



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103567654 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 12

(21) 申请号 201310479155. 3

(22) 申请日 2013. 10. 12

(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 徐锦锋 翟秋亚

(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 35/24 (2006. 01)

B23K 9/18 (2006. 01)

B23K 9/167 (2006. 01)

B23K 9/235 (2006. 01)

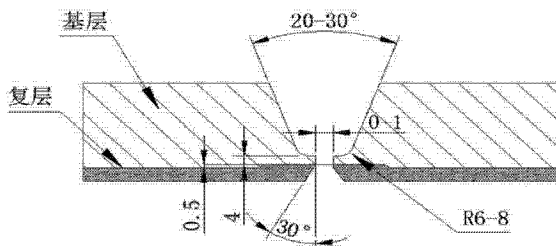
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于钛-钢复合板的焊接材料及焊接方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于焊接钛-钢复合板的高熵合金焊丝,由以下组分按原子百分比组成: Ti 为 8~12%, Fe 为 15~18%, Be 为 30~33%, Ni 为 20~24%, Cu 为 20~24%, 合计为 100%。本发明还公开了利用该高熵合金焊丝焊接钛与钢复合板的方法。该高熵合金焊丝具有优良的强度、韧性及耐蚀性能,不易形成脆性金属间化合物相,易于获得高性能的钛与钢复合板材的焊接结构钢基层,该焊接方法无需对复合板进行复合层剥离工序,焊前处理大大简化;采用 TIG 焊一次完成钛-钢复合板的钢基层和钛复层的焊接。焊缝过渡区无裂纹;焊接头的抗拉强度较高。



1. 一种用于焊接钛-钢复合板的高熵合金焊丝,其特点在于:由以下组分按原子百分比组成:Ti 为 8~12%,Fe 为 15~18%,Be 为 30~33%,Ni 为 20~24%,Cu 为 20~24%,合计为 100%。

2. 一种利用权利要求 1 的高熵合金焊丝焊接钛-钢复合板的方法,其特点在于,按照以下步骤实施:

步骤 1、焊接复合板的钢基层

采取复合板基层处采用加焊条的打底焊,打底焊时应用与点固焊相同的电焊条,但打底焊采用更细的焊条,直流反接极,采用小线能量的焊接参数;应用埋弧焊填满复合板钢基层侧的坡口;

步骤 2、清除焊缝根部的氧化金属和焊渣;

步骤 3、利用权利要求 1 所述的高熵合金焊丝,采用 TIG 焊完成钛与钢复合板的钢基层和钛复层的焊接。

3. 根据权利要求 1 所述的高熵合金焊丝焊接钛与钢复合板的方法,其特点在于:所述的步骤 3 中,焊接过程中的工艺参数为,Ar 气流量 8-10L/min,电弧电压 10-12V,焊接电流 140A,焊接速度 56.5mm/min。

用于钛 - 钢复合板的焊接材料及焊接方法

技术领域

[0001] 本发明属于焊接技术领域,涉及一种用于焊接钛 - 钢复合板的高熵合金焊丝,本发明还涉及利用该种高熵合金焊丝焊接钛 - 钢复合板的方法。

背景技术

[0002] 钛及其合金比强度高,耐蚀性能好,但因钛金属价格较高,限制了其进一步的发展应用。钛 - 钢复合板价格相当于钛材的 25 ~ 35%,同时兼具钛与钢的优良特性,是节约钛金属的很好途径,在提高材料利用率、减轻结构重量、提高制件耐腐蚀性、降低成本等方面具有明显的社会效应和经济效应,具有广阔的应用前景。利用钛 - 钢复合板生产出的设备性价比高,但其自身的结构复杂,其焊接施工难度远远大于钛 / 钛、钢 / 钢同质材料。

[0003] 目前,用于钛 - 钢复合板焊接的主要方法是氩弧焊,基层与复层的焊接过程使用的是同种材料焊接技术,而钢基层的焊接则是采用是异种材料的焊接技术。由于钛和钢的线膨胀系数、热导率等物理和化学性能存在较大差异,钢基层焊接过程中极易形成裂纹,焊缝形成大量硬脆的金属间化合物(TiFe、TiFe₂、NiTi、TiCr、TiC),接头强度较低。

[0004] 为了保障焊接的顺利进行,除了焊接钢基层施工过程中严格控制焊接方向以及顺序之外,还需要选择合适的超合金焊接材料,生产中往往出现因焊材选择不当而造成复合板的严重脆化。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种用于焊接钛 - 钢复合板的高熵合金焊丝,解决了现有焊接方法易形成硬脆的金属间化合物导致开裂,不易于获得高性能制件的问题。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种利用该种高熵合金焊丝焊接钛 - 钢复合板的方法。

[0007] 本发明采用的技术方案是,一种用于焊接钛 - 钢复合板的高熵合金焊丝,由以下组分按原子百分比组成:Ti 为 8 ~ 12%, Fe 为 15 ~ 18%, Be 为 30 ~ 33%, Ni 为 20 ~ 24%, Cu 为 20 ~ 24%,合计为 100%。

[0008] 本发明采用的另一技术方案是,一种利用上述的高熵合金焊丝焊接钛 - 钢复合板的方法,按照以下步骤实施:

[0009] 步骤 1、焊接复合板的钢基层

[0010] 采取复合板基层处采用加焊条的打底焊,打底焊时应用与点固焊相同的电焊条,但打底焊采用更细的 $\Phi 3.2\text{mm}$ 焊条,直流反接极,采用小线能量的焊接参数;应用埋弧焊填满复合板钢基层侧的坡口;

[0011] 步骤 2、采用机械方法清除焊缝根部的氧化金属和焊渣;

[0012] 步骤 3、利用权利要求 1 所述的高熵合金焊丝,采用 TIG 焊完成钛与钢复合板的钢基层和钛复层的焊接。

[0013] 本发明的有益效果是,该高熵合金焊丝具有优良的强度、韧性及耐蚀性能,不易形

成脆性金属间化合物相,易于获得高性能的钛与钢复合板材的焊接结构钢基层,该焊接方法无需对复合板进行复合层剥离工序,焊前处理大大简化。采用 TIG 焊一次完成钛-钢复合板的钢基层和钛复层的焊接。焊缝过渡区无裂纹。焊接头的抗拉强度较高。该高熵合金焊丝的焊接操作工艺简单,方便高效,便于工程推广。

附图说明

[0014] 图 1 是本发明方法中的钛-钢复合板对接接头坡口结构示意图。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0016] 本发明用于焊接钛-钢复合板的高熵合金焊丝,由以下组分按原子百分比组成: Ti 为 8~12%, Fe 为 15~18%, Be 为 30~33%, Ni 为 20~24%, Cu 为 20~24%, 合计为 100%。该高熵合金焊丝又称高熵中间层合金,该高熵合金焊丝焊后所形成的焊缝金属亦为高熵合金,只是焊缝中的 Ti、Fe 含量显著高于高熵中间层合金初始值,该高熵中间层合金形成的焊缝基本上消除了脆性金属间化合物,接头性能较高。

[0017] 本发明的高熵合金焊丝成分中,各化学元素的组成及含量限定理由是:

[0018] 为了提高钛与钢复合板焊接接头的综合力学性能,高熵中间层合金的主元选择 Ti-Fe-Be-Ni-Cu 五主元系合金。主要原因有二点:①焊接过程中母材熔化并向中间层熔化形成的液态熔池中的溶解不可避免,为预防焊缝产生脆性金属间化合物起见,中间层须含有 Ti、Fe、Ni、Cu 等主元;②通过在合金中添加 Be 元素,形成高熵合金,改善焊缝与钛母材的熔合性。

[0019] 本发明利用该种高熵合金焊丝焊接钛-钢复合板的方法,参照图 1,该方法的操作工艺要点是:在焊接过程中首先是焊接接头的设置,根据结构要求及施工现场环境,焊接接口结构是:在加工坡口时,需要将进刀量控制的尽可能小,并严禁使用油或乳冷却液冷却,始终保持坡口表面光洁。坡口加工好之后,该法不需要像常规焊接复合板所必须的繁杂的复合层剥离工序,焊前处理大大简化,焊接效果良好。

[0020] 焊前是否需要复合板的待焊区实施预热及预热温度的高低,主要取决于基层钢板的材质、厚度及接头拘束度,与现用常规焊法操作相同。

[0021] 图 1 中的各个尺寸的数值是行业规范,受加工刀具所限,一般为定值。比如,基层坡口的扩口角度为 20-30°,基层坡口的底口开度为 0-1mm,基层坡口的底部圆角为 R6-8,基层坡口的底端厚度为 4mm,复层伸进(或嵌进)基层的深度为 0.5mm,复层对应底口的斜面角度为 30°。

[0022] 按照图 1 所示的焊接接头形式组装焊件,同时采用手弧焊于基层钢板的坡口的最低处点焊固定。点焊固定时选用与基层钢板强度相匹配的碱性焊条,焊条直径 $\Phi 4\text{mm}$,焊接电流 140~160A,直流焊机,反接极。点焊固定焊缝的长度及间隔尺寸应根据具体焊接结构的刚度大小而定。

[0023] 本发明利用该种高熵合金焊丝焊接钛-钢复合板的方法,按照以下步骤实施:

[0024] 步骤 1、焊接复合板的钢基层

[0025] 采取复合板基层处采用加焊条的打底焊,打底焊时应用与点固焊相同的电焊条,

但打底焊采用更细的 $\Phi 3.2\text{mm}$ 焊条,直流反接极,采用小线能量的焊接参数;应用埋弧焊填满复合板钢基层侧的坡口。

[0026] 步骤 2、采用机械方法(砂轮或风铲)清除焊缝根部的氧化金属和焊渣。注意,不能使用碳弧气刨清理焊根。

[0027] 步骤 3、利用本发明 $\Phi 1.2\text{mm}$ 高熵合金焊丝,采用 TIG 焊完成钛与钢复合板的钢基层和钛复层的焊接。焊接过程中的工艺参数为:Ar 气流量 8-10L/min,电弧电压 10-12V,焊接电流 140A,焊接速度 56.5mm/min。

[0028] 焊接时注意调节母材的熔化量,调整焊丝的干伸出长度,以控制焊丝的熔化速度,把焊缝成分控制在形成高熵合金的有效成分范围。

[0029] 在焊接钛复层的过程中,可适当结合加热减应区操作手法,以确保钢基层不开裂,实现钛-钢复合板的成功焊接。

[0030] 表 1 中列举了本发明的高熵合金焊丝实施例 1~3 中各组分的具体含量。

[0031] 表 1 高熵合金焊丝实施例 1~3 中的各组分含量表

[0032]

[0033]

组分含量 (at%)	Ti (8~12)	Fe (15~18)	Cu (20~24)	Ni (20~24)	Be (30~33)
实施例 1	8	18	22	21	31
实施例 2	10	16	20	20	32
实施例 3	11	15	20	21	33

[0034] 利用本发明实施例 1~3 得到的焊丝进行 TA2/0Cr18Ni9Ti 的焊接,实施焊接后获得的焊缝中的最终合金的各主元含量参照表 2。

[0035] 表 2 利用实施例 1~3 焊丝最终获得的焊缝金属的各主元含量表

[0036]

焊缝主元含量(at%)	Ti	Fe	Cu	Ni	Be	Cr+C
实施例 1 的高熵合金焊缝	32	8	15	19	25	1
实施例 2 的高熵合金焊缝	30	6	16	20	27	1
实施例 3 的高熵合金焊缝	34	6	13	20	26	1

[0037] 实施例 1

[0038] 按照上述表 1 中组分含量得到的高熵合金焊丝,对 TA2/0Cr18Ni9Ti 进行 TIG 焊,获得上述表 2 中实施例 1 最终的高熵合金焊缝成分,焊缝过渡区无裂纹。TA2/0Cr18Ni9Ti TIG 焊接头的抗拉强度约 450Mpa。

[0039] 实施例 2

[0040] 按照上述表 1 中组分含量得到的高熵合金焊丝,对 TA2/0Cr18Ni9Ti 进行 TIG 焊,获得上述表 2 中实施例 2 最终的高熵合金焊缝成分,焊缝过渡区无裂纹。TA2/0Cr18Ni9Ti TIG 焊接头的抗拉强度约 462Mpa。

[0041] 实施例 3

[0042] 按照上述表 1 中组分含量得到的高熵合金焊丝,对 TA2/0Cr18Ni9Ti 进行 TIG 焊,获得上述表 2 中实施例 3 最终的高熵合金焊缝成分,焊缝过渡区无裂纹。TA2/0Cr18Ni9Ti TIG 焊接头的抗拉强度约 471Mpa。

[0043] 由此可见,本发明高熵合金焊丝具有优良的强度、韧性及耐蚀性能,不易形成脆性金属间化合物相,易于获得高性能的钛与钢复合板材的焊接结构钢基层,并且焊丝易于加工成型;该高熵合金焊丝的焊接操作工艺简单,方便高效,便于推广。

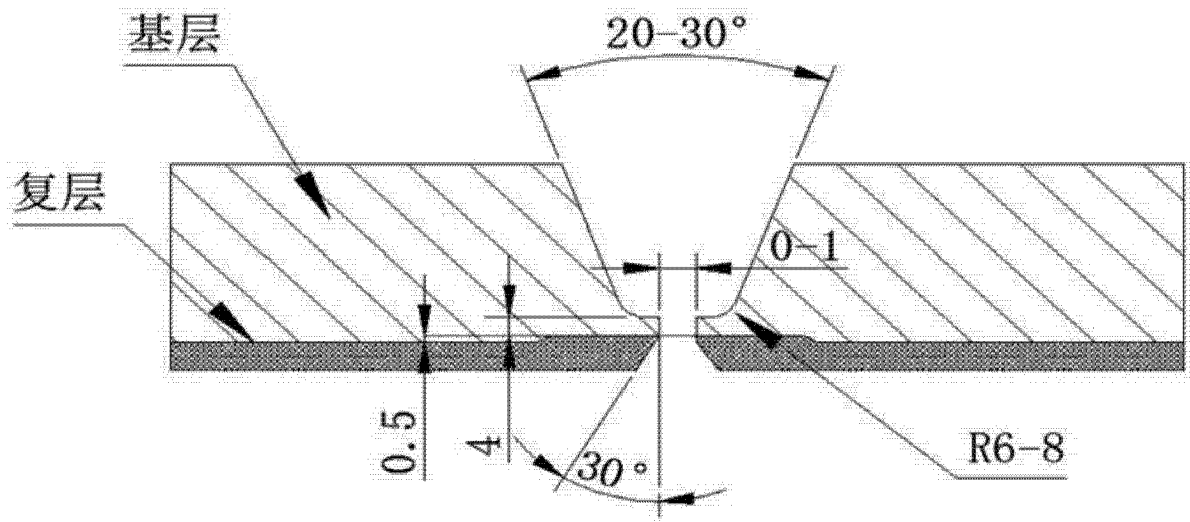


图 1