



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111590204 B

(45) 授权公告日 2022.06.03

(21) 申请号 202010497736.X

(22) 申请日 2020.06.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111590204 A

(43) 申请公布日 2020.08.28

(73) 专利权人 华东交通大学
地址 330013 江西省南昌市昌北双港东大街808号

(72) 发明人 刘德佳 郭瑞 沈明学 唐延川
胡勇 赵龙志

(74) 专利代理机构 北京睿智保诚专利代理事务所(普通合伙) 11732
专利代理师 周新楣

(51) Int. Cl.
B23K 26/26 (2014.01)

(56) 对比文件

- CN 109955004 A, 2019.07.02
- CN 103290404 A, 2013.09.11
- CN 108161277 A, 2018.06.15
- CN 109909643 A, 2019.06.21
- CN 103567654 A, 2014.02.12
- CN 107999991 A, 2018.05.08
- US 2016355911 A1, 2016.12.08

审查员 王云

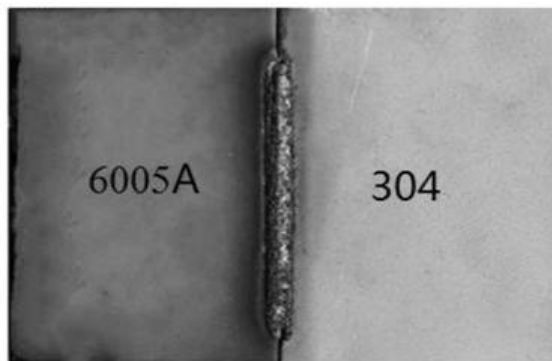
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,它属于焊接技术领域。由五种或五种以上的金属粉末,按特定比例混合均匀后,采用同轴送粉方式,在激光热源作用下实现异种金属的激光高熵化填粉焊接。所形成的焊缝金属由多主元组成,并具备高混合熵特征,从而抑制焊缝脆性金属间化合物的生成,使异种金属焊接接头具有高强、高韧的特性。本发明具有以下优势:(1)可简单快捷地改变焊缝熔池的热力学环境,充分利用高混合熵效应调控焊缝金属的微观结构与接头性能;(2)可针对不同被焊材料的焊接性能,设计并改变高熵化焊缝金属的元素组成与成分配比,从而达到抑制焊缝金属间化合物生成的目的,具有柔性制造的特征。



1. 一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,其特征在于:采用五种或五种以上的金属粉末,按特定原子比例混合均匀后,采用同轴送粉方式将金属的混合粉末输送至焊接区,并在激光焊接热源作用下实现被焊工件的激光高熵化连接;所形成的焊缝金属由多主元组成,并具备高混合熵特征,通过焊缝金属的高混合熵特性抑制焊缝金属间化合物的生成,从而提高焊接接头的强韧性;

所述激光焊接过程中,采用氩气保护,焊接工艺参数为:激光光斑直径为1.5~2.5mm,激光功率为800~1200W,焊接速度为200~400mm/min,送粉速率为10~20g/min。

2. 根据权利要求1所述的激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,其特征在于:所述的五种或五种以上金属的混合粉末,按原子百分比组成,各种元素的原子百分比在5%~45%之间,并可以根据焊接接头所需的组织性能进行调整,且混合粉末粒度为100~300目。

3. 根据权利要求1所述的激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,其特征在于:被焊工件可以是同种材料,包括不锈钢、镍基合金、钛铝基合金;也可以是异种材料,包括铝合金与钢、钢与镍基合金、钢与铜。

4. 根据权利要求1所述的激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,其特征在于:激光焊接热源作用下金属混合粉末与被焊工件都发生熔化,所形成的焊接接头为熔焊接头。

一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法

技术领域

[0001] 本发明专利属于焊接技术领域,涉及一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法。

背景技术

[0002] 焊接是制造业的基础,焊接接头的微观结构与接头性能关乎各类制造产品的安全可靠。但焊接时材料在急热快冷状态下的微观结构发生显著改变,尤其是某些难焊材料(如镍基合金、钛铝基合金)或异种金属(如铝合金与钢、钢与镍基合金、钢与铜)焊接时,焊缝处容易产生脆性的金属间化合物,并严重降低焊接接头的服役性能。因此探索一种能够有效抑制焊缝金属间化合物生成的方法对提高难焊金属或异种金属焊接接头的力学性能具有十分重要的意义。

[0003] 目前有文献指出,由五种或多种主元形成的高混合熵能够通过多元素的扩散与重分配,避免发生相分离生成金属间化合物,并延迟析出相的形核与长大,促使合金形成简单的固溶体组织甚至非晶结构。如典型的FeCoCrNiAl系高熵合金中含有大量Fe、Al元素,即使在激光沉积或电弧熔炼中这两种元素在液相下直接接触,合金也不生成Fe-Al金属间化合物,而是形成简单的固溶体组织。从热力学角度分析认为,这是由于多元高熵合金形成固溶体的吉布斯自由能比形成金属间化合物的吉布斯自由能更低,从而避免了金属间化合物的生成。因此,利用高熵化的设计思想,通过增加焊缝金属的混合熵值,改变焊缝金属间化合物生成的热力学条件,从根本上抑制焊缝金属间化合物的生成,从而提高金属焊接接头的强韧性,这对工业化应用具有重要意义。

[0004] 目前,已有学者尝试把高熵合金应用于焊接领域,如制备高熵合金焊丝及相关方法的专利有“用于焊接钛-钢的高熵合金焊丝及其制备方法(CN201310476898.5)”,“用于TIG焊钛/不锈钢的高熵合金焊丝及应用(CN201410787004.9)”,“用于钛与钢TIG焊接的高熵合金焊丝及制备方法(CN201310614033.0)”,“用于TIG焊钛/低碳钢的高熵合金焊丝及应用(CN201410787157.3)”。关于制备高熵合金钎料及相关方法的专利有“用于钎接钼与钢用非晶态高熵合金钎料及制备方法(CN201410729341.2)”,“用于焊接硬质合金与钢的高熵合金钎料及制备方法(CN200910022545.1)”,“用于焊接铜和铝的高熵合金钎料及其制备方法(CN200910022543.2)”,“一种钎焊非氧化物陶瓷及其复合材料的高熵钎料及其制备方法(201210207740.3)”;以及其它高熵效应焊接材料与方法的专利有“应用高熵效应焊接钛与钢的方法及焊接材料(CN201210143862.0)”,“应用于高熵效应焊接TA2/0Cr18Ni9Ti的材料及方法(CN201210143238.0)”,“一种用于填充点焊不锈钢高熵合金粉末和一种高熵合金粉末填充点焊不锈钢的工艺方法(201310142899.6)”。

[0005] 然而,上述专利的本质是把高熵合金作为异种金属之间的阻隔层,利用高熵合金的扩散阻滞能力减少金属间化合物形成元素之间的相互接触,并借助这些元素在高熵合金中具有一定固溶量的优势,达到减少焊缝金属间化合物生成的目的。此外,从焊接填充材料

的制备形式上讲,上述专利是先制备多主元的高熵合金块体,再通过制备高熵合金焊条、箔带、钎料,其工艺流程较长。设计高熵合金钎料时需考虑钎料的熔点及钎料与母材的润湿性,使高熵化焊缝的组元选择受到极大限制。焊接时不能灵活地改变焊缝金属的元素种类与含量,不易调控高熵化焊缝的微观结构与接头性能,降低了高熵化焊接工艺的适用性。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对某些难焊材料(如镍基合金、钛铝基合金)或异种金属(如铝合金与钢、钢与镍基合金、钢与铜)焊接时,焊缝容易生成脆性金属间化合物的问题,提供一种激光高熵化填粉焊接的方法用于抑制焊缝脆性金属间化合物生成,从而提高焊接接头的强韧性。

[0007] 本发明解决技术问题所采用的技术方案是:一种激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法,采用五种或五种以上的金属粉末,按特定原子比例混合均匀后,采用同轴送粉方式将金属的混合粉末输送至焊接区,并在激光焊接热源作用下实现被焊工件的激光高熵化连接;所形成的焊缝金属由多主元组成,并具备高混合熵特征,通过焊缝金属的高混合熵特性抑制焊缝金属间化合物的生成,从而提高焊接接头的强韧性。

[0008] 进一步地,所述的五种或五种以上金属的混合粉末,按原子百分比组成,各种元素的原子百分比在5%~45%之间,并可以根据焊接接头所需的组织性能进行调整,且混合粉末粒度为100~300目。

[0009] 进一步地,被焊工件可以是同种材料,包括不锈钢、镍基合金、钛铝基合金;也可以是异种材料,包括铝合金与钢、钢与镍基合金、钢与铜。

[0010] 进一步地,激光焊接热源作用下金属混合粉末与被焊工件都发生熔化,所形成的焊接接头为熔焊接头。

[0011] 进一步地,所述激光焊接过程中,采用氩气保护,焊接工艺参数为:激光光斑直径为1.5~2.5mm,激光功率为800~1200W,焊接速度为200~400mm/min,送粉速率为10~20g/min。

[0012] 本发明中,直接将金属间化合物形成元素作为高熵化焊缝的形成组元,并不惧金属间化合物的形成元素在焊缝熔池的直接接触,而是通过焊缝五种或五种以上主要元素形成高混合熵的热力学环境,改变焊缝金属间化合物生成的热力学条件,从根本上抑制焊缝金属间化合物的生成。

[0013] 因此,跟已有的专利及文献对比发现,激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法能够直接有多种金属混合粉末,通过采用同轴送粉方式在激光焊接热源实现材料的焊接。并且可以根据被焊材料的焊接冶金性能,可以设计并改变高熵化焊缝金属的元素组成与成分配比,简单快捷地改变焊缝熔池的热力学环境,可充分利用高混合熵效应改善焊缝金属的微观结构与接头性能,其普适性更强。且激光焊接还具有能量密度高,热输入快,热影响区较小,所得接头的力学性能更优。

[0014] 本发明的有益效果是:与现有技术相比,本发明所提供的激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成的方法具有以下几点优势:

[0015] (1) 采用激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成,可以通过混合粉末直接焊接,避免了前期制备高熵合金焊条、焊丝或钎料、中间层等工艺过程,具有高效、柔

性焊接的特点；

[0016] (2) 采用激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成,可以简单快捷地改变焊缝熔池的热力学环境,可充分利用高混合熵效应改善焊缝金属的微观结构与接头性能；

[0017] (3) 采用激光高熵化填粉焊接抑制焊缝脆性金属间化合物生成,允许金属间化合物形成元素在熔池中直接接触,是通过增加焊缝混合熵值改变金属间化合物生成的热力学条件,从根本上抑制焊缝金属间化合物的生成,避免了前人利用高熵合金扩散阻滞仅部分减少焊缝金属间化合物生成的不足；

[0018] (4) 焊接时被焊工件和填充材料都发生熔化,被焊材料的选择范围更为广泛,焊接接头连接强度更高。

附图说明

[0019] 图1激光高熵化填粉焊接6005A铝合金与304不锈钢宏观图。

[0020] 图2激光高熵化填粉焊接6005A铝合金与304不锈钢焊缝微观结构图:(a) 铝与焊缝界面;(b) 钢与焊缝界面。

[0021] 图3激光高熵化填粉焊接Q235与304不锈钢宏观图。

[0022] 图4激光高熵化填粉焊接Q235与304不锈钢显微硬度分布图。

具体实施方式

[0023] 下面通过具体实施例来进一步说明本发明。但这些实例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。

[0024] 实施例1

[0025] 采用Fe、Cu、Co、Zn、Al和Si六种纯金属粉末,用筛子筛出100~300目的粉末,把这四种金属粉末按原子比为1:10:10:4:1:1的比例均匀混合。准备好厚度为2mm的6005A铝合金和304不锈钢薄板各一块,采用 $Fe_{0.2}Cu_2Co_2Zn_{0.8}Al_{0.2}Si_{0.2}$ 混合粉末通过激光填粉焊接方法对铝合金及不锈钢异种金属进行焊接,焊接过程采用氩气保护,焊接工艺参数选择激光光斑直径为1.5mm,激光功率为800W,焊接速度为250mm/min,送粉速率为15g/min。焊后接头宏观图,如图1所示。观察接头的结合界面,发现界面结合良好,熔合区及焊缝区并未形成Fe-Al金属间化合物,如图2所示。

[0026] 实施例2

[0027] 采用Fe、Co、Cr、Ni、Mn五种纯金属粉末,用筛子筛出100~300目的粉末,把这四种金属粉末按原子比为1:1:1:1:1的比例均匀混合。准备好Q235钢和304不锈钢薄板各一块,尺寸为80mm x 45mm x 2mm。采用FeCoCrNiMn混合粉末通过激光填粉焊接方法对Q235钢及不锈钢异种金属进行焊接,焊接过程采用氩气保护,焊接工艺参数选择激光光斑直径为1.5mm,激光功率为1000W,焊接速度为250mm/min,送粉速率为20g/min。焊后接头宏观图,如图3所示。观察接头的结合界面,发现界面结合良好,焊缝区的显微硬度远高于两边母材区,见图4。

[0028] 以上实施方式仅用于说明本发明,而并非对本发明的限制,有关技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以做出各种变化和变型,因此所有

等同的技术方案也属于本发明的范畴,本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

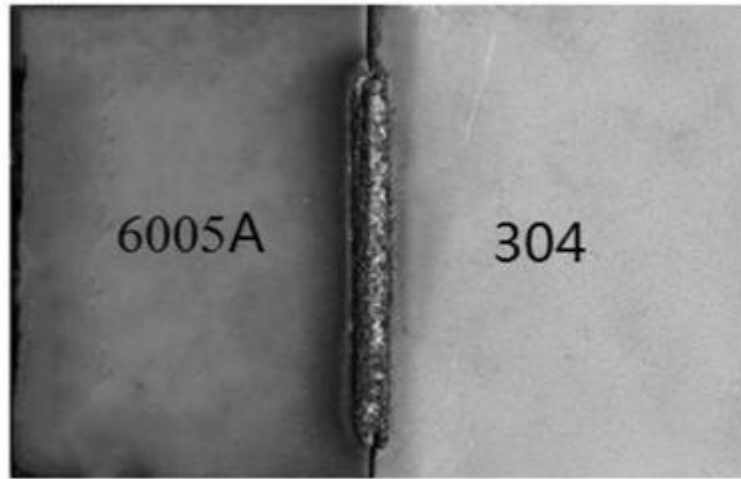


图1

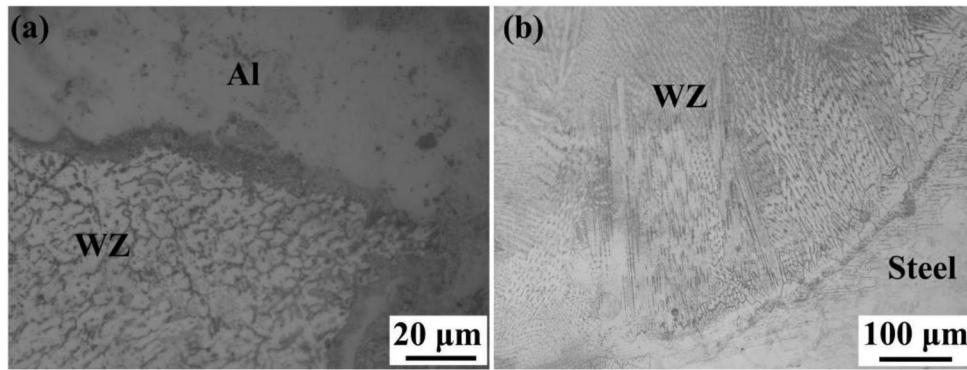


图2

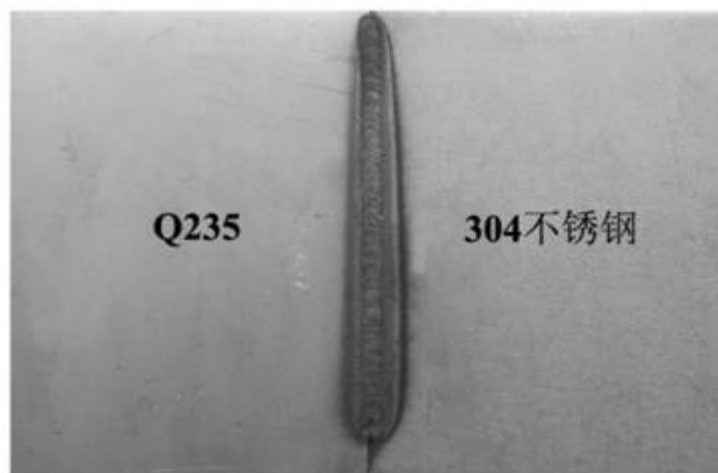


图3

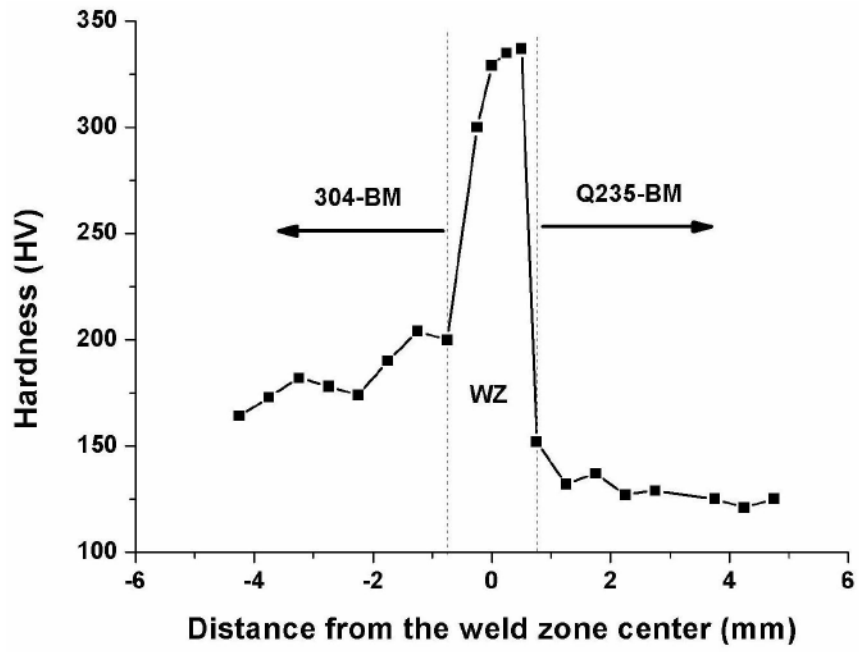


图4