



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102619624 B

(45) 授权公告日 2016.02.17

(21) 申请号 201210031014.0

(22) 申请日 2012.01.20

(30) 优先权数据

13/010828 2011.01.21 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A·R·克汉 H·卡里姆

J·D·贝里

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 7/22(2006.01)

(56) 对比文件

WO 2004020901 A1, 2004.03.11,

WO 2004020901 A1, 2004.03.11,

EP 0144094 A1, 1985.06.12,

US 2006225429 A1, 2006.10.12,

CN 101194090 A, 2008.06.04,

审查员 黄彬彬

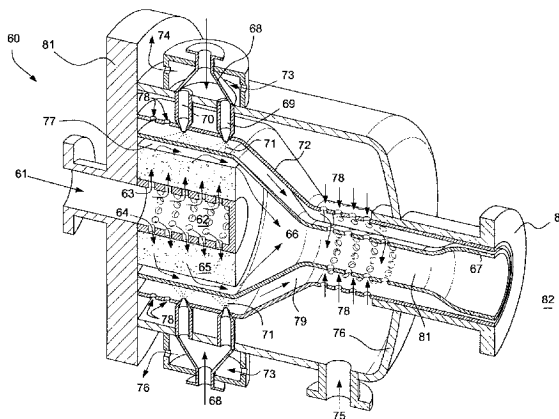
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

经重整的多种燃料预混合式低排放燃烧器和有关方法

(57) 摘要

本发明涉及经重整的多种燃料预混合式低排放燃烧器和有关方法。一种用于在燃气轮机发动机中使用的、特别地构造成处理通往燃烧器的补充燃料给料的重整器,包括包含催化剂组分的重整器芯体和用于将重整器燃料混合物、空气和蒸汽(或者饱和的或者过热的)输送到重整器芯体中的入口流动通道。出口流动通道将产生的包含经重整和热裂化的烃和大量氢的重整物流输送出重整器芯体,以随后与主要燃烧器给料组合。因为重整器中的催化式部分氧化反应是高度放热的,所以使用用于在与重整物组合之前经历热裂化和汽化的第一和/或第二辅助燃气轮机燃料流的一个或多个热交换单元来传递(以及在热方面整合)该另外的热。组合的富含氢的给料显著地改进了燃烧器性能。



1. 一种用于燃气轮机发动机的、构造成处理通往燃气轮机发动机燃烧器的燃料混合物的重整器,所述重整器包括:

设置在所述重整器的内部的重整器芯体组件,其包含催化剂和多个流动通路;

处于通往所述重整器芯体组件的入口处且配制成将重整器燃料混合物和含氧流输送到所述重整器芯体组件中的入口流动通道,使得所述重整器燃料混合物和含氧流进入所述流动通路并与所述催化剂反应;

处于所述重整器芯体组件的出口处且配制成接收从所述重整器芯体组件排出的包含重整烃和自由氢的重整物产物流的重整物通道,其中所述重整物通道位于所述重整器中且包括围绕所述重整器芯体组件外周的环形通道;

燃气轮机燃料给料通道,其包括连接到所述重整物通道并配制成将燃气轮机燃料给料排放进入流经所述重整物通道的所述重整物产物流中的出口,其中所述燃气轮机燃料给料通道被围绕所述环形通道的环形壁隔开;以及

由所述环形壁构造成的热交换机构,其大小设置成使用所述重整器燃料混合物与所述催化剂的放热反应产生的热来加热所述重整物通道的所述环形通道中的所述燃气轮机燃料给料且使所述燃气轮机燃料给料热裂化。

2. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述重整器燃料混合物包括气态燃料、液体烃燃料、二氧化碳、氮或水中的一个或多个。

3. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述重整器进一步包括在所述重整器的下游和所述燃烧器的上游的另外的燃气轮机燃料给料。

4. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述重整器进一步包括进入所述重整器芯体组件中的蒸汽给料。

5. 根据权利要求 3 所述的重整器,其特征在于,所述另外的燃气轮机燃料给料包括气态燃料、液体烃燃料、二氧化碳、氮或水中的一个或多个。

6. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述催化剂能够通过所述放热反应来重整所述重整器燃料混合物,以产生自由氢。

7. 根据权利要求 2 所述的重整器,其特征在于,第二辅助燃气轮机燃料流包括液体燃料和较高分子量的烃油。

8. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述重整器进一步包括构造成在所述热交换机构的上游使另外的燃气轮机燃料给料雾化的多个压力喷雾器。

9. 根据权利要求 8 所述的重整器,其特征在于,所述重整器进一步包括构造成在所述压力喷雾器的上游冷却所述另外的燃气轮机燃料给料的冷却分站。

10. 根据权利要求 1 所述的重整器,其特征在于,所述重整物产物流用作具有足够的热值的载体流体,以使残余液体燃料成分汽化而作为通往所述燃气轮机发动机的组合给料的一部分。

11. 一种使用富含氢的且经重整的燃料的燃气轮机发动机系统,包括:

压缩机;

一个或多个燃烧器,其连接到旋转轴上,并且构造成将热气输送给燃气轮机发动机;

用于所述一个或多个燃烧器的一次燃料源,其中所述一次燃料源提供重整器燃料混合物;

将所述一次燃料源连接到所述一个或多个燃烧器的燃料管道；

包括壳体的重整器，所述壳体具有连接到所述燃料管道以从所述一次燃料源接收所述重整器燃料混合物的入口流动通道以及连接到所述燃料管道以将燃料流排放到所述一个或多个燃烧器的出口流动通道，并且所述重整器还包括设置在所述壳体的内部的重整器芯体组件，所述重整器还包括具有通往所述入口流动通道的入口开口以及通往所述出口流动通道的出口开口的催化剂；

所述入口流动通道构造成将所述重整器燃料混合物和含氧流输送到所述重整器芯体组件中的入口；

所述出口流动通道构造成接收来自所述重整器芯体组件的包含经重整烃和自由氢的重整物产物流，其中所述出口流动通道包括围绕所述重整器芯体组件的外周的环形通道；

燃气轮机燃料给料通道，其具有到所述出口流动通道的出口开口，所述燃气轮机燃料给料通道并配制成将燃气轮机燃料给料分配进入流经所述出口流动通道的所述重整物产物流中，其中所述燃气轮机燃料给料通道被围绕所述环形通道的环形壁隔开；以及

由所述环形壁构造成的热交换机构，其大小设置成将所述催化剂产生的热传递到所述出口流动通道的所述环形通道中的所述燃气轮机燃料给料中。

12. 根据权利要求 11 所述的燃气轮机发动机系统，其特征在于，所述重整器进一步包括在所述一个或多个燃烧器的上游的一个或多个另外的燃气轮机燃料给料，并且所述一个或多个另外的燃气轮机燃料给料从辅助燃气轮机燃料给料接收燃料。

13. 根据权利要求 11 所述的燃气轮机发动机系统，其特征在于，所述重整器进一步包括大小设置成使用所述重整器燃料混合物与所述催化剂的反应产生的热来使所述燃气轮机燃料给料热裂化和汽化的热交换机构。

14. 根据权利要求 12 所述的燃气轮机发动机系统，其特征在于，所述辅助燃气轮机燃料给料包括气态燃料、液体烃燃料、二氧化碳、氮或水中的一个或多个。

15. 根据权利要求 11 所述的燃气轮机发动机系统，其特征在于，所述重整器燃料混合物包括气态燃料、液体烃燃料、二氧化碳、氮或水中的一个或多个。

16. 根据权利要求 11 所述的燃气轮机发动机系统，其特征在于，所述催化剂构造成催化剂床，所述催化剂床包括能够通过放热 CPOX 催化反应来重整所述重整器燃料混合物以产生自由氢的催化剂。

17. 一种用于重整用于燃气轮机发动机的烃燃料的方法，包括以下步骤：

将包括烃气体、含氧流的混合物的重整器燃料供给到包含催化剂的重整器芯体组件中；

将烃气体和含氧流的所述混合物传送通过所述催化剂，以产生包括自由氢的重整物产物流和放热反应得到的热；

将包含所述自由氢的受加热重整物产物流从所述重整器芯体组件排放到重整物通道；

将燃气轮机燃料供给到围绕所述重整器芯体组件的外周延伸的环形通道，其中环形壁将所述环形通道与所述重整器芯体组件隔开；

将在所述放热反应期间产生的所述热的一部分传递以加热所述环形壁，并将所述热从被加热的环形壁传递以加热流动通过所述环形通道的所述燃气轮机燃料；以及

组合所述重整物产物流和在所述重整物通道中的受加热的燃气轮机燃料。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述重整器燃料包括气态燃料、含氧流和蒸汽的混合物。

经重整的多种燃料预混合式低排放燃烧器和有关方法

技术领域

[0001] 本发明涉及燃烧系统,并且更具体而言,涉及用于燃气轮机发动机的燃烧系统,其使用燃料重整器和在重整工艺期间产生的热的热整合来产生排放较低且较高效的烃燃料,作为燃气轮机燃烧器的补充给料。

背景技术

[0002] 燃气轮机发动机典型地包括压缩机区段、燃烧器区段和至少一个涡轮,该至少一个涡轮旋转,以便产生电功率。压缩机排气直接供给到燃烧器区段中,在燃烧器区段中喷射、混合和燃烧烃燃料。燃烧气体然后被引导到涡轮的一个或多个级中并且通过它们,涡轮从燃烧气体中抽取旋转能。

[0003] 为了实现最大运行效率,燃气轮机燃烧系统必须在广泛范围的不同的燃料组分、压力、温度和燃料/空气比率条件下运行,优选具有使用或者液体燃料或者气体燃料或者两者的组合的能力(称为“双燃”系统)。但是,用于在燃气轮机燃烧器中使用的许多候选的烃燃料包含趋向于抑制燃烧和/或降低燃气轮机系统的能力和效率的有害杂质和/或其它工艺的副产物。许多候选燃料还会产生特别是呈不合需要的 NO_x 成分的形式的环境污染控制问题。

[0004] 因此,各种现有燃烧器设计已经试图(成功有限)通过使用液体燃料组分来保持高的燃气轮机发动机性能水平,同时实现可接受的排放水平,特别是燃烧产生的 NO_x 和CO的量。能够实现低的 NO_x 排放(称为“干式低 NO_x ”(DLN))的大多数燃气轮机燃烧器需要包含较低重量的烃燃料和过量的空气的稀薄的预混合燃烧混合物,以便控制和限制 NO_x 的产生。典型地,这样的燃烧器使用压缩天然气的混合物,其由90%–98%(体积)的甲烷(CH_4)与少量的 CO_2 、 O_2 、 N_2 和小份额的短链烃(例如乙烷、乙烯和乙炔)构成。那些较稀薄的混合物趋向于比传统的扩散火焰燃烧器在更低的温度处燃烧,从而产生较低水平的污染物(包括氮氧化物)。

[0005] 过去已经作出许多努力来或者单独地或者与其它气态燃料成分组合起来使用天然气的替换物来运行燃烧器,包括液体烃燃料,例如油和柴油燃料。为了使用液体燃料来产生稀薄的预混合和预先汽化的火焰,燃料首先必须汽化,以及如果可能的话,将燃料重整成可在燃烧器中点燃之前与空气混合而产生可接受的燃料蒸气的更加可燃且在热方面高效的气体。尽管那样,将包含较高分子量的烃组元的液体燃料与其它气体燃料组分(包含较低重量的脂肪族烃)结合起来使用也被证明是成问题的。

[0006] 一种使用较高分子量的燃料的公认的方法包括将燃料(特别是重油或石脑油)重整成较轻的烃成分的工艺。但是,已知的重整工艺包括复杂和昂贵的过程控制问题,包括潜在的热效率损失。例如,将油用作一种燃料成分的燃气轮机设计易受无法容易地重整成更加可用的燃料的杂质引起的高温腐蚀的损害。因此,大多数使用液体燃料的燃气轮机发动机或者用液体天然气(LNG)或者用可容易地分解成较小的烃成分和/或高效地汽化的非常轻的油来运行。已知的转化工艺包括催化式蒸汽重整、自热催化式重整、催化式部分氧化和

非催化式部分氧化,它们中的各个均具有优点和缺点,并且产生不同比率的氢和一氧化碳(“合成气体”)。

[0007] 尽管来自已知的催化剂系统的反应产物(特别是氢)作为燃料成分是非常合乎需要的,但是由于催化反应所引起的升高的气体温度的原因,反应产物可潜在地对燃烧器构件造成显著的损害。也就是说,重整产物温度常常超过用来形成燃气轮机的管道系统的材料的允许阈值。因而,为了容许受加热重整物流直接供给到燃烧器中,下游管道系统需要高温流体传递材料,这显著地提高了系统材料成本。另外,必须以某种方式来冷却催化式重整器,以防止重整器构件过热和有损害,即使用传统的热交换器,这也会对系统增加显著的复杂性和费用。

[0008] 考虑到现有的重整工艺中所涉及的高温,使用燃料重整催化剂系统来产生用于在燃气轮机发动机中使用的另外的氢一直受到很大限制。已知的现有技术催化剂系统完全不提供用于在重整较重的液体和/或气体燃料成分的同时有效地控制和利用重整操作产生的反应的放热热的可接受的方法。

[0009] 因而,关于已知的现有技术系统,仍然存在各种热效率问题。例如,Muenberger 的美国专利 No. 3, 796, 547 公开了一种热交换设备,其使用容纳在封闭的圆柱形容器内的放热催化剂,一个或多个热交换器嵌在催化剂床内,以协助用冷却剂(典型地为水)控制给料流的催化反应产生的热,冷却剂被从外部源引进以及然后从热交换器中移除。Muenberger 没有构想或教导使用经处理的工艺流来对经重整组元进行冷却,或者以别的方式保持在热方面整合的工艺。

[0010] Sederquist 的美国专利 No. 6, 444, 179 描述了用于通过使用过热蒸汽进行催化反应来转化燃料以及产生自由氢的“自热”燃料电池型重整器。燃料电池重整器包括具有第一反应剂歧管和第二反应剂歧管的封闭压力容器,反应剂歧管中的各个由构造成使得从催化反应中产生的热可用来产生反应中使用的过热蒸汽的多个混合管组成。Sederquist 没有构想使用另外的热来处理燃料源。

[0011] Clawson 等人的美国专利 No. 6, 083, 425 示出了一种传统方法,其用于使用被引进包含重整催化剂的部分氧化反应区中的富含氧的气体给料和蒸汽来在“重整器”内将烃燃料转化成氢和二氧化碳。Clawson 等人没有构想使用经处理的燃料流来对经重整组元进行冷却。

[0012] Hokari 等人的美国公开 No. 2005/0072137 公开了一种通过这样来处理重油的工艺:使油与“超临界”高温高压水和氧化剂混合成氧化钒,以及然后分离出产生的氧化钒。再次,Hokari 没有使用催化剂产生的热的热整合。

[0013] 共同拥有的美国专利 No. 5, 113, 478 描述了一种液体燃料汽化器,其使用设置在管状体内的加热塞,在管状体中,当燃烧器室的温度超过某个阈值水平时,液体燃料由于来自燃烧室和在管状部件的外部上的“热接收”翅片的辐射热而汽化。

[0014] 因而,仍然存在对这样的重整器系统的显著需要:该重整器系统能够产生大量自由氢,同时高效地使用反应的放热热来处理液体和/或“废气”成分,以使它们在化学方面和在热方面能够作为补充燃料成分。

发明内容

[0015] 本发明提供了一种用于在燃气轮机发动机中使用的新式重整器设计,该重整器构造造成处理通往燃烧器的至少两种以及可能三种补充燃料给料,以改进组合燃烧器给料的化学和物理属性。在示例性实施例中,重整器包括用于重整器芯体组件的壳体,重整器芯体组件包含催化式部分氧化过程(“CPOX”)催化剂组分和多个或者径向或者轴向的流动通路。重整器还包括用于将第一燃料混合物、空气以及可能蒸汽(优选过热的)输送到重整器芯体中的入口流动通路。出口流动通道输送重整器芯体产生的得到的包含经重整和热裂化的烃以及大量自由氢的重整物产物流。

[0016] 因为CPOX反应是高度放热的,所以可通过一个或多个热交换单元来将重整器产生的另外的热传递给或者第一辅助燃气轮机燃料流或者第二辅助燃气轮机燃料流(包含气体燃料和/或液体燃料),第一和第二辅助燃气轮机燃料流在一个或两个另外的流与包含氢的原始重整物组合之前经历热裂化和汽化。然后将组合流供给到燃气轮机发动机燃烧器,以改进其性能和降低有害排放。一个示例性实施例包括用以处理第一辅助燃料流的一个或多个喷雾器,以及在喷雾器的上游用于燃料给料的冷却分站。本发明还包括一种能够使用富含氢的且经重整的燃料的完整的燃气轮机发动机系统(包括燃烧器),以及用于通过使用新式重整器设计来重整一个或多个烃燃料流以改进总体的燃气轮机发动机性能的有关方法。

附图说明

[0017] 图1是在采用本发明时有用的类型的示例性燃气轮机发动机的示意图;

[0018] 图2是描绘了包括在利用稀薄的预先汽化预混合燃烧器给料的现有技术系统中的基本工艺步骤的方框流程图;

[0019] 图3是根据本发明的第一个实施例的、用于重整通往燃气轮机发动机的燃烧器的预混合的多种燃料给料的工艺的一个示例性实施例的示意图(描绘了装备的主要零件);

[0020] 图4是根据本发明的、用来产生通往燃烧器的富含氢的经重整烃给料流的重整器的一个示例性实施例的横截面侧视图;

[0021] 图5是图4中描绘的示例性重整器设计的以透视的方式显示的横截面侧视图;

[0022] 图6是显示了本发明的一个备选实施例的横截面侧视图,该实施例具有直接喷射到沿轴向对准的CPOX催化剂床中并且通过其中的多种燃料给料,以及用于在催化剂的直接下游将另外的燃气轮机燃料成分喷射到热的重整物流中的一个或多个喷射喷嘴;

[0023] 图7是显示了本发明的另一个备选实施例的横截面侧视图,该实施例再次利用将燃料直接喷射到沿轴向对准的催化剂床中并且通过其中,并且利用一个或多个辅助燃料喷射喷嘴,但是在催化剂床的较下游喷射到热的重整物流中;

[0024] 图8是显示了本发明的又一个备选实施例的横截面侧视图,该实施例利用将燃料直接喷射到轴向流催化剂床中且通过其中,一个或多个辅助燃料喷射喷嘴的喷射发生在紧邻催化剂床处;以及

[0025] 图9是显示了本发明的另一个备选实施例的横截面侧视图,该实施例再次使用将燃料直接喷射通过类似于图4中描绘的构造的径向流(而非轴向流)催化剂床构造,并且进入热的重整物流中的辅助燃料喷射发生在催化剂床的出口处或出口附近。

[0026] 部件列表

- [0027] 12 压缩机
- [0028] 11 燃烧器
- [0029] 16 燃气轮机
- [0030] 15 旋转轴
- [0031] 13 主要燃料源
- [0032] 14 重整器
- [0033] 20 液体燃料
- [0034] 22 热交换单元
- [0035] 23 加热介质
- [0036] 24 惰性气体载体流
- [0037] 25 稀薄的预混合的预先汽化燃料气体
- [0038] 26 燃烧装置
- [0039] 27 燃烧副产物
- [0040] 30 主要工艺步骤和装备
- [0041] 31 重整器
- [0042] 33 烃气体
- [0043] 34 液体燃料给料
- [0044] 35 蒸汽给料
- [0045] 37 环境空气
- [0046] 38 蒸汽给料
- [0047] 32 和 36 给料流
- [0048] 54 最终产物
- [0049] 53 热交换器
- [0050] 40 第一辅助气体流
- [0051] 41 气态燃料
- [0052] 42 稀释流
- [0053] 43 液体燃料给料
- [0054] 44 热交换站
- [0055] 45 受加热辅助流
- [0056] 50 第二辅助气体流
- [0057] 51 另外的液体烃燃料
- [0058] 52 较重的油
- [0059] 53 热交换站
- [0060] 54 重整器产物
- [0061] 40 和 50 第一和第二辅助燃料流
- [0062] 55 最终产物燃料给料
- [0063] 56 燃料清洁操作
- [0064] 57 富含氢的燃料给料
- [0065] 58 燃烧器

- [0066] 59 气体排放
- [0067] 60 重整器
- [0068] 61 重整器给料
- [0069] 81 重整物流动通道
- [0070] 62 重整器芯体
- [0071] 65 催化剂床
- [0072] 63 和 64 燃料喷射开口
- [0073] 77 环形重整物通道
- [0074] 66 重整产物聚集区
- [0075] 79 第一辅助燃料流
- [0076] 81 重整物通道
- [0077] 67 扩张式喉部
- [0078] 82 重整器
- [0079] 80 连接凸缘
- [0080] 69 和 70 压力喷雾器
- [0081] 71 雾化流
- [0082] 73 冷却水入口
- [0083] 74 冷却水出口
- [0084] 72 辅助燃料输送管
- [0085] 75 载体气体
- [0086] 78 载体气体入口端口

具体实施方式

[0087] 本发明提供了一种用于在燃气轮机发动机中使用的新的燃料重整器设计,其中,重整器实现了对在催化式重整步骤期间产生的热的热整合,而同时改进经重整且之后与通往燃烧器的主要燃料给料组合的燃料流的质量。重整器能够产生完全汽化的燃料,或者在备选方案中,产生用于在使用经组合(以及经重整)的液体和气体给料的双燃燃烧器中使用的燃料成分。

[0088] 现在已经发现,可通过这样来显著改进或者单独地或者以组合的方式使用液体和/或气体燃料的燃烧器的效率:以本文描述的方式使用 CPOX 来提高存在于供应给燃烧器的空气/燃料混合物中的自由氢的量,这又趋向于提高燃烧稳定性和怠速性能(turndown),同时降低有害排放的水平。

[0089] 在一个示例性实施例中,本发明利用催化式部分氧化过程(CPOX)来重整供给到燃气轮机发动机的燃烧器的燃料的一部分。因为CPOX反应在本质上是高度放热的,所以烃燃料源和含氧气体(例如空气)被组合,并且在升高的温度下与催化剂接触而产生包含高浓度的氢和经重整(裂化)烃成分的反应产物。因而,重整器通过这样来将辅助空气和燃料混合物(典型地包括天然气和较重的烃气体成分)转化成富含氢的补充燃料:使辅助燃料混合物与催化剂接触,从而导致放热反应,放热反应会产生自由氢和/或类似合成气的反应产物(典型地富含氢与另外的二氧化碳和未反应的自由氮)。由于使用氢和较低链的

脂肪族烃作为燃料源所固有的热和环境益处的原因,自由氢和 / 或类似合成气的产物的产生用来改进燃烧器和涡轮效率。

[0090] 不像已知的现有技术系统,包括上面确认的那些,使用在重整步骤期间产生的热来使一种或多种单独的液体“废料”燃料给料汽化(和潜在地裂化),液体“废料”燃料供应主要由较重的油或备选地包含残余量的较重的烃成分(例如较长链的脂肪族化合物)的较高分子量的燃料气体构成。产生的组合辅助燃料源通过在最终的燃烧器燃料中产生比以别的方式所可能产生的更“稀薄”运行条件来改进总的燃烧器运行。值得注意地,根据本发明来处理的重整器燃料包括几乎任何烃气体燃料,包括烃液体燃料(例如柴油燃料、汽油和较高平均分子量的油)的混合物。

[0091] 另外,由于使用 CPOX 催化剂的放热反应的原因,会在较高的温度处排出重整器催化剂的反应产物。然后使用在反应期间产生的另外的热,以通过加热(以及优选地汽化和 / 或裂化)单独的“废料”液体和 / 或“废料”气体给料流内的较高分子量的烃成分来实现整个重整器系统的热整合。一旦重整产物与主要燃料源组合,催化剂重整反应还导致燃烧器给料富含大量氢。

[0092] 在本发明的示范性实施例中,供给到燃烧器的大约 80% -90% 的燃料由典型地为气态燃料 / 空气混合物的一次燃料源组成。其余的 10% -20% 包括直接在重整操作中涉及的三种另外的燃料流,即用催化剂处理过的第一重整燃料流(从而产生自由氢和较低链的脂肪族化合物),以及包括一个或多个液体“废料”燃料组元(可能包括较重的油)的两个辅助燃料流。在用作重整物的冷却介质时,辅助燃料流两者会经历物理和化学变化(包括较重的成分的一些热裂化)。

[0093] 实际上,在重整期间产生的放热热用来使两个流中的气体和液体燃料中较重的成分汽化和 / 或热裂化。第二辅助燃料流甚至可用作离开重整器的高温反应产物的可选的冷却介质。所有三个燃料流(主要经重整燃料以及第一辅助燃料流和第二辅助燃料流)结合在一起,而形成富含较多的氢和较低的脂肪族化合物的最终的燃烧器给料。

[0094] 因而本发明提供一种改进的气体重整器设计和用于冷却(即在热方面整合)重整器产生的高温反应产物流的有关方法。不像现有技术系统,经冷却的重整器利用较不合乎需要的燃料流的一部分来冷却反应器组件,包括用于重整器的压力容器壳体。也就是说,流的部分被引导到反应器组件的上面、周围和附近,以冷却反应器构件,从而防止由于过热而对燃料重整器和下游管道系统有损害。因此本发明的一个优点包括使用补充“废料”型燃料来将反应器产生的受加热重整物冷却到可接受的水平,使得可使用较低成本、较低温的管道系统材料将组合燃料 / 重整物混合物输送到下游。

[0095] 另外,在燃烧器端部处,提高的氢水平在低 NO_x 运行期间改进火焰稳定性,从而导致有较低的排放和增加的怠速性能。顺列燃料重整器设计还容许精确地监测和控制燃料反应性,从而导致有较大的燃料柔性和效率。

[0096] 在一个可选的实施例中,将蒸汽(或者饱和的或者过热的,这取决于重整器燃料给料组分)直接供给到重整器中,以促进催化反应。还可包括蒸汽,作为通往重整器的下游的反应器组件的单独给料,以便提供对重整物的另外的温度控制。在另一个实施例中,诸如氮或二氧化碳的稀释流被引导到重整器中或重整器周围,作为对反应器组件和重整物流的补充冷却。

[0097] 转到图,图 1 是结合了根据本发明的重整方法和设备的示例性燃气轮机发动机的示意性流程图。燃气轮机发动机 10 包括压缩机 12、形成燃烧器 11 的多个燃烧器和燃气轮机 16。压缩机 12 和燃气轮机 16 通过旋转轴 15(其可包括单个轴或多个轴节段)来联接在一起。在运行期间,压缩机 12 将压缩空气供应给燃烧器 11,同时主要燃料源 13 将一次燃料流提供给燃烧器 11。空气和燃料混合且燃烧,热的燃烧气体直接从燃烧器 11 流到燃气轮机 16 中,在燃气轮机 16 中从燃烧气体中抽取能量来产生功。

[0098] 根据本发明的第一个实施例,重整器(在 14 处以虚线构造显示)位于燃烧器 11 的上游。如提到的那样,重整器的主要目标是产生通往燃烧器的富含氢的给料流(从而改进供给到燃烧器的组合燃料的总体质量和效率,以及减少有害排放),同时采用热整合来处理第二辅助燃料流。

[0099] 图 2 是描绘了在现有技术系统中使用的基本工艺步骤的方框流程图,现有技术系统依赖于预混合燃烧器燃料给料,但是没有基本燃料成分的热整合或修改。典型地,液体燃料 20 供给到 22 处显示的一个或多个热交换单元。然后使用热介质 23 来使液体燃料的温度提高,从而优选地产生与惰性气体载体流 24 组合的汽化燃料流。将另外的稀薄的预混合的预先汽化燃料气体 25 添加到已经汽化的混合物中,并且将产生的组合燃料混合物供给到传统燃烧装置 26 中,从而产生较“清洁”的烧燃和燃烧副产物 27。

[0100] 图 2 中描绘的现有技术工艺,特别是使用稀薄的预先汽化的预混合气体给料(“LPP”),不能实现本发明的两个重要方面,即(1)将较重的气体燃料成分转化成自由氢或(2)使用在反应期间产生的放热热来对补充液体燃料成分(包括具有较低的热值的所谓的“废料”燃料)进行预处理。相反,必须添加来自外部源的大量另外的热,以便使图 1 系统中的液体成分汽化。图中显示的现有技术还典型地需要将惰性气体用作单独的载体流体,本发明通过使用重整器给料本身就实现了这个功能。

[0101] 图 3 是描绘了根据本发明的第一个实施例的、用于重整燃气轮机发动机的燃烧器的预混合的多种燃料给料的示例性工艺(大体显示为 30)的主要工艺步骤和装备的零件。重整器 31(优选地能够处理或者气体、液体或者液体/气体燃料给料的组合)位于标识在 58 处的燃烧器区段的上游(即燃料歧管(未显示)的上游),以便重整主要燃烧器燃料的至少一部分,以产生富含氢的重整物。

[0102] 如图 3 示出的那样,供给到重整器 31 的燃料可选地包括或者单独的或者与可选的液体燃料给料 34 组合的一种或多种烃气体 33,即名义上包括较高平均分子量的燃料成分的液体燃料。重整器给料还包括本质上或者饱和的或者过热的可选的蒸汽给料 35,这取决于被重整的辅助燃料源中的化学组元。在某些情况下使用蒸汽有助于修改产生的合成气体产物,以及调节重整器产生的氢与一氧化碳的比率。

[0103] 供给到重整器的一次燃料还包含环境空气 37(用作载体流体)以及第二可选蒸汽给料 38(再次或者饱和的或者过热的),第二可选蒸汽给料 38 用来促进供给到重整器芯体的选定的燃料成分的重整反应。在图 3 中将两个混合给料流描绘成组合的重整器给料 32 和 36。由重整器芯体内的放热催化反应产生的非常热的重整物最终产物燃料给料 55 包括大量自由氢。可使用合并的最终产物燃料给料 55 的另外的热含量来处理单独的辅助燃料流,如下面更详细地描述的那样。

[0104] 图 3 显示了使用第一辅助气体流 40(包括气态燃料 41)以及稀释流 42(例如氮或

水)和液体燃料给料 43,与一次重整器给料流 32 和 36 相比,液体燃料给料 43 典型地包括更高分子量的烃。通过使用重整器芯体中产生的反应的放热热,这个第一辅助燃料流 40 会经历热处理步骤。在名义上,在反应期间产生的另外的热将足以使液体给料 43 汽化。因而反应产生的另外的热可用来加热(和潜在地裂化)在重整器芯体 31 周围的不同周缘位置处的第一辅助燃料流 40 的部分。

[0105] 图 3 还描绘了使用可选的第二辅助燃料流 50,其包括另外的液体烃燃料 51 和可能较重的油 52,较重的油 52 成为通往燃烧器的最终给料的一部分。第二辅助燃料流 50 同样使用由于催化反应而在重整器芯体内产生的放热热的一部分。优选地,来自重整器反应的放热热将足以使液体给料 50 和 40 两者汽化,然后液体给料 50 和 40 组合成合并的最终产物燃料给料 55。

[0106] 图 3 中的第二辅助燃料流 50 冷却重整器的外壳侧部,即降低重整物温度,同时使液体燃料成分汽化。显著地,来自第一辅助燃料和第二辅助燃料两者的给料的一部分在性质上可为“较低级”的,例如甚至包含具有较低的热含量的高炉型成分。尽管如此,当被汽化且与由重整过程产生的自由氢组合时,这些较难以燃烧的燃料会作为燃料组元而变得有用。

[0107] 在图 3 的实施例中,最初的经重整给料(现在富含另外的氢)以及第一辅助燃料流 40 和第二辅助燃料流 50 组合而形成合并的燃烧器燃料给料。组合的且经重整的汽化燃料给料 55 传送通过传统的燃料清洁操作 56,以移除任何有害的残余重燃料油。然后将最终的富含烃和氢的燃料给料 57 供给到燃烧器 58,从而产生耗尽(经氧化)的气体排放 59。

[0108] 图 4 是根据本发明的重整器的示例性实施例(大体显示为 60)的横截面侧视图,该实施例用来产生通往燃烧器的富含氢的经重整烃给料流,以及同时,在热方面整合重整期间产生的热。如上面提到的那样,通往重整器的第一燃料给料 61 可包括燃料气体(例如天然气)以及一种或多种可选的液体燃料成分或惰性气体流的混合物。通往重整器的气态给料包括空气、一氧化碳和可能蒸汽(优选地过热的),它们参与催化反应(通过使用例如 CPOX)而产生自由氢和由于反应的放热性质而产生的大量的热。可使用氮或其它稀释剂来在过渡运行模式或其它不稳定的运行模式期间控制反应速率。然后进入重整器芯体中的整个未重整的给料通过所显示的催化剂床而流出重整器芯体 62,并且流出重整器排出开口 82 而进入通过连接凸缘 80 而连接到重整器上的下游装备中。

[0109] 在运行中,重整器给料 61 在高压下传送到重整器芯体 62 中,并且然后进入催化剂 65 中的多个均匀地隔开的径向开口且通过它们,在这个实施例中,将该多个径向开口描绘成沿直线隔开且包围重整器芯体 62。整个来说,重整器芯体 62、该多个燃料喷射开口 63 和 64 以及催化剂床 65 限定示例性重整器芯体组件。燃料喷射开口 63 和 64 在催化剂床 65 中的数量和间距可有所改变,这取决于采用的催化剂的类型,以及重整器给料的流动特性和组分。例如,可使用在重整器芯体的毂的周围的各种径向位置处的一系列沿直线隔开的开口,以便确保进入催化剂床中且通过其中的流保持均匀,以及在催化剂床中具有可接受的压降。催化反应产生的重整产物(包括大量自由氢)离开包围重整器芯体的催化剂床 65,并且流到重整物通道 77 中,以及流到在重整器芯体的直接下游限定出口流动通道 66 的重整产物聚集区上。

[0110] 包含氢和汽化燃料的组合的经重整燃料以及经热处理的第二燃料流 79(在下面

描述)如图4中的流向箭头所显示的那样组合,以产生组合的经重整汽化燃料混合物,该混合物传送到重整物流通道81中,以及然后进入由限定扩张式喉部67的扩大的流动通道中。在重整器82的出口处的组合燃料流通过连接凸缘80而直接连接到主要燃烧器给料上。如上面关于图3所描述的那样,这个组合流可经历第二热交换操作,以在到达燃烧器之前进一步冷却组合气体给料。

[0111] 图4还显示了使通往系统的第一辅助燃气轮机燃料给料68雾化(汽化)的多个喷雾器站的一个示例性实施例,该多个喷雾器站由压力喷雾器69和70示出。如上面提到的那样,在71处产生的雾化流利用在重整器芯体内的催化重整期间产生的放热热来使液体成分在喷雾中汽化,以及使存在于雾化流中的较高分子量的烃组元的至少一部分热裂化。雾化过程还有助于防止由于重整器中或附近的升高的燃料温度而形成重金属沉积和结垢。供给到图4中显示的喷雾器的辅助燃料成分可包括各种气体燃料、稀释剂(或水)和液体烃燃料

[0112] 在某些条件下,在被压力喷雾器69和70雾化之前,辅助燃料构件68可能需要稍微冷却以及增大压力。在图4的实施例中,可使用如所显示的具有冷却水入口73和出口74的水套来实现该冷却。如有必要,还可使用另外的载体气体(例如氮)来协助将雾化流从辅助燃料输送管72输送到主要经重整燃料混合物中(参见载体气体75以及在喷雾器的附近和在78处显示的较下游的多个载体气体入口端口)。

[0113] 图4还显示了实施例中的 CH_4 燃料和环境空气如何同时供给到重整器中,以及沿径向传送到催化剂床65中且通过其中。与重整器给料的放热催化反应产生的热使辅助燃料输送管72的壁(以及燃料管限定的整个环形空间)变得非常热,从而使得该反应的传导热和辐射热能够使被雾化的液体流中的至少一些较高分子量的烃成分汽化和/或热裂化。然后汽化流/裂化流和原始重整产物(包括氢)两者在重整物流通道81中在重整器的下游部分中组合。

[0114] 备选地,少量液体燃料可直接喷射到热的重整器流中(而非喷射到辅助燃料输送管中)。对本发明可采用这两种喷射方法,这取决于液体燃料的类型和物理属性。还已经发现,由于现在温度较高的富含氢的重整物流的原因,另外的“剩余的”重整和热裂化通常在催化剂床65的下游发生在重整物流通道本身内。

[0115] 如上面关于图3所提到的那样,图4的重整器设备和方法包括通往重整器的可选的单独的蒸汽给料(或者饱和的或者过热的,这取决于经历重整的成分)。蒸汽给料的量和热特性部分地取决于化学组元,包括被重整的辅助燃料源。蒸汽还有助于控制燃料流中的选定的烃化合物的具有至少一些部分氧化的重整反应。

[0116] 因为在重整器中发生的基本CPOX催化反应在性质上是高度放热的,所以必须控制反应的热,以便防止对催化剂有损害,以及确保该反应随着时间的过去最大程度地提高自由氢的产生量。已知有多种可接受的催化剂实现期望的CPOX反应,并且典型地包括置于足够的支承结构上以便易于在定位在入口流和出口流之间的封闭的催化反应室中使用的已有金属,例如铂或铑或其它贵金属。如本领域技术人员将理解的那样,选来在重整操作中使用的具体催化剂(包括各种CPOX催化剂)将部分取决于燃烧器的上游的确切运行状况、给料组分等。

[0117] 在图4的设备和工艺中,重整器给料名义上由气体组元或气体和液体成分的组合

组成,包括天然气、甲烷、石脑油、丁烷、丙烷、柴油、煤油、航空燃料、煤衍生燃料、生物燃料、氧化的烃原料和它们的混合物。优选的气体成分比液体燃料包含较少“杂质”(例如非烃化合物),液体燃料通常包含硫化物或趋向于抑制催化重整反应的其它无机化合物。无论如何,本发明可用于“双燃料”领域中,即用于液体和气体给料两者。

[0118] 从非常“清洁的”(在组分上类似于天然气和自由氢)到“污浊的”(具有较长的链的烃),待重整的气体在组分上还可有相当大的改变。优选地,气体在氢浓度上将是对低的,因为自由氢的存在趋向于降低重整操作的总效率,即重整器反应本身会产生自由氢作为主产物。已经发现,通往系统的重油的量与待“重整”的 CH_4 燃料/空气相比应为大约10%(重量)-20%(重量)。另外,燃料重整器和通往燃烧器的主要燃料可由相同或不同的燃料成分组成,从而使得系统能够在共燃模式中运行。

[0119] 图5是图4中描绘的示例性重整器设计的、以透视的方式得到的横截面侧视图。为了便于参照,关于图5的透视图来显示上面关于图4描述的同项目标号。

[0120] 图6至9描绘了本发明的备选实施例,但是辅助燃料直接喷射到重整物中(在或者紧邻CPOX催化剂床或者在主要重整物通道的直接下游的位置处),而非喷射到以上面关于图3、4和5描述的方式使燃气轮机燃料与单独的载体气体给料组合的系统中。图6还描绘了燃料沿轴向喷射到催化剂床,以及然后传送通过该床,并且沿轴向方向作为热的重整物流离开。为了便于参照和与图4比较,图6的实施例中的相同构件已经标识有图4中使用的相同标号。

[0121] 如在图4的实施例中,大体在图6中的61处显示的通往重整器的未重整的第一燃料给料典型地包括燃料气体(例如天然气)以及一种或多种液体燃料成分的混合物。未重整的燃料给料61还可包括空气、一氧化碳和可能蒸汽(优选地过热的),它们参与催化反应(例如使用CPOX)而产生自由氢和由于催化反应的放热性质而产生的大量热。如图6示出的那样,未重整的给料以轴向流型式(与图4中描绘的径向流给料相反)直接传送到催化剂床90中且通过其中,并且因而直接传送到催化剂床中且通过其中。产生的重整物传送到重整产物聚集区91和主要重整物流通道81中。

[0122] 在运行中,未重整的燃料给料61在高压下直接传送到催化剂室90中的多个均等地隔开的燃料喷射开口中且通过其中,催化剂室90在重整器芯体的周围沿轴向对准。如在图4的实施例中,催化剂床中的燃料喷射开口的数量和间距可有所改变,这取决于采用的CPOX催化剂的类型和重整器给料的流动特性和组分。催化反应产生的重整产物(包括自由氢)离开催化剂床90,进入重整产物聚集区91中,并且最终进入主要重整物流通道81中。

[0123] 图6还显示了使用由压力喷雾器92示出的多个喷雾器站,该多个喷雾器站使通过喷雾器92直接供给到重整产物聚集区91中的第二燃料给料68雾化(汽化)。如上面提到的那样,产生的雾化流利用催化重整期间产生的放热热来使液体成分在喷雾中汽化,以及使存在于雾化流中的较高分子量的烃组元的至少一部分热裂化。喷雾器的第二燃气轮机燃料给料68可包括各种气体燃料、稀释剂(或者甚至水)以及液体烃燃料。

[0124] 然后催化反应的包含氢和汽化燃料的重整产物如显示的那样在聚集区91处与雾化燃料组合,以产生组合的重整汽化燃料混合物,该混合物从82处的重整器离开,通过连接凸缘80而直接进入主要燃烧器给料。类似于图4的实施例,第二燃料给料68可能需

要在被压力喷雾器 92 雾化之前稍微冷却以及增大压力。使用如所显示的具有冷却水入口 73 和出口 74 的水套来实现冷却。

[0125] 虽然图 6 的实施例构想将辅助燃料直接供给到重整器中而无需任何另外的给料,但是图 6 还显示了(以虚线格式)潜在地使用至少一些另外的载体气体(例如氮、CO₂、蒸汽、氧耗尽的 EGR 或另外的气态燃料),以便协助通过各个喷雾器喷嘴之间的小环形空间 93 和重整物通道或者借助可选的载体气体 75 和有关载体气体入口端口 78(以虚线格式显示),来将雾化流从压力喷雾器 92 输送到主要重整燃料混合物中。载体气体还可通过小环形空间 93 进入。

[0126] 图 7 描绘了显示了本发明的另一个备选实施例的横截面侧视图,该实施例再次利用通过使用一个或多个燃料喷射喷嘴和喷雾器来将燃料直接喷射到沿轴向对准的催化剂床 90 中且通过其中。与图 6 的实施例相反,燃料喷射发生在 CPOX 催化剂床的较下游,并且直接进入热的重整物流中。再次,为了便于参照,图 7 的实施例中的相同构件已经标识有图 6 中使用的相同标号。

[0127] 另外,如在图 6 的实施例中,通往重整器的主要未重整燃料给料 61 以轴向(而非径向)流型式直接传送到催化剂床 90 中且通过其中,并且离开催化剂床,进入重整产物聚集区 91 中。然后重整物产物沿着主要重整物通道 81 运动,并且离开通过连接凸缘 80 来连接到下游燃烧器构件上的重整器出口 82。在运行中,重整器给料在高压下传送到重整器芯体中,并且直接通过催化剂室 90 中的多个开口且进入它们中,该多个开口被描绘成在重整器芯体的周围沿轴向对准的均匀地隔开的开口。

[0128] 图 7 的实施例还包括由压力喷雾器 100 显示的多个液体燃料喷雾器,该多个液体燃料喷雾器用来使其余的燃气轮机燃料 68 汽化。汽化燃料如所显示的那样直接供给到重整产物聚集区 91 中。如上面提到的那样,在催化式重整期间产生的放热热使雾化流 105 中的液体成分汽化,并且使存在于雾化流中的较高分子量的烃组元的至少一部分热裂化。另外,如上面论述的其它实施例那样,重整产物聚集区 91 中的重整物产物用作具有足够的热值的载体流体,以使任何残余液体燃料成分汽化而作为通往燃气轮机发动机的组合给料的一部分。

[0129] 然后包含氢的组的重整燃料、另外的汽化燃料和任何其余的雾化燃料组合而形成从重整器中离开而直接进入主要燃烧器给料中的燃料混合物。类似于图 6 的实施例,另外的(辅助)燃气轮机燃料 68 在被压力喷雾器 100 雾化之前可能需要冷却以及增大压力。再次,可使用如所显示的那样具有冷却水入口 73 和出口 74 的水套 102 来实现冷却。

[0130] 类似于图 6 的实施例,图 7 还构想将其余的燃气轮机燃料 68 直接供给到重整器中而无需任何另外的气体给料的可能性。但是,图 7 还描绘了(以虚线的格式)可选地使用另外的载体气体 75,以协助通过各个喷嘴之间的小环形空间和主要重整物通道 81 或者借助 78 处的可选的载体气体入口端口(再次以虚线的格式显示)来将雾化流输送到主要重整燃料混合物中。

[0131] 在又一个备选实施例中,图 8 是横截面侧视图,其显示了使用将燃料直接喷射到轴向流催化剂床 90 中且通过其中,在紧邻催化剂床 90 处发生一个或多个辅助燃料喷射喷嘴 95 的喷射。为了便于参照,图 8 的实施例中的相同构件已经标识有图 6 和 7 中显示的相同标号。图 8 的实施例在一个关键的方面与图 7 不同,也就是说用于被喷射到重整产物聚

集区 91 中的另外的燃气轮机燃料 70 的喷射喷嘴的位置,即紧邻催化剂床 90 在床和重整器之间的小环形空间中。图 8 还描绘了(以虚线的格式)在必要时可选地使用载体气体 75 来协助通过可选的载体气体入口端口 78 来将雾化流输送到主要经重整燃料混合物中。

[0132] 最后,图 9 是显示了本发明的又一个备选实施例的横截面侧视图,这次该实施例使用直接将燃料喷射通过类似于图 4 中描绘的构造的径向流催化剂床构造,并且喷射到热的重整物流中发生在催化剂床 90 的出口处或出口附近。图 9 的实施例与图 6、7 和 8 中的实施例不同,因为与轴向相反,图 9 的实施例使用进入催化剂床 90 中且通过其中的径向燃料给料,如显示的那样再次借助一个或多个燃料喷射喷嘴 92 来直接喷射其余的燃气轮机燃料 68。

[0133] 所有上面的图均示出了使用根据本发明的、与传统天然气操作结合的燃料重整器将导致最终的燃烧器燃料质量有显著的提高,同时仍然实现 NO_x 和其它有害的燃烧副产物的较低的排放。由于在通过使用上面描述的热交换单元来提供用于使燃料成分汽化和 / 或热裂化的另外的能量时有改进的热效率的原因,新方法和重整器设计还导致有热整合。

[0134] 虽然关于目前认为是最实用和优选的实施例来描述了本发明,但是将理解,本发明不限于公开的实施例,而是相反,本发明意图覆盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效布置。

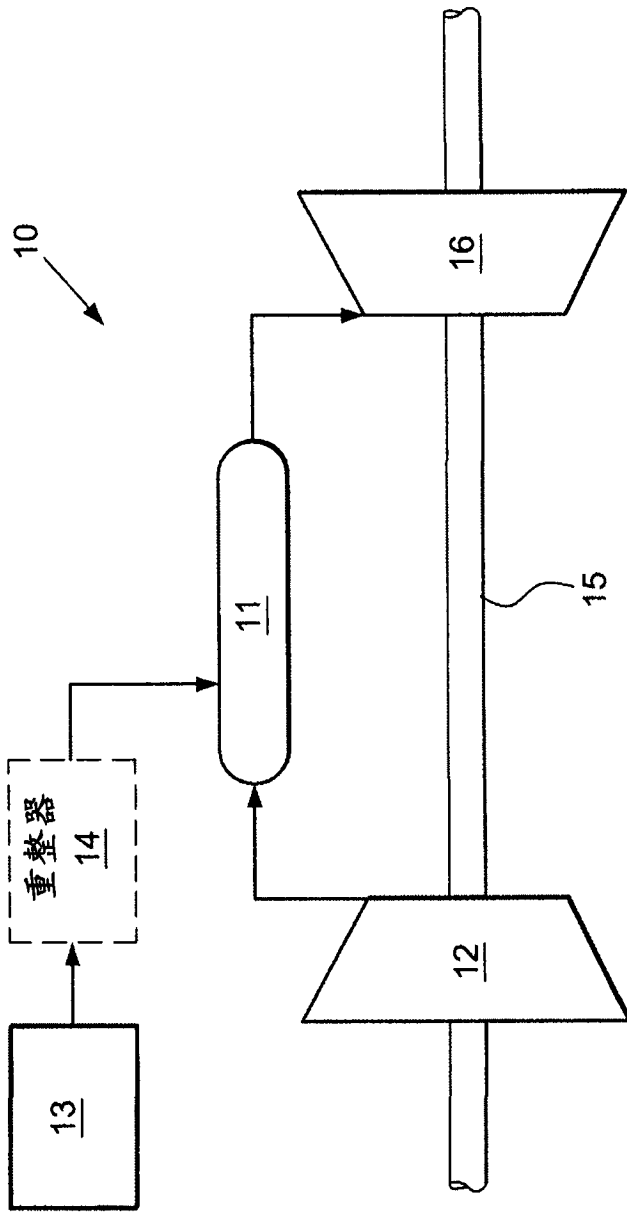


图 1

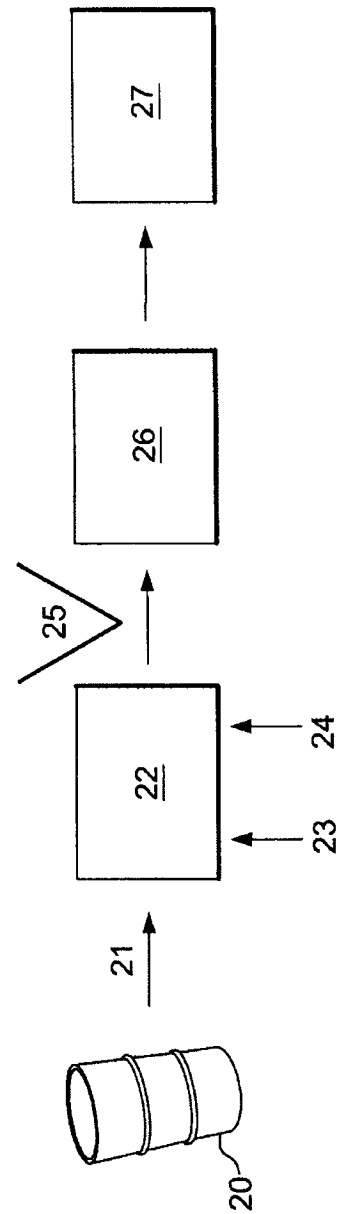


图 2(现有技术)

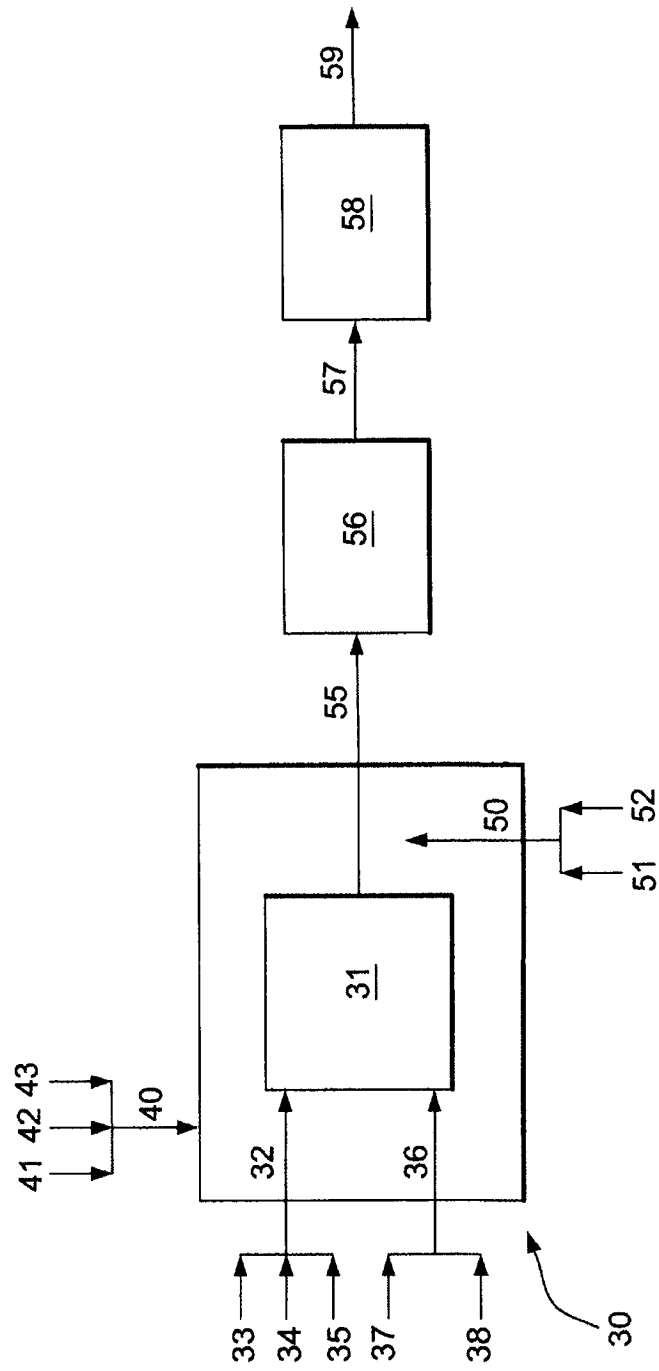


图 3

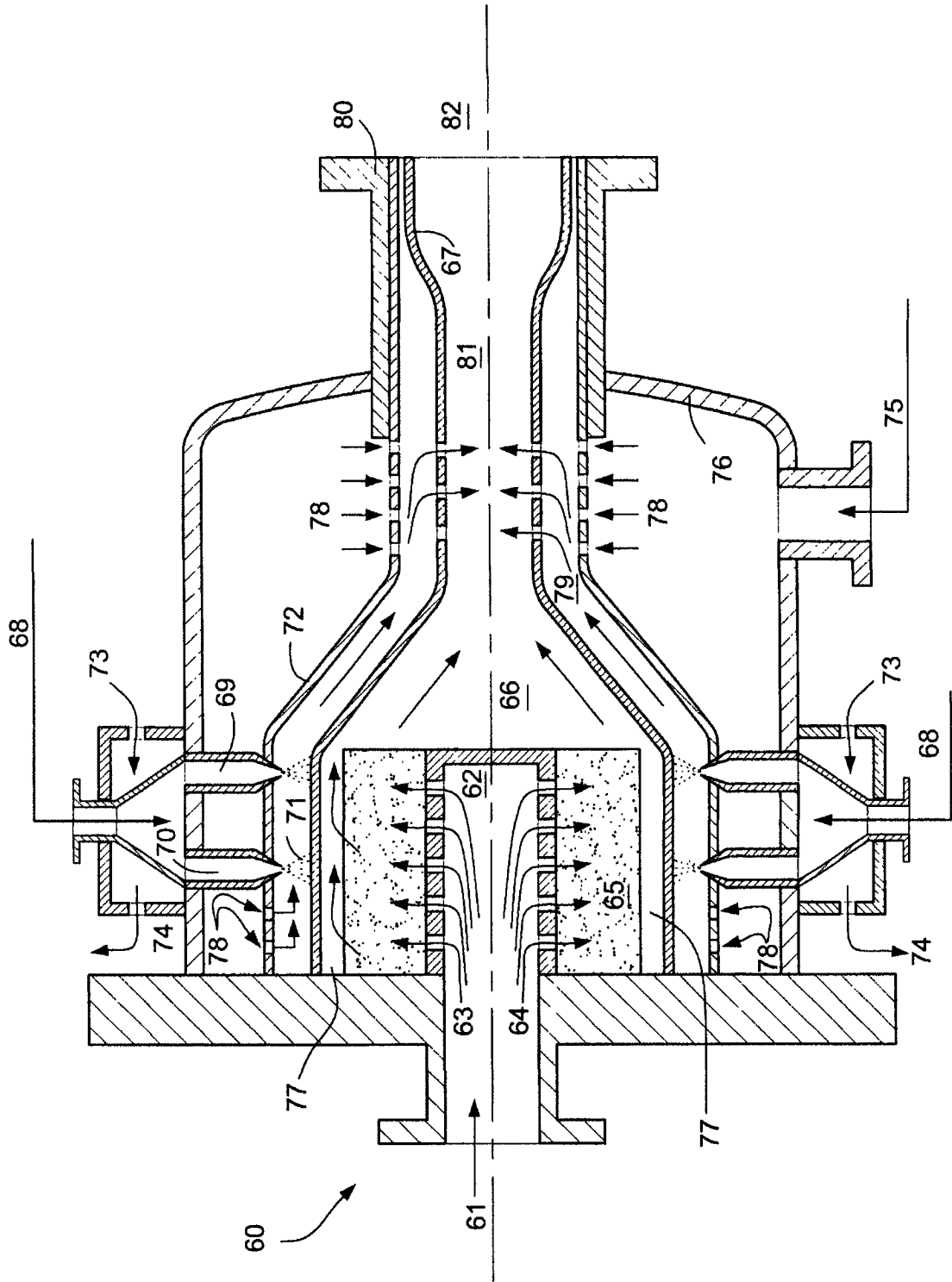


图 4

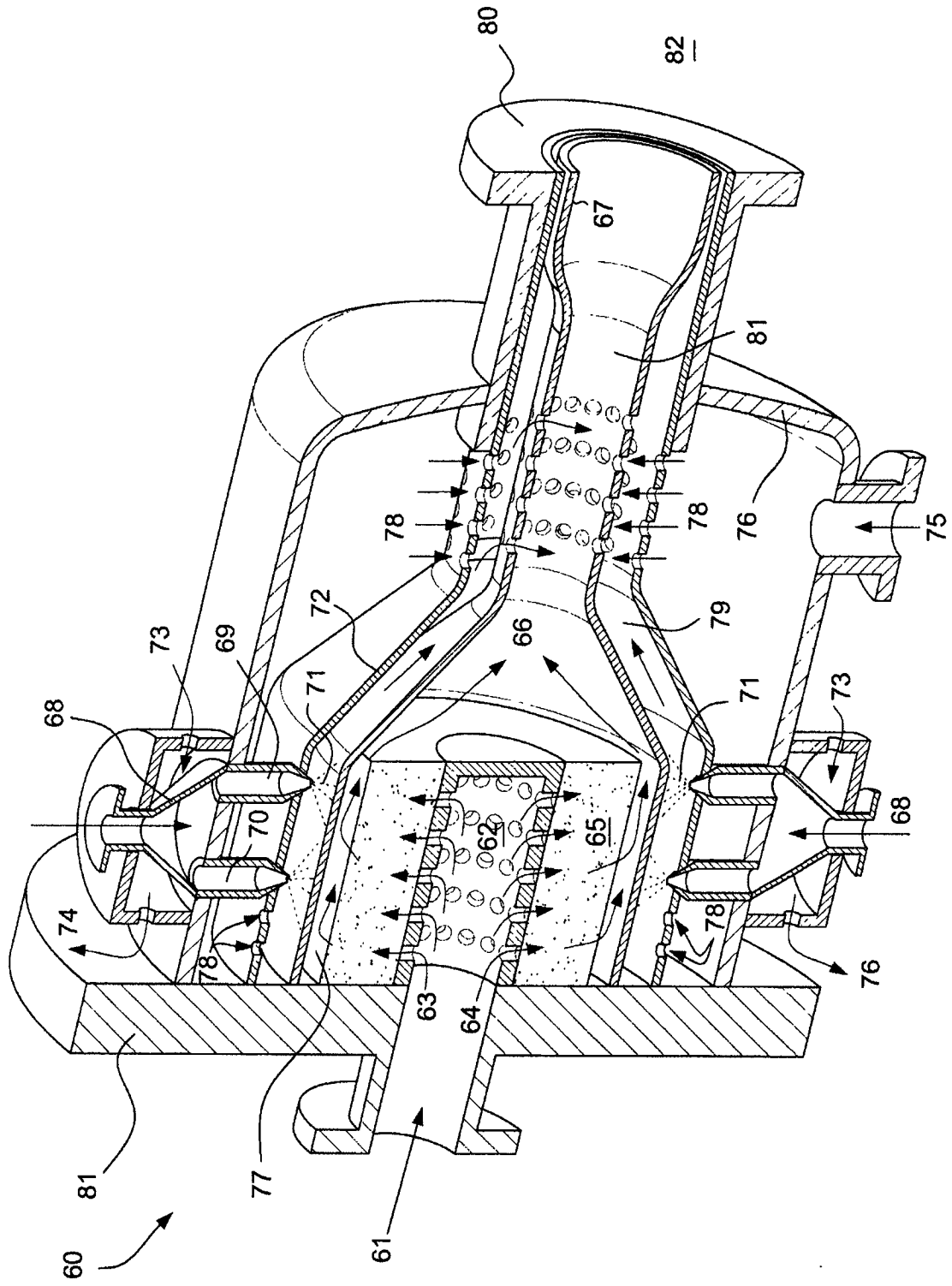


图 5

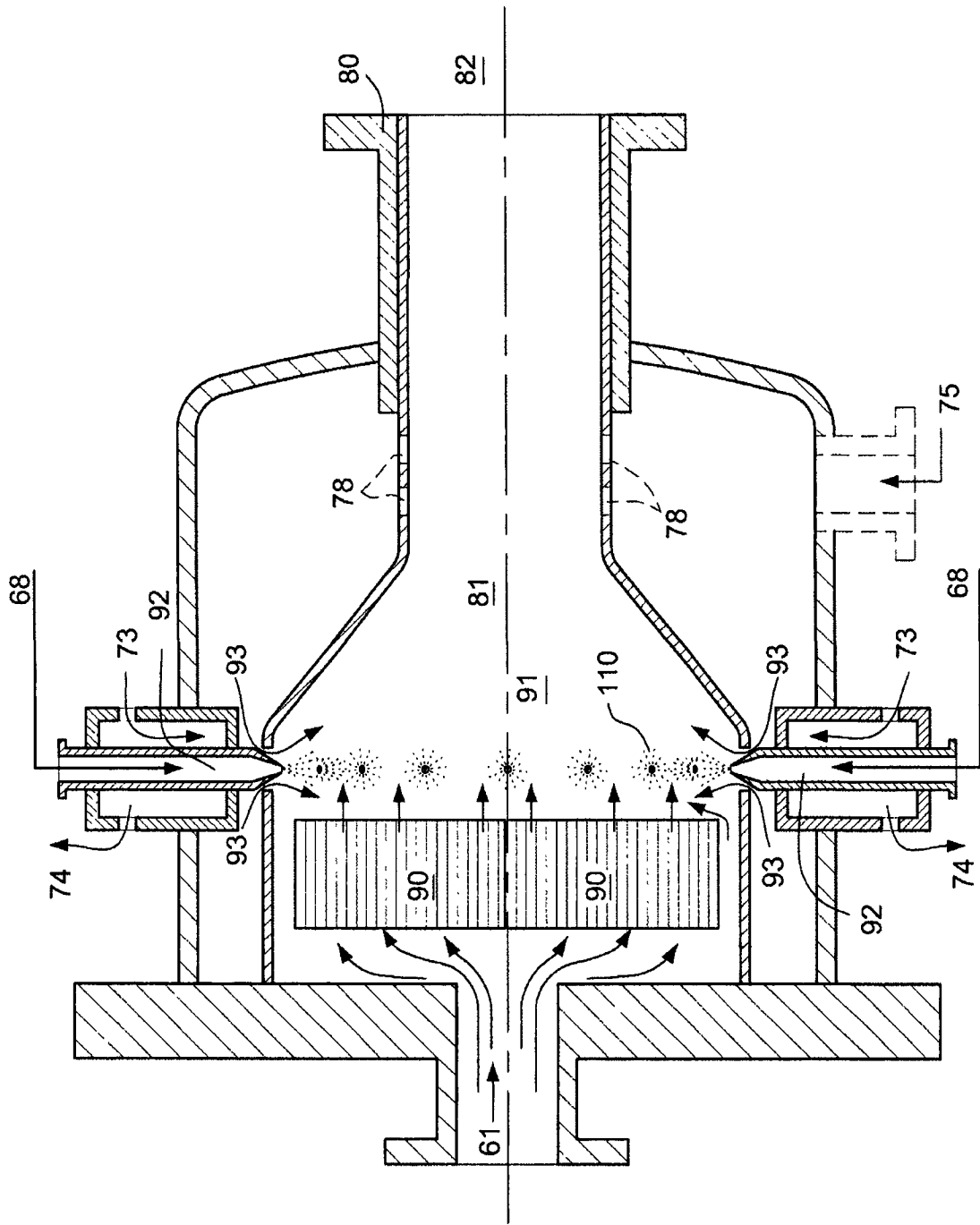


图 6(轴向流)

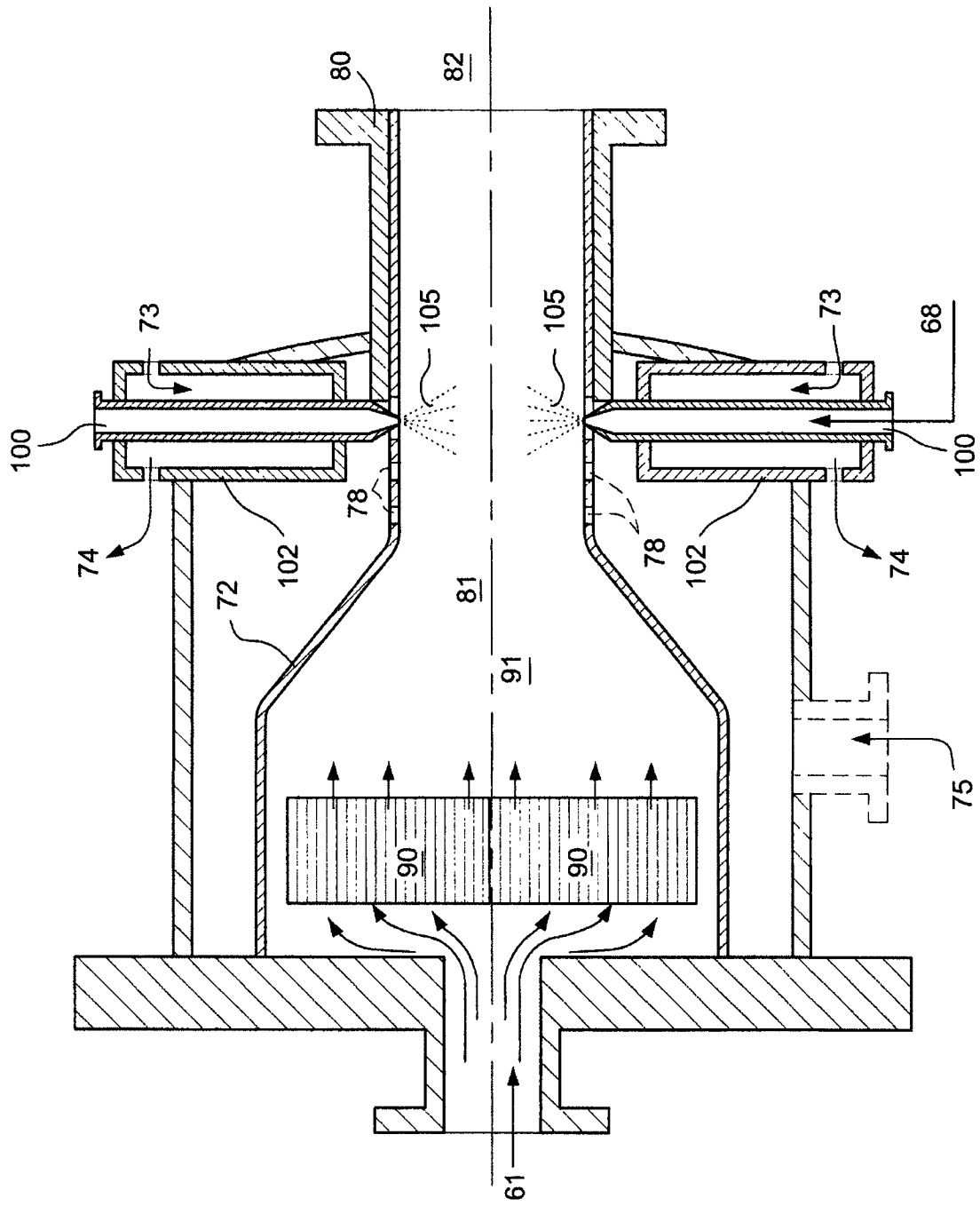


图7(轴向流)

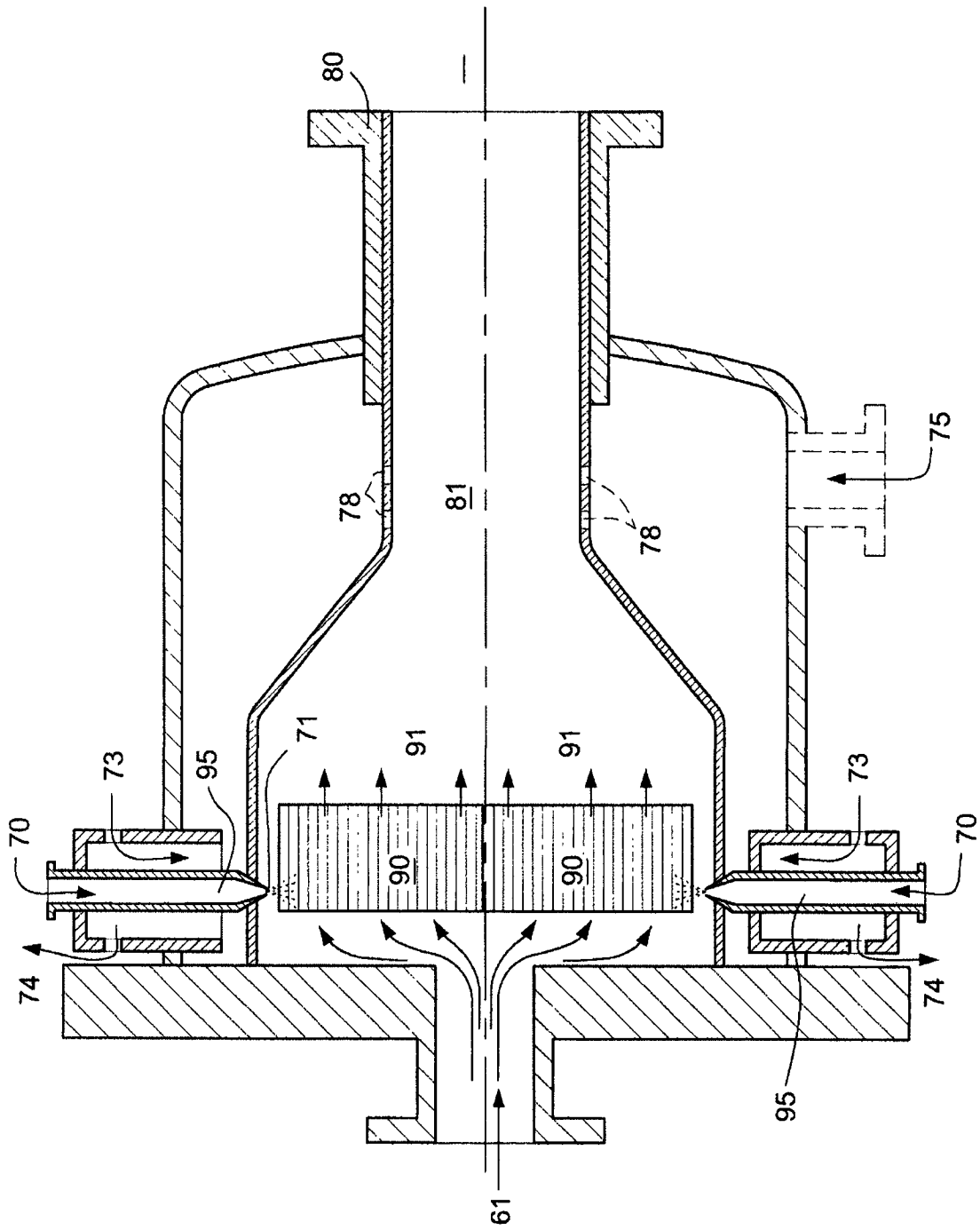


图 8(轴向流)

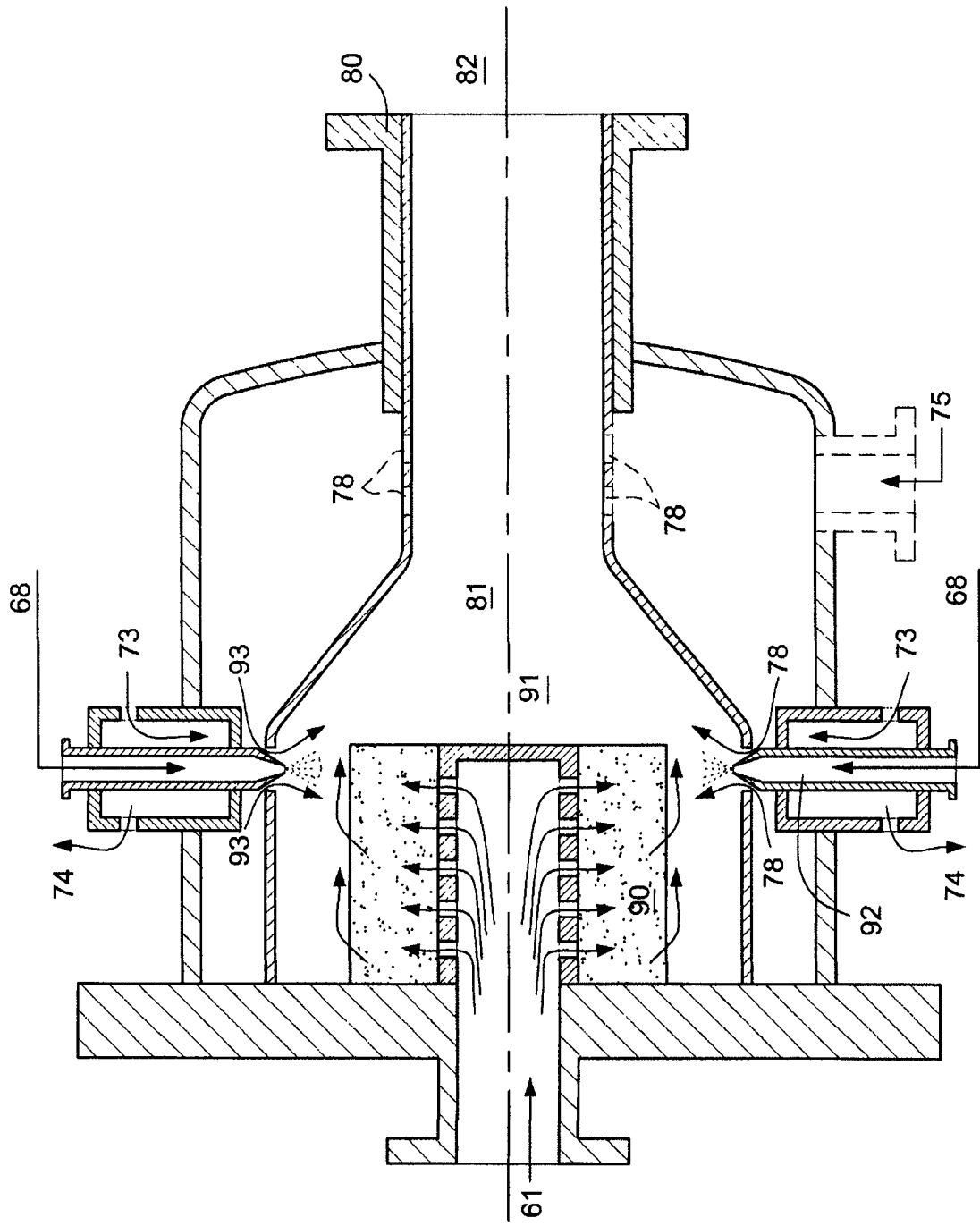


图 9