

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710169511.6

[51] Int. Cl.

F01D 5/34 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

F01D 5/30 (2006.01)

B23K 20/12 (2006.01)

[43] 公开日 2008年5月14日

[11] 公开号 CN 101178015A

[22] 申请日 2007.11.8

[21] 申请号 200710169511.6

[30] 优先权

[32] 2006.11.8 [33] US [31] 11/557639

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 C·-Y·J·仇 C·W·卡里尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 原绍辉 杨松龄

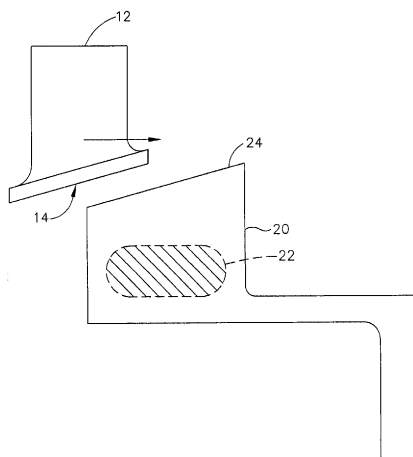
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

[54] 发明名称

制造有金属基体复合物环和单块翼片的翼片的转子的系统

[57] 摘要

提供用于制造整体带叶片转子的系统。该系统包括环部件(20)，其中环部件(20)进一步包括至少一种金属基体复合物和多个径向向外面向的叶片圆锥形表面(24)；翼片部件(10)，其中翼片部件(10)进一步包括：多个单独的翼片叶片；其中多个翼片叶片的每个进一步包括径向向内面向的叶片圆锥形表面(14)；和惯性焊接装置，以在轴向施加的焊接载荷下摩擦地接合环部件(20)和翼片部件(10)，以沿圆锥形表面(14)(24)在其之间实现惯性焊接。



1. 一种整体带叶片转子，其包括：
 - (a) 环部件，其中环部件进一步包括：
 - (i) 至少一种金属基体复合物；和
 - (ii) 多个径向向外面向的叶片圆锥形表面或者一个连续的向外面向的圆锥形表面；
 - (b) 翼片部件，其中翼片部件进一步包括：
 - (i) 多个单独的翼片叶片；
 - (ii) 其中该多个翼片叶片的每个进一步包括径向向内面向的叶片圆锥形表面；和
 - (c) 其中环部件和翼片部件在事先确定的操作参数下由惯性焊接装置摩擦地沿圆锥形表面彼此接合。
2. 根据权利要求 1 所述的转子，其中整体带叶片转子的环部件相对于转子旋转中心周向地且轴向地延伸，其中在环内包含至少一个增强纤维，且其中增强纤维以转子旋转方法周向地延伸。
3. 根据权利要求 2 所述的转子，其中周向定向的纤维为单个的、连续的纤维丝束。
4. 根据权利要求 2 所述的转子，其中周向定向的纤维包括在环内以径向方式定向的多纤维层的堆叠。
5. 根据权利要求 4 所述的转子，其中纤维层包括随机地、周向地或者成层地布置的纳尺寸须纤维。
6. 根据权利要求 1 所述的转子，其中在惯性焊接装置应用前，每个单独的翼片叶片机械加工为事先确定的形状，以在翼片部件焊接到环部件后围绕环部件形成完整的圆。
7. 根据权利要求 1 所述的转子，其中在翼片部件焊接到环部件后，围绕每个翼片叶片的基部的一定数量的材料被移除到比在每个圆锥形表面之间的焊接件直径小的直径。
8. 根据权利要求 1 所述的转子，其中每个圆锥形表面的角度为相对于转子旋转中心线大约 10° - 75° 。

制造有金属基体复合物环和单块翼片的翼片的转子的系统

技术领域

本发明一般地涉及在燃气涡轮发动机中使用的整体带叶片转子，且更特定地涉及用于准备 BLING 转子的方法，其将至少一种金属基体复合物合并到转子的环部件或者转子的翼片部件。

背景技术

例如与燃气涡轮发动机使用的转子典型地包括基本转子本体和附接到其上的多个转子叶片。转子叶片可以锚定在转子本体中形成的特定的凹槽中，或者转子叶片可以与转子本体本身整体地形成。如果采用盘形基本转子本体，整体带叶片转子称为 BLISK（带叶片盘），或者如果采用环形基本转子本体，称为 BLING（带叶片环）。由于 BLING 设计导致比用 BLISK 设计典型可能的更大的内部空腔，BLING 转子展现比 BLISK 转子的明显的优势。该空腔在发动机内提供空间，其可以用于附加的装备，例如嵌入的发电机和/或者热交换器。与常规金属盘相比，且甚至与整体带叶片的 BLISK 转子相比，BLING 设计也可以提供改进的转子动力阻尼和更高的 E/rho（达到 70%）。BLING 设计也允许使用用于基本转子本体的金属基体复合物（MMC）。在燃气涡轮发动机环境中，高强度、低密度 MMC 可以展现比单块金属合金的显著的优势，包括发动机部件重量的显著减少。

用于制造 MMC 增强 BLING 转子的已知方法典型地采用热等静压（HIP），其包括不同部件的扩散结合。HIP 过程将金属基体复合物加强为更高密度的、一致的、细晶结构。然而，将 MMC 环合并到多载荷路径结构中，即，转子到叶片，技术上受到挑战且要求大量的过程控制，以确保结构生成后没有内部缺陷存在。用于叶片的 MMC 环和单块材料之间的热膨胀系数失配可以产生沿结合表面的残余压缩应力场。结果的内部缺陷使用非破坏性的检查技术是不可检测的；因而，必须实施严格的过程控制。因此，与从常规锻件机械加工的 BLISK 转子的成本相比，使用 MMC 和 HIP 扩散结合生成合适质量的 BLING 转子所包含的花费可能是相当大的。

因而，需要用于制造合并 MMC 的 BLING 转子的可靠的、经济上合理的方法，其中完成的转子可以被处理以释放残余压缩应力，且其中结合表面完整性能够使用用于检测内部缺陷的常规的、非破坏性的方法检查。

发明内容

以下提供示范性的实施例的概述。该概述并不是广泛的综述且并不意欲识别本发明的关键的或者重要的方面或者元素或者描绘其范围。

依据一个示范性的实施例，提供用于制造整体带叶片转子的系统。该系统包括至少一个环部件，其中该至少一个环部件进一步包括至少一种金属基体复合物；和多个径向向外面向的叶片圆锥形或者角形表面；至少一个翼片部件，其中该至少一个翼片部件进一步包括：多个单独的翼片叶片；其中该多个翼片叶片的每个进一步包括径向向内面向的叶片圆锥形或者角形表面；和惯性焊接装置，以在轴向施加的焊接载荷下摩擦地接合该至少一个环部件和该至少一个翼片部件，以沿圆锥形表面在其之间实现惯性焊接。

依据另一示范性的实施例，提供整体带叶片转子。该转子包括至少一个环部件，其中该至少一个环部件进一步包括至少一种金属基体复合物和多个径向向外面向的叶片圆锥形或者角形表面；至少一个翼片部件，其中该至少一个翼片部件进一步包括：多个单独的翼片叶片；其中该多个翼片叶片的每个进一步包括径向向内面向的叶片圆锥形或者角形表面；且其中该至少一个环部件和该至少一个翼片部件已经由惯性焊接装置沿圆锥形表面彼此摩擦地接合。

在又一示范性的实施例，提供用于制造整体带叶片转子的方法。该方法包括提供至少一个环部件，其中环部件进一步包括：至少一种金属基体复合物；和多个径向向外面向的叶片圆锥形或者角形表面；提供至少一个翼片部件，其中该至少一个翼片部件进一步包括：多个单独的翼片叶片；其中该多个翼片叶片的每个进一步包括径向向内面向的叶片圆锥形或者角形表面；且使用惯性焊接装置，以在轴向施加的焊接载荷下摩擦地接合该至少一个环部件和该至少一个翼片部件，以沿圆锥形表面在其之间实现惯性焊接。该方法也包括给组装的整体带叶片转子足够的热处理以释放由惯性焊接产生的内部应力的步骤。

在燃气涡轮发动机中使用 BLING 转子能够展现比其他设计的显著的优势。例如，将翼片部件和转子环组合到单个结构一般地改善强度-重量比和燃气涡轮发动机性能。在阅读并理解以下示范性的实施例的详细描述后，本发明的附加特征和方面将对于本领域普通技术人员而言成为显而易见的。可以理解的是，本发明进一步的实施例是可能的而不偏离本发明的范围和精神。因此，附图和相关的描述本质上被认为是示意性的而不是限制性的。

附图说明

合并到说明书中且形成说明书的一部分的附图示意性地图示本发明的一个或者更多示范性的实施例，且与上述的一般描述和下文详细描述一起用于解释本发明的原理，且其中：

图 1-4 提供示范性的翼片叶片的顶视、侧视和前视图，其显示本发明的翼片叶片的角形，即圆锥形的焊接准备表面和翼片叶片的一般形状；

图 5 为示范性的翼片部件的前视图，其显示圆形方式布置的多翼片叶片；

图 6 为在翼片部件和环部件的惯性焊接前本发明的示范性的翼片叶片的截面和 MMC 增强转子环的截面；

图 7 为在翼片部件和环部件的惯性焊接后本发明的示范性的翼片叶片的截面和 MMC 增强转子环的截面。

具体实施方式

现在参考附图描述本发明示范性的实施例。贯穿详细描述使用附图标记以涉及不同的元件和结构。在其他情况下，众所周知的结构和设备以方块图的形式显示以简化描述。为了图示，尽管以下详细描述包含许多具体说明，本领域中的普通技术人员将理解，以下细节的许多变化和改动在本发明的范围内。因此，阐述本发明的以下实施例而不失一般性且不强加限制于要求保护的发明。

披露的系统包括至少一个环部件，其中该至少一个环部件进一步包括：至少一种金属基体复合物和多个径向向外面向的叶片圆锥形或者角形表面或者一个连续的径向向外面向的圆锥形或者角形表面；至少一个

翼片部件，其中该至少一个翼片部件已经从单一类型材料生成且进一步包括：多个单独的翼片叶片和多个径向向内面向的叶片圆锥形或者角形表面；和惯性焊接装置，以在轴向施加的焊接载荷下摩擦地接合该至少一个环部件和该至少一个翼片部件，以沿圆锥形表面在其之间实现惯性焊接。

与单块金属相比，MMC 具有：更高的强度 - 密度比、更高的硬度 - 密度比、更好的抗疲劳性、更好的提高的温度属性（更高的强度、更低的蠕变率）、更低的热膨胀系数、更好的抗磨损性和动力阻尼。MMC 增强材料能够分成五个主类：连续纤维、非连续纤维、须、颗粒和金属丝。除了为金属的金属丝之外，增强材料一般地包括陶瓷或者非金属化合物。连续纤维可以包括硼、石墨（碳）、氧化铝和碳化硅。包括钨、铍、钛和钼的许多金属丝已经用于增强金属基体。很多金属已经用作基体，包括：铝、钛、镁、镍、钴、铁以及铜合金和超级合金。MMC 的优越的机械属性促进他们的使用。然而，MMC 的有趣的特性和他们与其他复合物共同的特性为，通过适当选择基体材料、增强材料和层定向，可以定制部件属性以满足特定设计的需要。例如，在广泛的界限内，可以在一个方向指定强度和硬度，在另一方向指定膨胀系数，等等。这在单块材料中经常是不可能的。单块金属趋向于是各向同性的，即，在所有方向具有相同的属性。

与单块金属相比，MMC 具有以下属性：更高的强度 - 密度比、更高的硬度 - 密度比、更好的抗疲劳性、更好的提高的温度属性（更高的强度、更低的蠕变率）、更低的热膨胀系数、更好的抗磨损性和动力阻尼。MMC 增强材料能够分成五个主类：连续纤维、非连续纤维、须、颗粒和金属丝。除了为金属的金属丝之外，增强材料一般地包括陶瓷或者非金属化合物。主要的连续纤维可以包括硼、石墨（碳）、氧化铝和碳化硅。包括钨、铍、钛和钼的许多金属丝已经用于增强金属基体。很多金属已经用作基体。最重要的为铝、钛、镁、镍、钴、铁以及铜合金和超级合金。MMC 的优越的机械属性促进他们的使用。然而，MMC 的重要的特性和他们与其他复合物共同的特性为，通过适当选择基体材料、增强材料和层定向，可以定制部件属性以满足特定设计的需要。例如，在广泛的界限内，可以在一个方向指定强度和硬度，在另一方向指定膨胀系数，等等。这在单块材料中是极少可能的。单块金属趋向于是

各向同性的，即，在所有方向具有相同的属性。

惯性焊接为焊接过程，其中用以彼此焊接材料的能量主要由用于焊接的机器储存的旋转动能供应。作为惯性焊接过程的部分，两个工作件的一个典型地连接到飞轮且另一工作件被限制旋转。飞轮加速到事先确定的旋转速度，从而储存一定数量的能量。驱动马达脱离且工作件通过摩擦焊接力迫使在一起。这导致面向的表面在压力下一起摩擦。储存在旋转飞轮中的能量通过在焊接界面处的摩擦作为热消耗，当飞轮速度减少直到焊接件停止飞轮时，从而将两个表面焊接在一起。由于没有金属熔化，固化缺陷，例如气孔、分离或者夹渣，典型地不会发生。接合件准备通常不重要，且机械加工的、锯切的和甚至剪切的表面经常是可焊接的。结果的接合件具有锻造的质量，具有通过接触区域的完整的对接焊接件。没有使用可消耗材料，例如熔剂、填充物和保护气体，且典型地不会发生焊接飞溅。火花也是最小的。

参见图 1-7，本发明的示范性的实施例提供用于制造包括翼片部件 10 和环部件 20 的 BLING 转子的系统和方法。翼片部件包括多个单独的翼片叶片 12，其为单块的意味着他们每个已经被机械加工或者另外从仅包括一个类型金属或者其他基片的初始材料生成。如图 2-3 中显示的，每个翼片叶片的底部包括角形焊接区（即，焊接准备表面），其形成焊接表面 14，其在此称为“圆锥形表面”，尽管其他几何形状是可能的。表面 14 可以为凸的、凹的或者直的。在这个实施例中，可以被涂层的翼片叶片，除了在根部区域 16 中之外，被机械加工成精整的或者接近精整的形状，其中，根部区域 16 包括在焊接完成后用于机械加工的额外备料（参见以下描述）。在根部区域中，翼片叶片 12 机械加工成事先确定的形状，例如部分梯形或者“梯形畸变(keystone)”形状（参见图 2-3），使得当翼片部件 10 组装时，形成一个完整的 360° 环。如图 6-7 中显示的，环部件 20 包括 MMC 增强芯部 22，其在转子中提供由典型地在转子的旋转方向周向地定向的纤维的层或者束增强的区带。环部件 20 也包括连续角形或者“圆锥形”表面 24，其相应于翼片叶片圆锥形表面 14。表面 24 也可以为凸的、凹的或者直的。

制造纤维增强（即，MMC）环部件 20，典型地包括形成环状结构的步骤，其中环内的至少一个纤维在转子旋转方向周向地延伸。周向定向的纤维可以为单个连续丝或者材料股、环内以径向方式定向的多纤维

层的堆叠、或者一个或者更多连续丝或者股的无捻（untwisted）的束，即，一个丝束或者多个丝束。纤维可以由 SCS6 或者其他具有围绕纤维外部表面的碳涂层的陶瓷或者非金属材料制成，以防止在 HIP 过程期间纤维和金属基体之间的反应（例如纤维芯部的氧化）。纤维层也可以用随机或者周向的方向或者成层地布置的至少一个非连续纳尺寸须纤维或者其束制成。通过等离子喷射或者通过等离子汽相淀积方法，涂层的纤维可以与湿金属合金浆混合，例如钛合金、镍合金、铝合金或者其他带有粘性粘合剂的粉末金属，以保持纤维到位形成金属基体复合物叠层。在涂层的金属基体复合物叠层稳定为分层形状后，缠绕的涂层纤维围绕心轴分层以形成环形结构。金属基体复合物叠层环通过 HIP 和/或者通过在碳、TZM、或者钢具夹具中的烧结过程加强。附加的材料区典型地沿纤维增强环的外部直径包括。该“建成区”通常至少 0.5 英寸（1.27cm）高，且可以通过粉末金属的等离子喷射，或者通过将金属箔堆叠到要求的厚度生成。建成区然后通过 HIP 和/或者通过在碳、TZM、或者钢具夹具中的烧结过程加强。

在示范性的实施例中，翼片部件 10 使用惯性或者摩擦焊接方法焊接到纤维增强环部件 20。如前述的，组装的翼片部件 10 包括带叶片转子平台，其具有多个围绕转子中心轴线以径向方式定向的向内面向的圆锥形表面 14。每个圆锥形表面 14 相应于单独的翼片叶片 12。翼片部件 10 安装到合适的惯性焊接装备的一个端内。在焊接过程期间，单独的翼片可以安装在工具或者另一限制夹具中，以维持合适的定位。包括连续向外面向的圆锥形表面 24 的环部件 20，安装到惯性焊接装备的另一端内。环部件 20 然后旋转到事先确定的接触速度且开始与翼片部件 10 接触，从而使用典型用于惯性焊接的事先确定的参数在部件之间形成焊接件。因而向内面向的圆锥形表面在轴向施加的焊接载荷下摩擦地与向外面向的圆锥形表面接合，且在角形表面处在两个部件之间发生摩擦焊接。由惯性焊接过程产生的热典型地不会影响 MMC 纤维或者翼片和焊接表面的一般形状和/或者几何形状。典型地，每个圆锥形表面相对于它在其上形成的部件的角度为相对于旋转中心线大约 10° - 75° 。其他角度也是可能的，以影响 BING 转子部件的接合。

一旦焊接件完成，围绕翼片根部 16 的额外备料材料通过机械加工或者其他方法移除到焊接线以下，如为在惯性焊接过程期间从部件界面

下受迫出来的在环部件 20 的周边处的额外材料 17。从而，在翼片区之间的径向空间内的任何未焊接区域被移除，如为在焊接过程期间可以在这些区域中产生的任何缺陷。如图 4 显示，这种再加工的表面成为内部流动路径 26，从而在内部流动路径稍上方安放通过每个翼片的焊接线 28。

在转子部件的惯性焊接之后，典型地给组装的 BLING 转子足够的热处理以释放由焊接过程产生的内部应力且恢复对燃气涡轮发动机的合适功能来说是重要的材料属性。本领域技术人员将理解的是，焊接后热处理的具体类型将基于材料不同，即，基于在生成转子中使用的合金。在翼片部件和/或者环部件中包含 MMC 防止或者减少与过热和或者熔化相关的检查问题；从而，结合表面整体性可以使用常规的涡电流、超声或者其他非破坏性检查（NDI）方法检查以检测内部缺陷。

尽管本发明已经通过示范性的实施例描述图示，且尽管实施例已经以一定的细节描述，申请人的目的并不是将附上的权利要求书的范围限定或者以任何方式限制在这种细节。对本领域技术人员来说，附加的优势和修改将容易地出现。因此，在其更广泛的方面，本发明并不限于任何具体的细节、有代表性的设备和方法、和/或者显示和描述的示意性的示例。因此，可以从这种细节进行变更而不偏离申请人的一般的发明构思的精神或者范围。

零件列表

翼片部件 10

翼片叶片（单块） 12

翼片叶片圆锥形表面 14

翼片根部 16

环部件 20

MMC 增强环芯部 22

环叶片圆锥形表面 24。

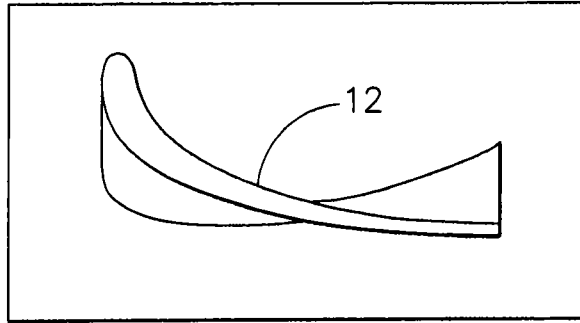


图 1

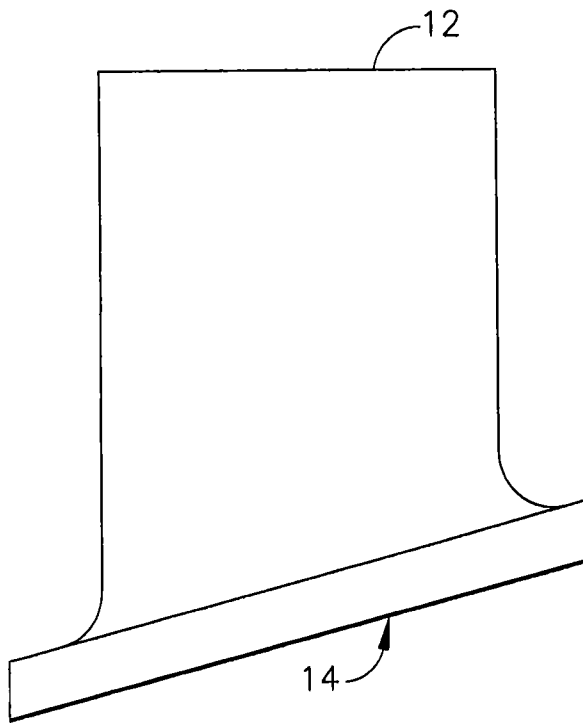


图 2

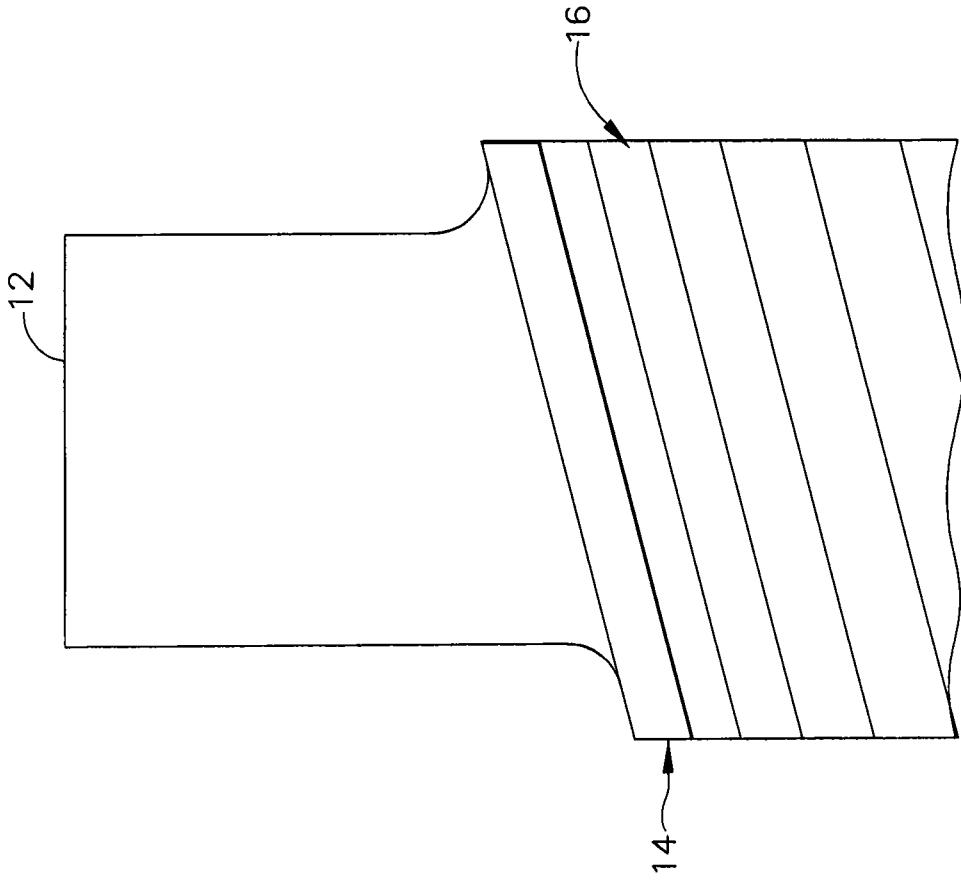


图 4

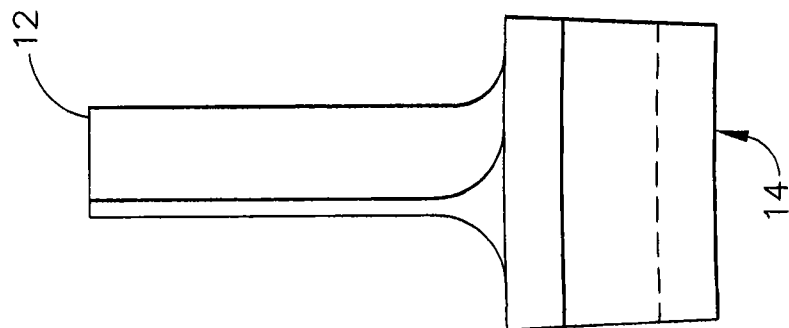


图 3

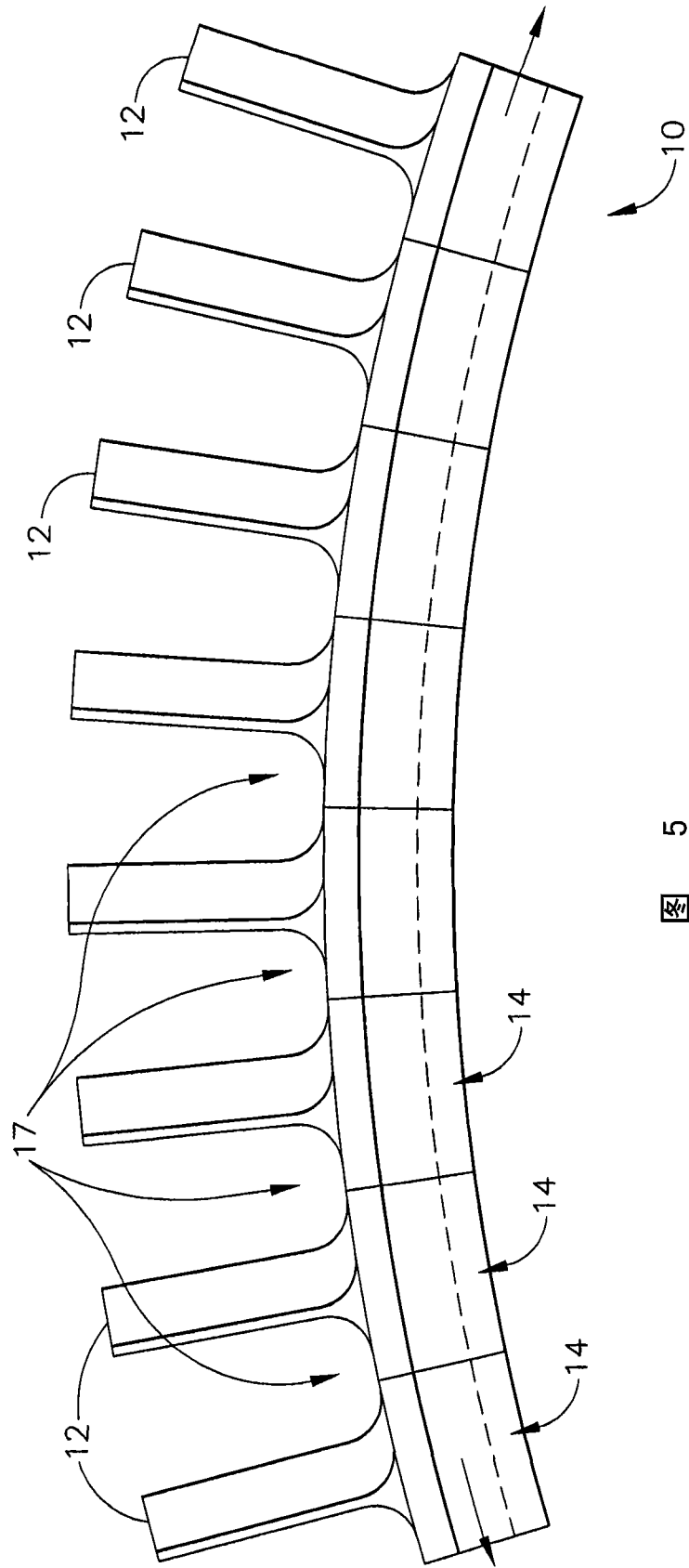


图 5

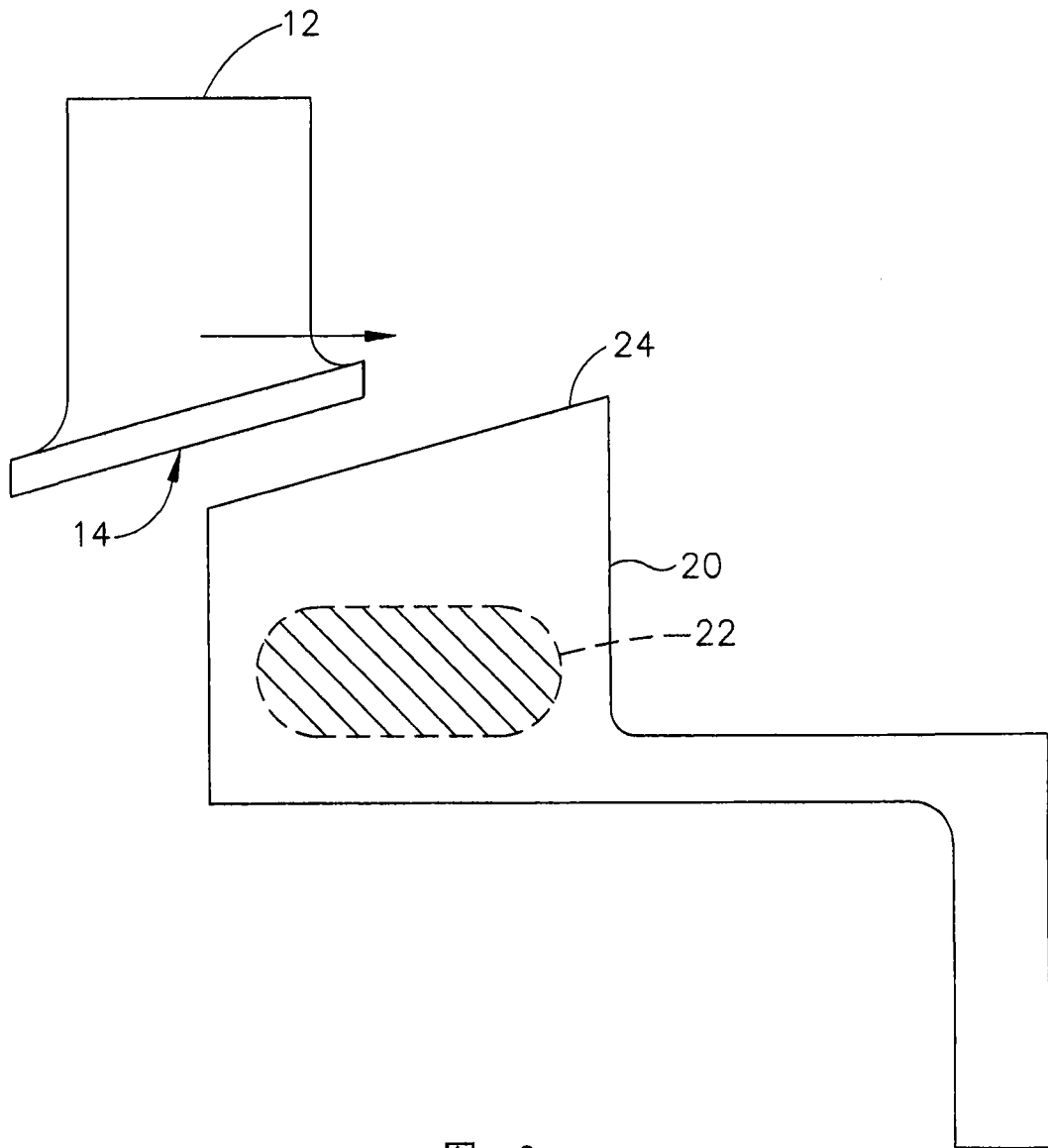


图 6

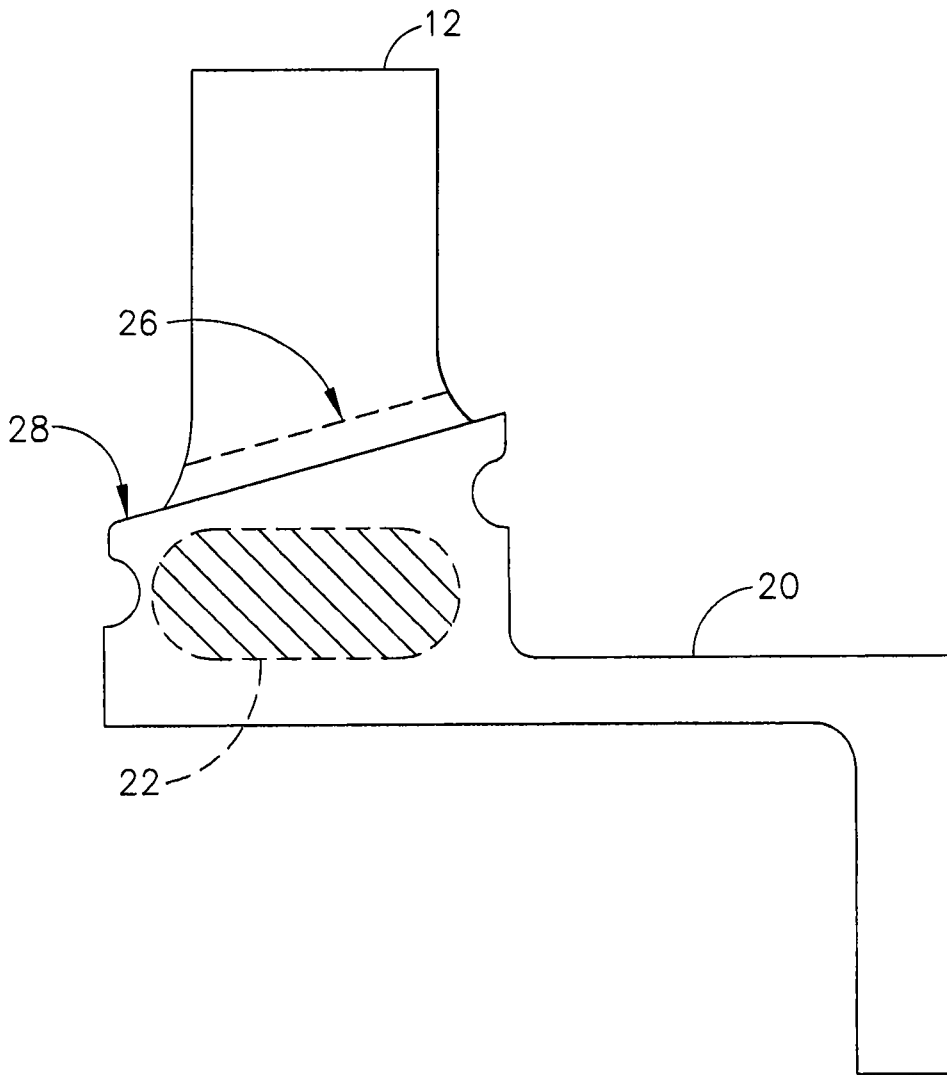


图 7