



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101089552 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 15

(21) 申请号 200710110335. 9

(22) 申请日 2007. 06. 13

(30) 优先权数据

11/423815 2006. 06. 13 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 T·R·尼马塔林 A·C·-P·亚卡拉

C·A·布尔格林

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 范晓斌 黄力行

(51) Int. Cl.

G01B 21/32(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1038696 A, 1990. 01. 10, 16.

CN 1517691 A, 2004. 08. 04, 17.

US 20040012151 A1, 2004. 01. 22, 11.

US 20030020496 A1, 2003. 01. 30, 6.

US 20030230466 A1, 2003. 12. 18, 38.

审查员 淡美俊

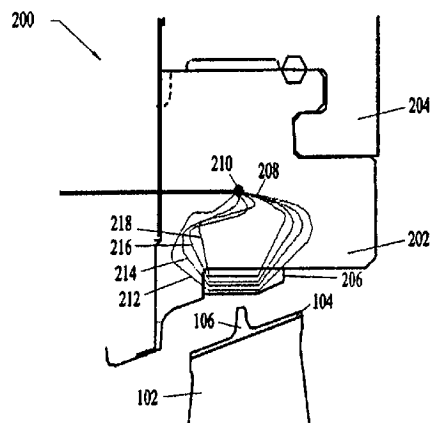
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于监测涡轮叶片偏移的方法和系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于监测涡轮叶片偏移的系统,其包括具有切削齿(106)的涡轮叶片(100)以及一个或多个传感器线(208、403),每个传感器线(208、403)包括可切断部分,当涡轮叶片发生偏移时,该传感器线可被切削齿(106)切断。该传感器线(208、403)可嵌在蜂窝部(206)中,该蜂窝部(206)可以是附着于涡轮罩(202)的可磨耗材料区域。该传感器线(208、403)可包括嵌在蜂窝部(206)中的多个径向传感器线(208),该多个径向传感器线距离涡轮机转子有不同的预定径向距离。该传感器线(208、403)还可包括多个轴向传感器线(403),该多个轴向传感器线沿蜂窝部(206)的长度方向以不同的预定轴向位置嵌在该蜂窝部(206)中。



1. 一种用于监测涡轮叶片偏移的系统,包括:

包括切削齿(106)的涡轮叶片(100);和

多个径向传感器线(208),该多个径向传感器线(208)嵌在蜂窝部(206)中,该蜂窝部(206)是附着于涡轮罩(202)的一可磨耗材料区域,该多个径向传感器线距离涡轮转子不同的预定径向距离,所述径向传感器线起始于设置在涡轮罩或涡轮机机壳中的电源处,所述电源监测所述径向传感器线的状况并将所述传感器线的状况报告至控制系统,每个径向传感器线包括可切断部分,该可切断部分定位成响应涡轮叶片的偏移而被切削齿(106)切断。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,至少一个径向传感器线(208)包括一指示器径向传感器线(208),该指示器径向传感器线(208)嵌在一预定径向距离处,该预定径向距离与涡轮叶片(100)的寿命终结的径向伸长相关联,使得该切削齿(106)对该指示器径向传感器线(208)的切断表示该涡轮叶片(100)已经伸长达到该寿命终结的径向伸长。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,该系统进一步包括多个轴向传感器线(403),该多个轴向传感器线(403)沿可磨耗材料的长度方向以不同的预定轴向位置嵌在该可磨耗材料中。

用于监测涡轮叶片偏移的方法和系统

技术领域

[0001] 本申请总体上涉及用于监测在涡轮机工作期间产生的涡轮叶片偏移的方法和系统。更具体地说,但不作为限制,本申请涉及用于通过安置传感器线(sensor wire)来监测涡轮叶片偏移的方法和系统。

背景技术

[0002] 工业用燃气轮机和飞行器发动机的涡轮叶片在高温环境中工作,其中温度经常达到 600℃到 1500℃间。此外,总的趋势是增加涡轮机工作温度以增加输出并提高发动机效率。相应于这个状况的涡轮叶片上的热应力是非常严重的。

[0003] 通常,由于通过涡轮机转速所施加的作用力,涡轮叶片经受到高水平的机械应力。为努力适应包括更高环带区域(该更高环带区域在工作期间产生更高的输出扭矩)的涡轮叶片结构,这些应力被迫提到更高的水平。另外,期望设计具有更大表面积的涡轮叶片叶冠(tipshroud),这另外增加了涡轮叶片的端部重量,其进一步增加了在工作期间施加到叶片上的机械应力。当这些机械应力与严重的热应力结合时,结果是涡轮叶片在或接近于材料的设计极限下工作。在这种状态下,涡轮叶片通常经受一缓慢的变形,其经常被称为“金属蠕变”。金属蠕变是指这样一种状态,在该状态中,金属部件长时间处于应力和高温下而发生缓慢变形。涡轮叶片可以在径向或轴向上发生变形。

[0004] 结果,在燃气轮机后部末级中需主要关注的涡轮叶片故障种类是金属蠕变,特别是径向金属蠕变(即,涡轮叶片的伸长)。如果未被注意,金属蠕变最后可以导致涡轮叶片破裂,这会导致对涡轮机组的极度破坏并导致大量的停机修理时间。通常,用于监测涡轮叶片中的金属蠕变的传统方法包括以下两者之一:(1) 试图通过使用分析工具(诸如有限元分析程序)来预计涡轮叶片随时间的积累蠕变伸长,这些分析工具基于在实验室中在等温蠕变测试棒上进行的蠕变应变测试,根据算法来计算蠕变应变;或者(2) 在设备停机期间进行目测和/或手动测量。然而,这些预测型的分析工具经常得到不准确的结果。并且,目测和/或手动测量是劳动密集型的,成本高,且也经常得到不准确的结果。

[0005] 无论如何,不管是使用分析工具、目测或手动测量而对涡轮叶片状况作出不准确预测的代价都是很高的。一方面,不准确预测会允许涡轮叶片工作超过其有效使用期限,并导致涡轮叶片故障,这会对涡轮机组造成严重损害并导致停机修理。另一方面,不准确预测可能使涡轮叶片过早退役(即,在其有效使用期限结束前退役),这降低了效率。因此,准确监测涡轮叶片的金属蠕变偏移可以提高涡轮发动机设备的总效率。这种监测可以使涡轮叶片的使用寿命达到最大限度而避免涡轮叶片故障的风险。另外,如果无需耗费时间以及劳动密集的目测或手动测量就可以进行这种监测,则将进一步提高效率。因此,需要改进系统来监测或测量涡轮叶片的金属蠕变偏移。

发明内容

[0006] 本申请将描述一种用于监测涡轮叶片偏移的系统,其包括具有切削齿的涡轮叶片

以及一个或多个传感器线,每个传感器线包括可切断部分,当涡轮叶片发生偏移时,该传感器线可被切削齿切断。该系统还可包括用于监测各传感器线状况的装置。该用于监测传感器线状况的装置可包括用于确定哪个传感器线已经被切断的装置。

[0007] 在一些实施例中,该用于监测传感器线状况的装置可包括用于将电压加到各传感器线上的装置以及用于确定形成在各传感器线中的电路在什么时候断开的装置。在其它的实施例中,该用于监测传感器线状况的装置可包括用于监测各传感器线上的电阻的装置以及用于确定该电阻在什么时候发生变化的装置。

[0008] 该一个或多个传感器线可嵌在一蜂窝部中。该蜂窝部可以是附着于涡轮罩的一可磨损材料区域。该一个或多个传感器线可包括嵌在该蜂窝部中的多个径向传感器线,该多个径向传感器线距离涡轮机转子有不同的预定径向距离。该预定径向距离可以规则间隔出现。至少一个径向传感器线可包括一指示器径向传感器线。该指示器径向传感器线可嵌在该蜂窝部中并距离该涡轮机转子一预定径向距离,使得该切削齿对该指示器径向传感器线的切断表示该涡轮叶片因其经受的径向伸长而已经达到了其有效使用期限的最大限度。该系统还可包括用于在该指示器径向传感器线被切断时用于发送通知的装置。

[0009] 在一些实施例中,该一个或多个传感器线可包括多个轴向传感器线,该多个轴向传感器线沿蜂窝部的长度方向以不同的预定轴向位置嵌在该蜂窝部中。这些预定轴向距离以规则间隔出现。

[0010] 本申请还描述了一种确定涡轮发动机中涡轮叶片偏移的方法,其包括以下步骤:(1) 监测一个或多个传感器线,当涡轮叶片发生偏移时,涡轮叶片上的切削齿可以将该传感器线切断;和(2) 基于该一个或多个传感器线中哪个传感器线被切断而来量化该涡轮叶片发生的偏移量。该方法还可包括步骤:将电压加到各传感器线上,使得该监测传感器线的步骤包括确定形成于各传感器线中的电路是否是断开的。在一些实施例中,该方法可包括步骤:监测各传感器线上的电阻,使得该监测传感器线的步骤包括确定各传感器线上的电阻是否已经发生变化。

[0011] 该一个或多个传感器线可包括嵌在一蜂窝部中的多个径向传感器线,该多个径向传感器线距离该涡轮机转子有不同的预定径向距离。在其它实施例中,该一个或多个传感器线可包括多个轴向传感器线,该多个轴向传感器线沿一蜂窝部的长度方向以不同的预定轴向位置嵌在该蜂窝部中。在这些实施例中,该方法可以包括以下步骤:(1) 通过监测哪一个轴向传感器线被由切削齿切入蜂窝部而形成的初始切槽切断来确定该切削齿的初始轴向位置;和(2) 通过监测剩余的多个传感器线中哪一个传感器线接下来将被切断而来确定涡轮叶片的轴向偏移的方向和程度。该方法还可包括步骤:发送关于哪个传感器线已经被切断的通知。

[0012] 当结合附图和所附权利要求阅读以下对实施例的详细说明时,本申请的这些及其它特征将是显而易见的。

附图说明

[0013] 图 1 是根据本申请示例性实施例的示例涡轮叶片端部的透视图。

[0014] 图 2 是根据本申请示例性实施例的涡轮叶片偏移监测系统的剖视图。

[0015] 图 3 是图示了图 2 的涡轮叶片偏移监测系统的工作的剖视图。

[0016] 图 4 是根据本申请备选示例性实施例的涡轮叶片偏移监测系统的剖视图。

具体实施方式

[0017] 现在参照附图,其中各个附图标记在所有视图中表示相同的部件,图 1 表示了根据本申请示例性实施例的涡轮叶片 100 的端部视图。涡轮叶片 100 包括翼型 102,该翼型 102 从涡轮叶片 100 的基部(未示出)延伸到附于涡轮叶片 100 端部的叶冠 104。在工作中,翼型 102 将来自燃烧室的膨胀排出气体的能量转换为机械能。该叶冠 104 可提供一基本垂直于翼型 102 的表面而延伸的表面区域。叶冠 104 的该表面区域有助于将该涡轮排出气体保持在翼型 102 上(即,不允许该排出气体滑动越过该翼型的端部),以便通过涡轮将来自排出气体的更大百分比的能量转变为机械能。因此,叶冠可以改进燃气涡轮发动机的性能。

[0018] 该涡轮叶片 100 还可以包括在叶冠 104 顶表面上的切削齿 106。该切削齿 106 可形成一种突出到叶冠 104 外表面之外的锐脊。如以下更详细论述的那样,在涡轮叶片 100 的转动期间,该切削齿 106 可以在软金属区域中切出沟槽,该沟槽因其外形而通常被称为“蜂窝部(honeycomb)”。本领域的普通技术人员可以理解到,根据本申请的切削齿 106 的结构可以与图 1 中所示的结构有显著不同,图 1 的结构仅是示例性的。通常,切削齿 106 可以包括位于涡轮叶片 100 上的任何棱或突出表面。由切削齿 106 在软金属中切出的凹槽可在涡轮叶片 100 与连接到涡轮机机壳的涡轮罩之间形成有益的迷宫式密封。

[0019] 图 2 图示了涡轮叶片偏移监测系统 200 的剖视图,其可包括安装在涡轮罩 202 旁边的涡轮叶片 100。该涡轮罩 202 是固定的罩,其连接至涡轮机机壳 204。该涡轮机机壳 204 是包围涡轮机转子(未示出)以及安装转子上的涡轮叶片 100 的机壳。涡轮罩 202 可以通过将涡轮排出气体引导到涡轮叶片 100 的翼型 104 上来增加涡轮机的效率,从而提高从该排出气体中获得的机械能。

[0020] 该涡轮罩 202 可包括一蜂窝部 206。如图 2 所示,该蜂窝部 206 在涡轮叶片 100 的正上方附着至涡轮罩 202。如所述那样,该蜂窝部 206 可以是相对柔软的或可磨耗的材料。例如,该蜂窝部 206 可以由哈氏合金(hyanes)214 制成。另外,该蜂窝部也可以是由石墨、金属纤维毡、多孔陶瓷材料或其它类似的相对较软的金属或其它多孔材料制成。如在此使用的,蜂窝部 206 被限定为包括该旋转的涡轮机叶片 100 在转动期间所切入的任何可磨耗材料区域。通常,由涡轮叶片 100 切入该蜂窝部 206 而在涡轮叶片 100 与涡轮罩 202 或涡轮机壳 204 之间形成有益的迷宫式密封。可通过传统方法将蜂窝部 206 附着至该涡轮罩 202。由于在涡轮叶片 100 的正上方,该蜂窝部 206 可以定位在涡轮叶片 100 的切削齿 106 的正上方,如图所示,该切削齿可以位于涡轮叶片 100 的大约中点。

[0021] 该涡轮叶片偏移监测系统 200 还包括一个或多个径向传感器线 208。该径向传感器线 208 可起始于设置在涡轮罩 202(如图所示)或涡轮机机壳 204 中的电源 210 处。该电源 210 可以通过传统方式监测该径向传感器线 208 的状况,并将该传感器线 208 的状况报告至控制系统(未图示)。

[0022] 该控制系统可包括任意适当的大功率固态开关器件。该控制系统可以是计算机;然而,这仅是合适的大功率控制系统的示例,其在本申请的范围之内。例如但不作为限制,该控制系统至少可以包括可控硅整流器(SCR)、晶闸管、MOS 控制晶闸管(MCT)以及绝缘栅

双极晶体管中之一。该控制系统也可以实现为单个专用集成电路,例如专用集成电路ASIC,其具有一主处理器部分或中央处理器部分用于总体的系统级控制,还具有用于在该中央处理器部分的控制下执行各种不同的具体组合、功能及其它处理的各独立部分。本领域的技术人员可以了解到,该控制系统也可以用各种独立的专用或可编程的集成电路或其它电子电路或器件来实现,例如包括分立元件电路或可编程逻辑器件的硬接线电子电路或逻辑电路,如PLD、PAL或PLA等。该控制系统也可以用适当编程的通用计算机来实现,例如微处理器、微控制器或其它处理器设备,如CPU或MPC,它们可以单独使用或结合一个或多个外围数据和信号处理装置来使用。

[0023] 如图2的透视图所示,该径向传感器线208可从电源210开始向下延伸通过涡轮罩202进入到蜂窝部206中。这些径向传感器线208在蜂窝部206中可以位于距离涡轮转子的转动轴线有不同的径向距离或深度的位置处。可以预先确定这些径向深度,这样,涡轮机操作者就可以知道每一径向传感器线208的位置。在此所指的涡轮机操作者可包括控制涡轮机工作的人或自动操作系统。例如,第一径向传感器线212可以位于蜂窝部206的表面附近。第二径向传感器线214可以比第一径向传感器线212更深地埋在蜂窝部206内部,这样,可以保持与切削齿106的距离比第一径向传感器线212更远的位置。第三径向传感器线216可以比第二径向传感器线214更深地埋在蜂窝部206内部,这样,可以保持与切削齿106的距离比第二径向传感器线214更远的位置。第四径向传感器线218可以比第三径向传感器线216更深地埋在蜂窝部206内部,这样,可以保持与切削齿106的距离比第三径向传感器线216更远的位置。

[0024] 这些径向传感器线208的间隔是有规则的。在一些实施例中,这些径向传感器线208以规则间隔分隔开,该间隔大约为10至20毫米,但是根据本申请该间距可以显著变化。本领域的普通技术人员将意识到,可使用更多或更少的径向传感器线208,并且四根传感器线的说明仅是示例性的。在一些实施例中,可仅使用一个径向传感器线208。

[0025] 在工作中,与涡轮机环境相关的机械和热应力导致涡轮叶片100慢慢地变形。这种缓慢变形或金属蠕变可导致涡轮叶片100的伸长,即增大了从涡轮叶片100的端部到涡轮机转子的半径。随着时间过去,涡轮叶片100可能“蠕变”以致切削齿106在蜂窝部206中切出越来越深的径向沟槽,这在图3中通过切削齿106和蜂窝部206的重叠来图示。如上所述,该径向沟槽可以在涡轮叶片100与涡轮罩202之间形成迷宫式密封。注意,在此公开的本发明可以监测由任何原因所导致的涡轮叶片100的偏移,包括但不限于金属蠕变。对造成该偏移的金属蠕变的说明仅是示例性的。

[0026] 涡轮叶片100的径向蠕变(即径向伸长)也会开始切断埋在蜂窝部206中的径向传感器线208。更具体地说,当涡轮叶片100的切削齿106切入蜂窝部206时,切削齿106也会以一个接一个的方式切断嵌在该蜂窝部206中的径向传感器线208。如图3所示,涡轮叶片100已经伸长到涡轮叶片100的切削齿106已经切断第一传感器线212的程度。

[0027] 因此,可以通过监测径向传感器线208的状况(即哪个径向传感器线208已经被切断)来监测并量化该涡轮叶片100的径向蠕变或伸长。这可以以多种方式来完成。例如,电源210可以向各径向传感器线208施加电压。当传感器线208中的一个被切断时,由该控制系统来记录该特定径向传感器线208中的电压变化(例如,可记录一断路)。或者,可以监测各径向传感器线208中的电阻,以便当径向传感器线208中的一个被切断时,可以由

控制系统来记录电阻的变化（例如，记录一基本上无限大的电阻）。

[0028] 使用这些方法（或其它相似方法）中的任何一个，该控制系统可以跟踪多个径向传感器线 208 的状况（即，确定并记录哪个径向传感器线 208 已经被切断）。因为这些径向传感器线 208 按已知的不同深度埋入，知道哪个径向传感器线 208 已经被涡轮叶片 100 的切削齿 106 切断就可让涡轮机操作者知道切削齿 106 的当前径向位置（即，从切削齿 106 到涡轮转子的半径长度）。然后可以将切削齿 106 的当前位置与切削齿 106 的已知起始位置（即，在装配涡轮叶片 100 时切削齿 106 的径向位置）进行比较，以确定涡轮叶片 100 在涡轮机内部工作期间其所产生的伸长量（由于金属蠕变而产生的径向增长）。

[0029] 以这种方式，在涡轮机运行期间，可以自动地量化并跟踪涡轮叶片 100 的径向金属蠕变。径向传感器线 208 之一可以埋在这样一深度处，即，当该径向传感器线 208 被切断时，该深度表明：由于涡轮叶片 100 所承受的径向金属蠕变，其使用寿命快要用尽和 / 或涡轮叶片发生故障的风险非常高。当这个特定的径向传感器线 208 被切断时，控制系统可以通过电子邮件、计算机警报或者其它类似方式向涡轮机操作者发这种状态的指示，以便可以对涡轮叶片 100 或涡轮叶片组进一步地检查和 / 或更换。以这样的方式，可以最大化涡轮叶片 100 的使用寿命而不需承受由于径向金属蠕变而产生涡轮叶片故障的非常高的风险。

[0030] 类似方法和系统也可以用来跟踪涡轮叶片 100 在轴向上的金属蠕变。图 4 图示了本申请备选实施方式的涡轮叶片偏移监测系统 400 的剖视图。如上所述，除在径向上发生变形之外，涡轮叶片 300 还可能在轴向上蠕变。在图 4 中利用箭头 401、402 来表示轴向方向。这样，替代（或除了）将这些径向传感器线 208 以不同的径向深度嵌在蜂窝部 206 中，一个或多个轴向传感器线 403 沿蜂窝部 206 的长度方向嵌入。该轴向传感器线 403 可以从电源 210 向下成环形延伸（穿过涡轮罩 202 和蜂窝部 206）到尚未达到蜂窝部 206 表面的位置。该轴向传感器线 403 在蜂窝部 206 内部构成的环基本上垂直于该蜂窝部 206 的外表面。

[0031] 如图所示，这些轴向传感器线 403 包括第一轴向传感器线 404、第二轴向传感器线 406、第三轴向传感器线 408、第四轴向传感器线 410 和第五轴向传感器线 412。这些轴向传感器线 403 的间隔可以是有规则的。在一些实施例中，这些轴向传感器线 403 以规则间隔分隔开，该间隔大约为 10 至 20 毫米，但是根据本申请该间距可以显著变化。本领域的普通技术人员可以意识到可以使用更多或更少的轴向传感器线 403，并且在图 4 中包括五根轴向传感器线 403 仅是示例性的。

[0032] 在工作中，涡轮机 100 可在运转期间在蜂窝部 206 内切出一初始切槽。如图 4 所对准的那样，该初始切槽可以切断第三轴向传感器线 408。按前述用于径向传感器线 208 的相同方法，由该控制系统监测这些轴向传感器线 403。这样，该控制系统可以记录该第三轴向传感器线 408 已经被切断。对轴向传感器线 403 进行的这个初始切割可以向该控制系统与涡轮机操作者提供关于涡轮叶片 100 的切削齿 106 的初始轴向位置的信息。在工作期间，该涡轮叶片 100 可以沿轴向蠕变，从而加宽了该初始切槽。例如，该涡轮叶片 100 可以按箭头 402 的方向蠕变。在这种情况下，当涡轮机运行（以及由涡轮机运行所引起的相关轴向蠕变）有足够的量之后，该切削齿 106 可以切到该第四轴向传感器线 410。确定了初始对该第三传感器线 408 的切割以及随后对第四传感器线 410 的切割，则涡轮机操作者将获得关于涡轮叶片 100 的轴向蠕变方向和程度的准确信息。

[0033] 在某点处,例如,在附加的轴向传感器线 403 或多个其它的轴向传感器线 403 被切断之后,基于涡轮叶片 100 的轴向蠕变程度可以确定涡轮叶片 100 的使用寿命快要用尽和/或故障风险非常高。该控制系统可以通过电子邮件、计算机警报或其它类似方式将这种状态指示发送给涡轮机操作者,以便替换涡轮叶片 100。以这样的方式,可以最大化涡轮叶片 100 的使用寿命而不需承受由于轴向金属蠕变而产生涡轮叶片故障的非常高的风险。

[0034] 显然,前文仅涉及所描述的本申请实施例,且在此可以提出多种改变和改进而不会脱离由下述权利要求及其等效物所确定的本申请的精神和范围。

[0035] 部件列表

[0036]	100	涡轮叶片
[0037]	102	翼型
[0038]	104	叶冠
[0039]	106	切削齿
[0040]	200	涡轮叶片偏移监测系统
[0041]	202	涡轮罩
[0042]	204	涡轮机机壳
[0043]	206	蜂窝部
[0044]	208	径向传感器线
[0045]	210	电源
[0046]	212	第一径向传感器线
[0047]	214	第二径向传感器线
[0048]	216	第三径向传感器线
[0049]	218	第四径向传感器线
[0050]	403	轴向传感器线
[0051]	404	第一轴向传感器线
[0052]	406	第二轴向传感器线
[0053]	408	第三轴向传感器线
[0054]	410	第四轴向传感器线
[0055]	412	第五轴向传感器线

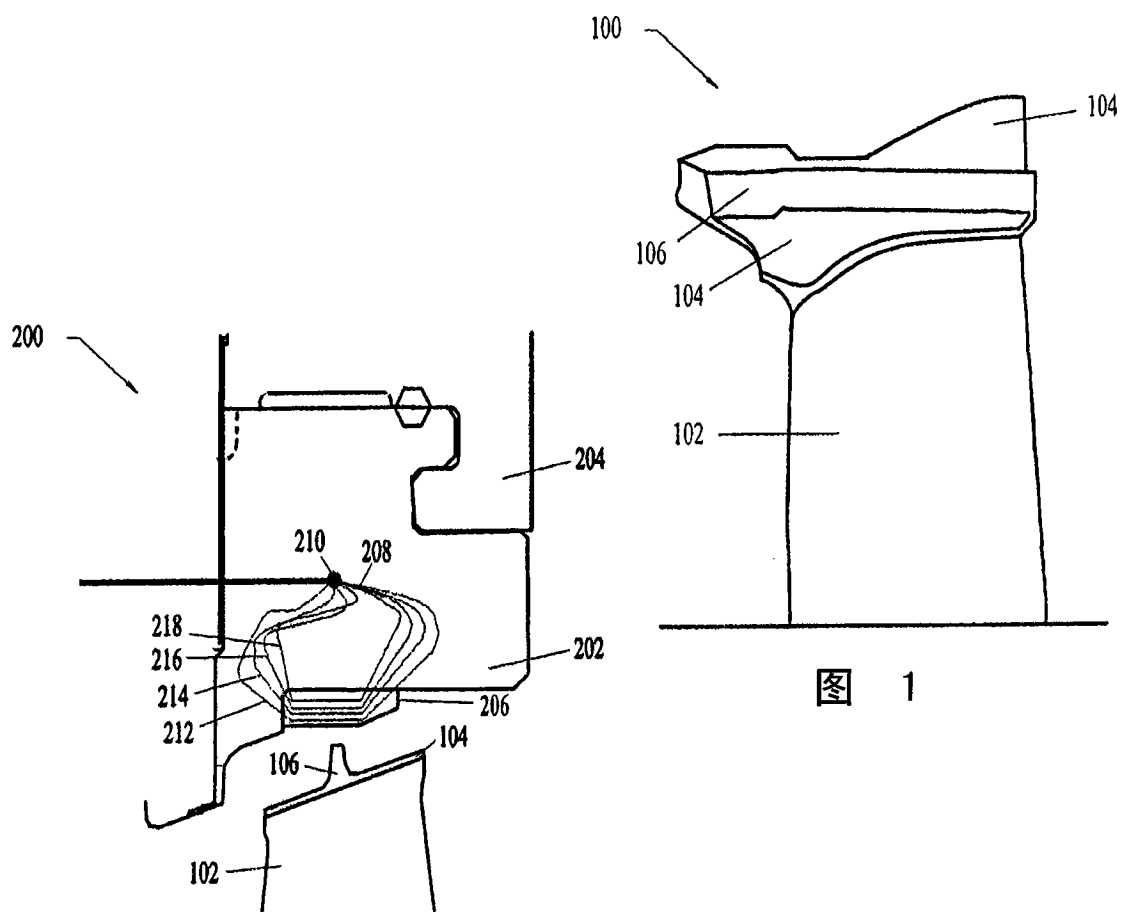


图 1

图 2

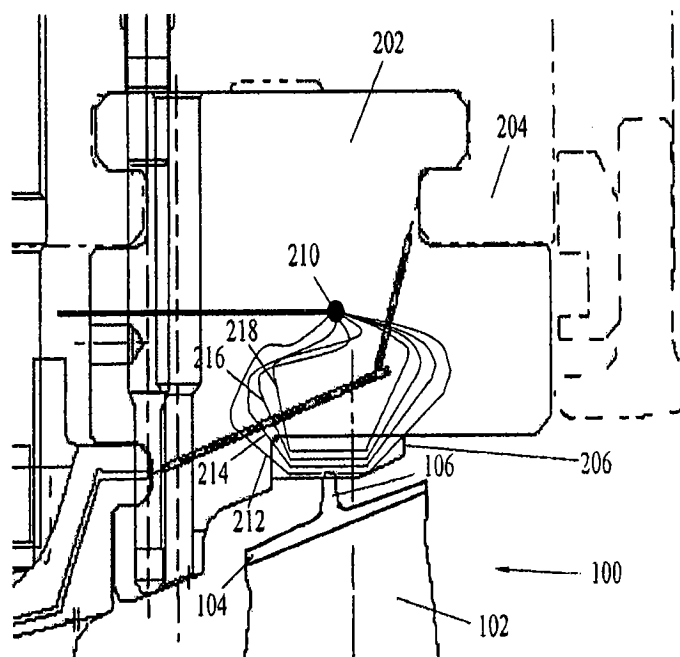


图 3

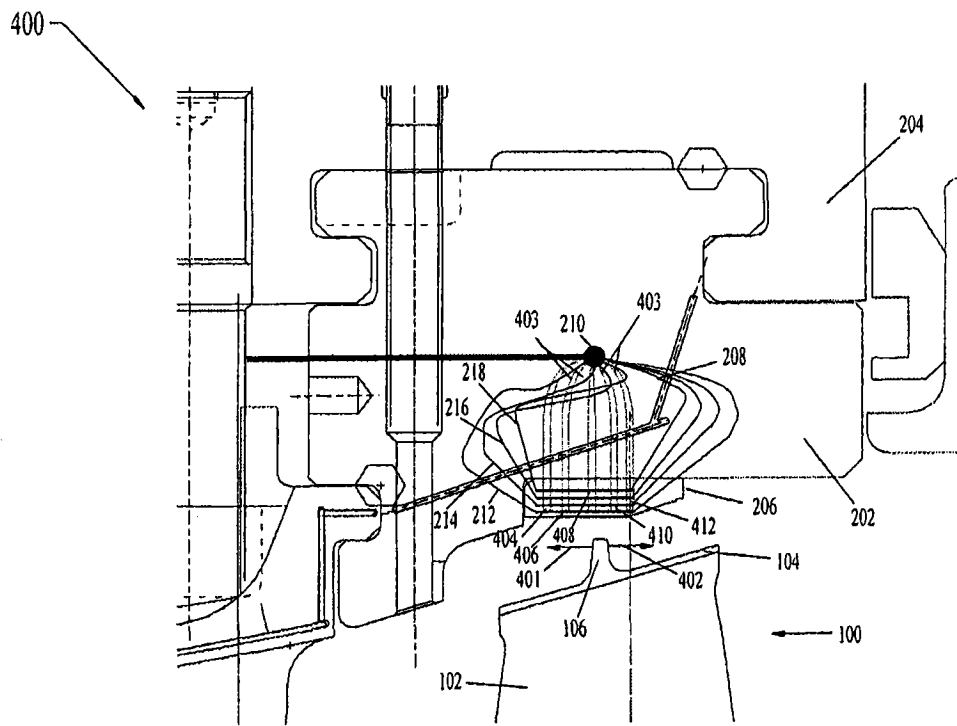


图 4