

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101886038 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 17

(21) 申请号 200910051212. 1

(22) 申请日 2009. 05. 14

(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 鲍杰 张建 戴干策 张家庭

楚德强 黄娟

(74) 专利代理机构 上海翼胜专利商标事务所

(普通合伙) 31218

代理人 翟羽

(51) Int. Cl.

C12M 1/21 (2006. 01)

C12M 1/02 (2006. 01)

C12M 1/36 (2006. 01)

C12M 1/08 (2006. 01)

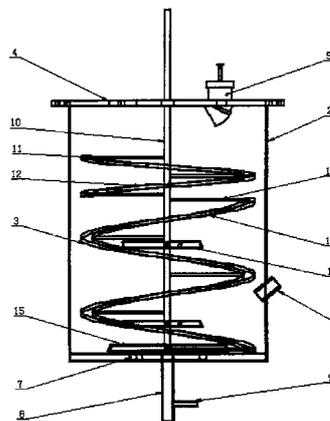
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器

## (57) 摘要

本发明涉及一种高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,至少包含罐体;加料器含有磨碎单元,在罐体上设有加料口、放料口、无菌空气入口、气体分散器和传感器插孔,反螺旋螺带浆位于组合搅拌桨上部,其螺带方向与组合搅拌桨中螺带方向相反。本发明的优点:木质纤维素原料经过加料器磨碎,酶解和发酵效率增加;组合搅拌桨保证罐体内物料各物系充分混合、传质和传热;反螺旋螺带浆及时消除了体系产生的高粘度气泡或气泡层;传感器的定位方式在不影响体系充分混合和传递的条件下准确测定了体系参数;气体分散器在不影响体系充分混合和传递的条件下对通入罐内的气体进行分散。



1. 一种高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,至少包含罐体;其特征在于,在罐体上端设有加料口以及罐盖,下端设有放料口,罐体上设有传感器插孔和组合搅拌桨;组合搅拌桨包含正螺旋螺带桨,涡轮/翼型搅拌桨和底桨,正螺旋螺带桨通过支撑杆固定在搅拌轴上,并自上而下盘旋在搅拌轴周边,构成框体;涡轮/翼型搅拌桨设置于正螺旋螺带桨形成的框体内,固定在正螺旋螺带桨的上下两个端部之间的搅拌轴上;所述的底桨固定在搅拌轴的底端,紧贴罐体底部。

2. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,加料口深入罐体内部的部分向轴向弯曲。

3. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,传感器包含温度电极、pH电极和溶氧电极。

4. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,传感器设在正螺旋螺带桨与罐体内壁之间的间隙。

5. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,放料口处设有无菌空气通入口。

6. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素生产乙醇的生物反应器,其特征在于,气体分散器位于反应器下部,通过气体分散孔与罐内相通。

7. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,涡轮/翼型搅拌桨的层数为1~3层。

8. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料发酵生产乙醇的生物反应器,其特征在于,所述的底桨为桨式或者锚式桨。

9. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,所述的涡轮/翼型搅拌桨选自直叶涡轮桨、斜叶桨或者翼型桨中的一种。

10. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,反螺旋螺带桨位于组合搅拌桨上部,通过支撑杆固定在搅拌轴上,并自上而下盘旋在搅拌轴周围,其螺带方向与组合搅拌桨中螺带桨的方向相反。

11. 如权利要求1所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,加料器通过螺纹与加料口相连,磨碎单元中的磨片通过固定轴与外动力相连。

12. 如权利要求11所述的高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器,其特征在于,所述的磨片选自刀片、切片或者磨片中的一种。

## 高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器

### 【技术领域】

[0001] 本发明涉及生物反应器技术领域,具体地说,是一种高固体含量木质纤维素原料生产乙醇的生物反应器。

### 【背景技术】

[0002] 利用木质纤维素原料生产纤维乙醇,即第二代生物乙醇,不仅可以替代部分汽油的使用,有效缓解化石能源即将枯竭的危机,而且能够大大减少温室效应气体的排放量,因此成为科学家当前研究的热点。

[0003] 一般的,对于乙醇发酵工业来说,只有当发酵醪中乙醇的浓度高于 5% (vol) 时,在经济上才是可行的。因此,利用木质纤维素原料生产纤维乙醇,底物的固体含量不能低于 15% (w/w) (假定木质纤维素原料中纤维素和甘露聚糖的总含量为 60%,糖转化率为 90%,乙醇得率为 0.5g/g)。

[0004] 在普通的搅拌生物反应器中,当木质纤维素原料固体含量高于 10% 时,就会出现混合、传质、传热及高能耗等方面的问题,导致最终纤维素转化率低,发酵醪中乙醇浓度低等缺点。如果采用固体发酵罐,在木质纤维素原料糖化及发酵前期,由于体系的固体含量较高,粘度较大,反应器中的搅拌适宜于此类类似膏状的物系,不会出现混合及传质问题;但是随着发酵微生物的加入及反应的进行,纤维素等固体颗粒逐渐转化为糖和乙醇,同时微生物代谢产生二氧化碳,这时体系的固体含量逐渐降低,粘度下降,对固体物系的搅拌系统对气-液-固三相复杂体系的混合作用有限,就会出现传质、传热等问题,导致木质纤维素的转化不彻底,发酵周期延长等缺陷。

[0005] 在其它以木质纤维素为原料的糖化、发酵、或者两者的各种组合工艺中,同样存在着在糖化或发酵阶段体系的混合、传质、传热等问题,造成纤维素的转化率过低,目标产品的产率低等缺陷(例如,在以木质纤维素为原料生产微生物油脂时,木质纤维素转化率的高低直接决定着油脂产物得率的高低,但是木质纤维素在糖化时往往会遇到混合及传质等问题,导致纤维素转化率低,进而严重影响微生物油脂的得率)。

[0006] 而关于固体含量较高的木质纤维素发酵生产乙醇的反应体系,在前期反应中,高粘度的液浆状物系的充分混合可以促进纤维素转化为单糖;随着反应的进行,木质纤维素组分逐渐转化为单糖,同时伴随发酵微生物的接入及适量的通气,糖分又被转化为酒精,并产生大量二氧化碳气体,物系也逐渐转变为更为复杂的气-液-固的三相体系;在发酵后期,大部分纤维素等聚合物被转化为单糖及酒精,微生物的代谢速率下降,体系中的气体成分逐渐减少,粘度下降,物系也逐渐接近流体状态。专门用于这一复杂的特殊物系、特殊反应过程的反应器,国内至今尚未见报道。因此,开发混合良好、传质及传热均匀、高效节能的生物反应器对于纤维乙醇的工业化具有极大的推动作用。

### 【发明内容】

[0007] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种高固体含量木质纤维素原料生

产乙醇的生物反应器。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

[0009] 一种高固体含量木质纤维素原料发酵生产乙醇的生物反应器，至少包含罐体；其特征在于，在罐体上端设有加料口以及罐盖，下端设有放料口，罐体上设有传感器插孔和组合搅拌桨；组合搅拌桨包含正螺旋螺带桨、涡轮 / 翼型搅拌桨和底桨；正螺旋螺带桨通过支撑杆固定在搅拌轴上，并自上而下盘旋在搅拌轴周边，构成框体；涡轮 / 翼型搅拌桨设置于正螺旋螺带桨形成的框体内，固定在正螺旋螺带桨的上下两个端部之间的搅拌轴上，涡轮 / 翼型搅拌桨的层数为 1 ~ 3 层；所述的底桨固定在搅拌轴的底端，并且紧贴罐体底部；所述的底桨为桨式或者锚式桨；所述的涡轮 / 翼型搅拌桨选自直叶涡轮桨、斜叶桨或者翼型桨中的一种；

[0010] 反螺旋螺带桨位于组合搅拌桨上侧，通过支撑杆固定在搅拌轴上，自上而下盘旋在搅拌轴周边，构成框体，螺带的方向与组合搅拌桨中正螺旋螺带桨中的螺带方向相反，可以通过该螺带桨与下部主螺带桨的反向运动使物料可能产生的气泡层破碎；

[0011] 加料器通过螺纹与加料口相连，磨片通过固定轴与外动力相连，所述的磨片选自刀片、切片或者磨片中的一种；物料经过磨片的剪切 / 磨碎作用后进入罐体内部；经过加料装置中磨片装置的强力剪切，进一步降低物料粒径，使其更容易酶解；

[0012] 加料口深入罐体内部的部分向罐体轴向弯曲，保证物料进入罐体后能够直接到达底部，经过底桨的分散，参与物系的混合、酶解反应，避免粘在管壁上造成损失；

[0013] 放料口上设有无菌空气通入口，同时气体分散器位于罐体下部，通过气体分散孔与罐内相通，从而满足微生物在生长及发酵过程中的氧气需求，增强微生物的代谢能力，最终提高纤维素的转化率；

[0014] 罐体上的传感器，包含温度电极插孔、pH 电极插孔和溶氧电极插孔，设置在罐体内壁与正螺旋螺带桨之间的间隙，不影响螺带桨的全空间混合与搅拌；同时，与罐体配套的还有控制单元，分别与温度电极、pH 电极、溶氧电极、马达、尾气排出口相连，从而实时对体系的温度、pH、溶氧、马达功率和尾气成分及量等进行监测，以便控制最佳的反应条件。

[0015] 与现有技术相比，本发明的积极效果是：

[0016] 本发明所采用的组合搅拌桨，在木质纤维素原料的酶解过程中，所有物料在正螺旋螺带桨的作用下，自下而上做螺旋运动，到达顶部后在重力作用下落至底部，而后又被螺带带起，物料与酶液之间进行充分的混合；同时，底桨紧贴罐体底部，将底部的物料分散后经螺带桨带起，反应器中没有死角；随着反应的进行，固体颗粒逐渐液化、减少，体系的粘度逐渐降低，这时位于框体中间的涡轮 / 翼型搅拌桨将起主要的混合作用，使微生物、酶和底物能够充分接触，反应进行的更加彻底；

[0017] 在本发明中，反螺旋螺带桨的螺旋方向与组合搅拌桨中螺带的方向相反，从而能够在气泡产生时，将随着气泡上浮的物料压下去，及时有效的消除气泡对体系糖化与发酵的影响；

[0018] 在本发明中，加料口深入罐体内的部分向轴向弯曲，能够避免物料在加入时粘贴在罐壁上，造成木质纤维素的损失；同时，物料直接到达罐体底部，经过底桨的分布，直接参与螺带桨的混合，有利于整个体系的充分混合；

[0019] 在本发明中，加料装置含有磨片形状的磨碎单元，可以在输送物料的同时，将物料

进一步打碎,强化了预处理效果,可以增加物料与酶的接触面积,提高纤维素的转化率;

[0020] 在本发明中,罐底设有无菌空气通入口,同时气体分散器位于罐体下部,通过气体分散孔与罐内相通,无菌空气的适时适量通入能满足微生物在生长或者发酵期间的耗氧需要,增强微生物的代谢能力,最终提高纤维素的转化率;

[0021] 在使用本发明中,通过传感器对温度、pH、溶氧、马达功率及尾气的实时监测,可以对木质纤维素转化为乙醇的过程进行全面的分析和更好的控制。

#### 【附图说明】

[0022] 图 1 本发明的结构示意图;

[0023] 图 2 本发明中的加料器的主视图;

[0024] 图 3 本发明中的加料器的俯视图。

[0025] 附图中的各标号分别为:1、加料器,2、罐体,3、组合搅拌桨,4、罐盖,5、加料口,6、电极插孔,7、气体分散器,8、放料口,9、无菌空气通入口,10、搅拌轴,11、支撑杆,12、反螺旋螺带桨,13、正螺旋螺带桨,14、涡轮/翼型搅拌桨,15、底桨,16、固定轴,17、磨片。

#### 【具体实施方式】

[0026] 以下提供本发明一种高固体含量木质纤维素原料发酵生产乙醇反应器的具体实施方式。

[0027] 请参见附图 1-3,一种高固体含量木质纤维素原料发酵生产乙醇反应器,至少包括罐体 2;在罐体 2 上端设有加料口 5 以及罐盖 4,下端设有放料口 8,罐体 2 上设有传感器插孔 6 和组合搅拌桨 3;组合搅拌桨 3 包含正螺旋螺带桨 13、涡轮/翼型搅拌桨 14 和底桨 15;正螺旋螺带桨 13 通过支撑杆 11 固定在搅拌轴 10 上,并自上而下盘旋在搅拌轴 10 周边,构成框体;涡轮/翼型搅拌桨 14 设置于正螺旋螺带桨 13 形成的框体内,固定在正螺旋螺带桨 13 的上下两个端部之间的搅拌轴 10 上,涡轮/翼型搅拌桨 14 的层数为 1~3 层;所述的底桨 15 固定在搅拌轴 10 的底端,紧贴罐体 2 的底部;所述的底桨 15 为桨式或者锚式桨;所述的涡轮/翼型搅拌桨 14 选自直叶涡轮桨、斜叶桨或者翼型桨中的一种;

[0028] 反螺旋螺带桨 12 位于组合搅拌桨 3 上侧,通过支撑杆固定在搅拌轴上,自上而下盘旋在搅拌轴周边,构成框体,螺带的方向与组合搅拌桨 3 中正螺旋螺带桨中的螺带方向相反,可以通过该螺带桨与下部主螺带桨的反向运动使物料可能产生的气泡层破碎;

[0029] 加料器 1 通过螺纹与加料口 5 相连,磨片 17 通过固定轴 16 与外动力相连,所述的磨片选自刀片、切片或者磨片中的一种;物料经过磨片的剪切/磨碎作用后进入罐体内部;经过加料装置中磨片装置的强力剪切,进一步降低物料粒径,使其更容易酶解;

[0030] 放料口 8 上设有无菌空气通入口 9,无菌空气通过罐体底部的气体分散器 7 的分散进入罐体,可以满足微生物在生长及发酵过程中的氧气需求,增强微生物的代谢能力,最终提高纤维素的转化率;

[0031] 罐体 2 上的传感器,还设有温度、pH、溶氧电极插孔 6,设置在罐体内壁与正螺旋螺带桨 13 之间的间隙,其分别与温度电极、pH 电极、溶氧电极、马达、尾气排出口相连,从而实时对体系的状况进行监测,以便控制最佳的反应条件。

[0032] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人

员,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围内。

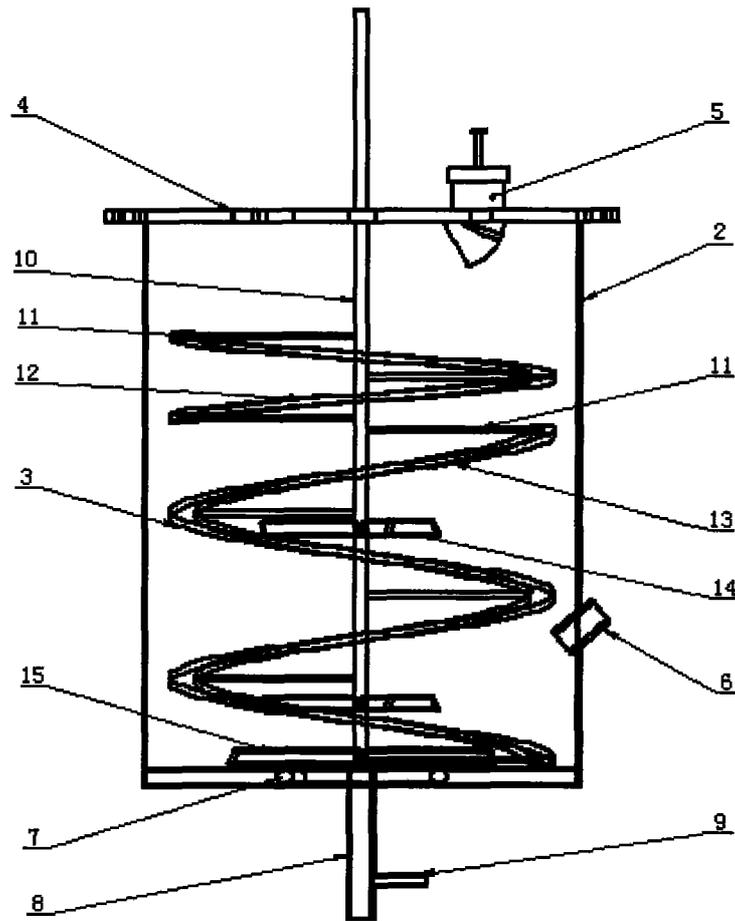


图 1

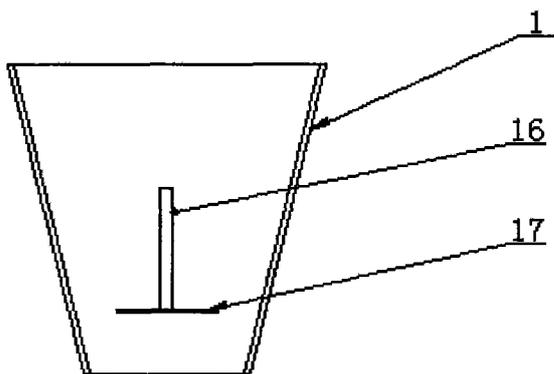


图 2

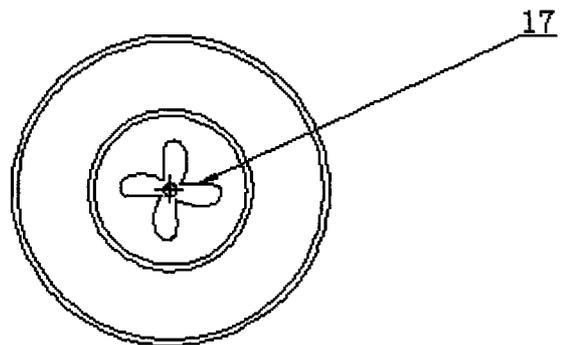


图 3