



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101909741 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 200880124955.0

(22) 申请日 2008.11.14

(30) 优先权数据

0708031 2007.11.16 FR

08/00384 2008.01.25 FR

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2008/001606 2008.11.14

(87) PCT申请的公布数据

W02009/098375 FR 2009.08.13

(73) 专利权人 尼古拉斯·乌戈林

地址 法国巴黎

(72) 发明人 尼古拉斯·乌戈林

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

代理人 王达佐 阴亮

(51) Int. Cl.

B01J 19/12 (2006.01)

B01J 19/08 (2006.01)

C10J 3/02 (2006.01)

C10J 3/20 (2006.01)

C10J 3/54 (2006.01)

B01J 19/20 (2006.01)

B01J 19/10 (2006.01)

B01J 8/00 (2006.01)

B01J 8/44 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

F24J 2/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 4488935 A, 1984.12.18, 全文.

WO 2004/041974 A1, 2004.05.21, 全文.

CN 1732042 A, 2006.02.08, 全文.

WO 2006/048224 A2, 2006.05.11, 全文.

审查员 周荣振

权利要求书2页 说明书30页 附图14页

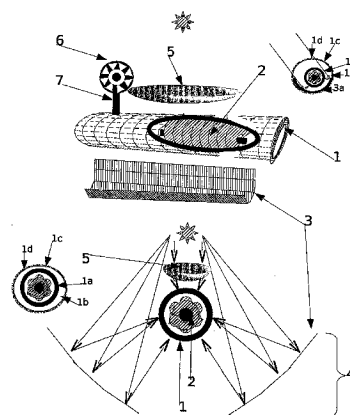
(54) 发明名称

利用太阳能、微波和等离子体从生物质或煤中制备液体燃料和氢气的方法

(57) 摘要

本发明涉及使用与微波耦合的热(产生热)太阳能和等离子体以用于从碳化化合物(carbonated compounds)(生物质、生活垃圾、来自废水的污泥、煤)中主要制备一氧化碳(CO)和氢气(H₂)的系统,其中所得的气体混合物经由费-托合成获得烃燃料(烯烃、烷烃)、酯和醇等。本发明在第一步中包括:一方面将碳化化合物焙烧并热解从而制备炭和干煤,以及主要包含CO₂、蒸汽、焦油和不可冷凝的挥发性物质的过热气体混合物;本发明在第二步中包括:从热解产物(炭或煤、气体混合物)产生基本包含一氧化碳和氢气的混合物的合成气,所述混合物被用于费-托合成单元。在费-托合成步骤后,使合成产物在混合炉(太阳能/微波)的太阳能炉加热之后通过蒸馏柱分离。产生等离子体所需的热能由太阳能电池、风轮机、依靠不能在蒸馏后循环的烃气体而

运行的发电机、以及贯穿于整个方法之中用于回收热能的系统产生。



1. 用于制备主要含有 CO 和 H₂ 的合成气的含碳化合物的气化方法,其特征在于,其包括:

A) 第一步,在太阳微波反应器中,通过协同热能加热包含在所述太阳微波反应器中的化合物,来使化合物焙烧热解成炭和热解气体,所述协同热能由太阳辐射在反应器的壁表面上的会聚或反射,以及直接注入到所述反应器和化合物中的微波的集中所引起的反应器壁的加热来共同提供,以及

B) 第二步,通过在旋流反应器中发生的化学氧化还原反应,将来自太阳微波反应器的所述炭和热解气体主要转化成 CO 和 H₂,其中由于燃烧所述热解气体或附加气体、将受热的气体或气体混合物注入到所述旋流反应器中、以及通过直接注入到所述旋流反应器中的微波来直接加热存在于所述反应器中的气体,所述旋流反应器能够形成推进并氧化所述炭颗粒的气态涡旋。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在热能的协同作用下,将用于发生氧化还原反应的气体进行加热、加速和加压,所述热能通过太阳辐射在所述反应器壁的表面上的会聚和 / 或反射,以及通过注入到所述反应器中的微波对加压和加速加热反应器的壁进行加热来产生。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,所述旋流反应器和 / 或所述加压和加速加热反应器包括用于制备气态等离子体和混合的气体 / 颗粒等离子体或等离振子的装置。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,将微波与红外辐射同时使用。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,将微波与红外辐射在与 CO₂ 分子的不对称振动模式的吸收频率相对应的频率下同时使用。

6. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,将微波与红外辐射同时使用。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,将微波与红外辐射在与 CO₂ 分子的不对称振动模式的吸收频率相对应的频率下同时使用。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,气化基材包含非均匀分散的颗粒,所述非均匀分散的颗粒包含含碳化合物的颗粒和任选地与含碳化合物的颗粒附聚或混合的、促进气化的附加颗粒。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述附加颗粒包括还原性金属,所述还原性金属通过氧化还原反应以及由颗粒中形成的电流所产生的电弧产生带电荷的元素和自由基,来促进气化,以及所述附加颗粒还包括二氧化硅和 / 或硅颗粒,所述二氧化硅和 / 或硅颗粒产生能够以 SiC 形式与包含在化合物中的一部分碳相结合的 SiO。

10. 用于实施权利要求 1-9 中任一权利要求所述方法的设备,其特征在于,其包括太阳微波焙烧热解反应器和旋流反应器,其中所述太阳微波焙烧热解反应器包括管道;用于移动所述太阳微波焙烧热解反应器管道内的化合物的装置;用于在反应器管道表面上集中太阳辐射并引起太阳辐射会聚的装置;用于使反应器管道与外部环境隔绝的装置;用于改善反应器管道的热惯性的装置;用于产生微波的装置;用于引导微波的装置,并且在所述旋流反应器中包括至少两个重叠或嵌套的并互相联通的旋流器单元;能够在单元中燃烧以产生气体涡旋的装置;用于将气体横向或切向注入所述单元以产生气体涡旋的装置;用于产生并引导微波的装置。

11. 如权利要求 10 所述的设备,其特征在于,所述太阳微波焙烧热解反应器的管道由

耐火材料制成。

12. 如权利要求 10 所述的设备,其特征在于,其特别地包括氧化气体加压和加速加热反应器,所述氧化气体加压和加速加热反应器包括管道;用于在反应器管道表面上集中太阳辐射并引起太阳辐射会聚的装置;用于使反应器管道与外部环境隔绝的装置;用于改善反应器管道的热惯性的装置;通过将气体和任选的颗粒压缩、加热和加速而使它们沿反应器管道移动的装置。

13. 如权利要求 12 所述的设备,其特征在于,所述氧化气体加压和加速加热反应器的管道由耐火材料制成。

14. 如权利要求 12 所述的设备,其特征在于,所述氧化气体加压和加速加热反应器特别地包括叶片转子、离心压缩机和 / 或叶片压缩机、涡轮、至少一个环状腔室和至少一个任选地由红外源补充的微波源,以便将气体移动、压缩、加热和加速。

15. 如权利要求 10 至 14 中任一权利要求所述的设备,其特征在于,其包括用于产生气态等离子体和 / 或混合气体 / 颗粒等离振子的感应或非感应电流、光学和微波装置。

16. 如权利要求 10 至 14 中任一权利要求所述的设备,其特征在于,其包括用于产生 1GHz 至 300GHz 微波并引导所述微波的至少一个磁控管和至少一个波导。

17. 如权利要求 15 所述的设备,其特征在于,其包括用于产生 1GHz 至 300GHz 微波并引导所述微波的至少一个磁控管和至少一个波导。

利用太阳能、微波和等离子体从生物质或煤中制备液体燃料和氢气的方法

[0001] 石油资源的枯竭和由燃烧石油产品而产生的二氧化碳 (CO₂) 污染 (全球变暖的主要原因之一) 使人们必须开发更低污染的可替代的能源制备方法, 所述方法能够保持工业国家中的生活质量并能够解决新兴国家中不断增长的能源需求。事实上, 全球能源消耗在 1971 年是 5500Mtoe, 在 2002 年是 10300Mtoe, 并且估计在 2030 年会是 16500Mtoe。

[0002] 然而, 必须区分:

[0003] - 供工业和城市发展的能源需求, 其能够被视为静态的 (对此, 出现了许多解决方案, 基本上是太阳能、核能、水能、地热和风力生产); 与

[0004] - 涉及运输的能源需求, 其需要通过除了诸如火车和有轨电车的电动有轨交通工具以外的实际交通工具来储存和运输能源。

[0005] 对于涉及运输的这第二种需求, 解决方案显得不太明显, 这是由于各种运输方式中所使用的燃料必须满足许多约束条件。

[0006] 它们必须可以在至少与目前对于石油产品所存在的等同的安全条件下容易地运输和储存, 必须具有污染平衡 (其产生 - 使用 (production-use) 低于烃), 并相对于石油产品最终是经济可行的。考虑到适于航空运输的燃料的约束条件, 该问题变得更加复杂。

[0007] 制备用于交通工具的燃料的不同方法正在形成:

[0008] - 生物燃料 (醇、酯) 的制备,

[0009] - 在燃料电池或热发动机中使用氢气作为燃料,

[0010] - 在电动交通工具中使用高效电池,

[0011] - 使用生物质或煤来制备燃料。

[0012] 乍看起来, 生物燃料醇或脂肪酸酯的制备似乎是有前途的并已经在不同的国家中实施。然而, 这些解决方案不理想; 事实上, 用于提供能源自治所必需的作物面积是巨大的, 并超过所有目前存在的作物面积。因此, 这些作物与粮食作物竞争。通常用于制备这些生物燃料的原材料为粮食产品, 例如玉米、小麦等。这样的生物燃料的密集收割, 除了在全球农产品经济中、特别是新兴国家和发展中国家中产生不平衡之外, 还将涉及饥荒和显著生态破坏的高危险。

[0013] 而且, 制备这些生物燃料的某些方式相对于石油具有非常低的能量收率并具有高污染平衡。例如, 我们能够列举从甜菜根中制备乙醇或从油菜籽中制备脂肪酸或酯。

[0014] 对于适于使用的燃料来说, 使用氢气作为燃料似乎是聪明的解决方法。然而, 无污染氢气的制备中与石油产品相同的制备成本的问题仍未解决。此外, 考虑到其危险性, 该燃料的使用需要克服储存和分配的许多困难。

[0015] 将电能储存在电池中以用于电动车或电热混合动力车是许多汽车制造商提出的解决方法之一。该解决方法涉及在制备中或在循环中以低成本制备有效的电池而只产生很少污染或不产生污染。此外, 对于电热混合动力车的交通工具来说, 制备替代燃料的问题继续存在。

[0016] 据我们所知, 还没有提出基于燃料电池或电池的可行的航空推进方法。

[0017] 使用生物质特别是植物废料、纤维素或非改良 (non-upgraded) 农产品代表了用于制备液体燃料以及用于在其使用寿命的最后阶段中不可循环的塑料材料的重要原材料来源。

[0018] 煤储量能够再满足液体燃料几百年的需求。

[0019] 然而,不管是对于生物质还是煤,用于从这些原材料中制备液体燃料的气化方法仍然产生太多的 CO_2 污染,其能够占所产生的气体的高达 20% 至 40%。

[0020] 由于以 CO_2 的形式损失这部分碳,通过气化由生物质来制备燃料具有仅略微好于石油的污染平衡,如果不控制生物质制备及其运输至转化设备期间 CO_2 排放的问题,则污染平衡迅速变差。如果产生的 CO_2 被成功地捕获或者被更有效地转化为燃料,则通过使由生物质制备燃料期间以 CO_2 形式的碳的消耗最小化,使该平衡达到或接近平衡状态。事实上,在这些条件下,生物质的碳比例会与燃烧合成燃料时释放的碳比例等同。

[0021] 对于煤,则情况完全不同。不管煤转化成燃料的方式,燃料的燃烧将使 CO_2 以及不期望的副产物(硫、硫化物)从化石碳中释放出来而进入大气中。

[0022] 相对于石油产品,不释放 CO_2 的气化方法将改善所得燃料的污染平衡。然而,为了使化石燃料的污染平衡与由生物质制备的燃料的平衡等同,在使用生物燃料的场所,即在交通工具中,必须执行 CO_2 的捕获或转化方法。

[0023] 正在开发越来越多的能够将 CO_2 转化成升级产品的方法;然而,它们极少描述适于生物质或煤的气化工业的解决方法。

[0024] 能够列举两种主要的 CO_2 转化方法:

[0025] - 催化法,包括将 CO_2 还原成诸如可以直接升级的甲醇、甲醛或甲酸的化合物,以及

[0026] - 电化学气相法,包括通过放电将 CO_2 还原成(一氧化碳)CO 和(氢气) H_2 。

[0027] 应该指出,溶液中的电化学方法能够使 CO_2 转化成甲酸。

[0028] 尽管在工业上是可升级的,甲醇、甲醛或甲酸使得烃能够通过诸如费-托 (FT) 的方法合成,只是难度很大。

[0029] 电化学气相法能够由 CO_2 气体制备 CO 和 H_2 。滑动弧 (GlidArc) 方法是特别有前景的,尽管它们消耗大量的能量(制备每 m^3 的气体需要数千伏特)。为了降低 CO_2 , 目前所述的 GlidArc 方法通常需要使用诸如硫酸 (H_2S) 或甲烷 (CH_4) 的气体添加剂。未描述将这些方法用于氧化炭和煤颗粒。促进反应的添加剂通常为气体。对于 GlidArc 方法所描述的几何学使得很难根据不同气体的流动来优化不同反应的效率。GlidArc 方法产生所谓的非平衡等离子体。没有任何说明考虑到涉及非平衡等离子体与热力学等离子体伴随或交替的混合方法。类似地,没有任何研究考虑到涉及光源等离子体、非平衡电等离子体和热力学等离子体的方法。没有任何研究考虑到通过富集金属、颗粒或催化剂在等离子体内进行定向反应,由此促进等离子体内既定反应的方法。

[0030] 在烃合成工业中,将 CO_2 还原成 CO 和 H_2 是主要的技术挑战。事实上,很大部分(30%至 40%)的原材料(煤、炭)以 CO_2 的形式损失,这使得该工业除了经济上代价高以外,还具有高污染。

[0031] 我们提出了适合气化生物质和煤的方法以及一系列的替代装置,所述方法能够制备合成气 (CO-H_2),同时降低用于合成的生物质或煤的能量消耗。事实上,通常通过燃烧一部分炭或煤来提供不同反应所需要的能量。在本文所述的方法中,用太阳能和整个过程中

制备的不同等离子体的能量代替该能量的很大部分。所用的不同等离子体具有混合的来源并且它们的制备所需的电能来自可再生的能源（太阳能、风能或源自装置中热回收的能量）。通过使用不同类型的等离子体（电等离子体、微波等离子体、ICP 等离子体、光等离子体）来使 CO_2 形式的碳损失最小化。在整个过程中，将这些等离子体用作将碳氧化为 CO 并将 CO_2 还原成 CO 的附加手段。通过用不同金属元素（ Mg 、 Mn 、 Al 、 Fe 、 Si 、 SiO_2 等）富集等离子体来增强等离子体的作用。

[0032] 操作规则

[0033] 本发明涉及以下方法：组织由太阳热能和 / 或等离子体能补充的一系列功能单元微波能，以进行在例如诸如生物质或煤的富碳化合物的气化中涉及的不同步骤，从而制备诸如旨在合成液体燃料的合成气（ CO 、 H_2 ）。

[0034] 通常，含碳的任何化合物可以是合适的。除了生物质以外，还可以使用垃圾、纸浆、来自废水纯化或加压的污泥等。

[0035] 在整个本文中，用于气化的材料被称为基材。优选地，将该基材包裹或附聚成或多或少潮湿的、优选水分含量为 10% 至 30% 的颗粒或粒子。

[0036] 优选地，通过例如不同来源的材料（生物质、废水纯化污泥、垃圾、纸浆等）的混合物，颗粒的组合物会是可重复的。优选地，通过对颗粒组合物中所用材料的基本分析，在所述材料的混合期间自然地确定制备颗粒所必需的不同材料的比例。例如，使用 LIBS（激光诱导击穿光谱）方法来确定不同材料的基本组成，所述不同材料将根据分析所确定的比例来混合以提供具有基本可重复组成的颗粒。

[0037] 在制备基材的可能步骤之后，能够将用于制备主要含有 CO 和 H_2 的合成气的含碳化合物的气化方法分成以下两个主要步骤：

[0038] A) 第一步，在太阳微波反应器中，通过协同热能加热包含在所述太阳微波反应器中的化合物，来使化合物焙烧热解成炭和热解气体，所述协同热能由太阳辐射在反应器的壁表面上的会聚或反射，以及直接注入到所述反应器和化合物中的微波的集中所引起的反应器壁的加热来共同提供，以及

[0039] B) 第二步，通过在旋流反应器中发生的化学氧化还原反应，将来自太阳微波反应器的所述炭和热解气体主要转化成 CO 和 H_2 ，其中由于燃烧所述热解气体或附加气体、将受热的气体或气体混合物注入到所述旋流反应器中、以及通过直接注入到所述旋流反应器中的微波来直接加热存在于所述反应器中的气体，所述旋流反应器能够形成推进并氧化所述炭颗粒的气态涡旋。

[0040] 在热能的协同作用下，将用于发生氧化还原反应的气体进行加热、加速和加压，所述热能通过太阳辐射在所述反应器壁的表面上的会聚和 / 或反射，以及通过注入到所述反应器中的微波对加压和加速加热反应器的壁进行加热来产生。

[0041] 旋流反应器和 / 或加压和加速加热反应器包括用于制备气态等离子体和混合的气体 / 颗粒等离子体 (plasmas) 或等离振子 (plasmons) 的装置。

[0042] 微波能够与红外辐射同时使用，优选地，在与 CO_2 分子的不对称振动模式的吸收频率相对应的频率下同时使用。

[0043] 气化基材能够包含非均匀分散的颗粒，所述非均匀分散的颗粒包含含碳化合物的颗粒和任选地与含碳化合物的颗粒附聚或混合的、促进气化的附加颗粒。

[0044] 附加颗粒能够包括还原性金属,所述还原性金属通过氧化还原反应以及由颗粒中形成的电流所产生的电弧产生带电荷的元素和自由基,来促进气化,以及所述附加颗粒还包括二氧化硅和 / 或硅颗粒,所述二氧化硅和 / 或硅颗粒产生能够以 SiC 形式与包含在化合物中的一部分碳相结合的 SiO。

[0045] 本方法的实施涉及太阳微波焙烧热解反应器和旋流反应器:

[0046] - 太阳微波焙烧热解反应器特别地包括:

[0047] -- 管道,例如由耐火材料制成的管道,

[0048] -- 用于移动太阳微波焙烧热解反应器管道内的化合物的装置,

[0049] -- 用于在反应器管道表面上集中太阳辐射并引起太阳辐射会聚的装置,

[0050] -- 用于使反应器管道与外部环境隔绝的装置,

[0051] -- 用于改善反应器管道的热惯性的装置,

[0052] -- 用于产生微波的装置,

[0053] -- 用于引导微波的装置。

[0054] - 旋流反应器特别地包括:

[0055] -- 至少两个重叠或嵌套的并互相联通的旋流器单元,

[0056] -- 能够在单元中燃烧以产生气体涡旋的装置,

[0057] -- 用于将气体横向或切向注入所述单元,以产生气体涡旋的装置,

[0058] -- 用于产生并引导微波的装置。

[0059] 方法的实施还特别地涉及:

[0060] - 氧化气体加压和加速加热反应器,其包括:

[0061] -- 管道,例如由耐火材料制成的管道,

[0062] -- 用于在反应器管道表面上集中太阳辐射并引起太阳辐射会聚的装置,

[0063] -- 用于使反应器管道与外部环境隔绝的装置,

[0064] -- 用于改善反应器管道的热惯性的装置,

[0065] -- 通过将气体和任选的颗粒压缩、加热和加速而使它们沿反应器管道移动的装置,例如(但不限于)叶片转子、离心压缩机、涡轮、至少一个环状腔室和至少一个任选地由红外源补充的微波源,

[0066] - 用于产生气态等离子体和 / 或混合气体 / 颗粒等离振子的感应或非感应电流、光学和微波装置,

[0067] - 用于产生 1GHz 至 300GHz 微波并引导所述微波的至少一个磁控管和至少一个波导。

[0068] 1.1 在一个实施方案中,能够焙烧并热解基材的功能单元是太阳能 / 微波炉反应器(F_{smo}),其由直径为 1 厘米至 5 米并且长度为 10 厘米至 10 米的管道(图 1.1)组成。例如,管道将由诸如(但不限于)陶瓷覆盖的碳、陶瓷、钨钢、钛、镍等耐火材料制成。

[0069] 在管道的中心,提供蜗杆(图 1.2)使生物质或煤能够移动通过管道的开口。可以以大小为数毫米至数厘米的均匀或非均匀颗粒或粒子组织基材。在本文中,颗粒和粒子被称为颗粒。在管道外部沿其长度方向的恒定距离处,提供一个或多个镜子或太阳能集光器,例如铝(图 1.3),以使太阳光线在管道表面会聚。优选地,管道为能够最大吸收光和太阳辐射加热的哑光黑色。管道上的油漆可以包括优化 UV 辐射吸收的直径为数微米的二氧化硅

颗粒（量子颗粒或 Qdot）。通常，管道的外部涂层可以包括能够最大吸收热和光的材料或由能够最大吸收热和光的材料组成，所述材料例如为了太阳能热水器而开发的那些。在某些实施方案中，镜子为例如相对于蜗杆管道主轴线的凹镜或椭圆面镜，因此曲率的半径等于镜子与蜗杆管道表面之间的距离。在另一实施方案中，镜子可以是根据蜗杆管道长度平行于蜗杆管道轴线排列在与管道表面恒定的距离上的具有短矩形宽度的镜子。确定镜子和管道表面之间的距离，使得镜子在蜗杆管道表面的图像或反射的宽度小于管道的直径，使得被镜子反射的所有光线到达管道的表面。在蜗杆管道的横截面上，将提供一系列镜子，使得镜子的宽度能够围绕管道以阶梯式排列形成半圆形或任何椭圆形部分（图 1.4）。在完全平面镜子的情况下，提供宽度低于蜗杆管道直径的镜子是足够的。每一面镜子相对于位于镜子连接水平上圆形或椭圆形支架的切向具有或多或少显著的倾斜，以便能够在蜗杆管道的表面上反射所有光线。

[0070] 能够设想在蜗杆管道横截面上包括多个矩形凹镜的任何中间情况。通过镜子的曲率半径确定镜子和蜗杆表面之间的距离。能够任选地将该距离缩短，使得镜子在蜗杆管道上的图像的宽度在一点（沿着管道的线）和蜗杆管道直径的大小之间。圆形或椭圆形部分的镜子支架会围绕蜗杆管道旋转，以便在管道表面上提供最佳光线反射。同样地，每一镜子会任选地具有能够使其相对于支架切向旋转的适当销，以便提供相对于太阳位置的最佳的反射角度。镜子支架或镜子自身的所有移动可以任选地通过计算机控制的驱动系统来产生。通过排列在蜗杆管道上的可视接收器元件（receptor cell）来确定最佳取向。

[0071] 优选地，将蜗杆管道纵向指向南方，以获得最大的日照。准确地位于蜗杆管道线上的镜子区域不会被照亮。任选地移动阴影区中的镜子。阴影区的位置可以从蜗杆管道的一种取向至另一种取向而变化，并且根据取向进行调整。在蜗杆管道上方的阴影区的线中，在离开蜗杆管道表面的接近透镜焦距的距离处提供会聚透镜或菲涅耳透镜（Fresnel lenses）（图 1.5）。透镜的数目将取决于蜗杆管道的大小和直径。将透镜排列在支架上，将支架的移动取向与蜗杆管道另一侧的镜架的旋转相整合。

[0072] 在蜗杆管道的不同点上，引入频率为 1GHz 至 300GHz 的微波。一打至数打的微波源数目将取决于安装所设想的期望功率和电消耗。在某些实施方案中，这些微波源将由围绕蜗杆管道、与高频电流发生器连接的螺线管组成。在交流电的作用下，螺线管在蜗杆管道内产生射频。

[0073] 在优选实施方案中，微波源是磁控管（图 1.6）。与磁控管或波导的天线相反方向的蜗杆部分任选地由对微波不灵敏或对微波透明以及电中性的材料制成，通常是由陶瓷制成。优选地，管道的宽度等于所用微波波长“ λ ”的整数。可以根据归因于壁上反射的移相“ ϕ ”来调整该宽度。将由磁控管天线产生的波引入的管道区域的内面任选地被能够反射微波的材料覆盖，所述能够反射微波的材料通常是沉积在陶瓷涂层上的铝板（反射微波的任何其它材料可以是合适的）。反射镜的覆盖范围在引入微波的区域的任一侧延伸，优选的长度等于 $\lambda/4$ 以便促进相长干涉。在优选实施方案中，构成蜗杆管道的材料将反射微波。

[0074] 通过搅动包含于颗粒中的水分子，或者任何其它具有偶极矩的分子，微波引起气化基材分子的高速加热。由微波产生的热加上太阳辐射会聚的热引起基材的焙烧和热解。在该热解期间，释放含有焦油和各种其它不易燃气体的挥发性物质。通过脱气管道（图 2.8）收集这些不同的气体以便将其注入气化反应器。在将它们注入气化器之前，能够通过

用磁控管或其它微波源供给的微波过度加热 (160℃ 至 2000℃) 这些气体。

[0075] 1.2 在某些实施方案中, 反应器管道 (图 1.1a) 会包含于透明真空封闭 (confinement) 室 (图 1.1c) 中, 所述透明真空封闭室使得随外部环境损失的热受到限制。

[0076] 在某些实施方案中, 用气体填充封闭室和管道之间的空间 (图 1.1b) 以限制随外部环境损失的热。所述气体可以是氩、氦或氙或任何其它可以使反应器管道表面和外部环境之间的热损失受到限制的气体或气体混合物。在优选实施方案中, 真空室会是由玻璃或任何其它包含反应器管道的透明材料制成的管道。管道的壁或表面 (图 1.1d) 可以包含荧光量子颗粒 (石英颗粒), 其会将紫外光转化为可见光或红外光, 从而使其有效地穿过封闭室的壁。

[0077] 在某些实施方案中, 壁的内面会包含反射部分 (图 1.3a), 其使光在反应器管道的表面反射。

[0078] 1.3 在优选实施方案中, 将反应器管道一端 (图 11.1a) F_{smo} 开口通向透明的封闭室 (图 11.1c), 使得限制热损失的气体能够透过反应器管道的内部。

[0079] 然而, 所考虑的 F_{smo} 反应器管道的末端会被多孔体封闭 (图 11.85), 所述多孔体需要透过 F_{smo} 反应器管道的气体和多孔体网之间大量的接触。优选由陶瓷制成的多孔体具有大交换表面, 并会作为改善 F_{smo} 反应器热惯性的太阳辐射吸收器起作用。多孔体例如为由例如堇青石制成的蜂窝型多通道单片或由碳化硅 SiC 制成的多孔泡沫陶瓷。多孔体被例如 M_xO_y 氧化物覆盖或包含 M_xO_y 氧化物, 其中 M 优选自 Al、Si、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ti 或 Zr。存在于多孔体表面或其中的氧化物除了加热气体以外, 将任选地催化还原通过多孔体的气体, 例如将 CO_2 还原为 CO 或将 H_2O 还原为 O_2 和 H_2 , 如果 CO_2 或 H_2O 用作用于限制热损失的气体。在该实施方案中, 优选诸如 CO_2 、 NH_4 或 H_2O 的温室气体作为限制热损失的气体。将限制热损失的气体注入与反应器管道开口相反的封闭室中。气体然后在将 F_{smo} 反应器管道的壁与透明封闭室的壁隔开的透明封闭室中循环。由此, 气体捕集来自被太阳辐射加热的并且内部被微波加热的 F_{smo} 反应器管道的壁的红外辐射, 随着其移动至反应器管道的入口而将其自身加热。气体然后快速通过多孔体, 其中气体进一步与多孔结构接触而被加热。在存在于多孔体中的任何氧化物的作用下, 气体可以被还原。随后, 气体或其还原形式透过包含基材和蜗杆的反应器管道部分, 在其中促进基材的热解和焙烧。

[0080] 1.4 在具体实施方案中, 太阳能/微波炉反应器 (F_{smo}) 能够为其它类型的工业反应提供需要的能量, 所述其它类型的工业反应例如, 来自用甘蔗汁或磨碎的甘蔗材料增甜的水的醇发酵, 以及对于从甜菜、玉米、香蕉等生产糖和醇所需要的酶消化反应。

[0081] 随后调节系统以达到较低温度 (30℃ 至 40℃), 使得酶促反应能够在蜗杆的作用下在反应器管道中基材的转变期间发生。从开始, 将基材通过微波和反应管道表面处光线的会聚而加热。根据期望的反应顺序, 在微波源后, 通过发酵入口引入发酵、消化和异构化所需要的酶。

[0082] 通常, F_{smo} 反应器能够用于一种或多种产物或基材的所有需要输入热量以触发和/或维持反应的合成、溶解 (lysis) 或相变化学或物理化学反应, 特别是皂化或酯化反应。

[0083] 2.1 热解后, 将炭或煤倾入气化器中。任何类型的气化器可以是合适的。优选的实施方案将使用混合固定床/流化旋流床气化器 (FBCB) 或更通常地为旋流反应器。

[0084] 在具体实施方案中,FBCB 包括由平均直径为 10 厘米至 5 米的管道组成的核心(图 2. 9)。该核心可以由耐热不锈钢、钛、锆、镍、陶瓷、钨钢或能够经受高于 800℃温度的任何其它材料制成。通过蜗杆(图 2. 2)将基材经由收集室(图 2. 98)倾入安装在反应器核心的旋流器燃烧室(图 2. 10)。

[0085] 燃烧室使得任选地与诸如甲烷的附加燃烧气体结合的来自热解相的气体燃烧。气体例如通过位于燃烧室切向处的两个燃烧器(图 2. 11)燃烧,从而火焰(图 2. 13)使燃烧气体(基本上为 CO₂ 和 H₂O)旋转(图 2. 12)在旋流器中形成下降的气体涡旋并在旋流器中形成上升的气柱。

[0086] 燃烧室的入口被锥体结构(图 2. 20)部分地堵塞,使得锥体的下部面配备具有与燃烧室气态涡旋旋转方向类似的取向的通道(或叶片),从而使得上升柱的气体被再定向至气态涡旋的方向。

[0087] 锥体的上部面包括与燃烧室的下缘形成入口的通道,使得从蜗杆倾入的基材能够进入燃烧室。燃烧室的入口被定向至燃烧室的涡旋旋转的方向。

[0088] 销(图 2. 99)通过顶点穿过锥体结构,使得顶点能够转动。将销配备于旋流器燃烧室的侧面,旋流器燃烧室具有热屏蔽(图 2. 97),所述热屏蔽保护其不被上升气体加热。在燃烧室中,将叶轮(图 2. 96)连接在销上,以便在上升气柱的作用下引起一体的销-叶轮组件旋转。在销的另一端,在接收基材的室中,将叶片(图 2. 95)与销整合,以便通过旋转,叶片将通过收集室由蜗杆倾入的基材颗粒研磨。随后当旋流器的上升气流被重新导向下降旋转涡旋的方向时,由于锥体结构下部面处上升气柱流引起的伯努利效应(Bernoulli effect),而将研磨后的材料通过锥体结构上部面的导管抽吸入燃烧室。在某些实施方案中,封闭旋流器室顶部的结构是配备叶片的倒置锥体,使叶片边缘向旋流器燃烧室的方向弯曲,由此使上升气柱朝向燃烧室方向重新定向。

[0089] 由于供给喷嘴燃烧器的三个独立管道(图 2. 14、2. 15、2. 16),能够任选地在燃烧室中直接制备在燃烧室中燃烧的气体混合物(热解气体、空气、附加气体)。每一管道以期望的压力和速度扩散三种气体之一,并通过配置在燃烧器附近的火花源(或电弧)触发燃烧器的点火。通过每一管道的气体流速来控制燃烧性能。

[0090] 然而,能够将任选地与气体流量计相关的任何类型的混合器、调节器、汽化器用于供给燃烧器。不同类型的燃烧器也能够是适合的。能够通过使泵和涡轮结合的涡轮增压器获得注入气体的加压;通过水蒸气或者其它气体的膨胀或者任何其它加压过程的操作,使泵在涡轮的作用下压缩气体。

[0091] 通过一系列裙部(图 2. 17 和 3. 18-3. 19)将反应器核心的体积分段。每一裙部由面向下,从核心的壁收缩反应器的开口的穿孔锥体组成。这些裙部完成两个任务。它们限制颗粒柱的压缩并且它们产生促进以下反应的涡旋区域:

[0092]



[0093] 或者:

[0094]



[0095] 驱动焙烧颗粒的气体环状循环使得能够通过一系列裙部将 FBCB 中产生的不同旋

流器中的这些颗粒长期捕集。由于气体的旋涡移动和较高的热惯性,诸如砂、叠层浮石或任何其它研磨材料的研磨体能够与注入旋流器中的炭混合从而将炭颗粒研磨或磨蚀。砂或者研磨材料也能够使熔化的材料被吸收(金属仍存在于炭中),由此防止系统的孔隙和通道或槽被阻塞。将第一裙部置于燃烧室 17 之后。在裙部的中心开口下数厘米处配置锥体结构,以便部分地阻塞由裙部形成的漏斗开口 21。通过一组叶片 24,在裙部 23 的边缘和锥体结构 20 之间产生一系列导管 22,使得必须通过所述导管之一来通过裙部孔口。该导管的大小足以使得焙烧的颗粒通过。根据围绕阻塞裙部的锥体的顶点的恒定角度的旋转,有规律地排列导管。将导管任选地弯曲或倾斜并定向以便使颗粒和气体移动穿过导管,切向投射在转动中的反应器壁上,所述反应器的旋转方向与燃烧器赋予燃烧气体的旋转方向一致。锥体 25 的下部面配备有与导管具有类似取向的通道(或叶片)26。在燃烧室中,使温度为 800℃ 以上并且转动的燃烧气体攻击由蜗杆倾入的焙烧的颗粒。根据反应 r1 和 r2,将某些颗粒氧化并被环形移动的气体驱动通过裙部孔口的导管。在第一裙部以下 10 厘米至 500 厘米(优选 50 厘米)处,如上述配置具有相同的锥体和导管的第二裙部(图 3. 18)以部分地阻塞裙部开口。随后将在大于 800℃、通常为 1500℃ 的温度下加压的 CO_2 或 $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ 的混合物以被燃烧器脉冲的旋转方向注入到由两裙部确定的、与反应器壁(图 3. 27)成切向的空间的顶部。由两裙部确定的空间代表具有双轴和切向入口(图 3. 28)的旋流器。在优选实施方案中,切向注入的气体混合物中 CO_2 比 H_2O 高五倍。

[0096] 在某些实施方案中,在气体混合物切向引入的区域以下,至少一个磁控管 6、7(或任何其它射频源)将微波脉冲至两裙部之间的反应器中。微波使得活化反应 r2 和 r1 的注入气体混合物能够被加热并增加气体和颗粒涡旋的速度。当颗粒到达第二裙部的水平时,它们被部分气体驱动通过裙部孔口的导管,并且从大部分颗粒分离的剩余气体随着反应器核心的中心在上升的流中上升至部分地阻塞第一裙部的孔口的上部锥体的下部面。在由两裙部确定的空间的第一个四分之一中,在反应器的中心任选地设置圆筒(图 3. 29),以便引导上升的气体流向上裙部的锥体的下部面。蚀刻于锥体下部面的通道使上升流转动并将它们的方向改变至具有相同旋转方向的涡旋的下降旋转气流。

[0097] 在某些实施方案中,在第二裙部下方,设置被锥体部分地阻塞的第三裙部,以形成新的旋流器/微波单元。随后将在 800℃ 以上,通常在 1500℃ 的温度下加压的水蒸气以被上述燃烧器和旋流器脉冲的旋转方向注入到由第二裙部和第三裙部确定的、与反应器壁成切向的空间的顶部。在水蒸气注入区域下方,至少一个磁控管(或其它射频源)将微波脉冲至旋流器中,使得 H_2O 过热而强烈地活化反应 r1(在相同温度下比反应 r2 快五倍)。

[0098] 能够任选地将裙部与一个或多个超声波源连接,由此使超声波能够被注入反应器中以便打破在颗粒周围形成并减缓气化反应的 H_2O 和 CO_2 的耗尽气体的封套(gas-depleted envelopes)。超声波还使颗粒能够在气化期间被打碎并更容易被接近。能够任选地将裙部与振动源连接以便促进颗粒通过导管。

[0099] 在某些实施方案中,在反应器核心的裙部和管道之间的连接处(图 12. 90 和 12. 91)引入频率为 1kHz 至 20MHz 的超声波。超声波使由液体腔爆炸引起的喷雾能够形成,所述液体腔爆炸例如存在于旋流器壁上的焦油球,所述超声波有助于减少这些焦油球。

[0100] 以任何顺序注入 CO_2 、 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 或 H_2O ,能够在 FBCB 中将由两裙部确定的旋流器/微波单元重复多次。该结构形成重叠的旋流器的网络。

[0101] 能够将诸如甲烷的附加气体成切向注入旋流器中。根据以下反应,甲烷会被水和 CO_2 氧化成 CO 并产生 H_2 :



[0104] 反应器中 H_2 的释放减缓了反应 r1,从而促进了反应 r2,并由此促进了 CO_2 的消耗,并改善了系统的污染平衡。

[0105] 可以任选地用反射微波的材料,通常是陶瓷支架上的铝,覆盖接收微波的气化反应器的核心区域。优选地,反应器的核心由反射微波材料制成,并且其直径等于所用的微波波长“ λ ”的整数。由于壁的反射,可以根据移相“ ϕ ”调整该宽度。

[0106] 2.2 在另一实施方案中,反应器的核心由嵌套在一起形成双核心 FBCB(FBCB_dc) 的两管道组成。核心的内管道包括在上节 2.1 中所描述的旋流器/微波单元。调节旋流器以便使部分地阻塞裙部开口的椎体与旋流器中心的上升流管道结合形成空心 T- 结构(图 4.30),使旋流器的上升流能够在核心的外部管道中被排出旋流器。T 的底部由上升流管道(图 4.31) 组成。T 的底部与水平横梁之间的接头由椎体组成。T 的水平横梁表示气体出口喷嘴(图 4.32),其通过空心管道将椎体与反应器核心的内部管道(图 4.33) 和外部管道(图 4.34) 之间的空间连接。我们将以 T 横梁表示的空心水平结构称为“水平喷嘴”(图 4.32)。因此,水平喷嘴使旋流器的上升流能够通过中心管道流向嵌套在一起的两管道之间的空间,所述空间我们称为管道间空间(图 4.35)。通过与旋流器上升流管道垂直的相同平面上的旋转,能够通过复制水平喷嘴而将 T 结构制作得更复杂。将位于椎体和裙部边缘之间的水平喷嘴部分形成成为叶片形式的轮廓,并将所有叶片以相同方向定向以便产生用于使气体和颗粒进入下方旋流器的倾斜导管系统(图 4.36)。确定叶片的取向,以便以与燃烧室中的燃烧器引起的旋转相同的方向来产生旋转(优选为通过科里奥利力(Coriolis force) 引导的方向)。

[0107] 能够将中间叶片添加至“管道叶片”结构中,从而优化管道大小而不必增加喷嘴数目。使水平喷嘴按反应器中气体通常旋转的方向弯曲,或倾斜排列,以使气体能够或多或少地成切向进入 FBCB_dc 核心的外部管道的壁中。将喷嘴出口稍微指向下,并到达外部管道的壁附近。由于水平喷嘴的取向,在管道间空间中气体的入口会在该空间中引起向下的气体转动,从而形成与燃烧室中引导的移动方向相同的下降涡旋转动。

[0108] 在 FBCB_dc 的下部,外部管道会比内部管道的长度长 10 厘米至 5 米,并优选 100 厘米。在外部管道的末端将形成开口椎体。例如,对于 100 厘米的末端,会在 50 厘米的距离内形成椎体。提供这些距离仅用于指示的目的,并且可能有多种构造。椎体开口的直径处于内部管道直径 +30% 和内部管道的旋流器裙部的孔口直径之间。因此,FBCB_dc 的核心的外部管道形成旋流器,所述旋流器包含处于外部管道上升流的水平的内部管道。核心的内部管道的下端会以具有圆曲率(图 4.37) 的裙部和孔口结束,所述孔口具有特殊形状的部分闭合。闭合会由彼此相对并通过它们的底部固定的具有不同大小或相同大小(图 4.38) 的两个椎体(双椎体) 组成。如果大小不同,则较小的椎体将部分地阻塞裙部孔口,而较大椎体将作为裙部圆曲率延伸的保护罩。例如,双椎体结构将通过小椎体的尖头与通过裙部孔口配置的支架连接。双椎体的整体或部分可以任选地绕通过两顶点的线确定的轴旋转。优选地,仅较大椎体(在圆曲率延伸中) 会绕轴旋转。在圆曲率延伸中的椎体锥形面会任

选地配备有图案（叶片和 / 或通道），要求其在外部管道的上升流的作用下旋转。核心的外部管道的旋流器的中心流会被锥体分离并加速。由分离和加速产生的真空将抽吸离开核心的外部管道的最后旋流器的焙烧的颗粒，并将焙烧的颗粒驱动较长距离。双锥体结构的流动部分将在流的作用下旋转，使颗粒能够更有效的排出。双锥体的存在会防止颗粒倒流至内部管道的最后旋流器中。颗粒的气化会发生在反应器核心的外部管道中，或者以外部管道的旋流器的不同流中的动态相，或者以在外部管道的底部累积后固定床中的静态相。

[0109] 通过管道间空间的所有元件：

[0110] - 向反应器核心的内部管道的旋流器供给 CO_2 、 H_2O 和其它气体的管道，

[0111] - 将微波脉冲至旋流器的波导（当将磁控管用作微波源时），

[0112] - 内部管道的旋流器的出口喷嘴的出口，

[0113] 会被空气动力地形成轮廓，以便不破坏气体的流动。在具体实施方案中，将管道间空间中的元件用固定成形的结构覆盖并定向以便不破坏流的取向。这些轮廓或成形的结构与由反应器核心的外部管道所形成的旋流器的不同区域的流平行。在优选实施方案中，成形的结构会是能够绕不同导管运动的小段，所述不同导管最好被单独定向至反应器核心的外部管道的旋流器的不同区域的流。例如，成形的结构将为小矩形或梯形结构，其长度可以为 0.5 厘米至 1 米并具有有机翼或下落的水滴形状的横截面。每一成形的结构将包括与矩形或梯形的长度平行的空心旋转销，使得其能够被设置在通过管道间空间的不同导管上。优选地使枢轴相对于重力中心偏离中心以实现不同流中快速且稳定的取向。通常，能够将有助于气体流或流体流的所有空气动力轮廓形状用于形成成形的结构。可以通过可动空气动力元件使所有通过管道间空间的元件成形。

[0114] 内部管道的旋流器的水平气体出口喷嘴进入配备有可动或固定成形的结构的管道间空间。喷嘴到达与任何向下取向成切向的反应器核心的外管壁附近。喷嘴出口和外部管道的壁之间的距离为形成反应器核心的两管道之间距离的 0% 至 95%。将安装在喷嘴出口上方的成形的结构与反应器核心的外部管道的壁连接，以便将结构的前缘向上指向，从而以期望的角度引导流向下地离开喷嘴。由此将离开水平喷嘴的气流组织成旋转下降流的涡旋。涡旋攻击来自中心管道并沉积在外部管道底部的颗粒床。在该水平处，通过气体的攻击发生显著的气化，气体的攻击会强烈地穿透床，从而在中心流中上升，驱动最轻的颗粒。

[0115] 然而，当颗粒床太大时，涡旋不能通过整个床。为了使其攻击较早沉积的颗粒，将其孔径被测定的筛任选地配置在内部管道最后旋流器和外部管道底部之间的区域所确定的外部管道的壁的整个部分（图 5.39）。考虑到涡旋一部分动能的损失，能够将整个内部管道过筛；相反地，能够降低筛分面积从而降低涡旋动能损失。

[0116] 为了降低涡旋动能损失，筛能够由被规则孔穿透的光滑材料板制成，或者能够制成反应器核心处的最内部框架（即首先与涡旋接触）以涡旋旋转方向定向（或多或少地与连接至用于将涡旋旋转定向的外部管道的成形的结构平行）。

[0117] 在外部管道的锥体孔口的水平上，将筛组织成朝向内部管道上升的锥体（图 5.40）。反应器核心处最内部锥体的筛的框架（首先与涡旋接触）会与外部管道的主要方向（长度）平行或与反应器核心外部管道的壁的筛的方向相反。通过筛自身或通过双锥体部分（图 5.41）（相同大小的锥体）使筛锥体末端封闭，其是球形、椭圆或促进流体流动的任何形状。

[0118] 当涡旋到达焙烧的颗粒床的水平时,它会在床下方与最细颗粒(具有比筛孔隙更小的大小)穿透筛并气化床底部的颗粒,随后会在筛锥体周围和内部形成上升流柱,从而在反应器核心的外部管道的中心处上升。某些气体和颗粒会通过核心的外部管道的锥体的孔口逃逸,并会被回收用于随后的处理。

[0119] 在某些实施方案中,由位于内部管道的最后旋流器和外部管道的底部之间的区域确定的外部管道的一部分将用宽度为 50 微米至 5 毫米并且深度为 100 微米至 2 厘米的沟开槽。在优选实施方案中,槽的宽度为 500 微米并且深度为 2 毫米。在外部管道的圆柱形部分,槽与涡旋旋转方向平行(或多或少地与连接至外部管道的成形的结构平行,从而定向涡旋的旋转)。在外部平行管道的锥体部分,槽或者为两个方向(与涡旋旋转方向平行以及与该方向垂直)或者不存在。对于筛,槽能够降低涡旋的动能(尽管通过文丘里效应(Venturi effect)会增加槽中的局部能量)。能够将整个内部管道开槽,但为了限制能量损失,优选限制开槽的表面。在某些实施方案中,将槽的存在与筛结合。对于筛,槽使涡旋能够在颗粒床下方通过;然而,被驱动的颗粒通常更细。

[0120] 2.3 在某些实施方案中,由篮组成的转子能够接收离开包含气化器内部管道的最后旋流器的颗粒。在优选实施方案中,在将内部管道的最后旋流器的锥体处的开口中心与 FBCB_dc 的底部相连接的销上配置中空(开口)(图 5.43)的环形篮(图 5.42)。将销通过例如十字架或棒连接,所述十字架或棒通过封闭反应器内部管道的最后旋流器的裙部开口而配置。通过配置在篮开口的壁之间的一个或多个叶轮(图 5.45)将篮与销连接,由此使篮能够绕销旋转。优选地,设计叶轮的外形,使得在 FBCB_dc 外部管道中上升的流引起篮以外部管道的气体涡旋旋转的方向旋转。将篮的开口任选地用双锥体形式的筛罩覆盖,使离开旋流器的颗粒能够从上一阶段导入篮,而不破坏上升流。

[0121] 内部管道 FBCB_dc 的最后旋流器的出口裙部会任选地配备有叶片系统,在篮上方形成朝向管道间空间的导管。围绕短的筛分圆筒(图 5.46)组织这些导管。由互相间隔数毫米的垂直金属棒(图 5.47)形成的筛分圆筒使得能够在旋流器中形成上升流,并过滤由旋流器输送的颗粒,并将其通过导管(图 5.48-5.49)导向环形篮。该垂直筛分圆筒系统能够被适应于所有旋流器出口。在微波的作用下,在棒中诱导的电流会产生电弧,在其附近催化 CO 和 H₂ 的合成。在某些实施方案中,将两根金属棒中的一根与支架电绝缘,而将另一根接地。筛分圆筒能够随着较低旋流器的上升流圆筒(图 5.50a)延长。在某些实施方案中,能够用短锥体(图 5.50a)代替上升流圆筒。

[0122] 环形篮的外缘可以配备有与配置在外部管道的壁上的成形的结构具有相同斜度的叶片从而定向涡旋。篮外壁上的叶片和开口的叶轮会使篮以接近于涡旋速度的速度旋转。所产生的离心力防止炭或煤床在反应器底部被压缩。在某些实施方案中,用配置在篮的外缘并指向篮内部的具有相同曲率的叶片(图 5.51)补充或取代外壁上的叶片。在内部管道的涡旋的作用下,这些叶片将用于使篮旋转,并改变涡旋的一部分流的方向,使之朝向篮的内侧,用于更有效的气化。篮壁会被例如制成具有被测定了口径的孔的筛或制成由许多被测定了口径的孔穿透的金属或任何其它材料的板。根据不同实施方案中转子所达到的旋转速度和使气体改变方向朝向篮内侧的力,篮的外壁会是直的或向外或向内弯曲。

[0123] 2.4 在 2.2 点中描述的 FBCB_dc 反应器的具体实施方案中,除了位于裙部(图 6.17)封闭燃烧室的 T- 结构(图 6.30)以外,所有 T- 结构被与裙部内侧的旋流器中的裙

部孔口连接的空心管道（图 6.46）代替。任选地，通过互相距离数毫米配置的垂直棒（图 5.47）形成的圆筒使管道在上部旋流器中延伸。叶片系统形成导向下部旋流器的导管（图 5.48-5.49）。围绕管道和垂直棒的圆筒组织这些导管。由此，核心的内部管道的不同旋流器的上升流彼此汇合并通过封闭燃烧室的裙部的 T- 结构向管道间空间排出。在该最终配置中，通过除去部分地阻塞反应器核心的内部管道的最终裙部的双锥体，或者通过将其用圆筒或空心锥体（筛分圆筒结构，图 5.46）代替，由核心的外部管道形成的旋流器的上升流的全部或一部分与核心的内部管道的旋流器的上升流汇合。在这些配置中，离开内部管道的不同旋流器的颗粒的一部分会被推回旋流器中，使该水平的气化能够更长。未经过内部管道的外部管道上升流会沿反应器核心的内部管道上升。为了使邻近旋流器的上升流汇合，可以存在其中某些 T- 结构被除去的所有中间情况。在该类配置中，能够向内部管道的某些旋流器的切向气体供给提供在反应器的内部管道中循环的气体。例如，T- 结构被短圆筒代替的旋流器能够具有至少一条切向气体供给管道，其在反应器外部管道的壁的水平上开口朝向气体旋转方向，从而使其冲入所述供给管道。气体供给管道以与内部管道相切的方向返回内部管道的旋流器中，从而使气体的注入能够碰撞旋流器的壁，以便以与外部管道的涡旋相同的方向使旋流器内的气体旋转。

[0124] 通常，气化器中所用的旋流器具有用于气体的切向装载和用于颗粒和来自上一阶段的气体的纵向装载。因此，反应器的内部管道包括能够使气化的颗粒被传送至后续旋流器的一系列叠加的并且连接的旋流器。

[0125] 2.5 在具体实施方案中，反应器核心的内部管道的至少一个旋流器配备有与环电极连接的螺旋弹簧电极，使电弧能够沿待建立的螺旋电极（图 6.52）滑动。

[0126] 在具体实施方案中，包含电极的旋流器会是反应器核心的内部管道的最后旋流器，并且其裙部末端会是锥体形或圆形。该旋流器的壁会由电绝缘材料制成。位于旋流器顶部的用于颗粒和气体的入口导管和倒置锥体或圆筒会由金属或导电材料制成。旋流器顶部会形成接地和 / 或与负电位连接的电极。弹簧电极会被配置在反应器的壁附近。弹簧座以环结构结束以便自身封闭最后一圈（图 6.53）。将弹簧的另一端弯曲以便返回至弹簧螺旋的中心，从而形成中心销（图 6.54）。通过其末端包含环结构而将弹簧配置在旋流器的锥体部分中。当静止时，弹簧与旋流器顶部的电极的距离为 0.5 毫米至 2 厘米。弹簧的轴杆通过下部裙部的开口从旋流器延伸。将该中心杆在反应器的外部与人工系统或自动系统连接，将通过压缩弹簧从而缩短或通过伸长弹簧从而延伸来驱使弹簧。例如，将棒与由电绝缘材料制成的另一垂直棒连接。垂直棒从反应器中延伸并例如与能够使弹簧压缩或延伸的伺服致动器或电致动器连接。或者将弹簧与能够产生 100 伏至 1000 千伏的高压交流电、直流电或脉动电流的发生器连接。根据应用的电压和在旋流器中循环的气体的速度和温度，将弹簧不同程度的延伸或压缩。该压缩或延伸引起弹簧和旋流器顶点的电极之间的距离以及弹簧螺旋圈之间的距离改变，从而能够根据旋流器中气体和颗粒流以及物理化学参数调整获得的滑动弧类型。在电位的作用下，在接地电极和弹簧之间形成电弧。随后通过旋流器中的流旋转将这些电弧推向环电极。这些电弧与经过旋流器的颗粒和气体相互作用，产生反应性分子（自由基和带电分子），其会在颗粒上彼此相互作用从而形成 CO 和 H₂，同时限制甲烷的产生。在电弧形成期间，弹簧中电循环的变化引起由弹簧螺线管诱导的磁场的变化。这些磁场中的变化会增加极性分子和带电分子的动能，使它们更具有反应性。

[0127] 在某些实施方案中,将甲烷和水蒸气注入 GlidArc 旋流器的该阶段以促进 r3 和 r4 反应。

[0128] 在某些实施方案中,将微波注入旋流器中。在微波的作用下,在电弧作用下带电的分子(以及偶极分子)的动能增加了气体的温度,使其更具反应性,并且在弹簧中诱导的电流会在螺旋电极和旋流器顶部的电极之间触发电弧。在微波的作用下,具有螺旋电极的旋流器能够以 GlidArc 模式操作而不受电压支配。

[0129] 2.6 在某些实施方案中,围绕 FBCB_dc 的内部管道末端的最后旋流器的裙部的开口(图 6.58)以玫瑰花形(图 6.57)配置至少三个旋流器,每一旋流器包含螺旋电极(图 6.55)。将这些旋流器的螺旋电极以与 2.5 点中所述电极的相同原理构造;然而,使生产规模降低。实际上,构成旋流器的管道会具有 20 毫米至 400 毫米的直径,末端带有开口锥体。电极的销或者如 2.5 点中所述的与反应器外部单独地连接,或者所有电极销与星形结构(图 6.56)连接使它们能够同时被驱使。在某些实施方案中,星形结构的中心会是中空,允许如 2.3 点中所述的篮的旋转销通过。将从星形开始的空心销与垂直电绝缘销连接。该销使旋流器的所有弹簧能够同时被压缩或延伸。由 GlidArc 旋流器确定的玫瑰花形元件的开口形成了使以外部管道表示的旋流器和内部管道的重叠的旋流器所共有的上升流通过的通道。在每一滑动弧旋流器的顶部,将气体供给管道成切向地插入旋流器的壁,并且管道通向与靠近其壁的外部管道的涡旋相对的管道间空间(图 6.64)。供给管道的配置使外部管道涡旋的气体的一部分能够冲入玫瑰花形元件的旋流器中,而在每一旋流器中产生涡旋。每一旋流器的顶部被通过在旋流器顶部形成管道的空心圆筒(图 6.59)而在中心被穿透的罩(图 6.58)封闭。该圆筒使 GlidArc 旋流器中心处的上升流能够被回收,从而被引入管道间空间。处于管道间空间的圆筒部分是弯曲的,并被指向 FBCB_dc 的外部管道的壁,使得开口孔口靠近外部管道的壁。在一实施方案中,GlidArc 旋流器的上升流管道是弯曲的,以便以反应器的外部管道的气体涡旋的旋转方向输送气体。在优选实施方案中,GlidArc 旋流器的上升流管道是弯曲的,以便以垂直于反应器的外部管道的气体涡旋的旋转方向的方向输送气体。在该设置中,根据伯努利定律(Bernoulli law),上升流的气体被由涡旋产生的真空抽吸。

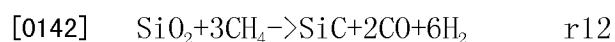
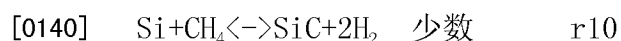
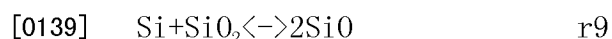
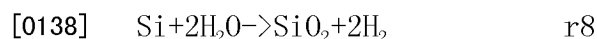
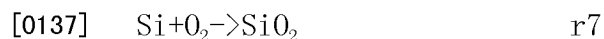
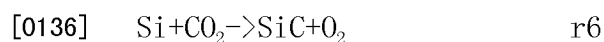
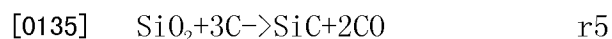
[0130] 用由倾斜叶片(图 6.61)环绕的、允许气体进入 GlidArc 旋流器的开缝(图 6.60)穿透处于内部管道的最后旋流器的裙部侧面的 GlidArc 旋流器的罩的一部分,以与旋流器的涡旋旋转的相同方向使所述气体旋转。开缝的大小足以允许来自上阶段的颗粒通过。通过通道(图 6.63)将这些开缝与上阶段的旋流器的气体和颗粒出口导管连接,其中导管围绕垂直柱的短圆筒组织这些,所述短圆筒被设置为离开上部旋流器的裙部的孔口。GlidArc 旋流器罩由导电材料制成,从而形成接地和/或具有负电位的一个或两个电极。

[0131] 2.7 用于气化的颗粒能够包括铝或氧化铝、镁或氧化镁颗粒或任何能够作为还原剂的其它金属。在微波的作用下,在导电性颗粒中诱导的电流在颗粒之间产生电弧,从而在它们的通道上方产生自由基和带电荷的元素。所形成的自由基和离子互相反应并与存在于反应器中的碳反应,从而制备 CO 和 H₂。被电弧还原的铝原子和/或镁原子打破水分子以释放 H₂,或打破 CO₂ 分子以释放 C。一系列或多或少复杂的反应导致 CO 和 H₂ 的形成。通过反应器中电弧和由电弧和微波诱导的等离子体的 UV 辐射作用,在反应期间将制备的铝和镁的氧化物再生为铝和镁。

[0132] 在另一实施方案中,将具有 1 纳米至 2 毫米均匀或非均匀大小的细粉状 SiO_2 (硅) 颗粒或 Si (二氧化硅) 和 SiO_2 (硅) 颗粒的混合物添加至气化器的颗粒中。

[0133] 在热的作用下,这些基于二氧化硅的颗粒会产生一氧化碳和能够持续捕获碳并改善气化过程污染平衡的惰性化合物碳化硅 SiC 。

[0134] 根据反应:



[0143] 或反应 r5 至反应 r19 的任何组合。

[0144] 能够将这些基于硅或二氧化硅的颗粒以细颗粒 (小于 500 微米) 的形式注射到添加至气化中注入的气体中。

[0145] 气化后获得的 SiC 可以用作费-托合成 (Fischer-Tropsch syntheses) 的催化剂。

[0146] 由这些反应产生的 SiO_2 、 SiO 和 SiC 在室温下为惰性,并以 SiC 的形式表示用于捕获来自 CO_2 的碳并将其储存的工具。

[0147] 2.8 在 FBCB_dc 的外部管道的顶点,将管道嵌套于反应器的内部管道和外部管道之间 (图 4.65)。它是用于在移动过程的最后,沿核心的内部管道引导上升流的管道 (流体导向器)。将流体导向器配置在离核心的两内部 (图 4.33) 和外部 (图 4.34) 管道稍远。在旋流器的出口喷嘴上方,将叶片 (图 4.66) 以类似于设置在内部管道壁上的成形的结构的类似倾斜角设置在外部管道和流体导向器之间。将导入内部管道的燃烧室置于反应器核心上方,并将该室的底部 (图 4.67) 与反应器的外部管道和内部管道的顶部连接。反应器的底部与内部管道一起形成圆形空腔,其通过由外部管道形成的第二空腔的倾斜叶片帘所分隔。随着在内部管道和流体导向器之间上升,将上升流的气体在与内部管道和燃烧室的底部形成的室中加热。加热的气体通过叶片帘,其中以将气体脉冲至燃烧室的方向相同的旋转方向使它们产生旋转下降移动。气体随后进入由外部管道和流体导向器形成的区域,以沿储罐的外部管道的壁形成旋转下降涡旋。

[0148] 2.9 在具体实施方案中,将微波脉冲入反应器核心的外部管道。例如可以将这些微波从优选为磁控管的至少一个微波源注入外部管道的圆柱形区域中的内部管道下方。

[0149] 2.10 在某些实施方案中,将由所有可能比例组成的气体混合物 (CO_2 、 H_2O 、 CH_4) 成切向注入至管道间空间中的外部管道的壁。

[0150] 2.11 在具体实施方案中,在反应器核心的表面上太阳辐射将会聚或反射成一个图像。反射图像的大小小于或等于反应器核心的直径,使得反射的所有能量被反应器吸收,并且接收辐射的区域会是黑色的,并且涂层会任选地包含量子颗粒以防止 UV 辐射的任何反射。可以通过例如平面、球形或椭圆形镜子或通过安装在平面、椭圆或球形结构上的多块平面或球形镜子来实现会聚或反射。可以任选地将单会聚透镜或菲涅耳透镜用于引起光线会

聚。通常,反应器上太阳辐射的反射或会聚可以使用任何类型的太阳能炉或光反射设备以便将日光反射至反应器表面。接收太阳辐射的区域会由金属或金属合金制成,并涂覆有能够抵抗高于 1000℃ 的高温并优选高于 2000℃ 的温度的金属或金属合金。

[0151] 2.12 在另一实施方案中,FBCB_dc 的外部管道配备有耐 1500℃ 温度的至少一个石英窗口或任何其它透明材料。通过 2.11 点描述的方法之一将太阳辐射会聚或反射为反应器核心内侧的一个图像(通过窗口)。图像的大小将小于或等于窗口的直径以便所有太阳能穿透反应器的内部。在某些实施方案中,不论是对于具有单管核心的反应器还是具有双管核心的反应器,可以将日光直接注入燃烧室。

[0152] 在其它实施方案中,通过使用具有大直径(50 厘米至 10 米)的菲涅耳透镜将太阳辐射直接注入燃烧室中。透镜将引起太阳辐射在燃烧室中心会聚。

[0153] 2.13 当进入最后旋流器后,颗粒沉积在反应器或篮的底部以便完成它们的气化。反应器底部相当于形成 FBCB- 型核心的管道的最终部分或 FBCB_dc 型反应器的外部管道。将反应器底部开口用筛(图 7.68)阻塞,所述筛的孔足够大从而允许灰和非常小的煤颗粒(大约数毫米)通过。孔的大小为 500 微米至 0.5 毫米。筛是可动的,并且可被降低或升高和旋转,或者是通过人工驱动或动力螺丝系统或通过液压或气动致动系统或者通过螺丝和弹簧系统,或者是通过任何能够实现三种运动的组合的其它系统。在某些实施方案中,能够使筛移动的系统会同时迅速向上传递震动,以便除去灰并避免颗粒床的压缩。由于上述原因,还可以将底部筛与超声波源连接以称量灰分并促进气化。通常,可以将整个反应器与连续或交替(脉冲)超声波源连接从而有助于流在槽、筛或颗粒床中通过并促进气化。过筛后,半锥体结构(图 7.69)使得灰被指向灰储罐(图 7.70)。通过隔离系统将储罐和半锥体结构分离,所述隔离系统例如,气动阀或任何能够将灰储罐与锥体结构隔离的其它系统。管道将半锥体结构和气体/颗粒分离旋流器(图 7.71)连接。能够将泵或涡轮泵任选地插入半锥体结构和分离旋流器之间,使得反应器的气体出口能够被调节。在某些实施方案中,分离旋流器会是具有切向装料和轴向排料的旋流器,但任何其它类型的旋流器可以是合适的,包括基于离心或基于过滤的系统。

[0154] 分离旋流器的灰出口通向第二灰储罐。通过蜗杆使两个储罐连接,以便能够排空并回收灰。在某些实施方案中,分离旋流器的灰出口通向作为气化器的相同灰储罐(图 7.70)。

[0155] 当将生物质用于制备炭时,获得的灰富含钾碱,其将用于皂化基于植物的油,以制备酯和甘油(肥皂生产的原理)。能够使这些反应在 1.3 点中所述的太阳能/微波炉反应器(F_smo)中进行。

[0156] 能够将酯化反应分解为诸如以下的四个步骤:

[0157] 1) 将脂肪和油皂化;

[0158] 2) 将皂化脂肪酸和甘油分离;

[0159] 3) 将皂化脂肪酸活化,例如通过与卤化磷(X_3P)($X = I, Br, Cl, F$ 等)反应以形成 $RCOOPX_2$ 或 $RCOX$ (磷酸二酯或生物碱卤化物(alkaloid halogenide));

[0160] 4) 将醇和活化的酯反应以形成醇酯。

[0161] 通过形成醇卤化物(alcohol halogenide)能够任选地获得与诸如 HX 的强酸的活化反应。

[0162] 2.14 在具体实施方案中,旋流反应器的内部核心(内部管道)的最后旋流器将以封闭的倒置锥体(图 12.89)结束。起始于锥体的壁的管以垂直于旋流器主轴线的方向延伸(图 12.88),在本文中将其称为抽吸井。优选地,将三个抽吸井彼此以 120° 配置。将燃烧器(图 12.87)相对于每一抽吸井并垂直于井的方向放置,使得热解气体或附加气体能够燃烧,由此燃烧气体具有垂直于井开口的方向,由此通过伯努利效应将到达最后旋流器底部的颗粒抽吸朝向燃烧器火焰。此外,或多或少平行于涡旋方向的燃烧器火焰方向维持双核心反应器的外部管道中产生的气体涡旋。因此,抽吸井-燃烧器系统使落入内部管道的最后旋流器底部的灰能够被提取,并且使仍未反应的最后碳颗粒被气化。

[0163] 2.15 在具体实施方案中,用于减少能够在气化期间形成的诸如 H_2S 或 NO_3 等的各种不期望化学形式的电滑动弧(GlidArc)工艺会包括电极系统,其包括叶轮(图 13.93)或具有旋转叶片和配置为十字架的固定筛的转子(图 13.92)或在旋流反应器或 Tb_smo 的不同位置引入的多分支星形(multi-branch star)。对筛的每一筛臂给予 100 伏至 1000 千伏的连续或交替电位,同时将叶轮或叶片转子接地。通过在反应器中循环的气体作用下的旋转,叶轮或转子的每一叶片相对于十字架或星形的棒而经过。转子或叶轮与十字架或星形之间的距离将是这样:在所述叶片和十字架或星形的棒之间可以形成一个或多个电弧。通过从棒移开,叶片拉长电弧,由此为其赋予其滑动弧的性质,产生非平衡等离子体。电弧形成和伸长的情况会在与星形或十字架的棒相对的叶轮或转子叶片的每此经过时再次发生。在某些实施方案中,与地面的连接和与电位的连接能够在转子或叶轮与星形或十字架之间转化。

[0164] 在某些实施方案中,配置在转子或叶轮(图 13.94)和/或十字架或星形水平的圆盘使得催化反应的效率得以改善。

[0165] 能够将叶轮/转子和十字架/星形 GlidArc 装置配置在工艺中的不同位置,特别是在用于排出旋流反应器的内部管道的旋流器中上升气体的 T- 导管水平或在位于气体和灰之间的分离旋流器的出口处的气化反应器之后。

[0166] 3.1 通过使用泵和常规炉的不同方法能够将供给旋流器气化反应器的气体(CO_2 、 H_2O 、 CH_4 、 O_2)压缩、加速和加热。然而,在具体的方法中,通过太阳能/微波炉涡轮泵将供给至旋流器气化反应器的所有气体加热并加压。

[0167] 太阳能/微波涡轮泵(Tb_smo)由直径为 1 厘米至 5 米并且长度为 10 厘米至 5 米的管道(图 8.72)组成。Tb_smo 的尺寸将取决于被压缩和加热的气体的性质和用途。优选地,Tb_smo 的直径为大约 20 厘米并且长度为大约 1.5 米,以便压缩并加热用于旋流器的气体。其直径为大约 10 厘米并且长度为大约 70 厘米以便加热并压缩用于燃烧室燃烧器的气体。构成 Tb_smo 的管道可以被限制在真空的或包含有与 F_smo 的封闭室中的那些气体具有相同性质的气体的透明室中。

[0168] 在优选实施方案中,Tb_smo 的管道的入口通向透明封闭室,以便限制热损失的气体能够穿过 Tb_smo 反应器的管道。

[0169] 然而,Tb_smo 反应器的管道入口会被多孔体封闭,其要求穿过 Tb_smo 反应器的管道的气体与多孔体的网孔之间大量的接触。优选地由陶瓷制成的多孔体具有大交换表面并作为太阳辐射吸收器,改善 Tb_smo 反应器的热惯性。例如,多孔体会是由例如堇青石制成的蜂窝型多通道大块(monolith)或是由碳化硅 SiC 制成的多孔泡沫陶瓷。在该实施方

案中,优选将诸如 CO_2 、 NH_4 或 H_2O 的温室气体作为限制热损失的气体。将限制热损失的气体注入到与反应器管道的开口相对的封闭室中。随后,气体在透明封闭室中循环,使 Tb_smo 反应器管道的壁与透明封闭室的壁绝缘。这样,气体捕集来自被太阳辐射加热和被微波内部加热的反应器 Tb_smo 管道的壁的红外辐射,当其运动至反应器管道的入口时,加热其自身。随后,气体经过多孔体冲入 Tb_smo 反应器的管道中,在多孔体中,其与多孔结构接触而被进一步加热。随后,气体穿过反应器管道的一部分至转子中,在其中被加速、压缩和加热。

[0170] 将至少一个销配置在管道中心。该销被配备在具有转子的两个区域内,所述转子位于销的第一个三分之一处(图 8.73)和销的最后三分之一处(图 8.74)。转子的每一区域由例如三个转子组成,所述转子由绕销旋转的每隔 6° 配置的 60 个叶片组成。使叶片或多或少地倾斜;然而,对应于涡轮级的销的最后三分之一处的转子叶片的倾斜角可以大于对应于压缩级的销的第一个三分之一处的转子叶片的倾斜角。提供转子的列数仅作为指示,并且能够根据泵的功率或大小降低或增加。叶片的大小和倾斜角会取决于涡轮受到的压力。每个转子的叶片数仅作为指示,并会根据 Tb_smo 的大小和功率来改变。转子销任选地为椭圆形状(图 8.75),使得反应器内的体积逐渐降低至第一转子区域的水平。在该相同区域,管道的壁的凸出或其弯曲将销(pie)在第一转子区域的整个部分上方的横截面逐渐降低。在位于第一转子区域后方的部分中,在销的第二个三分之一处的水平,使环形微波室(图 8.76)围绕转子的旋转销。在某些实施方案中,将环状腔室与销整合并与其一起销旋转。围绕销的环状腔室的壁比与销相对的环状腔室的壁长。与销相对的环状腔室的壁与 Tb_smo 的管道的壁形成通道,通过所述通道气体能够穿过环状腔室后面的区域。环状腔室的壁由以下材料制成:其使得微波能够被反射并能够抵抗大约 2000°C 的高温,其通常为铝钛合金、镍钨合金、不锈钢、涂覆有玻璃化陶瓷的碳、陶瓷或任何其它充分耐火的化合物。将微波注入环状腔室中,从而使其以足够引起其反射向环状腔室内的角度在围绕旋转销的壁上反射。在紧邻与销相对的环状腔室的壁之后将微波注入。至少通过磁控管来产生微波。优选地,四个磁控管(图 8.6)将以十字形配置将微波注入环形微波室。通过波导设备(图 8.7)将波注入环状腔室中。通常,例如能够使用任何能够通过波导定向的能量射频源(energetic radiofrequency source)。在微波的作用下,使包含于环状腔室中的气体经受显著的加热,这使得气体膨胀并使其经由销的最后三分之一处的转子排出。在最后三分之一处的转子中气体通道的作用下,销的第一个三分之一处转子的叶片将气体推向环状腔室,同时由于横截面的收缩而将其压缩。环状腔室中通过微波压缩和加热的气体通过销的最后三分之一处转子叶片排出,从而保持移动。在将镜子和透镜沿 Tb_smo 的管道有规律地分布的设置中,太阳热能仅通过热的累积($\text{PV} = \text{NRT}$)引起的均匀膨胀而在气体压缩中涉及。然而,对于也被转化为运动压缩能(kinetic compression energy)的太阳热能,镜子表面和透镜大小能够在销的最后三分之一处转子的区域局部增加。在该水平提供的附加太阳能会进一步加热气体,加快销的速度并因此加速压缩。

[0171] 在某些实施方案中,能够将销的第一个三分之一处的转子用离心压缩机代替。在该设置中, Tb_smo 的管道的直径会在压缩级增加以便能够接收它。

[0172] 能够将 Tb_smo 用作设计新一代用于推进车辆(天空、陆地、海洋等)的涡轮喷气发动机的基础。可以通过在级之间或者在反应器的压缩级和涡轮级之间添加包含由磁控管注入微波的波导的环形微波室,来增加反应器的功率,由此导致气体更加膨胀。可以通过添

加水来增加该膨胀,水会被微波蒸发并参与推进。该方法将燃料中存在水的后果受到限制,因为存在于燃料中的水会被微波蒸发并会用于推进。

[0173] 磁控管的电消耗可以通过垂直于旋转销引入一个或多个“tesla”条形磁铁(例如,具有纵向定向磁化的条形 2.5teslas 的条)来补偿。例如,磁铁条能够直接地为压缩级的转子叶片。垂直于磁铁旋转平面,将由铜线或任何其它金属的线以及超导线(例如,碳纳米管编织物等)制成的一个或多个线圈配置在 Tb_smo 或涡轮喷气机的管道中或管道上。销的旋转会引起与线圈平面垂直的旋转磁场的产生,从而使得大量电流产生。

[0174] 由于 H₂O 具有高偶极矩 (1.85),通过 Tb_smo 对该气体的加热和压缩将非常有效。在 Tb_smo 的出口,可以将加热的气体直接注入旋流器气化反应器的不同旋流器中。然而,由于甲烷、CO₂ 和空气具有平均较低的偶极矩,优选地将它们与水蒸气混合,从而在注入燃烧室的燃烧器之前通过 Tb_smo 加热并加压。

[0175] 可以在将天然富含水的热解气体注入燃烧室之前,将其通过 Tb_smo 有效地加热并加压。

[0176] 用于避免将水添加至气体的另一选择包括在其与微波接触期间,用放电将其电离。

[0177] 旋流器气化反应器中所用的水蒸气的一部分会得自太阳能/微波炉(F_smo)中蒸发的液态水。其余水蒸气来自生物质中包含的水或燃烧室的燃烧期间产生的水。注入的气体的压力在 1atm 至 2000atm 之间变化。

[0178] 3.2 在某些实施方案中, Tb_smo 使得砂或诸如叠层浮石、碳化硅的另一研磨体或任何其它研磨体(图 3.27) 能够被投射入旋流器的切向入口。该研磨体的投射使得炭颗粒被迅速侵蚀,增加了气化的有效性。

[0179] 在某些实施方案中,在将研磨体成切向投射入旋流器或任选地在焙烧或热解阶段期间与原料混合之前,将其通过 F_smo 在 200℃至 600℃预热,以便使其加速。

[0180] 3.3 在某些实施方案中,将 F_smo 分段为日光部分和微波部分。将日光部分如梳状配置(图 8.83) 从而增加加热的有效性。将梳齿组件与包含微波源的单管道连接。在更优选实施方案中,将梳齿用通向封闭室的多孔体填充。

[0181] 在某些实施方案中,梳的末端将通向大气,由此使空气能够被吸入并加热。能够在焙烧或热解之前将温暖的空气用于干燥原料。

[0182] 能够设想用于 Tb_smo 的类似组件。

[0183] 在某些实施方案中,能够将微波与红外辐射源结合。该第二射频源在分子中诱导不对称移动。实际上,红外能基本上被分子化学键的振动所吸收。这除了增加分子温度以外,还创造了偶然不对称振动模式,产生瞬间偶极矩。由此非极性分子对微波暂时敏感。

[0184] 在某些实施方案中,对于设想的不同配置,将微波频率和红外线频率的组合用于加热诸如 CO₂ 的气体。

[0185] 4.1 在某些实施方案中,将旋流器气化反应器完全隔热,包括用于分离离开旋流反应器后的气体和灰的旋流器。能够通过例如用隔热产品(石棉、陶瓷等)覆盖与周围空气接触的所有部分来获得该隔热。

[0186] 在具体实施方案中,整个旋流反应器会被包含在量热室或隔热容器中,其会在旋流反应器的壁和封闭室之间保持高真空。真空或者通过密封量热室而为静态,或者通过泵

送包含于量热室中的空气而为动态。该泵送可以通过例如用能够电离气体的 Tb_smo 或 Tb_smo 来进行。

[0187] 4.2 在旋流器气化反应器的出口,当通过灰和气体分离旋流器后,主要包含 CO 和 H₂ 的气体混合物可以包含或多或少的未被还原的 CO₂。根据气化的调整,出口气体的组成为(不包括水蒸气)37% CO、27% H₂、7% CO₂、6% O₂ 和 1.5% CH₄。提供这些比例仅作为指示并能够根据装置的调整而显著地改变。然而,这些值表明 CO 和 H₂ 的比例可能不对应于费-托合成所需要的那些。为了纠正不平衡,能够将 CO₂ 与其它气体分离。能够使用将 CO₂ 与其它气体分离的任何方法,特别是深度冷冻法。

[0188] 然而,这些方法消耗大量能量。

[0189] 在具体实施方案中,我们会利用下述事实:CO₂ 的水溶性系数(在 0℃和 1.013 巴下为 76.610⁻³ 摩尔/升)高于 CO 的水溶性系数(在 0℃和 1.013 巴下为 1.510⁻³ 摩尔/升)、CH₄ 的水溶性系数(在 0℃和 1.013 巴下为 2.410⁻³ 摩尔/升)和 H₂ 的水溶性系数(在 0℃和 1.013 巴下为 0.910⁻³ 摩尔/升)。

[0190] 在气体和灰分离旋流器的出口,气体经过一个或多个热交换器,在其中将它们的热量传递至:

[0191] - 水,

[0192] - 水蒸气,

[0193] - CO₂,

[0194] - 旨在在费-托反应器中反应的合成气混合物,

[0195] - 旨在被精制的产物,

[0196] - 通常,在其转化循环期间需要热量的任何产物。

[0197] 当被恢复至室温后,使气体混合物在含水的分离储罐中鼓泡。为了指示的目的,储罐中水的体积可以为 10 升至 1000 升。对于处理非常大体积的气体,储罐体积能够超过 1000 升。将储罐密封,并且位于高位的阀(在水之上)使未溶解的气体能够离开。任选地,将分离储罐在 0℃至 35℃的温度下恒温控制。在 1 巴至 100 巴的压力下将气体注入储罐。如果水包含防冻剂或盐产物,则储罐温度能够低于 0℃,使得能够实现更好的溶解(温度可以在 -20℃至 +35℃之间变化)。

[0198] 在将水脱气后再注入之前,将其从储罐泵送。泵送在距离气体鼓泡点较远处,在其中没有悬浮气泡的区域内进行。泵送的水的流速能够与储罐中气体的鼓泡速率成比例。其能够根据气体混合物中 CO₂ 的比例和 CO₂ 的溶解速率来调整,从而优化 CO₂ 的溶解并限制其它气体的溶解。溶于水中的 CO₂ 的比例会取决于水的物理化学性质,特别是 pH 和盐浓度。为了增加 CO₂ 的溶解速率, pH 优选为碱性。尤其能够基于由炭的气化产生的通常富含钾碱的灰来调整该 pH。CO₂ 迅速溶于水,而其它气体主要进入储罐的空气部分。根据用于热解的原料的来源,离开旋流器气化反应器的气体会或多或少地被 NO_x、HS_x、重金属等污染。

[0199] 这些化合物通常在水中(或在某些溶剂混合物中)具有非常高的溶解系数并由此在适当溶剂鼓泡期间被溶解。在某些实施方案中,将从储罐泵送的水(或任何其它溶剂)通过反渗透或过滤的方法处理,从而使在起泡期间溶解在盐水中的不同溶质浓缩,所述溶质包括以 H₂CO₃ 形式溶解的 CO₂。已经存在并能够使用大量的水处理方法(脱盐、水净化、蒸馏等)。

[0200] 使水在层流中直接泵送或任选地过滤后,将其通过超声波或高真空或快速加热来脱气。这三种处理的组合能够同时或顺序地采用。优选地,将水通过真空和超声波的作用脱气。由脱气产生的气体主要由 CO_2 并且任选的 NO_x 和 HS_x 组成。如果 CO_2 足够纯,可以通过将其再引入旋流器气化反应器来将其再引入气化循环。在由两空心或多孔碳电极之间的电弧产生的等离子体的界面上,可以将获得的气体混合物任选地进行液相/气相还原。在该还原阶段, NO_x 和 HS_x 会被还原为硫或 N_2 或具有中间氧化数的化合物(该还原可以通过电 GlidArc- 型处理完成)。

[0201] 用于这些还原的碳电极可以包含添加剂,例如铝、镁或任何其它还原性金属,例如以粉末与碳颗粒高度聚结的形式。这些金属通过与水、 CO_2 或电极的碳反应来促进 CO 和 H_2 的产生。将由氧化-还原反应产生的金属氧化物通过等离子体的电流和强光再生;特别地, MgO 被等离子体还原为 Mg 和氧气(氧气会与碳反应)。碳电极能够任选地包含 Si 和 SiO_2 添加剂,其会与水、 CO_2 和碳反应以制备 CO 和氢气以及 SiC 。添加剂也能够存在于等离子体反应器的水中。添加剂粉末在电极中的分布会是均匀的或不均匀的,例如被仅含碳的层分离的一系列层中。电极的碳例如来自通过蜗杆回收的灰,其通向旋流器气化反应器和气体与灰分离旋流器的灰储罐。

[0202] 冷却后,一个或多个热交换器在蜗杆水平复原,以加热在其转化循环期间需要加热的产物,并将冷的灰在水力旋流器中洗涤。随后将其研磨成非常细的、均匀或不均匀的具有 1 微米至 1 毫米大小的颗粒。任选地将颗粒与促进 CO_2 还原和碳氧化的不同化合物(金属、磷、 Si 、 SiO_2 颗粒等)混合。由颗粒制备浆料,并且在任选地基于例如碳化合物添加诸如耐水的胶或树脂的粘结剂或任何胶结材料后,将浆料模压或拉伸并压缩成电极。

[0203] 当在电弧的等离子体中还原后,将回收的气体进行另一分离步骤。

[0204] 由于包含钾碱而非常碱性的用于洗涤灰的水会被用于增加用于气体分离的水储罐的 pH,或在用于脂肪和油皂化的 F_{smo} 中用作用于该目的盐(1.3 点和 2.13 点)。通常,将所有鼓泡水和洗涤水通过反渗透、过滤并用空心碳电极进行电还原来进行再处理。也能够设想蒸馏方法。

[0205] 4.4 在分离储罐的空气部分中回收的气体形成主要包含 CO 和 H_2 的合成气。将气体通过被校准从而在预定的压力打开的阀回收。然而,留下对于每一化合物大约 1% 至 3% 的低百分数的 CO_2 、 CH_4 和 O_2 。

[0206] 为了使以下反应 (Ft) 有效,必须在所用的合成气混合物中考虑方程式的化学计量:

[0207] (常规 FT): $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow (\text{CH}_2)_n + n\text{H}_2\text{O}$ $\Delta H_{298} = -165\text{KJ. 摩尔}$

[0208] 烷烃的形成: $n\text{CO} + 2(n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$

[0209] $2n\text{CO} + (n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n+2} + n\text{CO}_2$

[0210] 烯烃的形成: $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n} + n\text{H}_2\text{O}$

[0211] $2n\text{CO} + n\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n} + n\text{CO}_2$

[0212] 醇的形成: $n\text{CO} + 2n\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n+1}\text{OH} + (n-1)\text{H}_2\text{O}$

[0213] $2(n-1)\text{CO} + (n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_{2n+1}\text{OH} + (n-1)\text{CO}_2$

[0214] 实际上, CO/H_2 的比率定向 FT 合成中的主要反应。此外,由于 CO 和 H_2 在各种存在的反应器中不同的扩散,通常必须根据使用的 FT 反应器调整合成气的组成。最后,使气化

期间产生的次级 CH_4 和 CO_2 气体最小化是重要的。

[0215] 在第一步中,例如在冷却塔或使合成气达到接近 0°C 的温度的任何设备中,过水蒸气冷凝除去合成气中包含的水。可以任选地通过 Tb_smo 进行冷却气体的压缩。产生的液态水将驱动一部分存在于合成气中的 CO_2 。通过脱气可以将冷凝水的 CO_2 回收并再引入合成环路中。

[0216] 通过水蒸气会将干燥的合成气湿润为由期望的最终 CO/H_2 比率确定的百分数。

[0217] 随后,在例如 Tb_smo 或简单的空心太阳能 / 微波炉 (无涡轮或蜗杆) 或任何其它设备中,将湿润的合成气再次加热为 200°C 至 1200°C 的温度。

[0218] 根据如下反应,这能够使 H_2 由 CO 产生,以防止不期望地产生 CO_2 :

[0219] $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$ $\Delta H_r(600\text{K}) = -39\text{KJ. 摩尔}$

[0220] 能够根据上述方法之一将产生的 CO_2 除去,但是这些方法具有在合成气配方中产生不平衡的风险。

[0221] 优选涉及等离子体的电化学 CO_2 还原方法。

[0222] 5.1 在具体实施方案中,基于太阳能 / 微波涡轮泵制备电化学反应器,其中将“太阳”部分 (镜子和透镜) 除去或减少为仅位于转子和环状腔室第二区域水平的部分,从而获得太阳能 / 微波反应器或微波反应器 (R_smo)。优选地,形成 R_smo 管道的直径为 10 厘米至 20 厘米,并且例如由诸如派热克斯玻璃 (pyrex)、石英等的电绝缘材料制成。导电材料在其控制诱导的电流通路的条件下是合适的。如果使用对微波透明的材料,则至少对于接收微波的 R_smo 区域 (其对应于第一转子区域后的区域),将 R_smo 封闭在反射微波的结构中,例如铝管或反射微波的任何其它材料中。第一转子区域的至少一个转子由叶片组成,所述叶片由电绝缘材料制成或与转子销绝缘。所述转子具有与转子销接触的至少一个导电叶片,所述转子销本身导电并接地。在 R_smo 的壁上,在转子旋转平面中,提供至少一个经受 100 伏至 1000 千伏电流的电极。

[0223] 在具体实施方案中,转子将由四个与转子销接触的导电叶片组成,并且其余叶片会与转子销电绝缘或由绝缘材料 (例如绝缘陶瓷) 制成 (图 9.77)。将导电叶片相对于销以十字形配置。确定叶片长度,以便将其配置在与 R_smo 的管壁 1 微米至 5mm 的距离处。在转子旋转平面中,将 4 电极以 90° 彼此配置 (大小为例如 50 微米至 1 厘米)。在某些实施方案中,电极可以为叶轮片段 (图 9.78)。导电叶片的末端优选地突出,以促进电极和叶片之间电弧的形成。将每一电极引入高压发电机的相,同时将旋转销接地 (还可以使用直流电,并将转子的销和电极与发电机的接线端连接)。

[0224] 在转子旋转期间,使导电叶片接近电极 (50 微米至 1 厘米),并且电弧在叶片和电极之间形成。随后,将叶片从电极离开,根据穿过电绝缘的或电中性的叶片的最短路径,将电弧在电极和导电叶片之间拉伸。当使用螺旋电极时,电弧可以沿电极滑动。在某些实施方案中,能够将多个转子和电极级添加至系统中,以交错方式配置每一转子的导电电极,以覆盖管道 R_smo 的最大可能的横截面。

[0225] 随后将已添加期望比例甲烷 (CH_4) 的包含不期望 CO_2 的平衡的合成气引入 R_smo 中,其中在电弧和甲烷 CH_4 的作用下,将平衡的合成气体通过 R_smo 的第一压缩级吸入,并通过以下反应将合成气中存在的大部分 CO_2 还原:

[0226] $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ $\Delta H_r(600\text{K}) = 205\text{KJ. 摩尔}^{-1}$

[0227] 同样地,通过以下反应将合成气中仍存在的大部分 H_2O 还原:



[0229] 5.2-1 在反应器管道的壁的水平上,通过在第一转子区域引入包含至少一个固定磁铁和导电的或超导的线圈的至少一个转子级,能够降低 R_{smo} 的电消耗。固定的磁铁能够与包含导电叶片的转子的叶片电绝缘。在优选实施方案中,将磁铁与不同于含导电叶片的转子的转子整合。能够将两种类型的转子制作成三明治形或者在第一转子区域两个不同部分中分离。可以存在任何数目的磁性叶片;然而,必须将导电叶片的数目和配置调整为磁性叶片的形状和配置以及电线圈的形状和配置。

[0230] 在具体实施方案中,磁性叶片的数目等于 $2n$ 叶片, n 为偶数。

[0231] 在 $n = 2$ 的具体实施方案中,将磁性叶片以十字形配置(图 10.79)。在该取向中,叶片是对称的,从而两对称叶片具有相反极性“N/S”。由此磁性叶片之间的角距为 90° 。可以将螺线管(图 10.80),例如四根螺线管,配置为垂直于包含磁性叶片的转子旋转的平面。通过旋转,转子引起螺线管中磁场的改变,由此产生与转子旋转频率相同旋转频率的交流电。通过将螺线管接线端与 R_{smo} 的管道的电极一端连接,另一端与在电极平面中旋转的导电转子连接,“磁性”转子的旋转产生用于在导电转子和管道的电极之间产生电弧所必需的电流。在具体实施方案中,将四根螺线管通过它们接线端之一与单转子连接。所述转子与销电绝缘,但转子的导电叶片彼此连接。使每一螺线管的第二接线端与导电转子的旋转平面中的电极之一连接。相对于包含磁性叶片的转子的旋转平面确定螺线管的取向,使得螺线管中诱导的电流在螺线管中总是具有相对于导电转子相同的方向。与相同转子连接的所有螺线管的电流将同时流动,或者由线圈到转子或者由转子到线圈。

[0232] 5.2-2 在具体实施方案中,在 5.2-1 点中描述的对称磁性叶片的设置之一中,将螺线管与交流发电机接线端连接。将两相对的螺线管与发电机相反地连接,使得诱导的磁场相对于轴线对称(以相反的方向)。随后,螺线管-转子系统作为驱使压缩级的电星形发动机(electric radial engine)。由此能够除去涡轮级,因为电动机进行气体压缩。

[0233] 在某些实施方案中,能够通过外部电动机驱动压缩级。

[0234] 5.3 在具体实施方案中,存在转子的 $2n$ 磁性叶片, n 为奇数。依照 $360/(2n)$ 的齿距角,将磁性叶片有规律的配置在转子上。依照旋转轴线,使磁性叶片二对二对称并且两对称叶片具有相反极性“N/S”。通过经过根据转子上磁性叶片的分布形成的轮,获得有规律地交替的轴向对称的北磁极性和南磁极性。该对称引起北极相对于旋转轴线与南极对应。能够将中性磁性叶片插入磁性叶片之间,从而在转子上获得期望数目的叶片。这些中性叶片可以作为磁性叶片磁场之间的屏蔽。转子的旋转产生转子旋转速度大约 $2n$ 倍的非常快速的场变化。这些磁场除了产生高频电流以外,其变化非常快(旋转速度的 $2n$ 倍),并且根据与 ICP 相同的原理,其能够非常迅速地加热诸如 H_2O 、 SiO 的具有偶极矩的分子或诸如氦气的某些气体。

[0235] 然而,在垂直于磁性叶片转子旋转平面的螺线管布置中,螺线管中诱导的磁场会与静止磁场相反。通过 R_{smo} 的气体所经受的垂直于转子旋转平面而变化的磁场强度非常低。

[0236] 5.4 在具体的方法中, R_{smo} 的螺线管为 Z-形。螺线管由在较高平面形成半圆随后依照垂直投射落入较低平面的导线组成。在较低平面中,导线形成另一互补半圆,随后依

照正投射上升至上部平面。由此螺线管旋转由处于通过两垂线连接的两个层叠平行的平面中的两半圆组成。从俯视图可见,螺线管旋转为圆。多次重复该操作以获得螺线管。能够用任何几何形状代替圆形:正方形、椭圆、矩形等。

[0237] 将 Z-螺线管围绕 R_{smo} 管道放置,使得两半圆(上面和下面)垂直于磁性叶片转子旋转的平面并且与半圆连接的两柱平行于转子旋转的平面。两柱能够处于转子旋转的平面中或者相对于该平面偏移。通过在旋转平面中旋转,磁性叶片转子通过螺线管两垂直半圆产生可变的场。该可变的场会诱导电流和与叶片静止场相反而诱导的反向磁场。通过进入垂直部分而通过螺线管的回路的电流产生垂直于其它磁场和转子平面的磁场。该场不能被补偿,并被施加于通过 R_{smo} 的气体。

[0238] 通过使用 n 为奇数并具有交变极性的转子,可以以数千赫兹的频率(转子速度的 2n 倍)改变磁场。磁场的这种快速变化诱导与转子的轴线平行的磁场,使气体能够被显著地加热从而引起气体的反应。在高频率下(高于 2MHz),诱导的磁场能够在诸如 NH₃、H₂O、SiO 等的极性气体中产生热等离子体。

[0239] 然而,在与电弧系统耦合的变化的场中,诸如 CO₂ 的中性和非极性分子变成偶极子,其能够在变化的磁场或微波的作用下被加热。这种类型的装置会被用于加热干 CO₂。

[0240] 5.6 在具体实施方案中,转子由 2n 个磁性叶片组成。能够将中性叶片插入到磁性叶片之间,从而在转子上获得期望数目的叶片。根据 360/(2n) 的齿距角,将磁性叶片有规律地设置在转子上。根据旋转轴线,磁性叶片为二对二对称。两对称叶片在末端具有相同极性“N/N”或“S/S”(图 10.81)。能够将叶片中心部分用形成磁场屏蔽的材料覆盖。另一可选方案包括制备由仅末端为磁性的复合材料制成的叶片。环绕由此形成的转子,根据围绕转子轴线的中心对称设置偶数个螺线管。优选地,螺线管数目为四(图 10.80)。在与磁性转子的旋转平面平行的平面中,优选在第一转子区域和环状腔室之间(图 10.82),围绕 R_{smo} 的管道设置另一螺线管。将与转子垂直的每一螺线管接线端之一连接至与转子平面平行的螺线管的相同接线端。将平行螺线管的第二接线端与导电转子连接。将垂直螺线管的第二接线端与位于导电电流转子(conductive current rotor)旋转平面中的壁的电极中之一连接。在某些实施方案中,形成 R_{smo} 的管道为导电的并代替电极以及直接地实现电极的作用。使电回路产生,使得来自垂直线圈的所有电流同时并以相同方向流向平行线圈。通过旋转,磁性转子引起相反线圈的磁场对称地改变。由垂直线圈诱导的磁场是二对二相反的,由此限制线圈上的扭曲力。在四根垂直螺线管中诱导的电流通过平行线圈并产生以磁性转子旋转速度 2n 倍变化的磁场。将平行线圈置于第一转子区域和环状腔室之间的事实防止了转子的过热。转子的销会被偏转器保护以防止过热。

[0241] 5.7 在具体实施方案中,会使用 R_{smo} 以在气化和 FT 合成阶段期间,将 CO₂ 还原并将过量 CH₄ 氧化,成为 CO 和 H₂。将 CO₂/CH₄ 或任选地 CO₂/CH₄/H₂O 通过 R_{smo} 的转子的第一区域吸入。混合物可以富含 1 微米至 500 微米的碳颗粒(炭、煤)。可以将诸如锰、氧化锰、铝、镁、铟、钛、铁、铜等金属的颗粒或能够增加由气体混合物制备的 CO 和 H₂ 的量的任何其它金属的颗粒添加至混合物中。

[0242] 根据上述反应和 r13 至 r19,在第一级电弧的作用下,将气体分子电离从而成为彼此相互作用并与碳颗粒相互作用的反应剂。

[0243] 以颗粒形式注入的金属会通过形成的不同反应剂被氧化;它们可以在等离子体

(光和电流)和由环状腔室中微波诱导的电流的作用下被还原。

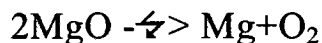
[0244] 例如,能够列举镁的作用:

[0245] $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2$ r13

[0246] $\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}$ r14

[0247] $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$ r15

[0248]



[0249] $2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$ r16

[0250] 或列举铝的作用:

[0251] $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$ r17

[0252] $3\text{CO}_2 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}$ r18

[0253] $3\text{CO}_2 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{C}$ r19

[0254] $2\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{e}^-) \rightarrow 4\text{Al}_2\text{O}_2$

[0255] 产生的碳能够被 CO_2 或水或反应器中产生的氧自由基氧化为 CO。

[0256] 5.8 铝粉是高度易燃的并且镁粉更加高度易燃,这使得它们非常难以操作。

[0257] 为了能够使气体和等离子体富含金属而不必操作粉末,将期望的金属或金属合金,通常为任何期望材料,的小块引入第一转子区域的上游或下游。将该块倚靠 R_{mos} 的管道的壁放置或在转子的销的水平的热偏转器上放置。使由石英或对使用的波长透明的任何其它材料制成的窗口相对于该块设置。通过窗口,用显微镜物镜或透镜使激光束集中于块上。该光束烧蚀块的表面。激光频率为 1 赫兹至 10^6 赫兹以及激光脉冲为大约 1 飞秒至 100 纳秒。金属块的激光烧蚀会在反应器入口处粉碎由块中排出的材料的气体,所述气体会通过 R_{smo} 并可以如 5.7 点中所述与气体分子反应。对于充分的激光功率(从 8 微焦耳/平方微米开始)和小于 10 纳秒的充分短的脉冲,会形成光等离子体。这些等离子体会通过产生带电体和/或自由基来进一步电离排出的气体和材料原子,以使所有元素具有高度反应性。对于烧蚀,所有的波长是合适的。然而,优选例如 266 纳米的 UV 中的波长。由于位于第一转子区域和环状腔室之间的空间的快速磁场变化,气体动能保持较高。在第一转子区域和温度增加的作用下压缩的气体进入环状腔室,其中来自磁控管的微波增加温度。

[0258] 5.9 在具体实施方案中,用于使气体富含的金属和颗粒是电流导体。在环状腔室中微波的作用下,在悬浮于气体中的颗粒中诱导电流。这些诱导的电流会引起颗粒之间或颗粒与 R_{smo} 反应器壁之间的电弧,由此在气体中产生电来源的等离子体。这些等离子体会产生活化的元素,其通过彼此之间、与气体以及与碳或金属颗粒反应而通过上述反应来制备 CO 和 H_2 。由诱导的电弧产生的等离子体就其本质而言为非平衡等离子体。

[0259] 5.10 在具体实施方案中,环状腔室底部和第二转子区域(涡轮区域)的第一转子之间的距离等于 $n \cdot \lambda + \phi$, n 为自然数、 λ 为微波波长并且 ϕ 为由壁或转子上的反射所诱导的移相。该第一转子会由传导电流并反射微波的材料制成。转子的直径会是例如等于 0.5λ 。通过转子的销会由复合材料制成,其最大部分由电绝缘材料制成。然而,在有第一转子开始向环状腔室的 $\lambda/4$ 长度处,销的第二区域由导电材料或由被电导体涂覆的材料制成。磁控管的波导将微波导向环状腔室中,其会被部分反射朝向第二转子区域的第一转子。在某些实施方案中,在波导的出口处,波被导向第一转子。转子和销的导电部分会作为

微波天线。这会具有在转子以及导电电流销的一部分中产生诱导的电流的效果。这些电流会引起天线与下述之间的电弧：

- [0260] - 靠近天线转子设置的电极，
- [0261] - 包含于气体中的颗粒以及气体自身，
- [0262] - 任选接地的其它转子，
- [0263] - R_{smo} 的壁。

[0264] 此外，由于环状腔室和天线之间的距离，微波可以充分地激发碳和任选的引入至气体的金属颗粒，从而形成等离子体团（或等离子体）。随后，会发生 CO_2 的还原以及碳和 CH_4 的氧化从而制备 CO 和 H_2 。当反应器 R_{smo} 发挥作用时，将任选地富含碳颗粒（和任选的其它元素）的气体通过第一转子级吸入。在该水平下，气体的活化在电弧的作用下开始，所述电弧在导电叶片与插入反应器壁的电极之间产生。随后，在环状腔室上游将气体压缩，并任选地通过平行于转子销而变化并引起磁性叶片和螺线管旋转的磁场来加热。随后，气体进入环状腔室，其中它们在微波的作用下被显著加热以形成归因于感应电流弧的包含非平衡等离子体的热力学等离子体。受热并电离的气体驱使第二转子区域的转子，其会驱动转子销，维持 R_{smo} 反应器的操作。

[0265] 5.11 在一个实施方案中， R_{smo} 由处于两级的涡轮和压缩机组成。将形成低压压缩级的转子系统通过旋转销连接至形成涡轮级的转子系统。这两个转子区域形成反应器的最外部转子系统。在外部转子级之间插入通过空心销与第二涡轮级连接的高压压缩级。这最后两级形成反应器的最内部转子系统。将外部系统的旋转销嵌套在内部系统的销中。在反应器的中心，使空心旋转销张开并合拢以形成与销整合的环状微波室。内部销和转子由导电材料制成并与接地的最外部转子系统绝缘。在注入环状腔室的微波的作用下，会在最内部转子系统中产生感应电流。这些电流在两转子系统之间以及最内部转子系统和接地的反应器管道之间产生电弧。这些电弧会如前述部分所述活化经过反应器的气体和颗粒。对于 R_{smo} 所描述的不同实施方案能够以多种变化来组合。在某些实施方案中，将位于两个转子之间的空间用油或能够在两系统之间实现双曲面耦合的液体填充。例如使销配备有叶片（最内部系统的空心销的内侧和最外部系统的销的表面），从而放大该耦合。在某些实施方案中，将最外部系统的涡轮级除去。通过将销嵌套而将低压压缩系统与其余转子系统（对应于内部转子系统）耦合。

[0266] 在某些实施方案中，最内部系统的压缩机由离心压缩机组成，其肋部的背面（配备叶片或槽的锥体；叶轮）与环状腔室连接。

[0267] 5.12 通常，将 R_{smo} 用作作用于碳气化的补充反应器或主反应器，从而将其氧化为 CO 并制备 H_2 。在这些情况下，能够进行过滤、鼓泡、通过膜的微分扩散、旋风分离、深冷分离或任何其它分离及纯化过程，从而纯化所得的合成气并除去包含于合成气中的颗粒和金属。

[0268] 5.13-1 在具体实施方案中，在 R_{smo} （任选地 Tb_{smo} ）中进行的气化用 SiO 蒸气进行。

[0269] 例如，在 R_{smo} 反应器中将 CO_2 气体加热到 $500^\circ C$ 至 $2000^\circ C$ 的温度。由于 CO_2 为非极性，任选地将 H_2O 添加至 CO_2 中以更有效地加热气体混合物。

[0270] 使气体或气体混合物与 Si （二氧化硅）和 SiO_2 （硅）颗粒的混合物接触。 Si 和

SiO₂ 颗粒的大小为 1 纳米至 5 毫米。根据本方法的实施方案,颗粒大小为均匀的或不均匀的。

[0271] 在热和气体的作用下,以不同比例发生以下反应:

[0272] $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{SiO}$ 气体

[0273] $\text{CO}_2 + \text{Si} \rightleftharpoons \text{SiO}$ 气体 + CO

[0274] $\text{CO}_2 + \text{Si} \rightleftharpoons \text{SiC} + \text{O}_2$ 少数

[0275] $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$

[0276] 在 500℃ 至 2000℃ 的温度下,将获得的气体混合物在第二个 R_smo 中任选地过热。由于 SiO 的偶极矩接近于 1.54D,其会被微波显著地加热。

[0277] 随后,根据本方法的实施方案,使气体混合物与具有 1 纳米至 2 厘米的均匀或不均匀的大小的碳颗粒接触。

[0278] 在气体混合物的作用下,发生以下反应:

[0279] $2\text{C} + \text{SiO}$ 气体 $\rightleftharpoons$ SiC 固体 + CO 气体 r20

[0280] 该最后的反应能够在与旋流器组合的 Tb_smo 或 R_smo 中进行,所述旋流器使获得的 CO₂/CO 气体混合物的颗粒能够被分离。

[0281] 5.13-2 在另一方法中,使用的加热气体为甲烷 CH₄ 而不是 CO₂。例如在 R_smo (任选地 Tb_smo) 中在 500℃ 至 2000℃ 的温度下将气体加热。由于 CH₄ 的极性非常低,任选地将其与少量 H₂O 混合。

[0282] 以不同比例发生以下反应:

[0283] $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}$ 固体 + 2H₂

[0284] $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$

[0285] $\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$

[0286] 根据 5.13-1 点中描述的方法,使处于 R_smo 出口的气体混合物与 Si (二氧化硅) 和 SiO₂ (硅) 颗粒的混合物接触。会发生以下反应:

[0287] $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{SiO}$ 气体

[0288] $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Si} \rightarrow 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$

[0289] $\text{Si} + \text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{SiC} + 2\text{H}_2$ 少数

[0290] $\text{Si} + \text{C} \rightarrow \text{SiC}$ 少数

[0291] $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$

[0292] $\text{SiO}_2 + 3\text{CH}_4 \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO} + 6\text{H}_2$

[0293] 随后,根据 5.13-1 中所述的方法,使气体混合物与碳颗粒接触,并且发生反应 r20。

[0294] 5.13-3 在另一方法中,使用的加热气体将为 H₂O,将其在 R_smo (任选地 Tb_smo) 中在 500℃ 至 2000℃ 的温度下加热。随后根据 5.13-1 中所述的方法,使气体混合物与 Si 和 SiO₂ 颗粒的混合物接触。

[0295] 在热和气体的作用下,发生以下反应:

[0296] $\text{Si} + \text{SiO}_2 \rightleftharpoons 2\text{SiO}$ 气体

[0297] $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Si} \rightarrow 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$

[0298] 在某些情况下,仅在二氧化硅 Si 的反应期间产生 SiO₂。

[0299] 随后,根据 5.13-1 中所述的方法,使气体混合物与碳颗粒接触,并且发生反应 r20。

[0300] 可以通过添加水蒸气而使获得的合成气 (H_2 、 CO 、 C_2H_2 、 CO_2) 或 (CO 、 CO_2) 纯化并平衡。

[0301] C_2H_2 的水溶性系数 (在 $0^\circ C$ 和 1.013 巴下为 76.610^{-3} 摩尔 / 升) 接近于 CO_2 的水溶性系数,并由此能够根据 4.2 中所述方法将其与其余分子分离。

[0302] 将不同气化反应期间制备的 SiC 用作 FT 反应催化剂。

[0303] 6.1 在 R_smo 的出口,使气体在热交换器中冷却,并纯化以除去颗粒和剩余 CO_2 。在被注入 FT 反应器之间,合成气通过 Tb_smo 或其它方式平衡并达到期望的温度。

[0304] 在 FT 反应器的出口,将烃和醇的混合物在 F_smo 中加热。

[0305] 在优选实施方案中,为了获得较好的微波作用,将一定量的水蒸气引入到离开 FT 反应器的烃和醇的混合物中。也能够通过来自热交换器的热将混合物加热。F_smo 出口的烃和醇的混合物达到了 $200^\circ C$ 至 $600^\circ C$ (优选为 $370^\circ C$) 的温度,足以用于蒸馏柱中蒸馏。

[0306] 在某些实施方案中,平面镜或球面镜或具有菲涅耳构造的镜子会反射蒸馏柱上的太阳辐射。

[0307] 在某些实施方案中,光学透镜将通过透明窗口引起太阳辐射会聚在 F_smo 的管道表面或会聚在 F_smo 自身中,从而使烃和醇的混合物被加热。

[0308] 6.2 能够将蒸馏最后获得的甲烷用作旋流器气化反应器以及上述不同反应器和反应中的燃料。

[0309] 然而,通过 FT 合成制备的某些甲烷可以用作驱动交流发电机的内燃机的燃料,从而产生所用的某些电流。将由发动机产生的 CO_2 注入到合成气制备系统的 CO_2 回路中。为了制备系统的益处,还可以将由发动机产生的热回收。

[0310] 6.3 在某些实施方案中,通过在与电流发生器或涡轮发电机组的气体涡轮中燃烧甲烷来制备加压的 CO_2 。在涡轮出口,在可能进入 Tb_smo 并被过热后, CO_2 会供给至气化器的旋流器、等离子体反应器、R_mos 或制备系统的任何其它反应器。

[0311] 6.4 某些电能由太阳能板提供。太阳能板在其表面上具有石英颗粒或量子颗粒 (量子或 Qdot)。这些颗粒在 UV 辐射的作用下具有发射红外和可见荧光的能力。将 UV 光转化为可见和 IR 光谱使得其适于通过典型板来使用。

[0312] 通常,能够将 Qdot 与反应器管道的黑色涂层整合,以增加它们的光吸收能力。

[0313] 安装操作所需的另一部分电能将来自风能。

[0314] 通常,任何类型的电流生产能够适于满足工艺 (图 14) 所需要的电能。然而,优选包括燃料电池系统在内的无污染电流生产,从而不阻碍系统的污染平衡。

[0315] 所有附图的图例

[0316] 1) 太阳能 / 微波炉管道

[0317] 1a) 太阳能炉的壁

[0318] 1b) 真空或绝缘气体 (例如氩气)

[0319] 1c) 封闭室的透明壁

[0320] 1d) 将 UV 太阳辐射转化为能够经过壁的可见和红外辐射的封闭室壁上的量子颗粒

- [0321] 2) 蜗杆
- [0322] 3) 镜子系统
- [0323] 3a) 封闭室内侧的镜子
- [0324] 4) 椭圆面部分阶梯配置的镜子
- [0325] 5) 会聚透镜或菲涅耳透镜
- [0326] 6) 磁控管
- [0327] 7) 波导
- [0328] 8) 脱气管道
- [0329] 9) 反应器核心 (FBCB)
- [0330] 10) 燃烧室
- [0331] 11) 与燃烧室的壁成切向的燃烧器
- [0332] 12) 燃烧火焰作用下的燃烧气体涡流
- [0333] 13) 燃烧火焰
- [0334] 14) 空气入口
- [0335] 15) 颗粒热解气体入口
- [0336] 16) 诸如 CH_4 的附加气体入口
- [0337] 17) 形成面向下的穿孔锥体的裙部 : 用于颗粒和气体的燃烧室的轴向出口, 和进入第一旋流器的轴向入口
- [0338] 18) 形成面向下的穿孔锥体的裙部 : 用于第一旋流器的颗粒和气体的轴向出口和进入第二旋流器的轴向入口
- [0339] 19) 形成面向下的穿孔锥体的裙部 : 用于第二旋流器的颗粒的轴向出口
- [0340] 20) 用于封闭裙部漏斗开口的锥体。锥体配备有叶片, 以产生朝向下部旋流器的倾斜通道, 从而引起气体以旋流器涡旋的旋转方向来旋转
- [0341] 21) 裙部漏斗开口的部分阻塞。裙部的边缘和锥体结构之间配置的一系列导管在两隔壁之间形成通道
- [0342] 22) 用于部分封闭裙部漏斗开口的、裙部的边缘和锥体之间的倾斜导管
- [0343] 23) 裙部漏斗开口的边缘
- [0344] 24) 产生朝向下部旋流器的倾斜通道的叶片
- [0345] 25) 用于封闭裙部开口的锥体的视图 : 截面视图和仰视图
- [0346] 26) 用于封闭裙部开口的锥体下部面的叶片
- [0347] 27) 用于将气体切向注入旋流器的管道
- [0348] 27a) 使研磨产物进入用于将气体切向注入旋流器的管道的入口
- [0349] 28) 具有双轴向和切向入口的旋流器
- [0350] 29) 上升气体流导向器
- [0351] 30) 空心 T- 结构
- [0352] 31) 空心 T- 结构的底部 : 上升流管道
- [0353] 32) 气体出口喷嘴 (水平喷嘴) : 管道间空间中的上升流出口
- [0354] 33) 反应器核心的内部管道
- [0355] 34) 反应器核心的外部管道

- [0356] 35) 管道间空间
- [0357] 36) 旋流器中轴向入口的倾斜导管
- [0358] 37) 核心的内部管道的下端 : 具有圆曲率的裙部
- [0359] 38) 内部管道的下端的部分闭合 : 双锥体
- [0360] 39) 具有测定了口径的孔的筛
- [0361] 40) 被组织为朝向内部管道上升的锥体的筛
- [0362] 41) 封闭筛分锥体的双锥体
- [0363] 42) 中空 (开口) 的环形篮
- [0364] 43) 环形篮的开口
- [0365] 44) 环形篮的旋转销
- [0366] 45) 用于将篮与旋转销连接的叶轮
- [0367] 46) 被组织为围绕短筛分圆筒的、由垂直的金属棒形成的导管
- [0368] 47) 使得在旋流器中形成上升流、过滤颗粒和产生感应电流弧的垂直金属棒
- [0369] 48) 形成倾斜导管的叶片
- [0370] 49) 使加入颗粒的气体产生转动的倾斜导管
- [0371] 50) A : 上升流圆筒, 和 B) 用于上升流的穿孔锥体
- [0372] 51) 配置在环形篮的外缘上并面向篮内侧的叶片
- [0373] 52) 与环电极连接的螺旋弹簧电极
- [0374] 53) 末端具有自身封闭最后一圈的环结构的弹簧电极底部
- [0375] 54) 被处理的弹簧电极末端, 从而末端回到弹簧螺旋的中部, 以形成中心销
- [0376] 55) 具有螺旋电极的旋流器 : GlidArc
- [0377] 56) 与 GlidArc 旋流器的销连接从而使得弹簧被同时驱使的星形结构
- [0378] 57) 以玫瑰花形状围绕 FBCB_dc 的内部管道末端的最后旋流器的裙部开口配置的 GlidArc 旋流器
- [0379] 58) 用于封闭旋流器的罩。A : 侧视图, B : 仰视图
- [0380] 59) GlidArc 旋流器中的上升流出口圆筒
- [0381] 60) 用于 GlidArc 旋流器的轴向供给的倾斜开缝
- [0382] 61) 围绕旋流器的轴向供给开缝的倾斜叶片
- [0383] 63) 用于从上级旋流器的出口导管轴向供给 GlidArc 旋流器的导管
- [0384] 64) 用于 GlidArc 旋流器切向供给的管道 ; 管道开口进入与外部管道的壁靠近的涡旋相反的管道间空间
- [0385] 65) 用于引导上升流的管道
- [0386] 66) 外部管道和流导向器之间配置的叶片
- [0387] 67) 燃烧室的底部
- [0388] 68) 用于阻碍气化反应器底部的筛
- [0389] 69) 半锥体结构
- [0390] 70) 气化器的灰储罐
- [0391] 71) 气体 / 颗粒分离旋流器
- [0392] 72) Tb_smo 的壁

- [0393] 73) 位于压缩机销的第一个三分之一的转子区域
- [0394] 74) 位于销的最后三分之一的转子区域
- [0395] 75) 椭圆转子销
- [0396] 76) 用于封闭微波的环状腔室
- [0397] 77) 由与销接触的四个导电叶片组成的转子, 其中剩余叶片与销电绝缘
- [0398] 78) 彼此处于 90° 、与转子旋转平面垂直的四个电极
- [0399] 79) 以十字形配置的磁性叶片, 其中两对称叶片具有相反极性“N/S”
- [0400] 80) 与包含磁性叶片的转子的旋转平面垂直配置的四个螺线管
- [0401] 81) 具有中心对称的磁性叶片的转子, 其中两对称叶片在其末端具有相同极性“N/N”或“S/S”
- [0402] 82) 与包含磁性叶片的转子的旋转平面平行配置的螺线管
- [0403] 83) 梳形太阳能炉
- [0404] 84) 与多个太阳能炉连接的微波单元
- [0405] 85) 多孔体
- [0406] 86) 基材的装载
- [0407] 87) 与燃烧室的壁相切的燃烧器
- [0408] 88) 抽吸井
- [0409] 89) 封闭内部管道的最后旋流器的倒置锥体
- [0410] 90) 超声波源
- [0411] 91) 超声波导向器
- [0412] 92) 接地的叶轮
- [0413] 93) 与发电机连接的四电极组
- [0414] 94) 使叶轮叶片与电极 93 绝缘的电绝缘体
- [0415] 95) 叶片
- [0416] 96) 叶轮
- [0417] 97) 热屏蔽
- [0418] 98) 收集室
- [0419] 99) 叶轮叶片销

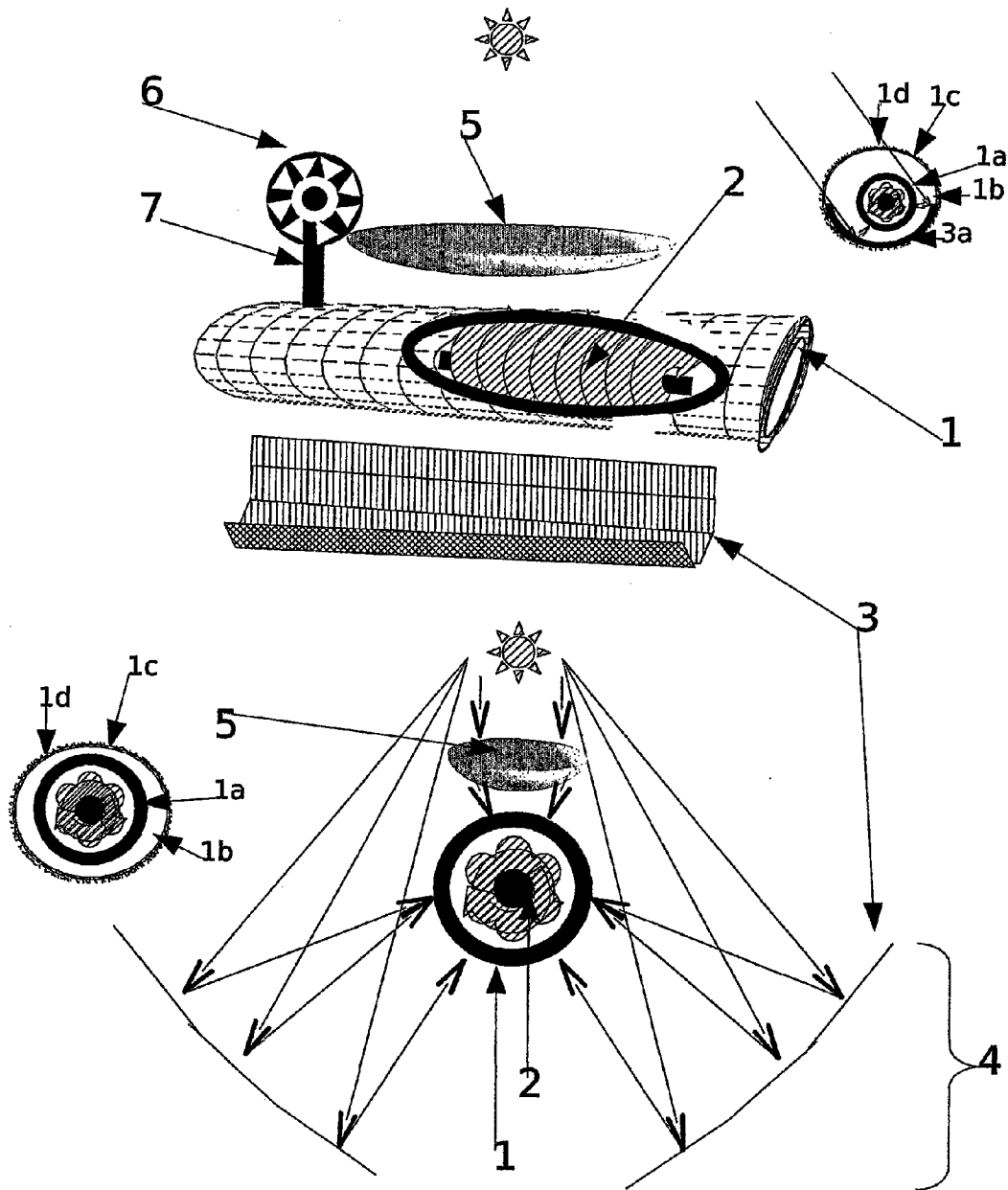


图 1

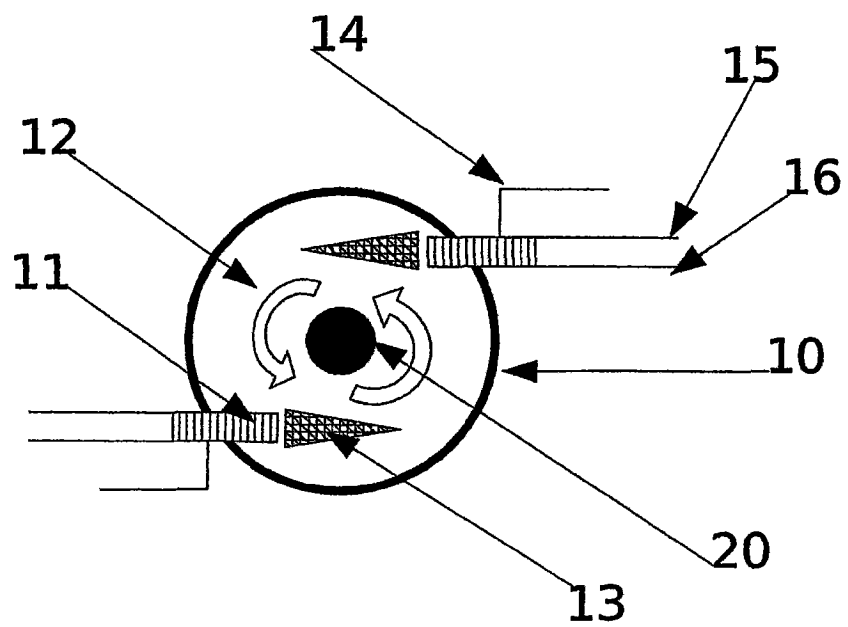
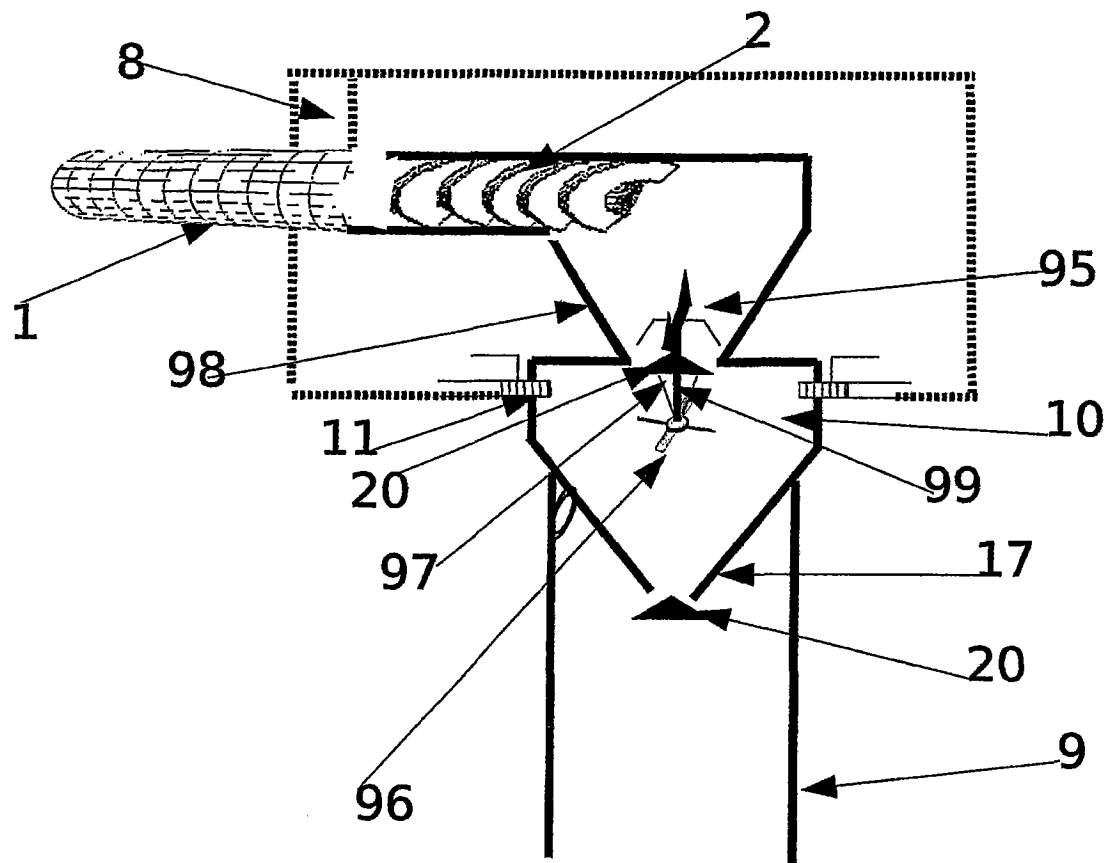


图 2

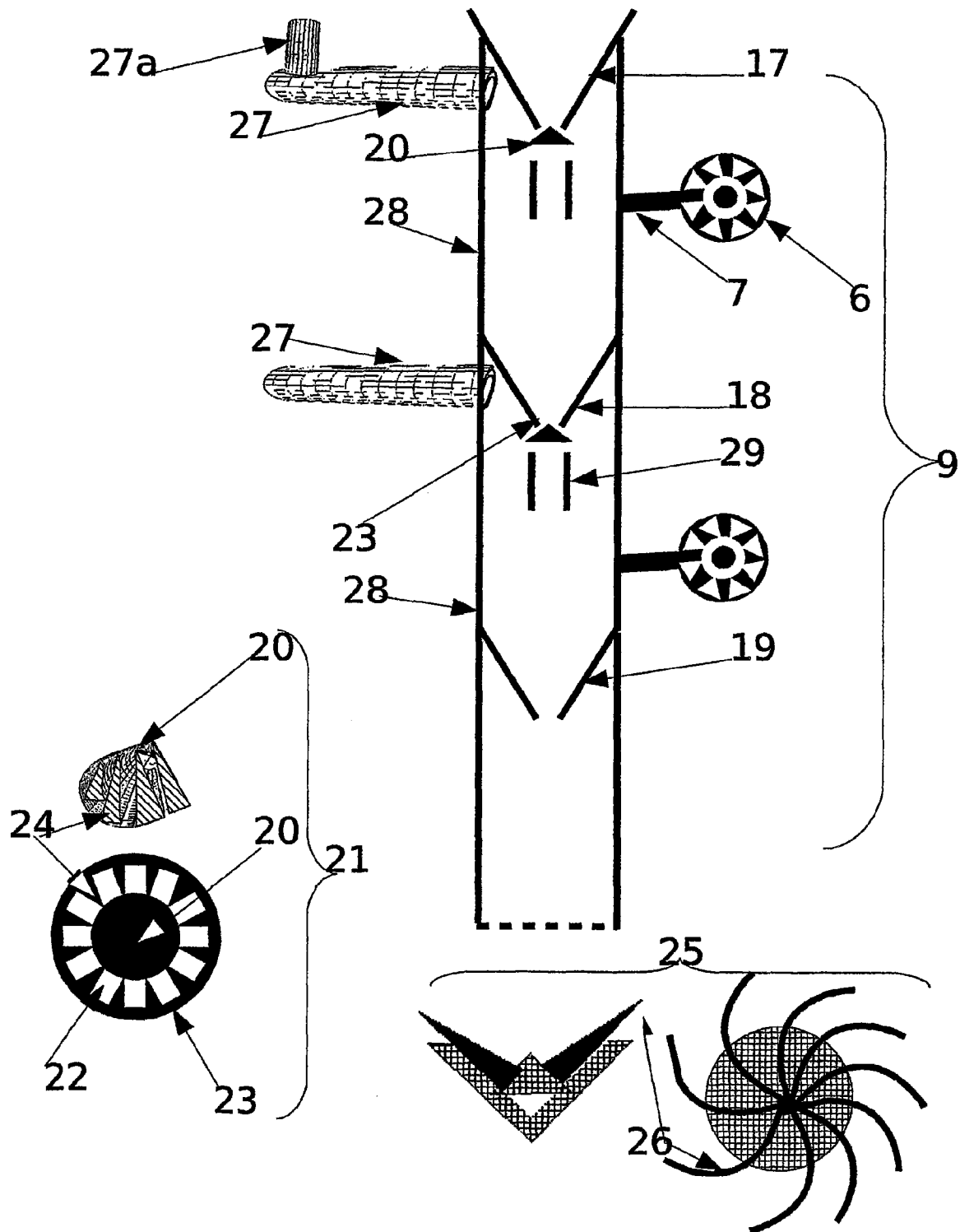


图 3

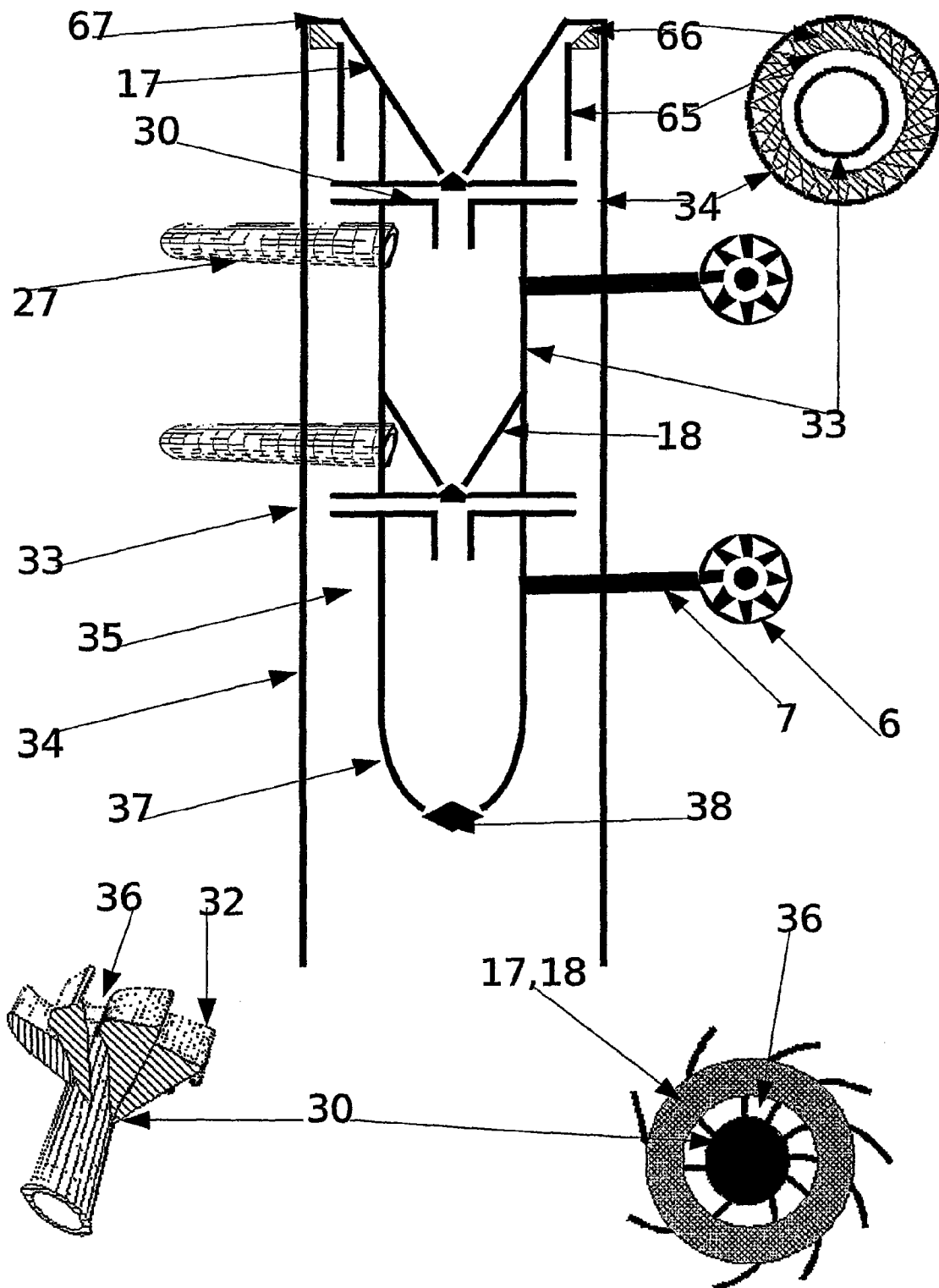


图 4

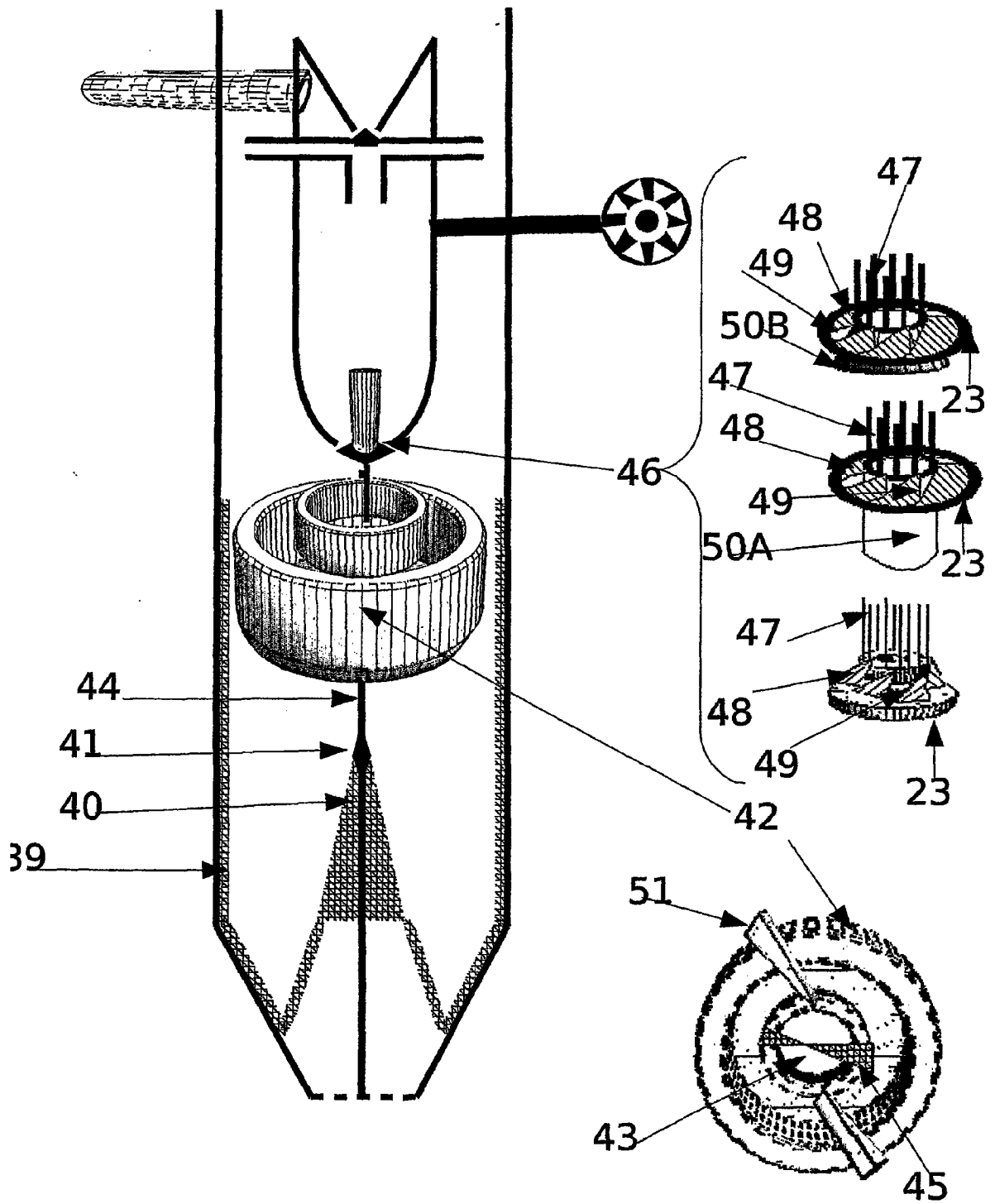


图 5

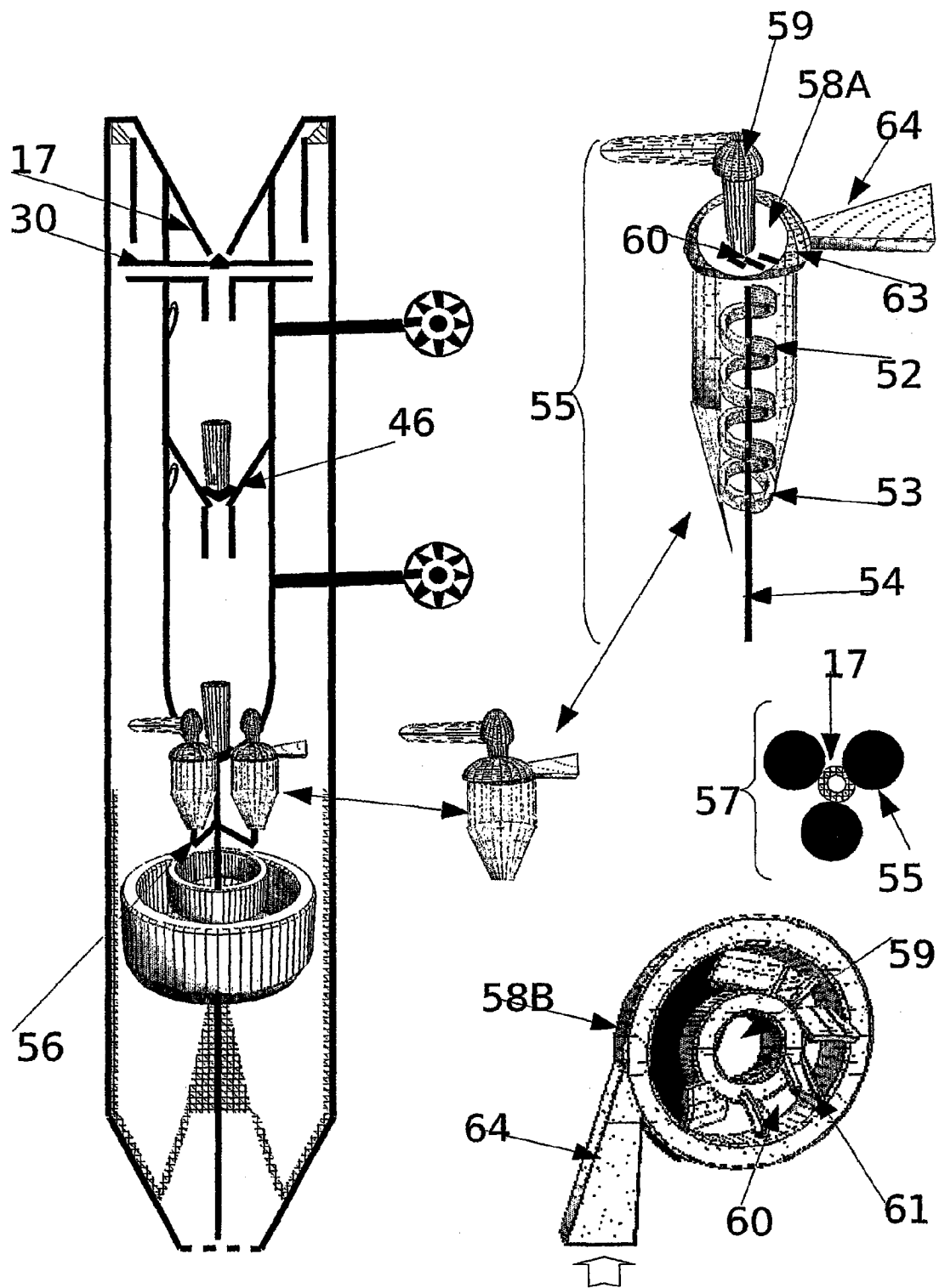


图 6

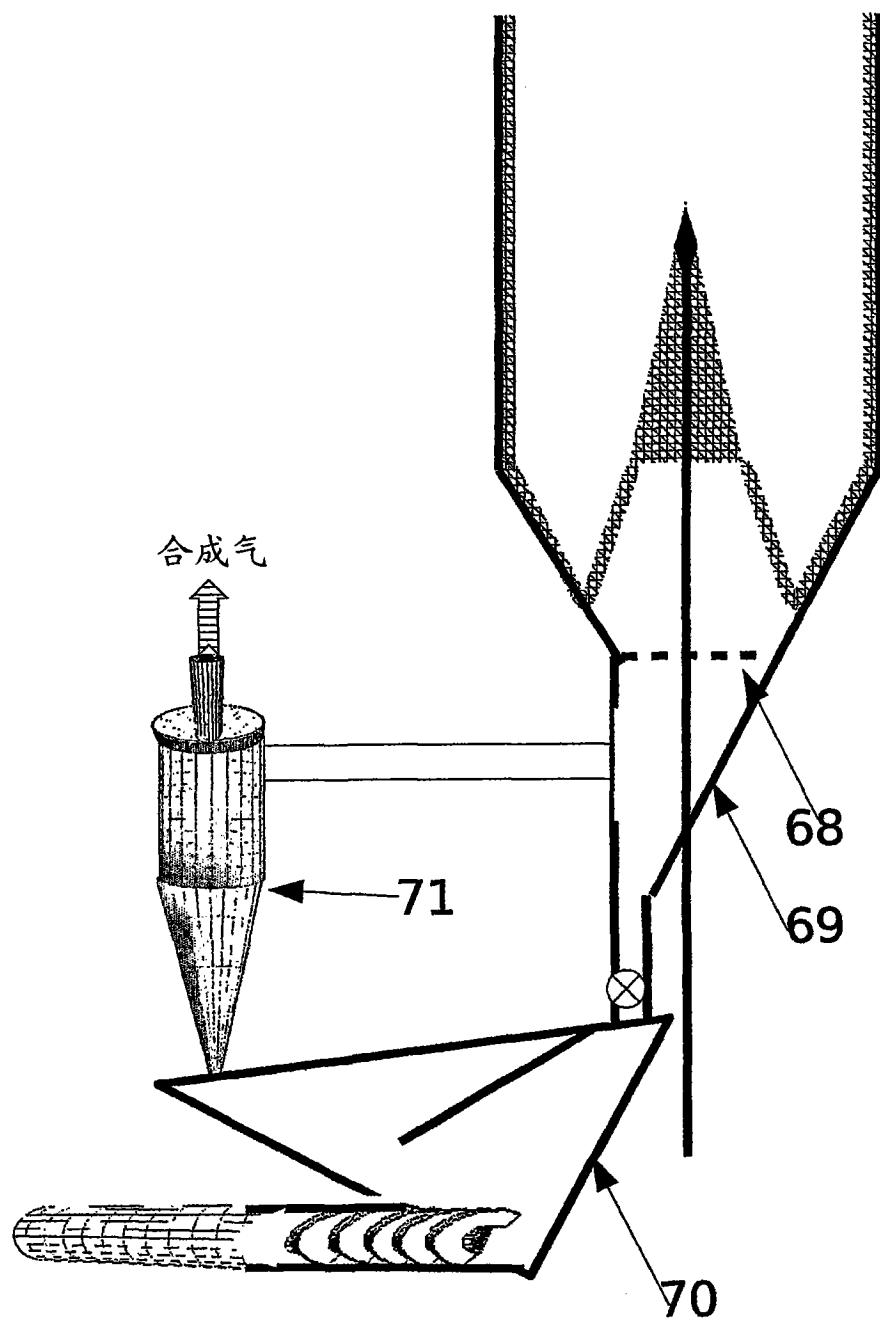


图 7

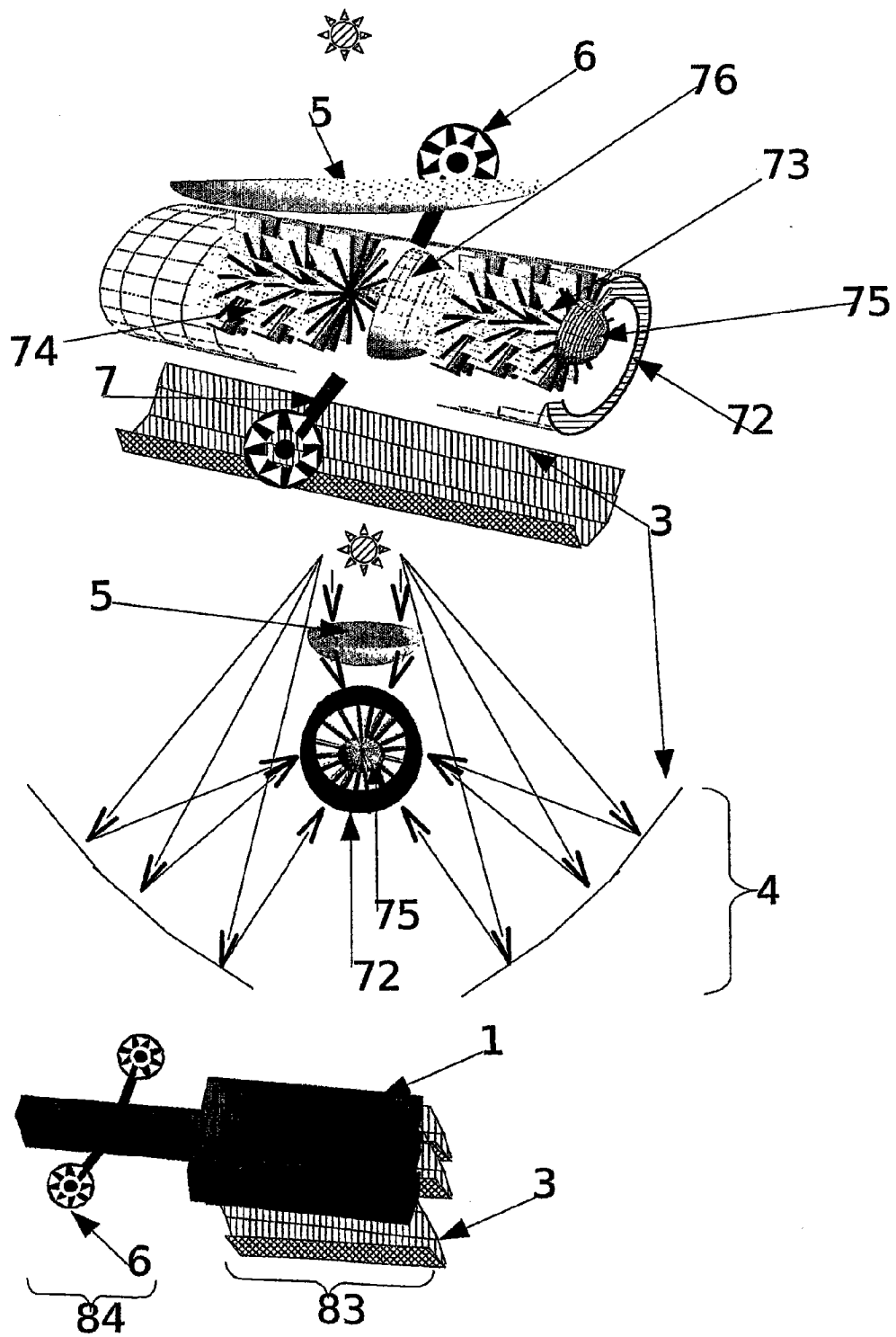


图 8

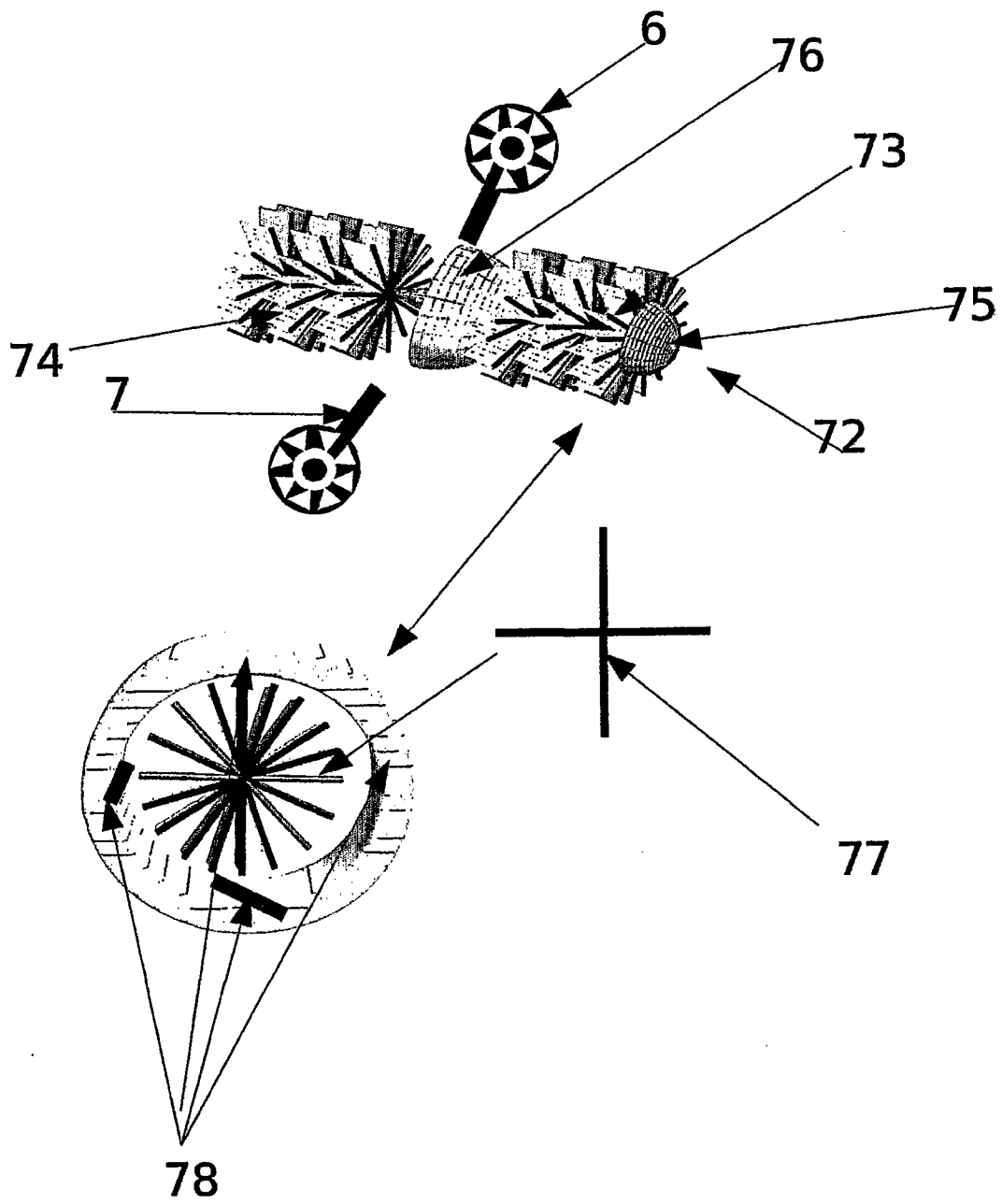


图 9

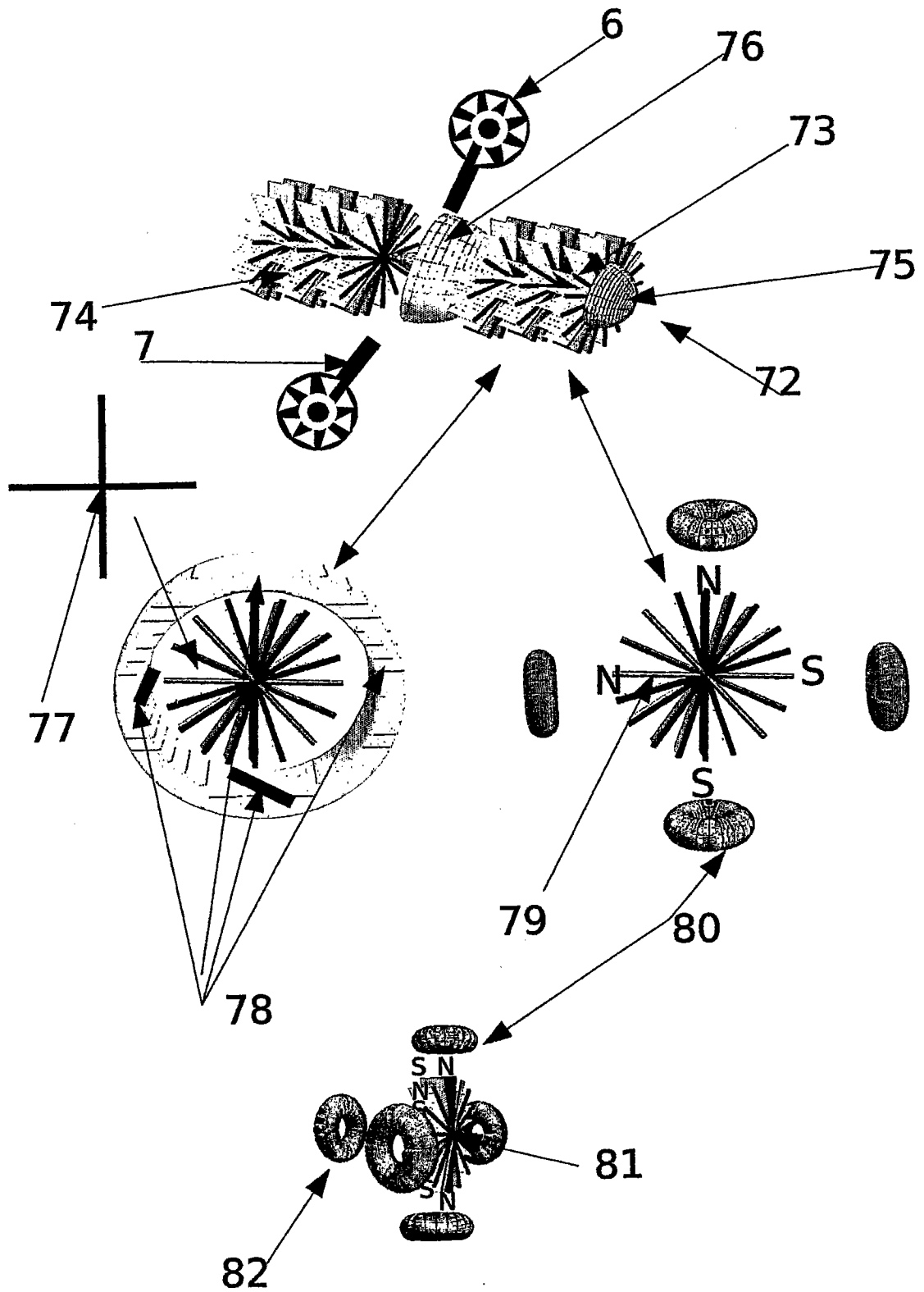


图 10

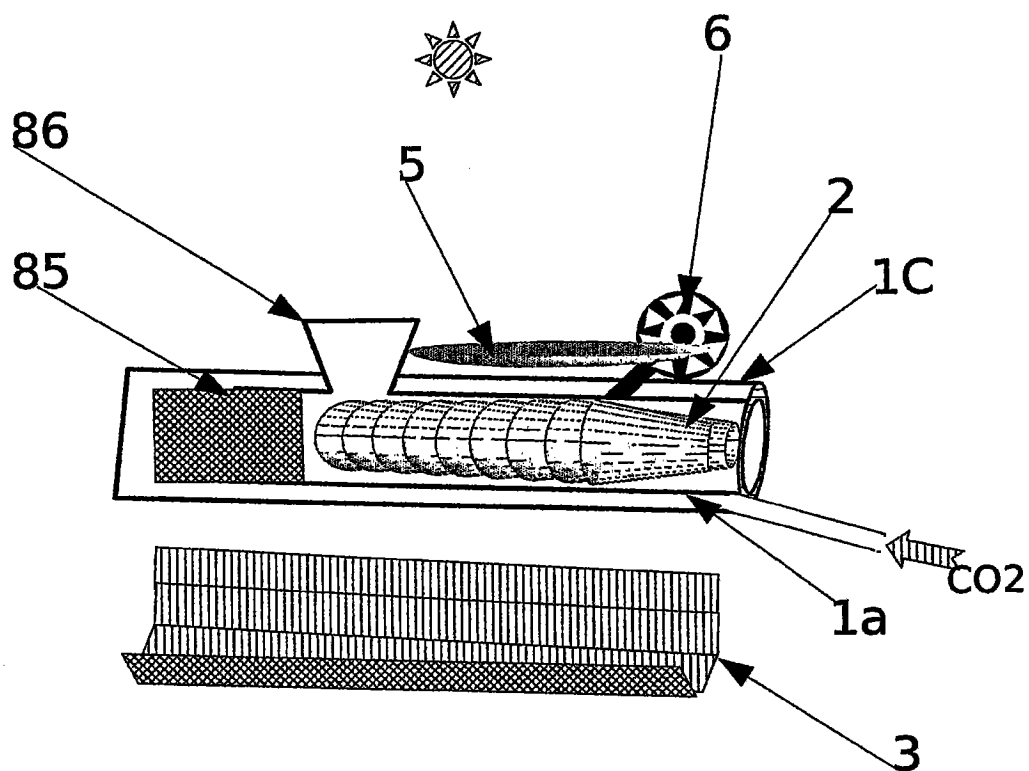


图 11

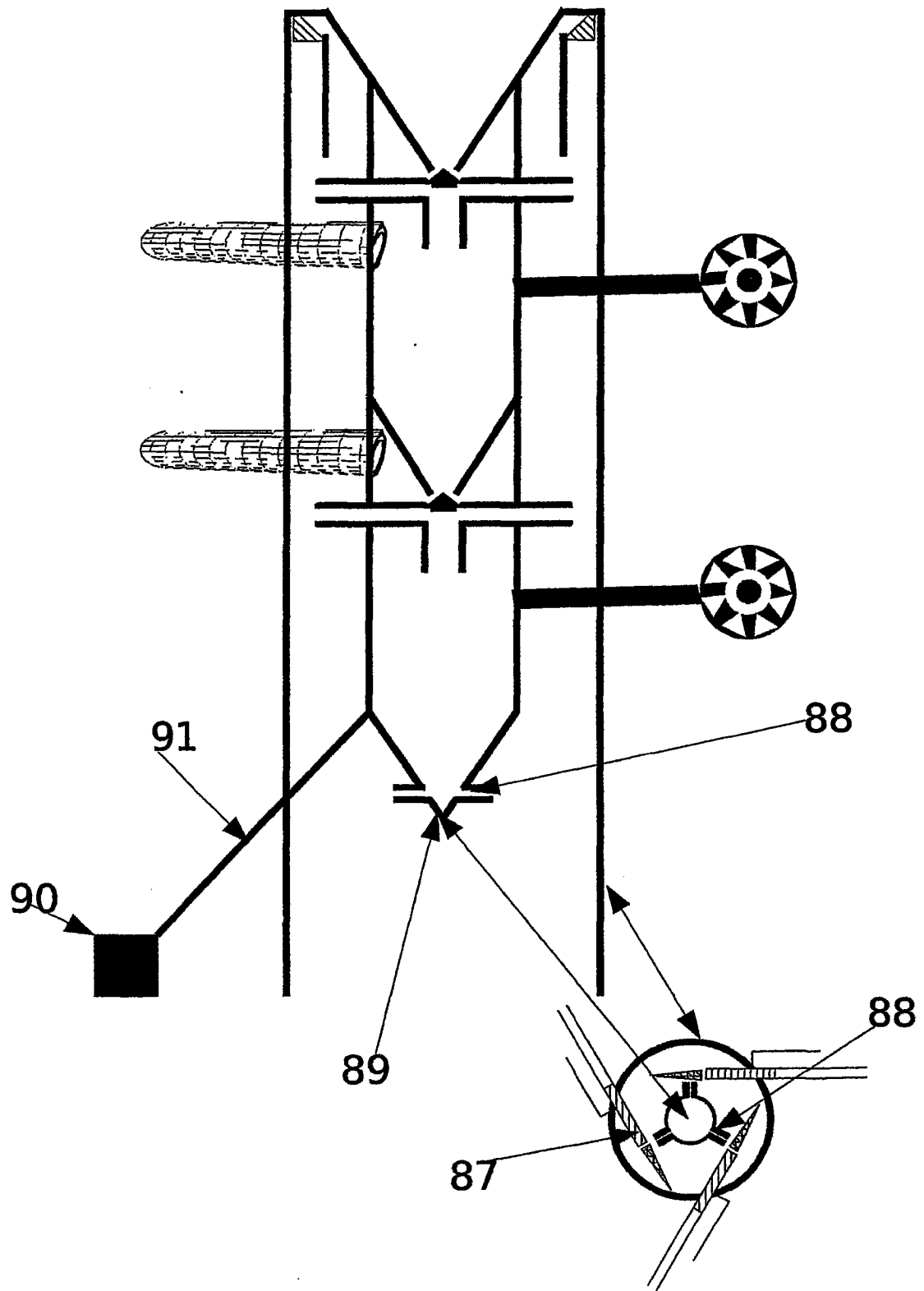


图 12

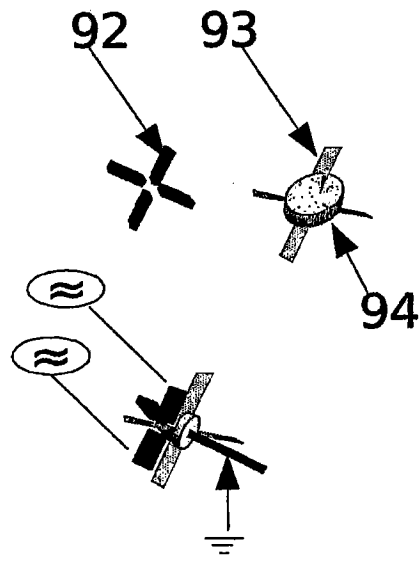


图 13

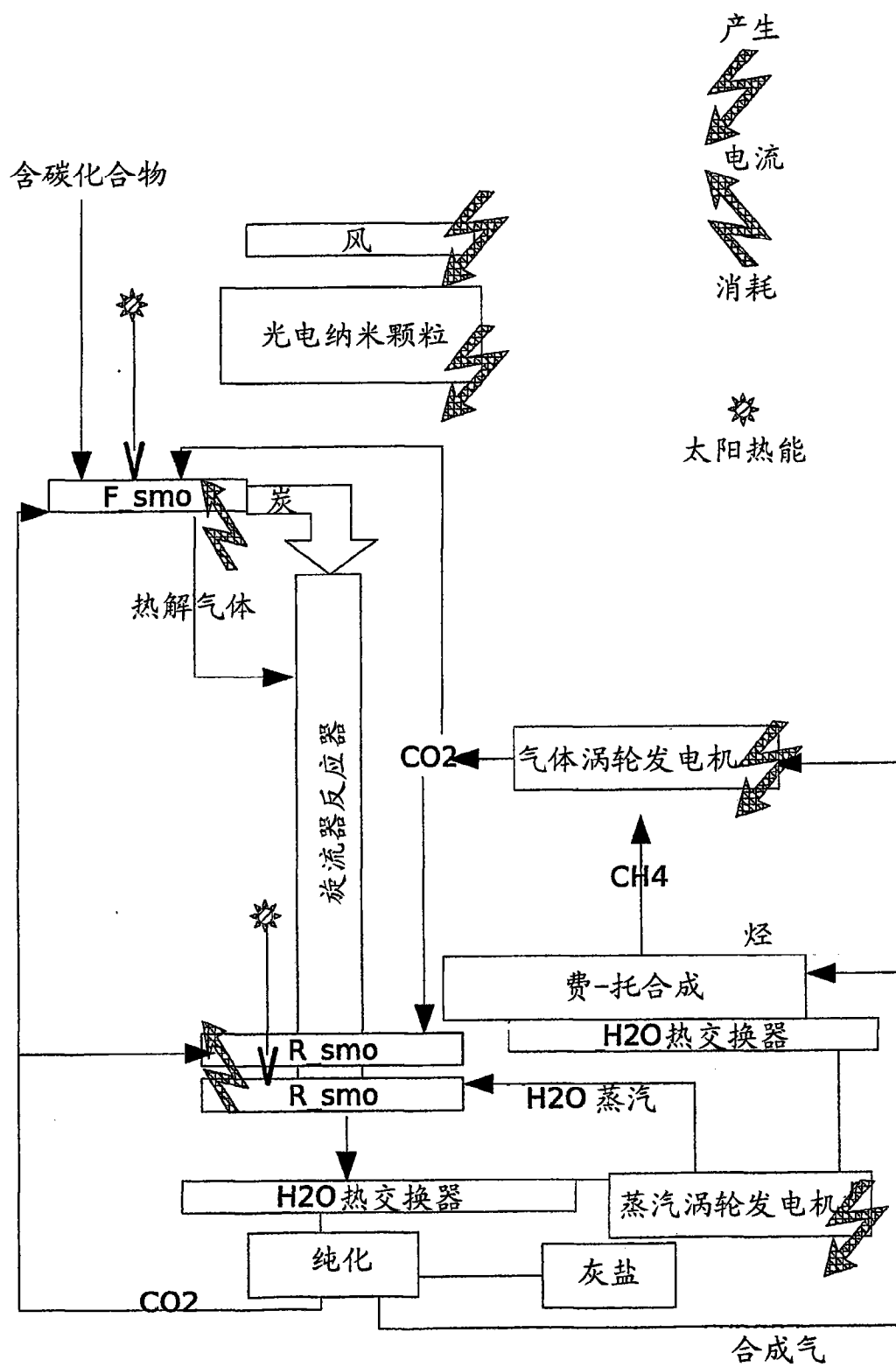


图 14