

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F16C 33/10 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510127437.2

[43] 公开日 2006 年 6 月 7 日

[11] 公开号 CN 1782453A

[22] 申请日 2005.12.2

[21] 申请号 200510127437.2

[30] 优先权

[32] 2004.12.3 [33] GB [31] 0426633.4

[71] 申请人 美蓓亚株式会社

地址 日本长野

[72] 发明人 P·史密斯

[74] 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司

代理人 杨 勇 郑建晖

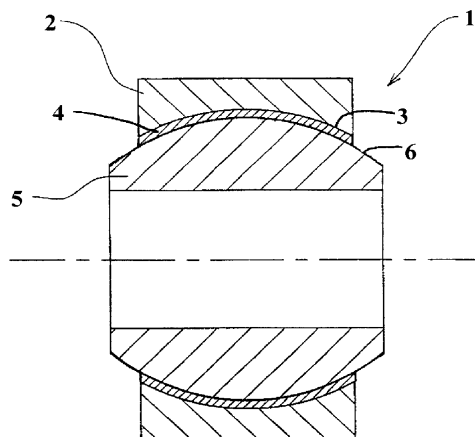
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

自润滑轴承

[57] 摘要

一种自润滑轴承，包括自润滑衬和具有配合面的轴承元件，该配合面与所述衬滑动接触。该轴承元件是钛合金的，在配合面处具有氮化物扩散层，并且该配合面的表面粗糙度小于 18nm。



1. 一种制造自润滑轴承的方法，包括以下步骤：
提供钛合金的轴承元件；
硬化轴承元件表面的至少一部分以形成硬化层；
5 加工该硬化层的表面以生产具有表面粗糙度小于 18nm 的配合面；
提供自润滑衬；以及
排布轴承元件和衬，使得该配合面与衬滑动接触。
2. 权利要求 1 的方法，其特征在于，加工硬化层的表面以便生产
10 具有表面粗糙度小于 6nm 的配合面。
3. 权利要求 1 或 2 的方法，其特征在于，硬化的步骤包括对轴承元件表面的至少一部分进行渗氮，并且该硬化层包括氮化物扩散层。
4. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，硬化之前的轴承元件表面具有初始表面粗糙度，并且加工之前的硬化层延伸到的深度
15 比该初始表面粗糙度的深度更深。
5. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，加工之前的硬化层延伸到至少 25 μm 的深度。
6. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，使用电解磨削加工硬化层。
- 20 7. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，在硬化过程中，将轴承元件的温度保持在 750 $^{\circ}\text{C}$ 以下。
8. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，硬化持续不超过 4 小时。
9. 前述权利要求任一项中的方法，其特征在于，该方法还包括加工
25 之后对硬化层的表面涂敷的步骤以产生配合面。
10. 权利要求 9 的方法，其特征在于，涂敷的步骤包括在硬化层表面上沉积材料层。
11. 权利要求 9 或 10 的方法，其特征在于，涂层不超过 4 μm 厚。
12. 权利要求 9 到 11 任一项中的方法，其特征在于，涂层的硬度大
30 于加工之后硬化层的表面硬度。
13. 一种自润滑轴承，包括自润滑衬和具有配合面的轴承，该配合面与所述衬滑动接触，其中，轴承元件是钛合金的，其在配合面处具

有氮化物扩散层，并且该配合面表面粗糙度小于 18nm。

14. 权利要求 13 的轴承，其特征在于，配合面的表面粗糙度小于 6nm。

15. 权利要求 13 或 14 的轴承，其特征在于，轴承元件还包括置于氮化物扩散层上的抗磨损材料层。

16. 权利要求 15 的轴承，其特征在于，抗磨损材料的硬度大于氮化物扩散层表面的硬度。

17. 权利要求 15 或 16 的轴承，其特征在于，抗磨损材料层不超过 4 μm 厚。

18. 权利要求 13 到 17 任一项中的轴承，其特征在于，配合面的硬度至少为 75Rc。

19. 权利要求 13 到 18 任一项中的轴承，其特征在于，配合面是球面弯曲的。

20. 权利要求 13 到 19 任一项中的轴承，其特征在于，轴承元件为球。

21. 一种用于自润滑轴承的轴承元件，该轴承元件是钛合金的，且其在配合面处具有氮化物扩散层，并且该配合面具有小于 18nm 的表面粗糙度。

22. 一种自润滑球面轴承，包括具有球面轴承表面的壳、固定在轴承表面的自润滑衬和壳内容纳的球，该球具有与所述衬滑动接触的配合面，其中，球是钛合金的，其在配合面处具有氮化物扩散层，并且配合面表面粗糙度小于 18nm。

23. 一种基本如在此描述的并参照和显示在附图中的自润滑球面轴承。

24. 任何新颖特征或在此公开的特征的组合。

自润滑轴承

发明领域

- 5 本发明涉及一种自润滑轴承，具体而言，涉及一种具有改进的配合面（counterface）的自润滑轴承。

背景技术

- 10 自润滑轴承一般包括具有衬的壳，所述衬与配合面滑动接触。在球面轴承的情况下，球的外表面提供配合面，并且壳设有提供自润滑衬，所述衬包含以树脂充满的编织或网状（meshed）纤维以使一定量的 PTFE 或其它自润滑材料结合在一起。

- 15 用于球的常规材料包括不锈钢和铜合金，选择上述材料是由于其强度、硬度和抗腐蚀性。然而，上述材料较重，并因此已经一直探寻使用更轻质材料的方案。在这方面，基于强度的考虑而以重量轻约 40 % 的钛合金取代不锈钢和铜合金是可能的。遗憾地是，钛合金通常比不锈钢和铜合金软。因此，球的配合面更易受来自配合面和衬之间的碎片的影响而产生划痕。另外，在加工球之后，配合面的表面光洁度或粗糙度通常比不锈钢和铜合金可具有的差得多。配合面的任何不规则部分都会磨损并最终损害自润滑衬。因此，配合面具有较光滑的光洁度是很重要的。

- 20 US 5,137,374 描述了一种自润滑轴承，该轴承包括具有轴承表面的内座圈、固定在轴承表面上的自润滑衬和具有配合面的外座圈，该配合面与衬滑动接触。外座圈包括钛合金本体，该钛合金本体具有置于配合面上的氮化钛或氧化铬硬涂层。虽然该硬涂层用来最小化随后对配合面的刻痕，但是涂层的表面粗糙度基本与底层的钛合金的表面粗糙度相应。因此，配合面的表面粗糙度还是较差。

- 30 发明内容

因此，本发明的目的在于提供一种包括较轻质轴承元件的自润滑

轴承, 所述轴承元件具有改进的表面粗糙度的配合面。

在第一个方面, 本发明提供一种制造自润滑轴承的方法, 包括如下步骤: 提供钛合金的轴承元件; 硬化轴承元件表面的至少一部分以形成硬化层; 加工该硬化层的表面以生产具有表面粗糙度小于 18nm 的配合面; 提供自润滑衬; 以及排布轴承元件和衬使得配合面与衬滑动接触。

优选地, 加工硬化层的表面以便生产具有表面粗糙度小于 6nm 的配合面。

有利地, 硬化的步骤包括对轴承元件表面的至少一部分进行渗氮, 并且硬化层包括氮化物扩散层。

便利地, 硬化之前的轴承元件表面具有初始表面粗糙度, 并且加工之前的硬化层延伸到的深度比该初始表面粗糙度的深度更深。

优选地, 加工之前的硬化层延伸到至少 25 μm 的深度。

有利地, 使用电解磨削加工硬化层。

便利地, 在硬化过程中, 将轴承元件的温度保持在 750 $^{\circ}\text{C}$ 以下。

优选地, 硬化持续不超过四小时。

有利地, 该方法还包括加工之后涂敷硬化层的表面以产生配合面的步骤。

便利地, 涂敷步骤包括在硬化层的表面上沉积材料层。

20 优选地, 涂层不超过 4 μm 厚。

有利地, 涂层的硬度大于加工后硬化层的表面硬度。

在第二个方面, 本发明提供了一种自润滑轴承, 该轴承包括自润滑衬和具有配合面的轴承元件, 该配合面与所述衬滑动接触, 其中, 轴承元件是钛合金的, 其在配合面处具有氮化物扩散层, 且该配合面表面粗糙度小于 18nm。

25 优选地, 配合面的表面粗糙度小于 6nm。

便利地, 轴承元件还包括置于氮化物扩散层上的抗磨损材料层。

有利地, 抗磨损材料的硬度大于氮化物扩散层的表面硬度。

优选地, 抗磨损材料层不超过 4 μm 厚。

30 便利地, 配合面的硬度至少为 75Rc。

有利地, 配合面是球面弯曲的。

优选地, 轴承元件为球。

在第三个方面，本发明提供了一种用于自润滑轴承的轴承元件，该轴承元件是钛合金的，并且其在配合面处具有氮化物扩散层，该配合面具有小于 18nm 的表面粗糙度。

5 在第四个方面，本发明提供了一种自润滑球面轴承，包括具有球面轴承表面的壳、固定在轴承表面的自润滑衬和壳内容纳的球，该球具有与所述衬滑动接触的配合面，其中，球是钛合金的，其在配合面处具有氮化物扩散层，该配合面表面粗糙度小于 18nm。

附图简述

10

为了可以更容易地理解本发明，现在通过实施例的方式参照附图描述本发明的实施方案，其中：

图 1 是实施本发明的自润滑轴承的横截面图；

图 2 是图 1 的自润滑轴承的一个区域的分解横截面图；并且

15 图 3 是实施本发明的另一自润滑轴承的一个区域的分解横截面图。

具体实施方式

20 图 1 中的自润滑轴承 1 包括具有轴承表面 3 的壳 2、固定到轴承表面 3 的自润滑衬 4 和轴承元件 5，该轴承元件 5 容纳在壳 2 内并具有与衬 4 紧密滑动接触的配合面 6。

25 在图 1 中示出的实施方案中，自润滑轴承 1 为一球面轴承，其中轴承表面 3 和配合面 6 为球面的。虽然继续参照球面自润滑轴承 1，可以理解的是，本发明并不限于球面轴承，而是同样适用于其他形式的自润滑轴承，包括但不限于圆柱轴颈轴承 (cylindrical journal bearings) 和平面接触轴承 (flat-contact bearings)。

30 现在参考图 2，轴承元件 5 是钛合金的，其在配合面 6 上具有氮化物扩散层 7。配合面 6 具有小于 18nm 平均高度 (centerline average) (CLA) 的表面粗糙度，并优选小于 6nm。在具有小于 18nm 的表面粗糙度时，配合面 6 对自润滑衬 4 的潜在磨损和损坏显著降低。因而，轴承 1 的使用寿命得到提高。

配合面 6 的硬度优选地大于 75Rc, 以在随后使用自润滑轴承 1 的过程中最小化配合面 6 的擦痕。

图 3 示出了本发明的可选实施方案, 其中轴承元件 5 包括置于氮化物扩散层 7 上的抗磨损材料层 8。抗磨损材料层 8 用来提供硬度提高的配合面 6。因此, 在随后的使用过程中, 配合面 6 的划痕进一步最小化。抗磨损材料 8 的硬度大于氮化物扩散层 7 的表面 9 的硬度, 并优选地大于 80Rc。适合的抗磨损材料包括, 但不限于碳化钛、氮化钛、碳氮化钛、氮化钛铝、氮化铬、碳化铬和碳化钨以及碳化钨-石墨。抗磨损材料层 8 的厚度优选在 1 和 4 μm 之间, 并且更优选在 2 μm 左右。

由于抗磨损材料层 8 在氮化物扩散层 7 的表面 9 上成形的厚度和方式的缘故, 配合面 6 的表面粗糙度与底层的氮化物扩散层 7 的表面 9 相当。因此, 有效地保持了具有表面粗糙度小于 18nm、并且优选地小于 6nm 的配合面 6。

现在描述一种制造图 1 到 3 中的自润滑轴承 1 的方法。

首先提供钛合金的轴承元件 5, 其外表面提供配合面 6。由于钛合金较软(一般在 30-40Rc 之间), 所以此时的配合面 6 一般具有 50nm CLA 左右的表面粗糙度。

然后对轴承元件 5 的配合面 6 渗氮以在配合面 6 处形成氮化物扩散层 7。优选地通过使用三极管构造的等离子体渗氮方法进行渗氮。三极管等离子体渗氮(triodic plasma nitriding)的具体细节已在别处有述, 例如在 E.I. Meletis 和 S.Yan 的“经由强化等离子渗氮的氮化铝的形成”, J.Vac.Sci.Technol.A9, 2279(1991)中。

现在虽参考对轴承元件 5 使用三极管等离子渗氮进行渗氮所使用的一般条件, 但也可同样地使用渗氮的其他形式, 例如二极管等离子渗氮和气体渗氮。然而, 更愿采用三极管等离子渗氮是因其较短的时间范围内、较低的温度下形成较厚的氮化物扩散层的能力。因此, 轴承元件 5 的疲劳强度在渗氮过程之后的降低比使用二极管等离子或气体渗氮时疲劳强度的降低小得多。另外, 制造时间显著减少了。

渗氮由将轴承元件 5 插入渗氮室开始, 然后将该渗氮室抽空并用惰性气体(例如, 氩)洗气数次以从所述室除去所有氧气。接着使用常规溅射技术清洗轴承元件 5 的配合面 6, 例如将该轴承元件 5 保持

在 2kV 并用氩溅射清洗十分钟左右。

将氮气引入该室，并在渗氮过程中将渗氮室内压力维持在 1×10^{-3} 到 1×10^{-1} 兆巴之间，优选为 1×10^{-2} 兆巴左右。然后将 500V 到 5kV 之间的偏压、优选约 1kV 的偏压施加到轴承元件 5。

- 5 将电流施加到热离子发射源（例如，钨丝）以便在轴承元件 5 处产生 0.2 到 $4\text{mA}/\text{cm}^2$ 之间的电流密度、优选为大约 0.5 到 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 之间的电流密度。离子收集器优选地保持在 0 到 150V 之间，更优选为 100V 左右。

- 10 在优选的 0.5 到 $2\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度范围内，轴承元件的温度一般升高到 650 到 700℃ 之间，但不超过 750℃。

- 15 渗氮过程持续进行直到配合面 6 处形成的氮化物扩散层 7 优选地至少为 $10\mu\text{m}$ 、更优选地至少为 $25\mu\text{m}$ 厚。氮化物扩散层 7 的深度根据配合面 6 的初始表面粗糙度和所需的、最终的表面粗糙度而定。优选地，氮化物扩散层 7 至少和造成配合面 6 的初始表面粗糙度的特征一样深。因而，配合面 6 的最终表面粗糙度仅由加工方法（下文有述）确定，即，配合面 6 的初始表面粗糙度不影响最终表面粗糙度。更优选地，氮化物扩散层 7 至少比配合面 6 的初始表面粗糙度的深度深 $5\mu\text{m}$ ，以便加工氮化物扩散层 7 之后，在配合面 6 处至少保留 $5\mu\text{m}$ 的氮化物扩散层 7。

- 20 为了得到厚度在 $10-25\mu\text{m}$ 之间的氮化物扩散层，渗氮过程在以上概括的优选条件下一般持续 1 到 3 小时。处理时间自然根据氮化物扩散层 7 的深度和使用的渗氮条件而定，特别是根据偏压、阴极电流密度、离子收集器电压、氮气压力和处理时间而定。自然可使用更长的处理时间和/或更高的电流密度得到更深的氮化物扩散层 3。然而，
25 轴承元件 5 的疲劳强度会随电流密度（即元件 5 的温度）和处理时间的增加而削弱。因而，轴承元件 5 的温度优选地不超过 750℃，并且处理时间优选地不超过 4 小时。

- 30 氮化物扩散层 7 形成后，将轴承元件 5 从渗氮室取出，并加工氮化物扩散层 7 的表面（即轴承元件 5 的配合面 6）以得到小于 18nm CLA、并且优选地小于 6nm CLA 的表面粗糙度。优选地使用例如 EP-A-1078714 中描述的电解磨削加工表面。

加工之后，优选地在配合面 6 处保留至少 $5\mu\text{m}$ 的氮化物扩散层 7。

氮化物扩散层 7 比钛合金硬，因此提供更硬的配合面 6。此外，氮化物扩散层 7 提供更好的表面，用于粘合在轴承元件 5 上形成的抗磨损材料层 8。特别地，与粘合到钛合金表面相比，抗磨损材料层 8 能更好地粘合到氮化物扩散层 7。

- 5 在制造图 3 的自润滑轴承 1 的过程中，抗磨损材料层 8 沉积在氮化物扩散层 7 的已加工表面 9 上。根据待沉积的材料，可使用常规的沉积方法，例如电镀、物理和化学气相沉积。将抗磨损材料层 5 优选地沉积 1 到 4 μm 之间的厚度，更优选地沉积 2 μm 左右的厚度。抗磨损材料层 8 的表面粗糙度与底层的氮化物扩散层 7 的已加工表面 9 的
- 10 表面粗糙度基本相应。

- 由于在沉积抗磨损材料层 8 之前加工氮化物扩散层 7，所以不需要为获得表面粗糙度小于 18nm 的配合面 6 而对抗磨损材料层 8 进行加工。这一点与形成图 3 中的自润滑轴承 1 的其它方法相比提供了显著的好处，所述其它方法将厚的（ $\sim 30 \mu\text{m}$ ）抗磨损材料层 8 沉积在轴承
- 15 元件 5（带有或不带有氮化物扩散层 7）上，并且接下来对其进行加工。由于底层的钛合金较软，所以加工抗磨损材料层 8 会引起层 8 破裂并/或与轴承元件 5 分离。

- 采用本发明的方法，可制造用于自润滑轴承的具有较光滑配合面的、较轻质的轴承元件。特别地，钛合金轴承元件可制造成配合面的
- 20 表面粗糙度小于 18nm CLA。

 由于钛合金较软，所以将该合金加工以获得期望的表面光洁度是困难的。本发明通过提供可更容易加工的硬化层（例如，氮化物扩散层）克服了这个问题。从而，使得可实现更光滑的表面光洁度，并因此增加了自润滑轴承的使用寿命。

- 25 此外，可制造具有置于配合面上的硬涂层的轴承元件，其同样具有小于 18nm CLA 的最终表面粗糙度，且不需要加工涂层。因此，与加工沉积于金属本体上的薄硬涂层通常相关的问题（例如破裂、涂层从金属本体上剥落和/或分离）不再是问题。

- 当术语“包括”和“包含”以及其变形使用于本说明书和权利要求
- 30 求中时，它们指的是包括特定特征、步骤或整体。该术语不得解释为排除其他特征、步骤或组分的存在。

 在前面的描述、下列权利要求、或附图中公开的、以他们具体的

形式或以用于执行所公开的功能的装置、或以用于获得公开结果的方法或工艺的形式所表现的特征，可适当地单独或任意组合，来以其多种形式实现本发明。

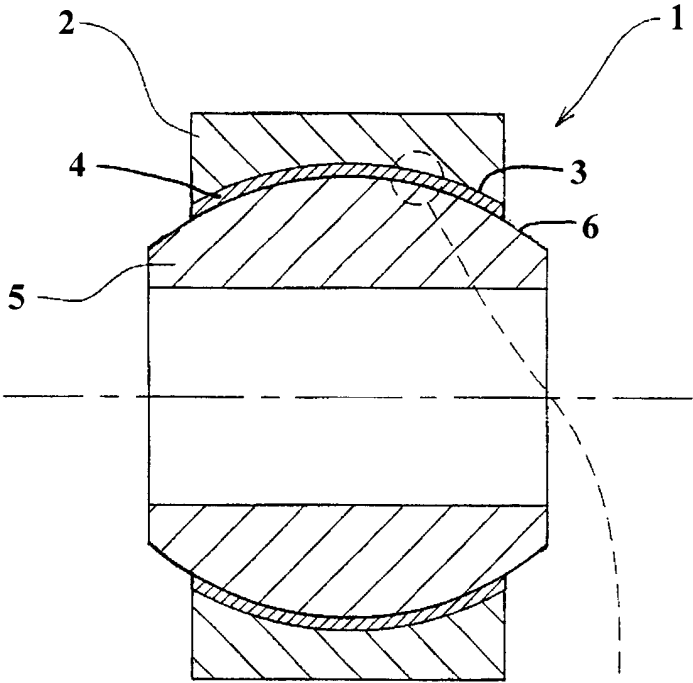


图 1

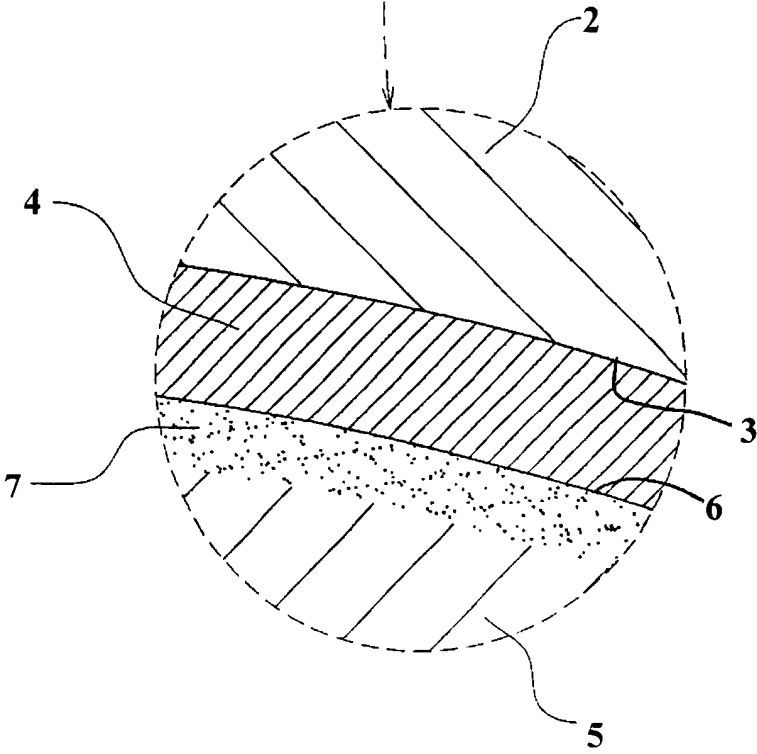


图 2

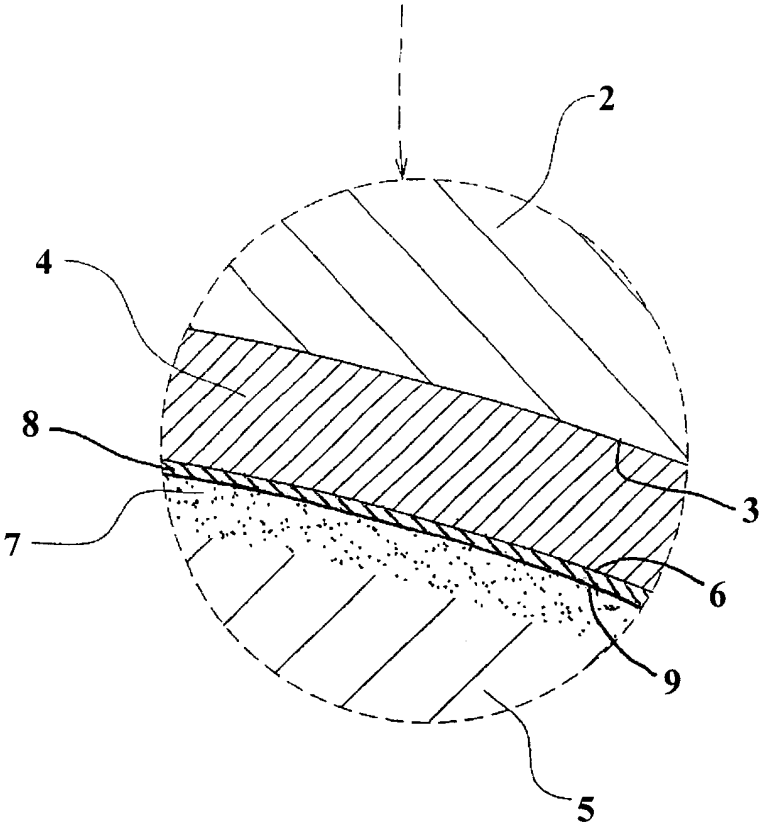


图 3