



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1938524 B

(45) 授权公告日 2011.05.25

(21) 申请号 200580010303.0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2005.03.17

F16C 17/04(2006.01)

(30) 优先权数据

H02K 5/167(2006.01)

100032/2004 2004.03.30 JP

H02K 7/08(2006.01)

149583/2004 2004.05.19 JP

G11B 19/20(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 陈海英

2006.09.29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2005/004772 2005.03.17

(87) PCT申请的公布数据

W02005/098250 JA 2005.10.20

(73) 专利权人 NTN 株式会社

地址 日本大阪

(72) 发明人 林达也 川濑达夫 楠清尚

柴原克夫 古森功

(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 王新华

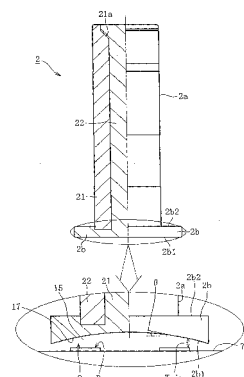
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

动力轴承装置

(57) 摘要

本发明具有提高止推轴承部分的抗磨损性能的目的。通过包括动压生成槽的推力支承表面 11a 与光滑的推力接收表面 11b 之间的止推轴承间隙 C 中的润滑油的动压作用产生压力以便在轴向上可旋转地支撑轴构件 2。推力接收表面 11b 形成成为平面,而在推力支承表面 11a 上设置斜面 17 从而在止推轴承间隙 C 中提供在径向向外方向上具有递减的轴向宽度的缩减部分 15。



1. 一种动力轴承装置,包括:

固定侧构件;

旋转侧构件;

形成在固定侧构件和旋转侧构件中的任何一个上的推力支承表面,所述推力支承表面包括具有多个动压生成槽布置在其上的动压生成槽区域;

设置在固定侧构件和旋转侧构件中的另一个上从而与推力支承表面在轴向上相对的推力接收表面;以及

形成在推力支承表面与推力接收表面之间的止推轴承间隙,所述止推轴承间隙用于在旋转侧构件的旋转过程中通过流体的动压作用产生压力,以便通过所述压力以不接触的方式轴向地支撑着旋转构件,其中

在止推轴承间隙内设有轴向宽度在径向向外的方向上减小的缩减部分;所述多个动压生成槽设置成面向所述缩减部分;并且在所述缩减部分的径向最外面的部分中动压生成槽的泵浦功率最大,其中缩减部分的推力支承表面与推力接收表面中的至少一个形成为斜面,该动压生成槽的深度设置成常数,在该缩减部分的径向内部设置具有恒定宽度的均匀部分。

2. 根据权利要求 1 所述的动力轴承装置,其中比值设定为 $h/r \leq 0.01$,其中斜面在径向上的长度为 r 而斜面的高度为 h 。

3. 一种电动机,包括:根据权利要求 1 或 2 所述的动力轴承装置,连接到旋转侧构件上的转子磁铁;和连接到固定侧构件上的定子线圈。

动力轴承装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种动力轴承装置。该轴承装置适于：用于信息设备例如磁盘装置比如 HDD 或 FDD、用于 CD-ROM, DVD-ROM 等的光盘装置以及用于 MD, MO 等的磁光盘装置的主轴电动机；用于激光打印机 (LBP) 多边形扫描器电动机；用于电动设备例如轴流式风机等的小电动机。

背景技术

[0002] 上述各种电动机不仅需要以高旋转精度而且需要以较高的速度、较低的成本和较低的噪音运转。决定所需性能的一个组成部分是用于支撑电动机主轴的轴承。近年来，作为这种类型的轴承，在上述所需性能方面具有极优特性的动力轴承装置已经被考虑用来或已经被投入到实际使用当中。

[0003] 作为动力轴承装置的一个例子，日本专利公开 2002-61641 公开了一种具有以下结构的动力轴承装置。该动力轴承装置包括：具有封闭端的圆柱形外壳；固定到外壳内表面上的轴承构件；插在轴承构件内圆周表面上的轴构件；以及径向轴承部分和止推轴承部分，其通过轴构件与轴承套的相对旋转过程中产生的动压作用以不接触的方式可旋转地支撑着轴构件。

[0004] 在径向轴承部分和止推轴承部分中，止推轴承部分通过轴构件的凸缘的两个端面和与其相对的外壳底面以及轴承套端面之间的每一个止推轴承间隙中的油的动压作用产生压力，以便以不接触的方式轴向地支撑轴构件。

[0005] 在这种类型的动力轴承装置中，当动力轴承装置开始和停止运转时，旋转侧上的构件和固定侧上的构件不可避免地以高速相互滑动。因此，在用于其中电动机的运转经常启动和停止的信息设备的动力轴承装置例如包括 HDD-DVD 的录音机和用于蜂窝式电话的存储装置的用户设备中，由运转的重复开始和停止所导致的滑动表面的磨损在某些使用等条件下暴露成为问题。因此，希望进一步提高耐磨性。特别地，在凸缘由树脂制成的情况下，与金属相互滑动的情况相比磨损更有可能加速。因此，由于磨损粉末的影响轴承性能有可能在短时间内退化。

发明内容

[0006] 考虑到以上问题，本发明的目的是提供一种能够防止止推轴承部分发生磨损的动力轴承装置。

[0007] 为了实现以上目的，根据本发明的一种动力轴承装置包括：固定侧构件；旋转侧构件；形成在固定侧构件和旋转侧构件中的任何一个上的推力支承表面，所述推力支承表面包括具有多个动压生成槽布置在其上的动压生成槽区域；设置在固定侧构件和旋转侧构件中的另一个上从而与推力支承表面在轴向上相对的推力接收表面；以及形成在推力支承表面与推力接收表面之间的止推轴承间隙，所述止推轴承间隙用于在旋转侧构件的旋转过程中通过流体的动压作用产生压力以便通过所述压力以不接触的方式轴向地支撑着旋转

构件,其中在止推轴承间隙内设有轴向宽度在径向向外的方向上减小的缩减部分;所述多个动压生成槽设置成面向所述缩减部分;且在所述缩减部分的径向最外面的部分中动压生成槽的泵浦功率最大。

[0008] 通过该结构,具有高圆周速度的缩减部分的径向最外面的部分具有最小的宽度且在该部分处的动压生成槽的泵浦功率最大。因此,能够降低开始接触的转速。从而,能够减少在电动机的运转开始或结束时推力支承表面与推力接收表面之间的接触时间。

[0009] 止推轴承间隙可通过使缩减部分的推力支承表面与推力接收表面中的至少一个形成斜面而获得。

[0010] 此外,为了实现以上目的,根据本发明的动力轴承装置包括:具有轴部分和凸缘部分的轴构件;以及用于通过在凸缘部分的端面 and 与其相对的表面之间的止推轴承间隙中的流体的动压作用而产生压力以便通过该压力以不接触的方式轴向地支撑着轴构件,其中面向止推轴承间隙的凸缘部分端面形成斜面,所述斜面在径向向外方向上离相对的表面越来越近。从而,面向止推轴承间隙的凸缘部分的部分端面的径向最外面部分具有止推轴承间隙的最小宽度。在止推轴承间隙中的该部分处可获得最高的圆周速度。因为在这种情况下在该最小宽度部分处提高了由动压发生装置比如动压生成槽产生的泵浦功率,所以能够减少电动机开始和停止运转时推力支承表面与推力接收表面之间的结束时间。从而,能够防止止推轴承部分发生磨损。斜面不仅可以形成为平坦的渐缩表面还可以形成为弯曲表面。

[0011] 凸缘部分的端面上的斜面可通过利用轴构件的树脂部分变硬时所产生的下沉的水平高度差而形成。例如,如果面向止推轴承间隙的凸缘部分的端面的径向内侧由厚的树脂制成而其径向外侧由比厚树脂薄(厚与薄之间的差由轴向厚度来确定)的树脂制成,那么径向内侧上的轴向下沉量与树脂变硬时径向外侧上的轴向下沉量变大了。因此,斜面可通过利用下沉量的差设置在凸缘部分的端面上。

[0012] 轴构件包括:形成轴部分的外圆周表面的外轴部分;和设置在外轴部分的内圆周上的内轴部分,所述外轴部分由金属形成,而所述内轴部分和凸缘部分由树脂整体形成。关于该结构,由于内轴部分的存在,凸缘部分的径向内侧由厚度比径向外侧更大的树脂制成。因此,凸缘部分的径向内侧上和径向外侧上之间的下沉量产生了差异。结果,能够在凸缘部分的端面上形成斜面。

[0013] 在上述结构中,理想的是设定比例: $h/r \leq 0.01$,其中斜面在径向上的长度为 r 而斜面的高度位 h ,从而防止动压作用变差等。

[0014] 电动机包括:上述动力轴承装置;连接到旋转侧构件的转子磁铁;和连接到固定侧构件的具有高耐久性以及高旋转精度的定子线圈。因此,该电动机适合作为用于信息设备中的电动机。

[0015] 通过以上描述显而易见的是,由于根据本发明能够防止止推轴承的磨损,因此能够提高动力轴承装置的耐久性。

附图说明

[0016] 图 1 是使用根据本发明的动力轴承装置的主轴电动机的横截面图;

[0017] 图 2 是动力轴承装置的横截面图;

- [0018] 图 3 是推力支承表面（止推板的上端面）的平面图；
- [0019] 图 4 是示意性地表示下止推轴承部分的放大截面图；
- [0020] 图 5 是示意性地表示作比较的止推轴承部分的放大截面图；
- [0021] 图 6 是表示斜面的另一个例子的横截面图；
- [0022] 图 7 是表示开始接触的转速的理论计算结果的图表；
- [0023] 图 8 表示轴构件的横截面图及其主要部分的放大图；
- [0024] 图 9 表示止推轴承部分的动压生成槽区域的平面图以及止推轴承间隙中的压力分布图。

具体实施方式

[0025] 以下,将要说明本发明的实施例。

[0026] 图 1 表示结合了动力轴承装置 1 的作为用于信息设备的主轴电动机的例子用于盘驱动装置比如 HDD 的主轴电动机。该电动机包括:动力轴承装置 1;连接到动力轴承装置 1 的轴构件 2 上的旋转构件 3(盘毂);例如通过径向间隙彼此相对地设置的定子线圈 4 和转子磁铁 5;以及托架 6。转子磁铁 5 连接到盘毂 3 的内圆周上。当使定子线圈 4 通电时,转子磁铁 5 通过定子线圈 4 和转子磁铁 5 之间产生的激励力驱动旋转。随着转子磁铁 5 的旋转,盘毂 3 也旋转,从而驱动轴构件 2 旋转。

[0027] 图 2 表示上述动力轴承装置的例子。动力轴承装置 1 包括:用于径向地支撑轴构件 2 的径向轴承部分 R1 和 R2;以及用于轴向地支撑轴构件 2 的止推轴承部分 T1 和 T2。径向轴承部分 R1 和 R2 与用于轴向地支撑轴构件 2 的止推轴承部分 T1 和 T2 中的每一个都由动压轴承构成。动压轴承形成了包括旋转侧构件和固定侧构件中的任何一个上的动压生成槽的支承表面,同时在另一个构件上形成了光滑的接收表面从而与支承表面相对。在旋转侧构件的旋转过程中,通过支承表面与接收表面之间的轴承间隙中的流体的动压作用产生了压力以便以不接触的方式可旋转地支撑旋转侧构件。

[0028] 下面,将要说明动力轴承装置 1 的具体结构。

[0029] 如图 2 所示,根据本实施例的动力轴承装置 1 包括以下主要轴承组成部分:具有封闭端和另一端上的开口 7a 的圆柱形外壳 7;固定到外壳 7 的内圆周表面上的圆柱形轴承套 8;轴构件 2;以及固定到外壳 7 的开口 7a 中的密封构件 10。为了便于说明,在下面的说明中,外壳 7 的开口侧称为上侧而轴向相反的一侧称为下侧。

[0030] 外壳 7 形成具有封闭端的圆柱形状,包括圆柱形侧部 7b 和底部 7c。在该实施例中,底部 7c 由盘状的薄止推板形成成为独立于侧部 7b 的构件。止推板 7c 结合到和/或压入侧部 7b 的下面的开口中以便连接到该处,从而形成了具有封闭端的外壳 7。外壳 7 的底部 7c 可与侧部 7b 整体形成。外壳 7 的侧部 7b 和底部 7c 可由金属材料 and 树脂材料中的任何一种制成。

[0031] 轴构件 2 例如完全由金属材料形成比如不锈钢(SUS420J2)制成。轴构件 2 包括:轴部分 2a;和设置在轴部分 2a 的下端上从而在轴向向外的方向上延伸的凸缘部分 2b。轴部分 2a 和凸缘部分 2b 整体或单独成形。凸缘部分 2b 的下端面与止推板 7c 的上端面 7c1 相对,而凸缘部分 2b 的上端面 2b2 与轴承套 8 的下端面 8c 相对。凸缘部分 2b 的下端面 2b1 和上端面分别用作接收表面 11b 和 13b,如下所述。

[0032] 在该实施例中,止推板 7c 的上端面 7c1 的与凸缘部分 2b 的下端面 2b1 相对的部分用作下止推轴承部分 T1 的推力支承表面 11a。动压生成槽区域 P 呈环状地在推力支承表面 11a 的一部分上,例如,在推力支承表面 11a 的径向中心附近,如图 3 所示。动压生成槽区域 P 通过成螺旋形地布置多个动压生成槽 P1 和多个脊 P2 而形成,每一个脊形成动压生成槽 P1 之间的类似小山的结构。尽管加工动压生成槽区域 P 的方法是任意的,但冲压加工是理想的,因为它使得能够以低成本高精度形成动压生成槽区域 P。在这种情况下,为了提高冲压加工过程中的加工性能,理想的是以具有小的屈服应力的软金属材料例如铜合金(比如黄铜,锌青铜,铅青铜或磷铜)或铝(A2 至 7)制成止推板 7c。

[0033] 轴承套 8 由油浸烧结金属形成为圆柱形状。油浸烧结金属通过将例如多孔材料特别是基于铜的烧结金属浸入润滑油(或润滑油脂)中而获得。第一径向轴承部分 R1 的径向支承表面与第二径向轴承部分 R2 的径向支承表面这样设置在轴承套 8 的内圆周表面 8a 上以使得彼此轴向分离。动压生成槽以例如人字形图案形成在两个区域中的每一个中。螺旋形图案、轴向槽图案等可用作动压生成槽的图案。包括动压生成槽的径向支承表面也可以形成在轴构件 2 的轴部分 2a 的外圆周表面上。此外,轴承套 8 可由除多孔材料以外的材料例如软金属比如黄铜或铜合金制成。

[0034] 在该实施例中,轴承套 8 的下端面 8c 用作上止推轴承部分 T2 的推力支承表面 13a。在推力支承表面 13a 上,形成有环形动压生成槽区域(未示出),其中多个动压生成槽成螺旋形布置。

[0035] 如图 2 所示,密封构件 10 是环形的并通过比如挤压或粘结固定到外壳 7 的开口 7a 的内圆周表面中。在该实施例中,密封构件 10 的内圆周表面 10a 形成为圆柱形状,且密封构件 10 的下端面紧靠着轴承套 8 的上端面 8b。

[0036] 轴构件 2 的轴部分 2a 插在轴承套 8 的内圆周表面 8a 上。凸缘部分 2b 容纳在轴承套 8 的下端面 8c 与止推板 7c 的上端面 7c1 之间的空隙中。轴部分 2a 的锥形表面 2a 与密封构件 10 的内圆周表面 10a 相对,其间有预定的间隙。结果,在锥形表面 2a 与内圆周表面 10a 之间形成了在外壳 7 的外方向(图中向上的方向)上逐渐扩展的锥形密封空间 S。在轴构件 2 的旋转过程中,轴部分 2a 的锥形表面 2a1 也起到所谓离心密封的作用。由密封构件 10 密封的外壳 7 中的内部空间(包括轴承构件 8 中的孔)被润滑油填充。润滑油的油位存在于密封空间 S 中。密封空间 S 不仅形成为如上所述的锥形而且可形成在轴向上直径相同的圆柱形状。

[0037] 在电动机的旋转过程中,轴构件 2 用作旋转侧构件,而外壳 7、轴承套 8 和密封构件 10 用作上述实施例中的固定侧构件。当轴构件 2 被电动机的旋转而驱动旋转时,在径向轴承部分 R1 和 R2 中通过轴承套 8 的内圆周表面上的径向支承表面和与其相对的轴构件 2a 的外圆周表面(径向接收表面)之间的径向轴承间隙中的润滑油的动压作用产生了压力。结果,轴构件 2 的轴部分 2a 这样被支撑以便以不接触的方式在径向上可旋转。此外,在下止推轴承部分 T1 中,通过形成在止推板 7c 的上端面 7c1(推力支承表面 11a)上的动压生成槽区域 P 和与其相对的凸缘部分 2b 的下端面 2b1(推力接收表面 11b)之间的止推轴承间隙中的润滑油的动压作用产生压力。与此同时,在上止推轴承 T2 中,通过形成在轴承套 8 的下端面 8c(止推轴承 13a)上的动压生成槽区域(未示出)和与其相对的凸缘部分 2b 的上端面 2b2(推力接收表面 13b)之间的止推轴承间隙中的润滑油的动压作用产生压力。

因此,轴构件 2 的凸缘部分 2b 被这样支撑着以使得以不接触的方式在轴向上可旋转。

[0038] 尽管包括动压生成槽区域 P 的推力支承表面 11a 和包括未示出的动压生成槽区域的推力支承表面 13a 分别形成在止推板 7c 的上端面 7c1 和轴承套 8 的下端面 8c 上,但在上述实施例中,推力支承表面 11a 和 13a 也可以形成在凸缘部分 2b 的端面 2b1 和 2b2 中的任何一个或两个上。在这种情况下,没有动压生成槽的光滑的推力接收表面 11b 或 13b 形成在止推板 7c 的上端面 7c1 或轴承套 8 的下端面 8c 上。

[0039] 在本发明中,如图 4 所示,通过使轴向宽度 W 在径向向外的方向上逐渐减小而形成的缩减部分 15 形成在下止推轴承部分 T1 的止推轴承间隙 C 中(止推轴承间隙 C 的宽度以放大的方式表示在图 4 中)。图 4 表示这样的实施例,其中具有恒定宽度的均匀部分 14 设置为止推轴承间隙 C 的径向内部且缩减部分 15 设置在其径向外侧。如图所示,缩减部分 15 能够通过例如使推力接收表面 11b 形成为垂直交叉轴向的方向上的平面并使得斜面 17 在推力支承表面 11a 上在径向向外的方向上越来越靠近推力接收表面 11b 而形成。推力支承表面 11a 的动压生成槽区域 P 设置在斜面 17 上。

[0040] 通过如上所述地在止推轴承间隙 C 中形成缩减部分 15,缩减部分 15 的径向最外面的部分对应于止推轴承间隙 C 的最小宽度部分 W_{min} 。由于在径向最外面的部分处的圆周速度在轴构件 2 的旋转过程中很高,因此在该部分中的动压生成槽 P1 的泵浦功率也很高。动压生成槽 P1 的泵浦功率不仅取决于圆周速度而且取决于动压生成槽的深度或宽度;泵浦功率一般随着动压生成槽的深度或宽度增加而提高。不过,在本发明中,槽的深度设置成常数而槽的宽度如图 3 所示地在径向向外方向上稍微增大以便在径向向外的方向上提高成螺旋形布置的动压生成槽的泵浦功率。通过这种方式,动压生成槽区域设计成在缩减部分 15 的径向最外面的部分获得最大的泵浦功率。

[0041] 可以从止推轴承间隙 C 的压力分布看出泵浦功率。图 9 表示在动压生成槽如作为例子的上图中所示地成螺旋形布置的情况下止推轴承间隙 C 中的压力分布。在图 9 中,中间图和下图中表示压力分布的线的倾角(压力梯度)代表泵浦功率;它表示泵浦功率随着压力梯度变大而变高。例如,如果通过在径向向外的方向上减少动压生成槽的深度来使动压生成槽的泵浦功率在径向上保持恒定同时提供与本发明的缩减部分相同的缩减部分 15,那么压力分布的上升(由 A 表示)是直的从而压力梯度变得和中间图所示的一样恒定。另一方面,当如本发明那样在径向向外的方向上提高泵浦功率(参见下图)时,压力分布的上升(由 B 表示)是向上凸起的曲线从而压力梯度在动压生成槽的径向最外面的部分成为最大。因此,压力分布明显不同于泵浦功率被设定为常数的情形。在任何情况下,在均匀的部分 14 中产生了止推轴承间隙 C 中的最高压力。

[0042] 如上所述,由于在本发明中动压生成槽的泵浦功率在具有最高圆周速度的缩减部分的最小宽度部分中最大,因此即使是在低转速时也能在径向上向内进给大量的油。从而,轴承装置 1 的开始接触的转速能够保持较低。结果,能够防止由于推力支承表面与推力接收表面之间的滑动接触引起的止推轴承部分 T1 的磨损,从而使得动力轴承装置 1 适用于电动机的运转频繁启动和停止的情形。

[0043] 这里,开始接触的转速是这样一种转速,在低于该转速时推力支承表面 11a 和推力接收表面 11b 相互接触,而在高于该转速时表面 11a 和 11b 不相互接触。由于如果开始接触的转速降低则紧接着电动机的运转开始之后或者紧接着停止之前的推力支承表面 11a

与推力接收表面 11b 之间的接触时间也减少,因此能够防止止推轴承部分 T1 的磨损。

[0044] 只要止推轴承间隙 C 具有缩减部分 15 就能够获得这种效果。除了如图所示地设置在推力支承表面 11a 上的斜面 17 以外,推力支承表面 11a 可形成为平面,而斜面可以设置在推力接收表面 11b 上。可选地,推力支承表面 11a 和推力接收表面 11b 上都可以形成斜面。此外,斜面 17 可以不仅形成为如图 4 所示的具有直的横截面的楔形平面而且可以形成为如图 6 所示的具有半径 R 的圆形横截面的曲面(包括通过组合具有两种或两种以上的半径的圆而成的组合曲面)。

[0045] 此外,尽管在图 4 中仅表示了缩减部分 15 设置在下止推轴承部分 T1 的止推轴承间隙 C 中的情形,但如果在止推轴承部分 T2 的止推轴承间隙中形成相同的缩减部分则也能获得相同的效果。

[0046] 为了证实以上效果,使根据本发明的动力轴承装置和相比较的动力轴承装置执行开始接触的转速的理论值。这里,根据本发明的动力轴承装置包括具有如图 4 所示的缩减部分 15 的止推轴承间隙,而相比较的轴承装置包括具有如图 5 所示的具有扩展部分 15' 的止推轴承间隙,该扩展部分具有渐增的轴向宽度(在图 5 中,与图 4 所示构件相对应的构件以带有撇号(')的附图标记表示)。

[0047] 关于以下文献执行理论值: Jiasheng Zhu 和 Kyosuke Ono, 1999, “关于用于硬盘主轴的四种类型的油润滑液压止推轴承的性能的比较研究 (A Comparison Study on the Performance of Four Types of oil Lubricated Hydrodynamic Thrust Bearings for Hard Disk Spindles)”, Transactions of ASME, Vol. 121, 1999. 1, pp. 114-120.

[0048] 理论计算中使用的计算条件 (DF 方法和索末菲 (Sommerfeld) 边界条件) 如下所示:

[0049]	旋转部分的重量 W	6.5g
[0050]	止推轴承部分的外径 D_o	6.5mm
[0051]	止推轴承部分的内径 D_i	2.5mm
[0052]	槽深 h_o	7 μ m
[0053]	槽的数量 k	16
[0054]	槽的角度 α	30 度
[0055]	山脊 / 槽的比例 γ	1
[0056]	润滑油粘度 η	5.97mPa · S

[0057] 止推轴承间隙的最小宽度 W_{min} 设定为 0.05 μ m.

[0058] 基于上述条件的理论计算结果表示在图 7 中。图 7 中的横坐标轴上的“平面度”表示图 4 和图 5 所示的斜面 17 的高度 h。

[0059] 从图中可看出,包括缩减部分 15 的根据本发明的动力轴承装置所具有的开始接触的转速比包括扩展部分 15' 的比较产品 B 低。因此,发现根据本发明的动力轴承装置 A 对于减少紧接着电动机的运转开始之后或者紧接着停止之前的推力支承表面 11a 和推力接收表面 11b 之间的接触时间是有效的。此外,从图 7 所示的结果可知,如果推力支承表面 11a 的平面度(斜面 17 的高度 h) 太高,那么开始接触的转速对应地增大到不利地减少动压的作用。因此,认为平面度 h 具有上限。作为由本发明的发明者从以上观点出发进行检验得到的结果,发现如果斜面 17 的高度 h 相对于它的半径 r 的比值 (h/r) 超过 0.01, 那么

开始接触的转速显著增大。因此,理想的是 h/r 的值为 0.01 ($\theta \approx 0.6^\circ$) 或以下,更理想地, 0.005 ($\theta \approx 0.3^\circ$) 或以下。

[0060] 图 8 表示本发明的另一实施例。在该实施例中,轴构件 2 具有由树脂和金属制成的复合结构。树脂部分包括轴向延伸的内轴部分 22 和从内轴部分 22 径向向外延伸的凸缘部分 2b,它们整体成形。覆盖内轴部分 22 的外圆周的外轴部分 21 由金属材料例如在抗磨损方面性能极好的不锈钢制成圆柱形的中空形状。有可能使用 PEEK,PPS,LCP,9T 尼龙等作为树脂材料。填料比如玻璃纤维、碳纤维或导电剂与上述基本树脂按需混合。特别是在使用碳纤维的情况下,优选地以 5 至 30 体积%的混合比率将具有 1 至 $12\mu\text{m}$ 的平均纤维直径和 100 至 $500\mu\text{m}$ 的平均纤维长度的 PAN 碳纤维相混合。

[0061] 为了防止由金属材料制成的外轴部分 21 和由树脂材料制成的内轴部分 22 及凸缘部分 2b 相互分离,在外轴部分 21 的下端处将端部 21a 嵌入凸缘部分 2b 中,而外轴部分 21 的上端与内轴部分 22 在轴向上通过例如由楔形平面等形成的接合部分相接合。理想的是在外轴部分 21 的内圆周表面上或嵌入凸缘部分 2b 的外轴部分 21 的外圆周表面上设置可与内轴部分 22 或涂覆部分 2b 在圆周方向上相接合的凸起和凹陷部分以使得外轴部分 21 不旋转。

[0062] 在本发明中,如图 8 中以放大的方式所示,在径向向外的方向上变得越来越靠近相对表面(在该实施例中为止推板 7c 的上端面 7c1) 的曲斜面 17 设置在凸缘部分 2b 的下端面 2b1 上。通过以这种方式形成斜面 17,在轴向向外上宽度减小的缩减部分 15 形成在动压生成槽区域 P 与斜面 17 之间的止推轴承间隙 C 中。径向最外面的部分对应于止推轴承间隙 C 的最小宽度部分 W_{min} 。由于在轴构件 2 的旋转过程中在止推轴承间隙 C 中最小宽度部分的圆周速度最高,因此在动压生成槽区域 P 中产生的泵浦功率如上所述地变高从而能够在缩减部分 15 的径向最外面的部分中获得最大的泵浦功率。结果,轴承装置 1 的开始接触的转速能够保持较低从而能够防止由于凸缘部分 2b 的端面 2b1 与止推板 7c 的上端面 7c1 之间的滑动接触而引起的止推轴承部分 T1 的磨损。因此,即使在电动机的运转频繁开始和结束的情况下使用也能确保耐久性。

[0063] 形成斜面 17 的方法是任意的。除了通过后处理比如抛光来形成以外,斜面 17 也能通过在用于形成树脂部分的模具表面上设置对应于斜面形状的倾斜部分而利用树脂部分比如凸缘部分 2b 或内轴部分 22 的注射模塑过程同时形成。

[0064] 特别地,如果将树脂设置成轴部分 2a 的芯以便与凸缘部分 2b 的树脂成为一体,就像本实施例的情况一样,由于内轴部分 22 的树脂的存在,凸缘部分 2b 的下端面 2b1 在径向向内一侧上树脂轴向厚度比径向向外一侧上的轴向厚度更大。因此,树脂变硬时所产生的轴向上的下沉在下端面 2b1 的径向向内一侧上较大而在径向向外一侧上较小。由此,能够通过利用随着树脂变硬的同时产生的下沉量的差异来形成斜面 17。由于在这种情况下不需要上述后处理或模具表面处理,因此能够实现进一步的成本降低。这种效果至少能够在径向向内一侧上的下端面 2b1 上的树脂厚度大于径向向外一侧的情况下获得。因此,除了由树脂制成的内轴部分 22 越过轴部分 2a 的总长度而形成情形以外,预计针对轴部分 2a 的下面部分唯一地形成内轴部分 22 的情形也能够获得相同的效果。

[0065] 图 8 中的放大视图举例说明了凸缘部分 2b 的下端面 2b1 完全形成为斜面 17 的情形。不过,斜面 17 仅需要至少形成在产生动压效应的面向止推轴承间隙的部分(与动压生

成槽区域 P 相对的部分) 上。因此, 剩余的部分也可以形成为平的表面而没有任何倾斜。此外, 尽管在该放大图中斜面 17 形成为具有弯曲的横截面形状, 但斜面 17 也可以形成为具有直的横截面形状的楔形表面。弯曲的斜面 17 可以不仅以单一的曲率形成而且可以形成为具有两个或两个以上的曲率的组合曲面。

[0066] 此外, 尽管图 8 表示了斜面 17 设置在凸缘部分 2b 的下端面 2b1 上的情形, 但相同的斜面也可以形成在构成止推轴承部分 T2 的上端面 2b2 上以使止推轴承间隙在径向向外的方向上具有递减的轴向宽度。斜面也可以既形成在凸缘部分 2b 的下端面 2b1 上又可以形成在上端面 2b2 上。

[0067] 本发明的应用不限于在凸缘部分 2b 的下端面 2b1 与外壳 7 的底部 7c 之间具有止推部分 T1 的动力轴承装置 1; 本发明可广泛用于通常由动压轴承构成的止推轴承部分的动力轴承装置。例如, 本发明类似地可用于以下动压轴承装置 (未示出)。止推轴承部分的推力支承表面 11a 和推力接收表面 11b 中的一个形成在开口一侧的外壳 7 的端部上, 而另一个形成在与之相对的旋转构件 (例如盘毂 3) 的端面上。

[0068] 此外, 形成在推力支承表面 11a 或 13a 或者推力接收表面 11b 或 13b 的动压生成槽区域 P 中的动压生成槽 P1 可以不仅布置成螺旋形图案也可以布置成人字形图案。

[0069] 以上已经说明了包括动压生成槽的动压轴承用作每一个径向轴承部分 R1 和 R2 的情形。不过, 任何轴承都可以用作径向轴承部分 R1 和 R2, 只要它通过润滑油的油膜以不接触的方式轴向支撑轴构件 2。例如, 除了由多个圆圈组成的包括用作径向支承表面的区域的轴承 (圆轴承) 和立式止推轴承以外, 也能够使用包括具有理想圆形横截面而没有任何动压生成槽作为径向支承表面的区域的轴承 (柱面轴承)。

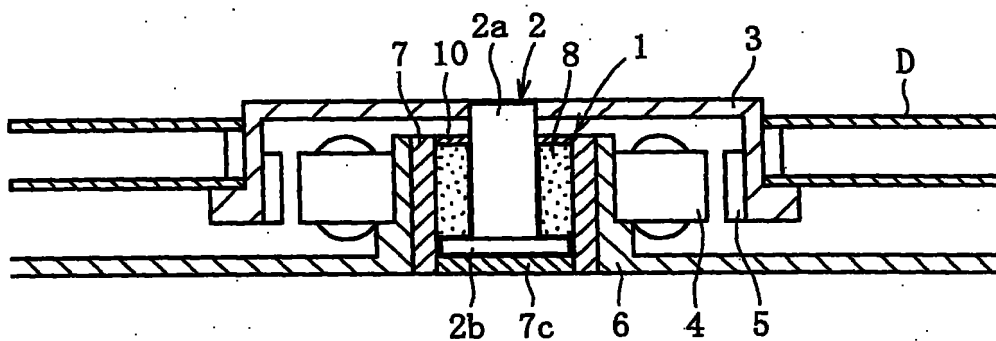


图 1

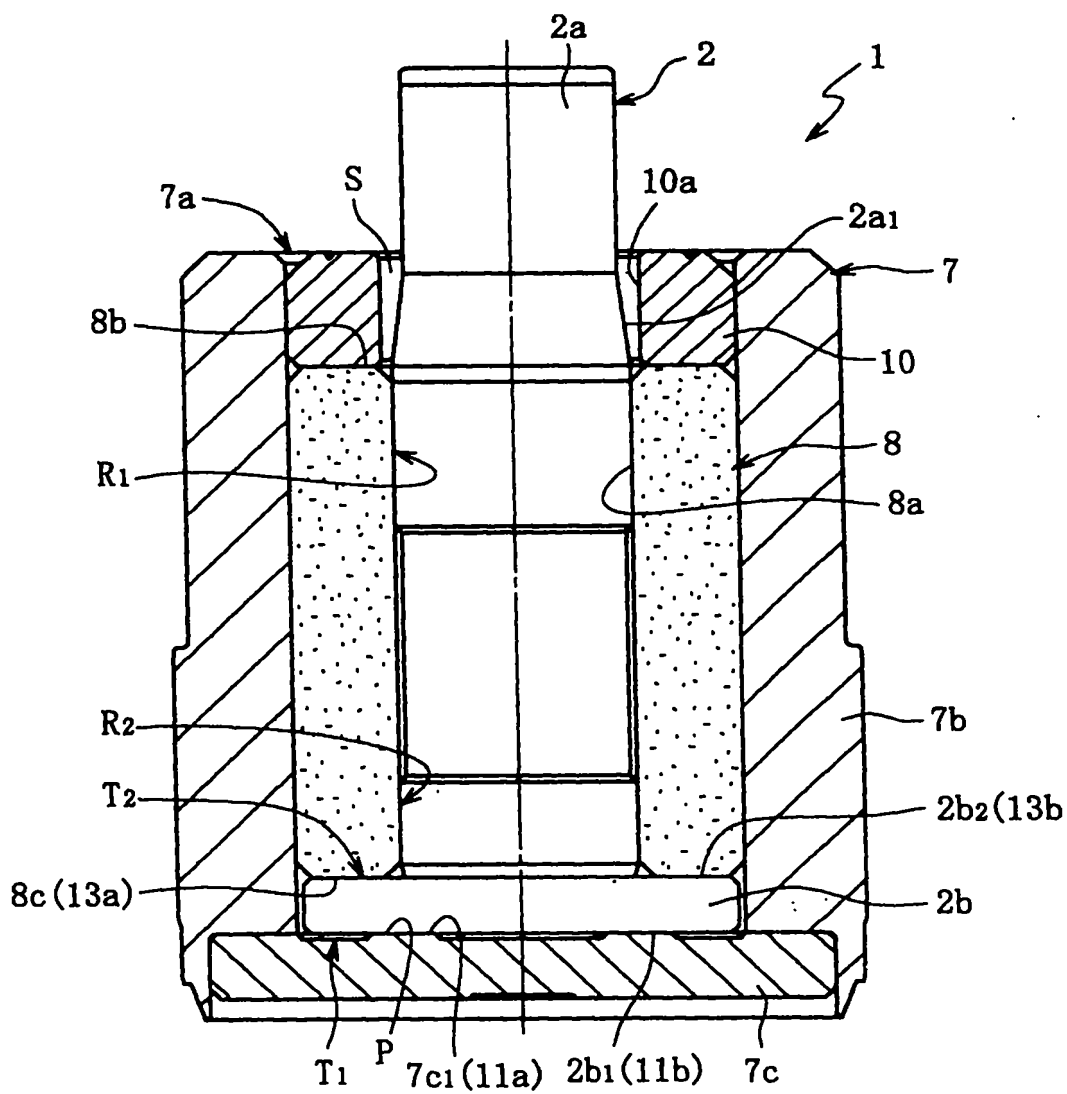


图 2

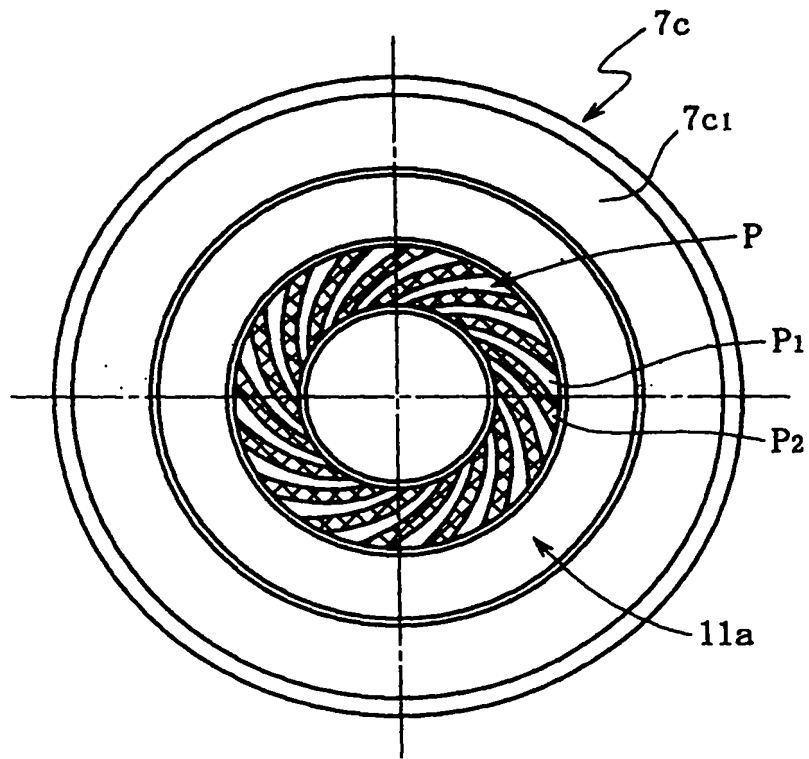


图 3

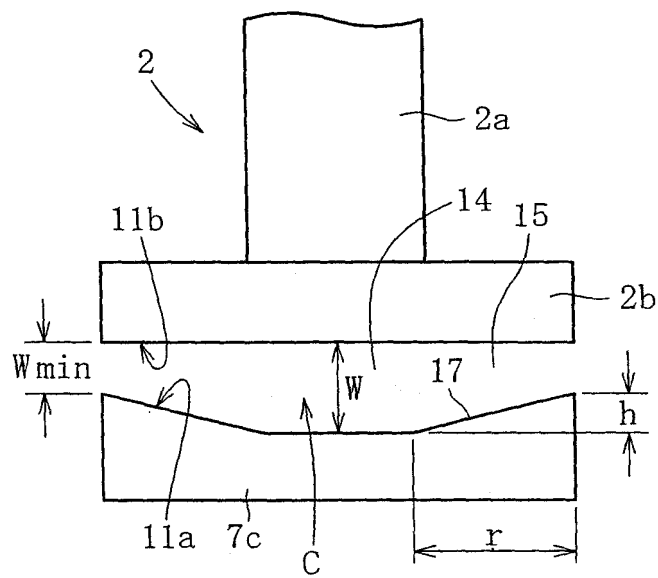


图 4

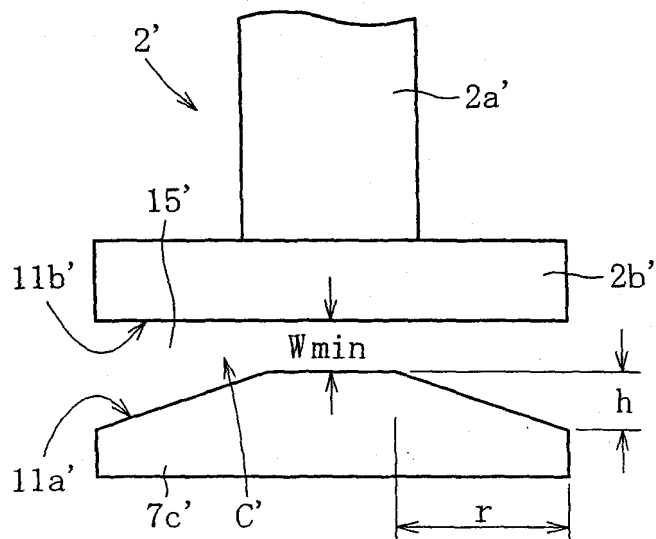


图 5

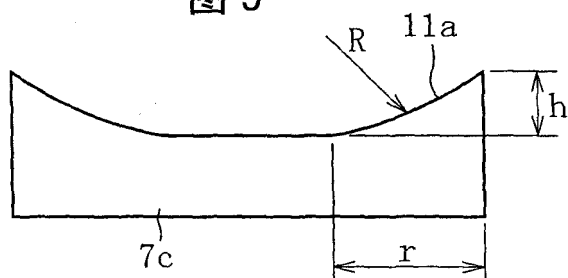


图 6

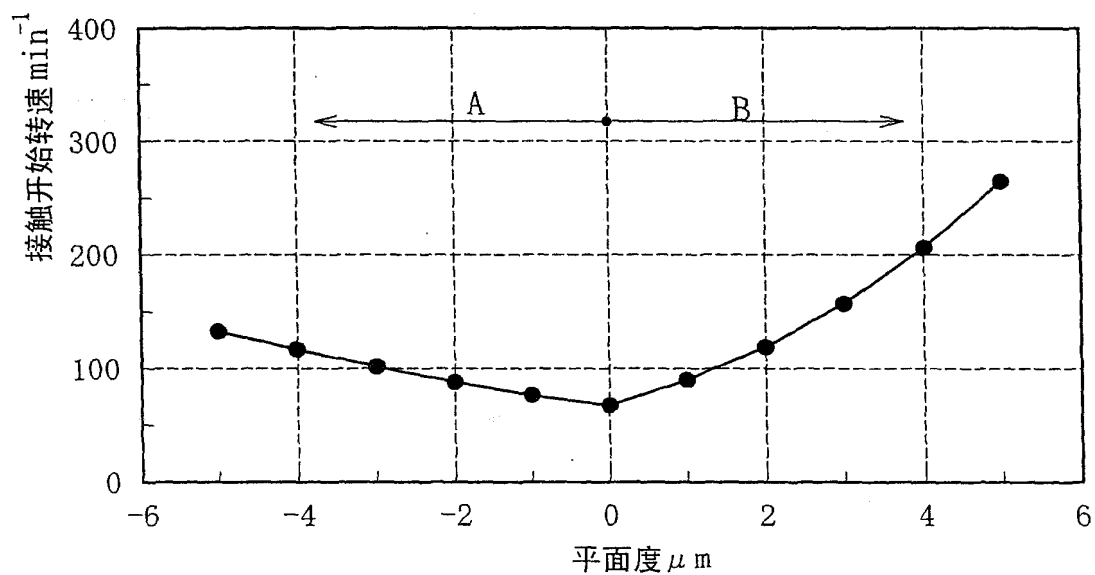


图 7

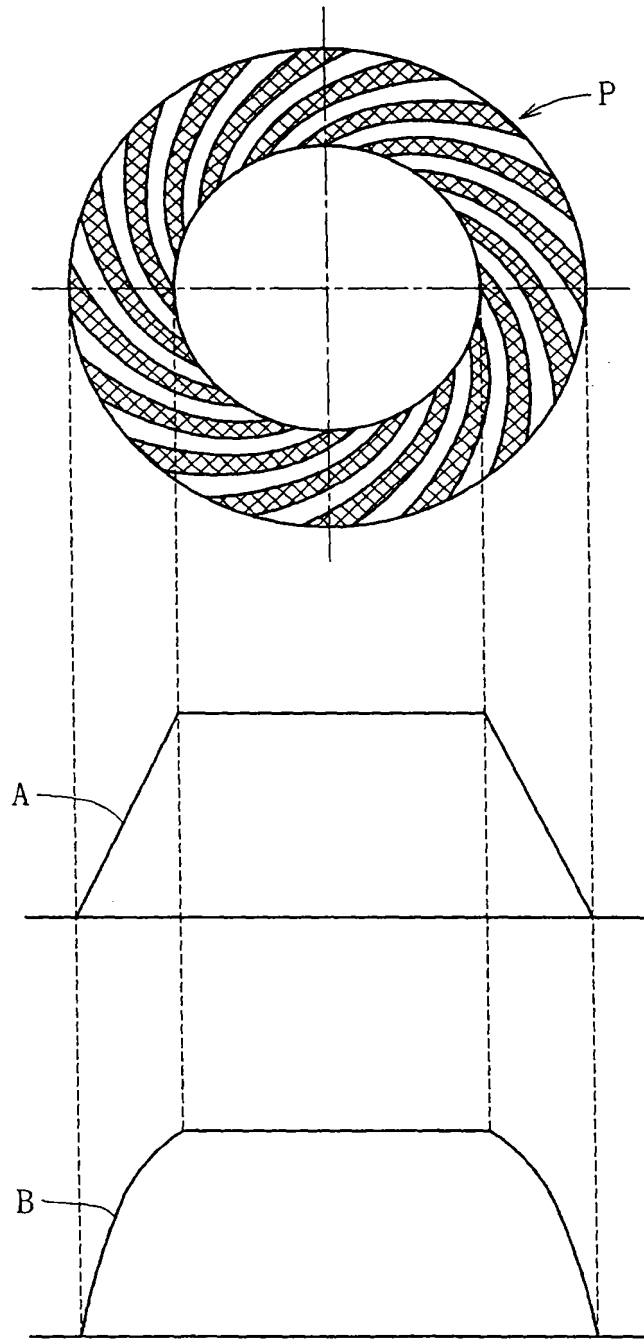


图 9