



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113226611 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 202080007392.8

(22) 申请日 2020.01.23

(30) 优先权数据

16/256,340 2019.01.24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.06.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/014697 2020.01.23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/154453 EN 2020.07.30

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 崔燕 M·阿内特 M·莱洛克

布赖恩·李·托利森

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 杨贝贝 臧建明

(51) Int.Cl.

B23K 1/00 (2006.01)

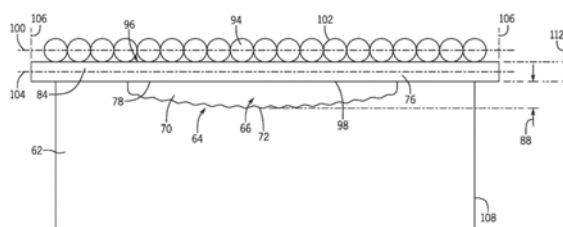
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

焊接-钎焊技术

(57) 摘要

本发明提供了一种系统,该系统包括具有凹陷部分的气体涡轮部件,该凹陷部分具有为难焊(HTW)材料的凹陷表面。该系统包括设置在凹陷部分上方的板。该板具有易焊(ETW)材料。该板具有外表面和内表面,并且内表面面向凹陷部分。该系统包括设置在凹陷部分内的位于板的凹陷表面与内表面之间的钎焊材料。钎焊材料被配置成当钎焊材料被加热到钎焊温度时,将凹陷部分的凹陷表面与板的内表面粘结。该系统包括设置在板的设置在凹陷部分上方的外表面上的填充材料。填充材料到板的外表面的施加被配置成将钎焊材料加热到钎焊温度。



1. 一种系统,包括:

气体涡轮部件,所述气体涡轮部件包括凹陷部分,所述凹陷部分具有为难焊 (HTW) 材料的凹陷表面;

板,所述板设置在所述凹陷部分上方,其中所述板包括外表面和内表面,所述板包含易焊 (ETW) 材料,并且所述内表面面向所述凹陷部分;

钎焊材料,所述钎焊材料设置在所述凹陷部分内的位于所述板的所述凹陷表面与所述内表面之间,其中所述钎焊材料被配置成在所述钎焊材料被加热到钎焊温度时将所述凹陷部分的所述凹陷表面与所述板的所述内表面粘结;和

填充材料,所述填充材料设置在所述板的设置在所述凹陷部分上方的所述外表面上,其中所述填充材料到所述板的所述外表面的施加被配置成将所述钎焊材料加热到所述钎焊温度。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中将所述填充材料施加到所述外表面包括经由TIG、MIG、激光、EB、FCAW、等离子、LB融焊或它们的一些组合将所述填充材料焊接到所述外表面。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述气体涡轮部件包括用于气体涡轮的热气体路径部件。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述板的面积大于所述气体涡轮部件的所述凹陷部分的凹陷面积,并且所述板的所述内表面的至少一部分与所述气体涡轮部件的外表面交接。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述填充材料包括难焊材料,诸如Inconel 939、MarM247、GTD 111、Inconel 738或另一种合适的难焊材料。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述填充材料包括易焊材料,诸如Inconel 617、Nimonic 263、GTD222、GTD292或另一种合适的易焊材料。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述填充材料包括被机加工成与包围所述凹陷部分的所述气体涡轮部件的外表面平齐的机加工表面。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述填充材料到所述板的所述外表面的所述施加被配置成将所述钎焊材料加热到所述钎焊温度而不改变所述气体涡轮部件的所述凹陷部分的微观结构,并且其中通过所述板传导的热量被配置成将所述板与所述钎焊材料之间的界面处的温度升高介于982摄氏度和1287摄氏度之间。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述钎焊材料包括粉末、箔、带材或预成型件。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述钎焊材料包括介于982摄氏度和1287摄氏度之间的液相线温度。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述钎焊材料包括介于0.00254mm和1.524mm之间的厚度。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述板将所述填充材料与所述钎焊材料分离。

13. 一种方法,包括:

将钎焊材料布置在气体涡轮部件的凹陷表面上;

将板设置在所述钎焊材料上,其中所述板的内表面靠近所述钎焊材料,并且所述板包括与所述内表面相对的外表面;

加热填充材料以将所述填充材料施加到所述板的所述外表面,其中来自施加所述填充

材料的热量被配置成加热所述板；并且

经由来自施加所述填充材料的所述热量用所述钎焊材料将所述气体涡轮部件的所述凹陷表面粘结到所述板的所述内表面。

14. 根据权利要求13所述的方法，其中加热所述填充材料包括使用电阻焊接工艺、熔焊工艺或它们的一些组合将所述填充材料焊接到所述板的所述外表面。

15. 根据权利要求13所述的方法，所述方法包括在加热所述填充材料以施加所述填充材料之前向所述板施加点焊。

16. 根据权利要求13所述的方法，所述方法包括从所述板移除所述填充材料的一部分以与所述气体涡轮部件的外表面形成平齐表面，所述外表面围绕所述气体涡轮部件的所述凹陷表面。

17. 根据权利要求16所述的方法，其中从所述板移除的所述填充材料的所述部分包括施加到所述板的所述外表面的所述填充材料的50%或更多。

18. 根据权利要求13所述的方法，保持所述气体涡轮部件的所述凹陷表面的温度低于热阈值，同时加热所述填充材料并用所述钎焊材料将所述气体涡轮部件的所述凹陷表面粘结到所述板的所述内表面。

19. 根据权利要求13所述的方法，其中所述方法不包括在加热炉中加热所述气体涡轮部件和所述钎焊材料。

20. 一种系统，包括：

气体涡轮部件，所述气体涡轮部件用于气体涡轮，所述气体涡轮部件包含难焊材料，其中所述难焊材料包括镍基合金；

钎焊材料，所述钎焊材料包括被配置成接触所述气体涡轮部件的表面的粘结表面和设置在所述钎焊材料的与所述粘结表面相对的一面上的钎焊材料界面表面；

板，所述板包括被配置成接触所述钎焊材料界面表面的板界面表面，其中所述板界面表面具有比所述钎焊材料界面表面更大的表面积；和

填充材料，所述填充材料设置在所述板的与所述钎焊材料相对的表面上；

其中焊接设备被配置成将所述填充材料施加到所述板的与所述钎焊材料相对的所述表面，并且其中所述钎焊材料被配置成响应于通过所述板传导到所述钎焊材料的热量而熔融并且在固化之后将所述板粘结到所述气体涡轮部件。

焊接-钎焊技术

背景技术

[0001] 本文所公开的主题涉及焊接-钎焊技术,并且更具体地涉及用于修复气体涡轮引擎的缺陷气体涡轮部件的焊接-钎焊技术。

[0002] 气体涡轮部件在操作期间经受高温和应力。气体涡轮部件可由难焊材料形成。不当机加工的气体涡轮部件可能具有缺陷(例如,凹陷部、沟槽或缺少材料)。修复气体涡轮部件的难焊材料中的缺陷可能是昂贵和/或耗时的。直接焊接到难焊材料中的缺陷的焊接工艺可能是昂贵和/或困难的。此外,直接焊接到难焊材料中的缺陷的焊接工艺可能不利地影响气体涡轮部件的相邻部分,因为焊接工艺期间的不均匀加热和冷却将产生热应力和残余应力。这些应力可能导致焊接期间、焊接之后或焊接后热处理(PWHT)期间的热开裂或应变老化开裂。钎焊可与真空炉一起使用以加热用于修复的钎焊材料。然而,真空炉可具有可用于气体涡轮部件的有限空间,并且可具有用于完成钎焊工艺的大量加热时间。此外,在真空炉之后对经修复的气体涡轮部件进行热处理可进一步增加修复气体涡轮部件的成本和时间。

发明内容

[0003] 在一个实施方案中,系统包括具有凹陷部分的气体涡轮部件,该凹陷部分具有为难焊(HTW)材料的凹陷表面。该系统包括设置在凹陷部分上方的板。该板具有易焊(ETW)材料。该板具有外表面和内表面,并且内表面面向凹陷部分。该系统包括设置在凹陷部分内的位于板的凹陷表面与内表面之间的钎焊材料。钎焊材料被配置成当钎焊材料被加热到钎焊温度时,将凹陷部分的凹陷表面与板的内表面粘结。该系统包括设置在板的设置在凹陷部分上方的外表面上的填充材料。填充材料到板的外表面的施加被配置成将钎焊材料加热到钎焊温度。

[0004] 在另一个实施方案中,一种方法包括将钎焊材料布置在气体涡轮部件的凹陷表面上的步骤。此外,该方法包括将板设置在钎焊材料上的步骤。板的内表面靠近钎焊材料,并且板具有与内表面相对的外表面。另外,该方法包括加热填充材料以将填充材料施加到板的外表面的步骤。来自施加填充材料的热量被配置成用于加热板。此外,该方法包括经由来自施加填充材料的热量用钎焊材料将气体涡轮部件的凹陷表面粘结到板的内表面的步骤。

[0005] 在另一个实施方案中,系统包括用于包含难焊材料的气体涡轮的气体涡轮部件。难焊材料为镍基合金。系统还包括钎焊材料,该钎焊材料包括被配置成接触气体涡轮部件表面的粘结表面和设置在钎焊材料的与粘结表面相对的一面上的钎焊材料界面表面。此外,系统包括板,该板包括被配置成接触钎焊材料界面表面的板界面表面。板界面表面具有比钎焊材料界面表面更大的表面积。另外,系统包括设置在板的与钎焊材料相对的表面上的填充材料。此外,焊接设备被配置成将填充材料施加到板的与钎焊材料相对的表面。钎焊材料被配置成响应于通过板传导到钎焊材料的热量而熔融并且在固化之后将板粘结到气体涡轮部件。

附图说明

[0006] 当参考附图阅读以下详细描述时,将更好地理解本公开的这些和其他特征、方面和优点,附图中相同的字符在整个附图中表示相同的部件,其中:

[0007] 图1是涡轮系统的实施方案的剖视图;

[0008] 图2是具有表面缺陷的气体涡轮部件的实施方案的剖视图;

[0009] 图3是设置在气体涡轮部件上的板的实施方案的顶视图;

[0010] 图4是气体涡轮部件的实施方案的剖视图,其中填充材料被施加到板以经由钎焊材料将板与气体涡轮部件粘结;并且

[0011] 图5是用于执行钎焊的方法的实施方案的流程图。

具体实施方式

[0012] 下面将描述一个或多个具体实施方案。为了提供这些实施方案的简明描述,可能未在说明书中描述实际实施方式的所有特征。应当理解,在任何此类实际实施方式的开发中,如在任何工程或设计项目中,必须作出许多特定于实施方式的决策以实现开发者的特定目标,诸如遵守系统相关和业务相关的约束,这些约束可能因实施方式而异。此外,应当理解,此类开发工作可能是复杂且耗时的,但是对于受益于本公开的普通技术人员来说仍然是设计、制作和制造的常规任务。

[0013] 当介绍本发明的各种实施方案的元件时,冠词“一个”、“一种”、“该”和“所述”旨在意指存在元件中的一个或多个元件。术语“包括”、“包含”和“具有”旨在是包含性的,并且意味着可能存在除列出元件之外的附加元件。

[0014] 在某些应用中,涡轮机械(例如,涡轮、压缩机和泵)和其他机械可包括在高热环境下操作的部件。例如,某些涡轮系统部件包括叶片、衬里、转子轮、轴、喷嘴等。一些涡轮部件可具有制造缺陷(例如,凹陷部、沟槽、凹口等)。

[0015] 一般来讲,钎焊可用于使部件恢复到操作条件。然而,钎焊工艺可能是昂贵和/或耗时的。例如,钎焊可包括在钎焊工艺期间使用加热炉(例如,真空炉)。由于加热炉的尺寸和部件的尺寸,加热炉钎焊气体涡轮部件的能力可能有限。另外,在钎焊气体涡轮部件时使用加热炉可能具有针对钎焊工艺的大量加热时间和/或具有专门的操作者。另外,除了钎焊材料之外,加热炉也加热了气体涡轮部件的部分;因此,整个经修复的气体涡轮部件可在钎焊之后进行热处理,以恢复气体涡轮部件的所需材料特性。此外,气体涡轮部件的缺陷的直接焊接对于修复由难焊材料制成的气体涡轮部件中的缺陷可能是无效的。

[0016] 本文所公开的焊接-钎焊技术克服了钎焊或焊接气体涡轮部件的当前问题。例如,该焊接-钎焊技术可在没有专门设备(例如,加热炉)的情况下使用,从而减少气体涡轮部件的成本、复杂性和/或修复时间。此外,通过本文所述的焊接-钎焊技术施加到气体涡轮部件自身的热量可减少或消除气体涡轮部件的后续热处理,从而减少气体涡轮部件的成本和修复时间。另外,焊接-钎焊技术可有效地修复具有难焊材料的气体涡轮部件。因此,本文所公开的焊接-钎焊技术克服了气体涡轮部件的钎焊和焊接的当前问题。

[0017] 该焊接-钎焊技术还可提供优于传统钎焊的另外优点。钎焊可能不适用于修复承载部件。钎焊材料可能不具有用于承载应用的期望的机械特性(例如,拉伸强度等)。焊接可能适用于修复承载部件;然而,如上所述,单独的焊接可能不能有效修复难焊材料,诸如在

一些气体涡轮部件中使用的那些。除了钎焊材料之外,本文所公开的焊接-钎焊技术可有效地应用具有期望的承载机械特性的材料。因此,本文所公开的焊接-钎焊技术可提供比钎焊更有效的对承载气体涡轮部件的修复。

[0018] 图1是涡轮系统10的实施方案的剖视图。在涡轮系统10的操作期间,燃料诸如天然气或合成气可通过一个或多个燃料喷嘴12被引导至涡轮系统10并进入燃烧器16。空气可通过进气区段18进入涡轮系统10并且可被压缩机14压缩。压缩机14可包括压缩空气的一系列级20、22和24。每个级可包括一组或多组静叶26和叶片28,它们旋转以逐渐增加压力,从而提供压缩空气。叶片28可附接到连接到轴32的旋转轮30。来自压缩机14的压缩排放空气可通过扩散器区段36离开压缩机14,并且可被引导至燃烧器16中以与燃料混合。例如,燃料喷嘴12可以以合适的比率将燃料-空气混合物喷射到燃烧器16中,以实现最佳燃烧、排放、燃料消耗和功率输出。在某些实施方案中,涡轮系统10可包括以环形布置设置的多个燃烧器16。每个燃烧器16可将热燃烧气体引导至涡轮34中。

[0019] 涡轮34可包括由衬里56包围的三个单独的级40、42和44。每个级40、42和44包括一组联接到相应转子轮48、50和52的涡轮叶片或斗46,这些转子轮附接到轴54。此外,每个级可包括一组喷嘴38。来自燃烧器16的热气体可在流动方向48上被引导通过涡轮34。随着流经涡轮34的热燃烧气体引起涡轮叶片46的旋转,轴54旋转以驱动压缩机14和任何其他合适的负载,诸如发电机。最终,涡轮系统10使燃烧气体在流动方向48上扩散并排放通过排放区段60。对于涡轮部件,诸如燃料喷嘴12、进气口18、压缩机14、固定喷嘴26、叶片28、轮30、轴32、扩散器36、级40、级42和级44、涡轮叶片46、喷嘴38、轴54、衬里56和排气区段60,可使用本文所公开的实施方案来修复缺陷、裂缝或间隙,如下文相对于图2更详细地描述。

[0020] 图2是具有外部缺陷64的气体涡轮部件62的实施方案的剖视图。气体涡轮部件62可为图1的气体涡轮的喷嘴38。然而,气体涡轮部件62可为气体涡轮系统10的另一个热气体部件(例如,叶片46、扩散器36、衬里56等)。在一些实施方案中,本文所公开的技术可应用于气体涡轮系统10的其他部件或一般性的其他部件(例如,蒸汽涡轮部件、汽车部件等)。气体涡轮部件62的外部缺陷64可为凹陷部分66(例如,凹口、沟槽、裂纹、间隙等)。外部缺陷64可为外观缺陷(例如,热气体部件的非承载性部分中的缺陷),诸如涡轮喷嘴38或涡轮叶片46的基部中的沟槽或凹口。在另一个实施方案中,外部缺陷64可为结构缺陷,使得气体涡轮部件62在外部缺陷64处可具有最小的可接受的机械特性(例如,拉伸强度等)。外部缺陷64可位于气体涡轮部件62的表面68上,该表面可在气体涡轮系统10的操作期间与热气体交互。

[0021] 气体涡轮部件62可包括难焊(HTW)材料,诸如铁基马氏体不锈钢、沉淀硬化不锈钢、铬钼钢、高合金钢、工具钢、非铁合金(例如,铝、铜、黄铜、锌和锆)或它们的一些组合。此外,HTW材料可为具有高分数的“gamma prime”强化相的超合金(例如,镍基超合金)。具体地讲,HTW材料可具有介于0.4和1.0之间的gamma-prime(γ')。在一些实施方案中,HTW材料可具有介于0.6和0.9之间的gamma-prime(γ')。在另一个实施方案中,HTW材料可具有介于0.7和0.8之间的gamma-prime(γ')。较高的gamma-prime(γ')分数可增大HTW材料的氧化阻力和蠕变阻力,使得HTW材料的气体涡轮部件62可在气体涡轮系统10的高热环境中操作。在一些实施方案中,HTW材料可为超合金,诸如Hastelloy、Inconel、Waspaloy、GTD或Rene合金。具体HTW材料的示例包括Rene108、Rene N5、GTD 444和GTD 111。在一些实施方案中,HTW材料可包括钴、铁、铌、钽、钼、钨、钒和钛以强化超合金。

[0022] 在另一个实施方案中,HTW材料可为镍基超合金。镍基超合金可分为三类:固溶强化合金、沉淀强化合金和特种合金。然而,固溶强化的镍基超合金,诸如Ni-Cu、Ni-Mo、Ni-Fe、Ni-Cr-Fe、Ni-Cr-Mo-W、Ni-Fe-Cr-Mo、Ni-Cr-Co-Mo(即,Inconel 625、Inconel 617、Haynes 230等)一般不被视为HTW材料;然而,沉淀强化和特种镍基超合金通常被视为HTW材料。沉淀强化的镍基超合金包括钛、铝和/或铌,它们在适当的热处理之后与镍形成强化沉淀。沉淀强化的镍基超合金的gamma prime体积分数可在小于10%(例如,Nimonic 263)至高于85%(例如,Rene 195)的范围内。对于沉淀强化的镍基超合金,如果gamma prime小于30%(例如,GTD222和Rene 41),则其通常显示出优异的可焊接性,使得沉淀强化的镍基超合金为ETW材料。然而,如果沉淀强化的镍基超合金的gamma prime体积高于30%(例如,Rene 108、Inconel 738、GTD111),则其通常表现出较差的可焊接性,使得沉淀强化的镍基超合金为HTW超合金。因此,热气体路径中的气体涡轮部件62可用诸如Rene 108、Inconel 738、GTD111的HTW材料制成。特种合金通常包括镍-铝金属间化合物和氧化物分散体强化合金。特种合金的示例包括氧化物分散体强化合金(例如,MS6000、MA754)和镍铝化物(例如,NiAl或Ni₃Al化合物)。特种合金通常具有高强度和耐腐蚀性,并且由于其在高温下的低延展性(例如,高温蠕变强度)而被视为HTW材料。因此,气体涡轮部件62可由特种合金制成。

[0023] 如上所述,外部缺陷64可位于气体涡轮部件62的表面68上,该表面可在气体涡轮系统10的操作期间与热气体交互。钎焊材料70可施加到气体涡轮部件62的外部缺陷64。在例示的实施方案中,可将钎焊材料70插入凹陷部分66中(例如,在凹陷部分66的凹陷表面72上)。然而,在一些实施方案中,钎焊材料可设置在气体涡轮部件62上以形成突起部或其他缺失特征结构,以修复由缺少材料引起的气体涡轮部件的缺陷。钎焊材料70可为厚度74在0.00254mm和1.524mm之间(例如,0.1密耳和60密耳之间)的带材。钎焊材料70的带材可放置在凹陷表面72的50%至100%、60%至95%和/或75%至90%上。在一些实施方案中,钎焊材料70可为可至少部分地定位在凹陷部分66内的粉末、箔或预成型件。钎焊材料70可被配置成填充凹陷部分66直到或超过气体涡轮部件62的表面68。在一些实施方案中,钎焊材料70可被配置成仅部分地填充凹陷部分66。

[0024] 另外,板76可设置在凹陷部分66和钎焊材料70上方,使得钎焊材料70设置在凹陷表面72与板的内表面78之间。如下所述,可将热量施加到板76的外表面96以加热钎焊材料70并将板76与具有外部缺陷64的气体涡轮部件62和板76粘结。在一些实施方案中,可经由将填充材料施加到板的外表面96来将热施加到板76的外表面96。

[0025] 在一些实施方案中,板76被配置成完全覆盖凹陷部分66。因此,板的内表面78可具有比横跨凹陷部分66的区域更大的表面积。然而,在一些实施方案中,外部缺陷64可具有不均匀形状。因此,板76的尺寸可被配置成使得板的内表面78完全覆盖凹陷部分66。例如,板76可具有矩形形状。板76的长度80可长于横跨凹陷部分82的总体最长距离,并且板的宽度可长于横跨凹陷部分在正交于横跨凹陷部分的总体最长距离的方向上的最长距离。因此,板76可完全覆盖具有不均匀形状的凹陷部分66。板76可具有适用于覆盖凹陷部分66的任何形状。在一些实施方案中,板76可形成为具有基于凹陷部分66的形状的形状。即,板76可形成为具有与凹陷部分66互补的形状。此外,板76可完全覆盖钎焊材料70。

[0026] 在一些实施方案中,板76可被配置成比凹陷部分66大预定量,使得板76具有多余部分84(例如,板的延伸超过凹陷部分66的部分)。在一些实施方案中,板76可被配置成沿凹

陷部分66的周边具有至少最小量的多余部分84。例如,板76可延伸超过凹陷部分66至少1mm至10mm、1mm至5mm或1mm至3mm。在一些实施方案中,多余部分84延伸超过凹陷部分66和钎焊材料70两者。板76的多余部分84可用作焊接引弧或熄弧突片,以用于分别开始或停止焊接。

[0027] 在一些实施方案中,板的内表面78的部分可接触气体涡轮部件62的外表面86。在另一个实施方案中,钎焊材料70的厚度84(即,在施加填充材料以熔融钎焊材料之前或之后)可大于凹陷部分66的深度88,使得在将板76设置在凹陷部分66上方时,板76的部分可搁置在钎焊材料70上并且不接触气体涡轮部件62的外表面86。如果钎焊材料70的表面90不平齐,则板76可能相对于凹陷部分66和/或钎焊材料70移位。因此,在一些实施方案中,为了防止移位,可在将填充材料施加到外表面96之前将板76固定到气体涡轮部件。

[0028] 板76可包括易焊(ETW)材料。ETW材料可包括但不限于钢、不锈钢、镍基超合金、钴基超合金或另一种合适的金属材料。具体ETW材料的示例包括固溶强化合金(诸如Inconel 625、Inconel 617、Haynes 230)和沉淀强化合金(诸如GTD222、GTD262、GTD292、Rene 41)。在一些实施方案中,沉淀强化合金类别中的ETW合金具有小于40%的gamma prime(γ')。在另一个实施方案中,ETW具有小于20%的gamma prime(γ')。

[0029] 图3是气体涡轮部件62和板76的实施方案的顶视图。可沿焊接路径110将填充材料施加到板76的外表面96以加热钎焊材料并将板76与具有外部缺陷的气体涡轮部件62和板76粘结。焊接路径110可将填充材料引导成作为平行焊缝施加。在一些实施方案中,焊接路径110可引导待施加的填充材料,使得焊缝在板76的外表面96上重叠或分离。焊接路径110可将填充材料引导成以各种图案施加。可将填充材料施加到板76的设置在凹陷部分66上方的一部分。在一些实施方案中,将填充材料施加到板76的设置在凹陷部分66上方的部分和板76的多余部分84两者。在另一个实施方案中,填充材料仅施加到板76的设置在钎焊材料上方的一部分。

[0030] 在一些实施方案中,在将填充材料施加到外表面96之前,将板76和气体涡轮部件62固定在一起。可经由用于将板76和钎焊材料固定到气体涡轮部件62的焊接、粘合剂、夹紧装置或其他合适机构中的至少一者,在位置92处将板76和气体涡轮部件62固定在一起。在一些实施方案中,可使用熔合和/或电阻焊接工艺将板76和涡轮部件62固定在一起。焊接工艺可在位置92处将部件焊接在一起。然而,在另一个实施方案中,焊接工艺被配置成在位置92处熔融设置在板76与气体涡轮部件62之间的钎焊材料,以将板76固定到气体涡轮部件62。板76可固定到气体涡轮部件62的外表面86,使得焊缝92不被施加在凹陷部分66上方。将板76和气体涡轮部件62固定在一起可减少移位和旋转,以及增加至少板76与钎焊材料70之间的热传导。

[0031] 图4是填充材料94的实施方案的剖视图,该填充材料施加到板76的外表面96以加热钎焊材料70并将板76与具有外部缺陷的气体涡轮部件62和板76粘结。板76设置在凹陷部分66和钎焊材料70上方,使得钎焊材料70设置在凹陷表面72与板76的内表面78之间。板76的内表面78的至少第一部分与钎焊材料70接触,并且钎焊材料70与凹陷部分66的凹陷表面72接触。

[0032] 填充材料94可施加到板76的外表面96。填充材料94到板76的施加将加热板76,从而加热钎焊材料70。填充材料94的布置可取决于外部缺陷64的尺寸(例如,凹陷部分66的深度88和宽度)。例如,凹陷部分66可为具有浅端和深端的长且窄的沟槽。因此,可将更多钎焊

材料70施加到深端。这样,相比于浅端上方的板76,可将更多填充材料94施加到深端上方的板76,以熔融深端和浅端两者中的钎焊材料70。

[0033] 填充材料94可经由焊接工艺施加到板76的外表面96。焊接工艺可为钨惰性气体(TIG)、金属惰性气体(MIG)、焊条、激光、电子束(EB)、等离子体、熔芯电弧焊(FCAW)、激光束(LB)熔焊、另一种类型的合适焊接工艺或它们的一些组合。在施加填充材料94期间可使用保护气体以防止氧化。填充材料94到板76的外表面96的施加将加热板76。填充材料94的施加和板76的厚度112被配置成将钎焊材料70加热到钎焊温度。虽然板76设置在钎焊材料70与填充材料94之间,但填充材料94可在施加到板76之前或期间被加热。来自填充材料94的热量可从填充材料94传导通过板76并且到达钎焊材料70。板76的厚度112可影响钎焊材料的加热(例如,如果板76的厚度112过厚,则钎焊材料70可能不熔融)。板76的厚度112可介于0.1mm至10mm之间。另外,来自填充材料94的热量可被辐射到钎焊材料70。

[0034] 从填充材料94经由传导和/或辐射传递到钎焊材料70的热量可足以液化(例如,熔融)钎焊材料70。施加到板的外表面的填充材料可具有1648摄氏度(3000华氏度)的温度。板76可被加热,使得板76与钎焊材料70之间的界面98处的温度具有高于钎焊材料的液相线温度的温度。在一些实施方案中,钎焊材料70具有介于982摄氏度和1287摄氏度(1800华氏度和2350华氏度)之间的液相线温度。因此,从填充材料94经由板76传递到钎焊材料70的热量可在界面98处将板76加热到高于1287摄氏度的温度,使得钎焊材料70熔融。在填充材料94冷却并且钎焊材料70的温度下降到低于钎焊材料70的液相线温度之后,钎焊材料70将固化。将钎焊材料70加热到液相线温度以上,然后将钎焊材料70冷却到液相线温度以下被配置成触发钎焊材料70的粘结工艺。粘结工艺包括在钎焊材料70的液化和再固化期间钎焊材料70与气体涡轮部件62和板76粘结。

[0035] 钎焊材料70经由将填充材料94施加到板76而被间接加热,从而使得板76能够与气体涡轮部件62钎焊,而无需将气体涡轮部件62放入加热炉(例如,真空炉)中。虽然钎焊通常使用真空炉来执行钎焊过程而不形成氧化,但本文所公开的粘结工艺不使用真空炉。板76被配置成覆盖凹陷部分66和钎焊材料70,并且在粘结工艺期间,钎焊材料70被配置成在板76与凹陷部分66之间液化,使得不发生氧化。因此,粘结工艺可在没有专门钎焊设备诸如加热炉或气体火焰喷枪的情况下完成。

[0036] 在一些实施方案中,填充材料94到板76的外表面96的施加被配置成将钎焊材料70加热到钎焊温度,而不将气体涡轮部件62加热到高于热阈值。热阈值可取决于气体涡轮部件62的材料特性。热阈值可为在不进行热处理的情况下将材料的微观结构改变到气体涡轮部件62不适于其预期用途的程度之前可加热气体涡轮部件62的材料的最髙温度。如果气体涡轮部件62的温度超过热阈值,则对气体涡轮部件62进行热处理可将气体涡轮部件62的材料恢复到适于其预期用途的期望微观结构,但热处理可能是耗时且昂贵的。

[0037] 在一些实施方案中,在粘结工艺完成之后填充材料94的一部分被移除。例如,线100上方的填充材料94可被移除。填充材料94的被移除的一部分可为施加到板76的外表面96的填充材料94的百分之五十或更多。填充材料94的表面102可为粗糙的或不平的。将填充材料机加工到线100可使填充材料94的表面平滑。将填充材料机加工到线100还可去除裂纹或其他缺陷,从而可防止裂纹传播。在一些实施方案中,经由将板机加工到线104来移除填充材料94并移除板76的一部分。在一些实施方案中,填充材料94、板76和/或钎焊材料70可

被机加工成与气体涡轮部件62的外表面86平齐,并且使气体涡轮部件62恢复到制造尺寸。即,线100或线104可与外表面86平齐(例如,共面)。在一些实施方案中,填充材料94和/或板76的一部分可延伸超过气体涡轮部件的边缘108。填充材料94和/或板76的延伸超过气体涡轮部件62的边缘108的部分可经由加工到线106而被移除。

[0038] 填充材料94可包括ETW材料、HTW材料或它们的一些组合。在一些实施方案中,当填充材料94被配置成在施加之后经由机加工工艺移除时,填充材料94为ETW材料。虽然HTW材料可具有优选的机械特性,但与HTW填充材料相比,ETW填充材料可更容易和/或更便宜地施加到板76。另外,与HTW填充材料相比,ETW填充材料可更容易实现无缺陷焊接。因此,当填充材料94被配置成完全移除时,可使用ETW材料,因为HTW材料的优选机械性能可能仅增加移除填充材料94的难度。然而,在一些实施方案中,当填充材料94的一部分被配置成在机加工之后保留在气体涡轮部件62上时,填充材料94可包括ETW材料。在其他实施方案中,当填充材料94的至少一部分被配置成在机加工之后保留在燃气涡轮部件62上以增加填充材料94的抗氧化性、温度腐蚀、蠕变阻力和/或机械强度时,填充材料94可包括HTW材料。

[0039] 图5示出了适用于执行焊接-钎焊的方法110的实施方案,如上文相对于图2至图4所述。该方法包括将钎焊材料布置(框112)在气体涡轮部件的凹陷部分的凹陷表面上。钎焊材料可为粉末、箔、带材或预成型件。例如,操作者可用粉末钎焊材料来填充凹陷部分。操作者可部分地填充凹陷部分。然而,操作者可用钎焊材料完全填充或过度填充凹陷部分。在一些实施方案中,除了凹陷表面之外,操作者还可将钎焊材料布置在气体涡轮部件的外表面上。

[0040] 该方法还包括将板设置(框114)在钎焊材料上,使得板的内表面靠近钎焊材料。板可设置在凹陷部分上方。在一些实施方案中,板部分地设置在凹陷部分内并且设置在钎焊材料上方,使得钎焊材料定位在凹陷表面与板之间。在另一个实施方案中,板完全设置在凹陷部分内。板可具有与凹陷部分的开口基本上相同的尺寸,使得板跨越凹陷部分。在一些实施方案中,该方法包括在加热填充材料以施加填充材料之前向板施加(框116)点焊的步骤。点焊可被配置成在施加填充材料时将板保持在适当位置,如下所述。

[0041] 如上所述,板具有与内表面相对的外表面。该方法还包括加热(框118)填充材料以将填充材料施加到板的外表面。来自所施加的填充材料的热量被配置成加热板和钎焊材料。此外,该方法包括经由来自施加填充材料的热量用钎焊材料将气体涡轮部件的凹陷表面粘结(框120)到板的内表面的步骤。来自填充材料的热量可通过板传递,以将钎焊材料加热到高于钎焊材料的液相线温度的温度,使得钎焊材料熔融。随着由填充材料施加的热量耗散,钎焊材料冷却并固化。当钎焊材料与凹陷表面和板两者接触时,熔融然后硬化钎焊材料可导致钎焊材料粘结(框120)到凹陷表面和板两者。

[0042] 在一些实施方案中,该方法还包括机加工(框122)气体涡轮部件以移除填充材料、板、钎焊材料或它们的一些组合的部分。然而,该方法不包括在加热炉、真空炉等中对气体涡轮部件和/或钎焊材料进行热处理的步骤。

[0043] 本文所公开的焊接-钎焊技术的技术效果包括通过消除传统钎焊工艺的步骤以更低成本实现更快修复,以及对具有难焊材料的承载部件提供改善的修复。

[0044] 本书面描述使用示例来公开本公开的实施方案,包括最佳模式,并且还使得本领域的任何技术人员能够实践本公开的实施方案,包括制造和使用任何设备或系统以及执行

任何结合的方法。本公开的可专利范围由权利要求书限定,并且可以包括本领域技术人员想到的其他示例。如果此类其他示例具有与权利要求书的字面语言没有不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质差别的等效结构元件,则此类其他示例预期在权利要求书的范围内。

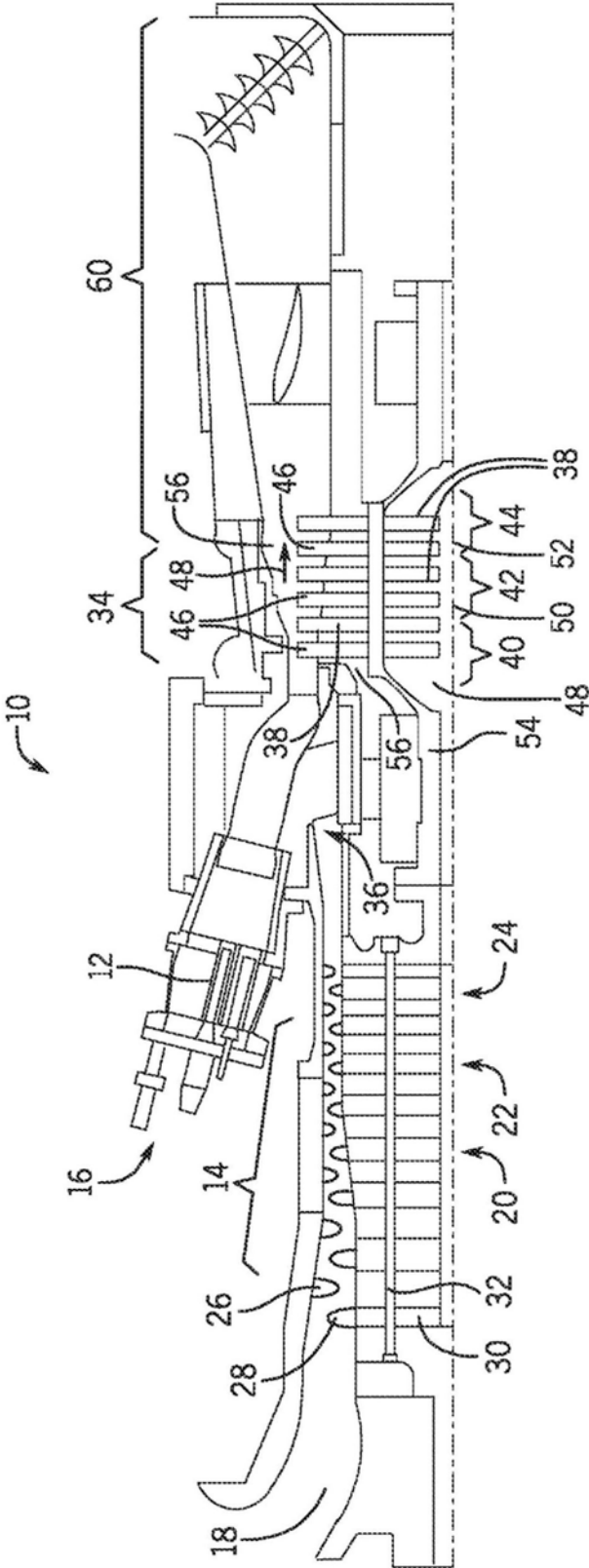


图1

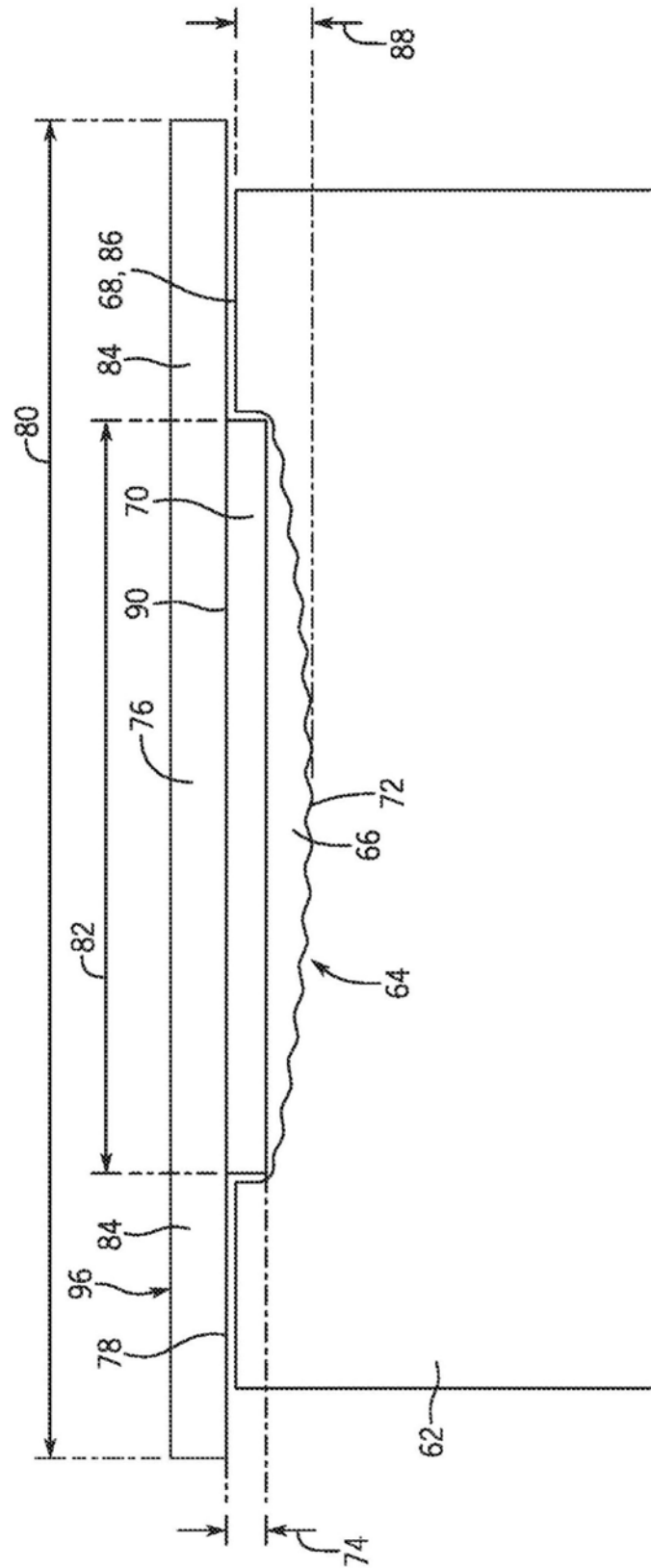


图2

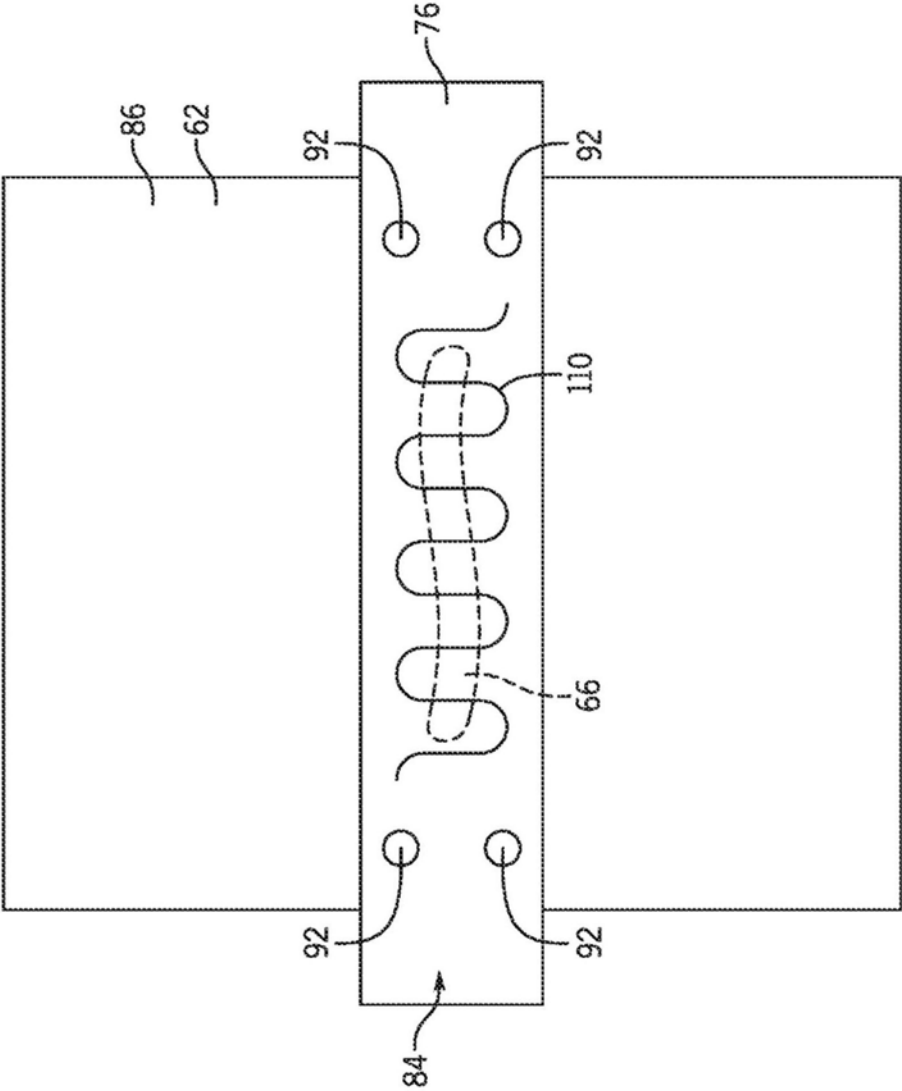


图3

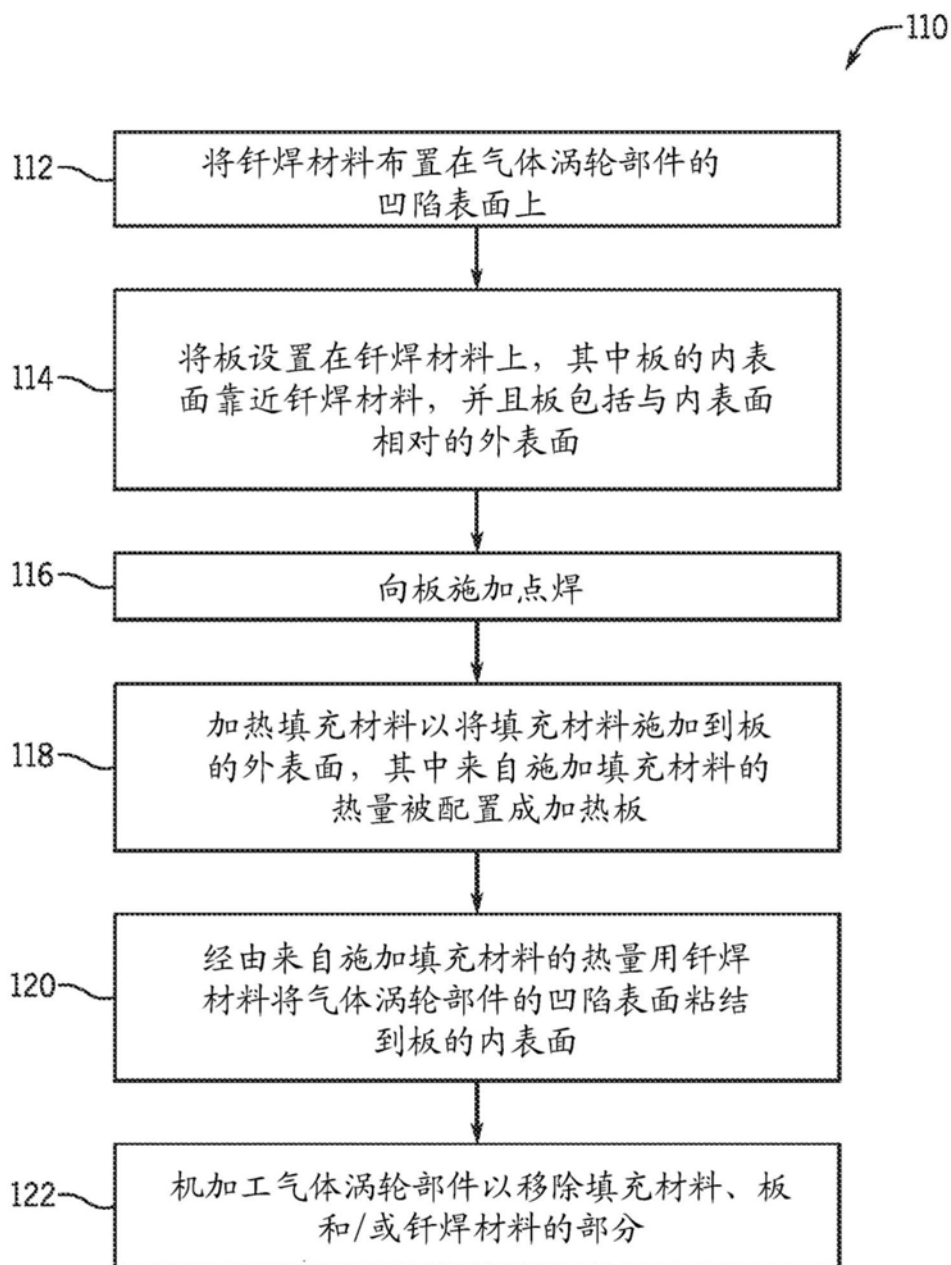


图5