



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102418563 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201110230170. 5

(22) 申请日 2011. 08. 02

(30) 优先权数据

12/848906 2010. 08. 02 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·S·库明斯 I·D·威尔逊

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01D 5/06(2006. 01)

F01D 11/02(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0169801 A1, 1986. 01. 29,

GB 2127906 A, 1984. 04. 18,

GB 2224319 A, 1990. 05. 02,

GB 2280478 A, 1995. 02. 01,

US 4668167 A, 1987. 05. 26,

审查员 陈力涛

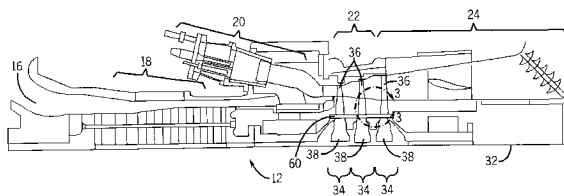
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

涡轮密封系统

(57) 摘要

本发明涉及涡轮密封系统。根据一个实施例, 一种系统包括多级涡轮, 其包括第一涡轮级, 该第一涡轮级包括具有围绕其沿周向间隔开的多个第一槽口的第一轮盘以及分别联接到多个第一槽口中的至少一个上的多个第一叶片节段。多级涡轮还包括第二涡轮级, 该第二涡轮级包括具有围绕其沿周向间隔开的多个第二槽口的第二轮盘以及分别联接到多个第二槽口中的至少一个上的多个第二叶片节段。多级涡轮还包括在第一涡轮级与第二涡轮级之间沿轴向延伸的一件式级间密封件, 其中, 一件式级间密封件包括联接到第一轮盘上的第一径向支承件和联接到第二轮盘上的第二径向支承件, 且一件式级间密封件沿周向延伸跨过多个第一槽口中的至少两个或多个第二槽口中的至少两个。



1. 一种涡轮密封系统 (10), 包括:

多级涡轮 (22), 其包括:

第一涡轮级 (34), 其包括具有多个第一槽口的第一轮盘 (38), 以及分别联接到至少一个所述第一槽口上的多个第一叶片节段, 所述多个第一槽口围绕所述第一轮盘 (38) 沿周向间隔开;

第二涡轮级 (34), 其包括具有多个第二槽口的第二轮盘 (38), 以及分别联接到至少一个所述第二槽口上的多个第二叶片节段, 所述多个第二槽口围绕所述第二轮盘 (38) 沿周向间隔开;

在所述第一涡轮级与所述第二涡轮级之间沿轴向延伸的一件式级间密封件 (60), 其中, 所述一件式级间密封件 (60) 包括联接到所述第一轮盘 (38) 上的第一径向支承件 (62) 和联接到第二轮盘 (38) 上的第二径向支承件 (62), 以及所述一件式级间密封件 (60) 沿周向延伸跨过所述多个第一槽口中的至少两个或所述多个第二槽口中的至少两个; 其中, 所述多个第一槽口具有第一下半径和第一上半径, 所述第二槽口具有第二上半径和第二下半径, 所述一件式级间密封件还包括在所述第一涡轮级和第二涡轮级之间延伸的壁; 其中, 沿位于所述第一径向支承件和第二径向支承件之间的所述壁的最内部的整体长度的内半径大于所述第一下半径、且大于或等于所述第二下半径; 以及, 所述沿位于所述第一径向支承件和第二径向支承件之间的所述壁的最内部的整体长度的内半径大于或等于所述第一上半径、且小于所述第二上半径。

2. 根据权利要求 1 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 所述一件式级间密封件 (60) 为沿周向延伸跨过所有所述多个第一槽口和所有所述多个第二槽口的一件式环形密封件 (60)。

3. 根据权利要求 1 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 所述第一径向支承件 (62) 包括多个第一径向支承凸起 (82), 以及各第一径向支承凸起 (82) 均设置在所述多个第一槽口中的一个中, 以便阻止所述一件式级间密封件 (60) 沿径向方向的运动。

4. 根据权利要求 3 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 各第一径向支承凸起 (82) 均包括第一燕尾凸起 (82), 以及所述多个第一槽口中的各个均包括燕尾槽口。

5. 根据权利要求 3 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 各第一叶片节段均设置在所述多个第一槽口中的一个中, 以便阻止一个所述第一径向支承凸起 (82) 沿轴向方向的运动。

6. 根据权利要求 5 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 所述一件式级间密封件 (60) 构造成当从所述多个第一槽口移除所述多个第一叶片节段时用以在所述第一轮盘 (38) 上沿所述轴向方向移动, 以及各第一径向支承凸起 (82) 均构造成用以在所述一件式级间密封件 (60) 沿所述轴向方向运动的期间沿所述轴向方向移动经过所述多个第一槽口中的一个。

7. 根据权利要求 3 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 所述第二径向支承件 (62) 包括多个第二径向支承凸起 (82), 以及各第二径向支承凸起 (82) 均设置在所述多个第二槽口中的一个中, 以便阻止所述一件式级间密封件 (60) 沿所述径向方向的运动。

8. 根据权利要求 3 所述的涡轮密封系统 (10), 其特征在于, 所述第二径向支承件 (62) 包括至少一个轴向支承凸起 (84), 所述轴向支承凸起 (84) 构造成用以接触第二轮盘

(38) 的径向邻接件,以阻止所述一件式级间密封件(60)沿所述径向方向的运动。

9. 根据权利要求1所述的涡轮密封系统(10),其特征在于,所述壁限定所述第一轮盘与第二轮盘(38)之间的空气冷却腔室的外部径向边界。

## 涡轮密封系统

### 技术领域

[0001] 本文所公开的主题涉及燃气轮机,并且更具体地涉及涡轮内的密封件。

### 背景技术

[0002] 通常,燃气涡轮发动机燃烧压缩空气和燃料的混合物以产生热燃烧气体。燃烧气体可流经一个或多个涡轮级,以产生用于负载和/或压缩机的功率。在级间或会出现压降,这可容许诸如燃烧气体的流体经由非期望的通路流动。密封件可设置在各级之间,以减少各级之间的流体泄漏。令人遗憾的是,密封件或会受到诸如热应力的应力,该应力可沿轴向和/或径向方向偏压密封件,从而降低密封件的效果。例如,密封件偏转可增大静止构件与旋转构件之间磨损状况的可能性。

### 发明内容

[0003] 在范围上与初始所主张发明相匹配的一些实施例在下文中进行了概述。这些实施例并非意图限制所主张发明的范围,而是这些实施例仅意图提供对本发明可能形式的简要概括。实际上,本发明可包含与下文阐述的实施例相似或不同的多种形式。

[0004] 根据第一实施例,一种系统包括多级涡轮。该多级涡轮包括第一涡轮级,该第一涡轮级包括具有多个第一槽口的第一轮盘(wheel),以及分别联接到至少一个第一槽口上的多个第一叶片节段,其中,该多个第一槽口围绕第一轮盘沿周向间隔开。该多级涡轮还包括第二涡轮级,该第二涡轮级包括具有多个第二槽口的第二轮盘,以及分别联接到至少一个第二槽口上的多个第二叶片节段,其中,该多个第二槽口围绕第二轮盘沿周向间隔开。该多级涡轮还包括在第一涡轮级与第二涡轮级之间沿轴向延伸的一件式级间密封件,其中,一件式级间密封件包括联接到第一轮盘上的第一径向支承件和联接到第二轮盘上的第二径向支承件,以及一件式级间密封件沿周向延伸跨过多个第一槽口中的至少两个或多个第二槽口中的至少两个。

[0005] 根据第二实施例,一种系统包括构造成用以沿轴向安装在第一涡轮级与第二涡轮级之间的一件式级间涡轮密封件,其中,一件式级间涡轮密封件包括构造成用以与第一涡轮级的第一轮盘相联的第一径向支承件和构造成用以与第二涡轮级的第二轮盘相联的第二径向支承件,第一径向支承件包括沿周向彼此偏离的多个第一径向支承凸起,且各第一径向支承凸起均构造成用以与第一轮盘中的多个第一槽口中的至少一个相联,以阻止一件式级间涡轮密封件沿径向方向的运动。

[0006] 在第三实施例中,一种系统包括多级涡轮。该多级涡轮包括第一涡轮级,该第一涡轮级包括具有多个第一槽口的第一轮盘,以及分别联接到多个第一槽口中的至少一个上的多个第一叶片节段,其中,该多个第一槽口围绕第一轮盘沿周向间隔开,以及该多个第一槽口包括第一下半径和第一上半径。该多级涡轮包括第二涡轮级,该第二涡轮级包括具有多个第二槽口的第二轮盘,以及分别联接到多个第二槽口中的至少一个上的多个第二叶片节段,其中,该多个第二槽口围绕第二轮盘沿周向间隔开,以及该多个第二槽口包括第二下半

径和第二上半径。该多级涡轮还包括在第一涡轮级与第二涡轮级之间沿轴向延伸的级间密封件,其中,级间密封件包括联接到第一轮盘上的第一径向支承件、联接到第二轮盘上的第二径向支承件,以及在第一涡轮级与第二涡轮级之间延伸的壁,该壁具有大于或等于第一下半径和第二下半径两者的内径,且该内径大于或等于第一上半径或第二上半径中的至少一个。

#### 附图说明

[0007] 当参照附图来阅读如下详细描述时,本发明的这些及其它特征、方面和优点将变得更容易理解,所有附图中的相似标号表示相似的零件,在附图中:

[0008] 图 1 为可使用涡轮密封件的燃气涡轮发动机的实施例的示意性流程图;

[0009] 图 2 为沿纵轴线截取的图 1 中的燃气涡轮发动机的截面侧视图;

[0010] 图 3 为图 2 中的燃气涡轮发动机的局部截面侧视图,示出了在涡轮级之间的密封结构的一个实施例;

[0011] 图 4 为叶片已从相邻级移除的图 2 中的燃气涡轮发动机的局部截面侧视图;

[0012] 图 5 为密封结构已从相邻级移除的图 2 中的燃气涡轮发动机的局部截面侧视图;

[0013] 图 6 为沿图 3 中的线 6-6 截取的插入涡轮发动机轮盘的槽口中的径向支承凸起的实施例的局部截面视图;

[0014] 图 7 为图 2 中的燃气涡轮发动机的一部分的截面侧视图,示出了在涡轮级之间的密封结构的另一实施例;

[0015] 图 8 为插入轮盘的槽口中的密封结构的实施例的局部透视图;以及

[0016] 图 9 为接合轮盘的轴向支承凸起的实施例的局部透视图。

[0017] 零件清单

[0018] 10 系统

[0019] 12 燃气涡轮发动机

[0020] 16 进气区段

[0021] 18 压缩机

[0022] 20 燃烧器区段

[0023] 22 涡轮

[0024] 24 排气区段

[0025] 26 轴

[0026] 28 燃烧器壳体

[0027] 30 燃烧器

[0028] 32 纵轴线

[0029] 34 级

[0030] 36 叶片

[0031] 38 转子轮盘

[0032] 48 方向

[0033] 50 轮盘支柱部分

[0034] 52 槽口

|        |     |              |
|--------|-----|--------------|
| [0035] | 54  | 下节段          |
| [0036] | 56  | 方向           |
| [0037] | 58  | 方向           |
| [0038] | 60  | 密封结构         |
| [0039] | 62  | 径向支承件        |
| [0040] | 64  | 级间容积         |
| [0041] | 66  | 内径           |
| [0042] | 68  | 上半径          |
| [0043] | 70  | 上半径          |
| [0044] | 72  | 下半径          |
| [0045] | 74  | 下半径          |
| [0046] | 76  | 流动通路         |
| [0047] | 78  | 密封齿          |
| [0048] | 80  | 外表面          |
| [0049] | 82  | 径向支承凸起       |
| [0050] | 84  | 轴向支承凸起       |
| [0051] | 86  | 缘边           |
| [0052] | 88  | 绳状密封凹槽       |
| [0053] | 90  | 盖板部分         |
| [0054] | 92  | 绳状密封凹槽相互作用部分 |
| [0055] | 94  | 缘边相互作用部分     |
| [0056] | 95  | 轴向凸起         |
| [0057] | 96  | 通道           |
| [0058] | 98  | 绳状密封件        |
| [0059] | 99  | 绳状密封凹槽       |
| [0060] | 108 | 轴向方向         |
| [0061] | 110 | 轴向方向         |
| [0062] | 118 | 凸起           |
| [0063] | 120 | 突起部 (tang)   |
| [0064] | 122 | 突起部          |
| [0065] | 124 | 方向           |
| [0066] | 126 | 径向方向         |
| [0067] | 128 | 方向           |
| [0068] | 138 | 径向方向         |
| [0069] | 140 | 轴向方向         |
| [0070] | 142 | 轴向方向         |
| [0071] | 144 | 方向           |
| [0072] | 154 | 方向           |
| [0073] | 156 | 间隙           |

[0074] 168 下侧

### 具体实施方式

[0075] 下文将描述本发明的一个或多个特定实施例。为了提供对这些实施例的简要描述,在说明书中可能未描述实际实施方式的所有特征。应当认识到,在任何此种实际实施方式的开发中,如在任何工程或设计项目中一样,必须作出许多特定实施方式的决定,以实现开发者的特定目标,如遵循有关系统和有关商业的约束,这可能从一种实施方式到另一种实施方式而有所变化。此外,应当认识到,此种开发工作可能很复杂和耗时,但对于拥有本公开内容的益处的普通技术人员来说,仍为设计、制作和生产的常规事项。

[0076] 在介绍本发明各种实施例的元件时,用词“一个”、“一种”、“该”和“所述”意在表示存在一个或多个元件。用语“包括”、“包含”和“具有”旨在为包括性的,且意指可能存在除所列元件外的附加元件。

[0077] 本公开内容针对包括级间密封件的燃气涡轮发动机,其中各级间密封件均包括用以沿密封件的轴向面向表面减小应力的特征,以便最大限度地减小密封件的径向偏转,以及使密封件热稳定。此外,这些特征增大了暴露于冷却空气的涡轮轮盘的表面面积,从而增大了轮盘的强度。例如,级间密封件可在操作期间由相邻的涡轮轮盘通过联接到轮盘上的密封件的径向支承件完全地支承。轮盘可包括用于密封件的径向支承件的槽口,以及用以阻止密封件沿径向方向和轴向方向运动的邻接件(abutment)。径向支承件可包括燕尾凸起或轴向支承凸起。另外,级间密封件可形成单件,其在涡轮轮盘的较高半径处沿周向延伸跨过该槽口。级间密封件的较高半径可增大用于冷却的级间容积,以及用于冷却的涡轮轮盘的表面面积。此外,级间密封件可移除以容许接近下方的构件。例如,级间密封件可沿轴向穿过一个或多个轮盘滑入和滑出安装位置。

[0078] 图1为包括燃气涡轮发动机12的示例性系统10的框图,该燃气涡轮发动机12可在相邻轮盘处使用具有径向支承件的级间密封件。在一些实施例中,系统10可包括飞行器、船舶、机车、动力生成系统,或它们的组合。所示的燃气涡轮发动机12包括空气进气区段16、压缩机18、燃烧器区段20、涡轮22,以及排气区段24。涡轮22经由轴26联接到压缩机18上。

[0079] 如箭头所示,空气可经由进气区段16进入燃气涡轮发动机12并流入压缩机18中,压缩机18在空气进入燃烧器区段20之前压缩空气。所示的燃烧器区段20包括同心地或环形地围绕轴26设置在压缩机18与涡轮22之间的燃烧器壳体28。来自压缩机18的压缩空气进入燃烧器30中,在此,压缩空气可在燃烧器30内与燃料相混合并燃烧,以便驱动涡轮22。

[0080] 来自燃烧器区段20的热燃烧气体流经涡轮22,通过轴26而驱动压缩机18。例如,燃烧气体可将原动力施加到涡轮22内的涡轮转子叶片上,以便使轴26旋转。如下文所述,涡轮22可包括在相邻轮盘处的具有径向支承件的多个级间密封件。在流经涡轮22之后,热燃烧气体可经由排气区段24流出燃气涡轮发动机12。

[0081] 图2为沿纵轴线32截取的图1中的燃气涡轮发动机12的实施例的截面侧视图。如图所示,燃气轮机22包括三个单独的级34。各级34均包括联接到转子轮盘38上的一组叶片36,而转子轮盘38可旋转地附接到轴26(图1)上。叶片36从转子轮盘38沿径向向

外延伸,且部分地设置在热燃烧气体的通路内。密封件 60 在相邻转子轮盘 38 之间延伸,且由相邻转子轮盘 38 支承。如下文所述,密封件 60 包括与相邻轮盘 38 对接的径向支承件,以提供径向支承,同时还改善冷却和方便移除。尽管燃气轮机 22 示为三级涡轮,但本文所述的密封件 60 可用于具有任何数目的级和轴的任何适合类型的涡轮。例如,密封件 60 可包括在单级燃气轮机中、包括低压涡轮和高压涡轮的双涡轮系统中,或蒸汽轮机中。此外,本文所述的密封件 60 还可用于旋转式压缩机,如图 1 中所示的压缩机 18。

[0082] 如上文参照图 1 所述,空气经由空气进气区段 16 进入,且由压缩机 18 压缩。来自压缩机 18 的压缩空气然后引导到燃烧器区段 20 中,在该处,压缩空气与燃料混合。压缩空气和燃料的混合物通常在燃烧器区段 20 内燃烧以产生高温高压燃烧气体,该燃烧气体用于在涡轮 22 内产生转矩。具体而言,燃烧气体将原动力施加到叶片 36 上,以便使轮盘 38 转动。在一些实施例中,在涡轮的各级或会出现压降,这会容许空气经由非期望的通路流动。例如,热燃烧气体可流入涡轮轮盘 38 之间的级间容积中,这会在涡轮构件上施加热应力。在一些实施例中,级间容积可由从压缩机流出或由其它气源所提供的排出空气冷却。然而,热燃烧气体流入级间容积可降低冷却效果。因此,密封件可在高半径处设置在相邻轮盘 38 之间,以便密封和围住级间容积而免受热燃气气体。

[0083] 图 3 为图 2 中所示的一对相邻转子级 34 的截面侧视图。出于示范的目的,仅示出了级 34 的一部分。然而,级 34 通常包括圆形轮盘 38,该轮盘 38 具有从轮盘 38 的轮盘支柱部分 50 沿径向向外延伸(由箭头 48 所示的方向)的叶片 36。轮盘支柱部分 50 沿轮盘 38 的周向设置,且包括用于保持叶片 36 下节段 54 的槽口 52(例如,燕尾槽口)。在一些实施例中,大约 50 至 150 个叶片 36 可围绕(沿箭头 56 所示的方向)轮盘 38 和对应的旋转轴线(大致沿箭头 58 所示的方向延伸)沿周向安装并间隔开。

[0084] 密封结构 60 在两个相邻轮盘 38A 和 38B 之间延伸,且由轮盘 38 机械地支承。密封结构 60 作为单件环形地(沿周向方向 56)设置在轮盘 38 之间,且经由径向支承件 62 附接到轮盘 38 上。各轮盘 38 均形成为环形结构,其中密封结构 60 作为环形结构在轮盘 38 之间延伸。在操作期间,轮盘 38 和密封结构 60 围绕公共轴线旋转。在一些实施例中,密封结构 60 可在与保持叶片 36 的轮盘 38 内的沿周向间隔开的槽口 52 相同的径向位置(沿方向 48 延伸)处或附近与轮盘 38 对接。密封结构 60 可包括 360 度的圆形结构,其附接到相邻轮盘 38 上以形成壁,该壁热隔离形成空气冷却腔室的级间容积或轮盘空腔 64。

[0085] 级间容积 64 收容从压缩机 18 流出的排出空气,以冷却级间容积 64 和相邻涡轮构件,例如轮盘 38。为了促进冷却,容积 64 设计为尽可能大,且因此,密封结构 60 在形成壁时附接到轮盘 38 的最外部或轮盘支柱部分 50 上。具体而言,用于附接密封结构 60 的区域设置在轮盘 38 的径向外侧(方向 48)区段上。朝向轮盘 38 径向外区段(方向 48)或轮盘支柱部分 50 的密封结构 60 的位置增大或最大限度地增大级间容积 64,以便于在容积 64 内冷却。更具体而言,由密封结构 60 形成的壁具有内径 66。槽口 52A 和 52B 分别包括相应的上半径 68 和 70,以及相应的下半径 72 和 74。密封结构壁的内径 66 可大于或等于槽口 52B 的下半径 74 和上半径 70 两者。此外,壁内径 66 可大于或等于槽口 52A 的下半径 72 和上半径 68 中的至少一个。级间容积 64 增大的尺寸和对应的冷却能力由于密封结构 60 的较高内径 66 而可容许强度较低的材料用于轮盘 38。冷却还可由于级间容积内没有径向分隔而得以促进。具体而言,在径向方向 48 内,容积 64 为连续的空间。此外,由于沿轮盘 38 的



较大表面面积故冷却空气可提供较大对流冷却。

[0086] 密封结构 60 可与静止定子导叶（未示出）对接以引导热流体例如热燃烧气体或蒸汽的流动，其中流动通路 76（由箭头大致示出）设置在轮盘 38 上方，穿过叶片 36。具体而言，定子导叶结构可包括与定位在密封结构 60 外表面 80 上的密封齿 78 对接的密封表面。在一些实施例中，迷宫式密封件可形成在密封表面材料与密封齿 78 之间。然而，在其它实施例中，可形成任何类型的密封件。密封齿 78 可从密封结构 60 沿径向向外（方向 48）定位。朝轮盘 38 的径向外区段（方向 48）或轮盘支柱部分 50 的密封结构 60 的位置可容许密封结构 60 具有较大的密封半径，且最大限度地减小定子导叶结构的径向高度。最大限度地减小的径向高度可减少定子导叶结构的轴向面向表面的面积，以及可引起定子导叶结构移动位置的轴向气体弯曲负载。

[0087] 如上文所述，密封结构 60 包括用以将结构 60 附接到轮盘 38 上的径向支承件 62。径向支承件 62 向密封结构 60 提供径向支承和轴向支承两者。第一径向支承件 62B 包括径向支承凸起 82。在一些实施例中，密封结构 60 的第一径向支承件 62B 和第二径向支承件 62A 两者都包括径向支承凸起 82（见图 7）。第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 设置在槽口 52B 中，以阻止径向支承凸起 82 在径向方向 48 上的运动，且因此阻止密封结构 60 在径向方向 48 上的运动。第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 可包括燕尾凸起 82。燕尾凸起 82 然后可设置在燕尾槽口 52B 中，以阻止燕尾凸起 82 沿径向方向 48 的运动。叶片 36 的下节段 54 也设置在槽口 52B 中，且因此阻止径向支承凸起 82 在轴向方向 58 上的运动。

[0088] 第二径向支承件 62A 包括轴向支承凸起 84。第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 可接触轮盘 38A 的径向邻接件，从而向密封结构 60 提供轴向和径向支承。径向邻接件可包括轮盘 38A 的缘边 86、轮盘支柱部分 50 的具有绳状密封凹槽 88 的轴向凸起 87，以及叶片 36 的轴向凸起 95（见图 4）。第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 可包括盖板部分 90、绳状密封凹槽相互作用部分 92，以及缘边相互作用部分 94。盖板部分 90 与轮盘支柱部分 50 和叶片 36 的下节段 54 相互作用。绳状密封凹槽相互作用部分 92 可与轴向凸起 87 的绳状密封凹槽 88 对接，以便形成用于绳状密封件 98 的通道 96。叶片 36 还可包括具有绳状密封凹槽 99（见图 4）的轴向凸起 95。叶片 36 的绳状密封凹槽 99 和轮盘支柱部分 50 的绳状密封凹槽 88 可在方向 56 上围绕轮盘 38A 沿周向延伸 360 度，且与绳状密封件 98 一起最大限度地减小来自发动机静止构件的泄漏。在一些实施例中，叶片 36 和轮盘支柱部分 50 的轴向凸起 87 还可包括保持槽口。叶片 36 的保持槽口和轮盘支柱部分 50 的保持槽口可在方向 56 上围绕轮盘 38A 沿周向延伸 360 度，且与叶片保持缆线一起向叶片 36 提供轴向保持。缘边相互作用部分 94 可与轮盘 38A 的缘边 86 相互作用，从而阻止第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 在径向方向 48 上的运动。在一些实施例中，缘边相互作用部分 94 可与轮盘 38A 的缘边 86 形成榫接连接。

[0089] 图 4 示出了涡轮级 34 之间的密封结构 60 的安装。图 4 为该对相邻涡轮级 34 的截面侧视图。在维护或其它拆卸过程期间，叶片 36 可沿轴向方向 108 从槽口 52A 移除，或沿轴向方向 110 从槽口 52B 移除。在安装期间，密封结构 60 可沿轴向在轮盘 38B 上滑动到轮盘 38A 和 38B 之间的位置，同时移除叶片 36。密封结构 60 可沿轴向方向 108 在轮盘 38B 上滑动，同时第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 沿相同的方向 108 滑动穿过槽口

52B。在该运动期间,第一径向支承件 62B 和第二径向支承件 62A 的两个支承凸起 82 和 84 可分别与槽口 52B 对准且滑动穿过槽口 52B。密封结构 60 沿轴向滑动,直到第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 如上文所述那样接触轮盘 38A 或轮盘支承支柱 50 的径向邻接件 86 和 87,以形成级间密封件。径向邻接件 86 和 87 阻止密封结构 60 沿轴向方向 108 的进一步运动。叶片 36 可再插入槽口 52A 和 52B 中,在该处,插入槽口 52B 中的叶片 36 的下节段 54 阻止第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 沿轴向方向 110 的运动。此外,当再插入叶片 36 时,第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 接触轮盘 38A 的径向邻接件 95 以形成级间密封件。

[0090] 图 5 示出了将密封结构 60 从该对相邻涡轮级 34 的移除。在叶片 36 从槽口 52A 和 52B 移除的情况下,密封结构 60 可沿轴向方向 110 滑动,以从槽口 52B 移除第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82。在这种移除期间,第一径向支承件 62B 和第二径向支承件 62A 的两个支承凸起 82 和 84 可分别与槽口 52B 对准且滑动穿过槽口 52B。在第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 位于密封结构 60 的一端上的实施例中,如图 5 中所示,仅槽口 52B 中的叶片 36 需要移除,以便沿轴向方向 110 移除密封结构 60。对密封结构 60 的移除提供了在不拆卸涡轮 22 其它构件的情况下接近通常在密封结构 60 下方的构件。

[0091] 图 6 为沿图 3 中的线 6-6 截取的在第一径向支承件 62B 的多个径向支承凸起 82 插入轮盘 38B 的槽口 52B 中的情况下的密封结构 60 实施例的局部截面视图。轮盘 38B 的轮盘支柱部分 50 包括从轮盘 38B 沿径向向外延伸的多个凸起 118。凸起 118 围绕轮盘 38B 沿周向间隔开,以形成沿周向间隔开的槽口 52B。槽口 52B 可为燕尾槽口 52B。由间隔开的凸起 118 所形成的槽口 52B 可包括由多个峰和倾斜部 (dip) 所限定的波状、弯曲或大致非线性的表面 119。例如,表面 119 可包括突出部或突起部 120。密封结构 60 的第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 沿周向彼此偏离,且插入槽口 52B 内。第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 可为燕尾凸起 82。类似于槽口 52B,燕尾凸起 82 可包括由多个峰和倾斜部所限定的波状、弯曲或大致非线性的表面 121。例如,燕尾凸起 82 可包括突起部 122,其插在燕尾槽口 52B 的突起部 120 之间。第一径向支承件 62B 的凸起 82 可沿径向方向 124 完全地或仅部分地延伸到槽口 52B 中,在凸起 82 与轮盘 38B 之间留下间隙。该间隙容许轮盘 38B 和轮盘支柱 50 的进一步冷却。突起部 120 和 122 之间的相互作用可阻止第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 沿径向方向 126 移位。换言之,突起部 120 和 122 不容许密封结构 60 在轮盘 38B 处的径向运动。此外,槽口 52B 阻止第一径向支承件 62B 的凸起 82 沿周向方向 128 的运动。如部分示出的那样,密封结构 60 形成环形的单件,其沿周向延伸跨过多个槽口 52B,且可跨过所有槽口 52B 延伸 360 度。例如,密封结构 60 可延伸跨过 2 至 50、2 至 25、2 至 10 或 2 至 5 个槽口。

[0092] 如上文所述,密封结构 60 的第一径向支承件 62B 和第二径向支承件 62A 两者分别包括多个径向支承凸起 82。图 7 示出了具有密封结构 60 的实施例,该密封结构 60 包括分别设置在轮盘 38B 和 38A 的槽口 52B 和 52A 中的第一径向支承件 62B 的第一径向支承凸起 82B 和第二径向支承件 62A 的第二径向支承凸起 82A。第一径向支承件 62B 的第一凸起 82B 和第二径向支承件 62A 的第二凸起 82A 分别插入槽口 52B 和 52A 中阻止了密封结构 60 沿由箭头 138 和 144 所示的径向方向的运动。叶片 36 的下节段 54 设置在槽口 52A 和 52B 中,以分别阻止径向支承凸起 82A 和 82B 沿轴向方向 140 和 142 的运动。如图 6 中所述,第二

径向支承件 62A 的径向支承凸起 82A 和第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82B 可包括燕尾凸起 82, 以及槽口 52A 和 52B 可包括燕尾槽口 52。燕尾凸起 82A 可沿方向 138 定向, 该方向 138 与燕尾凸起 82B 的定向方向 144 相反。在径向支承凸起 82A 和 82B 二者都包括燕尾凸起 82 的实施例中, 如图 6 中所示, 密封结构 60 沿周向延伸跨过至少两个槽口 52A 和至少两个槽口 52B, 且密封结构 60 可沿周向延伸跨过所有槽口 52A 和 52B, 以便形成轮盘 38A 和 38B 之间的壁。

[0093] 图 8 为插入轮盘 38B 的槽口 52B 中的密封结构 60 的实施例的局部透视图。图 8 中所示的一件式密封结构 60 包括密封齿 78、具有径向支承凸起 82 的第一径向支承件 62B, 以及具有轴向支承凸起 84 的第二径向支承件 62A。密封齿 78 可在方向 154 上沿周向延伸 360 度且与定子导叶结构相互作用, 如上文所述。第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 包括盖板部分 90 和缘边相互作用部分 94。盖板部分 90 可在方向 154 上连续地沿周向延伸 360 度, 且与叶片 36 或轮盘支柱部分 50 的下节段 54 相互作用。缘边相互作用部分 94 可通过间隙 156 彼此偏离。这些间隙 156 与轮盘 38B 的凸起 118 对准, 且为在第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 之间的由凸起 118 所占据的空间。间隙 156 可定形为类似于凸起 118 的顶部部分 158, 以便于支承凸起 82 和 84 与槽口 52B 对准, 且因此容许第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 的缘边相互作用部分 94 沿轴向滑动经过槽口 52B。第一径向支承件 62B 的径向支承凸起 82 可包括如图 6 中所述的燕尾凸起 82。凸起 82 可设置在槽口 52B 中, 从而容许密封件沿周向延伸跨过至少两个槽口 52B。槽口 52B 可包括燕尾槽口 52B。

[0094] 图 9 为邻接轮盘 38A 和轮盘支柱部分 50 的密封结构 60 的实施例的局部透视图。图 9 中所示的密封结构 60 包括密封齿 78 和具有轴向支承凸起 84 的第二径向支承件 62A。第二径向支承件 62A 的轴向支承凸起 84 包括盖板部分 90、绳状密封槽口相互作用部分 92 以及缘边相互作用部分 94。盖板部分 90 和绳状密封相互作用部分 92 起到如上文所述的作用。缘边相互作用部分 94 与轮盘 38A 缘边 86 的下侧 168 对接。缘边相互作用部分 94 之间的间隙 156 提供通向来自级间容积 64 的冷却空气 170。冷却空气 170 容许冷却轮盘 38A 的上部、轮盘支柱 50, 以及叶片 36 的下节段 54。如上文所述, 这种冷却容许强度较低的材料用于轮盘 38。

[0095] 上文实施例中所述的密封结构 60 的径向支承件 62 两者通过附接到轮盘 38 上而提供轴向支承和径向支承两者, 从而容许使用较轻的结构 60。另外, 在轮盘 38 的较高半径处附接这些径向支承件 62 使得轮盘 38 的较大表面面积暴露于级间容积 64 的冷却空气, 从而容许强度较低的材料用于轮盘 38。密封结构 60 的这种较高径向位置还容许减小隔板 (diaphragm) 的尺寸。此外, 径向支承件 62 的设计容许在不必解除层叠或拆卸转子的情况下经由用于叶片 36 的槽口 52 沿轴向移除密封结构 60。

[0096] 本书面说明使用了包括最佳模式的实例来公开本发明, 且还使本领域的普通技术人员能够实施本发明, 包括制作和使用任何装置或系统以及执行任何所结合的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求限定, 并且可包括本领域的技术人员所构思出的其它实例。如果这些其它实例具有与权利要求的字面语言并无不同的结构元件, 或者如果这些其它实例包括与权利要求的字面语言无实质差异的同等结构元件, 则认为这些实例落在权利要求的范围之内。

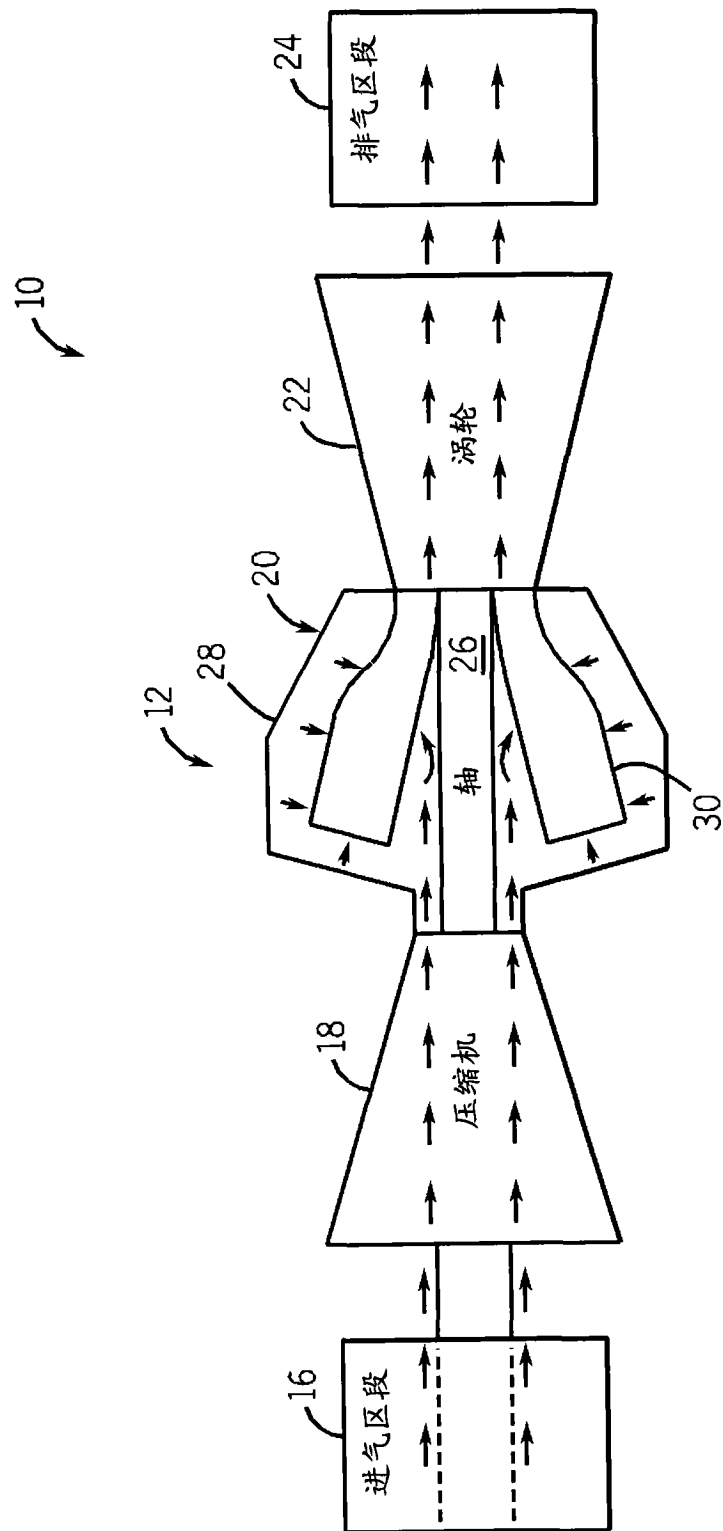


图 1

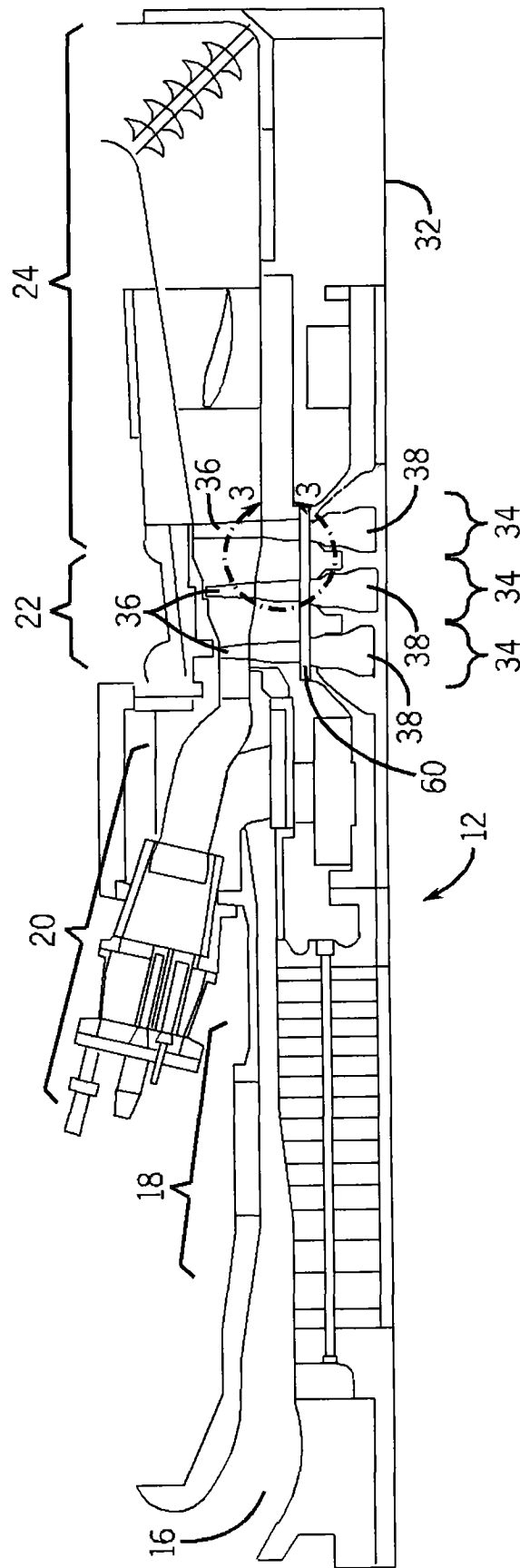


图 2

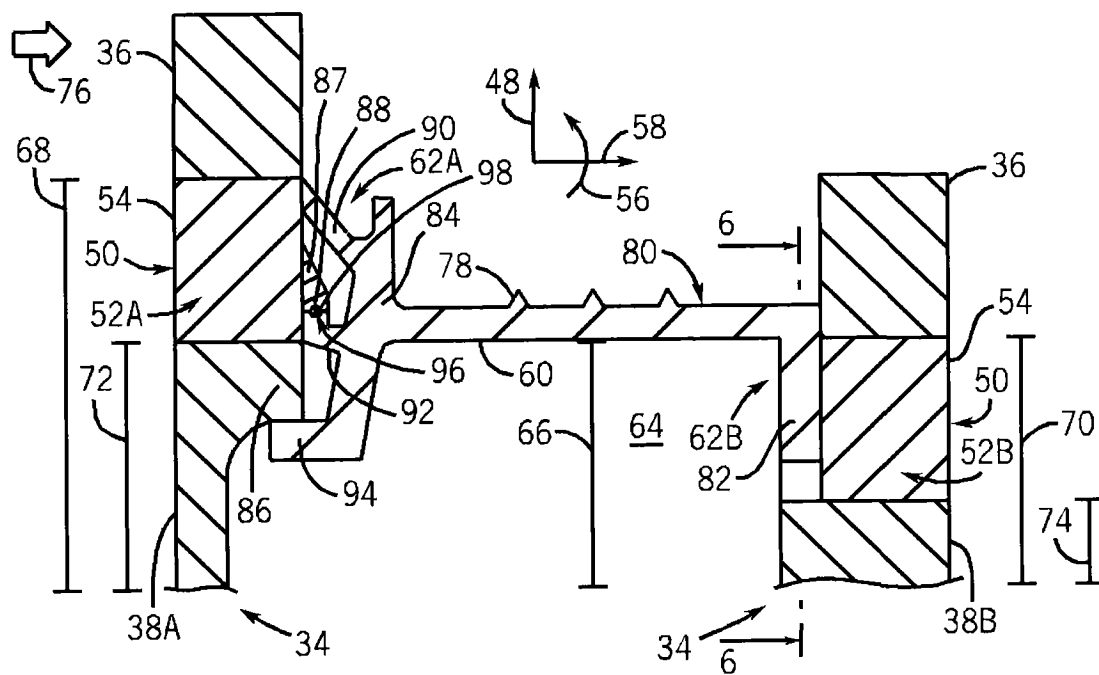


图 3

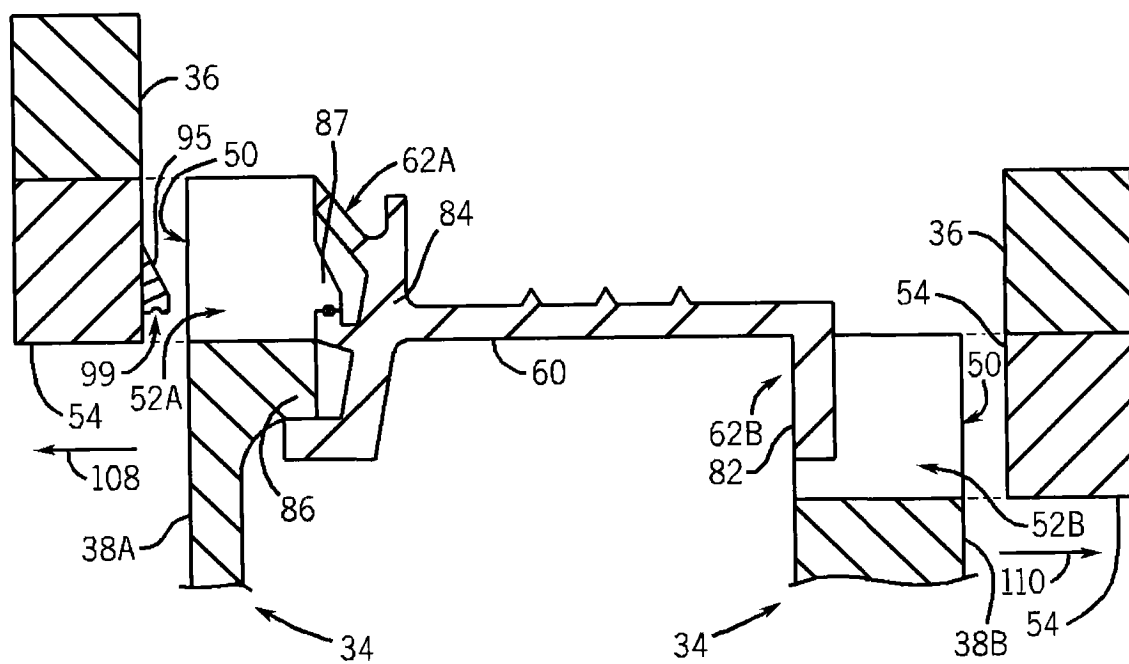


图 4

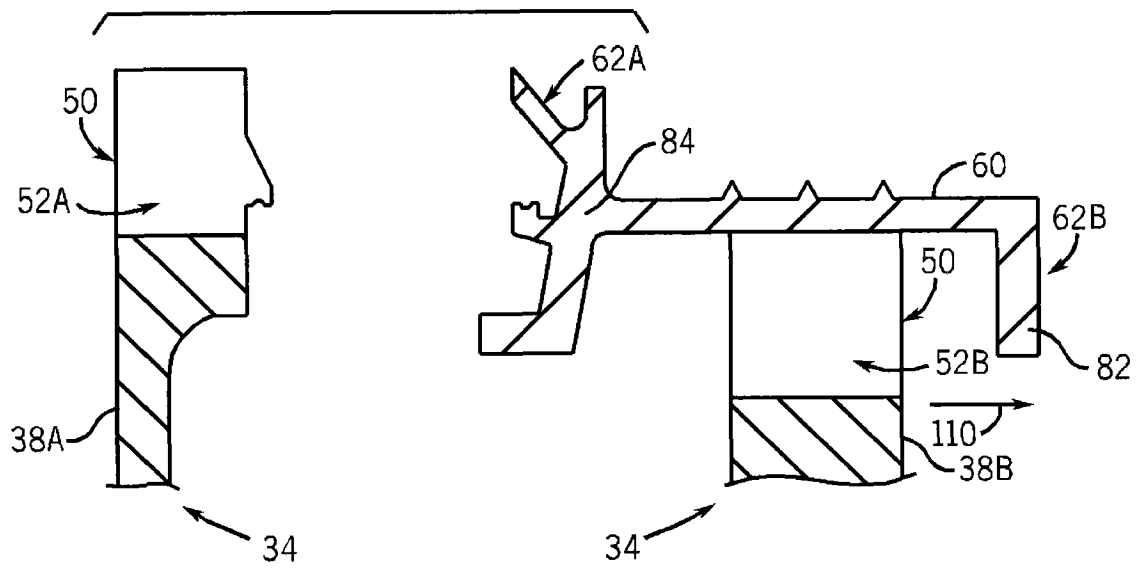


图 5

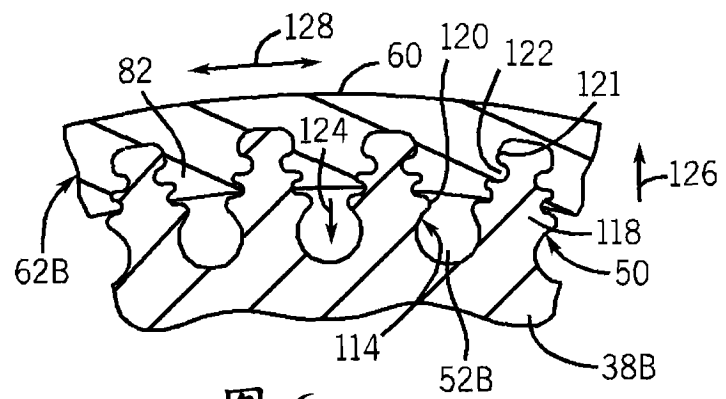


图 6

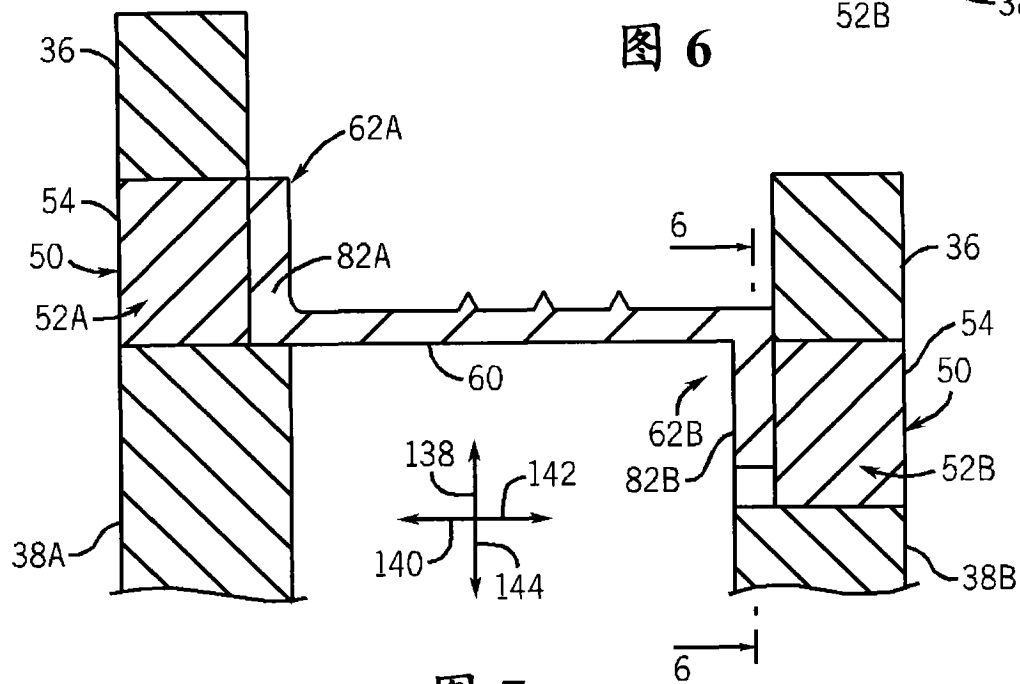


图 7



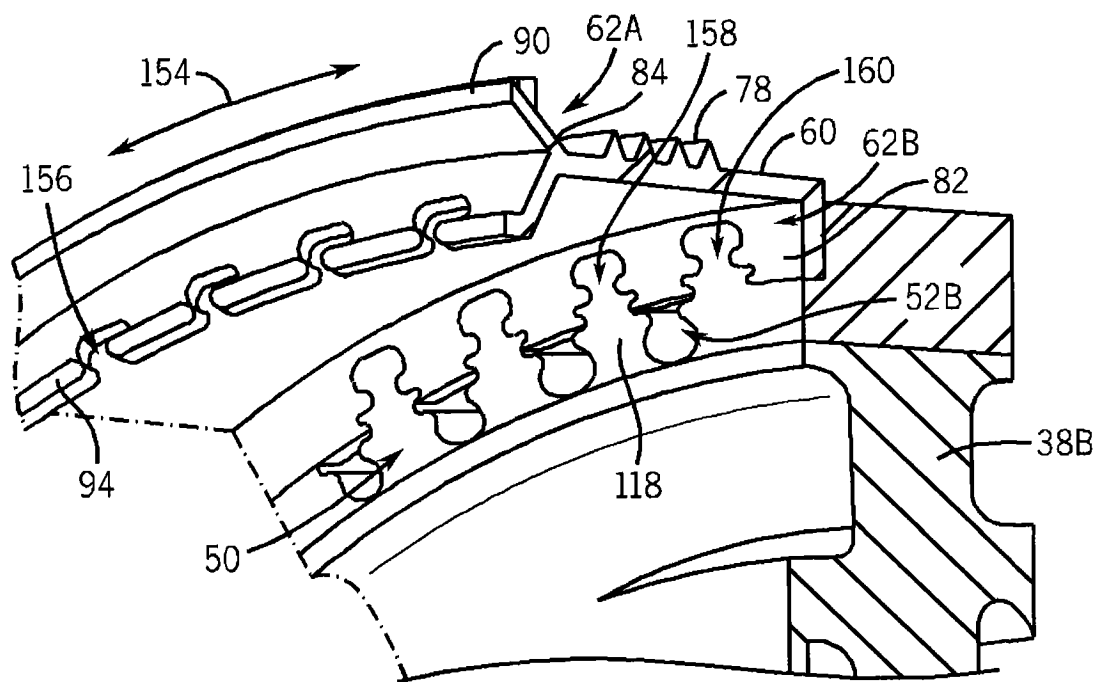


图 8

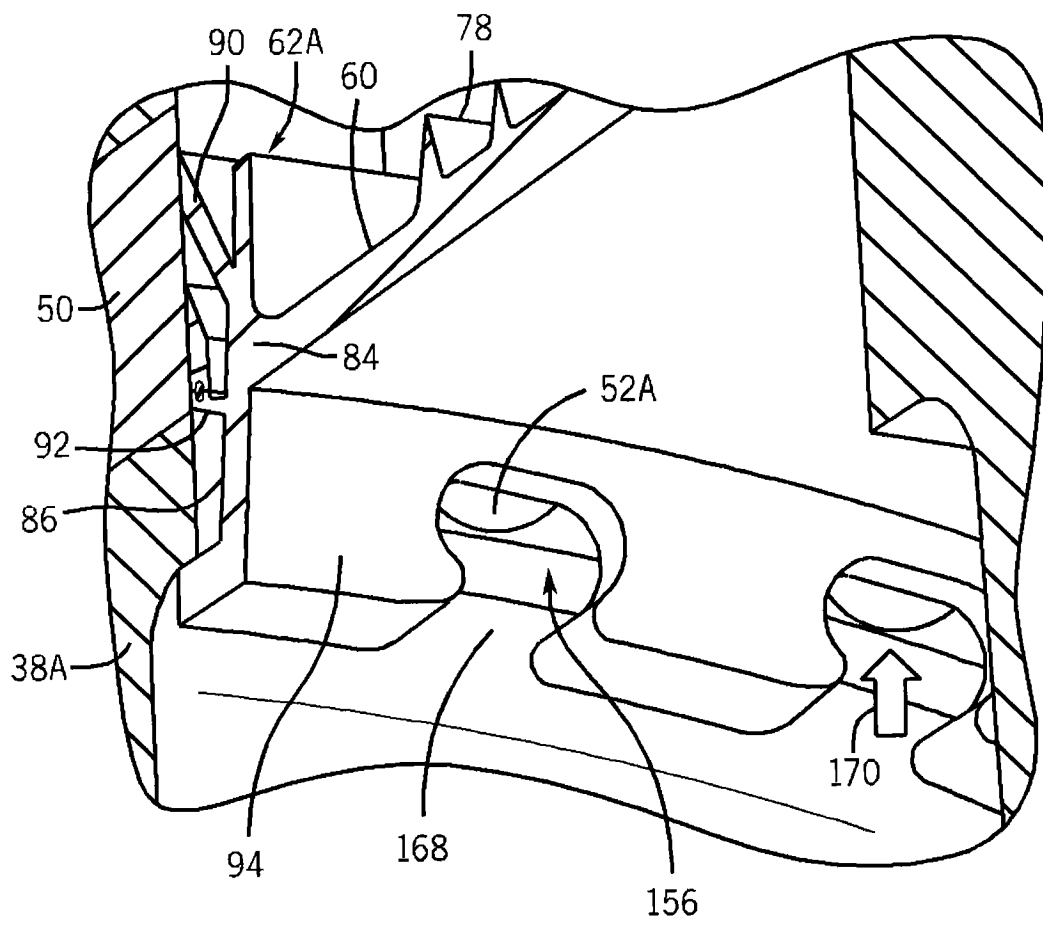


图 9