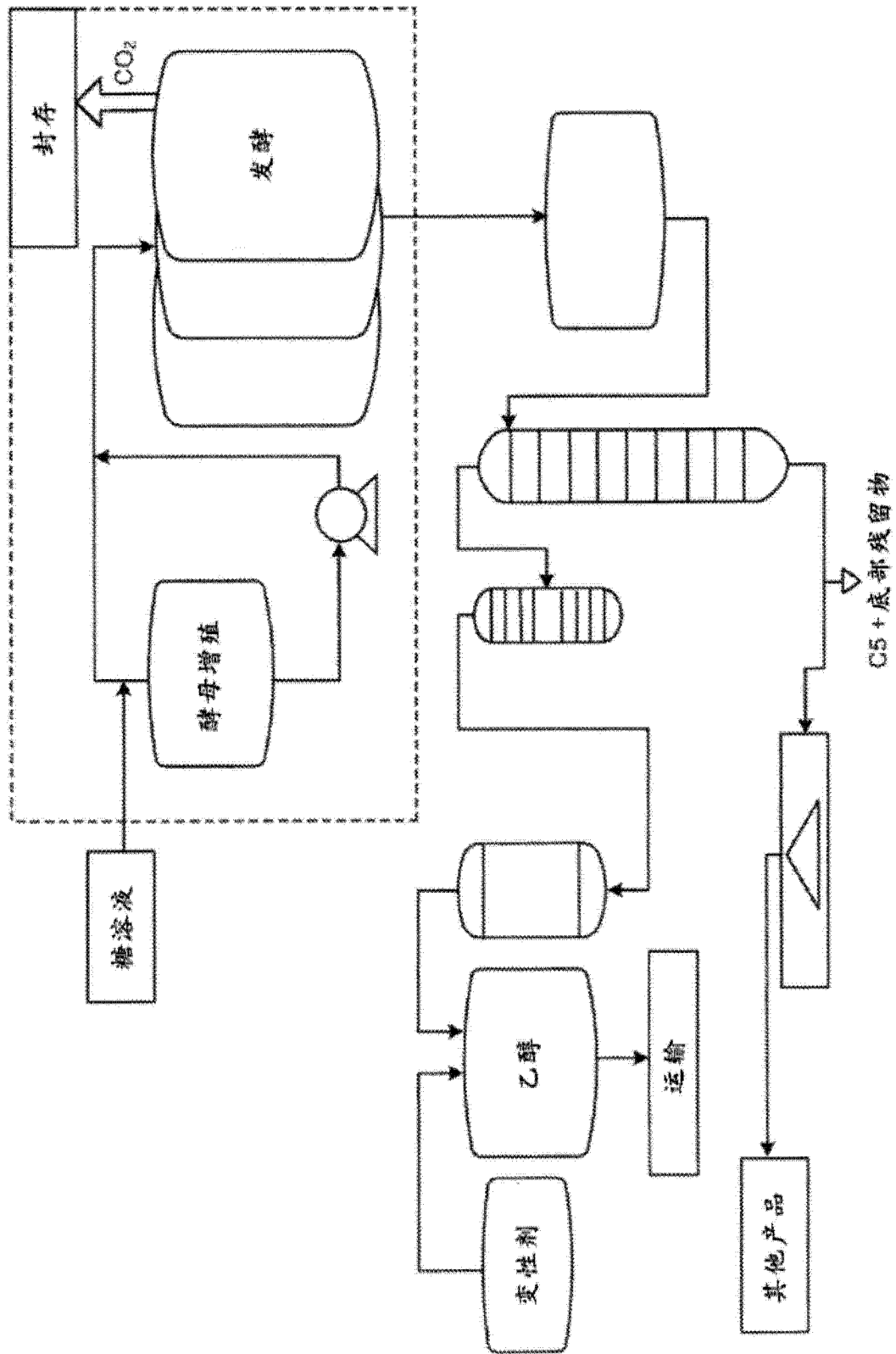


图 3

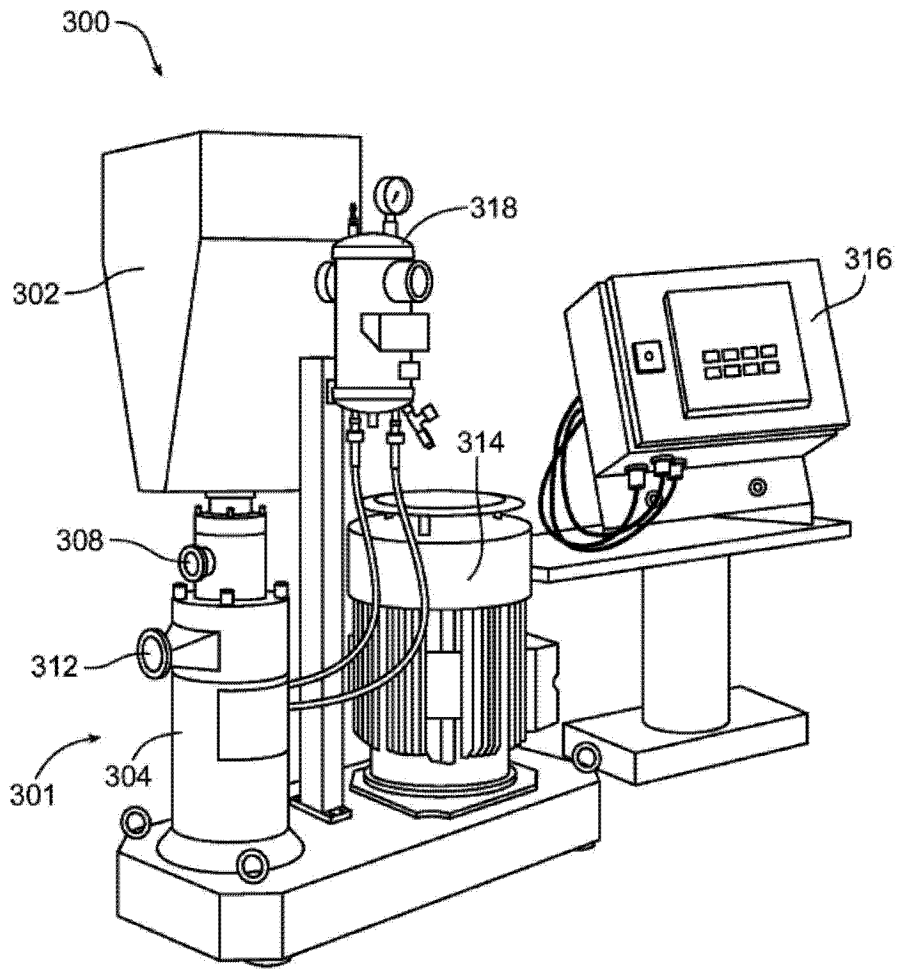


图 4

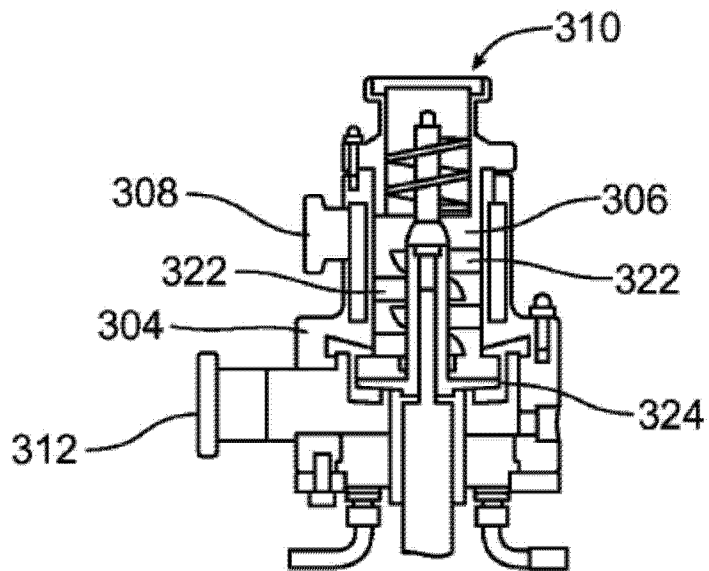


图 5

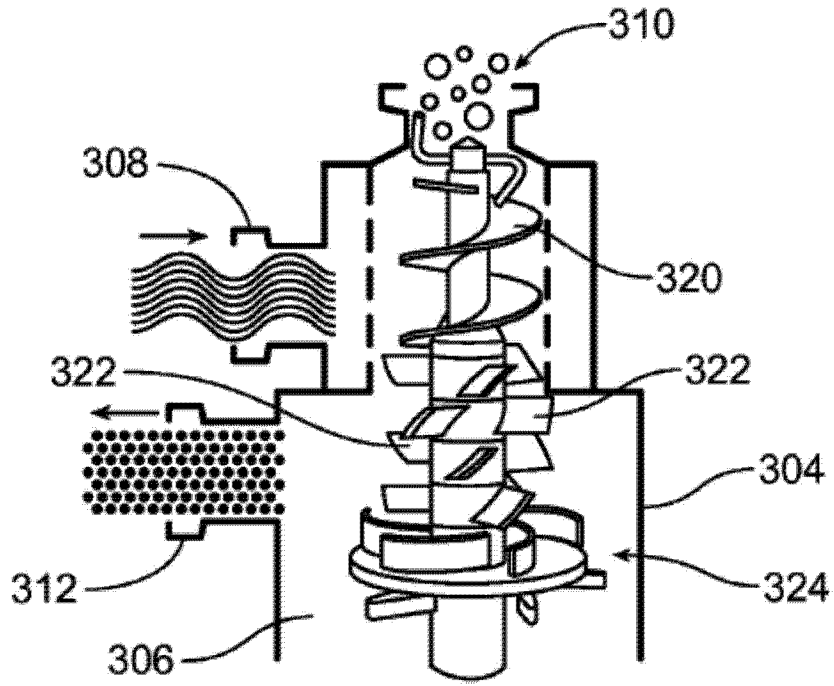


图 5A

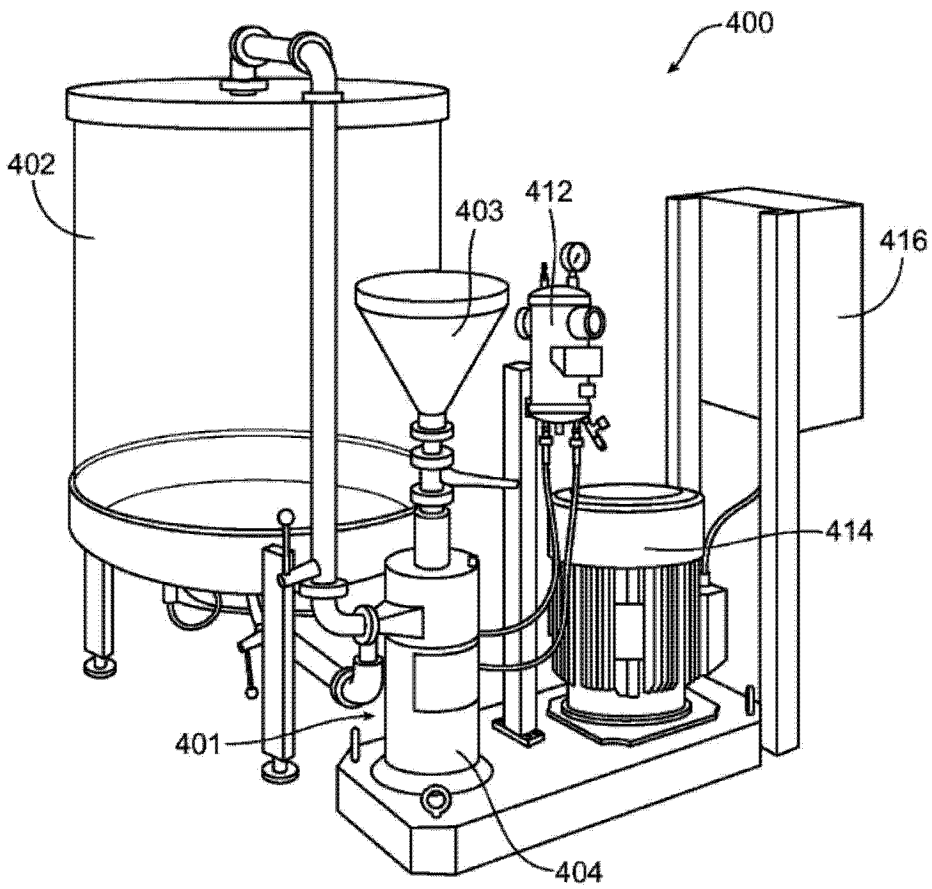


图 6

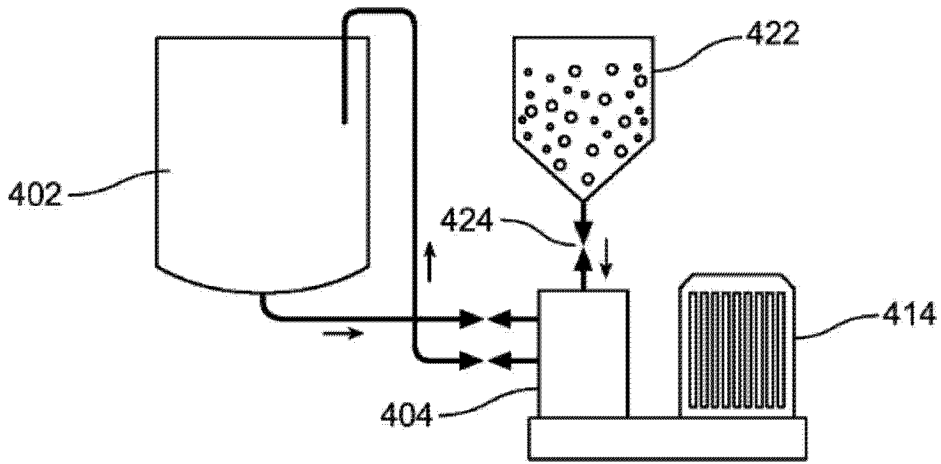


图 7

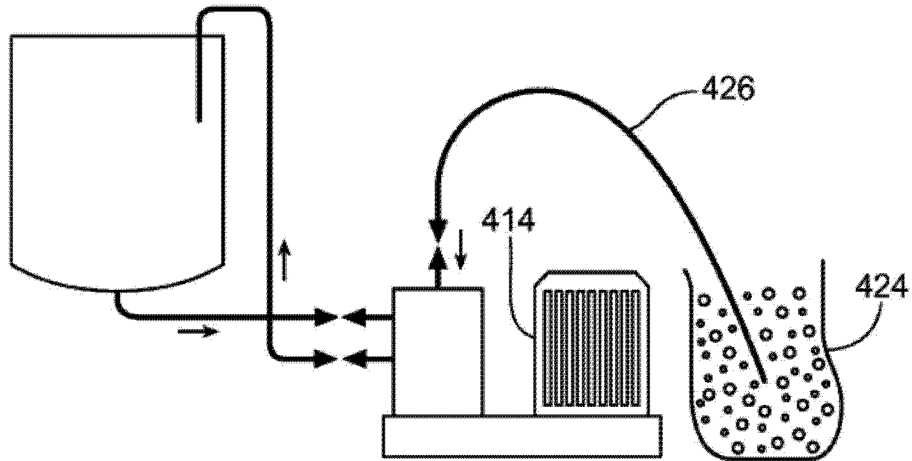


图 7A

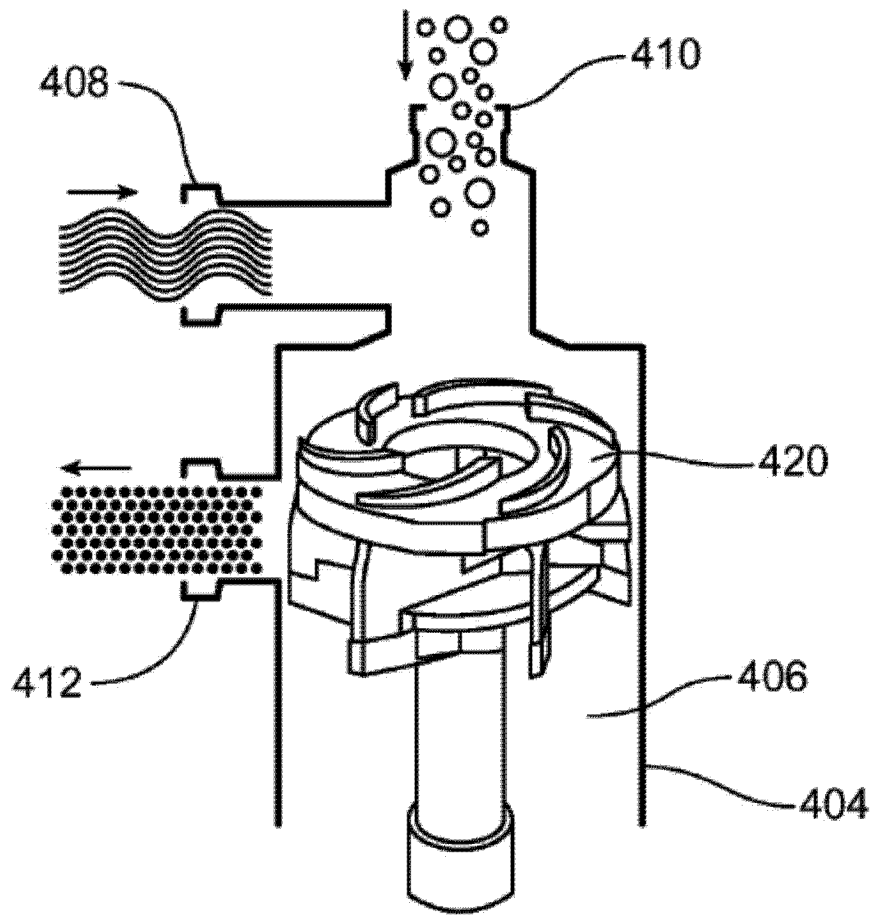


图 8

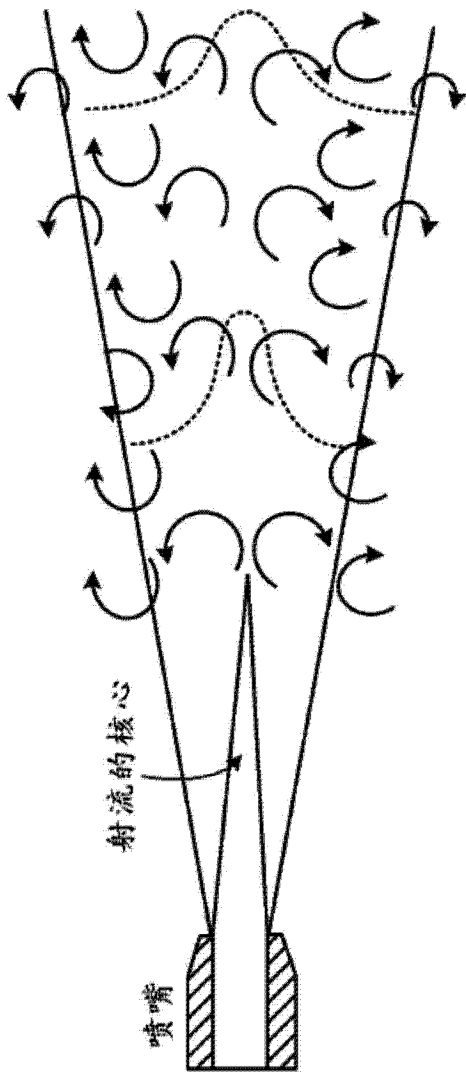


图 9

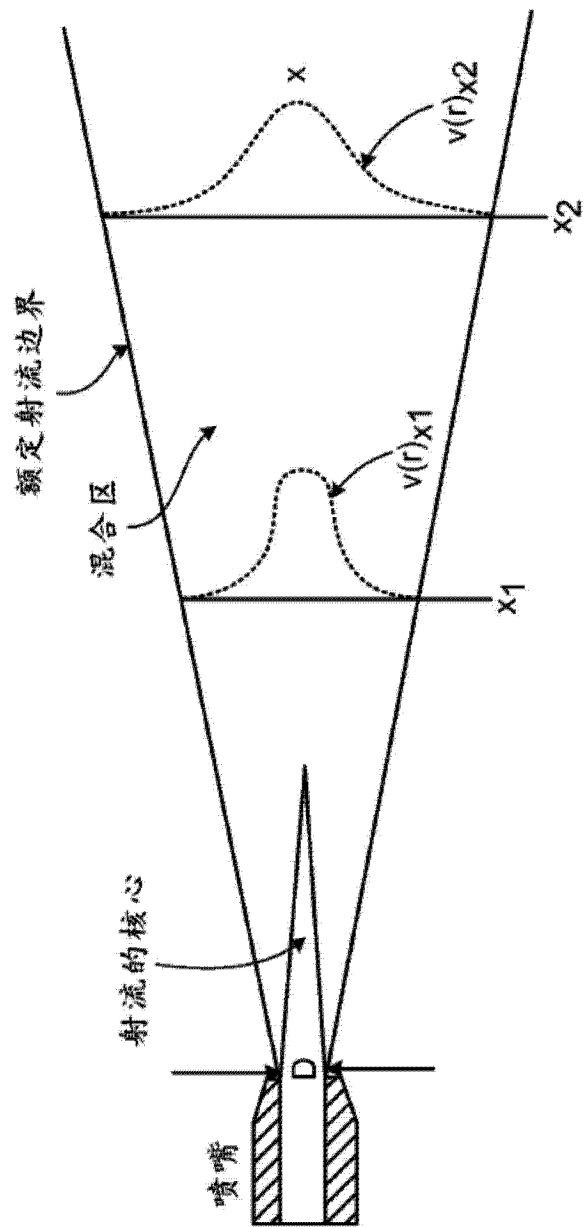


图 9A

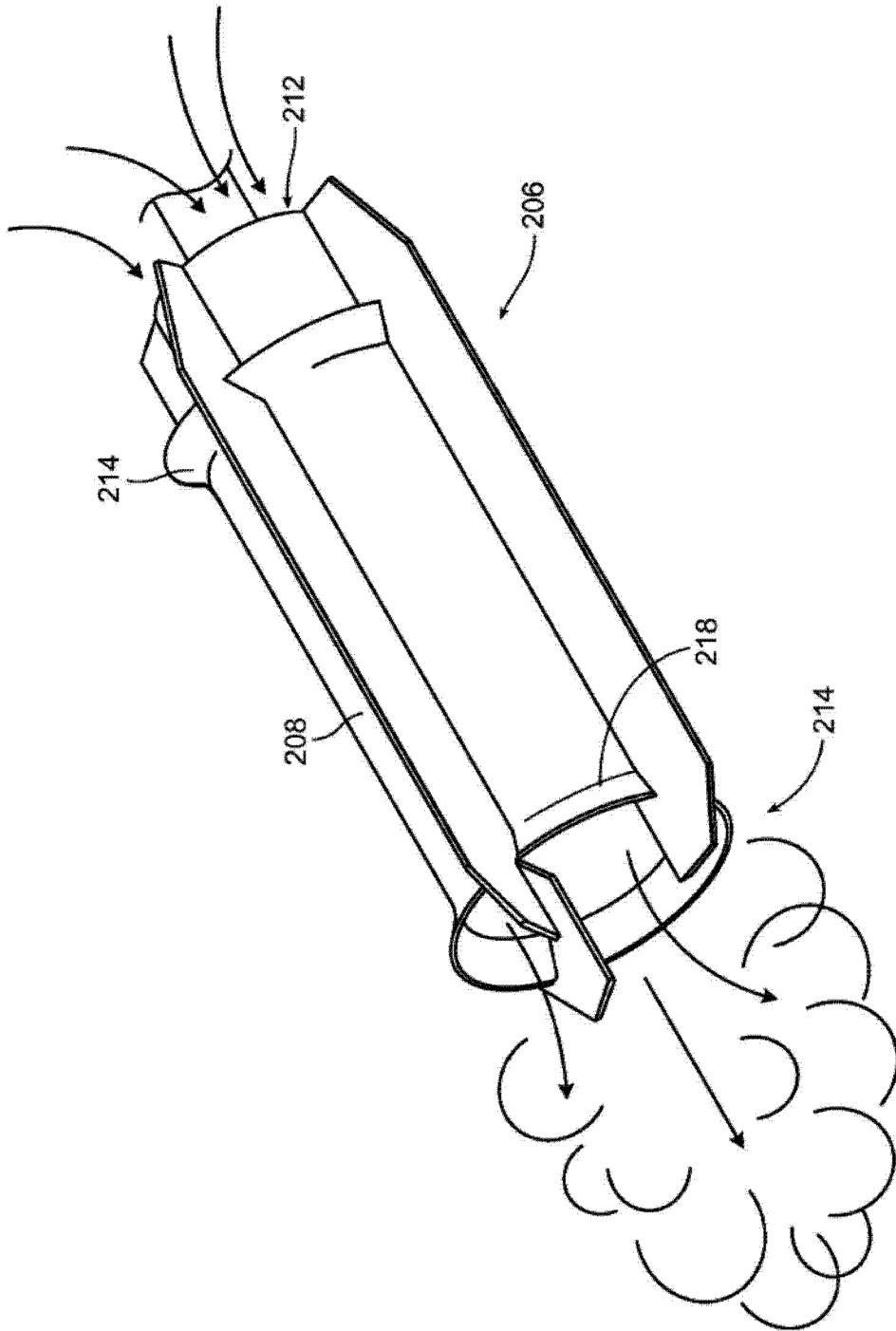


图 10

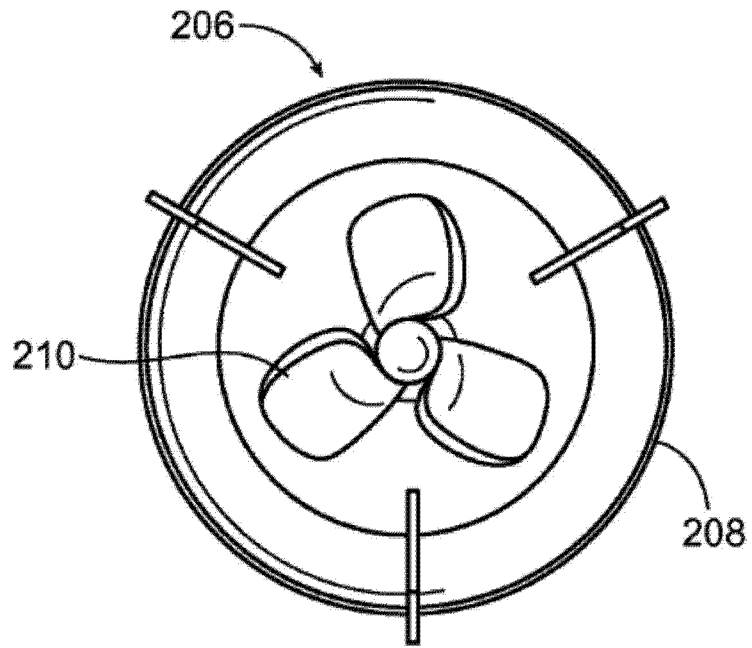


图 10A

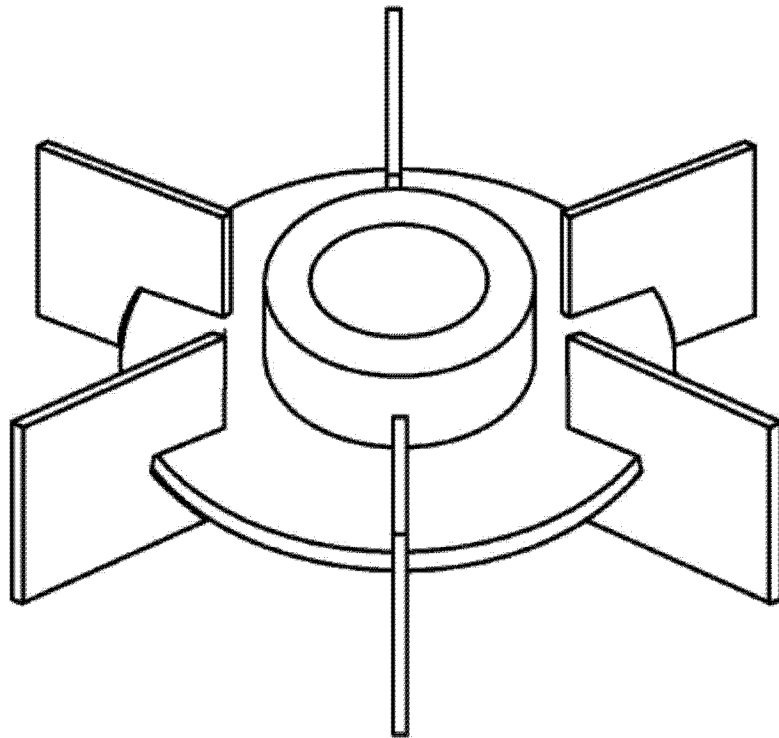


图 10B

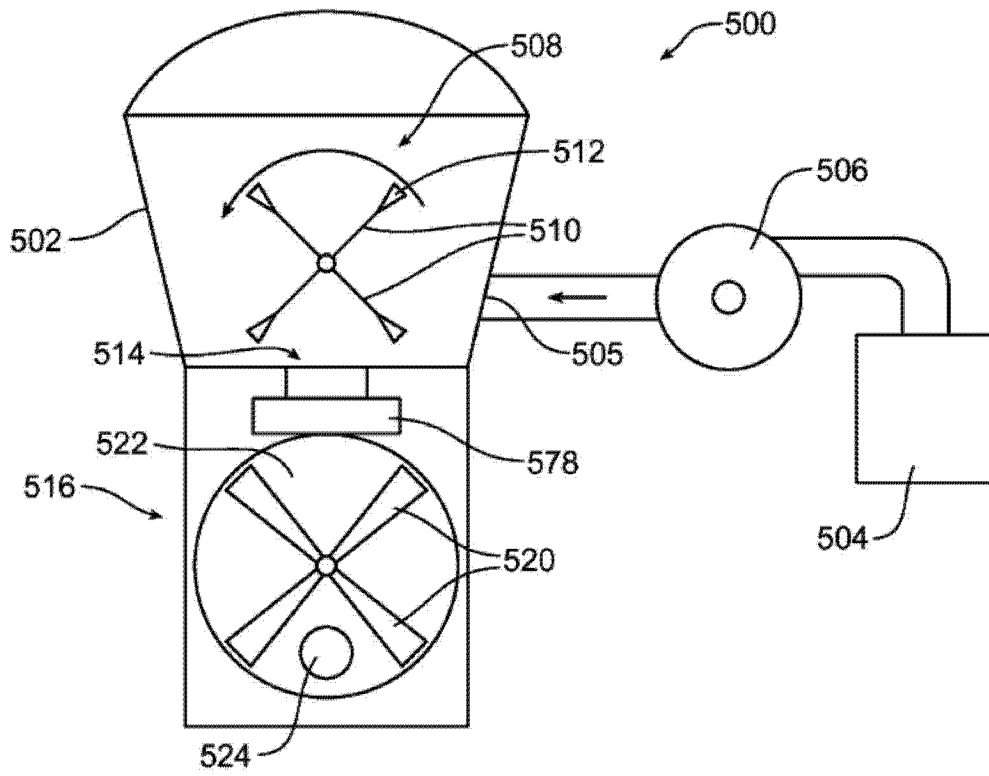


图 11

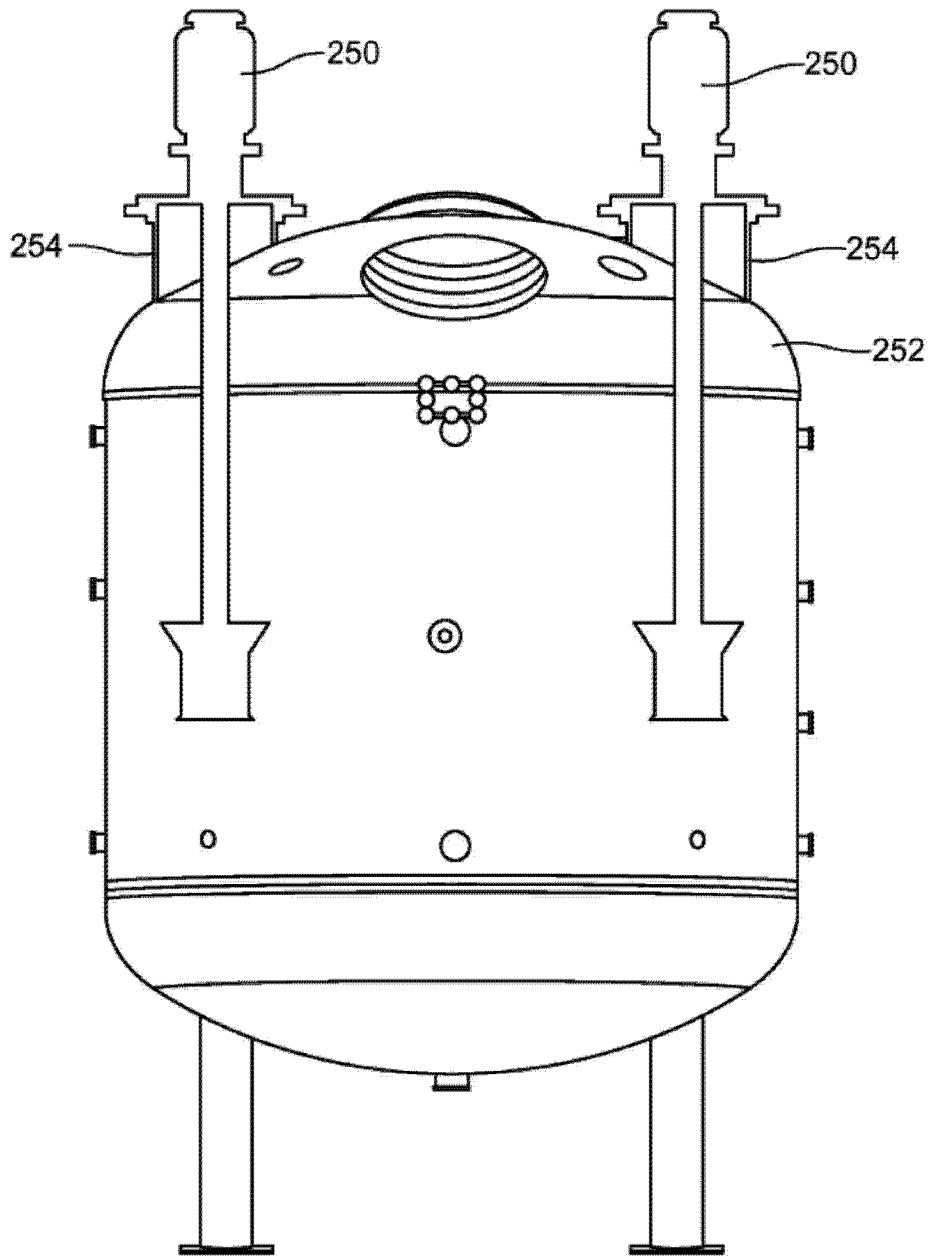


图 12