(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101142016 B
(45)授权公告日 2010.05.12

(21)申请号 200580049086.6

(22)申请日 2005.12.13

(30)优先权数据
102005001900.5 2005.01.14 DE

(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.09.13

(86)PCT申请的申请数据
PCT/DE2005/002254 2005.12.13

(87)PCT申请的公布数据
WO2006/074622 DE 2006.07.20

(73)专利权人 艾纳尔达公司
地址 德国施托克多夫

(72)发明人 S·卡 A·林德梅尔 R·恩格尔

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 王琼

(51)Int.Cl.
B01J 19/24(2006.01)
B01B 1/00(2006.01)

(56)对比文件
US 2004/0009104 A1,2004.01.15, 说明书第3、22-25段 附图1.
US 6660244 B2,2003.12.09, 说明书第3-5段,第44-48段,附图1.
US 6444179 B1,2002.09.03, 说明书第5栏第27行至第8栏第22行.

审查员 徐雪锋

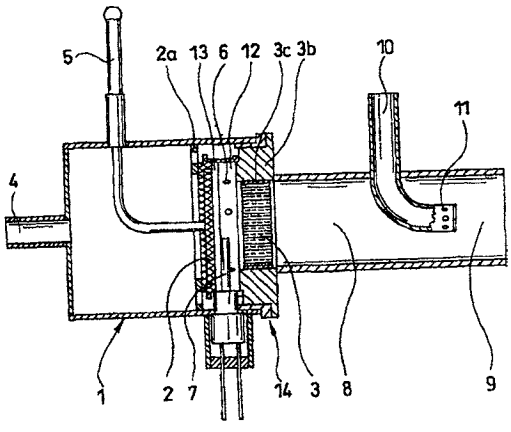
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54)发明名称

用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置和方法

(57)摘要

本发明涉及用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置,包括用于将液体燃料供送到蒸发器的装置(5)、用于将气体氧化剂供送到蒸发器下游的混合区域(12)中的装置(4)、和混合区域(12)下游的反应区域。根据本发明,填料结构(3)设置在反应区域(14)中。本发明还涉及一种用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的方法。



CN 101142016 B

1. 一种用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置，包括：

- 用于将液体燃料供送到蒸发器的装置 (5)

- 用于将气体氧化剂供送到蒸发器下游的混合区域中的装置 (4)，和

- 混合区域 (12) 下游的反应区域，

其中，填料结构 (3) 设置在反应区域 (14) 中，

其特征在于：反应区域 (14) 被均匀化区域 (8) 跟随，

均匀化区域 (8) 被另外的反应区域 (9) 跟随，和

另外的氧化剂流可供送到所述另外的反应区域 (9)。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，填料结构 (3) 构造成陶瓷柱形造型，其具有在 25 到 35 毫米范围中的直径和在 15 到 50 毫米范围中的轴向长度。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的装置，其特征在于，填料结构 (3) 特征是方形横截面的流动管道，具有在 400 到 1200cpsi 范围中的窝孔密度。

4. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，填料结构 (3) 的表面至少部分包括作为催化剂的覆层。

5. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，它可在混合室 (12) 中以低于 0.5 的限定空气比操作。

6. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，它可在蒸发器 (2) 和混合区域 (12) 之间的蒸发区域 (13) 中在不超过使用的燃料的终沸点的温度操作。

7. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于，它可在蒸发器 (2) 和混合区域 (12) 之间的蒸发区域 (13) 中在仅仅不显著超过使用的燃料的终沸点的温度操作。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的装置，其特征在于，蒸发区域 (13) 和混合区域 (12) 的体积被设计成使得燃料氧化剂混合物的停留时间平均具有氧化反应的反应时间的大小。

9. 一种用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的方法，包括下列步骤：

- 将液体燃料供送到蒸发器 (2)，

- 将气体氧化剂和蒸发的燃料供送到蒸发器下游的混合区域 (12) 中，

- 在混合区域 (12) 中使氧化剂和燃料混合，和

- 将已经在混合区域 (12) 中产生的混合物导入反应区域 (14) 中，

其中填料结构 (3) 设置在反应区域 (14) 中，整体混合物或者已经产生的反应产物穿过所述填料结构，

其特征在于，反应区域 (14) 被均匀化区域 (8) 跟随，均匀化区域 (8) 被另外的反应区域 (9) 跟随，另外的氧化剂流可供送到所述另外的反应区域 (9)。

用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置，包括：用于将液体燃料供送到蒸发器的装置，用于将气体氧化剂供送到蒸发器下游的混合区域的装置，和位于混合区域下游的反应区域。

[0002] 本发明还涉及一种用于提供燃料和氧化剂的均匀混合物的方法，包括下列步骤：将液体燃料供送到蒸发器，将气体氧化剂和蒸发的燃料供送到蒸发器下游的混合区域中，在混合区域中使氧化剂和燃料混合，并且将已经在混合区域中实现的 (materialized) 混合物导入反应区域中。

背景技术

[0003] 目前，液体燃料例如柴油、燃料油、汽油和煤油代表了用于产生热量、机械功和电流的最重要的能量源，这同样例如用在汽车发动机燃烧和独立于发动机的加热和家用燃烧器中。相反，在燃料电池系统中，液体碳氢化合物没有被完全燃烧，而是通过部分氧化反应被转化成氢气。对于这两种类型的反应来说共同的是液体燃料首先需要被转化成气态，并且在然后在反应室中被转化之前在混合室中与空气混合。对于这种技术，努力实现最佳的均匀燃料 / 空气混合物，因为通过增加均匀性，例如碳烟、NO_x 和 CO 形式的有害的排放物的比率可以降低。作为反应产物的 CO 在反应产物的范围中是需要的，但是作为燃烧过程的产物，它是有害的。

[0004] 在现代类型的燃烧器和氧化反应器中，混合室和反应室通常通过回火密封件 (mol seal) 彼此分开，从而当使用自燃燃料时，氧化反应不会在混合室内已经开始而带来负面影响。

[0005] 使液体燃料蒸发可以通过多种方法实现：

[0006] 从德国专利DE 3914611 C2可以得知，例如，燃料在车辆加热器中在无纺金属纤维垫 (matting) 的表面上或类似结构的表面如编织表面上被蒸发，从而液体燃料被施加到热的无纺金属纤维垫，在其处，它被分布并且然后被蒸发。蒸发之后，燃料与空气在混合室中混合并且被均匀化。在这种装置中，供应空气用于在燃烧室中进行燃烧在多个步骤中通过燃烧室壁中的多个进气口发生，在其处，会形成火焰，并且由于热传导、辐射和对流，需要的热量最终可用于进行 (receiving) 蒸发过程。

[0007] 然而，通过无纺金属纤维垫来蒸发燃料具有缺点。柴油燃料的蒸发中的测量表明，在无纺金属纤维垫上产生非常高的表面温度（高达 1100℃），即特别高于 400℃，在这样的温度下，发生显著程度的裂化反应 (crack reaction)，造成碳烟形成 (sooting up)。这里的缺点在于燃料仅在无纺垫的表面处与空气接触，并且因此可以氧化。另外，由于分级的空气供应，大部分燃烧空气主要是在无纺垫上的蒸发之后被供应。无纺垫的表面处相对应低的空气比导致在蒸发器上形成沉积物，这使得难以稳定操作，并且使得使用寿命变短。存在与蒸气裂化中的反应条件相当的反应条件，导致系统中碳烟形成，下面简单描述。

[0008] 蒸汽裂化是在蒸汽、石脑油 (naptha)、轻汽油馏分 (fraction) 存在的情况下在石

油化学中使用的热裂化的方法，通常利用大约 800-1400℃蒸汽在外部用火加热的 (fired) 裂化螺旋管内被无催化剂地 (non-catalytically) 裂化，以产生乙烯和丙烯的活性低分子化合物。另外，技术上感兴趣的所形成的副产品包括：芳烃 (aromate)（苯、甲苯、二甲苯）等。蒸汽裂化的目的是制造在化学工业中需要的短链烯烃。如图 4 所示，直到获得了高温，这些才形成。利用乙烷形成乙烯在超过大约 700℃的温度时变得较容易，并且利用乙烯形成乙炔发生在 1200℃以上的温度。这是为何可以理解为了制造乙烯和丙烯，使用 800 到 900℃的温度（中等温度热解），同时形成乙炔在超过 1300℃的温度进行（高温热解）。同样从图 4 可见，碳氢化合物容易分离成元素碳（碳烟）和 H。为了减少这些不希望的连续 (knock-on) 反应的程度，在最佳反应时间 (0.2 到 0.5 秒）之后，混合物需要被尽可能快地 (0.1 秒）充分冷却，从而这些不希望的产物形成率接近零，导致产品合成没有被热动力平衡抑制，而是通过减缓动力 (kinetic)。

[0009] 然而，在蒸汽裂化中主要存在的操作条件下，所述化合物是高度活性的，并且容易发生缩合反应和聚合反应，最后导致碳烟形成，使反应线圈积炭，损害相对应的热量通过量 (throughput)，并且因此需要定期更换裂化线圈。蒸汽被加入以通过使局部压力变小确保线圈中热量的良好的径向分布，以促进裂化产物的形成，同时确保之前形成的、不希望的较高分子的化合物（焦炭）的转化。

[0010] 裂化反应还可以被多相地 (heterogenously) 催化，例如通过所谓的活性中心的表面金属原子。蒸汽重整甲烷和其它碳氢化合物中的例如镍、铁、钴的催化作用在 C.H.Bartholomew 的 AppliedCatal.A Gen 212(2001)17-60 中描述。

[0011] 在蒸发器中这样相对应的高温下，在气态中，在其处发生热解反应。之前已经在催化活性表面（无纺垫，蒸发器或燃烧室壁，电热塞 (glow pencil)）上形成的碳烟的微粒和前体 (precursor) 可以加速这个均匀碳烟形成的过程。

[0012] 已经形成在蒸发器中或者燃烧室中的碳烟不利地影响蒸发器和燃烧反应，导致碳烟、CO、碳氢化合物、烟、悬浮微粒以及多环芳香烃的较高排放，因此使得需要定期再生的策略，从而去掉蒸发器和燃烧室中的碳烟。主要通过燃烧来去除碳烟，要求燃烧室被相对应地设计。因为在相对应的高温下这个过程被所涉及的物质的传送而抑制，因此碳烟和氧化剂需要在燃烧室中长时间接触，这会要求燃烧室的体积相应增大。另外，异常的是，高温会在燃烧室的表面处实现，对它的材料特性和使用寿命产生不利影响。

[0013] 在无纺金属纤维垫及其周围处检测到的高达 1100℃的温度使得对于金属纤维和邻近部件的材料稳定性产生高的要求（例如电热塞、混合室）。

[0014] 与通过无纺金属纤维垫的燃料蒸发不同，如从 EP 1102949B1 获得的低温火焰原理是基于预加热到大约 300℃的空气流中的燃料的蒸发。由此发生的氧化反应是平衡反应，具有低于 20％的氧气转化，从而最终的气体混合物具有大约 480℃的出口温度。

[0015] 低温火焰蒸发器具有这样的缺点，即蒸发器空气需要通过另外的系统部件（例如电热器、燃烧器）加热到大约 300 到 500℃的温度，从而低温火焰反应（低温氧化）可以使用 (kick in)，从而因此避免在高温下发生的燃料 / 空气混合物的自发性自燃。但是不管这个，使空气预热无助于快速冷启动，并且不利于动态操作。

[0016] 虽然通过蒸发器和下游的反应空间（燃烧，部分氧化）之间的回火密封件可以保护由蒸发器或喷嘴产生的燃料 / 空气混合物防止在蒸发器中自发性自燃，但是这增加了复

杂性。

发明内容

[0017] 因此，本发明是基于这样的目的，即提供一种用于在无纺垫蒸发的基础上提供燃料和氧化剂的均匀混合物的装置和方法，以至少部分克服现有技术中的缺点。

[0018] 本发明是普通装置的改进，其中，填料结构现在设置在反应区域中，在它的表面处或者在其内进行氧化反应，由于它们的放热反应，这将填料结构保持在操作温度。散发出的部分热量在蒸发器下游的蒸发区域中被用于蒸发过程的自维持；剩余的热能与产品流一起对流排出。优选的是，发生燃料成分（C_XH_Y）的部分氧化，这否则会促进碳烟形成，例如芳香烃和长链碳氢化合物 C_XH_Y，其中 $x > 4$，在室温下是液体。

[0019] 有利的是填料结构构造成陶瓷柱形造型，具有在 25 到 35 毫米范围中的直径和在 15 到 50 毫米范围中的轴向长度，从而填料结构的尺寸设计成与根据本发明的装置的紧凑结构一致。例如，直径是 30 毫米，并且轴向长度例如 20 毫米。除了使用陶瓷材料，例如，堇青石（cordierith）、金属填料结构同样可以。因为陶瓷材料的使用例如可以由硅、铝、碱金属（例如钠）、碱土金属（例如镁）、重金属（例如钡）、稀土（例如钇）的氧化物制成，或者分别是它们的混合物。优选的陶瓷例如是堇青石。另外，非氧化的（non-oxidic）陶瓷例如碳化物（例如碳化硅）或氮化物也可以使用。金属材料的填料结构主要由金属箔片（例如 FeCr 合金钢）的卷绕（wrapping）制成；恰好可以将金属等的腹板或筛网堆叠在填料结构中。

[0020] 有利的是填料结构特征是横截面为正方形的流动管道，具有在 400 到 1200cpsi 范围中的窝孔（cell）密度，但可行的是与正方形横截面相反，流动管道特征是六角形、三角形、圆形或波纹形的横截面。管道可以平行定向或者随机定向（类似于海绵）。除了填料结构具有的多种不同的形状，例如，圆形、矩形、跑道形，构造窝孔密度的可能性也可以改变。例如，大约 400cpsi 的窝孔密度是有利的，而高达大约 1200cpsi 的窝孔密度这时是可行的。

[0021] 有利的是，填料结构的表面至少部分包括作为催化剂的覆层。例如，可以设置稀有金属覆层。填料结构的流动管道的表面的大小可以增大（例如，涂层（washcoat）：数微米的层厚），并且催化剂被激活用于以技术上相关的反应率实现催化反应。对于所需要的部分氧化产物（例如 CO 和 H_2）的选择性可以通过利用适合的催化活性填料结构而被增大，其用于氢的催化生产中（部分氧化，热自动补偿重整、蒸汽重整）。通常的涂层材料是铝、硅、钛的氧化物，而通常的催化剂包括稀有金属例如 Pt、Pd、Ni 等。

[0022] 另外，反应区域被均匀化区域跟随。与填料结构上游的燃料 / 空气混合物相比，从填料结构排出的产物例如残留的短链碳氢化合物、氢、一氧化碳、水、二氧化碳可以在其中被较容易地恢复（recondition）成均匀混合物。这被所产生的小分子物质（例如氢）的最终的扩散系数等促进，并且与使用的长链成分相比，火焰速度（flame rate）显著更大。最终成分的显著较高的温度另外促进了材料输送，并且因此促进了均匀性。由于低的碳氢化合物浓度，因此与混合室相比，碳烟形成的可能性低。

[0023] 另外有利的是，均匀化区域被另外的反应区域跟随。最终的产物混合物另外例如通过加入另外的氧化剂流被氧化，从而因此实现达到燃烧范围的空气比。

[0024] 根据本发明的装置另外是更加有利的，其中它可以以低于 0.5 的限定的空气比在

混合室中操作，使得能够利用装置，同时不会发生自发性燃烧，因此使氧化反应的比例最小化，并且因此同样间接使混合室中的吸热裂化反应的程度最小。已经燃烧的混合物可以被实现成渐渐熄灭 (die away)。

[0025] 另外，通过下面的方法对装置进行有利改进，即它允许在这样的温度在蒸发器和混合区域之间的蒸发区域中操作，该温度不超过所使用的燃料的终沸点 (end boiling point) 或者仅不显著地超过终沸点，对于柴油燃料，终沸点大约 360℃。通过不超过这个温度，导致碳烟形成的热裂化产物的比例相应低。由于低温，燃料 / 空气混合物自发性自燃的可能性最小。这些低温还可以导致由于动力被限制形成的碳烟比通过热动力平衡计算所期望的少。

[0026] 另外优选的是，蒸发区域和混合区域的体积被设计成使得 :燃料氧化剂混合物的停留时间平均具有氧化反应的反应时间的大小，这再次导致使得燃料 / 空气混合物发生自发性自燃的可能性最小。与通过热动力平衡计算所期望的相比，短的停留时间会导致较少的碳烟形成，因为接触时间减小。

[0027] 本发明是对普通方法的改进，其中，填料结构设置在反应区域中，整体的混合物或者已经产生的反应产物穿过所述填料结构。这样，根据本发明的装置的优点和具体特征同样在方法的范围中是显而易见的，这同样应用到根据本发明的装置的优选实施例中或者由其产生的优选方法特征中。

[0028] 本发明是基于已经发现 :通过设置填料结构，特别是与装置的其它特征相结合，现有技术的缺点可以至少部分被客服。因此，因为空气比被设置限定在混合室中，因此蒸发器现在可以操作，从而低温在那里实现限定，同时避免自发性的自燃。这些低温减轻了系统的碳烟形成的可能性，例如由裂化反应所促进的。混合区域和氧化区域现在实际被分开，因此消除对于回火密封件的需要。蒸发器中的温度非常低，并且几乎与输出无关，因此相对应地减小周围部件的热应力。碳氢化合物现在可以在第一反应阶段通过催化剂被选择性地部分氧化，因此使得反应的非选择性的方式最少，特别是裂化和碳烟形成。利用非催化第一反应阶段具有这样的优点，即第一反应阶段现在可以在较高的温度操作，因为催化剂可以在过高的温度失效。由于被限定的空气比，所需要的反应产物的形成的工程控制现在是可行的。与燃烧反应中的明火不同，可以和气体混合的所有的气态或者液态碳氢化合物分子现在被迫使反应地流动穿过这种选择的结构中的填料结构。结合高温，这分别导致非常高的转化率和紧凑的尺寸。与碳氢化合物 / 空气混合物相比，已经在第一反应阶段中实现的富含氢的气体混合物现在可以被更容易地均匀化，其中形成的碳烟接近零，因为碳氢化合物的浓度 (可能的裂化选择物 (candidate)) 的大小较小。另外，均匀化可以在显著扩展的操作范围内进行 (在较高的温度，具有较长的停留时间)，之后，富含氢的气体混合物可以被供应到另外的反应区域。由于混合物是均匀的，因此相对应的反应区域现在可以被设计的高度紧凑，保证均匀的产物气体组成。例如，富含氢的气体混合物可以被进一步氧化成低排放。因为混合物被均匀化，相对应的燃烧室 / 反应室的尺寸可以被设计的高度紧凑。

附图说明

[0029] 下面将通过特别优选的实施例参考附图详细描述本发明，附图中 :

[0030] 图 1 是系统的第一实施例的示意图，用于在液体燃料的基础上提供均匀的燃料 /

空气混合物；

[0031] 图 2 是系统的第二实施例的示意图，用于在液体燃料的基础上提供均匀的燃料 / 空气混合物；

[0032] 图 3 是绘制出与根据本发明的装置相关、作为时间的函数的温度和输出曲线的图形；和

[0033] 图 4 是绘制出作为温度的函数的所选择的碳氢化合物、和元素碳和氢的自由焓的图形。

具体实施方式

[0034] 在下面对本发明优选实施例的描述中，相同的附图标记表示相同或者相当的部件。

[0035] 下面参考图 1，其中示出了系统的第一实施例，用于在液体燃料的基础上提供均匀的燃料 / 空气混合物。如图 1 所示，作为实例，用于在液体燃料的基础上提供均匀的燃料 / 空气混合物的系统的核心部件是设置在蒸发器元件 1 中的燃料蒸发器 2，支撑元件 3b 连接到蒸发器元件 2，用于安装一填料 (packed) 结构，所述填料结构可以由纤维垫 3c 封套 (jacketed)，分别用于机械固定和隔热。液体燃料和氧化剂分别通过燃料供送装置 5 和氧化剂供送装置 4 被供应给系统。优选为空气且具有可选的添加剂诸如蒸汽的氧化剂通过径向向内朝向的孔 6 进入混合室 12 中，在混合室 12，氧化剂与已经在混合室 12 上游的蒸发室中被蒸发的燃料混合。通常，蒸发室 13 和混合室 12 形成单个单元，蒸发更可能在上游发生，并且混合在下游发生，但是可以提供沿着燃料蒸发器方向的回流，从而在此处燃料和空气也可以混合。另外，如在无纺金属纤维垫上的低温所促进的，高沸点材料的蒸发可以在蒸发室中不完全地发生，从而这在混合室 12 中发生，因为燃料沿着例如 900℃的热填料结构的方向流动。燃料 / 空气混合物的氧化可选地通过电点火器 7 或者通过填料结构发生。均匀化区域 8 用于使氧化的最终产品均匀，区域 8 邻近包含在填料结构中的反应区域 14。被均匀化的气体混合物然后可以在另外的反应区域 9 内例如通过氧化剂的供应而被进一步转化，其中氧化剂是通过另外的反应物 / 氧化剂供送装置 10 被供应的。这种供应实现的方式对反应区域 9 中的材料和热量传递具有主要的影响。例如，通过孔 11，反应产物被传送到壁，从而一些反应热量可以被简单地散发到周围，因此防止反应区域 9 下游的部件变得过热。

[0036] 取决于应用所需要的，用于提供燃料 / 空气混合物的系统可以在多个周围温度下操作。然而，当周围温度非常高时（大于 400℃），具有这样的风险，即过多的热量进入燃料蒸发器，促进裂化反应（例如在无纺垫中）。因此，适度的周围温度通常是有利的。然而，如果对于燃料蒸发器的应用要求需要它在热的周围环境中操作，蒸发器的热隔离是有利的，如下所述。在这种情况中，当标示为 2a 和 3b 的区域具有低的导热率时或者使传导到无纺垫的热量尽可能最小是有利的，例如通过选择位于标示为 2a 的区域中的薄的脊部。另外更加有利的是在区域 2 和 3b 之间设置绝热器（图 1 中未示出），例如陶瓷盘。同样可行的是蒸发器的隔热，如可以应用的，这同样应用到氧化剂和燃料路径。

[0037] 下面参考图 2，其中示出了系统的第二实施例的示意图，用于在液体燃料的基础上提供均匀的燃料 / 空气混合物。与图 1 不同，第二反应区域中氧化剂流的供应是多步骤的，

并且径向向内定向。

[0038] 下面参考图 3，其中示出了这样一幅图，该图绘制出了与根据本发明的装置相关、作为时间函数的温度和输出曲线。示出了利用这种系统获得的典型的结果，其中柴油蒸发在空气中。所使用的填料结构包括催化剂，催化剂部分氧化柴油燃料，从而富含氢的气体混合物产生。这可以用在例如辅助动力单元 (APU) 中，用于产生电能和热量。图 3 绘制出了在蒸发器室 (曲线 a) 和催化剂 (曲线 b) 中测量的温度，对于在 1 和 4kW 之间的热输出 (曲线 c)，和 0.3 到 0.35 的空气比。显然，蒸发室中的温度大约 300℃。与催化剂的中心处的高温无关 (最大 1100℃)，在混合室内没有发生燃料 / 空气混合物的逆火。即使当混合室内的停留时间增加时 (来自氧化剂供送装置 4 的热输出减小到 1kW)，没有观察到点火，因此实现了稳定的操作。

[0039] 应当理解，上面说明书、附图以及权利要求中公开的本发明的特征的本身或者任何组合对于实现本发明是必须的。

[0040] 附图标记 :

[0041] 1 蒸发器元件

[0042] 2 燃料蒸发器

[0043] 2a 脊部

[0044] 3 填料结构

[0045] 3b 支撑元件

[0046] 3c 纤维垫

[0047] 4 氧化剂供送装置

[0048] 5 燃料供送装置

[0049] 6 孔

[0050] 7 电点火器

[0051] 8 均匀化区域

[0052] 9 反应区域

[0053] 10 反应物 / 氧化剂供送装置

[0054] 11 孔

[0055] 12 混合区域 / 室

[0056] 13 蒸发区域 / 室

[0057] 14 反应区域

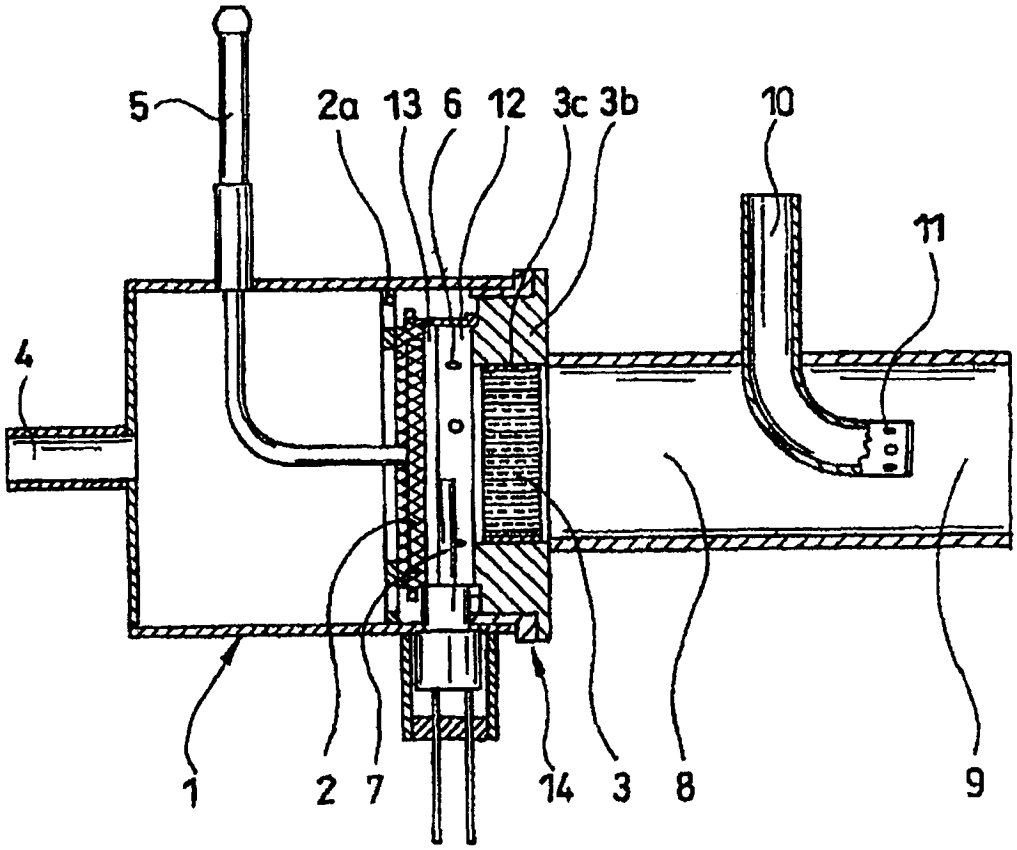


图 1

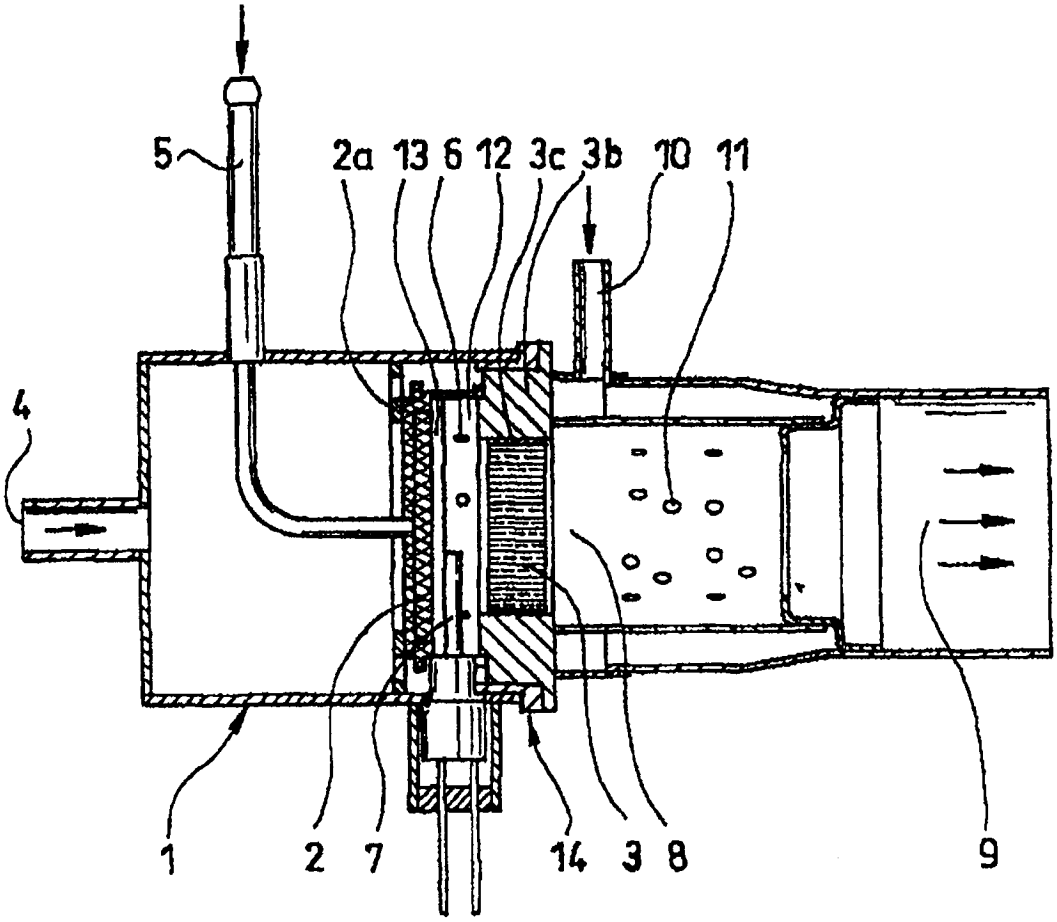


图 2

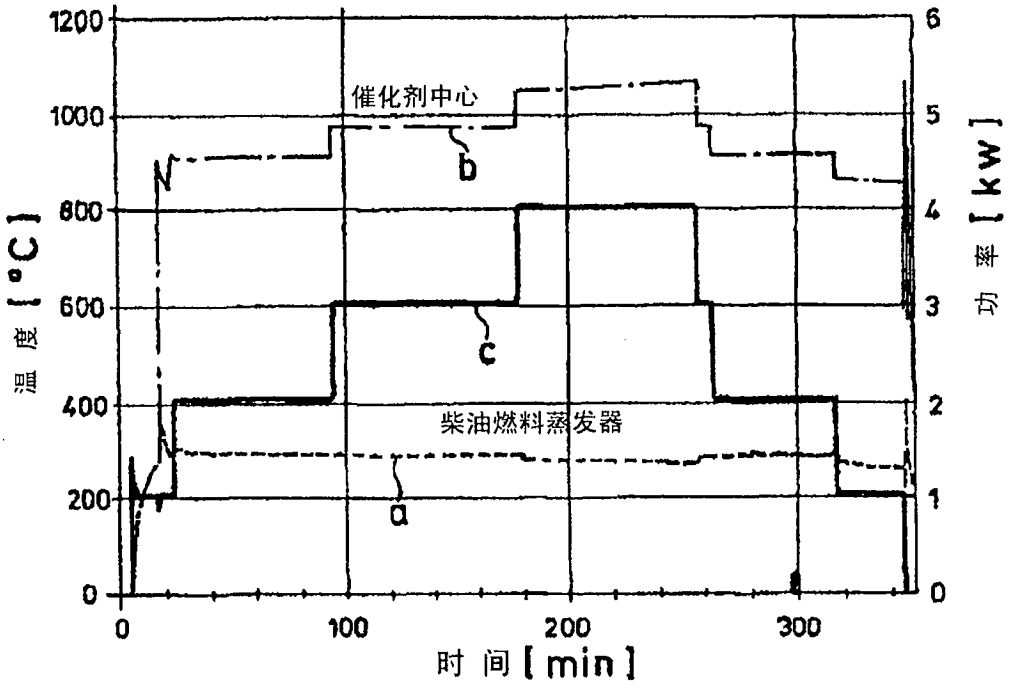

催化剂中心
b
c
柴油燃料蒸发器
a
温度 [°C]
功率 [kW]
时间 [min]
1200
1000
800
600
400
200
0
6
5
4
3
2
1
0
0
100
200
300

图 3

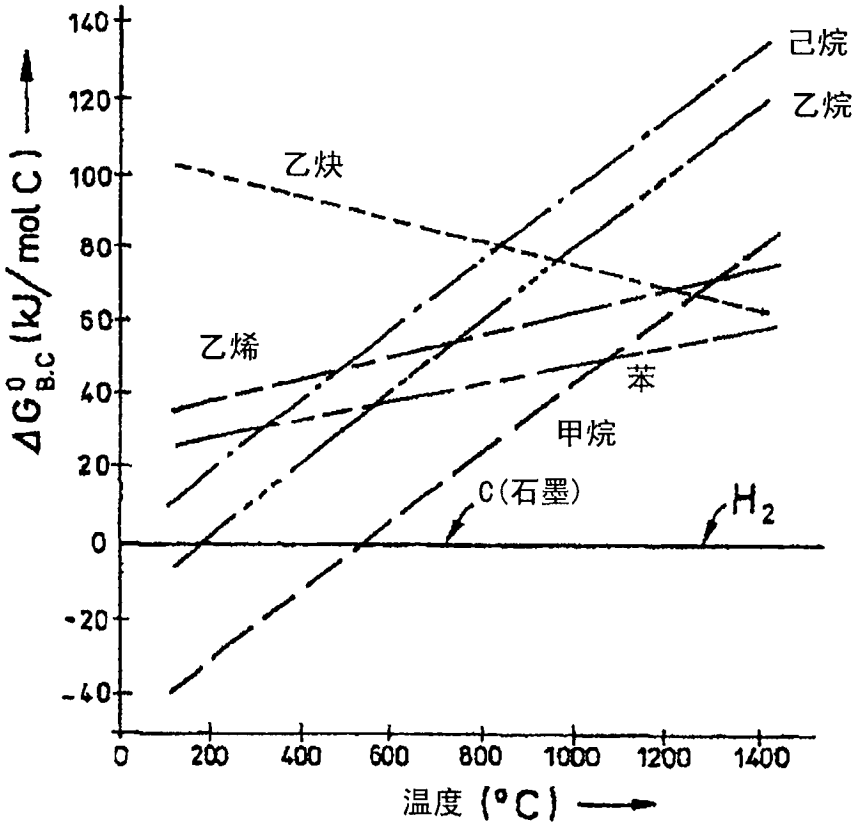

己烷
乙烷
乙炔
乙烯
苯
甲烷
C(石墨)
H_2
$\Delta G^0_{B.C}$ (kJ/mol C)
温度 (°C)
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

图 4