



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103415716 B

(45) 授权公告日 2016.06.08

(21) 申请号 201280012103.9

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

(22) 申请日 2012.02.28

代理人 雒运朴

(30) 优先权数据

(51) Int. Cl.

2011-050946 2011.03.09 JP

F16C 33/14(2006.01)

2011-050949 2011.03.09 JP

F16C 17/10(2006.01)

2011-050950 2011.03.09 JP

F16C 33/12(2006.01)

2012-012019 2012.01.24 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 陈坤

2013.09.06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/054863 2012.02.28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/121053 JA 2012.09.13

(73) 专利权人 NTN 株式会社

地址 日本大阪

(72) 发明人 野田浩行 森夏比古 栗村哲弥

古森功 堀政治 尾藤仁彦

水谷敏幸

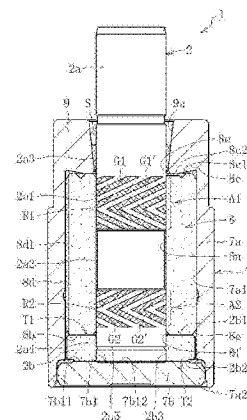
权利要求书2页 说明书29页 附图23页

(54) 发明名称

流体动压轴承装置

(57) 摘要

通过将烧结金属制的轴承套筒 (8) 的内周面 (8a) 及下侧端面 (8b) 形成为没有动压产生部的平滑的圆筒面或平坦面, 由此在轴承套筒 (8) 的制造工序中能够省略动压产生部的成形工序, 能够使模费用大幅降低。另外, 通过将轴承套筒 (8) 的内周面 (8a) 形成为圆筒面, 从而径向动压产生部形成在轴部 (2a) 的外周面 (2a1) 上, 而由于工具容易向轴部 (2a) 的外周面 (2a1) 接近, 因此能够简单且精度良好地形成径向动压产生部, 且通过径向轴承间隙的精度的提高而使轴承刚性提高。



1. 一种流体动压轴承装置,其具备:  
轴构件,其具有轴部及凸缘部;  
烧结金属制的轴承套筒,其在内周插入有所述轴部;  
径向轴承间隙,其形成在所述轴部的外周面与所述轴承套筒的内周面之间;  
径向动压产生部,其形成在所述轴部的外周面,使所述径向轴承间隙的润滑流体产生动压作用;  
第一推力轴承间隙,其形成在所述凸缘部的一端面和与之对置的所述轴承套筒的一端面之间;以及  
第一推力动压产生部,其形成在所述凸缘部的一端面,并使所述第一推力轴承间隙的润滑流体产生动压作用,  
通过在所述径向轴承间隙及所述第一推力轴承间隙产生的润滑流体的动压作用,将所述轴构件支承为相对旋转自如,  
所述流体动压轴承装置的特征在于,  
所述轴承套筒的内周面整面为平滑的圆筒面,且所述轴承套筒的一端面整面为平坦面,  
在所述凸缘部的内周面设置膨胀变形部,在所述轴部的外周面设置凹部,通过将所述凸缘部的内周面的膨胀变形部收容于所述轴部的外周面的凹部而使所述轴部与所述凸缘部在轴向上相互卡合。
2. 根据权利要求1所述的流体动压轴承装置,其中,  
在所述轴部的外周面中,在轴向上分离的多个区域形成所述径向动压产生部,并且在所述多个区域的轴向之间形成比所述径向动压产生部小径的避让部。
3. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述凸缘部由烧结金属形成。
4. 根据权利要求3所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述轴承套筒和所述凸缘部由主成分不同的烧结金属形成。
5. 根据权利要求4所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述轴承套筒由铁系的烧结金属形成,所述凸缘部由铜系的烧结金属形成。
6. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述流体动压轴承装置还具备:  
外壳,其具备在内周面固定有所述轴承套筒的筒状的侧部及将所述侧部的一端开口部闭塞的底部;  
第二推力轴承间隙,其形成在所述外壳的底部的端面和与之对置的所述凸缘部的另一端面之间;以及  
第二推力动压产生部,其形成在所述凸缘部的另一端面,并使所述第二推力轴承间隙的润滑流体产生动压作用,  
所述外壳的底部的端面中,至少与所述第二推力动压产生部对置的区域由平坦面构成。
7. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
通过对热处理后的轴原料的外周面实施滚轧加工而形成所述径向动压产生部。

8. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述径向动压产生部的最外径面为磨削加工面。

9. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述径向动压产生部是在所述轴构件的外周面形成的多个凹部,所述轴构件具有通过对轴原料实施热处理而形成的表面硬化层,通过对所述表面硬化层实施滚轧加工而形成所述凹部。

10. 根据权利要求1或2所述的流体动压轴承装置,其中,  
所述凸缘部由烧结金属形成圆环状,并且在所述凸缘部的一端面上通过冲压加工而模压成形出所述第一推力动压产生部,且使伴随所述冲压加工而在所述凸缘部的内周面上产生的膨胀变形部与所述轴部的外周面密接,由此将所述凸缘部固定于所述轴部。

## 流体动压轴承装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通过在径向轴承间隙及推力轴承间隙中产生的润滑流体的动压作用，将轴构件支承为相对旋转自如的流体动压轴承装置。

### 背景技术

[0002] 由于流体动压轴承装置具有优良的旋转精度及肃静性，因此适合作为例如各种盘驱动装置(HDD的磁盘驱动装置、CD-ROM等光盘驱动装置等)的主轴电动机用、激光打印机(LBP)的多边形扫描仪电动机用、或者投影仪的色轮电动机用而进行使用。

[0003] 例如，专利文献1所示的流体动压轴承装置具有轴构件和烧结金属制的轴承套筒，该轴构件具有轴部及凸缘部，该轴承套筒在内周插入有轴部，伴随轴构件的旋转，在轴部的外周面与轴承套筒的内周面之间形成径向轴承间隙，并且在凸缘部的一端面和与之对置的轴承套筒的一端面之间形成推力轴承间隙。在轴承套筒的内周面上形成有使径向轴承间隙的润滑油产生动压作用的径向动压产生部(动压槽)，且在轴承套筒的一端面形成有使推力轴承间隙的润滑油产生动压作用的推力动压产生部(动压槽)。

[0004] 在专利文献2中示出在烧结金属制的轴承套筒的内周面形成动压槽的方法。在该方法中，在对将金属粉的压粉体烧成而得到的圆筒形状的烧结金属原料实施精压及旋转精压之后，在该烧结金属原料的内周面上成形出动压槽。具体而言，在将具有用于成形动压槽的槽模的成形销插入到烧结金属原料的内周，且通过上冲头及下冲头从轴向两侧约束烧结金属原料的状态下，将烧结金属原料的外周面压入冲模来施加挤压力，从而将烧结金属原料的内周面向槽模压紧而使其发生塑性变形，由此在烧结金属原料的内周面上形成动压槽。并且，若在上述的上冲头或下冲头上也设置槽模，将烧结金属原料的一端面向该槽模压紧，则能够在轴承套筒的内周面上成形出动压槽的同时，在轴承套筒的一端面上也成形出动压槽。

[0005] 另外，例如装入到盘驱动装置的主轴电动机中的流体动压轴承装置具备对轴承构件与轴构件的径向方向上的相对旋转进行支承的径向轴承部、对轴承构件与轴构件的推力方向上的相对旋转进行支承的推力轴承部，且两轴承部中，径向轴承部通常由所谓的动压轴承构成。在径向轴承部由动压轴承构成的情况下，在隔着径向轴承间隙而对置的轴承构件的内周面或轴构件的外周面设有多个用于使径向轴承间隙中产生流体动压的凹部(例如动压槽)。动压槽通常形成为其槽深或槽宽为几 $\mu\text{m}$ ~十几 $\mu\text{m}$ 程度的微小槽，作为用于精度良好地形成这样的微小槽的方法，公知有例如下述的专利文献4所记载的方法。

[0006] 详细而言，为如下这样的方法：在加工成轴承构件的圆筒状的烧结金属原料的内周插入了在外周面具有与动压槽形状对应的槽模部的心棒的状态下，对烧结金属原料施加挤压力，使烧结金属原料的内周面咬紧心棒的外周面而将槽模部的形状转印到烧结金属原料的内周面上，之后，利用挤压力的释放而产生的烧结金属原料的回弹，在不使动压槽的形状崩溃的情况下将心棒从烧结金属原料的内周抽出。

[0007] 然而，在上述那样在烧结金属原料的内周面模压成形动压槽时，需要对烧结金属

原料施加相当大的挤压力,因此为了约束心棒、烧结金属原料的外周面而施加给在烧结金属原料的外周配置的模具(冲模)上的力也相当大。因此,心棒、冲模容易磨损等,需要频繁地实施模更换,该情况成为使动压槽的形成成本、进而流体动压轴承装置的制造成本增大的一个原因。因此,作为用于使动压槽的形成成本低廉化的方法,在轴构件的外周面形成动压槽的方法再次受到关注。

[0008] 轴构件通常由淬火后的不锈钢等高强度·高刚性的金属材料形成。作为用于在这样的金属制轴构件的外周面上形成多个动压槽的方法,可以采用切削、蚀刻或滚轧等,但其中,能够比较容易且低成本地形成高精度的动压槽的滚轧存在被重用的倾向。例如,在下述的专利文献5中记载有在轴构件的外周面上滚轧形成动压槽时通常采用的具体的顺序。详细叙述时,首先,将滚轧模向精加工成规定的轴径的轴原料压紧,来在轴原料的外周面上形成动压槽,之后对该轴原料实施热处理而得到淬火轴。然后,对在外周面形成有动压槽的淬火轴的外周面实施磨削等最终精加工,由此得到将包含动压槽及对动压槽进行划分的丘部在内的外周面形成为规定精度的作为完成品的轴构件。

[0009] 另外,在推力轴承部由所谓的动压轴承构成的情况下,作为轴构件,通常使用具备轴部及凸缘部的带凸缘的轴构件。这种情况下,在轴部的外周面和与之对置的面之间形成径向轴承部的径向轴承间隙,且在凸缘部的端面和与之对置的面之间形成推力轴承部的推力轴承间隙。

[0010] 作为带凸缘的轴构件,存在使用通过切削等机械加工将轴部和凸缘部一体形成的一体类型的情况、通过适当的方法将分别制作的轴部及凸缘部一体化的分体类型的情况。一体类型的带凸缘的轴构件能够容易提高轴部与凸缘部之间的精度(直角度等),从而具有在流体动压轴承装置中能够确保高的旋转精度这样的优点,但另一方面,需要专用的加工设备,且材料损耗也大,因此其制作需要极大的成本。另一方面,分体类型的带凸缘的轴构件存在如下优点:容易满足分别针对轴部和凸缘部的要求特性,并且,与一体类型的带凸缘的轴构件相比,能够以低成本进行量产。

[0011] 尤其是若如下述的专利文献6中记载的带凸缘的轴构件那样,在通过冲压加工而在凸缘部的端面模压成形出推力动压产生部(将用于在推力轴承间隙中产生流体动压的动压槽排列而构成为人字形等)的同时,将凸缘部固定于轴部的一端,则使轴构件的制造工序简化,并且不需要在隔着推力轴承间隙而与凸缘部的端面对置的构件端面上设置推力动压产生部。因此,能够实现流体动压轴承装置的制造工序的简化,且能够使流体动压轴承装置的制造成本低廉化。

[0012] 【在先技术文献】

[0013] 【专利文献】

[0014] 【专利文献1】日本特开2007-250095号公报

[0015] 【专利文献2】日本特开平11-190344号公报

[0016] 【专利文献3】日本特开2005-265180号公报

[0017] 【专利文献4】日本特开平11-294458号公报

[0018] 【专利文献5】日本特开平7-114766号公报

[0019] 【专利文献6】日本特开平7-296502号公报

[0020] 【发明的概要】

**[0021] 【发明要解决的课题】**

[0022] 在上述的槽成形工序中,需要在插入到烧结金属原料的内周的成形销、上冲头或下冲头上设置与由极其微细的形状构成的动压槽相同形状的槽模,因此模费用高昂。尤其是成形销在成形出动压槽之后需要沿轴承套筒的内周拔出,但此时成形销的槽模和轴承套筒的内周面的动压槽在轴向上干涉,由此槽模容易磨损。因此,需要频繁更换成形销,从而可能引起模费用的进一步高昂。

[0023] 另外,当在精压工序中在轴承套筒上形成动压槽时,如专利文献3所示那样,可能产生在槽模的凹部中未充满烧结金属原料的材料,且动压槽间的丘部的高度(与动压槽的槽底面的直径差)在轴向两端变低的所谓的“塌边”。当丘部的高度低时,在丘部和与之对置的面之间形成的轴承间隙扩宽,因此轴承间隙的润滑流体的压力不会充分提高,导致轴承刚性的降低。在专利文献3中,虽然将与动压槽区域对置的平滑面以其长度比动压槽区域的长度短的方式通过高低差进行划分,来防止轴承刚性的降低,但在该方法中,并非能够将动压槽间的丘部的塌边消除,无法避免轴承刚性的某程度的降低。

[0024] 另外,若如上述专利文献5中记载的那样对未热处理的轴原料实施滚轧加工,则原料的材料容易发生塑性流动,因此具有能够容易形成动压槽这样的优点。然而,另一方面,伴随将滚轧模压紧而原料的材料在凸部140的两侧较大地隆起,因此在动压槽141相互之间槽深容易产生较大不均(参照图14),且由于在轴原料中蓄积有内部应力的状态下实施热处理,因此容易产生应变引起的变形,因以上等理由,为了确保所期望的旋转精度,必须进行磨削等最终精加工,且存在最终精加工除去的材料的除掉量大(材料损耗多)这样的问题。

[0025] 另外,当对轴原料实施热处理时,在淬火轴的表面(表面硬化层的表层部)形成有被称为“黑皮”的氧化被膜。在黑皮残留的状态下,在轴承运转中伴随径向轴承间隙的流体压力提高而黑皮剥离,从而其成为污垢而可能使轴承性能降低。因此,在轴构件的制造过程中,通常需要与磨削等最终精加工不同而实施用于除去黑皮的除去加工。在如上述的顺序那样形成动压槽之后对轴原料实施热处理时,在各动压槽内也残留黑皮,但将在槽深或槽宽形成微米级的微小槽的动压槽内残留的黑皮完全除去是不容易的。当然,若实施滚筒剖光等除去加工,则能够除去动压槽内的黑皮,但需要分批处理,导致加工成本的增大。

[0026] 另外,也包括上述专利文献6在内,凸缘部通过熔炼材料(例如,不锈钢等实心的金属材料)形成。当要通过由熔炼材料构成的凸缘部实施冲压加工,来在凸缘部的端面上精度良好地模压成形出动压槽,并同时与凸缘部牢固地固定于轴部的一端时,需要从凸缘部的轴向两侧施加相当大的挤压力。然而,当对由熔炼材料构成的凸缘部较大地加压时,伴随释放加压力而产生的回弹的程度变大,因此特别难以将对推力方向的旋转精度产生影响的凸缘部端面的平面度等精加工成规定精度。在冲压加工后若实施矫正加工或磨削等精加工,则也能够将凸缘部的端面精度精加工成规定精度,但工序数增大,从而导致制造成本相应增大。

**发明内容**

[0027] 本发明应当解决的第一课题在于提供一种制造成本低且轴承刚性高的流体动压轴承装置。

[0028] 另外,本发明应当解决的第二课题在于,减轻通过滚轧而在轴构件的外周面上形

成用于使介于径向轴承间隙中的润滑流体产生动压作用的凹部时的劳力和时间,并同时能够将动压产生用的凹部高精度地形成,由此,实现能够发挥所期望的轴承性能的流体动压轴承装置的低成本化。

[0029] 另外,本发明应当解决的第三课题在于,使应当设置在凸缘部的端面上的推力动压产生部的精度、凸缘部相对于轴部的紧固强度优良的分体类型的带凸缘的轴构件能够容易制造,由此,有助于尤其是推力方向的旋转精度上优良的流体动压轴承装置的低成本化。

[0030] 【用于解决课题的手段】

[0031] [本申请第一技术方案的概要]

[0032] 为了解决上述第一课题而提出的本申请第一技术方案为流体动压轴承装置,其具备:轴构件,其具有轴部及凸缘部;烧结金属制的轴承套筒,其在内周插入有轴部;径向轴承间隙,其形成在轴部的外周面与轴承套筒的内周面之间;径向动压产生部,其形成在轴部的外周面,使径向轴承间隙的润滑流体产生动压作用;第一推力轴承间隙,其形成在凸缘部的一端面和与之对置的轴承套筒的一端面之间;以及第一推力动压产生部,其形成在凸缘部的一端面,使第一推力轴承间隙的润滑流体产生动压作用,其中,通过在径向轴承间隙及第一推力轴承间隙中产生的润滑流体的动压作用,将轴构件支承为相对旋转自如,所述流体动压轴承装置的特征在于,轴承套筒的内周面整面由平滑的圆筒面构成,且轴承套筒的一端面整面由平坦面构成。

[0033] 这样,通过将烧结金属制的轴承套筒的内周面及一端面形成为没有动压产生部的平滑的圆筒面或平坦面,从而在轴承套筒的制造工序中能够省略动压产生部的成形工序(槽成形工序)。由此,不需要具有槽模的成形销或冲头等高价的模具,并且也不会产生烧结金属原料的动压产生部与成形销的槽模的干涉引起的模的磨损,因此能够大幅降低模费用。另外,通过将轴承套筒的内周面形成为圆筒面,从而径向动压产生部形成在轴部的外周面,而由于成形模等工具容易向轴部的外周面接近,因此能够简单且精度良好地形成径向动压产生部。由此,径向轴承间隙的精度提高,且轴承刚性提高。

[0034] 在上述的流体动压轴承装中,能够在轴部的外周面中,在轴向上分离的多个区域形成径向动压产生部,并且在上述径向动压产生部的轴向之间的区域形成比径向动压产生部小径的避让部。这样,通过在轴部的外周面形成避让部,由此能够包括与避让部对置的区域在内而将轴承套筒的内周面形成为平滑的圆筒面。

[0035] 若凸缘部由烧结金属形成,则隔着第一推力轴承间隙而对置的凸缘部和轴承套筒都由烧结金属形成,因此通过从它们的面的表面开口向第一推力轴承间隙供给润滑流体而使润滑性提高。此时,当轴承套筒及凸缘部由同种(即主成分相同)烧结金属形成时,两者可能粘合,因此优选上述的构件由主成分不同的烧结金属形成。例如,轴承套筒为未形成动压产生部的单纯的形状,因此通过耐磨损性优良的铁系的烧结金属(含有50mass%以上的铁的烧结金属)形成,且由于凸缘部具有推力动压产生部,因此优选通过加工性优良的铜系的烧结金属(含有50mass%以上的铜的烧结金属)形成。

[0036] 上述的流体动压轴承装置可以形成为如下结构,即,所述流体动压轴承装置还具备:外壳,其具备例如在内周面固定轴承套筒的筒状的侧部以及将侧部的一端开口部闭塞的底部;第二推力轴承间隙,其形成在外壳的底部的端面 and 与之对置的凸缘部的另一端面之间;第二推力动压产生部,其形成在凸缘部的另一端面,使第二推力轴承间隙的润滑流体

产生动压作用,其中,外壳的底部的端面中,至少与第二推力动压产生部对置的区域为平坦面。由此,能够将外壳形成为没有动压产生部的单纯的形状,在例如金属制的外壳的情况下,在成形外壳的底部的冲压模具上不需要设置槽模,因此模费用能够降低。另外,在树脂制的外壳的情况下,由于在模具上不设置槽模,因此腔室内的熔融树脂的流动性提高。由此,外壳成形用的树脂材料的选择宽度扩宽,能够选择例如与流动性相比更重视强度的树脂材料。

[0037] 径向动压产生部能够通过例如滚轧加工形成。此时,若对实施热处理后的高硬度的轴原料的外周面实施滚轧加工,则几乎不会产生滚轧加工引起的轴原料的外周面的突起,因此能够得到精度良好的径向动压产生部。

[0038] 若使径向动压产生部的最外径面为磨削加工面,则能够提高该面的精度,因此能够高精度地设定在该面与轴承套筒的圆筒面状内周面之间形成的径向轴承间隙而使轴承刚性进一步提高。

[0039] [本申请第二技术方案的概要]

[0040] 另外,本申请诸发明者根据用于使介于径向轴承间隙中的润滑流体产生动压产生的凹部(动压产生用的凹部)所需要的深度尺寸为微米级的见解,直至发现用于实现上述的目的的具体手段。

[0041] 即,为了解决上述第二课题而提出的本申请第二技术方案为流体动压轴承装置,其具备轴承构件、插入到轴承构件的内周的轴构件、在轴承构件的内周面与轴构件的外周面之间形成的径向轴承间隙,在轴构件的外周面上设有多个用于使介于径向轴承间隙中的润滑流体产生动压作用的凹部,所述流体动压轴承装置的特征在于,轴构件具有通过对轴原料实施热处理而形成的表面硬化层,凹部通过对表面硬化层实施滚轧加工而形成。需要说明的是,这里所说的“凹部”的形状没有特别限制,除了沿轴向延伸的轴向槽或相对于轴向倾斜的倾斜槽等所谓的动压槽之外,还包括凹坑(凹陷)等。

[0042] 如上所述,由于在轴构件的外周面上设置的动压产生用的凹部的必要的深度尺寸为微米级,因此即使在对通过热处理而形成的表面硬化层(淬火轴)实施滚轧加工的情况下,也能够形成具备规定的深度尺寸的凹部。并且,若通过对表面硬化层实施滚轧加工来形成凹部,则与对未热处理的轴原料实施滚轧加工的情况相比,因滚轧产生的凸部的两侧的材料隆起量小,能够抑制在凹部相互之间深度尺寸产生不均的情况。并且,不需要在对凹部进行滚轧形成之后,即不需要在轴原料中蓄积有内部应力的状态下对轴原料实施热处理,因此难以产生应变引起的变形。因而,根据情况可以省略最终精加工,并且,即使在实施最终精加工的情况下,也能够减少其加工量。并且,在本发明的结构上,能够在实施滚轧加工之前,执行在表面硬化层的表层部(淬火轴的外表面)上形成的黑皮的除去加工。由于滚轧加工前的淬火轴的外周面呈不存在动压产生用的凹部等微小的凹凸的大致平滑的圆筒面状,因此能够容易除去黑皮。由此,难以产生黑皮从轴构件剥离而成为污垢,使轴承性能降低这样的问题。

[0043] 为了有效地享有上述的各种效果,只要形成硬度为HV450以上的表面硬化层,并对该表面硬化层实施滚轧加工即可。

[0044] 径向轴承间隙可以形成在轴向上分离的两个部位。由此,能够在抑制旋转力矩的上升的同时提高转矩刚性。这种情况下,轴构件的外周面中,优选在位于两个径向轴承间隙



之间的区域预先设置形成为比凹部的底部小径的圆筒状的中避让部。这样,能够将轴承构件的内周面形成为直径固定的正圆状圆筒面而使其制造成本低廉化,并同时能够在轴构件的外周面与轴承构件的内周面之间设置润滑流体积存部。若在轴向上相邻的两个径向轴承间隙中设置润滑流体积存部,则径向轴承间隙能够始终由丰富的润滑油充满,能够实现径向方向上的旋转精度的稳定化。

[0045] 若轴承构件为烧结金属制,则能够使在其内部气孔中保持的润滑流体向径向轴承间隙渗出,因此能够进一步有效地防止应当介于径向轴承间隙中的润滑流体不足这样的情况。另外,在用于使径向轴承间隙中产生流体动压的凹部设置于轴构件的外周面的本发明的结构上,不需要在轴承构件的内周面上设置动压产生用的凹部,能够将轴承构件的内周面形成为平滑的圆筒面。因此,即使轴承构件由烧结金属形成,也可以尽可能防止在烧结金属制的轴承构件的内周面上模压成形动压产生用的凹部时担心的制造成本的增大。

[0046] 轴构件可以具备轴部和凸缘部,该轴部具有动压产生用的凹部,该凸缘部设置在轴部的一端,且与轴承构件的端面之间形成推力轴承间隙。轴部和凸缘部也可以一体地设置,但在通过滚轧形成动压产生用的凹部的本发明的结构上,当将凸缘部和轴部一体地设置时,可能降低凹部的加工性。因此,优选通过适当的方法将凸缘部安装固定在轴部的一端。凸缘部相对于轴部的固定方法没有特别限制,但根据凸缘部的形状或形成材料等,可以采用压入、粘接、压入粘接(压入和粘接的并用)、焊接、熔敷、紧固等。

[0047] 这种情况下,可以在与轴承构件的端面之间形成推力轴承间隙的凸缘部的端面上设置多个用于使推力轴承间隙中产生流体动压的凹部。这样,在隔着推力轴承间隙而对置的轴承构件的端面上不需要形成用于使推力轴承间隙中产生流体动压的凹部,因此能够使轴承构件的制造成本低廉化。

[0048] 以上叙述的本发明的流体动压轴承装置能够适合装入具有定子线圈和转子磁体的电动机、例如盘驱动装置用的主轴电动机而进行使用。

[0049] 另外,为了解决上述第二课题,在本申请第二技术方案中,提供一种流体动压轴承装置的制造方法,该流体动压轴承装置具备轴承构件、插入到轴承构件的内周的轴构件、在轴承构件的内周面与轴构件的外周面之间形成的径向轴承间隙,在轴构件的外周面上设有多个用于使介于径向轴承间隙中的润滑流体产生动压作用的凹部,所述流体动压轴承装置的制造方法的特征在于,包括:通过对轴原料实施热处理,来形成具有表面硬化层的淬火轴的热处理工序;通过对淬火轴的表面硬化层实施滚轧加工,来形成凹部的滚轧工序。

[0050] 这种情况下,在滚轧工序中,优选至少用于形成凹部的凹部形成部使用形成为硬度比淬火轴的表面硬化层高HV100以上的滚轧模。由此,能够在表面硬化层上形成规定形状·规定深度的动压产生用凹部。

[0051] 在热处理工序与滚轧工序之间,还可以设置用于除去表面硬化层的表层部(黑皮)的除去工。如上所述,在本发明的结构上,滚轧加工前的淬火轴的外周面形成为不存在微小的凹凸的大致平滑的圆筒面状,因此能够容易除去黑皮。由此,能够容易防止黑皮从轴构件剥离而成为污垢,从而产生使轴承性能降低这样的问题。

[0052] 在滚轧工序后,还可以设置用于将淬火轴的外周面精加工成规定精度的精加工工序。如上所述,若采用本发明的结构,则除了能够减小通过滚轧加工产生的材料的隆起量,还使通过淬火产生的变形的程度变小,因此根据情况也可以省略精加工。因而,该精加工工

序只要根据需要设置即可。需要说明的是,精加工的方法没有特别限制,可以采用磨削、研磨、塑性加工等。

[0053] [本申请第三技术方案的概要]

[0054] 为了解决上述第三课题而提出的本申请第三技术方案为流体动压轴承装置,其具备:轴构件,其具有轴部及凸缘部;径向轴承间隙,其在轴部的外周面形成;推力轴承间隙,其在凸缘部的端面形成;推力动压产生部,其使推力轴承间隙中产生流体动压,所述流体动压轴承装置的特征在于,凸缘部由烧结金属形成成为圆环状,并且具有通过冲压加工而在端面上模压成形的推力动压产生部,且使通过冲压加工而在内周面上产生的膨胀变形部与轴部的外周面密接,由此凸缘部固定于轴部。

[0055] 如上所述,若凸缘部由烧结金属形成,则通过调整凸缘部(最终成为凸缘部的凸缘原料)具有的多孔质组织的气孔率(凸缘原料的密度),能够使伴随冲压加工的凸缘原料的变形量(塑性变形的程度)最佳化。即,若调整气孔率,则容易选择提高在端面上模压成形的推力动压产生部的成形性、凸缘部相对于轴部的紧固强度、或者使它们同时成立等的对应,并且,还能够调整伴随释放模压成形时施加的挤压力而产生的回弹的程度。因此,能够容易且低成本地量产省略了冲压加工后的矫正加工或精加工,且推力动压产生部的成形精度、凸缘部的端面精度、进而凸缘部相对于轴部的紧固强度都优良的分体类型的带凸缘的轴构件。

[0056] 另外,通过将在端面形成推力轴承间隙的凸缘部由烧结金属形成,由此在流体动压轴承装置的运转时,将在凸缘部的内部气孔中保持的润滑流体向推力轴承间隙供给。因此,能够尽可能地降低例如应当介于推力轴承间隙中的润滑油量不足,使在推力轴承间隙的一部分区域中产生负压等这样的不良情况的产生概率,将推力方向的旋转精度稳定地维持。另外,通过冲压加工对推力动压产生部进行模压成形,由此凸缘部中至少推力动压产生部的形成区域被高密度化,使耐磨损性提高。

[0057] 在相互对置的轴部的外周面与凸缘部的内周面之间能够设置通过将轴部压入凸缘原料(伴随冲压加工而成为凸缘部的烧结金属制的圆环状构件)而形成的压入固定部。若设置这样的压入固定部,则在对凸缘原料实施冲压加工时,凸缘原料相对于轴部的姿态难以产生错乱。因此,在对高精度的推力动压产生部进行模压成形方面,并且在得到轴部与凸缘部相互间的精度(例如,轴部的外周面与凸缘部的端面之间的直角度、轴部与凸缘部的同轴度)优良的轴构件方面有利。

[0058] 若在轴部的外周面设置收容膨胀变形部的凹部,则能够增大轴部与凸缘部的接触面积,因此能够进一步提高凸缘部相对于轴部的紧固强度(凸缘部的防脱强度)。凹部也可以形成为任意形状,除了可以例如呈散布状设置无数之外,还可以由沿着轴部的周向延伸的周向槽构成。作为凹部的周向槽既可以在轴部的整周上连续地设置,也可以在轴部的外周面上断续或局部地设置。

[0059] 在凹部由周向槽构成的情况下,认为越增加周向槽的设置个数(轴向上的设置个数。以下同样。),凸缘部的防脱强度越能够提高。然而,由于凸缘部的厚度存在制约,因此在将周向槽沿轴向设置多个的情况下,需要使各个周向槽的槽宽变小。这种情况下,材料向周向槽内的流入性降低,无法有效地提高凸缘部的防脱强度。另外,当通过将周向槽沿轴向设置多个等,来使轴部的外周面中占据与凸缘部的内周面对置的对置区域的凹部的形成区域

增大时,容易对凸缘部相对于轴部的固定精度带来不良影响。因此,周向槽的设置个数不是随便增加都好的。根据这样的研究,优选应当在轴部的外周面上设置的作为凹部的周向槽在轴部的外周面的轴向上分离的两个部位设置,尤其期望使各个周向槽的槽宽为凸缘部的厚度的5%以上且20%以下。并且,从提高材料向该周向槽的流入性的观点出发,优选将作为凹部的周向槽的截面形状形成为槽宽朝向槽底侧逐渐减少的锥状。

[0060] 在上述结构中,通过使凸缘原料局部地发生塑性变形,由此还能够形成使凸缘部相对于轴部紧固固定的紧固部。由此,能够进一步提高凸缘部相对于轴部的紧固强度。

[0061] 本申请第三技术方案的流体动压轴承装置还可以具备轴承套筒,该轴承套筒与插入到内周的轴部的外周面之间形成径向轴承间隙,并且与凸缘部的端面之间形成推力轴承间隙。当考虑加工性(成形性)、润滑流体向两轴承间隙的补给性时,优选轴承套筒由烧结金属形成,但在凸缘部由烧结金属形成的本发明的结构上,当凸缘部和轴承套筒由同种的烧结金属(使主成分相同的烧结金属)形成时,在轴承装置的运转中,凸缘部与轴承套筒容易粘合。因此,优选轴承套筒与凸缘部由主成分不同的烧结金属形成。

[0062] 作为优选的具体例,能够举出凸缘部由以铜为主成分的烧结金属(铜系的烧结金属)形成,且轴承套筒由以铁为主成分的烧结金属(铁系的烧结金属)形成的结构。但在本发明中,由于对凸缘原料(凸缘部)施加冲压加工,因此优选凸缘部由以加工性比铁优良的铜为主成分的烧结金属形成,另外,轴承套筒因通常与凸缘部相比为体积大的构件的关系,优选由以比铜廉价的铁为主成分的烧结金属形成。

[0063] 但是,当除了凸缘部之外,还将轴承套筒由烧结金属形成时,介于流体动压轴承装置的内部空间中的润滑流体量增大,因此存在在提高轴承性能的方面不利的情况。因此,在使凸缘部及轴承套筒这双方为烧结金属制的情况,优选在能够确保良好的加工性的范围内通过高密度化的烧结体形成凸缘部及轴承套筒。

[0064] 另外,在以上的结构中,可以在轴部的外周面设置使径向轴承间隙中产生流体动压的径向动压产生部。径向动压产生部还可以形成在隔着径向轴承间隙而与轴部的外周面对置的面(例如,轴承套筒的内周面)上,但径向动压产生部大多通过将微小的动压槽在圆周方向上设置多个来构成,当要在轴承套筒的内周面精度良好地形成此种动压槽时,制造成本增大的可能性变高。与此相对,在轴部的外周面设置径向动压产生部的情况下,通过组合滚轧、磨削等比较简便的方法,就能够精度良好地形成微小的动压槽,因此在实现制造成本的低廉化方面有利。

[0065] 以上叙述的本发明的流体动压轴承装置能够适合装入具有定子线圈和转子磁体的电动机、例如盘驱动装置用的主轴电动机而进行使用。

[0066] 另外,为了解决上述第三的课题,在本申请第三技术方案中,提供一种流体动压轴承装置的制造方法,该流体动压轴承装置具备:具有轴部及凸缘部的轴构件;在轴部的外周面形成的径向轴承间隙;在凸缘部的端面形成的推力轴承间隙;使推力轴承间隙中产生流体动压的推力动压产生部,所述流体动压轴承装置的制造方法的特征在于,包括如下工序:将由烧结金属形成圆环状的凸缘原料外嵌于轴部,在该状态下从轴向两侧对凸缘原料进行加压,由此在凸缘原料的端面上模压成形出推力动压产生部,并且使凸缘原料的内周面向内径侧发生膨胀变形而使凸缘原料与轴部的外周面密接。

[0067] 在上述的结构中,除了能够在将凸缘原料压入到轴部的状态下从轴向两侧对凸缘

原料进行加压之外,还能够在限制凸缘原料的外周面的膨胀变形的同时从轴向两侧对凸缘原料进行加压。

[0068] 另外,在从轴向两侧对凸缘原料进行加压时,使凸缘原料局部地发生塑性变形,由此能够形成将凸缘部相对于轴部紧固固定而成的紧固部。

[0069] 【发明效果】

[0070] 如以上那样,根据本申请第一技术方案,能够得到制造成本低,且轴承刚性高的流体动压轴承装置。

[0071] 另外,根据本申请第二技术方案,能够减轻通过滚轧而在轴构件的外周面上形成用于使径向轴承间隙中产生流体动压的凹部时的劳力和时间,并同时能够将上述凹部高精度地形成。由此,可以实现能够发挥所期望的轴承性能的流体动压轴承装置的低成本化。

[0072] 并且,根据本申请第三技术方案,使应当设置在凸缘部的端面上的推力动压产生部的精度、凸缘部相对于轴部的紧固强度优良的带凸缘的轴构件能够容易制造,由此,能够低成本地提供尤其是推力方向的旋转精度上优良的流体动压轴承装置。

#### 附图说明

[0073] 图1是HDD用主轴电动机的剖视图。

[0074] 图2是装入到上述主轴电动机中的本申请第一技术方案的一实施方式的流体动压轴承装置的剖视图。

[0075] 图3是另一实施方式的流体动压轴承装置的剖视图。

[0076] 图4是另一实施方式的流体动压轴承装置的剖视图。

[0077] 图5是概念性地表示装入有流体动压轴承装置的信息设备用主轴电动机的一例的剖视图。

[0078] 图6是本申请第二技术方案的第一实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。

[0079] 图7a是表示凸缘部的上侧端面的图。

[0080] 图7b是表示凸缘部的下侧端面的图。

[0081] 图8是表示构成轴构件的轴部的制造工序的框图。

[0082] 图9a是示意性表示滚轧工序的主视图,表示滚轧刚开始之后的状态。

[0083] 图9b是示意性表示滚轧工序的主视图,表示滚轧结束后的状态。

[0084] 图10是概念性地表示精加工工后的轴部的主要部分的图。

[0085] 图11是本申请第二技术方案的第二实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。

[0086] 图12是本申请第二技术方案的第三实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。

[0087] 图13是本申请第二技术方案的第四实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。

[0088] 图14是示意性表示现有方法的问题点的图。

[0089] 图15是概念性地表示装入有流体动压轴承装置的信息设备用主轴电动机的一例的剖视图。

[0090] 图16是本申请第三技术方案的第一实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。

[0091] 图17是轴承套筒的剖视图。

[0092] 图18a是表示凸缘部的上侧端面的图。

[0093] 图18b是表示凸缘部的下侧端面的图。

- [0094] 图19是图16中的X部放大图。
- [0095] 图20a是表示刚冲压加工之前的状态的主要部分放大剖视图。
- [0096] 图20b是表示冲压加工中的状态的主要部分放大剖视图。
- [0097] 图20c是表示冲压加工中的状态的主要部分放大剖视图。
- [0098] 图20d是冲压加工结束后的轴构件的主要部分放大剖视图。
- [0099] 图21是变形例的轴构件的主要部分放大剖视图。
- [0100] 图22是表示确认试验的实测结果的图。
- [0101] 图23是变形例的轴构件的主要部分放大剖视图。
- [0102] 图24a是示意性表示图23所示的轴构件的制造工序的图,是表示刚冲压加工之前的状态的主要部分放大剖视图。
- [0103] 图24b是示意性表示图23所示的轴构件的制造工序的图,是表示冲压加工中的状态的主要部分放大剖视图。
- [0104] 图25是本申请第三技术方案的第二实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。
- [0105] 图26是本申请第三技术方案的第三实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。
- [0106] 图27是本申请第三技术方案的第四实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。
- [0107] 图28是本申请第三技术方案的第五实施方式的流体动压轴承装置的含轴剖视图。
- [0108] 图29a是表示图28所示的流体动压轴承装置的凸缘部的上侧端面的图。
- [0109] 图29b是表示图28所示的流体动压轴承装置的凸缘部的下侧端面的图。

### 具体实施方式

[0110] 以下,基于图1~4,对本申请第一技术方案的实施方式进行说明。

[0111] 图1中示出装入有本发明的一实施方式的流体动压轴承装置1的主轴电动机。该主轴电动机用于例如2.5英寸HDD的盘驱动装置,具备:将轴构件2支承为旋转自如的流体动压轴承装置1;安装流体动压轴承装置1的托架6;隔着半径方向的间隙而对置的定子线圈4及转子磁体5。定子线圈4安装在托架6上,转子磁体5安装在盘毂3上。在盘毂3上搭载有规定张数(图示例中为2张)的盘D。当对定子线圈4通电时,通过定子线圈4与转子磁体5之间的电磁力而使转子磁体5旋转,由此,轴构件2、盘毂3及盘D成为一体而进行旋转。

[0112] 如图2所示,流体动压轴承装置1具备轴构件2、在内周插入有轴构件2的轴承套筒8、在内周面固定轴承套筒8的有底筒状的外壳7;在外壳7的开口部设置的密封部9。在本实施方式中,外壳7的侧部7a与底部7b分体形成,并且外壳7的侧部7a与密封部9一体设置。需要说明的是,以下,为了便于说明,在轴向上将外壳7的开口侧作为上侧,将闭塞侧作为下侧。

[0113] 轴构件2具备轴部2a、在轴部2a的下端设置的凸缘部2b。在图示例中,轴部2a与凸缘部2b分体形成。轴部2a由金属材料、例如不锈钢等熔炼材料形成为大致直线的轴状。在轴部2a的外周面2a1形成有径向轴承面,在图示例中,在外周面2a1的轴向上的分离的两个部位形成有径向轴承面A1、A2。在径向轴承面A1、A2上形成有排列成人字形状的多个动压槽G1、G2来作为径向动压产生部(图中用交叉剖面线表示)。上侧的径向轴承面A1的动压槽G1形成为轴向非对称,具体而言,比在轴向中间部形成的折回部靠上侧的上侧的区域的轴向尺寸比靠下侧的下侧的区域的轴向尺寸大。下侧的径向轴承面A2的动压槽G2形成为轴向对

称。

[0114] 在径向轴承面A1、A2的轴向之间形成有比动压槽G1、G2小径的避让部2a2。在上侧的径向轴承面A1的上方设有圆筒面2a3。在图示例中,圆筒面2a3与在动压槽G1的圆周方向之间设置的多个丘部G1'呈同一平面连续。圆筒面2a3在径向上与密封部9的内周面9a对置,作为形成密封空间S的密封面而发挥功能。在下侧的径向轴承面A2的下方设有圆筒面2a4。在图示例中,圆筒面2a4与在动压槽G2的圆周方向之间设置的多个丘部G2'呈同一平面连续。圆筒面2a4作为将凸缘部2b的内周面2b3固定的固定面而发挥功能。在圆筒面2a4上形成有凹部,在图示例中,形成在圆筒面2a4的整周上连续的环状槽2a5。凸缘部2b的一部分进入环状槽2a5。

[0115] 轴部2a顺次经过(1)通过车削或锻造来形成轴原料的工序、(2)对轴原料实施热处理(淬火)的工序、(3)对热处理后的轴原料的外周面进行粗磨削的工序、(4)通过滚轧加工在粗磨削后的轴原料的外周面成形出动压槽G1、G2的工序来制作。这样,对于通过热处理提高了硬度的(例如为Hv450以上)轴原料,利用滚轧加工来成形出动压槽G1、G2,由此大体不会产生滚轧引起的轴原料外周面的突起,能够成形出精度良好的动压槽G1、G2(丘部G1'、G2')。另外,成为径向轴承面A1、A2的最外径面的丘部G1'、G2'的外径面通过粗磨削而成为被高精度地进行精加工的磨削加工面,因此能够形成精度良好的径向轴承间隙。需要说明的是,根据需要,在成形出动压槽G1、G2之后,也可以对轴部2a的外周面2a1(尤其是丘部G1'、G2'的外径面)实施精加工磨削。

[0116] 凸缘部2b通过金属材料例如烧结金属、尤其是铜系的烧结金属形成为环状。在本实施方式中,通过烧结金属构成凸缘部2b,该烧结金属例如由60mass%的铜及40mass%的铁或不锈钢构成,且密度设定为 $7.3\sim 8.0\text{g}/\text{cm}^3$ 的范围内。在凸缘部2b的上侧端面2b1上形成有例如泵入类型的动压槽、具体而言形成有泵入类型的螺旋形状的多个动压槽(图示省略),来作为第一推力动压产生部。另外,在凸缘部2b的下侧端面2b2上形成有例如泵入类型的动压槽、具体而言形成有泵入类型的排列成螺旋形状的多个动压槽(图示省略),来作为第二推力动压产生部。

[0117] 凸缘部2b的内周面2b3固定在轴部2a的下端的圆筒面2a4上。在本实施方式中,对将金属粉末的压粉体烧成而得到的环状的烧结金属原料实施精压之后,在将该烧结金属原料嵌合于轴部2a的圆筒面2a4(优选轻压入)的状态下,通过设有用于成形动压槽的槽模的上冲头及下冲头(图示省略)从上下挤压烧结金属原料。由此,上下冲头的槽模向烧结金属原料的两端面压紧而形成出动压槽,同时烧结金属原料的内周面缩径而向轴部2a的圆筒面2a4压紧,将凸缘部2b固定于轴部2a的外周面2a4。此时,通过使凸缘部2b的一部分进入到轴部2a的环状槽2a5,由此能够提高凸缘部2b与轴部2a的固定力、尤其是轴向的耐脱力。需要说明的是,凸缘部2b与轴部2a的固定方法不局限于上述方法,还可以采用例如压入、粘接、焊接、熔敷等。另外,也可以在凸缘部2b的两端面2b1、2b2上成形出动压槽之后再固定于轴部2a。

[0118] 轴承套筒8通过烧结金属、例如铁系的烧结金属形成为大致圆筒状。在本实施方式中,通过烧结金属构成轴承套筒8,该烧结金属由70~90mass%的铁及30~10mass%的铜构成,且密度设定在 $7.0\sim 7.6\text{g}/\text{cm}^3$ 的范围内。轴承套筒8的内周面8a的整面(即、轴承套筒8的上端的内周倒棱8e与下端的内周倒棱8f的轴向之间的整个区域)由平滑的圆筒面构成。即,

在轴承套筒8的内周面8a上未形成径向动压产生部或避让部,而成为同一直径的圆筒面。该圆筒面状的内周面8a在径向上与轴部2a的外周面2a1的径向轴承面A1、A2及避让部2a2对置。

[0119] 轴承套筒8的下侧端面8b的整面(即,轴承套筒8的下端的内周倒棱8f与外周倒棱8g的径向之间的整个区域)由没有推力动压产生部等凹凸的平坦面构成。该下侧端面8b在轴向上与凸缘部2b的上侧端面2b1对置。需要说明的是,轴承套筒8的内周面8a作为面向径向轴承间隙的径向轴承面而发挥功能,轴承套筒8的下侧端面8b作为面向第一推力轴承间隙的推力轴承面而发挥功能。因此,轴承套筒8的内周面8a及下侧端面8b不仅需要提高各自的面精度,而且需要提高上述两个面之间的直角度,具体而言,优选例如将内周面8a与下侧端面8b之间的直角度设定为 $3\mu\text{m}$ 以下。另外,当轴承套筒8的内周面8a及下侧端面8b的表面开孔率大时,径向轴承间隙及第一推力轴承间隙的润滑油可能从表面开孔向轴承套筒8的内部漏掉而无法充分提高油膜的压力,因此优选内周面8a及下侧端面8b的表面开孔率为例如10%以下。

[0120] 在轴承套筒8的上侧端面8c的径向中间部设有环状槽8c1,并且在轴承套筒8的上侧端面8c上设有将该环状槽8c1和内周倒棱8e连通的径向槽8c2。径向槽8c2的个数是任意的,例如3条径向槽8c2沿圆周方向等间隔配置。需要说明的是,也可以将上述的环状槽8c1及径向槽8c2省略而将上侧端面8c整面形成为没有凹凸的平坦面。在轴承套筒8的外周面8d上跨轴向全长形成有轴向槽8d1。轴向槽8d1的个数是任意的,例如3条轴向槽8d1沿圆周方向等间隔配置。需要说明的是,也可以省略轴向槽8d1而将外周面8d整面形成为没有凹凸的圆筒面。

[0121] 轴承套筒8通过对将金属粉末的压粉体烧成而得到的烧结金属原料实施精压来制造。如上所述,由于在轴承套筒8上未形成动压产生部,因此能够省略动压产生部的成形工序,能够实现模具费用的大幅的降低。另外,通过将轴承套筒8的内周面8a及下侧端面8b形成为平滑的圆筒面及平坦面这样的单纯的形状,由此能够提高上述的面的尺寸精度。尤其是为了在精压工序中成形动压产生部,而需要对烧结金属原料施加高的压力,因此加工量变大,精压后的轴承套筒8的尺寸精度的不均变大,但如上所述,通过在轴承套筒8上未形成动压产生部,由此能够降低在精压工序中对烧结金属原料施加的压力,能够减少轴承套筒8的尺寸精度的不均。

[0122] 外壳7具有在内周面固定轴承套筒8的筒状的侧部7a和将侧部7a的下端闭塞的底部7b。在本实施方式中,侧部7a通过金属材料的切削加工而形成,底部7b通过金属材料的冲压成形而形成。

[0123] 通过粘接或压入而在外壳7的侧部7a的内周面7a1上固定轴承套筒8的外周面8d。在侧部7a的内周面7a1的下端设有比其他区域大径的固定面7a2。在侧部7a的上端一体地设有向内径突出的密封部9。密封部9的内周面9a形成为朝向下方逐渐缩径的锥面状,在密封部9的内周面9a与轴部2a的圆筒面2a3之间形成有径向尺寸朝向下方逐渐缩小的密封空间S。通过该密封空间S的毛细管力将润滑油向下方拉入,来防止润滑油向外部的漏出。在外壳7的内部空间中充满的润滑油的油面始终维持在密封空间S的范围内。即,密封空间S具有能够吸收伴随润滑油的温度变化的体积变化的容积。

[0124] 外壳7的底部7b通过压入、粘接或者压入、粘接的并用而固定于侧部7a的固定面

7a2。底部7b的上侧端面7b1在轴向上与在轴构件2的凸缘部2b的下侧端面2b2上形成的第二推力动压产生部对置,且至少与第二推力动压产生部对置的区域(推力轴承面)由平坦面构成。在图示例中,在底部7b的上侧端面7b1设有:由环状的平坦面构成的推力轴承面7b11;在推力轴承面7b11的内径侧设置,且比推力轴承面7b11降低一阶的平坦的避让部7b12。

[0125] 在将上述的构件组装后,通过使润滑油充满包括轴承套筒8及凸缘部2b的内部气孔在内的外壳7的内部的内部空间,由此完成图2所示的流体动压轴承装置1。此时,油面在密封空间S的内部被保持。需要说明的是,当在外壳7的内部充满的油量多时,伴随温度变化的润滑油的体积变化变大,因此需要增大密封空间S,从而导致流体动压轴承装置1的大型化。因此,优选在外壳7的内部充满的油量少。在本发明的流体动压轴承装置1中,由于如上述那样在轴承套筒8上未形成动压产生部,因此不需要考虑动压产生部的成形性而将烧结金属的密度降低,能够将轴承套筒8的烧结金属的密度提高到比现有的带动压槽的轴承套筒8的高密度(例如 $7.0\text{g}/\text{cm}^3$ 以上,优选 $7.2\text{g}/\text{cm}^3$ 以上)。由此,能够实现浸渍在轴承套筒8的内部的油量的降低引起的密封空间S的缩小、轴承套筒8的耐磨损性的提高以及轴承套筒8自身的刚性的提高。另一方面,由于在凸缘部2b上设有作为第一及第二推力动压产生部的动压槽,因此优选在能够成行动压槽的范围内尽可能提高烧结金属的密度。

[0126] 当轴构件2旋转时,在轴承套筒8的内周面8a与轴部2a的径向轴承面A1、A2之间形成径向轴承间隙,且通过动压槽G1、G2来提高在径向轴承间隙中充满的润滑油的压力。构成通过该压力(动压作用)将轴构件2在径向方向上非接触支承为旋转自如的径向轴承部R1、R2。

[0127] 与此同时,在凸缘部2b的上侧端面2b1与轴承套筒8的下侧端面8b之间形成第一推力轴承间隙,并且在凸缘部2b的下侧端面2b2与外壳7的底部7b的上侧端面7b1之间形成第二推力轴承间隙,通过凸缘部2b的上侧端面2b1及下侧端面2b2的动压槽,能够提高在各推力轴承间隙中充满的润滑油的压力。构成通过该压力(动压作用)将轴构件2在两推力方向上非接触支承为旋转自如的推力轴承部T1、T2。

[0128] 此时,通过轴承套筒8的外周面8d的轴向槽8d1及上侧端面8c的径向槽8c2等,能够将凸缘部2b的外径侧的空间和密封空间S连通,来防止凸缘部2b的外径侧的空间中的负压的产生。尤其是在本实施方式中,如图2所示,由于在轴部2a的外周面2a1上形成的上侧的径向轴承面A1的动压槽G1形成为轴向非对称的形状,因此伴随轴构件2的旋转而将径向轴承间隙的润滑油向下方压入。由此,润滑油经由径向轴承间隙(R1、R2)→第一推力轴承间隙(T1)→轴向槽8d1→径向槽8c2这样的路径而进行循环,因此能够可靠地防止局部的负压的产生。

[0129] 如上所述,轴承套筒8的内周面8a整面由平滑的圆筒面构成,由此能够提高内周面8a的成形精度。另外,在轴部2a的外周面2a1的径向轴承面A1、A2上形成的动压槽G1、G2通过向淬火后的轴原料的滚轧加工而精度良好地成形。通过以上,能够将在轴承套筒8的内周面8a与轴部2a的外周面2a1的径向轴承面A1、A2之间形成的径向轴承间隙精度良好地设定,因此能够提高轴承刚性。另外,由于能够使上侧的径向轴承部R1中的径向轴承间隙的大小与下侧的径向轴承部R2中的径向轴承间隙的大小形成得均匀,因此润滑油中难以产生不期望的方向的循环(在图示例中,在径向轴承间隙中向上向流动的循环)。因此,能够减小用于使润滑油强制地循环的动压槽G1的不均衡量,具体而言,能够缩短动压槽G1的上侧的倾斜槽。



由此,能够使动压槽G1向上方移动将动压槽G1的上侧的倾斜槽缩短的量,且能够扩大径向轴承面A1、A2的轴向间隔(轴承跨距)而进一步提高轴承刚性。或者,能够使流体动压轴承装置1的轴向尺寸缩小将动压槽G1的上侧的倾斜槽缩短的量而实现小型化。

[0130] 本发明不局限于上述的实施方式。以下,对本发明的其他实施方式进行说明,但在与上述的实施方式具有同样的功能的部位上标注同一符号而省略重复说明。

[0131] 图3所示的流体动压轴承装置10在如下这一点上与上述实施方式的流体动压轴承装置1不同:外壳7的侧部7a与密封部9分体形成,且外壳7的侧部7a与底部7b通过树脂一体成形。密封部9由金属材料或树脂材料形成为环状,通过粘接或压入等固定在外壳7的侧部7a的内周面7a1。在外壳7上,与上述实施方式同样地未形成动压槽,因此在成形外壳7的模具上未形成槽模。因此,外壳7的树脂材料不要求有遍及到具有超微细的形状的槽模的细微部分那样的高的流动性,因此能够选择例如与流动性相比更重视强度的树脂材料。

[0132] 图4所示的流体动压轴承装置20中,凸缘部2b的下侧端面2b2由没有动压产生部的平坦面构成,并且在盘毂3的下侧端面3a上形成有推力动压产生部(图示省略)。当轴构件2旋转时,在盘毂3的下侧端面3a与轴承套筒8的上侧端面8c之间形成第二推力轴承间隙,且通过在盘毂3上形成的推力动压产生部使第二推力轴承间隙的润滑油的压力提高,由此形成推力轴承部T2。另外,在外壳7的外周面上形成有朝下方逐渐缩径的锥面7a3,在该锥面7a3与盘毂3的圆筒面状内周面3b之间形成有密封空间S。

[0133] 另外,在上述的实施方式中,作为在轴部2a的外周面2a1上形成的径向动压产生部,示出排列成人字形状的动压槽G1、G2,但不局限于此,也可以通过例如排列成螺旋形状的动压槽、轴向槽或者多圆弧面来构成径向动压产生部。

[0134] 另外,在上述的实施方式中,示出了使上侧的径向轴承面A1的动压槽区域成为轴向非对称的形状,来使径向轴承间隙的润滑油强制地循环的情况,但若不需要这样的强制的循环,则也可以将上侧的径向轴承面A1的动压槽区域形成为轴向对称的形状。

[0135] 另外,在上述的实施方式中,示出了在轴部2a的外周面2a1的轴向上分离的两个部位形成径向轴承面A1、A2的情况,但不局限于此,也可以将径向轴承面仅形成在一个部位,或者在轴向上使两个部位的径向轴承面A1、A2相邻。

[0136] 另外,在上述的实施方式中,作为在凸缘部2b上形成的推力动压产生部,示出了排列成螺旋形状的动压槽,但不局限于此,也可以采用例如排列成人字形状的动压槽。

[0137] 另外,在上述的实施方式中,示出了润滑流体为润滑油的情况,但不局限于此,也可以使用例如磁性流体或空气等流体。

[0138] 另外,在上述的实施方式中,使轴构件2旋转,但不局限于此,也可以为将轴构件2固定而使轴承套筒8侧旋转的轴固定类型。

[0139] 以下,基于图5~13,对本申请第二技术方案的实施方式进行说明。

[0140] 图5中概念性地示出装入有流体动压轴承装置的信息设备用主轴电动机的一构成例。该主轴电动机用于HDD等盘驱动装置,具备:将轴构件102支承为旋转自如的流体动压轴承装置101;固定于轴构件102的盘毂103;例如隔着半径方向的间隙而对置的定子线圈104及转子磁体105;电动机基座106。定子线圈104安装在电动机基座106的外周,转子磁体105安装在盘毂103的内周。流体动压轴承装置101的轴承构件109固定在电动机基座106的内周。在盘毂103上保持有一或多张(图示例为2张)盘D,盘D由螺纹紧固于轴构件102的夹持器

(图示省略)和盘毂103沿轴向夹持固定。在以上的结构中,当对定子线圈104通电时,通过在定子线圈104与转子磁体105之间的电磁力而使转子磁体105旋转,由此,盘毂103及由盘毂103保持的盘D与轴构件102一体地旋转

[0141] 图6中示出本发明的第一实施方式的流体动压轴承装置101。该流体动压轴承装置101具备轴向的两端部开口的轴承构件109、插入到轴承构件109的内周的轴构件102、将轴承构件109的一端开口闭塞的盖构件110来作为构成构件,且在内部空间中填充有作为润滑流体的润滑油(由密集的散布剖面线表示)。在本实施方式中,通过在内周插入有轴构件102的轴承套筒108、将轴承套筒108保持(固定)于内周的外壳107来构成轴承构件109。需要说明的是,以下,为了方便,将设有盖构件110的一侧作为下侧,并将其轴向相反侧作为上侧来进行说明。

[0142] 轴承套筒108通过由烧结金属构成的多孔质体、例如通过以铜或铁为主成分的烧结金属的多孔质体形成为圆筒状。轴承套筒108也可以通过烧结金属以外的其他的多孔质体、例如多孔质树脂或陶瓷形成,且还可以通过黄铜、不锈钢等实心(非多孔质)的金属材料形成。轴承套筒108的内周面108a形成为没有凹凸的平滑的圆筒面,并且,轴承套筒108的外周面108d除了在圆周方向的一或多个部位设有轴向槽108d1这一点之外,形成为没有凹凸的平滑的圆筒面。轴承套筒108的下侧端面108b形成为没有凹凸的平坦面,在上侧端面108c上形成有环状槽108c1、外径端与环状槽108c1相连的径向槽108c2。

[0143] 盖构件110通过金属材料形成为板状。虽然详细情况后述,但盖构件110的上侧端面110a具有环状区域,在该环状区域与轴构件102的凸缘部122的下侧端面122b之间形成第二推力轴承部T2的推力轴承间隙。该环状区域形成为平滑的平坦面,未设置用于使介于动压槽等、推力轴承间隙中的润滑油产生动压作用的凹部。

[0144] 外壳107通过熔炼材料(例如,黄铜或不锈钢等的实心的金属材料)形成为轴向两端开口的大致圆筒状,一体地具有将轴承套筒108及盖构件110保持于内周的主体部107a、从主体部107a的上端向内径侧延伸的密封部107b。在主体部107a的内周面设有相对小径的小径内周面107a1和相对大径的大径内周面107a2,在小径内周面107a1及大径内周面107a2上分别固定轴承套筒108及盖构件110。轴承套筒108及盖构件110相对于外壳107的固定方法没有特别限制,能够通过压入、粘接、压入粘接、焊接等适当的方法进行固定。在本实施方式中,通过在主体部107a的小径内周面107a1间隙嵌合轴承套筒108,并使粘接剂介于该间隙的所谓间隙粘接,来在外壳107的内周上固定轴承套筒108。在小径内周面107a1的轴向规定部位形成有作为粘接剂积存部而发挥功能的环状槽107a3,通过将粘接剂填充到该环状槽107a3内并进行固化,由此能够实现轴承套筒108相对于外壳107的粘接强度的提高。

[0145] 密封部107b的内周面107b1形成为朝向下方逐渐缩径的锥面状,在其与对置的轴构件102(轴部121)的外周面121a之间形成径向尺寸朝向下方逐渐缩小的楔状的密封空间S。轴承套筒108的上侧端面108c与密封部107b的下侧端面107b2(的内径侧区域)抵接,由此,来进行轴承套筒108相对于外壳107的轴向上的相对的定位。密封部107b的下侧端面107b2的外径侧区域朝向外径侧而逐渐向上侧后退,从而与轴承套筒108的上侧端面108c之间形成环状间隙。环状间隙的内径端部与轴承套筒108的上侧端面108c的环状槽108c1相连。

[0146] 具有以上的结构的外壳107还可以为树脂的注塑成形品。这种情况下,可以将轴承

套筒108作为镶嵌部件而通过树脂对外壳107进行注塑成形。另外,外壳107既可以为代表成镁合金或铝合金等低熔点金属的注塑成形品,也可以为所谓的MIM成形品。

[0147] 轴构件102具有由淬火后的不锈钢(例如SUS420J2)形成为实心轴状的轴部121、从轴部121的下端向外径侧伸出的凸缘部122。凸缘部122例如由与轴部121同种的不锈钢或者烧结金属的多孔质体形成为圆环状,且通过压入、粘接、压入粘接、焊接等适当的方法固定于轴部121的下端外周。轴部121的外周面121a中,在凸缘部122的固定区域形成有环状槽121b,在例如使用粘接剂而将凸缘部122固定于轴部121时,环状槽121b作为粘接剂积存部而发挥功能,因此能够实现凸缘部122相对于轴部121的固定强度提高。另外,通过使在凸缘部122的内周面上形成的凸部与环状槽121b嵌合,由此还能够提高凸缘部122的防脱强度。

[0148] 在轴部121的外周面121a上,在轴向的二个部位分离形成有成为径向轴承面A1、A2的圆筒状区域,在该径向轴承面A1、A2与对置的轴承套筒108的内周面108a之间形成径向轴承间隙。在径向轴承面A1、A2上沿圆周方向设有多个使介于径向轴承间隙中的润滑油产生动压作用的作为凹部的动压槽Aa(图6中,用交叉剖面线表示),在此,多个动压槽Aa排列成人字形状。在本实施方式中,在上侧的径向轴承面A1上设置的各动压槽Aa相对于轴向中心m(上下的倾斜槽间区域的轴向中央)形成为轴向非对称,且比轴向中心m靠上侧的上侧区域的轴向尺寸X1比靠下侧的下侧区域的轴向尺寸X2大。另一方面,在下侧的径向轴承面A2上设置的各动压槽Aa形成为轴向对称。各动压槽Aa的槽深为几 $\mu\text{m}$ 左右。

[0149] 轴部121的外周面121a中,在两个径向轴承面A1、A2之间设有比动压槽Aa的底部向内径侧后退的(形成为小径)圆筒状的中避让部123。通过在轴部121的外周面121a上设置这样的中避让部123,由此与形成为直径固定的圆筒面的轴承套筒108的内周面108a之间形成圆筒状的润滑油积存部。由此,在轴承运转中,在轴相上与润滑油积存部相邻的两个径向轴承间隙中能够始终由丰富的润滑油充满,因此能够实现径向方向上旋转精度的稳定化。

[0150] 如图7(a)所示,在凸缘部122的上侧端面122a设有推力轴承面B,在该推力轴承面B与对置的轴承套筒108的下侧端面108b之间形成第一推力轴承部T1的推力轴承间隙。在推力轴承面B上,沿圆周方向设有多个使介于第一推力轴承部T1的推力轴承间隙中的润滑油产生动压作用的作为凹部的动压槽Ba,在此,动压槽Ba排列成螺旋形状。另外,如图7(b)所示,在凸缘部122的下侧端面122b上设有推力轴承面C,在推力轴承面C与对置的盖构件110的上侧端面110a之间形成第二推力轴承部T2的推力轴承间隙。在推力轴承面C上,沿圆周方向设有多个使介于第二推力轴承部T2的推力轴承间隙中的润滑油产生动压作用的作为凹部的动压槽Ca,在此,动压槽Ca排列成螺旋形状。动压槽Ba、Ca中的任一方或双方也可以排列成人字形状。

[0151] 如图8所示,具有以上的结构的轴构件102通过在轴部121的下端固定凸缘部122而完成,该轴部121顺次经过轴原料制作工序P1、热处理工序P2、除去工序P3、滚轧工序P4及精加工工序P5来制作,该凸缘部122通过其他工序来制作。以下,对用于制作轴部121的各工序进行详细叙述。

[0152] (1)轴原料制作工序P1

[0153] 在该轴原料制作工序P1中,通过对从长的杆材切出成规定长度后的短的杆材实施规定的加工,从而得到将除了动压槽Aa之外的部位精加工成与作为完成品的轴部121近似的形状的轴原料。详细而言,例如,通过对短的杆材实施车削加工,由此在外周面上形成中

避让部123、环状槽121b,并且通过对上述杆材的一端实施攻螺纹加工,由此得到在一端面形成有开口的螺纹孔(用于螺纹固定夹持器的构件。图示省略)的轴原料。需要说明的是,轴原料的大概形状除了车削等机械加工以外,还能够通过锻造等塑性加工得到。

#### [0154] (2)热处理工序P2

[0155] 在该热处理工序P2中,在通过轴原料制作工序P1得到的轴原料中,至少对外周面实施热处理,由此得到硬度为HV450以上、更优选为HV500以上的表面硬化层的淬火轴121' [参照图9(a)]。热处理方法没有特别限制,可以将高频淬火、真空淬火、渗碳淬火或渗碳氮化淬火等淬火以及淬火后的退火等适当组合。热处理只要以形成厚度比应当形成的动压槽Aa的槽深大的表面硬化层的方式实施即可,可以未必以使轴原料的整体高硬化(淬火)的方式实施。

#### [0156] (3)除去工序P3

[0157] 在该粗精加工工序P3中,将也被称为黑皮的氧化被膜除去,该黑皮伴随对轴原料实施热处理而形成淬火轴121'(表面硬化层),在淬火轴121'的表面上形成。黑皮(氧化被膜)例如通过对淬火轴121'实施无心研磨来除去。

#### [0158] (4)滚轧工序P4

[0159] 在该滚轧工序P4中,通过对(除去表面的黑皮后的)淬火轴121'的表面硬化层实施滚轧加工,从而在淬火轴121'的外周面上形成动压槽Aa。在本实施方式中,如图9(a)(b)所示,使用设置成能够相对滑动的一对滚轧模131、132来在淬火轴121'的外周面上滚轧形成作为凹部的动压槽Aa。在各滚轧模131、132的与对方侧对置的对置面上设有作为凹部形成部的动压槽形成部134。动压槽形成部134通过将各动压槽Aa形状对应的凸部133排列成人字形状而构成。对于凸部133的高度尺寸而言,考虑在后述的精加工工序P5中,包括对动压槽Aa进行划分的凸状的丘部在内而将淬火轴121'的外周面磨削规定量,在此设定为比必要的动压槽Aa的槽深大规定量。另外,滚轧模131、132中,至少动压槽形成部134(多个凸部133)的硬度设定为比淬火轴121'的表面硬化层高HV100以上的高硬度。

[0160] 然后,如图9(a)所示,在将淬火轴121'导入到滚轧模131、132之间之后,使滚轧模131、132相对移动,使滚轧模131、132的动压槽形成部134向淬火轴121'的外周面压紧。由此,如图9(b)所示,在淬火轴121'的外周面中,处于动压槽形成部134的凸部133压紧的部位的材料发生塑性流动而被向周围压出,形成对动压槽Aa进行划分的丘部,并且,与此同时形成动压槽Aa。需要说明的是,在本实施方式中,如上述那样,构成动压槽形成部134的各凸部133的高度尺寸设定得比必要的动压槽Aa的槽深大,因此该阶段的动压槽Aa的槽深比在作为完成品的轴部121(轴构件102)的外周面设置的动压槽Aa的槽深深。

[0161] 需要说明的是,用于在淬火轴121'的外周面上形成动压槽Aa的凸部133(动压槽形成部134)也可以仅设置滚轧模131、132中的任一方。

#### [0162] (5)精加工工序P5

[0163] 在该精加工工序P5中,将滚轧工序P4中在外周面滚轧形成动压槽A后的淬火轴121'的外周面精加工成规定精度。具体而言,对淬火轴121'的外周面中通过实施滚轧加工而形成了动压槽Aa后的圆筒状区域(轴部121中,成为径向轴承面A1、A2的圆筒状区域)实施磨削、研磨或塑性加工,由此将对动压槽Aa进行划分的凸状的丘部Ab精加工成规定高度,并得到规定深度的动压槽Aa。并且,将成为径向轴承面A1、A2的轴向区域以外的轴向区域、例

如中避让部123也精加工成规定精度(以上,参照图10)。由此,得到作为完成品的轴部121。

[0164] 在由以上的结构构成的流体动压轴承装置101中,当轴构件102旋转时,在轴部121的径向轴承面A1、A2和与它们对置的轴承套筒108的内周面108a之间分别形成径向轴承间隙。并且,伴随轴构件102的旋转,在两径向轴承间隙中形成的油膜的压力通过动压槽Aa、Aa的动压作用而提高,其结果是,在轴向的两个部位分离形成将轴构件102在径向方向上进行非接触支承的径向轴承部R1、R2。与此同时,在凸缘部122的上侧端面122a设置的推力轴承面B和与之对置的轴承套筒108的下侧端面108b之间、以及在凸缘部122的下侧端面122b设置的推力轴承面C和与之对置的盖构件110的上侧端面110a之间分别形成第一及第二推力轴承间隙。并且,伴随轴构件102的旋转,在两推力轴承间隙中形成的油膜的压力通过动压槽Ba、Ca的动压作用而分别提高,其结果是,形成使轴构件102在轴向两方向上非接触支承的第一及第二推力轴承部T1、T2。

[0165] 另外,密封空间S呈朝向外壳107的内部侧而使径向尺寸逐渐缩小的楔形状,因此密封空间S内的润滑油通过毛细管力产生的拉入作用而被朝向外壳107的内部侧拉入。并且,密封空间S具有对填充到外壳107的内部空间中的润滑油的伴随温度变化的容积变化量进行吸收的缓冲功能,从而在假想的温度变化的范围内将润滑油的油面始终保持在密封空间S内。因此,能够有效地防止润滑油从外壳107内部的泄漏。

[0166] 另外,如上述那样,上侧的动压槽Aa中,比轴向中心m靠上侧的上侧区域的轴向尺寸X1比靠下侧的下侧区域的轴向尺寸X2大,因此在轴构件102的旋转时,动压槽Aa产生的润滑油的拉入力在上侧区域比下侧区域相对地变大。通过这样的拉入力的差压,在轴承套筒108的内周面108a与轴部121的外周面121a1之间的间隙中充满的润滑油向下方流动,并在第一推力轴承部T1的推力轴承间隙→由轴承套筒108的轴向槽108d1形成的轴向的流体通路111→由轴承套筒108的上端外周倒棱等形成的环状空间→由轴承套筒108的环状槽108c1及径向槽108c2形成的流体通路这样的路径中循环,而被向第一径向轴承部R1的径向轴承间隙再次拉入。

[0167] 通过形成为这样的结构,能够保持润滑油的压力平衡,同时能够消除伴随局部的负压的产生的气泡的生成、气泡的生成引起的润滑油的泄漏或振动的产生等问题。由于密封空间S与上述的循环路径连通,因此即使在因某些理由而气泡混入到润滑油中的情况下,气泡在伴随润滑油而进行循环时也被从密封空间S内的润滑油的油面(气液界面)向外部气体排出。因此,能够进一步有效地防止气泡产生的不良影响。

[0168] 本申请诸发明者发现,由于如上述那样在轴构件102(轴部121)的外周面121a设置的动压槽Aa的必要的槽深为微米级,因此即使在对淬火轴121'(表面硬化层)实施滚轧加工的情况下,只要满足必要最低限度的条件,就能够形成具备规定的槽深的动压槽Aa。并且,若通过对淬火轴121'的表面硬化层实施滚轧加工而形成作为动压产生用的凹部的动压槽Aa,则与对未热处理的轴原料实施滚轧加工的情况相比,因滚轧产生的凸部Ab(参照图10)的两侧的材料隆起量小,在刚滚轧之后的动压槽Aa相互之间槽深难以产生不均。并且,不需要在对动压槽Aa进行滚轧形成之后,即不需要在轴原料中蓄积有内部应力的状态下对轴原料实施热处理,因此在轴原料上难以产生应变引起的变形。因此,即使在如本实施方式那样设置精加工工序P5,且在该精加工工序P5中对淬火轴121'实施规定的最终精加工的情况下,也能够减少其加工量。

[0169] 并且,在本发明的结构上,能够在实施滚轧加工之前,执行在淬火轴121'的外表面上形成的黑皮的除去加工。由于滚轧加工前的淬火轴121'的外周面呈不存在动压槽Aa及对该动压槽Aa进行划分的丘部Ab等微小的凹凸(凹凸的重复)的大致平滑的圆筒面状,因此能够容易除去黑皮。因而,在轴部121的外周面121a形成的动压槽Aa的槽底不存在黑皮,而表面硬化层露出。由此,能够有效地防止在流体动压轴承装置101的运转中黑皮从轴构件102的轴部121剥离而成为污垢,从而产生使轴承性能降低这样的问题。

[0170] 另外,在形成径向轴承间隙的二面中,因在轴部121的外周面121a上设置动压槽Aa,且在轴部121的外周面121a上设置中避让部123的关系,轴承套筒108的内周面108a(轴承构件的内周面)形成没有凹凸的平滑的圆筒面。因此,在制造烧结金属制的轴承套筒108时,对通过将原料粉末的压粉成形体烧结而得到的烧结体进行内周面及外周面的矫正加工(精压),由此完成制造工序,不需要设置在内周面对动压产生用的凹部进行加压成形的工序。因此,通过形状的单纯化而能够实现模具成本的低廉化,且能够使轴承套筒108、进而流体动压轴承装置101整体的制造成本低廉化。

[0171] 根据以上的情况,通过本发明,能够减轻通过滚轧而在轴构件102的外周面上形成用于使径向轴承间隙中产生流体动压的作为凹部的动压槽Aa时的劳力和时间,并同时能够将动压槽Aa高精度地形成。由此,可以实现能够发挥所期望的轴承性能的流体动压轴承装置101的低成本化。

[0172] 在以上的说明中,在用于得到在外周面121a形成有动压槽Aa的轴部121的制造过程中,设置了用于将淬火轴121'的外周面精加工成规定精度的精加工工序P5,但在本发明的结构上,与现有方法相比,能够将动压槽Aa高精度地形成,因此可以不用一定设置精加工工序P5。若省略精加工工序P5,则能够有助于轴构件102、进而流体动压轴承装置101的进一步的低成本化。

[0173] 另外,以上,使构成轴构件102的轴部121和凸缘部122为分体,并在外周面121a形成动压槽Aa后的轴部121的下端固定通过其他工序制作的凸缘部122,从而得到轴构件102,但作为轴原料,通过使用一体地具备成为凸缘部122的圆盘状的部分的轴原料,也能够将轴部121和凸缘部122一体形成。

[0174] 本发明没有限定适用于上述的实施方式。以下,参照附图,对能够适用本发明的其他实施方式的流体动压轴承装置101进行说明。在以下所示的其他实施方式中,从简化说明的观点出发,在与上述的实施方式实质上相同的构件·部位上标注同一参照符号,并省略重复说明。

[0175] 图11是本发明的第二实施方式的流体动压轴承装置101的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置101与图6所示的流体动压轴承装置的主要不同点在于:在外壳107上一体地设置将圆筒状的主体部107a的下端闭塞的圆盘状的底部107c,并且通过在主体部107a的上端内周固定的环状的密封构件112来形成密封空间S。即,第二推力轴承部T2的第二推力轴承间隙形成在凸缘部122的下侧端面122b与外壳底部107c的上侧端面107c1之间,并且,密封空间S形成在密封构件112的内周面112a与轴部121的外周面121a之间。需要说明的是,在外壳107的主体部107a与底部107c的交界部设有台阶部107d,通过使轴承套筒108的下侧端面108b与该台阶部107d抵接,由此将轴承套筒108相对于外壳107的轴向相对位置定位。

[0176] 图12是本发明的第三实施方式的流体动压轴承装置101的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置101与图6所示的流体动压轴承装置的主要不同之处在于：在轴构件102(轴部121)的上端设置盘毂103,该盘毂103一体地具有环状部103a和从环状部103a的外径端向轴向延伸的大致圆筒状的筒状部103b,且在该盘毂103的环状部103a的下侧端面103a1和与之对置的外壳107(主体部107a)的上侧端面107a4之间设置第二推力轴承部T2的第二推力轴承间隙;以及在外壳107的上部外周面107a5与盘毂103的筒状部103b的内周面103b1之间设置密封空间S。另外,在该实施方式中,轴部121形成为厚壁的圆筒状,凸缘部122螺纹固定于轴部121的下端。

[0177] 图13是本发明的第四实施方式的流体动压轴承装置101的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置101与图6所示的流体动压轴承装置的主要不同之处在于：将在轴承套筒108的上侧配置的凸缘部124固定于轴部121的外周面121a,且在构成轴构件102的两凸缘部122、124的外周面122c、124c与外壳107(主体部107a)的内周面107a1之间分别形成保持润滑油的油面的密封空间S;以及在凸缘部124的下侧端面124a与轴承套筒108的上侧端面108c之间形成第二推力轴承部T2的第二推力轴承间隙。

[0178] 在以上说明的实施方式中,轴承构件109由外壳107和固定于外壳107的内周的轴承套筒108构成,但轴承构件109也可以由一体地设有相当于外壳107的部分和相当于轴承套筒108的部分的构件构成。

[0179] 另外,以上,对在轴部121的外周面121a上将作为动压产生用的凹部的动压槽Aa排列成人字形,由此构成由动压轴承形成的径向轴承部R1、R2的情况进行了说明,但动压槽Aa也可以排列成螺旋形状或阶梯形状(将沿轴向延伸的轴向槽在圆周方向上排列多个)。另外,动压产生用的凹部也可以不是上述那样的槽状,而由凹陷状的凹坑构成。

[0180] 另外,在以上的实施方式中,对将作为动压产生用的凹部的动压槽Ba、Ca在凸缘部122的端面上排列成螺旋形状(或人字形),来构成由动压轴承形成的推力轴承部T1、T2的情况进行了说明,但动压槽Ba、Ca中的任一方或双方也可以形成为沿径向延伸的放射状(梯式轴承)。另外,动压产生用的凹部也可以设置在隔着推力轴承间隙而与凸缘部122的端面122a、122b对置的构件端面(在图6所示的实施方式中来讲,为轴承套筒108的下侧端面108b或盖构件110的上侧端面110a)上。并且,虽然省略图示,但也可以在轴构件102上不设置凸缘部122,而通过对轴部121的一端(下端)进行接触支承的所谓枢轴轴承来构成推力轴承部。

[0181] 另外,在以上的实施方式中,作为向流体动压轴承装置101的内部空间填充的润滑流体,使用了润滑油,但本发明还能够优选适用于将润滑脂、磁性流体、进而空气等气体作为润滑流体使用的流体动压轴承装置101。

[0182] 另外,以上,对将本发明适用于以轴构件102为旋转侧且以轴承套筒108等为静止侧的流体动压轴承装置101的情况进行了说明,但与其相反,本发明也能够优选适用于以轴构件102为静止侧且以轴承套筒108等为旋转侧的流体动压轴承装置101。

[0183] 以下,基于图15~29,对本申请第三技术方案的实施方式进行说明。

[0184] 图15中概念性地示出装入有流体动压轴承装置的信息设备用主轴电动机的一构成例。该主轴电动机使用于HDD等盘驱动装置,具备:将轴构件202支承为旋转自如的流体动压轴承装置201;固定于轴构件202的盘毂203;例如隔着半径方向的间隙而对置的定子线圈

204及转子磁体205;电动机基座206。定子线圈204安装在电动机基座206的外周,转子磁体205安装在盘毂203的内周。流体动压轴承装置201的外壳207固定在电动机基座206的内周。在盘毂203上保持有一或多张(图示例为2张)盘D。在以上的结构中,当向定子线圈204通电时,通过在定子线圈204与转子磁体205之间的电磁力而使转子磁体205旋转,由此,盘毂203及由盘毂203保持的盘D与轴构件202一体旋转。

[0185] 图16中表示本发明的第一实施方式的流体动压轴承装置201。该流体动压轴承装置201具备具有轴部221及凸缘部222的轴构件202、在内周插入有轴部221的轴承套筒208、将轴承套筒208保持于内周的大致圆筒状的外壳207、将外壳207的一端开口闭塞的盖构件210来作为构成构件,在内部空间中填充有作为润滑流体的润滑油(由密集的散布剖面线表示)。需要说明的是,以下,为了方便,将设有盖构件210的一侧作为下侧,将其轴向相反侧作为上侧来进行说明,但流体动压轴承装置201的使用形态(姿态)没有限定于此。

[0186] 外壳207通过熔炼材料(例如,黄铜或不锈钢等实心的金属材料)形成为轴向两端开口的大致圆筒状,且一体地具有圆筒状的主体部207a和从主体部207a的上端向内径侧延伸的密封部207b。在主体部207a的内周面设有相对小径的小径内周面207a1和相对大径的大径内周面207a2,在小径内周面207a1及大径内周面207a2上分别固定有轴承套筒208及盖构件210。轴承套筒208及盖构件210相对于外壳207的固定方法没有特别限定,能够通过压入、粘接、压入粘接、焊接等适当的方法进行固定。在本实施方式中,通过在主体部207a的小径内周面207a1间隙嵌合轴承套筒208,并使粘接剂介于该间隙的所谓的间隙粘接,来在外壳207的内周固定轴承套筒208。在小径内周面207a1的轴向规定部位形成有作为粘接剂积存部而发挥功能的环状槽207a3,通过将粘接剂填充到该环状槽207a3内并进行固化,由此能够实现轴承套筒208相对于外壳207的粘接强度的提高。

[0187] 密封部207b的内周面207b1形成为朝向下方逐渐缩径的锥面状,在其与对置的轴部221的外周面221a之间形成径向尺寸朝向下方逐渐缩小的楔状的密封空间S。轴承套筒208的上侧端面208c与密封部207b的下侧端面207b2的内径侧区域抵接,由此,来进行轴承套筒208相对于外壳207的轴向上的相对的定位。密封部207b的下侧端面207b2的外径侧区域朝向外径侧而逐渐向上侧后退,在轴承套筒208的上侧端面208c与上部外周倒棱之间形成环状间隙。环状间隙的内径端部与轴承套筒208的上侧端面208c的环状槽208c1相连。

[0188] 具有以上的结构的外壳207既可以为树脂的注塑成形品,也可以为代表成镁合金或铝合金等的低熔点金属的注塑成形品或者所谓的MIM成形品。

[0189] 轴承套筒208通过由烧结金属构成的多孔质体、在此通过以铁为主成分的烧结金属(例如,70~90mass%Fe-30~10mass%Cu)的多孔质体形成为圆筒状。轴承套筒208的下侧端面208b具有环状区域,在该环状区域与对置的凸缘部222的上侧端面222a之间形成第一推力轴承部T1的推力轴承间隙。该环状区域形成为平滑的平坦面,未设置凹凸形状部(例如,由动压槽及对该动压槽进行划分的丘部构成的推力动压产生部)。在轴承套筒208的上侧端面208c上形成有环状槽208c1、外径端与环状槽208c1相连的径向槽208c2,在轴承套筒208的外周面208d上的圆周方向的一或多个部位形成有轴向槽208d1。

[0190] 在轴承套筒208的内周面208a上,在轴向的两个部位分离而设有成为径向轴承面的圆筒状区域,在该径向轴承面与对置的轴部221的外周面221a之间形成径向轴承间隙,如图17所示,在各圆筒状区域上分别形成有将人字形状的动压槽Aa沿圆周方向排列多个而成



的径向动压产生部A1、A2。上侧的动压槽Aa相对于轴向中心m(上下的倾斜槽间区域的轴向中央)形成为轴向非对称,比轴向中心m靠上侧的上侧区域的轴向尺寸X1比靠下侧的下侧区域的轴向尺寸X2大。另一方面,下侧的动压槽Aa形成为轴向对称,其上下区域的轴向尺寸比上述轴向尺寸X1小。动压槽Aa也可以形成为螺旋形状。

[0191] 盖构件210由金属材料形成为板状。在盖构件210的上侧端面210a上设有环状区域,在该环状区域与对置的凸缘部222的下侧端面222b之间形成第二推力轴承部T2的推力轴承间隙。该环状区域形成为平滑的平坦面,未设置凹凸形状部(例如,由动压槽及对该动压槽进行划分的丘部构成的推力动压产生部)。

[0192] 轴构件202具备:通过高刚性的熔炼材料(例如SUS420J2等不锈钢)形成为实心轴状的轴部221和在轴部221的下端设置的凸缘部222。轴部221的外周面221a中,在与轴承套筒208的内周面208a的径向轴承面(径向动压产生部A1、A2)间区域对置的区域中设有向内径侧后退的圆筒状的中避让部223。通过在轴部221的外周面221a设置这样的中避让部223,由此在形成为大致直径固定的圆筒面的轴承套筒208的内周面208a与中避让部223之间形成间隙宽度比径向轴承间隙大的半径方向间隙。该半径方向间隙能够作为润滑油积存部而发挥功能,因此在轴承运转中,在轴向上下相邻的两个径向轴承间隙能够由丰富的润滑油充满。由此,能够实现径向方向上的旋转精度的稳定化。另外,由于将上述半径方向间隙的间隙宽度比径向轴承间隙的间隙宽度确保得大,因此能够减小损耗转矩,有助于电动机、进而电气设备的低消耗电力化。

[0193] 凸缘部222通过烧结金属的多孔质体、在此通过以铜为主成分的烧结金属(例如,60mass%Cu-40mass%Fe)的多孔质体形成为圆环状,并固定于轴部221的下端外周。在后面固定顺序进行详述,但在此如图19中放大而示出的那样,使通过将凸缘部222[详细而言,图20(a)等所示的凸缘原料222']压入轴部221而形成的压入固定部225夹在相互对置的轴部221的外周面221a与凸缘部222的内周面222c之间,并且使伴随对凸缘部222(凸缘原料222')施加冲压加工而在凸缘原料222'的内周面222c上产生的膨胀变形部224与轴部221的外周面221a密接,由此将凸缘部222固定于轴部221的外周面221a。

[0194] 轴部221的外周面221a中,在凸缘部222的固定区域(的轴向大致中央部)形成有凹部221b,在该凹部221b中收容在凸缘部222的内周面222c上产生的膨胀变形部224(的一部分)。本实施方式的凹部221b由沿轴部221的周向延伸的周向槽240构成,更详细而言,由在轴部221的整周延伸的环状槽构成。根据这样的结构,在相互对置的轴部221的外周面221a与凸缘部222的内周面222c之间形成使两者在轴向上相互卡合的凹凸嵌合部,来提高凸缘部222的防脱强度。虽然省略图示,但作为凹部221b的周向槽240也可以断续地或局部地设置在轴部221的外周面221a上,这种情况下,也能够实现凸缘部222相对于轴部221的止旋。另外,凹部221b除了周向槽240以外,还可以多个设置成例如散布状。

[0195] 还如图19所示,在凸缘部222的上侧端面222a上设有成为推力轴承面的环状区域,在该推力轴承面与对置的轴承套筒208的下侧端面208b之间形成第一推力轴承部T1的推力轴承间隙,如图18(a)所示,在该环状区域形成有将螺旋形状的动压槽Ba在圆周方向上排列多个而成的推力动压产生部B。另外,在凸缘部222的下侧端面222b上设有成为推力轴承面的环状区域,在该推力轴承面与对置的盖构件210的上侧端面210a之间形成第二推力轴承部T2的推力轴承间隙,如图18(b)所示,在该环状区域形成有将螺旋形状的动压槽Ca在圆周

方向上排列多个而成的推力动压产生部C。如后所述,两推力动压产生部B、C通过对成为凸缘部222的烧结金属制的凸缘原料222'实施冲压加工而被模压成形。因此,凸缘部222中,至少推力动压产生部B、C的形成区域比其他部位高密度化(例如,密度为 $7.3\sim 8.0\text{g}/\text{cm}^3$ ),能够实现耐磨损性的提高。构成推力动压产生部B、C中的任一方或双方的动压槽也可以形成如图27(a)(b)所示那样的人字形状。

[0196] 参照图20,对具有以上的结构的轴构件202的制造方法进行详细叙述。

[0197] 图20(a)~(c)是表示制造轴构件202的一系列的工序中的冲压工序的图。在该冲压工序中,首先,如图20(a)所示,在具有第一模具231及第二模具233的冲压模具230中配置分别制作的轴部221和凸缘原料222',该第一模具231及第二模具233同轴配置成能够进行相对接近或背离移动。在此,凸缘原料222'由通过对以铜粉末为主成分的圆环状的压粉体进行烧结而得到的铜系的烧结体(例如, $60\text{mass}\%\text{Cu}-40\text{mass}\%\text{Fe}$ )构成,其密度设定在 $7.2\sim 7.9\text{g}/\text{cm}^3$ 的范围内。该凸缘原料222'通过经过该冲压工序而被加工成作为完成品的凸缘部222,内周面222c形成为直径固定的圆筒面,两端面222a、222b形成为平滑的平坦面。

[0198] 第一模具231呈能够将轴部221收容在内周的圆筒状,在轴向上与凸缘原料222'对置的区域设有与应当在凸缘部222的上侧端面222a上设置的推力动压产生部B(动压槽Ba)的形状对应的槽模部232。第二模具233具有在第一模具231的外径侧配置的筒状的部分和在轴部221的轴端侧配置的圆盘状的部分,且在轴向上与凸缘原料222'对置的区域设有与应当在凸缘部222的下侧端面222b上设置的推力动压产生部C的形状对应的槽模部234。第二模具233的内周面233a的内径尺寸设定为在伴随冲压加工而凸缘原料222'的外周面222d向外径侧膨胀变形时,能够约束凸缘原料222'的外周面222d的值(能够限制外周面222d的膨胀变形的值)。

[0199] 在本实施方式中,如图20(a)所示,通过将圆环状的凸缘原料222'压入轴部221的下端外周面221a,由此在相互对置的轴部221的外周面221a与凸缘原料222'的内周面222c之间形成将凸缘原料222'(凸缘部222)相对于轴部221压入固定而成的压入固定部225,然后将轴部221插入第一模具231的内周。

[0200] 接着,如图20(b)(c)所示,使第一模具231和第二模具233相对地进行接近移动,从轴向两侧对凸缘原料222'进行加压。伴随于此,凸缘原料222'的内部气孔变小,并且凸缘原料222'的两端面222a、222b的材料仿形于槽模部232、234而发生塑性变形,从而在凸缘原料222'的上侧端面222a及下侧端面222b分别模压成形出推力动压产生部B、C。在推力动压产生部B、C的模压成形时,凸缘原料222'的内周面222c及外周面222d分别向内径侧及外径侧进行膨胀变形,但凸缘原料222'的外周面222d被第二模具233的内周面233a约束而限制膨胀变形,且槽模部232、234分别强力地与凸缘原料222'的两端面222a、222b密接。因此,在从轴向两侧对凸缘原料222'进行加压,且在凸缘原料222'的两端面分别模压成形出推力动压产生部B、C时,凸缘原料222'的材料主要向内径侧进行塑性流动。并且,伴随材料的塑性流动而在内周面222c上产生的膨胀变形部224与轴部221的外周面221a密接,由此,将凸缘原料222'固定于轴部221的外周面221a。轴部221的外周面221a中,在凸缘部222(凸缘原料222')的固定区域设有作为凹部221b的周向槽240,膨胀变形部224的一部分收容在凹部221b内。

[0201] 当如以上那样通过冲压加工而在凸缘原料222'的两端面222a、222b上分别模压成

形出推力动压产生部B、C,且同时将凸缘原料222'固定于轴部221时,使第一模具231和第二模具233相对地进行背离移动,将轴部221及凸缘原料222'的一体件从冲压模具230取出。由此,如图20(d)所示,完成在轴部221的下端安装固定有凸缘部222,且在凸缘部222的上侧端面222a及下侧端面222b上分别模压成形出推力动压产生部B、C的轴构件202。

[0202] 在由以上的结构构成的流体动压轴承装置201中,在轴承套筒208的内周面208a的上下两个部位分离形成的径向轴承面和与之对置的轴部221的外周面221a之间分别形成径向轴承间隙。并且,伴随轴构件202的旋转,在两径向轴承间隙中形成的油膜的压力通过动压槽Aa、Aa的动压作用而提高,其结果是,在轴向的两个部位分离形成将轴构件202在径向方向上非接触支承的径向轴承部R1、R2。与此同时,在凸缘部222的上侧端面222a上设置的推力轴承面和与之对置的轴承套筒208的下侧端面208b之间、以及在凸缘部222的下侧端面222b上设置的推力轴承面和与之对置的盖构件210的上侧端面210a之间分别形成推力轴承间隙。并且,伴随轴构件202的旋转,在两推力轴承间隙中形成的油膜的压力通过动压槽Ba、Ca的动压作用而分别被提高,其结果是,形成将轴构件202在轴向两方向上非接触支承的第一及第二推力轴承部T1、T2。

[0203] 另外,由于密封空间S呈径向尺寸朝向外壳207的内部侧而逐渐缩小的楔形状,因此密封空间S内的润滑油通过毛细管力产生的拉入作用而被朝向外壳207的内部侧拉入。另外,密封空间S具有对填充到外壳207的内部空间中的润滑油的伴随温度变化的容积变化量进行吸收的缓冲功能,从而在假想的温度变化的范围内将润滑油的油面始终保持在密封空间S内。因此,能够有效地防止润滑油从外壳207内部的泄漏。

[0204] 另外,如上述那样,上侧的动压槽Aa中,比轴向中心m靠上侧的上侧区域的轴向尺寸X1比靠下侧的下侧区域的轴向尺寸X2大,因此在轴构件202的旋转时,动压槽Aa产生的润滑油的拉入力(抽吸力)在上侧区域比下侧区域相对地变大。通过这样的结构,在轴承套筒208的内周面208a与轴部221的外周面221a1之间的间隙中充满的润滑油向下方流动,并在第一推力轴承部T1的推力轴承间隙→由轴承套筒208的轴向槽208d1形成的轴向的流体通路211→由轴承套筒208的上端外周倒棱等形成的环状空间→由轴承套筒208的环状槽208c1及径向槽208c2形成的流体通路这样的路径中循环,而被向第一径向轴承部R1的径向轴承间隙再次拉入。

[0205] 通过形成为这样的结构,能够保持润滑油的压力平衡,同时能够消除伴随局部的负压的产生的气泡的生成、气泡的生成引起的润滑油的泄漏或振动的产生等问题。由于在上述的循环路径上连通密封空间S,因此即使在因某些理由而气泡混入到润滑油中的情况下,气泡在伴随润滑油而循环时也被从密封空间S内的润滑油的油面(气液界面)向外部气体排出。因此,能够进一步有效地防止气泡引起的不良影响。

[0206] 如上所述,在本发明的流体动压轴承装置201中,凸缘部222由烧结金属形成为圆环状,且具有通过冲压加工而在端面222a、222b模压成形的推力动压产生部B、C,并且使通过冲压加工而在内周面222c产生的膨胀变形部224与轴部221的外周面221a密接,由此凸缘部222被固定于轴部221。若凸缘部222由烧结金属形成,则通过调整凸缘部222(凸缘原料222')的气孔率,能够使伴随冲压加工的凸缘原料222'的变形量(塑性变形的程度)最佳化。即,若调整气孔率,则容易选择提高在端面222a、222b分别模压成形的推力动压产生部B、C的成形性、凸缘部222相对于轴部221的紧固强度、或者使它们同时成立等的对应,并且,还

能够调整伴随释放冲压加工时施加的挤压力而产生的回弹的程度。因此,能够容易量产省略了冲压加工后的另行的精加工等,且推力动压产生部B、C的成形精度、端面222a、222b的平面度等、进而凸缘部222相对于轴部221的紧固强度都优良的分体类型的带凸缘的轴构件202。

[0207] 另外,在相互对置的轴部221的外周面221a与凸缘部222的内周面222c之间设置通过将凸缘原料222'压入轴部221而形成的压入固定部225,之后在实施冲压加工时,凸缘原料222'相对于轴部221的姿态难以产生错乱。因此,在对高精度的推力动压产生部B、C进行模压成形的方面,并且在得到轴部221与凸缘部222相互间的精度(例如,轴部221的外周面221a与凸缘部222的端面222a、222b之间的直角度、或轴部221与凸缘部222的同轴度)优良的轴构件202的方面有利。

[0208] 另外,在以上说明的流体动压轴承装置201中,形成两推力轴承间隙的凸缘部222、进而与凸缘部222之间形成第一推力轴承部T1的推力轴承间隙的轴承套筒208由烧结金属形成,因此在流体动压轴承装置201的运转时,将凸缘部222及轴承套筒208的内部气孔中保持的润滑油向推力轴承间隙供给。因此,能够尽可能地降低应当介于推力轴承间隙中的润滑油量不足,使在推力轴承间隙的一部分区域中产生负压等这样的不良情况的产生概率,将推力方向的旋转精度稳定地维持。

[0209] 但是,当通过同种烧结金属(使主成分相同的烧结金属)形成凸缘部222和轴承套筒208时,在流体动压轴承装置201的运转中,凸缘部222与轴承套筒208变得容易粘合。这一点,在本实施方式中,由于凸缘部222由铜系的烧结金属形成,另一方面,轴承套筒208由铁系的烧结金属形成,因此也难以产生上述的不良情况。另外,铜与铁相比,富有加工性,因此通过将实施冲压加工的凸缘部222(凸缘原料222')由铜系的烧结金属形成,由此在推力动压产生部B、C的成形性以及提高凸缘部222相对于轴部221的紧固强度方面有利。另一方面,铁与铜相比便宜,因此若将体积相对大的轴承套筒208由铁系的烧结金属形成,则能够抑制成本增加。

[0210] 另外,当凸缘部222及轴承套筒208由烧结金属形成时,介于内部空间的润滑油量增大,相应地需要将密封空间S的容积(轴向尺寸)确保得较大,因此在确保必要的轴承性能、尤其是转矩刚性方面不利。因此,在凸缘部222及轴承套筒208这双方为烧结金属制的本实施方式中,使用高密度化成不降低加工性的程度的凸缘原料222',并使轴承套筒208高密度化。具体而言,如上所述,使用密度设定为 $7.2\sim 7.9\text{g}/\text{cm}^3$ 的凸缘原料222',并且将轴承套筒208的密度设定为 $7.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。凸缘部222中,伴随冲压加工而产生塑性变形的部位(两端面222a、222b、内周面222c及外周面222d)的多孔质组织进一步致密化,其密度成为 $7.3\sim 8.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0211] 凸缘部222相对于轴部221的固定形态没有限定为上述的形态,凸缘部222也可以通过以下的形态固定于轴部221。

[0212] 图21中示出如下结构:轴部221的外周面221a中,在与凸缘部222的内周面222c对置的区域的轴向上分离的两个部位设有作为凹部221b的周向槽240。更详细而言,在本实施方式中,在轴向上交替设置压入固定部225和凹凸嵌合部,该压入固定部225通过将凸缘原料222'向轴部221的下端外周压入而形成,该凹凸嵌合部通过将凸缘原料222'的膨胀变形部224收容于周向槽240而形成,由此将凸缘部222固定于轴部221。这种情况下,与以上说明

的将周向槽240在轴向上仅设置一个的结构相比,凸缘部222的防脱强度大致成为2倍左右。

[0213] 各周向槽240的槽宽(周向槽240的开口部处的槽宽。以下同样。)  $t_2$  设定为凸缘部222的厚度  $t_1$  的5%以上且20%以下( $0.05t_1 \leq t_2 \leq 0.2t_1$ )。在此,使用厚度  $t_1$  为1.5mm的凸缘部222,且各周向槽的槽宽  $t_2$  设定为0.2mm。另外,各压入固定部225的轴向尺寸设定为0.3mm,在凸缘部222的两端内周缘部设置的倒角部的轴向尺寸设定为0.1mm。将周向槽240的槽宽  $t_2$  规定为上述范围是基于以下这样的理由。

[0214] 认为凸缘部222相对于轴部221的防脱强度越是增加轴向上的凹部221b(周向槽240)的设置个数越能够提高。但是,为了确保流体动压轴承装置201的其他构件或部位所需要的轴向尺寸,凸缘部222的厚度  $t_1$  存在制约(上限值)。因此,在将周向槽240沿轴向设置多个的情况下,需要减小各个周向槽240的槽宽  $t_2$ ,但越减小槽宽  $t_2$ ,材料向周向槽240内的流入性越低,能够有效提高凸缘部222的防脱强度的可能性越高。从这样的观点出发,将周向槽240的槽宽  $t_2$  的下限值规定为凸缘部222的厚度  $t_1$  的5%以上。另一方面,当通过将周向槽240沿轴向设置多个或者设置槽宽  $t_2$  的大小的周向槽240,来使轴部221的外周面221a中占据与凸缘部222的内周面222c对置的对置区域的凹部221b(周向槽240)的形成区域增大时,容易对凸缘部222相对于轴部221的固定精度带来不良影响。因此,将周向槽240的槽宽  $t_2$  的上限值规定为凸缘部222的厚度  $t_1$  的20%以下。

[0215] 另外,对于作为凹部221b的周向槽240而言,从提高凸缘原料222'的材料向该的周向槽240的流入性(周向槽240的充足性)、即提高凸缘部222的防脱强度的观点出发,将周向槽240的截面形状形成为槽宽  $t_2$  朝向槽底侧逐渐减小的锥状。这种情况下,凹部221b(周向槽240)的锥状内壁面221b1相对于轴线的倾斜角  $\theta$  优选为  $20^\circ$  以上且  $40^\circ$  以下( $20^\circ \leq \theta \leq 40^\circ$ )。这是在轴部221的外周面221a上,且在轴向上分离的两个部位设置使上述倾斜角  $\theta$  分别为  $10^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $40^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $60^\circ$  及  $70^\circ$  的周向槽240,并且将凸缘部222以图20(a)~(d)所示的形态固定于各轴部221后,对凸缘部222在某程度的轴向的加压力的作用下是否从轴部221脱落(凸缘部222的防脱强度)进行实测而导出的数值范围。在图22中示出实测结果(样品数各为5时的平均值)。

[0216] 由图22清楚可知,凸缘部222的防脱强度在倾斜角  $\theta = 30^\circ$  时为峰值,当倾斜角  $\theta$  比  $20^\circ$  小时,防脱强度的减少率变大。认为这是由于虽然倾斜角  $\theta$  越小,材料向周向槽240的流入性越好,但难以确保所期望的槽深。另外,在倾斜角  $\theta$  比  $40^\circ$  大,防脱强度的减少率也变大。认为这是由于当倾斜角  $\theta$  比  $40^\circ$  大时,材料向周向槽240的流入性降低。

[0217] 需要说明的是,参照图21进行了说明的以上的结构不仅能够适用于上述的图16所示的流体动压轴承装置201,还能够同样适用于后述的其他实施方式的流体动压轴承装置201(参照图25等)。

[0218] 另外,为了进一步提高凸缘部222相对于轴部221的紧固强度,可以取代图21所示的结构,或者在图21所示的结构的基础上,采用例如图23所示的结构。在图23中,通过使凸缘原料222'局部地发生塑性变形,来形成将凸缘部222相对于轴部221进行紧固固定的紧固部226。

[0219] 例如图24(a)所示,在将凸缘原料222'的下侧端面222b沿轴向加压的第二模具233中,预先在与凸缘原料222'的下部内周倒棱222b1对置的区域设置紧固模235,由此能够在对推力动压产生部B、C进行模压成形的同时形成这样的紧固部226。即,若预先在第二模具

233上设置紧固模235,则如图24(b)所示,在通过第二模具233将凸缘原料222'的下侧端面222b沿轴向加压时,紧固模235啮入凸缘原料222'的下端内周倒棱222b1而使凸缘原料222'局部地发生塑性变形,从而在凸缘原料222'(凸缘部222)上形成紧固部226。

[0220] 需要说明的是,紧固部226也可以通过与对凸缘原料222'施加冲压加工的冲压工序不同的工序形成。

[0221] 以上,对本发明的一实施方式的流体动压轴承装置201进行了说明,但本发明没有限定适用于以上说明的实施方式的流体动压轴承装置201。以下,参照附图,对能够适用本发明的其他实施方式的流体动压轴承装置201进行说明。在以下所示的其他实施方式中,从简化说明的观点出发,对与上述的实施方式实质上相同的结构标注相同的结构,并省略重复说明。

[0222] 图25是本发明的第二实施方式的流体动压轴承装置201的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置201与图16所示的流体动压轴承装置主要不同之处在于,外壳207形成为一体地具有主体部207a和将主体部207a的下端闭塞的圆盘状的底部207c的杯状,并且通过在主体部207a的上端内周固定的环状的密封构件209来形成密封空间S。根据这样的结构,第二推力轴承部T2的第二推力轴承间隙形成在凸缘部222的下侧端面222b与外壳底部207c的上侧端面207c1之间,另外,密封空间S形成在密封构件209的内周面209a与轴部221的外周面221a之间。需要说明的是,在外壳207的主体部207a与底部207c的交界部设有台阶部207d,通过使轴承套筒208的下侧端面208b与该台阶部207d抵接,来将轴承套筒208相对于外壳207的轴向相对位置(两个推力轴承间隙的间隙宽度)定位。

[0223] 图26是本发明的第三实施方式的流体动压轴承装置201的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置201与图16所示的流体动压轴承装置的主要不同之处在于:将在轴承套筒208的上侧配置的凸缘部212固定于轴部221的外周面221a,在构成轴构件202的两凸缘部222、212的外周面222d、212d与外壳207(主体部207a)的内周面207a1之间分别形成保持润滑油的油面的密封空间S;以及在图中上侧的凸缘部212的下侧端面212a与轴承套筒208的上侧端面208c之间形成第二推力轴承部T2的推力轴承间隙。因此,虽然在图中下侧的凸缘部222的下侧端面未模压成形出推力动压产生部,但在图示例的轴构件202中,下侧的凸缘部222具备本发明的结构。即,本发明不仅能够适用于在凸缘原料的两端面模压成形出推力动压产生部的情况,还能够优选适用于仅在凸缘原料的一端面模压成形出推力动压产生部的情况。

[0224] 图27是本发明的第四实施方式的流体动压轴承装置201的含轴剖视图。该图所示的流体动压轴承装置201与图16所示的流体动压轴承装置的主要不同之处在于:用于使径向轴承部R1、R2的径向轴承间隙中产生流体动压的径向动压产生部A1、A2(动压槽Aa:参照该图中交叉剖面线)形成在隔着径向轴承间隙而与轴承套筒208的内周面208a对置的轴部221的外周面221a上。

[0225] 在此,如上述的实施方式所示,为了在烧结金属制的轴承套筒208的内周面208a上形成动压槽Aa而广泛使用的方法为如下这样的方法:在形成为圆筒状的烧结体的内周插入在外周面具有与动压槽形状对应的槽模部的心棒,在该状态下从轴向两侧对烧结体施加挤压力,由此使烧结体的内周面咬紧心棒的外周面而将槽模部的形状转印到烧结体的内周面上,之后,利用挤压力的释放而产生的烧结体的回弹将心棒从烧结体的内周抽出。但是,若

增大轴承套筒208的轴向尺寸,则在加工动压槽Aa时,需要对烧结体施加相当大的挤压力。因此,内部的密度的不均变大,在轴承套筒208的各部分产生精度劣化等,产生加工精度的界限。

[0226] 相对于此,在轴部221的外周面221a设置动压槽Aa的情况下,通过组合滚轧或磨削等比较简单的方法而容易精度良好地形成微小的动压槽Aa,并且能够将轴承套筒208的内周面208a形成为没有凹凸的平滑的圆筒面。因此,这种情况下,烧结金属制的轴承套筒208的制造工序通过对烧结体进行内周面及外周面的矫正加工(精压)来完成,不需要设置在上述那样的内周面上模压成形动压槽的工序。因此,通过轴承套筒208的形状的简单化而能够实现轴承的精度确保,且能够实现轴承套筒208、进而流体动压轴承装置201整体的特性确保。

[0227] 需要说明的是,在通过滚轧而在由熔炼材料构成的轴部221(轴原料)的外周面形成动压槽Aa的情况下,优选对热处理后的轴原料的外周面实施滚轧加工。由于能够使通过滚轧产生的材料的隆起量比未热处理的轴原料实施滚轧加工时小,因此能够使之后的精加工简化或者能够省略精加工。

[0228] 图28是本发明的第五实施方式的流体动压轴承装置201的含轴剖视图。在该图所示的实施方式中,将轴承构件213配置在轴构件202(轴部221)的外径侧,该轴承构件213相当于将图27所示的实施方式中成为不同构件的外壳207和轴承套筒208一体化后的结构。轴承构件213由黄铜或不锈钢等熔炼材料形成为圆筒状,一体地具有轴承间隙形成部213a、密封形成部213b和盖构件固定部213c,该轴承间隙形成部213a与对置的轴部221的外周面221a之间形成径向轴承部R1、R2的径向轴承间隙,并且与对置的凸缘部222的上侧端面222a(推力轴承面)之间形成第一推力轴承部T1的推力轴承间隙,该盖构件固定部213c与对置的轴部221的外周面221a之间形成密封空间S,该盖构件固定部213c将盖构件210固定于内周。

[0229] 另外,在轴部221的外周面221a上设置的径向动压产生部A1中,因在上下的动压槽Aa的轴向尺寸上设有差别的( $X1 > X2$ )关系,在轴构件202的旋转时,将介于轴承间隙形成部213a的内周面与轴部221的外周面221a之间的间隙中的润滑油向下方压入。这种情况下,在轴承内部的闭塞侧的空间、尤其是第二推力轴承部T2的推力轴承间隙的内径侧空间中压力变高,作用在轴构件202上的向上的浮起力过剩,其结果是,存在难以使两推力轴承部T1、T2间的轴向支承力平衡的情况。在此,在本实施方式中,也如图28中的放大图所示那样,设有向凸缘部222的两端面222a、222b开口的连通孔227。在此,通过在凸缘部222的内周面222c上设置的轴向槽222c1来形成连通孔227。通过设置这样的连通孔227,能够使润滑油经由该连通孔227而在两推力轴承间隙间流通,因此能够将两推力轴承间隙间的压力平衡的崩溃提前消除,使两推力轴承部T1、T2间的轴向支承力平衡。

[0230] 另外,在该情况下,当将构成推力动压产生部C的动压槽Ca形成为图18(b)所示那样的螺旋形状时,将介于第二推力轴承部T2的推力轴承间隙中的润滑油向内径侧压入,因此会助长推力轴承间隙的内径侧空间的压力增大。为了避免该情况,将构成推力动压产生部C的动压槽Ca形成为图29(b)所示那样的人字形。另外,在本实施方式中,如图29(a)所示,将构成推力动压产生部B的动压槽Ba也形成为人字形,但由于在第一推力轴承部T1的推力轴承间隙中难以产生上述的问题,因此动压槽Ba也可以形成为图18(a)所示的螺旋形状。

[0231] 另外,以上,对通过设置将人字形状等的动压槽Aa在圆周方向上排列多个而成的径向动压产生部,来构成由动压轴承形成的径向轴承部R1、R2的情况进行了说明,但由动压轴承形成的径向轴承部R1、R2也可以通过在隔着径向轴承间隙而对置的二面中的任一方形成阶梯面或多圆弧面来构成,该阶梯面在圆周方向上配置有多个轴向槽。另外,径向轴承部R1、R2中的任一方或双方也可以由所谓的正圆轴承构成。

[0232] 另外,以上,对推力动压产生部B、C由螺旋形状或者人字形状的动压槽Ba、Ca构成的情况进行了说明,但推力动压产生部B、C中的任一方或双方也可以通过将沿径向延伸的放射状的动压槽在圆周方向上排列多个而构成。

[0233] 另外,在以上的实施方式中,作为向流体动压轴承装置201的内部空间填充的润滑流体,使用了润滑油,但本发明还能够优选适用于将润滑脂、磁性流体、进而空气等气体作为润滑流体使用的流体动压轴承装置201。

[0234] 另外,以上,对将本发明适用于以轴构件202为旋转侧且以轴承套筒208等为静止侧的流体动压轴承装置201的情况进行了说明,但与其相反,本发明也能够优选适用于以轴构件202为静止侧且以轴承套筒208等为旋转侧的流体动压轴承装置201。

[0235] 需要说明的是,以上所示的本申请第一技术方案、本申请第二技术方案以及本申请第三技术方案的实施方式的流体轴承装置各结构也可以适当组合。

#### [0236] 【符号说明】

[0237]	1	流体动压轴承装置
[0238]	2	轴构件
[0239]	2a	轴部
[0240]	2b	凸缘部
[0241]	3	盘毂
[0242]	4	定子线圈
[0243]	5	转子磁体
[0244]	6	托架
[0245]	7	外壳
[0246]	7a	侧部
[0247]	7b	底部
[0248]	8	轴承套筒
[0249]	9	密封部
[0250]	A1、A2	径向轴承面
[0251]	D	盘
[0252]	G1、G2	动压槽
[0253]	G1'、G2'	丘部
[0254]	R1、R2	径向轴承部
[0255]	T1、T2	推力轴承部
[0256]	S	密封空间



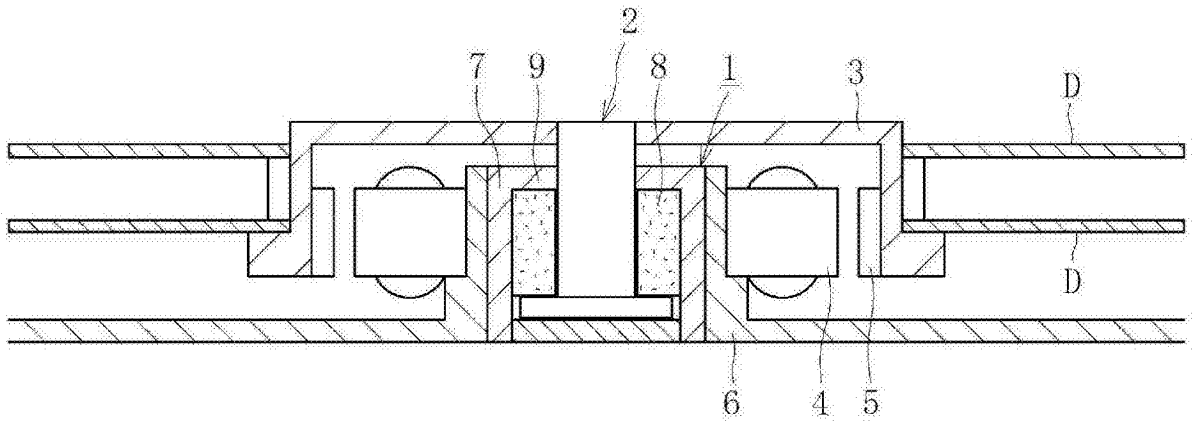


图1



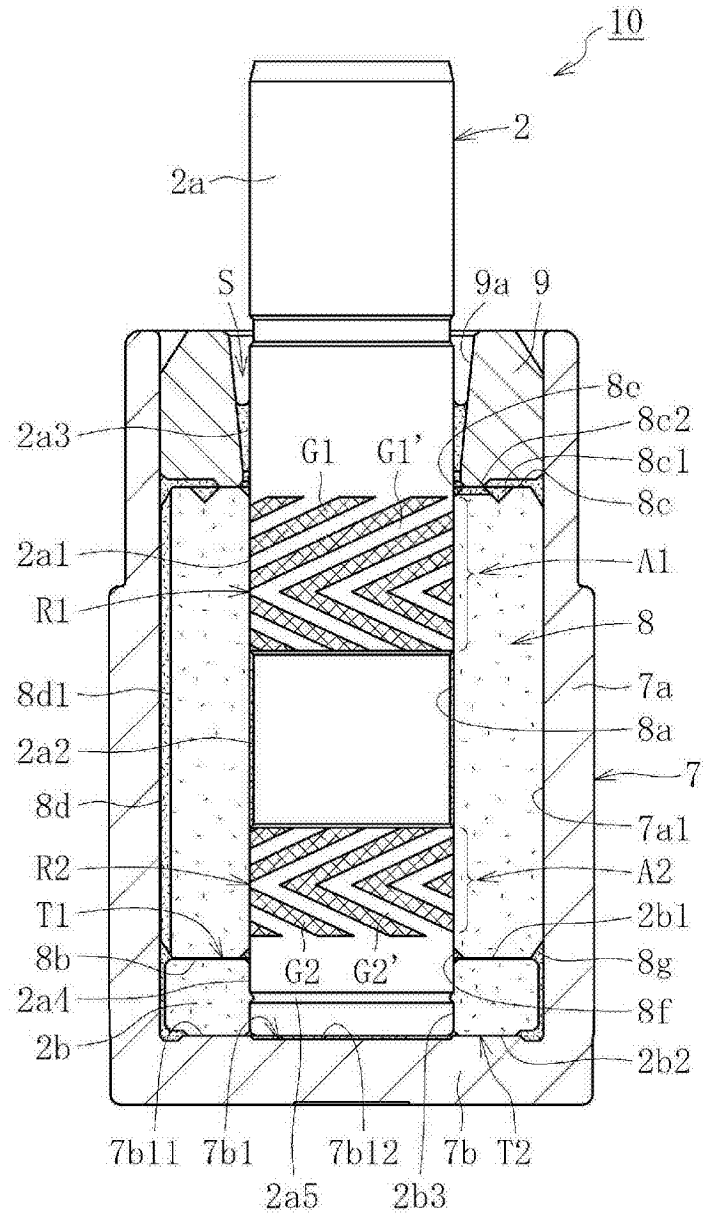


图3

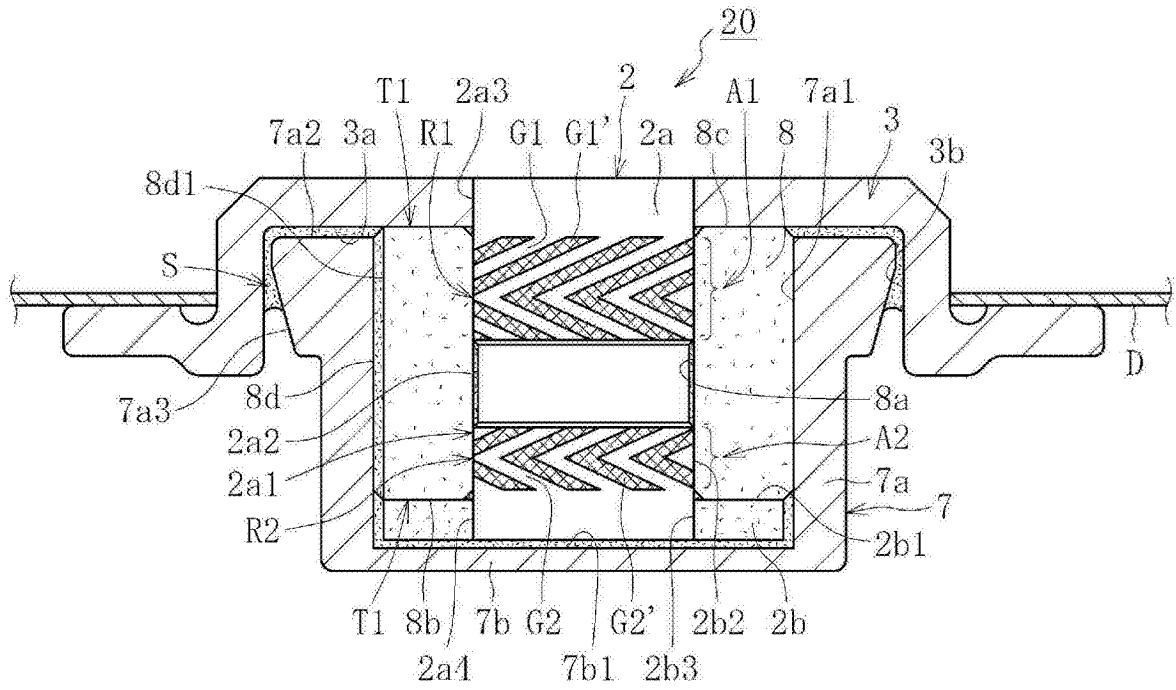


图4

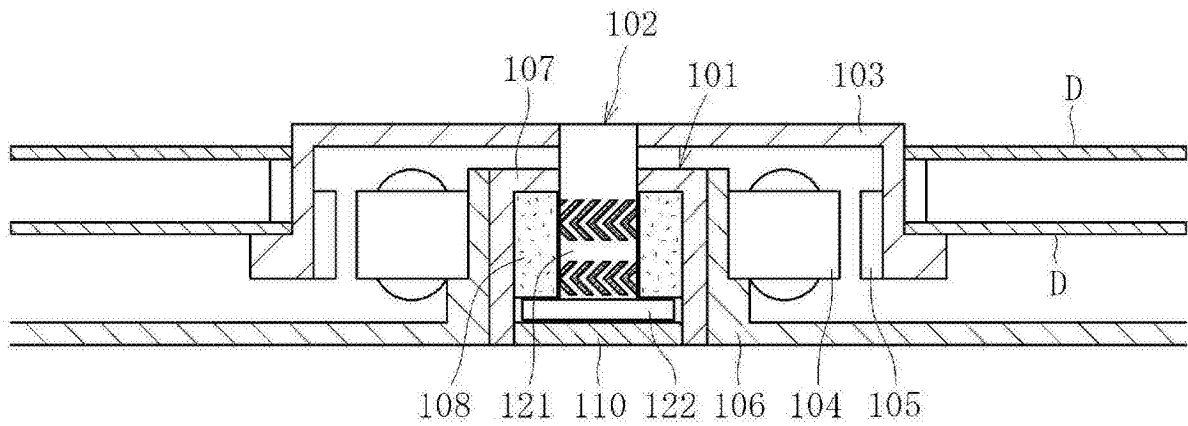


图5



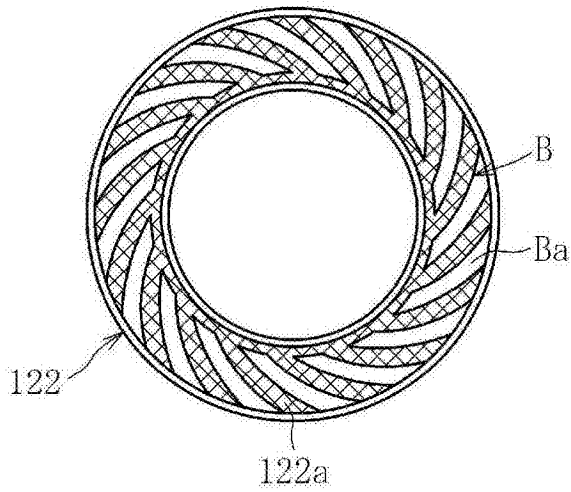


图7a

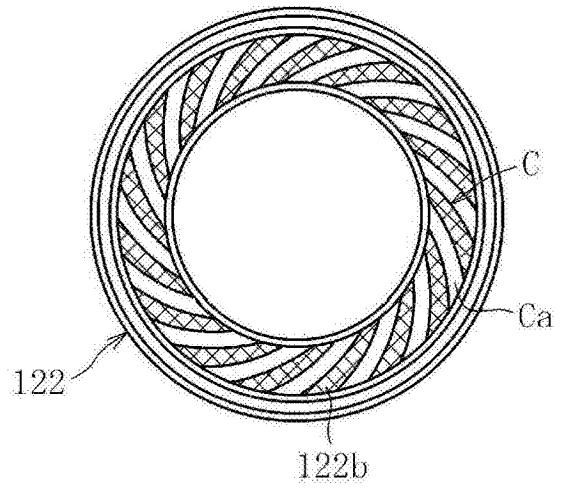


图7b

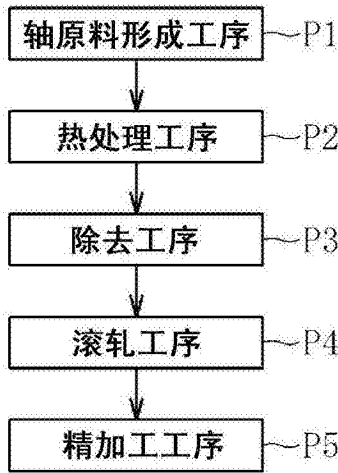


图8

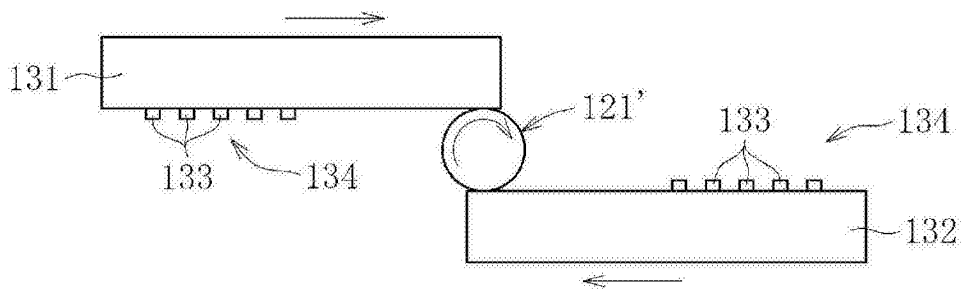


图9a

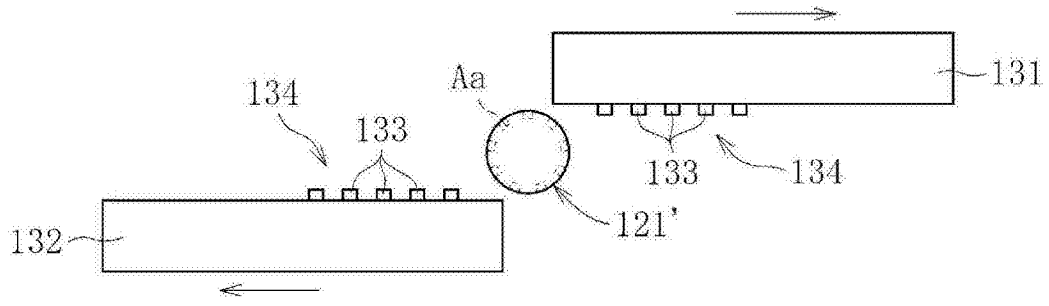


图9b

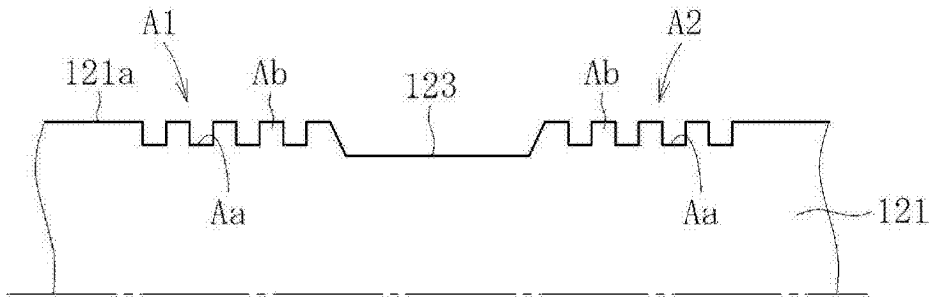


图10

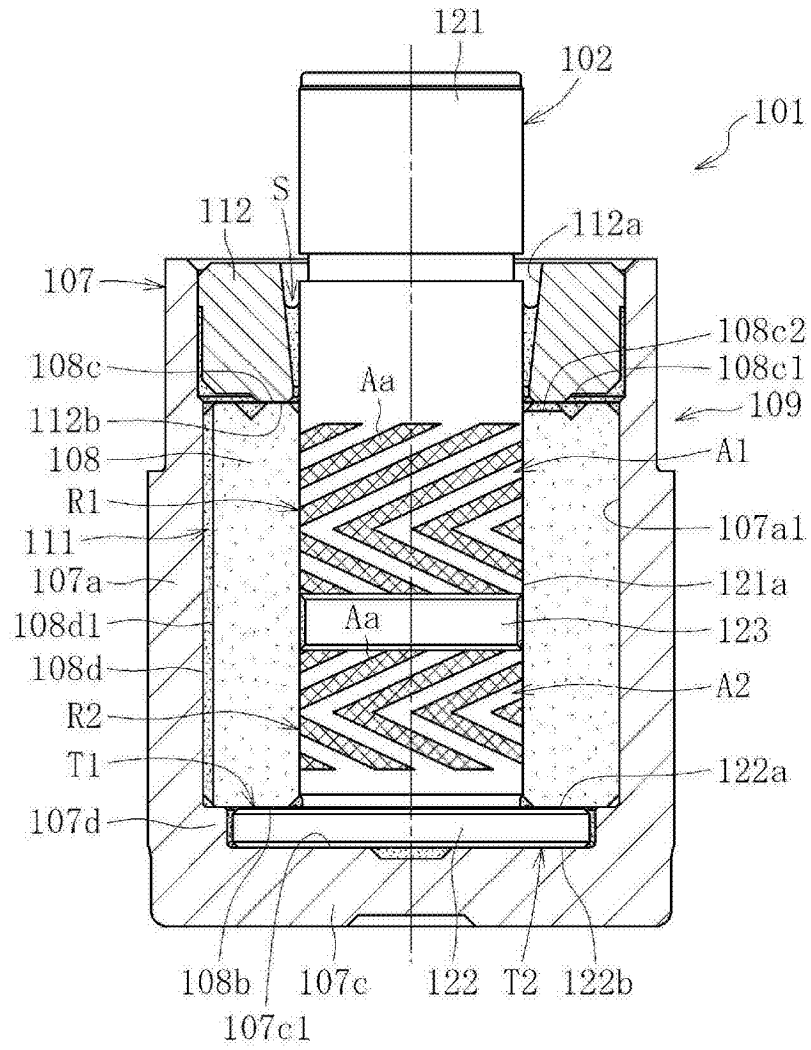


图11



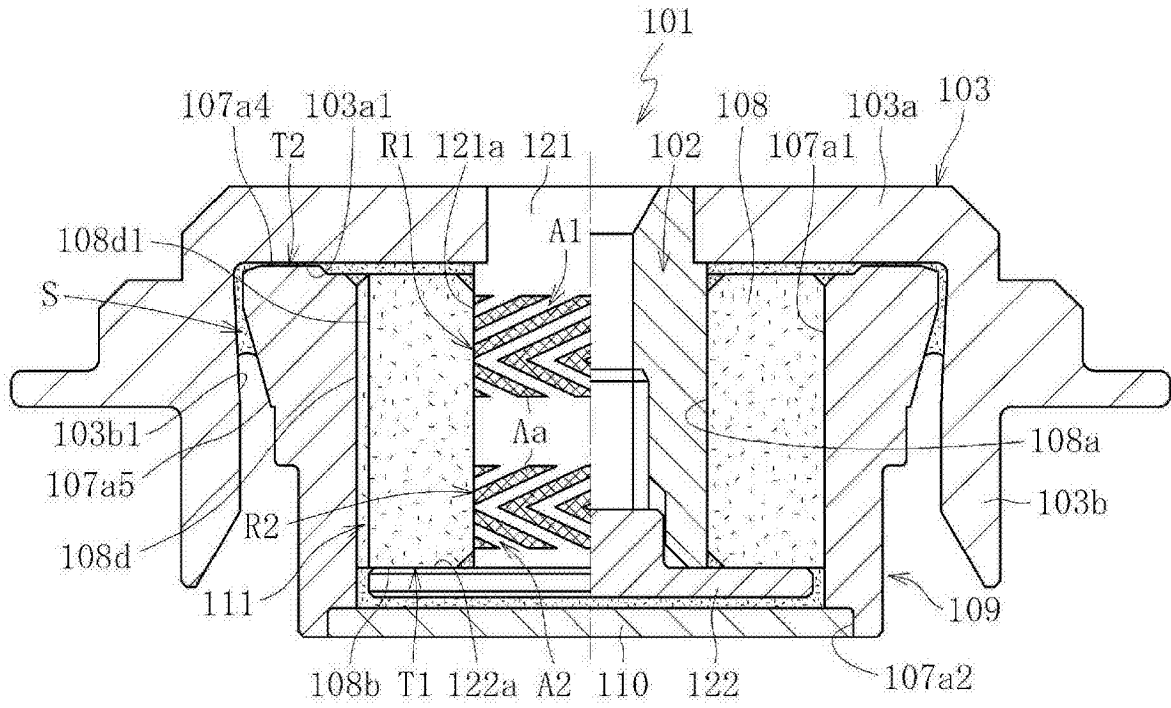


图12



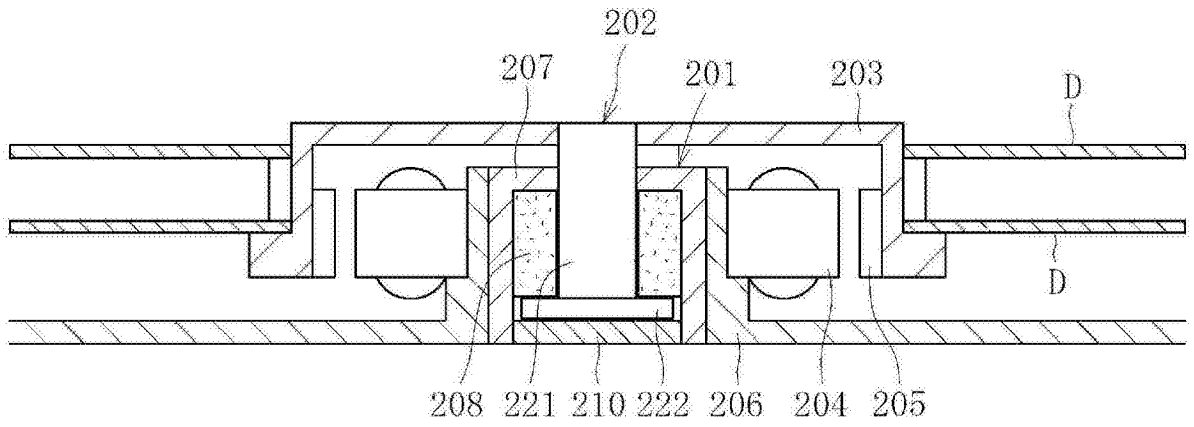


图15



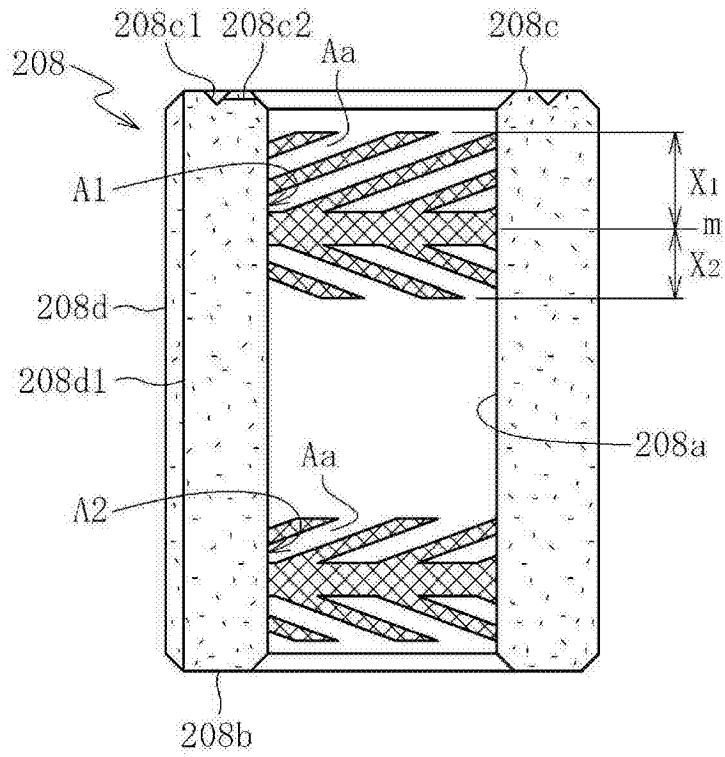


图17

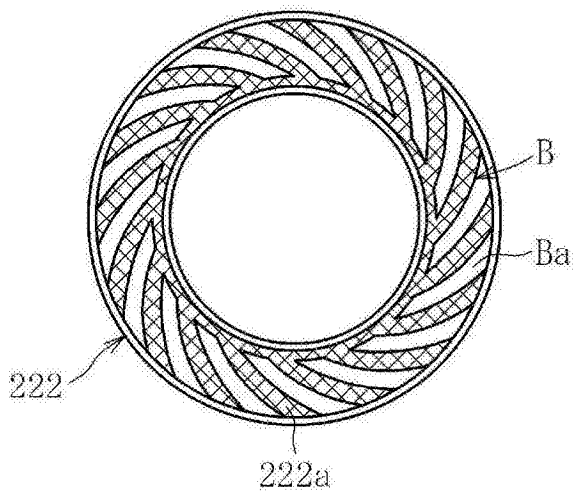


图18a

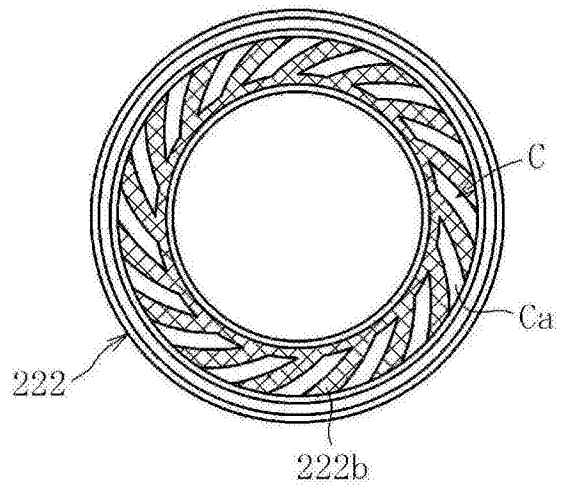


图18b

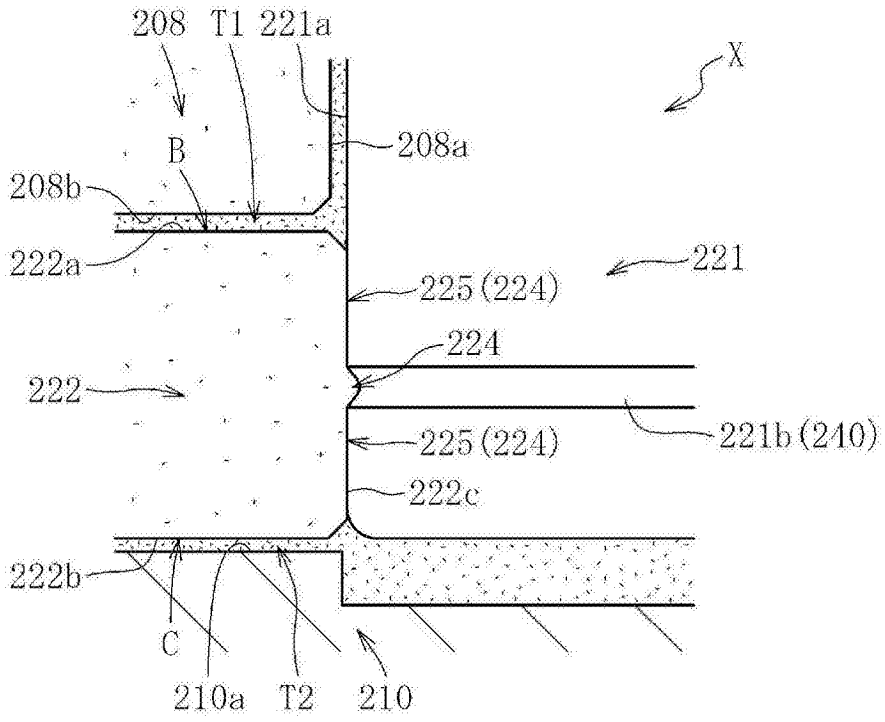


图19

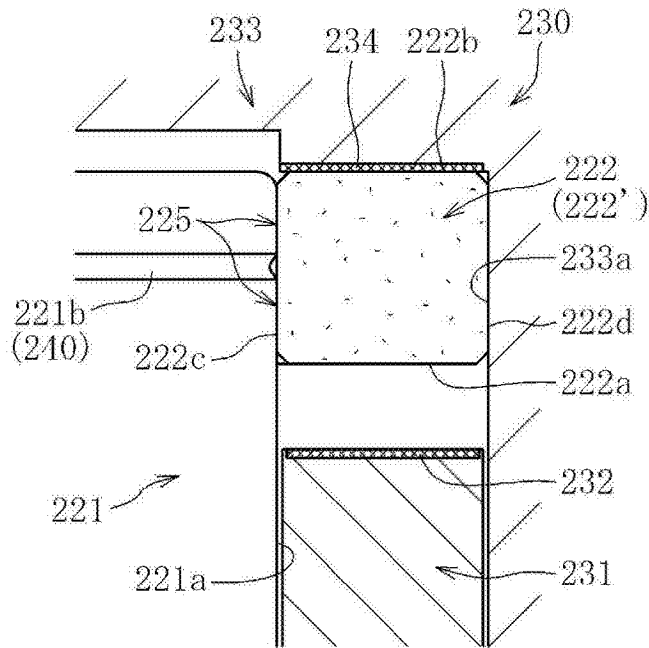


图20a

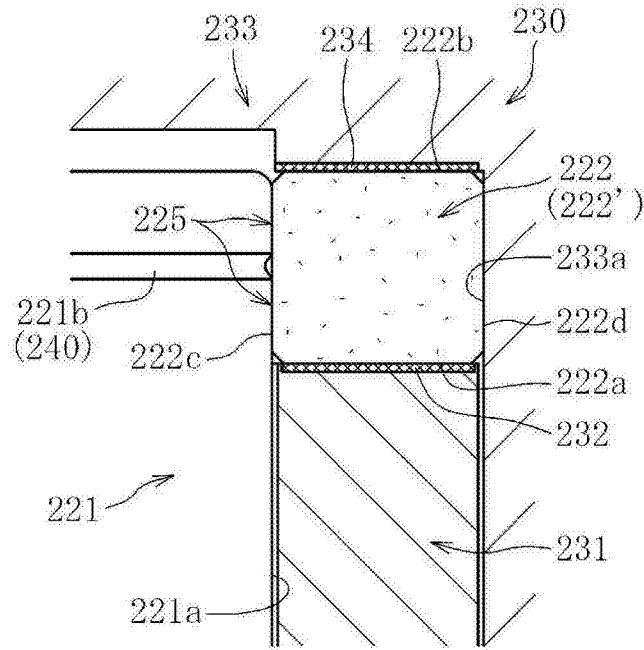


图20b

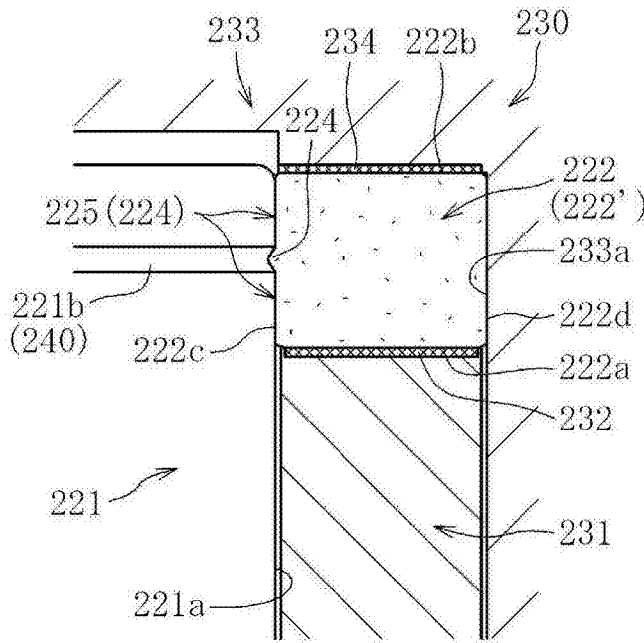


图20c

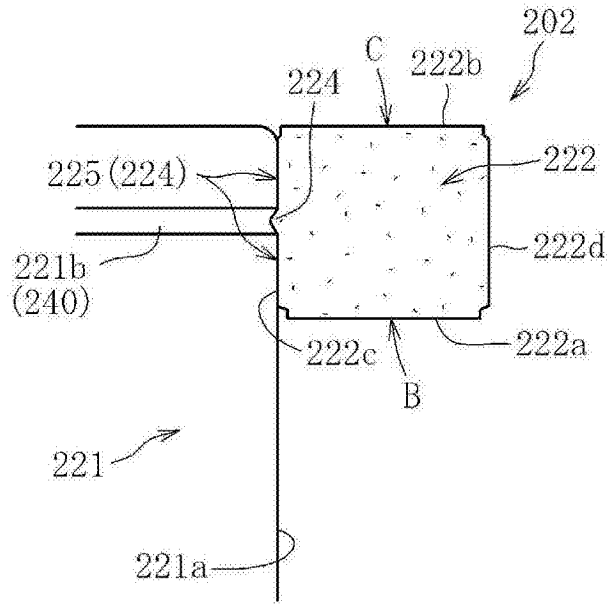


图20d

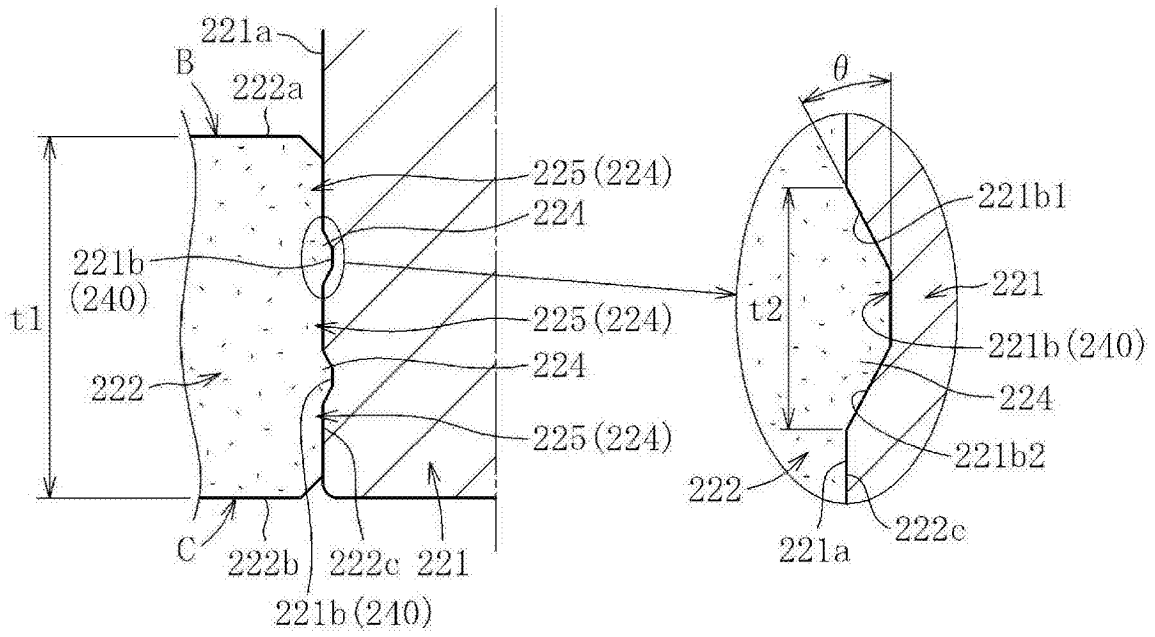


图21



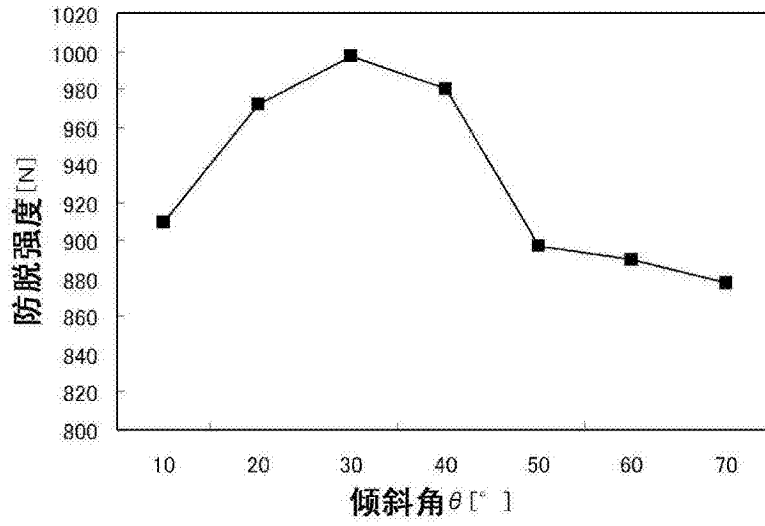


图22

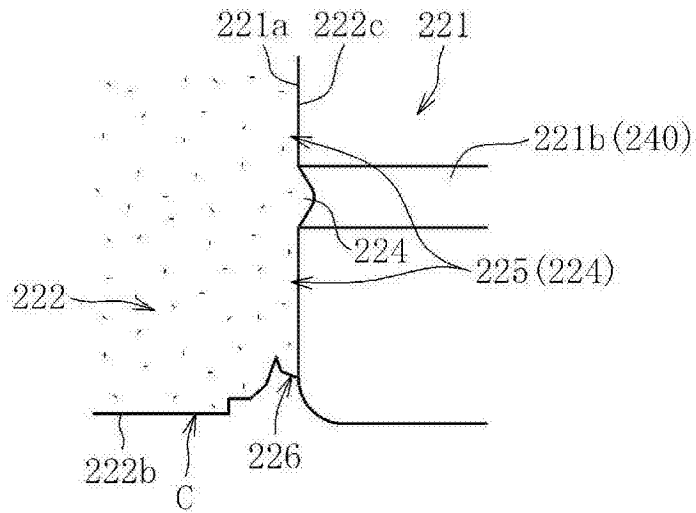


图23

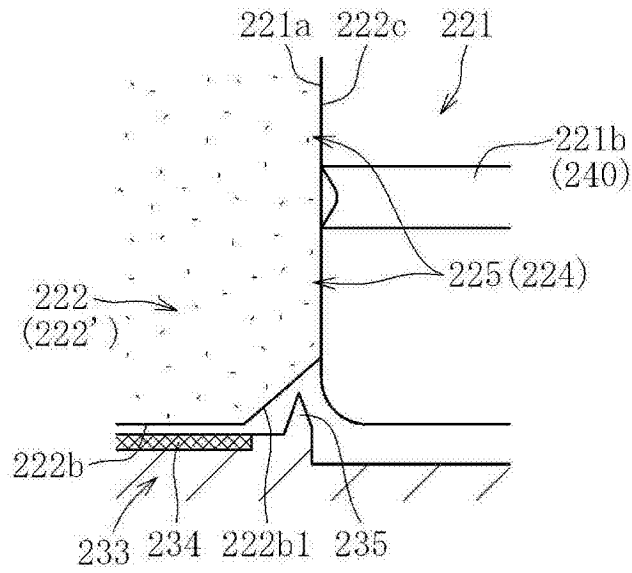


图24a

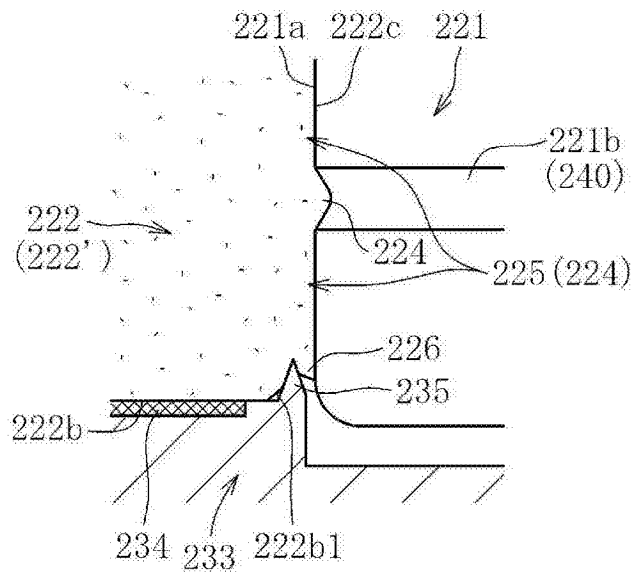


图24b

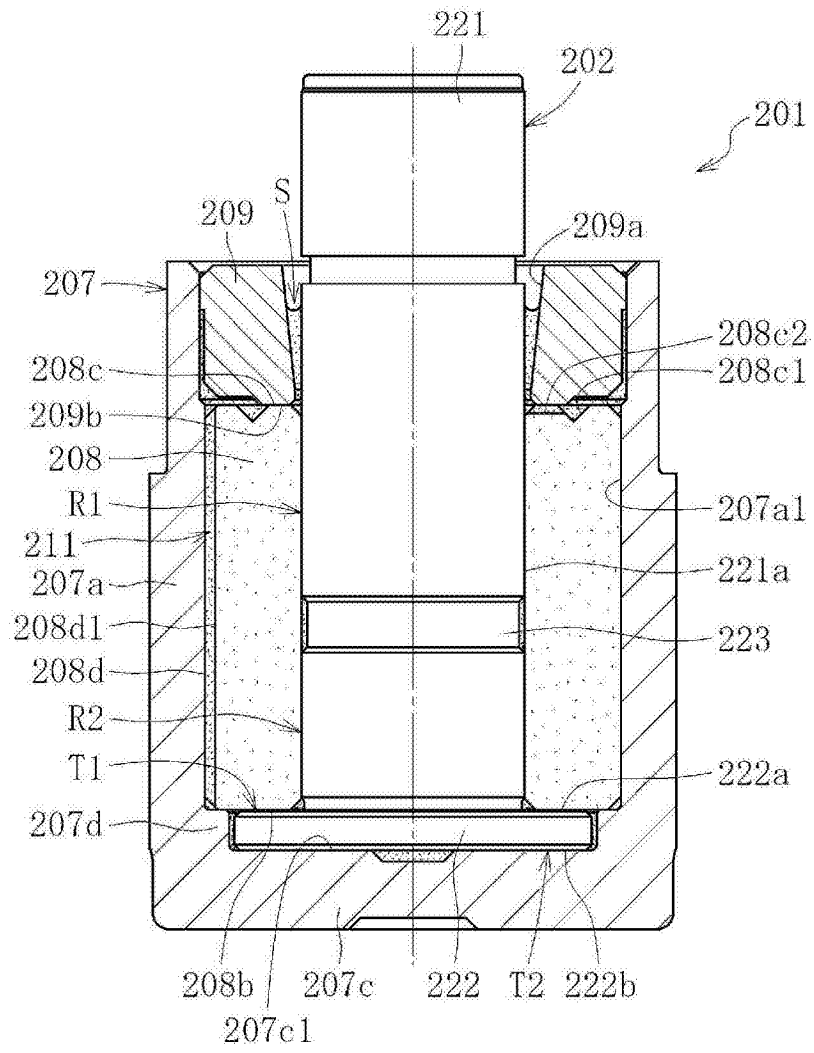


图25

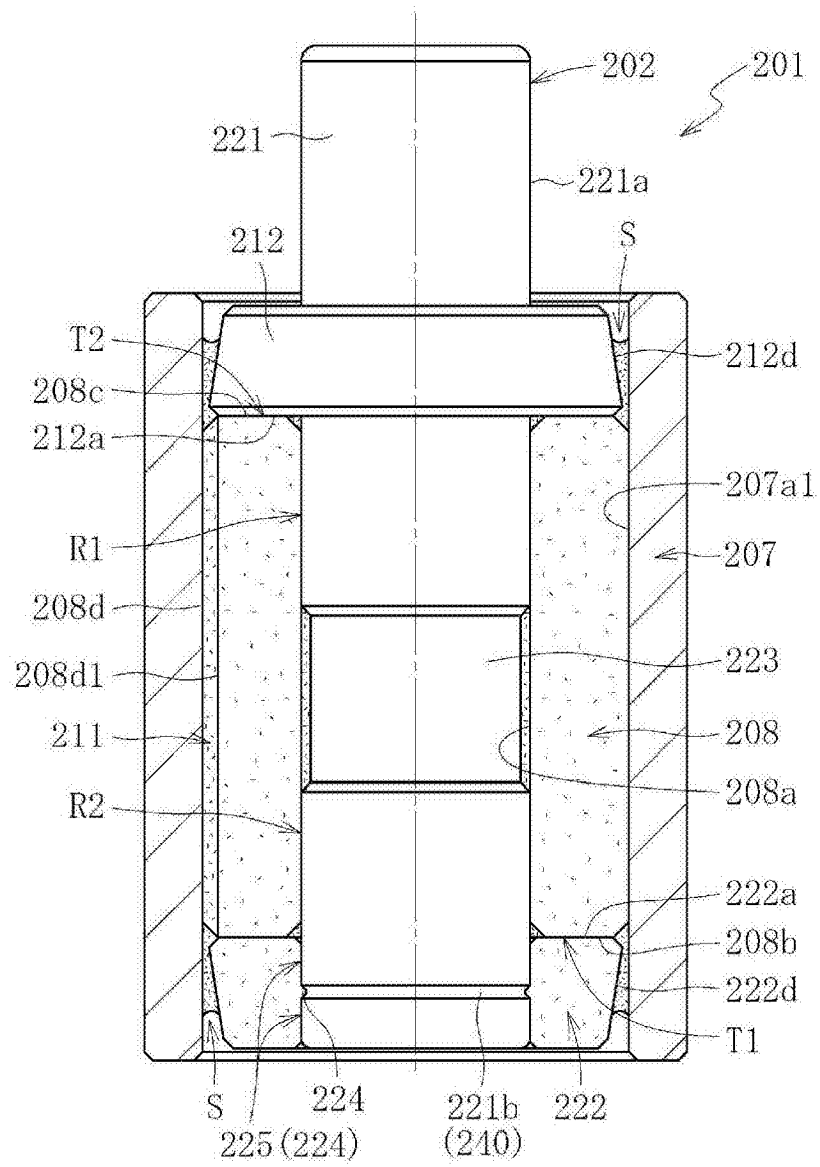


图26

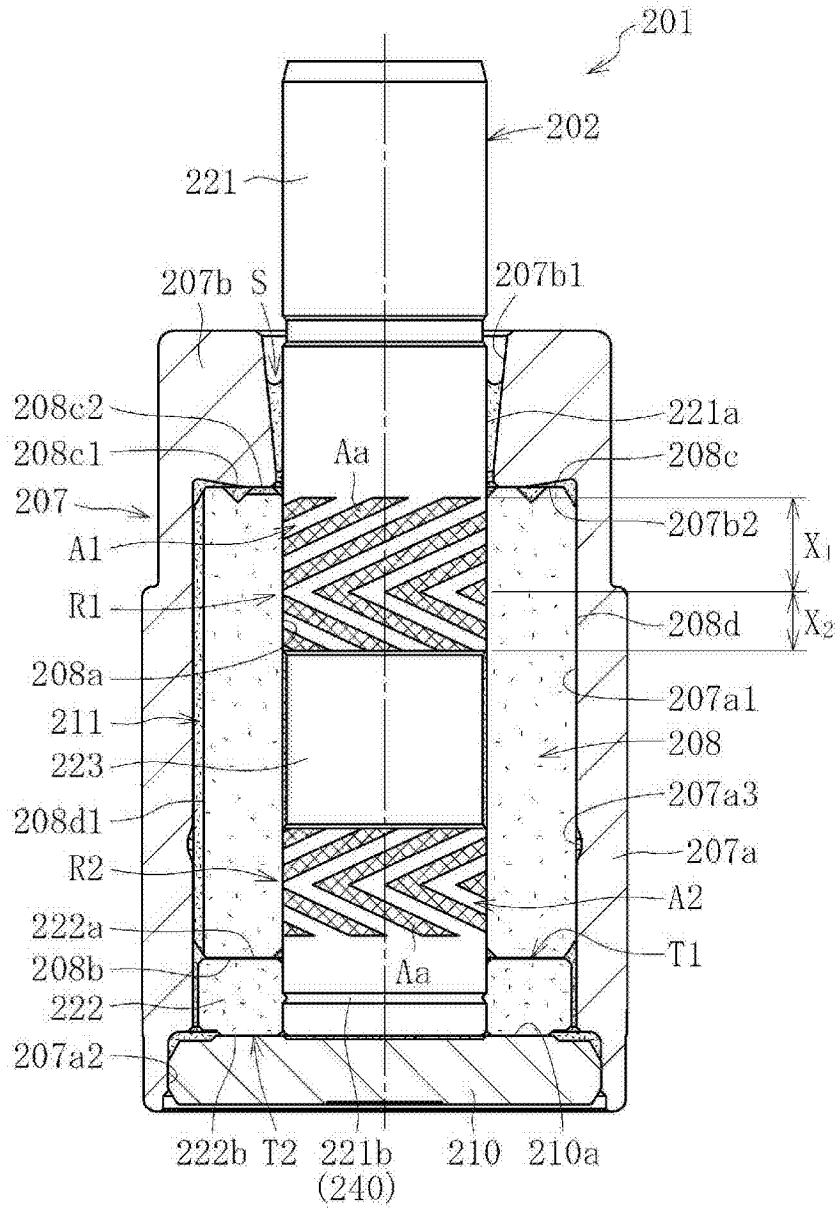


图27

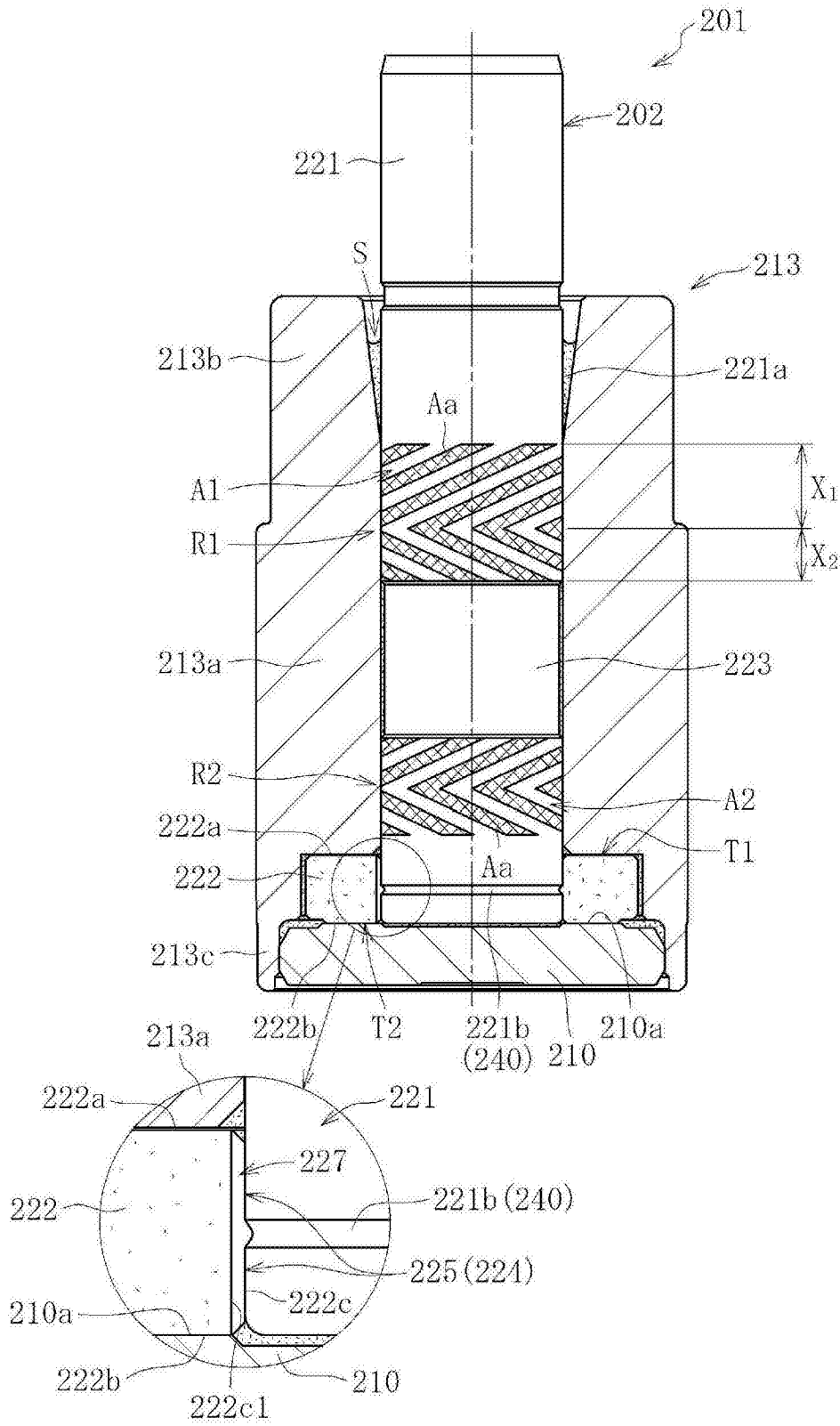


图28

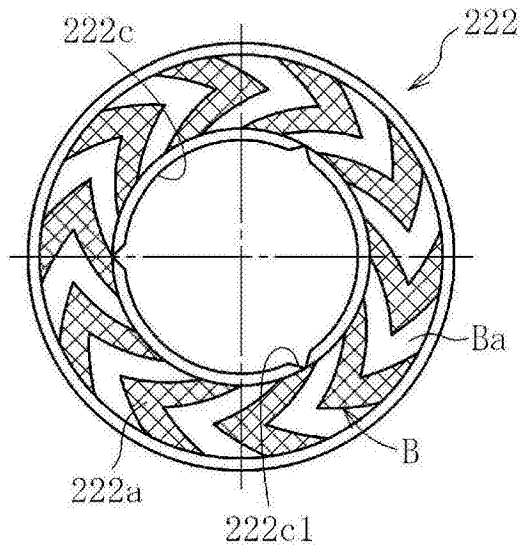


图29a

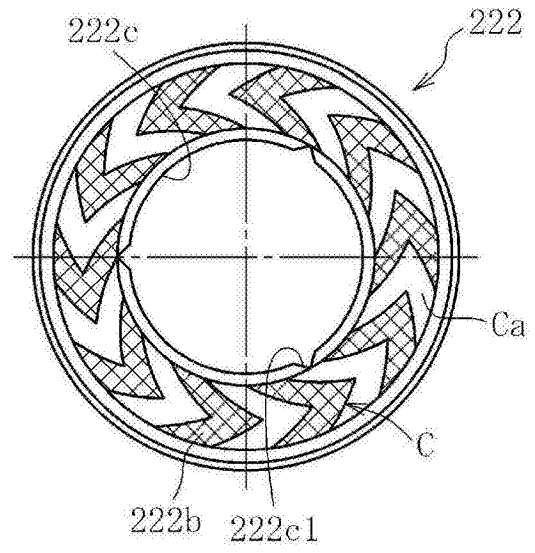


图29b