



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102483093 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 30

(21) 申请号 201180003458. 7

代理人 党晓林 王小东

(22) 申请日 2011. 02. 23

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

2010-037474 2010. 02. 23 JP

2011-035531 2011. 02. 22 JP

F16C 33/66 (2006. 01)

F16C 19/36 (2006. 01)

F16C 33/36 (2006. 01)

F16C 33/64 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 02. 22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/001038 2011. 02. 23

(87) PCT申请的公布数据

W02011/105077 JA 2011. 09. 01

(71) 申请人 日本精工株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 斋藤智治 小林将人 田上泰资

岩尾拓也 藤田慎治

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

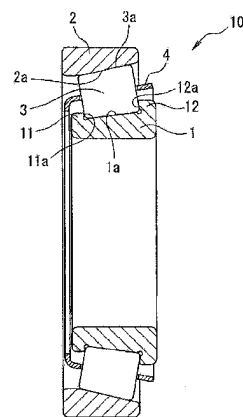
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

滚子轴承及其制造方法

(57) 摘要

在圆锥滚子 (3) 的表面, 投射直径 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下的正球状的二氧化硅微粒以形成凹凸之后, 投射研磨粒子以去除凸部。研磨粒子为在直径 1mm 的橡胶粒子的表面以 5 质量% 的比例粘接平均粒径为 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的金刚石磨粒而成的粒子。由此, 在圆锥滚子 (3) 的表面以 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下的间隔形成大量凹坑, 所述凹坑具有直径在 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下的圆形的开口部。该凹坑成为合适的储油槽, 从而使得对滚子表面的油膜形成能力提高, 因此, 能够降低圆锥滚子轴承的扭矩。



1. 一种滚子轴承,其特征在于,所述滚子轴承包括:内圈,其具有内圈轨道面;外圈,其具有外圈轨道面;以及滚子,其滚动自如地配置于所述两个轨道面之间,

在所述内圈轨道面、外圈轨道面、滚子的滚动面、滚子的端面以及与所述滚子的端面接触的凸缘面之中的至少任意一个对象面,

以 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下的间隔形成有大量的凹坑,所述凹坑具有直径在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且在 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下的圆形的开口部。

2. 根据权利要求 1 所述的滚子轴承,其特征在于,

所述对象面中,表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度 (Ra) 为 $0.1\sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$, 偏斜度 (Rsk) 为 $-1.0\sim -0.2$, 峰度 (Rku) 为 $3\sim 7$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的滚子轴承,其中,

所述对象面的、距离表面的深度在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下的表层部比距离表面的深度超过 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的芯部硬。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的滚子轴承,其中,

所述滚子为圆锥滚子,所述滚子轴承被使用在对机动车的差速器、变速器或分动器的旋转轴进行支承的用途。

5. 一种滚子轴承的制造方法,其特征在于,所述滚子轴承包括:内圈,其具有内圈轨道面;外圈,其具有外圈轨道面;以及滚子,其滚动自如地配置于所述两个轨道面之间,作为对所述滚子轴承的、由所述内圈轨道面、外圈轨道面、滚子的滚动面、滚子的端面以及与所述滚子的端面接触的凸缘面之中的至少任意一方构成的被处理面进行表面处理的表面处理工序,

对所述被处理面进行如下的喷丸处理工序:通过投射莫氏硬度在 6 以上、直径在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且在 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下的球状粒子来形成凹凸。

6. 根据权利要求 5 所述的滚子轴承的制造方法,其中,

使用正球状且纯度在 99% 以上的二氧化硅微粒作为所述球状粒子来进行所述喷丸处理工序。

7. 根据权利要求 5 所述的滚子轴承的制造方法,其中,

作为所述表面处理工序,在进行喷丸处理工序后,进行将在喷丸处理工序中产生的凸部去除的凸部去除工序。

8. 根据权利要求 7 所述的滚子轴承的制造方法,其中,

使研磨粒子与所述喷丸处理工序后的被处理面撞击来进行所述凸部去除工序,所述研磨粒子由弹性体和磨粒形成。

9. 根据权利要求 5~8 中的任一项所述的滚子轴承的制造方法,其中,

所述滚子为圆锥滚子,所述滚子轴承被使用在对机动车的差速器、变速器或分动器的旋转轴进行支承的用途。

滚子轴承及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于支承机动车驱动系统（差速器、变速器、分动器）的旋转轴的圆锥滚子轴承等滚子轴承与其制造方法。

背景技术

[0002] 对于在机动车的差速器中使用的圆锥滚子轴承，特别要求在低速区域降低扭矩。为了降低滚子轴承的扭矩，有效的是，总是在滚子的表面充分地形成油膜。

[0003] 在专利文献 1～3 中记述有下述内容：使滚子的端面与具有其引导面的凸缘部中的任何一方的表面状态为能够在两者之间形成有充分的油膜。在专利文献 1 中，通过喷丸处理在凸缘部的滚子引导面形成有微小凹部。在专利文献 2 中记述有下述内容：通过由安装有粒度不同的磨粒的砂轮等进行的加工，来制作在平滑面随机地形成有谷部的精加工面。

[0004] 在专利文献 3 中记述有下述内容：规定表面粗糙度，形成使预定深度的谷分散在预定的平滑面的表面状态。作为该方法，记述有在每个短时间内反复使圆盘状砂轮与被研磨面接触、和使圆盘状砂轮从被研磨面退出的方法。

[0005] 在专利文献 4～6 中记述有下述内容：在滚子的滚动面、滚子的端面以及轨道圈的轨道面中的任意一个表面随机地设置无数个微小凹形状凹坑，将其表面粗糙度规定在特定的范围内，由此获得优异的油膜形成作用。并且记述有下述内容：能够通过使用滚磨或喷丸等的方法来加工该凹坑。

[0006] 在专利文献 7 中记述有下述内容：通过将由纯度在 99% 以上的二氧化硅构成的大致球状的投射粒子投射至铝合金制滑动部件的滑动面，来在滑动面形成被转印有二氧化硅的转印层。在该方法中，在投射二氧化硅粒子之前，通过磨削加工将滑动面的表面粗糙度精加工为 $Ra0.3\mu m$ 左右。

[0007] 在专利文献 8 中，作为对被研磨物的表面进行精磨的方法，记述有下述方法：将由橡胶、热塑性弹性体等弹性材料构成、且含有 #2000 以上的磨粒的研磨粒子以 90° 以下的角度投射向被研磨物。由此，在磨削加工中扎入并残留在被研磨物中的磨粒被去除，同时，磨削纹路和磨削线也被良好地去除，从而得到清洁且粗糙度良好的表面。通过利用该方法对滚子的滚动面进行精磨，能够期待滚子轴承的耐烧伤寿命等的提高。

[0008] 另一方面，在专利文献 9 中，作为现有技术的机动车的分动器，记述有图 4 所示的结构。该分动器在壳体（齿轮箱）100 内配置有锥形小齿轮轴 5、环形齿轮（ring gear）6 以及差速器 7。锥形小齿轮轴 5 经由相互隔开间隔的两个圆锥滚子轴承 10A 被壳体 100 支承。这些圆锥滚子轴承 10A 被带螺纹牙的部件 110 沿轴向施加有预载（予压：preload）。

[0009] 差速器 7 由差速器壳 71、固定在小齿轮轴 72 的两端的小齿轮（差动齿轮）73、以及与各小齿轮 73 相啮合的侧齿轮（输出用齿轮）74 构成。车轴 8 的末端与各侧齿轮 74 相结合。

[0010] 锥形小齿轮轴 5 的末端的锥形小齿轮 51 与环形齿轮 6 相啮合。该环形齿轮 6 被固

定在差速器壳 71 的凸肩部 71a。差速器壳 71 的两端的圆筒部 71b 经由圆锥滚子轴承 10B 被壳体 100 支承。通过锥形小齿轮轴 5 的旋转,差速器 7 经由锥形小齿轮 51 与环形齿轮 6 被驱动。

[0011] 在该分动器中存在下述这样的问题:在构成圆锥滚子轴承 10A 的圆锥滚子的端面与内圈的边缘部之间产生磨损,并发生滑动摩擦。为了解决该问题,在专利文献 9 中记述有:以特定形状的多列角接触球轴承、而不是圆锥滚子轴承 10A 来支承锥形小齿轮轴 5。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献 1:日本特开平 6-241235 号公报

[0015] 专利文献 2:日本特开平 7-42746 号公报

[0016] 专利文献 3:日本特开 2003-269468 号公报

[0017] 专利文献 4:日本特开 2006-9962 号公报

[0018] 专利文献 5:日本特开 2006-9963 号公报

[0019] 专利文献 6:日本特开 2006-9964 号公报

[0020] 专利文献 7:日本特开 2009-526126 号公报

[0021] 专利文献 8:日本特开 2009-113189 号公报

[0022] 专利文献 9:特许第 4058241 号公报

发明内容

[0023] 发明要解决的课题

[0024] 在专利文献 1~8 的方法中,在用于支承机动车驱动系统(差速器、变速器、分动器)的旋转轴的圆锥滚子轴承的降低扭矩这一点上,存在改进的余地。并且,在专利文献 9 的机动车用分动器中,通过使用特定形状的多列角接触球轴承代替圆锥滚子轴承来进行应对。

[0025] 本发明的课题在于降低用于支承机动车驱动系统的旋转轴的圆锥滚子轴承等滚子轴承的扭矩。

[0026] 用于解决课题的手段

[0027] 为了解决上述课题,本发明的第 1 方式所涉及的滚子轴承包括:内圈,其具有内圈轨道面;外圈,其具有外圈轨道面;以及滚子,其滚动自如地配置于所述两个轨道面之间,在所述内圈轨道面、外圈轨道面、滚子的滚动面、滚子的端面以及与滚子的端面接触的凸缘面之中的至少任意一个对象面,以 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下的间隔形成有大量的凹坑,所述凹坑具有直径在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $50\mu\text{m}$ 以下的圆形的开口部。

[0028] 所述对象面优选的是,表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度 (Ra) 为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$,偏斜度 (Rsk) 为 $-1.0\sim -0.2$,峰度 (Rku) 为 $3\sim 7$ 。

[0029] 作为所述第 1 方式的滚子轴承,列举出下述这样的滚子轴承:所述对象面的、距离表面的深度在 $10\mu\text{m}$ 以下的表层部比距离表面的深度超过 $10\mu\text{m}$ 的芯部硬。

[0030] 作为所述第 1 方式的滚子轴承,可以列举出这样的滚子轴承(机动车驱动系统用圆锥滚子轴承):所述滚子为圆锥滚子,所述滚子轴承被使用在对机动车的差速器、变速器或分动器的旋转轴进行支承的用途。

[0031] 关于本发明的第 2 方式所涉及的滚子轴承的制造方法,所述滚子轴承包括:内圈,其具有内圈轨道面;外圈,其具有外圈轨道面;以及滚子,其滚动自如地配置于所述两个轨道面之间,作为对所述滚子轴承的、由所述内圈轨道面、外圈轨道面、滚子的滚动面、滚子的端面以及与所述滚子的端面接触的凸缘面之中的至少任意一方构成的被处理面进行表面处理的表面处理工序,对所述被处理面进行如下的喷丸处理工序:通过投射莫氏硬度在 6 以上、直径在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $100\mu\text{m}$ 以下的球状粒子(例如,二氧化硅粒子、氧化铝粒子、钢制粒子)来形成凹凸。

[0032] 通过所述喷丸处理工序,能够使所述被处理面成为下述状态:以 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下的间隔形成有大量凹坑,所述凹坑具有直径在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $50\mu\text{m}$ 以下的圆形开口部,表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度(Ra)为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$,偏斜度(Rsk)为 $-1.0\sim -0.2$,峰度(Rku)为 $3\sim 7$ 。

[0033] 优选的是:使用正球状且纯度在 99% 以上的二氧化硅微粒作为所述球状粒子来进行所述喷丸处理工序。

[0034] 优选的是:作为所述表面处理工序,在进行喷丸处理工序后,进行将在喷丸处理工序中产生的凸部去除的凸部去除工序。

[0035] 能够使由弹性体和磨粒形成的研磨粒子与所述喷丸处理工序后的被处理面撞击来进行所述凸部去除工序。

[0036] 由于所述凹坑的开口部为圆形,因此,与开口部为线形或椭圆形的凹坑相比较,其作为储油槽的效果较高。开口部为线形或椭圆形的凹坑容易在接触面积较小的部分将油排除。此外,当凹坑的开口部圆的直径在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $50\mu\text{m}$ 以下、并且凹坑的设置间隔在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $200\mu\text{m}$ 以下时,可以成为合适的储油槽,因此形成有所述凹坑的表面具有优异的油膜形成能力。

[0037] 所述对象面(形成有凹坑的面)中,表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度(Ra)为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$,偏斜度(Rsk)为 $-1.0\sim -0.2$,且峰度(Rku)为 $3\sim 7$,由此,与不满足这些条件的情况相比较,所述对象面成为了平面部与凹坑(储油槽)共存的良好平坦面,因此具有优异的油膜形成能力。

[0038] 因此,在将所述第 1 方式的圆锥滚子轴承使用于支承机动车驱动系统的旋转轴的用途的情况下,即使在低速区域的驱动时也能够减小滑动磨损,从而使扭矩降低。

[0039] 对于形成有所述凹坑的表面,优选的是,凹坑的开口部的比例以面积率计为 $5\%\sim 20\%$ 。此外,对于形成有所述凹坑的表面,优选的是,在沿着凹坑的开口部的直径方向的直线上,凹坑的总直径占到 $5\%\sim 50\%$ 的比例。如果凹坑的面积率超过 20% ,则凹坑以外的表面(平滑面)的支承载荷的作用和油膜形成作用会变得不充分。如果凹坑的总直径比例超过 50% ,则凹坑的周缘部的压力变小,难以形成油膜。

[0040] 如果所述凹坑的深度不足 $1\mu\text{m}$,则因初期磨损而使其不再为凹坑的可能性较高,如果所述凹坑的深度超过 $5\mu\text{m}$,则贮存于凹坑的油移动至平滑面以形成油膜的能力会变小。因此,优选的是,所述凹坑的深度在最浅的部分为 $1\mu\text{m}$ 以上,在最深的部分为 $5\mu\text{m}$ 以下。

[0041] 能够利用具有喷丸处理工序和凸部去除工序的方法来形成所述结构的凹坑,在所述喷丸处理工序中,通过对凹坑的形成面(被处理面)投射玻璃珠来形成凹凸,在所述凸部

去除工序中,将在喷丸处理工序中产生的凸部(比处理前的表面突出的部分)去除。

[0042] 所述凸部去除工序能够通过研磨加工来进行,但优选的是,使由弹性体和磨粒形成的研磨粒子与所述喷丸处理工序后的被处理面撞击来进行所述凸部去除工序。

[0043] 通过采用投射玻璃珠的喷丸处理工序、和利用所述研磨粒子的撞击进行的凸部去除工序,即使在被处理面较大的情况、或被处理面的形状复杂的情况下,也能够简单地形成开口部为圆形、且大小、深度和设置间隔等得到了控制的凹坑。

[0044] 能够使用下述这样的二氧化硅微粒作为所述玻璃珠来进行所述喷丸处理工序:所述二氧化硅微粒为直径在 $10\mu\text{m}$ 以上且在 $100\mu\text{m}$ 以下的正球状,莫氏硬度在 6 以上,纯度在 99% 以上。

[0045] 在对由高碳铬轴承钢二类(SUJ2)构成的原材料实施一般的热处理而得到的内圈、外圈和圆锥滚子的情况下,以压力为 1470kPa 以下、处理时间为 20 分钟以下的条件进行了所述二氧化硅粒子的投射,然后,进行通过所述研磨粒子的撞击实现的凸部去除工序,由此,能够形成所述结构的凹坑。此外,在该情况下,以算术平均粗糙度(Ra)计,能够使凸部去除工序之前的被处理面的表面粗糙度达到 $0.1\mu\text{m}$ 左右。并且,通过所述凸部去除工序,能够使最大粗糙度高度(Rz)达到 $0.4\sim 2.0\mu\text{m}$ 。

[0046] 并且,当通过使所述研磨粒子撞击的加工来进行所述凸部去除工序时,加工后的平滑面(凹坑以外的表面)的高度容易变得不均匀,与此相对,当通过滚磨加工来进行所述凸部去除工序时,能够使加工后的平滑面形成为均匀的高度。由此,不会导致表面压力局部升高,且能够在所述凹坑形成面形成均匀厚度的油膜,因此,与通过使所述研磨粒子撞击的加工来进行所述凸部去除工序相比,通过滚磨加工来进行所述凸部去除工序能够得到较高的降低扭矩的效果。

[0047] 发明效果

[0048] 根据本发明的滚子轴承,通过在滚子的表面或与滚子接触的面上形成特定的凹坑,使得对于滚子表面的油膜形成能力较高,因此,使得扭矩降低。

[0049] 特别是,对于用于支承构成机动车差速器的小齿轮轴的圆锥滚子轴承,扭矩所造成的损失较大,因此,通过本发明的应用,使得扭矩降低,由此能够得到较高的改善燃料消耗率的效果。

附图说明

[0050] 图 1 是示出与本发明的一个实施方式相当的圆锥滚子轴承的剖视图。

[0051] 图 2 是示出在实施方式中使用的立式内圈旋转式试验机的剖视图。

[0052] 图 3 是示出能够在仅对圆锥滚子的大径部的端面进行二氧化硅粒子投射和研磨粒子投射的情况下使用的夹具的图。

[0053] 图 4 是示出专利文献 9 所述的现有技术的机动车的分动器的剖视图。

[0054] 图 5 是示出在第 2 实施方式中测量出的、从表面开始在深度方向上的硬度变化的曲线图,其中(a)示出了样本 No. 6 的结果,(b)示出了样本 No. 7 的结果。

具体实施方式

[0055] 以下,对本发明的实施方式进行说明。

【0056】 【第 1 实施方式】

【0057】 图 1 的圆锥滚子轴承 10 由下述部分构成：内圈 1，其具有内圈轨道面 1a；外圈 2，其具有外圈轨道面 2a；多个圆锥滚子 3，其滚动自如地配置于两个轨道面 1a、2a 之间；以及保持器 4。在内圈 1，通过在轴向两端部设置凸缘部 11、12 而形成有与圆锥滚子 3 的端面接触的凸缘面 11a、12a。

【0058】 作为具有图 1 的结构圆锥滚子轴承 10，制作了编号为 HTFR45-24（内圈：45mm、外圈：95.25mm、最大宽度：35mm、圆锥滚子的大径：13.779mm）的圆锥滚子轴承用作试验。

【0059】 如下述这样制作了内圈 1、外圈 2 以及圆锥滚子 3。首先，在将由 SUJ2 构成的原材料加工成各自的形状之后，在 840℃ 的混合气体气氛（Rx 气体 + 浓缩煤气 + 氮气）中进行 3 小时氰化处理。接下来，进行了油淬火和回火。由此，使得内圈 1、外圈 2 以及圆锥滚子 3 各自的表层部（从表面至 250 μm 深度的部分）成为如下状态：残留奥氏体量为 15 ~ 40 体积% 的范围，且硬度为 HRC62 ~ 67（Hv746 ~ 900）的范围。

【0060】 接下来，以下述方法进行了对圆锥滚子 3 投射玻璃珠的喷丸处理工序。作为喷丸处理装置，使用了下述这样的装置：将产品装入筐状的容器，一边使该容器旋转，一边从喷嘴将玻璃珠投射至容器内。容器的入口大幅敞开，投射喷嘴的末端被配置在该入口。

【0061】 作为玻璃珠，使用了利用熔化法制造成正球状的、平均粒径为 40 μm、莫氏硬度在 6 以上、且纯度在 99% 以上的二氧化硅（SiO₂）粒子。熔化法为下述这样的方法：通过利用 2500℃ 左右的燃烧器对加入有原料粉末的耐热容器进行加热，来将容器内的原料粉末加热至 1100℃ 以使其熔化，并进行球状化。

【0062】 作为喷丸处理工序的条件，使容器的转速为 5rpm，在对圆锥滚子 3 的投射压力为 600kPa 的速度下进行投射，并使投射时间为 10 分钟。

【0063】 接下来，以下述方法对该圆锥滚子 3 进行凸部去除工序。作为研磨粒子，准备了下述这样的研磨粒子：在直径 1mm 的橡胶（丙烯腈丁二烯橡胶（アクリロブタジエンゴム））粒子的表面粘接有平均粒径为 10 μm 的金刚石磨粒。该研磨粒子中的金刚石磨粒的含有率为 5 质量%。

【0064】 使用气流式喷射装置（エアースト装置），使该研磨粒子相对于喷丸处理工序后的圆锥滚子 3 的各表面倾斜地（10 ~ 60 度）进行撞击。作为气流喷射条件，使空气压力为 0.4MPa，使喷嘴与工件的间隔为 150mm。此外，处理时间对应于各个样本而在 3 ~ 12 分钟之间变化。

【0065】 对于样本 No. 1 ~ 4，在利用前述的方法进行了喷丸处理工序和凸部去除工序之后，测量了圆锥滚子 3 的表面状态，调查了最大粗糙度高度（Rz）、凹坑的开口部的尺寸以及凹坑的间隔。

【0066】 此外，还准备了下述这样的圆锥滚子 3：没有进行喷丸处理工序和凸部去除工序、而进行了滚磨（バレル）工序的圆锥滚子 3（样本 No. 5）；以及没有进行喷丸处理工序、凸部去除工序和滚磨工序中的任何工序的圆锥滚子 3（样本 No. 6），并对它们也调查了最大粗糙度高度（Rz）、凹坑的开口部的尺寸以及凹坑的间隔。并且，以通常的条件进行了样本 No. 5 的滚磨工序。

【0067】 使用如上述那样得到的内圈 1、外圈 2 以及 No. 1 ~ 6 的各圆锥滚子 3、和 SPCC（一般用冷轧碳素钢薄板及钢带）制成的筐形保持器 4，来装配成 No. 1 ~ 6 的圆锥滚子轴承，并

使用图 2 所示的装置进行了旋转试验。

[0068] 图 2 的装置为立式内圈旋转式试验机,其由主轴 21、支承轴承 22、主体部 23 以及静压轴承 24 构成。支承轴承 22 设置于主轴 21 的轴向一端部 21a。静压轴承 24 设置于主体部 23 的轴向上端面。使作为试验轴承的圆锥滚子轴承 10 的内圈 1 外嵌于主轴 21、并使外圈 2 内嵌于主体部 23 来使用该试验机。

[0069] 能够从静压轴承 24 的上方施加轴向载荷 F_a 。测压元件 26 经由杆件 25 与主体部 23 的侧面连接。能够利用该测压元件 26 检测出施加至主体部 23 的动摩擦扭矩。在主体部 23 形成有用于将润滑油 J 供给至试验轴承 10 的通道 27。该通道 27 在主体部 23 的侧面开口。还具备用于测量试验轴承 10 的温度的热电偶 28。

[0070] 将试验轴承 10 安装于该装置,并测量了在一边以比通常的供给量 (300ml/min) 少的 200ml/min 的供给量供给温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的矿物油 (VG68)、一边以 $F_a = 4\text{kN}$ 、转速为 300min^{-1} 的条件使内圈 1 旋转 24 小时后的扭矩。此外,根据 No. 1 ~ 5 的圆锥滚子轴承的扭矩测量值,计算出了将 No. 6 的圆锥滚子轴承的扭矩作为“1”时的扭矩比。

[0071] 在下述表 1 中示出了该结果。表 1 的凹坑的最大深度为最大粗糙度高度 (R_z) 的测量值。

[0072] 【表 1】

[0073]

No.	滚子的表面		滚子轴承的扭矩比
	实施的机械表面处理	凹坑的最大深度	
1	在投射二氧化硅粒子后投射研磨粒子 3 分钟	$1.5 \mu\text{m}$	0.8
2	在投射二氧化硅粒子后投射研磨粒子 6 分钟	$1.0 \mu\text{m}$	0.5
3	在投射二氧化硅粒子后投射研磨粒子 9 分钟	$0.5 \mu\text{m}$	0.6
4	在投射二氧化硅粒子后投射研磨粒子 12 分钟	$0.2 \mu\text{m}$	0.7
5	滚磨加工	$0.5 \mu\text{m}$	0.8
6	没有	$0.08 \mu\text{m}$	1

[0074] 对于 No. 1 ~ 4 的圆锥滚子,由于在二氧化硅粒子投射后进行的研磨粒子的投射时间不同,从而在凹坑的最大深度上产生了差异。使用了凹坑的最大深度为 $1.0 \mu\text{m}$ 的 No. 2 的圆锥滚子的圆锥滚子轴承的扭矩最小,为 No. 6 的一半。对于在 No. 1 ~ 4 的圆锥滚子的表面形成的凹坑,其开口部为圆形,开口部的直径为 $10 \sim 50 \mu\text{m}$ 。此外,凹坑的间隔为 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

[0075] 在 No. 3 与 No. 5 中,圆锥滚子的凹坑的最大深度相同,但在二氧化硅粒子投射后进行了研磨粒子投射的 No. 3 的扭矩比小于进行了滚磨加工的 No. 5 的转矩比。对于在进行了滚磨加工的圆锥滚子的表面形成的凹坑,其开口部不是圆形,而是线状。

[0076] 此外,对于 No. 1 ~ 4 的圆锥滚子,表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度 (R_a) 为 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 、偏斜度 (R_{sk}) 为 $-1.0 \sim -0.2$,峰度 (R_{ku}) 满足 $3 \sim 7$ 的范围。

[0077] 并且,在该实施方式中,仅在圆锥滚子轴承的圆锥滚子 3 的表面,通过在二氧化硅

粒子投射后进行研磨粒子投射而设置有开口部为圆形的微细的凹坑,但也可以在圆锥滚子 3、内圈轨道面 1a、外圈轨道面 2a 以及凸缘面 11a、12a 的全部或一部分上设置该凹坑。此外,即使是圆锥滚子轴承以外的滚子轴承,本发明也能获得相同的效果。

[0078] 此外,在仅对圆锥滚子 3 的大径部的端面进行二氧化硅粒子投射和研磨粒子投射的情况下,如图 3 所示,能够将圆锥滚子 3 排列安装至圆板状的夹具 9,一边使该夹具 9 旋转,一边进行粒子投射。特别是,在对差速器的小齿轮轴进行支承的圆锥滚子轴承(例如,图 4 的圆锥滚子轴承 10A)的情况下,由于在圆锥滚子的大径部的端面产生较大的滑动摩擦,因此,即使是仅在该端面设置有前述的凹坑的情况,也能够充分地降低扭矩。

[0079] 【第 2 实施方式】

[0080] 作为样本 No. 7,准备了下述这样的圆锥滚子:该圆锥滚子为图 1 的圆锥滚子轴承 10 的圆锥滚子 3,对该圆锥滚子以与样本 No. 1 ~ 4 相同的方法进行至喷丸处理工序为止,但没有进行凸部去除工序。

[0081] 作为样本 No. 8,准备了下述这样的圆锥滚子:该圆锥滚子为图 1 的圆锥滚子轴承 10 的圆锥滚子 3,除了使用氧化铝粒子来代替二氧化硅粒子以外,对该圆锥滚子以与样本 No. 1 ~ 4 相同的方法进行至喷丸处理工序为止,但没有进行凸部去除工序。作为氧化铝(Al_2O_3)粒子,使用了通过熔化法制造成正球状的、平均粒径为 $40\text{ }\mu\text{m}$ 、莫氏硬度在 6 以上、且纯度在 99% 以上的氧化铝(Al_2O_3)粒子。

[0082] 测量了样本 No. 7 和 No. 8 的圆锥滚子 3 的端面的表面状态,并调查了表示表面粗糙度的粗糙度曲线的算术平均高度(Ra)、偏斜度(Rsk)、峰度(Rku)、最大粗糙度高度(Rz)、凹坑的开口部的尺寸以及凹坑的间隔。此外,对于样本 No. 7 和 No. 6(连喷丸处理工序也没有进行的样本)的圆锥滚子 3 的端面,调查了从表面开始在深度方向上的硬度的变化。

[0083] 此外,使用在第 1 实施方式中制作出的内圈 1、外圈 2 以及 No. 7、8 的各圆锥滚子 3、和 SPCC 制成的筐形保持器 4,来装配成 No. 7、8 的圆锥滚子轴承,并使用图 2 所示的装置进行与第 1 实施方式相同的旋转试验,测量出了扭矩。并且,根据 No. 7、8 的圆锥滚子轴承的扭矩测量值,计算出了在将 No. 6 的圆锥滚子轴承的扭矩作为“1”的情况下的扭矩比。

[0084] 在下述的表 2 和图 5 示出了这些结果。图 5 是示出从表面开始在深度方向上的硬度变化的测量结果的曲线图,其中(a)示出了样本 No. 6 的结果,(b)示出了 No. 7 的结果。

[0085] 【表 2】

No.	滚子的表面状态				滚子轴承的 扭矩比
	Ra	Rsk	Rku	Rz	
7	0.1	-0.2	3	1.8	0.75
8	0.2	-1	7	2.1	0.50

[0087] 此外,对于在 No. 7、8 的圆锥滚子的表面形成的凹坑,其开口部为圆形,开口部的直径为 $10 \sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 。此外,凹坑的间隔为 $10 \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 。

[0088] 根据该结果可知,即使在没有进行凸部去除工序的情况下,也能够使圆锥滚子的表面成为下述状态,从而获得良好的降低扭矩的效果:以 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下的间隔形成有大量凹坑,所述凹坑具有直径在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且在 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下的圆形的开口部,且所述圆锥滚子的表面的算术平均高度(Ra)满足 $0.1 \sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$,偏斜度(Rsk)满足 $-1.0 \sim -0.2$,峰度(Rku)满足 $3 \sim 7$ 。

[0089] 此外,根据图 5 的 (a) 与 (b) 的比较可知,通过使用莫氏硬度在 6 以上的正球状粒子进行喷丸处理加工,能够使距离表面的深度在 $10\mu\text{m}$ 以下的表层部成为比距离表面的深度超过 $10\mu\text{m}$ 的芯部硬的状态。

[0090] 标号说明

[0091] 1 : 内圈 ;

[0092] 1a : 内圈轨道面 ;

[0093] 11、12 : 凸缘部 ;

[0094] 11a、12a : 凸缘面 ;

[0095] 2 : 外圈 ;

[0096] 2a : 外圈轨道面 ;

[0097] 3 : 圆锥滚子 ;

[0098] 4 : 保持器 ;

[0099] 5 : 锥形小齿轮轴 ;

[0100] 6 : 环形齿轮 ;

[0101] 7 : 差速器 ;

[0102] 71 : 差速器壳 ;

[0103] 71a : 凸肩部 ;

[0104] 71b : 圆筒部 ;

[0105] 72 : 小齿轮轴 ;

[0106] 73 : 小齿轮 (差动齿轮) ;

[0107] 74 : 侧齿轮 (输出用齿轮) ;

[0108] 8 : 车轴 ;

[0109] 9 : 夹具 ;

[0110] 10 : 圆锥滚子轴承 ;

[0111] 10A : 圆锥滚子轴承 ;

[0112] 10B : 圆锥滚子轴承 ;

[0113] 100 : 壳体 (齿轮箱) ;

[0114] 110 : 带螺纹牙的部件。

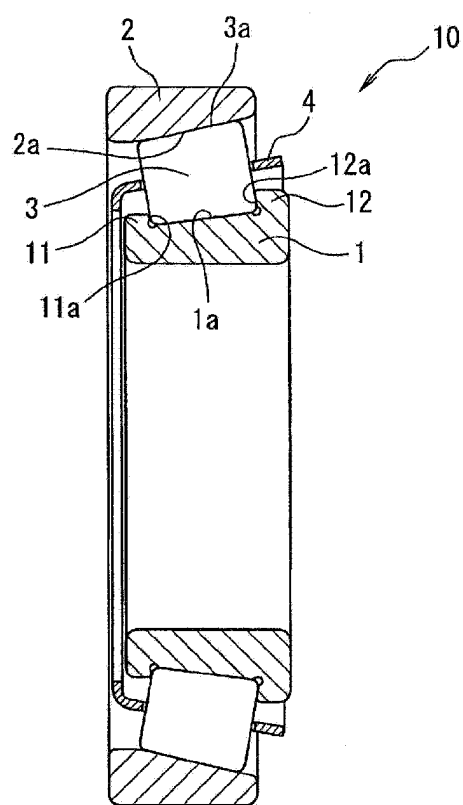


图 1

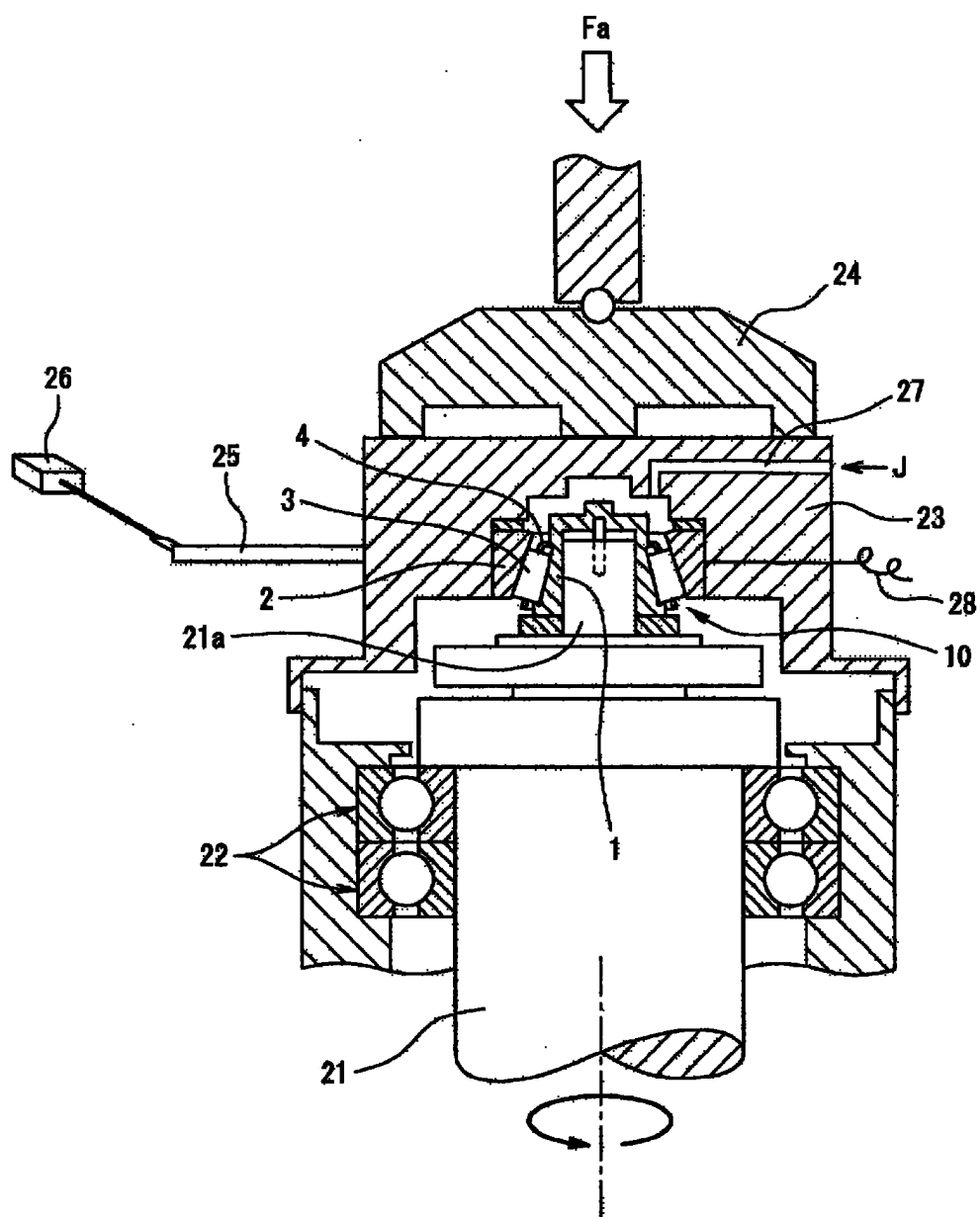


图 2

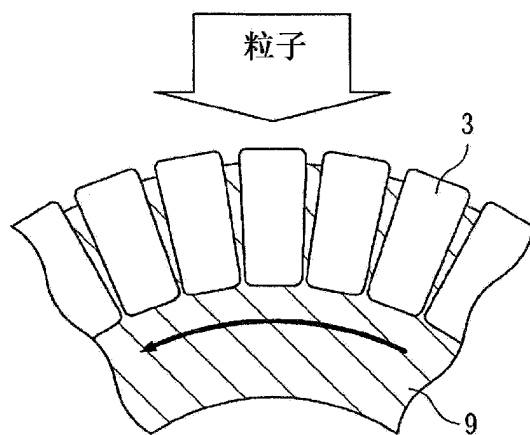


图 3

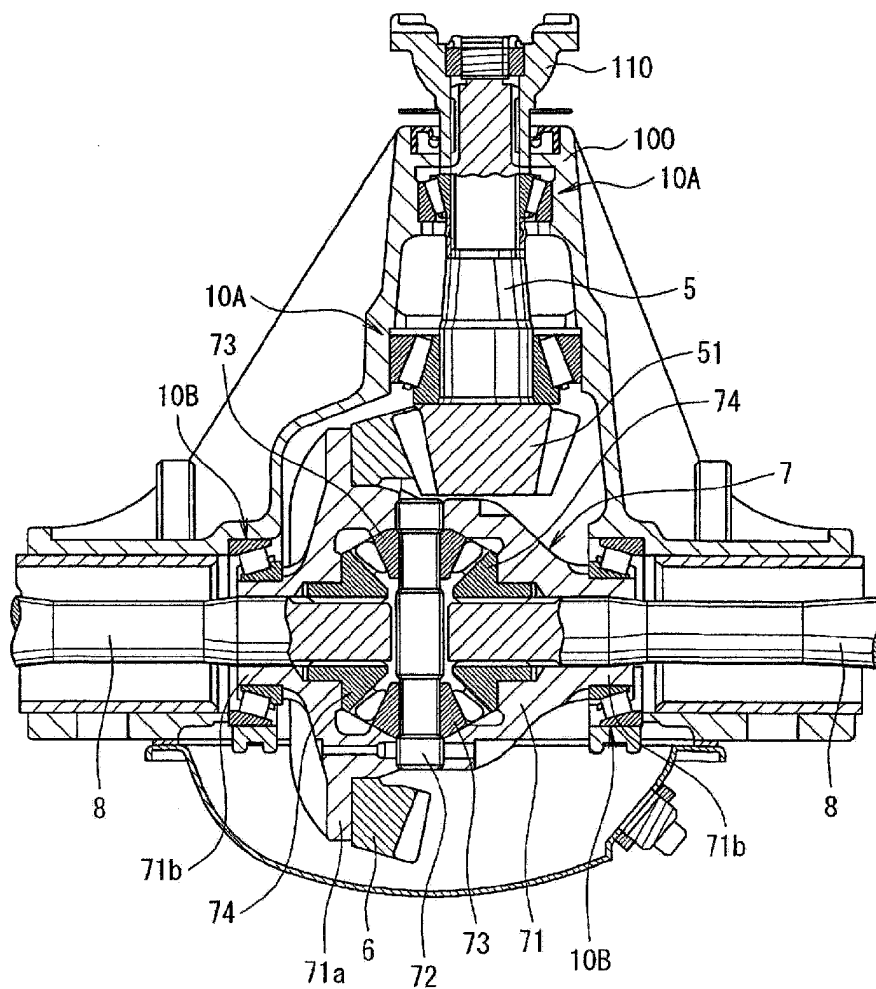


图 4

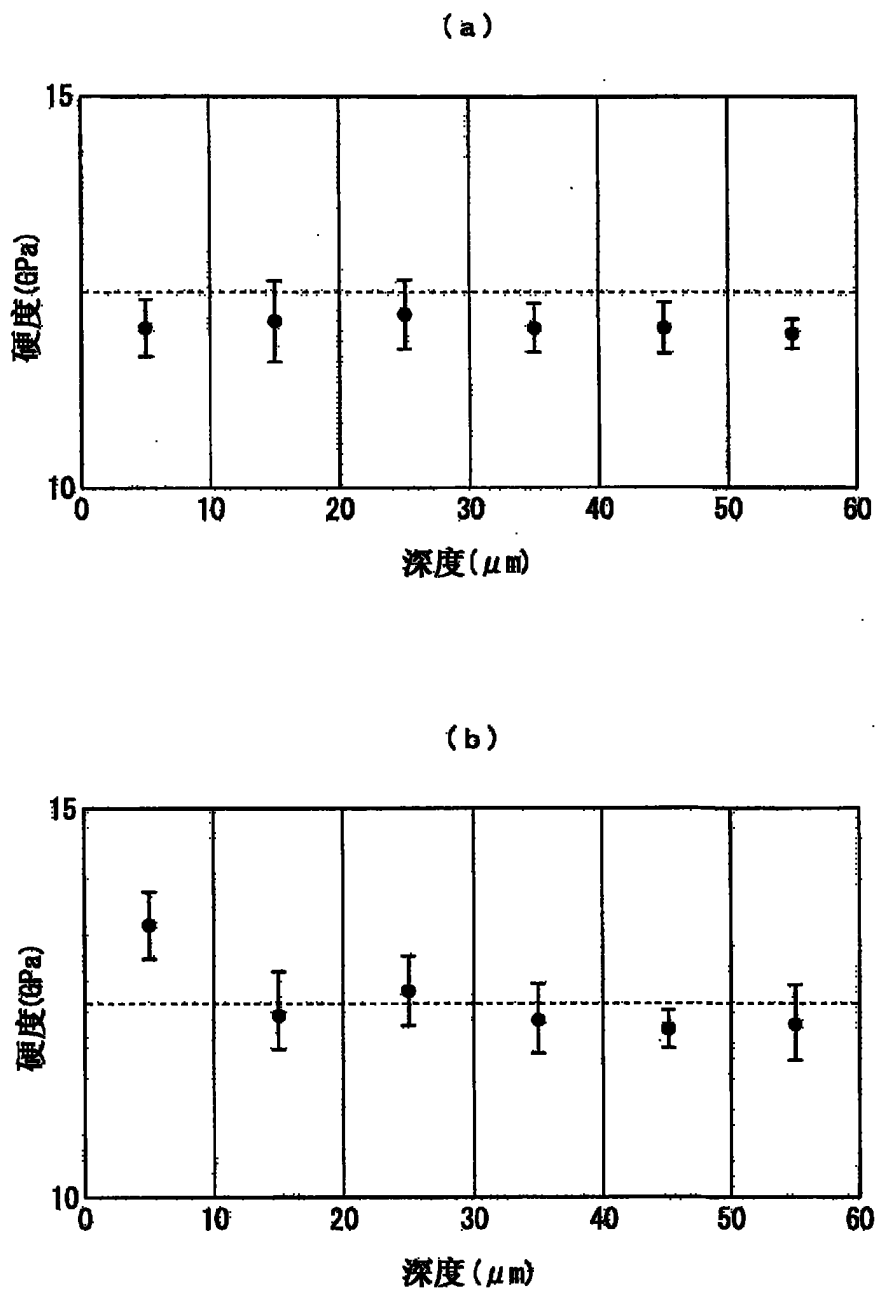


图 5