



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102953028 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 06

(21) 申请号 201210291391. 8

(22) 申请日 2012. 08. 15

(30) 优先权数据

13/209, 591 2011. 08. 15 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 G. O. 克雷默 I. A. 斯罗博延斯基

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 肖日松 谭祐祥

(51) Int. Cl.

C23C 8/10(2006. 01)

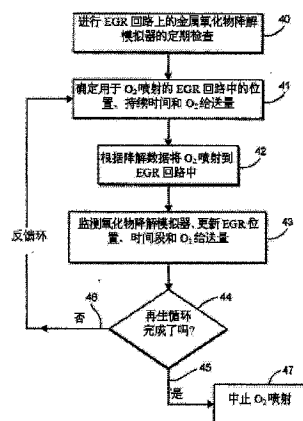
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于在燃气涡轮发动机部件上再生氧化物涂层的方法

(57) 摘要

本发明提供通过将氧加入 SEGR 系统中而再生燃气涡轮机部件上的氧化物涂层的方法, 所述方法包括以下步骤: 限定燃气涡轮发动机的废气再循环(EGR)回路; 为了监测在关键燃气涡轮发动机部件中随着时间发生的金属氧化物降解的水平而识别所述 EGR 回路内的一个或多个目标位置; 收集并且分析数据, 所述数据对应于所述目标位置的每一个处的固定时期内的金属氧化物降解的水平; 确定所述 EGR 回路内的所述目标位置中的哪些需要使用喷射氧进行氧化物再生; 以及控制在所述目标位置足以将所述金属氧化物涂层再生到期望水平的氧喷射量。



1. 一种用于在燃气涡轮发动机部件上再生氧化物涂层的方法,所述方法包括:
 - (a) 限定所述燃气涡轮发动机 (8) 的废气再循环 (EGR) 回路 (16);
 - (b) 为了监测随着时间的金属氧化物降解的水平而识别所述 EGR 回路 (16) 内的一个或多个目标位置 (12、26);
 - (c) 收集并且分析数据,所述数据对应于所述目标位置 (12、26) 处的随着时间的所述金属氧化物降解的水平;
 - (d) 确定用于将氧喷射到所述 EGR 回路 (16) 中的所述目标位置 (12、26) 中的特定位置;以及
 - (e) 确定在所述目标位置 (12、26) 中的所述特定位置足以再生所述金属氧化物涂层以获得限定氧水平的氧喷射量。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括以下步骤:连续地监测在所述 EGR 回路 (16) 中的所述目标位置 (12、26) 随着时间发生的氧化物再生的量。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,确定氧化物喷射量的所述步骤对应于所述目标位置 (12、26) 中的单独位置。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在原位执行 (a) 至 (e) 的步骤而不用使所述燃气涡轮发动机 (8) 停机。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括以下步骤:反馈关于所述氧化物再生的水平的数据以便控制在所述目标位置 (12、26) 随着时间的所述氧化物喷射的量。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述燃气涡轮发动机包括燃气轮机压缩机 (2)、燃烧器 (6)、由来自所述燃烧器 (6) 的废气驱动的燃气轮机 (8)、氧和氢洗涤器 (23) 以及热回收蒸汽发生器 (“HRSG”) (15)。
7. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,喷射氧的所述步骤作为给送到所述 EGR 回路 (16) 中的所述热回收蒸汽发生器 (15) 的一部分发生。
8. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,喷射氧的所述步骤作为给送到所述燃气轮机 (8) 的一部分发生。
9. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,喷射氧的所述步骤发生在所述 EGR 回路 (16) 中的所述热回收蒸汽发生器 (15) 的下游。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,收集并且分析对应于所述金属氧化物降解的水平的数据的所述步骤发生在所述热回收蒸汽发生器 (15) 的下游的所述 EGR 回路 (16) 中。
11. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括以下步骤:控制在所述氧化物再生期间到达所述燃烧器 (6) 的烃燃料给料和氧给料 (10)。
12. 一种用于在燃气涡轮发动机的部件上再生氧化物涂层的系统,所述系统包括:
 - (a) 用于所述燃气涡轮发动机 (8) 的废气再循环 (“EGR”) 回路 (16);
 - (b) 一个或多个氧化物监测器,所述一个或多个氧化物监测器定位在所述 EGR 回路 (16) 内的目标位置 (12、26) 以确定随着时间发生的金属氧化物降解的水平;
 - (c) 分析站,所述分析站位于所述目标位置 (16) 的每一个处以确定在限定时间段发生

的金属氧化物降解的水平；

(d) 处理器,所述处理器能够确定用于将氧喷射到所述 EGR 回路 (16) 中的所述目标位置 (12、26) 中的特定位置;以及

(e) 氧喷射装置,用于在所述目标位置 (12、26) 中的所述特定位置将氧喷射到所述 EGR 回路 (16) 中。

13. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述系统还包括氧喷射装置 (36、37),所述氧喷射装置用于将足以再生所述金属氧化物涂层的限定量的氧喷射到所述 EGR 回路 (16) 中。

14. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述系统还包括反馈控制环,所述反馈控制环包含关于必须在所述目标位置 (12、26) 使用氧喷射的所述氧化物再生的水平的数据。

15. 根据权利要求 12 所述的系统,其特征在于,所述分析站包括一个或多个氧化物涂层降解模拟器 (35)。

用于在燃气涡轮发动机部件上再生氧化物涂层的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种方法,所述方法可以在原位执行以再生燃气涡轮发动机部件(包括基底金属基体(base metal substrate)和金属氧化物涂层)上的金属氧化物涂层而不需要使燃气涡轮发动机停机以便实现期望的涂层再生。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机典型地包括压缩器部段、燃烧部段和涡轮机部段。压缩器部段加压在高压下排出到燃烧部段中的环境空气,所述燃烧部段典型地包括围绕燃气涡轮发动机的轴线以环形阵列定位的多个燃烧器。加压空气通过燃烧器燃料喷嘴中的一个或多个开口流动到喷嘴中并且与燃料源混合。燃料/空气混合物被喷射到每个燃烧器的燃烧室中并且在燃烧室中燃烧,并且热燃气从燃烧部段流动到涡轮机部段,在所述涡轮机部段能量从气体被提取以驱动涡轮机并且生成电力。

[0003] 在某些燃气涡轮机应用中,例如在氧燃料或化学计量废气再循环(“SEGR”)系统中,压缩器排放典型地包括缺氧气体,原因是这样的系统(特别是SEGR)被设计成最小化存在的过量氧的量以便保持可接受水平的燃烧效率。通常,最后必须从工作流体去除SEGR系统中的任何过量氧以便保证最佳发动机性能和效率。

[0004] SEGR系统的一个重要方面在于在SEGR回路内的某些位置存在的低水平的氧可以导致用于关键发动机部件上的金属氧化物涂层通过恢复为非氧化形式的涂层而随着时间的劣化。这样的金属氧化物涂层通常分为三种基本类别:(1)抗腐蚀涂层;(2)抗氧化涂层;和(3)热障涂层(“TBC”),以及它们的组合。氧化物涂层随着时间的劣化可以导致它们的保护属性和结构属性的潜在损失以及对一个或多个关键组成部分的损害。

[0005] 近年来,燃气涡轮发动机(特别是SEGR系统)中的部件的氧化物降解(degeneration)的可能性由于在长期操作中用于改善发动机效率的更高工作温度而变得更大。当工作温度增加时,在高温下发动机的部件的耐用性必须相应地增加。尽管例如使用镍和钴基超合金在高温应用中冶金已经有了明显进步,但是单独使用合金常常不足以保护随着时间的易于氧化物降解的燃气涡轮发动机的某些关键操作部段中的涡轮机部件。一种已有的解决方案是热绝缘关键部件(例如,涡轮机叶片)以减小金属基体(substrate)的有效工作温度。例如,热障涂层(“TBC”)可以施加于某些部件的金属基体上以改善它们的长期可靠性并且典型地包括使用由已知的热喷涂技术(例如物理蒸汽沉积)施加的结合层而置于基底金属基体上的金属氧化物层。

[0006] 尽管在改善TBC、抗氧化涂层和抗腐蚀涂层的耐用性方面已经有了明显进步,但是这样的技术始终需要在长期使用之后去除并且修补劣化的金属部件。物理去除保护层并且修补底层金属基体会是很耗时的,甚至导致底层金属基体的损失以便进行修补。底层金属基体的可能去除对于扩散涂层和结合层特别有影响,原因是涂层/层常常随着时间延伸到金属基体表面中。如上所述,重复的常规修补/再涂工艺会导致明显的材料损失,最终导致部件变为最小容许壁厚并且由此易于出现重大故障。

[0007] 各种方法也已在过去使用以设法保护新燃气轮机中的底层基底金属部件。然而值得注意的是, 已知方法始终需要在将发动机投入使用之前 (或者可能以后在停机维修模式期间) 将保护涂层施加于特定部件。因此, 当系统在运行和运转时这样的方法不能用于实现原位修补。在过去, 各种保护涂层已被应用于在发动机变为可操作之前使用常规等离子喷涂技术选择发动机部件。其它工艺通过使特定部件的表面与金属化合物接触而改善表面的防污性, 所述金属化合物在后续热处理期间转化为金属氧化物。

[0008] 再次地, 这些已知方法未教导或建议在发动机 (特别是使用 SEGR 并且在工作流体中的低氧浓度的情况下运转以便获得可接受的工作效率的燃气涡轮发动机) 保持完全操作时原位再生金属氧化物涂层的技术。例如, 氧的 1% (体积) 水平通常被认为是多数 SEGR 系统在不牺牲效率的情况下可以容许的最大水平。在过去, 将附加的空气或氧喷射到 SEGR 回路中以改善底层氧化物层的完整性或预期寿命的构想由于预测的发动机效率的损失而被认为有害于总体发动机操作并且是反直觉的。尽管 SEGR 回路中处于 1% 或更低的氧水平有助于保持期望的发动机效率水平, 但是长期低氧水平倾向于导致关键 SEGR 部件的氧化物涂层变为还原对象 (reduction target), 导致金属完整性和强度的最终损失。最终, 整个发动机不得不停止使用以便修补和 / 或整修那些部件。

[0009] 因此, 在本领域中仍然很需要一种在操作期间修补燃气轮机部件 (特别是涉及 SEGR 的部件) 的改进方法以便最小化底层金属基体的损失和 / 或再生基底氧化物涂层。也需要保留已有的金属氧化物涂层和基体 (特别是在 SEGR 系统中) 而不用承担昂贵的修补和整修选定金属部件的不可避免的停机时间, 所述修补和整修需要长时间段地停止使用整个燃气涡轮发动机。再生氧化物涂层的氧化反应在操作期间的更高金属温度下更快, 减小再生时间。

[0010] 可以如本说明书中所述进行处理的制品的一般类别包括这样的制品, 所述制品包括具有包含一种或多种金属氧化物的第一材料的基底金属基体和覆盖金属基体的至少一部分的第二材料的层。第二材料通常将在组成上类似于第一材料, 基底基体和层在它们的界面处整体地结合。通常, 将再生的第二层包括来自沉积工艺的材料, 例如汽相沉积、等离子沉积、阴极电弧沉积溅射技术或它们的组合。

发明内容

[0011] 本发明的一个方面提供一种用于在选定燃气涡轮发动机部件上原位再生氧化物涂层的新方法, 所述方法包括以下步骤: (a) 限定所述燃气涡轮发动机的废气再循环 (EGR) 回路; (b) 为了监测随着时间的金属氧化物降解的水平而识别所述 EGR 回路内的一个或多个目标位置; (c) 收集并且分析数据, 所述数据对应于所述目标位置处的随着时间的所述金属氧化物降解的水平; (d) 确定用于将氧喷射到所述 EGR 回路中的所述目标位置中的特定位置; 以及 (e) 确定在所述目标位置中的所述特定位置足以再生所述金属氧化物涂层以获得限定氧水平的氧喷射量。

[0012] 进一步的, 所述方法还包括以下步骤: 连续地监测在所述 EGR 回路中的所述目标位置随着时间发生的氧化物再生的量。

[0013] 进一步的, 确定氧化物喷射量的所述步骤对应于所述目标位置中的单独位置。

[0014] 进一步的, 在原位执行 (a) 至 (e) 的步骤而不用使所述燃气涡轮发动机停机。

[0015] 进一步的,所述方法还包括以下步骤:反馈关于所述氧化物再生的水平的数据以便控制在所述目标位置随着时间的所述氧化物喷射的量。

[0016] 进一步的,所述燃气涡轮发动机包括燃气轮机压缩机、燃烧器、由来自所述燃烧器的废气驱动的燃气轮机、氧和氢洗涤器以及热回收蒸汽发生器(“HRSG”)。

[0017] 进一步的,喷射氧的所述步骤作为给送到所述 EGR 回路中的所述热回收蒸汽发生器的一部分发生。

[0018] 进一步的,喷射氧的所述步骤作为给送到所述燃气轮机的一部分发生。

[0019] 进一步的,喷射氧的所述步骤发生在所述 EGR 回路中的所述热回收蒸汽发生器的下游。

[0020] 进一步的,收集并且分析对应于所述金属氧化物降解的水平的数据的所述步骤发生在所述热回收蒸汽发生器的下游的所述 EGR 回路中。

[0021] 进一步的,所述方法还包括以下步骤:控制在所述氧化物再生期间到达所述燃烧器的烃燃料给料和氧给料。

[0022] 本发明的另一个方面提供一种用于在选定发动机部件上再生氧化物部件的系统,所述系统使用反馈控制系统精确地监测随着时间的降解水平并且其后使用示例性方法控制氧化物再生。具体的,提供一种用于在燃气涡轮发动机的部件上再生氧化物涂层的系统,所述系统包括:(a) 用于所述燃气涡轮发动机的废气再循环(“EGR”)回路;(b) 一个或多个氧化物监测器,所述监测器定位在所述 EGR 回路内的目标位置以确定随着时间发生的金属氧化物降解的水平;(c) 分析站,所述分析站位于所述目标位置的每一个处以确定在限定时间段发生的金属氧化物降解的水平;(d) 处理器,所述处理器能够确定用于将氧喷射到所述 EGR 回路中的所述目标位置中的特定位置;以及(e) 氧喷射装置,用于在所述目标位置中的所述特定位置将氧喷射到所述 EGR 回路中。

[0023] 进一步的,所述系统还包括氧喷射装置,所述氧喷射装置用于将足以再生所述金属氧化物涂层的限定量的氧喷射到所述 EGR 回路中。

[0024] 进一步的,所述系统还包括反馈控制环,所述反馈控制环包含关于必须在所述目标位置使用氧喷射的所述氧化物再生的水平的数据。

[0025] 进一步的,所述分析站包括一个或多个氧化物涂层降解模拟器。

[0026] 因此,本发明的至少一个方面提供在废气再循环回路内的选定时间、温度和物理位置引入氧以便再生金属氧化物涂层以及基底金属部件自身。

附图说明

[0027] 在参考附图的说明书中阐述包括对于本领域技术人员来说是本发明(包含本发明的最佳模式)的完整和能够实现的公开,其中:

[0028] 图 1 是示例性燃气涡轮发动机系统的工艺流程图,其示出用于执行根据本发明的方法以实现在废气再循环(“EGR”)回路中的选定部件上原位再生金属氧化物涂层的基本部件和工艺;

[0029] 图 2 是根据本发明的示例性系统的工艺流程图,其示出为了在选定燃气涡轮发动机部件上再生金属氧化物涂层而用于将氧喷射到 EGR 路中的特定目标位置;以及

[0030] 图 3 是决策流程图,其显示根据本发明的示例性步骤。

[0031]	附图标记列表：	管线 18
[0032]	受控空气给料 1	回收管线 21
[0033]	主空气压缩机（“MAC”） 2	燃烧器废气流 25
[0034]	压缩机排出管线 5	氧和氢洗涤器 23
[0035]	燃气轮机燃烧器 6	二氧化碳流 24
[0036]	旋转轴 3	空气 / 氧给送管线 12
[0037]	燃气轮机压缩机 4	阀 55
[0038]	燃气轮机 8	HRSg 给送管线 13
[0039]	旋转轴 9	控制阀 56
[0040]	燃烧器空气给料 10	给送管线 26
[0041]	控制阀 11	给送阀 27
[0042]	废气 7	组合给送管线 53
[0043]	热回收蒸汽发生器 15	阀 54
[0044]	废气再循环（“EGR”）回	管线 28
[0045]	路 16	截止阀 29
[0046]	废气流 20	给料 25
[0047]	蒸汽轮机 19	氧和氢洗涤器 23
[0048]	发电机 22	给送控制阀 51
[0049]	阀 58	氧给送管线 36
[0050]	阀 37	步骤 42
[0051]	氧化物涂层降解模拟器 35	步骤 43
[0052]	辅助燃料管线 50	步骤 44
[0053]	富燃料焰炬 60	步骤 45
[0054]	步骤 40	如 47 所示中止氧喷射
[0055]	步骤 41	46 处的反馈环

具体实施方式

[0056] 如上所述,使用 EGR 或 SEGR 的燃气轮机系统必然需要(出于热效率的原因)燃气轮机中的低氧气氛,例如优选地小于 1 体积%。一些 SEGR 系统甚至需要小至 10ppm 的氧水平,这取决于期望的发动机操作特性和应用。SEGR 工艺的一个问题在于用于改善燃气轮机系统的热和化学计量效率的低氧水平也导致已有的金属氧化物涂层随着时间变为降解,原因是工作流体的低氧气氛最终倾向于使氧脱离氧化物层,即,原因在于工作流体中的一氧化碳反应形成二氧化碳。甚至燃气轮机部件的基本冶金会受到不利影响并且在用高温工作流体进行的长期操作中受到这样的“氧化腐蚀”。可以在低氧气氛中改变金属基体的碳含量,而且也不用在较高浓度下定期加入氧。由于 SEGR 系统未被设计成使用高氧水平,因此任何未反应、再循环氧最终应当使用将 CO 转化为 CO₂ 的催化剂去除,CO 在转化反应中用作还原剂。

[0057] 本发明通过在燃气涡轮发动机仍然操作的同时通过增量地 (incrementally) 加入氧而实现再生发动机中的金属氧化物层的需要,而且不会不利地影响被设计成去除超出

一定阈值水平的过量氧的原位 (in-place) 催化系统。值得注意的是,在特定时间和位置的选定氧喷射不会导致发动机或已经就位的催化剂处理操作的效率的明显损失,但是在加入氧以获得期望水平的金属氧化物再生期间催化剂处理操作的负荷可增量地增加。

[0058] 同样如下面结合图 1-3 所述,将氧含量更高的气体或流体临时、定期喷射到 SEGR 燃气系统中(使用空气、过氧化氢乃至纯氧)可以在“闭合”再循环回路内部的一个或多个目标位置以不同的时间段并且不同的工作温度和压力下进行,这取决于所遇到的特定冶金条件和那些目标部件的预测降解水平。已发现实际上 SEGR 系统(其至少包括 EGR 和 HRSG)中的“低氧回路”中的所有带金属氧化物涂布的部件是使用本发明改善涂层和基本冶金中的氧化物水平的首选。氧的受控加入优选地可以在 SEGR 回路中靠近环境压力位置处进行以便最小化加压氧喷射的需要(并且因此减小成本)。

[0059] 已发现暴露于附加氧的时间段(经由空气、 O_2 或过氧化氢)为大约 1/2 小时至两小时,这取决于精确的喷射位置、氧浓度、再生之间的时间、操作历史、温度环境、冶金目标等,原因是一些金属氧化物涂层取决于它们的基本组成、工作温度、压力和工作流体条件而随着时间的不同速率再生。

[0060] 在本发明的其它方面中,示例性控制系统包括使用位于废气再循环回路中的战略点(strategic point)的试片(test coupon)(结合附图而被称为“降解模拟器”)来确定并且监测氧化物降解的水平和在以下述方式引入氧之后涂层的最后改善水平。

[0061] 参考附图,其中相同的附图标记在各视图中始终表示相同的元件,图 1 是燃气涡轮发动机系统的示例性工艺流程图,其示出用于实现根据本发明的金属氧化物涂层的原位再生的基本硬件部件和工序,特别是应用于废气再循环(“EGR”)回路中的选定部件。受控空气给料 1 进入主空气压缩机(“MAC”)2 并且在高压下从最后级(如压缩机排出管线 5 所示)离开进入燃气轮机燃烧器 6。MAC 和燃气轮机压缩机经由旋转轴 3 可操作地连接。以类似方式,燃气轮机压缩机 4 操作以经由旋转轴 9 驱动燃气轮机 8。离开 MAC 2 的更高压力的空气流经通过控制阀 11 的燃烧器空气给料 10 直接给送到燃烧器 6 中,如图所示。受控量的烃燃料(例如在图 1 中标示为“燃料”的天然气)直接给送到燃气轮机燃烧器中,在所述燃气轮机燃烧器中它点燃并且产生热能。离开燃烧器的废气 7 驱动燃气轮机 8 并且其后在如 14 所示的较低压力下进入热回收蒸汽发生器 15。

[0062] 废气再循环(“EGR”)回路 16 将给料再循环回到燃气轮机压缩机 4。来自 HRSG 15 的废气流 20 然后用于驱动如图所示的蒸汽轮机 19 以经由发电机 22 以常规方式生成电力。典型地,来自 HRSG15 的废气的一部分将通过阀 58 从 HRSG 被去除并且通过管线 18 排出到大气,如图所示。为了增加蒸汽轮机的工作效率,离开蒸汽轮机 19 的最后级的废气经由再循环管线 21 再循环回到 HRSG。

[0063] 图 1 也示出通常如何处理燃气轮机废气以去除尽可能多的残余一氧化碳和氧以便改善发动机效率。也就是说,由于燃烧步骤不是化学计量完美的,因此残余量的未燃烧氧和 CO 必须在独立操作中被处理。在这里,燃烧器废气流 25 的一部分穿过氧和氢洗涤器(scrubber)23,所述氧和氢洗涤器去除 CO 并且消耗未燃烧的游离氧以形成二氧化碳流 24。备选地,CO 洗涤操作可以包括催化剂床,所述催化剂床将 CO 转化为二氧化碳并且在放热反应中消耗氧。燃气轮机废气穿过 HRSG,所述 HRSG 使用废气的固有热值生成蒸汽并且使用如上所述的蒸汽轮机提取能量。

[0064] 图1中所示的流型(flow pattern)指示离开燃烧器的氧水平典型地降低到大约1体积%以下,并且优选地在大约0.3%至.01%之间的范围内以便保证SEGR有效地操作并且仍然满足总体热效率目标。在另一方面,由于在氧化物再生循环期间定期地加入附加氧,因此系统必然略高于化学计量运转给定的短时间段。在图1的实施例中,将连续地监测系统内的氧水平以保证它保持处于大约1体积%或以下,并且优选地在大约0.5%至1.0%的范围内直到再生循环完成。

[0065] 根据本发明的用于将受控量的氧定期地加入EGR回路的手段作为例子在图1中被显示为发生在两个不同目标位置,即,通过空气/氧给送管线12,所述空气/氧给送管线通过阀55将规定量的空气和氧喷射到蒸汽涡轮机的初级(early stage)中和/或使用控制阀56通过HRSG给送管线13直接喷射到HRSG中。备选地,附加氧和空气可以使用给送阀27通过EGR空气/O₂给送管线26给送到HRSG的下游的EGR回路中,如图所示。例如使用具有喷射器型入口(例如,EGR回路中的指向下游的管)的阻流门(未显示),EGR回路也能供应环境空气,以有助于吸入环境空气,从而在规定时间间隔期间再生涂层。

[0066] 图1也显示在再生循环期间可能加入一氧化碳(乃至氢)以便使用组合给送管线53和阀54更精确地控制到达O₂和H₂催化洗涤器23的给料中的氧水平(优选地在洗涤器出口小于10ppm以体积计的氧)。作为另一个控制,管线28和相关截止阀29允许给料25的一部分流入大气中以有助于冷却燃烧器(而不是使用排气管线18)和/或控制到达氧和氢洗涤器23的给料。甚至可能理想的是在再生循环期间将“燃料”给料中的一定量的烃燃料旁通到燃烧器(参见以虚线形式显示的辅助燃料管线50和给送控制阀51),这再次取决于由洗涤器23中的氧化催化剂去除的一氧化碳和氧的量。

[0067] 通常,氧化物再生循环使用CO和氧的1:2比率作为基本控制参数进行以便保证CO催化还原为一氧化碳保持高水平,但是不使催化系统超负荷。在氧化物再生循环完成之前、期间和之后,可以加入其它还原剂(例如乙烷)以便保证CO水平下降到规定水平。确定再生期间氧加入的适当水平的另一个控制因素涉及用于去除NOX组分的三元(3-way)催化剂的性能标准(其典型地不超过大约4%的氧,而且不损失它们在去除NOX中的有效性)。

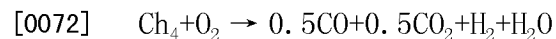
[0068] 根据本发明的一个方面的典型再生循环加入呈一种形式或另一种形式的游离氧并且持续大约30分钟至大约2小时,这取决于再生之前的系统操作条件。再生应当定期地发生(可能每周),这取决于EGR中的定期的、受监测的金属氧化物水平,如下面更详细地所述。

[0069] 图2示出图1中所示的EGR回路内的各种示例性目标位置,所述目标位置可以用于首先监测金属氧化物降解并且然后开始、控制并且终止氧加入。如图1中所示,可以提供各种附加空气和/或氧给送点以便原位再生选定金属氧化物部件,即,不使燃气涡轮发动机自身停机,由此增加发动机随着时间的总效率。图2示出用于在EGR回路内的选定时间、温度和物理位置引入氧以便再生氧化物部件的示例性系统。

[0070] 例如,定位在EGR回路中的氧化物降解模拟器中的一个或多个将通过氧给送管线36和阀37接收空气和/或氧的定期喷射,包括给送量和持续时间,如图所示。在一个或多个氧喷射在规定位置、时间和持续时间完成之后,来自那些相同氧化物降解模拟器的后续数据可以用于更新氧给送量、位置和持续时间直到再生循环完成(或者至少到达预测的氧化物再生水平)。氧化物涂层降解模拟器35例如可以包括施加于试片的金属氧化物涂层,

所述试片具有被积分以确定随着时间的精确氧化物损失的已知表面传导率。备选地,模拟器可以包括以热丝安培计的性质操作的热传感器。热敏电阻珠状装置也可以用于提供所需的氧化物降解数据。

[0071] 图 2 也显示在一个或多个策略位置 (strategic location) 处的富燃料焰炬 60 可能用于将一氧化碳直接加入系统中的手段,CO 然后可用于去除由形成 CO₂ 的反应 (即,基于以下反应) 留下的任何残余氧:



[0073] 在操作中,单再生循环可以与较大系统的其它部分 (例如,与在特定时间经历再生的仅仅一个燃气涡轮发动机) 协作执行。因此,图 2 中所示的控制环的类型可以被设计成与用于由多个燃气涡轮发动机组成的整个工厂的控制环接口。在该意义上,示例性系统将基于经验使用不同的发动机随着时间积累的氧化物再生数据的多个输入,再次地目的是允许发生选定 EGR 部件的再生而不使任何一个燃气涡轮发动机停机。

[0074] 附图的图 3 描绘决策流程图,其显示根据本发明的监测并且其后再生燃气涡轮发动机中的金属氧化物部件采取的示例性步骤。如图 2 中所示,根据本发明的示例性方法开始于步骤 40,该步骤包括定期检查定位在 EGR 回路中的各策略位置的金属氧化物降解模拟器。使用计算机程序连续地分析来自降解模拟器的数据,所述计算机程序能够比较随着时间的降解数据与基于过去积累的经验数据的目标参数和算法。在步骤 41 的输入数据用于确定 EGR 回路中用于进行氧喷射的特定目标位置以及喷射的持续时间和随着时间的精确氧给送速率以获得氧化物再生的所需水平。实际氧喷射基于随着时间积累和分析的 EGR 数据而发生在步骤 42。

[0075] 在氧喷射之后,连续地监测来自降解模拟器的数据以确定喷射的效果。最后产生的新降解数据然后在步骤 43 中用于更新仍然需要规定量的氧给送的特定 EGR 位置,相应的新喷射给送速率和时间段基于更新的计算机程序输出而被确定。在步骤 44,基于再生循环期间的积累数据与目标再生值的比较而确定目标值是否已达到可接受的容许水平。如果循环完成 (参见步骤 45),则中止氧喷射,如 47 所示。否则,46 处的反馈环发送继续喷射的指令并且氧化物监测和再生过程继续,如图所示。

[0076] 尽管结合当前被认为是最可行和优选的实施例描述了本发明,但是应当理解本发明不限于所公开的实施例,而是相反地,旨在涵盖包括在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效布置。

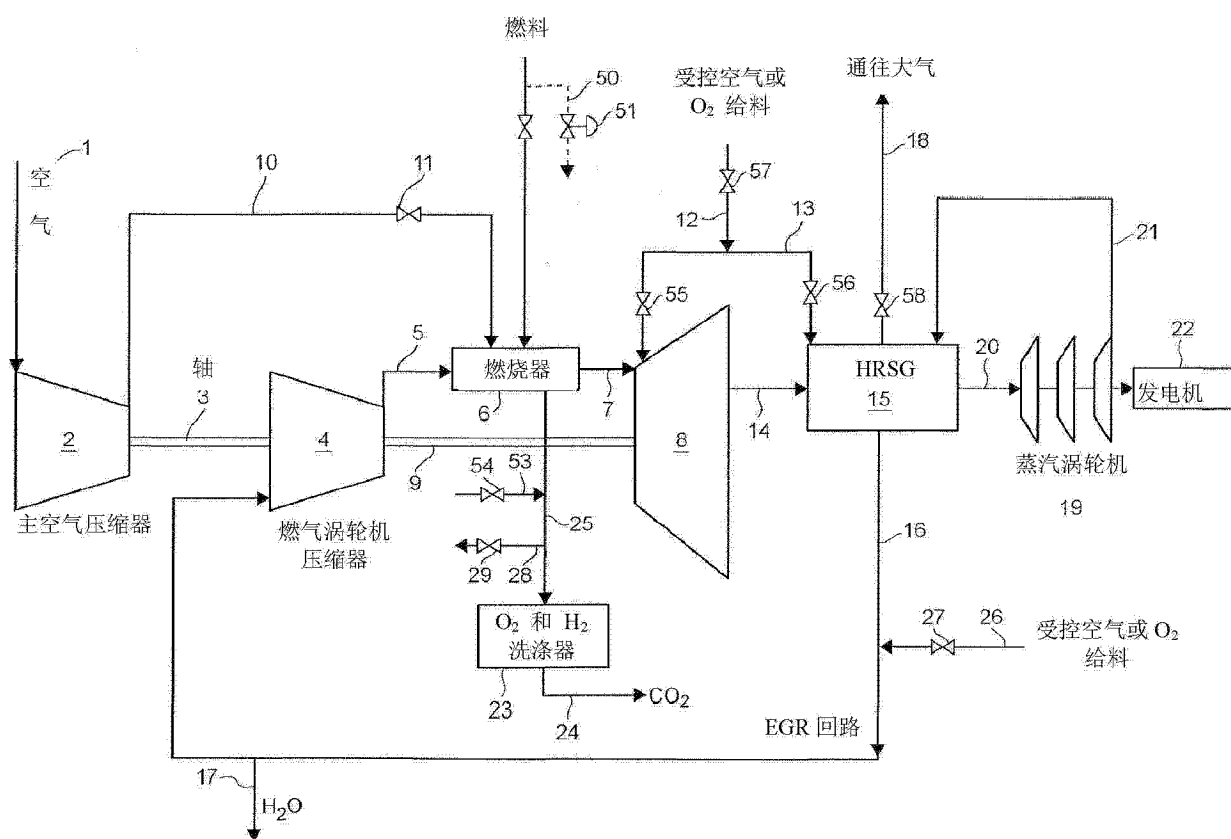


图 1

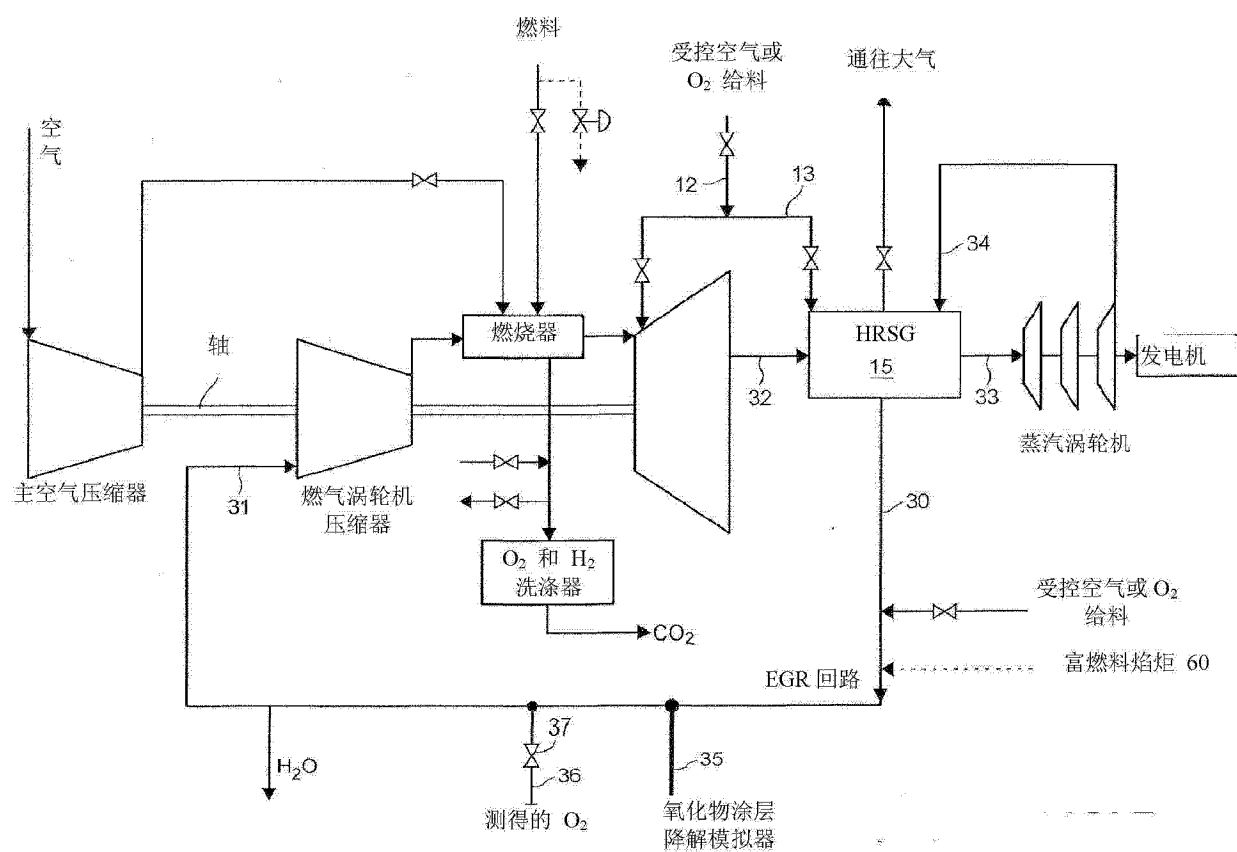


图 2

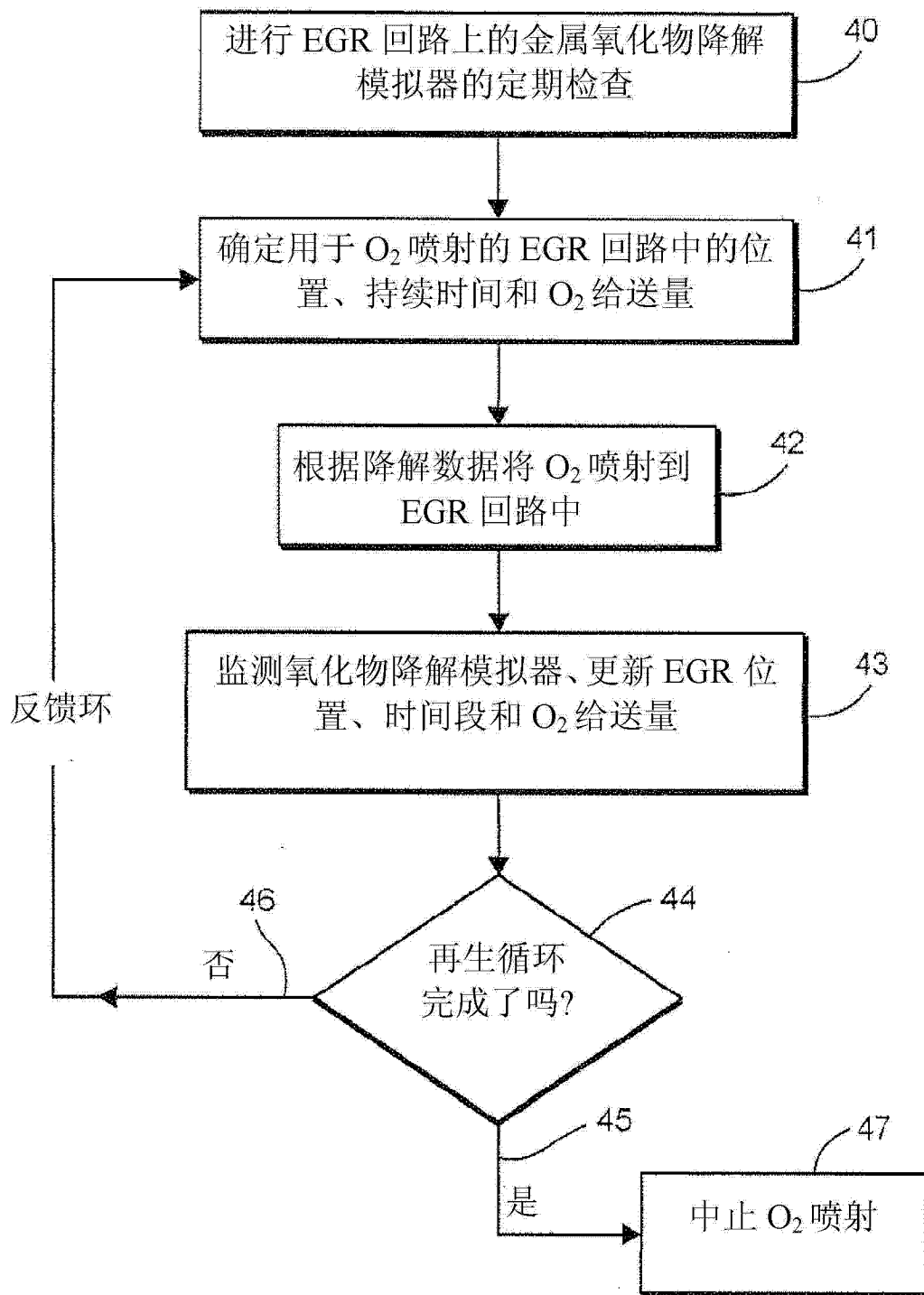


图 3