



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107999991 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201810056773.X

(22)申请日 2018.01.22

(71)申请人 太原理工大学

地址 030024 山西省太原市迎泽西大街79号

(72)发明人 董鹏 闫志峰 郭燕阳 张红霞
王勇 杨潇 王文先

(74)专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通合伙) 14100

代理人 朱源 武建云

(51)Int.Cl.

B23K 35/02(2006.01)

B23K 35/40(2006.01)

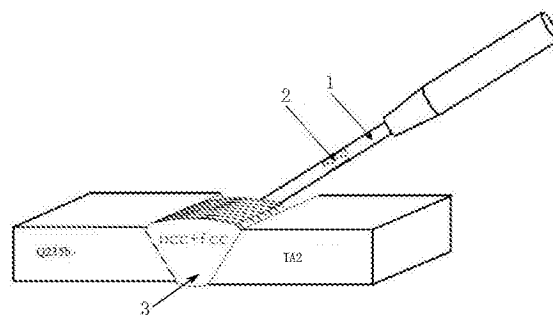
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝,药粉由以下组分按原子百分比配制,总的百分比是100%,其中Fe为5~15%,Ti为10%~20%,Co为18%~25%,Cr为20%~35%,Ni为21%~35%,Cu为5%~13%。外皮材料采用工业用高纯铜带。制备步骤包括:一、熔配母合金;二、应用真空气雾化制粉技术,制备雾化粉;三、采用药芯焊丝成型机组设备制成高熵药芯焊丝。利用本发明的高熵药芯焊丝进行钛-钢MIG焊接,获得了优质的钛-钢焊接接头,焊缝金属的化学成分处在高熵合金的主元范围内,实现了焊缝的高熵化。焊缝具有优良的强度和韧性,有效消除了脆性金属间化合物相,综合机械性能良好。



1. 一种用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝,包括药粉和外皮,其特征在于:药粉由以下组分按原子百分比配制,总的原子百分比是100%,其中Fe 5~15%,Ti 10%~20%,Co 20%~30%,Cr 18%~35%,Ni 20%~35%,Cu 5%~13%;

外皮材料采用工业用高纯铜带。

2. 根据权利要求1所述的用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝的制备方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤一、配置母合金

按原子百分比组成,总的原子百分比是100%,其中Fe为5~15%,Ti为10%~20%,Co为20%~30%,Cr为18%~35%,Ni为20%~35%,Cu为5%~13%;

将上述的原子百分比换算成质量百分比,按照质量百分比称量好各种高纯金属;将上述称量好的金属材料在球磨机中混匀,压实成坯料;将制成的坯料在真空电弧炉中进行熔配,制成母合金;

步骤二、应用真空气雾化制粉技术,制备出高熵雾化粉,粉末颗粒度控制在80~100目;

步骤三、采用药芯焊丝成型机组设备,制备成高熵药芯焊丝。

3. 根据权利要求2所述的用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝的制备方法,其特征在于:步骤二中,粉末颗粒度范围为85~95目。

4. 根据权利要求2所述的用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝的制备方法,其特征在于:制备得到如下四种不同规格的高熵药芯焊丝,具体的药粉配方如下:

(1)、焊丝 Φ 1.4,药粉配方:Fe 11.6%、Ti 14.1%、Co 21.9%、Cr 21.1%、Ni 20.2%、Cu 11.1%;

(2)、焊丝 Φ 1.6,药粉配方:Fe 11.4%、Ti 15.3%、Co 22.2%、Cr 21.4%、Ni 21.5%、Cu 8.2%;

(3)、焊丝 Φ 2.4,药粉配方:Fe 8.2%、Ti 16.8%、Co 23.2%、Cr 21.9%、Ni 21.6%、Cu 8.3%;

(4)、焊丝 Φ 3.2,药粉配方:Fe 6.0%、Ti 17.6%、Co 23.9%、Cr 22.1%、Ni 23.2%、Cu 7.2%。

用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于焊接技术领域,涉及一种用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝及其制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,由于能源问题和环境问题的日益严重,在飞机、汽车、火车、船舶等制造业以及能源、航空航天、国防等领域均提出了产品轻量化的迫切要求。钛和钛合金凭借其密度低、比强度高的优良性能,在产品轻量化的过程中扮演了重要的角色。钛-钢复合制件的重量相当于钢材的50~60%,又同时兼具有钛和钢的其它优良特性,在提高材料利用率和减轻结构重量,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益,具有良好的应用发展前景。但是,采用钛和钢的复合部件替代钢部件,也对钛-钢异种材料的焊接提出了严格的要求。

[0003] 目前,用于钛-钢异种材料焊接的主要方法是电阻焊、钎焊和熔化焊。电阻焊可以较好的控制两种材料间脆性层的厚度,是一种不错的钛-钢异种材料焊接方法。但是,电阻焊对材料的形状和厚度有特殊的要求,加工效率低,无法广泛应用于工业生产;钎焊由于易形成焊缝缺陷,焊接质量不高,广泛应用同样也受到限制;而熔化焊不仅可以实现钛-钢异种材料的高效连接,而且具有加工效率高,工艺灵活的特点。尤其以MIG焊最具代表性,MIG焊可以采用半自动或全自动焊接,应用范围广,具有突出的优点:1焊接质量好:焊接过程稳定,变形小,有良好的阴极破碎作用。2焊接生产率高:可采用大的电流密度焊接,母材熔深大,焊丝熔化速度快,自动化程度高。3保护效果好:由于采用惰性气体作保护气,不与熔池金属发生反应,有效避免了焊缝缺陷的产生。但是MIG焊也不可避免的会存在脆性金属间化合物层,导致接头性能不佳,限制了MIG焊的广泛使用。

发明内容

[0004] 本发明将药芯焊丝技术和高熵合金技术有机结合,得到了一种高熵药芯焊丝,目的是解决现有技术中,MIG焊焊丝直接熔焊钛-钢时,易形成脆性金属间化合物而导致焊接接头强度降低的问题。利用本发明的高熵药芯焊丝进行钛-钢MIG焊接,焊缝金属的化学成分处在高熵合金的主元范围内,焊缝处的结构组织趋于单一的bcc或fcc,实现了焊缝的高熵化,易于获得优质的钛-钢焊接接头。

[0005] 本发明是采用如下技术方案实现的:

一种用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝,包括药粉和外皮。

[0006] 药粉由以下组分按原子百分比配制,总的原子百分比是100%,其中Fe 5~15%,Ti 10%~20%,Co 20%~30%,Cr 18%~35%,Ni 20%~35%,Cu 5%~13%;

外皮材料采用工业用高纯铜带。

[0007] 上述用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝的制备方法,包括如下步骤:

步骤一、配置母合金

按原子百分比组成,总的原子百分比是100%,其中Fe为5~15%,Ti为10%~20%,Co为20%~30%,Cr为18%~35%,Ni为20%~35%,Cu为5%~13%;

将上述的原子百分比换算成质量百分比,按照质量百分比称量好各种高纯金属;将上述称量好的金属材料在球磨机中混匀,压实成坯料;将制成的坯料在真空电弧炉中进行熔配,制成母合金;

步骤二、应用真空气雾化制粉技术,制备出高熵雾化粉,粉末颗粒度控制在80~100目;

步骤三、采用药芯焊丝成型机组设备,制备成高熵药芯焊丝。

[0008] 在本发明的药粉配置过程中,对各化学元素的组成及含量限定理由分别叙述如下:

为了提高钛金属与钢焊接接头的综合力学性能,需要焊缝金属的化学成分保持在形成高熵合金的主元范围内。针对待焊母材金属Ti和Fe的成分特点,焊丝选择Ti-Co-Cr-Fe-Ni-Cu六主元高熵合金。主要原因有以下几点:

1、焊接过程中母材的熔化和近缝区母材向熔池的溶解不可避免,为预防焊缝处形成脆性金属间化合物,焊缝目标成分中须含有Ti和Fe主元,且Ti在焊缝中的溶解性较强,因此这两种元素在焊丝中的含量要低于其他主元,另外由于使用高纯铜带包裹,以及铜在焊缝处的溶解性较好,因此焊丝Cu含量也应保持在较低的水平。

[0009] 2、Co与Cr与金属Fe和Ti都有很好的相容性,可有效避免脆性金属间化合物的产生。

[0010] 3、通过在中间层合金中加入Ni元素,其既可以与Fe无限固溶,又可以和Ti、Co、Cr等互溶,Ni的加入能够改善焊缝和母材的相容性,抑制金属间化合物的产生。应用该高熵药芯焊丝进行焊接,焊缝金属仍是高熵合金,实现了焊缝的高熵化,有效消除了脆性金属间化合物,焊接接头强度较高。

[0011] 本发明的有益效果是,本发明创新性地将药芯焊丝技术和高熵合金技术有机结合,得到了一种高熵药芯焊丝,利用本发明的高熵药芯焊丝进行钛-钢MIG焊接,获得了优质的钛-钢焊接接头,焊缝金属的化学成分处在高熵合金的主元范围内,焊缝处的结构组织趋于单一的bcc或fcc,实现了焊缝的高熵化。焊缝具有优良的强度和韧性,有效消除了脆性金属间化合物相,综合机械性能良好。

[0012] 本发明设计合理,该高熵药芯焊丝易于加工成型、成本低廉,该高熵药芯焊丝操作工艺简单、方便、高效、适应性好、易于推广,具有很好的市场应用价值。

附图说明

[0013] 图1表示利用本发明制备的高熵合金焊丝对Q235b/TA2进行MIG焊示意图。

[0014] 图中:1-高熵药芯焊丝,2-高熵雾化粉,3-高熵化的焊缝。

具体实施方式

[0015] 下面对本发明的具体实施例进行详细说明。

[0016] 一种用于钛-钢MIG焊接的高熵药芯焊丝,包括药粉和外皮。

[0017] 药粉由以下组分按原子百分比配制,总的原子百分比是100%,其中Fe 5~15%,Ti 10%~20%,Co 20%~30%,Cr 18%~35%,Ni 20%~35%,Cu 5%~13%;

外皮材料采用宽 $10\pm 0.1\text{mm}$,厚 $0.5\pm 0.04\text{mm}$ 的工业用高纯铜带(99.99%)。

[0018] 上述高熵药芯焊丝的制备方法,按照以下步骤实施:

步骤一、熔配母合金

按原子百分比组成(见表一),总的原子百分比是100%,将的原子百分比换算成质量百分比,按照质量百分比称量好各种高纯金属(99.99%);将上述金属材料在球磨机中混匀(五公斤粉,球磨时间在15min左右),压实成坯料待用;将制成的坯料在真空电弧炉中进行熔配,制成母合金。

[0019] 步骤二、应用真空气雾化制粉技术,将母合金在感应炉中熔化、精炼后,熔化的金属液体倒入保温坩埚内,并进入导流管和喷嘴,此时熔体流被高压气体流所雾化。雾化后的金属粉末落入收粉罐中。根据粉末颗粒度进行雾化金属粉的筛选,粉末颗粒度控制在80~100目,优选颗粒度范围在85~95目。

[0020] 步骤三、采用药芯焊丝成型机组设备,制备出直径 $\phi 1.4\text{mm}$ 、 $\phi 1.6\text{mm}$ 、 $\phi 2.4\text{mm}$ 、 $\phi 3.2\text{mm}$ 的高熵药芯焊丝。

[0021] 焊接时要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。通过上述步骤一、二、三,制备得到了四种不同规格的该高熵药芯焊丝,具体的药粉配方如表一。

[0022] 表一、四种不同规格的高熵药芯焊丝具体的药粉配方(原子百分比\at%)

直径(ϕ/mm)	Fe(at%)	Ti(at%)	Cr(at%)	Co(at%)	Ni(at%)	Cu(at%)
1.4	11.6%	14.1%	21.1%	21.9%	20.2%	11.1%
1.6	11.4%	15.3%	21.4%	22.2%	21.5%	8.2%
2.4	8.2%	16.8%	21.9%	23.2%	21.6%	8.3%
3.2	6.0%	17.6%	22.1%	23.9%	23.2%	7.2%

利用本发明得到的四种不同规格的高熵药芯焊丝进行Q235b/TA2钛合金的焊接,实施焊接后获得的焊缝中最终合金的各主元含量参照表二。

表二、实施四种不同直径型号焊丝最终获得的焊缝金属的各主元含量表(原子百分比\at%)

直径(ϕ/mm)	Fe(at%)	Ti(at%)	Cr(at%)	Co(at%)	Ni(at%)	Cu(at%)
1.4	15.5%	18.1%	17.1%	16.9%	20.2%	12.2%
1.6	15.4%	18.3%	19.4%	20.2%	18.6%	9.1%
2.4	17.1%	16.5%	18.2%	18.5%	18.8%	8.9%
3.2	17.0%	18.6%	19.2%	17.1%	17.0%	11.1%

如图1所示,利用规格为 $\phi 1.6\text{mm}$ 的焊丝实施焊接,按照上述表一中组分含量得到 $\phi 1.6\text{mm}$ 高熵合金焊丝,对Q235b/TA2进行MIG焊,焊接电流限定在110A-150A,焊接速度为15min/cm,预热温度保持在室温,获得上述表二中实施规格为 $\phi 1.6$ 型最终的高熵合金焊缝成分,焊缝过渡区无裂纹,Q235b/TA2焊接头的抗拉强度达 $459\pm 1\text{MPa}$,冲击功达 $38\pm 1\text{J}$ 。

[0023] 由上述实例高熵药芯焊丝的实施结果可见,利用本发明的高熵药芯焊丝进行钛-钢MIG焊接,获得了优质的钛-钢焊接接头,焊缝金属的化学成分处在高熵合金的主元范围内,实现了焊缝的高熵化。焊缝具有优良的强度和韧性,有效消除了脆性金属间化合物相,综合机械性能良好。

[0024] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照本发明实施例进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,都不脱离本发明的技术方案的精神和范围,其均应涵盖本发明的权利要求保护范围内。

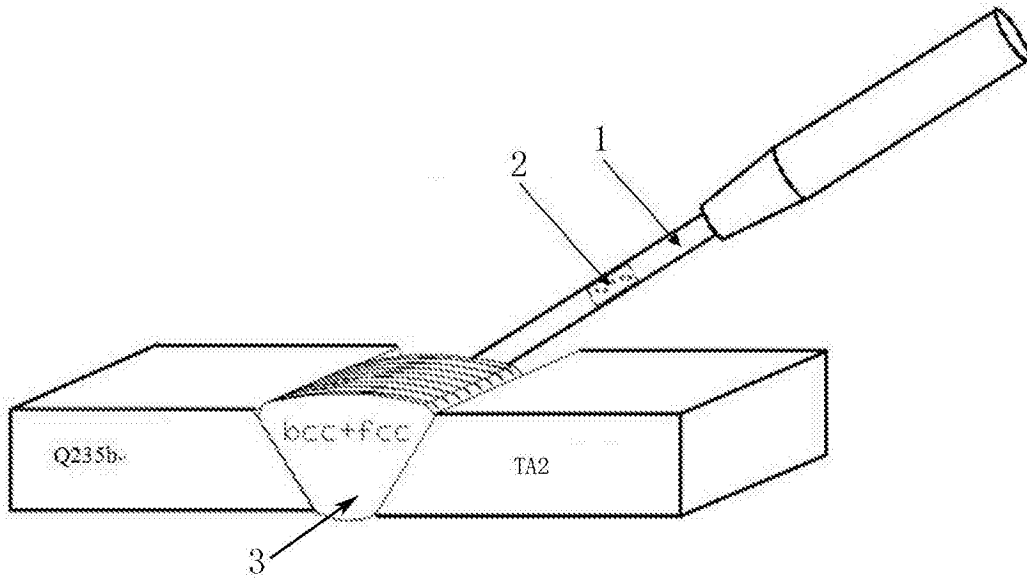


图1