



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106104029 B

(45)授权公告日 2018.12.04

(21)申请号 201580014265.X

(22)申请日 2015.03.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106104029 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(30)优先权数据
2014-056407 2014.03.19 JP
2015-044274 2015.03.06 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/058364 2015.03.19

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/141806 JA 2015.09.24

(73)专利权人 NTN株式会社

地址 日本大阪

(72)发明人 御堂前纯 吉野真人 藤原宏树

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 刘影娜

(51)Int.Cl.
F16C 27/02(2006.01)
F16C 33/10(2006.01)

审查员 李智

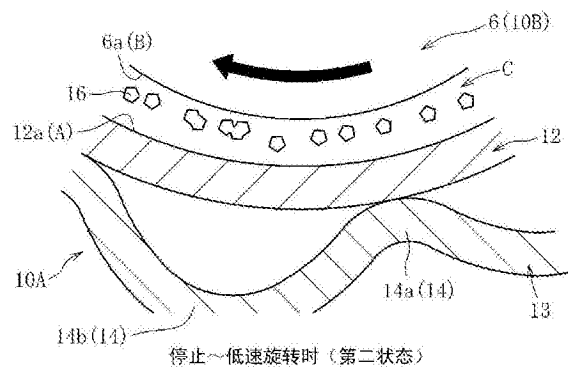
权利要求书1页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

箔片轴承

(57)摘要

箔片轴承(10)具备由具有挠性的金属薄板形成的顶部箔片(12),随着轴(6)的旋转,在设置于顶部箔片(12)的第一轴承面(A)与设置于轴(6)的第二轴承面(B)之间的径向轴承间隙(C)中形成有空气膜,通过该空气膜的压力来支承轴(6),其中,在两轴承面(A、B)之间夹设有润滑性粉体(16),顶部箔片(12)的一部分根据径向轴承间隙(C)中产生的空气膜的压力而在径向轴承间隙(C)的宽度方向上弹性变形,从而顶部箔片(12)在形成有能够保持润滑性粉体(16)的保持部(17)的第一状态和保持部(17)实质上消失的第二状态之间相互转变,并且,该顶部箔片(12)随着空气膜的压力上升而从第二状态向第一状态转变。



1. 一种箔片轴承,其静止侧构件和旋转侧构件中的任一方具备:由具有挠性的金属薄板形成的顶部箔片;以及弹性地支承所述顶部箔片的弹性支承部,伴随所述旋转侧构件的旋转,在设置于所述顶部箔片的第一轴承面和与之对置的另一方的构件上的第二轴承面之间的轴承间隙中形成有空气膜,通过该空气膜的压力来支承所述旋转侧构件,其特征在于,在所述第一轴承面与所述第二轴承面之间夹设有具有润滑性的粉体,

所述顶部箔片的至少一部分根据所述空气膜的压力而在所述轴承间隙的宽度方向上弹性变形,从而所述顶部箔片在形成有能够保持所述粉体的保持部的第一状态和所述保持部实质上消失的第二状态之间相互转变,并且,所述顶部箔片随着所述空气膜的压力上升而从所述第二状态向所述第一状态转变。

2. 根据权利要求1所述的箔片轴承,其中,

所述粉体是伴随所述第一轴承面与所述第二轴承面的滑动接触而使所述顶部箔片和所述另一方的构件的母材中的至少一方磨损而产生的磨损粉的氧化物。

3. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

在所述第一轴承面和所述第二轴承面中的至少一方设置有向另一方的轴承面侧突出的突起部。

4. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

所述粉体包括与所述顶部箔片以及所述另一方的构件的母材的磨损粉不同的固体润滑剂粉。

5. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

所述第一轴承面和所述第二轴承面中的至少一方设置于在母材上形成的润滑被膜上。

6. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

所述轴承间隙为径向轴承间隙。

7. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

所述轴承间隙为推力轴承间隙。

8. 根据权利要求1或2所述的箔片轴承,其中,

所述箔片轴承用于涡轮机械的转子的支承。

箔片轴承

技术领域

[0001] 本发明涉及箔片轴承。

背景技术

[0002] 涡轮机械(例如燃气涡轮、涡轮增压器)的主轴在高温环境下高速旋转。另外,在涡轮机械中,从能量效率的观点出发,有时难以另外设置油循环用的辅机,此外,有时润滑油的剪切阻力成为主轴的高速旋转化的阻碍要素。因此,作为涡轮机械的主轴的支承用轴承,经常不使用油润滑的滚动轴承、动压轴承而是使用空气动压轴承。

[0003] 作为空气动压轴承,通常由刚体来构成旋转侧的轴承面与静止侧的轴承面双方。然而,在这种空气动压轴承中,若形成于两轴承面之间的轴承间隙的间隙宽度管理不充分,则在超过稳定极限时容易产生被称作回转(whirl)的自激性的主轴的振摆回转。因此,在一般的空气动压轴承中,为了稳定地发挥所希望的轴承性能,需要高精度地管理轴承间隙的间隙宽度,但在如涡轮机械那样温度变化大的环境下,由于热膨胀的影响导致轴承间隙的间隙宽度容易变动,因此难以稳定地发挥所希望的轴承性能。

[0004] 作为不易产生回转且即使在温度变化大的环境下也能够容易地进行轴承间隙的间隙管理的轴承,已知有箔片轴承。箔片轴承通过对于弯曲刚性低而具有挠性的金属薄板(箔片)构成轴承面,通过允许该轴承面的挠曲来支承载荷。例如在下述的专利文献1中公开了支承径向载荷的类型的箔片轴承。

[0005] 在专利文献1的箔片轴承中,当旋转轴旋转时,在构成静止侧的顶部箔片(轴承箔片)的内径面和与之对置的旋转轴的外周面之间的径向轴承间隙形成有空气膜,通过其压力在径向方向上支承旋转轴。并且,在该箔片轴承中,根据作用于顶部箔片的载荷、周围温度等运转条件而使顶部箔片、以及弹性地支承顶部箔片的弹性支承部(弹性体)弹性变形,从而自动调整径向轴承间隙的间隙宽度。因此,箔片轴承与一般的动压轴承相比具有稳定性优异的特征,适于用作如涡轮机械的转子那样在高温环境下高速旋转的旋转体的支承用轴承。

[0006] 另外,在一般的动压轴承中,需要将径向轴承间隙的间隙宽度管理为轴径的1/1000的级别,因此例如在直径为几mm左右的旋转轴的支承用途中使用一般的动压轴承的情况下,需要将径向轴承间隙的间隙宽度管理为几 μm 左右。然而,若考虑制造时的公差、热膨胀量,则难以进行上述级别的间隙宽度管理。相对于此,在箔片轴承中,通过顶部箔片(轴承面)本身弹性变形来自动调整径向轴承间隙的间隙宽度,因此只需将径向轴承间隙的间隙宽度管理为几十 μm 左右即可。因此,箔片轴承与一般的动压轴承相比,还具有能够使制造、轴承间隙的间隙宽度管理变得容易化的优点。

[0007] 需要说明的是,以上所述的箔片轴承的优点在支承推力载荷的类型的箔片轴承中同样具有。

[0008] 另外,特别是在旋转轴低速旋转时,形成于轴承间隙的空气膜的刚性(压力)非常高,因此两轴承面反复滑动接触。为了尽可能地防止这种伴随滑动接触而产生的轴承面的

磨损、旋转转矩的上升,还研究了在两轴承面的至少一方,设置镀镍、镀铬等耐磨损性优异的被膜、或者分散有二硫化钼、石墨、氟树脂等固体润滑剂的镀敷被膜、进行了树脂涂覆等的润滑性良好的被膜的方案(参照专利文献1)。

[0009] 在先技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开2003-262222号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 以上述的箔片轴承为代表的各种箔片轴承谋求实现进一步的低转矩化、长寿命化。然而,已知即便两轴承面的至少一方形成上述那样的被膜,作为应对这种要求的应对方案并不足够。

[0014] 因此,本发明的目的在于,提供能够实现进一步的低转矩化、以及长寿命化的箔片轴承。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 为了达成上述的目的而做出的本发明中,静止侧构件和旋转侧构件中的任一方具备:由具有挠性的金属薄板形成的顶部箔片;以及弹性地支承所述顶部箔片的弹性支承部,伴随所述旋转侧构件的旋转,在设置于所述顶部箔片的第一轴承面和与之对置的另一方的构件上的第二轴承面之间的轴承间隙中形成有空气膜,通过该空气膜的压力来支承所述旋转侧构件,其特征在于,在所述第一轴承面与所述第二轴承面之间夹设有具有润滑性的粉体,所述顶部箔片的至少一部分根据所述空气膜的压力而在所述轴承间隙的宽度方向上弹性变形,从而所述顶部箔片在形成有能够保持所述粉体的保持部的第一状态和所述保持部实质上消失的第二状态之间相互转变,并且,所述顶部箔片随着所述空气膜的压力上升而从所述第二状态向所述第一状态转变。

[0017] 需要说明的是,本发明中所说的轴承间隙不分径向轴承间隙或者推力轴承间隙。即,本发明能够应用于支承径向载荷的类型的箔片轴承、或者支承推力载荷的类型的箔片轴承中的任一种。

[0018] 根据上述结构,在箔片轴承刚刚起动之后、即将停止之前时等,形成于轴承间隙的空气膜的压力较低的状态(混合润滑区域、边界润滑区域)下,能够优先使第一轴承面而非第二轴承面与夹设于两轴承面之间的具有润滑性的粉体(以下也称作“润滑性粉体”)接触。由此,能够减小两轴承面之间的摩擦力而实现低转矩化,能够有效地防止因轴承面彼此的滑动接触导致的轴承面的局部的温度上升、以及随之产生的轴承面的变形、烧结。另外,在一般的箔片轴承停止时,两轴承面通常至少一部分处于接触状态,因此在轴承的运转开始后直至达到稳定旋转状态(流体润滑区域)需要较大的能量。相对于此,在本发明所涉及的箔片轴承停止时,顶部箔片处于上述保持部实质上消失的第二状态,由此夹设于两轴承面之间的润滑性粉体作为隔离物而发挥功能,不仅减小两轴承面之间的摩擦力,通过在两轴承面之间形成空间还易于向轴承面之间导入空气。因此,在轴承的运转开始后,无需较大的能量,便能够迅速地实现稳定旋转状态。因此,除能够大幅降低起动转矩以外,对旋转侧的构件进行非接触支承所需的旋转速度降低,因此向两轴承面施加的负荷降低从而耐久性

提高。

[0019] 对于夹设于两轴承面之间的润滑性粉体,认为在旋转侧构件的稳定旋转时,即顶部箔片处于第一状态时,并非全部润滑性粉体被保持部保持,至少一部分与润滑流体(空气)一起在轴承间隙内流动,或者处于附着在两轴承面的任一方上的状态。因此,因此即便在稳定旋转时于某一时刻轴承面彼此滑动接触的情况下,也能够有效地防止轴承面的局部的温度上升、以及随之产生的轴承面的变形、烧结。另外,认为若反复进行本发明所涉及的箔片轴承的起动、停止,则反复进行润滑性粉体与轴承面的滑动接触、两轴承面对润滑性粉体的加压等,其结果是,润滑性粉体附着并堆积于两轴承面的任一方或者双方而形成润滑性优异的被膜。由此,能够在所有的润滑区域(旋转速度区域)实现低转矩化。由此,能够通过实现转矩更低而长寿命的箔片轴承。

[0020] 在此,认为即便不如本发明那样对顶部箔片赋予润滑性粉体的保持/非保持的切换功能,而仅在两轴承面之间夹设有润滑性粉体,也能够实现箔片轴承的低转矩化等。然而,若两轴承面之间过多地夹设有润滑性粉体,则与润滑性粉体占轴承间隙内的润滑流体(空气)的体积比率增大相应地,存在导致尤其是在稳定旋转时轴承间隙中形成的空气膜的刚性降低、即支承能力降低的可能性。另外,认为大量的粉体同时进入轴承间隙,从而将轴承面卡止,对轴承功能本身带来负面影响。因此,若如本发明那样,对顶部箔片赋予如下功能,在稳定旋转时(流体润滑区域)通过保持润滑性粉体从而能够限制向轴承间隙供给的润滑性粉体的供给量,另一方面,主要在轴承的停止~低速旋转状态(混合润滑区域、边界润滑区域)能够使足够量的润滑性粉体夹设于两轴承面之间,则能够在不导致稳定旋转时的支承能力降低的情况下,实现低速旋转时等的充分的低摩擦化、低转矩化。并且,顶部箔片由具有挠性的金属薄板形成,能够根据空气膜的压力而任意地弹性变形,因此例如仅通过适当调整弹性支承部的形状等便能够容易且有效地实现上述的作用效果。

[0021] 作为润滑性粉体,例如,可以使用随着两轴承面的滑动接触使顶部箔片以及另一方的构件(例如轴)的母材的至少一方磨损而产生的磨损粉的氧化物。但是,在该情况下,在箔片轴承的使用开始阶段(崭新的箔片轴承的使用初期),在两轴承面之间未夹设有润滑性粉体,两轴承面在无润滑的状态下滑动接触,因此除起动转矩、低速旋转时的旋转转矩增高以外,还存在形成轴承间隙的两构件(例如,顶部箔片以及轴)的母材剧烈磨损的可能性。作为用于尽可能迅速地消除这种问题,或者避免上述问题的发生的技术手段,可以考虑采用以下的(1)~(3)的至少一种。

[0022] (1) 在两轴承面的至少一方设置向另一方的轴承面侧突出的突起部。

[0023] (2) 润滑性粉体包括与顶部箔片以及另一方的构件的母材的磨损粉不同的固体润滑剂。

[0024] (3) 第一轴承面与第二轴承面的至少一方设置于在母材形成上的润滑被膜上。

[0025] 即,若采用上述(1)的结构,除能够减少轴承面彼此的接触面积实现低转矩化以外,在两轴承面的滑动接触时在突起部上作用有高面压而快速地产生微小的磨损粉,因此能够迅速地在两轴承面之间夹设有润滑性粉体。另外,若采用上述(2)的结构,则能够从箔片轴承的使用开始阶段起在两轴承面之间夹设有润滑性粉体,因此除能够减小箔片轴承的使用开始阶段的起动转矩、低速旋转时的旋转转矩以外,母材的磨损也成为轻微磨损,所产生的磨损粉的氧化物也作为润滑性粉体而发挥功能。另外,若采用上述(3)的结构,能够通

过润滑被膜磨损而生成润滑性粉体,因此除能够减小箔片轴承的使用开始阶段的起动转矩、低速旋转时的旋转转矩以外,母材的磨损也成为轻微磨损,所产生的磨损粉的氧化物也作为润滑性粉体而发挥功能。

[0026] 本发明所涉及的箔片轴承具有以上的特征,因此能够适宜用作涡轮机械(例如,燃气涡轮、涡轮增压器)的转子等高速旋转的旋转侧构件的支承用轴承。

[0027] 发明效果

[0028] 由此,根据本发明,能够实现可达成进一步的低转矩化、以及长寿命化的箔片轴承。

附图说明

[0029] 图1是示意性地表示本发明所涉及的箔片轴承所使用的微型燃气涡轮的结构图。

[0030] 图2是示意性地示出微型燃气涡轮中的转子的支承结构的图。

[0031] 图3是本发明的一实施方式所涉及的箔片轴承的轴正交剖视图。

[0032] 图4是图3的主要部分放大图,并且是顶部箔片处于第二状态时的简要图。

[0033] 图5是图3的主要部分放大图,并且是顶部箔片处于第一状态时的简要图。

[0034] 图6A是变形例所涉及的箔片轴承的主要部分放大图,并且是示意性地示出该箔片轴承的使用开始前的状态的图。

[0035] 图6B是变形例所涉及的箔片轴承的主要部分放大图,并且是示意性地示出该箔片轴承的使用中的状态的图。

[0036] 图7是其他实施方式所涉及的箔片轴承,并且是被称作叶片型的箔片轴承的轴正交剖视图。

[0037] 图8A是图7所示的箔片轴承的主要部分立体图,并且是顶部箔片处于第二状态时的简略图。

[0038] 图8B是图7所示的箔片轴承的主要部分立体图,并且是顶部箔片处于第一状态时的简略图。

[0039] 图9是确认根据夹设在箔片轴承的两轴承面之间的润滑性粉体的种类而磨损粉的发生量何种程度不同的试验结果。

具体实施方式

[0040] 以下,根据附图对本发明的实施方式进行说明。

[0041] 在图1中示意性示出了作为涡轮机的一个例子的,被称作微型燃气轮机的燃气轮机装置的结构。在该燃气涡轮装置中,作为主要的结构,具备:形成叶片列的涡轮1、压缩机2、发电机3、燃烧器4、以及再生器5,涡轮1以及压缩机2安装于沿水平方向延伸的轴6,与轴6一起构成旋转侧的转子。轴6的轴向一端与发电机3连结。当该微型燃气涡轮运转时,从吸气口7吸入空气,被吸入的空气通过压缩机2被压缩并且通过再生器5被加热之后送入燃烧器4。燃烧器4通过向压缩、加热后的空气混合燃料并使其燃烧而产生高温、高压的气体,利用该气体而使涡轮1旋转。当涡轮1旋转时,其旋转力经由轴6向发电机3传递,驱动发电机3而使其旋转。通过驱动发电机3使其旋转而产生的电力经由逆变器8输出。由于使涡轮1旋转后

的气体温度较高,因此通过将该气体送入再生器5与燃烧前的压缩空气之间进行热交换,从而对燃烧后的气体的热量进行再利用。在再生器5中完成热交换的气体在通过废热回收装置9之后作为废气而排出。

[0042] 在图2中示意性地示出图1所示的微型燃气涡轮中的转子的支承结构的一例。在该支承结构中,在轴6的轴向上分离的两个位置处配置有径向轴承10,在设置于轴6的凸缘部6b的轴向两侧配置有推力轴承30、30。通过上述径向轴承10以及推力轴承30,将轴6支承为在径向方向以及两推力方向上旋转自如。在该支承结构中,涡轮1与压缩机2之间的区域由于与通过高温、高压的气体而旋转的涡轮1相邻而成为高温气氛。此外,轴6以几万rpm以上的旋转速度旋转。因此,作为在该支承结构中使用的轴承10、30,空气动压轴承尤其是箔片轴承较为适合。

[0043] 以下,在本发明的实施方式中,根据附图对适于上述的微型燃气涡轮用的径向轴承10的箔片轴承进行说明。需要说明的是,以下,将适于径向轴承10的箔片轴承称作“箔片轴承10”。

[0044] 在图3中示出本发明的一实施方式所涉及的箔片轴承10的轴正交剖视图。该图所示的箔片轴承10为被称作凸出型的箔片轴承,具备:固定于未图示的外壳的内周的圆筒状的外侧构件11、由铁系的金属材料形成且插入外侧构件11的内周的轴6、以及保持(固定)于外侧构件11的内周的顶部箔片12以及背箔片13。在本实施方式中,外侧构件11、保持于外侧构件11的顶部箔片12以及背箔片13构成静止侧构件10A,轴6构成旋转侧构件10B。在顶部箔片12的内周面12a设置有第一轴承面A,在轴6的外周面6a设置有第二轴承面B,在轴6的旋转时,在第二轴承面B与第一轴承面A之间形成有楔状的径向轴承间隙C。在本实施方式中,两轴承面A、B均形成为不存在微小凹凸的平滑面。

[0045] 顶部箔片12例如通过使厚度为20~200 μm 左右的具有挠性的铁系金属的带板弯曲而形成在周向上具有端部的圆筒状,通过将形成于其周向一端部的折弯部12b嵌合于外侧构件11的槽部11a,从而保持于外侧构件11。另外,背箔片13与顶部箔片12同样通过使厚度为20~200 μm 左右的具有挠性的铁系金属的带板弯曲而形成在周向上具有端部的圆筒状,通过将形成于其周向一端部的折弯部13a嵌合于外侧构件11的槽部11a,从而固定于外侧构件11。背箔片13具有弹性地支承顶部箔片12的弹性支承部14,图示例的弹性支承部14通过在周向上交替地配置圆弧状的凸部14a以及凹部14b而构成。

[0046] 虽然省略图示,但也可以在顶部箔片12以及背箔片13上,设置用于防止从外侧构件11脱出的防脱机构。作为防脱机构,例如能够采用在轴向上与外侧构件11的端面卡合的凸缘部。另外,作为箔片构件,能够使用顶部箔片12与背箔片13一体设置而成的构件。

[0047] 轴6的旋转方向设为顶部箔片12以及背箔片13的周向一端部与周向另一端部之间的周向间隙的间隙宽度扩大的方向。即,图3所示的箔片轴承10如该图中实心箭头所示那样支承向顺时针方向旋转的轴6。

[0048] 在由以上的结构构成的箔片轴承10中,当轴6旋转时,在设置于顶部箔片12的内周面12a的第一轴承面A与设置于轴6的外周面6a的第二轴承面B之间形成有楔状的径向轴承间隙C。并且,当轴6的旋转速度提高,径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力非常高时,轴6相对于外侧构件11在径向方向上旋转自如地被非接触支承。

[0049] 在轴6的旋转中,具有挠性的顶部箔片12根据作用于第一轴承面A的载荷(空气膜

的压力)、周边温度等变化的情况而适当地弹性变形,因此径向轴承间隙C的间隙宽度自动调整为适于运转条件的适当宽度。通过这种间隙宽度的自动调整功能,稳定地支承轴6的旋转。需要说明的是,在图3中为了便于理解而夸大地绘出了径向轴承间隙C的间隙宽度。

[0050] 另外,根据顶部箔片12通过设置于背箔片13的弹性支承部14而被弹性地支承、顶部箔片12与背箔片13(弹性支承部14)以及背箔片13与外侧构件11能够相互滑动等理由,能够强化径向轴承间隙C的间隙宽度的自动调整功能,并且有效地衰减随着轴6的旋转而产生的振动。因此,即便在高温、高速旋转这样的严峻的运转条件下,也能够将径向轴承间隙C的间隙宽度管理为适当范围内,更加稳定地支承轴6的旋转。

[0051] 在该箔片轴承10中,如图4、5放大示出那样,在第一轴承面A与第二轴承面B之间(径向轴承间隙C)夹设有具有润滑性的粉体16(以下,称作“润滑性粉体16”)。润滑性粉体16由与轴6以及顶部箔片12的母材不同的材料构成,并且使用在使用箔片轴承10的高温气氛下不熔融、分解等的材料,在本实施方式中使用了氧化铁粉末。作为润滑性粉体16的氧化铁粉末在箔片轴承10的运转开始后至轴6达到稳定旋转状态的期间,随着两轴承面A、B反复滑动接触而使顶部箔片12以及轴6的至少一方的母材磨损,由此产生的金属的磨损粉(铁系粉末)与径向轴承间隙C内的空气接触并氧化而形成的。

[0052] 另外,在该箔片轴承10中,顶部箔片12构成为,通过至少一部分根据径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力而在轴承间隙的宽度方向(在本实施方式中为径向)上弹性变形,从而顶部箔片12在形成有能够对夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16进行保持的保持部17的第一状态(参照图5)和保持部17实质上消灭的第二状态(参照图4)之间相互转变,并且,随着空气膜的压力上升而从第二状态向第一状态转变(随着空气膜的压力降低而从第一状态向第二状态转变)。

[0053] 更详细地进行说明,如轴6的稳定旋转时那样,在径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力非常高的状态下,受到空气膜的压力而使顶部箔片12(第一轴承面A)的至少一部分(在此,为配置在构成弹性支承部14的凹部14b的内径侧的部分)朝向径向外侧弹性变形而形成凹状的保持部17,通过该保持部17保持夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16(参照图5)。另一方面,构成为,在如轴6的停止状态、轴6的刚刚起动之后、即将停止之前时那样轴6的旋转速度并不非常高,径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力并不非常高的状态下,顶部箔片12的第一轴承面A呈平滑的圆筒面状(保持部17实质上消失),润滑性粉体16在两轴承面A、B之间自由地分散、漂浮(参照图4)。

[0054] 因此,根据以上的结构,在径向轴承间隙C内的空气膜的压力并不非常高的、所谓的混合润滑区域、边界润滑区域,能够使第一轴承面A而并非第二轴承面B优先与夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16接触。由此,能够降低两轴承面A、B之间的摩擦力而实现低转矩化。另外,还能够有效地防止因轴承面A、B彼此的滑动接触导致的两轴承面A、B的局部的温度上升、以及随之产生的两轴承面A、B的变形、烧结。需要说明的是,优选夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16的平均粒径为两轴承面A、B的表面粗糙度(JIS B 0601中规定的算术平均粗糙度)以上、并且为在轴6的稳定旋转时(流体润滑区域)径向轴承间隙C中形成的空气膜的厚度以下。

[0055] 另外,在一般的箔片轴承停止时,静止侧构件与旋转侧构件(两轴承面A、B)通常至少一部分处于接触状态,因此在轴承的运转开始后直至达到稳定旋转状态需要较大的能

量。相对于此,在本发明所涉及的箔片轴承10停止时,顶部箔片12处于能够使润滑性粉体16在两轴承面A、B之间自由地分散、漂浮的第二状态(参照图4),由此夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16作为隔离物而发挥功能,因此不仅降低两轴承面之间的摩擦力,通过在两轴承面A、B之间形成空间从而容易向轴承面A、B之间导入空气。因此,在箔片轴承10的运转开始后,无需较大的能量,便能够迅速地实现稳定旋转状态。因此,除能够大幅降低起动转矩此外,由于对轴6进行非接触支承所需的旋转速度降低,因此向两轴承面A、B施加的负荷降低从而耐久性提高。

[0056] 对于润滑性粉体16,认为在轴6稳定旋转时、即顶部箔片12处于第一状态(参照图5)也并非全部被保持部17保持,至少一部分附着于两轴承面A、B的任一方或者双方,或者在径向轴承间隙C内漂浮、流动。特别是,在该箔片轴承10中,作为润滑流体,采用与润滑油等液体相比粘性较小的空气,因此即便附着于轴承面A、B的润滑性粉体16受到润滑流体的流动力,润滑性粉体16也难以从轴承面A、B剥离等。因此,即便在轴6的稳定旋转时于某一时刻轴承面A、B彼此滑动接触的情况下,也能够有效地防止两轴承面A、B的局部的温度上升、以及随之产生的两轴承面A、B的变形、烧结。另外,在本发明所涉及的箔片轴承10中,认为若反复进行箔片轴承的起动、停止,则反复进行润滑性粉体16与两轴承面A、B的滑动接触、两轴承面A、B对润滑性粉体16的加压等,因此润滑性粉体16附着并堆积于两轴承面A、B中的任一方或者双方而形成润滑被膜。由此,能够在所有的润滑区域(旋转速度区域)实现低转矩化。因此,能够通过实现转矩更低而长寿命的箔片轴承10。

[0057] 在此,即便不如本发明那样对顶部箔片12赋予润滑性粉体16的保持/非保持的切换功能,而仅在两轴承面A、B之间夹设有润滑性粉体16,也能够实现箔片轴承10的低转矩化等。然而,若两轴承面A、B之间过多地夹设有润滑性粉体16,则与润滑性粉体16占径向轴承间隙C内的空气的体积比率增大相应地,存在导致尤其是在稳定旋转时径向轴承间隙C中形成的空气膜的刚性降低、即支承能力降低的可能性。另外,若大量的润滑性粉体16同时进入径向轴承间隙C,则存在轴承面A、B咬入润滑性粉体16,对轴承功能本身带来负面影响的可能性。因此,优选如图5所示那样,对顶部箔片12赋予如下的功能,在稳定旋转时(流体润滑区域)通过保持部17保持润滑性粉体16,能够限制向径向轴承间隙C供给的润滑性粉体16的供给量(分散量),另一方面,在图4所示的轴承的停止~低速旋转状态(混合润滑区域、边界润滑区域),能够使足够量的润滑性粉体16夹设于两轴承面A、B之间。若采用这种结构,能够在不导致稳定旋转时的支承能力降低的情况下,实现低速旋转时等的充分的低摩擦化、低转矩化。并且,顶部箔片12由具有挠性的金属薄板形成,能够根据空气膜的压力等而任意地弹性变形,因此仅通过适当调格弹性支承部14的形状等便能够容易且有效地实现上述的作用效果。

[0058] 以上,对本发明所涉及的箔片轴承10的一实施方式进行了说明,但能够在不脱离本发明的主旨的范围内对箔片轴承10实施适当的变更。

[0059] 例如,如以上说明的实施方式那样,在作为润滑性粉体16仅使用顶部箔片12、轴6的母材即铁系金属的磨损粉的氧化物粉末的情况下,在崭新的箔片轴承10的使用开始阶段,在两轴承面A、B之间未夹设有润滑性粉体16,因此起动转矩、低速旋转时的旋转转矩不可避免地增高。为了尽可能迅速地消除这种问题,可以在两轴承面A、B的至少一方设置向另一方的轴承面侧突出的微小的突起部。图6A是上述情况的一例,在顶部箔片12的第一轴承

面A设置有多个微小的突起部18。

[0060] 若采用这种方式,除能够降低轴承面A、B彼此的接触面积实现低转矩化以外,还与在两轴承面A、B之间形成有空间相应地,易于向两轴承面A、B之间导入空气,因此能够降低起动转矩。另外,在两轴承面A、B滑动接触时,在突起部18上作用有高面压,因此能够迅速地使磨损粉以及润滑性粉体16夹设在两轴承面A、B之间(参照图6B)。需要说明的是,若调整突起部18的高度、设置数,则能够控制应当夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16(由磨损粉的氧化物构成润滑性粉体16)的粒径、量。

[0061] 另外,虽然省略图示,但也可以将第一轴承面A与第二轴承面B的至少一方设置于在母材上(母材表面)形成的润滑被膜上。即,也可以在顶部箔片12的内周面12a以及轴6的外周面6a中的、至少一方的与径向轴承间隙C对置的部分设置润滑被膜,通过该润滑被膜构成轴承面。若采用这种方式,特别是在轴6以及顶部箔片12由同种材料形成,并且在两轴承面A、B之间未夹设有润滑性粉体16的箔片轴承10的使用开始阶段,即便在两轴承面A、B反复滑动接触的情况下,也能够有效地防止两轴承面A、B剧烈地磨损,在两者的滑动接触部产生粘着等致命的问题。需要说明的是,上述的润滑被膜无需优异的耐磨损性,也可以迅速地磨损。润滑被膜的磨损粉发挥润滑作用,因此即便轴6以及顶部箔片12的母材磨损,该磨损为轻微磨损避免形成粘着的情况,因轻微磨损而产生的母材的微小的磨损粉之后被氧化,作为润滑性粉体16而发挥功能。

[0062] 因此,作为润滑被膜,能够采用各种形式,例如,除分散有一种或多种在产生磨损粉时该磨损粉作为润滑性粉体16而发挥功能的粉体(例如,以二硫化钼粉、二硫化钨粉等为代表的通常能够得到的固体润滑剂粉、氧化铁粉末等)的较软质的涂覆被膜以外,还可以采用DLC被膜等耐磨损性优异的被膜。其中,在形成有DLC被膜的情况下,优选不形成在由金属薄板形成的顶部箔片12的内周面12a,而形成在轴6的外周面6a。其原因在于,防止被膜形成时的母材的热变形。这样,即便在将两轴承面A、B的任一方设置于在母材表面形成的润滑被膜的情况下,也能够两轴承面A、B的至少一方设置向另一方的轴承面侧突出的微小的突起部18(参照图6A)。

[0063] 另外,虽然省略图示,但夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16也可以包括与顶部箔片12以及轴6的母材的磨损粉不同的固体润滑剂粉。即,也可以预先将固体润滑剂粉夹设于使用开始前的箔片轴承10(崭新的箔片轴承10)的两轴承面A、B之间。若采用这种方式,能够从崭新的箔片轴承10的使用开始阶段起在两轴承面A、B之间夹设有润滑性粉体16,因此能够有效地实现上述的作用效果。对于在该情况下使用的固体润滑剂粉没有特别的限制,但优选使用平均粒径为两轴承面A、B的表面粗糙度(JIS B 0601中规定的算术平均粗糙度)以上、并且为在稳定旋转时径向轴承间隙C中形成的空气膜的厚度以下的固体润滑剂粉。

[0064] 如上述那样,在两轴承面A、B之间预先夹设有固体润滑剂粉的情况下,若该固体润滑剂粉的硬度比顶部箔片12、轴6的母材硬度高,则固体润滑剂粉作为磨粒而发挥功能,促进母材的磨损粉、及其氧化物粉末(润滑性粉体16)的生成。另一方面,若固体润滑剂粉的硬度与顶部箔片12、轴6的母材为相同级别,或者比母材低,则具有能够从箔片轴承10的使用开始阶段起实现低转矩化的优点。由此,对于在该情况下使用固体润滑剂粉没有特别的限制,例如,可以使用氧化铁(Fe_2O_3)、氧化铝(Al_2O_3)等金属氧化物的粉末、二硫化钼(MoS_2)、二

硫化钨(WS_2)等硫化物的粉末、铜(Cu)、银(Ag)、锡(Sn)、锌(Zn)等软质金属的粉末、以及以石墨粉为代表的碳系粉末。以上例示的固体润滑剂粉也可以仅使用一种,也可以混合多种而使用。

[0065] 以上,将本发明应用于被称作凸出型的箔片轴承10,但本发明还能够适宜应用于所谓的叶片型的箔片轴承。图7示出支承径向载荷的叶片型的箔片轴承10的一例,通过外侧构件11与固定于外侧构件11的多个(图示例中为八个)叶片20构成静止侧构件10A。各叶片20具有:具备固定于外侧构件11的槽部11a的折弯部23的后端22;以及在周向上与后端22分离而形成自由端的前端21,各叶片20的包括前端21的区域作为顶部箔片12而发挥功能,并且各叶片20的包括后端22的区域作为弹性支承部14而发挥功能。并且,当轴6旋转时,在设置于各叶片20的前端20a侧的内径面的第一轴承面A和与之对置的轴6的外周面6a(第二轴承面B)之间分别形成有楔状的径向轴承间隙C,通过各径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力在径向方向上支承轴6。

[0066] 在图7所示的叶片型的箔片轴承10中,当径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力提高时,叶片20的前端21侧(顶部箔片12)向在轴6的旋转方向前方侧相邻的叶片20的后端22侧被按压而向径向外侧弹性变形,成为形成有保持部17的第一状态(参照图8B),该保持部17能够对夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16(未图示)进行保持。另一方面,当径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力降低时,叶片20的前端21侧朝径向内侧弹性变形,向保持部17实质上消失的第二状态转变(参照图8A)。即,在该叶片型的箔片轴承10中,主要与图3~图5所示的凸出型的箔片轴承10同样,作为顶部箔片12而发挥功能的各叶片20的前端21根据径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力而在径向轴承间隙C的宽度方向(径向)上弹性变形,由此在形成有能够保持润滑性粉体16的保持部17的第一状态和保持部17实质上消失的第二状态之间相互转变,并且,随着空气膜的压力上升而从第二状态向第一状态转变。

[0067] 因此,若在两轴承面A、B之间夹设有润滑性粉体16,则与图3等所示的凸出型的箔片轴承10同样,能够同时实现低转矩化以及长寿命化。虽然省略详细的图示以及说明,但在图7所示的箔片轴承10中,作为润滑性粉体16,也可以(仅)使用随着两轴承面A、B的滑动接触使顶部箔片12(叶片20)以及轴6的母材的至少一方磨损而产生的磨损粉的氧化物,也可以使用还包括与叶片20以及轴6的母材的磨损粉不同的固体润滑剂粉的润滑性粉体。另外,也可以在两轴承面A、B的至少一方设置朝向另一方的轴承面侧突出的微小的突起部18(参照图6A),也可以将两轴承面A、B的至少一方设置在形成于母材上的润滑被膜。总之,在图7所示的叶片型的箔片轴承10中,也可以采用图6等所示的凸出型的箔片轴承10中能够采用的任意的结构。

[0068] 另外,在各叶片20中,也可以如图8A,图8B所示那样,在随着径向轴承间隙C中产生的空气膜的压力上升(随着叶片20的前端21侧向径向外侧弹性变形)而形成在相邻的两个叶片20、20之间的保持部17上,设置能够积极导入夹设于两轴承面A、B之间的润滑性粉体16的导入部24(在图8B中用实心箭头示出导入力发挥作用的情况)。在图示例中,通过形成于叶片20的后端22侧的V字状的切口(更详细地说,朝向轴6的旋转方向前方侧而宽度尺寸逐渐缩小的V字状的切口)构成导入部24。

[0069] 以上,将本发明应用于将顶部箔片12以及弹性支承部14设置在构成静止侧构件10A的外侧构件11上的箔片轴承10,但本发明还能够适宜地应用于顶部箔片12以及弹性支

承部14设置在构成旋转侧构件10B的轴6上的箔片轴承10(省略图示)。另外,本发明还能够应用于外侧构件11构成旋转侧构件10B并且轴6构成静止侧构件10A的箔片轴承10(省略图示)。

[0070] 另外,虽然省略图示,但本发明不仅能够应用于以上说明的支承径向载荷的类型的箔片轴承10,还能够应用于支承推力载荷的类型的箔片轴承(例如,图2所示的推力轴承30)。

[0071] 此外,本发明所涉及的箔片轴承不仅能够用于微型燃气涡轮等涡轮机械的转子支承用途,还能够适宜地用于支承其他旋转体的用途。

[0072] [实施例]

[0073] 准备崭新的箔片轴承作为试验体,预先将固体润滑剂粉夹设在顶部箔片的内周面与轴的外周面之间(两轴承面之间)然后将该箔片轴承运转规定时间,确认、调查根据夹设于两轴承面之间的固体润滑剂粉的种类不同而轴承面(母材)的磨损量产生何种程度的差异。在图9中示出其调查结果。需要说明的是,在该确认试验中,作为构成箔片轴承的顶部箔片以及插入该箔片轴承的内周的轴,均使用由铁系金属材料形成的构件。另外,作为固体润滑剂粉,准备氧化铝、氧化铁、铜、银、二硫化钼的粉末。

[0074] 首先,在使用上述的任意的固体润滑剂粉的情况下,顶部箔片均不会因与轴的滑动接触而产生破损等致命的缺陷,能够将母材的磨损量(磨损粉的总重量)抑制在不对箔片轴承的轴承性能带来负面影响的范围。

[0075] 接下来,在使用上述的五种固体润滑剂粉中的铜粉末的情况下,基本未发生在使用氧化铝粉末的试验体的一部分中产生的不稳定情况(旋转转矩的变动等)。认为其理由在于,第一,与氧化铝相比铜的滑动特性优异,与之相应地,有助于有效地降低轴与顶部箔片的滑动接触部(轴承面彼此的滑动接触部)的摩擦力,其结果是,轴的旋转精度迅速稳定。另外,第二,可以举出如下原因,轴与顶部箔片的滑动接触部的摩擦力降低,与之相应地,顶部箔片、轴的母材的磨损为所谓的轻微磨损,由顶部箔片、轴产生的磨损粉的粒径相对较小。即,认为磨损粉的粒径越小,则作为润滑性粉体而发挥功能的磨损粉的氧化物粉末的生成速度越快,因此轴的旋转精度迅速稳定。因此,在预先将固体润滑剂粉夹设于箔片轴承的两轴承面之间的情况下,软质金属的粉末(特别是铜粉末)在实现箔片轴承的低转矩化以及长寿命化方面是有效的。

[0076] 需要说明的是,由图9可知,母材的磨损量在使用氧化铁粉末作为固体润滑剂粉的情况下最少。在该试验中,作为顶部箔片以及轴,使用由铁系金属材料形成的构件,因此作为固体润滑剂粉而预先夹设在两轴承面之间的氧化铁粉末为与顶部箔片、轴的母材的磨损粉氧化而生成的润滑性粉体相同种类的粉末。因此,在实现两轴承面的低摩擦化,即箔片轴承的低转矩化以及长寿命化方面,顶部箔片、轴的母材的氧化物特别有效地发挥作用。

[0077] 在本确认试验中,将固体润滑剂粉夹设在两轴承面之间,但是认为例如在由分散有固体润滑剂粉的润滑被膜构成两轴承面的至少一方的情况下,也能够实现与上述同样的作用效果。

[0078] 附图标记说明

[0079] 6 轴

[0080] 10 箔片轴承

- [0081] 10A 静止侧构件
- [0082] 10B 旋转侧构件
- [0083] 11 外侧构件
- [0084] 12 顶部箔片
- [0085] 13 背箔片
- [0086] 14 弹性支承部
- [0087] 16 润滑性粉体(具有润滑性的粉体)
- [0088] 17 保持部
- [0089] 20 叶片
- [0090] A 第一轴承面
- [0091] B 第二轴承面
- [0092] C 径向轴承间隙(轴承间隙)

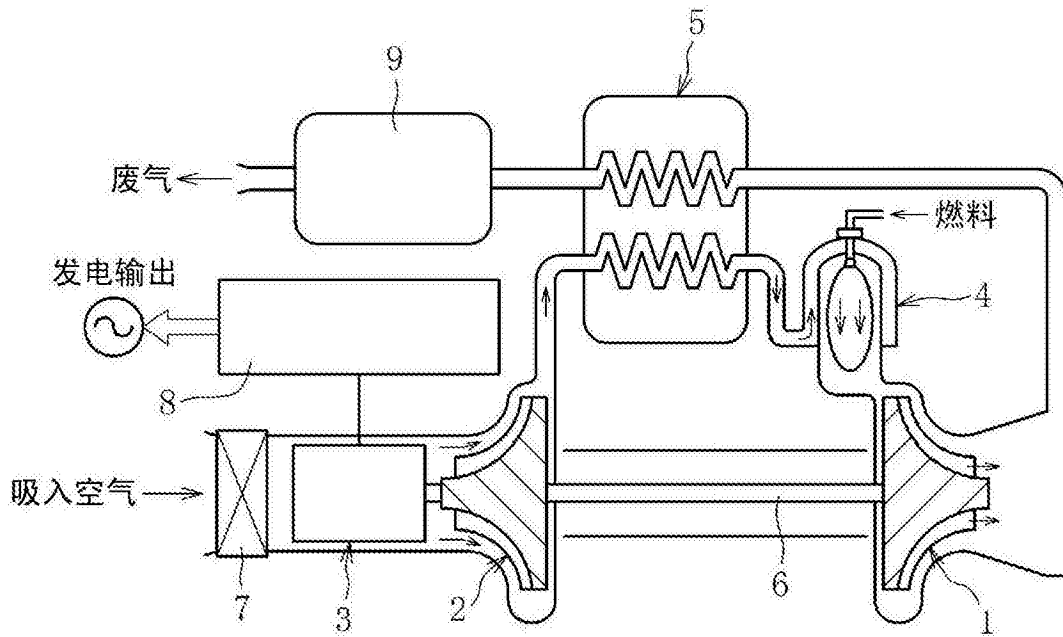


图1

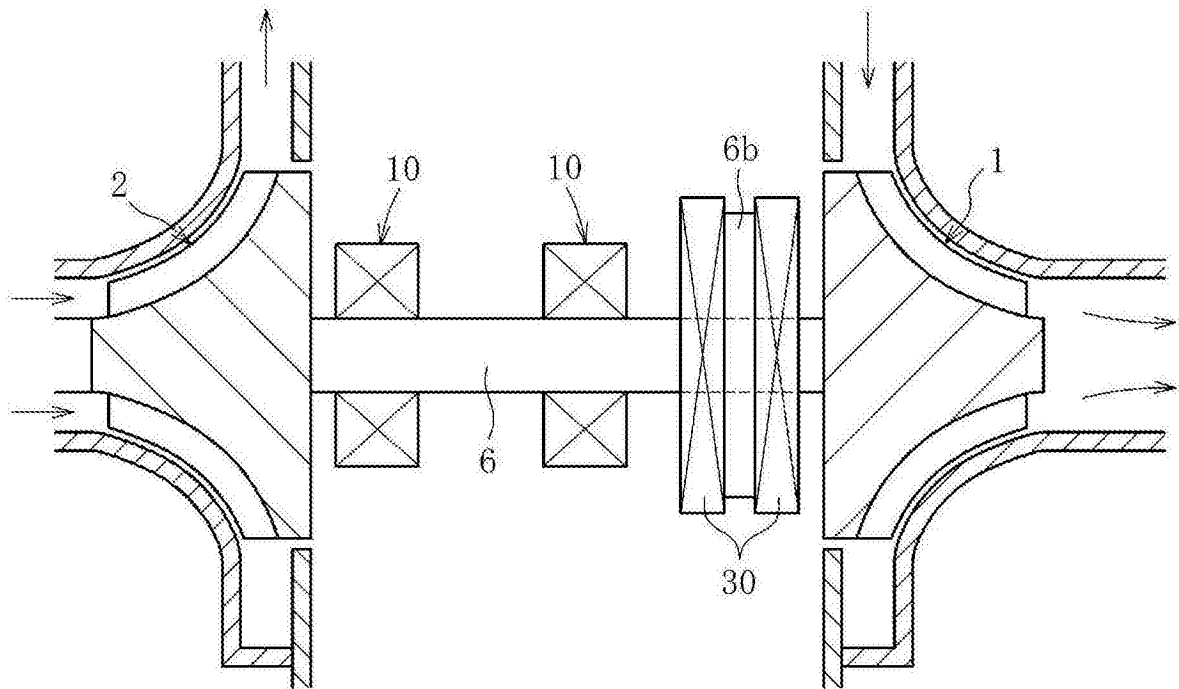


图2

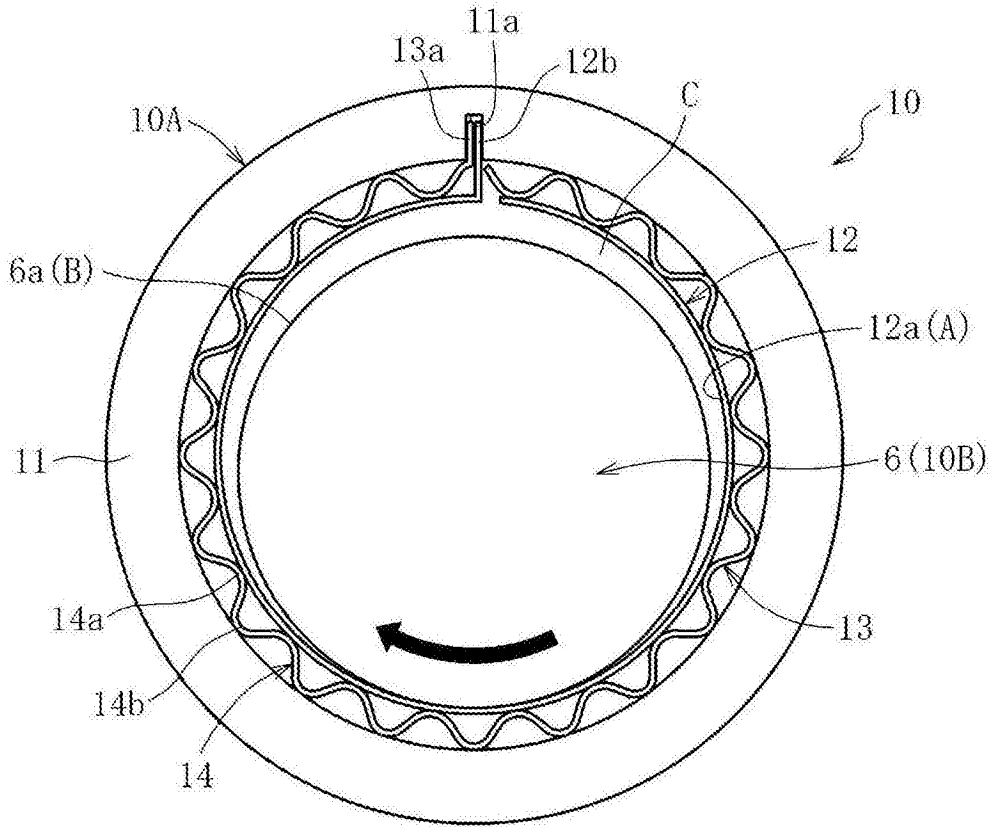
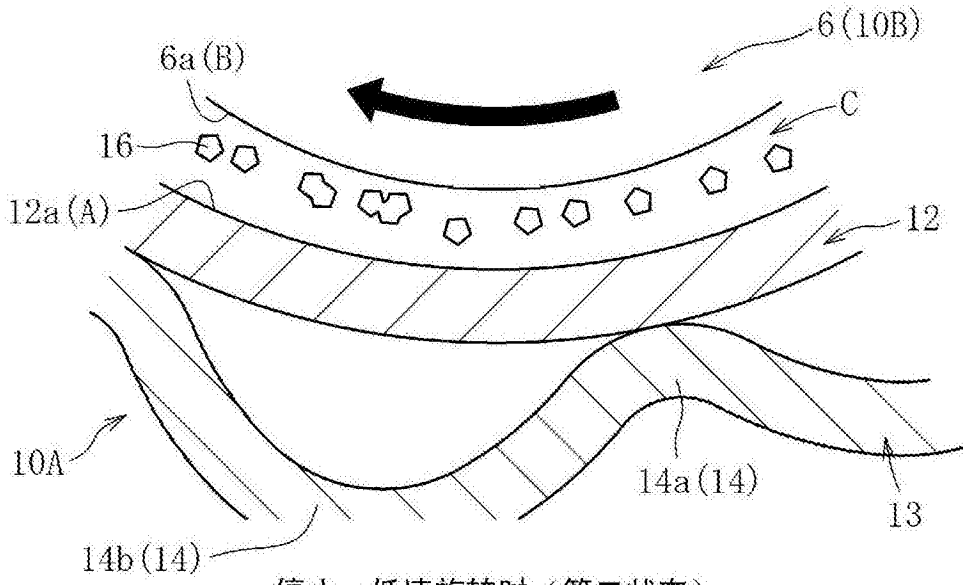


图3



停止~低速旋转时 (第二状态)

图4

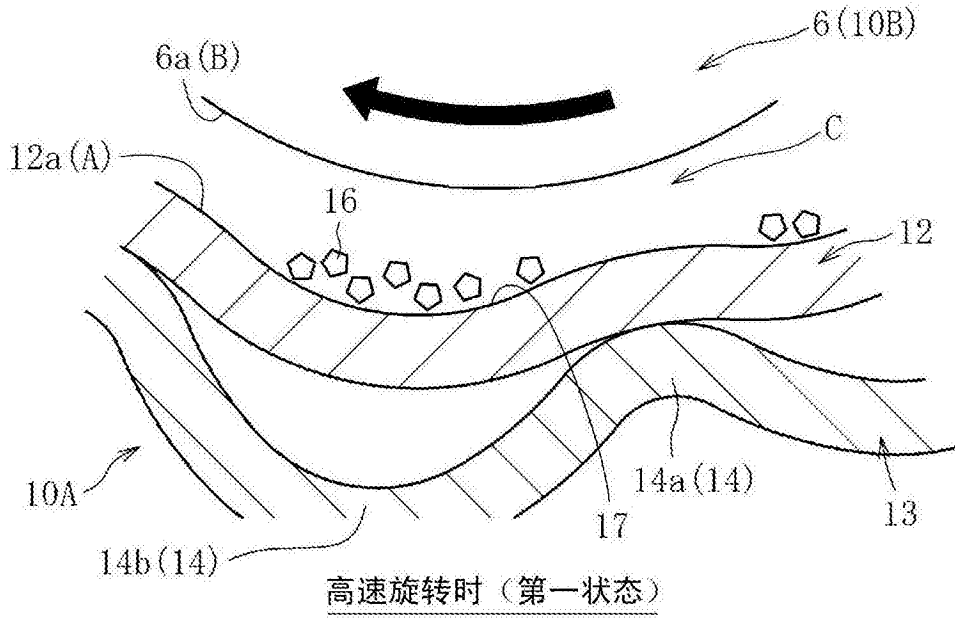
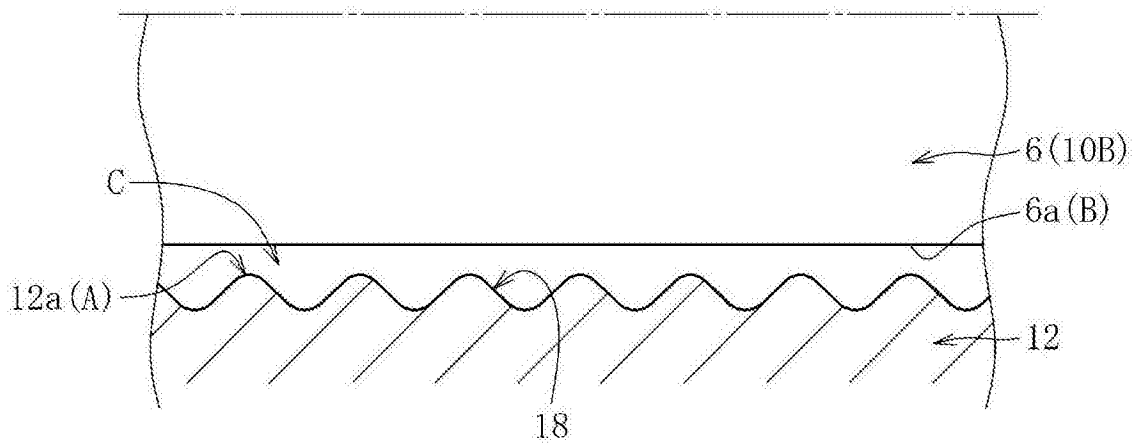


图5



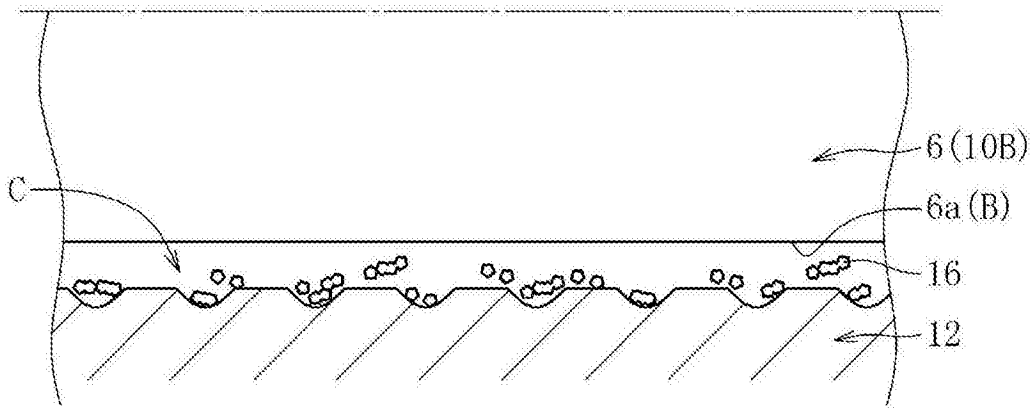


图6B

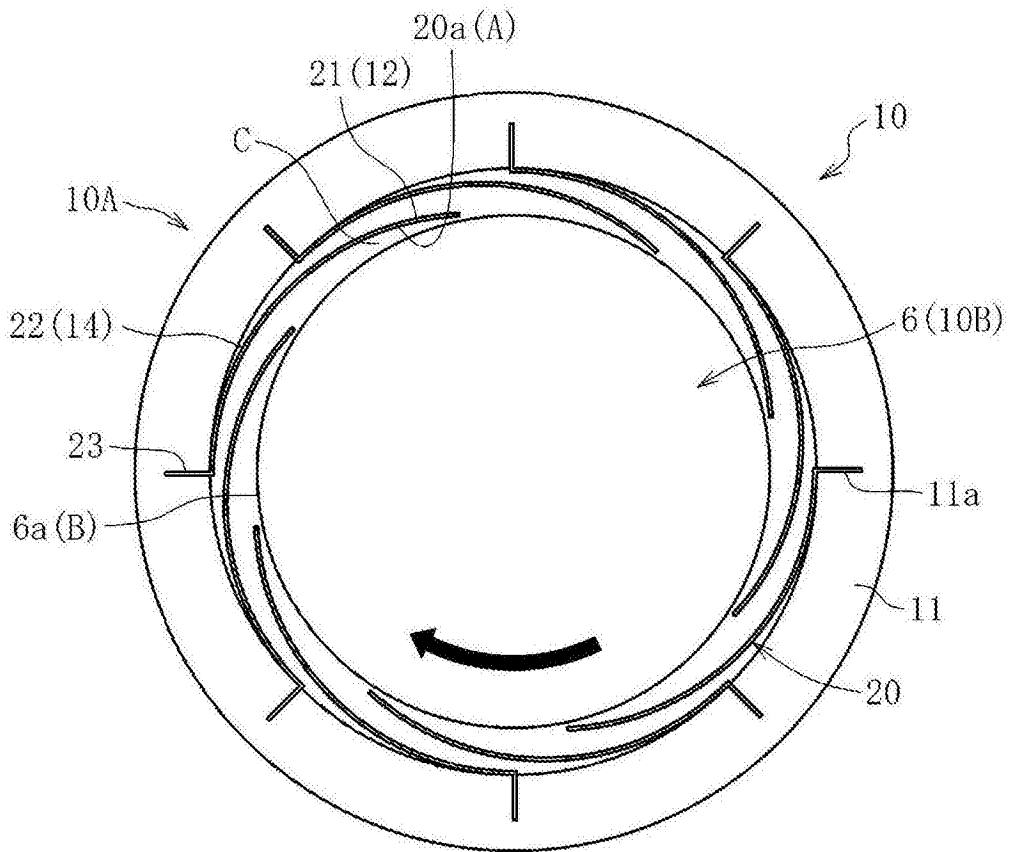


图7

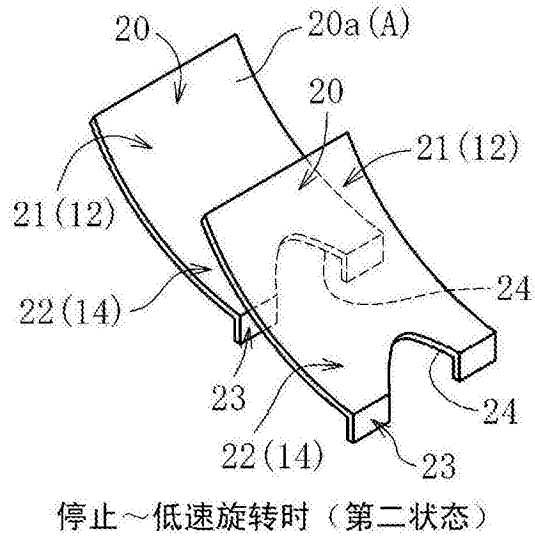


图8A

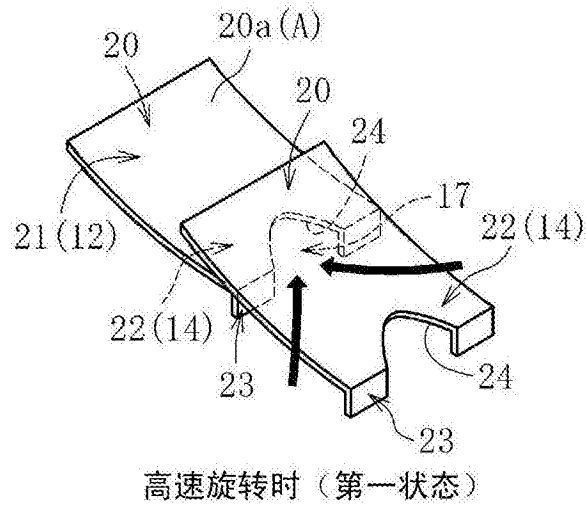


图8B

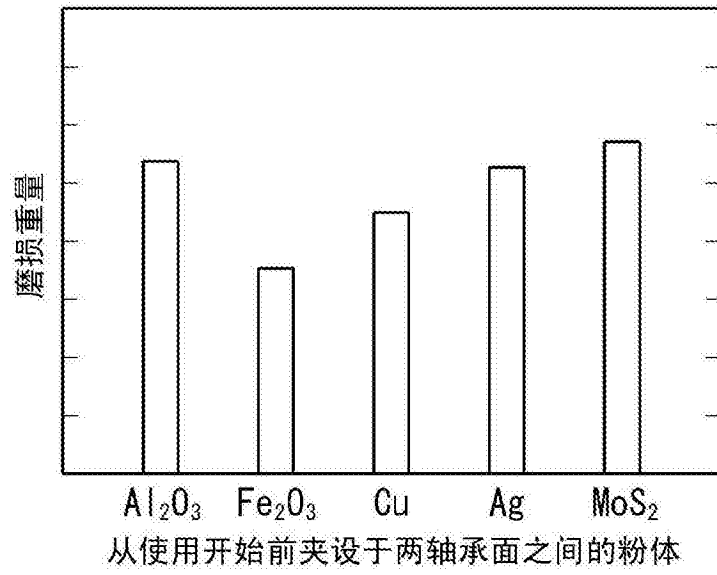


图9