(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102105704 A
(43)申请公布日 2011.06.22

(21)申请号 200980128873.8
(22)申请日 2009.07.27
(30)优先权数据
61/083,834 2008.07.25 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2011.01.25
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2009/051866 2009.07.27
(87)PCT申请的公布数据
WO2010/012001 EN 2010.01.28
(71)申请人 电缆行业运转控制有限责任公司
地址 美国印第安纳
(72)发明人 C·A·考夫曼 D·F·格拉布纳
(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 董敏
(51)Int.Cl.
F16C 11/06(2006.01)
F16C 11/00(2006.01)

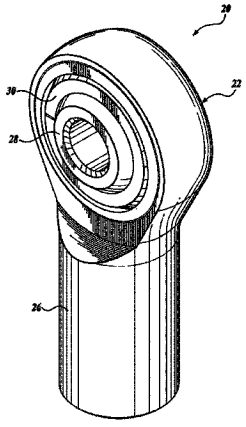
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54)发明名称

高温轴承组件及其制造方法

(57)摘要

提供一种高温轴承组件及制造该高温轴承组件的方法。高温轴承组件大体上包括设置在承窝中的回转装置、以及设置在承窝与回转装置之间的座圈，其中座圈由高温塑料制成。



CN 102105704 A

要求保护唯一特性或特权的发明的实施例被如下限定 :

1. 一种高温轴承组件,该高温轴承组件包括 :

(a) 壳体部分,所述壳体部分限定承窝 ;

(b) 回转装置,所述回转装置设置在所述承窝中 ;和

(c) 座圈,所述座圈设置在所述承窝与所述回转装置之间,其中,所述座圈由高温塑料制成。

2. 一种高温轴承组件,该高温轴承组件包括 :

(a) 壳体部分,所述壳体部分限定承窝 ;

(b) 回转装置,所述回转装置设置在所述承窝中 ;和

(c) 座圈,所述座圈设置在所述承窝与所述回转装置之间,其中,所述座圈由高温塑料制成,并且所述座圈包括间隙,使得当将所述回转装置卷曲在所述承窝中时,所述座圈退让。

3. 一种高温轴承组件,该高温轴承组件包括 :

(a) 回转装置,所述回转装置设置在承窝中 ;和

(b) 座圈,所述座圈设置在所述承窝与所述回转装置之间,其中,所述座圈由高温塑料制成。

4. 一种制造高温轴承组件的方法,该方法包括 :

(a) 由高温塑料形成座圈 ;

(b) 围绕回转装置压缩所述座圈,以形成回转组件 ;

(c) 将所述回转组件插入承窝,使得所述座圈定位在所述承窝与所述回转装置之间 ;以及

(d) 将所述回转组件卷曲在所述承窝中。

5. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈具有选自由至少达到大约 450 华氏度、至少达到大约 550 华氏度、至少达到大约 650 华氏度、和至少达到大约 750 华氏度组成的组中选择的耐高温性。

6. 根据权利要求 1-3 和 5 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈的材料包括选自由聚酰亚胺基聚合物、聚醚酮醚热塑性塑料、和聚醚酮醚 - 酮酮热塑性塑料构成的组中选择的材料。

7. 根据权利要求 1-3、5 和 6 中任一项所述的轴承组件或根据权利求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈通过压缩模制或注射成型形成。

8. 根据权利要求 1-3 和 5-7 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈为大致 C 形。

9. 根据权利要求 1-3 和 5-8 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈包括间隙。

10. 根据权利要求 9 所述的轴承组件或方法,其特征在于,所述间隙小于或等于大约 0.020 英寸。

11. 根据权利要求 1-3 和 5-10 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述座圈在形状或尺寸上改变不超过 5%。

12. 根据权利要求 1-3 和 5-11 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方

法，其特征在于，将所述座圈和所述回转装置卷曲在所述承窝中。

13. 根据权利要求 1-3 和 5-12 中任一项所述的轴承组件或根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述壳体部分选自由杆端和板构成的组。

14. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，在围绕所述回转装置压缩所述座圈之前，使所述座圈退火。

15. 根据权利要求 4 和 14 中任一项所述的方法，其特征在于，在将所述回转组件卷曲在所述承窝中之前测试扭矩。

16. 根据权利要求 4、14 和 15 中任一项所述的方法，其特征在于，在将所述回转组件卷曲在所述承窝中之后测试扭矩。

高温轴承组件及其制造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2008 年 7 月 25 日提交的美国临时申请 No. 61/083834 的权益，该临时申请的公开在此明确结合作为参考。

背景技术

[0003] 先前设计用于车用发动机的杆端轴承主要结合直销和 U 形钩（对准的）枢轴接头。这些枢轴接头具有多个缺点、包括粘合、过度磨损、和侵蚀斑。在许多现代的发动机在高温下需要较紧公差和较好响应的情况下，需要新的枢轴接头设计。

[0004] 已有多种解决上述问题的失败尝试。例如，已设计具有不理想的失准（或者轴承中更多的自由运动）的杆端轴承，以试图避免粘合。此外，已研制高温涂层和 / 或润滑剂的多种变体，以帮助提高耐蚀性和耐磨性。这些涂层或润滑剂在提高润滑性并防侵蚀的同时，不具有经得住苛刻的发动机环境、极端振动、或高的排气温度条件所需的寿命或耐磨性。另外，尝试利用高温专用合金钢，但通过专用合金钢形成表面的涂层同样具有相同的问题 :在高温时对振动磨损几乎没有或没有抗耐性。先前较高温度塑料的使用同样是失败的，因为该材料太脆或者不能够形成为该高温轴承座圈所需的形状。

[0005] 因此，存在对新的高温杆端轴承的需求，其具有对高温、振动、寿命周期和腐蚀的抗耐性。

发明内容

[0006] 提供该发明内容，以简化方式介绍以下在具体实施方式中进一步描述的概念的选择。该发明内容不用于识别要求保护的主题的关键特征，也不用于用作在确定要求保护的主题的范围方面给予帮助。

[0007] 根据本发明的一个实施例，提供一种高温轴承组件。该轴承组件大体上包括限定承窝的壳体部分、设置在承窝中的回转装置、以及设置在承窝与回转装置之间的座圈，其中，座圈由高温塑料制成。

[0008] 根据本发明的另一实施例，提供一种高温轴承组件。该轴承组件大体上包括限定承窝的壳体部分、设置在承窝中的回转装置、以及设置在承窝与回转装置之间的座圈。座圈由高温塑料形成，并且座圈包括间隙，使得当将回转装置卷曲 (crimp) 在承窝中时，该座圈退让。

[0009] 根据本发明的另一实施例，提供一种高温轴承组件。该轴承组件大体上包括设置在承窝中的回转装置、以及设置在承窝与回转装置之间的座圈，其中，座圈由高温塑料制成。

[0010] 根据本发明的另一实施例，提供一种制造高温轴承组件的方法。该方法大体上包括 :由高温塑料形成座圈，其中，座圈形成为大致的 C 形 ;以及围绕回转装置压缩座圈，以形成回转组件。该方法还包括 :将回转组件插入承窝，使得座圈位于承窝与回转装置之间 ;以及将回转组件卷曲在承窝中。

附图说明

[0011] 当结合附图理解时，本发明的前述方面及许多附带的优点随着它们参考以下的详细说明变得更好理解而变得更加容易被意识，其中：

[0012] 图 1 是根据本发明的一个实施例形成的高温轴承组件的透视图；

[0013] 图 2 是图 1 的高温轴承组件的分解透视图；

[0014] 图 3 是图 1 的高温轴承组件的主视图；

[0015] 图 4A 是在未卷曲构造中通过图 3 中的平面 4-4 的图 1 的高温轴承组件的剖视侧视图；

[0016] 图 4B 是在卷曲构造中通过图 3 中的平面 4-4 的图 1 的高温轴承组件的剖视侧视图；以及

[0017] 图 5 是根据本发明的另一实施例形成的高温轴承组件的剖视侧视图。

具体实施方式

[0018] 参考图 1-4B 可以最好地理解根据本发明的一个实施例构成的高温轴承组件。轴承组件 20 包括具有头部 24 和从该头部 24 延伸的轴 26 的壳体部分 22。轴承组件 20 还包括回转装置 28 和与该回转装置 28 成包围关系的座圈 30，其中回转装置 28 与座圈 30 限定轴承 32。轴承 32 设置在头部 24 中。使用中，轴承 32 构造成在头部 24 中回转并允许轴承 32 相对于头部 24 的枢转运动。如以下更详细描述地，座圈 30 设计成在苛刻的发动机环境、极端振动、和 / 或高温条件下改善轴承组件 20 的寿命和耐磨性。

[0019] 根据本发明实施例的轴承组件 20 的改善的特性改善轴承组件 20 的诸如高温和振动允限和寿命周期磨损的能力。这样的高质量的轴承可用于定位高灵敏度的电子控制传感器和液压或气动的促动系统。在这点上，该定位通过最小的否则被描述成降低控制系统中的灵敏度或准确度的空动获得。在过去，许多控制仅被需要打开或关闭阀或放气孔；然而，现在更加注重排放标准和运行效率，因而需要准确的轴承定位。如以下更详细描述的，通过允许控制将输出置于其预期对准的位置并因而贯穿系统的寿命满足各种发动机控制系统的效率需求，在此描述的轴承组件 20 帮助获得准确的定位。

[0020] 在图 1-4B 的图示实施例中，轴承组件 20 是壳体部分 22 为杆端的杆端轴承组件。尽管图示成杆端轴承组件 20，但应理解，在本发明的范围内还包括其它类型的轴承、这些轴承包括但不局限于球面轴承、板轴承（例如见图 5）、及其它机械铰接接头。在这点上，其它合适的壳体包括但不局限于扁材和板、压扁杆和贯穿杆、箍等等。这样的接头使用在控制杆、转向拉杆、系杆的端部、或需要精确铰接接头的任何位置。

[0021] 在图示的实施例中，以允许轴承 32 在头部 24 中的枢转运动的方式可以将轴承 32 压入并卷曲到头部 24 中。由于回转运动，轴承组件 20 在两个部件（未示出）之间提供枢轴接头。在这点上，第一部件将连接至回转装置 28，第二部件将连接至壳体部分 22 的端柄。

[0022] 如上所述，壳体部分 22 包括头部 24 和从该头部 24 延伸的轴 26。头部 24 包括用于接纳轴承 32 的承窝 40。在这点上，承窝 40 具有延伸穿过承窝 40 的内孔 40，其中内孔 42 具有内壁 44 和第一与第二端 46、48。承窝 40 构造成保持轴承 32，但允许轴承 32 相对于头部 24 的枢转运动。如以下参考图 4A 和 4B 更详细描述的，承窝 40 的第一端 46 包括冠

部 62，该冠部开始于延伸位置（见图 4A）并卷曲到退回位置中（见图 4B）。当卷曲到退回位置中时，冠部 62 将回转装置 28 和座圈 30 保持在承窝 40 中。

[0023] 如图 4B 最清楚看到的，承窝 40 的内壁 44 构造成滚道，该滚道用于以对轴承组件 20 的应用具有合适阻力的方式接纳和保持回转装置 28 和座圈 30。在图示的实施例中，内壁 44 设计成具有沿延伸穿过内孔 42 的中心轴线具有变化的圆形直径的圆形横截面直径。在这点上，内壁 44 具有凹的圆形凹陷，并构造成当处于卷曲位置中时在第一与第二端 46、48 处具有比在滚道中间小的直径。同样地，内壁 44 沿内周边限定凹陷 50，以接纳并保持球面的或部分球面的回转装置 28 和座圈 30。

[0024] 壳体部分 22 的轴 26 从头部 24 延伸，并可以是凸形（未示出）或具有接纳部分 52（见图 4A 和 4B）的凹形的螺纹轴。轴 26 例如可以通过在该轴 26 的接纳部分 52 内接纳螺纹紧固件（未示出）而连接至第二部件（未示出）。在示例性车用发动机应用中，第二部件可以是可连接至杠杆的另一轴承，以促动涡轮叶片位置。

[0025] 如上所述，回转装置 28 可以是球面的球形转环或部分球面的球形转环。在这点上，回转装置 28 构造成在承窝 40 内以具有合适的阻力的方式回转。回转装置 28 可包括开口 60，螺栓或其它附接硬件（未示出）可穿过该开口 60，以将回转装置 28 连接至第一部件（未示出）。在示例性车用发动机应用中，第一部件可以是电子控制的促动器。

[0026] 仍然参考图 4B，座圈 30 设置在承窝 40 与回转装置 28 之间。座圈 30 在承窝 40 与回转装置 28 之间提供衬垫，以便润滑和防止承窝 40 与回转装置 28 的磨损。座圈 30 合适地形成为与承窝 40 的内壁 44 互相配合，以便当回转装置 28 运动时，在座圈 30 与承窝 40 之间提供合适的阻力。在这点上，座圈 30 具有中心腔 54 和内壁与外壁 56、58。和滚道一样，座圈 30 具有沿延伸穿过中心腔的中心轴线具有变化的圆形直径的圆形横截面直径。内壁 44 包括凹的圆形凹陷，以接纳并保持球面或部分球面的回转装置 28。外壁 58 突出，以便与承窝 40 的内壁 44 中的凹陷 50 互相配合。

[0027] 根据本发明的实施例，座圈 30 设计成在苛刻的发动机环境、极端振动、和 / 或高的排气温度条件下是牢固的。在一个实施例中，座圈 30 由高温塑料制成。在另一实施例中，座圈 30 可具有至少达到大约 450 华氏度的耐高温性。在另一实施例中，座圈 30 可具有至少达到大约 550 华氏度的耐高温性。在另一实施例中，座圈 30 可具有至少达到大约 650 华氏度的耐高温性。在另一实施例中，座圈 30 可具有至少达到大约 750 华氏度的耐高温性。在另一实施例中，座圈例如在寿命周期测试期间、在大约 10 磅的低负载的作用下随时间不会从其初始形状和尺寸改变超过 5%。

[0028] 座圈 30 合适地由具有少许延展性的高温塑料制成，该座圈 30 例如可通过注射成型或直接压缩模制成合适的设计而形成。一种合适的高温塑料是热塑性聚合物。合适的高温高性能塑料的非限制性示例是**VICTREX®** PEEK™ 聚醚酮醚热塑性塑料 (PEEK)。例如可通过注射成型将塑料模制成座圈的预期形状，随后可将塑料与回转装置 28 一起插入承窝 40 并卷曲就位（见图 4B）。PEEK 提供至少达到大约 450 华氏度的耐高温性。另一合适的座圈材料可以是聚醚酮醚酮酮 (PEKEKK)。PEKEKK 提供至少达到大约 550 华氏度的耐高温性。

[0029] 另一合适的座圈材料是聚酰亚胺塑料。合适的高温聚酰亚胺塑料的非限制性示例是 DUPONT™ **VESPEL®** 聚酰亚胺基聚合物。在本发明的范围内还包括聚酰亚胺塑料的其

它等级和品牌。聚酰亚胺具有达到大约 650 华氏度的耐高温性，在偏移下可达到大约 750 华氏度的范围。然而，这样的聚酰亚胺材料必须在高压下通过直接压缩模制而不是注射成型形成，并且在形成之后可能需要辅助机械加工。

[0030] 根据本发明的实施例，需要座圈 30 在达到并包括大约 700 华氏度的温度下保持其沿轴向方向和径向方向的强度。在优选实施例中，座圈的热挠曲温度至少大约与系统的设计最高运行温度相同，在该系统中，取决于应用需求，轴承组件 20 例如将在至少大约 450 华氏度、至少大约 550 华氏度、至少大约 650 华氏度、至少大约 750 华氏度等温度下运行。除强度之外，需要座圈耐振动和寿命周期磨损。在优选实施例中，座圈具有与其初始自由运动极限相比小于 5％的变化。

[0031] 如以下在示例 1 和 2 中更详细描述的，发明人已发现，陶瓷、包括高温涂层的金属对金属、和具有低的玻璃相变或热挠曲温度的塑料的高温和寿命周期性能不如在此描述的塑料材料表现得好。通常，发明人已发现，低的玻璃相变或热挠曲温度的塑料在高温下变形，陶瓷在高负载下断裂，而金属对金属在寿命周期测试下磨损，以影响轴承组件的关键特性（扭矩和自由运动）。此外，金属对金属轴承具有在极端条件下侵蚀和粘合的趋势。

[0032] 如在图示的实施例中最清楚看到的，座圈 30 例如在 C 形设计中可形成有间隙 64，以帮助容纳座圈材料的延展性以及各种装配方法中的差异（见图 3）。在 C 形设计中，座圈 30 在横截面形状上为大致圆形的同时沿其圆弧具有间隙 64。当在回转装置 28 与承窝 40 之间压缩座圈 30 以装配在头部 24 中时，间隙 64 允许座圈 30 在不损坏座圈 30、承窝 40、或回转装置 28 的情况下退让。C 形座圈设计的退让性给予理想的握持和球与座圈的一致性。该一致性增大座圈 30 的磨损面，因而通过座圈 30 在轴承组件 20 内允许较大的振动吸收和负载分配。尽管以 C 形设计的图示实施例示出，但应理解，完整的圆形座圈同样在本发明的范围内。

[0033] C 形设计中间隙 64 的尺寸取决于多个因素、包括但不局限于轴承组件 20 的特定应用、头部 24、回转装置 28、或座圈 30 的材料预期的膨胀或扩张等。在一个非限制性示例中，间隙 64 可具有达到大约 0.020 英寸的尺寸。应理解，尽管示出为 C 形设计，但座圈 30 还可设计成具有超过一个的间隙，例如，座圈可由一起限定具有大致圆形横截面的座圈的两个或多个部分构成。C 形设计的优点是其在不需要多个部分的情况下允许有间隙 64。即使在负载作用下、塑料通常变得对变形敏感时的高温下，C 形座圈 30 的退让性和一致性特性也被证明是相容的。

[0034] 现在将更详细地描述制造上述轴承组件 20 的方法。如上所述，例如可通过注射成型或直接压缩模制将座圈 30 形成为合适的形状。如果通过压缩模制形成，则座圈在成型期间可能需要辅助机械加工，以满足预期的规格。

[0035] 参考图 4A，然后将座圈 30 与回转装置 28 一起插入承窝 40。在这点上，可围绕回转装置 28 压缩座圈 30，然后将轴承 30（或组合的座圈 30 与回转装置 28）套入承窝 40。根据本发明的另一方法，可在将回转装置 28 插入承窝 40 之前或之后，不依赖于回转装置 28 将座圈 30 插入承窝 40。

[0036] 当将座圈 30 和回转装置 28 插入承窝 40 时，利用打样机测试轴承组件 20 的扭矩，该打样机使回转装置 28 相对于承窝 40 运动，以在承窝 40 中没有受限制的自由运动的情况下获得预期的扭矩。当获得预期的扭矩时，使冠部 62 卷曲就位，以便以预期的扭矩维持承

窝 40 中的回转装置 28 和座圈 30(见图 4B)。根据本发明的一种方法,在使冠部 62 卷曲就位之后,打样机释放其负载,但通过打样机继续使回转装置 28 运动,以确保获得合适的卷曲和合适的扭矩。

[0037] 如上所述,控制系统中提高的灵敏度和准确度在轴承应用中变得重要。应理解,通过在此描述的制造轴承组件的方法获得的扭矩测量的精确度允许精确的控制系统,并防止轴承组件 20 中不预期的失准(或自由运动)。

[0038] 在一些高温应用中,发明人已发现的是,座圈材料在使用期间可具有某些膨胀。该膨胀在使用中影响回转装置 28 与承窝 40 之间的预期阻力。为了处理该问题,座圈 30 以 C 形设计构造有间隙 64,以允许在该间隙 64 内的扩张或膨胀。另外,还可在用于轴承组件 20 之前将座圈 30 预烤至大约 700 华氏度的高温。这样的预烤使座圈 30 退火并防止使用期间的附加膨胀。然而,应理解,由于应用期间温度和负载的变化,因而不是在所有的应用中都需要预烤退火,这种情形还影响轴承组件的性能和需求。

[0039] 现在转向图 5,将更详细描述根据本发明的另一实施例形成的轴承组件。除将在以下更详细描述的关于轴承组件的壳体部分的差异之外,轴承组件在材料和操作方面大致与先前描述的实施例相同。为了在随后的说明中清楚,轴承组件 20 相同的元件的附图标记相似,但对于图 5 的图示实施例以 100 为系列。

[0040] 如上所述,本发明的实施例不局限于杆端轴承组件。在图示的实施例中,示出板轴承组件 120。参考图 5,板轴承组件 120 包括壳体部分 122,其中壳体部分 122 大致为限定一个或多个承窝 140 的板。与在图 1-4A 的图示实施例中描述的上述承窝一样,该实施例的承窝 140 构造成以使得在回转装置 128 与承窝 140 的内表面之间设置有座圈 130 来接纳回转装置 128。尽管在图示实施例中示出一个承窝 140 和一个回转装置 128,但应理解,壳体部分 120 可构造成接纳多个回转装置 128。

[0041] 示例 1

[0042] 高温下的强度数据

[0043] 在达到并包括 700 华氏度的温度下沿两个方向进行杆端轴承组件的强度测试 :轴向方向(孔的轴线方向)和径向方向(壳体的轴线方向)。在强度测试中将多种不同的材料用于座圈,材料包括陶瓷、尼龙塑料、聚酰亚胺、和 PEEK 座圈、以及具有诸如非电镀镍 **TEFLON®**涂层的高温涂层的金属对金属轴承。以下在表 1 中列出测试的结果。“通过”或“失效”标识涉及贯穿从大约 68 华氏度(室温)直到大约 700 华氏度(高温)的温度周期是否能维持大约 250 磅的轴承保持负载。

[0044]

座圈材料	68F	700F
陶瓷	失效	失效
尼龙	通过	失效
DUPONT™VESPEL®聚酰亚胺基聚合物	通过	通过
VICTREX®PEEK™聚醚酮醚热塑性塑料	通过	通过
具有非电镀镍 TEFLON®涂层的钢	通过	通过

[0045] 表 1 :高温下的强度数据

[0046] 由于全钢结构，因而具有高温涂层的金属对金属轴承在强度测试试验中表现最好。然而，金属对金属轴承趋于在下面以示例 2 中描述的寿命周期测试中失效。

[0047] 塑料（尼龙、聚酰亚胺、和 PEEK）和陶瓷座圈具有非常高的最终抗压强度，这种情形导致轴承组件沿径向方向成功地经受高的负载。失效模式测试常常导致在座圈和转环在沿径向方向的负载作用下失效之前，壳体或连接杆件的失效。

[0048] 在轴向方向上，塑料与陶瓷座圈之间在强度方面的差异变得更加普遍。由于陶瓷低的断裂韧性，因而不管温度如何，陶瓷几乎立即失效。在大部分试验中，陶瓷在不到其它材料（塑料和金属对金属）70％的负载下断裂。

[0049] 在各种塑料的热挠曲温度下或接近该热挠曲温度处看到不可接受的塑料座圈（诸如尼龙）中最终的失效模式。由于座圈刚度的损失，因而当材料接近热挠曲温度时，轴承保持负载将几乎减小为零。诸如尼龙的许多普通的聚合物具有比达到并包括大约 700 华氏度的高温应用低得多的热挠曲温度。

[0050] 在高级聚酰亚胺和 PEEK 材料中，热挠曲温度显著地高于预期高温应用所需的温度。不是熔化，聚酰亚胺塑料在高温下（诸如超过 800 华氏度）倾向于随时间氧化，并且使材料中的粘合剂降解，使塑料变脆。在测试中观察不到氧化。在这点上，基于聚酰亚胺的特定级别和轴承的特定载荷和应用，聚酰亚胺座圈从大约 -40 华氏度高达至大约 550 华氏度或者至大约 750 华氏度出现的测试保持超过其 95％的初始强度。由于聚酰亚胺材料在该温度范围不熔化，因而与不接受的塑料座圈一样，稍微氧化降解是可接受的，尤其在低的负载条件下。

[0051] 示例 2

[0052] 寿命周期数据

[0053] 寿命周期测试包括贯穿应用的预期温度范围（例如达到并包括 700 华氏度）的重复（例如达到 3 千万个周期）周期运动（杆的角运动、例如来回 20 度的摆动）量的变化。在寿命周期中将多种不同的材料用于座圈，材料包括聚酰亚胺座圈、PEEK 座圈、以及具有诸如非电镀镍**TEFLON®**和高温干膜润滑剂（钼）的各种高温涂层的金属对金属轴承。显著地，陶瓷和尼龙座圈由于它们在示例 1 中的上述强度测试中的失效，因而不被测试。

[0054] 以下在表 2 中列出测试的结果。数据表明，在小于大约 10 磅的可以忽略轴承负载的作用下，随着温度从大约 70 华氏度（大致室温）循环至大约 700 华氏度的应用特定高温，游隙或自由运动在 20,000,000 个周期之后、在具有由各种材料制成的座圈的轴承组件中以百分比的形式增加。

[0055]

座圈材料	周期完成时自由游隙的平均增益％
DUPONT™VESPEL®聚酰亚胺基聚合物	低于 5％
VICTREX® PEEK™聚醚酮醚热塑性塑料	低于 5％
具有非电镀镍 TEFLON®涂层的钢	超过 100％
具有高温干膜润滑剂（钼）的钢	超过 100％

[0056] 表 2 :在 20,000,000 个周期之后的轴向游隙

[0057] 在寿命周期测试之后，具有高温涂层的金属对金属轴承在周期运动中的关键点处相容地磨损，导致轴承组件的扭矩不预期的变化和自由运动不预期的变化。发明人发现，由于在负载下彼此接触的两种不容赦的金属表面的重复运动，因而涂层在周期运动期间降解 ;因此，降解的斜率剧烈。在大部分试验中，发明人发现，关键特性（扭矩和自由运动）将在大约 50％的预期寿命周期下改变。初始地，部件由于承窝中碎屑（即来自轴承或滚道本身的削片或磨损颗粒）的增加而变紧。驱动杆所需的扭矩在此处增大。当部件退化时，磨损将加速到自由运动超出系统内的准确运动可接受的水平点。数据表明，一旦涂层磨损（通常在预期寿命周期的一半以内），随后的磨损与系统中的初始自由运动相比较将以 10 倍增大。在自由运动的该水平下，转环本身将可能变得从滚道脱开。这种磨损在经受包括具有温度循环的碎屑（灰尘、沙粒）和 / 或振动测试的加速磨损测试时更有意义。

[0058] 这些应用中的塑性材料（例如聚酰亚胺和 PEEK）由于塑料的自润滑特性，因而不具有与金属对金属相同的摩擦磨损。另外，塑料在振动测试期间吸收冲击应力。然而，结合加热周期（例如达到并包括 700 华氏度）的寿命周期试验加速失效塑料（例如尼龙）的断裂。可接受的聚酰亚胺和 PEEK 材料从它们的初始自由运动极限改变不超过 5％。

[0059] 尽管已图示并描述了说明性的实施例，但应理解，在不偏离本发明的精神和范围的情况下，可在其中作出各种变化。

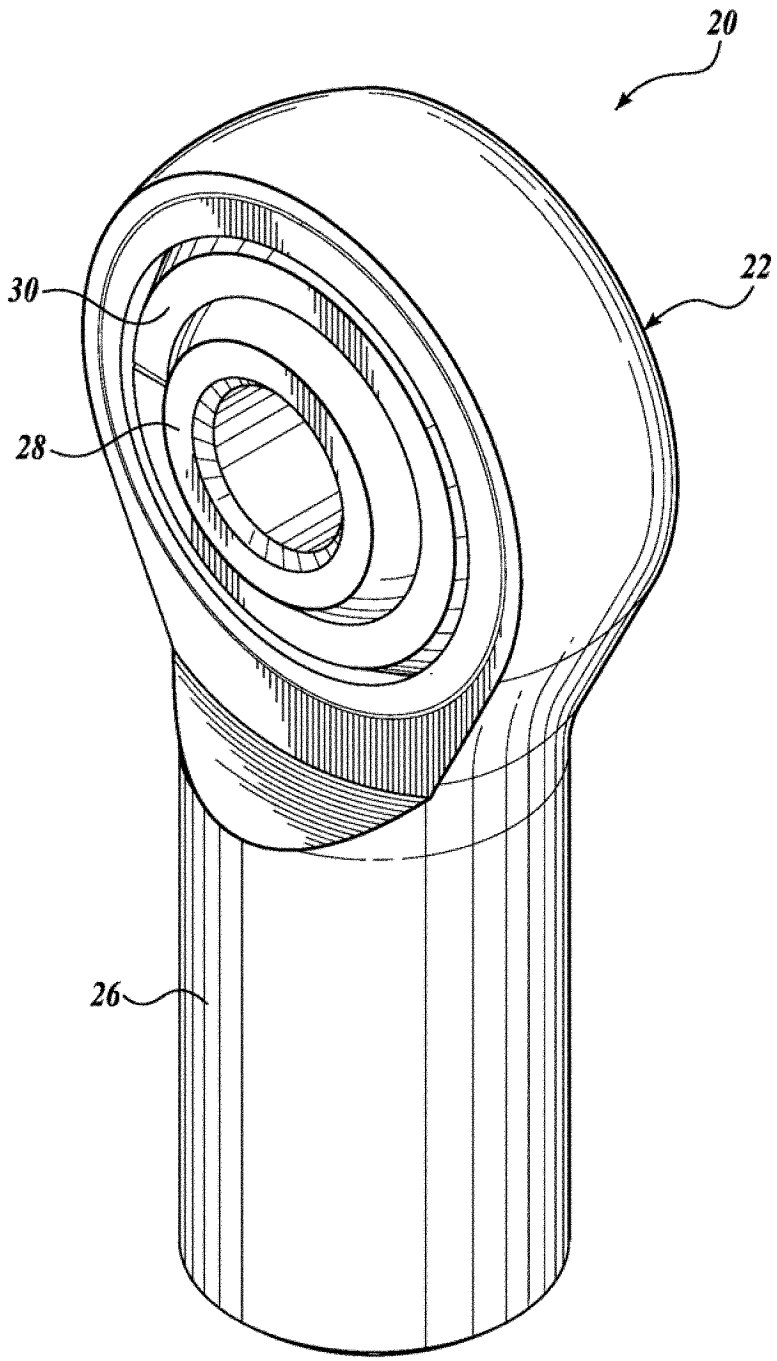


图 1

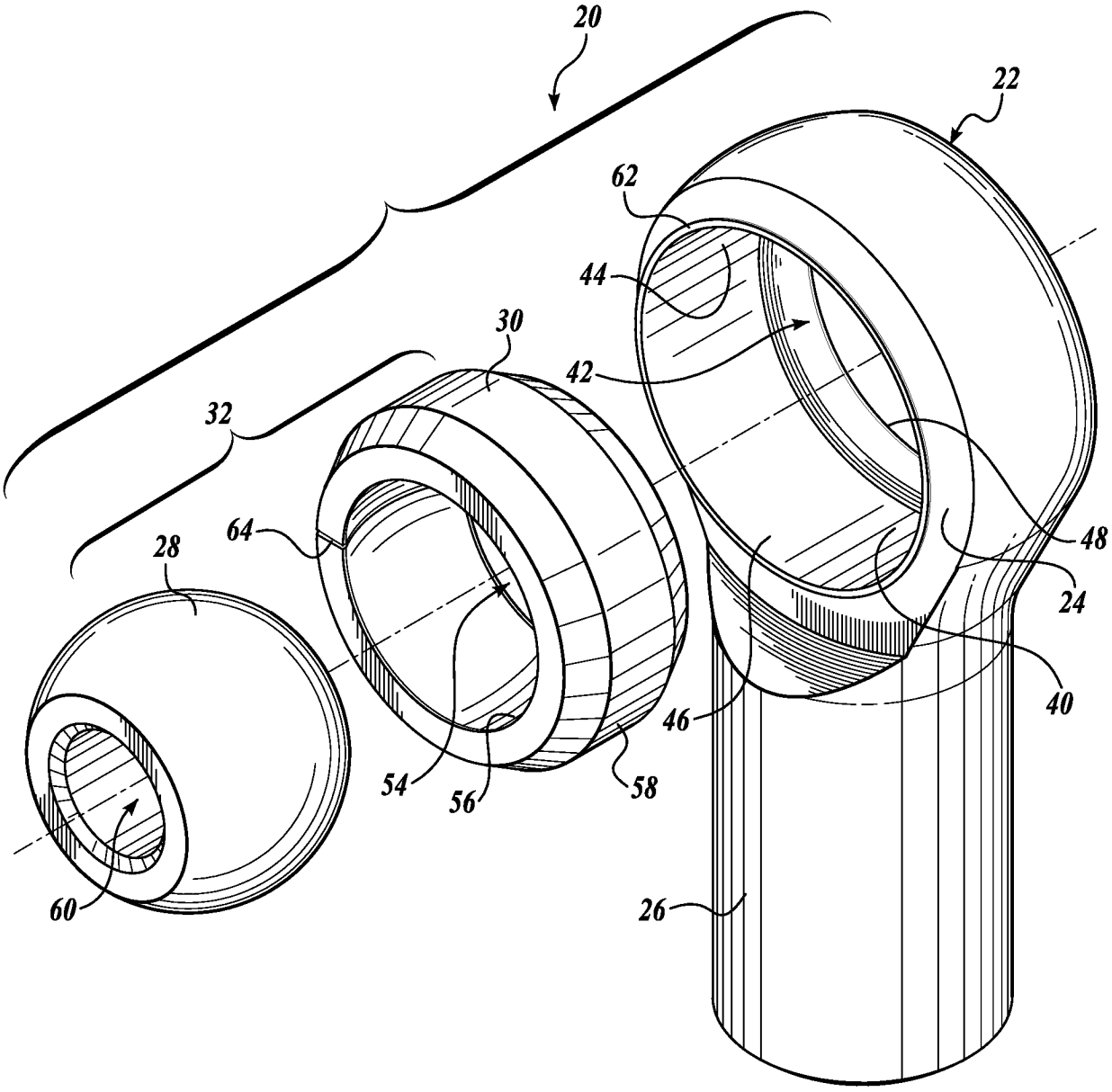


图 2

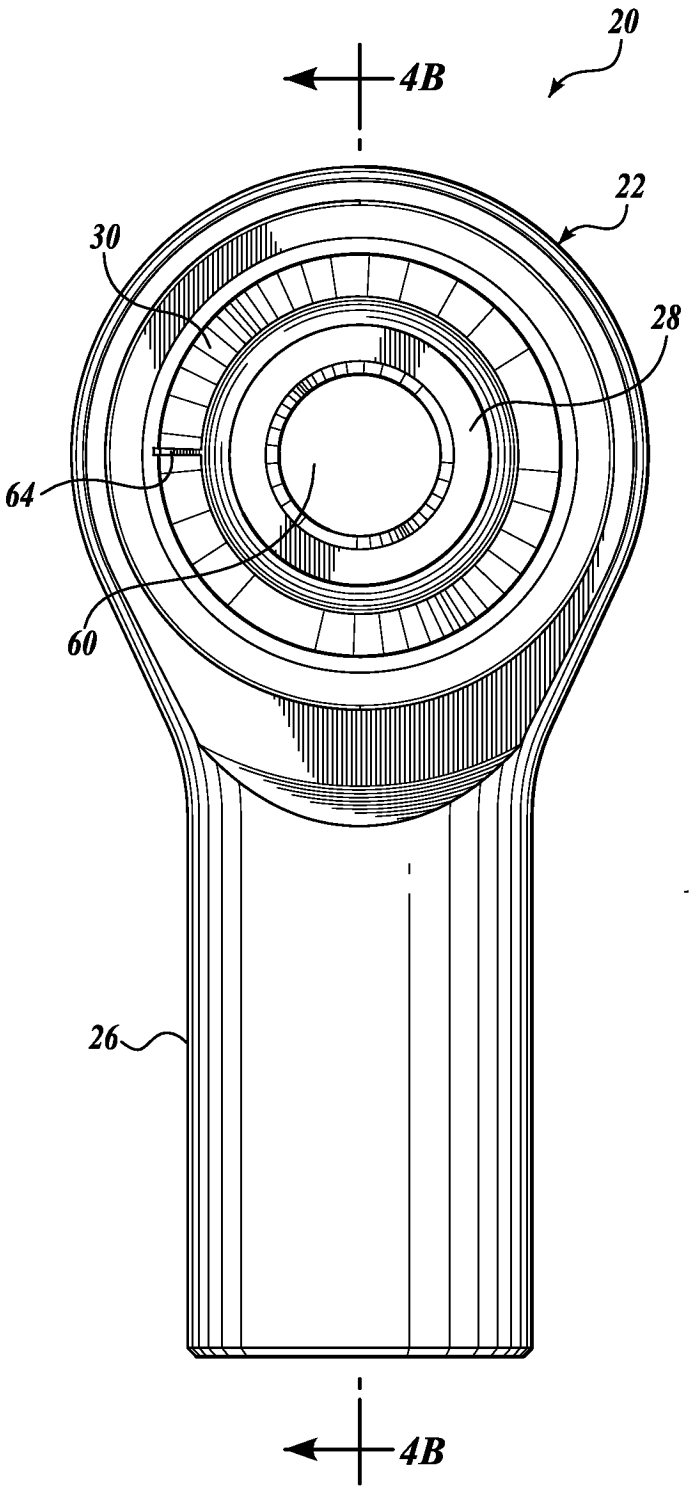


图 3

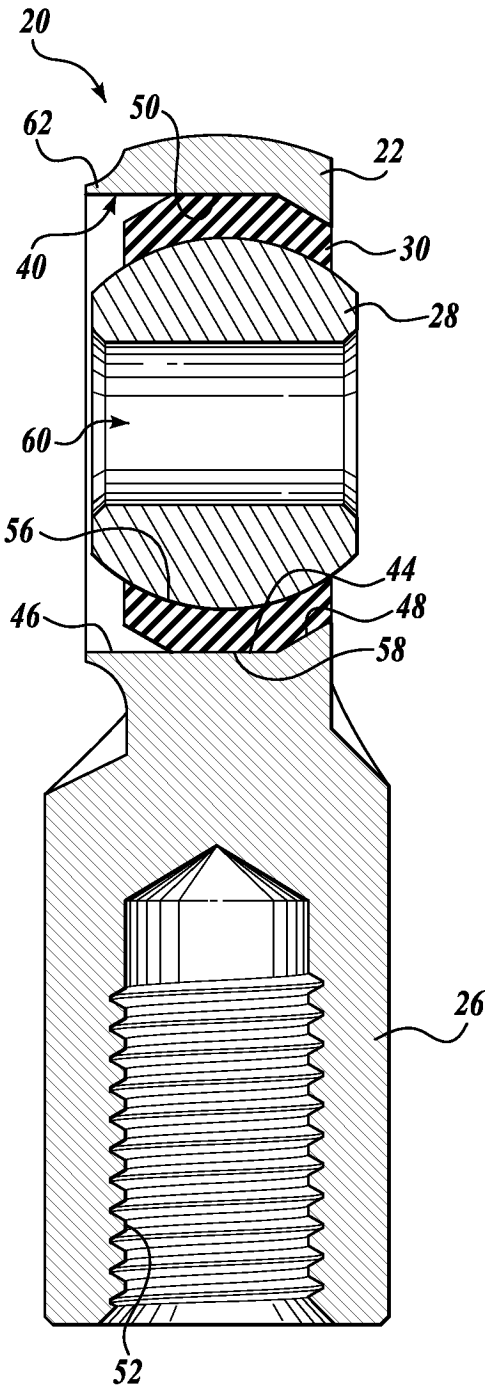


图 4A

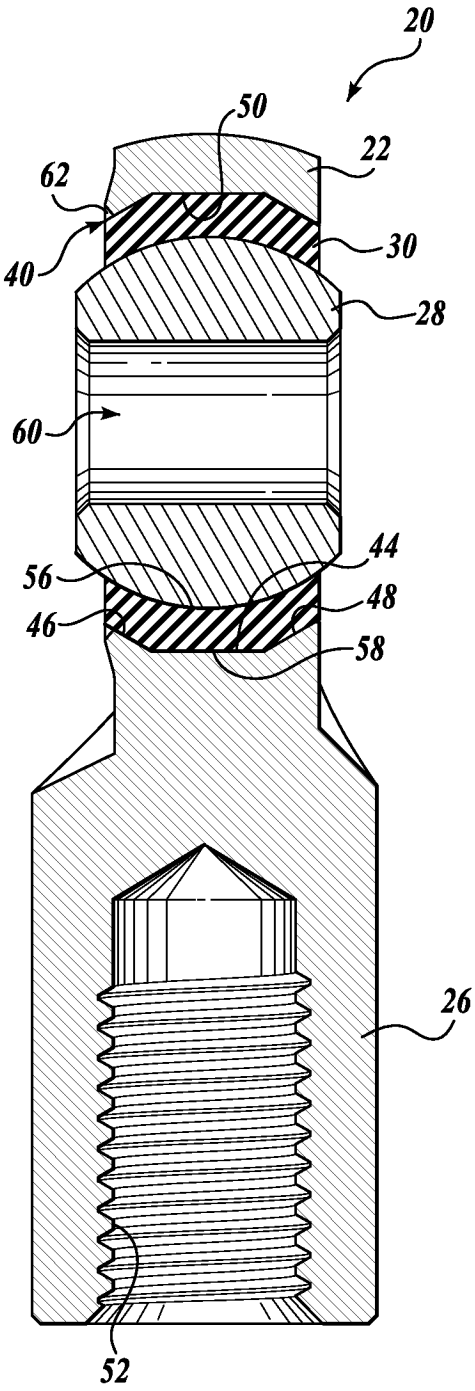


图 4B

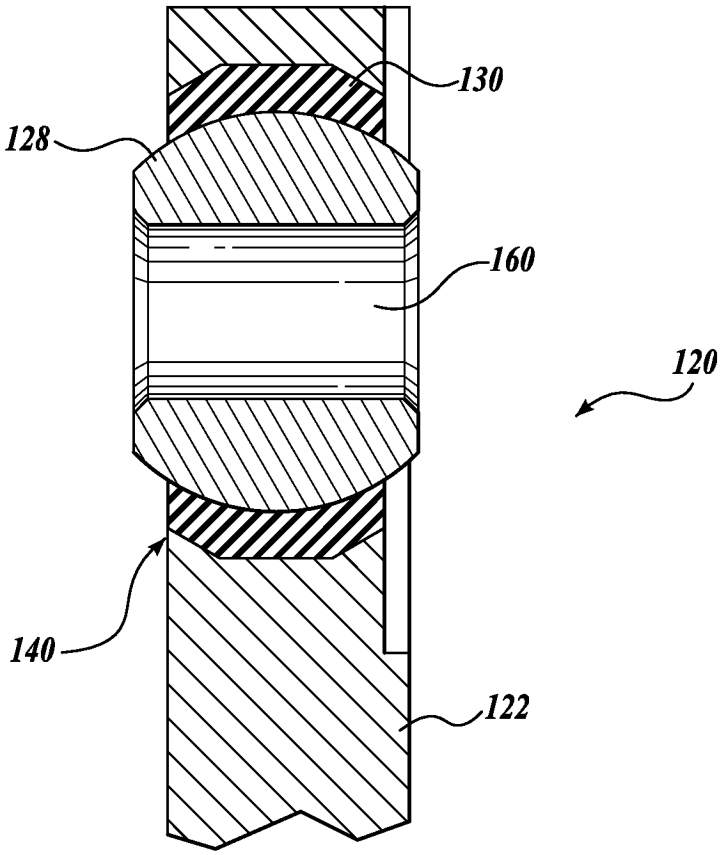


图 5