



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106062395 B

(45)授权公告日 2019.03.29

(21)申请号 201580011204.8

(22)申请日 2015.02.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106062395 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(30)优先权数据
2014-039261 2014.02.28 JP
2014-173221 2014.08.27 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/055696 2015.02.26

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/129823 JA 2015.09.03

(73)专利权人 日本精工株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 小栗翔一郎 胜野美昭

(74)专利代理机构 北京奉思知识产权代理有限公司 11464

代理人 吴立 邹轶蛟

(51)Int.Cl.
F16C 37/00(2006.01)
B23Q 11/12(2006.01)
F16C 19/54(2006.01)

(56)对比文件
JP 61-121802 A, 1986.06.09, 说明书第2页
实施例, 附图1-3.

JP 10-58277 A, 1998.03.03, 说明书第
0012-0030段、附图1-5.

JP 2010-221360 A, 2010.10.07, 全文.
JP 2009-133483 A, 2009.06.18, 全文.
JP 10-225802 A, 1998.08.25, 全文.
JP 61-52725 U, 1986.04.09, 全文.
CN 2464981 Y, 2001.12.12, 全文.
CN 1894515 A, 2007.01.10, 全文.

审查员 郭酡

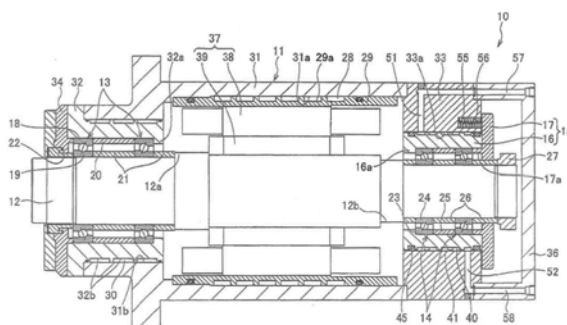
权利要求书1页 说明书8页 附图10页

(54)发明名称

主轴装置

(57)摘要

本发明涉及主轴装置,在互相对置且内嵌自由侧轴承(14)的轴承套筒(16)的外周面与壳体(33)的内周面之间,包括冷却介质能流动的冷却路径(40等),冷却路径(40)包括:形成于轴承套筒(16)的外周面或者壳体(33)的内周面,分别在轴向并列的多个环状槽(41);以及形成于相邻的环状槽(41)间的至少一处,使相邻的环状槽(41)彼此连通的狭缝(42)。由此,本发明有效地抑制来自后侧轴承的发热所导致的温度上升,实现延长的寿命、加工精度的提高。



1. 一种主轴装置, 具有:
壳体;
旋转轴, 其相对于该壳体相对旋转自如;
固定侧轴承, 其内圈外嵌于所述旋转轴的一端侧, 外圈固定于所述壳体;
套筒, 其在所述旋转轴的另一端侧配置在所述壳体内, 能在所述旋转轴的轴向移动; 以及
自由侧轴承, 其内圈外嵌于所述旋转轴的另一端侧, 外圈内嵌于所述套筒,
所述主轴装置的特征在于,
在互相对置的所述套筒的外周面与所述壳体的内周面之间形成有冷却介质能流动的冷却路径,
所述冷却路径被形成在轴向滑动部,
所述冷却路径包括: 多个环状槽, 其形成于所述套筒的外周面或者所述壳体的内周面, 分别在轴向并列; 以及狭缝, 其形成于相邻的所述环状槽间的至少一处, 使相邻的所述环状槽彼此连通。
2. 如权利要求1所述的主轴装置, 其特征在于,
供给所述冷却介质的供给口向位于轴向一端侧的所述环状槽开口, 排出所述冷却介质的排出口向位于轴向另一端侧的所述环状槽开口。
3. 如权利要求1或2所述的主轴装置, 其特征在于,
在所述冷却路径的轴向两侧配设有环状的弹性部件, 所述弹性部件将所述套筒的外周面与所述壳体的内周面之间液密地封闭。
4. 如权利要求1或2所述的主轴装置, 其特征在于,
在所述套筒的外周面的两端缘部、或者所述壳体的内周面的两端缘部形成有倒角部。
5. 如权利要求3所述的主轴装置, 其特征在于,
在所述套筒的外周面的两端缘部、或者所述壳体的内周面的两端缘部形成有倒角部。
6. 如权利要求1或2所述的主轴装置, 其特征在于,
所述环状槽的侧壁面相对于与所述轴向正交的方向倾斜地形成。
7. 如权利要求3所述的主轴装置, 其特征在于,
所述环状槽的侧壁面相对于与所述轴向正交的方向倾斜地形成。
8. 如权利要求4所述的主轴装置, 其特征在于,
所述环状槽的侧壁面相对于与所述轴向正交的方向倾斜地形成。
9. 如权利要求5所述的主轴装置, 其特征在于,
所述环状槽的侧壁面相对于与所述轴向正交的方向倾斜地形成。

主轴装置

技术领域

[0001] 本发明涉及主轴装置,更详细而言,涉及工作母机主轴、高速马达、离心分离机、或者涡轮冷冻机等高速旋转的旋转机械的主轴装置。

背景技术

[0002] 工作母机主轴的高速化得到显著发展,作为使得主轴能够高速化的润滑方法,采用油气润滑、油雾润滑。另外,作为其他润滑方法,从环境保护的观点而言,还重新研究了不会将润滑油排出到外部的油脂润滑,并与使用了在高速旋转下耐烧伤性优良的轻量的陶瓷转动体(例如氮化硅等)的滚动轴承一起被采用。

[0003] 另外,作为高速旋转主轴的驱动方法,与齿轮驱动、带驱动、或者利用联轴器的直接连接驱动相比,在主轴内内置了马达的所谓马达内置主轴占据大势。

[0004] 在这样的构成的高速主轴中,除了来自支承主轴的滚动轴承的发热以外,来自内置的马达(定子和转子)的发热也较大。在工作母机主轴的情况下,主轴的温度上升变高时,会产生热变形且加工精度下降。因此,为了抑制主轴的温度上升,使用从外部向主轴外筒即壳体流过冷却油的方法。由于热膨胀所导致的主轴的变形以成为固定侧的前侧轴承为原点而在轴向产生,因此,很多情况下对固定侧的前侧轴承和马达的定子的外周部进行冷却。

[0005] 例如,作为抑制来自前侧轴承的发热的以往的冷却装置100,如图10所示,在内嵌有对主轴101的前侧进行支承的一对前侧轴承102、103的前轴承座104的外周面设置有圆周方向槽105。而且,使冷却介质在前轴承座104的外周面与其他壳体106的内周面之间循环而冷却前侧轴承102、103。

[0006] 另外,在专利文献1中公开了如下的工作母机中的主轴冷却装置:在配置在前侧轴承与后侧轴承之间的内圈隔圈上设置有冷却介质通路,利用从泵等压送的冷却介质来冷却内圈隔圈。

[0007] 另一方面,成为自由侧轴承的后侧轴承与前侧轴承相比,很多情况下使用尺寸略小的轴承(例如轴承内径尺寸比固定侧轴承的尺寸小 $\phi 10 \sim \phi 30\text{mm}$ 左右的尺寸)。因此,轴承的 d_{mn} 值减小,相应地,温度上升较少。另外,由于后侧轴承是自由侧、及主轴后部的热变形给加工精度带来的影响度与前侧轴承相比较小(例如即使旋转轴相对于非旋转元件在轴向相对膨胀,主轴后侧也会向后方滑动移动,难以体现在安装有刀具的主轴前侧的变位中)等利用,很多情况下在后侧轴承上不附加构造复杂的冷却构造。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本实开平4-133555号公报

发明内容

[0011] 本发明欲解决的问题

[0012] 顺便提及,最近的高速主轴增加了所使用的轴承的 d_{mn} 值超过100万以上、或者150

万、甚至200万以上的类型,与此同时,后侧轴承的dmn值也增加,发热变大。后侧轴承的发热大时,由于轴承的内部温度的上升,因此,润滑油粘度会下降,有可能会因在滚动接触部等处的油膜形成不良而发生烧伤。

[0013] 因此,在图11所示的冷却装置110中,考虑了将周边构造简化,并将后侧轴承冷却。在该情况下,将内嵌有对主轴101后侧进行支承的一对自由侧轴承112、113的套筒114内嵌于后轴承座115,在该后轴承座115的外周面设置有圆周方向槽116。而且,使冷却介质在后轴承座115的外周面与其他壳体117的内周面之间循环,冷却自由侧轴承112、113。

[0014] 然而,在图11所示的构造中,由于冷却部配置在从发热部(轴承112、113)在径向离开的位置,另外,在以间隙配合的套筒114与后轴承座115之间的热传输效率较低,因此存在冷却效率较低这种问题。所以,后轴承座被冷却,但是,套筒未被高效地冷却,有可能后轴承座与套筒之间的间隙变小而发生滑动不良。因此,有可能在前侧轴承(固定侧轴承)和后侧轴承(自由侧轴承)间产生热膨胀所导致的顶压载荷,在轴承上负载过大载荷而轴承发生损伤。或者,发生预压卸掉而成为产生异常噪声、异常振动的主要原因。

[0015] 本发明是鉴于上述问题而完成的,其目的在于提供一种主轴装置,能够有效抑制来自后侧轴承的发热所导致的温度上升,延长后侧轴承的寿命,即延长主轴装置的寿命,并且提高加工精度。

[0016] 用于解决问题的方案

[0017] 本发明的上述目的由下述的构成实现。

[0018] (1) 一种主轴装置,具有:

[0019] 壳体;

[0020] 旋转轴,其相对于该壳体相对旋转自如;

[0021] 固定侧轴承,其内圈外嵌于所述旋转轴的一端侧,外圈固定于所述壳体;

[0022] 套筒,其在旋转轴的另一端侧配置在壳体内,能在旋转轴的轴向移动;以及

[0023] 自由侧轴承,其内圈外嵌于旋转轴的另一端侧,外圈内嵌于套筒,

[0024] 主轴装置的特征在于,

[0025] 在互相对置的套筒的外周面与壳体的内周面之间形成有冷却介质能流动的冷却路径,

[0026] 冷却路径包括:多个环状槽,其形成于套筒的外周面或者壳体的内周面,分别在轴向并列;以及狭缝,其形成于相邻的环状槽间的至少一处,使相邻的环状槽彼此连通。

[0027] (2) 如(1)所述的主轴装置,其特征在于,

[0028] 供给冷却介质的供给口向位于轴向一端侧的环状槽开口,排出冷却介质的排出口向位于轴向另一端侧的环状槽开口。

[0029] (3) 如(1)或(2)所述的主轴装置,其特征在于,

[0030] 在冷却路径的轴向两侧配设有环状的弹性部件,该弹性部件将套筒的外周面与壳体的内周面之间液密地封闭。

[0031] (4) 如(1)~(3)的任一项所述的主轴装置,其特征在于,

[0032] 在套筒的外周面的两端缘部、或者壳体的内周面的两端缘部形成有倒角部。

[0033] (5) 如(1)~(4)的任一项所述的主轴装置,其特征在于,

[0034] 环状槽的侧壁面相对于与轴向正交的方向倾斜地形成。

[0035] 发明效果

[0036] 根据本发明的主轴装置,由于在互相对置的套筒的外周面与壳体的内周面之间形成有冷却介质能流动的冷却路径,冷却路径包括:多个环状槽,其形成于套筒的外周面或者壳体的内周面,分别在轴向并列;以及狭缝,其形成于相邻的环状槽间的至少一处,使相邻的环状槽彼此连通,因此,能将内嵌轴承的套筒直接冷却,能够有效冷却自由侧轴承。由此,轴承的内部温度下降,难以产生因在旋转中的滚动接触部、保持器引导面等处的粘度下降而导致的润滑油膜断裂,防止润滑不良所导致的寿命下降、轴承的烧伤。另外,由于同时冷却壳体与套筒这两个部件,因此,两个部件的径向收缩量均一,滑动部的间隙(壳体与套筒的间隙)不会阻塞,能够防止间隙不足所导致的滑动不良的产生。并且,冷却介质在环状槽内的流动变得顺畅,通过将整个套筒均匀冷却,从而不会产生冷却所导致的变形应变。其结果是,不产生会内嵌的轴承的应变,以较高的精度维持主轴的旋转精度,主轴的加工精度良好。

附图说明

[0037] 图1是本发明所涉及的主轴装置的第1实施方式的剖视图。

[0038] 图2是图1所示的自由侧轴承附近的放大剖视图。

[0039] 图3是用于说明环状槽的、示出套筒的外周面的与图2对应的局部剖视图。

[0040] 图4是环状槽的剖视图。

[0041] 图5A是作为变形例的环状槽的剖视图。

[0042] 图5B是作为变形例的环状槽的剖视图。

[0043] 图5C是作为变形例的环状槽的剖视图。

[0044] 图6是在外周面两端缘部形成有倒角部的套筒的局部剖切侧视图。

[0045] 图7是在环状槽的肩部形成有倒角部的套筒的局部剖切侧视图。

[0046] 图8是本发明所涉及的主轴装置的第2实施方式的自由侧轴承附近的放大剖视图。

[0047] 图9是用于说明环状槽的、示出套筒的外周面的与图8对应的局部剖视图。

[0048] 图10是示出以往的固定侧轴承的构造的剖视图。

[0049] 图11是示出以往的自由侧轴承的构造的剖视图。

[0050] 附图标记说明

[0051] 10: 主轴装置

[0052] 11: 壳体

[0053] 12: 旋转轴

[0054] 13: 固定侧轴承

[0055] 14: 自由侧轴承

[0056] 16: 轴承套筒(套筒)

[0057] 16b: 套筒的外周面

[0058] 18、23: 外圈

[0059] 19、24: 内圈

[0060] 28、30、40、49: 冷却路径

[0061] 31: 壳体主体

- [0062] 32:前轴承座
- [0063] 33:后轴承座(轴承座)
- [0064] 33a:壳体的内周面
- [0065] 41、47:环状槽
- [0066] 42:槽
- [0067] 43:倒角部
- [0068] 45:O形环(弹性部件)
- [0069] 51:供给口
- [0070] 52:排出口

具体实施方式

[0071] 下面,基于附图来详细说明本发明所涉及的主轴装置的各实施方式。

[0072] (第一实施方式)

[0073] 首先,参照图1,说明本发明所涉及的第1实施方式的主轴装置的整体构成。

[0074] 主轴装置10包括:壳体11;旋转轴12,其在在一端(图中左侧)安装未图示的工具,相对于壳体11相对旋转自如;一对固定侧轴承(本实施方式中为有角接触球轴承)13、13,其配设在旋转轴12的前端侧(图中左侧);一对自由侧轴承(本实施方式中为有角接触球轴承)14、14,其配设在旋转轴12的后端侧(图中右侧);以及套筒15,其内插在壳体11中并能在轴向滑动移动。

[0075] 壳体11具有:大致圆筒形的壳体主体31;前轴承座32,其嵌合固定在壳体主体31的前端侧;以及后轴承座33,其嵌合固定在壳体主体31的后端侧。在前轴承座32的前端紧固固定有前盖34,在后轴承座33的后端紧固固定有后盖36。

[0076] 在内嵌在壳体主体31的内周面31a的套筒29上固定有内置马达37的定子38。另外,在旋转轴12的轴向中间部与定子38对置地固定有转子39,利用定子38所产生的旋转磁场带来旋转力,对旋转轴12进行旋转驱动。在套筒29的外周面形成有圆环状的多个槽29a,通过内嵌于壳体主体31从而在与内周面31a之间形成冷却路径28。

[0077] 固定侧轴承13、13的外圈18、18内嵌于前轴承座32,内圈19、19外嵌于旋转轴12,旋转自如地支承旋转轴12的前端侧。固定侧轴承13、13的外圈18、18隔着外圈隔圈20被前轴承座32的台阶部32a与前盖34夹持,在轴向被定位于前轴承座32。内圈19、19隔着内圈隔圈21被旋转轴12的前侧台阶部12a、与拧合在旋转轴12上的螺母22夹持,在轴向被定位于旋转轴12。在前轴承座32的外周面形成有圆环状的多个槽32b,通过内嵌于壳体主体31从而在与壳体主体31的内周面31b之间形成冷却路径30。

[0078] 在后轴承座33的内周面33a嵌合有能在轴向移动的大致圆筒形的轴承套筒16。另外,在轴承套筒16的工具侧相反端面,利用未图示的螺钉安装有从轴承套筒16的外周面向径向外侧延伸的外圈按压件17。此外,轴承套筒16和外圈按压件17构成本发明的套筒15。

[0079] 在后轴承座33上形成有在其工具侧相反端面(图中右侧面)开口的多个弹簧室55,与从轴承套筒16向径向外侧延伸的外圈按压件17的凸缘部分的工具侧端面对置。螺旋弹簧56被收容在弹簧室55中并夹设在外圈按压件17的凸缘部分与弹簧室55之间。螺旋弹簧56对套筒15付与轴向(图中右方)的弹力,由此,对固定侧轴承13、13和自由侧轴承14、14付与定

压预压。

[0080] 自由侧轴承14、14的外圈23、23内嵌于轴承套筒16,内圈24、24外嵌于旋转轴12,旋转自如地支承旋转轴12的后端侧。自由侧轴承14、14的外圈23、23隔着外圈隔圈25被轴承套筒16的台阶部16a和外圈按压件17的圆环状凸部17a夹持,在轴向被定位于轴承套筒16。内圈24、24隔着内圈隔圈26被旋转轴12的后侧台阶部12b、和拧合在旋转轴12上的螺母27夹持,在轴向被定位于旋转轴12。

[0081] 如图2和图3所示,在轴承套筒16的外周面16b在轴向并列形成有多个环状槽41。在相邻的环状槽41间,沿着轴向形成有狭缝42而将相邻的环状槽41彼此连通。优选的是狭缝42的相位以相差 180° 的相位交替配置。通过将轴承套筒16嵌合在后轴承座33的内周面33a,从而环状槽41和狭缝42在互相对置的轴承套筒16的外周面与后轴承座33的内周面33a之间形成冷却路径40。冷却油等冷却介质在该冷却路径40中流动。通过使狭缝42的相位各相差 180° ,从而在环状槽41内的冷却介质的停滞减少,冷却介质的流动变得均匀。此外,狭缝42的相位不限于 180° ,能够以冷却介质顺畅流动的任意相位设置。

[0082] 另外,供给冷却路径40的冷却介质的供给路径57的供给口51被形成为向位于内置马达37最近侧的环状槽41开口,排出冷却介质的排出路径58的排出口52向离内置马达37最远的环状槽41开口,与供给口51以相差 180° 的相位设置。而且,从未图示的泵压送的冷却介质被从供给口51供给并在冷却路径40内流动而进行了冷却后,从排出口52排出。通过从接近内置马达37的环状槽41供给冷却介质,从而能够用更低温的冷却介质来冷却产生热量大的、即温度容易升高的部分,能够进行有效的冷却。另外,通过将供给口51与排出口52配置为 180° 相位,冷却路径40成为对称配置,能够均匀地进行冷却。此外,供给口51与排出口52的相位差能够根据周边元件的配置而任意变更,例如也可以是同相位。

[0083] 另外,在本实施方式中,供给口51和排出口52设置为与狭缝42的相位相差 90° 的相位,但与狭缝42的相位差也能够任意变更,也可以是与狭缝42的相位同相位。

[0084] 另外,在轴承套筒16的外周面16b,在比冷却路径40靠轴向外侧的位置形成有一对环状凹槽44。在环状凹槽44中安装有弹性部件即O形环45,将后轴承座33的内周面33a与轴承套筒16的嵌合部封闭。O形环45的压缩量优选的是在 $0.1\text{mm}\sim 2.0\text{mm}$ 的范围,为了更容易消除轴承套筒16的滑动不良,优选的是在 $0.2\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$ 的范围。另外,轴承套筒16与后轴承座33的配合间隙优选的是使直径尺寸的差、即以后轴承座33的内径—轴承套筒16的外径示出的尺寸为 $5\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 的范围,为了使得容易消除因间隙不足、轴承套筒16的倾斜而导致的滑动不良,优选为 $15\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 的范围。

[0085] 作为O形环45的材料,除了一般的丁腈橡胶、丙烯酸酯橡胶等之外,根据需要选定具有与马达内置主轴的发热对应的耐热性的硅橡胶、各种弹性体、或者具有与冷却介质对应的耐膨胀润湿·性耐油性的氟橡胶等。此外,由于本实施方式的轴承套筒16与后轴承座33的滑动量是将加工载荷所导致的变形、主轴的热性轴向的膨胀释放的程度的变位,因此,充其量不过 $\pm 0.5\text{mm}$ 以下,最多也就是 $\pm 1\text{mm}$ 以下。所以,优选的是大小看起来为安装于可动缸部的活塞环,且选定快速冲击所导致的滑动磨损所导致的密封性下降的问题较小、时效变化(热、初始的过盈嵌合)所导致的耐蠕变特性优异的材料。

[0086] 如图1所示,在主轴装置10包括冷却固定侧轴承13、13的冷却路径30、冷却内置马达37的定子38的冷却路径28、和冷却自由侧轴承14、14的冷却路径40这多个冷却路径的情

况下,作为自由侧轴承14、14的最佳冷却,优选的是冷却装置(未图示)也与其他冷却路径28、30以不同系统设置,与冷却路径40用独立地配设。由此,能够不被其他冷却路径28、30的状况影响地调整冷却介质的温度。

[0087] 但是,在实用上困难的情况下,也可以不使冷却装置独立,而仅使冷却路径40独立。在该情况下,在通往冷却路径40的供给侧配管的某处设置有节流阀,通过控制冷却介质的供给量,从而能够调整最佳的冷却条件。

[0088] 此外,在采用1个路径冷却构成的情况下,如果采用首先使冷却介质通过对具有发热量大的倾向的定子38进行冷却的冷却路径28后,循环到对自由侧轴承14、14进行冷却的冷却路径40这样的路径构成,则能够更有效降低整个主轴装置10的温度。另外,在想要更有效地冷却自由侧轴承14、14的温度的情况下,作为与上述相反的路径构成,使更低温的冷却介质首先循环到冷却路径40即可,能够根据需要来选择。

[0089] 如以上说明的那样,根据本实施方式的主轴装置10,由于在轴承套筒16的外周面16b与后轴承座33的内周面33a之间形成有冷却介质能流动的冷却路径40,冷却路径40包括:多个环状槽41,其形成在轴承套筒16的外周面16b,在轴向分别并列;以及狭缝42,其在相邻的环状槽41间形成至少一处,将相邻的环状槽41彼此连通,因此,能将内嵌自由侧轴承14、14的轴承套筒16直接冷却,能够有效冷却自由侧轴承14、14。由此,自由侧轴承14、14的内部温度下降,难以产生因在旋转中的滚动接触部、保持器引导面等处的粘度下降而导致的润滑油膜断裂,防止润滑不良所导致的寿命下降、自由侧轴承14、14的烧伤。

[0090] 另外,由于同时冷却后轴承座33与轴承套筒16这两个部件,因此,两个部件的径向收缩量均一,滑动部的间隙(后轴承座33与轴承套筒16的间隙)不会阻塞,能够防止间隙不足所导致的滑动不良的产生。并且,冷却介质在环状槽41内的流动变得顺畅,通过将整个轴承套筒16均匀地冷却,从而不会产生冷却所导致的变形应变。其结果是,也不会产生内嵌的自由侧轴承14、14的应变,以较高的精度维持旋转轴12的旋转精度,主轴装置10的加工精度高。

[0091] 另外,由于滑动部始终循环有冷却油,因此还具有的效果是:摩擦系数较小,进一步提高滑动性。也存在如下方法:在滑动部配置有滚珠引导件(滚珠衬套)等,利用滚动作用来提高滑动性,但是,由于刚性下降,会产生振动的发生、主轴的固有振动数的下降等不良。另一方面,在为了提高刚性而将预压间隙(即壳体内径、滚珠、套筒外径间的径向间隙)增大时,反而会产生如下问题:与基于滑行的滑动相比,滑动性变差。

[0092] 另外,即使在由于有时在重切削加工中发生的颤动振动等而在后轴承座33与轴承套筒16间产生了初期的微振磨损粉的情况下,也由于冷却介质会将微磨损粉运出到外部,因此,能够抑制磨损粉成为助剂而微振进一步进展。

[0093] 另外,由于供给冷却介质的供给口51向位于轴向一端侧的环状槽41开口,排出冷却介质的排出口52向位于轴向另一端侧的环状槽41开口,因此,环状槽41内的冷却介质的流动变得顺畅,能够均匀地冷却整个轴承套筒16。由此,维持较高的旋转精度。

[0094] 并且,在冷却路径40的轴向两侧配置有将轴承套筒16的外周面16b与后轴承座33的内周面33a之间液密地密封的O形环45,因此,防止冷却介质的泄漏,并且,利用O形环45的弹性使主轴装置10的衰减特性提高,特别有助于给难切削材料的加工特性带来影响的动刚性提高。另外,还加上流过滑动部的冷却介质的阻尼效应所带来的衰减作用。

[0095] 此外,在上述实施方式中,环状槽41如图4所示,由底面41a和侧壁面41b形成矩形的截面形状。该矩形截面形状的环状槽41的槽宽度B和深度T的大小能够适当选择。

[0096] $B > T$ 时,由于环状槽41的径向深度较浅,确保轴承套筒16的径向厚度,因此,能够增大套筒刚性。这样的形状适用于重视套筒的加工精度提高的情况、提高主轴刚性的情况等。另外, $B < T$ 时,由于环状槽41的径向深度较深,因此,环状槽41形成得接近轴承,能够更有效地冷却轴承附近,能够提高冷却效率。这样的形状适用于重视主轴的冷却特性提高的情况。 $B = T$ 时,能够使上述的效果平衡性良好地并存。

[0097] 另外,环状槽41的截面形状除了矩形以外,也可以是图5A~图5C所示的各种形状。例如,如图5A和图5B所示,环状槽41的侧壁面41b可以相对于与轴向正交的方向、即半径方向倾斜地形成。

[0098] 具体而言,图5A所示的轴承套筒16的环状槽41为槽宽度B朝向轴承套筒16的外周面16b而逐渐增大的梯形槽。即,在梯形的环状槽41中,由于环状槽41的截面形状的底面41a与侧壁面41b所成的角度是钝角(θ_1),因此不会与后轴承座33的内周面33a干涉,滑动性提高。另外,图5B所示的轴承套筒16的环状槽41为槽宽度B朝向轴承套筒16的外周面16b而逐渐减小的、所谓的燕尾槽。即,在燕尾槽的环状槽41中,由于环状槽41的截面形状的底面41a与侧壁面41b所成的角度是锐角(θ_2),因此接近发热源、即自由侧轴承14、14的部分的表面积较大,能够将自由侧轴承14、14的热量有效地传递到冷却介质,冷却性能提高。

[0099] 另外,由于图5C所示的轴承套筒16的环状槽41为曲率半径R的截面半圆形,因此,能够用圆形的车刀来加工,加工时刀具的磨损较少,能够提高加工性。

[0100] 另外,在轴承套筒16的外周面16b的两端缘部,也可以如图6所示形成有倒角部43。倒角部43相对于外周面16b的角度 θ_3 为 $3 \sim 45^\circ$,更优选为 $3 \sim 30^\circ$ 。由此,即使轴承套筒16在后轴承座33内倾斜,也能防止与后轴承座33的内周面33a干涉,确保滑动性。

[0101] 另外,如图7所示,如果除了轴承套筒16的两端缘部的倒角部43外,还在环状槽41的肩部形成倒角部46,则能进一步防止与后轴承座33的内周面33a干涉,维持滑动性。环状槽41的肩部的倒角角度 θ_4 为 $3 \sim 45^\circ$,更优选为 $3 \sim 30^\circ$ 。

[0102] (第二实施方式)

[0103] 接下来,参照图8和图9来说明本发明所涉及的主轴装置的第2实施方式。此外,由于本实施方式的主轴装置除了环状槽设置在后轴承座的内周面以外,与第1实施方式相同,因此,对于与第1实施方式相同或者等同的部分在附图中标注相同的附图标记,省略或者简化其说明。另外,仅图示并说明自由侧轴承附近。

[0104] 如图8和图9所示,在后轴承座33的内周面33a,在轴向并列形成有多个环状槽47。在相邻的环状槽47间,沿轴向形成有狭缝48而将相邻的环状槽47彼此连通。优选的是狭缝48的相位以相差 180° 的相位交替配置。通过将轴承套筒16嵌合在后轴承座33的内周面33a,从而环状槽47和狭缝48在与轴承套筒16的外周面16b之间形成冷却介质流动的冷却路径49。

[0105] 此外,供给口51和排出口52设置为与任意的狭缝42为同相位,但本实施方式中,也可以任意设定与狭缝42的相位差。

[0106] 另外,在后轴承座33的内周面33a,在与冷却路径49相比靠轴向外侧的位置形成有一对环状凹槽50。在环状凹槽50中安装有弹性部件即O形环45,将后轴承座33的内周面33a

与轴承套筒16的嵌合部封闭。

[0107] 所以,在本实施方式的主轴装置10中,在轴承套筒16的外周面16b与后轴承座33的内周面33a之间形成有冷却介质能流动的冷却路径49。冷却路径49包括:多个环状槽47,其形成于后轴承座33的内周面33a,分别在轴向并列;以及狭缝48,其形成于相邻的环状槽47间的至少一处,使相邻的环状槽47彼此连通。因此,能够取得与上述第1实施方式同样的效果。

[0108] 关于其他构成和作用效果,也与上述第1实施方式同样。

[0109] 此外,在本实施方式中,环状槽47的截面形状、后轴承座33的内周面33a的两端缘部的形状能够同样适用与第1实施方式的环状槽41的截面形状、轴承套筒16的外周面16b的两端缘部的形状。

[0110] 即,也可以在后轴承座33的内周面33a的两端缘部形成有倒角部,另外,多个环状槽47的侧壁面也可以相对于与轴向正交的方向倾斜地形成。

[0111] 此外,本发明不限于上述的各实施方式,能够适当进行变形、改良等。

[0112] 例如,在上述实施方式中,说明了利用定压预压在固定侧轴承与自由侧轴承间付与预压的主轴装置,但不限于此,也能够适用于在固定侧轴承和自由侧轴承上分别进行定位预压的主轴装置,能得到同样的效果。因此,作为自由侧轴承,不限于有角接触球轴承,也可以适用圆柱滚子轴承等其他滚动轴承。

[0113] 本申请基于2014年2月28日申请的日本专利申请(日本特愿2014-39261)和2014年8月27日申请的日本专利申请(日本特愿2014-173221),其内容作为参照并入本文。

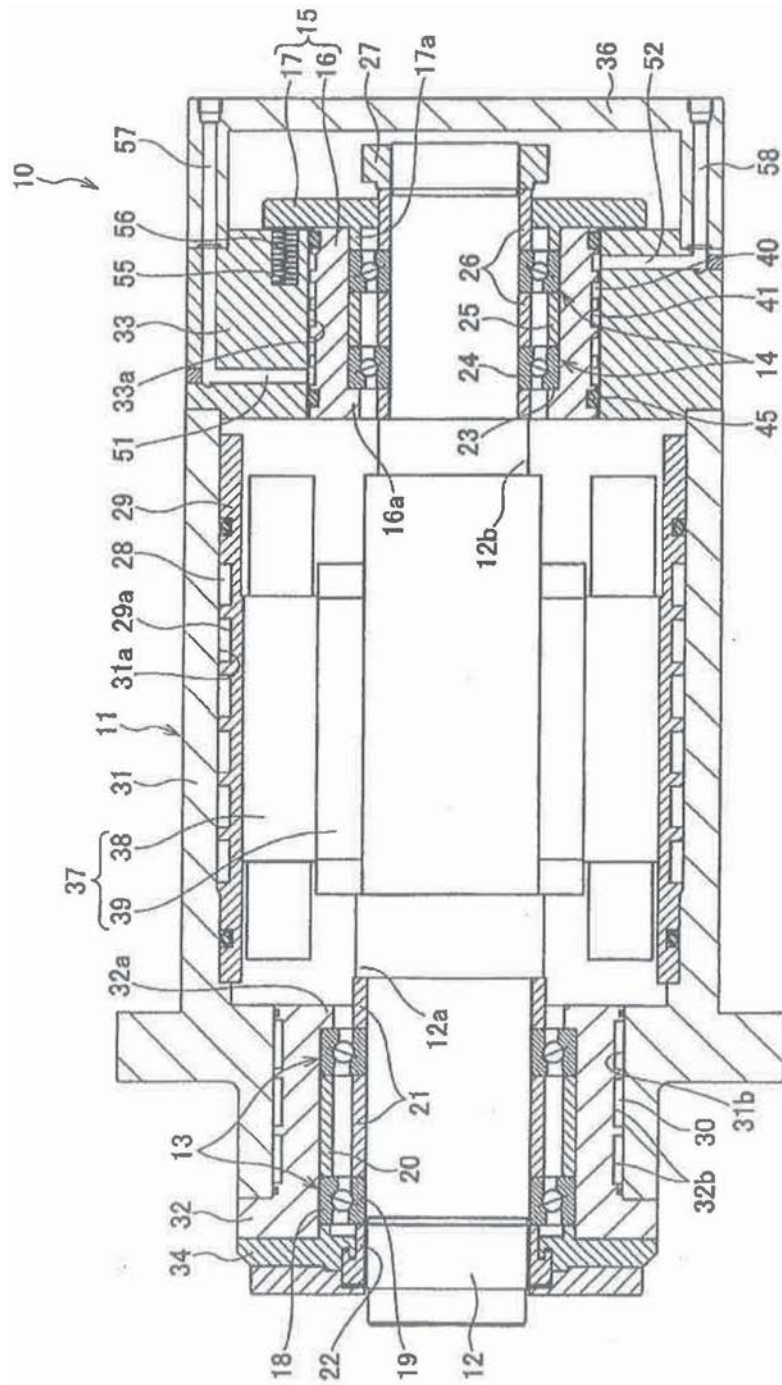


图1

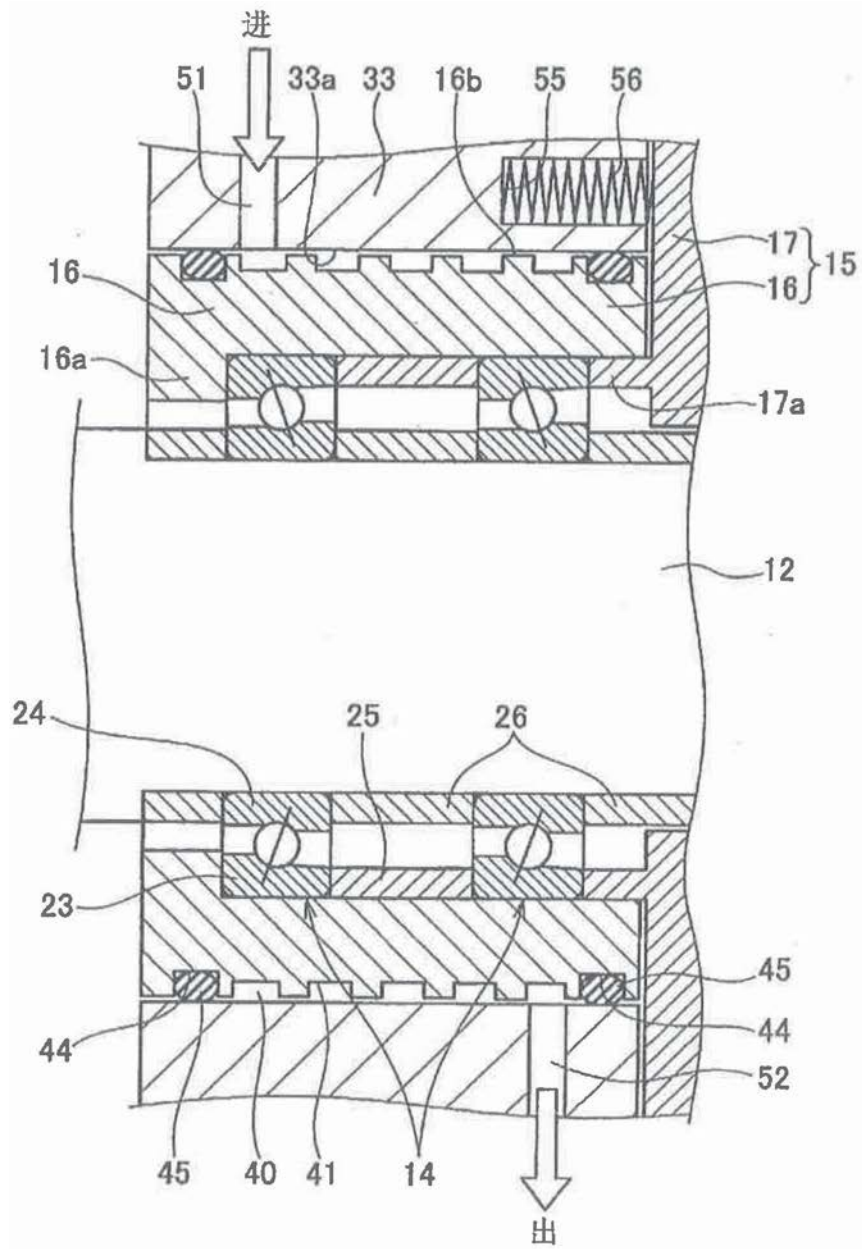


图2

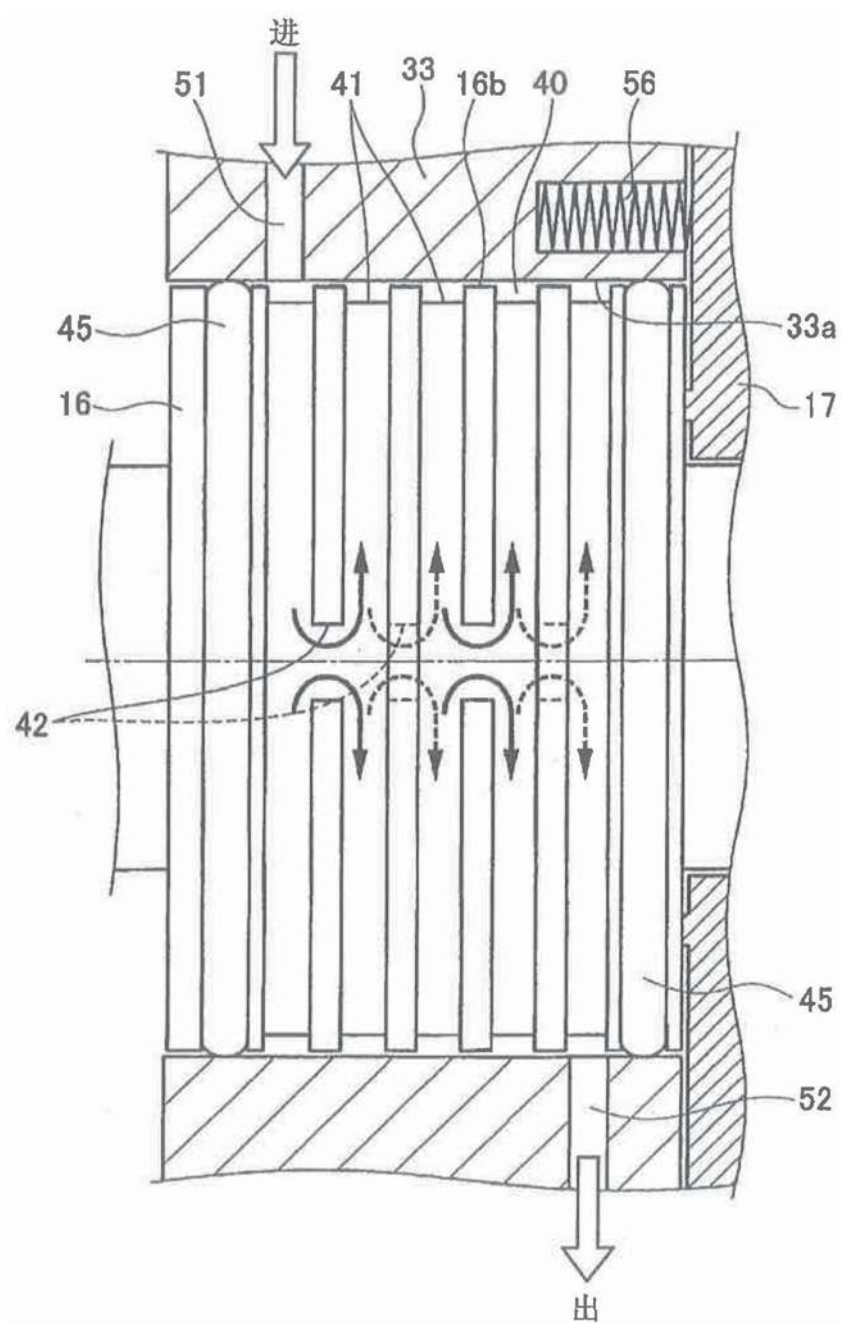


图3

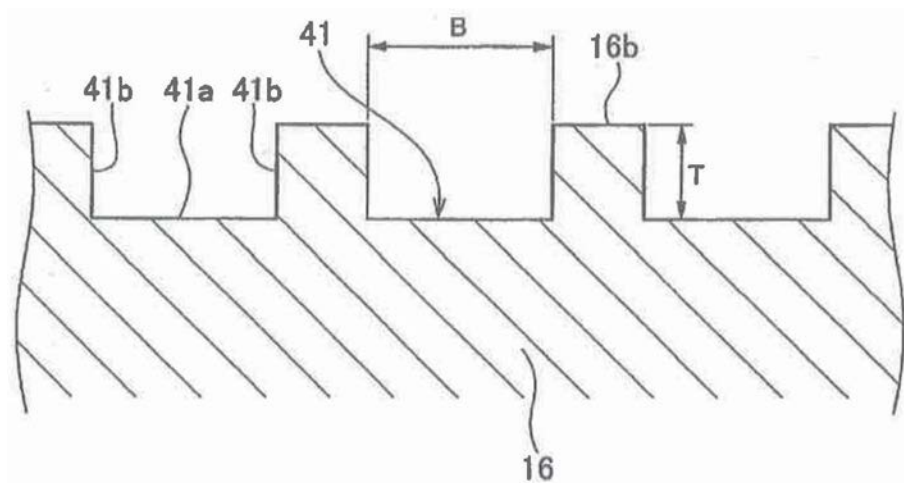


图4

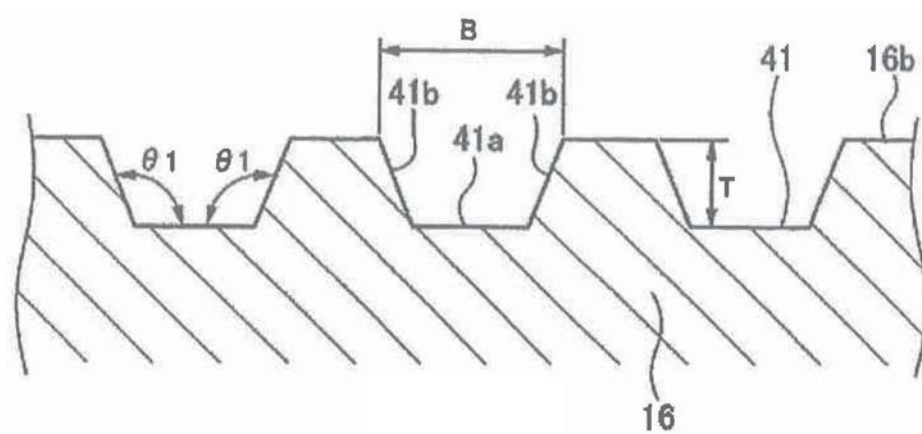


图5A

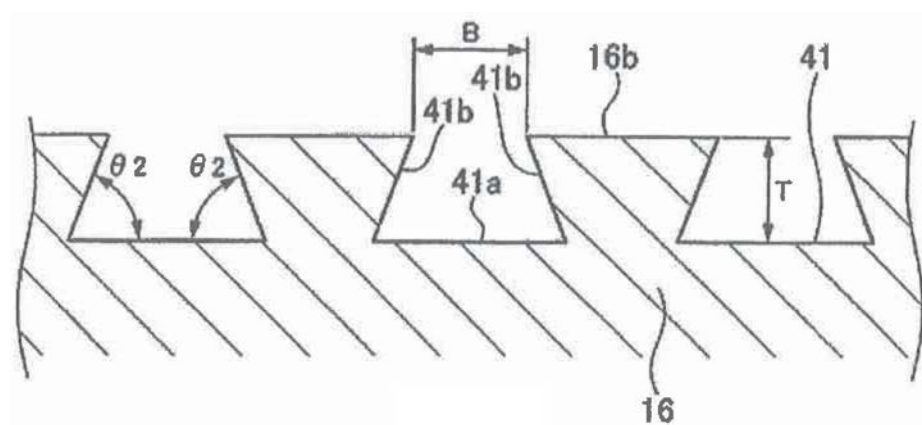


图5B

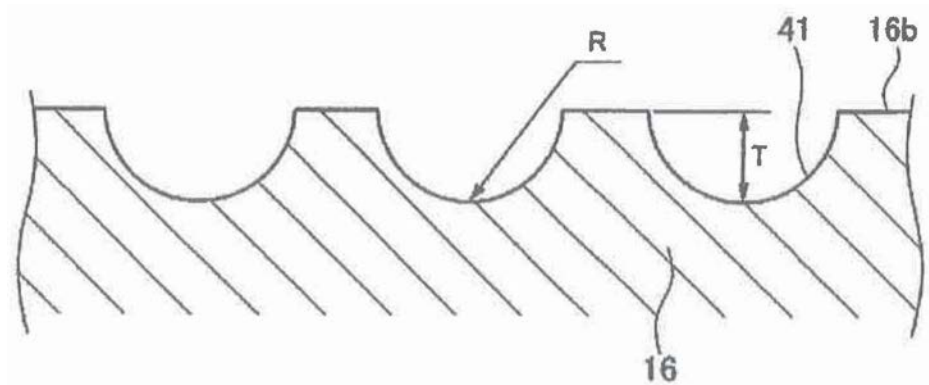


图5C

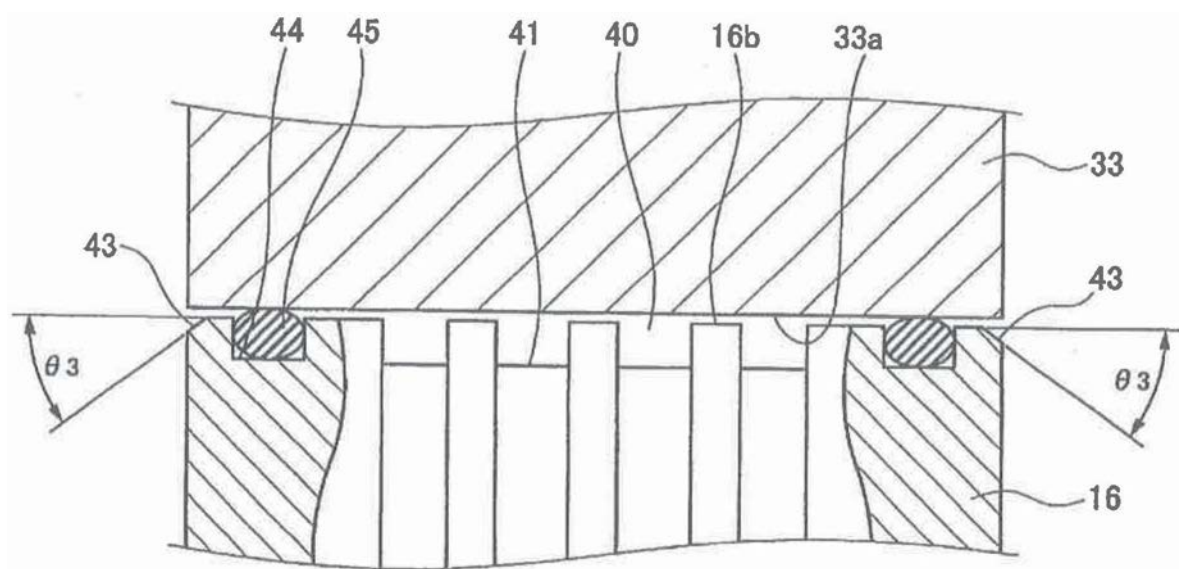


图6

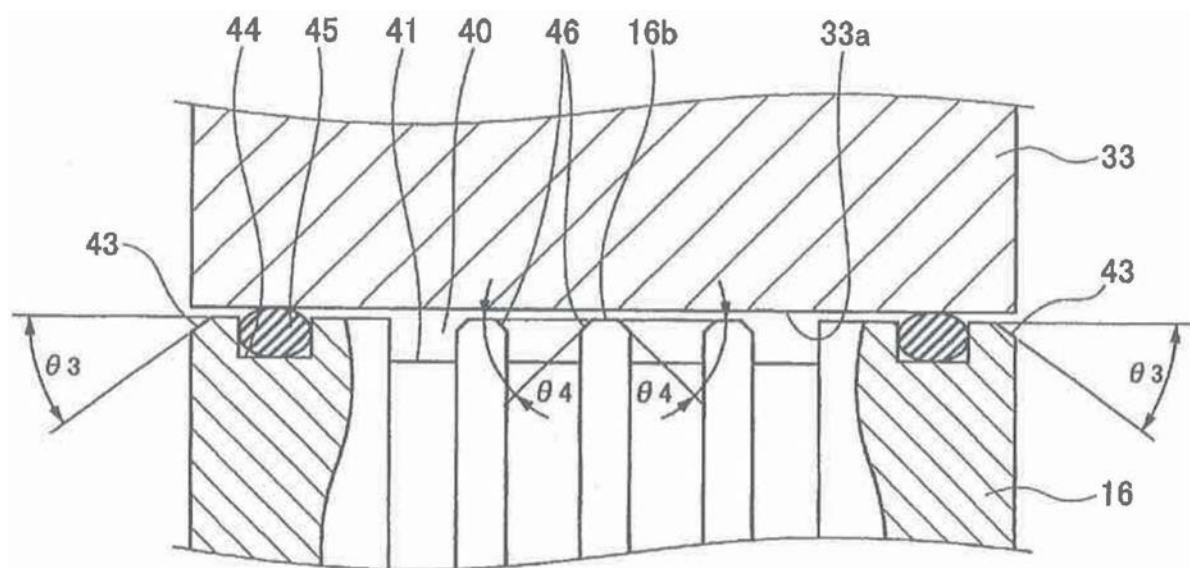


图7

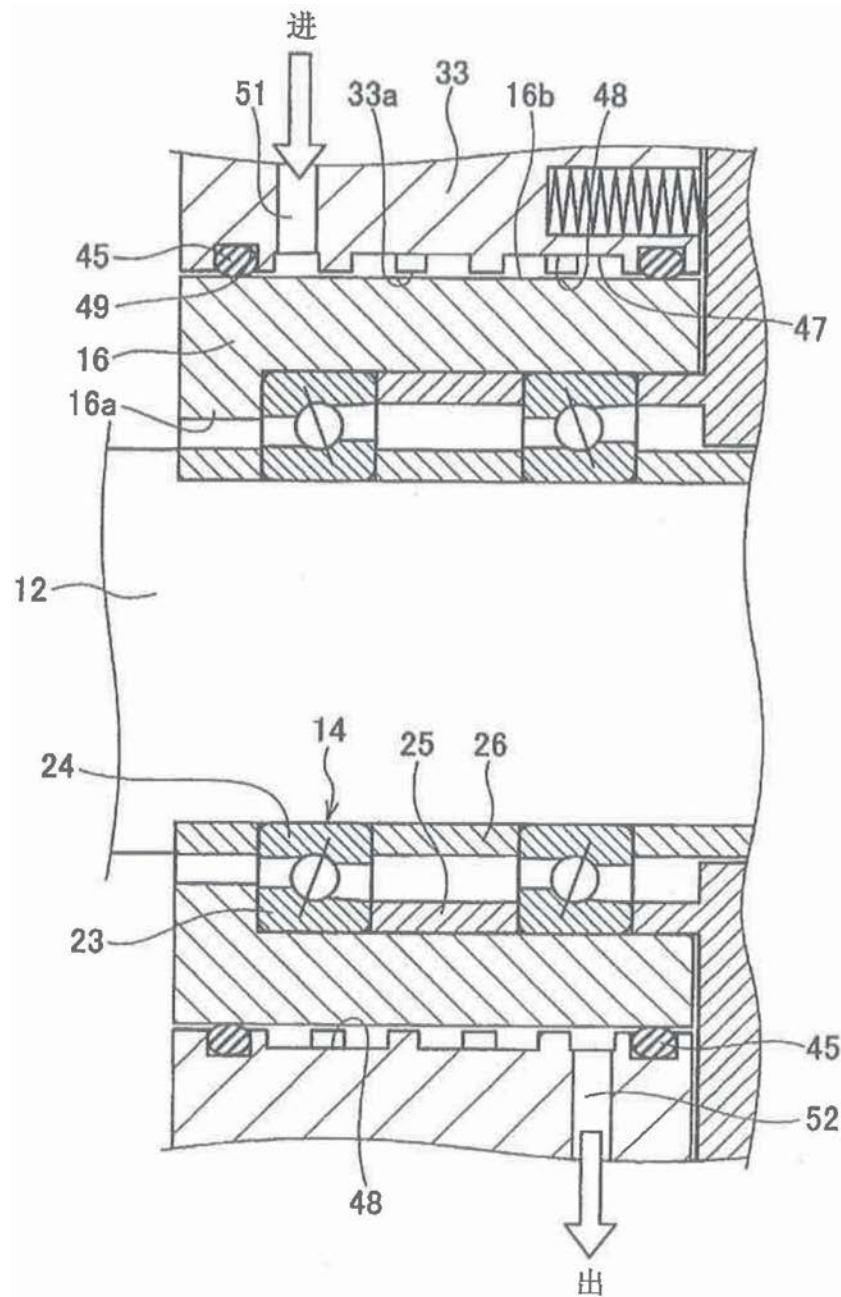


图8

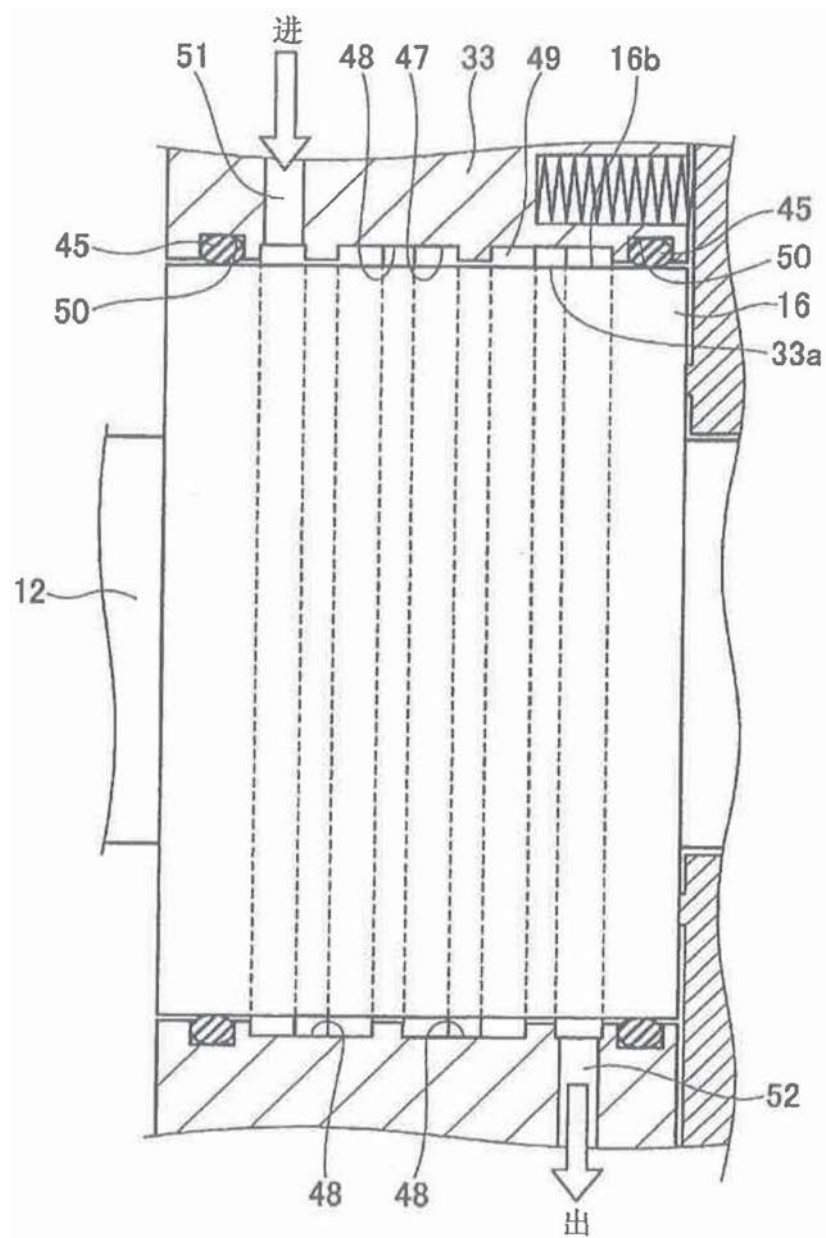


图9

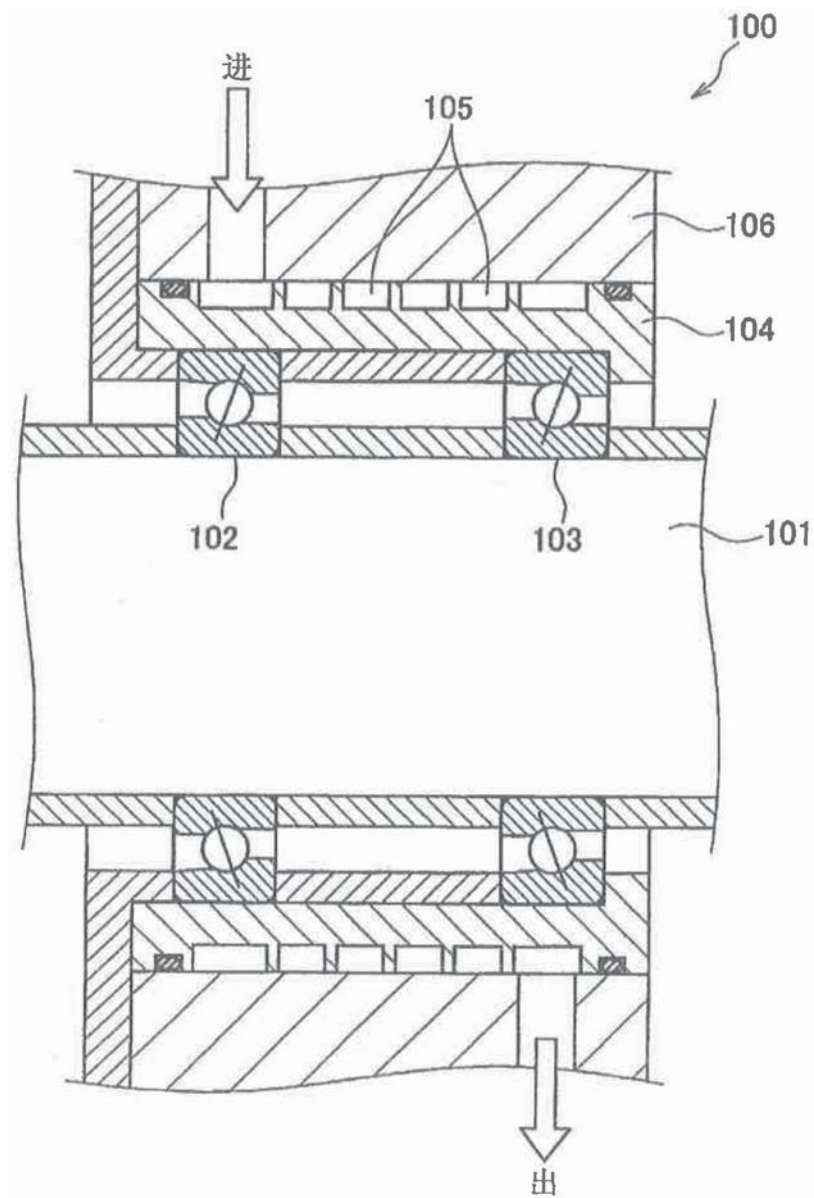


图10

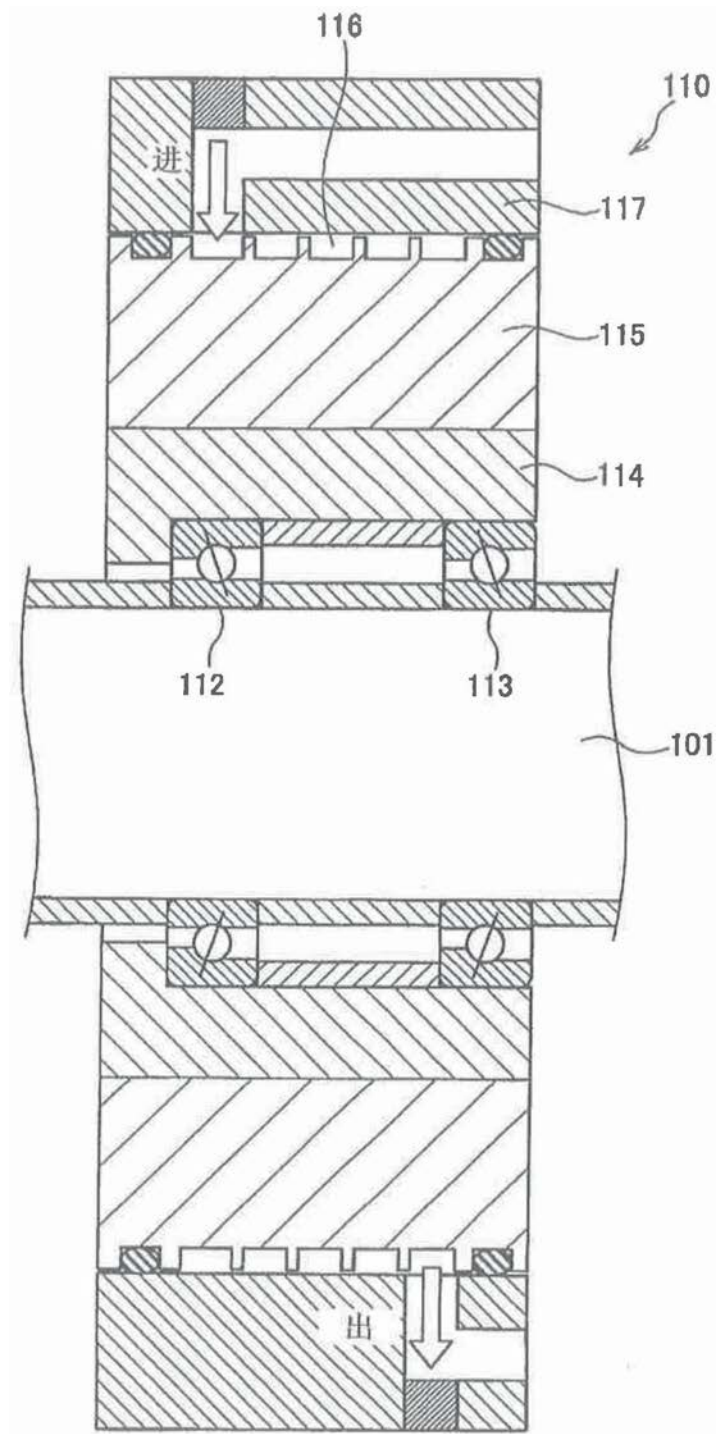


图11