



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106573348 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(21)申请号 201580041237.7

阿图尔·L·纳瓦莱

(22)申请日 2015.07.27

伊万·F·奥利弗瓦尔加斯

(30)优先权数据

14/341,888 2014.07.28 US

14/507,935 2014.10.07 US

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 蔡胜有 苏虹

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.01.24

(51)Int.Cl.

B23K 35/36(2006.01)

B23K 35/362(2006.01)

B23K 35/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/042200 2015.07.27

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/018791 EN 2016.02.04

(71)申请人 西门子能源有限公司

地址 美国佛罗里达州

(72)发明人 杰拉尔德·J·布鲁克

艾哈迈德·卡迈勒

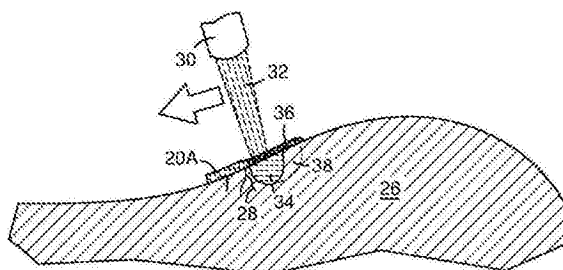
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

用于金属部件的激光加工的熔剂片

(57)摘要

熔剂片(20A)和使用所述熔剂片修复金属基底(26)的表面(24)的方法。将激光束(32)指向所述熔剂片以使其和所述表面熔融,然后冷却并固化以产生经修复的表面。可将所述熔剂片配制成为将至少40%的来自激光的电磁能光学透射至所述基底表面。所述熔剂片包含熔剂组合物,所述熔剂组合物可包含:金属氧化物,金属硅酸盐,或二者;金属氟化物;和金属碳酸盐。所述熔剂组合物可限制某些元素和化合物如Fe、Li₂O、Na₂O和K₂O的含量。所述熔剂组合物可包含提供空气屏蔽、污染物清除、粘性/流动性增强、以及通过熔剂片光学透射激光能的组分。



1. 一种包含熔剂组合物的熔剂片, 相对于所述熔剂组合物的总重量, 所述熔剂组合物包含:

5重量%至85重量%的金属氧化物, 金属硅酸盐, 或者金属氧化物和金属硅酸盐二者;

10重量%至70重量%的金属氟化物; 和

1重量%至30重量%的金属碳酸盐,

其中所述熔剂片包含各自小于0.5重量%的Fe、Li₂O、Na₂O和K₂O。

2. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中所述熔剂组合物包含:

大于50重量%的氧化铝、氧化硅和氧化锆中的一种或更多种; 以及

各自小于0.5重量%的镍和钴。

3. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中所述熔剂组合物还包含:

由Al₂(CO₃)₂、NaAlCO₃(OH)₂和单质铝中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的铝; 以及

由TiO₂、CaTiSiO₅和单质钛中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的钛。

4. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中所述熔剂组合物为纤维形式。

5. 根据权利要求4所述的熔剂片, 其中相对于所述熔剂片的总重量, 所述熔剂片的至少25重量%由玄武岩纤维构成。

6. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中所述熔剂组合物为非织造织物的形式, 其空隙分数相对于所述非织造织物的总体积为至少40体积%。

7. 根据权利要求1所述的熔剂片, 由基底表面上的液膜形成, 其中所述液膜包含与液体混合的所述熔剂组合物的粉末或纤维, 所述液体包含使所述熔剂片粘附至所述基底表面的氧化锆氧化硅粘合剂或氧化铝氧化硅粘合剂。

8. 根据权利要求7所述的熔剂片, 其中:

所述熔剂片满足以下要求的至少一个

a) 相对于所述熔剂片的总体积的空隙分数为至少40体积%, 以及

b) 包含选自Al₂O₃、SiO₂、ZrO₂、Na₂SiO₃和K₂SiO₃的至少一种; 并且

所述熔剂片透射至少40%的来自施加到所述熔剂片的表面的激光束的电磁能。

9. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中相对于所述熔剂组合物的总重量, 所述熔剂组合物包含:

7重量%至25重量%的氧化锆;

5重量%至82重量%的所述金属硅酸盐和除所述氧化锆以外的金属氧化物中的一者或二者;

10重量%至70重量%的所述金属氟化物; 和

1重量%至30重量%的所述金属碳酸盐。

10. 根据权利要求1所述的熔剂片, 其中所述熔剂片包含各自小于0.5重量%的Ni和Co。

11. 一种包含熔剂组合物的熔剂片, 相对于所述熔剂组合物的总重量, 所述熔剂组合物包含:

a) 5重量%至25重量%的选自CaCO₃、Al₂(CO₃)₃、NaAl(CO₃)(OH)₂、CaMg(CO₃)₂、MgCO₃、MnCO₃、CoCO₃和NiCO₃的至少一种;

b) 10重量%至25重量%的选自CaO、FeO、MgO、MnO、MnO₂、NbO、NbO₂和Nb₂O₅的至少一种;

- c) 15重量%至35重量%的选自CaF₂、Na₃AlF₆、Na₂O、K₂O和TiO₂中的至少一种;以及
- d) 20重量%至40重量%的选自Al₂O₃、SiO₂、ZrO₂、Na₂SiO₃和K₂SiO₃中的至少一种。
12. 根据权利要求11所述的熔剂片,其中所述熔剂组合物包含以下中的一者或两者:
- e) 由Al₂(CO₃)₂、NaAlCO₃(OH)₂和单质铝中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的铝;以及
- f) 由TiO₂、CaTiSiO₄和单质钛中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的钛。
13. 根据权利要求11所述的熔剂片,其中所述熔剂组合物包含各自小于0.5重量%的Fe、Li₂O、Na₂O和K₂O。
14. 根据权利要求11所述的熔剂片,其中所述熔剂组合物包含各自小于0.5重量%的Ni和Co。
15. 根据权利要求11所述的熔剂片,其中所述熔剂组合物包含选自Al₂O₃、SiO₂、ZrO₂、Na₂SiO₃和K₂SiO₃的至少两种。
16. 根据权利要求11所述的熔剂片,其中所述熔剂片对于电磁激光能是至少40%透光的。
17. 一种使用根据权利要求1所述的熔剂片的方法,所述方法包括:
将根据权利要求1所述的熔剂片布置在金属基底上;
将激光束引导至所述熔剂片以使所述熔剂片和下面的所述金属基底的表面熔融;以及
使熔融的表面冷却并固化以产生经修复的表面。
18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述熔剂组合物包含以下中的至少一者:
由Al₂(CO₃)₂、NaAlCO₃(OH)₂和单质铝中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的铝;
以及
由TiO₂、CaTiSiO₄和单质钛中的一种或更多种提供的1重量%至3重量%的钛。
19. 根据权利要求17所述的方法,其中所述熔剂组合物包含至少7.5重量%的氧化锆。
20. 根据权利要求19所述的方法,还包括通过将液膜施用于所述金属基底的表面上来形成所述熔剂片,其中所述液膜包含与液体混合的所述熔剂组合物的粉末或纤维,所述液体包含使所述熔剂片粘附至所述金属基底的所述表面的氧化锆氧化硅粘合剂或氧化铝氧化硅粘合剂。

用于金属部件的激光加工的熔剂片

[0001] 本申请是2014年7月28日提交的美国专利申请号14/341888(代理人案卷号2013P12177US01)的部分继续申请,其要求2013年7月29日提交的美国临时申请号61/859317(代理人案卷号2013P12177US)的权益,这两个申请的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0002] 本发明一般地涉及材料技术领域,更特别地涉及金属表面的激光加工,并且具体涉及在高温超级合金部件的激光加工期间使用的熔剂片。

背景技术

[0003] 超级合金部件(例如,燃气涡轮机叶片)可出现运行缺陷,包括开裂和表面磨损。这样的磨损通常通过如下进行修复:去除一定体积的缺陷材料,并使用包覆技术用替代金属填充所去除的体积。然而,翼形和其他复杂形状难以包覆,因为修复需要对到达三维曲面上的处理能量和填料材料0的递送进行控制。高级激光扫描光学器件,例如检流计驱动的镜等光学工具可以在三维上快速扫描激光束。然而,在三维上递送包覆填料材料是困难的。以粉末形式供给填料或熔剂的效率低。均匀平坦的水平表面允许约40%的颗粒分散(scattering)损失。相对于粉末递送方向倾斜的表面引起甚至更高的粉末分散损失。填料材料可通过向这种倾斜表面供给实芯焊丝来递送。然而,焊丝尖端位置必须精确配合激光束斑点。激光束可以比焊丝尖端移动得更快速且精确(例如,3米每秒相对于0.03米每秒),因此使用焊丝减慢了加工并降低精确性。

[0004] 由于超级合金材料的熔体固化开裂和应变时效开裂易发性,其属于最难制造和修复的材料。术语“超级合金”如其在本领域中通常使用的那样用于本文中——具有优异机械强度和高温抗蠕变性的高度耐腐蚀和抗氧化合金。超级合金通常包含高镍或钴含量。超级合金的实例包括以以下商标名和品牌名出售的合金:Hastelloy、Inconel合金(例如,IN 738、IN 792、IN 939)、Rene合金(例如,Rene N5、Rene 41、Rene 80、Rene 108、Rene 142、Rene 220)、Haynes合金(282)、Mar M、CM 247、CM 247LC、C263、718、X-750、ECY 768、X45、PWA 1480、PWA 1483、PWA 1484、CMSX单晶合金(例如,CMSX-4、CMSX-8、CMSX-10)、GTD 111、GTD 222、MGA 1400、MGA 2400、PSM 116、IN 713C、Mar-M-200、IN 100、IN 700、Udimet 600、Udimet 500和钛铝化物。本文中所用的术语“金属”意指包括纯金属和金属合金。

[0005] 图1是示出多种不同合金的相对可焊性随其铝含量和钛含量变化的图。具有相对较低浓度的铝和钛,进而具有相对较低 γ' (gamma prime)含量的合金例如Inconel[®]718被认为相对可焊接。具有相对较高浓度的铝和钛的合金例如Inconel[®]939通常被认为难以焊接,并且需要使过程的热量输入最小化的特定步骤。为了本文讨论的目的,虚线20表示线20以下的可焊接区域与线20以上的不可焊接区域之间的边界。线20与纵轴相交于3重量%铝,且与横轴相交于6重量%钛。在不可焊接的区域内,发现具有最高铝含量的合金通常最难焊接。

[0006] 存在这样的挑战:开发用于超级合金材料的商业上可行的修复和接合方法。图2中

示出了对于等离子体喷涂、高速氧燃料喷涂 (HVOF)、低压等离子体喷涂 (LPPS)、冷气喷涂、选择性激光熔融 (SLM)、燃烧喷涂、等离子体转移弧喷涂和激光熔覆的用于典型的基于粉末的方法的粉末尺寸。可使用的粉末尺寸分布随方法而不同,并在粉末供给质量递送速率和粉末使用效率方面对每种方法构成限制。用作金属填料和/或熔剂供给材料进行激光加工的松散粉末的缺点在于,当将松散粉末供给或放置在激光束前的床层 (bed) 中时其会分散,并且其会在非水平表面上滑动或移动。

附图说明

- [0007] 参见以下示出的附图在下列描述中说明本发明:
- [0008] 图1示出了多种不同超级合金的相对可焊性。
- [0009] 图2示出了用于现有添加方法的颗粒尺寸范围。
- [0010] 图3为织物熔剂片的透视图。
- [0011] 图4为置于基底上的缺陷上的熔剂片的截面图。
- [0012] 图5示出了修复图4的基底的装置和方法。
- [0013] 图6示出了通过施用熔剂组合物的液化膜而在表面上形成熔剂片。
- [0014] 图7示出了用由辊供给的熔剂带修复表面的装置和方法。

具体实施方式

[0015] 本发明人开发出了一种整合的 (conformable) 熔剂片以及使金属表面与该熔剂片熔融在一起以用于其修复和接合的方法,所述熔剂片意指由熔剂制成的有粘性的柔性片或膜。所述片被置于金属表面上,并且激光束指向所述片。所述熔剂提供束能量透射和选择性俘获、杂质清理、气氛屏蔽、熔体表面成形、熔体冷却控制以及任选地合金再平衡,这提供了超级合金与其他基底材料的无开裂接合和修复,而无需高温热箱焊接或者使用冷却板、惰性保护气体或真空环境。所述熔剂片可附着或粘附在曲面或非水平表面上。

[0016] 图3是实施为包含本文和本申请中描述的熔剂组合物的纤维22的织物的熔剂片20A的透视图。该织物可为织造或非织造的。以非制造形式,例如可通过在模具中进行火花等离子体烧结以期望形状将熔剂纤维固定。烧结程度可限于保持柔性和预定空隙分数。例如,所得片的空隙分数可为至少40%,使得激光能够穿透纤维之间。或者,可如下将非织造纤维形成片:使用粘合剂(如聚合物、乳胶、蛭石)或陶瓷胶结剂(如,磷酸盐/酯、硅酸盐/酯(如硅酸乙酯)和含氧硫酸镁)将纤维充分粘合以保持形状。可在所得片中设置预定的空隙分数例如至少40%的空隙分数。所述片的厚度可为均匀的或者可使其成形为与表面相吻合。织造或非织造片可形成为在表面上进行激光加工之前能够由辊供给的带。

[0017] 图4示出制品(例如,超级合金涡轮机部件)的基底26上具有缺陷28(例如,开裂)的表面24。熔剂片20A被置于表面24上的缺陷之上。可用粘合剂例如可商购的氧化锆氧化硅粘合剂或氧化铝氧化硅粘合剂将所述片粘附至所述表面。或者,可通过机械手段例如同样可商购的氧化硅线或绳将所述片固定就位。

[0018] 图5示出用激光发射器30进行激光加工,激光发射器30将激光束32指向表面缺陷28之上的熔剂片20A。这使基底表面的一部分再熔融,形成达到缺陷深度或至少足以密封缺陷的深度的熔池34。渣层36覆盖熔池和固化的修复体积38。渣层36将熔池34和固化但仍较

热的修复体积38与大气屏蔽开,而不需要昂贵的惰性气体。熔剂可透射激光能以促进对下面的基底的加热。其还提供能量吸收和俘获以使激光束有效地转换为热能,从而促进对热量输入的精确控制。这提供了激光温室效应,增加给定激光强度的熔融深度。这提供了热绝缘,使得熔池34和固化材料38缓慢且均匀地冷却,降低残留应力。熔剂的另一个重要功能是清理熔池的痕量杂质,例如引起固化开裂的硫和磷。清理可包括通过清除被氧化的表面材料(例如,氧化铝)并使其浮入可移除的渣层36,而使被氧化的基底表面脱氧。有助于该段上述功能的材料在本文中将被称作熔剂组合物。熔剂片20A可主要或完全由熔剂组分例如提供上述功能的氧化铝、氧化硅和/或氧化锆构成。

[0019] 可将本公开内容的熔剂材料配制成包含以下组分中的至少一者:(i)透光媒介物;(ii)粘性/流动性改善剂;(iii)屏蔽剂;(iv)清除剂;和(v)引导剂(vectoring agent)。

[0020] 透光成分包括金属氧化物、金属盐和金属硅酸盐,例如氧化铝(Al_2O_3)、氧化硅(SiO_2)、氧化锆(ZrO_2)、硅酸钠(Na_2SiO_3)、硅酸钾(K_2SiO_3)以及能够光学上透射激光能(例如,由NdYAG和Yt纤维激光器产生的激光能)的其他化合物。粘性/流动性改善剂包括金属氟化物如氟化钙(CaF_2)、冰晶石(Na_3AlF_6)以及已知在焊接应用中改善粘性和/或流动性的其他试剂(例如,用CaO、MgO、 Na_2O 、 K_2O 降低粘性,而用 Al_2O_3 和 TiO_2 提高粘性)。屏蔽剂包括金属碳酸盐如碳酸钙($CaCO_3$)、碳酸铝($Al_2(CO_3)_3$)、碳钠铝石($NaAl(CO_3)(OH)_2$)、白云石($CaMg(CO_3)_2$)、碳酸镁($MgCO_3$)、碳酸锰($MnCO_3$)、碳酸钴($CoCO_3$)、碳酸镍($NiCO_3$)、碳酸镧($La_2(CO_3)_3$)以及已知形成屏蔽和/或还原气体(例如, CO 、 CO_2 、 H_2)的其他试剂。清除剂包括金属氧化物和金属氟化物如氧化钙(CaO)、氟化钙(CaF_2)、氧化铁(FeO)、氧化镁(MgO)、锰氧化物(MnO 、 MnO_2)、铌氧化物(NbO 、 NbO_2 、 Nb_2O_5)、氧化钛(TiO_2)、氧化锆(ZrO_2)以及已知与不利元素如硫和磷反应形成预期“浮”在所得渣层中的低密度副产物的其他试剂。引导剂包括含钛、锆、硼和铝的化合物,或者下述材料:如钛合金(Ti)、氧化钛(TiO_2)、榍石($CaTiSiO_5$)、铝合金(Al)、碳酸铝($Al_2(CO_3)_3$)、碳钠铝石($NaAl(CO_3)(OH)_2$)、硼酸盐矿物质(例如,四水硼砂、硼砂、硼钠钙石、硬硼钙石)、镍钛合金(例如,镍钛诺)、铌氧化物(NbO 、 NbO_2 、 Nb_2O_5)以及用于以元素补充熔融合金的其他含金属化合物或材料。

[0021] 在一些实施方案中,相对于熔剂组合物的总重量,本公开内容的熔剂材料可包含:

[0022] 5重量%至60重量%的至少一种透光媒介物;

[0023] 10重量%至70重量%的至少一种粘性/流动性改善剂;

[0024] 0重量%至40重量%的至少一种屏蔽剂;

[0025] 5重量%至30重量%的至少一种清除剂;和

[0026] 0重量%至7重量%的至少一种引导剂。

[0027] 例如,在一些实施方案中,相对于熔剂组合物的总重量,本公开内容的熔剂材料可以包含:

[0028] 5重量%至60重量%的至少一种金属氧化物;

[0029] 10重量%至70重量%的至少一种金属氟化物;

[0030] 5重量%至40重量%的至少一种金属硅酸盐;和

[0031] 0重量%至40重量%的至少一种金属碳酸盐。

[0032] 例如,将本公开内容的一些熔剂材料配制成包含:

[0033] 5重量%至60重量%的 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Na_2SiO_3 和 K_2SiO_3 中的至少一种;

[0034] 10重量%至50重量%的 CaF_2 、 Na_3AlF_6 、 Na_2O 和 K_2O 中的至少一者；

[0035] 1重量%至30重量%的 CaCO_3 、 $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ 、 $\text{NaAl}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、 MgCO_3 、 MnCO_3 、 CoCO_3 、 NiCO_3 和 $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$ 中的至少一种；

[0036] 15重量%至30重量%的 CaO 、 MgO 、 MnO 、 ZrO_2 和 TiO_2 中的至少一种；和

[0037] 0重量%至5重量%的 Ti 、 Al 和 CaTiSiO_5 中的至少一种。

[0038] 上文所列举并贯穿于本公开内容的所有重量百分数(%)均基于作为100%的熔剂材料的总重量。

[0039] 某些天然形成的矿物质也可用于熔剂片中。一种有益的天然形成的熔剂组合物为玄武岩,其为细粒火成岩。在一个实施方案中,玄武岩纤维可构成熔剂片的至少25重量%。玄武岩的组成通常为45重量%至55重量%的 SiO_2 、总共2重量%至6重量%的碱、0.5重量%至2.0重量%的 TiO_2 、5重量%至14重量%的 FeO 、14重量%至19重量%的 Al_2O_3 、8重量%至12重量%的 CaO 和5重量%至12重量%的 MgO 。其具有小于20体积%的石英和小于10体积%的长石,其中至少65%的长石为斜长石形式。在本发明的一个实施方案中,玄武岩的有益形式为纤维。如Anne Ross的非专利出版物:“Basalt Fibers:Alternative to Glass?”(Composites Technology,Wheat Ridge,Colorado,USA于2006年8月1日公开)中所述,玄武岩可形成纤维。

[0040] 任选地,熔剂片还可含有合金再平衡引导物(vector)(引导剂),其补偿加工期间基底中挥发或反应掉或者在运行中减少的元素的损失。当与初始材料组成相比时,经恢复的表面可与其初始组成一致,或者其可进一步富含某种成分以提供改善的性能。例如,铝在超级合金涡轮机部件中通过扩散至表面并在其上氧化而在运行中减少。钛也会在运行中减少。这些减少使基底老化并导致表面劣化。为了修复表面的这些合金组分,除熔剂组合物以外熔剂片还可包含再平衡引导物。通过添加例如 $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_2$ 、 $\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$ 和/或单质铝,这些引导物可提供例如1重量%至3重量%或1重量%至5重量%的铝。再平衡引导物可替代地或额外地提供1重量%至3重量%、或者1重量%至5重量%的钛。其他超级合金成分例如镍、钴和铁在运行中是稳定的,或者熔剂片中不需要且不期望。因此,熔剂片可包含各自小于0.5%的 Ni 、 Co 和 Fe 。

[0041] 在一些实施方案中,将熔剂组合物配制成排除某些在暴露于激光能时易于形成光学等离子体的化合物。例如,可排除金属氧化物化合物如 Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O 。由于光学等离子体可阻止激光能被吸收并透射至加工位置,因此这些化合物常常不太适合本公开内容的熔剂材料。在另一些实施方案中,熔剂组合物可包含一种或更多种产生等离子体的化合物。

[0042] 在一些实施方案中,相对于熔剂组合物的总重量,熔剂组合物包含:5重量%至85重量%的金属氧化物,金属硅酸盐,或二者;10重量%至70重量%的金属氟化物;和1重量%至30重量%的金属碳酸盐。熔剂片可包含各自小于0.5重量%的 Fe 、 Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O 。

[0043] 在另一个实施方案中,熔剂组合物包含:

[0044] a) 5重量%至25重量%的选自以下的一种或更多种屏蔽剂: CaCO_3 、 $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ 、 $\text{NaAl}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、 MgCO_3 、 MnCO_3 、 CoCO_3 和 NiCO_3 ;

[0045] b) 10重量%至25重量%的选自以下的一种或更多种清除剂: CaO 、 FeO 、 MgO 、 MnO 、 MnO_2 、 NbO 、 NbO_2 、 Nb_2O_5 和 ZrO_2 ;

[0046] c) 15重量%至35重量%的选自以下的一种或更多种粘性/流动性改善剂: CaF_2 、

Na_3AlF_6 和 TiO_2 ;以及

[0047] d) 20重量%至40重量%的选自以下的一种或更多种透光成分: Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 、 Na_2SiO_3 和 K_2SiO_3 。

[0048] 在另一个实施方案中,熔剂组合物包含:

[0049] 5重量%至82重量%的金属硅酸盐和除氧化锆以外的金属氧化物中的一者或二者;

[0050] 7重量%至25重量%的氧化锆;

[0051] 10重量%至70重量%的金属氟化物;和

[0052] 1重量%至30重量%的金属碳酸盐,

[0053] 其中熔剂组合物包含各自小于0.5重量%的 Fe 、 Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O 。

[0054] 如上所述,所有重量百分数均相对于熔剂组合物的总重量。

[0055] 图6示出通过用刷29施用液体形式的熔剂组合物而在表面24上形成的熔剂片20B。可将熔剂组合物的粉末和/或纤维与液体(例如,水或丙酮)混合,并喷涂或刷涂在待修复的缺陷28之上和之中。所述液体可包含使熔剂保持在其形成片的表面上的粘合剂,例如氧化锆氧化硅粘合剂或氧化铝氧化硅粘合剂。可使所述液体蒸发,或者在激光熔融之前通过红外加热或低强度激光加热来蒸发。优选地,所得片20B是至少40%透光的以允许激光能进入,意指在转换为热之前,至少40%的激光电磁能通过所述片。这可以通过干燥后至少40%的空隙分数和/或通过所述片中至少40重量%的透光组分如 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 、 Na_2SiO_3 和 K_2SiO_3 来提供。激光束32使基底26的表面24再熔融,形成达到缺陷28的深度或者至少达到足以密封缺陷的深度的熔池34。渣层36覆盖熔池和固化的修复体积38。这将熔池34和已固化但仍较热的修复体积38相对于大气屏蔽开,而不需要昂贵的惰性气体。

[0056] 图7示出用激光发射器30对表面24进行修复,激光发射器30将激光束32指向形成带20C并由辊40供给在所述表面之上的熔剂片。可如所示或者在所述带的制造期间或辊40的组装期间将粘合剂42施用于带20C。或者,可将粘合剂施用于表面24,或可用粘附工具(例如,连接件(ties)或辊)将所述带保持紧靠所述表面。激光束32使基底再熔融,形成达到缺陷28的深度或者至少达到足以密封缺陷的深度的熔池34。渣层36覆盖熔池和固化的修复体积38。这将熔池34和已固化但仍较热的修复体积38相对于大气屏蔽开,而不需要昂贵的惰性气体。

[0057] 根据本发明的实施方案的用于超级合金部件的修复方法可包括,预先清洁劣化的表面而无需研磨。将共形熔剂片放在表面上,然后使激光束穿过所述熔剂片以将所述表面再熔融。这使表面缺陷愈合,在通过已知的机械和/或化学方法去除渣后留下经更新的表面。所述修复方法提供了以下优点:

[0058] a) 能修复现有3-D表面。不限于水平平坦表面。

[0059] b) 没有粉末分散。

[0060] c) 可用于广泛范围的难以焊接的金属。

[0061] d) 适用于新损伤模式的稳健方法。

[0062] e) 不需预加热或快速冷却。

[0063] f) 延伸遍及熔体和热金属的屏蔽改善而无需惰性气体。不需要通过惰性气体屏蔽熔池。

[0064] g) 熔剂清理并清除导致固化开裂的组分。

[0065] h) 熔剂增强的激光束吸收和尽可能少地反射回加工设备。

[0066] i) 任选地添加合金元素(包括超级合金自身的粉末、细丝和箔片),以更新/改善并重建材料表面。除金属合金添加物以外,这样的细丝和箔片(例如,箔背衬)还可用于使熔剂片强化,并提供粘附至基底的替代表面。

[0067] 虽然本文中已示出并描述了本发明的多个实施方案,但是显然,这些实施方案仅以示例的方式提供。在不背离本发明的情况下,可以进行各种变型、改变和替代。因此,本发明旨在仅受所附权利要求书的精神和范围限制。

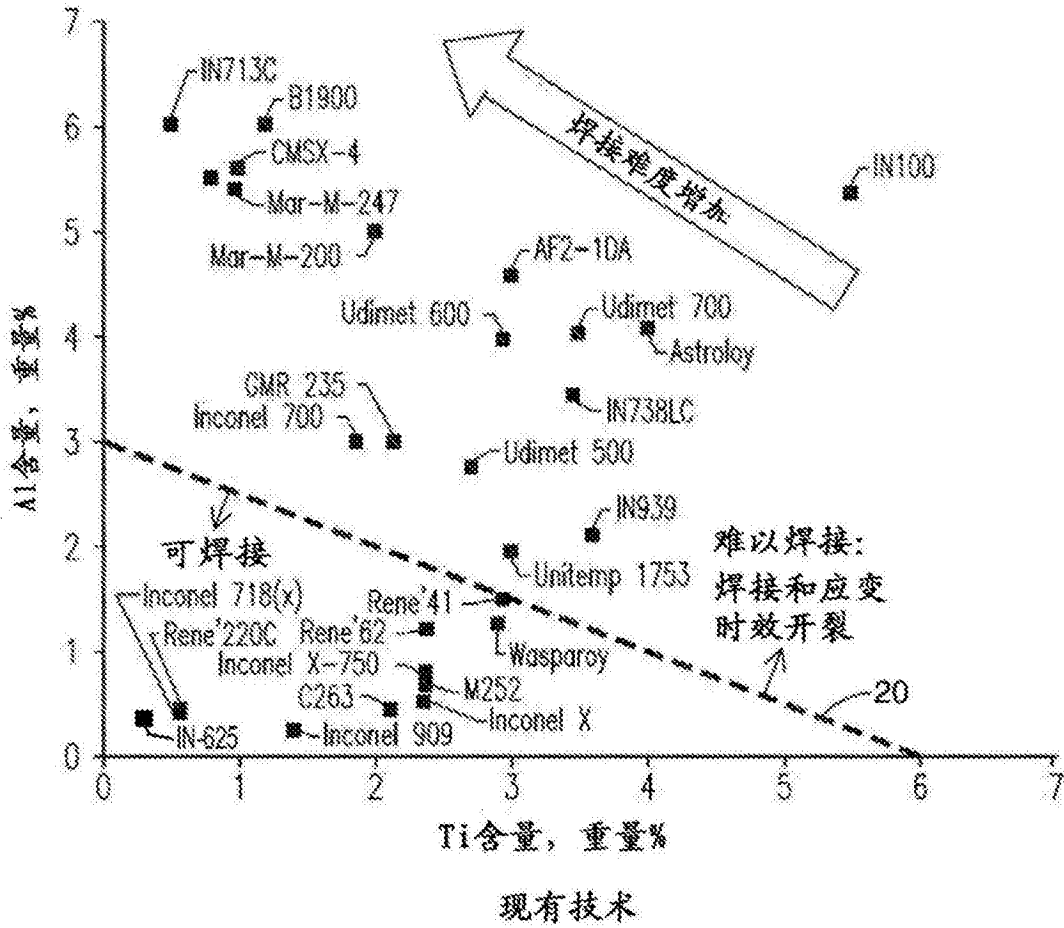


图1

根据方法可使用的颗粒尺寸范围

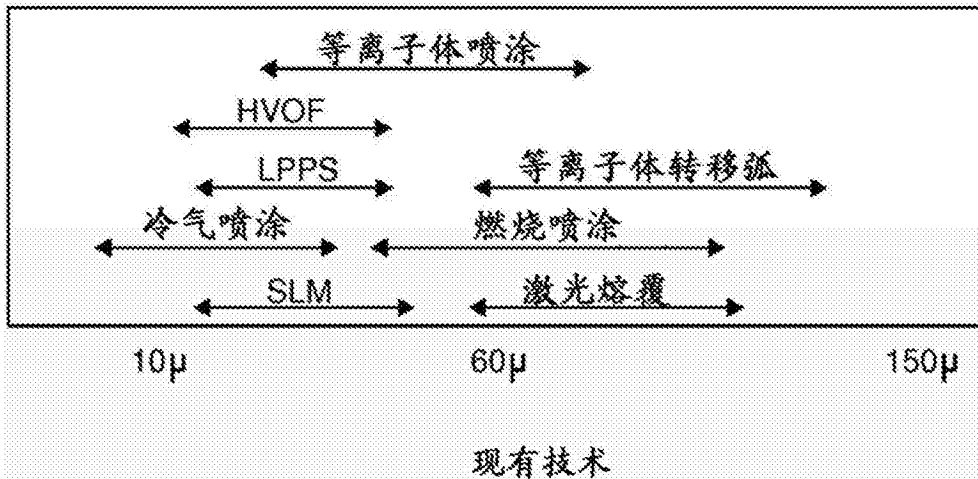


图2

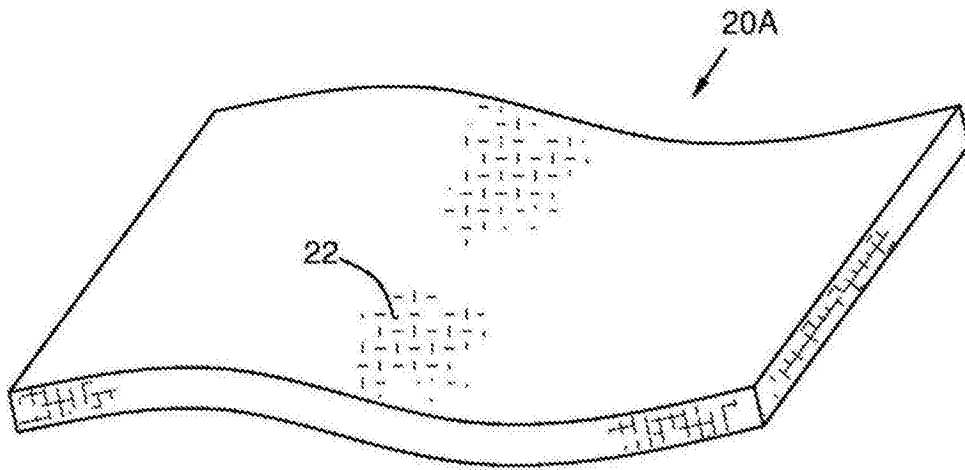


图3

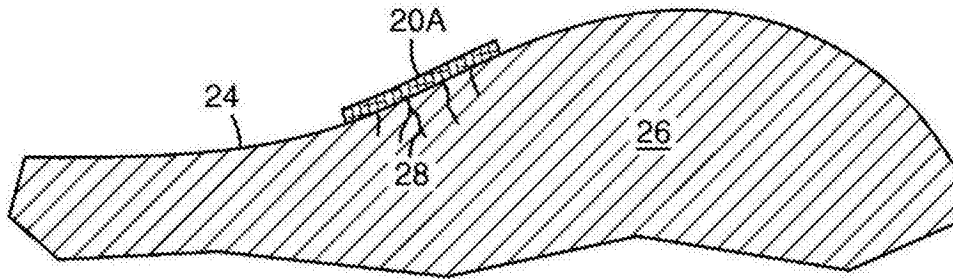


图4

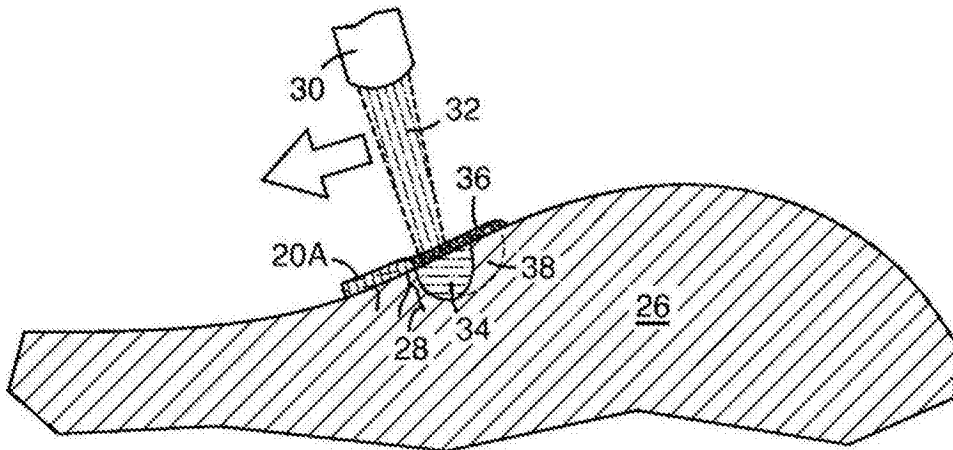


图5

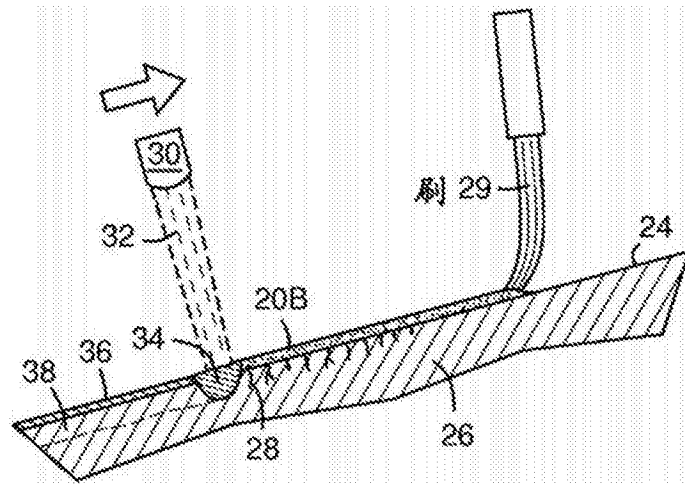


图6

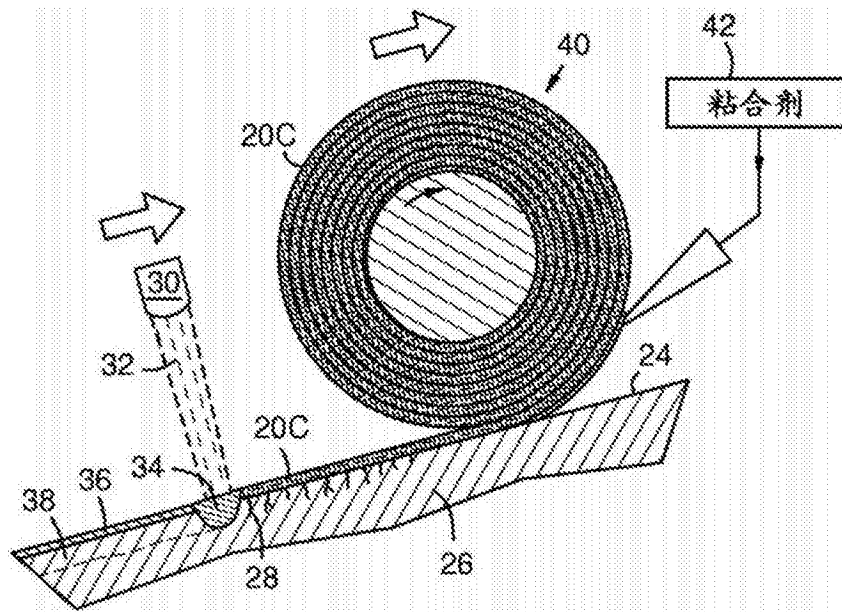


图7