



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101943060 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201010175247. 9

(22) 申请日 2010. 04. 30

(30) 优先权数据

12/495918 2009. 07. 01 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 D·A·赫尔米克 T·E·约翰逊

W·D·约克 B·P·莱西

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 陈江雄 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 3/14(2006. 01)

F23D 14/48(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1884910 A, 2006. 12. 27,

US 5671597 A, 1997. 09. 30,

US 3703259 A, 1972. 11. 21,

CN 101387410 A, 2009. 03. 18,

CN 101368739 A, 2009. 02. 18,

US 5220786 A, 1993. 06. 22,

US 6047539 A, 2000. 04. 11,

审查员 张祥

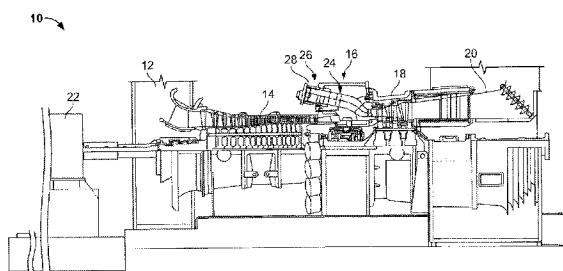
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于组装燃气涡轮发动机的方法、燃料喷嘴  
以及燃气涡轮系统

(57) 摘要

本发明涉及用于热保护燃烧系统中的燃料喷嘴的方法和系统,具体而言,提供一种组装燃气涡轮发动机的方法,该方法包括将燃烧器与压缩机配接成流动连通,使得该燃烧器接收由压缩机排放的空气中的至少一些空气。燃料喷嘴组件配接到所述燃烧器,且包括至少一个燃料喷嘴,燃料喷嘴包括多个内表面,其中热屏障覆层涂覆于所述多个内表面中的至少一个上,以便于将所述内表面与燃烧气体屏蔽开。



1. 一种用于组装燃气涡轮发动机的方法,所述方法包括:

将燃烧器与压缩机配接成流动连通,使得所述燃烧器接收由所述压缩机排放的空气中的至少一些空气;

将燃料喷嘴组件配接到所述燃烧器,其中所述燃料喷嘴组件包括至少一个燃料喷嘴,所述燃料喷嘴包括多个内表面,其中热屏障覆层涂覆到多个内表面中的至少一个内表面上,以便于将所述内表面与燃烧气体屏蔽开,

其中,所述燃料喷嘴包括:

燃烧器管;

燃料/空气预混合器,其配接到所述燃烧器管;

喷嘴中心体,所述喷嘴中心体配接到所述燃料/空气预混合器,使得所述喷嘴中心体延伸穿过所述燃烧器管;以及

冷却流动通道,其限定于所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体和所述燃烧器管内,以使得冷却流动能从所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体导送到所述燃烧器管,

其中,预混合通道限定于所述中心体与所述燃烧器管之间。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述燃烧器管包括内表面,所述方法还包括在所述燃烧器管内表面的至少一部分上涂覆热屏障覆层。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述中心体包括外表面,所述方法还包括在所述中心体外表面的至少一部分上涂覆所述热屏障覆层。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中将所述燃料喷嘴组件配接到所述燃烧器还包括:

在所述燃料喷嘴的多个内表面的至少一部分上涂覆金属结合覆层;以及

在所述金属结合覆层的至少一部分上涂覆陶瓷热覆层。

5. 一种用于燃气涡轮发动机的燃料喷嘴,所述燃料喷嘴包括:

多个内表面;以及

热屏障覆层,其涂覆于所述多个燃料喷嘴内表面中的至少一个内表面上,所述热屏障覆层配置成将所述燃料喷嘴内表面与燃烧气体屏蔽开,

其中,所述燃料喷嘴还包括:

燃烧器管;

燃料/空气预混合器,其配接到所述燃烧器管;

喷嘴中心体,所述喷嘴中心体配接到所述燃料/空气预混合器,使得所述喷嘴中心体延伸穿过所述燃烧器管;以及

冷却流动通道,其限定于所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体和所述燃烧器管内,以使得冷却流动能从所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体导送到所述燃烧器管,

其中,预混合通道限定于所述中心体与所述燃烧器管之间。

6. 根据权利要求5所述的燃料喷嘴,其中所述燃烧器管包括内表面,所述热屏障覆层涂覆于所述燃烧器管内表面的至少一部分上。

7. 根据权利要求5所述的燃料喷嘴,其中所述中心体包括外表面,所述热屏障覆层涂覆于所述中心体外表面的至少一部分上。

8. 根据权利要求 5 所述的燃料喷嘴,其中所述热屏障覆层包括:  
金属结合覆层,其涂覆于所述燃料喷嘴内表面的至少一部分上;以及  
陶瓷覆层,其涂覆于所述金属结合覆层的至少一部分上。
9. 根据权利要求 5 所述的燃料喷嘴,其中所述热屏障覆层具有在 0.004 英寸至 0.100 英寸之间的厚度。
10. 根据权利要求 5 所述的燃料喷嘴,其中所述燃烧器管包括多个孔口,所述孔口将所述冷却流动通道与所述预混合通道配接成流动连通。
11. 根据权利要求 5 所述的燃料喷嘴,其中所述燃料/空气预混合器还包括多个旋流叶片,在所述旋流叶片中限定内部冷却通道。
12. 根据权利要求 5 所述的燃料喷嘴,其中所述中心体包括:  
内壁;  
外壁;  
限定于所述内壁内的燃料通道;以及  
限定于所述内壁与所述外壁之间的逆向流动通道。
13. 一种燃气涡轮系统,包括:  
压缩机;  
燃烧器,其与所述压缩机流动连通以接收由所述压缩机排放的空气中的至少一些空气,所述燃烧器包括至少一个燃料喷嘴,所述燃料喷嘴包括多个内表面;以及  
热屏障覆层,其涂覆于所述多个燃料喷嘴内表面中的至少一个内表面上,所述热屏障覆层配置成将所述燃料喷嘴内表面与燃烧气体屏蔽开,  
其中,所述燃料喷嘴包括:  
燃烧器管;  
燃料/空气预混合器,其配接到所述燃烧器管;  
喷嘴中心体,所述喷嘴中心体配接到所述燃料/空气预混合器,使得所述喷嘴中心体延伸穿过所述燃烧器管;以及  
冷却流动通道,其限定于所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体和所述燃烧器管内,以使得冷却流动能从所述燃料/空气预混合器或所述喷嘴中心体导送到所述燃烧器管,  
其中,预混合通道限定于所述中心体与所述燃烧器管之间。
14. 根据权利要求 13 所述的燃气涡轮系统,其中所述燃烧器管包括内表面,所述热屏障覆层涂覆于所述燃烧器管内表面的至少一部分上。
15. 根据权利要求 13 所述的燃气涡轮系统,其中所述中心体包括外表面,所述热屏障覆层涂覆于所述中心体外表面的至少一部分上。
16. 根据权利要求 13 所述的燃气涡轮系统,其中所述热屏障覆层包括:  
金属结合覆层,其涂覆于所述多个燃料喷嘴内表面的至少一部分上;以及  
陶瓷覆层,其涂覆于所述金属结合覆层的至少一部分上。
17. 根据权利要求 13 所述的燃气涡轮系统,其中所述热屏障覆层具有在 0.004 英寸至 0.100 英寸之间的厚度。

## 用于组装燃气涡轮发动机的方法、燃料喷嘴以及燃气涡轮系统

### 技术领域

[0001] 本文所公开的实施例大体而言涉及燃气涡轮燃烧系统,且更具体而言,涉及燃料与空气预混合器,其便于在偏离设计的火焰保持(flameholding)事件期间减少损坏。

### 背景技术

[0002] 至少某些已知的燃气涡轮发动机在燃烧器中点燃燃料-空气混合物以生成燃烧气体流,燃烧气体流经由热气体路径导送至涡轮。压缩空气自压缩机传送到燃烧器。已知的燃烧器组件包括燃料喷嘴,燃料喷嘴便于将燃料与空气传送到燃烧器的燃烧区域。涡轮将燃烧气体流的热能转换成用于使涡轮轴旋转的机械能。涡轮的输出可用于向机器(例如发电机或泵)提供动力。

[0003] 由燃气涡轮燃烧常规碳烃化合物所产生的排放可包括氮的氧化物、二氧化碳以及未燃烧的碳烃化合物。在本领域中熟知在喷气发动机中的分子氮的氧化物( $\text{NO}_x$ )取决于在燃烧系统反应区中形成的热气体温度。减少 $\text{NO}_x$ 排放的一种方法是通过在点燃混合物之前将燃料与空气预混合成稀薄的混合物来维持热发动机燃烧器的反应区的温度处于或低于形成热 $\text{NO}_x$ 的水平。这种过程常常在干式低 $\text{NO}_x$ (DLN)燃烧系统中进行。在这种系统中,存在于燃烧器反应区中的过量空气的热质量吸热以将燃烧产物的温升降至减少热 $\text{NO}_x$ 生成的水平。

[0004] 在气态或液体燃料燃烧期间,已知的稀薄预混合燃烧器可经历火焰保持或回火,其中意图限制于燃烧衬套内的火焰朝向燃料和空气喷射到预混合部段内的位置向上游行进。由于极其大的热负荷,这些火焰保持/回火事件可导致排放性能降级和/或过热和损坏预混合部段。至少某些已知的燃气涡轮燃烧系统包括预混合喷射器,其预混合燃料与压缩气流试图将均匀稀薄燃料-空气预混合物导送至燃烧衬套。通常,存在总体燃烧器管速度(bulk burner tube velocity),高于该速度,预混合器中的火焰将被推出到主要燃烧区。

[0005] 随着反应性较强的燃料,例如具有燃烧前碳捕获(其产生高氢燃料)的合成气体(“合成气”)和/或具有高百分比的高级碳烃化合物的天然气的使用,当前DLN燃烧系统可能难以在发动机操作期间维持火焰保持。在理想操作条件下,在预混合器内的火焰并不留在预混合器中,而是向下游转移到正常燃烧区。由于现有技术水平燃烧系统的设计点可到达3000°F的总体火焰温度,火焰保持/回火事件可在很短的时段对预混合喷嘴造成重大损害。

### 发明内容

[0006] 在一方面,提供一种组装燃气涡轮发动机的方法。该方法包括将燃烧器与压缩机配接成流动连通,使得燃烧器接收由压缩机排放的空气中的至少一些空气。燃料喷嘴组件配接到燃烧器且包括至少一个燃料喷嘴,燃料喷嘴包括多个内表面,其中热屏障覆层涂覆到多个内表面中的至少一个内表面上以便于将该内表面与燃烧气体屏蔽开。

[0007] 优选地,所述燃料喷嘴包括燃烧器管,所述燃烧器管包括内表面,所述方法还包括在所述燃烧器管内表面的至少一部分上涂覆热屏障覆层。

[0008] 优选地,所述燃料喷嘴包括中心体,所述中心体包括外表面,所述方法还包括在所述中心体外表面的至少一部分上涂覆所述热屏障覆层。

[0009] 优选地,将所述燃料喷嘴组件配接到所述燃烧器还包括:在所述燃料喷嘴的多个内表面的至少一部分上涂覆金属结合覆层;以及在所述金属结合覆层的至少一部分上涂覆陶瓷热覆层。

[0010] 在另一方面,提供用于燃气涡轮发动机的燃料喷嘴。燃料喷嘴包括多个内表面和涂覆于多个燃料喷嘴内表面中的至少一个内表面上 的热屏障覆层。热屏障覆层配置成将燃料喷嘴内表面与燃烧气体屏蔽开。

[0011] 优选地,所述燃料喷嘴包括燃烧器管,所述燃烧器管包括内表面,所述热屏障覆层涂覆于所述燃烧器管内表面的至少一部分上。

[0012] 优选地,所述燃料喷嘴包括中心体,所述中心体包括外表面,所述热屏障覆层涂覆于所述中心体外表面的至少一部分上。

[0013] 优选地,所述燃料喷嘴包括燃料/空气预混合器,燃料/空气预混合器包括外表面,所述热屏障覆层涂覆于所述中心体外表面的至少一部分上。

[0014] 优选地,所述热屏障覆层包括:金属结合覆层,其涂覆于所述燃料喷嘴内表面的至少一部分上;以及陶瓷覆层,其涂覆于所述金属结合覆层的至少一部分上。

[0015] 优选地,所述热结合覆层具有在大约 0.004 英寸至大约 0.100 英寸之间的厚度。

[0016] 优选地,所述的燃料喷嘴还包括:燃烧器管,其包括内表面;燃料/空气预混合器,其配接到所述燃烧器管;以及喷嘴中心体,其包括外表面,所述喷嘴中心体配接到所述燃料/空气预混合器,使得所述喷嘴中心体延伸穿过所述燃烧器管。

[0017] 优选地,所述的燃料喷嘴还包括限定于所述燃料/空气预混合器和所述燃烧器管内的冷却流动通道,以使得冷却流动能从所述燃料/空气预混合器导送到所述燃烧器管。

[0018] 优选地,预混合通道限定于所述中心体与所述燃烧器管之间,所述燃烧器管包括多个孔口,所述孔口将所述冷却流动通道与所述预混合通道配接成流动连通。

[0019] 优选地,所述燃料/空气预混合器还包括多个旋流叶片,在所述旋流叶片中限定内部冷却通道。

[0020] 优选地,所述中心体包括:内壁;外壁;限定于所述内壁内的燃料通道;以及限定于所述内壁与所述外壁之间的逆向流动通道。

[0021] 在又一方面,提供一种燃气涡轮系统。该燃气涡轮系统包括压缩机、燃烧器和热屏障覆层。该燃烧器与压缩机流动连通以接收由所述压缩机排放的空气中的至少一些空气。该燃烧器包括至少一个燃料喷嘴,燃料喷嘴包括多个内表面。该热屏障覆层涂覆于多个燃料喷嘴内表面中的至少一个内表面上。热屏障覆层配置成将燃料喷嘴内表面与燃烧气体屏蔽开。

[0022] 优选地,所述燃料喷嘴还包括燃烧器管,所述燃烧器管包括内表面,所述热屏障覆层涂覆于所述燃烧器管内表面的至少一部分上。

[0023] 优选地,所述燃料喷嘴还包括中心体,所述中心体包括外表面,所述热屏障覆层涂覆于所述中心体外表面的至少一部分上。

[0024] 优选地,所述热屏障覆层包括:金属结合覆层,其涂覆于所述多个燃料喷嘴内表面的至少一部分上;以及陶瓷覆层,其涂覆于所述金属结合覆层的至少一部分上。

[0025] 优选地,所述热屏障覆层具有在大约 0.004 英寸至大约 0.100 英寸之间的厚度。

[0026] 本发明提供一种 DLN 燃烧系统,其基本上耐受火焰保持,从而允许充分的时间来检测预混合器中的火焰且修正这种条件。而且,如本文所述,向预混合器涂覆热屏障覆层便于减小预混合器中所需的冷却流体量,从而导致促进成本节省和降低维护成本。这有利地使燃烧系统利用合成气、高氢和其它反应性燃料更有效地操作,且显著地降低昂贵的硬件损坏和强迫停机的风险。

## 附图说明

[0027] 图 1 是示例性燃气涡轮系统的截面图;

[0028] 图 2 是可用于图 1 所示的燃气涡轮发动机的示例性燃料喷嘴;以及

[0029] 图 3 是可用于图 1 所示的燃气涡轮发动机的示例性燃料喷嘴的放大截面图;以及

[0030] 图 4 是可用于示例性燃料喷嘴的示例性热屏障覆层的示意图;以及

[0031] 图 5 是可用于图 1 所示的燃气涡轮发动机的燃料喷嘴的替代实施例。

## 具体实施方式

[0032] 本文所述的示例性方法和系统通过提供下面这样的燃料喷嘴而克服了已知的干式低 NO<sub>x</sub> (DLN) 燃烧系统的缺点,这种燃料喷嘴包括先进的冷却系统,冷却系统便于提高火焰保持/回火耐受性。更具体而言,本文的实施例便于通过提供冷却流动在火焰保持/回火事件期间防止燃料喷嘴损坏,冷却流动降低燃料喷嘴温度从而增加时间以检测预混合器中的事件和补救所检测的任何不利条件。在一实施例中,燃料喷嘴包括冷却系统,冷却系统提供背侧对流冷却、冲击冷却与膜冷却的组合以便于在火焰保持期间降低燃料喷嘴的温度。如本文所用的术语“冷却剂”和“冷却流体”是指氮气、空气、燃料或它们的某种组合,和/或可使得燃料喷嘴如本文所述起作用的任何其它流体。

[0033] 在示例性实施例中,热屏障覆层(TBC)涂覆到燃料喷嘴上以形成屏障,该屏障屏蔽燃料喷嘴且便于减小所需的冷却流动和/或降低燃料喷嘴预混合器构件的温度。如在下文中更详细地描述的,可变地选择所涂覆的 TBC 厚度以实现所希望的热阻水平,即,在 TBC 系统上所需要的温度降低。应了解如在本申请中使用的术语“轴向”和“在轴向”是指基本上平行于燃料喷嘴中心体的中心纵向轴线延伸的方向和方位。还应了解术语“径向”和“在径向”在本申请中用于指基本上垂直于中心体的中心纵向轴线延伸的方向和方位。还应了解术语“上游”和“下游”在本申请中用于指相对于中心体的中心纵向轴线位于总轴向燃料流动方向中的方向和方位。

[0034] 图 1 是示例性燃气涡轮系统 10 的截面图,其包括进口部段 12、在进口部段 12 下游的压缩机部段 14、在进口部段 12 下游配接的燃烧器部段 16、在燃烧器部段 16 下游配接的涡轮部段 18,以及排气部段 20。燃烧器部段 16 包括多个燃烧器 24。燃气涡轮系统 10 包括燃料喷嘴组件 26。燃料喷嘴组件 26 包括多个燃料喷嘴 28。燃烧器部段 16 配接到压缩机部段 14 使得燃烧器 24 与压缩机 14 流动连通。燃料喷嘴组件 26 配接到燃烧器 24。涡轮部段 18 可旋转地配接到压缩机部段 14 和负荷 22,负荷 22 为例如(但不限于)发电机和机械

驱动应用。

[0035] 在操作期间,进口部段 12 朝向压缩机部段 14 导送空气。压缩机部段 14 将入口空气压缩到较高压力和温度且朝向燃烧器部段 16 排放压缩空气,在燃烧器部段 16,其与燃料混合且点燃以生成燃烧气体,燃烧气体流向涡轮部段 18,涡轮部段 18 驱动压缩机部段 14 和 / 或负荷 22。具体而言,压缩空气被供应到燃料喷嘴组件 26。燃料被导送到燃料喷嘴 28,其中燃料与空气混合且在燃烧器部段 16 中在燃料喷嘴 28 的下游点燃。生成燃烧气体且将燃烧气体导送到涡轮部段 18,在涡轮部段 18,气体流热能被转换成机械旋转能。废气从涡轮部段 18 出来且通过排气部段 20 流到周围大气。

[0036] 图 2 是可用于燃气涡轮发动机 10 的示例性燃料喷嘴 100。图 3 是示例性燃料喷嘴 100 的放大截面图。在示例性实施例中,燃料喷嘴 100 包括燃烧器管 100、喷嘴中心体 112、燃料 / 空气预混合器 114 以及热屏障覆层 118。喷嘴中心体 112 延伸穿过燃烧器管 110 使得预混合器通道 121 限定于中心体 112 与燃烧器管 110 之间。在示例性实施例中,燃料喷嘴 110 包括多个内表面 119。

[0037] 燃烧器管 110 包括环形腔 143,环形腔 143 限定于外周边壁 111 与内燃烧器壁 144 之间。多个孔口 145 限定于内燃烧器壁 114 内且延伸穿过内燃烧器壁 144 以使环形腔 143 与预混合器通道 121 配接成流动连通。内燃烧器壁 144 包括外表面 147。在替代实施例中,燃烧器管 110 并不包括孔口 145。

[0038] 中心体 112 包括径向外周向壁 137、径向内周向壁 136、燃料通道 132、逆向流动通道 134、端壁 133 以及中间壁 124。外壁 137 包括 外表面 138。端壁 133 包括外表面 139。燃料通道 132 由内壁 136 限定且从燃料 / 空气预混合器 114 朝向端壁 133 延伸。中间壁 124 在内燃烧器壁 144 与内壁 136 之间延伸且定位于冷却剂入口 131 与端壁 133 之间。逆向流动通道 134 限定于中心体 112 内且基本上在轴向从端壁 133 延伸到中间壁 124。逆向流动通道 134 与燃料通道 132 基本上同心对准且由内周向壁 136 与燃料通道 132 分开,内周向壁 136 限定于中心体 112 内。多个环形肋 135 定位于逆向流动通道 134 内使得肋 135 沿着逆向流动通道 134 间隔开以便于优化和促进在外周向壁 137 上从预混合通道 121 到逆向流动通道 134 的传热。肋 135 可具有便于这种传热的任何形状,包括(但不限于)自壁 136 在周向延伸的离散弓形环圈,和 / 或自壁 136 延伸的独立凸块。

[0039] 燃料 / 空气预混合器 114 包括空气入口 115、燃料入口 116、冷却剂入口 131、冷却剂通道 123、旋流叶片 122 和叶片通道 117,叶片通道 117 限定于旋流叶片 122 之间。旋流叶片 122 包括外表面 127。冷却剂通道 123 限定于燃料 / 空气预混合器 114 内且从冷却剂入口 131 延伸到中间壁 124。腔室 142 限定于叶片 122 的尾部 160 内,使得腔室 142 与逆向流动通道 134 配接成流动连通。多个喷射端口 125 限定于叶片 122 的尾部 160 内且延伸穿过叶片 122 的尾部 160,以将腔室 142 和逆向流动通道 134 配接成与预混合通道 121 流动连通。腔室 126 限定于叶片 122 的前部 162 内,使得腔室 126 与冷却剂通道 123 配接成流动连通。

[0040] 燃烧器管 110 配接到燃料 / 空气预混合器 114 使得腔室 126 与环形腔 143 流动连通。中心体 112 配接到燃料 / 空气预混合器 114 使得腔室 142 定位成与逆向流动通道 134 和预混合通道 121 流动连通,且燃料通道 132 自燃料入口 116 延伸到端壁 133。

[0041] 图 4 是可用于燃料喷嘴 100 的示例性热屏障覆层 118 的示意图。在示例性实施例

中,热屏障覆层 118 涂覆到燃料喷嘴 100 的多个内表面 119 上。使用等离子喷涂方法来涂覆热屏障覆层 118。在替代实施例中,使用电子束物理气相沉积 (EB-PVD),向燃料喷嘴 100 上喷涂热屏障覆层 118 的浆溶液,和 / 或将燃料喷嘴 110 浸到热屏障覆层 118 的浆溶液内来涂覆热屏障覆层 118。热屏障覆层 118 包括金属结合 (metallic bond) 覆层 164 和陶瓷覆层 165,金属结合覆层 164 最初涂覆于内表面 119 的至少部分上,陶瓷覆层 165 然后涂覆于金属结合覆层 164 的至少部分上。在示例性实施例中,热屏障覆层 118 涂覆有范围在大约千分之四英寸 (0.004 英寸) 至大约千分之一百英寸 (0.100) 的厚度 166。在示例性实施例中,热屏障覆层具有在大约千分之 20 (0.020 英寸) 至千分之 30 英寸 (0.030 英寸) 之间的厚度 166。但是应了解可变地选择热屏障覆层 118 的厚度 166 以确保实现所希望的热阻水平,其使得燃料喷嘴 100 如本文所述起作用。

[0042] 在操作期间,燃料 50 通过燃料入口 116 到燃料通道 132 内进入喷嘴中心体 112。燃料 50 通过中心体 112 导送且冲击到端壁 133 上,之后燃料 50 的流动逆向且将燃料导送到逆向流动通道 134 内。随着燃料进入逆向流动通道 134,燃料在肋 135 上导送且朝向中间壁 124,其中燃料 50 冲击于壁 124 上且然后重新导向至腔室 142 内。燃料 50 通过喷射端口 125 从腔室 142 排出且到叶片通道 117 和预混合通道 121 内。空气 52 被通过空气入口 115 导向至叶片通道 117 内。随着空气 52 经过叶片 122,在预混合通道 121 内空气与自喷射端口 125 排放的燃料 50 混合。为了便于完全燃烧,预混合通道 121 的大小确保燃料 / 空气混合物基本上完全混合,之后将混合物排放到燃烧器反应区 (未图示) 内。在示例性实施例中,燃料 50 便于在其通过通道 132 流动以冲击端壁 133 时冷却端壁 133。此外,当燃料 50 通过逆向流动通道 134 流动时,燃料 50 便于预混合通道 121 的背侧对流冷却。

[0043] 因此,在燃料 50 通过燃料通道 132 和逆向流动通道 134 流动时,中心体 112 的外周向壁 137 由于对流冷却而冷却。

[0044] 冷却剂 54 通过冷却剂入口 131 导送至中心体 112 内并到冷却剂通道 123 内。冷却剂 54 冲击到中间壁 124 上并导向至腔室 126 内。冷却剂 54 通过腔室 126 导送并到环形腔 143 内,之后通过孔口 145 排放。在示例性实施例中,冷却剂 54 便于在其通过环形腔 143 流动时冷却燃烧器外周边壁 111。而且,冷却剂 54 还在其通过孔口 145 排放时提供内燃烧器壁 144 的膜冷却。此外,在冷却剂 54 通过环形腔 143 流动时提供外周边壁 111 上的背侧对流冷却。

[0045] 在操作期间,热屏障覆层 118 便于在偏离设计的火焰保持事件期间将燃料喷嘴 100 的内表面 119 与预混合通道 121 内生成的燃烧气体屏蔽开。在一实施例中,利用热屏障覆层 118 实现金属温度至少 100 °F 的降低。因此,在此实施例中,在相同操作条件下,可使用 25% 更少的冷却流动来保护燃料喷嘴 100 避免火焰保持 / 回火事件期间的热损坏。

[0046] 图 5 是可用于燃气涡轮 10 的燃料喷嘴 200 的替代实施例。在图 3 中提到的与图 2 所示的构件相同的构件在图 3 中用相同附图标记来标注。因此,燃料喷嘴 200 包括燃烧器管 110、喷嘴中心体 212、燃料 / 空气预混合器 214 和热屏障覆层 118。喷嘴中心主体 212 延伸穿过燃烧器管 110,使得预混合器通道 221 限定于中心体 212 与燃烧器管 110 之间。燃料喷嘴 200 包括多个内表面 119。

[0047] 在替代实施例中,中心体 212 包括径向外壁 237、径向内壁 236、冷却剂通道 232、逆向流动通道 234、端壁 233 和中间壁 224。冷却剂通道 232 从燃料 / 空气预混合器 214 朝



向端壁 233 延伸,且中间壁 224 在内燃烧器壁 144 与内壁 236 之间延伸且定位于燃料入口 216 与端壁 233 之间。逆向流动通道 234 限定于中心体 212 内且从端壁 333 延伸到中间壁 224。而且,逆向流动通道 234 与冷却剂通道 232 基本上同心对准且由内壁 236 与冷却通道 232 分开,内壁 236 在中心体 212 内延伸。多个环形肋 235 定位于逆向流动通道 234 内,使得肋 235 沿着逆向流动通道 234 间隔开,以便于优化和提高在外周向壁 237 上从预混合通道 221 到逆向流动通道 234 的传热。

[0048] 燃料/空气预混合器 214 包括空气入口 215、燃料入口 216、冷却剂入口 231、燃料通道 223、旋流叶片 222 和叶片通道 217,叶片通道 217 限定于旋流叶片 222 之间。燃料通道 223 限定于燃料/空气预混合器 214 内且从燃料入口 216 延伸到中间壁 224。腔室 242 限定于叶片 222 的前部 262 内且与燃料通道 223 流动连通。多个喷射端口 225 限定于叶片 222 的前部 262 内且延伸穿过叶片 222 的前部 262,以将燃料通道 223 与预混合通道 221 配接成流动连通。腔室 226 限定于叶片 222 的尾部 260 内,使得腔室 226 与逆向流动通道 234 配接成流动连通。

[0049] 燃烧器管 110 配接到燃料/空气预混合器 214,使得腔室 226 与环形腔 143 流动连通。中心体 212 配接到燃料/空气预混合器 214,使得腔室 226 定位成与环形腔 143 和逆向流动通道 234 流动连通,且冷却剂通道 232 从冷却剂入口 231 延伸到端壁 233。热屏障覆层 118 涂覆到燃料喷嘴 200 的内表面 119。

[0050] 在替代实施例中,在操作期间,燃料 50 通过燃料入口 216 到燃料通道 223 内而进入喷嘴中心体 212。燃料 50 冲击到中间壁 224 上,之后燃料 50 的流动被导送到腔室 242 内且通过喷射端口 225 从腔室 242 排放到叶片通道 217 内。冷却剂 54 通过冷却剂入口 231 到冷却剂通道 232 内而进入中心体 212。冷却剂 54 通过中心体 212 导送且冲击于端壁 233 上,因此,冷却剂 54 的流动逆向且冷却剂 54 被导送到逆向流动通道 234 内。在冷却剂 54 进入逆向流动通道 234 时,冷却剂 54 在肋 235 上且朝向中间壁 224 导送,其中,冷却剂 54 冲击到中间壁 224 上且重新导向至腔室 226 内。冷却剂 54 通过腔室 226 导送到环形腔 143 内,之后通过多个孔口 145 排放。

[0051] 在替代实施例中,冷却剂 54 便于在其通过环形腔 143 流动时冷却燃烧器外周边壁 111,且在冷却剂 54 通过孔口 145 排放时在内燃烧器壁 144 上提供膜冷却。此外,在冷却剂 54 通过环形腔 143 流动时提供外周边壁 111 上的背侧对流冷却。冷却剂 54 也便于在它通过冷却剂通道 232 流动以冲击到端壁 233 上时冷却端壁 233。此外,冷却剂 54 在其通过逆向流动通道 234 流动时便于外壁 237 的背侧对流冷却。热屏障覆层 118 便于在偏离设计火焰保持事件期间将燃料喷嘴 200 的内表面 165 与在燃料喷嘴 200 内生成的燃烧气体屏蔽开。因此,在这些替代实施例中,在相同操作条件下,减少了在火焰保持/回火事件期间便于减少对燃料喷嘴 200 损坏所需的冷却剂流的量。

[0052] 上文所述的方法和系统便于通过提供具有提高火焰保持/回火特征的燃料喷嘴来改进干式低 NO<sub>x</sub> (DLN) 燃烧系统的操作。因此,本文所述的实施例便于例如在燃气涡轮应用中以更具成本效益的方式在 DLN 燃烧系统中使用反应性更强的燃料,例如合成气体(“合成气”)和具有高百分比高级烃的天然气。上文所述的系统还通过使用带有冷却系统和热屏障覆层的燃料喷嘴来减弱火焰保持/回火事件期间的损坏的方法,冷却系统包括背侧对流冷却、冲击冷却和膜冷却的组合。因此,可延长干式低 NO<sub>x</sub> 燃烧系统的性能寿命,因为减

少了在 DLN 燃烧系统的操作寿命中可能会发生的火焰保持 / 回火事件造成的损害。

[0053] 在上文中详细地描述了对燃烧系统中的燃料喷嘴进行热保护的方法和系统的示例性实施例。该方法和系统并不限于本文所描述的具体实施例,而是可独立地和单独于本文所述的其它构件和 / 或步骤来利用系统构件和 / 或方法步骤。举例而言,该方法也可结合其它燃料燃烧系统和方法使用且并不限于仅利用本文所述的 DLN 燃烧系统和方法来实践。而是,可结合许多其它燃料燃烧应用来实施和利用示例性实施例。

[0054] 尽管本发明各种实施例的具体特点可在某些附图中示出且未在其它附图中示出,这只是为了方便起见。根据本发明的原理,可结合任何其它图的任何特点来参考和 / 或主张附图的任何特点。

[0055] 这些书面描述使用实例来公开本发明,包括最佳实施方式,且也使得本领域技术人员能实践本发明,包括做出和使用任何装置或系统且执行任何合并的方法。本发明的专利保护范围由权利要求书限定且 可包括本领域技术人员想到的其它实例,如果这些其它实例具有与权利要求书的字面语言并无不同的结构元件或者如果它们包括与权利要求书的字面语言并无实质不同的等效结构元件,那么这些其它实例预期在本发明的范围内。

[0056] 部件列表

[0057]

|     |             |
|-----|-------------|
| 10  | 燃气涡轮发动机     |
| 12  | 进口部段        |
| 14  | 压缩机         |
| 16  | 燃烧器部段       |
| 18  | 涡轮部段        |
| 20  | 排气部段        |
| 22  | 负荷          |
| 24  | 燃烧器         |
| 25  | 实施例         |
| 26  | 燃料喷嘴组件      |
| 28  | 燃料喷嘴        |
| 50  | 燃料          |
| 52  | 空气          |
| 54  | 冷却剂         |
| 100 | 燃料喷嘴        |
| 110 | 燃烧器管        |
| 111 | 燃烧器外周边壁     |
| 112 | 中心体         |
| 114 | 燃料 / 空气预混合器 |
| 115 | 空气入口        |
| 116 | 燃料入口        |
| 117 | 叶片通道        |
| 118 | 热屏障覆层       |
| 119 | 内表面         |
| 121 | 预混合通道       |
| 122 | 旋流叶片        |
| 123 | 冷却剂通道       |
| 124 | 中间壁         |
| 125 | 多个喷射端口      |
| 126 | 腔室          |
| 127 | 外表面         |

|     |             |
|-----|-------------|
| 131 | 冷却剂入口       |
| 132 | 燃料通道        |
| 133 | 端壁          |
| 134 | 逆向流动通道      |
| 135 | 多个环形肋       |
| 136 | 内周向壁        |
| 137 | 外周向壁        |
| 138 | 外表面         |
| 139 | 外表面         |
| 142 | 腔室          |
| 143 | 环形腔         |
| 144 | 内燃烧器壁       |
| 145 | 多个孔口        |
| 147 | 外表面         |
| 160 | 尾部          |
| 162 | 前部          |
| 164 | 金属结合覆层      |
| 165 | 陶瓷覆层        |
| 166 | 厚度          |
| 200 | 燃料喷嘴        |
| 212 | 中心体         |
| 214 | 燃料 / 空气预混合器 |
| 215 | 空气入口        |
| 216 | 燃料入口        |
| 217 | 叶片通道        |
| 221 | 预混合通道       |
| 222 | 旋流叶片        |
| 223 | 燃料通道        |
| 224 | 中间壁         |
| 225 | 喷射端口        |
| 226 | 腔室          |
| 231 | 冷却剂入口       |
| 232 | 冷却剂通道       |
| 233 | 端壁          |
| 234 | 逆向流动通道      |
| 235 | 肋           |
| 236 | 内壁          |
| 237 | 径向外壁        |
| 242 | 腔室          |
| 260 | 尾部          |
| 262 | 前部          |

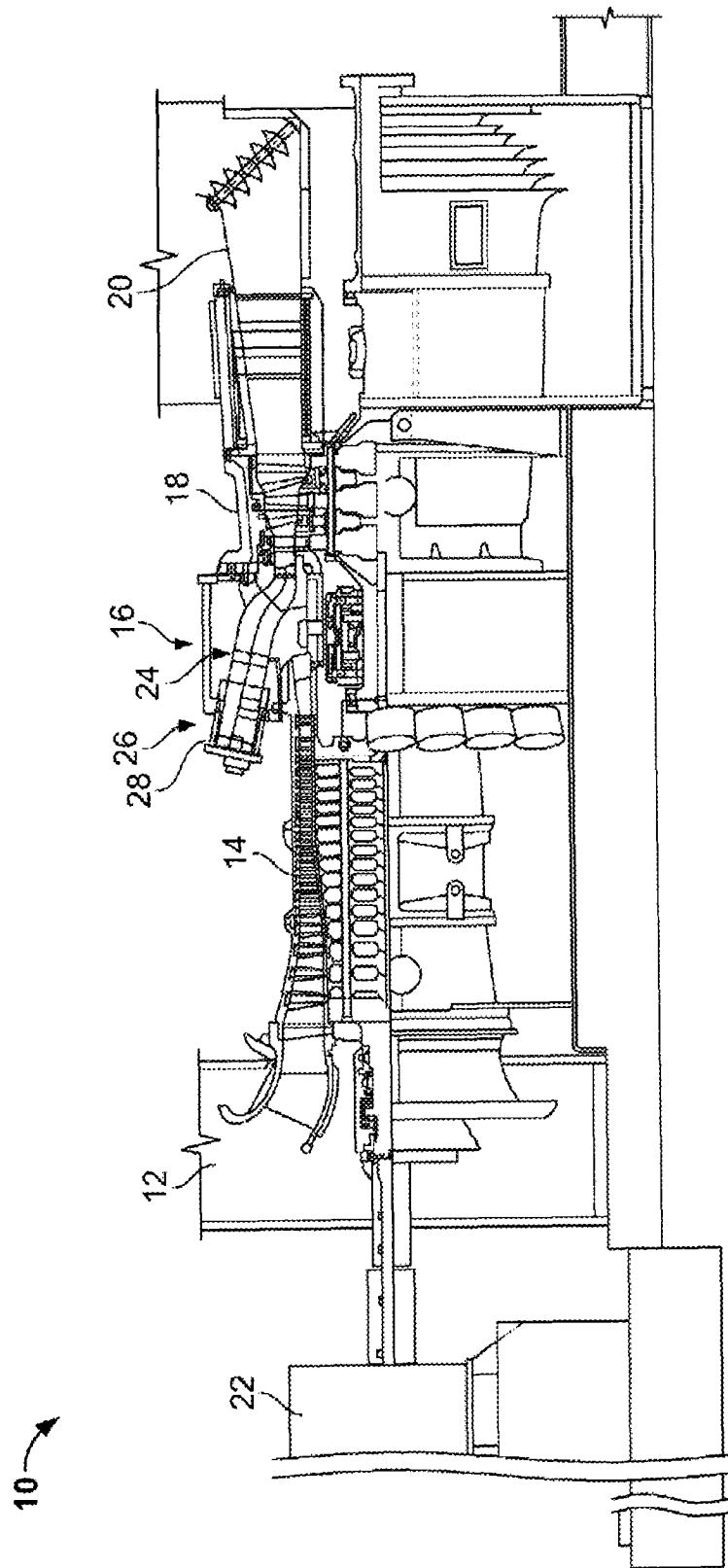


图 1

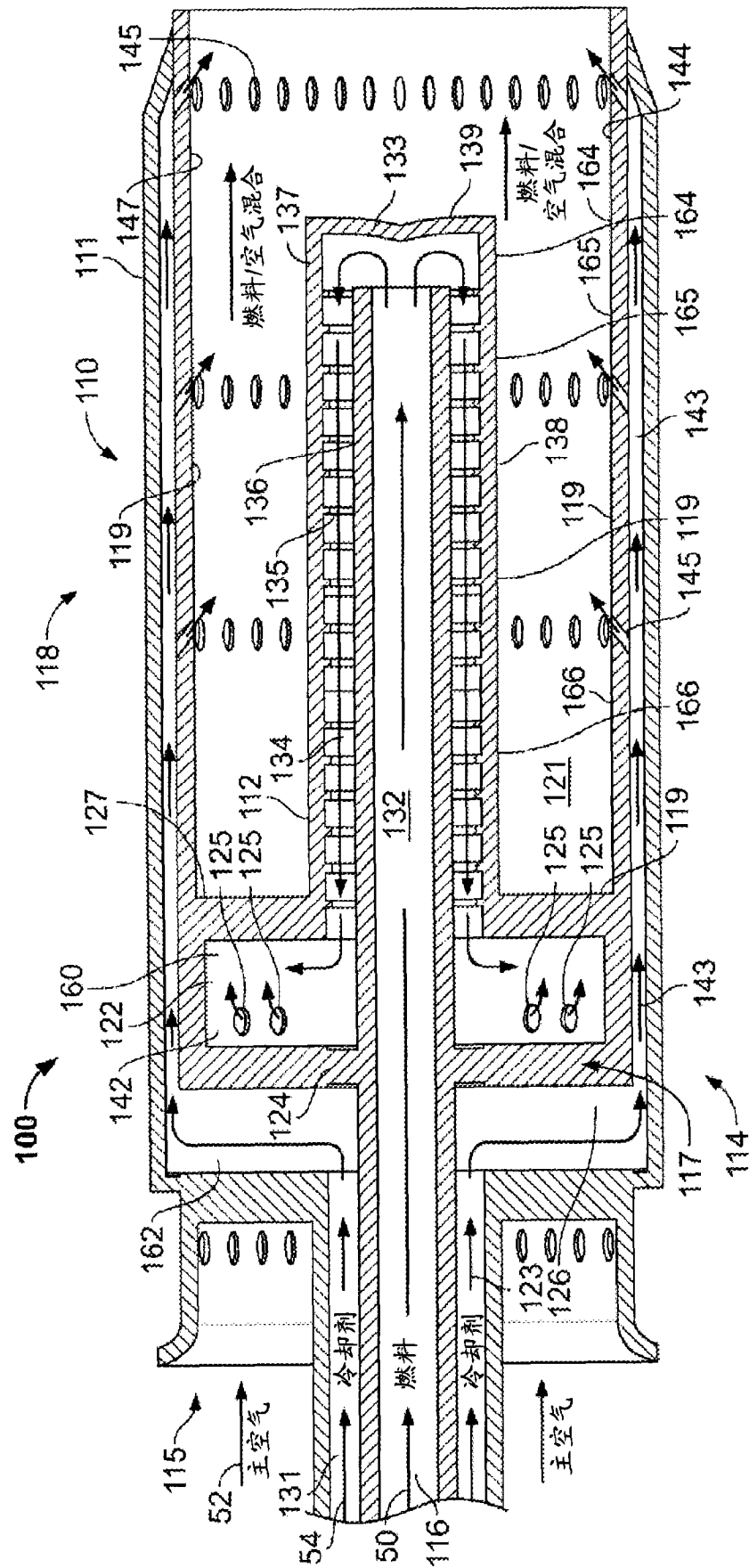


图 2

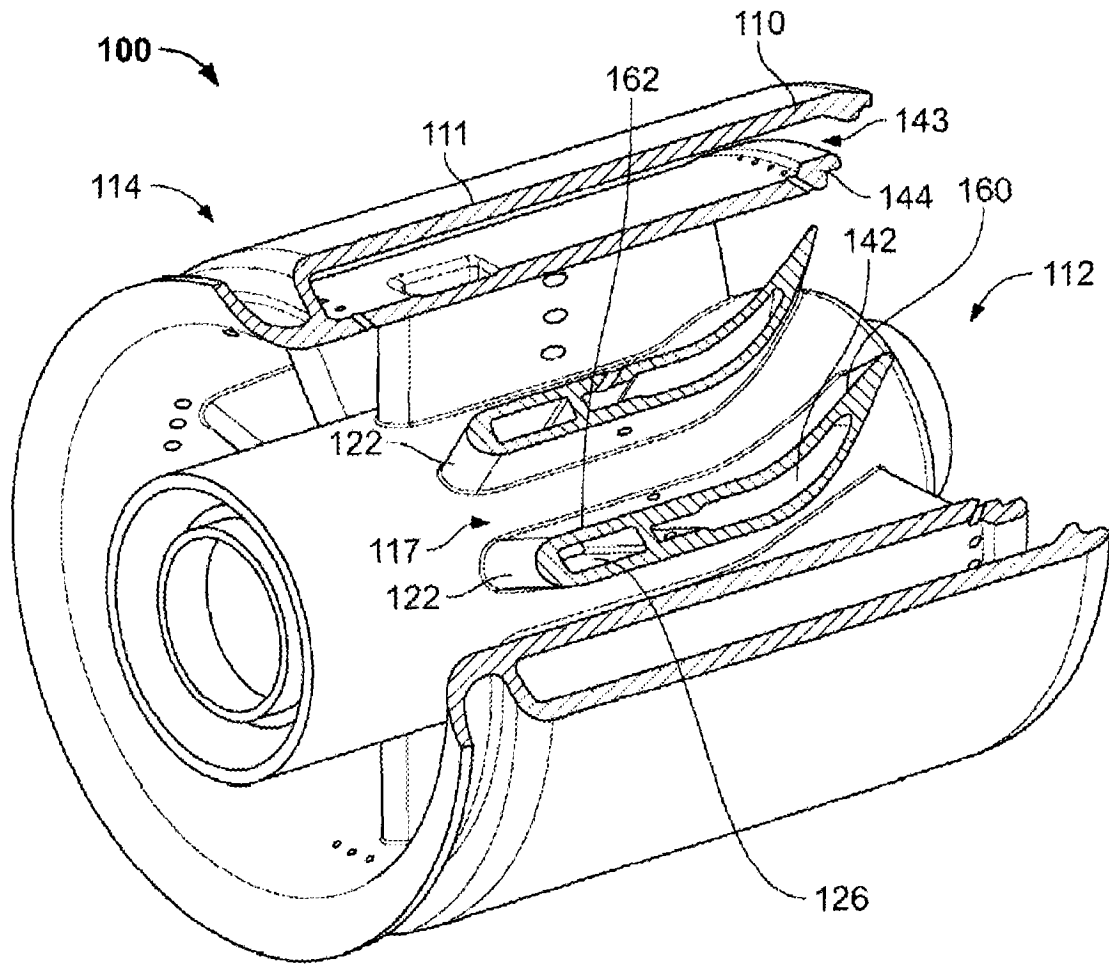


图 3

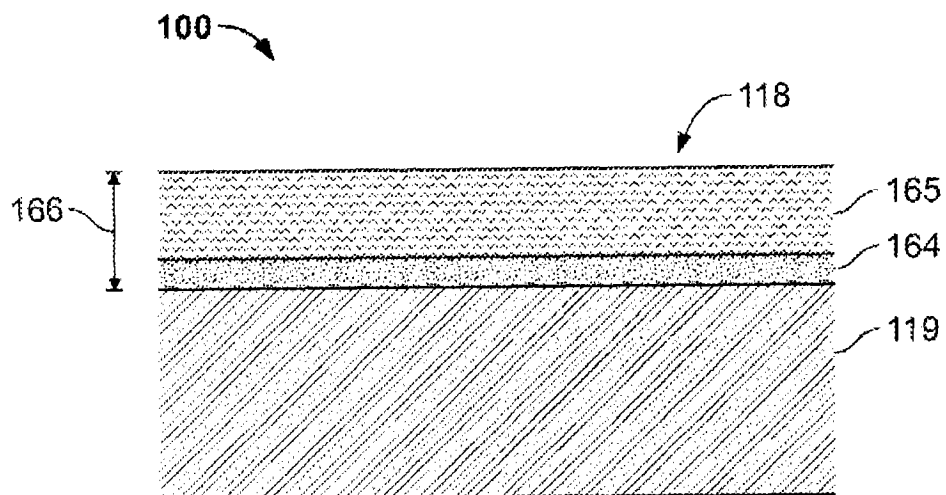


图 4

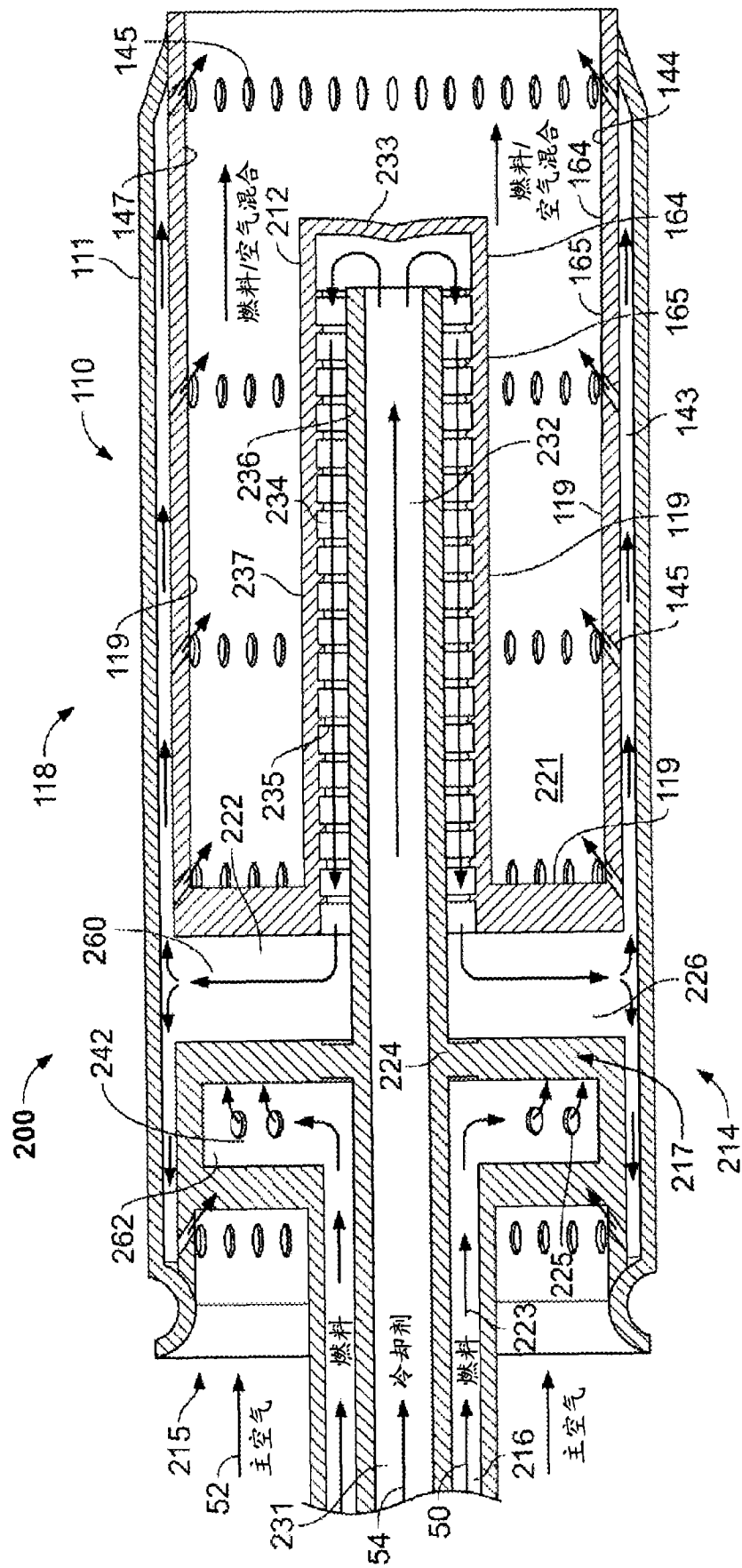


图 5