



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103567661 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310526242. X

(22) 申请日 2013. 10. 30

(71) 申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

(72) 发明人 张敏 吴伟刚 史倩茹 井强

汪强 褚巧玲 李继红

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 李娜

(51) Int. Cl.

B23K 35/30 (2006. 01)

B23K 35/40 (2006. 01)

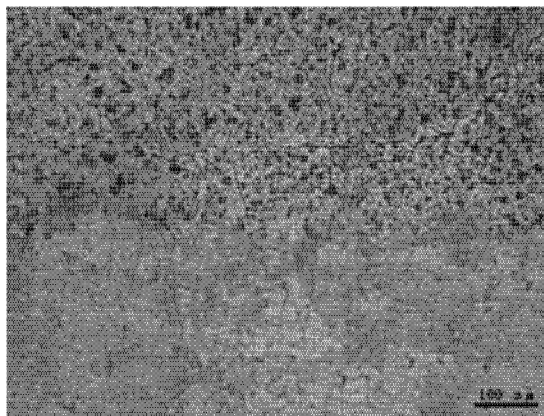
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料及其制备方法

(57) 摘要

钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料及其制备方法,按重量百分比包括以下组分:Mn3.15-3.35%,Cr18-27%,Cu0.01-0.015%,Ti0.35-0.55%,Co0.03-0.04%,Nb1.8-2.0%,Ta0.2-0.6%, $C \leq 0.02\%$ , $Si \leq 0.025\%$ , $P \leq 0.002\%$ , $S \leq 0.002\%$ , $Fe \leq 0.75\%$ ,余量为Ni,上述组分重量百分比之和为100%。本发明焊接材料直径小,采用手工钨极氩弧焊或熔化极氩弧焊焊接可将钛-钢复合板钛层与钢层焊缝组织有效的连接在一起,实现钛-钢复合板的熔焊对接,焊接接头具有优良的强韧性;其制备方法简单,成本低,便于批量生产。



1. 钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,其特征在于,按重量百分比包括以下组分: Mn3.15-3.35%, Cr18-27%, Cu0.01-0.015%, Ti0.35-0.55%, Co0.03-0.04%, Nb1.8-2.0%, Ta0.2-0.6%,  $C \leq 0.02\%$ ,  $Si \leq 0.025\%$ ,  $P \leq 0.002\%$ ,  $S \leq 0.002\%$ ,  $Fe \leq 0.75\%$ , 余量为 Ni, 上述组分重量百分比之和为 100%。

2. 钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法,其特征在于,具体操作步骤如下:

#### 步骤 1, 熔炼

按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末: Mn3.15-3.35%, Cr18-27%, Cu0.01-0.015%, Ti0.35-0.55%, Co0.03-0.04%, Nb1.8-2.0%, Ta0.2-0.6%, 余量为 Ni, 将上述称取的 Ni、Cr、Nb、Ta 粉末放入真空感应炉内的 MgO 坩埚内进行熔化, Cr、Nb、Ta 粉末放在镍粉中心, 等炉内金属粉末完全熔化成钢液后进行精炼, 然后将钢液温度降至 1540°C, 充入氩气使炉内达到 300-380mmHg, 再将称取的 Mn、Cu、Ti、Co 粉末依次加入钢液中, 搅拌 2min 后出钢, 浇注到铸锭模中, 浇注完毕后将铸锭模在真空室保存 30min, 然后取出铸锭并冷却至室温, 在熔炼过程中其余组分含量控制为:  $C \leq 0.02\%$ ,  $Si \leq 0.025\%$ ,  $P \leq 0.002\%$ ,  $S \leq 0.002\%$ ,  $Fe \leq 0.75\%$ ;

#### 步骤 2, 拔丝

采用空气锤在 1100-1150°C 下将步骤 1 得到的铸锭锻造成 50mm×50mm 的方坯料, 再在 1100-1150°C 下采用 200 型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成  $\Phi 6.5\text{mm}-\Phi 7.0\text{mm}$  盘条; 将盘条经过机械剥壳、酸洗、烘干、热处理后逐级拉拔, 最终形成  $\Phi 1.2\text{mm}-\Phi 2.0\text{mm}$  的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

3. 根据权利要求 2 所述的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法, 其特征在于, 步骤 1 中精炼温度为 1550°C, 精炼时间为 20min。

4. 根据权利要求 2 所述的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法, 其特征在于, 步骤 1 中钢液的出钢温度为 1540°C, 浇注过程中要使炉内钢液温度保持在 1540°C, 同时注意钢液表面平静, 浇注均匀。

5. 根据权利要求 2 所述的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法, 其特征在于, 步骤 2 中酸洗时使用的酸洗溶液为体积分数为 20% 硫酸、10% 硝酸和 5% 盐酸配制成的水溶液; 烘干温度为 200°C, 烘干时间为 1h; 热处理温度为 880-980°C, 时间为 1.5h。

## 钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料及其制备方法

### 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-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,本发明还涉及该焊接材料的制备方法。

### 背景技术

[0002] 钛-钢爆炸轧制复合板是一种新型双金属结构复合材料,其集钛、钢优点于一身,既具有钛优良的耐腐蚀性,又具有钢的高强韧性。近年来该复合板在核心大型压力容器及油气运输管道上逐渐得到了重用,这不但解决了单一钢材易被腐蚀的问题,还解决了用单一耐腐蚀材料成本过高的难题。然而,由于钛、铁元素物理、化学特性差异较大,若直接熔焊连接极易在焊缝生成高脆性金属间化合物,致使复合板焊接接头强韧性较低,严重阻碍了其广泛应用。目前,钛-钢复合板的对接均采用加盖板的钛、钢互不相溶的焊接方式,该焊接方法工艺复杂,难以实现工程化应用,至今尚未见其熔焊对接焊接材料方面的报道。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,解决了目前没有熔焊对接钛-钢复合板的焊接材料的问题。

[0004] 本发明的另一目的是提供上述钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,按重量百分比包括以下组分:Mn3.15-3.35%,Cr18-27%,Cu0.01-0.015%,Ti0.35-0.55%,Co0.03-0.04%,Nb1.8-2.0%,Ta0.2-0.6%, $C \leq 0.02\%$ , $Si \leq 0.025\%$ , $P \leq 0.002\%$ , $S \leq 0.002\%$ , $Fe \leq 0.75\%$ ,余量为Ni,上述组分重量百分比之和为100%。

[0006] 本发明所采用的另一个技术方案是,钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法,具体操作步骤如下:

[0007] 步骤1,熔炼

[0008] 按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末:Mn3.15-3.35%,Cr18-27%,Cu0.01-0.015%,Ti0.35-0.55%,Co0.03-0.04%,Nb1.8-2.0%,Ta0.2-0.6%,余量为Ni,将上述称取的Ni、Cr、Nb、Ta粉末放入真空感应炉内的MgO坩埚内进行熔化,Cr、Nb、Ta粉末放在镍粉中心,等炉内金属粉末完全熔化成钢液后进行精炼,然后将钢液温度降至1540℃,充入氩气使炉内达到300-380mmHg,再将称取的Mn、Cu、Ti、Co粉末依次加入钢液中,搅拌2min后出钢,浇注到铸锭模中,浇注完毕后将铸锭模在真空室保存30min,然后取出铸锭并冷却至室温,在熔炼过程中其余组分含量控制为: $C \leq 0.02\%$ , $Si \leq 0.025\%$ , $P \leq 0.002\%$ , $S \leq 0.002\%$ , $Fe \leq 0.75\%$ ;

[0009] 步骤2,拔丝

[0010] 采用空气锤在1100-1150℃下将步骤1得到的铸锭锻造成50mm×50mm的方坯料,再在1100-1150℃下采用200型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成Φ6.5mm-Φ7.0mm盘条;

将盘条经过机械剥壳、酸洗、烘干、热处理后逐级拉拔,最终形成  $\Phi 1.2\text{mm}-\Phi 2.0\text{mm}$  的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0011] 本发明的特点还在于,

[0012] 步骤 1 中精炼温度为  $1550^{\circ}\text{C}$ ,精炼时间为 20min。

[0013] 步骤 1 中钢液的出钢温度为  $1540^{\circ}\text{C}$ ,浇注过程中要使炉内钢液温度保持在  $1540^{\circ}\text{C}$ ,同时注意钢液表面平静,浇注均匀。

[0014] 步骤 2 中酸洗时使用的酸洗溶液为体积分数为 20% 硫酸、10% 硝酸和 5% 盐酸配制成的水溶液;烘干温度为  $200^{\circ}\text{C}$ ,烘干时间为 1h;热处理温度为  $880-980^{\circ}\text{C}$ ,时间为 1.5h。

[0015] 本发明的有益效果是,

[0016] 1. 本发明钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,直径小,采用手工钨极氩弧焊焊接或熔化极氩弧焊焊接可将钛-钢复合板钛层与钢层焊缝组织有效的连接在一起,实现钛-钢复合板的熔焊对接。

[0017] 2. 本发明钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,通过在钛-钢复合板上开 V 形坡口,先用钛焊丝焊接钛层,再用本发明的焊接材料焊接过渡层,最后用钢焊丝焊接钢层,所得焊接接头具有优良的强韧性;且本发明焊接材料的制备方法简单,成本较低,便于进行大规模批量生产。

#### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明实施例 1 钛层与过渡层熔敷金属金相图;

[0019] 图 2 是本发明实施例 1 过渡层与钢层熔敷金属金相图;

[0020] 图 3 是本发明实施例 4 钛层与过渡层熔敷金属金相图;

[0021] 图 4 是本发明实施例 4 过渡层与钢层熔敷金属金相图。

#### 具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0023] 本发明钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料,按重量百分比包括以下组分: Mn3.15-3.35%, Cr18-27%, Cu0.01-0.015%, Ti0.35-0.55%, Co0.03-0.04%, Nb1.8-2.0%, Ta0.2-0.6%, C $\leq$ 0.02%, Si $\leq$ 0.025%, P $\leq$ 0.002%, S $\leq$ 0.002%, Fe $\leq$ 0.75%, 余量为 Ni, 上述组分重量百分比之和为 100%。

[0024] 上述钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料的制备方法,具体操作步骤如下:

[0025] 步骤 1,熔炼

[0026] 按重量百分比分别称取以下纯金属粉末: Mn3.15-3.35%, Cr18-27%, Cu0.01-0.015%, Ti0.35-0.55%, Co0.03-0.04%, Nb1.8-2.0%, Ta0.2-0.6%, 余量为 Ni, 将上述称取的 Ni、Cr、Nb、Ta 粉末放入真空感应炉内的 MgO 坩埚内进行熔化, Cr、Nb、Ta 粉末放在镍粉中心,等炉内金属粉末完全熔化成钢液后在  $1550^{\circ}\text{C}$  下精炼 20min,然后将钢液温度降至  $1540^{\circ}\text{C}$ ,充入氩气使炉内达到 300-380mmHg,再将称取的 Mn、Cu、Ti、Co 依次加入钢液中,搅拌 2min 后出钢,出钢温度为  $1540^{\circ}\text{C}$ ,浇注到铸锭模中,浇注过程中要使钢液温度保持在  $1540^{\circ}\text{C}$ ,同时注意钢液表面平静,浇注均匀,浇注完毕后将铸锭模在真空室保存 30min,然后取出铸锭并冷却至室温,在熔炼过程中其余组分含量控制为: C $\leq$ 0.02%, Si $\leq$ 0.025%,

$P \leq 0.002\%$ ,  $S \leq 0.002\%$ ,  $Fe \leq 0.75\%$ ;

[0027] 步骤 2, 拔丝

[0028] 采用空气锤在 1100-1150℃ 下将步骤 1 得到的铸锭锻造成 50mm×50mm 的方坯料, 再在 1100-1150℃ 下采用 200 型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成  $\Phi 6.5\text{mm}-\Phi 7.0\text{mm}$  盘条; 将盘条经过机械剥壳, 酸洗, 在 200℃ 干燥 1h, 热处理(温度 880-980℃, 时间 1.5h)后逐级拉拔, 最终形成  $\Phi 1.2\text{mm}-\Phi 2.0\text{mm}$  的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0029] 本发明钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料, 直径小, 采用手工钨极氩弧焊焊接或熔化极氩弧焊焊接可将钛-钢复合板钛层与钢层焊缝组织有效的连接在一起, 实现钛-钢复合板的熔焊对接。

[0030] 本发明钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料, 通过在钛-钢复合板上开 V 形坡口, 先用钛焊丝焊接钛层, 再用本发明的焊接材料焊接过渡层, 最后用钢焊丝焊接钢层, 所得焊接接头具有优良的强韧性; 且本发明焊接材料的制备方法简单, 成本较低, 便于进行大规模批量生产。

[0031] 实施例 1

[0032] 步骤 1, 熔炼

[0033] 按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末: Mn3.15%, Cr18%, Cu0.01%, Ti0.35%, Co0.035%, Nb2.0%, Ta0.6%, 余量为 Ni; 将上述称取的 Ni、Cr、Nb、Ta 粉末放入真空感应熔炼炉内的 MgO 坩埚内进行熔化, Cr、Nb、Ta 粉末放在镍粉中心; 等炉内金属粉末完全熔化成钢液后在 1550℃ 下精炼 20min, 然后将钢液温度降至 1540℃, 充入氩气使炉内达到 300mmHg, 再将称取的 Mn、Cu、Ti、Co 粉末依次加入钢液中, 搅拌 2min 后出钢, 出钢温度为 1540℃, 浇注到铸锭模中, 浇注过程中要使钢液温度保持在 1540℃, 同时注意钢液表面平静, 浇注均匀, 浇注完毕后将铸锭模在真空室保存 30min, 然后取出铸锭并冷却至室温, 在熔炼过程中其余组分含量控制为:  $C \leq 0.02\%$ ,  $Si \leq 0.025\%$ ,  $P \leq 0.002\%$ ,  $S \leq 0.002\%$ ,  $Fe \leq 0.75\%$ ;

[0034] 步骤 2, 拉丝

[0035] 采用双臂式电动空气锤(750Kg) 在 1100℃ 下将步骤 1 得到的铸锭锻造成 50mm×50mm 的方坯料, 再在 1100℃ 下采用 200 型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成  $\Phi 6.5\text{mm}$  盘条; 将盘条经过机械剥壳、酸洗、在 200℃ 干燥 1h, 热处理(温度 920℃, 时间 1.5h)后逐级拉拔, 最终形成  $\Phi 1.2\text{mm}$  的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0036] 用实施例 1 制备得到的焊接材料配合钛层焊接材料(TC4 钛丝)及钢层焊接材料(低碳钢气保焊丝)焊接钛-钢(TA1-Q235)复合板, 焊接工艺为: 复合板开单 V 形坡口(钢层在上、钛层在下), 坡口角度为 60°, 先焊钛层, 后焊钢层; 钛层采用手工钨极氩弧焊, 过渡层采用熔化极氩弧焊, 焊接电流分别为: 80-100A、90-120A, 保护气体为 99.99% 的高纯氩气, 钢层采用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊, 焊接电流为 160-180A。

[0037] 经测试, 实施例 1 制备的焊接材料的焊接接头力学性能为: 抗拉强度 482MPa, 屈服强度 380MPa, 断后延伸率 11%, 断面收缩率 35%, 室温冲击功 35J。

[0038] 由图 1 可知, TA1 与本发明焊接材料组织结合良好, 无明显界面, 两侧焊缝均呈现等轴晶组织, TA1 侧焊缝等轴晶尺寸稍大于过渡层焊缝的等轴晶尺寸, 大小不相同的等轴晶相互结合在一起; 由图 2 可知, 过渡层与 Q235 钢层组织以小块状或片状结合在一起, 过渡层组织逐渐由靠近 TA1 侧的等轴晶变为细小的块状铁素体及少量奥氏体, Q235 钢层焊缝主要

为块状珠光体和条状铁素体。

[0039] 实施例 2

[0040] 步骤 1, 熔炼

[0041] 按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末 :Mn3.20%, Cr21%, Cu0.012%, Ti0.35%, Co0.03%, Nb1.95%, Ta0.5%, 余量为 Ni, 将上述称取的 Ni、Cr、Nb、Ta 粉末放入真空感应熔炼炉内的 MgO 坩埚内进行熔化, Cr、Nb、Ta 粉末放在镍粉末中心 ; 等炉内金属完全熔化成钢液后在 1550℃ 下精炼 20min, 然后将钢液温度降至 1540℃, 充入氩气使炉内达到 350mmHg, 再将称取的 Mn、Cu、Ti、Co 粉末依次加入钢液中, 搅拌 2min 后出钢, 出钢温度为 1540℃, 浇注到铸锭模中, 浇注过程中要使钢液温度保持在 1540℃, 同时注意钢液表面平静, 浇注均匀, 浇注完毕后将铸锭模在真空室保存 30min, 然后取出铸锭并冷却至室温, 在熔炼过程中其余组分含量控制为 :C ≤ 0.02%, Si ≤ 0.025%, P ≤ 0.002%, S ≤ 0.002%, Fe ≤ 0.75% ;

[0042] 步骤 2, 拉丝

[0043] 采用双臂式电动空气锤(750Kg) 在 1125℃ 下将步骤 1 得到的铸锭锻造成 50mm×50mm 的方坯料, 再在 1125℃ 下采用 200 型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成 Φ6.6mm 盘条 ; 将盘条经过机械剥壳、酸洗、在 200℃ 干燥 1h, 热处理(温度 980℃, 时间 1.5h) 后逐级拉拔, 最终形成 Φ1.5mm 的钛 - 钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0044] 用实施例 2 制备的焊接材料配合钛层焊接材料(TC4 钛丝) 及钢层焊接材料(低碳钢气保焊丝)焊接钛 - 钢(TA1-Q235)复合板, 焊接工艺为 : 复合板开单 V 形坡口(钢层在上、钛层在下), 坡口角度为 60°, 先焊钛层, 后焊钢层 ; 钛层采用手工钨极氩弧焊, 过渡层采用熔化极氩弧焊, 焊接电流分别为 :80-100A、100-130A, 保护气体为 99.99% 的高纯氩气, 钢层采用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊, 焊接电流为 160-180A。

[0045] 经测试, 实施例 2 制备的焊接材料的焊接接头力学性能为 : 抗拉强度 487MPa, 屈服强度 388MPa, 断后延伸率 10%, 断面收缩率 32%, 室温冲击功 32J。

[0046] 实施例 3

[0047] 步骤 1, 熔炼

[0048] 按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末 :Mn3.25%, Cr24%, Cu0.015%, Ti0.45%, Co0.04%, Nb1.85%, Ta0.3%, 余量为 Ni, 将上述称取的 Ni、Cr、Nb、Ta 粉末放入真空感应熔炼炉内的 MgO 坩埚内进行熔化, Cr、Nb、Ta 粉末放在镍粉中心 ; 等炉内金属粉末完全熔化成钢液后在 1550℃ 下精炼 20min, 然后将钢液温度降至 1540℃, 充入氩气使炉内达到 380mmHg, 再将称取的 Mn、Cu、Ti、Co 粉末依次加入钢液中, 搅拌 2min 后出钢, 出钢温度为 1540℃, 浇注到铸锭模中, 浇注过程中要使钢液温度保持在 1540℃, 同时注意钢液表面平静, 浇注均匀, 浇注完毕后将铸锭模在真空室保存 30min, 然后取出铸锭并冷却至室温, 在熔炼过程中其余组分含量控制为 :C ≤ 0.02%, Si ≤ 0.025%, P ≤ 0.002%, S ≤ 0.002%, Fe ≤ 0.75% ;

[0049] 步骤 2, 拉丝

[0050] 采用双臂式电动空气锤(750Kg) 在 1150℃ 下将步骤 1 得到的铸锭先锻造成 50mm×50mm 的方坯料, 再在 1150℃ 下采用 200 型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成 Φ6.8mm 盘条 ; 将盘条经过机械剥壳、酸洗、在 200℃ 干燥 1h, 热处理(温度 880℃, 时间 1.5h) 后逐级拉拔, 最终形成 Φ1.8mm 的钛 - 钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0051] 用实施例 3 制备的焊接材料, 配合钛层焊接材料(TC4 钛丝)及钢层焊接材料(低碳

钢气保焊丝)焊接钛-钢(TA1-Q235)复合板,焊接工艺为:复合板开单V形坡口(钢层在上、钛层在下),坡口角度为 $60^{\circ}$ ,先焊钛层,后焊钢层;钛层与过渡层均采用手工钨极氩弧焊,焊接电流分别为:80-100A、90-120A,保护气体为99.99%的高纯氩气,钢层采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊,焊接电流为160-180A。

[0052] 经测试,实施例3制备的焊接材料的焊接接头力学性能为:抗拉强度485MPa,屈服强度383MPa,断后延伸率10.5%,断面收缩率33%,室温冲击功33J。

[0053] 实施例4

[0054] 步骤1,熔炼

[0055] 按照重量百分比分别称取以下纯金属粉末:Mn3.35%,Cr27%,Cu0.015%,Ti0.55%,Co0.04%,Nb1.80%,Ta0.2%,余量为Ni,将上述称取的Ni、Cr、Nb、Ta粉末放入真空感应熔炼炉内的MgO坩埚内进行熔化,Cr、Nb、Ta粉末放在镍粉中心;等炉内金属粉末完全熔化成钢液后在 $1550^{\circ}\text{C}$ 下精炼20min,然后将钢液温度降至 $1540^{\circ}\text{C}$ ,充入氩气使炉内达到360mmHg,再将称取的Mn、Cu、Ti、Co粉末依次加入钢液中,搅拌2min后出钢,出钢温度为 $1540^{\circ}\text{C}$ ,浇注到铸锭模中,浇注过程中要使钢液温度保持在 $1540^{\circ}\text{C}$ ,同时注意钢液表面平静,浇注均匀,浇注完毕后将铸锭模在真空室保存30min,然后取出铸锭并冷却至室温,在熔炼过程中其余组分含量控制为: $\text{C} \leq 0.02\%$ , $\text{Si} \leq 0.025\%$ , $\text{P} \leq 0.002\%$ , $\text{S} \leq 0.002\%$ , $\text{Fe} \leq 0.75\%$ ;

[0056] 步骤2,拉丝

[0057] 采用双臂式电动空气锤(750Kg)在 $1150^{\circ}\text{C}$ 下将步骤1得到的铸锭锻造成 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的方坯料,再在 $1150^{\circ}\text{C}$ 下采用200型五架横列三辊式轧机将坯料轧制成 $\Phi 7.0\text{mm}$ 盘条;将盘条经过机械剥壳、酸洗、在 $200^{\circ}\text{C}$ 干燥1h,热处理(温度 $950^{\circ}\text{C}$ ,时间1.5h)后逐级拉拔,最终形成 $\Phi 2.0\text{mm}$ 的钛-钢复合板熔焊对接过渡层用焊接材料。

[0058] 用实施例4制备的焊接材料,配合钛层焊接材料(TC4钛丝)及钢层焊接材料(低碳钢气保焊丝)焊接钛-钢(TA1-Q235)复合板,焊接工艺为:复合板开单V形坡口(钢层在上、钛层在下),坡口角度为 $60^{\circ}$ ,先焊钛层,后焊钢层;钛层与过渡层均采用手工钨极氩弧焊,焊接电流分别为:80-100A、100-130A,保护气体为99.99%的高纯氩气,钢层采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊,焊接电流为160-180A。

[0059] 经测试,实施例4制备的焊接材料的焊接接头力学性能为:抗拉强度490MPa,屈服强度385MPa,断后延伸率9.5%,断面收缩率31%,室温冲击功31J。

[0060] 由图3可知,TA1与本发明焊接材料组织以大小不一、形貌各异的等轴晶相互连接,TA1侧焊缝组织多为不规则的多边形或条状等轴晶,过渡层焊缝组织多为不规则的多边形晶粒,且晶粒界面较为模糊;由图4可知,过渡层与Q235钢层组织以小块状或片状结合在一起,过渡层组织逐渐由靠近TA1侧的等轴晶变为细小的块状铁素体及少量奥氏体,Q235钢层焊缝主要为块状珠光体和条状铁素体。

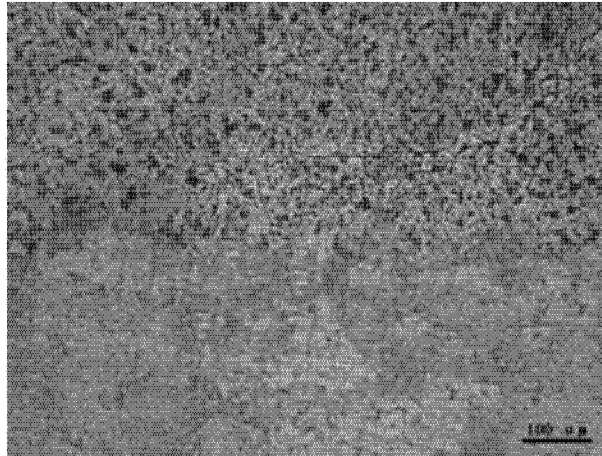


图 1

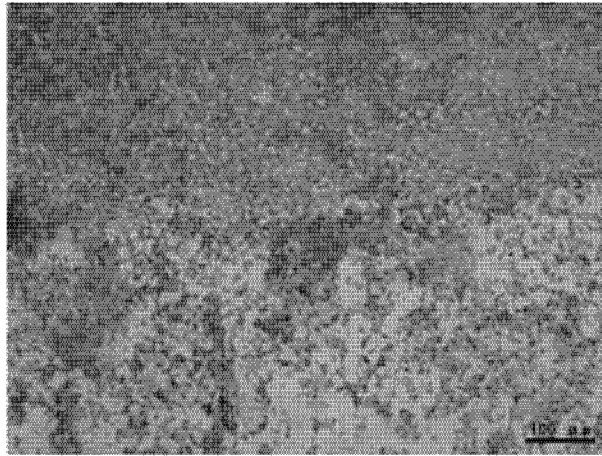


图 2

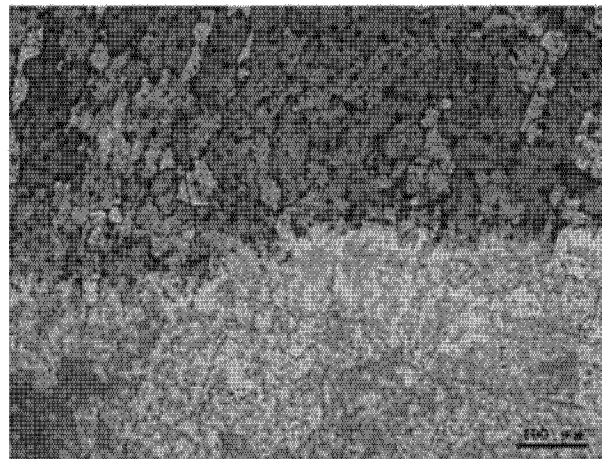


图 3



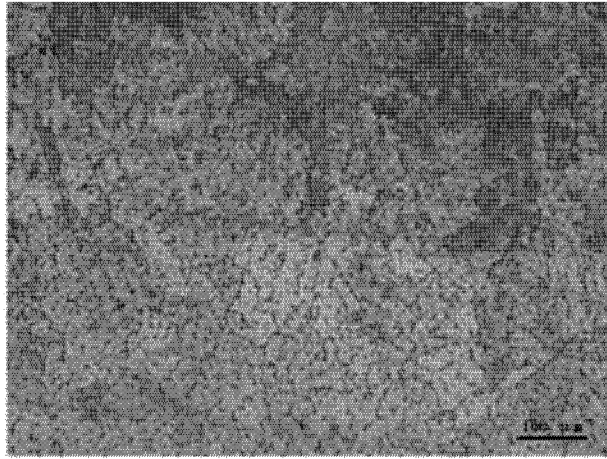


图 4