(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108204405 B
(45)授权公告日 2021.05.07

(21)申请号 201711360707.3
(22)申请日 2017.12.15
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108204405 A
(43)申请公布日 2018.06.26
(30)优先权数据
201641042871 2016.12.16 IN
(73)专利权人 爱尔派美国竞标公司
地址 美国特拉华州
(72)发明人 M.朗哈拉罕
S.塞巴斯蒂安卡塔亚纳特 S.马特
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 周心志 李强
(51)Int.Cl.
F16C 17/02(2006.01)
F16C 33/24(2006.01)
F16C 37/00(2006.01)
F16H 57/04(2010.01)

(56)对比文件
GB 2022722 A,1979.12.19
DD 155917 A1,1982.07.14
US 5120140 A,1992.06.09
EP 1233197 A1,2002.08.21
GB 1359595 A,1974.07.10
CN 101809302 A,2010.08.18
DE 930004 C,1955.07.07
CN 1145299 A,1997.03.19
CN 1764794 A,2006.04.26
CN 105545943 A,2016.05.04
JP 2012026504 A,2012.02.09

审查员 竺国卿

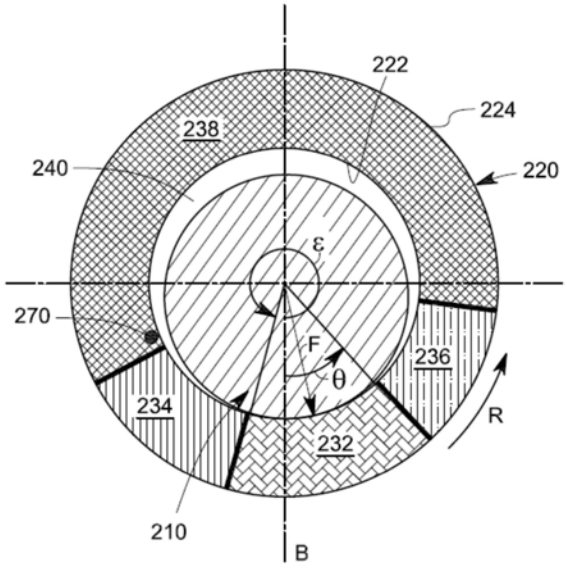
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

用于轴的轴颈轴承

(57)摘要

本发明公开了一种用于轴的轴颈轴承。所述轴颈轴承包括:无接缝连续主体,所述无接缝连续主体具有内表面以及外表面,所述内表面限定用于接纳所述轴的孔。所述无接缝连续主体中垂直于孔轴线的横截面包括至少三个角区段。所述至少三个角区段中的每个角区段包括与所述至少三个角区段中的每个相邻角区段不同的微结构或不同的成分中的至少一者。



CN 108204405 B

1.一种用于轴(210)的轴颈轴承(220),所述轴颈轴承包括:

无接缝连续圆柱形主体,所述无接缝连续圆柱形主体包括内表面(222)和外表面(224),所述内表面限定用于接纳所述轴(210)的孔(240),

其中垂直于所述无接缝连续圆柱形主体的孔轴线的横截面包括四个角区段(232,234,236,238),所述四个角区段包括一个承载区段(232)、两个散热区段(234,236)以及一个润滑剂贮存器区段(238),每个角区段均沿无接缝连续圆柱形主体的长度延伸,

其中所述承载区段(232)沿所述轴(210)的力(F)的径向方向定位,所述润滑剂贮存器区段(238)定位成与所述承载区段(232)相对,并且所述两个散热区段(234,236)在两侧上与所述承载区段(232)和所述润滑剂贮存器区段(238)相邻,

其中所述承载区段(232)和所述润滑剂贮存器区段(238)包括与每个相邻散热区段(234,236)不同的微结构或不同的成分中的至少一者,并且

其中所述承载区段(232)的角跨度在15°到40°的范围内,所述两个散热区段(234,236)的组合角跨度在25°到180°的范围内,以及所述润滑剂贮存器区段(238)的角跨度大于90度。

2.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述无接缝连续圆柱形主体的孔是圆形孔或椭圆形孔。

3.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述四个角区段在其相交部处彼此混合。

4.根据权利要求3所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述相交部包括沿角跨度的微结构渐变或成分渐变中的至少一者。

5.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述承载区段是实心结构,所述实心结构包括选自由金属、合金、陶瓷、复合材料或其组合构成的群组中的材料。

6.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述承载区段的硬度沿所述承载区段的径向方向减小。

7.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述散热区段包括高导热性材料。

8.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述润滑剂贮存器区段是包括多个孔的多孔结构,其中所述多个孔的体积百分比沿所述润滑剂贮存器区段的径向方向增大。

9.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述角区段中的至少一个角区段包括沿所述至少一个角区段的径向方向的不均匀区域。

10.根据权利要求1所述的轴颈轴承(220),其特征在于,所述角区段中的至少一个角区段进一步包括传感器、探测器、冷却片或其组合。

用于轴的轴颈轴承

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及轴颈轴承，并且更确切地说，涉及具有无接缝连续主体并且在垂直于孔轴线的横截面中具有至少三个角区段的轴颈轴承。

背景技术

[0002] 轴颈轴承(journal bearing)广泛地用于在发动机应用中对发动机轴进行轴接(journaling)。通常，轴颈轴承由高强度材料制成并且可以具有一个或多个涂层。例如，典型的轴颈轴承具有拱形钢背衬(arcuate steel backing)，其上涂覆有一层或多层其他更软或更硬材料以形成一个或多个涂层。所述钢背衬为轴颈轴承提供结构刚度和承载能力。所述涂层有助于减少摩擦、磨损、腐蚀、疲劳、卡住和气蚀(cavitation)。所述涂层可以提供额外功能，例如润滑、散热、可接受的嵌入性、承载强度和与轴颈轴承的一致性(conformability)。有时，在设计合适的涂层时，可能会使一个或多个功能妥协(compromised)以获得轴颈轴承的最佳操作。例如，轴颈轴承中在其操作期间与轴接触的涂层可以设计成增加该层的可嵌入性，尽管它会使耐磨性妥协。

[0003] 用于制备当前已知的轴颈轴承的方法包括多个制造和装配/集成步骤。许多常规轴颈轴承是由两半共同形成一个整圆的对开轴承。可以通过选择适当高强度材料(例如钢)和/或通过改变所用材料的微结构来实现所述对开轴承的一种或多种预期功能。可以通过使用诸如溅射、电化学沉积、无电镀(electroless plating)和喷涂等技术在轴颈轴承的两半的钢背衬上形成多层涂层。人们期望使轴颈轴承易于制造并且具有定制部分以执行轴颈轴承的预期功能。

发明内容

[0004] 一方面，本发明公开了一种用于轴的轴颈轴承。所述轴颈轴承包括无接缝连续主体(joint-less，continuous body)，所述无接缝连续主体具有限定接纳轴的孔的内表面(inner surface)以及外表面(outer surface)。垂直于孔轴线的无接缝连续主体的的横截面包括至少三个角区段(angular sectors)。所述至少三个角区段中的每一个角区段包括与所述至少三个角区段中的每个相邻角区段不同的微结构(different microstructure)或不同的成分(different composition)中的至少一者。

[0005] 其中，所述至少三个角区段中的至少两个角区段沿所述无接缝连续主体的长度(L_1)延伸。

[0006] 其中，所述无接缝连续主体是具有圆形孔或椭圆形孔的无接缝连续圆柱形主体。

[0007] 其中，所述至少三个角区段中的每个角区段包括至少5°的角跨度(angular span)。

[0008] 其中，所述至少三个角区段在其相交部(intersections)处彼此混合(blended)。

[0009] 其中，所述相交部包括沿角跨度的微结构渐变(gradation)或成分渐变中的至少一者。

[0010] 其中，所述至少三个角区段包括承载区段(load bearing sector)、散热区段(heat dissipation sector)和润滑剂贮存器区段(lubricant reservoir sector)。

[0011] 其中，所述承载区段是实心结构(solid structure)，所述实心结构包括选自由金属、合金、陶瓷、复合材料(composite)或其组合构成的群组中的材料。

[0012] 其中，所述承载区段的硬度(hardness)沿所述承载区段的径向方向减小。

[0013] 其中，所述散热区段包括高导热性材料(high thermal conductivity material)。

[0014] 其中，所述润滑剂贮存器区段是包括多个孔的多孔结构(porous structure)，其中所述多个孔的体积百分比沿所述润滑剂贮存器区段的径向方向增大。

[0015] 其中，所述承载区段的角跨度低于以下项中的至少一项：所述散热区段的角跨度或所述润滑剂贮存器区段的角跨度。

[0016] 其中，所述承载区段的所述角跨度在从约15°到约40°的范围内。

[0017] 其中，所述润滑剂贮存器区段的所述角跨度大于90°。

[0018] 其中，所述至少三个角区段包括至少两个散热区段，并且其中所述至少两个散热区段的组合角跨度在从约25°到约180°的范围内。

[0019] 其中，所述承载区段沿所述轴的力的径向方向定位，所述润滑剂贮存器区段相对于所述承载区段定位，并且所述至少两个散热区段在两侧上与所述承载区段和所述润滑剂贮存器区段相邻。

[0020] 其中，所述角区段中的至少一个角区段包括沿所述至少一个角区段的径向方向的不均匀区域(inhomogeneous region)。

[0021] 其中，所述角区段中的至少一个角区段进一步包括传感器、探测器(probe)、冷却片(cooling fin)或其组合。

[0022] 另一方面，公开一种用于轴的轴颈轴承，所述轴颈轴承包括：无接缝连续圆柱形主体，所述无接缝连续圆柱形主体包括内表面和外表面，所述内表面限定用于接纳所述轴的孔，其中垂直于所述无接缝连续圆柱形主体的孔轴线的横截面包括四个角区段。所述四个角区段包括一个承载区段、两个散热区段以及一个润滑剂贮存器区段，每个角区段均沿无接缝连续圆柱形主体的长度延伸，其中所述承载区段沿所述轴的力的径向方向定位，所述润滑剂贮存器区段定位成与所述承载区段相对，并且所述两个散热区段在两侧上与所述承载区段和所述润滑剂贮存器区段相邻，其中所述承载区段和所述润滑剂贮存器区段包括与每个相邻散热区段不同的微结构或不同的成分中的至少一者。并且其中所述承载区段的角跨度在约15°到约40°的范围内，所述两个散热区段的组合角跨度在约25°到约180°的范围内，以及所述润滑剂贮存器区段的角跨度大于90度。

附图说明

[0023] 参照附图阅读以下具体实施方式将能更好地理解本发明的各种特征、方面及优点，在附图中，相似符号表示附图中的相似部分。除非另作说明，否则本说明书中提供的附图旨在仅示出本发明的关键特征。确信这些特征适用于包括本发明一个或多个实施例的各种系统。因此，附图并不意图包括所属领域中的普通技术人员已知的实践本发明所需的所有常规特征。

[0024] 图1是根据本发明一些实施例的包括轴颈轴承和轴的系统的中心轴截面透视图。

[0025] 图2是根据本发明一些实施例的垂直于轴颈轴承孔轴线的示意性截面图。

[0026] 图3是垂直于孔轴线的截面示意图的一部分，其中示出了根据本发明一些实施例的轴颈轴承的两个角区段的相交部(intersection)。

[0027] 图4是根据本发明一些实施例的垂直于轴颈轴承的孔轴线和轴的示意性截面图。

具体实施方式

[0028] 在以下说明和随后的权利要求中，除非上下文以其他方式明确指出，否则单数形式“一”、“一个”和“所述”包括复数形式。本说明书全文和权利要求书中所用的近似语言可以用于修饰能够合理改变而不改变相关对象的基本功能的任何数量表示。因此，由术语“约”修饰的值可以不限于指定的精确值，而是可以包括不同于指定值的值，而不影响预期功能。在至少一些情况下，近似语言可能与用于测量值的仪表的精度对应。

[0029] 为了更清楚和简明地描述并指出主题，除非针对特定实施例另有具体说明，否则用于以下描述和所附权利要求中的特定术语的定义如下。

[0030] 本说明书中所用的术语“无接缝连续主体(joint-less，continuous body)”是指没有任何接头和/或任何分部的单一主体。在制造时，所述无接缝主体形成为整体式单件。因此，无接缝主体不具有在制备所述主体的各个宏观结构部分之后形成的任何接头或接缝。换言之，所述无接缝主体的成形方法不是首先制备各个宏观结构部分，然后通过使用任何物理、化学和/或机械方式将其连接在一起。所述连续主体没有位于主体中的任何裂缝或断口(split or break)。连续主体与不连续主体相反，不连续主体中具有在其操作期间放置在一起作为单个主体运行的一个或多个部分。术语“角区段(angular sector)”是指无接缝连续主体横截面中围封于所述无接缝连续主体在所述横截面中的两个半径、内表面和外表面内的一部分。所述角区段是依据角跨度来限定和提及的(referred)。角区段的术语“角跨度(angular span)”是指角区段的内表面圆弧所正对的角度。确切地说，角区段的角跨度是指角区段内表面圆周的圆弧所正对的中心角。换言之，角跨度通常指位于角跨度的两个半径之间的角度。

[0031] 本发明的一个方面涉及具有特定构造的轴颈轴承。本发明一些实施例公开了一种用于轴的轴颈轴承。所述轴颈轴承包括无接缝连续主体，所述无接缝连续主体具有内表面和外表面。内表面限定用于接纳所述轴的孔。垂直于孔轴线的无接缝连续主体的横截面包括至少三个角区段。在一些实施例中，垂直于孔轴线的无接缝连续主体的横截面可以包括3到60范围内的任何数量的角区段。例如，垂直于孔轴线的无接缝连续主体的横截面可以具有4、5、10、25或40个角区段。所述至少三个角区段中的每一个角区段包括与所述至少三个角区段中的每个相邻角区段不同的微结构或成分中的至少一者。

[0032] 在一些实施例中，所述轴颈轴承通过增材制造(additive manufacturing)方法制造。在所述增材制造方法中，通过逐层添加材料来构建三维物体。通过喷涂覆层(spray coating)制造物体是增材制造的一个非限制性示例。这与通过将一个宏观结构部分接合到另一个宏观结构部件的常规三维物体成形方法相反。可以采用各种不同材料进行增材制造，例如但不限于金属、合金、塑料和复合材料。在需要高度复杂结构的领域中特别需要采用增材制造，在这些领域，由于常规制造方法存在先天的限制，难以采用它们来实现高度复

杂结构。采用增材制造法来制造轴颈轴承可提供更大的设计空间，例如在轴颈轴承的部件中包括不均匀的微结构。

[0033] 图1是根据本发明某些实施例的系统100的轴向截面示意图。系统100包括轴110和用于轴110的轴颈轴承120。所述轴颈轴承具有内表面122，所述内表面122限定接纳轴110的孔124。所述孔124具有中心线孔轴线126。所述轴颈轴承具有外表面128。轴颈轴承120可操作地连接到轴110，以使轴颈轴承120和轴110在系统100的操作期间成对操作。在系统100操作期间成对操作的轴颈轴承120和轴110不一定需要或不指示轴颈轴承120与轴110之间存在任何物理结合。轴颈轴承120的无接缝连续主体具有第一端132和第二端134，从而将轴颈轴承的长度L_1限定为第一端132与第二端134之间的最短距离。轴颈轴承120在系统100操作期间支撑轴110，并且帮助轴110在轴颈轴承120内自由旋转或振动，并将径向载荷传递到其上安装有轴承120的固定结构。

[0034] 图2示出了轴颈轴承120的无接缝连续主体在垂直于孔轴线126的方向上的横截面150。所述轴颈轴承的无接缝连续主体的横截面150示出了内表面122、外表面128和至少三个角区段160、170和180，每个角区段160、170和180由两个半径以及内表面122和外表面128的相应弧限定。例如，角区段160是由半径153和154以及内表面122和外表面128位于半径153与154之间的弧限定的无接缝连续主体的区域。类似地，角区段170是由半径155和156以及内表面122和外表面128位于半径155与156之间的弧限定的区域；并且角区段180是由半径157和152以及内表面122和外表面128形成于半径157与152之间的弧限定的区域。角区段160具有角跨度d，角区段170具有角跨度β，并且角区段180具有内表面122的相应弧所正对的角跨度δ，即选自半径153、154、155、156、157和152中的相应半径对之间的中心角。不同角区段的角跨度可以完全基于角区段的功能来设计，并且不需要设计成轴对称的。所述轴颈轴承沿横截面的宽度“W_1”是横截面中位于轴颈轴承120的无接缝连续主体的外表面128上两个相对点之间的最短距离。角区段沿横截面150的宽度“W_2”可以是横截面中位于无接缝连续主体的内表面122与外表面128之间的最短距离。

[0035] 如图2所示，角区段170和角区段180与角区段160相邻。以类似方式，角区段170与角区段160和180相邻，并且角区段160和170与角区段180相邻。所述至少三个角区段160、170、180中的每一个角区段包括与所述至少三个角区段中的每个相邻角区段不同的微结构或成分中的至少一者。因此，在一些实施例中，在如图2所示具有三个角区段160、170和180的实施例中，每个角区段160、170和180在微结构、成分或微结构和成分的组合上与其他两个角区段不同。

[0036] 在一些实施例中，角区段160、170或180中的至少两个角区段沿无接缝连续主体的长度L_1(如图1所示)延伸。因此，在一些实施例中，长度L_1上任何距离处的横截面都将具有所述至少三个角区段中的至少两个角区段。在一些实施例中，横截面150可以位于图1所示轴颈轴承120的主体的第一端132与第二端134之间的任何距离L_2处。

[0037] 所述无接缝连续主体不需要在垂直于孔轴线的所有横截面中具有至少三个角区段。但是它需要在垂直于孔轴线的至少一个横截面中包括至少三个角区段。在一些实施例中，所述无接缝连续主体在垂直于孔轴线的所有横截面中都包括至少三个角区段。在一些实施例中，从第一端132起的图1所示横截面的距离L_2是轴颈轴承120的主体长度L_1的至少10％。在特定实施例中，横截面的距离L_2是长度L_1的一半，从而限定位于轴颈轴承120无接缝

连续主体中心处的横截面。在特定实施例中，在长度L_1中任何距离处的横截面150将具有至少三个角区段中的所有角区段。

[0038] 轴颈轴承的无接缝连续主体可以具有任何外部和/或内部形状，其中可以包括更多可选结构变化，例如凹槽、孔和/或凸角(lobes)。在一些实施例中，轴颈轴承可以具有延伸到无接缝连续主体的任何额外外部和/或内部结构延伸部，例如可以形成非连续离散倾斜垫的凹槽、孔和/或凸角的延伸部。在一些实施例中，所述无接缝连续主体具有圆柱形外表面和圆柱形内表面。在一些实施例中，所述无接缝连续主体是具有圆形孔或椭圆形孔的无接缝连续圆柱体。因此，所述圆柱体的内表面可以限定有助于促进轴和轴颈轴承组合的可操作性的圆孔或椭圆孔。

[0039] 横截面150的至少三个角区段可以具有增强至少三个角区段的功能并提高轴颈轴承的整体性能的任何角跨度。特定角区段的较大角跨度可以增强与所述角区段相关联的功能。在一些实施例中，至少三个角区段中的每个角区段包括至少5°的角跨度。

[0040] 在一些实施例中，沿无接缝连续主体的长度上的、垂直于孔轴线的不同横截面中的角区段数量可能不同。在一些实施例中，根据每个角区段的功能，垂直于孔轴线的不同横截面中特定角区段的角跨度可能不同。在一些实施例中，特定角区段的角跨度可以沿无接缝连续主体的长度连续变化。在一些实施例中，在无接缝连续主体的整个长度中，特定角区段的角跨度可以连续变化。在非限制性示例中，角区段的角跨度从中心横截面到第一端132和第二端134连续减小。在另一个非限制性示例中，角区段的角跨度从第一端132到第二端134连续减小。在一些实施例中，沿主体长度L_1上的不同横截面中的角区段相对于固定轴颈轴承底部的位置可以不同。在一些实施例中，从中心横截面向第一端132和/或第二端134测量时，连续横截面中的角区段的位置连续倾斜。在另一个非限制性示例中，从第一端132向第二端134测量时，连续横截面中的角区段的位置连续倾斜。

[0041] 横截面150的至少三个角区段彼此相邻。在具有如图2所示的三个角区段的一些实施例中，三个角区段在它们的相交部(intersections)190处彼此混合。在具有三个以上角区段的实施例中，每个角区段在其相交部190处与两个相邻区段相混合。因此，任何两个角区段的相交部190处于扩散状态，而在相交部190内没有任何特定边界或接头来界定所述角区段。此外，相邻角区段在相交部190中混合使整体式(monolithic)无接缝连续主体具有两个相邻角区段。所述整体式架构确保每个相邻区段中从功能上可区分的方面均通过混合而交织在一起，而不是包含架构上独立的部件。相交部190中的相邻角区段的混合可确保轴颈轴承120的连续性、强固性，而不使角区段的相交部190成为操作期间易于破裂或断裂的弱点。

[0042] 所述角区段可以以各种方式在相交部190中彼此混合。在一些实施例中，相交部包括沿角跨度的微结构渐变或成分渐变中的至少一者，如图3中所示。图3示出了两个角区段170和180的渐变相交部194，以使当正在半径156和157之间从角区段170移向角区段180时，角区段170的材料密度在相交部194中逐渐减小，并且角区段180的材料密度在相交部194中逐渐增大。例如，如果第一角区段在成分上不同于相邻的第二角区段，则第一角区段和相邻的第二角区段的相交部可以具有成分渐变。所述成分渐变可以通过使相交部成分沿角跨度从第一角区段的成分向第二角区段的成分逐渐变化而形成。在另一个示例中，如果两个相邻的角区段的微结构彼此不同，那么它们的相交部可以具有沿角跨度的微结构变化。任何

两个角区段之间的微结构差异的非限制性示例包括晶粒尺寸(grain size)、晶粒形状(grain shape)、晶间边界(intergranular boundary)或孔隙度(porosity)差异。在一些实施例中,如图2所示,任何两个角区段的相交部190跨至少1°的有限角跨度γ。

[0043] 本说明书中公开的轴颈轴承中的角区段的连续相交部(continuous intersections)与对开轴承的常规两半彼此接触或机械接合成轴颈轴承进行工作相反。角区段的连续相交部特别有利于实现从一个角区段到另一个角区段的无缝性质变化,而在不影响或妥协轴颈轴承的宏观结构完整性或不在轴颈轴承中引入微结构突变和成分突变。

[0044] 轴颈轴承中的各个角区段可以设计成适用于功能所需的各种功能,或者与常规轴颈轴承相比有利于轴颈轴承性能增强的各种功能。轴颈轴承功能的非限制性示例包括承载性、耐磨性、耐腐蚀性、耐侵蚀性、抗磨损性(scuffing resistance)、耐咬合性(seizure resistance)、抗气蚀性(cavitation resistance)、散热性、润滑剂贮存、操作期间润滑剂在轴表面上的分散性(dispersal)、润滑剂中小异物颗粒的嵌入性(embeddability of small foreign particles)、以及各种参数的测量,例如温度、磨损、轴颈轴承与轴之间的润滑量。

[0045] 所述轴颈轴承的承载能力是轴颈轴承可承受的最大循环应力值(cycling stress)。需要所述轴颈轴承即使在轴经历过无数次操作循环之后仍具有高承载能力。在一个示例性实施例中,施加到轴颈轴承的循环应力是在使用轴颈轴承的内燃机中产生的燃烧和惯性力的结果。操作期间,如果轴颈轴承上的载荷超过轴颈轴承的疲劳强度(fatigue strength),则轴颈轴承中可能产生疲劳裂纹。这些疲劳裂纹可能在副表面处产生,并可能扩展到表面,导致轴颈轴承的材料剥落(flaking)。

[0046] 轴颈轴承的耐磨性是尽管在润滑剂中存在磨蚀性异物并且在轴颈轴承与轴材料之间间歇、直接接触的条件下,轴颈轴承的材料维持其尺寸稳定性的能力。可嵌入性是轴颈轴承材料捕获小异物颗粒,例如在润滑油中循环的污垢、碎屑、灰尘和研磨残余物,并将这些颗粒捕获在轴颈轴承内表面之下的能力。若轴颈轴承材料的可嵌入性不良,会导致加速磨损并且轴和轴颈轴承表面上产生划痕,这可能进一步导致卡住。

[0047] 在所述系统的操作中,通常通过在摩擦表面之间添加润滑剂来减小轴和轴颈轴承之间的滑动摩擦。当恒定地向轴承表面供应足量的机油时,发动机轴承通常由机油润滑。润滑摩擦的特征在于轴承表面和轴颈表面之间存在一层加压润滑剂薄膜(流体动力学或挤压薄膜)。一般来说,许多工程应用都有流体动力学(hydrodynamic)轴颈轴承。在流体动力学轴颈轴承中,相对低载荷下的高转速会导致流体动力学摩擦,其特征在于摩擦表面之间存在稳定的润滑剂膜。流体动力润滑中,表面之间无接触。所述润滑剂膜由于润滑剂挤压通过偏心(eccentric)轴颈与轴承之间的会聚间隙所产生的流体动力学压力而使轴承表面和轴表面分离。所述润滑剂可以连续地供应到轴颈轴承与轴的接触表面,因此期望轴颈轴承具有润滑剂贮存器和/或连续润滑剂供应,并且进一步具有在操作期间向轴与轴颈轴承的接触表面供应所需润滑剂量的设计和过程。

[0048] 轴颈轴承在操作期间中产生的热量,例如由于轴颈轴承与轴之间的摩擦而产生的热量应有效地消散,从而在短时间内达到系统的平衡操作条件。此外,期望限制所产生的平均温度或平衡温度,从而有效地控制由于高热条件导致的润滑剂劣化。

[0049] 在一些实施例中,所述轴颈轴承中的至少三个角区段包括承载区段、散热区段和

润滑剂贮存器区段。因此，在一些实施例中，轴颈轴承120具有至少一个承载区段、至少一个散热区段和至少一个润滑剂贮存器区段。其他角区段的非限制性示例包括一个或多个可嵌入角区段，这些可嵌入角区段特为实现异物颗粒嵌入性而开发；捕获区段，所述捕获区段具有特构造为捕获异物颗粒的凹穴(pockets)。

[0050] 通常，在当前可用的轴颈轴承中，轴颈轴承的承载功能通过使用高强度材料，例如钢，来构造轴颈轴承的至少下半部分加以实现。由于存在与使用不同材料构造轴承的多个部分相关联的困难，目前可用的轴颈轴承包括高强度材料作为至少下半部分的主要部件，即使可能只有在下半部分的有限角跨度中才需要所述承载能力。在本发明的一些实施例中，至少三个角区段中的至少一个角区段可以专门构造成实现轴颈轴承的承载能力，而不需要使其他角区段包括高强度承载材料。所述构造有助于提高轴颈轴承的使用寿命和性能。

[0051] 至少三个角区段可以由最适于至少三个角区段中每个角区段的功能要求的任何材料或任何材料组合构造(constructed)。例如，所述承载区段可以由具有高疲劳强度的材料构造。任何相邻角区段例如散热区段或润滑剂贮存器区段都可以由与承载区段完全不同的材料构造，以适应相应角区段的各个功能。例如，所述承载区段可以使用高强度钢或任何高强度合金构造，散热区段可以由铜构成，并且润滑剂贮存器区段可以由具有用于贮存和供应润滑剂的设计孔或微通道的聚合物构造。在一些实施例中，轴颈轴承的承载区段是包括选自金属、合金、陶瓷、复合材料或前述材料任何组合的材料的实心结构(solid structure)。承载区段材料的非限制性示例包括铁或高疲劳强度钢。

[0052] 在一些实施例中，轴颈轴承的承载区段位于预期将承受最大轴载荷的位置处。预期在操作期间承受最大轴载荷的位置可以位于轴的力F方向上，如图4所示。在轴空转(idle)或低转速条件下，轴的力方向可以是重力方向(即，图4中的底部B)。在一些实施例中，在系统100操作期间，力方向可以处于略微偏离固定轴颈轴承的底部B的位置。在一些实施例中，轴颈轴承的承载区段在轴颈轴承的底部点(bottom point)的±30°跨度内。承载区段的预期角跨度取决于轴的力方向在系统100操作期间的预期变化。在一些实施例中，所述承载区段的角跨度小于60°。在特定实施例中，承载区段的角跨度在约15°到约40°的范围内。

[0053] 在一些实施例中，承载区段的疲劳强度在整个承载区段中可以是均匀的。与承载区段的内部部分和外表面相比，需要使承载区段的硬度在与轴物理接触的表面上是最大的。因此，在一些实施例中，轴颈轴承的承载区段构造成使承载区段的硬度在轴颈轴承的内表面处是最大的。在一些实施例中，承载区段的硬度沿承载区段的径向方向减小。

[0054] 轴颈轴承的散热区段可以包括任何高导热材料，以使热量从轴颈轴承的内表面消散到外表面。散热区段的高导热性材料的非限制性实例示例包括铜、铝、银、金或石墨。

[0055] 在一些实施例中，轴颈轴承的散热区段包括高导热性材料。在一些实施例中，轴颈轴承的散热区段包括：包括高导热性金属通道网络(network of high thermal conductivity metal channels)的实心结构、包括小型热管(miniature heat pipe)的实心结构，或前述的任何组合。因此，在一些实施例中，散热区段可以主要由高导热性实心结构构成。在一些实施例中，所述散热区段包括低导热性或高导热性材料的实心结构，并且进一步包括可嵌入实心结构的高导热性金属通道网络。在一些实施例中，具有实心结构的散

热区段可以设计成包括有助于轴颈轴承内表面中产生的热量快速消散的小型热管。在无接缝连续轴颈轴承中实现的散热相对高于具有铸铁(cast iron)主体的常规轴承中实现的散热。高导热性材料可具有大于100W/m-K的导热性。

[0056] 所述轴颈轴承的润滑剂贮存器区段可以包括多孔结构,所述多孔结构可以将润滑剂保持分散到轴颈轴承的内表面以及与轴颈轴承接触的轴表面。在一些实施例中,所述润滑剂贮存器区段可进一步可以包括将润滑剂贮存器连接到轴颈轴承内表面的孔或微通道,以使来自润滑剂贮存器的润滑剂能够以预期方式和数量设置在内表面上。在一些实施例中,所述润滑剂贮存器区段是包括多个孔的多孔结构,以使多个孔的体积百分比沿润滑剂贮存器区段的径向方向增大。因此,在一些实施例中,所述润滑剂贮存器区段中的孔数量可以沿径向方向增大。在一些实施例中,所述孔径大小可以沿润滑剂贮存器区段的径向方向增大。在一些实施例中,与径向内部部分相比,所述润滑剂贮存器区段的径向外部部分可以具有更多数量的孔和/或更大孔径。在一些实施例中,润滑剂贮存器区段的径向内部中的孔尺寸和数量控制润滑剂贮存器区段的径向外部部分中贮存的润滑剂的量和分散方式。在一些实施例中,所述外部部分的多个细孔(fine pores)可以连接到微通道以将润滑剂输送到轴和轴颈轴承的界面。在一些实施例中,润滑剂贮存器区段可以不跨轴颈轴承的无接缝连续主体的整个长度L_1。

[0057] 在一些实施例中,可以使用基于表面能量的机制,例如微通道的毛细管作用(capillary action),在操作期间将润滑剂供应到轴和轴颈轴承的接触表面。在一些实施例中,所述润滑剂贮存器区段的功能可受到重力的影响。因此,除了润滑剂贮存器区段中的孔的尺寸、分布和容积率中的一项或多项之外,可以通过重力部分地控制来自贮存器的润滑剂的分散。因此,在一些实施例中,所述润滑剂贮存器区段设置在轴颈轴承的上部中。在一些实施例中,轴颈轴承的润滑剂贮存器区段位于与力方向相反的方向上,将润滑剂贮存器区段设置在与承载区段相反的方向上。

[0058] 使用增材制造可以在轴颈轴承的无接缝连续主体中形成各种角区段。可以通过沿轴颈轴承的任何特定方向进行逐层设置来构造轴颈轴承的无接缝连续主体。例如,在一些实施例中,所述轴颈轴承的无接缝连续主体可以通过将各层设置成沿孔轴线方向堆积而纵向(lengthwise)构造。在一些其他实施例中,所述轴颈轴承的无接缝连续主体可以通过将多个层设置成沿垂直于孔轴线的方向堆积而横向(widthwise)构造。

[0059] 在轴颈轴承的无接缝连续主体的纵向构造的非限制性示例中,具有两个或更多个角区段的基底层可以在精确界定的位置处使用两个或更多个角区段的材料进行沉积。可以通过将用于角区段的特定材料和特定材料的混合物以所需比率沉积到相交部来控制角区段以及角区段相交部。可以根据下层中的所需角区段数量添加材料以增加角区段的数量。例如,如果第二层具有三个或更多个角区段,则可以以预定方式来沉积对应于三个或更多个角区段的三种或更多种材料。各种材料、其成分、微结构和一致性以及位置细节可以基于操作期间轴颈轴承的要求而预先确定,并且以在制造过程中遵循的软件命令的形式存储。

[0060] 所述角区段在整个角区段区域中可以是均质的,或者可以包括角区段内的宏观结构、微结构或成分的不均质性(inhomogeneity)。在一些实施例中,角区段在径向、周向或同时径向和周向上均不均质。可以向角区段中引入宏观结构、微结构或成分的不均质性,以增强轴颈轴承的性能和寿命。增材制造方法特别有利于形成宏观结构、微结构和/或成分的不

均质性。通过将材料设计成沉积在不同水平点和垂直点处，可以容易地实现宏观结构、微结构和成分的不均质性。在一些实施例中，至少一个所述角区段包括沿至少一个角区段的径向的不均质区域。不均质性可以是逐渐的或可以是突然的，这取决于操作时角区段的要求。在一些示例性实施例中，承载区段的硬度可沿所述角区段的径向方向减小。在一些示例性实施例中，承载区段材料密度和/或强度可以沿承载区段的径向方向减小。在一些实施例中，散热区段可以包括高导热性材料热管或微通道，以输送在轴颈轴承的内接触表面中产生的和热量/或来自承载区段的热量。这些高导热性材料热导管或微通道可以改变散热区段沿散热区段圆周的宏观结构外观。在另一个示例性实施例中，所述润滑剂贮存器区段具有孔，所述孔在连接到存在于润滑剂贮存器区段内部的微通道的润滑剂贮存器区段外部中具有较高孔隙体积百分比(percentage of pore volume)。所述润滑剂贮存器区段可以进一步包括位于轴颈轴承内表面中的微通道开口，用于将润滑剂输送到轴和轴颈轴承的接触表面。

[0061] 在一些实施例中，轴颈轴承的至少三个角区段中的至少一个角区段可以进一步包括可以与特定角区段的主要功能无关的，但可以帮助或增强轴颈轴承性能的一个或多个其他区域。例如，一个或多个角区段可以包括特为实现颗粒嵌入性而形成的区域、特为捕获异物颗粒而构造的凹穴、用于监测轴承温度和/或健康状况的热电偶、用于监测轴承和轴表面磨损状况的磨损传感器以及上述的任何组合。在一些实施例中，轴颈轴承的至少一个所述角区段包括传感器、探测器、冷却片或前述的任何组合。

[0062] 考虑到承载区段、散热区段和润滑剂贮存器区段的功能，预期承载区段位于在操作期间经受轴载荷的位置处。因此，所述承载区段的角跨度可以设计成限于适应散热区段和润滑剂贮存器区段的较高角跨度。

[0063] 根据操作期间的预期发热以及散热区段的材料和构造，在一些实施例中，可以期望散热区段具有比承载区段高的角跨度。所述润滑剂贮存器区段的较高角跨度有助于贮存更多润滑剂量，并且进一步促进有效地将润滑剂分散到内表面。因此，在一些实施例中，期望使润滑剂耗散区段的角跨度最大化，而不影响轴颈轴承的其他角区段的功能。因此，在一些实施例中，承载区段的角跨度低于散热区段的角跨度或者润滑剂贮存器区段的角跨度中的至少一者。此外，在特定实施例中，承载区段的角跨度低于散热区段的角跨度，并且所述散热区段的角跨度低于所述润滑剂贮存器区段的角跨度。在一些实施例中，所述润滑剂贮存器区段的角跨度大于90°。在特定实施例中，所述润滑剂贮存器区段的角跨度大于120°。

[0064] 根据承载区段、散热区段和润滑剂贮存器区段的功能，并且进一步根据操作期间这些功能的预期要求，轴颈轴承可以包括多个承载区段、多个散热区段和/或多个润滑剂贮存器区段。例如，如果在系统100操作期间从底部测量，预期承载要求更多地为35°角和325°角，则涵盖这些角区域的双承载区段可以构造成具有位于底部区域中的其他任何预期角区段。在由于承载区段处的摩擦而具有大量产热的另一个非限制性示例中，一对散热区段可以构造成位于承载区段的每一侧上。在另一个非限制性示例中，可以以不同角度构造多个润滑剂贮存器区段，所述不同角度覆盖每个位置处的较小角跨度，但是满足系统100的润滑要求。在一些实施例中，所有承载区段的组合角跨度低于所有散热区段的组合角跨度，并且所述散热区段的组合角跨度低于所有润滑剂贮存器区段的合并角跨度。

[0065] 在特定实施例中，所述轴颈轴承的至少三个角区段包括至少两个散热区段，并且

至少两个散热区段的组合角跨度在从约25°到约180°的范围内。在轴颈轴承中具有两个散热区段的特定实施例中，承载区段构造成沿轴的力的径向方向定位，润滑剂贮存器区段构造成与承载区段相对，并且至少两个散热区段构造成使所述散热区段的在其两侧与承载轴承区段和润滑剂贮存器区段相邻。

[0066] 一方面，本发明公开了一种用于轴的轴颈轴承。所述轴颈轴承包括无接缝连续圆柱形主体，所述无接缝连续圆柱形主体具有内表面和外表面，所述内表面限定用于接纳轴的孔。垂直于孔轴线的无接缝连续主体的横截面包括四个角区段。所述四个角区段包括一个承载区段、两个散热区段和一个润滑剂贮存器区段。这些角区段中的每个角区段沿无接缝连续圆柱形主体的长度延伸。所述承载区段沿轴的力的径向方向定位，所述润滑剂贮存器区段定位成与承载区段相对，并且两个散热区段在两侧上与承载区段和润滑剂贮存器区段相邻。所述承载区段和润滑剂贮存器区段包括与每个相邻散热区段不同的微结构或不同的成分中的至少一者。此外，承载区段的角跨度在从约15°到约40°的范围内，两个散热区段的组合角跨度在从约25°到约180°的范围内，并且润滑剂贮存器区段的角跨度大于90度。下文使用示例图4进一步描述所述方面。

[0067] 轴颈轴承220包括无接缝连续圆柱形主体，所述无接缝连续圆柱形主体具有内表面222和外表面224，所述内表面222限定接纳轴210的孔240。垂直于孔轴线的无接缝连续主体的横截面包括四个角区段。所述四个角区段包括一个承载区段232、两个散热区段234和236以及一个润滑剂贮存器区段238，这些区段中的每个区段均沿无接缝连续圆柱形主体的长度延伸。承载区段232沿轴的力的径向方向定位。润滑剂贮存器区段238定位成与承载区段相对，并且两个散热区段234和236在其两侧与承载区段232和润滑剂贮存器区段238相邻。承载区段232和润滑剂贮存器区段238包括与每个相邻散热区段234和236不同的微结构或不同成分中的至少一者。此外，承载区段的角跨度在从约15°到约40°的范围内，两个散热区段的组合角跨度在从约25°到约180°的范围内，并且润滑剂贮存器区段的角跨度大于90度。如图4所示，当从底部B和轴的旋转方向R测量时，承载区段232跨从约350°角(如图4中的ε所示)到约30°角(如图4中的θ所示)的区域。在图4所示示例的润滑剂贮存器区段238中，轴颈轴承进一步包括嵌入在角区段之一中的传感器270。传感器270的非限制性示例包括温度传感器和磨损测量传感器。

[0068] 有利地，本发明通过将位于轴颈轴承不同位置处的不同材料相组合来提供长寿命、高性能的轴颈轴承，以增强轴颈轴承的设计空间和功能，进一步确保有效地减少多个制造和装配步骤。

[0069] 尽管已经结合仅仅有限数量的实施例，例如轴颈轴承的无接缝连续主体的角截面来详细描述本发明，但是应能够轻易地了解，本发明并不限于所公开的实施例。相反，本发明可经修改以涵盖之前并未描述、但与本发明的精神和范围相符合的任何数目的变化、更改、替换或等效布置。例如，角区段的径向边界可以以弯曲或不规则的方式制造而不影响本说明书中所述的角区段功能。另外，尽管已经描述了本发明的各种实施例，但应理解的是，本发明的各个方面可以仅包括前述实施例中的一些实施例。因此，本发明不视为受前述描述限制。

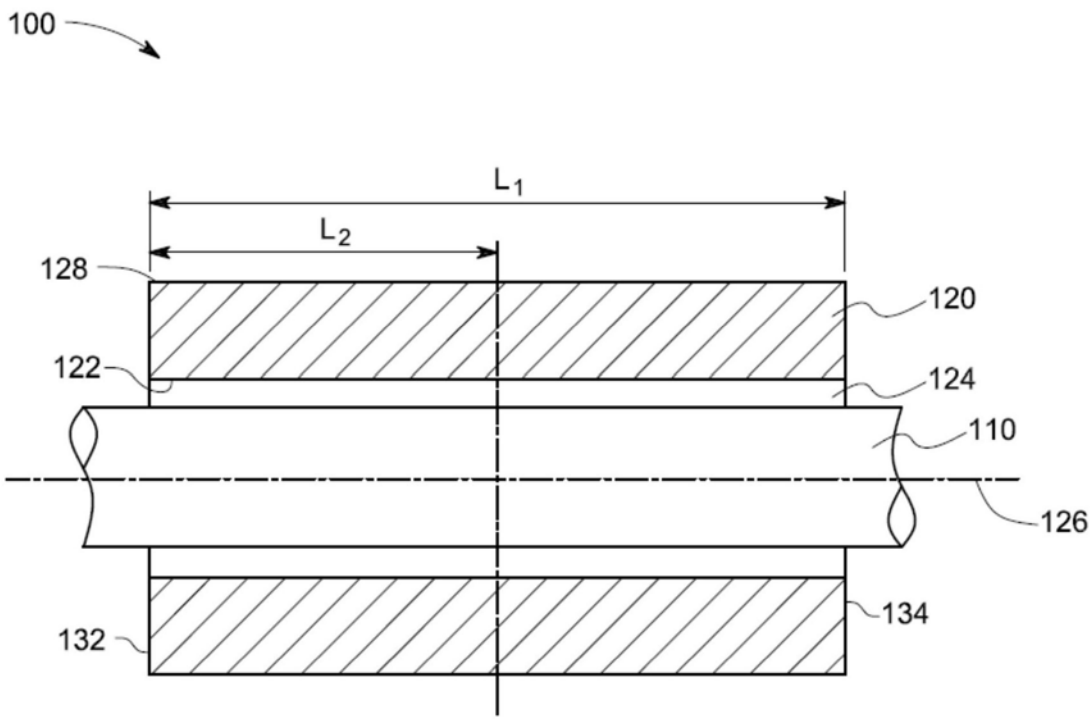


图1

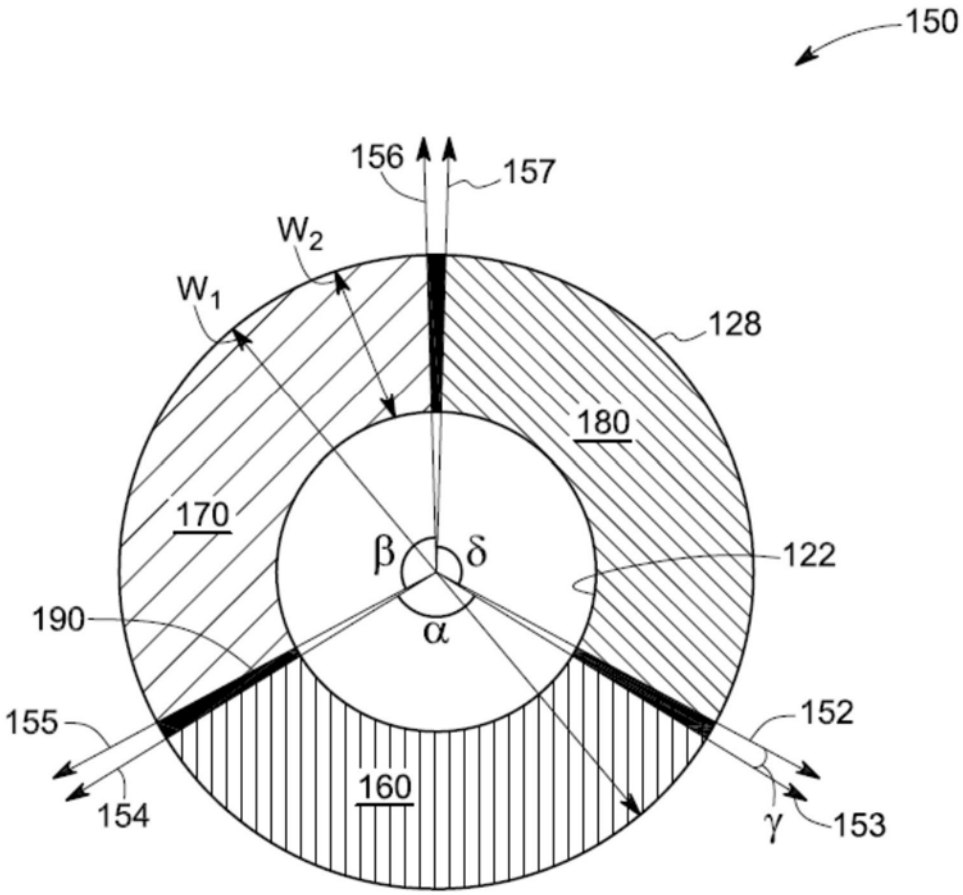

150
156
157
W2
W1
128
180
170
β
δ
122
190
α
155
152
160
154
γ
153

图2

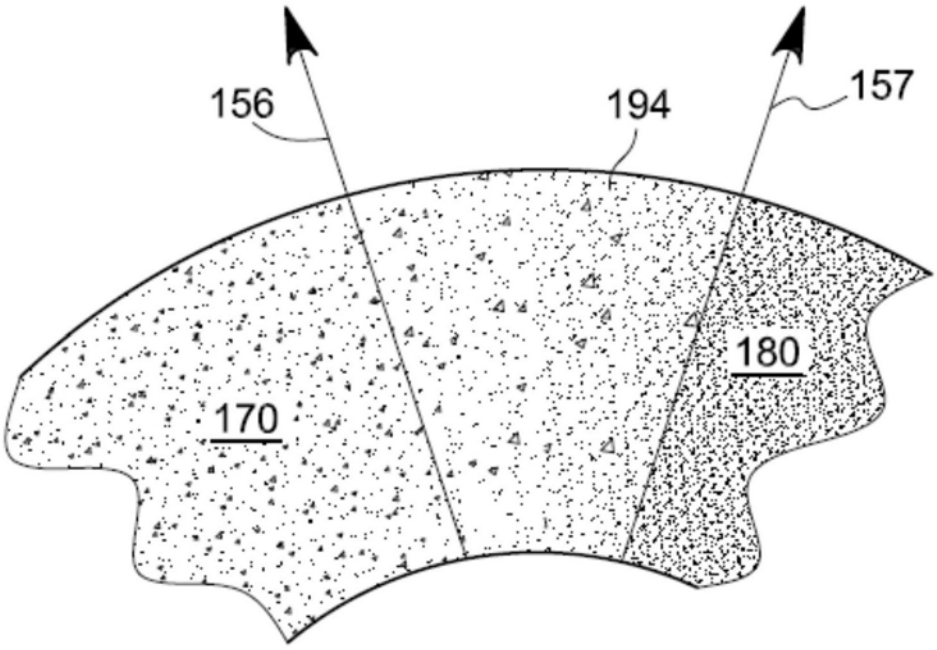

156
194
157
180
170

图3

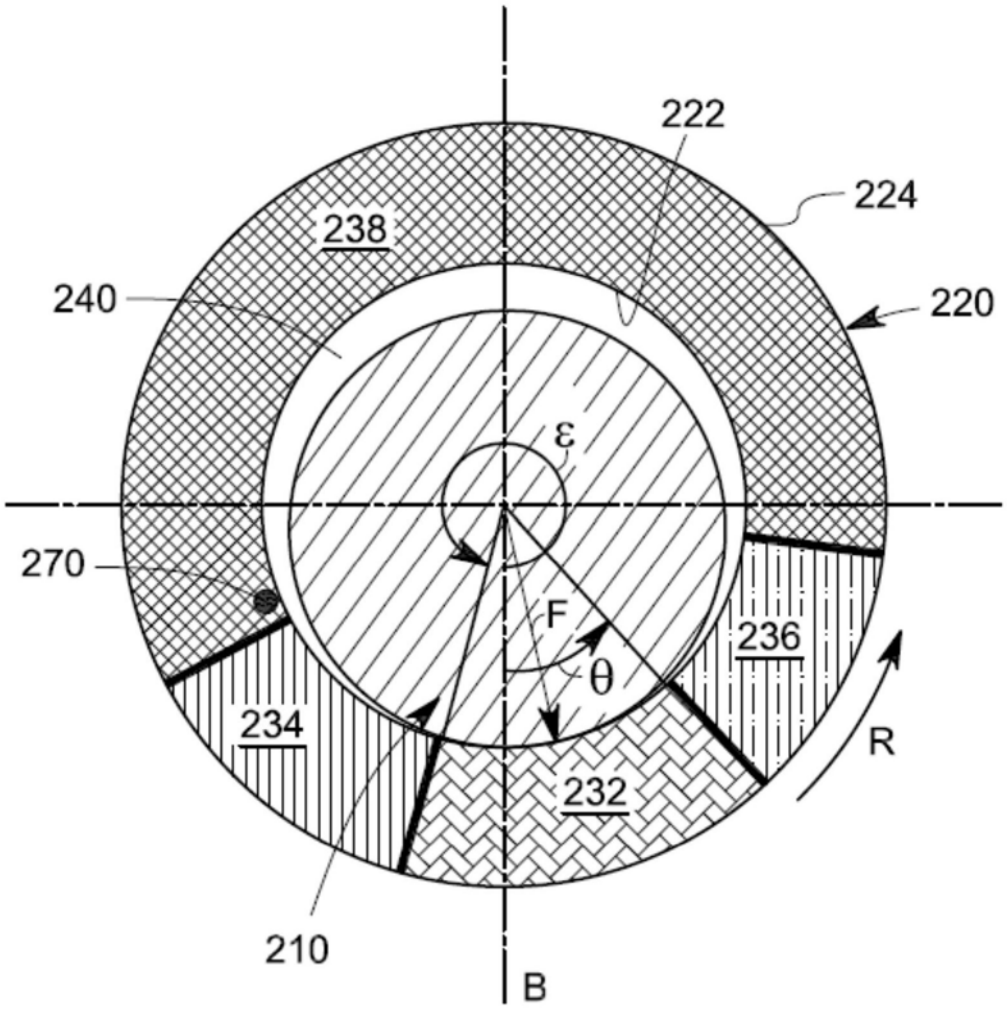


图4