



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101988889 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201010248893. 3

(22) 申请日 2010. 07. 30

(30) 优先权数据

12/512618 2009. 07. 30 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·赫夫纳 J·P·察皮夫斯基

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

G01N 17/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6628111 B2, 2003. 09. 30, 全文, 尤其是说明书第 2 栏 41-43、49-53 行, 第 3 栏 31-41、52-58 行, 第 4 栏 5-14、49-51 行, 第 5 栏 13-20、25-29

行.

US 2007/0193887 A1, 2007. 08. 23, 全文, 尤其是说明书第 16、20、22-24 段.

US 7388386 B2, 2008. 06. 17, 全文.

WO 02/077615 A2, 2002. 10. 03, 全文.

CN 201212876 Y, 2009. 03. 25, 全文.

US 2006/0056959 A1, 2006. 03. 16, 全文.

US 5594665 A, 1997. 01. 14, 全文.

审查员 张明波

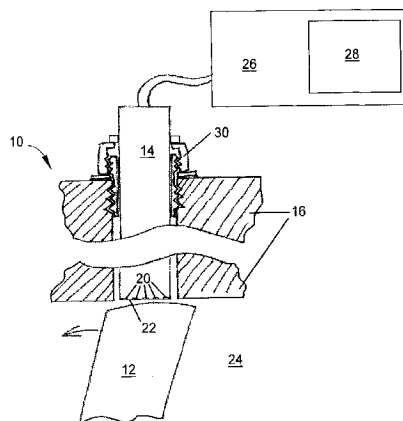
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

用于在线监控燃气轮机构件腐蚀的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及用于在线监控燃气轮机构件腐蚀的系统和方法。具体而言,一种系统和方法,其能够对安装在燃气轮机中的构件执行在线腐蚀监控。感测装置定位成使得其电极暴露于包含构件的燃气轮机部段内的操作环境。电极由一种材料形成使得构件和电极类似地响应燃气轮机部段内的腐蚀性介质。电极彼此电绝缘,并且各电极可取决于在其处的腐蚀程度而作为阳极电极或阴极电极操作,使得各电极均具有电势值,跨过电极存在电压,电流在电极之间流动,并且电势/电流值对应于在阳极电极处的腐蚀行为。在燃气轮机操作期间,从感测装置获得输出信号并且提供关于何时应当在燃气轮机上执行特定维护操作的指示。



1. 一种用于在线监控安装在燃气轮机的部段 (10) 中的第一构件 (12, 32) 的腐蚀的方法, 所述方法包括:

将多电极阵列感测装置 (14, 34) 定位在所述燃气轮机上使得其安装在所述燃气轮机的第二构件的壁体内, 所述第二构件与所述第一构件间隔设置, 所述感测装置的一个表面与所述第二构件的对应表面基本平齐设置, 设于所述感测装置 (14, 34) 的所述表面上的电极 (20, 40) 暴露于所述燃气轮机的所述部段 (10) 内的操作环境, 所述电极 (20, 40) 由电极材料形成并且所述第一构件 (12, 32) 由构件材料形成, 所述电极 (20, 40) 和所述第一构件 (12, 32) 响应所述燃气轮机的所述部段 (10) 内的至少一种腐蚀性介质, 所述电极 (20, 40) 彼此电绝缘, 并且取决于在电极处的腐蚀程度, 各个电极 (20, 40) 可作为阳极电极 (20, 40) 或阴极电极 (20, 40) 操作, 使得各个电极 (20, 40) 具有电势值, 跨过所述电极 (20, 40) 存在电压, 电流从各个阳极电极 (20, 40) 流动到所述阴极电极 (20, 40) 中的至少一个, 并且所述电势值和电流值对应于在所述阳极电极 (20, 40) 处的腐蚀行为;

操作所述燃气轮机, 并且在所述燃气轮机操作时, 基于所述电势值和所述电流值中的至少一个从所述感测装置 (14, 34) 获得输出信号;

基于所述感测装置的所述输出信号来监控腐蚀特性, 所述腐蚀特性的第一个是基于所述电流值或所述电势值的腐蚀率、并与腐蚀率限值相关地被监控, 所述腐蚀特性的第二个是基于所述电流值的点蚀深度、并与点蚀深度限值相关地被监控; 以及

响应于所述腐蚀率超过所述腐蚀率限值来指示何时应在所述燃气轮机执行清洗维护操作, 并且响应于所述点蚀深度超过所述点蚀深度限值来指示何时应当在所述燃气轮机上执行关机维护操作。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述电极材料与所述构件材料相同, 以使得所述第一构件和所述电极相似地响应于所述至少一种腐蚀性介质。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述方法还包括在指示步骤之后执行维护操作的步骤, 其中所述维护操作是清洗维护操作和关机维护操作中的一个。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述燃气轮机的所述部段 (10) 是压缩机部段 (10), 以及所述第一构件 (12, 32) 是压缩机叶片 (12, 32)。

5. 一种适于对安装在燃气轮机的部段 (10) 中的第一构件 (12, 32) 的腐蚀执行在线监控的系统, 所述系统包括:

多电极阵列感测装置 (14, 34), 其定位在所述燃气轮机上使得其安装在所述燃气轮机的第二构件的壁体内, 所述第二构件与所述第一构件间隔设置, 所述感测装置的一个表面与所述第二构件的对应表面基本平齐设置, 设于所述感测装置 (14, 34) 的所述表面上的电极 (20, 40) 暴露于所述燃气轮机的所述部段 (10) 内的操作环境, 所述电极 (20, 40) 由电极材料形成并且所述第一构件 (12, 32) 由构件材料形成, 所述电极 (20, 40) 和所述第一构件 (12, 32) 响应所述燃气轮机的所述部段 (10) 内的腐蚀性介质, 所述电极 (20, 40) 彼此电绝缘, 并且各个电极 (20, 40) 可取决于在其处的腐蚀程度而作为阳极电极 (20, 40) 或阴极电极 (20, 40) 操作, 使得各个电极 (20, 40) 具有电势值, 跨过所述电极 (20, 40) 存在电压, 电流从各个阳极电极 (20, 40) 流动到所述阴极电极 (20, 40) 中的至少一个, 并且所述电势值和电流值对应于在所述阳极电极 (20, 40) 处的腐蚀行为;

用于基于所述电势值和所述电流值中的至少一个从所述感测装置 (14, 34) 获得输出

信号的器件 (26), 其基于所述感测装置的所述输出信号来监控腐蚀特性, 所述腐蚀特性的第一个是基于所述电流值或所述电势值的腐蚀率、并与腐蚀率限值相关地被监控, 所述腐蚀特性的第二个是基于所述电流值的点蚀深度、并与点蚀深度限值相关地被监控; 以及

用于通过利用所述感测装置 (14, 34) 的输出信号来预测所述第一构件 (12, 32) 的腐蚀特性而指示何时应当在所述燃气轮机上执行维护操作的器件 (26, 28), 其响应于所述腐蚀率超过所述腐蚀率限值来指示何时应在所述燃气轮机执行清洗维护操作, 并且响应于所述点蚀深度超过所述点蚀深度限值来指示何时应当在所述燃气轮机上执行关机维护操作。

6. 根据权利要求 5 所述的系统, 其特征在于, 所述电极材料和所述构件材料相同使得所述第一构件 (12, 32) 和所述电极 (20, 40) 类似地响应所述至少一种腐蚀性介质。

7. 根据权利要求 5 所述的系统, 其特征在于, 所述电极材料比所述构件材料对所述至少一种腐蚀性介质更敏感。

8. 根据权利要求 5 至 7 中任一项所述的系统, 其特征在于, 所述燃气轮机的所述部段 (10) 是压缩机部段 (10), 以及所述第一构件 (12, 32) 是压缩机叶片 (12, 32)。

9. 根据权利要求 8 所述的系统, 其特征在于, 所述感测装置 (14) 定位在所述压缩机部段 (10) 的外壳壁 (16) 中。

10. 根据权利要求 8 所述的系统, 其特征在于, 感测装置 (34) 还可以设于所述压缩机叶片 (32) 中。

## 用于在线监控燃气轮机构件腐蚀的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明主要涉及腐蚀监控技术,并且更具体地涉及一种用于涡轮机构件(例如,燃气轮机的压缩机部段内的叶片)的在线腐蚀监控的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 涡轮机的构件,包括为了发电和推进而采用的燃气轮机的构件,在其操作期间由于涡轮机的气流中存在的介质(agent)造成的腐蚀、氧化和污染而受到损坏。例如,在腐蚀性环境如近海及其附近地区以及工业设施中,燃气轮机压缩机可能由于水在它们前几级的叶片上的冷凝、结合有污垢沉积物和氯化物和/或硫酸盐空气污染物而经历比较高的点蚀率。为了保持压缩机正常运行(health),工业燃气轮机操作人员执行各种维护动作,通常包括在线和/或离线水冲洗、离线检查以及过滤器维护。可以理解,如果过于频繁或过于稀少地执行这些作业,则会存在不利之处。例如,过量的在线冲洗会促进侵蚀,而不足的在线冲洗则会由于腐蚀性介质在压缩机叶片上聚集而导致腐蚀率上升。不可避免的是,必须执行离线检查,从而需要引起停工时间的涡轮停机和拆卸。虽然离线检查是成本很高的事件,但未能及时执行这些检查会导致对涡轮的损坏,例如因压缩机叶片由于点蚀而松脱。因此,燃气轮机操作人员依赖于谨慎排定的离线检查来监控压缩机的正常运行和执行修理,以预防破坏性事件。

[0003] 因离线检查导致的全部后果通常是数月无法使用,并且会难以与压缩机中存在的实际压缩机腐蚀/点蚀率直接关联。因此,将希望的是,通过向涡轮操作人员提供压缩机状态方面的实时信息以最大限度地减少离线检查,使得当需要和根据需要而延长在腐蚀环境中的压缩机寿命时能够进行适当的维护活动。然而,许多因素致使通过在线监控工业燃气轮机的压缩机构件上腐蚀的存在和程度进行判断的努力变得复杂。变复杂的因素包括机器的操作参数、冲洗间隔和方法、过滤器类型和维护,以及各种其它变量。对于许多工业燃气轮机而言,过滤器维护和失效、密封泄漏以及来自邻近设施的排放都会对腐蚀率产生显著和不可预见的影响。可能会影响腐蚀率的其它条件包括压缩机的操作参数,例如降功率运行(turndown)、起动/停机量等。

[0004] 由上文可以理解的是,为了避免为及时作出操作和检查决定而依赖于容易混淆的操作指标和环境指标,燃气轮机操作人员将需要对燃气轮机构件的腐蚀率的实时(在线)测量,以及基于这些测量的一组综合的维护规程。

### 发明内容

[0005] 本发明主要提供一种系统和方法,其能够对安装在操作的燃气轮机的部段中的构件(如工业燃气轮机压缩机的叶片)的腐蚀执行在线监控。

[0006] 根据本发明的第一方面,该方法主要包括将多电极阵列感测装置定位在燃气轮机上使得该感测装置的电极暴露于燃气轮机的该部段内的操作环境。电极由一种材料形成使得构件和电极类似地响应包含待监控的构件的燃气轮机的该部段内的腐蚀介质。电极彼此

电绝缘,并且取决于在电极处的腐蚀程度,各电极均可作为阳极电极或阴极电极操作。结果,各个电极均具有电势值,跨过这些电极存在电压,并且电流从各个阳极电极流到阴极电极中的至少一个。电势值和电流值对应于在阳极电极的腐蚀行为。当燃气轮机操作时,基于电势值和 / 或电流值从感测装置获得输出信号,并且通过利用感测装置的输出信号来预测该构件的腐蚀特性而提供关于何时应当在燃气轮机上执行维护操作的指示。

[0007] 根据本发明的第二方面,该系统包括多电极阵列感测装置,其定位在燃气轮机上使得该感测装置的电极暴露于包含待监控构件的燃气轮机的部段内的操作环境。电极由电极材料形成并且构件由构件材料形成,使得构件和电极类似地响应燃气轮机的该部段内的腐蚀介质。电极彼此电绝缘,并且取决于在电极的腐蚀程度,各个电极均可作为阳极电极或阴极电极操作。结果,各个电极均具有电势值,跨过这些电极存在电压,并且电流从各个阳极电极流到阴极电极中的至少一个。此外,电势值和电流值对应于在阳极电极的腐蚀行为。该系统还包括用于基于电势值和 / 或电流值从感测装置获得输出信号的设备,以及用于通过利用感测装置的输出信号来预测构件的腐蚀特性而指示何时应当在燃气轮机上执行维护操作的设备。

[0008] 本发明的系统和方法优选能够向燃气轮机操作人员提供燃气轮机的特定部段内的腐蚀率的实时测量结果,以便能够作出及时的操作和检查决定而不会仅依赖于操作指标和环境指标。根据这些测量结果,该系统和方法优选能够向燃气轮机操作人员提供一组综合的维护指示,以便能够更精确地预测离线检查的需要和时机(定时)。

[0009] 本发明的其它方面和优点将通过以下详细描述而变得更好理解。

## 附图说明

[0010] 图 1 示意性地表示按照本发明的第一实施例的穿过工业燃气轮机压缩机的外壳壁安装的腐蚀监控传感器。

[0011] 图 2 示意性地表示按照本发明的第二实施例的安装在工业燃气轮机的压缩机叶片中的腐蚀监控传感器。

[0012] 图 3 是表示图 1 或图 2 的传感器的输出以及所指示的待基于该输出而采取的控制动作的曲线图。

[0013] 零件清单

[0014]	10 部段	110
[0015]	12 叶片	112
[0016]	14 传感器	114
[0017]	16 壁	116
[0018]	18 开口	118
[0019]	20 电极	120
[0020]	22 面	122
[0021]	24 内部	124
[0022]	26 计算机	126
[0023]	28 显示器	128
[0024]	30 配件	130

[0025]	32 叶片	132
[0026]	34 传感器	134
[0027]	36 配件	136
[0028]	40 电极	140
[0029]	42 面	142
[0030]	44 结构	144

### 具体实施方式

[0031] 本发明将关于涡轮机的涡轮构件、并且特别是用于发电的工业燃气轮机的压缩机部段内的压缩机叶片进行描述,但应当理解的是,本发明可适用于在推进应用以及在其中构件的腐蚀特性由于操作环境和操作条件的变化而不容易预测的各种其它应用中使用的燃气轮机。为了进行说明,在图 1 中示出了工业燃气轮机的压缩机部段 10 的局部视图。压缩机部段 10 包括压缩机叶片 12,其中在图 1 中示出了这样一个叶片 12 的末梢区域。叶片 12 可由各种材料形成,其值得注意的实例包括 400 系列马氏体不锈钢,例如 AISI 403 和 403Cb,以及沉淀硬化马氏体不锈钢,例如(按重量计标称为 15.5% Cr、6.3% Ni、0.8% Mo、0.03% C、平衡 Fe),但也可使用其它金属合金。叶片 12 的表面由于通常含有盐和酸以及聚集在叶片 12 上的水分而受到腐蚀。在工业燃气轮机的操作期间,使用蒸发冷却器、因湿空气在压缩机进口处加速而引起的冷凝以及雨水会导致水分积聚在叶片 12 上,特别是积聚在压缩机部段前几级内的叶片上。由于在燃气轮机未操作时积聚在叶片 12 上的水分,也会出现腐蚀。

[0032] 为了监控压缩机部段 10 内的叶片 12 和其它构件的腐蚀,图 1 显示了安装在压缩机部段 10 的外壳壁 16 上的传感器 14。具体而言,传感器 14 示出为插入在壁 16 中的开口 18 内,例如用来通过管道镜探头(borescope probe)检查压缩机部段 10 的现有的观察孔端口,但也可使用其它安装方法。传感器 14 示出为具有从外壳壁 16 的外侧突出并通过接头锁紧型压合配件 30 固定的一端,但也可设想用于固定传感器 14 的其它器件。传感器 14 的相对设置的内端示出为安装成与外壳壁 16 的内表面基本上平齐,在其面 22 上限定有多个电极 20。尽管在图 1 中可见的是单排电极 20,但电极 20 优选设置成二维阵列,各电极 20 的端面暴露于压缩机部段 10 内部 24 内的环境。电极 20 彼此绝缘,且因此并未彼此直接电连接。传感器 14 在图 1 中表示为通过电缆与计算机 26 或其它合适的处理设备相连,从而能够操纵、储存和显示传感器 14 的输出,例如使用图 1 所示的屏幕 28。计算机 26 优选能够实时分析传感器 14 的输出和保存数据以用于未来估算。用于执行这些操作的各种商业软件包是已知的并且可用来对计算机 26 编程,且因此这里将不进行任何详细说明。

[0033] 传感器 14 构造为耦合的多电极阵列传感器(CMAS),并且意图用来测量腐蚀行为,优选测量腐蚀率和点蚀深度二者。为此,传感器 14 基于因腐蚀而发生在电极 20 的暴露面上的电化学反应而测量压缩机部段 10 内的局部化腐蚀行为。由于电极 20 彼此绝缘,所以传感器 14 适合在电极 20 之间产生电势和/或由于电极 20 处在不同的电势而在电极 20 之间产生电流流动。电流是否从给定电极 20 流动或向其流动将取决于电极 20 是否表现为与腐蚀相关的电化学反应中的阳极(失去电子)或阴极(获得电子)。相邻电极 20 之间的间距能够变化,最佳间距可通过常规实验确定。

[0034] 为了显示出与叶片 12 相似的腐蚀行为,电极 20 由与叶片 12 的材料相似的具有腐蚀特性的材料形成,并且更具体而言,显示出对主要引起燃气轮机压缩机部段 10 内的腐蚀的腐蚀介质的相似响应。例如,电极 20 可由与叶片 12 相似的合金或完全相同的合金形成。换句话说,叶片 12 和电极 20 具有优选在对于给定合金的相同商品规格范围内的成分。结果,在燃气轮机操作期间,来自传感器 14 的输出信号不仅指示电极 20 的腐蚀行为,而且通过适当地选择电极材料,能够用来预测叶片 12 的一个或多个腐蚀特性。由对压缩机部段 10 内的腐蚀介质更敏感的合金形成电极 20 以增加传感器 14 的信号响应,也在本发明的范围内。

[0035] 上述类型的传感器在本领域中是已知的,如美国专利 No. 6, 683, 463 和 7, 309, 414 以及美国公开专利申请 No. 2007/0193887 所例示,示出其有关此类传感器的结构、操作和用途的内容。在本发明的优选实施例中,这种类型的传感器特别适用于燃气轮机压缩机,并且对其输出的判读(解释)指定为用以指示应当在燃气轮机、并且特别是在其压缩机部段 10 内的叶片 12 上执行特定的维护操作。为此,对于特定类型的燃气轮机而言,必须开发出传递函数,该传递函数将传感器 14 基于电压和/或基于电流的输出信号与燃气轮机压缩机部段 10 内的叶片 12 的腐蚀特性相关联。开发合适的传递函数通常在本领域技术人员的能力范围内,且因此这里将不进行任何详细的说明。

[0036] 特别重要的是,关于压缩机部段 10 内的腐蚀行为对传感器 14 的输出的判读,以及由于将传感器输出判读为表示腐蚀率和腐蚀状态(例如,点蚀深度)而指定应当在燃气轮机上执行的特定维护动作。基于燃气轮机的适当经验或理论建模,计算机 26 能够用来通过监控电极 20 之间的电流和/或跨过电极 20 的电压而预测叶片 12 上的腐蚀率。例如,基于阳极电极 20 与阴极电极 20 之间的平均电流能够预测全面(平均)腐蚀率,以及基于最快腐蚀的电极 20(即,电子以最高速率自其失去的最阳极电极 20)能够预测最大或局部化腐蚀率。基于在阳极电极 20 的阳极电荷或通过借助于对流过的电子计数(测量电流)而反算在阳极电极 20 的金属损失,也能够预测叶片 12 上的腐蚀深度。通过以这种方式将传感器输出与腐蚀行为关联,计算机 26 还可用来指示何时应当在燃气轮机上执行维护动作。例如,图 3 表示计算机显示器 28 的屏幕截图,其中显示了描绘点蚀深度和点蚀率相对于时间的曲线图。在该曲线图上示出了两个极限,第一个是腐蚀率极限,在该实例中将其任意设定为每时间单元一微米,而第二个是点蚀深度极限,在该实例中将其任意设定为三微米。在该实例中,腐蚀率极限提供了如果超过则应当执行在线或离线水冲洗的指示。同样在该实例中,点蚀深度极限提供了如果超过则燃气轮机应当停机并执行可视检查的指示。还可监控腐蚀率数据的斜率用以识别可能已发生的将需要进一步调查的任何操作条件或事件。通过将传感器测量结果与其它可获得的数据如涡轮操作小时数、温度等结合,也可基于对叶片 12 预测的腐蚀量用以预测压缩机部段 10 内的叶片 12 的寿命。另外,传感器数据可提供用于未来机器的压缩机叶片的有价值的寿命预测工具,例如,通过与过滤器构造、冲洗实践、环境等级、湿度等互相对照腐蚀率。

[0037] 尽管图 1 所示的实施例显示了插入在压缩机外壳壁 16 中已有的开口 18 内的传感器 14,但其它构造也是可设想到的并且在本发明的范围内。例如,在图 2 中,按照美国公开专利申请 No. 2007/0193887 大致示出了平面型传感器 34。传感器 34 示出为包埋在压缩机叶片 32 中并由螺旋型配件 36 固定,但可设想到其它用于固定传感器 34 的器件。传感器 34

限定出与叶片 32 的吸入面和压力面基本上平齐的对应的面 42。与图 1 的实施例相似,传感器 34 包括二维阵列的单独电极 40,各电极均在传感器 34 的至少一个面 42 显露。如图 2 所示,电极 40 包埋在由电介质材料如陶瓷形成的结构 44 中并通过结构 44 分离,使得电极 40 的端部暴露于包含叶片 32 的压缩机部段内的环境。通过如图 2 所示将传感器 34 联接在计算机 26 上,传感器 34 能够以与对图 1 的传感器 14 所述相同的方式操作。

[0038] 鉴于上述,传感器 14 和 34 以及计算机 26 适合为了在燃气轮机压缩机中提供局部化和全面(平均)腐蚀和腐蚀率的连续、实时监控而协同操作。计算机 26 可经编程用以提供维护指示,这些维护指示由传感器 14 和 34 所生成的输出信号触发并且经修整以基于传感器输出的类型和级别而提示合适的动作。合适的动作包括但不限于,优先冲洗腐蚀性污垢以延长叶片寿命,优先冲洗腐蚀性污垢以防止效率下降,警示具体问题的部位,例如过滤器泄漏/失效和局部腐蚀性排放,定期叶片检查/替换,停工期间腐蚀的监控等。结果,传感器 14 和 34 以及计算机 26 能够提供主动式维护选项,如果遵循的话,则可避免否则可能由于点蚀而出现的压缩机叶片松脱。

[0039] 虽然已就特定实施例描述了本发明,但显然的是本领域技术人员可采用其它形式。例如,传感器 14 和 34 的物理构造可不同于所示的物理构造,并且可使用与所指出的那些不同的材料和工艺。因此,本发明的范围仅由所附权利要求限定。



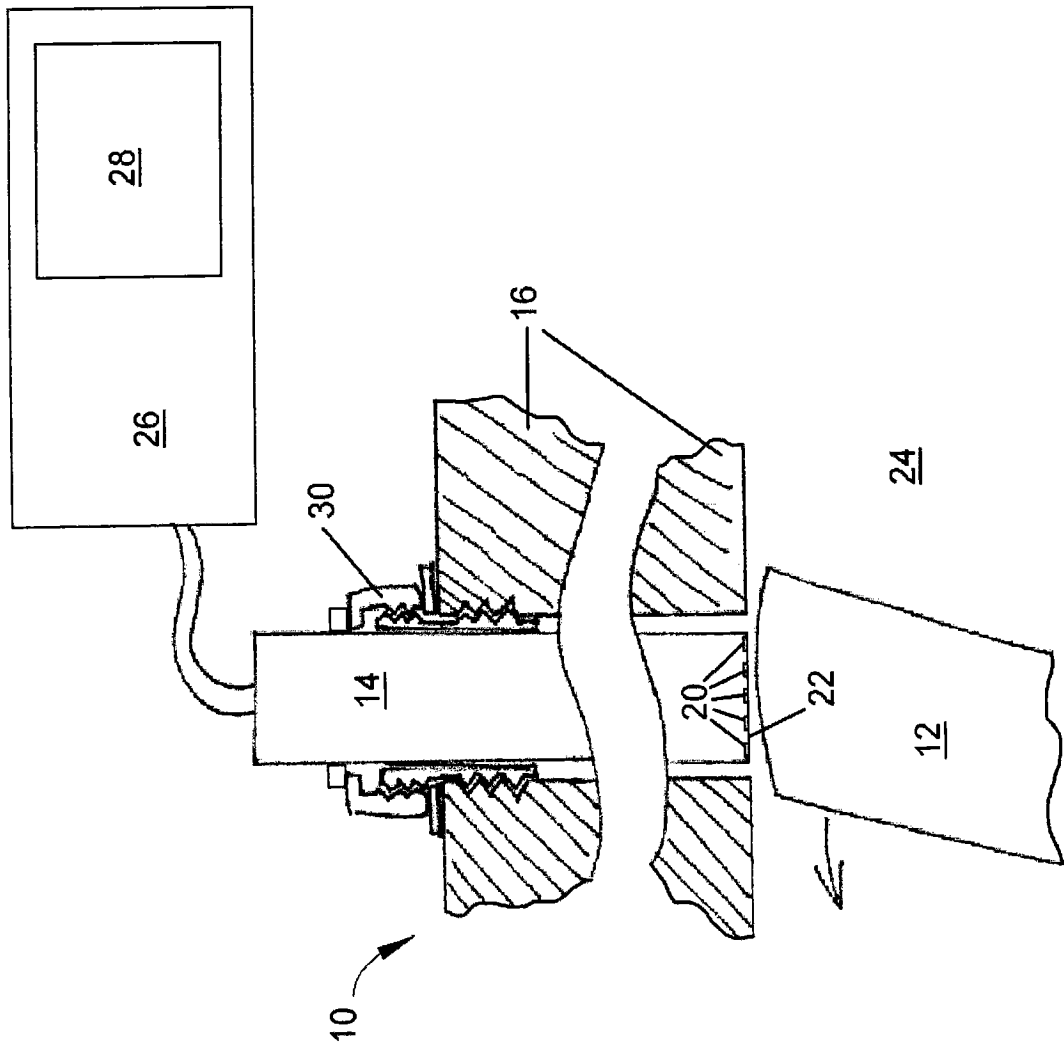


图 1

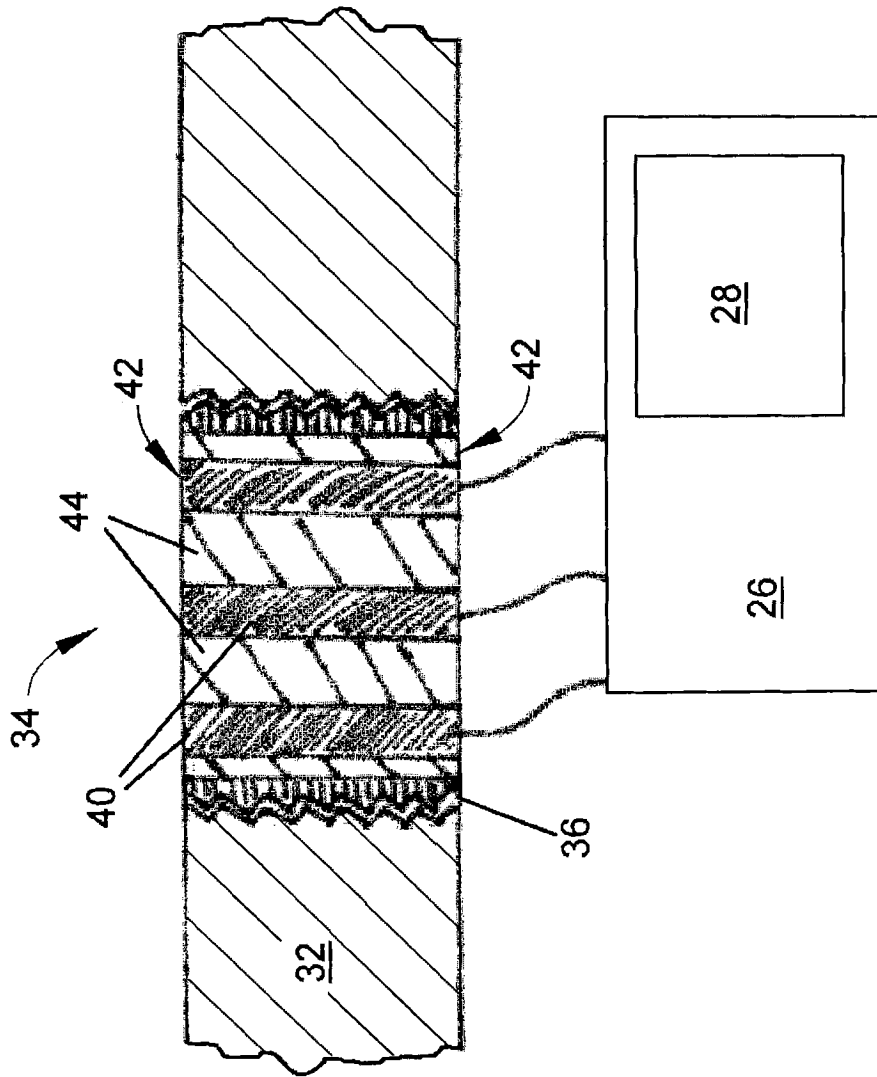


图 2

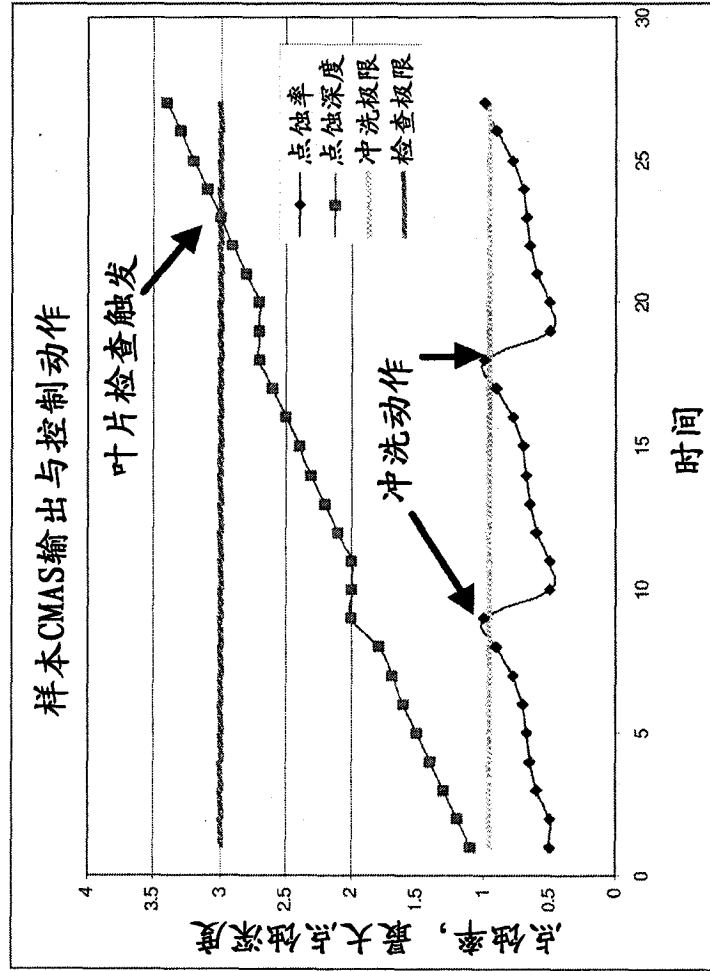


图 3