



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113732563 B

(45) 授权公告日 2023.03.14

(21) 申请号 202110956263.X

B23K 35/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.19

审查员 徐艳

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113732563 A

(43) 申请公布日 2021.12.03

(73) 专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市碑林区金花南路5号

(72) 发明人 褚巧玲 夏拓 张林 张敏

赵鹏康 李继红 王镝

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

专利代理师 徐瑶

(51) Int. Cl.

B23K 35/30 (2006.01)

B23K 35/40 (2006.01)

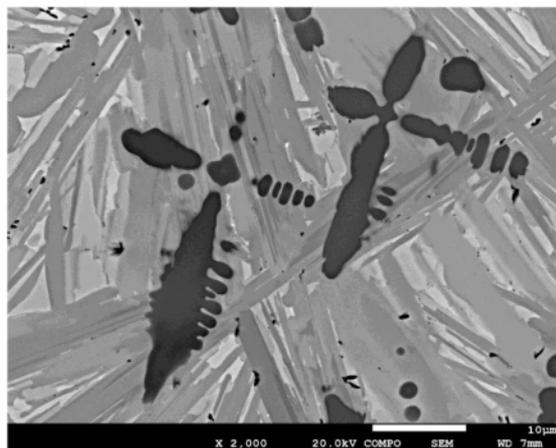
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝及制备方法

(57) 摘要

本发明公开的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,包括药芯和焊皮,其中药芯按质量百分比由以下组分组成:Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。该药芯焊丝既可用于TIG焊,又可用于MIG焊,解决了钛-钢梯度复合材料的电弧增材直接制备问题。还提供了一种钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法。



1. 钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,其特征在于,包括药芯和焊皮,其中药芯按质量百分比由以下组分组成:Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;

焊皮为紫铜带,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm;

焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

2. 根据权利要求1所述的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,其特征在于,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

3. 钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法,其特征在于,具体步骤如下:

步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为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Cr粉、Ni粉、Nb粉、Co粉和Cu粉置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃-200℃,保温时间为1h-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30min-40min;

步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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;

步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小模具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;

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;

步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm;

焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

4. 根据权利要求3所述的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法,其特征在于,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝及制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料焊接技术领域,具体涉及一种钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,还涉及一种钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法。

背景技术

[0002] 钛与钢异种金属连接结构,由于具有耐蚀性好、强度高等特点,在航空航天、能源动力、石油化工等工业部门有着巨大的应用潜力。但是,钛和钢之间的热物理性能差异较大,并极易形成脆性的金属间化合物,从而降低接头的连接性能。目前,人们针对钛-钢异种金属连接的研究工作已经开展了50余年,从金属连接理论发展到激光焊、电子束焊、搅拌摩擦焊、钎焊、扩散焊、爆炸焊、钨极氩弧焊、冷金属过渡焊接等众多先进焊接方法。然而在实际应用中,往往由于受到相应焊接方法的限制,目前还难以实现具有复杂结构的钛-钢实际应用部件的连接。因此,如何克服钛-钢连接接头在应用结构上的局限性,是钛-钢连接向工程中推广应用亟待解决的问题。

[0003] 电弧增材制造技术,尤其是其中的冷金属过渡技术(Cold Metal Transfer,CMT)可以实现复杂尺寸结构件的制备,并且操作简便、适应性强,成为探索钛-钢复合结构制备最理想的选择。然而,由于钛和钢之间热物理性能差异大且极易生成脆性金属间化合物,开发一种过渡层焊接材料进行钛-钢复合结构的电弧增材制造至关重要。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,该药芯焊丝既可用于TIG焊,又可用于MIG焊,解决了钛-钢梯度复合材料的电弧增材直接制备问题。

[0005] 本发明的另一个目的是提供一种钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法。

[0006] 本发明所采用的技术方案是,钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,包括药芯和焊皮,其中药芯按质量百分比由以下组分组成:Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0007] 本发明的特征还在于,

[0008] Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

[0009] 焊皮为紫铜带,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0010] 焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

[0011] 本发明所采用的另一个技术方案是,钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法,具体步骤如下:

[0012] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%;

[0013] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉,Nb粉,Co粉和Cu粉置于真空加热炉内加热,加热

温度为150℃-200℃,保温时间为1h-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30min-40min;

[0014] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm;

[0015] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;

[0016] 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。

[0017] 本发明的特征还在于,

[0018] Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

[0019] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0020] 焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

[0021] 本发明的有益效果是:

[0022] (1) 本发明药芯焊丝直径比较小,丝径为1.2mm的药芯焊丝适用广泛,该药芯焊丝既可用于TIG焊,又可用于MIG焊;

[0023] (2) Cu、Cr、Ni、Nb和Co元素作为药芯焊丝中的主要组元,在进行CMT直接制备钛-钢梯度复合结构时,以上合金元素与基体Ti、Fe元素反应,形成多种化合物相,共同构成了钛-钢复合梯度层。过渡层焊丝以Cu元素为主,所形成的梯度层中主要以Cu-Ti金属间化合物和Cu基固溶体为主。其中靠近钢一侧为Cu基固溶体和Fe基固溶体;靠近钛一侧主要为CuTi₂,Cu₄Ti,Cu₃Ti₂金属间化合物。Cr、Ni元素在梯度层中起到调整Cu-Ti金属间化合物的形貌和分布的作用;Nb和Co元素主要起到提高梯度层与Ti之间的结合强度的作用。

[0024] (3) 本发明药芯焊丝合金元素较少,制备工艺简单,便于进行大规模批量生产。

附图说明

[0025] 图1为实施例1中钛-钢梯度复合结构示意图;

[0026] 图2为实施案例2制备的药芯焊丝,在钢基体上堆焊的扫描电镜微观组织形貌图;

[0027] 图3为实施案例2制备的药芯焊丝,在钛基体上堆焊的扫描电镜微观组织形貌图;

[0028] 图4为实施案例2制备的药芯焊丝,制备钛-钢梯度复合材料时梯层的扫描电镜高倍微观组织形貌图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0030] 本发明钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,包括药芯和焊皮,其中药芯按质量百分比由以下组分组成:Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0031] Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

[0032] 焊皮为紫铜带,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0033] 焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

[0034] 该药芯焊丝中各组分的作用、功能作用如下：

[0035] Cu元素作为药芯焊丝的主要合金元素,Cu元素和Ti元素反应生成多种Cu-Ti化合物,Cu与Fe之间不形成脆性相,所以Cu是制备钛-钢梯度复合结构最理想的元素。此外,Cu合金的熔点较低,在进行增材制造过程中,可以选择较低的热输入进行；

[0036] Cr、Ni元素作为药芯焊丝中药粉的主要组元,Cr与Ti之间可以形成Cr-Ti金属间化合物,Cr与Fe之间焊接性较好；Ni与Ti之间可以形成Ni-Ti多种金属间化合物,Ni与Fe之间的焊接性较好；Ni和Cr之间也具有优异的焊接性。因此,这2个元素的添加,可以综合调控梯度层中Cu-Ti金属间化合物的分布、含量,避免出现粗大的组织。

[0037] Nb元素作为药芯焊丝中药粉的另一个主要组元,Nb与Ti之间的焊接性较好,可以生成无限固溶体,塑韧性好。因此,Nb元素的加入,可以强化梯度层与钛侧的连接。

[0038] Co元素的加入,一方面通过弥散强化和固溶强化来提高焊缝的强度,另一方面也可以提高焊缝的高温性能；

[0039] 本发明还提供上述钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝的制备方法,具体步骤如下：

[0040] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉10~20%,Ni粉10~20%,Nb粉10~20%,Co粉5~10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%；

[0041] 步骤1中,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100~200目。

[0042] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉,Nb粉,Co粉和Cu粉置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃-200℃,保温时间为1h-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30min-40min；

[0043] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm；

[0044] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0045] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm；焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%~30wt.%。

[0046] 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。

[0047] 实施例1

[0048] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉20%,Ni粉20%,Nb粉20%,Co粉10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0049] 步骤1中,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100目。

[0050] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉,Nb粉,Co粉和Cu粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃,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30min；

[0051] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm；

[0052] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0053] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;焊丝中药芯粉末的填充率为25wt.%。

[0054] 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。

[0055] 用实施例1制备的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,借助CMT设备制备梯度层,图1是钛-钢梯度复合结构示意图,如图1所示,首先在钢基体上进行堆焊,焊接电流为:150-180A;当梯度层达到5mm后,用ERTi-1焊丝在梯度层上堆焊,得到钛层,焊接电流为:100-120A。

[0056] 经测试,焊接接头力学性能为:抗拉强度521MPa,断后延伸率12%。

[0057] 实施例2

[0058] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉10%,Ni粉10%,Nb粉10%,Co粉5%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0059] 步骤1中,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是200目。

[0060] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉,Nb粉,Co粉和Cu粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃,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30min;

[0061] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm;

[0062] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0063] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;焊丝中药芯粉末的填充率为35wt.%。

[0064] 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。

[0065] 用实施例2制备的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,首先在钢基体上进行堆焊,借助CMT设备制备梯度层,焊接电流为:150-180A;当梯度层达到5mm后,用ERTi-1焊丝在梯度层上堆焊,焊接电流为:100-120A。

[0066] 经测试,焊接接头力学性能为:抗拉强度551MPa,断后延伸率15%。

[0067] 实施例2制备得到的药芯焊丝在钢基体上的堆焊组织形貌如图2所示,组织主要为Cu基固溶体和Fe基固溶体为主;实施例2制备得到的药芯焊丝在钛基体上的堆焊组织形貌如图3所示,组织主要为Cu-Ti金属间化合物;采用实施例2制备的药芯焊丝进行钛-钢梯度结构制备,起梯度层的组织如图4所示,主要为柱状Cu-Ti化合物、Cu基固溶体和Fe基固溶体。以上组织观察中均未发现裂纹、气孔等常见缺陷。

[0068] 采用CMT冷金属过渡焊接技术作为热源,是一种全新的MIG/MAG焊接工艺。这种技术将送丝与焊接过程控制联系起来。焊接过程中,当电路中监测到熔滴过度的短路信号,会立即将该短路信号反馈给送丝机,送丝机迅速回应,回抽焊丝,以机械力的方式帮助熔滴与焊丝端部分离,辅助熔滴过渡,使用这种方法,能够使热输入量迅速地减少,进而使得制造的零件精度及性能显著提高。

[0069] 实施例3

[0070] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉15%,Ni粉15%,Nb粉15%,Co粉7%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0071] 步骤1中,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100目。

[0072] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉、Nb粉、Co粉和Cu粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃,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30min;

[0073] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm;

[0074] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0075] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;焊丝中药芯粉末的填充率为30wt.%。

[0076] 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。

[0077] 用实施例3制备的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,首先在钢基体上进行堆焊,借助CMT设备制备梯度层,焊接电流为:150-180A;当梯度层达到5mm后,用ERTi-1焊丝在梯度层上堆焊,焊接电流为:100-120A。

[0078] 经测试,焊接接头力学性能为:抗拉强度505MPa,断后延伸率8%。

[0079] 实施例4

[0080] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉10%,Ni粉17%,Nb粉13%,Co粉10%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0081] 步骤1中,Cr粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Ni粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Nb粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Co粉的纯度 $\geq 99.9\%$,Cu粉的纯度 $\geq 99.9\%$,5种金属粉的粒度都是100目。

[0082] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉、Nb粉、Co粉和Cu粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为200℃,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30min;

[0083] 步骤3:使用紫铜带作为焊皮,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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm;

[0084] 步骤3中,紫铜带厚度0.3mm,宽度7mm。

[0085] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;焊丝中药芯粉末的填充率为30wt.%。

[0086] 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。

[0087] 用实施例4制备的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,首先在钢基体上进行堆焊,借助CMT设备制备梯度层,焊接电流为:150-180A;当梯度层达到5mm后,用ERTi-1焊丝在梯度层上堆焊,焊接电流为:100-120A。

[0088] 经测试,焊接接头力学性能为:抗拉强度528MPa,断后延伸率11%。

[0089] 实施例5

[0090] 步骤1:按质量百分比分别称取Cr粉12%,Ni粉20%,Nb粉10%,Co粉8%,剩余为Cu粉,以上组分质量百分比之和为100%。

[0091] 步骤2:将步骤1称取的Cr粉、Ni粉、Nb粉、Co粉和Cu粉,将其置于真空加热炉内加热,加热温度为150℃,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30min;

[0092] 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,第一道拉拔磨具孔径为2.6mm;

[0093] 步骤4:第一道工序拉拔完毕后,依次减小磨具孔径拉拔,最终获得的药芯焊丝直径为1.2mm;

[0094] 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。

[0095] 用实施例5制备的钛-钢梯度复合材料CMT制备用过渡层焊丝,首先在钢基体上进行堆焊,借助CMT设备制备梯度层,焊接电流为:150-180A;当梯度层达到5mm后,用ERTi-1焊丝在梯度层上堆焊,焊接电流为:100-120A。

[0096] 经测试,焊接接头力学性能为:抗拉强度533MPa,断后延伸率11%。



图1

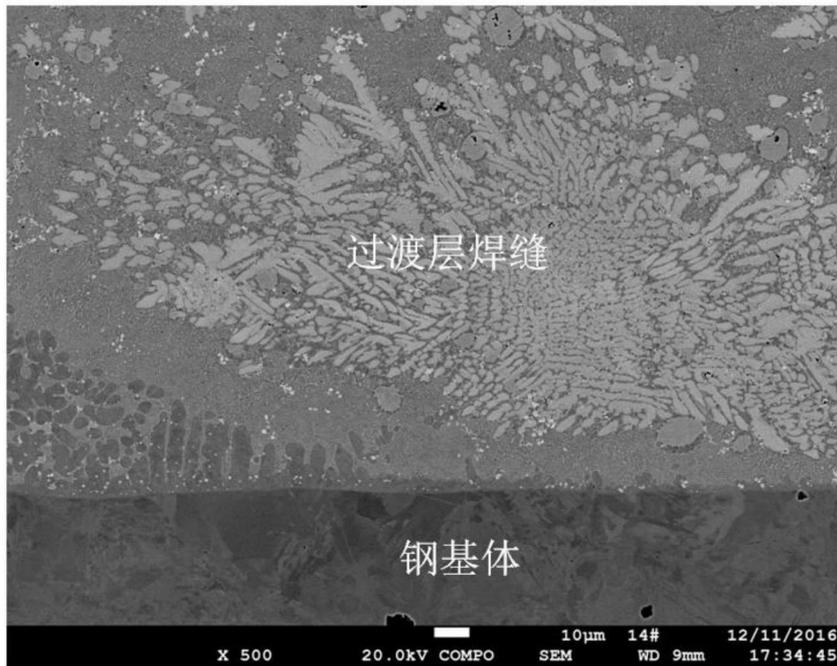


图2

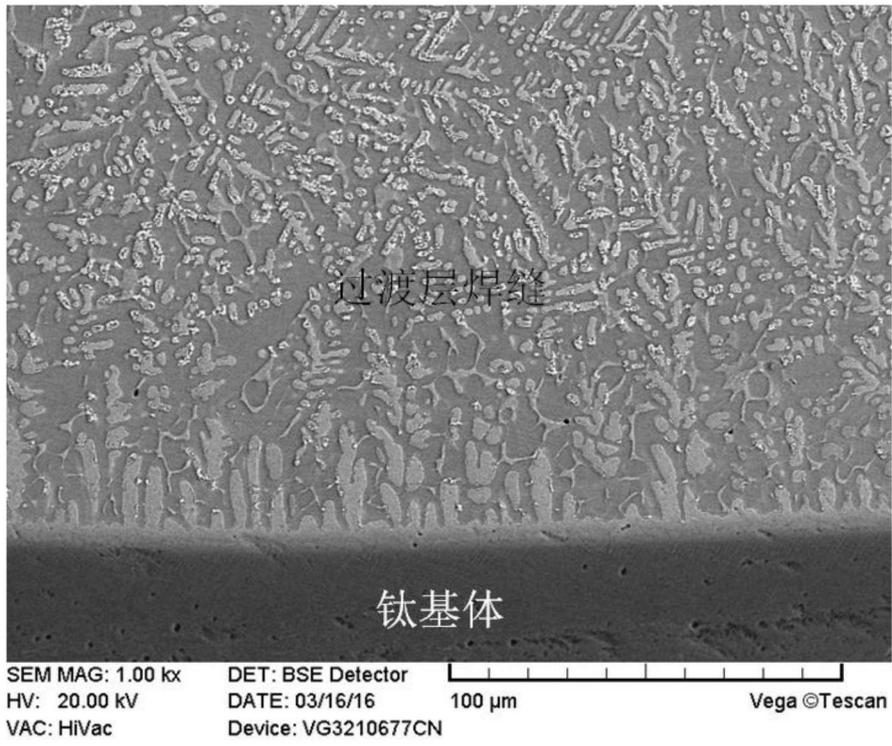


图3

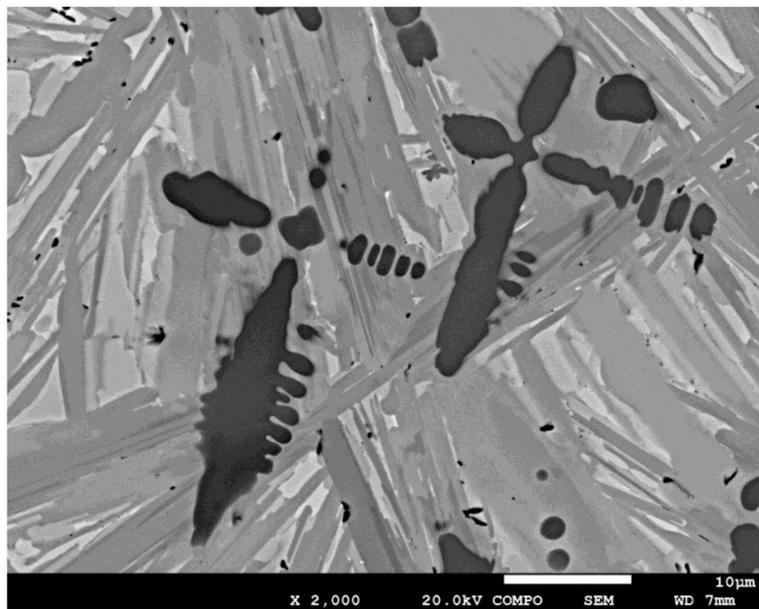


图4