



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104476010 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201410787004. 9

(22) 申请日 2014. 12. 17

(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 翟秋亚 徐锦锋 侯光远

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 王奇

(51) Int. Cl.

B23K 35/30(2006. 01)

B23K 9/167(2006. 01)

B23K 9/235(2006. 01)

B23K 35/38(2006. 01)

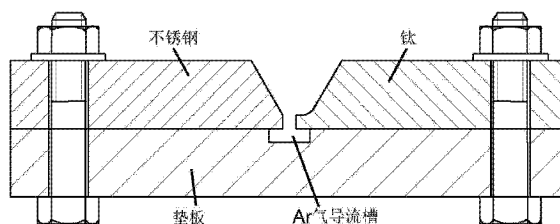
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝及应用

(57) 摘要

本发明公开了一种用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝, 由以下组分按原子百分比组成, 总的百分比为 100%, 其中 Ti 固定为 5%, Fe 为 5% - 10%, Cr 为 25% - 30%, Cu 为 25% - 35%, Ni 为 25% - 35%。本发明还公开了应用该高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法。本发明的焊接材料成本低, 制备简单, 焊接方法方便易行, 适应性广, 得到的钛与不锈钢焊接接头焊缝成形性好、无裂纹、强度高、韧性好。



1. 一种用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝,其特点在于:由以下组分按原子百分比组成,总的百分比为 100%,其中 Ti 固定为 5%,Fe 为 5% -10%,Cr 为 25% -30%,Cu 为 25% -35%,Ni 为 25% -35%。

2. 一种应用权利要求 1 所述的高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法,其特点在于,按照以下步骤实施:

步骤 1) 对钛 / 不锈钢的母材分别开坡口处理;

步骤 2) 清理、打磨坡口,去除两种母材表面的油污和杂质;

步骤 3) 在钛与不锈钢下表面安装垫板,垫板上表面横向设置有 Ar 气导流槽,将钛与不锈钢同时与垫板固定牢靠,并使得钛与不锈钢的缝隙位于垫板上表面的 Ar 气导流槽中心线正上方;

步骤 4) 对钛与不锈钢的坡口位置实施双面通 Ar 气保护,焊前预先通入氩气 3 ~ 5s;

步骤 5) 实施 TIG 焊;

步骤 6) 焊后继续通入 Ar 气 3-5s,再迅速松开固定设备及垫板,即成。

3. 根据权利要求 2 所述的高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法,其特点在于,所述的步骤 1) 中,钛与低碳钢焊接处坡口的总开口角度为 60°。

4. 根据权利要求 2 所述的高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法,其特点在于,所述的步骤 5) 中,工艺参数是:焊前将母材预热到 140-160℃,焊接电流为 65-80A,焊接速度 50-60mm/min。

用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝及应用

技术领域

[0001] 本发明属于焊接材料技术领域,涉及一种用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝,本发明还涉及应用该高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法。

背景技术

[0002] 重要化工容器、跨海大桥的桥柱及超大型浮式海洋结构的防腐蚀衬板,几乎都是采用钛包覆不锈钢的复合结构,制备钛 / 不锈钢复合结构件的关键是要解决钛与不锈钢的焊接问题。

[0003] 目前,用于焊接钛 / 不锈钢的主要方法是氩弧焊,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,焊接区极易形成裂纹,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] 欲从源头杜绝脆性金属间化合物产生,使用合适焊接材料是解决问题的关键,也是提高钛 / 钢焊接接头质量的根本出路。

[0005] 高熵合金突破了传统合金的设计模式,借助高熵效应,使合金的结构组织趋于单一 bcc 或 fcc 固溶体,可有效抑制金属间化合物的产生,为实现钛 / 钢的高性能熔接提供了全新的技术思路。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝,解决了现有技术中存在的钛与不锈钢直接熔焊时,焊缝中易形成大量脆性金属间化合物而导致开裂,强度较低的问题。

[0007] 本发明的另一目的是提供一种应用该高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法。

[0008] 本发明所采用的技术方案是,一种用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝,由以下组分按原子百分比组成,总的百分比为 100%,其中 Ti 固定为 5%,Fe 为 5% -10%,Cr 为 25% -30%,Cu 为 25% -35%,Ni 为 25% -35%。

[0009] 本发明采用的另一技术方案是,一种应用该高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法,按照以下步骤实施:

[0010] 步骤 1) 对钛 / 不锈钢的母材分别开坡口处理;

[0011] 步骤 2) 清理、打磨坡口,去除两种母材表面的油污和杂质;

[0012] 步骤 3) 在钛与不锈钢下表面安装垫板,垫板上表面横向设置有 Ar 气导流槽,将钛与不锈钢同时与垫板固定牢靠,并使得钛与不锈钢的缝隙位于垫板上表面的 Ar 气导流槽中心线正上方;

[0013] 步骤 4) 对钛与不锈钢的坡口位置实施双面通 Ar 气保护,焊前预先通入氩气 3 ~ 5s;

[0014] 步骤 5) 实施 TIG 焊;

[0015] 步骤 6) 焊后继续通入 Ar 气 3-5s,再迅速松开固定设备及垫板,即成。

[0016] 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相,易于获得高性能的钛 / 不锈钢焊接接头;使用该高熵合金焊丝的焊接工艺简单,不需事先在钛侧熔敷过渡层,焊接过程中无需频繁更换焊丝和变换焊接参数,方便高效,高熵合金成分范围宽泛,对不同牌号母材金属适应性好,便于推广。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明中钛与不锈钢焊接接头形式及坡口形状图;

[0018] 图 2 是本发明高熵合金焊丝在 TIG 焊过程中的焊接装配示意图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0020] 本发明的用于 TIG 焊钛 / 不锈钢的高熵合金焊丝,由以下组分按原子百分比组成,总的百分比为 100%,其中固定 Ti 为 5%,Fe 为 5% -10%,Cr 为 25% -30%,Cu 为 25% -35%,Ni 为 25% -5%。

[0021] 在本发明的高熵合金焊丝成分中,对各化学元素组成及含量限定理由分别叙述如下:

[0022] 为了提高钛 / 不锈钢焊接接头的综合力学性能,需要获得焊缝金属化学成分处在形成高熵合金的主元含量范围。针对待焊母材钛和不锈钢的成分特点,焊丝选择 Ti-Fe-Cr-Cu-Ni 五主元高熵合金。主要原因有三点:①焊接过程中母材的熔化以及近缝区母材向熔池中的溶解不可避免,为防止焊缝产生脆性金属间化合物,焊缝目标成分中须含有 Ti、Fe 主元,而且这两种元素在焊丝中的含量要低于其它主元;由于 Ti 元素在焊缝中的溶解能力大于 Fe,所以焊丝中 Ti 的含量较低,而 Fe 的含量则相对较高。② Cr 元素既可以与 Fe 无限固溶,又可以平衡不锈钢中的 Cr 元素。③ Cu 偏析于枝晶间,可提高接头塑性,Ni 与 Ti 和 Fe 均可无限固溶,可有效抑制脆性金属间化合物产生。这样,应用选择的焊丝经过焊接过程,形成的焊缝金属任然属于高熵合金范围,基本上消除了脆性金属间化合物,得到的接头性能较高。

[0023] 称取各高纯金属组分,将上述组分混匀在超真空电弧炉中进行熔配,制得母合金,应用金属纺绩技术,将得到的母合金重新熔化,经过纺绩轮的急冷快速凝固制备成高熵合金金焊丝。

[0024] 本发明应用该高熵合金焊丝对钛 / 不锈钢的 TIG 焊方法,按照以下步骤实施:

[0025] 步骤 1) 对钛 - 不锈钢的母材分别开坡口处理,图 1 所示实施例的钛与不锈钢焊接处坡口的总开口角度为 60° ,钛母材坡口的底端厚度为 1mm;

[0026] 步骤 2) 认真清理、打磨坡口,去除两种母材表面尤其是坡口区域的油污和杂质;

[0027] 步骤 3) 依照图 2 装配母材,在钛与不锈钢下表面安装垫板,垫板上表面横向设置有 Ar 气导流槽,将钛与不锈钢同时与垫板固定牢靠,钛 - 不锈钢的母材之间的缝隙为 1mm,并使得钛与不锈钢的缝隙位于垫板上表面的 Ar 气导流槽中心线正上方;

[0028] 步骤 4) 对钛与不锈钢的坡口位置实施双面通 Ar 气保护 (Ar 气纯度 $>99.9\%$),即下面在 Ar 气导流槽中通 Ar 气,上面在坡口上口位置通 Ar 气,焊前预先通入氩气 3 ~ 5s;

[0029] 步骤 5) 实施 TIG 焊,工艺参数是:焊前将母材预热到 140-160 $^{\circ}\text{C}$,Ar 气流量为

8-10L/min,焊接电流为 65-80A,焊接速度为 50-60mm/min;另外,在焊接过程中,控制电弧应略微偏向不锈钢一侧,使两侧母材熔化的更加均匀;

[0030] 步骤6) 焊后继续通入 Ar 气 3-5s,即在焊缝上下位置继续通 Ar 气,实现后滞保护,再迅速松开固定装置及垫板,防止焊缝产生应力裂纹,即成。

[0031] 实施例 1

[0032] 依照总的原子百分比为 100%,按照 Ti 为 5%、Fe 为 5%、Cr 为 30%、Cu 为 30%、Ni 为 30%选取各组分含量,并按照上述实施方式制备出直径为 1.2mm 的 Ti5Fe5Cr30Cu30Ni30 高熵合金焊丝。应用 TIG 焊对 5mm 厚的 TC4 钛与 1Cr18Ni9 不锈钢进行焊接,焊接方法如上所述,具体焊接工艺参数为:焊前将母材预热到 150℃,Ar 气流量 10L/min,焊接电流 70A,焊接速度 60mm/min,Ar 气后滞 4s。

[0033] 检测发现:焊缝金属融合性好,熔合区无裂纹,经金相组织观察,焊缝组织从中心到两侧母材熔合线呈现梯度层状分布,熔合线附近为致密的等轴晶和柱状晶,然后以树枝晶形式向焊缝中心生长,相结构由单一的 fcc 和 bcc 组成,获得焊接接头的抗拉强度为 220Mpa。

[0034] 实施例 2

[0035] 依照总的原子百分比为 100%,按照 Ti 为 5%、Fe 为 10%、Cr 为 25%、Cu 为 30%、Ni 为 30%的数据选取各组分含量,并按照上述实施方式制备出直径为 1.4mm 的 Ti5Fe10Cr25Cu30Ni30 高熵合金焊丝。应用 TIG 焊对 5mm 厚的 TB5 钛与 0Cr13 不锈钢进行焊接,焊接方法如上所述,具体焊接工艺参数为:焊前将母材预热到 150℃,Ar 气流量 9L/min,焊接电流 75A,焊接速度 60mm/min,Ar 气后滞 3s。

[0036] 检测发现:焊缝金属融合性好,接头饱满,无表面气孔、夹杂等缺陷,熔合区无裂纹,经金相组织观察,焊缝组织基本为致密的等轴晶和树枝晶,获得焊接接头的抗拉强度为 190Mpa。

[0037] 实施例 3

[0038] 依照总的原子百分比为 100%,按照 Ti 为 5%、Fe 为 8%、Cr 为 28%、Cu 为 29%、Ni 为 30%的数据选取各组分元素含量,并按照上述实施方式制备出直径为 1.2mm 的 Ti5Fe8Cr28Cu29Ni30 高熵合金焊丝。应用 TIG 焊对 5mm 厚的 TA2 钛与 0Cr13 不锈钢进行焊接,焊接方法如上所述,具体焊接工艺参数为:焊前将母材预热到 140℃,Ar 气流量 9L/min,焊接电流 70A,焊接速度 50mm/min,Ar 气后滞 4s。

[0039] 检测发现:焊缝金属融合性好,熔合区无裂纹、气孔和夹杂等缺陷,经金相组织观察,焊缝组织基本为致密的等轴晶和树枝晶,相结构为单一 fcc 固溶体,获得焊接接头的抗拉强度为 185Mpa。

[0040] 实施例 4

[0041] 依照总的原子百分比为 100%,按照 Ti 为 5%、Fe 为 6%、Cr 为 29%、Cu 为 25%、Ni 为 35%的数据选取各组分含量,并按照上述实施方式制备出直径为 1.2mm 的 Ti5Fe6Cr29Cu25Ni35 高熵合金焊丝。应用 TIG 焊对 5mm 厚的 TC4 钛与 0Cr13 不锈钢进行焊接,焊接方法如上所述,具体焊接工艺参数为:焊前将母材预热到 150℃,Ar 气流量 9L/min,焊接电流 65A,焊接速度 55mm/min,Ar 气后滞 4s。

[0042] 检测发现:焊缝金属融合性好,熔合区无裂纹,经金相组织观察,焊缝组织基本为

致密的等轴晶和树枝晶,获得焊接接头的抗拉强度为 185Mpa。

[0043] 实施例 5

[0044] 依照总的原子百分比为 100%,按照 Ti 为 5%、Fe 为 5%、Cr 为 25%、Cu 为 30%、Ni 为 35%的数据选取各组分含量,并按照上述实施方式制备出直径为 $\Phi 1.2\text{mm}$ 的 Ti5Fe8Cr28Cu29Ni30 高熵合金焊丝。应用 TIG 焊对 5mm 厚的 TA2 钛与 1Cr18Ni9 不锈钢进行焊接,焊接方法如上所述,具体焊接工艺参数为:焊前将母材预热到 160℃,Ar 气流量 9L/min,焊接电流 70A,焊接速度 60mm/min,Ar 气后滞 4s。

[0045] 检测发现:焊缝金属融合性好,熔合区无裂纹,经金相组织观察,焊缝组织基本为致密的等轴晶和树枝晶,获得焊接接头的抗拉强度约为 185Mpa。

[0046] 综上所述,本发明的高熵合金,应用真空电弧熔炼制作,成分配比宽泛,急冷快速凝固得到的高熵合金焊丝成分均匀,应用在 TIG 焊中施焊工艺简单,焊后的接缝性能符合要求。

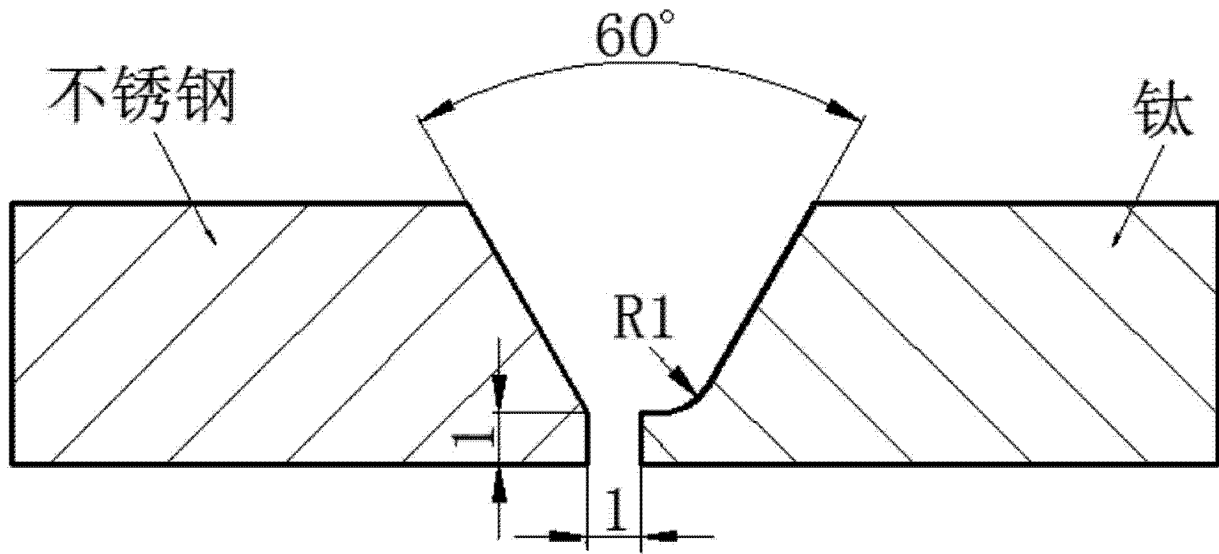


图 1

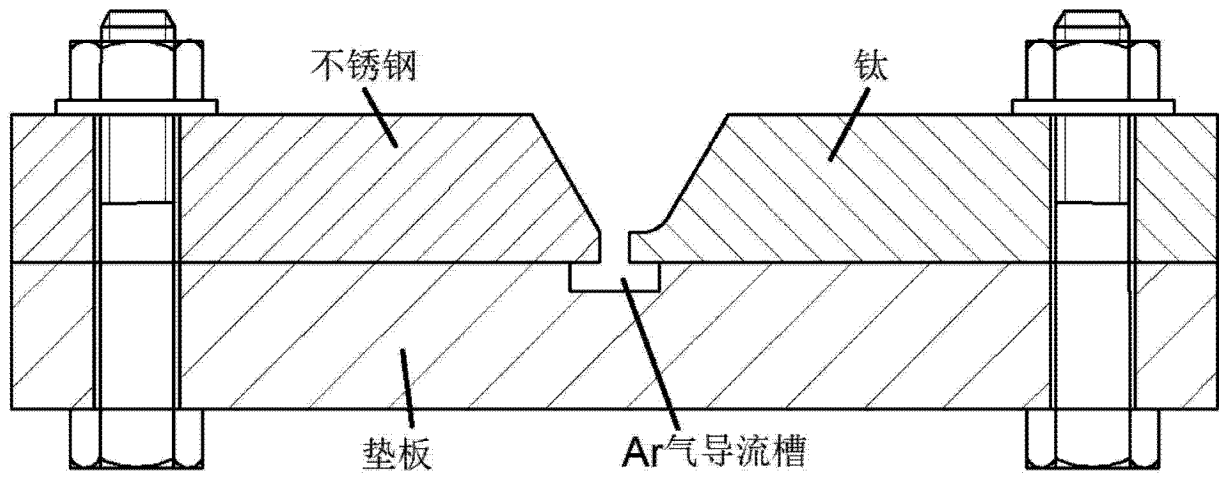


图 2