



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104948238 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201510137605. X

(22) 申请日 2015. 03. 26

(30) 优先权数据

14/226617 2014. 03. 26 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A. M. 萨特 R. A. 比卡 郑小清

(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 周心志

(51) Int. Cl.

F01D 11/00(2006. 01)

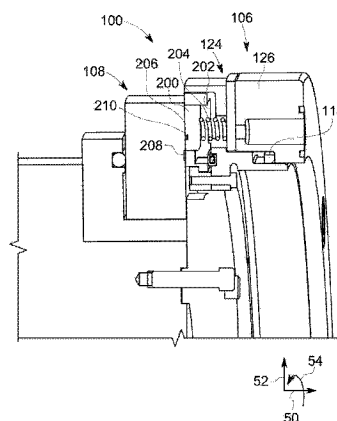
权利要求书2页 说明书11页 附图13页

(54) 发明名称

具有局部柔性液动力垫的端面密封件

(57) 摘要

本发明的实施例涉及具有局部柔性液动力垫的端面密封件及对应的定子环,该定子环被构造成围绕涡轮机的转子布置,其中该定子环包括多个液动力垫,该多个液动力垫从定子环的密封端面延伸,其中该多个液动力垫中的每一个都被构造成与转子环液动力地相接合。



1. 一种系统,包括:
蒸汽轮机;以及
所述蒸汽轮机的端面密封件,所述端面密封件包括:
转子环,所述转子环联接到所述蒸汽轮机的转子;和
定子环,所述定子环联接到所述蒸汽轮机的静止壳体,其中所述定子环包括多个垫,所述多个垫被构造成从所述定子环的密封端面延伸并且与所述转子环相接合。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述多个垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环的密封端面中的相应的凹入部中。
3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述多个垫中的每一个都通过至少一个相应的弹簧朝向所述转子环偏置,所述至少一个相应的弹簧从所述相应的凹入部延伸至相应的垫。
4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述多个垫中的每一个的至少一个弹簧联接到所述相应的垫的中心。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述多个垫中的每一个都围绕所述转子环的圆周大致等距地间隔开。
6. 一种涡轮机,包括:
转子;
静止壳体,所述静止壳体围绕所述转子布置;以及
端面密封件,所述端面密封件围绕所述转子布置,所述端面密封件包括:
转子环,所述转子环联接到所述转子;和
定子环,所述定子环联接到所述静止壳体,其中所述定子环包括多个液动力垫,所述多个液动力垫从所述定子环的密封端面延伸至所述转子环。
7. 根据权利要求6所述的涡轮机,其特征在于,所述定子环包括联接到所述静止壳体的支持部分,并且所述定子环被构造成与所述转子环液动力地相接合。
8. 根据权利要求7所述的涡轮机,其特征在于,所述定子环通过弹簧朝向所述转子环偏置,所述弹簧在所述支持部分与所述定子环之间延伸。
9. 根据权利要求8所述的涡轮机,其特征在于,所述多个液动力垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环中的相应的凹部中。
10. 根据权利要求9所述的涡轮机,其特征在于,所述多个液动力垫中的每一个都通过相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述相应的垫弹簧被布置在所述相应的凹部与所述相应的垫之间。
11. 根据权利要求9所述的涡轮机,其特征在于,所述多个液动力垫中的每一个都通过四个相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述四个相应的垫弹簧被布置在所述相应的凹部与所述相应的垫之间,其中所述四个相应的垫弹簧中的每一个都被布置在所述相应的垫的拐角处。
12. 根据权利要求6所述的涡轮机,其特征在于,所述液动力垫中的每一个都包括至少一个液动力表面处理部或微米级长度轮廓。
13. 根据权利要求6所述的涡轮机,其特征在于,所述多个液动力垫围绕所述定子环的圆周大致等距地间隔开。

14. 根据权利要求 6 所述的涡轮机,其特征在于,所述多个液动力垫沿所述定子环等地大致径向定位。

15. 一种系统,包括:

定子环,所述定子环被构造成围绕涡轮机的转子布置,其中所述定子环包括多个液动力垫,所述多个液动力垫从所述定子环的密封端面延伸,其中所述多个液动力垫中的每一个都被构造成与转子环液动力地相接合。

16. 根据权利要求 15 所述的系统,其特征在于,所述多个液动力垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环中的相应的凹入部中。

17. 根据权利要求 16 所述的系统,其特征在于,所述液动力垫中的每一个都通过至少一个相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述至少一个相应的垫弹簧在所述相应的凹入部与相应的液动力垫之间延伸。

18. 根据权利要求 17 所述的系统,其特征在于,所述多个液动力垫中的每一个都包括至少一个液动力表面轮廓或处理部。

19. 根据权利要求 18 所述的系统,其特征在于,所述至少一个液动力表面轮廓或处理部包括 Y 形凹槽或螺旋凹槽。

20. 根据权利要求 17 所述的系统,其特征在于,所述至少一个相应的垫弹簧包括螺旋弹簧或波纹管弹簧。

具有局部柔性液动力垫的端面密封件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请与名称为“INDIVIDUALLY COMPLIANT SEGMENTS FOR SPLIT RING HYDRODYNAMIC FACE SEAL”的美国非临时申请序列号 14/226,583同时提交,该专利的公开内容通过引用的方式结合到本发明中。

技术领域

[0003] 本发明中所公开的主题涉及涡轮机械,并且更具体地,涉及用于减少或阻断涡轮机械的各个部件之间的流泄漏的端面密封件。

背景技术

[0004] 涡轮机械包括压缩机和 / 或涡轮机,例如燃气涡轮机、蒸汽涡轮机、和水轮机。总体而言,涡轮机械包括转子,该转子可以是支承涡轮机械叶片的轴或鼓。例如,涡轮机叶片可以沿涡轮机械的转子以级布置。涡轮机械还可以包括多个密封件,以减少或阻断涡轮机的各个部件之间的流(例如,工作流体流)泄漏。例如,涡轮机械可以包括一个或多个端面密封件(face seal),该一个或多个端面密封件被构造成减少或阻断涡轮机械的轴(例如,旋转轴)与壳体之间的流泄漏。遗憾的是,传统的端面密封件可能难以组装并且 / 或者易于受到可能造成早于预期的磨损或性能退化(degradation)的巨大的端面变形的影响。

发明内容

[0005] 在一个实施例中,一种系统包括蒸汽涡轮机以及该蒸汽涡轮机的端面密封件。该端面密封件包括联接到蒸汽涡轮机的转子的转子环和联接到蒸汽涡轮机的静止壳体的定子环(stator ring),其中定子环包括多个垫,该多个垫被构造成从定子环的密封端面延伸并且与转子环相接合。

[0006] 其中,所述多个垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环的密封端面中的相应的凹入部中。

[0007] 其中,所述多个垫中的每一个都通过至少一个相应的弹簧朝向所述转子环偏置(biased),所述至少一个相应的弹簧从所述相应的凹入部延伸至相应的垫。

[0008] 其中,所述多个垫中的每一个的至少一个弹簧联接到所述相应的垫的中心。

[0009] 其中,所述多个垫中的每一个都围绕所述转子环的圆周大致等距地间隔开。

[0010] 在另一个实施例中,一种涡轮机包括转子、围绕转子布置的静止壳体、以及围绕转子布置的端面密封件。该端面密封件包括联接到转子的转子环和联接到静止壳体的定子环,其中定子环包括多个液动力垫(hydrodynamic pad),该多个液动力垫从定子环的密封端面延伸至转子环。

[0011] 其中,所述定子环包括联接到所述静止壳体的支持部分,并且所述定子环被构造成与所述转子环液动力地相接合。

[0012] 其中,所述定子环通过弹簧朝向所述转子环偏置,所述弹簧在所述支持部分与所

述定子环之间延伸。

[0013] 其中,所述多个液动力垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环中的相应的凹部中。

[0014] 其中,所述多个液动力垫中的每一个都通过相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述相应的垫弹簧被布置在所述相应的凹部与所述相应的垫之间。

[0015] 其中,所述多个液动力垫中的每一个都通过四个相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述四个相应的垫弹簧被布置在所述相应的凹部与所述相应的垫之间,其中所述四个相应的垫弹簧中的每一个都被布置在所述相应的垫的拐角处。

[0016] 其中,所述液动力垫中的每一个都包括至少一个液动力表面处理部或微米级长度轮廓。

[0017] 其中,所述多个液动力垫围绕所述定子环的圆周大致等距地间隔开。

[0018] 其中,所述多个液动力垫沿所述定子环等距地大致径向定位。

[0019] 在另一个实施例中,一种系统包括定子环,该定子环被构造成围绕涡轮机的转子布置,其中定子环包括多个液动力垫,该多个液动力垫从定子环的密封端面延伸,其中该多个液动力垫中的每一个都被构造成与转子环液动力地相接合。

[0020] 其中,所述多个液动力垫中的每一个都被布置在形成于所述定子环中的相应的凹入部中。

[0021] 其中,所述液动力垫中的每一个都通过至少一个相应的垫弹簧朝向所述转子环偏置,所述至少一个相应的垫弹簧在所述相应的凹入部与相应的液动力垫之间延伸。

[0022] 其中,所述多个液动力垫中的每一个都包括至少一个液动力表面轮廓或处理部。

[0023] 其中,所述至少一个液动力表面轮廓或处理部包括 Y 形凹槽或螺旋凹槽。

[0024] 其中,所述至少一个相应的垫弹簧包括螺旋弹簧或波纹管弹簧。

附图说明

[0025] 当参照附图阅读下文的详细描述时,本发明的这些和其它的特征、方面、以及优点将变得更好理解,在附图中,相似的附图标记在全部附图中代表相似部件,其中:

[0026] 图 1 是联合循环发电系统的实施例的示意图,该联合循环发电系统内具有燃气涡轮机系统、蒸汽涡轮机、和余热蒸汽发生 (HRSG) 系统:

[0027] 图 2 是蒸汽涡轮机的实施例的局部横截面图,其中示出了该蒸汽涡轮机的端面密封件;

[0028] 图 3 是涡轮机械的局部横截面图,其中示出了该涡轮机械的端面密封件的实施例;

[0029] 图 4 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图,其中示出了该初级密封环的开口环构造;

[0030] 图 5 是涡轮机械的局部横截面图,其中示出了该涡轮机械的端面密封件的实施例;

[0031] 图 6 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图,其中示出了该初级密封环的局部柔性密封垫;

[0032] 图 7 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图,其中示出了该初级密封环的

局部柔性密封垫；

[0033] 图 8 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图，其中示出了该初级密封环的局部柔性密封垫；

[0034] 图 9 是端面密封件的初级密封环的实施例的局部透视图，其中示出了偏置该初级密封环的局部柔性密封垫的弹簧；

[0035] 图 10 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图，其中示出了该初级密封环的局部柔性密封垫的布置；

[0036] 图 11 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图，其中示出了该初级密封环的局部柔性密封垫的布置；

[0037] 图 12 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图，其中示出了该初级密封环的表面特征；以及

[0038] 图 13 是端面密封件的初级密封环的实施例的透视图，其中示出了该初级密封环的表面特征。

具体实施方式

[0039] 本发明的实施例涉及改进的端面密封件，所述端面密封件具有被构造成减少跨过该端面密封件的泄漏并且改进该端面密封件的性能和寿命的特征。如将领会的，端面密封件可以包括主环（例如，静止环），该主环（primary ring）与配合环（例如，旋转环）形成密封关系或界面。例如，主环和配合环可以被构造成减少或阻断跨过端面密封件的工作流体的泄漏。在某些实施例中，主环可以具有带有轴承元件的分开构造，例如滚动界面。更具体地，主环可以包括配合地形成主环的两个或多个节段，并且主环可以包括位于该两个或多个节段之间的一个或多个滚动界面（例如，轴承元件）。例如，一个或多个销或者其它的圆形元件可以在该两个或多个节段彼此抵靠时被布置在该两个或多个节段之间。以下文所描述的方式，位于两个或多个节段之间的轴承元件（例如，滚动界面）使得主环的该两个或多个节段之间能够低摩擦地相对移动（例如，轴向移动）。通过该方式，主环的节段中的每一个都可以实现其自身相对于端面密封件的配合（例如，旋转）环的液动力平衡。此外，主环的滚动界面可以被构造成从主环的节段中的每一个吸收或支承径向压力或负载。

[0040] 在某些实施例中，端面密封件的主环可以包括局部柔性液动力垫（compliant hydrodynamic pads），所述局部柔性液动力垫被构造成与配合环相接合。即，主环的局部柔性液动力垫中的每一个都可以被构造成与配合环形成单独的密封关系。具体而言，液动力垫中的每一个都可以朝向配合环单个偏置（例如，通过联接到主环的弹簧）。通过该方式，液动力垫中的每一个都能够单个地与配合环的动态变化取向相符，由此改进主环与配合环之间的整体密封界面和泄漏阻断。此外，液动力垫可以保证分段的主环以更均匀的方式朝向配合环关闭，以避免主环与配合环之间的翘起（cocking）或部分接触。此外，如下文详细描述，液动力垫中的每一个都可以阻断主环与配合环之间的直接接触，同时还使增大的泄漏间隙减小。

[0041] 应当注意到，在下文的讨论中，可以参考端面密封件的各个部件（例如，主环、配合环、液动力垫等）之间的接触。然而，应当领会，对这种部件之间的接触的参考可以涵盖在这种部件、或者部件的零件之间的非常小的间隙（例如，0.01-0.25mm 间隙），而不是这种

部件之间的实际接触。

[0042] 现在参照附图,图 1 是传统的联合循环系统 10 的实施例的示意性方框图,该联合循环系统具有其中可以使用本发明的端面密封件的多个涡轮机械。具体而言,所述涡轮机械可以包括这样的端面密封件:所述端面密封件可以包括具有滚动界面的分开构造的主环以及/或者具有局部柔性液动力垫的主环。如图所示,联合循环系统 10 包括燃气轮机系统 11,该燃气轮机系统 11 具有压缩机 12、具有燃料喷嘴 16 的燃烧器 14、和燃气轮机 18。燃料喷嘴 16 将液体燃料和/或气体燃料,例如天然气或合成气,引导至燃烧器 14 中。燃烧器 14 点燃并且燃烧燃料-空气混合物,并且随后将热加压燃烧气体 20(例如,排气)通入燃气轮机 18 中。涡轮机叶片 22 联接到转子 24,该转子还联接到遍布联合循环系统 10 的若干个其它的部件,如图所示。例如,涡轮机叶片 22 可以以级布置。换句话说,涡轮机叶片 22 可以在转子 24 的多个轴向位置处围绕转子 24 周向地布置。当燃烧气体 20 通过燃气轮机 18 中的涡轮机叶片 22 时,燃气轮机 18 被驱动至旋转,这造成转子 24 沿旋转轴线 26 旋转。在某些实施例中,燃气轮机 18 可以包括端面密封件,所述端面密封件被构造成减少或阻断燃烧气体 20 跨过涡轮机内的转子-定子间隙的不期望的泄漏。最终,燃烧气体 20 通过排气出口 28(例如,排气管道、排气管、消声器等)离开燃气轮机 18。

[0043] 在图示实施例中,压缩机 12 包括压缩机叶片 30。位于压缩机 12 内的压缩机叶片 30 也联接到转子 24 并且在转子 24 被燃气轮机 18 以上文所描述的方式驱动至旋转时旋转。像涡轮机叶片 22 一样,压缩机叶片 30 也可以以级布置。当压缩机叶片 30 在压缩机 12 内旋转时,压缩机叶片 30 将来自进气部的空气压缩成加压空气 32,该加压空气 32 被引导至燃烧器 14、燃料喷嘴 16、以及联合循环系统 10 的其它部分。此外,压缩机 12 可以包括端面密封件,所述端面密封件被构造成阻断加压空气 32 跨过压缩机内的各个转子-定子间隙的不期望的泄漏。

[0044] 燃料喷嘴 16 将加压空气 32 与燃料混合,以产生合适的燃料-空气混合物,该燃料-空气混合物在燃烧器 14 中燃烧以产生用于驱动涡轮机 18 的燃烧气体 20。此外,转子 24 可以联接到第一负载 34,可以通过转子 24 的旋转向该第一负载 34 提供动力。例如,第一负载 34 可以是可通过联合循环系统 10 的旋转输出产生功率的任何合适的装置(例如发电厂或外部机械负载)。例如,第一负载 34 可以包括发电机、飞机的螺旋桨等。

[0045] 系统 10 还包括蒸汽轮机 36 以用于驱动第二负载 38(例如,通过蒸汽轮机 36 的轴 40 的旋转)。例如,第二负载 38 可以是用于产生电力的发电机。然而,第一负载 34 和第二负载 38 二者可以是能够被燃气轮机系统 11 和蒸汽轮机 36 驱动的其它类型的负载。此外,尽管在所述实施例中,燃气轮机系统 11 和蒸汽轮机 36 驱动单独的负载(例如,第一负载 34 和第二负载 38),但是燃气轮机系统 11 和蒸汽轮机 36 也可以串联地用于通过单个轴来驱动单个负载。

[0046] 系统 10 还包括余热蒸汽发生器(HRSG)系统 42。来自燃气轮机 18 的加热排气 44 被传输至 HRSG 系统 42 中,以加热水,从而产生用于为蒸汽轮机 36 提供动力的蒸汽 46。如将领会的,HRSG 系统 42 可以包括多个节能器、冷凝器、蒸发器、加热器等,以产生和加热用于为蒸汽轮机 36 提供动力的蒸汽 46。HRSG 系统 42 所产生的蒸汽 46 通过蒸汽轮机 36 的涡轮机叶片 48。如上文类似地描述的,蒸汽轮机 36 的涡轮机叶片 48 可以沿轴 40 以级布置,并且蒸汽轮机 36 可以包括端面密封件以阻断蒸汽 46 跨过蒸汽轮机 36 内的各

个转子-定子间隙的不期望的泄漏。当蒸汽 46 通过蒸汽轮机 36 中的涡轮机叶片 48 时,蒸汽轮机 36 的涡轮机叶片 48 被驱动至旋转,这造成轴 40 旋转,由此为第二负载 38 提供动力。

[0047] 在以下讨论中,可以参考多个方向或轴线,例如沿轴线 26 的轴向方向 50、离开轴线 26 的径向方向 52、以及围绕压缩机 12、燃气轮机 18、或蒸汽轮机 36 的轴线 26 的的周向方向 54。此外,如上所述,尽管下文所描述的端面密封件可以与多种涡轮机械(例如,压缩机 12、燃气轮机 18、或蒸汽轮机 36)中的任何一个一起使用,但是以下讨论在蒸汽轮机 36 的背景下描述了有所改进的端面密封件。

[0048] 图 2 是蒸汽轮机 36 的局部横截面图,其中示出了蒸汽轮机 36 内的端面密封件 100 的位置。如上所述,蒸汽轮机 36 可以包括一个或多个端面密封件 100,以用于减少或阻断跨过蒸汽轮机 36 内的多个转子-定子间隙的工作流体(例如,蒸汽 46)的泄漏。

[0049] 在图示实施例中,蒸汽轮机 36 包括外壳(casing)60、内壳(inner shell)62、和围绕蒸汽轮机 36 的轴 40 布置的密封部件 64。如图所示,蒸汽 46 通过入口 66 进入蒸汽轮机 36 到达蒸汽轮机 36 的入口侧 68。如上所述,蒸汽 46 可以驱动涡轮机叶片 48 旋转,由此驱动轴 40 旋转。如图所示,密封部件 64 中的一些形成位于蒸汽轮机 36 的定子部件 70 与蒸汽轮机 36 的轴 40 之间的曲折路径(例如,曲折密封路径)。如将领会的,尽管蒸汽 46 被引向蒸汽轮机 36 内的涡轮机叶片 48,但是一部分蒸汽 46 可以通过蒸汽轮机 36 的泄漏区域 72 泄漏,这可能降低蒸汽轮机 36 的效率。因此,蒸汽轮机 36 还包括端面密封件 100,以阻断或减少蒸汽轮机 36 内的蒸汽 46 流泄漏。

[0050] 图 3 是蒸汽轮机 36 的局部横截面图,其中示出了端面密封件 100 的实施例,该端面密封件 100 被构造成阻断或减少端部填塞(endpacking)区域中从第一区域 102(例如,上游区域)到第二区域 104(例如,下游区域)的蒸汽 46 流泄漏。具体而言,端面密封件 100 包括主环 106(静止环)和配合环 108(转子环)。主环 106 附接至蒸汽轮机 36 的内壳 62 并且仅能够沿轴向方向 50 移动。例如,主环 106 可以通过次级密封件 118 和防转特征 128 附接至静止壳体 110。配合环 108(转子环)可以是轴 40(或转子)的整体部分,或者能够是联接到轴 40 的容易维护的分离部件。此外,配合环 108 通过机械组装固定到蒸汽轮机 36 的轴 40。更具体地,配合环 108 通过第一保持凸缘 112 和第二保持凸缘 114 固定到轴 40。第一保持凸缘 112 和第二保持凸缘 114 配合地将配合环 108 轴向地约束到轴 40。例如,钎焊、焊接、机械紧固件(例如螺栓 116)、摩擦配合、螺纹、或者其它的保持机构可以用于将配合环 108 固定至第一保持凸缘 112 和第二保持凸缘 114 并且将第一保持凸缘 112 和第二保持凸缘 114 固定至轴 40。螺栓 116 相对于轴 40 和凸缘 112 紧固凸缘 114,同时防止旋转环 108 的压缩并且因此防止该旋转环 108 的任何倾斜。当轴 40 被流过涡轮机叶片 48 的蒸汽 46 驱动为旋转时,配合环 108 也将被驱动为旋转。

[0051] 此外,次级密封件 118(例如,环形密封件)被布置在主环 106 与静止壳体 110 之间。通过次级密封件 118 就位,静止壳体 110 与主环 106 之间的泄漏受到限制,同时允许初级密封环 106 轴向地移动离开旋转配合环 108(转子环)或者轴向地移向该旋转配合环 108,以适应由于转子 40 相对于静止壳体 110 的不同的热膨胀、或者由于推力反向而造成的沿轴向方向 50 的任何转子 40 平移。次级密封件 118 直径、或者传统地被称为压力平衡直径被选择成控制主环 106 关闭力(closing force)。类似地,密封件 120 被布置在配合环

108 与第一保持凸缘 112 之间。密封件 118 和 120 是静止密封件。其可以阻断端面密封件 100 与静止壳体 110 和轴 40 之间的蒸汽 46 或其它的工作流体的泄漏。如将领会的,在其它实施例中,端面密封件 100 可以包括其它数量或类型的密封件,以阻断蒸汽涡轮机 36 和端面密封件 100 的各个部件之间的蒸汽 46 或其它工作流体流。

[0052] 如图所示,主环 106 和配合环 108 形成密封界面 122。如上所述,密封界面 122 被构造成减少或阻断蒸汽 46 或其它的工作流体从蒸汽涡轮机 36 的第一区域(高压区域)102(例如上游区域)泄漏到第二区域(低压区域)104(例如下游区域)。存在支持部分 126,在该支持部分 126 中,弹簧 129 被布置在凹入部 130 内并且联接到主环 106 且在主环 106 上施加轴向力。通过该方式,主环 106 可以被朝向端面密封件 100 的配合环 108 偏置,以产生密封界面 122。具体而言,当弹簧 129 在主环 106 上施加偏置力时,主环 106 的端面 132 可以被推向配合环 108 的端面 134。此外,尽管图 3 中所示的实施例示出了被布置在支持部分 126 的一个凹入部 130 内的一个弹簧 129,但是其它的实施例可以包括被布置在围绕支持部分 126 的圆周的相应的凹入部 130 内的多个弹簧 129。类似地,在其它实施例中,每一个凹入部 130 都可以包括多个弹簧 129,该多个弹簧 129 被构造成将主环 106 朝向配合环 108 偏置。

[0053] 当配合环 108 相对于主环 106 自旋时,液动力特征(例如,图 10 至 13 中所描述的凹槽或垫)在界面处(端面 132、134 处)的产生液动压力的薄膜的厚度(主环 106 与配合环 108 之间的间隙)中产生周向梯度并且因此产生保持端面 132 在移动期间不与端面 134 相接触的分力。这在液动打开力大于作用在由主环 106 上的外部压力以及由弹簧 129 所产生的净关闭力时发生。通过选择主环 106 和 / 或配合环 108 的表面特征(凹槽、垫等)、主环 106 和配合环 108 的尺寸以及弹簧 129 弹力,能够获得主环 106 与配合环 108 之间的期望的平衡“跨骑(riding)”间隙。由该平衡跨骑间隙的尺寸来确定蒸汽 / 气体的泄漏体积。如果一些额外的力(例如,由于操作中的热或压力瞬态而造成的瞬态力)造成配合环 108 移向主环 106,则所述间隙减小至平衡值以下。该减小的间隙造成主环 106 与配合环 108 之间的界面处的液动力增大。该增大的液动力抵抗额外的力(例如,由于操作中的热或压力瞬态而造成的瞬态力)并且避免主环 106 与配合环 108 之间的接触,否则将由于该额外力而出现所述接触。就这一点而言,在主环 106 与配合环 108 之间的略小的间隙处重新获得动态平衡。另一方面,如果瞬态扰动使净关闭力减小,则液动力下降至其初始设计值以下并且与该初始设计值相比在主环 106 与配合环 108 之间的略大的间隙处重新获得动态平衡。尽管这种动态非接触操作保持几乎恒定的小间隙,但是该动态非接触操作允许端面密封件 100 在没有机械退化的情况下操作,同时保持非常小的泄漏。如将领会的,主环 106 和配合环 108 的对产生液动压力分布和液动力薄膜刚度负责的表面特征(以及主环 106 和配合环 108 的尺寸和形状以及对产生关闭力负责的弹簧 129)能够被选择成以便实现期望的平衡跨骑间隙尺寸,并且因此实现期望的泄漏特征和非接触操作。

[0054] 如下文详细讨论的,在端面密封件 100 的某些实施例中,主环 106 可以具有分开构造。更具体地,主环 106 可以包括配合地形成主环 106 的两个或多个周向分开或分裂节段。此外,支持部分 126 可以具有分开构造。此外,主环 106 的两个节段之间的接头界面可以包括滚子界面。这样一来,以下文所描述的方式,滚子界面可以使得主环 106 的两个或多个节段之间能够相对轴向移动。通过该方式,端面密封件 100 性能可以得以改进。例如,主环

106 的节段之间的相对轴向移动可以减少或控制端面密封件 100 的不期望的泄漏间隙、改进端面密封件 100 的动态平衡、并且 / 或者在蒸汽轮机 36 操作期间减少端面密封件 100 的多个部件的机械磨损和退化。此外,主环 106 的分开构造可以使得端面密封件 100 能够与较大涡轮机(例如,蒸汽轮机 36)一起使用,原因是分开构造允许端面密封件 100 直接在特定轴向位置处组装而不是必须使端面密封件 100 从转子(轴)40 的一端滑动,后者在较大直径的涡轮机中是不可能的。这是单个柔性开口环设计所提供的主要优点中的一个。

[0055] 图 4 是端面密封件 100 的主环 106 的透视图。具体而言,主环 106 的所述实施例具有分开构造。即,主环 106 周向地分成多个节段。具体而言,在图示实施例中,主环 106 包括第一节段 150 和第二节段 152,并且第一节段 150 和第二节段 152 配合地形成主环 106。换句话说,第一节段 150 和第二节段 152 联结在一起以形成主环 106。具体而言,第一节段 150 和第二节段 152 在接头界面 154 处联结。如下文更详细地描述的,接头界面 154 被构造使得主环 106 的第一节段 150 和第二节段 152 能够通过包括位于接头界面 154 处的滚子构件而相对轴向移动。此外,尽管所述实施例包括第一节段 150 和第二节段 152,但是其它的实施例可以包括周向分开并且配合地形成主环 106 的其它数量的节段(例如,3、4、5、6 或更多)。此外,在某些实施例中,支持部分(backing portion)126 还可以具有分段构造。例如,在所述实施例中,主环 106 的第一节段 150 还包括支持部分 126 的第一节段 158。类似地,主环 106 的第二节段 152 还包括支持部分 126 的第二节段 162。然而,在其它实施例中,支持部分 126 和主环 106 可以均具有不同数量的节段。

[0056] 如上所述,第一节段 150 和第二节段 152 在主环 106 的接头界面 154 处彼此抵靠。节段接头界面 154 的特征在于重叠、台阶形的界面,以减少跨过接头界面 154 的直接泄漏路径。如图所示,每一个接头界面 154 都包括第一接头端面 164、第二接头端面 166、和滚子接头端面 168。具体而言,每一个接头界面 154 的第一接头端面 164 和滚子接头端面 168 彼此沿周向 54 偏置并且大体沿径向 52 方向延伸。此外,每一个接头界面 154 的第二接头端面 166 都沿周向 54 方向在第一接头端面 164 与滚子接头端面 168 之间延伸。这样一来,每一个接头界面 154 都具有大体 L 形构造。换句话说,主环 106 的第一节段 150 和第二节段 152 沿大体 L 形线分开。例如,大体沿径向 52 方向延伸的第一接头端面 164 和大体沿周向 54 方向延伸的第二接头端面 166 联结在一起以形成 L 形。类似地,大体沿周向 54 方向延伸的第二接头端面 166 和大体沿径向 52 方向延伸的滚子接头端面 168 联结在一起以形成 L 形。以下文所描述的方式,主环 106 的第一节段 150 与第二节段 152 之间的接头界面 154 的该 L 形构造在第一节段 150 和第二节段 152 之间提供密封关系,同时使得当组装主环 106 时第一节段 150 与第二节段 152 之间能够相对轴向移动。L 形构造防止从主环 106 的外径的泄漏,原因是沿滚子接头端面 168 的任何潜在泄漏都在第二(例如,竖直)接头端面 166 处被阻断。换句话说,L 形构造产生曲折流动路径,以使得能够减少泄漏。此外,垫片(例如,薄金属垫片)可以沿第一接头端面 164 被放置以进一步减少任何潜在泄漏。

[0057] 如将领会的,在蒸汽轮机 36 操作期间,主环 106 的外径压力(例如,箭头 170 所代表的径向向内的压力)可以大于主环 106 的内径压力(例如,箭头 172 所代表的径向向外的压力)。因此,端面密封件 100 的主环 106 可能经受径向向内的净压力。在不具有用于吸收向内载荷的位于滚子接头端面 168 上的轴承元件 174(滚子销)的情况下,作用在初级密封件 106 上的径向向内的净压力能够造成第一节段 150 和第二节段 152 在每一个接头界

面 154 的第一接头界面 164 和第二接头端面 166 处彼此齐平或抵靠。那些界面之间的接触将防止节段 150 与 152 之间自由的相对轴向移动。因此,第一接头端面 164 和第二接头端面 166 被设计成具有最小间隙,同时由位于滚子接头端面 168 上的滚子销(例如,轴承元件 174)来承载径向向内的净压力负载。在某些实施例中,第一节段 150 和第二节段 152 可以被制造成在第一接头端面 164 和第二接头端面 166 处具有紧密公差(tight tolerance),以使间隙最小化并且改进接头界面 154 的密封。除此之外或备选地,接头界面 154 可以包括被布置在第一接头端面 164 中的密封条,以改进接头界面 154 的密封。第一接头端面 164 与第二接头端面 166 之间的密封有助于阻断蒸汽 46 或其它工作流体跨过端面密封件 100 的节段接头的不期望的泄漏。此外,在所述实施例中,接头界面 154(例如,第一接头端面 164 和第二接头端面 166)围绕主环 106 的竖直轴线 173 的对称取向降低侧向压力失衡。

[0058] 如上所述,主环 106 的接头界面 154 均包括滚子接头端面 168。更具体地,滚子接头端面 168 中的每一个都包括被布置在第一节段 150 与第二节段 152 之间的一个或多个滚子销 174。滚子销 174 的圆柱形状使得滚子接头端面 168 能够承载或转移作用在主环 106 上的径向向内的净压力同时仍然使得主环 106 的第一节段 150 和第二节段 152 相对于彼此轴向(例如,沿方向 50)移动。通过该方式,第一节段 150 和第二节段 152 中的每一个都可以在蒸汽轮机 36 操作期间实现其自身相对于配合环 108 的液动力平衡。更具体地,当第一节段 150 和第二节段 152 自由地彼此独立地轴向移动时,第一节段 150 与第二节段 152 之间的任何相对倾斜都将通过第一节段 150 和第二节段 152 上相应的液动压力(例如,与另一个节段相比,越靠近配合环 108 的节段,其上的液动压力越大)被校正。自校正液动压力可能造成节段相对于另一个节段轴向移动,直到重新获得动态平衡为止。因此,第一节段 150 和第二节段 152 可以在其相对于配合环 108 的相应的平衡位置处操作或“跨骑(ride)”,同时降低第一节段 150 和第二节段 152 与配合环 108 之间摩擦的发生。通过该方式,可以减少端面密封件 100 的机械退化,可以改进端面密封件 100 的寿命,并且可以减少维护。

[0059] 图 5 是端面密封件 100 的实施例的局部横截面图,其中示出了具有局部柔性液动力垫 200 的主环 106。具体而言,局部柔性液动力垫 200 被布置在面向端面密封件 100 的配合环 108 的主环 106 中或者被布置成邻近所述主环 106。即,所述局部柔性液动力垫 200 被布置在主环 106 的凹部或凹入部 202 内。此外,液动力垫 200 均可以通过一个或多个弹簧 204(例如,螺旋弹簧)朝向配合环 108 偏置。因此,液动力垫 200 被构造成与配合环 108 相接合。局部柔性液动力垫 200 的功能中的一个是在主环端面 132 的大部分靠近配合环端面 134 之前与配合环 108 相接合。局部柔性液动力垫 200 还有助于主环 106 与配合环 108 正确地对准。此外,在某些实施例中,液动力垫 200 中的每一个都可以具有微米级长度尺度(length-scale)的轮廓(例如,液动力垫 200 的轴向端面 206 上),该轮廓具有沿每一个液动力垫 200 的周向方向 54 和/或沿每一个液动力垫 200 的径向方向 52 的轴向凹槽深度变化,以在每一个液动力垫 200 上产生液动压力的特定轮廓,从而帮助端面密封件 100 保持非接触操作。类似地,应当注意到,主环密封端面 208 和/或配合环密封端面 210 也可以具有多个轮廓或表面特征,以改进端面密封件 100 的液动力承载(load-bearing)性能,如下文详细讨论的。

[0060] 如上所述,弹簧 204 被布置在主环 106 的相应的凹部或凹入部 202 内。即,当组装端面密封件 100 时,凹入部 202 形成在面向端面密封件 100 的配合环 108 的主环 106 中。

如将领会的,弹簧 204 被设计成允许液动力垫 200 的特定自由度。例如,弹簧 204 可以允许进入和离开主环 106 的平面的第一平移自由度(例如,沿轴向方向 50 移动),沿周向方向 54 摇摆或枢转的第二旋转自由度,和沿径向方向 52 摇摆或枢转的第三旋转自由度。因此,液动力垫 200 可以更好地符合配合环 108 进行取向和/或扭曲。因此,液动力垫 200 可以阻断主环 106 与配合环 108 之间的接触,同时还阻断端面密封件 100 的主环 106 与配合环 108 之间的巨大泄漏间隙的形成。换句话说,液动力垫 200 使得主环 106 能够保持相对于配合环 108 的“液动力锁定”位置。单个凹部弹簧 204 所促进的局部关闭力和单个液动力垫 200 所促进的局部液动打开力帮助主环 106 精确地执行以实现相对于配合环 108 的动态平衡而不与配合环 108 相接触。这能够帮助在操作力试图在主环 106 与配合环 108 之间形成楔形间隙时防止或减少摩擦。在这种事件期间,位于主环 106 上的更靠近配合环 108 的所述垫 200 将倾向于产生较大的液动打开力并且与远离配合环 108 的所述垫 200 相比将相应的局部弹簧 204 更远地压缩到支持部分 126 中。该打开力的径向差异将产生主环 106 的下垂(nutation)并且将试图使楔形间隙平行。端面密封件 100 跨骑在这种平行间隙上的能力降低了摩擦的可能性。通过该方式,主环 106 与配合环 108 之间的摩擦和机械退化可以减少,同时仍然将蒸汽 46 的泄漏保持在非常低的设计值。如将领会的,端面密封件 100 的部件的机械退化的减少可以减少蒸汽轮机 36 停机时间和维护成本并且可以增加端面密封件 100 部件的使用寿命,同时蒸汽 46 泄漏的减少可以改进蒸汽轮机 36 的效率。如上所述,每一个液动力垫 200 的轴向端面 206 可以具有多个轮廓以改进端面密封件 100 的操作。例如,一个或多个液动力垫 200 的端面 206 可以沿旋转方向(例如,沿周向方向 54)具有会聚轮廓(converging profile),以使得当配合环 108 沿一个方向(例如,顺时针)自旋通过该一个或多个液动力垫 200 时能够产生液动力。在其它实施例中,垫 200 能够具有波状轮廓,以使得蒸汽轮机 36 能够双向操作。在另一个实施例中,一个或多个液动力垫 200 的端面 206 可以具有沿径向方向 52 的台阶部,该台阶部相对于蒸汽 46 的径向 52 向内流形成坝部段,以产生将改进液动压力分布的额外的动态压力分量(由于流冲击)。这种特征可以有助于降低多个端面密封件 100 部件的公差要求或需求。应当注意到,主环 106 的密封端面 208 和配合环 108 的密封端面 210 还可以具有多种轮廓或表面特征,以改进端面密封件 100 的液动力承载性能。

[0061] 此外,在不同的实施例中,偏置(biasing)每一个液动力垫 200 的弹簧 204 的数量和弹簧 204 相对于相应的液动力垫 200 的位置可以发生变化。例如,在所述实施例中,液动力垫 200 通过大体联接到液动力垫 200 的中心的一个弹簧 204 朝向配合环 108 偏置。在其它实施例中,每一个液动力垫 200 都可以具有使液动力垫 200 朝向配合环 108 偏置的多个弹簧 204。例如,每一个液动力垫 200 通过四个弹簧 204 朝向配合环 108 偏置,其中每个弹簧 204 联接到液动力垫 200 的相应的拐角(见图 8)。又例如,在某些实施例中,每一个液动力垫 200 都可以包括联接到液动力垫 200 的一个弹簧 204,该弹簧偏移离开液动力垫 200 的中心(例如,沿径向 52 向内或沿径向 52 向外)。能够代替图示的螺旋弹簧使用板簧。

[0062] 图 6 和图 7 是端面密封件 100 的主环 106 的实施例的透视图,其中示出了主环 106 的局部柔性液动力垫 200。如上所述,局部柔性液动力垫 200 中的每一个都可以由一个或多个弹簧 204 支承。因此,液动力垫 200 中的每一个都能够单个移动(例如,无论其它的液动力垫 200 如何)进入和离开主环 106 的平面。通过该方式,液动力垫 200 中的每一个都可

以符合由于热、压力驱动和 / 或瞬态力而产生的配合环 108 的动态变化取向。

[0063] 在所述实施例中,主环 106 包括沿周向方向 54 围绕主环 106 基本等距地间隔开的六个局部柔性液动力垫 200。然而,在其它实施例中,主环 106 可以包括其它数量的液动力垫 200 和 / 或以其它构造布置的液动力垫 200,如下文所讨论的。例如,在所述实施例中,液动力垫 200 具有在径向方向 52 上沿主环 106 的基本类似的位置。然而,在其它实施例中,液动力垫 200 可以沿径向 52 交错。例如,一个液动力垫 200 可以具有第一径向 52 位置,并且相邻的液动力垫 200 可以具有第二径向 52 位置,由此产生沿周向 54 的围绕主环 106 的交错布置。

[0064] 此外,所述的主环 106 的实施例包括第一节段 150 和第二节段 152,如上文参照图 4 类似地描述的。此外,主环 106 的接头界面 154 包括滚子销 174,以使得第一节段和第二节段能够相对沿轴向 50 移动。然而,应当注意到,主环 106 的其它实施例可以包括局部柔性液动力垫 200 而不是分段构造。类似地,在其它实施例中,主环 106 可以包括分段构造而不是上文所描述的局部柔性液动力垫 200。

[0065] 图 8 和图 9 是端面密封件 100 的主环 106 的其它实施例的透视图,其中示出了主环 106 的局部柔性液动力垫 200。具体而言,图 8 示出了具有局部柔性液动力垫 200 的主环 106,其中每一个局部柔性液动力垫 200 通过位于切过主环 106 的端面的相应的凹入部 202 内的四个弹簧 204 朝向配合环 108 偏置。如图所示,每一个凹入部 202 都包括位于凹入部 202 的四个拐角中的每一个中的一个弹簧 204。这种布置提供单独调整位于垫 200 的四个拐角处的弹簧 204 刚度的能力,以便提供期望的力矩特性,从而校正主环 106 中的任何倾斜偏置。例如,通过增大位于顶部拐角处的弹簧 204 的刚度,能够使得靠近垫 200 的外径的区域相对于内径处柔性较小,从而使得垫 200 的内径处的流体薄膜厚度比外径处局部更高,以便补偿造成内径薄膜厚度比外径薄膜厚度小的任何产生倾斜的操作现象。在所述实施例中,弹簧 204 是螺旋弹簧,然而,在其它实施例中,弹簧 204 可以是其它类型的弹簧,例如板簧或梁。图 9 示出了具有局部柔性液动力密封件 200 的主环 106 的实施例,其中局部柔性液动力密封件 200 中的每一个都通过被布置在主环 106 的相应的凹入部 202 内的相应的波纹管弹簧 300 偏置。通过选择波纹管的厚度、波纹管匝之间的间距和匝数,能够实现期望的力和所述垫的柔性机构的结构力矩特性,以抵抗试图使密封件的液动力性能不稳定的任何气动力矩(例如由于风阻)。尽管在所述实施例中,每一个局部柔性液动力密封件 200 都通过一根波纹管弹簧 300 偏置,但是其它实施例可以包括其它数量的波纹管弹簧 300。

[0066] 图 10 和图 11 是端面密封件 100 的主环 106 的其它实施例的透视图,其中示出了主环 106 的局部柔性液动力垫 200 的另一种布置。具体而言,在图 10 和图 11 中,主环 106 包括局部柔性液动力垫 200 的第一径向向内组 310、和局部柔性液动力垫 200 的第二径向向外组 312。此外,局部柔性液动力垫的第一径向向内组 310 和第二径向向外组 312 相对于彼此围绕主环 106 周向 54 交错。然而,在其它实施例中,第一径向向内组 310 和第二径向向外组 312 不相对于彼此周向交错。此外,如将领会的,第一径向向内组 310 和第二径向向外组 312 可以具有相同或不同数量的局部柔性液动力垫 200。此外,在图 11 中,局部柔性液动力垫 200 的第二径向向外组 312 中的每一个都包括表面处理部 314。具体而言,局部柔性液动力垫 200 中第二径向向外组 312 中的每一个都包括位于每一个液动力垫 200 的相应端面 206 上的微米级长度尺度轮廓或凹槽 314。如将领会的,每一个液动力垫 200 的相应端

面 206 上的微米级尺度轮廓或凹槽 314 可以产生朝向主环 106 的内径 316 的额外压力,因此提供额外的液动力分离力以保持主环 106 不与配合环 108 相接触。

[0067] 图 12 和图 13 是端面密封件 100 的主环 106 的其它实施例的透视图,其中示出了形成于主环 106 的密封端面 208 上的多个表面处理部或特征。例如,在图 12 中,主环 106 的密封端面 208 包括凹槽 320 (例如,螺旋凹槽),所述凹槽 320 从密封端面 208 的外径 322 朝向内径 324 延伸。如将领会的,凹槽 320 可以是朝向密封端面 208 的内径 324 延伸但是不一直延伸至该内径的形成在密封端面 208 中的凹入部。相反,每一个凹槽 320 都具有坝部分 326。这样一来,蒸汽 46 或其它气体可以在蒸汽涡轮机 36 操作期间从外径侧进入凹槽 320 并且流过凹槽,朝向每一个凹槽 320 的坝部分 326 沿凹槽的弯曲部加速并且最终冲击坝部分 326,因此产生动态压力升高以便提供液动力分离力。通过该方式,凹槽 320 使得能够产生朝向主环 106 的内径 324 的额外的压力。在图 13 中,主环 106 的密封端面 208 包括 Y 形凹槽 330。如图所示,每一个 Y 形凹槽 330 都起始于干部分 332 从密封端面 208 的中间部朝向外径 322 和内径 324 二者延伸,以形成在到达内径和外径之前终止的 Y 形凹槽 330。当蒸汽 46 或其它气体通过孔 334 被供给到 Y 形凹槽 330 中。Y 形凹槽 330 同时朝向外径 322 和内径 324 二者泵送流体,以在靠近主环 106 的外径 322 或内径 324 的区域中产生液动压力。通过凹槽的这种 Y 形构造,Y 形的外部分支和内部分支提供所需的自校正液动力,以跟随配合环密封端面 210 的任何圆锥度。

[0068] 如将领会的,上文所讨论的实施例中的特征(例如,表面处理部和/或轮廓)中的每一个都可以单个地或以与彼此的任何组合作为端面密封件 100 的不同部件中的一个或多个的一部分被包括。例如,在图 12 和图 13 中被示为位于初级密封端面 208 上的液动力特征能够被应用于配合环密封端面 210,而初级密封端面 208 是毛坯平坦表面。此外,本领域普通技术人员将领会,上文所讨论的多个布置、表面处理部、和其它特征可以具有其它构造,这被认为属于本发明的范围内。

[0069] 本书面描述使用例子对本发明进行了公开(其中包括最佳模式),并且还使本领域技术人员能够实施本发明(其中包括制造和使用任何装置或系统并且执行所包含的任何方法)。本发明的可专利范围由权利要求限定,并且可以包括本领域技术人员能够想到的其它的例子。如果这种其它的例子具有与权利要求的字面语言没有区别的结构元件,或者如果这种其它的例子包括与权利要求的字面语言没有实质区别的等同结构元件,则期望这种其它的例子落入权利要求的范围内。

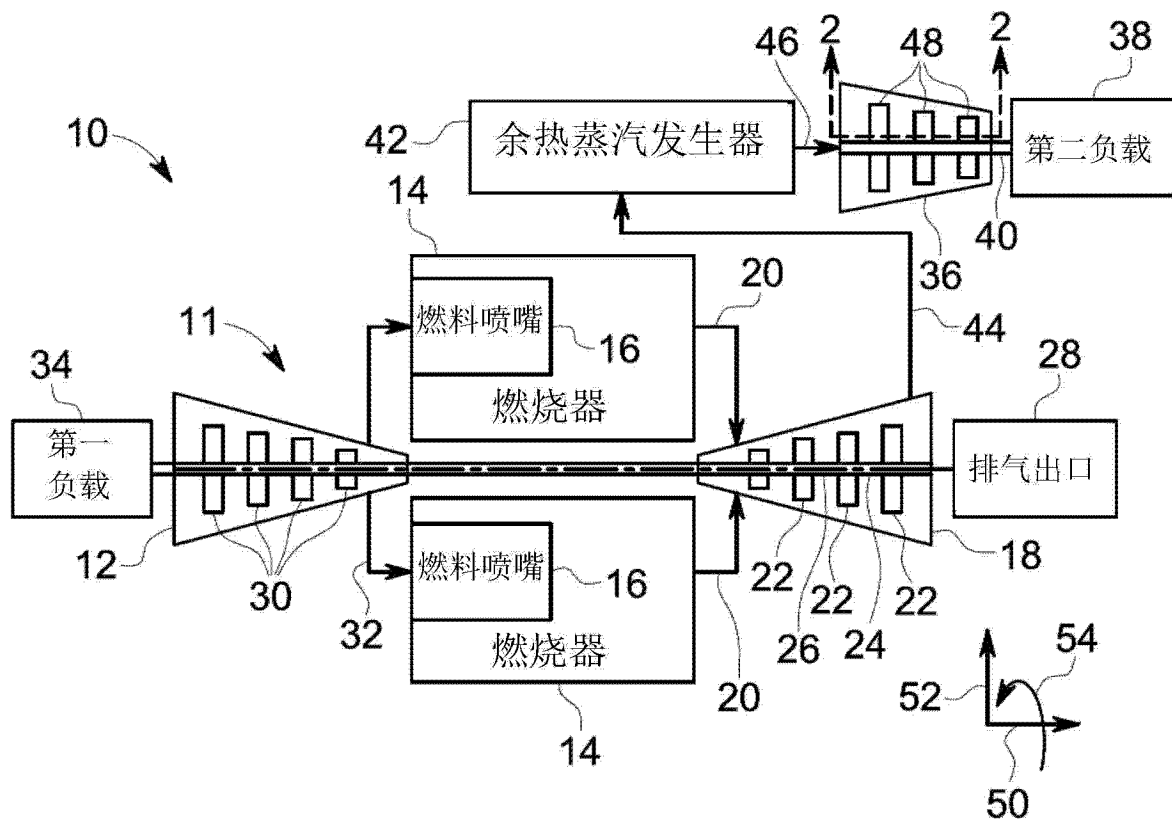


图 1

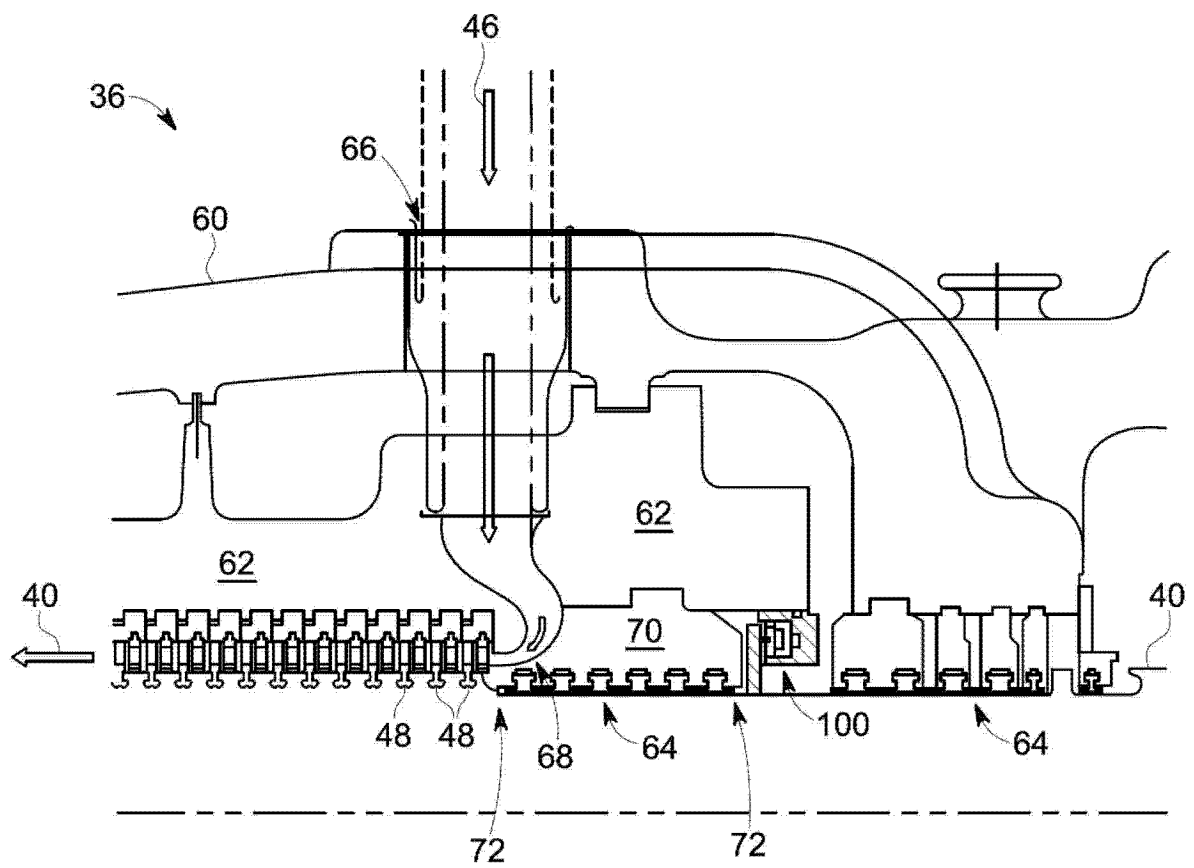


图 2

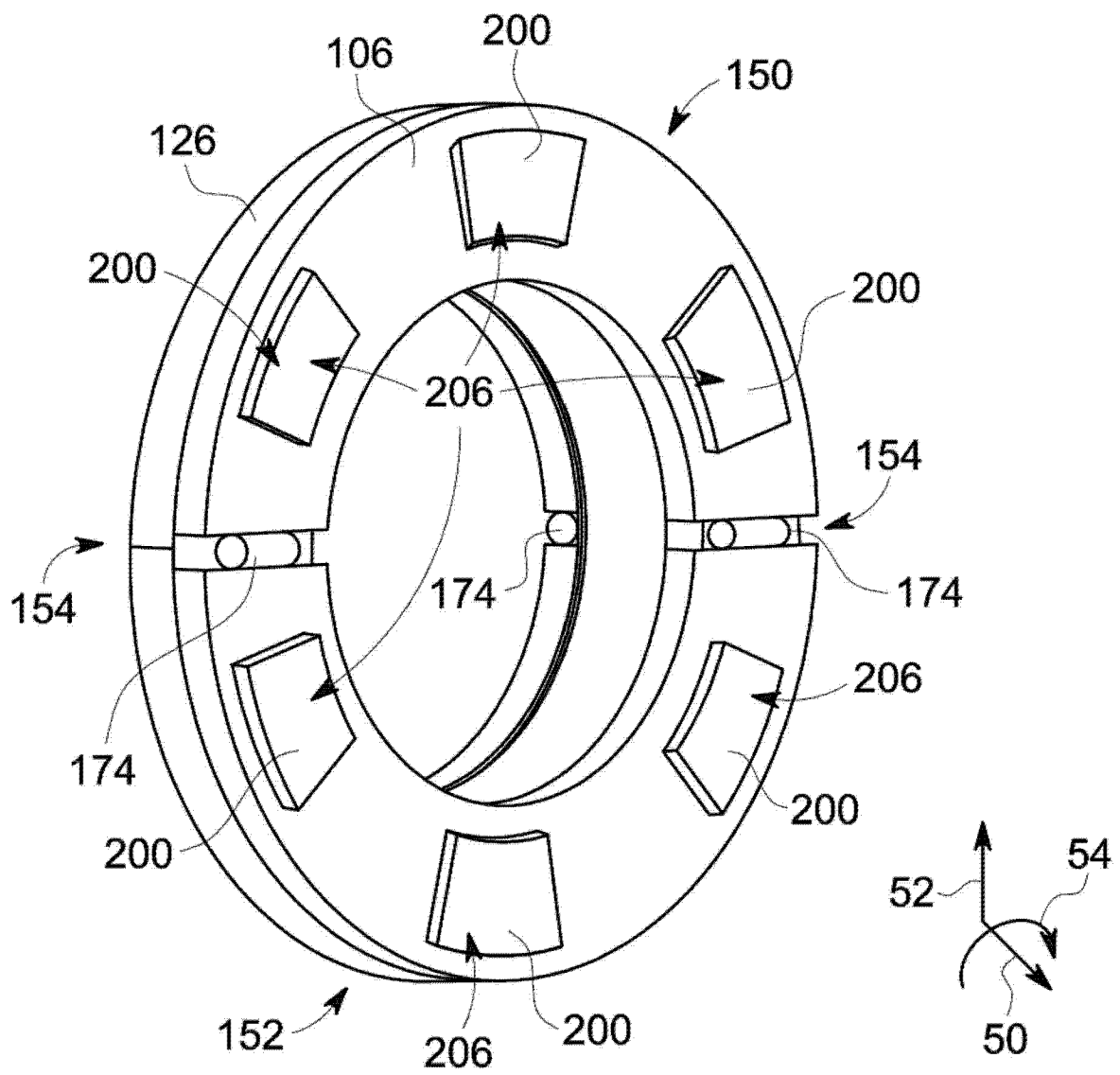


图 6

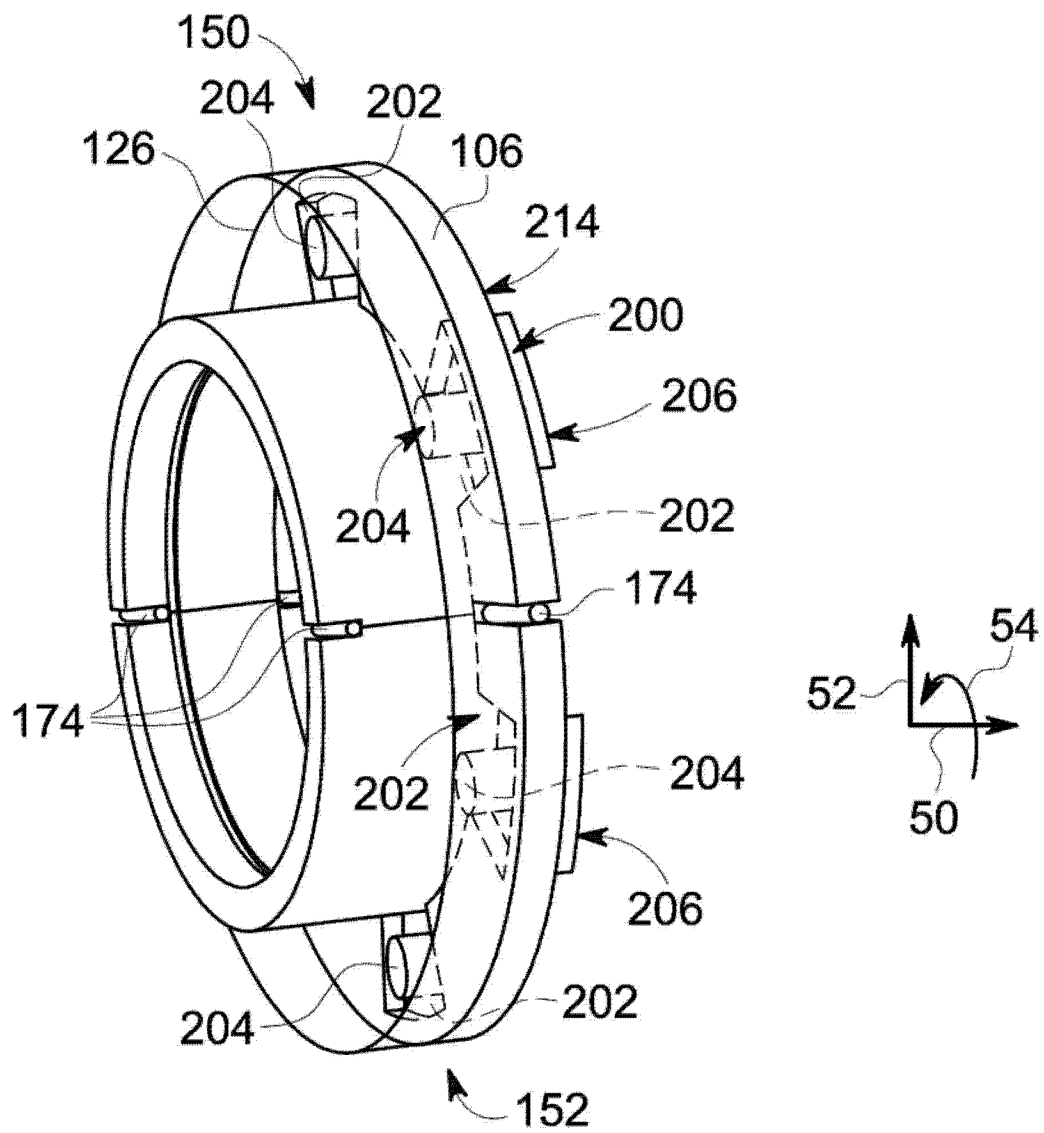


图 7

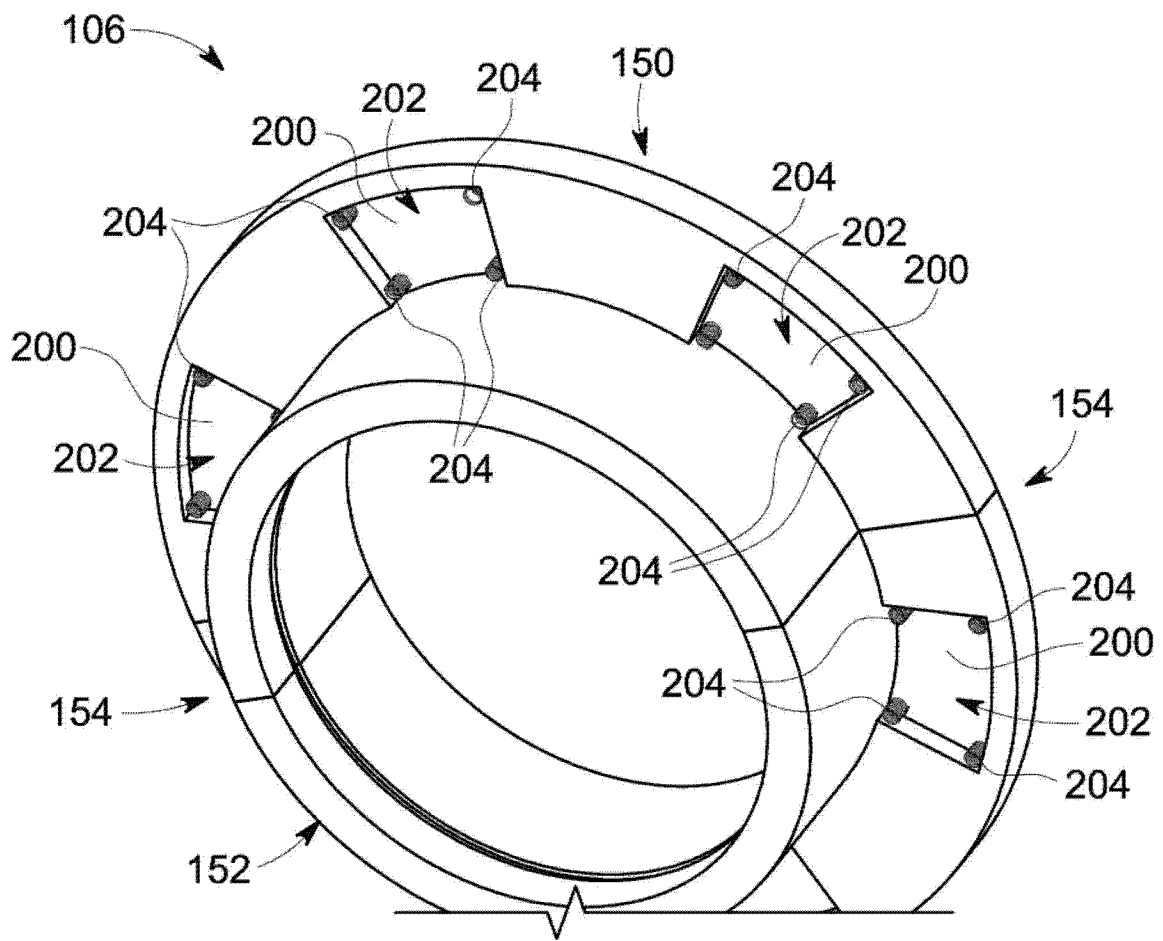


图 8

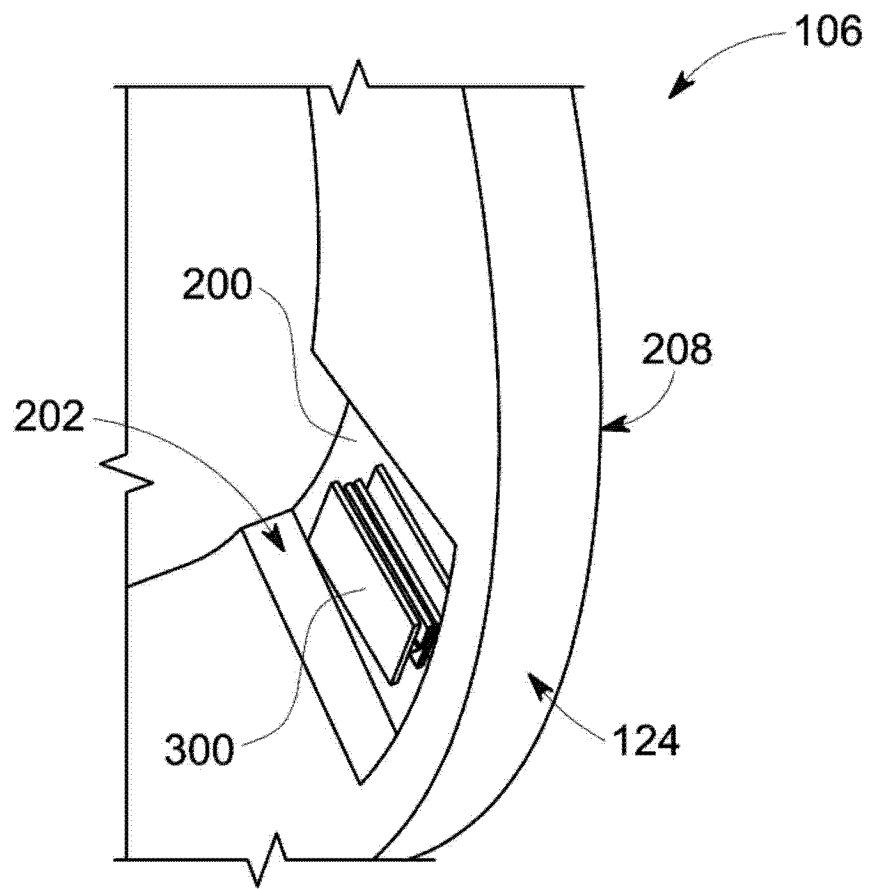


图 9

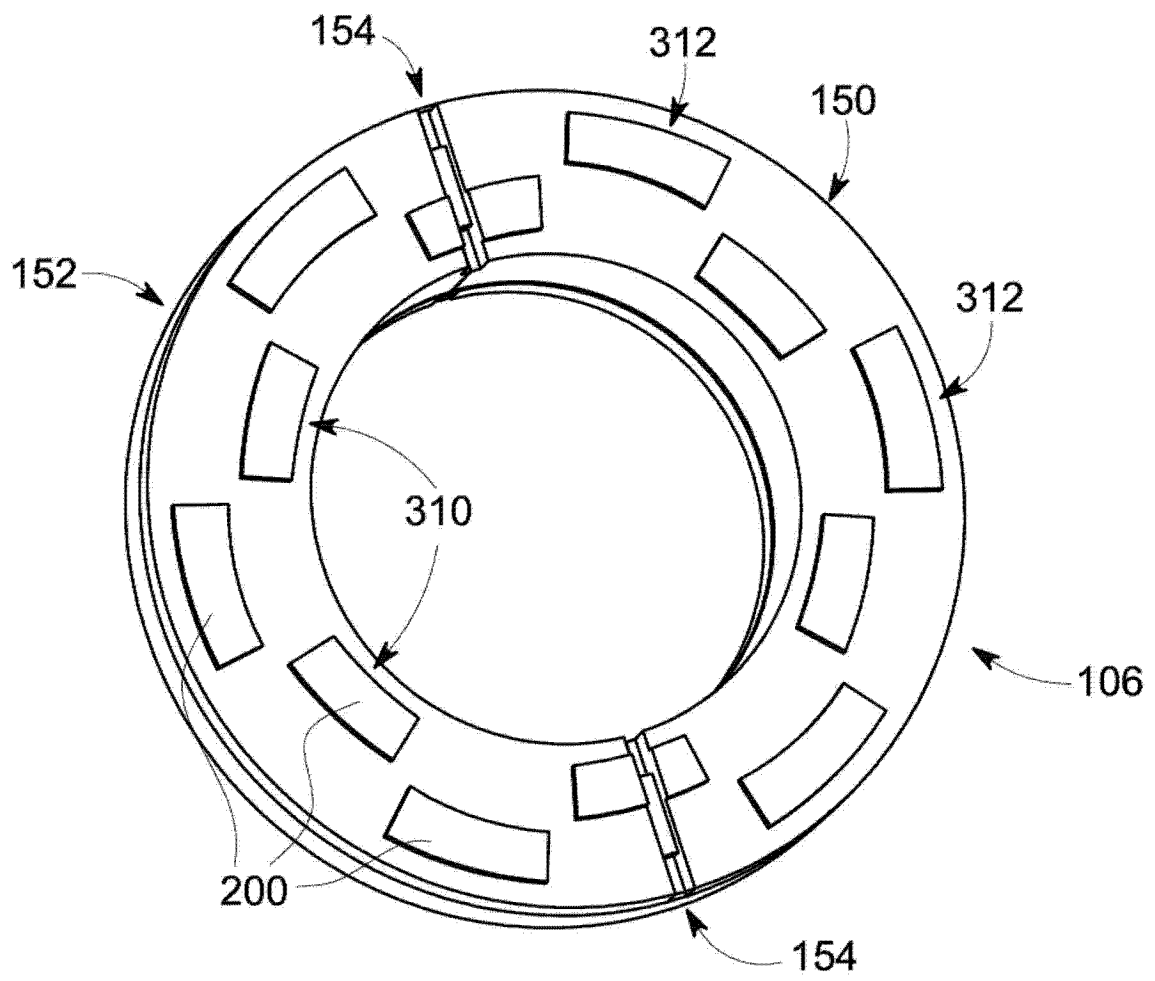


图 10

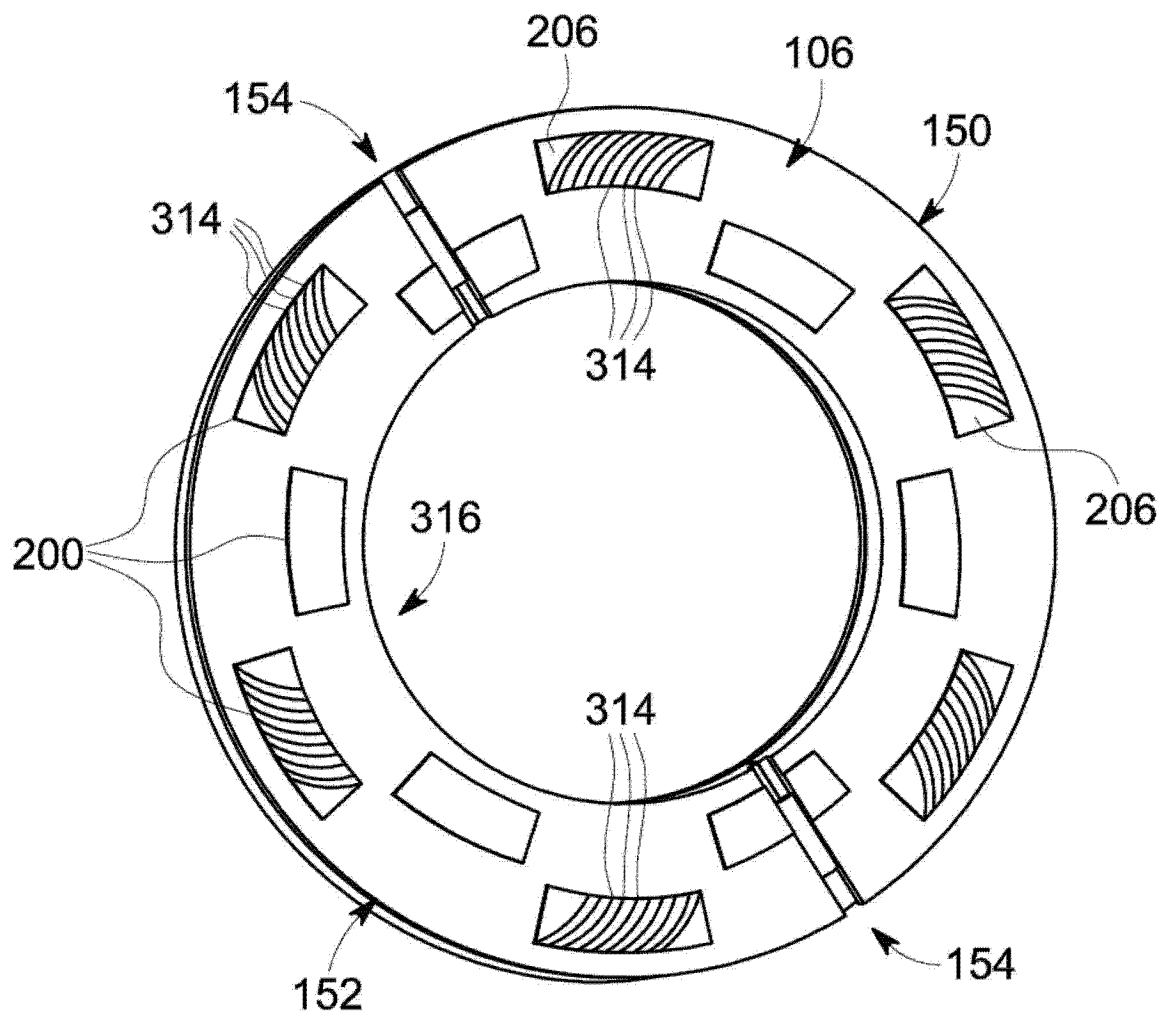


图 11

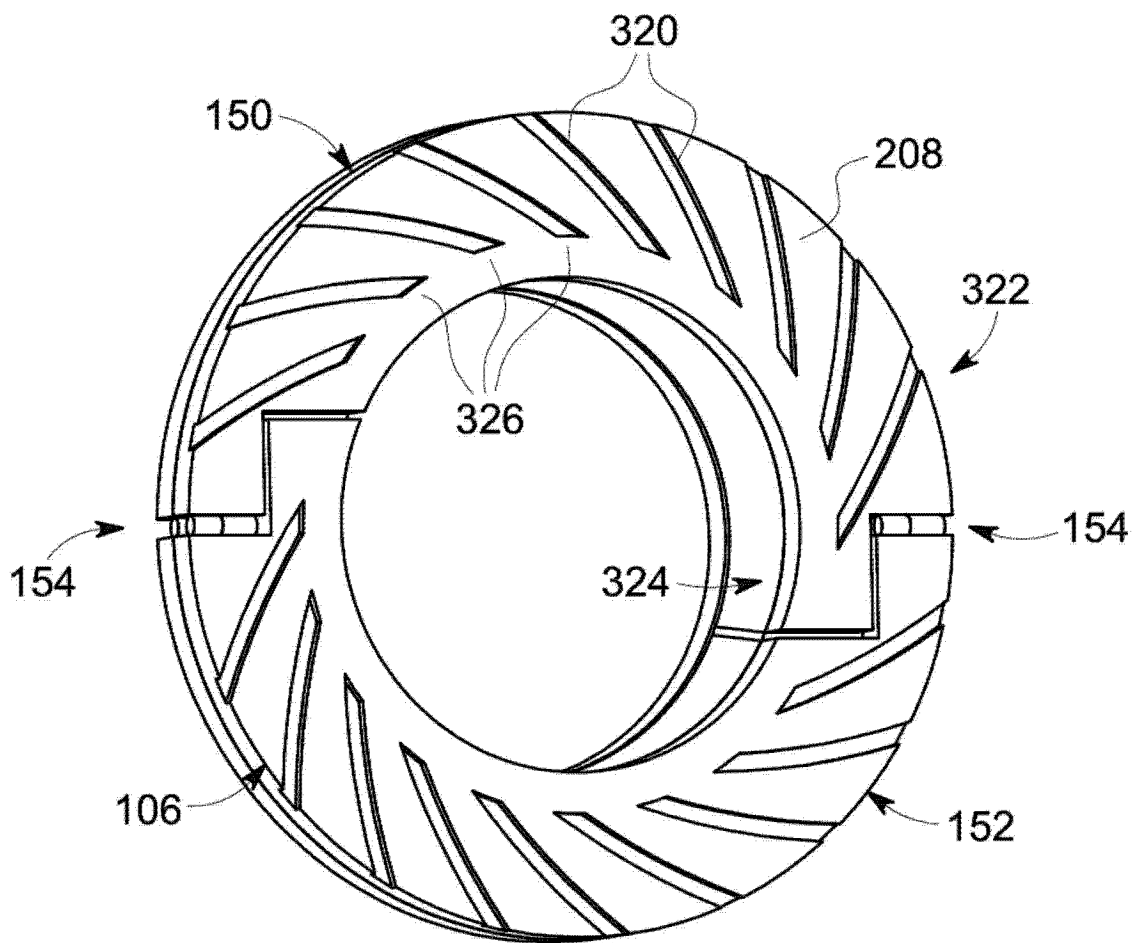


图 12

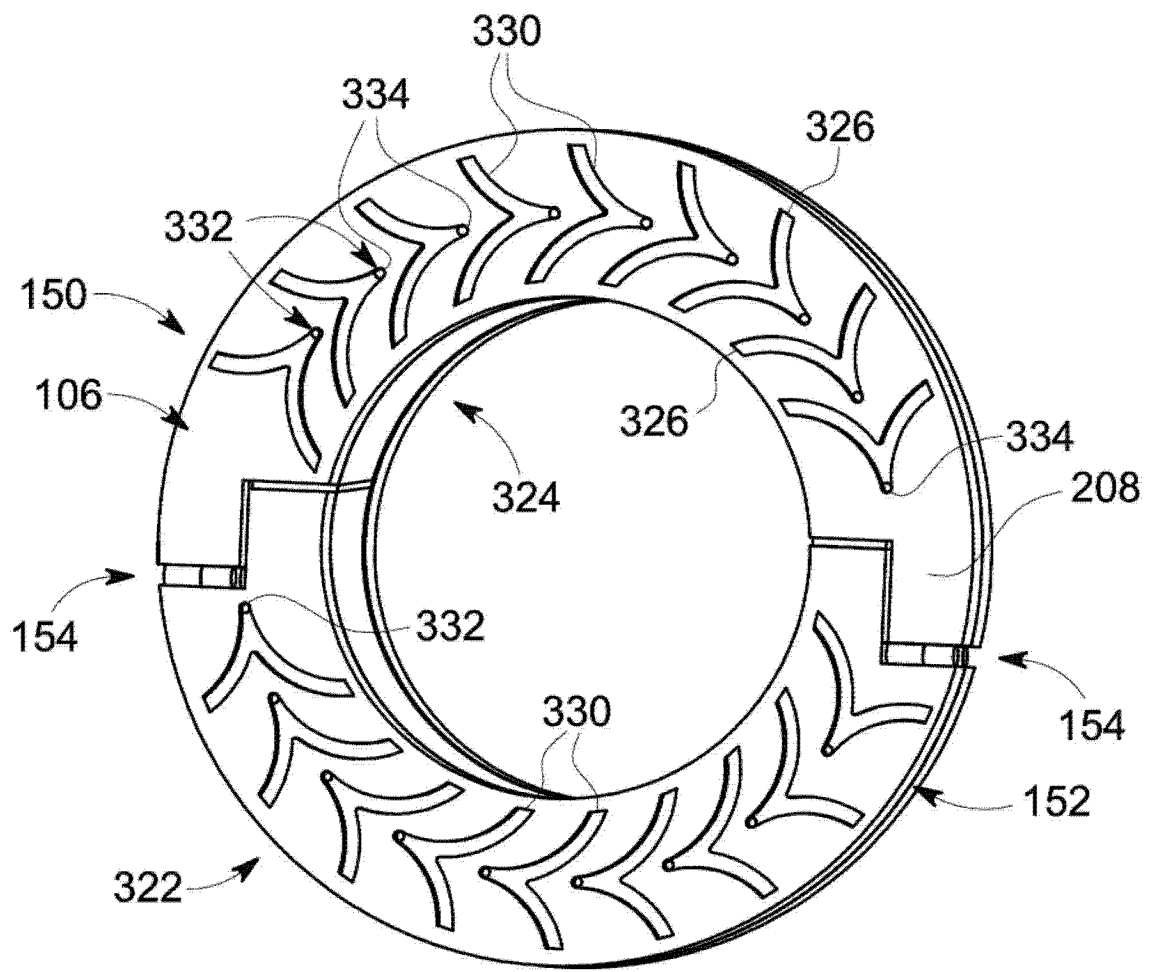


图 13