



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114393309 B

(45) 授权公告日 2024.06.11

(21) 申请号 202210025485.4
 (22) 申请日 2022.01.11
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 114393309 A
 (43) 申请公布日 2022.04.26
 (73) 专利权人 宝鸡巨成钛业股份有限公司
 地址 721000 陕西省宝鸡市高新开发区10路21号
 (72) 发明人 褚巧玲 李毅 曹齐鲁 张敏
 李继红 赵鹏康
 (74) 专利代理机构 北京鼎德宝专利代理事务所
 (特殊普通合伙) 11823
 专利代理师 马冠群
 (51) Int. Cl.
 B23K 26/348 (2014.01)
 B23K 35/02 (2006.01)
 B23K 35/30 (2006.01)
 B23K 35/40 (2006.01)
 B23K 103/24 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 113828960 A, 2021.12.24
 CN 107283087 A, 2017.10.24
 CN 113070575 A, 2021.07.06

JP 2013163196 A, 2013.08.22
 JP H06304781 A, 1994.11.01
 US 2013078031 A1, 2013.03.28
 CN 103567661 A, 2014.02.12
 CN 106475709 A, 2017.03.08
 CN 110129674 A, 2019.08.16
 US 2020324373 A1, 2020.10.15
 Chu, QL; Tong, XW; Xu, S; Zhang, M; Yan, FX; Cheng, P; Yan, C. The formation of intermetallics in Ti/steel dissimilar joints welded by Cu-Nb composite filler. JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS. 2020, 全文.

罗海龙, 张敏, 慕二龙, 王晓伟, 丁旭. Cu基药芯焊丝TIG焊TA1/Q235B接头微观组织和显微硬度. 焊接学报. 2019, (第01期), 全文.

王培; 叶源盛. Q235钢表面激光熔覆钛涂层. 应用激光. 2018, (第03期), 全文.

张敏; 慕二龙; 王晓伟; 韩挺; 罗海龙. TA1/Cu/X65复合板焊接接头微观组织及力学性能. 金属学报. 2018, (第07期), 全文. (续)

审查员 蔡艳

权利要求书2页 说明书11页 附图3页

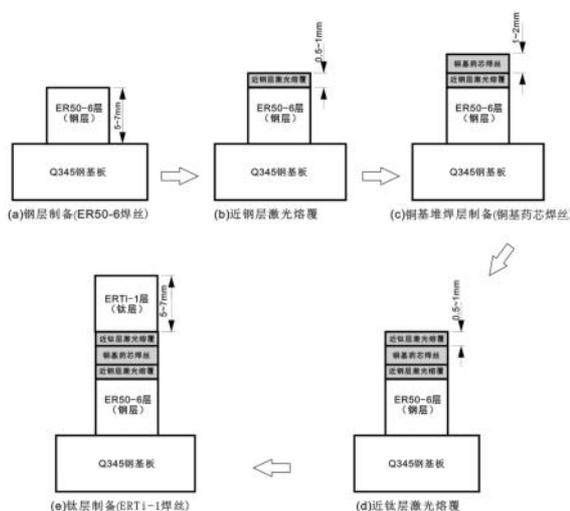
(54) 发明名称

激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料及方法

(57) 摘要

本发明公开的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料, 包括近钢层激光熔覆粉末、近钛层激光熔覆粉末和电弧焊接用铜基焊丝; 该焊接材料专门用于解决钛-钢结构的制备过程中冶金不相容导致的开裂问题。本发明还公开一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法及一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法。

CN 114393309 B



[接上页]

(56) 对比文件

史倩茹;张敏;吴伟刚. 钛-钢爆炸复合板熔

焊对接过渡层焊接材料. 材料工程. 2018, (第09期), 全文.

1. 激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,其特征在于,包括近钢层激光熔覆粉末、近钛层激光熔覆粉末和电弧焊接用铜基焊丝;

其中,近钢层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: Ni粉60.0~70.0%, Cu粉20.0~30.0%, Fe粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

近钛层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: V粉40.0~60.0%, Nb粉20.0~30.0%, Ag粉10.0~20.0%, B粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

电弧焊接用铜基焊丝,包括药粉和焊皮,其中药粉按质量百分比包括如下成分: Nb粉20.0~30.0%, Co粉10.0~20.0%, Ag粉10.0~20.0%, Mo粉5.0~10.0%, B粉5.0~10.0%, Si粉5.0~10.0%, Mn粉5.0~10.0%, 其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;

电弧焊接用铜基焊丝所用焊皮为紫铜带;电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在20~25wt.%;

在采用电弧焊接用铜基焊丝形成的铜基电弧堆焊层的上下两侧分别进行激光熔覆,上下两侧进行激光熔覆所用的材料分别为近钢层激光熔覆粉末、近钛层激光熔覆粉末。

2. 根据权利要求1所述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,其特征在于,近钢层激光熔覆粉末及近钛层激光熔覆粉末的纯度均 $\geq 99.9\%$ 。

3. 根据权利要求1所述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,其特征在于,电弧焊接用铜基焊丝所用药粉的粒度均为100~200目。

4. 根据权利要求1所述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,其特征在于,焊皮的厚度0.4mm,宽度7mm。

5. 激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法,其特征在于,具体如下:

(1) 近钢层激光熔覆粉末的制备方法:

步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉60.0~70.0%, Cu粉20.0~30.0%, Fe粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间;

步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目;筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g;

步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;

(2) 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

步骤1:按质量百分比包括如下成分: V粉40.0~60.0%, Nb粉20.0~30.0%, Ag粉10.0~20.0%, B粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间;

步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目;筛分后的合金粉末的

流动性要求为25~40 s/100g;

步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;

(3) 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉20.0~30.0%,Co粉10.0~20.0%,Ag粉10.0~20.0%,Mo粉5.0~10.0%,B粉5.0~10.0%,Si粉5.0~10.0%,Mn粉5.0~10.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;

步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为200~250°C,保温时间为1~3h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为2~6h;

步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在20~25wt.%;

步骤4:第一道拉拔工序完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝;

步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

6. 激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法,其特征在于,采用如权利要求1-4任一项所述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料在钢基体上进行激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构,具体步骤如下:

(1) 首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为5~7mm,层间温度在100°C以下,以保证堆焊层的尺寸精度;

(2) 接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用所述近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;第二步,采用所述电弧焊接用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1~2mm;第三步,采用所述近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;

(3) 最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为5~7mm,层间温度控制在50°C以下。

激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料及方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料领域,具体涉及一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,还涉及一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法及一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法。

背景技术

[0002] 钛和钢异种结构兼有钛的优异耐腐蚀性能和钢的高强度特点,是石油化工行业理想的选择。但是,钛-钢结构制备过程中,不可避免会发生Ti和Fe的反应,从而导致生成脆性的金属间化合物,影响钛-钢复合结构的性能。因此,开发过渡层焊接材料,是制备钛-钢梯度结构的前提条件。

[0003] 过渡层焊接材料通过抑制或者阻止Ti和Fe之间的反应,从而形成牢固的钛-钢梯度接头。但是,研究发现,单一的过渡层材料在进行钛-钢梯度结构制备时存在一定的局限性,比如无法从根本上阻断Ti和Fe元素的扩散路径。此外,钛-钢梯度结构的制备通常采用电弧焊接方法进行,该方法具有操作灵活、效率高等优势。但是采用单一的电弧焊进行钛-钢梯度结构制备时,由于电弧焊接时热输入相对较高,导致基体的熔化较多,影响整体结构的性能。

[0004] 综上所述,为了获得高质量的钛-钢梯度结构,需要从焊接材料和焊接工艺的出发,采用多种焊接材料,并配合多种焊接工艺,充分发挥各自的优势,从而综合调控钛-钢梯度结构的性能。

发明内容

[0005] 本发明的第一个目的是提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,专门用于解决钛-钢结构的制备过程中冶金不相容导致的开裂问题。

[0006] 本发明的第二个目的是提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法。

[0007] 本发明的第三个目的是提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法。

[0008] 本发明所采用的第一个技术方案是,激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,包括近钢层激光熔覆粉末、近钛层激光熔覆粉末和电弧焊接用铜基焊丝;

[0009] 其中,近钢层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: Ni粉60.0~70.0%, Cu粉20.0~30.0%, Fe粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

[0010] 近钛层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: V粉40.0~60.0%, Nb粉20.0~30.0%, Ag粉10.0~20.0%, B粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

[0011] 电弧焊接用铜基焊丝,包括药粉和焊皮,其中药粉按质量百分比包括如下成分: Nb粉20.0~30.0%, Co粉10.0~20.0%, Ag粉10.0~20.0%, Mo粉5.0~10.0%, B粉5.0~10.0%, Si粉5.0~10.0%, Mn粉5.0~10.0%, 其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

- [0012] 本发明的特征还在于,
- [0013] 近钢层激光熔覆粉末及近钛层激光熔覆粉末的纯度均 $\geq 99.9\%$ 。
- [0014] 电弧焊接用铜基焊丝所用药粉的粒度均为100~200目。
- [0015] 电弧焊接用铜基焊丝所用焊皮为紫铜带,厚度0.4mm,宽度7mm。
- [0016] 电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在20~25wt.%。
- [0017] 本发明所采用的第二个技术方案是,激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法,具体如下:
- [0018] (1) 近钢层激光熔覆粉末的制备方法:
- [0019] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉60.0~70.0%,Cu粉20.0~30.0%,Fe粉10.0~20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;
- [0020] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间;
- [0021] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目;筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g;
- [0022] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;
- [0023] (2) 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:
- [0024] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉40.0~60.0%,Nb粉20.0~30.0%,Ag粉10.0~20.0%,B粉10.0~20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;
- [0025] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间;
- [0026] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目;筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g;
- [0027] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;
- [0028] (3) 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:
- [0029] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉20.0~30.0%,Co粉10.0~20.0%,Ag粉10.0~20.0%,Mo粉5.0~10.0%,B粉5.0~10.0%,Si粉5.0~10.0%,Mn粉5.0~10.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;
- [0030] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为200~250°C,保温时间为1~3h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为2~6h;
- [0031] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;
- [0032] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝;
- [0033] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真

空包装袋内待用。

[0034] 本发明所采用的第三个技术方案是,激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法,采用上述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料在钢基体上进行激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构,具体步骤如下:

[0035] (1) 首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为5~7mm,层间温度在100°C以下,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0036] (2) 接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用所述近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;第二步,采用所述电弧焊接用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1~2mm;第三步,采用所述近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;

[0037] (3) 最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为5~7mm,层间温度控制在50°C以下。

[0038] 本发明的有益效果是:

[0039] (1) 本发明采用激光熔覆+电弧堆焊复合工艺来制备钛-钢梯度结构,充分利用两种工艺之间的优势(激光熔覆精度高,电弧堆焊效率高),从而获得高质量的钛-钢梯度结构。

[0040] (2) 在钢基体上进行近钢层的激光熔覆,粉末以Ni和Cu为主。Ni元素主要是起到连接底部钢基体的作用,Cu元素主要是起到连接上面铜基堆焊焊缝的作用。在铜基堆焊焊缝上进行近钛层的激光熔覆,粉末以V、Nb、Ag为主。其中,V和Nb主要是起到连接铜基堆焊焊缝与上面钛焊缝的作用,Ag主要是起到提高焊缝塑韧性的作用。

[0041] (3) 本发明的激光熔覆粉末和电弧堆焊用焊丝,添加多种合金元素,可以综合调控梯度层的塑韧性。

[0042] (4) 本发明在铜基电弧堆焊层的上下两侧分别进行激光熔覆,可有效阻断下面Fe和上面Ti之间的冶金反应。

附图说明

[0043] 图1为本发明中采用的激光+电弧复合方法制备钛-钢梯度结构示意图。

[0044] 图2为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中近钢层激光熔覆层的显微组织。

[0045] 图3为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中铜基堆焊层的显微组织。

[0046] 图4为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中近钛层激光熔覆层的显微组织。

[0047] 图5为实施例2制备的钛-钢梯度结构的拉伸断口扫描电镜观察形貌。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0049] 本发明提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料,包括近钢层激光熔覆粉末、近钛层激光熔覆粉末和电弧焊接用铜基焊丝;

[0050] 其中,近钢层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: Ni粉60.0~70.0%, Cu粉20.0~30.0%, Fe粉10.0~20.0%, 以上组分质量百分比之和为100%;

[0051] 近钛层激光熔覆粉末,按质量百分比包括如下成分: V粉40.0~60.0%, Nb粉20.0~

30.0%,Ag粉10.0~20.0%,B粉10.0~20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;

[0052] 电弧焊接用铜基焊丝,包括药粉和焊皮,其中药粉按质量百分比包括如下成分:Nb粉20.0~30.0%,Co粉10.0~20.0%,Ag粉10.0~20.0%,Mo粉5.0~10.0%,B粉5.0~10.0%,Si粉5.0~10.0%,Mn粉5.0~10.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0053] 近钢层激光熔覆粉末及近钛层激光熔覆粉末的纯度均 $\geq 99.9\%$ 。

[0054] 电弧焊接用铜基焊丝所用药粉的粒度均为100~200目。

[0055] 电弧焊接用铜基焊丝所用焊皮为紫铜带,厚度0.4mm,宽度7mm。

[0056] 电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在20~25wt.%。

[0057] (1) 激光熔覆合金粉末中主要组分的作用和功能如下:

[0058] 1) 近钢层的激光熔覆粉末的组成元素为Ni、Cu、Fe: Ni元素为主要组元, Ni与Fe、Ni与Cu之间的焊接性较好, 因此可以起到连接底部钢基体和中间铜基药芯焊丝堆焊层的作用; Cu元素的作用为提高激光熔覆层与中间铜基药芯焊丝堆焊层的结合, 并有降低激光熔覆层熔点的作用; Fe元素的加入可以实现底部Fe基体向中间铜基药芯焊丝堆焊层之间逐步的元素过渡过程, 避免元素的剧烈过渡现象所导致的应力集中。

[0059] 2) 近钛层的激光熔覆粉末的组成元素为V、Nb、Ag、B元素: V为主要元素, 由V-Ti二元相图可知, V和Ti之间可以无限固溶, 因此以V为主可以保证上面钛堆焊焊缝与激光熔覆层之间的冶金结合。Nb元素与Ti之间也可以无限固溶, 因此可以起到进一步提高激光熔覆层与钛焊缝之间结合强度的作用。钛层堆焊时, 焊缝中不可避免会有Cu元素的熔入, 根据Ag-Cu-Ti三元相图可知, 三者可以生成塑韧性较好的共晶组织, 因此Ag的加入主要是为了生成三元共晶, 从而减小激光熔覆层与钛层之间的Cu-Ti金属间化合物的生成。B元素的加入可以起到提高钛焊缝在激光熔覆层上焊接时的润湿性。

[0060] (2) 电弧焊接用铜基药芯焊丝中主要合金组分的作用和功能如下:

[0061] 药芯焊丝组成元素为Cu、Nb、Co、Ag、Mo、B、Si和Mn: 焊丝中以Cu元素为主, 根据Cu-Fe二元相图可知, Cu和底部钢焊缝(ER50-6)不生成脆性相, 且根据现有的文献记载, 铜和钢熔焊接头可以获得较好的性能。因此, 本发明的过渡层焊丝采用Cu元素为主。此外, 近钢层激光熔覆层中也存在Cu元素, 与铜基药芯焊丝正好可以形成较好的结合。

[0062] 本发明中的铜基药芯焊丝, 添加了Nb元素, 一方面是提高铜基过渡层焊缝的强韧性, 另一方面是与近钛层激光熔覆层形成较好的冶金结合, 因为近钛层激光熔覆层中存在一定量的Nb元素。本发明中为了进一步提高铜基焊缝的强韧性, 还添加了Co、Mo合金元素, Co、Mo的添加可以充分保证熔池在高温下的抗氧化能力, 从而提高其强度。Mo对强度的提高效果显著, 少量的Mo的添加就可以有效提高焊缝的强度。

[0063] 本发明还添加了Ag元素, Ag可以与铜基过渡层中的Cu、钛层的Ti形成三元连续共晶组织, 该组织韧性较好, 可以有效减小Cu和Ti之间生成Cu-Ti粗大脆性组织, 从而提高过渡层焊缝的抗开裂能力。

[0064] 本发明为了降低电弧焊铜基焊缝的熔点, 减小与两侧的熔合比, 在焊丝中添加了B、Si元素。这两个元素还可以充分提高电弧焊接用铜基焊缝与底部近钢层激光熔覆层的润湿性。

[0065] 此外, 本发明还添加了少量的Mn元素, Mn在提高焊缝强度方面有一定作用, 此外, Mn还有脱氧、脱硫作用, 减小过渡层焊缝中的氧化物、硫化物缺陷的生成。

[0066] 本发明还提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料的制备方法,具体如下:

[0067] (1) 近钢层激光熔覆粉末的制备方法:

[0068] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉60.0~70.0%,Cu粉20.0~30.0%,Fe粉10.0~20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;

[0069] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150℃之间;

[0070] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目;筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g;

[0071] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;

[0072] (2) 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0073] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉40.0~60.0%,Nb粉20.0~30.0%,Ag粉10.0~20.0%,B粉10.0~20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;

[0074] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150℃之间;

[0075] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内;步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目;筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g;

[0076] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用;

[0077] (3) 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0078] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉20.0~30.0%,Co粉10.0~20.0%,Ag粉10.0~20.0%,Mo粉5.0~10.0%,B粉5.0~10.0%,Si粉5.0~10.0%,Mn粉5.0~10.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;

[0079] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为200~250℃,保温时间为1~3h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为2~6h;

[0080] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

[0081] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝;

[0082] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

[0083] 本发明还提供一种激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构的制备方法,采用上述的激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构用焊接材料在钢基体上进行激光与电弧复合制备钛-钢梯度结构,如图1所示,具体步骤如下:

[0084] (1) 首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度

为5~7mm,层间温度在100℃以下,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0085] (2)接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;第二步,采用电弧焊接用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1~2mm;第三步,采用近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5~1mm;

[0086] (3)最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为5~7mm,层间温度控制在50℃以下。

[0087] 实施例1

[0088] 近钢层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0089] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉60.0%,Cu粉30.0%,Fe粉10.0%,以上组分质量百分比之和为100%

[0090] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0091] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0092] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0093] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150℃之间。

[0094] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目。

[0095] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0096] 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0097] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉40.0%,Nb粉30.0%,Ag粉10.0%,B粉20.0%,以上组分质量百分比之和为100%。

[0098] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0099] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0100] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0101] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150℃之间。

[0102] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目。

[0103] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0104] 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0105] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉20.0%,Co粉10.0%,Ag粉10.0%,Mo粉5.0%,B粉5.0%,Si粉5.0%,Mn粉5.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0106] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为200℃,保温时间为1h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为2h;

[0107] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

[0108] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的

药芯焊丝。

[0109] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

[0110] 钛-钢梯度结构的激光+电弧复合制备方法,具体步骤如下(如图1所示):

[0111] (1)首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为5mm,层间温度在70°C,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0112] (2)接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5mm;第二步,采用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1mm;第三步,采用近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.5mm;

[0113] (3)最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为5mm,层间温度控制在50°C。

[0114] 经测试,钛-钢梯度结构的抗拉强度为451MPa。

[0115] 实施例2

[0116] 近钢层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0117] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉70.0%,Cu粉20.0%,Fe粉10.0%,以上组分质量百分比之和为100%;

[0118] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0119] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0120] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0121] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间。

[0122] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目。

[0123] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0124] 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0125] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉60.0%,Nb粉20.0%,Ag粉10.0%,B粉10.0%,以上组分质量百分比之和为100%。

[0126] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0127] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0128] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0129] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间。

[0130] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53μm,即270~500目。

[0131] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0132] 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0133] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉30.0%,Co粉20.0%,Ag粉20.0%,Mo粉10.0%,B粉10.0%,Si粉5.0%,Mn粉5.0%,以上组分质量百分比之和为100%。

[0134] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为250°C,保温时间为3h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为6h;

[0135] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

[0136] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝。

[0137] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

[0138] 钛-钢梯度结构的激光+电弧复合制备方法,具体步骤如下(如图1所示):

[0139] (1)首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为7mm,层间温度在60°C,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0140] (2)接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为1mm;第二步,采用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为2mm;第三步,采用近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为1mm;

[0141] (3)最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为7mm,层间温度控制在20°C。

[0142] 经测试,钛-钢梯度结构的抗拉强度为470MPa。

[0143] 图2为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中近钢层激光熔覆层的显微组织。从图中可以看出,由于激光熔覆较高的冷却速度,该处的激光熔覆层主要以胞状树枝晶奥氏体组织为主,胞状树枝晶的方向性较强。

[0144] 图3为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中铜基堆焊层的显微组织。从图中看出,铜基药芯焊丝过渡层存在一定量的板条Cu-Ti化合物。焊缝中未发现缺陷。

[0145] 图4为使用实施例2制备的钛-钢梯度结构中近钛层激光熔覆层的显微组织。从图中可以看出,近钛层的激光熔覆层以胞状树枝晶为主,这主要是由于激光熔覆过程的冷却速度较快导致的。该侧激光熔覆层组织分布均匀,未发现气孔、裂纹等缺陷。

[0146] 图5为实施例2制备的钛-钢梯度结构的拉伸断口扫描电镜观察形貌。钛-钢梯度结构拉伸过程中,断裂位置在铜基过渡层焊缝,从图中可以看出,断口表面存在一定解理形貌,结合EDS结果,这些解理形貌主要是有Cu-Ti化合物组成。

[0147] 实施例3

[0148] 上述近钢层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0149] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉60.0%,Cu粉20.0%,Fe粉20.0%,以上组分质量百分比之和为100%;

[0150] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0151] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0152] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0153] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以N₂作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持

熔体的过热度在100~150°C之间。

[0154] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目。

[0155] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0156] 上述近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0157] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉50.0%,Nb粉25.0%,Ag粉12.0%,B粉13.0%,以上组分质量百分比之和为100%。

[0158] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0159] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0160] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0161] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间。

[0162] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目。

[0163] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0164] 上述电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0165] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉25.0%,Co粉15.0%,Ag粉15.0%,Mo粉6.0%,B粉6.0%,Si粉10.0%,Mn粉10.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0166] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为220°C,保温时间为2h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为3h;

[0167] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

[0168] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝。

[0169] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

[0170] 钛-钢梯度结构的激光+电弧复合制备方法,具体步骤如下(如图1所示):

[0171] (1) 首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为6mm,层间温度在50°C,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0172] (2) 接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.7mm;第二步,采用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1.5mm;第三步,采用近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.7mm;

[0173] (3) 最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为6mm,层间温度控制在30°C。

[0174] 经测试,钛-钢梯度结构的抗拉强度为433MPa。

[0175] 实施例4

[0176] 近钢层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0177] 步骤1:按质量百分比分别称取Ni粉66.0%,Cu粉22.0%,Fe粉12.0%,以上组分质量

百分比之和为100%;

[0178] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0179] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0180] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0181] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间。

[0182] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目。

[0183] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0184] 近钛层激光熔覆粉末的制备方法,具体步骤如下:

[0185] 步骤1:按质量百分比包括如下成分:V粉44.0%,Nb粉21.0%,Ag粉20.0%,B粉15.0%,以上组分质量百分比之和为100%。

[0186] 步骤2:将步骤1各原料合金粉末混合后真空熔炼,采用气雾化方法制粉;

[0187] 步骤3:对雾化后的合金粉末进行粒度筛分,使筛分后的合金粉末在一定的粒度范围内。

[0188] 步骤4:对制备的粉末进行真空包装,待用。

[0189] 步骤2中,采用真空熔炼设备,以 N_2 作为雾化气体,雾化压力为6MPa,雾化过程保持熔体的过热度在100~150°C之间。

[0190] 步骤3中,筛分后的合金粉末的粒度范围为25~53 μm ,即270~500目。

[0191] 筛分后的合金粉末的流动性要求为25~40 s/100g。

[0192] 电弧焊接用铜基焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0193] 步骤1:按质量百分比分别称取Nb粉26.0%,Co粉11.0%,Ag粉19.0%,Mo粉9.0%,B粉7.0%,Si粉6.0%,Mn粉9.0%,其余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0194] 步骤2:将步骤1称取的药粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为210°C,保温时间为2.3h,去除药粉中的结晶水;烘干后的药粉放置于混粉机中进行充分的混合,混合时间为4h;

[0195] 步骤3:采用酒精去除紫铜带表面的油脂,通过药芯焊丝拉丝设备把步骤2制备得到的药粉包裹在紫铜带内,第一道拉拔模具孔径为2.6mm;

[0196] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,将模具孔径依次减少,最终获得直径1.0~1.2mm的药芯焊丝。

[0197] 步骤5:药芯焊丝拉拔完毕后,经绕丝机缠绕在焊丝盘上,最终密封在药芯焊丝真空包装袋内待用。

[0198] 钛-钢梯度结构的激光+电弧复合制备方法,具体步骤如下(如图1所示):

[0199] (1)首先,进行钢基体的堆焊,选择ER50-6焊丝,焊接电流为180~200A,堆焊层厚度为5.3mm,层间温度在60°C,以保证堆焊层的尺寸精度;

[0200] (2)接着,三步法完成过渡层的制备:第一步,采用近钢层激光熔覆粉末进行激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.8mm;第二步,采用铜基焊丝在上述激光熔覆层上进行堆焊,堆焊层厚度为1.8mm;第三步,采用近钛层激光熔覆粉末进行上述堆焊层上的激光熔覆,激光功率3kW,熔覆层厚度为0.7mm;

[0201] (3)最后采用ERTi-1焊丝在上述激光熔覆层上进行电弧堆焊,制备钛层,焊接电流为150~200A,堆焊层厚度为5.3mm,层间温度控制在25℃。

[0202] 经测试,钛-钢梯度结构的抗拉强度为477MPa。

[0203] 实施例1-4中,近钢层激光熔覆粉末及近钛层激光熔覆粉末的纯度均 $\geq 99.9\%$ 。电弧焊接用铜基焊丝所用药粉的粒度均为100~200目。电弧焊接用铜基焊丝所用焊皮为紫铜带,厚度0.4mm,宽度7mm。实施例1-2中电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在20wt.%。实施例3中电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在25wt.%。实施例4中电弧焊接用铜基焊丝的药粉填充率控制在22wt.%。

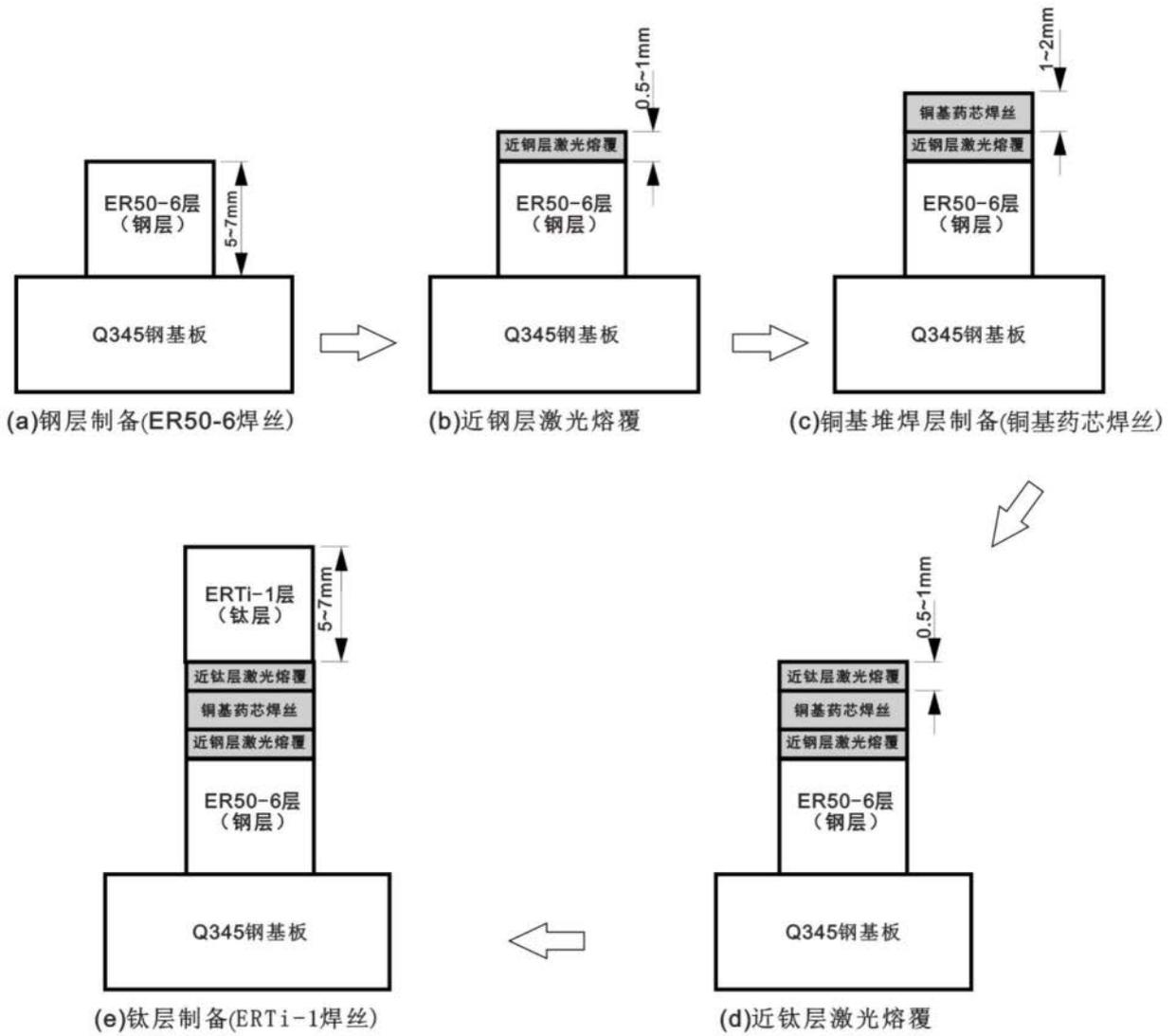


图1

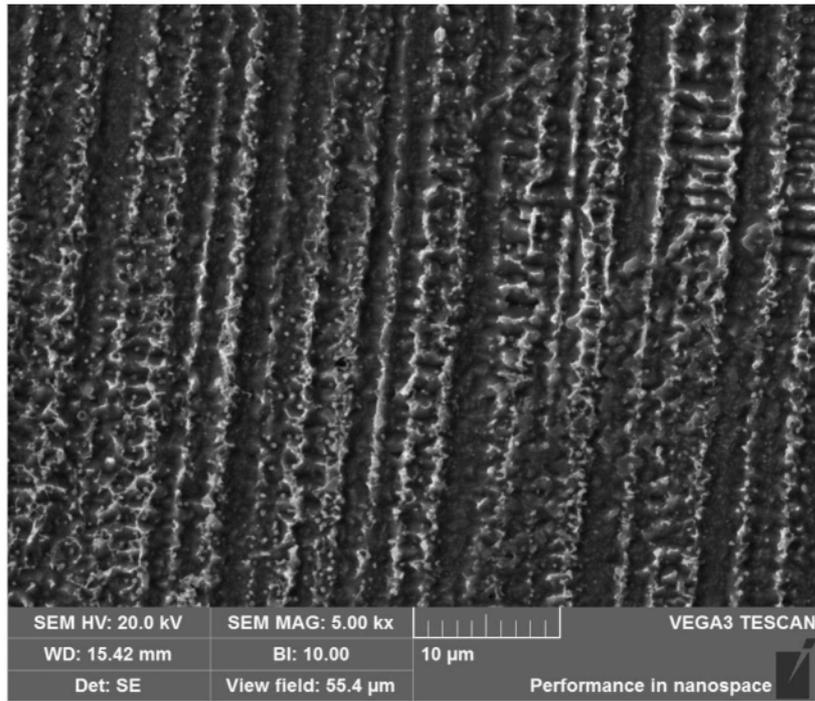


图2

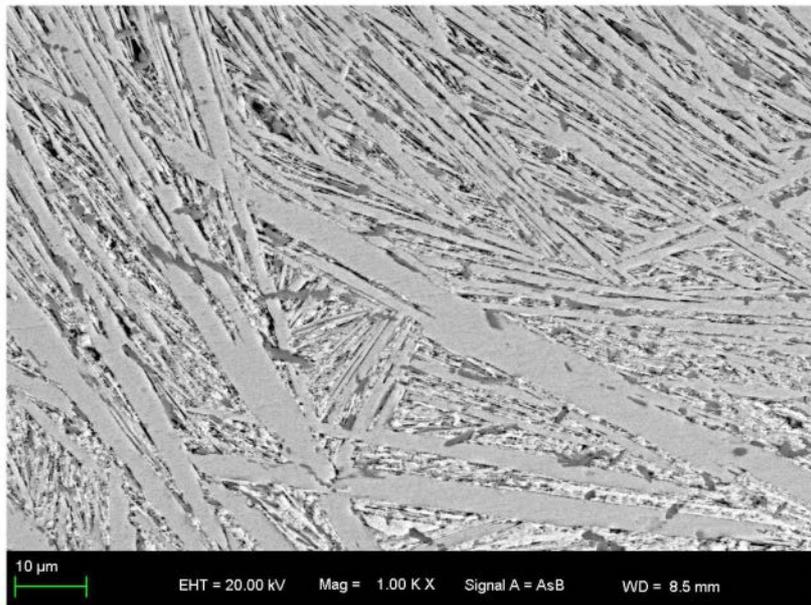


图3

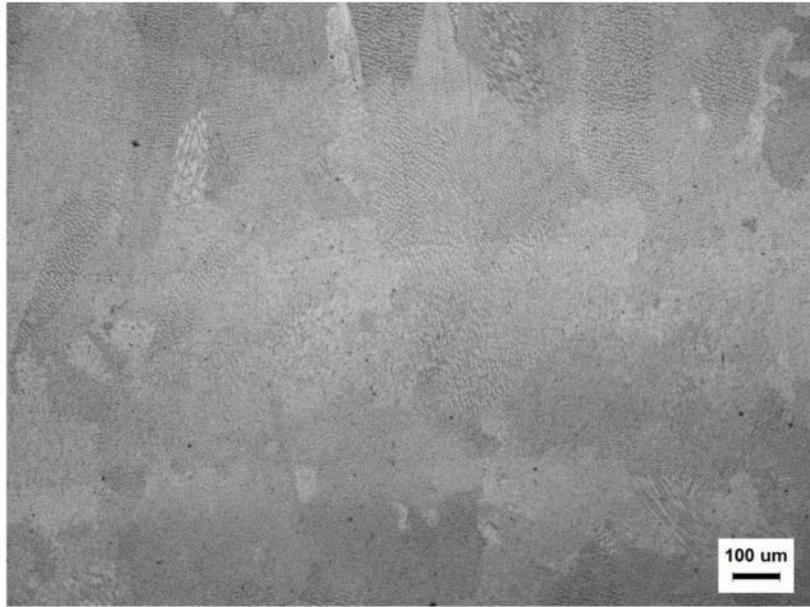


图4

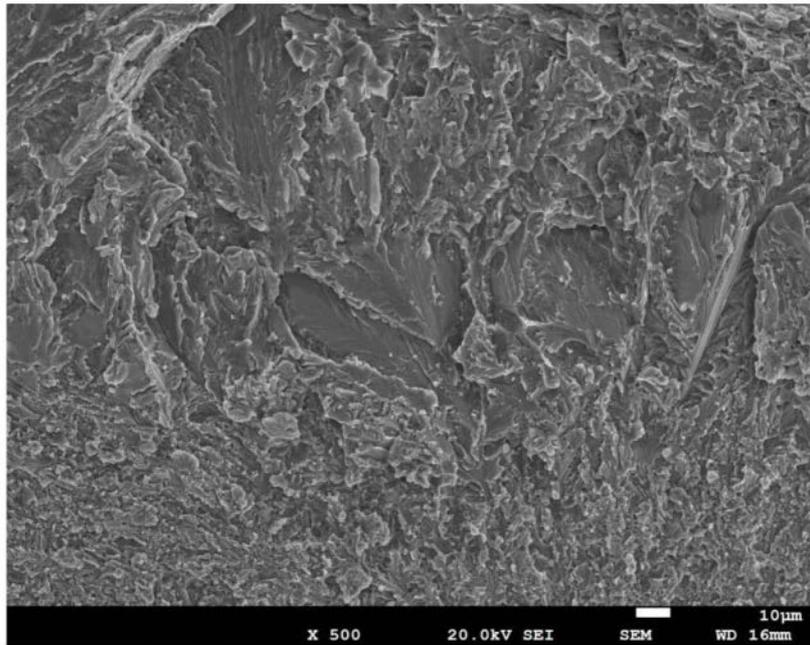


图5