



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105874247 B

(45)授权公告日 2019.04.12

(21)申请号 201580003534.2

(72)发明人 尾崎昂平 上原秀和 西本慎

(22)申请日 2015.01.27

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司 11219

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105874247 A

代理人 赵晶 高培培

(43)申请公布日 2016.08.17

(51)Int.Cl.

F16J 15/22(2006.01)

(30)优先权数据

F01D 11/02(2006.01)

2014-013442 2014.01.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.06.30

(56)对比文件

US 2013170965 A1, 2013.07.04, 说明书第0017-0035段、附图1-7.

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2013154199 A1, 2013.06.20, 说明书第

PCT/JP2015/052143 2015.01.27

0018-0025段、附图1-4.

(87)PCT国际申请的公布数据

审查员 丁芳芳

W02015/115400 JA 2015.08.06

(73)专利权人 三菱重工业株式会社

权利要求书1页 说明书7页 附图4页

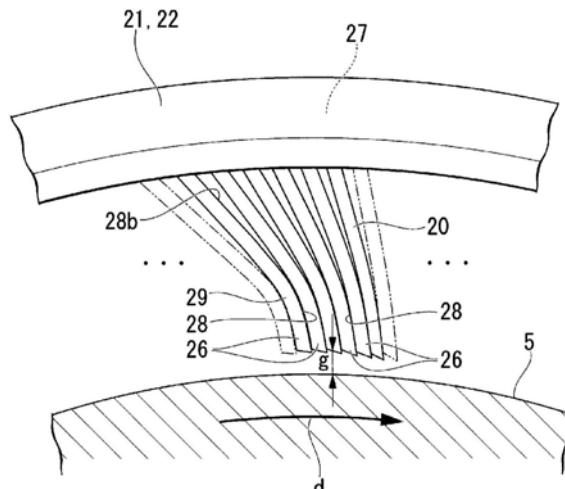
地址 日本东京都

(54)发明名称

轴密封装置及旋转机械

(57)摘要

旋转机械(100)具备：绕轴线旋转的转子(5)；与转子(5)的外周面相对地配置的密封外壳(30)；及从密封外壳(30)朝向径向内侧延伸且具有沿周向层叠多个的薄板(20)的密封体(10)，具备密封体(10)，多个薄板(20)中的一个薄板(20)具有在与转子(5)未接触的状态下与旋转方向前后方向侧的其他的薄板(20)进行接触的形状。



1. 一种轴密封装置，由外壳和密封体构成，该外壳与绕着轴线旋转的转子的外周面相对地配置，该密封体从所述外壳朝向所述转子径向内侧延伸且沿着所述转子的周向层叠有多个薄板而形成，其中，

所述轴密封装置具有：

接触部，由所述薄板与所述转子旋转方向前后方向的其他的薄板面接触且包含所述径向内侧的端部的区域形成；

非接触部，由该接触部的径向外侧的区域形成且与所述其他的薄板成为非接触；及

施力构件，设置在所述密封体与所述外壳之间且对所述密封体向所述径向外侧施力，

在所述转子停止时，所述多个薄板以随着从所述转子的旋转方向后方侧朝向前方侧而与该转子的所述外周面所成的角度逐渐变大的方式排列，由此从所述转子的周向相互挤压而与旋转方向前后方向的其他的薄板进行面接触，并且所述施力构件将所述密封体施力成所述薄板与所述转子不接触的状态，

在所述转子停止时，在所述薄板上，在所述接触部的外周侧通过弹性变形而形成弯曲部，

在所述接触部的外周侧，所述薄板相互分离。

2. 根据权利要求1所述的轴密封装置，其中，

将该薄板夹于之间而在低压侧及高压侧分别设置低压侧侧板及高压侧侧板，薄板从所述低压侧侧板的露出大于高压侧。

3. 一种旋转机械，具备权利要求1或2所述的轴密封装置。

## 轴密封装置及旋转机械

### 技术领域

[0001] 本发明涉及轴密封装置及旋转机械。

### 背景技术

[0002] 通常，在燃气轮机或蒸汽涡轮等旋转机械中，为了防止工作流体通过在静止侧与旋转侧之间形成的环状的间隙而从高压侧朝向低压侧的漏泄，而使用轴密封装置。作为这样的轴密封装置的一个，非接触型的迷宫密封可以广泛地使用。然而，这样的非接触型的迷宫密封需要构成为即便是旋转过渡期(起动、停止时)的轴振动、热过渡性的热变形时也使密封翅片的前端不会接触。因此，需要将密封翅片前端的间隙(密封间隙)增大一定程度。另一方面，若密封间隙过大，则会产生工作流体的漏泄。

[0003] 作为降低这样的工作流体的漏泄的技术，例如专利文献1公开了轴密封装置。该轴密封装置具备将在转子的轴向上具有规定的宽度尺寸的平板状的薄板沿着转子的周向配置多层的密封体。

[0004] 在该密封装置中，在转子停止时，薄板的内周侧端部与转子接触。另一方面，在转子旋转时，由于动压效果而浮起效果作用于薄板，薄板的内周侧端部从转子浮起。由此，在转子旋转时，薄板与转子一边保持最低限度的间隙，一边成为非接触状态。

[0005] 【在先技术文献】

[0006] 【专利文献】

[0007] 【专利文献1】日本特开2013-104562号公报

### 发明内容

[0008] 【发明要解决的课题】

[0009] 然而，在专利文献1公开的轴密封装置中，由于在相邻的多个薄板彼此之间形成间隙，因此在转子运转时，薄板的内周侧端部可能会引起颤振。

[0010] 本发明考虑到上述的情况而作出，其目的在于提供一种能够抑制颤振的旋转机械。

[0011] 【用于解决课题的方案】

[0012] 根据本发明的第一方案，轴密封装置由外壳和密封体构成，该外壳与绕着轴线旋转的转子的外周面相对地配置，该密封体从外壳朝向转子径向内侧延伸且沿着转子周向层叠有多个薄板而成，其中，所述轴密封装置具有：接触部，由薄板与转子旋转方向前后方向的其他的薄板面接触且包含所述径向内侧的端部的区域形成；非接触部，由该接触部的径向外侧的区域形成且与所述其他的薄板成为非接触；及施力构件，设置在所述密封体与所述外壳之间且对所述密封体向所述径向外侧施力，在所述转子停止时，所述多个薄板以随着从所述转子的旋转方向后方侧朝向前方侧而与该转子的所述外周面所成的角度逐渐变大的方式排列，由此从所述转子的周向相互挤压。

[0013] 根据上述结构，在转子的运转状态下，通过彼此相邻的薄板的前端部彼此进行面

接触来限制这些薄板的动作。

[0014] 此外,根据上述结构,在转子处于运转状态时,由施力构件产生的力与作用于薄板的浮起力均衡,因此能够稳定地得到密封效果。

[0015] 根据本发明的第二方案,在上述第一方案的轴密封装置中,也可以是,将薄板夹于之间而在低压侧及高压侧分别设置低压侧侧板及高压侧侧板,薄板从所述低压侧侧板的露出大于高压侧。

[0016] 根据上述结构,能够使轴密封装置的高压侧的露出比低压侧小。

[0017] 根据本发明的第三方案,在上述任一方案的轴密封装置中,也可以构成为,薄板在与转子未接触的状态下与旋转方向前后方向的其他的薄板进行面接触。

[0018] 根据上述结构,由于彼此相邻的多个薄板彼此进行面接触,因此即使在转子的起动或停止时等转速低的状态下,也能够得到高的密封效果。

[0019] 此外,本发明的第四方案的旋转机械具备上述第三方案的轴密封装置。

[0020] 根据上述结构,能够得到具有高密封效果且具有长耐用年数的旋转机械。

### 【发明效果】

[0022] 根据上述的轴密封装置及旋转机械,能够抑制运转状态的转子的颤振的发生。

## 附图说明

[0023] 图1是本发明的各实施方式的燃气轮机(旋转机械)的概略构成图。

[0024] 图2是本发明的第一实施方式的密封体的从旋转机械的轴向观察到的概略构成图。

[0025] 图3是本发明的第一实施方式的密封体的周向剖视图。

[0026] 图4是本发明的第一实施方式的密封体的主要部分放大图。

[0027] 图5A是表示本发明的第一实施方式的密封体的压力分布的图。

[0028] 图5B是表示本发明的第一实施方式的密封体的压力分布的图。

[0029] 图6是本发明的第二实施方式的密封体的周向剖视图。

## 具体实施方式

### (第一实施方式)

[0031] 以下,参照附图,详细说明本发明的第一实施方式。需要说明的是,在本实施方式中,示出将密封体10应用于燃气轮机(旋转机械)1的例子。图1是本实施方式的燃气轮机1的概略构成图。

[0032] 图1所示的燃气轮机1具有:将大量的空气取入到内部并进行压缩的压缩机2;向由压缩机2压缩后的空气混合燃料并使其燃烧的燃烧器3;将由燃烧器3产生的燃烧气体导入其内部并将燃烧气体的热能转换成旋转能量而进行转动的涡轮4;及将该涡轮4转动的动力的一部分向压缩机2传递而使压缩机2转动的转子5。

[0033] 涡轮4通过向设于转子5的动叶片7吹附燃烧气体而将燃烧气体的热能转换成机械性的旋转能量,由此产生动力。在涡轮4上,除了转子5侧的多个动叶片7之外,在涡轮4的壳体8侧还设有多个静叶片6。这些动叶片7和静叶片6沿着转子5的轴向交替排列。

[0034] 动叶片7受到沿轴向流动的燃烧气体的压力而使转子5绕轴线旋转。向转子5施加

的旋转能量从轴端取出而被利用。在静叶片6与转子5之间，作为用于降低从高压侧向低压侧泄漏的燃烧气体的泄漏量的轴密封件，而设置有密封体10。

[0035] 压缩机2通过转子5而与涡轮4同轴地连接。由此，压缩机2利用涡轮4的旋转对外部气体进行压缩而生成压缩空气。该压缩空气向燃烧器3供给。与涡轮4同样，在压缩机2中，也是在转子5设有多个动叶片7，在压缩机2的壳体8侧设有多个静叶片6。这些动叶片7和静叶片6沿着转子5的轴向交替排列。此外，在静叶片6与转子5之间也设有密封体10。该密封体10为了降低从高压侧向低压侧泄漏的压缩空气的泄漏量而设置。此外，在压缩机2的壳体8对转子5进行支承的轴承部9a、及涡轮4的壳体8对转子5进行支承的轴承部8a也设有用于防止压缩空气或燃烧气体从高压侧向低压侧泄漏的密封体10。

[0036] 在此，本实施方式的密封体10没有限定为向燃气轮机1的适用。在例如蒸汽涡轮、压缩机、水车、制冷机、泵等大型流体机械那样利用轴的旋转和流体的流动而将能量转换为做功的全部旋转机械中能够广泛地采用。此外，密封体10也可为了抑制转子5的轴向的流体的流动而使用。

[0037] 接下来，参照附图说明在如上所述构成的燃气轮机1上设置的密封体10的结构。图2是从转子5的轴向观察到的密封体10的概略构成图。该密封体10具有沿着转子5的周向呈环状地配置的圆弧状的多个(在本实施方式中为8个)轴密封装置11。在这样配置的相邻的轴密封装置11的周向端部12、12之间形成有间隙t。

[0038] 关于各轴密封装置11的结构，参照图3进行说明。图3是包含转子5的轴线的截面的轴密封装置11的剖视构成图。各轴密封装置11向外壳30(相当于静叶片6、动叶片7及轴承部8a、9a)插入，为了防止转子5与外壳30之间的环状空间中的工作流体的泄漏而设置。

[0039] 轴密封装置11具备多个薄板20、保持环21、22、高压侧侧板23、低压侧侧板24。薄板20是沿着转子5的周向相互空出微小间隔而多重地排列的金属制的构件。保持环21、22以在薄板20的外周侧基端27从两侧夹持薄板20的方式构成。保持环21、22的周向上的截面形成大致C字型。高压侧侧板23由薄板20的与高压侧区域相对的一方的边缘和保持环21夹持。此外，低压侧侧板24由薄板20的与低压侧区域相对的另一方的边缘和保持环22夹持。

[0040] 在如上所述构成的密封体10中，薄板20由如下所述的薄钢板构成，所述薄钢板是通过形成为内周侧的宽度(转子5的轴向的宽度)比外周侧基端27的宽度(转子5的轴向的宽度)窄而呈大致T字型的薄钢板。在其两方的侧缘，在其宽度变窄的位置形成有切口部20a、20b。

[0041] 薄板20沿着转子5的周向(旋转方向d)层叠多个。此外，相邻的多个薄板20在外周侧基端27例如利用焊接而相互固定连结。

[0042] 薄板20在转子5的周向上具有基于板厚的规定的刚性。此外，以使薄板20与相对于转子5的旋转方向的转子5的周面所成的角成为锐角的方式固定于保持环21、22。

[0043] 关于薄板20的配置，参照图4更详细地说明。如图4所示，薄板20在各轴密封装置11内，以随着从转子5的旋转方向d后方侧朝向前方侧而与转子5的周面所成的角逐渐变大(成为钝角)的方式排列。

[0044] 在薄板20的转子5侧的端部即内周侧端部26与转子5之间形成微小的间隙g，以防止涡轮的过渡变化(温度/压力)中的片的向转子的接触。

[0045] 此外，相邻的多个薄板20在转子5的旋转方向d前后方向上，在内周侧端部26的附

近相互进行面接触,形成接触部28。换言之,在包括薄板20的径向内侧的端部的区域中,薄板20相互接触而形成接触部28。另一方面,在接触部28的外周侧,薄板20相互分离而形成非接触部28b。在此,非接触部28b是指相互分离的区域中的薄板20表面上的区域。

[0046] 薄板20如上所述由钢板形成,因此具有一定的弹性复原力(挠性)。换言之,在相邻的多个薄板20上作用有相互挤压的力。因此,在接触部28的外周侧,通过弹性变形而形成弯曲部29。在弯曲部29,薄板20向旋转方向d后方侧弯曲。

[0047] 此外,如图3所示,在高压侧侧板23及低压侧侧板24上,在各个转子5的轴向的宽度中,以其外周侧变宽的方式设有台阶部23a、24a,该台阶部23a、24a分别嵌入薄板20的切口部20a、20b。

[0048] 保持环21在与多个薄板20的外周侧基端27的一方的侧缘(高压侧)相对的面上具有凹槽21a。保持环22在与多个薄板20的外周侧基端27的另一方的侧缘(低压侧)相对的面上具有凹槽22a。相对于高压侧侧板23及低压侧侧板24各自的台阶部23a、24a嵌入到切口部20a、20b的多个薄板20,在其外周侧的一方的侧缘(高压侧)嵌入保持环21的凹槽21a。此外,其外周侧的另一方的侧缘(低压侧)嵌入到保持环22的凹槽22a。通过这样的结构,各薄板20固定于保持环21、22。

[0049] 另一方面,在外壳30的内周壁面上形成环状的凹槽31,该环状的凹槽31形成为,以在转子5的轴向上的外周侧的宽度比内周侧的宽度变宽的方式,在与薄板20的一方的侧缘(高压侧)及另一方的侧缘(低压侧)相对的侧面上设有台阶的形状。并且,以使保持环21、22的朝向内周侧的面与该台阶的朝向外周侧的面抵接的方式,薄板20、保持环21、22、高压侧侧板23及低压侧侧板24嵌入外壳30的凹槽31内。薄板20的内周侧端部26比高压侧侧板23向转子5侧突出。另一方面,薄板20的内周侧端部26比低压侧侧板24向转子5侧突出,但其突出量设定得比高压侧小。即,薄板20在低压侧,与高压侧相比,相对于工作流体G更大地露出。换言之,高压侧侧板23将薄板20的侧面中的更大的范围从工作流体G遮挡。

[0050] 接下来,关于如上所述构成的密封体10的动作,参照图5A及图5B进行说明。

[0051] 如图5A所示,在从高压侧区域朝向低压侧区域的工作流体的气体压力向各薄板20施加的情况下,对于各薄板20,形成位于内周侧端部26的附近且位于高压侧的角部r1处的气体压力最高、朝向对角的角部r2而气体压力逐渐变弱的气体压力分布40a。需要说明的是,在图3中,薄板20形成为T字型形状,但是在图5A、图5B中为了简化说明,仅图示产生挠曲的长方形部分而其他的部分省略图示。

[0052] 如图5B所示,将薄板20的朝向转子5的面作为下表面20q,将其背侧作为上表面20p。若对于各薄板20施加从高压侧区域朝向低压侧区域的气体压力,则如图5A那样形成气体压力分布40a。此时,以各薄板20的沿着截面的任意位置处的向下表面20q施加的气体压力比向上表面20p施加的气体压力升高的方式调整气体压力。

[0053] 从高压侧区域朝向低压侧区域流动的工作流体G从高压侧侧板23与转子5的外周面之间流入。然后,工作流体G如图5A那样在转子5的外周面与薄板20的内周侧端部26之间流动,并且沿着各薄板20的上表面20p及下表面20q,从角部r1向角部r2的方向呈放射状地流动。通过这样的工作流体G的流动,朝向薄板20的外周侧基端27而低压的区域变宽。因此,向各薄板20的上表面20p及下表面20q垂直地施加的气体压力分布40b、40c成为图5B所示的状态。更详细而言,气体压力分布40b、40c成为越接近薄板20的内周侧端部26越变大且越朝

向薄板20的外周侧基端27越变小的三角分布形状。

[0054] 上表面20p及下表面20q的气体压力分布40b、40c以薄板20为中心而呈线对称。然而,由于以使相对于转子5的周面的角度成为锐角的方式配置各薄板20,因此各气体压力分布40b、40c的转子5的径向上的相对位置偏离。由此,从薄板20的外周侧基端27朝向内周侧端部26的任意的点P处的上表面20p及下表面20q的气体压力产生差别。换言之,在薄板20中,向下表面20q施加的气体压力比向上表面20p施加的气体压力升高。由此,相对于薄板20的内周侧端部26,在从转子5浮起的方向产生浮起力FL。

[0055] 如以上那样在各薄板20的上表面20p及下表面20q之间产生压力差,由此在各薄板20作用有浮起力FL。此外,薄板20的内周侧端部26以从转子5的外周面浮起的方式发生弹性变形。

[0056] 在此,在相邻的薄板20相互保持间隙地排列的情况下,由于向薄板20附加的压力的变动和薄板20自身的弹性复原力,而在薄板20的内周侧端部26产生颤振(微小振动)。

[0057] 然而,本实施方式中的薄板20与相邻的其他的薄板20进行面接触。因此,薄板20的内周侧端部26维持弹性力并限制周向的动作。由此,能抑制薄板20的内周侧端部26的颤振的发生。

[0058] 在薄板20产生颤振(微小振动)的情况下,在成为振动的支点的区域局部性地集中有弯曲应力,因此可能会产生伴随着历年使用的疲劳破坏。然而,如上所述本实施方式中的薄板20与相邻的其他的薄板20进行面接触,因此能抑制颤振的产生和以之为起因的薄板20的疲劳破坏。

[0059] 此外,在转子5旋转时,在薄板20的内周侧端部26也作用有浮起力FL,因此薄板20从转子5浮起,稳定地维持成非接触的状态。

[0060] 由此,薄板20的内周侧端部26维持挠性,并限制周向的动作,因此能够抑制薄板20的内周侧端部26的颤振的产生。

[0061] 此外,由于薄板20的弹性力,即使在转子5的起动、停止时等由于振动而转子5产生了径向的位移的情况下,也能够维持高密封效果。

[0062] 此外,如上所述高压侧侧板23比低压侧侧板24向转子5侧突出,因此工作流体G流通来的高压侧与低压侧相比,相对于工作流体G能遮挡更大的范围。因此,片密封的内部的压力以使片的前端浮起的方式保持向片施加的力的平衡,其结果是,片不会与转子较强地接触,能够防止片的磨损造成的损伤。

[0063] (第二实施方式)

[0064] 接下来,关于本发明的第二实施方式,参照图6进行说明。对于与第一实施方式同样的构成要素,标注相同标号,省略详细的说明。

[0065] 图6是本发明的第二实施方式的轴密封装置11的周向剖视图。

[0066] 本实施方式的轴密封装置11与上述的实施方式的不同点是在径向外侧具备公知的ACC系统(自适应间隙控制系统)50。ACC系统在外壳30的内部具备施力构件51。

[0067] 作为施力构件51,使用例如弹簧构件。而且,此外,作为施力构件51,也可以使用空气缸。但是,旋转机械1由于高温高压的工作流体在其内部流通,因此施力构件51也需要是以高温化下的正常动作为志向而设计的构件。

[0068] 施力构件51与保持环121、122和外壳30分别连接。此外,施力构件51被朝向延伸方

向外方施力。

[0069] 因此,通过施力构件51的作用,本实施方式的轴密封装置11被朝向径向外侧施力。

[0070] 由此,在转子5停止时,薄板20的内周侧端部26从转子5的外表面具有微小的间隙地被支承。另一方面,在转子5旋转的情况下,由于高压侧与低压侧的差压的作用,对于轴密封装置11产生向径向内侧施力的压力。换言之,薄板20的内周侧端部26与转子5的外表面的间隙比转子5停止时减小。

[0071] 这样,通过设置ACC系统50而在薄板20与转子5之间设置间隙。因此,能抑制在起动时由于转子5与薄板20滑动接触而产生的磨损。此外,在转子5的运转状态下,由施力构件51产生的力与上述的浮起力FL均衡,因此能稳定地得到密封效果。此外,在运转时伴随着大的热变形的部位,也可以采用密封体。

[0072] 以上,参照附图详细叙述了本发明的实施方式及实施例,但是各实施方式中的各结构及它们的组合等是一例,在不脱离本发明的主旨的范围内,能够进行结构的附加、省略、置换及其他变更。

[0073] **【工业实用性】**

[0074] 上述的轴密封装置能够适用于离心压缩机或燃气轮机等旋转机械。在这样的轴密封装置及旋转机械中,在转子的运转状态下,能够抑制颤振的产生。

[0075] **【标号说明】**

[0076] 1 旋转机械(燃气轮机)

[0077] 2 压缩机

[0078] 3 燃烧器

[0079] 4 涡轮

[0080] 5 转子

[0081] 6 静叶片

[0082] 7 动叶片

[0083] 8 壳体

[0084] 8a、9a 轴承部

[0085] 10 密封体

[0086] 11 轴密封装置

[0087] 12 周向端部

[0088] 20 薄板

[0089] 20a 切口部

[0090] 20p 上表面

[0091] 20q 下表面

[0092] 21、22 保持环

[0093] 23 高压侧侧板

[0094] 24 低压侧侧板

[0095] 26 内周侧端部

[0096] 27 外周侧基端

[0097] 28 接触部

- [0098] 28b 非接触部
- [0099] 29 弯曲部
- [0100] 30 外壳
- [0101] 31 凹槽
- [0102] 40a、40b、40c 气体压力分布
- [0103] 50 ACC系统
- [0104] 51 施力构件
- [0105] 121、122 保持环
- [0106] FL 浮起力
- [0107] g 间隙
- [0108] G 工作流体
- [0109] r1、r2 角部

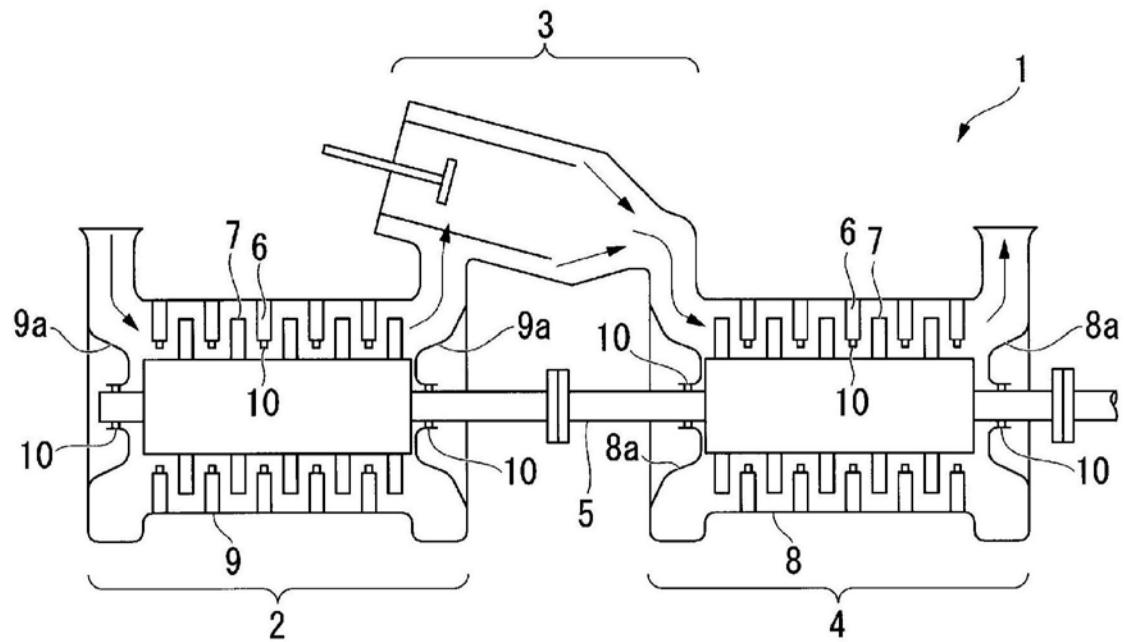


图1

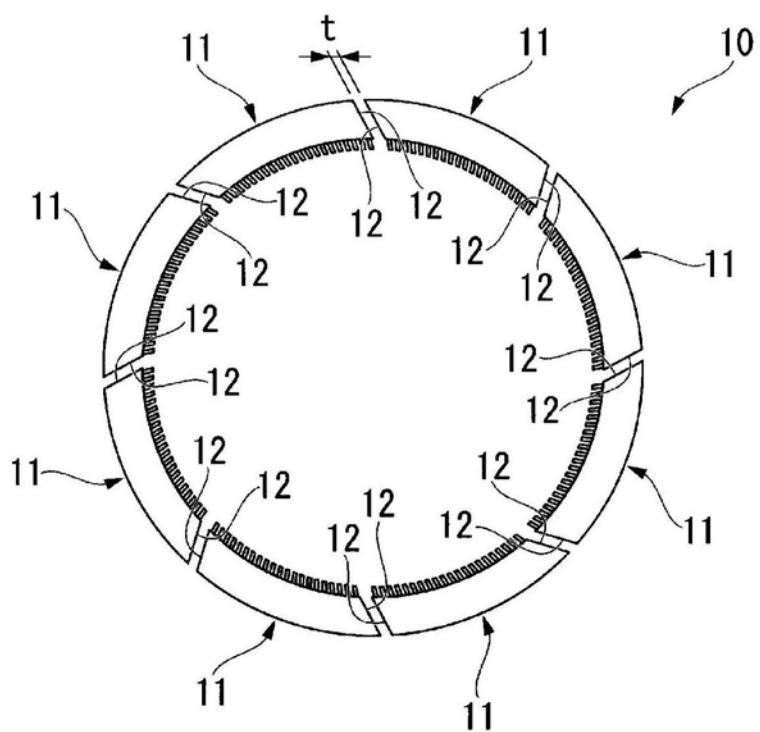


图2

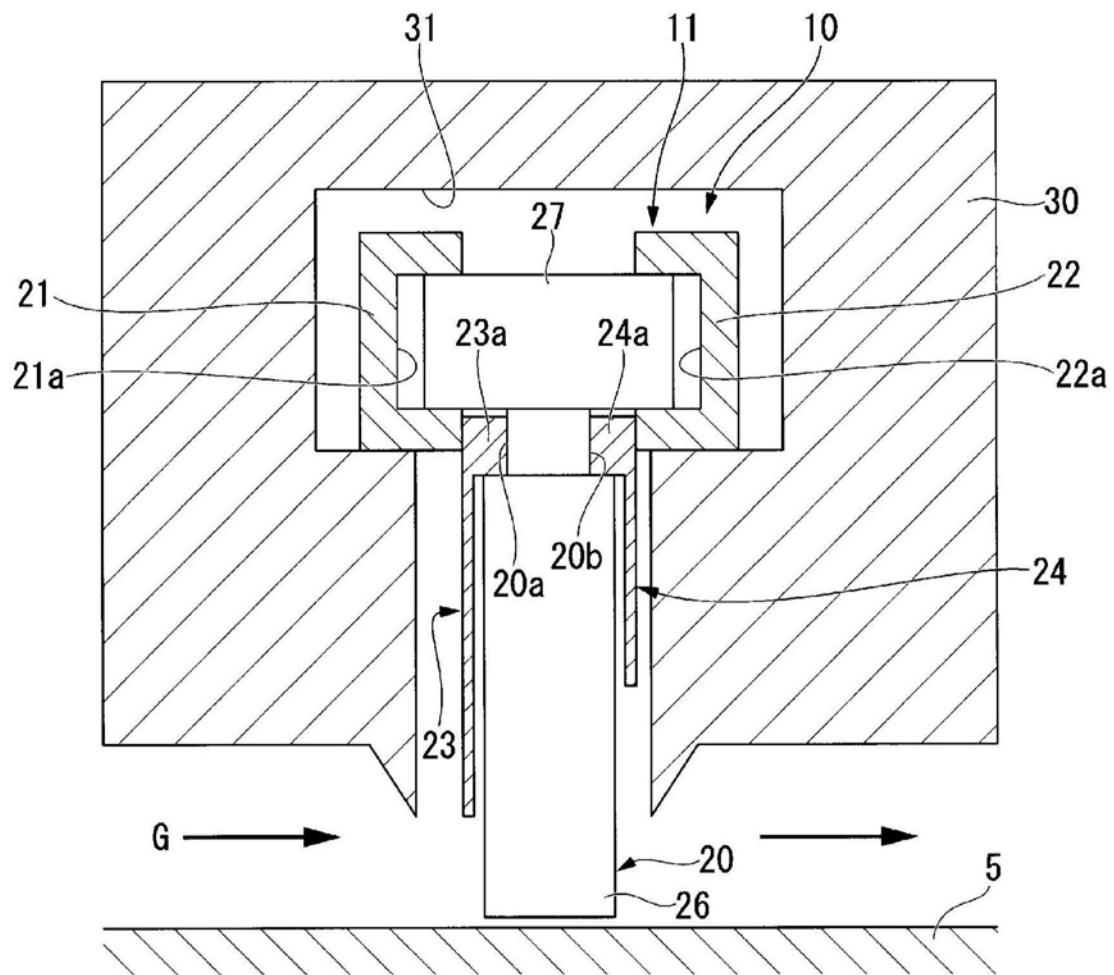


图3

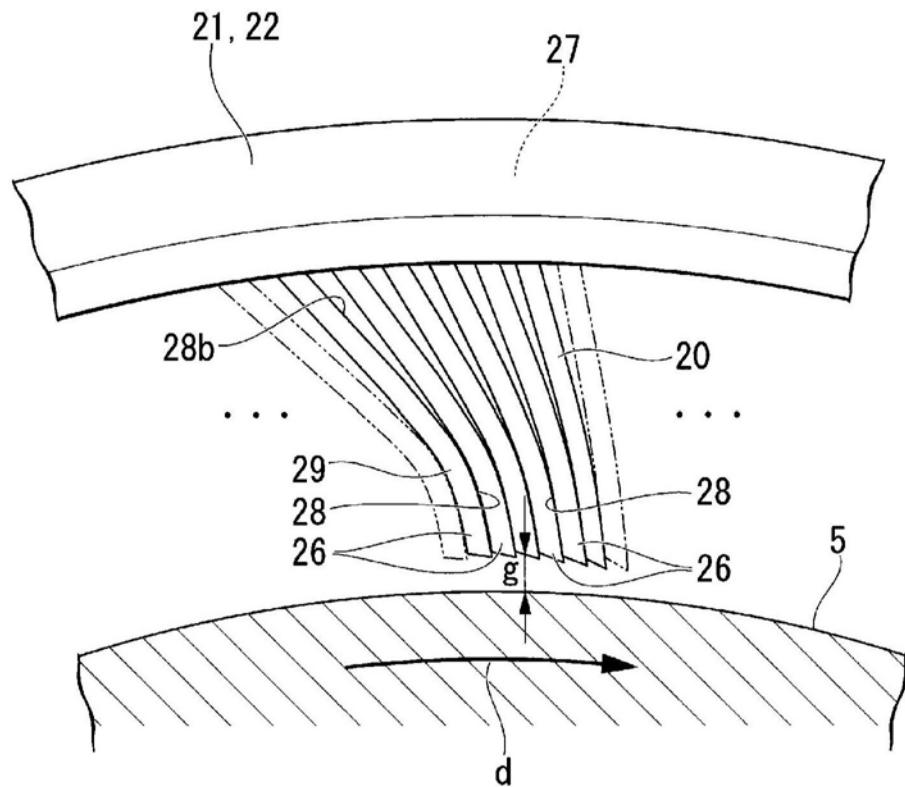


图4

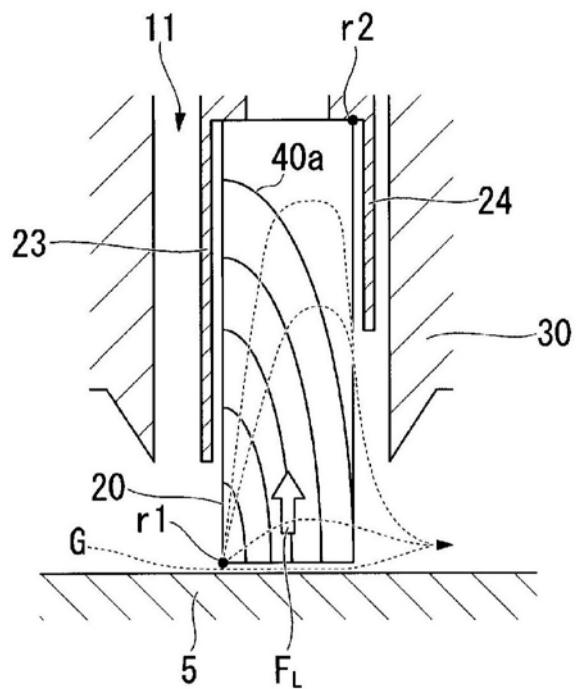


图5A

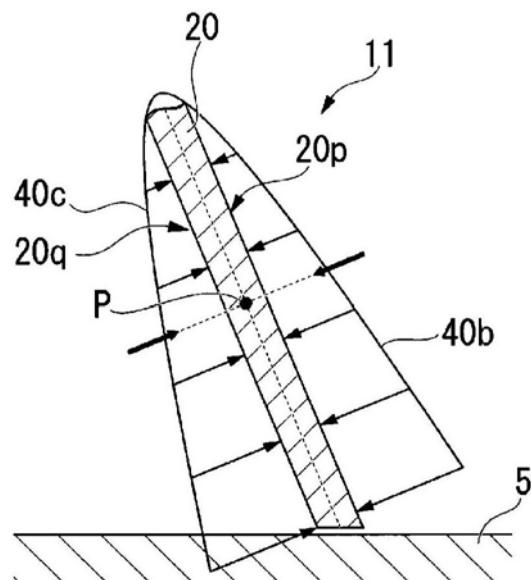


图5B

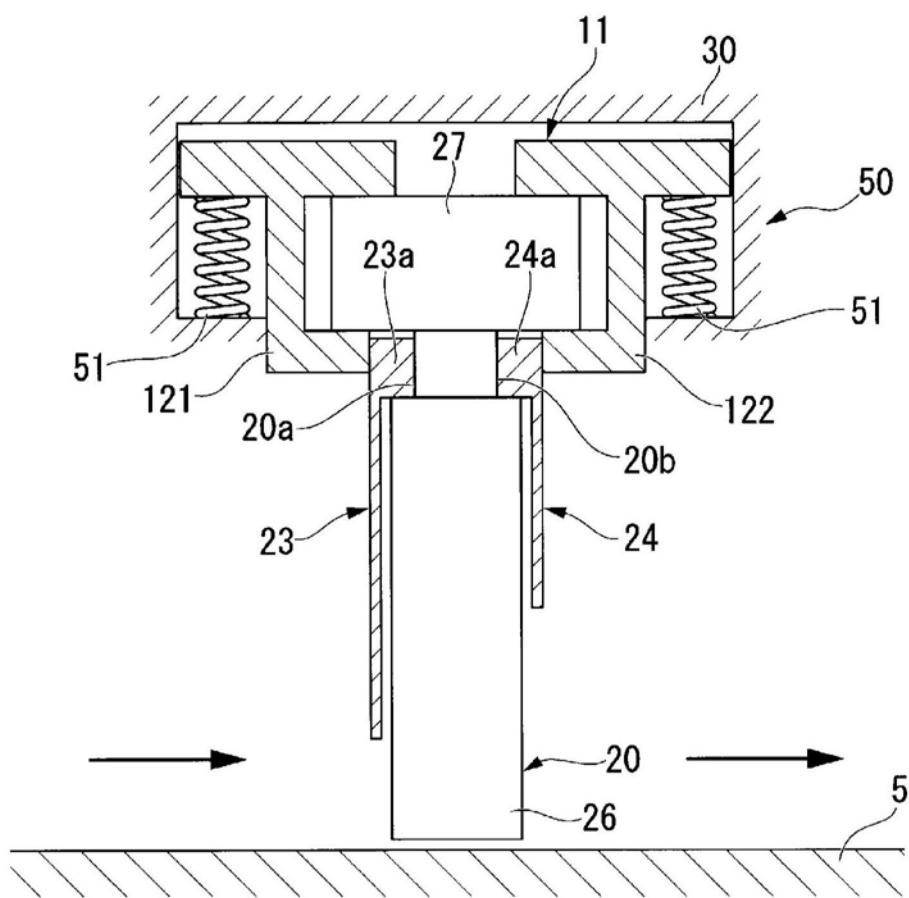


图6