

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F16J 15/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710199768.6

[43] 公开日 2009年5月6日

[11] 公开号 CN 101424342A

[22] 申请日 2007.10.30

[21] 申请号 200710199768.6

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 K·阿南德 M·萨尔希

B·W·布里森 F·加斯皮普尔

P·马修 D·M·格雷

D·斯里尼瓦桑

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 范晓斌 廖凌玲

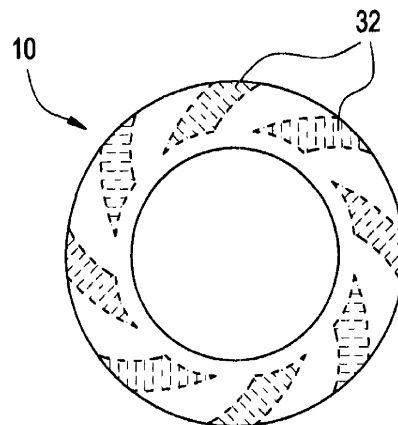
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

[54] 发明名称

机械密封件及其制造方法

[57] 摘要

一种机械密封件包括一对相对的密封面(10)，其中，该对密封面(10)中的至少一个密封面包括布置在基底(12)上的多层涂层(14)，其中，该多层涂层(14)具有：相异层的周期性重复；或一种组合物的多个层，其中该组合物中没有任何两个相邻层包括相同比例的组合物组分；或这两者。一种方法包括将多层涂层(14)布置到基底(12)上以形成机械密封件的一对相对密封面(10)中的至少一个密封面。



1.一种机械密封件，包括：

一对相对的密封面（10），其中，该对密封面（10）中的至少一个密封面包括布置在基底（12）上的一多层涂层（14），其中，该多层涂层（14）包括：

相异层的周期性重复；或

一种组合物的多个层，其中，该组合物中没有任何两个相邻层包括相同比例的组合物组分；或

这两者。

2.如权利要求1所述的机械密封件，其中，这些相异层形成一种异质结构。

3.如上述权利要求中任一项所述的机械密封件，其中，该多层涂层（14）进一步包括粘合层（16）、低摩擦层（28）或润滑剂层（30）或其组合。

4.如上述权利要求中任一项所述的机械密封件，其中，包括有布置到基底（12）上的该多层涂层（14）的该对密封面（10）中的该至少一个密封面在该非接触式机械密封件的工作期间旋转。

5.如上述权利要求中任一项所述的机械密封件，其中，包括有布置到基底（12）上的该多层涂层（14）的该对密封面（10）中的该至少一个密封面包括螺旋形凹槽（32）。

6.如上述权利要求中任一项所述的机械密封件，其中，该机械密封件是非接触式机械密封件。

7.一种方法，包括：

将一多层涂层（14）布置到基底（12）上以形成机械密封件的一对相对密封面（10）中的至少一个密封面。

8.如权利要求7所述的方法，其中，该多层涂层（14）包括：

相异层的周期性重复；或

一种组合物的多个层，其中，该组合物中没有任何两个相邻层包括相同比例的组合物组分；或

这两者。

9.如权利要求8所述的方法，其中，该多层涂层（14）的任何一层均采用物理气相沉积进行布置。

10.如权利要求7所述的方法,还包括在将该多层涂层(14)布置到基底(12)上之前将粘合层(16)化学气相沉积到基底(12)上。

机械密封件及其制造方法

技术领域

本发明涉及密封件,特别是涉及用于旋转机械中的机械密封件。

背景技术

机械密封件用于各种旋转轴装置,在包括鼓风机、压缩机、真空泵、膨胀器和热气通路组件等等。通过在例如工作室和外界环境之间或在压缩机或涡轮的两个连续级之间设置隔板,这些密封件防止流体(气体或液体)从容纳有旋转轴的工作室泄漏或使其减到最少。

一种这样的机械面密封件是螺旋槽密封件,其中螺旋形凹槽区域设置在一对相对密封面中的一个密封面上。当密封面之一相对于另一个旋转时,由于流体力的作用,流体受迫通过凹槽流向密封面的非凹槽部分。在某一取决于密封件设计的速度下,由于这种泵送作用,流体压力将这两个密封面分离一精确量。密封面的非凹槽部分起到密封挡板的作用,以便为流体泄漏提供阻力及保持均匀的流体压力。该对相对密封面中的一个密封面可弹簧加载,从而通过保证施加作用力以阻止这两个密封面的分离以及将密封面间的缝隙减到最少,以给流体泄漏提供附加的阻力。

当转速过低时(例如,在安装有螺旋槽密封件的装置开动和关闭期间),没有形成足够的压力以分离密封面。结果,密封面之间发生接触,尽管是短暂的,但足以在密封面处由于摩擦热和磨损而产生微裂缝、颗粒拔离和/或颗粒粉化。这些缺陷的浓度由于反复接触和/或在正常工作条件(即转速)期间产生的周向应力与离心应力而增大,这导致密封件失效以及密封壳体和/或使用密封件的装置的最终失效。

之前延长密封件寿命的努力集中在增加硬度、增加抗裂缝性、减少摩擦、使接触次数减到最少等等。现在,许多密封面由高性能碳化物制成(例如碳化钨、碳化硅等等,及它们的各种形式),以代替氧化物或金属。然而,许多这样的密封件受到厚度的限制,所以不能经受它们在使用寿命期间所遭受的磨损

状况。因此，尽管已经获得改善，但是在本领域仍然需要改进的机械密封件。

发明内容

一种机械密封件包括一对相对的密封表面，其中该对密封面中的至少一个密封面包括布置于基底上的一多层涂层，其中，该多层涂层包括相异层（distinct layers）的周期性重复。

在另一个实施例中，该机械密封件包括一对相对的密封面，其中该对密封面中的至少一个密封面包括布置于基底上的一多层涂层，其中，该多层涂层包括一种组合物的多个层，并且其中，该组合物中没有任何两个相邻层包含相同比例的组合物组分。

一种方法，包括将多层涂层布置到基底上以形成非接触式机械密封件的一对相对密封面中的至少一个密封面。

上述描述及其他特征由下列附图和具体实施方式举例说明。

附图说明

现在参考附图，所述附图是示例性的实施例，并且其中相同的元件以相同的编号标注：

图 1 是非接触式机械密封面的一部分的纵向截面图；和

图 2 是具有螺旋形凹槽的非接触式机械密封面的示意图。

10-密封面 12-基底 14-多层涂层 16-粘合层 18-涂层 20-涂层 22-涂层 24-涂层 26-涂层 28-低摩擦层 30-固体润滑层 32-螺旋形凹槽

具体实施方式

此处公开了机械密封件及其制造方法。在示例性实施例中，机械密封件是非接触式机械密封件。术语“非接触式”在此使用以描述密封件时具有其领域公认的含义（即：在使用该密封件的装置的工作期间，在相对密封面之间某个点处有由压力产生的分离）。转速（相对密封面之间的分离以这样的速度出现）也与密封面的表面光洁度有关。随着时间的流逝，当密封表面老化时，需要高转速以用于分离，从而导致当密封面的表面接触时在它们上面产生更多的热量和磨损。与现有技术相比，在此公开的密封件和方法总体上基于包括多层涂层的

至少一个密封面。多层涂层的使用有益地产生硬的耐磨密封面，该密封面减少了摩擦并且减少了与磨损相关的微裂缝形成。这些特征最终导致密封件和装置的寿命延长。

而且，术语"第一"、"第二"等等，并不表示任何次序、数量、或重要性，而是用于区分一个元件与另一个元件；并且术语"该"、"一"和"一个"并不表示数量限制，而是表示存在至少一个所引用的部件。用于与数量相关的修饰语"大约"包括所述值，并且具有根据上下文表述的含义（例如，包括与特定量测量有关的误差度）。此外，描述相同数量或物理特性的所有范围包括所述端点并且可独立地组合。

密封件通常包括一对相对的密封面，其中至少一个密封面包括布置在基底上的多层涂层。在密封件工作期间，密封面中的一个相对于另一个旋转。尽管密封面的二者之一（或两者）可包含多层涂层，但最好是至少该旋转密封面包括多层涂层。此外，密封面的二者之一（或两者）可选地包含螺旋形凹槽；然而，最好是至少该旋转密封面具有这些凹槽。

现在参考图1，显示了标注为10的密封面的一部分。密封面10的该部分总体上包括基底12和布置于其上的多层涂层14。

在其上布置有多层涂层14的基底12可为任何金属、金属合金、或陶瓷的（例如，氧化物、氮化物、碳化物等等）成分。在示例性实施例中，基底12是碳化物成分。示例性的碳化物包括碳化硅（例如，固体碳化硅、硅化石墨、反应烧结碳化硅、自烧结的碳化硅、或包括前述至少一种的组合物）和碳化钨（例如，碳化钨或金属结合碳化钨）。值得注意的是，基底的成分和微结构能影响密封面的性能。

在多层涂层14内，各层的成分可选择成提供所期望的特性，例如硬度、耐磨性、润滑性、抗热应力性、断裂韧度、粘附性、或包括至少一个上述特性的组合。

举例来说，当期望的是硬度、耐磨性、和/或抗热应力性时，可用陶瓷材料作为多层涂层14中一层的成分。适当的陶瓷成分包括：硬质相（hard phase）金属氧化物，例如 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 等等；金属碳化物，例如 Cr_3C_2 、 WC 、 TiC 、 ZrC 、 B_4C 等等；金刚石、类金刚石碳；金属氮化物，例如立方 BN 、 TiN 、 ZrN 、 HfN 、 Si_3N_4 、 AlN 、 TiAlN 、 TiAlCrN 、 TiCrN 、 TiZrN 等等；金属硼化物，例如

TiB₂、ZrB₂、Cr₃B₂、W₂B₂等等；以及包括至少一种上述成分的组合。或者，多层涂层 14 的一层的成分是陶瓷组合物，该陶瓷组合物包括占该组合物总体积的至少 51%体积（体积百分比）的前述适当陶瓷成分以及粘结相的相对较软且低熔点的成分。用于该陶瓷组合物的适当的陶瓷粘结相成分包括 SiO₂、CeO₂、Y₂O₃、TiO₂、以及包括至少一种前述陶瓷粘结相成分的组合。在另一可供选择的实施例中，多层涂层 14 的一层的成分是金属陶瓷组合物（金属陶瓷）。适当的金属陶瓷包括 WC/Co、WC/CoCr、WC/Ni、TiC/Ni、TiC/Fe、Ni(Cr)/Cr₃C₂，以及包括上述至少一种的组合。用于多层涂层 14 的一层的其他成分包括这样的组合，这些组合包括陶瓷、陶瓷组合物、或金属陶瓷（例如包括上述之一的金属或合金基体）中的至少一种。

在另一个示例中，当期望的是润滑性时，多层涂层 14 的一层的成分可包含锆、MoS₂、聚酰胺、含氟聚合物（例如聚四氟乙烯、氟化乙烯-丙烯共聚物等等）、石墨、过渡金属硼化物、六方氮化硼和类似固体润滑剂。有益地是，当处于粉末形式时，这些固体润滑剂除提供润滑外还将促进从密封件的接触区域排走热量。

在另一个示例中，当期望的是粘附性时，该多层涂层 14 的一层的成分可包括：MCrAl 或 MCrAlY 合金，其中 M 表示例如铁、镍、或钴的金属；NiAl(Zr) 成分；或者类似物。

尽管对可形成多层涂层 14 的个层（individual layer）的数目没有具体上限，但是至少有 2 层。在该多层涂层 14 的内部，应考虑个层与基底一起的热膨胀以及这些个层之间的热膨胀。另外，这些层应该能承受任何不均匀的应变。

此外，在多层涂层 14 的内部，各层可具有不同的厚度和/或各层可具有不均匀的厚度。各层的平均厚度可独立地为大约 5 纳米（nm）到大约 25 微米（ μm ）。在该范围内，各层的平均厚度可独立地大于或等于大约 10nm，尤其大于或等于大约 20nm。同样在该范围内，各层的平均厚度可独立地小于或等于 10 μm ，尤其是小于或等于大约 5 μm 。整个多层涂层 14 的平均厚度可为大约 2 μm 到大约 500 μm 。在该范围内，整个多层涂层 14 的平均厚度可大于或等于大约 5 μm ，尤其大于或等于大约 8 μm 。同样在该范围内，整个多层涂层 14 的平均厚度可小于或等于 200 μm ，尤其小于或等于大约 50 μm 。

在一个实施例中，多层涂层 14 的至少一部分可以是这些个层的周期性重复。

例如,两种不同的成分可交错层叠以形成3层或更多层。另外,3种不同的成分可以以任意数量的排列方式层叠,包括但不限于1-2-3-1-2-3-,1-2-3-2-1-等等。如果这些交错层叠的层足够薄(例如小于或等于大约100 nm),就形成了异质结构或超晶格,该结构可比更厚的个层具有显著改善的硬度和断裂韧度。

在另一实施例中,多层涂层14可包括超过一个层的组合物,使得各层具有相同的组成成分但具有不同的量或比例。例如,一种包括分散在基体内的纳米颗粒的组合物可用于该多层涂层14的各层,并且在下一个相邻层中的纳米颗粒量增加(或减少)从而存在梯度特性。当在此使用时,关于该多层涂层中的层,术语“相邻”是指两个成物理接触的层(即在称为彼此相邻的两层之间没有中间层)。

多层涂层14的各层可通过各种适用技术独立地沉积或以其它方式形成于基底12上,这些技术例如是:物理气相沉积(PVD),包括电子束物理气相沉积(EB-PVD)、射频溅射、离子束溅射、等离子体辅助物理气相沉积、阴极电弧沉积和阴极电弧等离子体沉积;化学气相沉积(CVD)等等。本领域技术人员根据本发明公开的内容在没有过多实验的情况下,可使用这些技术中的各种技术形成多层涂层14的个层。取决于所用的技术,各层的原子结构可独立地按照特定的密封应用场合所希望的那样做成晶状或非晶形。此外,如果为晶状,还可根据该特定的密封应用场合所希望的那样调整晶粒形态。

重新参考图1,机械密封件的示例性旋转密封面10可形成在镍接合WC金属陶瓷基底12上。WC颗粒的平均最长尺寸大于或等于大约3 μm 。尤其是,粒度分布是双模态的,其中大约60%的颗粒具有大于大约3 μm 的平均最长尺寸,并且余量颗粒具有小于大约2 μm 的平均最长尺寸。存在于金属陶瓷内的镍的量是金属陶瓷总重量的大约6%到大约15%(重量百分比)。在该范围内,优选的是在该金属陶瓷内具有大于或等于大约9%(重量百分比)的镍。如此,由于存在增大量的镍而防止在WC中产生的任何裂缝增大。

多层涂层14通过沉积交错的TiN层(18,22,和26)和ZrN层(20和24)而形成。应该认识到,尽管已经参考了5个交错层(即18、20、22、24和26),但这仅用于说明性的目的。本领域技术人员将理解,可以使用任何数量的交错层。此外,尽管本实施例中的第一交错层18(即最接近于基底的层)指为TiN

层, 但 ZrN 也可用作第一交错层 18。

交错层 18、20、22、24 和 26 由 PVD 技术沉积, 并可被直接沉积到基底 12 上或沉积到可选的粘合层 16 上, 该粘合层比第一交错层 18 能更好地粘附到基底 12 上。该可选的粘合层 16 可使用 CVD 来沉积以提供对基底上晶粒成长的更好控制。希望的是, 可选的粘合层 16 具有与第一交错层 18 相同的成分, 以提供两者间最大的相容性。交错层 18、20、22、24、和 26 中, 通常每层具有大约 20 nm 到大约 100 nm 的厚度, 以形成异质结构。在一个实施例中, 所有交错层 18、20、22、24 和 26 的总厚度为大约 3 μ m 到大约 8 μ m。该可选的粘合层 16 可具有大约 1 μ m 到大约 25 μ m 的厚度。

可选择地, 低摩擦层 28 可布置在最后的(即基底 12 的最外面)交错层 26 上。例如, 该可选的低摩擦层 28 例如可为类金刚石碳层。任何上述技术均可用来沉积该可选的低摩擦层 28。

替换地或者除了该可选的低摩擦层 28, 可选的固体润滑剂层 30 可布置到该最后的交错层 26 (或该可选的低摩擦层 28) 上, 以便当旋转密封面 10 接触到相对的密封面(未示出)时给旋转密封面 10 提供增大的润滑性。该可选的固体润滑剂层 30 可以是打磨出的, 或者用粘结相沉积到该最后交错层 26 (或可选低摩擦层 28) 上。

当多层涂层 14 的最上层已经沉积到基底 12 上时, 螺旋形凹槽 32 (如图 2 所示) 可被刻蚀或机械加工到该最上层的表面内。还可能的是, 在沉积该多层涂层 14 之前机械加工或刻蚀该基底 12, 同时在沉积之后保持该螺旋形凹槽 32。用于将多层涂层 14 沉积到已进行机械加工或已刻蚀好的基底 12 上的技术包括 EB-PVD、阴极电弧沉积等等。

在另一实施例中, 代替交错的 TiN 层(18、22 和 26)和 ZrN 层 (20 和 24)的是, 采用由一种组合物(该组合物包括分散于纳米结构的 NiCrAl 或 CoCrAl 合金基体中的 Al₂O₃ 纳米颗粒)构成的多个层, 使得该多个层中的每层具有与任一直接相邻层所不同的 Al₂O₃ 纳米颗粒的浓度(例如体积分数)。例如, 一层可为富陶瓷的(ceramic-rich), 而其相邻层可为富合金的(alloy rich)。在该组合物内部, Al₂O₃ 纳米颗粒具有大约 10 nm 到大约 200 nm 的平均最长尺寸。同样地, 在累积的组合物内部, 整个 Al₂O₃ 体积分数是高的(例如大约 70%到大约 80%), 以便为该组合物提供增大的硬度。

多个组合物层（18、20、22、24 和 26）由 PVD 技术沉积，并且同样地可直接地沉积到基底 12 或可选的粘合层 16 上，该粘合层 16 可比第一组合物层 18 更好地粘附到基底 12 上。该多个组合物层（18、20、22、24 和 26）的整体厚度为大约 50 μm 到大约 300 μm 。

在还一实施例中，该多层涂层 14 包括该多个组合物层和该异质结构的组合，以提供更为增大的硬度。希望的是，该多个组合物层是在包括异质结构的层之前沉淀到基底上的，以便该异质结构布置到该多个组合物层的与基底相反的表面。

本领域技术人员还应当认识到，在此公开的机械密封件和方法提供了硬的耐磨密封面，其具有减小的摩擦以及减小的与磨损相关的微裂缝形成。例如包括多层涂层的密封面的维氏硬度（Hv）可为大约 4000 到大约 5000。结果，可以显著延长机械密封件和采用该密封件的装置的使用寿命。

还应当认识到，机械密封件和采用该密封件的装置可包括已知与机械密封件和采用机械密封件的装置一起使用的其它部件，例如弹簧（用于弹簧加载一对弹簧面中的至少一个，其通常为静止面）、轴、转子、定子、第二 O 形环密封件等等。

尽管已经参照示例性实施例对本发明进行了描述，但是本领域的技术人员可以理解，在不脱离本公开的范围的情况下，可以产生多种变化并且等效元件可替代其中元件。另外，在不脱离本公开实质范围的情况下，可以进行许多变型以使特定情况或材料适合于本公开的教导。所以，这就意味着，本公开不限于作为最佳实施方式所公开的特定实施例，但是本公开将包括落入所附权利要求的保护范围内的全部实施例。

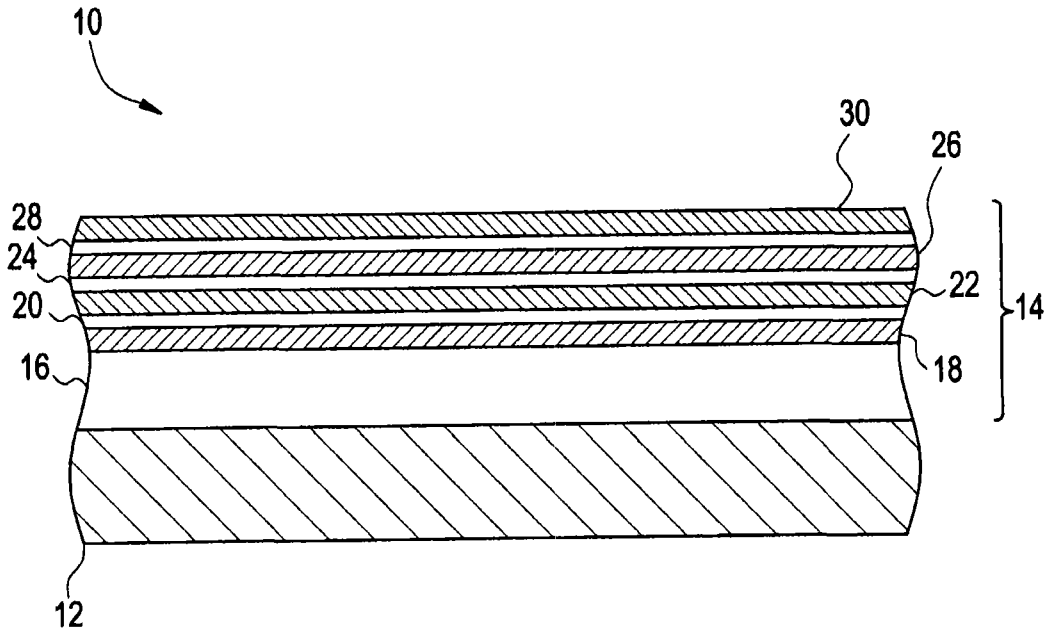


图 1

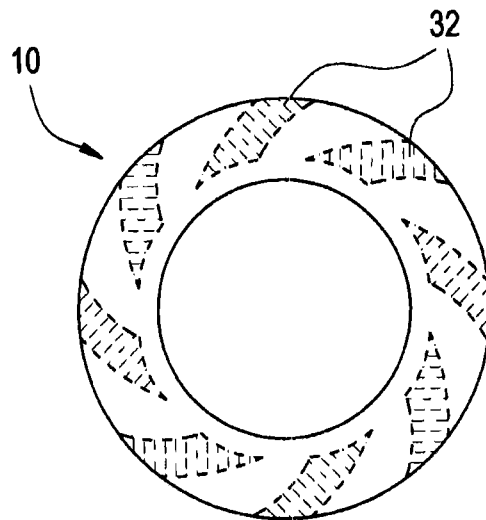


图 2