

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F01D 11/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03154980.2

[45] 授权公告日 2009年9月9日

[11] 授权公告号 CN 100538020C

[22] 申请日 2003.8.26 [21] 申请号 03154980.2

[30] 优先权

[32] 2002.8.26 [33] US [31] 10/227643

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 H·R·萨沙 N·A·图恩奎斯特
O·S·丁克

[56] 参考文献

US6283716B1 2001.9.4

US6378371B1 2002.4.30

US6131910 2000.10.17

US6308957B1 2001.10.30

审查员 高阳

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 周备麟 黄力行

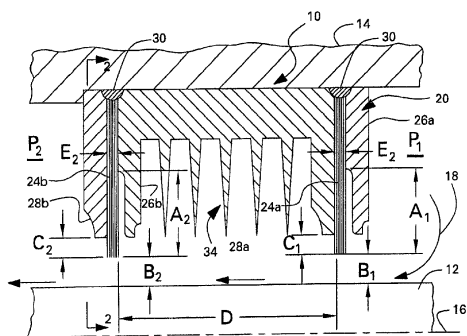
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

[54] 发明名称

原位负荷分担密封刷

[57] 摘要

制造多级密封刷(20、22)首先规定其用于共同分担沿相对于密封刷转动的邻近岸部(12)的压差($P_1 - P_2$)的结构,然后改进上述密封刷使之分担未考虑扰动作用的载荷,再进一步改进密封刷(20、22)以保证岸部的转动稳定性。建造上述密封刷并在压力下进行试验以测定其压力扰动。然后,再对上述密封刷加以改进,使之分担扰动作用下的压力载荷。这样,制成的密封刷可在原位分担扰动作用下的载荷。



1. 一种制造多级密封装置的方法，包含如下步骤：

规定最初具有共同结构的原始第一和第二密封刷，用于共同封闭沿相对于上述第一和第二密封刷转动的岸部的压差；

改进分担由上述压差造成但未考虑压力扰动的载荷的上述第一和第二密封刷共同的结构特征，使该第一密封刷的共同结构特征在结构上被改变以不同于该第二密封刷的共同结构特征，从而均等分担在所述压力扰动下的载荷；

改进上述第一和第二密封刷以保证相对于上述岸部转动的稳定性；

确定在试验压力下所述第一和第二密封刷的压力扰动；并且

利用从确定在试验压力下所述第一和第二密封刷的压力扰动获得的信息来进一步改进所述第一和第二密封刷的已改进的所述共同结构特征，以便在所述压力扰动下均等地分担压力载荷。

2. 按权利要求1的方法，其特征在於，

原始规定的上述第一和第二密封刷具有上述共同的结构，包括沿轴向安装在前板与后板之间的钢毛束，上述钢毛束的末端沿自由长度方向延伸；和

对上述钢毛束的自由长度和刚度加以改进以使它们与上述岸部摩擦时产生热最小，以保证相对于上述岸部转动的稳定性。

3. 按权利要求2的方法，其特征在於，

确定压力扰动的步骤包括对上述第一和第二密封刷进行试验以测定由上述压差驱动的流体的压力、温度和质量流量；和

对上述所测定的压力、温度和质量流量进行分析以确定每个上述第一和第二密封刷的上述扰动。

4. 按权利要求3的方法，其特征在於，

在所述钢毛束的末端和岸部之间的间隙在所述第一和第二密封刷处是不同的，以分担所述压力载荷。

5. 按权利要求3的方法，其特征在於，

所述钢毛束的充填密度，对于所述第一和第二密封刷是不同的，以分担所述压力载荷。

6. 一种按权利要求1的方法制造的多级密封装置，其特征在於，

具有不同构形的上述第一和第二密封刷，用以大致均等地分担在具有压力扰动情况下的上述压力载荷。

7. 一种用权利要求 2 的方法制造的密封装置，其特征在于，

所述第一和第二密封刷共同的结构特征为在所述钢毛束的末端和所述岸部之间的间隙，而所述间隙在所述第一和第二密封刷处是不同的，以分担所述压力载荷。

8. 一种用权利要求 2 的方法制造的密封装置，其特征在于，

所述第一和第二密封刷共同的结构特征为所述钢毛束的填充密度，而所述填充密度对于第一和第二密封刷是不同的，以分担所述压力。

原位负荷分担密封刷

发明背景

本发明总的涉及转动密封装置，尤其涉及多级密封刷。

背景技术

各种发动机或马达内具有各种类型的专门构造用来将压力较高区域与压力较低区域隔离的密封装置，例如，燃气和蒸汽涡轮发动机内具有各种级区，其中空气、燃气和蒸汽向下游流去而其压力和温度不断变化。

涡轮发动机造得尽可能地大，以获得最大的输出功和效能。大型的涡轮相应地也使流过它的流体具有大的压力降，这就要在工作中有合适的密封装置。

在一种迷宫式的密封装置中，紧靠相对于其转动的相配岸部处设置一排环形密封齿，并形成径向间隙以减小它们之间可能发生的不希望有的摩擦。涡轮发动机中常见的另一种密封装置是密封刷，在这种密封刷中将一束钢毛安装在支承板之间，钢毛的末端自由地延伸而与邻近岸部之间构成一种转动密封装置。上述的钢毛与上述岸部成一倾斜角度排列，并可形成一个小的间隙，或者与岸部呈干扰性接触。

例如，密封刷可以有效地封闭涡轮发动机中很高的压力，同时又保持相对岸部转动的稳定性并具有适当长的工作寿命。

经验已表明，单级密封刷实际上只能封闭大约 400 磅/英寸²以下的压差值（其中已由一个合适的安全系数相应地降低这种限值）。对密封刷过度地加压将会在短期内造成过大的漏泄和密封刷塑性变形或疲劳破坏。

密封刷可以并排地设置，但是，经验也已表明，鉴于各密封刷之间载荷分配的实际变化，每个密封件封闭高于 400 磅/英寸² 这样的很高压差的能力也由于相应降低其极限的安全系数所限而比 400 磅/英寸² 的两倍少很多。另外，经验还表明，超过两级而加设的密封刷实际上不能封闭沿这些多级密封刷形成的更大的压差。

在两级或多级相同的密封刷中，第一级密封刷能分担沿整个密封

装置的总的压力载荷中的少部分载荷，而最后的密封刷则分担总的压力载荷中的大部分载荷。因此，多级密封刷的密封性能受最末级密封刷限制。相应地，上述的最末级密封刷也限制了工作中可安全分担的最大压差。

众所周知，改变密封刷与邻近岸部之间的间隙可改变每级密封刷的承载能力，但是，该密封间隙的具体值影响到总的密封性能，间隙增大会降低承载能力，间隙减小则增加承载能力。

然而，小的间隙会在发动机瞬变作业时使钢毛与岸部之间的摩擦增加，这种摩擦又同时使部件发热。在一个典型的实施例中，上述岸部是由转轴的外圆周构成的，而密封刷是静止不动的。钢毛与转轴摩擦引起其局部发热，相应地引起不利于转轴的稳定性的热膨胀。当转轴在摩擦中发生热膨胀时，摩擦力会进一步增大而进一步加剧转轴摩擦发热。而且，转轴会发生不希望有的不稳定转动例如摆动，这就可能需要将整个发动机应急停车。

钢毛的几何形状也影响到其最大密封性能。软的或者说柔性的钢毛会在压差下弯曲更大，而硬的或者说刚性大的钢毛则在与岸部摩擦时加剧摩擦发热。沿钢毛来施加的压差会引起其内部的扰动。此时，斜置的钢毛会沿径向向内稍微挠曲，这也相应地增加与岸部摩擦时的发热量。

考虑到各密封刷的上述互相关联的工作影响，公知的多级密封刷通常只限于并排的两个密封刷，现时的基于合适的安全系数的总的压差值实际上不超过 550 磅/英寸²。而且，所达到的多级密封刷之间的承载能力还受钢毛的摩擦情况和转子的稳定性所限制。

因此，希望提出一种改进的多级密封刷以提高其最大承载能力。

发明概述

制造多级密封刷首先规定其用于共同分担沿相对于密封刷转动的邻近结合体的压差的结构。然后改进上述密封刷使之分担未考虑所产生的扰动作用的载荷。再进一步改进密封刷以保证相对于岸部的转动稳定性。建造密封刷，并在压力下进行试验以测定其压力扰动。然后对密封刷再行改进使之分担扰动作用下的压力载荷。这样，密封刷就可在原位分担扰动作用下的载荷。

附图简述

在下面结合附图的详细说明中，以优选的和典型的实施例更具体地说明本发明及其更多的目的和优点，附图中：

图 1 是按本发明的典型实施例的邻近一个相配岸部的多级密封刷的沿轴向的局部剖视图；

图 2 是图 1 所示密封刷沿其 2-2 线的径向局部剖视图；

图 3 是按照本发明的典型实施例制造图 1 和 2 所示的多级密封装置的方法的流程图。

本发明的详细说明

图 1 示出环绕典型转轴式圆形岸部 12 同轴地设置的多级环形密封装置 10 的剖视图，该密封装置适宜地安装在同轴地围绕转轴的轴线或者说纵向中心线 16 的环形密封装置支架 14 上。

图 1 所示的密封装置用于大型工业燃气涡轮发动机和蒸汽涡轮发动机，该密封装置是一种环绕转轴的静止部件或者说定子部件。但是，也可以是岸部 12 是静止的，而密封件安装成可相对于它转动。

无论上述那一种结构中，密封装置和岸部在发动机工作时都是相对转动的。密封装置做成可封闭其轴向相对两侧保持的压差。例如，将流体（例如蒸汽）18 固定在密封装置的右侧，其压力为 P_1 ，该流体 18 由多级密封装置有效地密封，而最大限度地减少密封装置与岸部之间向密封装置的压力较低（ P_2 ）的左侧区域的漏泄。

在工作时沿密封装置作用的压差 $P_1 - P_2$ 可以是较高的，例如，大于约 400 磅/英寸²，并且可以显著高于 500 磅/英寸² 左右（此值是现在公知的两级或多级普通密封刷的最大压差能力，其安全系数为 2）。如上所述，普通的密封刷不能在不损坏密封件或转子的稳定性的情况下封闭这样的很高压力。

示于图 1 的多级密封装置具有结构相同的第一和第二环形密封刷 20、22，每个密封刷具有一个沿轴向安装在环形前支板 26a、26b 和环形后衬板 28a、28b 之间的环形的钢毛束或者说钢毛簇 24a、24b。

上述的第一和第二钢毛束 24a、24b 的近端或者说底端按普通方式通过相应的焊缝 30 适宜地连接到各自的第一和第二前板和后板的相应

底端上。

各密封刷 20、22 具有共同的普通结构，但按本发明有所改进，如下面所述。例如，钢毛束的末端从其夹在安装板之间的底端沿自由长段 A1、A2 延伸，并以悬臂方式伸出相应的后板 28a、28b 的末端之外，而与邻近的岸部 12 形成相应的径向间隙 B1、B2。

在图 1 所示的典型实施例中，钢毛束通过环形后板 28a、28b 的整个径向长度伸出，并由此沿径向向内延伸。钢毛束的末端从相应的后板的末端沿径向向内延伸形成相应的栅栏高度 C1、C2。

相应地，相配合的前板 26a、26b 具有从其径向在内的末端沿径向向外的凹槽，这就与钢毛束构成轴向空隙而形成其相应的自由长度 A1、A2。在图 1 所示的实施例中，两级密封刷沿轴向隔开一段轴向间距 D（在钢毛束之间测量的间距）。

因此，在工作过程中，在第一密封刷 20 的第一前板 26a 处存有高压流体 18，该流体 18 由具有对应的允许转轴自由地转动的小的径向间隙 B1 的第一钢毛束 24a 有效地封闭。但是，有一些流体 18 则通过第一钢毛束 24a 和第一间隙 B1 而泄漏，并向下游流至第二密封刷 22 处。随后，这种低压流体由第二钢毛束 24b 封住，此处环绕转轴有小的第二径向间隙 B2。同时，一些低压流体通过第二钢毛束 24b 和第二间隙 B2 漏泄至靠近第二后板 28b 的表面的低压区。

如图 2 所示，第二钢毛束 24b（以及图 1 所示的第一钢毛束 24a）在它们相应的安装板之间成切线地倾斜，其切向倾斜角约为 45-60°。图 2 示出转轴岸部 12 的转动方向是逆时针方向，钢毛束的倾斜方向则与之相反，故在它们之间偶尔的摩擦作用下，钢毛束可以沿径向向外弯曲或翘曲。

单个钢毛可由任何普通材料（如：合金钢）制成，其直径较小，约几个密耳，钢毛的材料成分、长度、直径和倾斜角度影响着它们与转轴 12 摩擦时的弯曲刚度。

如上所述，两级密封刷 20、22 做成结构相同以承受由压差 P1-P2 造成的压力载荷，但常规的结构不能承受高于 550 磅/英寸²左右的高压差。这种普通结构的钢毛刚性较大，并使转轴在与钢毛相磨擦时增加发热量，导致转轴发生包括摆动在内的不稳定性。

但是，按照本发明，可对两个密封刷 20、22 加以适当改进而显著

提高它们的共同承载能力，而不会由于偶然的钢毛-岸部之间的摩擦而损害转子的稳定性。

具体地，图 3 以流程图的形式示出一个制造图 1 和 2 所示的其结构可提高承载能力并具有转子稳定性的多级密封装置 10 的典型实施例。上述的制造方法从形成使用多级密封装置的环境的常规边界条件或者说发动机条件开始。例如，边界条件包括高压和低压 P1、P2、相应的压差、流体 18 的温度、转轴的转速、转轴 12 与密封件之间的包括其径向尺寸的总的几何条件以及预计的密封装置的包括钢毛与岸部之间的转动闭合度的定子件与转子件之间的差动热增长。

两个密封刷 20、22 的原始结构是按任何常规方式的标准确定的，以使其在预期的高压工作载荷下各自具有最大承载能力。因此，相应的原始密封结构将具有最大的倾斜钢毛的弯曲刚度来承受其相应的最大压力载荷。

在图 1 和 2 所示密封装置的典型实施例中最初将钢毛设计成具有与转动岸部 12 之间的合适的间隙 B1、B2 使转轴 12 正常地工作。由于密封件受到相对于转轴的差动热膨胀，故要将最初选定的密封间隙减小或放大，以使之与转轴 12 的接触最少而使相应的发热量最少。要注意的是，较大的径向间隙会降低密封性能并降低发动机效率。

按相应的软件适宜地规定二维 (2-D) 计算流程模式，并在普通的数字编程计算机 32 (见图 3) 进行分析，以确定或者说设定两个密封刷的承受压力载荷的径向间隙 B1、B2 (最好是两者相等)，但未考虑压力扰动问题。在上述流程的这一步骤，多级密封装置的结构是普通的，未考虑密封装置在其实际环境中原位工作会发生的扰动问题。上述的二维 (2-D) 流程模式软件是普通的，例如可从 ABZ 公司 (美国弗吉尼亚州，Chantilly) 购得的《设计流程解法》。

通过调节相应的径向间隙 B1、B2，可使压力载荷均等地分配在两个密封刷之间，但这仅仅是分析预测的密封性能，而未考虑扰动问题。实际上，扰动问题显著地影响着多级密封装置的性能包括在不连续的密封刷之间的载荷分配。

多级密封装置的强度只取决于其最弱的密封件。两个密封刷中任一个的破坏将迅速地引起另一个密封刷破坏，因此，普通的两级密封刷的设计具有合适的工作安全系数，并且具有上述相应的对压力负载

能力的限制。

通常按照由 2-D 模式预测的载荷来设定第一和第二钢毛束 24a、24b 的相应的栅栏高度 C1、C2 和其相应的厚度 E1、E2 (见图 1)，而在多级密封装置的设计中引入合适的安全系数，例如，合适的安全系数约为 2。

扰动是密封装置在其预定的环境中的重要工作特性，并简单示于图 2。当增压流体 18 在两个钢毛束 24a、24b 的钢毛之间通过时，钢毛便发生径向向内的弹性弯曲 (如虚线所示)，这就减小了钢毛末端与岸部 12 之间的有效间隙。钢毛在压力下的上述径向向内的偏斜量因其量级小而以几个密耳或几个毫米表示，并代表在压差下工作时的扰动效应。

由于上述扰动影响着钢毛与岸部 12 之间的间隙，故它也影响着转子的稳定性。因此，可用普通计算流体动力学 (CFD) 来验证由 2-D 模式预测的载荷分配，并附加地提供与转轴工作相关的密封稳定性参数，上述的 CFD 分析可在相同的或不同的数字编程计算机 32 中按三维 (3-D) 方法进行。上述的 CFD 软件是普通的软件，例如美国纽约州梅尔维尔 CD-adapco 公司出售的 STAR-CD。

采用三维 (3-D) 分析，可进一步改进两个密封刷的原始结构，以满足合适的稳定性标准，保证转子件稳定地工作而不发生例如不允许的摆动。最好采用 3-D 分析方法来确定两个钢毛束的自由长度 A1、A2 以及它们之间的轴向间距 D 和所产生的钢毛弯曲刚度。

还可通过 3-D 分析确定最佳的自由长度、轴向间距以及密封间隙 B1、B2，以使钢毛与岸部之间发生磨擦时发热量最少而保持合适的稳定性。

上述的制造多级密封装置的方法最好依序分析地进行以确定其合适的结构使载荷大致均等地分配在两级密封刷之间同时又保持转轴的稳定性。但是，发此设计的多级密封装置的原位作业将会发生不能完全按分析预测的性能实际变化。

然后，按合适的尺寸或比例尺实际建造和测试上述的按分析设计的多级密封装置，以便按实验确定其在预定的环境或原位环境中的性能。

在多级密封装置的试验中，测量密封件的高、低压侧之间的温度、

压力和质量流量，以发现或者说测定每个密封件的扰动效应，可按常规方法使用上述相同的 2-D 流程模式根据所测量的性能数据来确定每个密封件的上述扰动效应。

然后，再采用 2-D 流程模式重新设定每个密封件的径向间隙 B1、B2，以使压力载荷在所测定的扰动的作用下大致均等地分配。可采用工程评价或试验和修正量来增加或减少两个与其相应测量的扰动值相结合的间隙 B1、B2 的相应值以使压力载荷均等地分配。

这样，可首先按常规方法在不考虑扰动效应的情况下通过分析来设计多级密封装置，然后对其原位作业的稳定性进行最佳化，然后建造这种装置并实验测试其密封性能和特性，然后用实验得来的数据确定在压差下的扰动值，再对密封装置的设计作进一步的改进，以在计入测出的扰动值的同时使载荷均等地分配，并达到稳定的工作。

上述的制造多级密封装置的方法导致两个密封刷在结构和形状的其他方面相同，但按要求它们要在保持转子稳定性的同时可大致均等地原位分担压力载荷。这样，就可设计出更精确地均等分担压力载荷的两个密封刷，这就相应地提高了它们安全地分担沿多级密封装置作用总的压差的综合能力。两个密封刷的几何条件的较小的但很重要的变化可显著地提高其压差能力，这一点可在预定的不经受扰动作用的环境中可靠地原位实现。

另外，上述的方法还可进一步用于设计 3 级的或多级的密封刷，并精确地控制它们之间的包含每个密封件上的扰动效应的载荷分配。如上所述，普通的超过两级的多级密封刷极少（如果有的话）提高第三级或更多级的承载能力。

通过预测或进一步试验多级密封装置的特性及其在预定环境中长期工作的性能可以进一步改进上述的多级密封装置。密封件在长期工作中，可由于磨损及其他影响性能的因素而使其性能发生变化。在规定时间之外评价密封性能可确定发动机状态的变化或各极密封件的扰动作用的变化，用来进一步改进密封件结构以保持其长期工作中的良好性能。

本发明的特别的优点是，两个密封刷 20、22 具有大致相同或者说共同的结构，但其单一结构特征具有分担带有扰动作用的压力载荷（最好是均等地分担载荷）的不同构造。图 3 所示的方法以每个具有大致

相同的设计特征和结构（包括尺寸和维度）以及材料性质的密封刷的定义开始。每个密封刷具有安装在相应的前、后板之间的钢毛束，并安装成具有各种几何尺寸 A、B、C 和 E，而且，两个密封刷沿轴向隔开一个间距 D。

通过如上所述的按部就班地改变密封刷的原始结构而重新建造密封刷，以分担大致均等地施加（变化很小）的总的压力载荷。而且，上述的载荷分配是在所施加的会在每个密封件中引起相应的扰动效应的压力载荷的作用下在预定的环境中原位地实现的。

上述密封刷的两个既影响密封性能又影响与转轴磨擦时的稳定性的结构特征是钢毛与转轴 12 之间的间隙 B1、B2 和钢毛束的填充密度，该组装密封以每个密封刷的周边上沿圆周方向的单位长度上的钢毛数目来表示。

两个密封刷的结构和形状可以是大致相同的，但是，优选实施例中的单一结构特征对于不同的密封刷具有按上述方法确定的不同形式，以便使两个密封刷在扰动的作用下有利地均等分担压力载荷。

在一个由图 3 所示的方法制造的示于图 1 和 2 的密封刷的实施例中，密封刷的构造可以是相同的，但各自的钢毛末端与邻近岸部 12 之间的间隙 B1、B2 有所不同。在密封刷的原始结构中，上述每个间隙是相等的，但后来按照上述的方法加以改变，以使它们之间在扰动条件下均等地分担载荷，并在与转轴 12 磨擦时稳定地工作。

各种间隙的具体值将根据工作的边界条件和密封件与相配岸部的基本几何条件经一次再次的设计加以改变。但是，由于两级普通密封刷通常不是均等地分担总的载荷，也就是下游的密封刷比上游的密封刷分担更大的载荷，所以图 1 所示的下游的第二密封刷 22 的间隙 B2 最好大于上游的第一密封刷 20 的间隙 B1，以便达到在预计要承受很高压力载荷的扰动作用下的理想的均等载荷分配。相应地，两个密封刷的结构还可以是其他方面相同包括其钢毛的填充密度相同。

在图 3 所示的另一个实施例中，两个密封刷各自的填充密度可具有单一或普通的结构特征，在两个密封刷中的这种特征不同，以便实现在扰动条件下的均等载荷分配且转轴工作稳定。在本实施例中，两个密封刷各自的间隙 B1、B2 可以彼此相等例如均为零，这就形成了钢毛末端与转轴之间的干扰或接触配合。虽然在工作时钢毛与转轴 12

互相接触而互相摩擦，但是钢毛仍然经受着会增大对转轴 12 的摩擦力的扰动作用，并由于转轴摩擦发热而影响其工作稳定性。

尽管如此，图 3 所示的方法仍可应用于不同的结构特征例如间隙或填充密度而确定其所需的值，以便在两个密封刷之间分配带有扰动作用的压力载荷。由于填充密度值影响到流过钢毛之间的流体的漏泄，故该值应如同钢毛末端间隙那样按上述的方法加以调整或者说使之最佳化，以调节由两个密封刷各自承载的载荷量，达到预定的在扰动作用下的载荷均等分配。

图 3 所示方法的另一个优点是，图 1 所示的多级密封装置 10 可以具有两个或多个并行排列的密封刷，这种密封装置 10 可带有或不带有附加的密封件例如本文图 1 中所示的迷宫式密封件 34。该迷宫式密封件由一系列轴向隔开的环形齿所构成，环形齿尖端与转轴 12 之间有相应的间隙。

图 1 所示的迷宫式密封件 34 从与第一后板 28a 和第二前板 26b 的底端做成整体的公用环形法兰伸出。这样，就形成了三级密封装置以共同地分担在多级密封装置的轴向相对端部之间的总的差压载荷。

上述的迷宫式密封件 34 本身可按常规实践经验设计并制造出来以分担总的压力载荷中的一部分载荷，而其余的压力载荷则均等地分配在按图 3 所示方法制造的两个密封刷 20、22 之间。总的压力载荷中的一部分载荷可大致均等地分配在第一与第二密封刷 20、22 之间，它们相应承受的载荷由于结构差异而与迷宫式密封件 34 的压力载荷不同。由于密封刷的密封能力强，故图 1 所示的两个密封刷将共同分担通过整个多级密封装置的总的压力载荷中的绝大部分载荷。

在图 3 所示的设计方法中引入由试验测定的扰动作用和转子稳定性的影响，就可更精确地设计出用于预定环境中的密封刷。因此，当在预定环境中以及预定的压力载荷条件下原位置入密封刷时，其载荷分配可以是大致均等或者说均匀的，而使每个密封刷具有最大的承载能力，从而保证其组件的效率和使用寿命。

这样，任何常规的密封刷尤其是为很高的压力性能设计的密封刷，都可按上述方法加以改进而在它们间均衡地分配的载荷下并排使用。上述的设计方法可保证不会发生一个密封刷过载而另一密封刷载荷不足的情况，因此，组合的密封结构可以分担比先前的装置可能分

担的更大的总的压力载荷。另外，可按上述的方法设计出多于两级的密封刷而进一步提高多级密封装置的总的承载能力，以进一步提高密封装置的总的压力载荷能力，这在以前是不可能的。

虽然在上面说明了被认为是本发明的优选的和典型的实施例的内容，但是，熟悉本技术的人们将会从本文所述的原理明白本发明的其他的改型，因此，要将所有落入本发明实际精神和范围内的所有改型都纳入所附权利要求书内。

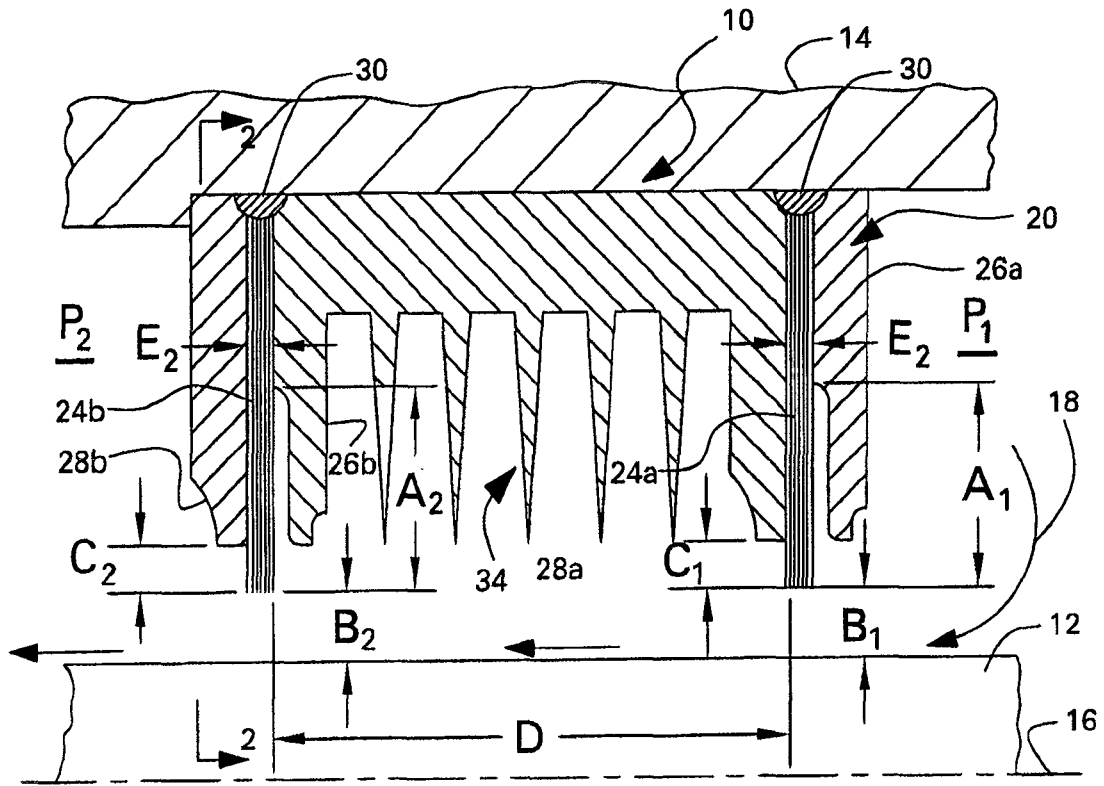


图 1

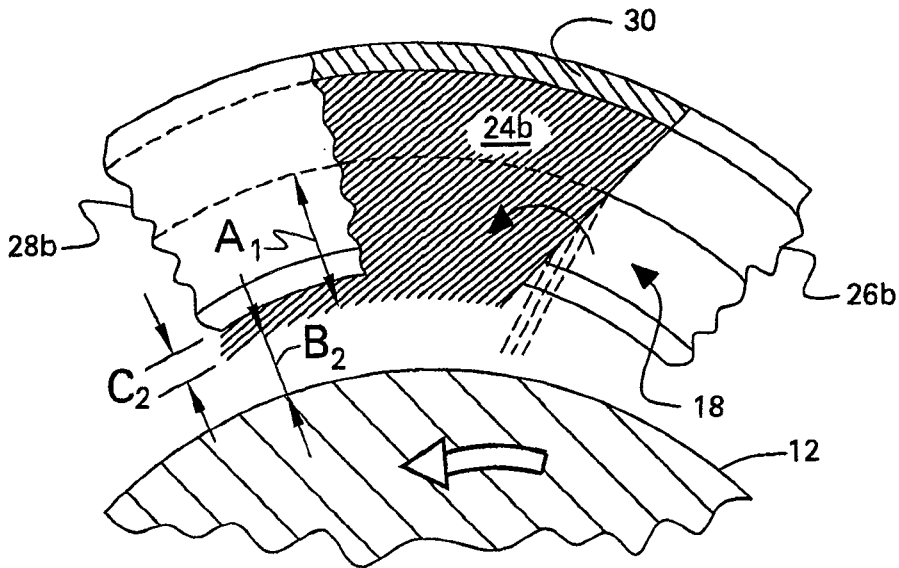


图 2

