

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102939360 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 20

(21) 申请号 201180028999. 5

C10J 3/10 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 04. 11

C12P 7/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

C10J 3/20 (2006. 01)

12/798, 852 2010. 04. 13 US

C10J 3/72 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 12. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/000655 2011. 04. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02011/129878 EN 2011. 10. 20

(71) 申请人 伊内奥斯美国公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 巴豪焦·钱德拉·苏特拉达尔

青·焕·辜

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 刘慧 杨青

(51) Int. Cl.

C10J 3/16 (2006. 01)

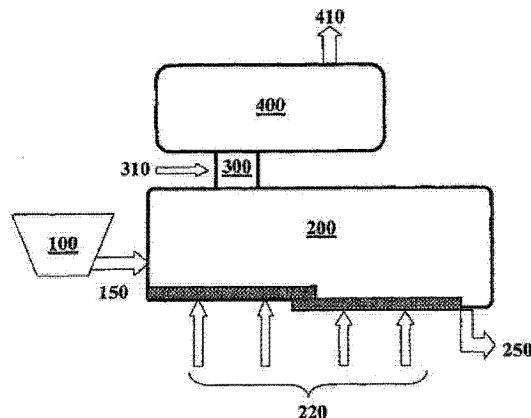
权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 5 页

(54) 发明名称

碳质材料气化方法

(57) 摘要

本发明涉及将碳质材料气化以生产合成气体或合成气的方法。本公开提供了改进的气化方法，所述方法包括向所述气化器中添加含分子氧的气体以及任选地添加水。本发明还涉及在至少一种微生物存在下经发酵或消化从所述合成气生产一种或多种醇的方法。



1. 将碳质材料在气化器中气化以生产包含一氧化碳、氢气和焦油的产物气体的方法：
所述方法包括：向所述气化器中添加一种或多种碳质材料、添加含分子氧的气体、以及
任选地添加水；

其中以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器中的总氧的
量大于约 0.75。

2. 权利要求 1 的方法，其中以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所
述气化器中的总氧的量为约 0.75 至约 3.0。

3. 权利要求 1 的方法，其包括向所述气化器中添加水。

4. 权利要求 1 的方法，其包括向所述气化器中直接添加蒸汽。

5. 权利要求 1 的方法，其包括通过部分地向所述气化器中直接添加蒸汽来添加水。

6. 权利要求 1 的方法，其包括向所述气化器中添加一种或多种含有水分的所述碳质材
料。

7. 权利要求 1 的方法，其中一种或多种所述碳质材料包括选自下列的物质：碳质材料、
碳质液体产物、工业碳质液体回收物、碳质城市固体废物 (MSW)、碳质城市废物、碳质农业材
料、碳质林业材料、碳质木材废料、碳质建筑材料、碳质植物材料、碳质石油化学副产物、碳
质煤、塑料、废塑料、焦炉焦油、纤维软质、轮胎、木质素、黑液、聚合物、废聚合物、聚对苯二
甲酸乙二醇酯 (PETA)、聚苯乙烯 (PS)、污水污泥、动物粪便、作物残茬、能源作物、森林加工
剩余物、木材加工剩余物、家畜粪便、家禽粪便、食品加工剩余物、发酵过程的废物、碳质工
业废物、醇生产废物、乙醇副产物、用过的谷物、用过的微生物或上述物质的组合。

8. 权利要求 1 的方法，其中一种或多种所述碳质材料的碳含量在不含水的基础上，为
约 0.25 磅至约 1.0 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。

9. 权利要求 1 的方法，其中一种或多种所述碳质材料的氢含量在不含水的基础上，为
约 0.0 磅至约 0.25 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。

10. 权利要求 1 的方法，其中一种或多种所述碳质材料的氧含量在不含水的基础上，为
约 0.0 磅至约 0.5 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。

11. 权利要求 1 的方法，其中气化器产生包含灰 - 碳的灰，并且其中所述灰包含小于约
10% 的灰 - 碳。

12. 权利要求 1 的方法，其中气化器产生包含灰 - 碳的灰，并且其中所述灰包含小于约
5% 的灰 - 碳。

13. 权利要求 1 的方法，其还包括在分子氧存在下在约 1750° F 至约 3500° F 的温度下
处理所述产物气体以生产粗制合成气，所述粗制合成气包含一氧化碳、氢气和合成气 - 碳。

14. 权利要求 1 的方法，其中在一种或多种所述碳质材料中的碳与氢的质量比为 1 至
20。

15. 权利要求 1 的方法，其中在一种或多种所述碳质材料中的碳与氧的质量比为 1 至
200。

16. 权利要求 13 的方法，其中所述粗制合成气包含小于约 0.5 磅的合成气 - 碳
/1000SCF 生产的粗制合成气。

17. 将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法：

所述气化器包含第一反应区和第二反应区；

所述方法包括：

向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；

向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；

其中以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 1.25。

18. 权利要求 17 的方法，其中以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器的所述第一反应区中的总氧的量为约 1.25 至约 3.5。

19. 权利要求 17 的方法，其中所述第一反应区的温度为 650-1450° F。

20. 权利要求 17 的方法，其中所述第二反应区的温度为 1750-3500° F。

21. 权利要求 13 或 17 的方法，其还包括：

使所述粗制合成气经历冷却和净化，以生产清洁的合成气；

使所述清洁的合成气与发酵容器中的生物催化剂接触，以生产醇产物的混合物。

22. 权利要求 17 的方法，其中在一种或多种所述碳质材料中的碳与氢的质量比为 1 至 20。

23. 权利要求 17 的方法，其中在一种或多种所述碳质材料中的碳与氧的质量比为 1 至 200。

24. 将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法：

所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；

所述方法包括：

向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；

向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；

包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

25. 生产合成气的气化器；

所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；

所述方法包括：

向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；

向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；

包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

碳质材料气化方法

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及将碳质材料气化以生产合成气体或合成气的方法。本公开还涉及在至少一种微生物存在下经发酵或消化从所述合成气生产一种或多种醇的方法。

背景技术

[0002] 本公开设想将碳质材料的气化来生产包含一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、和氢气(H₂)的合成气体。通过生物或化学途径,合成气体可用于生产一种或多种化学物质。合成气体还可用于产生能量来发电。

[0003] 因此,合成气通过某些微生物的发酵或消化可以起到生产醇(甲醇、乙醇、丙醇、丁醇等)、乙酸、乙酸酯、氢气等的作用。已描述了多株产乙酸菌用于从合成气生产液体燃料:食甲基丁酸杆菌(*Butyribacterium methylotrophicum*)、产乙醇梭菌(*Clostridium autoethanogenum*)、*Clostridium carboxidivorans*、杨氏梭菌(*Clostridium ljungdahlii*)、拉氏梭菌(*Clostridium ragsdalei*)。

[0004] Gaddy 等的美国专利 No. 5, 173, 429 公开了从合成气体生产乙醇和乙酸酯的厌氧微生物杨氏梭菌 ATCC No. 49587。Gaddy 等的美国专利 No. 5, 807, 722 公开了使用厌氧细菌例如杨氏梭菌 ATCC No. 55380 将废气转化成有用产物例如有机酸和醇的方法和装置。Gaddy 等的美国专利 No. 6, 136, 577 公开了使用厌氧细菌例如杨氏梭菌 ATCC No. 55988 和 55989 将废气转化成有用产物例如有机酸和醇(特别是乙醇)的方法和装置。Gaddy 等的美国专利 No. 6, 136, 577 公开了使用杨氏梭菌的厌氧菌株将废气转化成有用产物例如有机酸和醇(特别是乙酸)的方法和装置。Gaddy 等的美国专利 No. 6, 753, 170 公开了用于生产乙酸的厌氧微生物发酵方法。Gaddy 等的美国专利 No. 7, 285, 402 公开了用于生产醇的厌氧微生物发酵方法。

[0005] 美国专利申请 No. 20070275447 公开了梭状芽胞杆菌属菌种(*Clostridium carboxidivorans*, ATCC BAA-624, "P7"), 该菌种能够从废气合成可用作生物燃料的产物。美国专利申请 No. 20080057554 公开了梭状芽胞杆菌属菌种(拉氏梭菌, ATCC BAA-622, "P11"), 该菌种能够从废气合成可用作生物燃料的产物。

[0006] WO 2007/117157 公开了厌氧发酵过程的方法, 该厌氧发酵过程除了生产期望的产物外, 还生产作为副产物的乙酸酯, 并可以在发酵中利用氢气和 / 或二氧化碳。在该公开中, 发酵是由一株或多株选自梭菌属(*Clostridium*)、穆尔氏菌属(*Moorella*) 和一氧化碳嗜热菌属(*Carboxydotherrmus*) 的细菌来执行的。WO 2009/064200 公开了一类细菌, 这类细菌在通过对含有一氧化碳的底物厌氧发酵来生产乙醇的过程中具有改进的效率。正如所公开的, 所示例的细菌产乙醇梭菌能够生产乙醇和乙酸酯。

[0007] 利用化学催化途径例如使用含有铜(Cu)和锌(Zn)的催化剂来制备甲醇或混合醇的方法、使用含有钴(Co)和铑(Rh)的催化剂来生产乙醇的方法、以及用于制备烯烃的费-托(Fischer-Tropsch)型合成法等, 合成气可以被转化成各种化学物质和燃料。WO 2009/035851 公开了使用包含能够将合成气转化成醇的催化剂的反应器来将合成气转化成

乙醇和 / 或其它高级醇的方法,所述催化剂包含至少一种 IB 族元素、至少一种 IIB 族元素、和至少一种 IIIA 族元素。

[0008] WO 2010/002618 公开了用于从包含氢气和一氧化碳的气体制备醇的方法,所述方法包括:使气体通过携带有催化剂的反应器,所述催化剂包含元素钼、钴和碱金属或碱土金属、和 / 或其氢化物。

[0009] 化学物质或电力的生产总体上取决于所生产的合成气的质量,例如合成气中的一氧化碳(CO)和氢气(H₂)的量或浓度,以及一氧化碳与氢气的比率(CO/H₂)。

[0010] 一种广泛使用的将碳质材料气化以生产富含一氧化碳(CO)和氢气(H₂)的合成气的方法在气化器中使用氧不足或缺氧的气氛,该气氛防止碳质材料中的碳完全转化。然而,在缺氧的条件下,碳质材料中的一部分碳含量往往作为未反应的碳粒子或烟炱留在产物合成气中。碳质材料中的另一部分碳含量作为未反应的碳留在灰中。

[0011] 碳质原料不完全转化成一氧化碳(CO)和氢气(H₂)意味着是用于生产电力或化学物质(例如醇)的可用的一氧化碳(CO)和氢气(H₂)较少。在粗制合成气中的未反应或未转化的碳粒子或烟炱的量增加,增加了净化合成气的难度和成本。在灰中的未反应的碳的量增加,增加了处置灰的处理难度和成本。

[0012] 希望的是有一种操作气化器的方法,该方法最大限度地提高由产生于气化器的合成气所生产的电力或化学物质,同时将在粗制合成气中的未反应或未转化的碳粒子的量保持在所希望的低值。

[0013] 希望的是有一种操作气化器的方法,该方法最大限度地提高由产生于气化器的合成气所生产的电力或化学物质,同时将在粗制合成气中的未反应或未转化的碳粒子的量以及在灰中的未反应的碳的量保持在所希望的低值。

[0014] 希望的是有一种操作气化器的方法,该方法最大限度地提高由产生于气化器的合成气所生产的电力或化学物质,同时将在粗制合成气中的烟炱的量保持在所希望的低值。

[0015] 希望的是有一种操作气化器的方法,该方法最大限度地提高由产生于气化器的合成气所生产的电力或化学物质,同时将在粗制合成气中的烟炱的量以及在灰中的未反应的碳的量保持在所希望的低值。

[0016] 本公开提供了各种新的和所希望的气化器设计以及本领域中未知的操作气化器的方法。本公开达到了上述需求。

[0017] 发明概述

[0018] 本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产包含一氧化碳、氢气和焦油的产物气体的方法:所述方法包括:向所述气化器中添加一种或多种碳质材料、添加含分子氧的气体、以及任选地添加水;其中以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 0.75。在一种实施方式中,以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量为约 0.75 至约 3.0。作为实施方式,本公开还包括在分子氧存在下在约 1750° F 至约 3500° F 的温度下处理所述产物气体以生产粗制合成气,所述粗制合成气包含一氧化碳、氢气和合成气 - 碳。在一种实施方式中,粗制合成气还包含二氧化碳。

[0019] 作为实施方式,本公开提供了使用部分氧化方法将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法:所述气化器包含第一反应区和第二反应区;所述方法包括:向气化器的

所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；其中以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 1.25。在一种实施方式中，以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器的所述第一反应区中的总氧的量为约 1.25 至约 3.5。

[0020] 作为实施方式，本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法；所述气化器包含第一反应区和第二反应区；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；其中以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 1.25。在一种实施方式中，以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位，被添加到所述气化器的所述第一反应区中的总氧的量为约 1.25 至约 3.5。

[0021] 本公开提供的一种方法还包括：使所述粗制合成气经历冷却和净化，以生产清洁的合成气；使所述清洁的合成气与发酵容器中的生物催化剂接触，以生产醇产物的混合物。

[0022] 在一种实施方式中，在一种或多种所述碳质材料中的碳与氢的质量比为 1 至 20。在一种实施方式中，在一种或多种所述碳质材料中的碳与氧的质量比为 1 至 200。

[0023] 本公开提供了使用部分氧化方法将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0024] 本公开提供了使用部分氧化方法生产合成气的气化器；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0025] 本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0026] 本公开提供了生产合成气的气化器；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

附图说明

[0027] 图 1 包含示出了用于本公开的气化过程的实施方式的示意图；图 1 给出了两级气化过程的实施方式。

[0028] 图 2 包含示出了经碳质材料的气化来生产乙醇的过程的实施方式的示意图。

[0029] 图 3 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言，被输入到气化器中的总氧对合成气 - 碳的影响的实施方式。

[0030] 图 4 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言，被输入到气化器中的总氧对生产的乙醇的量的影响的实施方式。

[0031] 图 5 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言，被输入到气化的第一反应区中的总氧对合成气 - 碳的影响的实施方式。

[0032] 图 6 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言，被输入到气化的第一反应区中的总氧对生产的乙醇的量的影响的实施方式。

[0033] 发明详述

[0034] 定义

[0035] 除非另有限定，在本公开的整个说明书中使用的以下术语的定义如下，这些术语可以包括下文所规定的定义的单数或复数形式：

[0036] 修饰任何数量的术语“约”是指在真实世界的条件下遇到的该数量的变化，例如在维持微生物培养的真实世界的条件下例如在实验室、中试工厂、或生产设施中遇到的所指数量的变化。例如，当被“约”修饰时，混合物或参量中采用的成分或度量结果的数量包括在生产工厂或实验室的实验条件下测量时的变化和通常所采用的关注程度。例如，当被“约”修饰时，产物的组分的数量包括在工厂或实验室的多次实验中的各批次间的变化，以及分析方法所固有的变化。无论是否被“约”修饰，数量都包括那些数量的等效值。本文所述的并被“约”修饰的任何量也可以作为未被“约”修饰的数量用于本公开中。

[0037] 术语“产乙酸菌”或“产乙酸的”是指生成乙酸酯作为厌氧呼吸的产物的细菌。该过程不同于乙酸酯发酵，尽管这两者都在不存在氧的条件下发生并产生乙酸酯。由于所有已知的产乙酸菌都是细菌，因此这些生物体也被称作产乙酸的细菌。产乙酸菌可见于多种生境，通常为那些厌氧(缺氧)的生境。产乙酸菌可以使用多种化合物作为能量和碳的来源；被最彻底研究过的产乙酸的代谢形式包括使用二氧化碳作为碳源以及使用氢作为能量来源。

[0038] 术语“灰 - 碳”表示在从气化器去除的灰中的未转化的碳的含量。

[0039] 术语“灰熔融温度”表示碳质材料中所含的至少一部分灰或无机物融化时的温度。该温度通常为约 1400° F。

[0040] 对于本公开来说，术语“生物催化剂”表示天然催化剂、蛋白质酶、活细胞、微生物和细菌。

[0041] 术语“生物反应器”、“反应器”或“发酵生物反应器”包括由一个或多个容器和 / 或塔或管道排列组成的发酵装置，包括连续搅拌罐反应器(CSTR)、固定化细胞反应器(ICR)、滴流床反应器(TBR)、鼓泡塔、气升式发酵罐、静态混合器、或其它适用于气 - 液接触的装置。对于本公开的方法而言，优选的发酵生物反应器包括将发酵液进料到第二发酵生物反应器的生长反应器，其中大部分的产物乙醇在第二发酵生物反应器中产生。

[0042] 在本文中使用时，“碳质材料”是指富含碳的材料，例如煤和石油化学产物。然而，

在本说明书中,碳质材料包括固态、液态、气态或等离子态的任何碳材料。在众多可以被视为碳质材料的物品中,本公开设想:碳质液体产物、碳质工业液体回收物、碳质城市固体废物(MSW 或 msw)、碳质城市废物、碳质农业材料、碳质林业材料、碳质木材废料、碳质建筑材料、碳质植物材料、碳质工业废物、碳质发酵废物、碳质石油化学副产物、碳质醇生产副产物、碳质煤、轮胎、塑料、废塑料、焦炉焦油、纤维软质(fibersoft)、木质素、黑液、聚合物、废聚合物、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETA)、聚苯乙烯(PS)、污水污泥、动物粪便、作物残茬、能源作物、森林加工剩余物、木材加工剩余物、家畜粪便、家禽粪便、食品加工剩余物、发酵过程的废物、乙醇副产物、用过的谷物、用过的微生物或上述物质的组合。对于本公开而言,二氧化碳和含甲烷的气体不被视为碳质材料。为了避免疑虑,无论使用了单数还是复数形式的词,在适当的情况下,该定义中提供的各种碳质材料均可以被解释为单数或复数形式。

[0043] 术语“发酵”表示一氧化碳(CO)发酵成醇和乙酸酯。已知许多厌氧细菌能够实现将一氧化碳(CO)发酵成包括丁醇和乙醇的醇以及乙酸,并适合在本公开的过程中使用。这种适合在本公开中使用的细菌的实例包括梭菌属的细菌,例如杨氏梭菌的菌株以及产乙醇梭菌的菌株,所述杨氏梭菌的菌株包括在 WO 2000/68407、EP 117309、美国专利 No. 5, 173, 429、5, 593, 886 和 6, 368, 819、WO 1998/00558 和 WO 2002/08438 中描述的那些菌株。其它适合的细菌包括穆尔氏菌属的细菌和一氧化碳嗜热菌属的细菌,所述穆尔氏菌属的细菌包括 *Moorella* sp HUC22-1。这些公布各自的公开内容通过参考完全结合于此。此外,本领域技术人员可以选择其它产乙酸的厌氧细菌用于本公开的过程中。还应了解的是,在本公开的过程中可以使用两种或更多种细菌的混合培养物。适合在本公开中使用的一种微生物是产乙醇梭菌,该微生物可以购自 DSMZ 并具有 DSMZ 保藏号 DSMZ 10061 的鉴别特征。发酵可以在任何适合的生物反应器例如连续搅拌罐反应器(CTSR)、鼓泡塔反应器(BCR)或滴流床反应器(TBR)中进行。并且,在本公开的一些优选实施方式中,生物反应器可包含在其中培养微生物的第一生长反应器,以及第二发酵反应器,其中来自生长反应器的发酵液被进料到所述第二发酵反应器中并且在所述第二发酵反应器中产生大部分的发酵产物(乙醇和乙酸酯)。

[0044] 术语“纤维软质”表示由于各种物质的软化和浓缩而产生的一类碳质材料;在一个实例中,碳质材料通过高压蒸汽处理各种物质而产生。在另一个实例中,纤维软质可包括高压蒸汽处理市政废物、工业废物、商业废物、医疗废物而产生的纤维质糊状材料。

[0045] “气化器”表示逆流固定床气化器、顺流固定床气化器、移动床、流化床气化器、气流床气化器、等离子弧气化器、单级气化器、多级气化器、两级气化器、三级气化器、四级气化器、五级气化器、及它们的组合。

[0046] 术语“微生物”包括细菌、真菌、酵母、古细菌和原生生物;微生物(称为绿藻);以及动物,例如浮游生物、涡虫和阿米巴。有些还包括病毒,但其他人认为这些是无生命的。微生物生活在有液体水的生物圈的所有地方,包括土壤、温泉、海底上、大气高处、地壳内岩石深处。由于微生物起到分解者的作用,因此它们对营养物在生态系统中的再循环是至关重要的。微生物还被人们用在生物技术、传统的食品和饮料两者的制备、以及基于基因工程的现代技术中。设想在本公开中利用可以含有或可以不含各种微生物菌株的混合菌株微生物。还设想定向进化可以选择性地筛选可用于本公开的微生物。进一步设想了重组 DNA 技术可以用现有微生物的精选菌株产生微生物。设想在本公开中利用能

将一氧化碳(CO)和水或者氢气(H₂)和CO₂转化成乙醇和乙酸产物的产乙酸的厌氧(或兼性)细胞。根据本公开有用的细菌包括但不限于凯伍产醋菌(*Acetogenium kivui*)、伍氏醋酸杆菌(*Acetobacterium woodii*)、潮湿厌氧醋菌(*Acetoanaerobium noterae*)、食甲基丁酸杆菌、*Caldanaerobacter subterraneus*、*Caldanaerobacter subterraneus pacificus*、生氢一氧化碳嗜热菌(*Carboxydotherrmus hydrogenoformans*)、醋酸梭菌(*Clostridium aceticum*)、丙酮丁醇梭菌(*Clostridium acetobutylicum*)、产乙醇梭菌、热醋梭菌(*Clostridium thermoaceticum*)、粘真杆菌(*Eubacterium limosum*)、杨氏梭菌 PETC、杨氏梭菌 ERI2、杨氏梭菌 C-01、杨氏梭菌 0-52、*Clostridium ultunense*、拉氏梭菌、*Clostridium carboxidivorans*、硫还原泥土杆菌(*Geobacter sulfurreducens*)、穆尔氏菌属、*Moorella thermacetica* 和产生消化链球菌(*Peptostreptococcus productus*)。其它产乙酸的厌氧细菌由本领域技术人员选择用于这些方法。在本公开的一些实施方式中,几株示例性杨氏梭菌(*C. ljungdahlii*)包括菌株 PETC (美国专利 No. 5, 173, 429)、菌株 ERI2 (美国专利 No. 5, 593, 886)和菌株 C-01 和 0-52 (美国专利 No. 6, 136, 577)。这些菌株各自保藏在美国典型培养物保藏中心(American Type Culture Collection), 10801 University Boulevard, Manassas, Va. 20110-2209, 保藏号分别为 55383(以前为 ATCC No. 49587)、55380、55988 和 55989。杨氏梭菌的这些菌株各自为鸟嘌呤和胞嘧啶(G+C)核苷酸含量为约 22 摩尔%的厌氧的革兰氏阳性细菌。这些细菌利用多种底物来生长,但不利用甲醇或乳酸。这些菌株的不同之处在于它们的一氧化碳(CO)耐受性、单位气体摄取率和单位生产率。在自然界中发现的“野生”菌株中,观察到非常小的乙醇产量。杨氏梭菌的菌株在理想的情况下是在 37°C 下操作,并且在“野生”状态下通常产生约 1:20 的乙醇与乙酰基(即,其指的是游离的或分子的乙酸和乙酸盐两者)的产物比率(每 20 份乙酰基 1 份乙醇)。乙醇浓度通常仅为 1-2g/L。尽管其生产乙醇的能力是值得关注的,但是乙醇生产率低的“野生”细菌不能用于在商业基础上经济地生产乙醇。伴随着次要营养物的操控,上述杨氏梭菌菌株已用于生产乙醇和乙酰基,产物比率为 1:1(等份的乙醇和乙酰基),但乙醇浓度小于 10g/L,这种水平导致了低于 10g/L/天的低生产率。此外,培养物的稳定性也是一个问题,这主要是由于相对高(8-10g/L)浓度的乙酰基(2.5-3g/L 分子乙酸)以及存在乙醇而造成的。此外,当尝试增加气体速率以生产更多的乙醇时,培养物首先被分子乙酸抑制,然后被一氧化碳(CO)抑制。因此,培养物变得不稳定并且不能摄取气体和生产更多的产物。另外,本发明人的早期工作表明在稳态操作中难以产生大于 2:1 比率的乙醇与乙酰基。大量文献描述了杨氏梭菌以外的厌氧细菌在用于生产溶剂的且不消耗一氧化碳(CO)、CO₂ 和氢气(H₂)的糖发酵中的应用。在提供高乙醇收率的尝试中,改变过的多种参数包括:营养物类型、微生物、还原剂的具体添加、pH 变化和添加外源性气体。

[0047] 术语“城市固体废物”或“MSW”或“msw”表示包含家庭、商业、工业和 / 或残余废物的废物。

[0048] 术语“合成气”或“合成气体”表示合成气体,这是给予含有不同量的一氧化碳和氢气的气体混合物的名称。生产方法的实例包括用于生产氢气的天然气或烃的蒸汽重整、煤的气化、以及在某些类型的废物变能源的气化设施中。这个名称来自于它们在生产合成天然气(SNG)的过程中以及用于生产氨或甲醇的过程中作为中间体的用途。合成气还在通过费-托合成法和先前的 Mobil 甲醇制汽油工艺来生产合成石油以用作燃料或润滑剂的过

程中用作中间体。合成气主要由氢气、一氧化碳以及往往还有一些二氧化碳组成,其能量密度(即 BTU 含量)小于天然气的一半。合成气是可燃的,并且往往被用作燃料源或用于生产其它化学物质的中间体。

[0049] 术语“合成气-碳”表示在产生自气化过程的粗制合成气中的未转化的碳粒子的含量。

[0050] 术语“被输入到气化器中的总碳”或“被添加到气化器中的总碳”表示被进料到气化器中的任何材料中所含的所有碳的总和,例如被添加到气化器中的一种或多种如上所定义的碳质材料中所含的碳。

[0051] 术语“被输入到气化器的第一反应区中的总碳”或“被添加到气化器的第一反应区中的总碳”表示被进料到气化器的第一反应区中的任何材料中所含的所有碳的总和,例如被添加到气化器的第一反应区中的一种或多种如上所定义的碳质材料中所含的碳。

[0052] 术语“被输入到气化器中的总氧”或“被添加到气化器中的总氧”表示被进料到气化器中的任何材料中所含的所有氧的总和,例如被添加到气化器中的含分子氧的气体中所含的氧、被添加到气化器中的一种或多种如上所定义的碳质材料中所含的氧、被添加到气化器中的任何水或蒸汽中所含的氧。

[0053] 术语“被输入到气化器的第一反应区中的总氧”或“被添加到气化器的第一反应区中的总氧”表示被进料到气化器的第一反应区中的任何材料中所含的所有氧的总和,例如被添加到气化器的第一反应区中的含分子氧的气体中所含的氧、被添加到气化器的第一反应区中的一种或多种如上所定义的碳质材料中所含的氧、被添加到气化器的第一反应区中的任何水或蒸汽中所含的氧。

[0054] 详细描述

[0055] 现在将参照附图更充分地描述本公开,附图中显示了本公开的各种实施方式。然而,本公开的主题内容可以以许多不同的形式体现,并且不应当被解释为受限于本文所阐述的实施方式。

[0056] 本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产包含一氧化碳、氢气和焦油的产物气体的方法:所述方法包括:向所述气化器中添加一种或多种碳质材料、添加含分子氧的气体、以及任选地添加水;其中以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 0.75。在一种实施方式中,以磅/磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量为约 0.75 至约 3.0。作为实施方式,本公开还包括向所述气化器中添加水;包括向所述气化器中直接添加蒸汽;包括通过部分地向所述气化器中直接添加蒸汽来添加水;包括向所述气化器中添加一种或多种含有水分的所述碳质材料。

[0057] 在本公开的实施方式中,一种或多种所述碳质材料包括选自下列的物质:碳质材料、碳质液体产物、碳质工业液体回收物、碳质城市固体废物(MSW 或 msw)、碳质城市废物、碳质农业材料、碳质林业材料、碳质木材废料、碳质建筑材料、碳质植物材料、碳质工业废物、碳质发酵废物、碳质石油化学副产物、碳质醇生产副产物、碳质煤、轮胎、塑料、废塑料、焦炉焦油、纤维软质、木质素、黑液、聚合物、废聚合物、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETA)、聚苯乙烯(PS)、污水污泥、动物粪便、作物残渣、能源作物、森林加工剩余物、木材加工剩余物、家畜粪便、家禽粪便、食品加工剩余物、发酵过程的废物、乙醇副产物、用过的谷物、用过的微

生物或上述物质的组合。在一种实施方式中,在不含水的基础上,一种或多种所述碳质材料的碳含量为约 0.25 磅至约 1.0 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。在一种实施方式中,在不含水的基础上,一种或多种所述碳质材料的氢含量为约 0.0 磅至约 0.25 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。在一种实施方式中,在不含水的基础上,一种或多种所述碳质材料的氧含量为约 0.0 磅至约 0.5 磅 / 磅一种或多种所述碳质材料。

[0058] 在一种实施方式中,所述碳质材料包括选自下列的多种碳质材料:碳质材料、碳质液体产物、工业碳质液体回收物、碳质城市固体废物(MSW)、碳质城市废物、碳质农业材料、碳质林业材料、碳质木材废料、碳质建筑材料、碳质植物材料、碳质石油化学副产物、碳质煤、塑料、废塑料、焦炉焦油、纤维软质、轮胎、木质素、黑液、聚合物、废聚合物、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETA)、聚苯乙烯(PS)、污水污泥、动物粪便、作物残茬、能源作物、森林加工剩余物、木材加工剩余物、家畜粪便、家禽粪便、食品加工剩余物、发酵过程的废物、碳质工业废物、醇生产废物、乙醇副产物、用过的谷物、用过的微生物、或任何这些材料的组合。

[0059] 在实施方式中,气化器产生含有灰-碳的灰,并且其中所述灰包含小于约 10% 的灰-碳。在实施方式中,气化器产生含有灰-碳的灰,并且其中所述灰包含小于约 5% 的灰-碳。

[0060] 在实施方式中,本公开提供了用于在分子氧存在下在约 1750° F 至约 3500° F 的温度下处理所述产物气体以生产粗制合成气的方法,所述粗制合成气包含一氧化碳、氢气和合成气-碳。在各种实施方式中,粗制合成气还包含二氧化碳。

[0061] 在实施方式中,在一种或多种所述碳质材料中的碳与氢的质量比为 1 至 20。在实施方式中,在一种或多种所述碳质材料中的碳与氧的质量比为 1 至 200。

[0062] 作为实施方式,所述粗制合成气包含小于约 0.5 磅的合成气-碳 / 1000SCF 生产的粗制合成气。

[0063] 本公开提供了使用部分氧化方法将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法:所述气化器包含第一反应区和第二反应区;所述方法包括:向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料;向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽;其中以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 1.25。在实施方式中,以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器的所述第一反应区中的总氧的量为约 1.25 至约 3.5。在一种实施方式中,所述第一反应区的温度为 650-1450° F。在一种实施方式中,所述第二反应区的温度为 1750-3500° F。

[0064] 本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法:所述气化器包含第一反应区和第二反应区;所述方法包括:向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料;向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽;其中以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器中的总氧的量大于约 1.25。在实施方式中,以磅 / 磅被添加到所述气化器中的总碳为单位,被添加到所述气化器的所述第一反应区中的总氧的量为约 1.25 至约 3.5。在一种实施方式中,所述第一反应区的温度为 650-1450° F。在一种实施方式中,所述第二反应区的温度为 1750-3500° F。

[0065] 本公开还提供了一种方法,所述方法包括:使所述粗制合成气经历冷却和净化,以

生产清洁的合成气；使所述清洁的合成气与发酵容器中的生物催化剂接触，以生产醇产物的混合物。在一种实施方式中，在一种或多种所述碳质材料中的碳与氢的质量比为 1 至 20。在一种实施方式中，在一种或多种所述碳质材料中的碳与氧的质量比为 1 至 200。

[0066] 本公开提供了使用部分氧化方法将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0067] 本公开提供了使用部分氧化方法生产合成气的气化器；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0068] 本公开提供了将碳质材料在气化器中气化以生产合成气的方法；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0069] 本公开提供了生产合成气的气化器；所述气化器包含第一反应区、第二反应区、以及连接第一反应区和第二反应区的腔室；所述方法包括：向气化器的所述第一反应区中添加一种或多种碳质材料；向所述气化器的所述第一反应区和第二反应区之一或两者中添加含分子氧的气体并任选地添加水或蒸汽；包括向所述气化器的连接所述第一反应区和所述第二反应区的所述腔室中添加含分子氧的气体。

[0070] 在本公开的一种实施方式中，所述气化器的温度为约 650° F 至约 3500° F。在一种实施方式中，所述温度为约 650° F 至约 1450° F。在一种实施方式中，所述气化器的温度为约 950° F 至约 1400° F。在一种实施方式中，所述气化器的温度为约 1400° F。在一种实施方式中，所述气化器的温度为约 1750° F 至约 2250° F。在一种实施方式中，所述气化器的温度为约 2250° F。

[0071] 在本公开的各种实施方式中，可以用公布的技术中描述的各种去除焦油的方法处理所述含焦油的产物气体以去除或破坏至少一部分被包含在所述含焦油的产物气体中的焦油，以便生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。在本公开的一种实施方式中，在分子氧存在下在约 1750° F 至约 3500° F 的温度下处理所述含焦油的产物气体以取出或生产粗制合成气，所述粗制合成气包含一氧化碳、氢气和合成气-碳。在本公开的一种实施方式中，在分子氧存在下在约 1750° F 至约 3500° F 的温度下处理所述含焦油的产物气体以取出或生产粗制合成气，所述粗制合成气包含二氧化碳。据推测，在这样的处理中，通过焦油的裂解来破坏焦油。据推测，在这样的处理中，通过焦油的部分氧化来破坏焦油。在一种实施方式中，处理温度为约 1750° F 至约 2250° F。在一种实施方式中，处理温度为约 2250° F。

[0072] 如上操作气化器不能实现被导入到气化器中的所有碳的完全燃烧以产生二氧化碳。据推测,实现了碳的部分氧化,这增加了一氧化碳的产生。这种部分氧化还可能导致形成未反应的碳粒子或烟炱(“合成气-碳”),所述未反应的碳粒子或烟炱留在粗制合成气中。含有大量合成气-碳的粗制合成气是不合人意的,因为它增加了清洁粗制合成气的难度和成本。在本公开的方法中,所述粗制合成气包含小于约 0.5 磅的合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。在本公开的一种实施方式中,所述粗制合成气包含小于约 0.25 磅合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。在一种实施方式中,所述粗制合成气包含小于约 0.125 磅的合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。

[0073] 如上操作气化器不能实现被导入到气化器中的所有碳的完全燃烧以产生二氧化碳。据推测,实现了碳的不完全氧化,这增加了一氧化碳的产生。这种不完全氧化还可能导致形成未反应的碳粒子或烟炱(“合成气-碳”),所述未反应的碳粒子或烟炱留在粗制合成气中。含有大量合成气-碳的粗制合成气是不合人意的,因为它增加了清洁粗制合成气的难度和成本。在本公开的方法中,所述粗制合成气包含小于约 0.5 磅的合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。在本公开的一种实施方式中,所述粗制合成气包含小于约 0.25 磅的合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。在一种实施方式中,所述粗制合成气包含小于约 0.125 磅的合成气-碳/1000SCF 生产的粗制合成气。

[0074] 可以在多个独立的加工单元中或者在带有多个反应区或腔室或隔室的单个单元中实现将碳质材料气化以生产含焦油的产物气体以及随后在含分子氧的气体存在下、在高温下处理所述含焦油的产物气体(“焦油裂解”)以生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。

[0075] 可以在多个独立的加工单元中或者在带有多个反应区或腔室或隔室的单个单元中实现将碳质材料气化以生产含焦油的产物气体以及随后在含分子氧的气体存在下、在高温下处理所述含焦油的产物气体(“焦油的部分氧化”)以生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。

[0076] 在本公开的一种实施方式中,使用的气化单元包含两个反应区:第一反应区,其生产含焦油的产物气体;以及第二反应区,其从含焦油的产物气体生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。

[0077] 在本公开的一种实施方式中,使用多级气化单元,所述装置包含两个反应区:第一反应区,其生产含焦油的产物气体;以及第二反应区,其从含焦油的产物气体生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。

[0078] 在本公开的一种实施方式中,使用两级气化单元,所述装置包含两个反应区:第一反应区,其生产含焦油的产物气体;以及第二反应区,其从含焦油的产物气体生产不含焦油或含较少的焦油的粗制合成气。

[0079] 在本公开的一种实施方式中,第一反应区中的温度不应该超过碳质材料中形成灰的无机组分的熔点。该温度可以被称为灰熔融温度。在一种实施方式中,将第一反应区的温度维持在约 650° F 至约 1450° F。在一种实施方式中,将第一反应区的温度维持在约 950° F 至约 1450° F。在一种实施方式中,将第一反应区的温度维持在约 1400° F。

[0080] 第二反应区中的温度应当高至足让焦油裂解有效地进行。在一种实施方式中,将第二反应区的温度维持在约 1750° F 至约 3500° F。在一种实施方式中,将第二反应区的

温度维持在约 1750° F 至约 2250° F。在一种实施方式中,将第二反应区的温度维持在约 2250° F。除了维持合适的温度以外,还应当依一定尺寸制造第二反应区,使得能够为焦油裂解提供合适的接触时间或停留时间。通常维持停留时间为约 2 至约 5 秒。

[0081] 第二反应区中的温度应当高至足让部分氧化有效地进行。在一种实施方式中,将第二反应区的温度维持在约 1750° F 至约 3500° F。在一种实施方式中,将第二反应区的温度维持在约 1750° F 至约 2250° F。在一种实施方式中,将第二反应区的温度维持在约 2250° F。除了维持合适的温度以外,还应当依一定尺寸制造第二反应区,使得能够为焦油裂解提供合适的接触时间或停留时间。通常维持停留时间为约 2 至约 5 秒。

[0082] 在一种实施方式中,第二反应区被垂直置于第一反应区上方。在一种实施方式中,第二反应区被垂直置于第一反应区下方。

[0083] 含分子氧的气体被添加在所述气化器的第一反应区中。含分子氧的气体被添加在所述气化器的第二反应区中。含分子氧的气体被添加在所述气化器的第一反应区和第二反应区两者中。含分子氧的气体可以是空气、富含氧气的空气或纯氧气。含分子氧的气体可以含有约 21 体积 % 至约 100 体积 % 的分子氧。

[0084] 在本公开中,被添加在气化器中的总氧是被添加到气化器中的一种或多种碳质材料的氧含量、任何任选添加的水或蒸汽中所含的氧、以及被注入到气化器的第一反应区或下部腔室以及第二反应区或上部腔室两者中的含分子氧的气体中所含的氧的总和;被添加在气化器中的总碳是被添加到气化器中的一种或多种碳质材料的碳含量的总和。

[0085] 在本公开中,被添加在气化器的第一反应区中的总氧是被添加在气化器的第一反应区中的一种或多种碳质材料的氧含量、任何任选被添加在气化器的第一反应区中的水或蒸汽中所含的氧、以及被添加在气化器的第一反应区中的含分子氧的气体中所含的氧的总和;被添加在气化器的第一反应区中的总碳是被添加在气化器的第一反应区中的一种或多种碳质材料的碳含量的总和。

[0086] 在一种实施方式中,被添加在气化器的第一反应区中的总碳等于被添加在气化器中的总碳。

[0087] 在一种实施方式中,被添加在气化器的第一反应区中的总碳不等于被添加在气化器中的总碳。

[0088] 作为实施方式,本公开还提供了生产醇的方法,所述方法包括:

[0089] 使所述粗制合成气经历冷却和净化,以生产清洁的合成气;

[0090] 使所述清洁的合成气与发酵容器中的生物催化剂接触,以生产醇产物的混合物。

[0091] 在一种实施方式中,一种或多种所述醇包含甲醇。在一种实施方式中,一种或多种所述醇包含乙醇。在一种实施方式中,一种或多种所述醇包含甲醇、乙醇、丙醇、丁醇及它们的组合。

[0092] 在一种实施方式中,从醇产物的混合物中选择性地回收醇。在一种实施方式中,选择性回收的醇是乙醇。在一种实施方式中,选择性回收的醇是丁醇。

[0093] 作为实施方式,所述生物催化剂包含:微生物;产乙酸的细菌;一株或多株选自梭菌属、穆尔氏菌属和一氧化碳嗜热菌属的菌株或其混合菌株;杨氏梭菌。本公开的所述杨氏梭菌选自自由 PETC、ERI-2、O-52 和 C-01 或它们的组合组成的菌株。

[0094] 图 1 包含示出了气化器的实施方式的示意图。图 1 给出了两级气化器的示意图。

作为实施方式,图 1 给出了使用部分氧化的两级气化器的示意图。现在参照图 1,从进料漏斗(100)将一种或多种碳质材料(150)进料到气化器的第一反应区或下部腔室(200)中用于气化。含分子氧的气体(220)被导入到下部腔室中用于辅助气化。在一种实施方式中,水或蒸汽可以被添加在下部腔室中以辅助气化。调节被注入在下部腔室中的氧的量,使得能够防止碳质材料完全燃烧。换言之,下部腔室是缺氧的。防止完全燃烧还可以通过调节下部腔室中的温度来调整。下部腔室中的温度被维持在 750 至 1450° F。在一种实施方式中,调节下部腔室中的温度,使得能够防止任何在气化过程中形成的灰发生熔化。在一种实施方式中,下部腔室中的温度为 1400° F。在一种实施方式中,在干燥或不含水的基础上,被导入在下部腔室中的分子氧的量包含 10 至 100 磅 - 摩尔 / 吨碳质材料。

[0095] 在第一反应区或下部腔室中产生的气态材料的料流经由腔室(300)移动到气化器的第二反应区或上部腔室(400)中,所述腔室(300)将第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室连接。从下部腔室去除灰料流(250)。在第一反应区中产生的气态材料的料流经由气化器的连接腔室(300)移动到气化器的第二反应区(400)中,所述连接腔室(300)将第一反应区与第二反应区连接。从第一反应区去除灰料流(250)。

[0096] 在实施方式中,蒸汽可以被添加在第一反应区 / 下部腔室(200)中。在实施方式中,蒸汽可以被添加在第二反应区 / 上部腔室(400)中。在实施方式中,蒸汽可以被添加在第一反应区 / 下部腔室(200)和第二反应区 / 上部腔室(400)中。在实施方式中,蒸汽可以被添加在连接第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室的腔室中。在实施方式中,蒸汽可以被添加在进入到连接第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室的腔室中的气体料流(310)中。

[0097] 在实施方式中,连续蒸汽可以被添加在第一反应区 / 下部腔室(200)中。在实施方式中,连续蒸汽可以被添加在第二反应区 / 上部腔室(400)中。在实施方式中,连续蒸汽可以被添加在第一反应区 / 下部腔室(200)和第二反应区 / 上部腔室(400)中。在实施方式中,连续蒸汽可以被添加在连接第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室的腔室(300)中。在实施方式中,连续蒸汽可以被添加在进入到连接第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室的腔室中的气体料流(310)中。

[0098] 据推测,在下部腔室中产生的气态材料中所含的焦油的部分氧化是在上部腔室中完成的。据推测,在下部腔室中产生的气态材料中所含的焦油的裂解是在上部腔室中完成的。将含分子氧的气体料流导入到连接第一反应区 / 下部腔室与第二反应区 / 上部腔室的腔室(300)或气化器的喉管中,以便辅助焦油在上部腔室中的部分氧化和 / 或裂解。在一种实施方式中,将含分子氧的气体直接导入到上部腔室内。焦油的部分氧化还可以通过调节气化器的上部腔室中的温度来调整。焦油裂解还可以通过调节气化器的上部腔室中的温度来调整。上部腔室中的温度被维持在 1750 至 3500° F。在一种实施方式中,上部腔室中的温度为 2250° F。在一种实施方式中,在干燥或不含水的基础上,被导入在上部腔室中的分子氧的量包含 10 至 100 磅 - 摩尔 / 吨碳质材料。

[0099] 在一种实施方式中,上部腔室被置于在下部腔室顶部的垂直上方水平处。在一种实施方式中,上部腔室被置于在下部腔室顶部的非垂直上方水平处。在一种实施方式中,下部腔室和上部腔室被置于大约相同的垂直高度,即并排。从气化器的上部腔室取出粗制合成气料流(410)。

[0100] 图 2 包含示出了经所述碳质材料的气化来生产来自碳质材料的乙醇的过程的实施方式的示意图。现在参照图 2, 碳质材料(1)被进料到气化器(10)中, 在气化器(10)中, 碳质材料被转化成包含一氧化碳(CO)和氢气(H₂)的发生炉气体或合成气体或合成气。从气化器取出粗制合成气产物(11)。粗制合成气是热的, 并且它可能含有含硫气体和其他酸性气体、颗粒状材料等, 使所述粗制合成气在冷却和净化过程(20)中经历冷却和净化。通过冷却和净化过程生产的冷却并净化后的合成气料流(21)被导入到生物反应器或发酵罐或发酵器(30)中来生产乙醇。在生物反应器中, 微生物使合成气的一氧化碳(CO)和氢气(H₂)起作用以生产乙醇。从生物反应器取出含乙醇的料流(31)。可以进一步加工含乙醇的料流以生产燃料级乙醇(图中未示出)。

[0101] 图 3 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言, 被输入到气化器中的总氧对合成气-碳的影响的实施方式。作为实施方式, 图 3 示出了总合成气-碳含量随着被输入到气化器中的总氧增加而降低的趋势。图 3 是以磅/KSCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的输入的总氧(x-轴)的曲线图。图 3 是以磅/千 SCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的输入的总氧(x-轴)的曲线图。图 3 是以磅/千 SCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的输入的总氧(x-轴)的曲线图; 其中输入的总氧是被输入到气化器中的总氧, 以及输入的总碳是被输入到气化器中的总碳。对于被输入到气化器中的总氧大于约 1.4 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳而言, 粗制合成气包含小于约一(1)磅(1b)的合成气-碳/一千标准立方英尺(1000SCF 或 KSCF)生产的粗制合成气。对于被输入到气化器中的总氧大于约 1.5 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳而言, 粗制合成气包含小于约 0.3 磅(1b)的合成气-碳/一千标准立方英尺(1000SCF 或 KSCF)生产的粗制合成气。

[0102] 图 4 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言, 被输入到气化器中的总氧对生产的乙醇的量的影响的实施方式。作为实施方式, 图 4 示出了醇产量最初随着输入的总氧增加而增加的趋势。图 4 是以磅/磅输入的总碳为单位的生产的乙醇(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的输入的总氧(x-轴)的曲线图。图 4 是以磅/磅输入的总碳为单位的生产的乙醇(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的输入的总氧(x-轴)的曲线图; 其中输入的总氧是被输入到气化器中的总氧, 以及输入的总碳是被输入到气化器中的总碳。作为实施方式, 图 4 示出了醇产量最初随着输入的总氧增加而增加、然后随着输入的总氧增加而降低的趋势。作为实施方式, 图 4 示出了乙醇产量最初随着输入的总氧增加而增加、然后随着输入的总氧增加而降低的趋势。作为实施方式, 图 4 示出了在输入的总氧为约 1.5 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳之前, 乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器中的总氧增加而增加的趋势。作为实施方式, 图 4 示出了在输入的总氧为约 1.5 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳之前, 乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器中的总氧增加而增加, 以及被输入到气化器中的总氧超过约 1.5 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳后, 乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器中的总氧增加而降低的趋势。

[0103] 图 5 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言,被输入到气化器的第一反应区中的总氧对合成气-碳的影响的实施方式。作为实施方式,图 5 示出了粗制合成气的总合成气-碳含量随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而降低的趋势。图 5 是以磅/KSCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的被输入到第一反应区中的总氧(x-轴)的曲线图。图 5 是以磅/千 SCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的被输入到第一反应区中的总氧(x-轴)的曲线图。图 5 是以磅/千 SCF 生产的粗制合成气为单位的合成气碳(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的被输入到第一反应区中的总氧(x-轴)的曲线图;其中被输入到第一反应区中的总氧是被输入到气化器的第一反应区中的总氧,以及输入的总碳是被输入到气化器中的总碳。对于被输入到气化器的第一反应区中的总氧大于约 0.75 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳而言,粗制合成气包含小于约一(1)磅(1b)的合成气-碳/一千标准立方英尺(1000SCF)生产的粗制合成气。对于被输入到气化器的第一反应区中的总氧大于约 0.9 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳而言,粗制合成气包含小于约 0.3 磅(1b)的合成气-碳/一千标准立方英尺(1000SCF 或 KSCF)生产的粗制合成气。

[0104] 图 6 包含的示意图示出了对于水向气化器中的各种输入量而言,被输入到气化器的第一反应区中的总氧对生产的乙醇的量的影响的实施方式。作为实施方式,图 6 示出了乙醇产量最初随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加的趋势。图 6 是以磅/磅输入的总碳为单位的生产的乙醇(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的被输入到第一反应区中的总氧(x-轴)的曲线图。图 6 是以磅/磅输入的总碳为单位的生产的乙醇(y 轴)相对于以磅/磅输入的总碳为单位的被输入到第一反应区中的总氧(x-轴)的曲线图;其中被输入到第一反应区中的总氧是被输入到气化器的第一反应区中的总氧,以及输入的总碳是被输入到气化器中的总碳。作为实施方式,图 6 示出了乙醇产量最初随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加、然后随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而降低的趋势。作为实施方式,图 6 示出了乙醇产量最初随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加的趋势。作为实施方式,图 6 示出了乙醇产量最初随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加、然后随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而降低的趋势。作为实施方式,图 6 示出了在被输入到气化器的第一反应区中的总氧为约 0.9 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳之前,乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加的趋势。作为实施方式,图 6 示出了在被输入到气化器的第一反应区中的总氧为约 0.9 磅/磅(1b/1b)被输入到气化器中的总碳之前,乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而增加,以及被输入到气化器的第一反应区中的总氧超过 0.9 磅/磅(1b/1b)后,乙醇产量(生产的乙醇磅数/磅被输入到气化器中的总碳)随着被输入到气化器的第一反应区中的总氧增加而降低的趋势。

[0105] 出于说明和描述的目的,给出了对本公开的特定实施方式的前述描述。它们并不旨在是穷举性的或将所公开的内容限制在精确的形式。显然,鉴于上述教导,许多修改和变体都是有可能的。尽管选择和描述了某些实施方式,以便最好地解释本公开的原理及其实际应用,从而使本领域的其他技术人员能够最好地利用本公开,但是,适合于特定用途的、

具有各种修改的各种实施方式也是有可能的。

[0106] 在本公开的一种实施方式中,醇的生产是通过将合成气与发酵容器中的生物催化剂接触以生产醇产物的混合物。在一种实施方式中,所述醇包含甲醇、乙醇、丙醇、和丁醇或它们的组合。在一种实施方式中,所述醇包含乙醇。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含产乙酸的细菌。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含一株或多株选自梭菌属、穆尔氏菌属和一氧化碳嗜热菌属的菌株或其混合菌株。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含一株或多株杨氏梭菌菌株。在一种实施方式中,所述杨氏梭菌选自自由 PETC、ERI-2、O-52 和 C-01 或它们的组合组成的菌株。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含一株或多株 *Clostridium carboxidivorans* 菌株。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含一株或多株拉氏梭菌菌株。在一种实施方式中,所述生物催化剂包含一株或多株产乙醇梭菌菌株。

实施例

[0107] 本公开中设想了多级气化器。作为实施方式,本公开中设想了使用部分氧化法的多级气化器。下面的利用两级气化器的实施例如图 1 所示。该气化器包含第一级或第一反应区或下部腔室以及第二级或第二反应区或上部腔室。碳质材料被进料到下部腔室中,在下部腔室中可以将空气、富含氧气的空气或纯氧气以受控的速率注入到炉栅下方。对于下面给出的实施例,纯氧气被注入到下部腔室中。控制下部腔室的温度和输入的氧气,使得仅发生碳质材料的不完全氧化,不完全燃烧(也被描述为缺空气或缺氧的燃烧)。控制下部腔室的温度和输入的氧气,使得仅发生碳质材料的部分氧化,不完全燃烧(也被描述为缺空气或缺氧的燃烧)。下部腔室中的温度被维持在约 750 至约 1450° F。在一种实施方式中,第一级中的温度被维持在约 1400° F。在一种实施方式中,第一级或下部腔室中的温度被维持在小于约 1400° F。来自下部腔室的气态产物移动到第二级或上部腔室中。从下部腔室去除灰。纯氧气被导入到上部腔室中,以将温度升高至上部腔室温度为约 1750 至约 3500° F,以便完成来自第一级的气态料流中所含的任何焦油(例如重质烃类)的裂解。纯氧气被导入到上部腔室中,以将温度升高至上部腔室温度为约 1750 至约 3500° F,以便完成来自第一级的气态料流中所含的任何焦油(例如重质烃类)的部分氧化。对于下面给出的实施例,上部腔室的温度为 2250° F。含有一氧化碳(CO)、氢气(H₂)、CO₂、N₂ 和其他成分(例如 O₂、颗粒状物质(PM)、焦油、金属)的粗制的发生炉气体(也称为粗制合成气体或粗制合成气)从上部腔室中产生,并将其从上部腔室中取出。在一种实施方式中,蒸汽可以被注入到下部腔室中。在一种实施方式中,蒸汽可以被注入到上部腔室中。

[0108] 在气化后,使粗制合成气经历冷却和净化,以生产产物合成气。将产物合成气导入到生物反应器或发酵器或发酵罐中,以生产醇、甲醇、乙醇、丙醇、和 / 或丁醇。在下面的实施例中,在生物反应器中生产乙醇。

[0109] 在下面的实施例中,使用数学模型来计算对于各种过程条件和进料材料而言的气化器和发酵罐的输出量,以代替实际的实验。为了计算气化器的输出量,使用基于 CHEMKIN 数学模型。

[0110] 该模型使用了 5% 的空气泄漏进入气化器的下部腔室或第一反应区中。

[0111] 用于发酵过程的模型包括转化 90% 一氧化碳的过程以及转化 40% 氢气的过程,每个过程均具有 95% 的选择性,从而制备乙醇。

[0112] 实施例 1-29 :

[0113] 实施例 1-29 举例说明了在碳质材料不含水或含可忽略不计的水并且未向气化器直接添加水或蒸汽的情况下将碳质材料气化的实施方式,以及在碳质材料含大量的水和/或向气化器直接添加大量水或蒸汽的情况下将碳质材料气化的实施方式。这些实施例举例说明了将单一的碳质材料例如煤、焦炉焦油(焦炭)、塑料、轮胎、木材、聚苯乙烯(PS)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PETA)气化的实施方式,以及将多种碳质材料例如轮胎和木材的掺混物、塑料和木材的掺混物、塑料和 msw 的掺混物、以及焦炉焦油和纤维软质的掺混物气化的实施方式。对于所有这些实施例,第一反应区中的温度为 1400° F,并且第二反应区中的温度为 2250° F。相关的碳质材料的性质、其他气化条件和产物数据被总结在下面的表 I 和表 II 中。

[0114] 作为实施方式中,以下是对实施例 1-29 中示出的碳质材料掺混物的描述:

[0115] 生物质 -VW-15 :80 重量 % 生物质和 20 重量 % 建筑木材废料或植物废料的掺混物,掺混物的含水量为 15 重量 %

[0116] 焦炭 - 纤维软质 -10 :50 重量 % 的不含水的焦炉焦油(焦炭)和 50 重量 % 的含 20 重量 % 水的湿纤维软质的掺混物,得到掺混物的含水量为 10 重量 %

[0117] 焦炭 - 纤维软质 -20 :50 重量 % 的不含水的焦炉焦油(焦炭)和 50 重量 % 的含 40 重量 % 水的湿纤维软质的掺混物,得到掺混物的含水量为 20 重量 %

[0118] 焦炭 - 纤维软质 -30 :50 重量 % 的不含水的焦炉焦油(焦炭)和 50 重量 % 的含 60 重量 % 水的湿纤维软质的掺混物,得到掺混物的含水量为 30 重量 %

[0119] 塑料 -MSW-03 :90 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 10 重量 % 的含 30 重量 % 水的 MSW 的掺混物,得到掺混物的含水量为 3.2 重量 %

[0120] 塑料 -MSW-08 :75 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 25 重量 % 的含 30 重量 % 水的 MSW 的掺混物,得到掺混物的含水量为 7.7 重量 %

[0121] 塑料 -MSW-15 :50 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 50 重量 % 的含 30 重量 % 水的 MSW 的掺混物,得到掺混物的含水量为 15.1 重量 %

[0122] 塑料 - 木材 -04 :90 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 10 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 4.2 重量 %

[0123] 塑料 - 木材 -10 :75 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 25 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 10.2 重量 %

[0124] 塑料 - 木材 -20 :50 重量 % 的含 0.2 重量 % 水的塑料和 50 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 20.1 重量 %

[0125] 轮胎 - 木材 -00 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,然后预先干燥以去除所有水

[0126] 轮胎 - 木材 -03 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,然后预先干燥至掺混物的含水量为 3 重量 %

[0127] 轮胎 - 木材 -04 :90 重量 % 的不含水的轮胎和 10 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 4.0 重量 %

[0128] 轮胎 - 木材 -06 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 6.0 重量 %

[0129] 轮胎 - 木材 -09 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,然后添加水至掺混物的含水量为 9%

[0130] 轮胎 - 木材 -10 :75 重量 % 的不含水的轮胎和 25 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,得到掺混物的含水量为 10 重量 %

[0131] 轮胎 - 木材 -12 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,然后添加水至掺混物的含水量为 15%

[0132] 轮胎 - 木材 -15 :85 重量 % 的不含水的轮胎和 15 重量 % 的含 40 重量 % 水的木材的掺混物,然后添加水至掺混物的含水量为 15%

[0133] 表 I. 实施例 1-29 的碳质材料的性质和气化过程的条件

[0134]

实施 例 #	碳质材料进料	碳质材料进料的组成						进入气化器中的其他进料, 磅摩尔/DT		
		碳 重量 %*	氧 重量%*	氢 重量%*	灰 重量 %*	其他 重量 %*	水 重量 %	蒸汽	O ₂ (FZ)	O ₂ (SZ)
1	生物质-VW-15	46.6	40.3	5.7	6.9	0.5	15.0	12.3	14.0	13.5
2	煤	64.8	9.2	4.5	16.1	21.5	0.0	0.0	12.1	18.0
3	焦炭-纤维软质-10	69.6	14.6	5.9	7.7	2.2	10.0	0.0	18.0	27.1
4	焦炭-纤维软质-20	73.0	12.4	5.8	6.6	2.2	20.0	0.0	25.4	26.4
5	焦炭-纤维软质-30	77.5	9.7	5.7	5.1	2.0	30.0	0.0	33.9	25.3
6	焦炉焦油	91.7	0.8	5.5	0.3	2.0	0.0	0.0	12.8	24.9
7	塑料	73.0	10.6	9.5	3.4	6.9	0.2	0.0	24.3	29.8
8	塑料-MSW-03	70.6	12.0	9.3	4.8	3.3	3.2	0.0	25.0	29.2
9	塑料-MSW-08	66.8	14.3	8.9	7.0	3.0	7.7	0.0	27.0	26.7
10	塑料-MSW-15	59.4	18.5	8.2	11.3	2.6	15.1	0.0	26.3	21.0
11	塑料-木材-04	71.5	12.7	9.3	3.3	3.2	4.2	0.0	25.4	29.2
12	塑料-木材-10	69.1	16.1	8.9	3.1	2.8	10.2	0.0	27.0	26.7
13	塑料-木材-20	64.2	22.8	8.0	2.7	2.3	20.1	0.0	28.2	21.6
14	PETA	62.5	33.1	4.1	0.1	0.3	0.2	0.0	10.0	22.8
15	聚苯乙烯	86.8	3.9	8.4	0.5	0.9	0.2	0.0	30.7	30.7
16	轮胎	64.2	4.4	5.0	25.6	26.4	0.0	0.0	11.5	16.8
17	轮胎	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	50.0	26.7	20.9
18	轮胎	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	60.0	28.5	20.0
19	轮胎	64.2	4.4	5.0	25.4	1.0	0.0	70.0	30.1	19.3
20	轮胎-木材-00	62.8	8.1	5.0	23.1	24.1	0.0	0.0	11.3	17.7
21	轮胎-木材-03	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	3.0	0.0	13.4	19.9
22	轮胎-木材-04	63.3	6.8	5.0	23.9	1.0	4.0	0.0	14.2	12.9
23	轮胎-木材-06	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	6.0	0.0	15.4	22.2
24	轮胎-木材-09	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	9.0	0.0	17.4	23.9
25	轮胎-木材-10	61.7	10.9	5.1	21.4	0.9	10.0	0.0	17.6	23.6
26	轮胎-木材-12	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	12.0	0.0	19.4	24.0
27	轮胎-木材-15	62.8	8.1	5.0	23.1	1.0	15.0	0.0	21.4	23.3
28	木材	49.5	43.1	5.4	1.5	2.0	0.0	0.0	6.3	17.4
29	木材	49.5	43.1	5.5	1.5	0.4	40.0	0.0	24.5	13.3

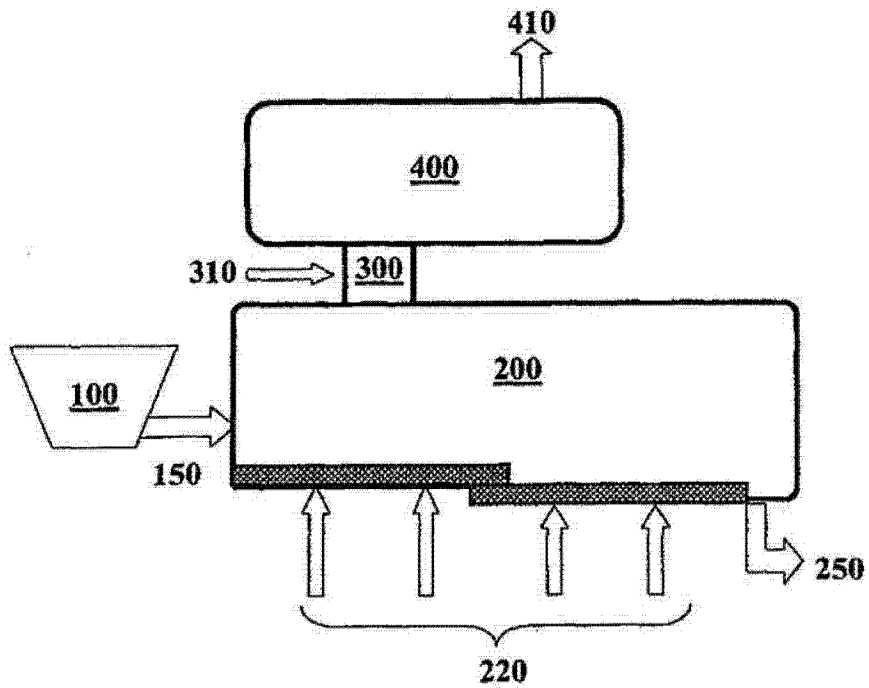
[0135] 注:*表示在干燥或不含水的基础上;DT表示干燥或不含水的碳质材料的吨数

[0136] 表 II. 实施例 1-29 的气化产物和后续发酵过程

[0137]

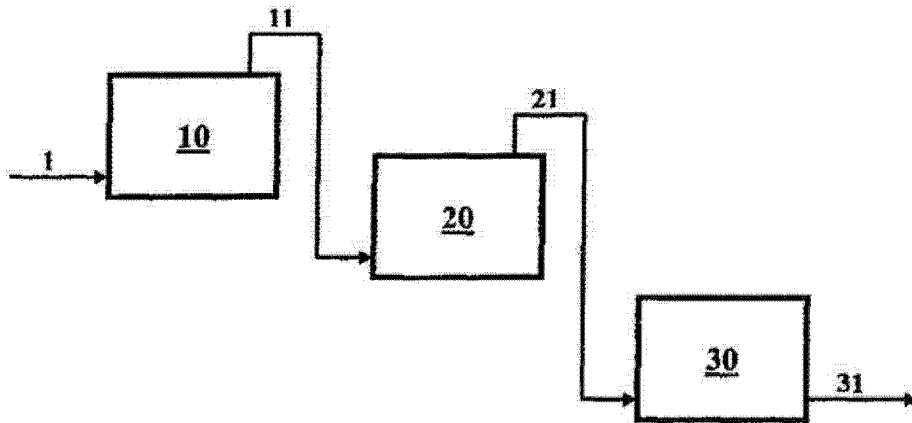
实施 例#	进料	生产的粗制合成气组分， 磅摩尔/DT					粗制合成气 体积， KSCF/DT	灰-碳， 磅摩尔 /DT	乙醇， 磅摩尔 /DT
		CO	H ₂	CO ₂	H ₂ O	合成气-碳			
1	生物质-VW-15	59.1	49.3	17.9	38.8	0.1	60321	0.574	11.5
2	煤	67.5	42.7	0.1	0.1	38.9	55782	1.340	12.3
3	焦炭-纤维软质 -10	108.9	67.8	1.6	2.6	4.8	68505	0.942	19.8
4	焦炭-纤维软质 -20	112.6	72.7	7.5	12.6	1.1	76228	0.546	20.6
5	焦炭-纤维软质 -30	113.0	77.4	15.2	27.0	0.5	86109	0.422	21.0
6	焦炉焦油	77.9	61.2	0.1	0.1	74.9	78465	0.025	15.0
7	塑料	111.2	93.1	0.8	1.9	9.4	79625	0.284	21.7
8	塑料-MSW-03	111.4	91.5	2.1	4.5	3.8	78546	0.399	21.7
9	塑料-MSW-08	104.4	87.1	4.9	10.6	1.4	76746	0.586	20.4
10	塑料-MSW-15	87.4	77.4	10.2	23.5	0.5	73293	0.942	17.4
11	塑料-木材-04	112.3	91.7	2.6	5.4	3.2	79187	0.284	21.8
12	塑料-木材-10	107.5	87.9	6.2	13.2	1.2	79482	0.266	20.9
13	塑料-木材-20	92.8	78.1	13.6	29.7	0.4	78874	0.225	18.2
14	PETA	98.6	40.1	1.4	1.5	4.4	53409	0.004	16.6
15	聚苯乙烯	118.7	83.9	0.4	0.6	25.8	84425	0.038	22.2
16	轮胎	58.2	49.4	0.0	0.1	46.8	56564	2.098	11.4
17	轮胎	91.4	72.5	13.1	27.0	0.4	75191	2.098	17.6
18	轮胎	88.3	74.0	16.3	35.5	0.3	78833	2.098	17.3
19	轮胎	85.3	75.3	19.3	44.2	0.2	82470	2.098	16.9
20	轮胎-木材-00	64.1	49.9	0.1	0.1	38.6	55973	1.924	12.3
21	轮胎-木材-03	75.3	53.2	0.1	0.2	27.4	57335	1.924	14.1
22	轮胎-木材-04	77.1	54.0	0.1	0.3	26.3	57949	1.990	14.4
23	轮胎-木材-06	86.4	56.6	0.3	0.5	16.0	58779	1.924	15.9
24	轮胎-木材-09	95.2	59.6	0.9	1.4	6.6	60300	1.924	17.3
25	轮胎-木材-10	95.8	59.5	2.0	3.2	3.0	60202	2.168	17.4
26	轮胎-木材-12	97.7	61.2	2.4	3.9	2.6	61867	1.924	17.8
27	轮胎-木材-15	96.9	62.2	4.4	7.4	1.4	63527	1.924	17.7
28	木材	75.8	44.9	6.7	10.2	0.6	50387	0.127	13.6
29	木材	48.7	46.2	33.6	82.9	0.0	77345	0.127	9.9

[0138] 公布的所有文献均通过参考结合于此。在上面所写明的说明书中包括本公开的多种修改和变体，并且据预期，所述修改和变体对于本领域技术人员来说是显而易见的。据信，权利要求书的范围涵盖了对本公开的组合物和方法的这样的修改和变更。因此，在不偏离本文的精神和范围的情况下，本领域技术人员可以作出各种修改、改编和替代。



包含示出了用于本公开的气化过程的实施方式的示意图；
图1给出了两级气化过程的实施方式。

图 1



包含示出了经碳质材料的气化来生产乙醇的过程的实施方式的示意图。

图 2

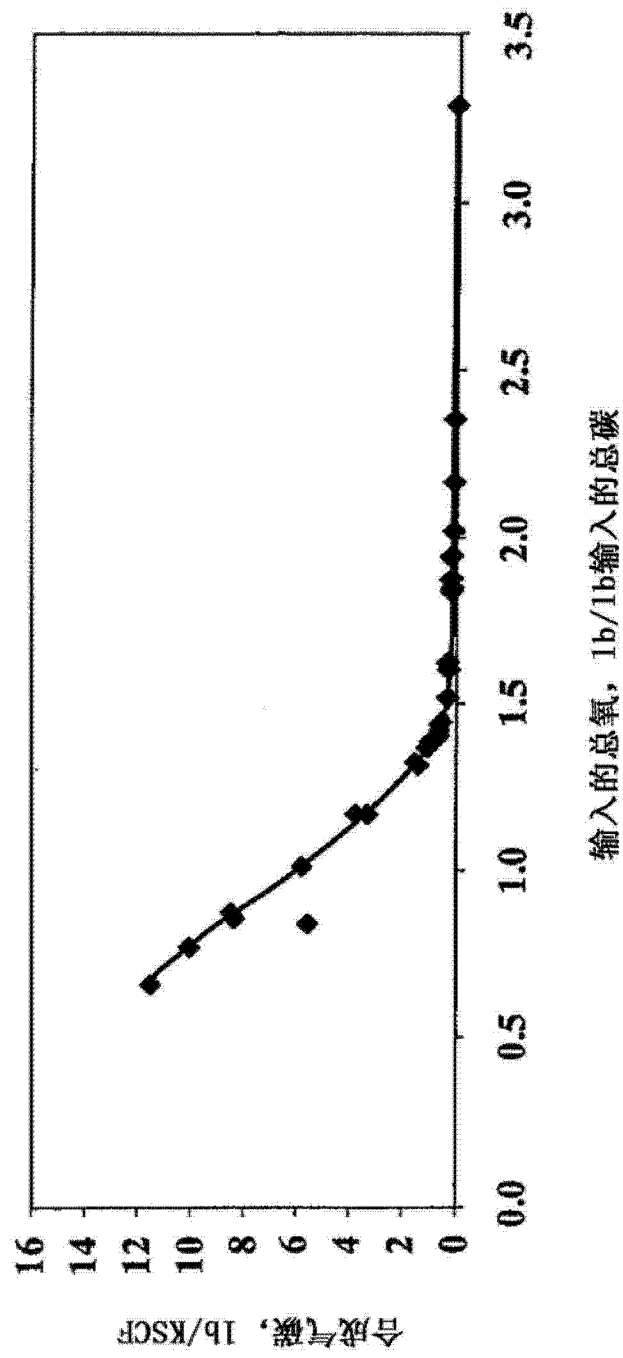


图 3

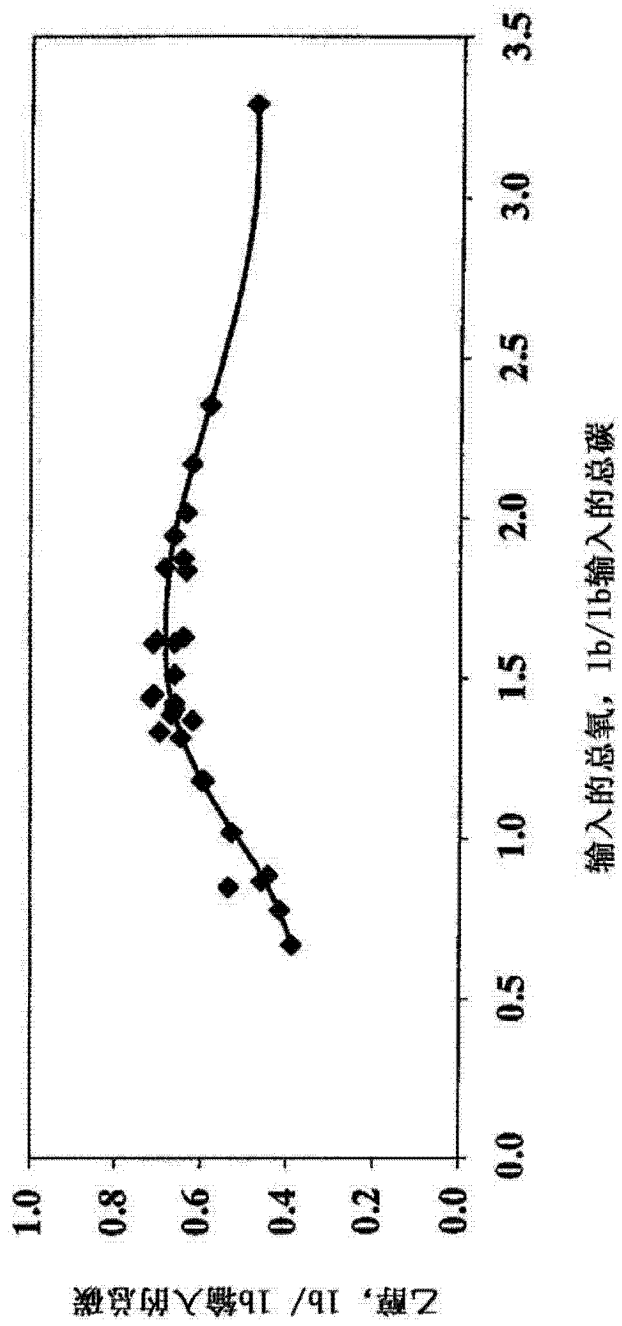


图 4

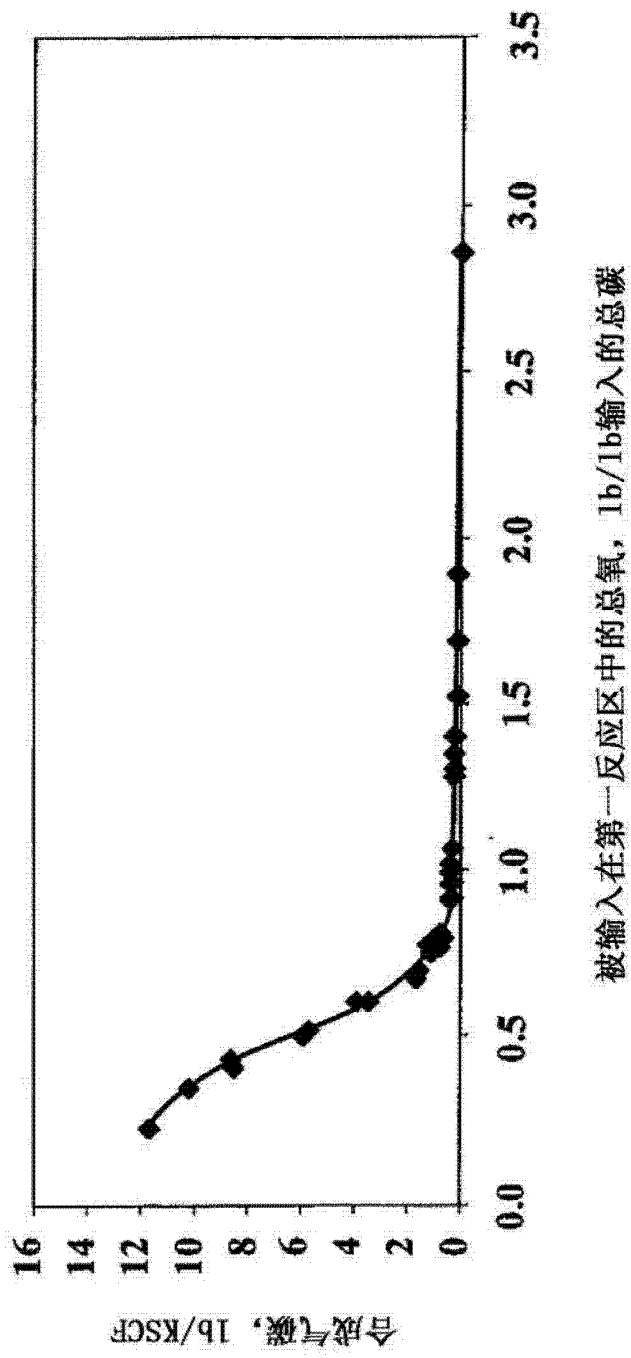


图 5

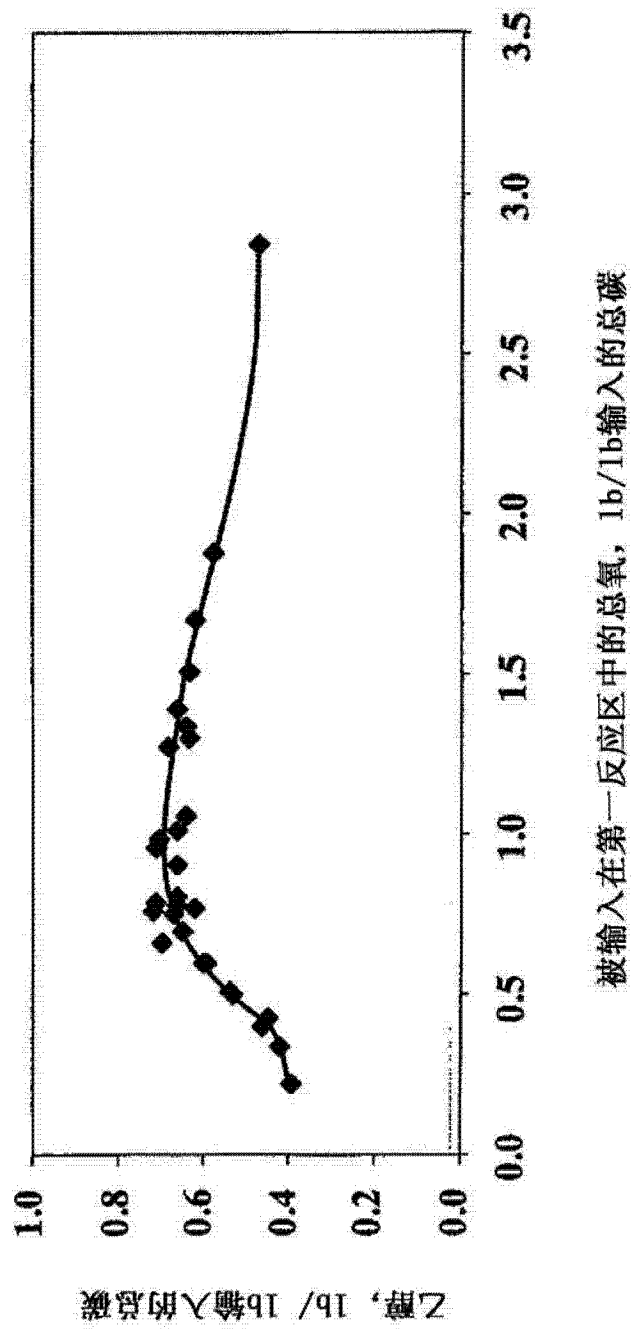


图 6