



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101839152 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201010119102. 7

(22) 申请日 2010. 02. 03

(30) 优先权数据

12/367277 2009. 02. 06 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 P·L·安德鲁

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 严志军 刘华联

(51) Int. Cl.

F01D 9/00(2006. 01)

F01D 9/02(2006. 01)

F01D 17/14(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5911679 A, 1999. 06. 15,

US 6325593 B1, 2001. 12. 04,

US 5931636 A, 1999. 08. 03,

US 2004/0047726 A1, 2004. 03. 11,

CN 1427085 A, 2003. 07. 02,

CN 101029581 A, 2007. 09. 05,

审查员 陈力涛

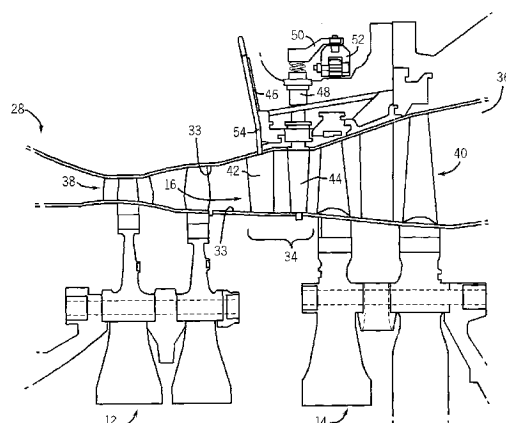
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

陶瓷基复合材料涡轮发动机及其喷嘴组件

(57) 摘要

本发明涉及一种陶瓷基复合材料涡轮发动机。在一个实施例中,提供了一种用于涡轮发动机(10)的过渡部分(16),其包括由陶瓷基复合材料构成的一个或多个构件。过渡部分(16)可以以流体的方式连接燃气轮机发动机(10)内的高压涡轮(12)和低压涡轮(14)。过渡部分(16)可包括过渡导管(33)和可变截面涡轮喷嘴(44)。过渡导管(33)和可变截面涡轮喷嘴(44)其中之一或两者可由陶瓷基复合材料构成。



1. 一种涡轮发动机 (10), 包括:

高压涡轮 (12);

低压涡轮 (14);

构造成以便将流体从所述高压涡轮 (12) 引导到所述低压涡轮 (14) 的过渡部分 (16), 其中, 所述过渡部分 (16) 的至少一个构件包括陶瓷基复合材料;

可变截面涡轮喷嘴, 所述可变截面涡轮喷嘴包括:

可变翼型件, 所述可变翼型件设置在第一内表面和第一外表面之间, 所述可变翼型件由陶瓷基复合材料构成,

固定翼型件, 所述固定翼型件设置在第二内表面和第二外表面之间, 所述固定翼型件由陶瓷基复合材料构成, 以及

构造成以便将所述可变翼型件可旋转地安装在涡轮发动机中的至少一个耳轴, 所述至少一个耳轴具有接收从压缩机中放出的空气的入口端口和进入所述可变翼型件的流动通道。

2. 根据权利要求 1 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述陶瓷基复合材料包括碳化硅纤维-碳化硅基体。

3. 根据权利要求 1 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述陶瓷基复合材料包括非氧化物陶瓷基体、氧化物陶瓷基体, 或者它们的组合。

4. 根据权利要求 1 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述过渡部分 (16) 包括:

构造成以便以流体的方式连接所述高压涡轮 (12) 和所述低压涡轮 (14) 的过渡导管; 以及

环形地设置在所述过渡导管内的至少一个可变截面涡轮喷嘴。

5. 根据权利要求 4 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述至少一个构件包括所述过渡导管、所述至少一个可变截面涡轮喷嘴, 或者两者。

6. 根据权利要求 4 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述至少一个构件包括所述至少一个可变截面涡轮喷嘴的翼型件 (76)。

7. 根据权利要求 1 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 所述涡轮发动机 (10) 包括: 压缩机 (20); 以及

构造成以便将冷却流体流从所述压缩机引导到所述过渡部分的通路。

8. 根据权利要求 7 所述的涡轮发动机 (10), 其特征在于, 由陶瓷基复合材料构成的所述至少一个构件有利于减少所述冷却流体 (66) 流。

9. 一种可变截面涡轮喷嘴组件 (34), 包括:

由陶瓷基复合材料构成的至少一个可变翼型件, 所述可变翼型件设置在第一内表面和第一外表面之间;

由陶瓷基复合材料构成的至少一个固定翼型件, 所述固定翼型件设置在第二内表面和第二外表面之间; 以及

构造成以便将所述至少一个可变翼型件可旋转地安装在燃气轮机发动机 (10) 中的至少一个耳轴 (48), 所述至少一个耳轴具有接收从压缩机中放出的空气的入口端口和进入所述可变翼型件的流动通道。

10. 根据权利要求 9 所述的可变截面涡轮喷嘴组件 (34), 其特征在于, 所述可变截面涡

轮喷嘴组件 (34) 包括设置在高压涡轮 (12) 和低压涡轮 (14) 之间的过渡导管, 并且其中, 所述至少一个可变翼型件设置在所述过渡导管中。

陶瓷基复合材料涡轮发动机及其喷嘴组件

技术领域

[0001] 本文公开的主题涉及燃气轮机,且更特别地讲,涉及燃气轮机内的可变截面涡轮喷嘴和过渡导管。

背景技术

[0002] 大体上,燃气轮机燃烧压缩空气和燃料的混合物来产生热的燃烧气体。燃烧气体可流过一个或多个涡轮构件,以产生用于负载和/或压缩机的动力。双轴燃气轮机可包括驱动压缩机的高压涡轮和驱动诸如鼓风机或发电机的负载的低压涡轮。燃烧气体可通过过渡导管从高压涡轮流到低压涡轮的可变截面涡轮喷嘴。由于燃烧气体的高温,过渡导管和涡轮喷嘴可能需要设计成耐高温。第一级低压涡轮喷嘴可能需要设计成以便提供作为空气动力学负载的函数而可变的流动面积。

发明内容

[0003] 下面概括了在范围方面与最初要求保护的本发明相当的某些实施例。这些实施例不意图限制要求保护的本发明的范围,而是相反,这些实施例仅意图提供本发明的可行形式的简要概述。实际上,本发明可包括可能类似于或不同于以下阐述的实施例的多种形式。

[0004] 在一个实施例中,涡轮发动机包括高压涡轮、低压涡轮,以及构造成以便将流体从高压涡轮引导到低压涡轮的过渡部分。过渡部分的至少一个构件由陶瓷基复合材料构成。

[0005] 在另一个实施例中,可变截面涡轮喷嘴组件包括由陶瓷基复合材料构成的至少一个可变翼型件,以及构造成以便将该至少一个可变翼型件可旋转地安装在燃气轮机发动机中的至少一个耳轴(trunion)。

[0006] 在又一个实施例中,过渡导管包括以流体的方式将高压涡轮连接到低压涡轮上的陶瓷基复合材料壳体。

[0007] 在又一个实施例中,燃气轮机发动机包括高压涡轮、低压涡轮、构造成以便将燃烧气体引导到高压涡轮或低压涡轮中的可变截面涡轮喷嘴,以及构造成以便以流体的方式连接高压涡轮和低压涡轮的过渡导管。过渡导管、可变截面涡轮喷嘴或者它们的组合是由陶瓷基复合材料构成的。

附图说明

[0008] 当参照附图阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,在附图中,相同字符在所有图中表示相同部件,其中:

[0009] 图1是具有由陶瓷基复合材料构成的过渡导管和可变截面涡轮喷嘴的燃气轮机发动机的一个实施例的示意性流程图;

[0010] 图2是通过纵向轴线截取的图1的燃气轮机发动机的截面图;

[0011] 图3是描绘了过渡部分的图2的燃气轮机发动机的一部分的详细视图;

[0012] 图4是由陶瓷基复合材料构成的可变截面涡轮喷嘴组件的一个实施例的一部分

的透视图；

[0013] 图 5 是图 4 所示的可变截面涡轮喷嘴中的一个的透视图；

[0014] 图 6 是具有简化的冷却通道的可变截面涡轮喷嘴的另一个实施例的透视图；

[0015] 图 7 是没有冷却通道的可变截面涡轮喷嘴的另一个实施例的透视图；

[0016] 图 8 是通过纵向轴线截取的可变截面涡轮喷嘴的一个实施例的截面图；以及

[0017] 图 9 是通过纵向轴线截取以描绘缩减了冷却通道的可变截面涡轮喷嘴的另一个实施例的截面图。

具体实施方式

[0018] 下面将对本发明的一个或多个具体实施例进行描述。为了提供对这些实施例的简明描述,可能不会在说明书中描述实际实现的所有特征。应当理解,在例如在任何工程或设计项目中开发任何这种实际实现时,必须作出许多关于实现特定的决定,以实现开发人员的具体目标,例如符合与系统有关及与商业有关的约束,开发人员的具体目标可根据不同的实现而彼此有所改变。而且,应当理解,这种开发工作可能是复杂和耗时的,但尽管如此,对具有本公开的益处的普通技术人员来说,这种开发工作将是设计、生产和制造的例行任务。

[0019] 当介绍本发明的各实施例的元件时,冠词“一个”、“一种”、“该”和“所述”意图表示存在一个或多个该元件。用语“包括”、“包含”和“具有”意图为包括性的,且其表示除了列出的元件之外可存在另外的元件。

[0020] 本公开涉及将陶瓷基复合材料(CMC)结合到涡轮喷嘴和/或过渡导管中的燃气轮机。根据某些实施例,燃气轮机可包括由过渡导管以流体的方式连接的高压涡轮和低压涡轮,过渡导管将燃烧气体从高压涡轮引导到低压涡轮。燃烧气体在离开过渡导管之后可穿过可变截面涡轮喷嘴(VATN),以优化涡轮的局部负载性能。VATN可调节成以便作为低压涡轮负载的函数来改变燃气轮机发动机内的燃烧气体的流速和角度。由于燃烧气体的高温(超过约650°C),过渡导管和VATN可设计成耐高温。可使用从压缩机中放出的压缩空气的一部分来冷却过渡导管和VATN,特别是由金属超合金构成的那些过渡导管和VATN。但是,从压缩机中放出的空气不一定用于产生功率,这会相应地降低燃气轮机发动机的整体效率和输出。另外,过渡导管和/或VATN可具有复杂的几何结构和密封要求,这又可能会提高冷却设计的成本。此外,在以传统的方式冷却的金属VATN中,对可变截面的需要会为压缩机空气流的额外寄生泄漏提供机会。

[0021] 因此,本公开描述了包括可降低或消除燃气轮机发动机内的冷却要求的、由CMC构成的VATN和过渡导管的燃气轮机。降低的冷却要求可允许使用更多的压缩空气来产生功率,从而提高燃气轮机的运行效率和输出。另外,降低的冷却要求可使得能够简化冷却设计和密封,这又会降低成本,且有利于制造。此外,由CMC构成的VATN可提供降低的不慎寄生泄漏损失。

[0022] 图1是包括高压涡轮12和低压涡轮14的示例性燃气轮机发动机10的示意性流程图。在某些实施例中,可在航空器、水运工具、机车、发电系统、机械驱动器、产油平台、管道压缩机或者它们的组合内采用燃气轮机发动机10。如以下所论述的,燃气轮机发动机10的一个或多个构件可包含可提供较高温度性能的CMC或者可由该CMC构成,从而降低燃气

轮机发动机 10 的冷却要求。如本文所用,短语“由 CMC 构成”和“由 CMC 组成”将表示基本由 CMC 构成的构件。更具体地,CMC 构件应包括比仅仅是一层 CMC 材料涂层更多的 CMC 材料。例如,由 CMC 构成的构件可基本或全部由 CMC 材料组成或构成,包括大于约 50%、60%、70%、80%、90% 或 100% 的 CMC 材料。

[0023] 来自高压涡轮 12 的燃烧气体可流过过渡部分 16,且继续在低压涡轮 14 中膨胀。涡轮 12 和 14 可轴向地移置,且可成流体动力连通,但可以机械的方式断开,以允许通过同心轴以不同速度旋转。特别地,高压涡轮 12 可使轴 18 旋转,以驱动压缩机 20。低压涡轮 14 可使轴 22 旋转,以驱动负载 24。负载 24 可包括发电机、推进器、变速器、驱动系统,例如负载压缩机,或者它们的组合。在某些实施例中,负载 24 可包括将空气引导到燃气轮机发动机 10 周围以提高整体的发动机推力的鼓风机,例如带护罩的推进器。

[0024] 如由箭头所示,空气可通过进气部分 26 进入燃气轮机发动机 10,并且流入压缩机 20 中,压缩机 20 在空气进入燃烧室部分 28 中之前压缩空气。燃烧室部分 28 包括围绕轴 18 和 22 同心地设置且位于压缩机 20 和高压涡轮 12 之间的燃烧室壳体 30。来自压缩机 20 的压缩空气进入燃烧室 32,其中压缩空气可在燃烧室 32 内与燃料混合,且与燃料一起燃烧,以驱动涡轮 12 和 14。

[0025] 热的燃烧气体从燃烧室部分 28 流过高压涡轮 12,从而通过轴 18 驱动压缩机 20。然后热的燃烧气体可流过过渡部分 16,且流入低压涡轮 14 中,从而通过轴 22 驱动负载 24。如上所述,高压涡轮 12 和低压涡轮 14 可独立于彼此旋转。因此,过渡部分 16 可包括用于容纳燃烧气体的过渡导管 33,以及用于使高压涡轮 12 和低压涡轮 14 同步的 VATN 组件 34。如下面进一步描述的,VATN 组件 34 包括以围绕轴 22 的环形构造设置在多个径向位置处的多个 VATN。各个 VATN 可沿其纵向轴线可调,以改变进入低压涡轮 14 的燃烧气体的迎角。另外,各个 VATN 可旋转,以调整燃烧气体流量。VATN 组件 34 可包括可变截面涡轮喷嘴或者面积固定的涡轮喷嘴与可变截面涡轮喷嘴的组合。热的燃烧气体在流过 VATN 组件 34 和低压涡轮 14 之后,可通过排气部分 36 离开燃气轮机发动机 10。

[0026] 如上所述,燃气轮机发动机 10 的各种构件均暴露于流过燃气轮机发动机 10 的热的燃烧气体。特别地,过渡导管 33 和 VATN 组件 34 可暴露于从高压涡轮 12 流向低压涡轮 14 的热的燃烧气体。在一些实施例中,内部温度可达到 650℃ 或更高,这可能会使构件易受蠕变、腐蚀和 / 或高循环或低循环疲劳的影响。因此,某些构件,例如过渡导管 33 和 VATN 组件 34,可完全或部分由 CMC 构成,以提供较高的温度性能。在某些实施例中,较高的温度性能可允许有可降低制造成本和密封设计要求的简化的冷却设计,以及 / 或者允许减少冷却空气流,这又可提高燃气轮机发动机 10 的效率和输出。较高的温度性能还可允许降低一氧化氮和二氧化氮(总称为 NOx)以及二氧化碳的排放。

[0027] 图 2 是沿纵向轴线得到的图 1 的燃气轮机发动机 10 的一个实施例的侧视图。如以上关于图 1 所描述,燃气轮机发动机 10 包括高压涡轮 12 和低压涡轮 14。空气可通过空气进气部分 26 进入,且可由压缩机 20 压缩。然后来自压缩机 20 的压缩空气可被引导到燃烧室部分 28 中,其中压缩空气可与燃气或蒸馏物、液体燃料混合。压缩空气和燃料的混合物大体在燃烧室部分 28 内燃烧,以产生高温高压燃烧气体,可使用该高温高压燃烧气体在涡轮 12 和 14 内产生扭矩。燃烧气体在流过涡轮 12 和 14 之后,可作为废气通过排气部分 36 离开燃气轮机发动机 10。如以上关于图 1 所描述,涡轮 12 和 14 的轴可能不以机械的

方式连接,以允许涡轮 12 和 14 以不同的速度旋转。

[0028] 图 3 是图 2 所示的过渡部分 16 和涡轮 12 和 14 的详细截面图。高压涡轮 12 包括可接收来自燃烧室部分 28 的热的燃烧气体的轮叶部分 38。热的燃烧气体可流过轮叶部分 38 进入过渡导管 33 中。在过渡导管 33 内,燃烧气体可流过 VATN 组件 34,且进入低压涡轮 14 的轮叶部分 40。然后热的燃烧气体可通过排气部分 36 离开。如上所述,过渡导管 33 可大体包括壳体结构,该壳体结构以流体动力的方式将高压涡轮 12 联接到低压涡轮 14 上,且提供用于燃烧气体在涡轮 12 和 14 之间流动的导管。过渡导管 33 可由 CMC、高温金属合金或其它适当的材料构成。

[0029] VATN 组件 34 包括固定翼型件 42 和可变翼型件 44。翼型件 42 和 44 可各表示径向地设置在过渡导管 16 内以将燃烧气体从过渡导管引导到低压涡轮 14 的轮叶部分 40 中的多个翼型件。固定翼型件 42 可保持在固定位置上,而可变翼型件 44 可沿它们的纵向轴线旋转。耳轴 46 和 48 可分别联接到翼型件 42 和 44 上,以支承翼型件 42 和 44。耳轴 48 还可联接到驱动杆 50 上,可促动该驱动杆 50,以使翼型件沿它们的纵向轴线旋转,以改变流过过渡导管 33 进入轮叶部分 40 中的燃烧气体的迎角。杆 50 还可联接到同步环 52 上,同步环 52 可使可变翼型件 44 的运动同步。

[0030] 在某些实施例中,翼型件 42 和 44 可包括用于接收冷却流体(诸如空气或蒸汽)的内部通路。例如,翼型件 42 和 44 可接收从压缩机 20(图 2)中放出的压缩空气的一部分。冷却流体可通过耳轴 46 内的流动通道 54 进入翼型件 42 和 44。例如,耳轴 46 内的流动通道 54 可以以流体的方式联接到供应从压缩机中放出的空气的歧管上。冷却流体可流过流动通道 54,且流入单独的翼型件 42 和 / 或 44 内的冷却通道中。在某些实施例中,流动通道 54 还可将空气供应到过渡导管 33。

[0031] 图 4 是 VATN 组件 34 的透视图。为了清楚,去掉了耳轴 46。固定翼型件 42 设置在表面 56 和 58 之间,而可变翼型件 44 则设置在表面 60 和 62 之间。表面 56、68、60 和 62 可共同形成过渡导管 33(图 3)。但是,在其它实施例中,可沿着表面 56、58、60 和 62 设置有另外的结构,以形成过渡导管 33。如上所述,来自压缩机的冷却空气可通过流动通道 54 进入固定翼型件 42。在某些实施例中,可提供导管或歧管,以将空气从流动通道 54 引导到可变翼型件 44 的耳轴 48 内的冷却通道。但是,在其它实施例中,耳轴 48 可包括用于将冷却流体提供给可变翼型件 44 的通路。

[0032] 为了阻止冷却空气流入包含热的燃烧气体的过渡导管容积中,可在流动通道 54 周围提供密封件。也可在构造成以便将冷却流体提供给翼型件 44 的冷却通道和导管周围提供密封件,以及在支承翼型件 44 的表面 60 和 62 周围提供密封件。例如,迷宫式和 / 或浮动式密封件可设置在表面 60 和 62 周围,以阻止冷却流体输送进入流经翼型件 42 和 44 的热的燃烧气体中。密封件可设计成当翼型件 44 沿它们的纵向轴线在表面 60 和 62 之间旋转时阻止冷却流体流入过渡导管 33 中。

[0033] 如上所述,翼型件 42 和 44 可由 CMC 构成,CMC 可提供较高的热性能。过渡导管 33(图 3)的构件也可由 CMC 构成。用于过渡导管 33 和翼型件 42 和 44 的 CMC 材料可包括任何适当类型的纤维增强的陶瓷材料。例如,CMC 材料可包括纤维增强的非氧化物陶瓷,例如碳化硅、氮化硅、碳化硼和氮化铝。CMC 材料也可包括纤维增强的氧化物基陶瓷,例如氧化铝、硅石、莫来石、铝硅酸钡、铝硅酸锂或铝硅酸钙。另外,CMC 材料可包括氧化物陶瓷和非

氧化物陶瓷的组合,以及其它适当的 CMC 材料。例如,氧化物陶瓷可用于某些构件,而非氧化物陶瓷则用于其它构件。CMC 材料可包括任何适当类型的氧化物或非氧化物增强纤维,例如碳化硅、碳、玻璃、莫来石和铝。

[0034] 如上所述,CMC 材料可提供较高的热性能,从而提高燃气轮机发动机的效率。例如,在某些实施例中,碳化硅—碳化硅 CMC 构件可能能够经受从约 1204℃ 至约 1316℃ 的温度。在另一个实例中,碳纤维—碳化硅基 CMC 构件可能能够经受从约 1538℃ 至约 2482℃ 的温度。在某些实施例中,使用 CMC 可有利于减小翼型件内的冷却流体流。CMC 还可简化在 VATN 组件 34 内使用的密封件的设计,且可简化冷却通路的几何结构。当然,翼型件的其它构件,例如耳轴、同步环以及杆,也可由 CMC 构成,以提供额外的热冷却益处。

[0035] 图 5 是图 4 所示的可变翼型件 44 其中一个翼型件的透视图。翼型件 44 包括蜿蜒的冷却通道 64。VATN 组件 34 可通过设置在翼型件 44 的耳轴 48 上的入口端口 68 接收冷却流体(箭头 66),例如从压缩机中放出的空气。冷却流体 66 可流过耳轴流动通道 54,并且进入蜿蜒的冷却通道 64,其中冷却流体可流过翼型件 44 的内部,以冷却翼型件。冷却流体可通过出口端口 70 离开翼型件 44。当然,冷却通道 64 仅以实例的方式显示,且不意图为限制性的。可提供许多其它冷却通道构造和/或几何结构。例如,可改变出口端口的数量,且翼型件可包括多个单独的冷却通道和/或成角度的通道。此外,翼型件可包括用于对翼型件的内部进行对流冷却的冷却通道,以及用于对翼型件的内表面进行冲击冷却的内部冲击孔。另外,薄膜冷却孔可延伸通过翼型件侧壁,以提供对外部翼型件表面的薄膜冷却。

[0036] 如上所述,翼型件 44 可由 CMC 材料构成,以减少冷却通道 64 内的冷却流。CMC 材料还可有利于使用简化的密封件,以阻止冷却流体流入过渡导管 33(图 3)中。例如,可在表面 60 和 72 之间提供密封件,以阻止冷却流体在翼型件 44 旋转期间的输送。还可沿着翼型件 44 的底面 70 提供密封件。在某些实施例中,翼型件 44 的 CMC 材料可简化迷宫式密封件和/或浮动式密封件以及其它适当的密封件类型的几何结构。

[0037] 图 6 是翼型件 76 的一个备选实施例,其显示了可提供给由 CMC 材料构成的翼型件 76 的简化的冷却通道 78。如上所述,CMC 材料可提供提高的热性能,从而允许除减少冷却流体 66 流之外来使用简化的冷却通道,或者使用简化的冷却通道而非减少冷却流体 66 流。冷却通道 78 包括可简化翼型件 76 的制造的相对直线式的几何结构。冷却流体 66 可通过入口 68 进入翼型件 76,流过耳轴流动通道 54,且通过流过冷却通道 78 来冷却翼型件。冷却流体 66 可通过出口端口 70 离开。在某些实施例中,使用 CMC 材料可使出口端口的数量减少 10% -100%,以及其间的所有子范围。更具体地,出口端口的数量可减少大于 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 或 90%。进一步更具体地,使用 CMC 材料可使出口端口的数量减少 80% -90%。另外,在某些实施例中,CMC 材料可允许冷却通道的容积减小 10% -100%,以及其间的所有子范围。例如,CMC 可允许冷却通道的容积减小大于 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 或 90%。更具体地,冷却通道的容积可减小 50% -90%,或者进一步更具体地减小 80% -90%。

[0038] 图 7 示出了其中不包括冷却通道的、由 CMC 材料构成的 VATN 翼型件 79 的另一个实施例。使用 CMC 材料可消除对冷却通道的需要,因为提高了 CMC 翼型件 79 的热性能。消除冷却通道还可消除对翼型件 79 周围的密封件的需要,且可消除从压缩机提供冷却流体的需要,这又可提高燃气轮机发动机的效率。

[0039] 图 8 是 VATN 翼型件 80 的另一个实施例的剖面截面图。燃烧气体（箭头 82）可流经翼型件 80。当热的燃烧气体 82 在翼型件上流动时，气体可加热翼型件。翼型件 80 可由冷却流体 66 冷却，冷却流体 66 可流过耳轴流动通道 54 而进入设置在翼型件 80 的内部容积内的冷却流动通道 84、86 和 88 中。显示了成大体蜿蜒构造的流动通道，其包括用于将冷却流体提供到具有大体较厚的截面的翼型件部分的流动通道 84。流动通道 86 可冷却翼型件的中心部分，且流动通道 88 可对具有大体较薄的截面的翼型件部分提供冷却。当然，流动通道 84、86 和 88 是作为实例提供的，且不意图为限制性的。例如，可改变翼型件内的冷却通道的数量和几何结构。几个出口端口 70 可允许冷却流体 66 通过翼型件 80 的外表面离开，以为外部翼型件表面提供薄膜冷却。翼型件 80 可由 CMC 材料构成，从而允许减少冷却流体 66 流。

[0040] 除了减少冷却流之外，或者代替减少冷却流，CMC 材料可有利于减少出口端口 70 的数量。图 9 描绘了包括比图 8 所示的少大约 80% 的出口端口 70 的 VATN 翼型件 90 的一个备选实施例。如上所述，因为使用 CMC 材料来构成翼型件，所以减少出口端口的数量可以是可行的。另外，使用 CMC 材料来构成翼型件可有利于出口端口减少其它百分比。例如，使用 CMC 材料可有利于出口端口减少约 10% -100%，以及其间的所有子范围。更具体地，使用 CMC 材料可有利于出口端口减少大于 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 或 90%。当然，翼型件的其它构件，例如耳轴、同步环以及杆，也可由 CMC 材料构成，以提供额外的冷却益处。

[0041] CMC VATN 和过渡导管可应用于多种类型的燃气轮机发动机中。但是，CMC 材料特别适用于采用升高的入口燃烧气体温度以便提高运行效率的燃气轮机发动机。CMC 材料还可适用于采用可能会使得难以结合冷却通道的复杂翼型件和 / 或过渡导管几何结构的燃气轮机发动机。另外，可使用 CMC 材料来构成用于各种类型的 VATN 组件中的翼型件。例如，VATN 组件可包括具有固定构件和可变构件的双段翼型件。VATN 组件还可包括固定翼型件、可变翼型件，或者它们的组合。

[0042] 本书面描述使用实例来公开本发明，包括最佳模式，且还使本领域技术人员能够实践本发明，包括制造和使用任何装置或系统，以及执行任何结合的方法。本发明的可授予专利的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。如果这样的其它实例具有无异于权利要求书的字面语言的结构元素，或者如果它们包括与权利要求书的字面语言具有非实质性差异的等效结构元素，则这样的其它实例意图处于权利要求书的范围之内。

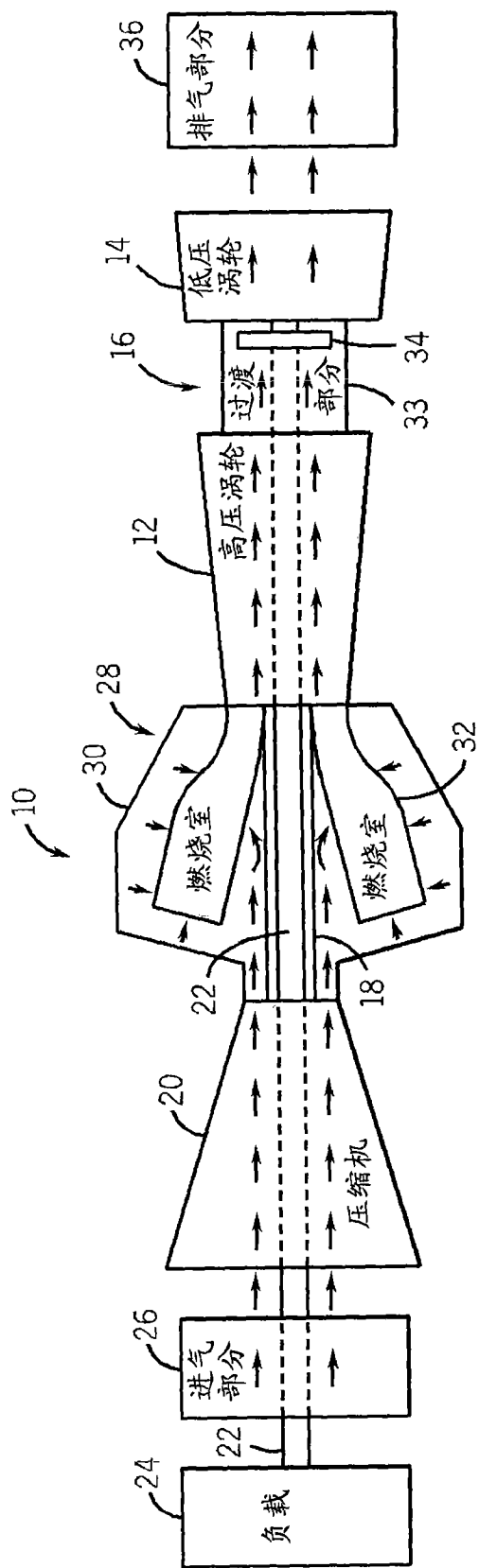


图 1

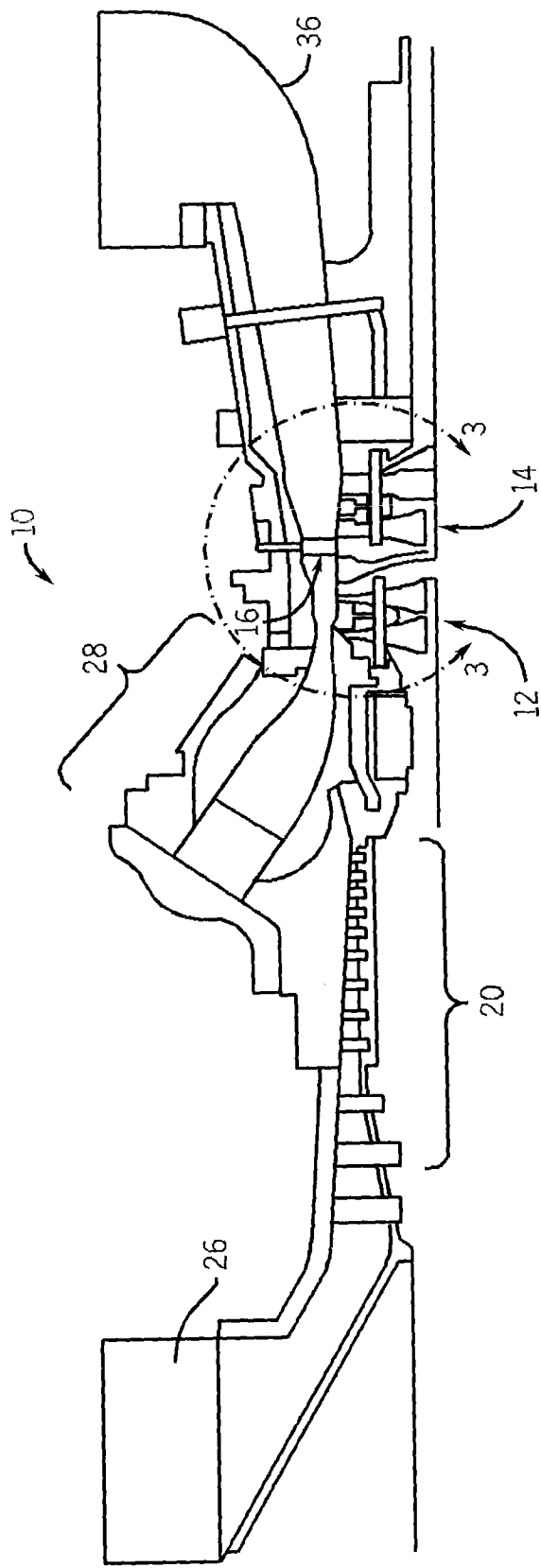


图 2

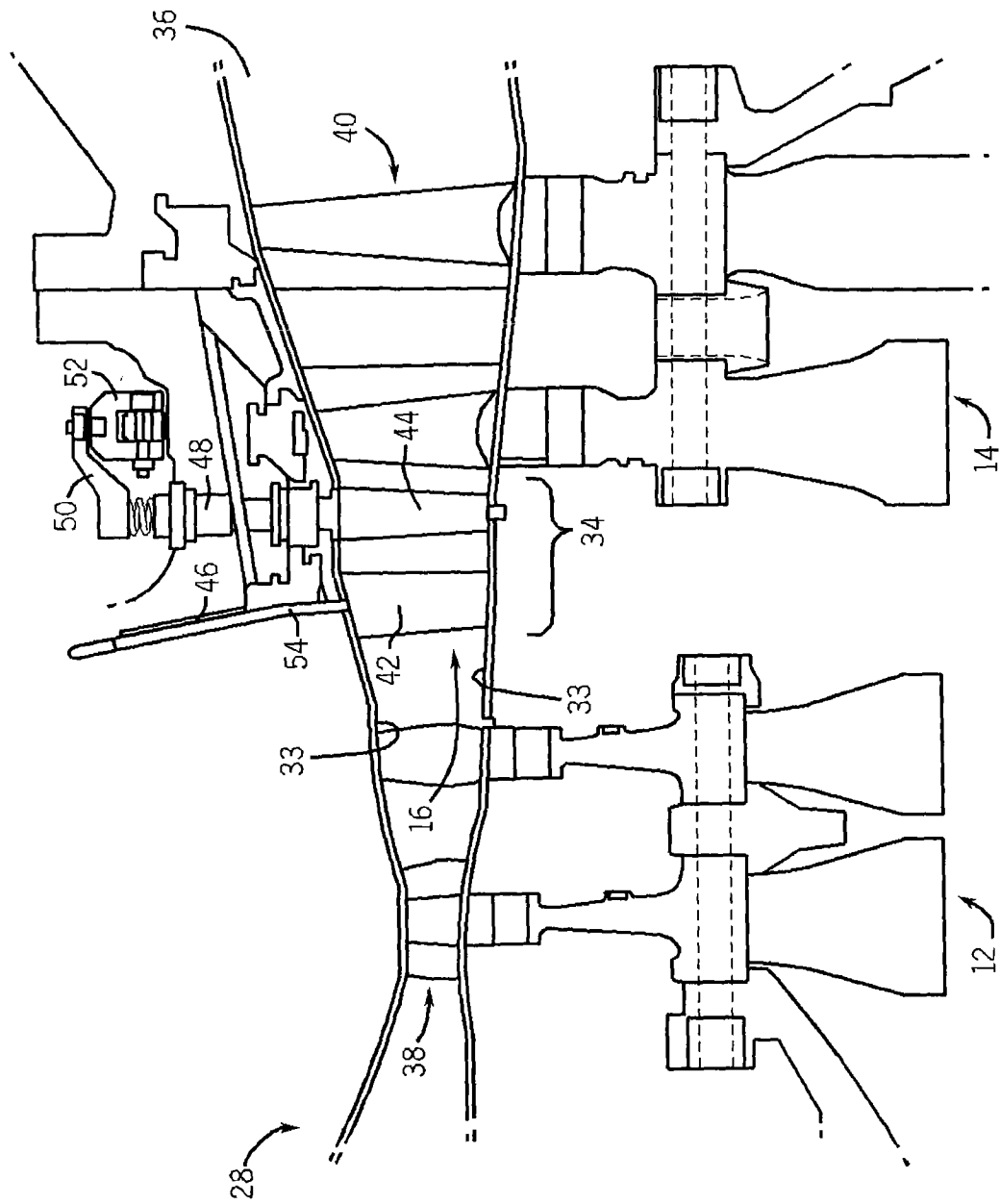


图 3

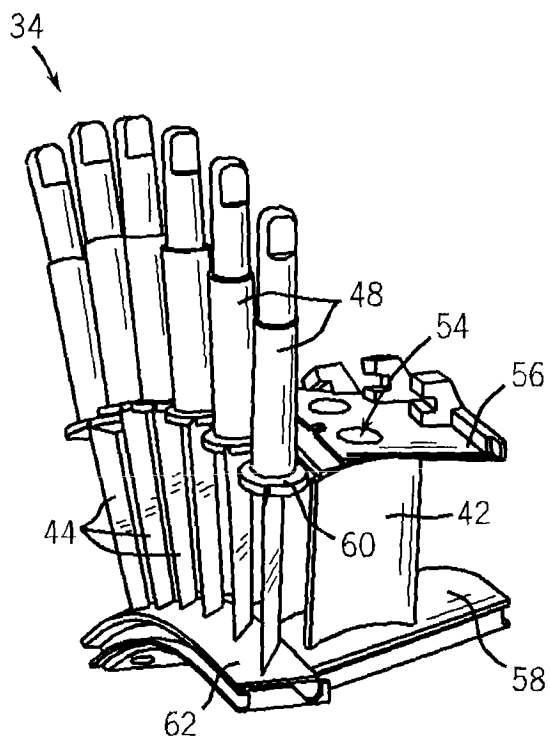


图 4

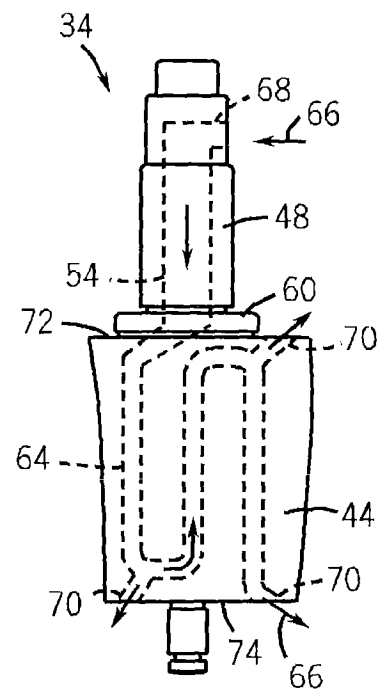


图 5

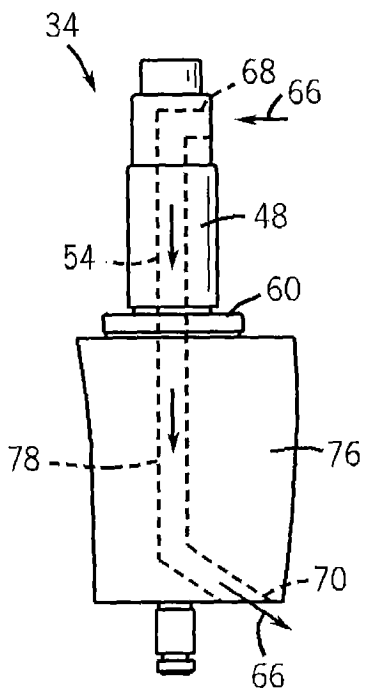


图 6

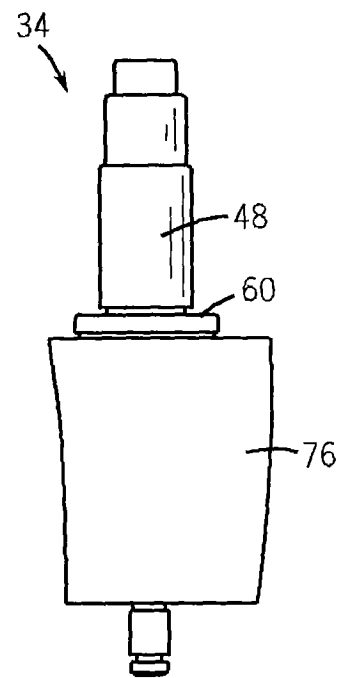


图 7

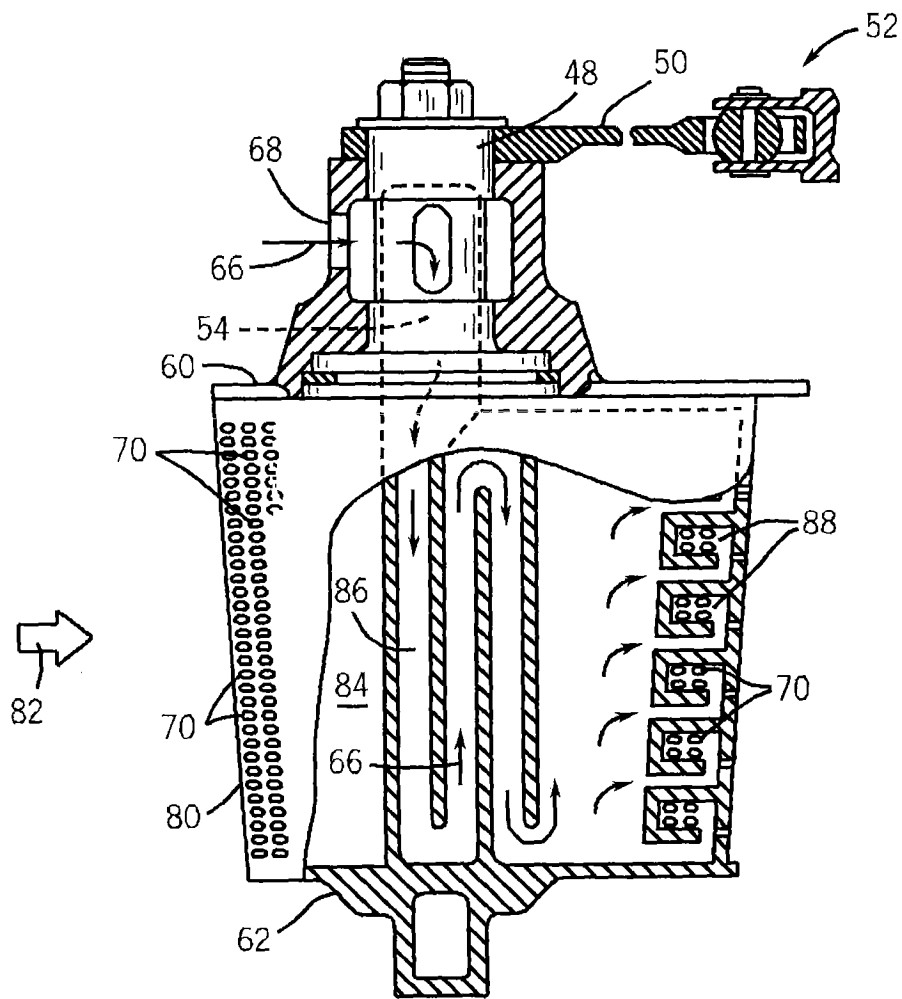


图 8

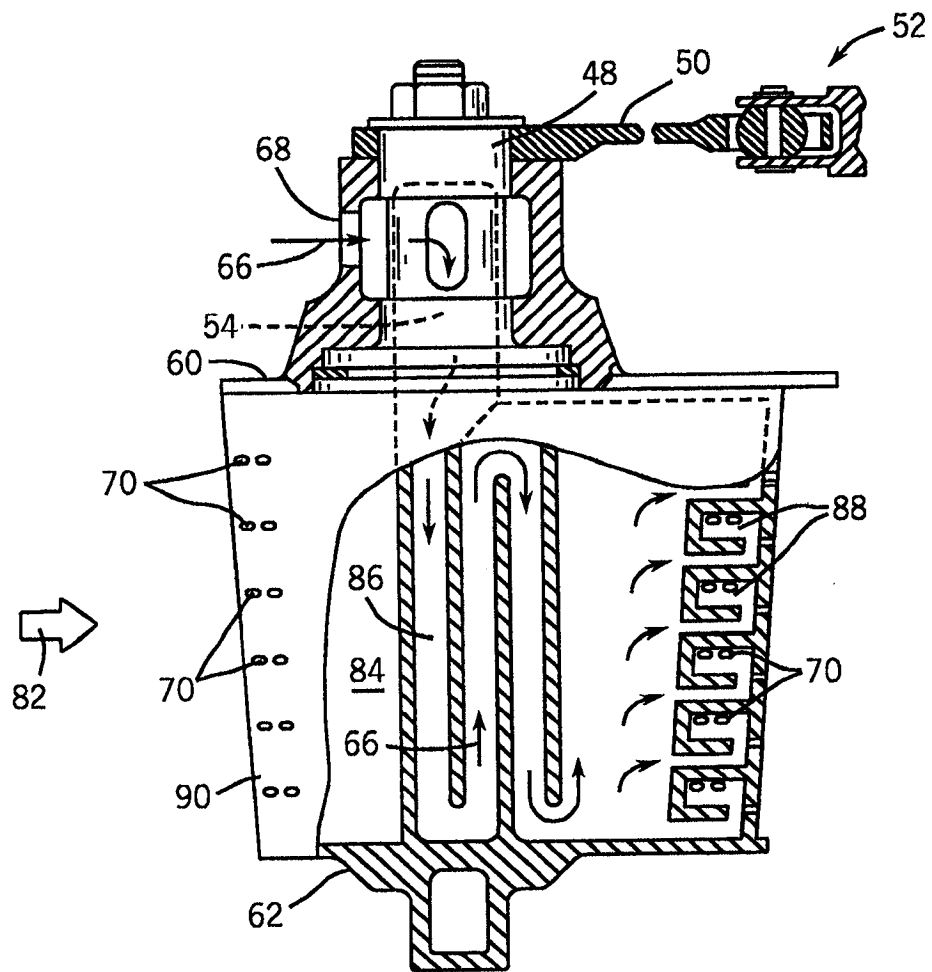


图 9