



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107824950 A

(43)申请公布日 2018.03.23

(21)申请号 201711273455.0

(22)申请日 2017.12.06

(71)申请人 吉林大学

地址 130012 吉林省长春市前进大街2699
号

(72)发明人 孙大千 耿文华 吴迪 李洪梅
谷晓燕

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任
公司 22201

代理人 朱世林

(51)Int.Cl.

B23K 10/02(2006.01)

B23K 37/00(2006.01)

B23K 33/00(2006.01)

B23K 103/20(2006.01)

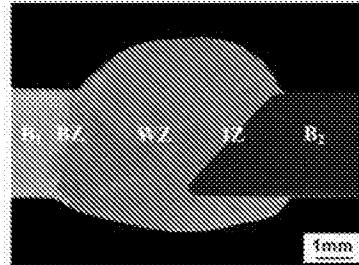
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法

(57)摘要

本发明涉及一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法,用于冶金、材料、机械、汽车、轨道客车及军工等领域,属于材料焊(连)接技术领域。本发明针对钢-铝异种材料焊接存在的主要问题,通过优化钢、铝工件焊接坡口角度,改善焊缝成形和接头的力学性能;在钢坡口面制备纯铜涂层,降低界面金属间化合物层的脆硬性,提高接头的力学性能;优化等离子弧加热位置、焊枪倾角、焊接参数等焊接工艺参数,改善钢与铝的结合性能,促进形成连续的钢/铝界面层,并控制界面金属间化合物层厚度 $<10 \mu m$,提高钢-铝接头的力学性能。本发明的工艺步骤为:焊接坡口加工→在钢的坡口面制备纯铜涂层→采用优化的焊接工艺参数→进行钢-铝异种材料等离子弧焊接。



1. 一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法,其特征在于,按以下工艺步骤进行:

(1) 坡口加工:钢-铝异种材料等离子弧焊对接接头采用非对称的V形坡口,钢的坡口面角度45°,铝合金的坡口面角度0-20°;

(2) 涂层及焊接材料:采用热喷涂方法在钢的坡口面制备纯铜涂层,涂层厚度0.3-1.0mm,等离子弧焊接采用ER2319Al-Cu焊丝或ER5087Al-Mg焊丝;

(3) 焊接工艺:焊接过程中等离子弧指向钢坡口面的中部;焊接采用左焊法,等离子焊枪倾角10-15°;

(4) 焊接参数:通过优化焊接参数优化热输入,促进形成连续的钢/铝界面层,并控制界面金属间化合物层厚度<10μm,优化的焊接参数为:焊接电流80-95A、焊接速度30-40cm/min、Ar离子气体量2.0-2.3L/min、Ar保护气体量20-23L/min。

2. 根据权利要求1所述的一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法,其特征在于,采用ER2319Al-Cu焊丝时,钢的坡口面角度45°,铝合金的坡口角度0-20°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.3-0.6mm,焊接工艺参数为:焊枪倾角10-15°、焊接电流80-95A、焊接速度30-40cm/min、Ar离子气体量2.0-2.3L/min、Ar保护气体量20-23L/min。

3. 根据权利要求1所述的一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法,其特征在于,采用ER5087Al-Mg焊丝时,钢的坡口面角度45°,铝合金的坡口角度0-20°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.7-1.0mm,焊接工艺参数为:焊枪倾角10-15°、焊接电流80-95A、焊接速度30-40cm/min、Ar离子气体量2.0-2.3L/min、Ar保护气体量20-23L/min。

一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金、材料、机械、汽车、轨道客车及军工等技术领域的一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法，属于材料焊(连)接技术领域。

背景技术

[0002] 随着能源危机和环境污染问题的不断加剧，作为制造业支柱产业的汽车、轨道客车等工业正面临着越来越严峻的挑战。轻量化、节能、环保和安全已成为汽车、轨道客车发展的必然趋势。目前，国内外汽车轻量化的实现途径和关键技术主要包括三个方面：一是轻量化材料的应用；二是结构轻量化设计与优化；三是新型制造工艺技术的使用。高强钢(超高强钢)是主要的汽车、轨道客车轻量化材料，其次是铝合金、镁合金、复合材料及高分子材料等。因此，在设计和制造中增加高强钢(超高强钢)、铝合金等轻质材料的应用量是实现汽车、轨道客车轻量化的有效途径。随之而来的钢-铝异种材料的焊(连)接成为亟待解决的问题。由于钢和铝的物理、化学及冶金性能存在显著的差异，且焊接区极易形成脆硬的金属间化合物，导致钢-铝异质材料的焊(连)接性极差，严重恶化接头的使用性能和焊(连)接质量。这已成为制约汽车、轨道客车轻量化技术发展的关键技术问题之一。迄今为止，在汽车乃至整个制造业中钢-铝异种材料的连接主要采用铆接、螺栓、轧制、粘接等机械连接技术，不仅工艺复杂、生产效率低、外观质量差，而且钢和铝未实现牢固的冶金结合。焊接是实现异种材料冶金结合的连接技术，被广泛应用于各工业领域。面对能源危机和环境污染问题的严峻挑战及轻量化技术的迫切需求，钢-铝异质材料的焊(连)接已成为该领域研究的热点和前沿课题。电弧焊方法是汽车、轨道客车制造中广泛使用的焊接技术。采用电弧焊方法焊接钢-铝异种材料存在的主要问题是：(1) 焊接过程中，不充分的钢/铝界面反应形成不连续的界面层，降低钢-铝接头的力学性能；钢/铝界面反应形成过量的金属间化合物(金属间化合物层厚度 $>10\mu\text{m}$)，由于其脆硬性及易产生界面裂纹，明显恶化接头的力学性能；(2) 由于钢和铝的熔点存在显著的差异，焊接过程中铝母材熔化而钢母材不熔化，液态铝在固态钢表面的润湿、铺展性明显影响钢和铝的结合性能及接头的力学性能；(3) 电弧焊过程的不稳定性，影响钢/铝界面反应，不仅降低钢-铝接头的力学性能，而且导致接头性能及焊接质量不稳定(例如：高强钢-铝合金异种材料MIG焊接头的抗拉强度约90-140MPa)。与TIG、MIG焊相比，等离子弧焊具有电弧能量集中、电弧稳定性好、电弧挺直性好等优点，但迄今为止尚未见钢-铝异种材料等离子弧焊接系统的研究报道。研究结果证明，通过纯铜涂层辅助和优化焊接工艺参数形成的钢-铝异种材料等离子弧焊接方法，有利于一定程度上解决钢-铝异质材料焊接的上述主要问题。该技术在冶金、材料、机械、汽车、轨道客车及军工等领域具有重要的实用价值和广阔的应用前景。

技术内容

[0004] 本发明的目的是提供一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法，该方法针对钢-铝异种材料焊接存在的主要问题，利用等离子弧焊电弧能量集中、温度高、稳定性及挺度好等优点，提高焊接过程、接头性能及焊接质量的稳定性；通过优化钢、铝工件焊接坡口角度，改善

焊缝成形和接头的力学性能；在钢坡口面制备纯铜涂层，降低界面金属间化合物层的脆硬性，提高接头的力学性能；优化焊接工艺参数（等离子弧加热位置、焊枪倾角、焊接参数等），改善钢和铝的结合性能，促进形成连续的钢/铝界面层，并控制界面金属间化合物层厚度<10μm，提高钢-铝接头的力学性能。

[0005] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现：

[0006] 一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法，按以下工艺步骤进行：

[0007] (1) 坡口加工：钢-铝异种材料等离子弧焊对接接头采用非对称的V形坡口，钢的坡口面角度45°，铝合金的坡口面角度0-20°。通过增大钢的坡口角度，增加钢/铝界面面积，提高钢-铝接头的力学性能；减小铝合金坡口角度，有利于改善焊缝成形。

[0008] (2) 涂层及焊接材料：采用热喷涂方法在钢的坡口面制备纯铜涂层，涂层厚度0.3-1.0mm mm，焊接过程中铜参与钢/铝界面反应形成 $(Fe,Cu)_4Al_{13}$ 、 $(Fe,Cu)_2Al_5$ 金属间化合物层，降低界面层的脆硬性，提高接头的力学性能。等离子弧焊接采用ER2319Al-Cu焊丝或ER5087A1-Mg焊丝，采用Al-Cu焊丝时，纯铜涂层厚度0.3-0.6mm；采用Al-Mg焊丝时，纯铜涂层厚度0.7-1.0mm。

[0009] (3) 焊接工艺：焊接过程中等离子弧指向钢坡口面的中部，改善液态铝在固态钢表面的润湿、铺展性；焊接采用左焊法，等离子焊枪倾角10-15°，通过等离子弧对钢坡口面的预热作用改善钢和铝的结合性能。

[0010] (4) 焊接参数：通过优化焊接参数优化热输入，促进形成连续的钢/铝界面层，并控制界面金属间化合物层厚度<10μm，提高接头的力学性能；同时，优化焊接热输入也有利于改善焊缝成形，提高接头质量。优化的焊接参数为：焊接电流80-95A、焊接速度30-40cm/min、Ar离子气体量2.0-2.3L/min、Ar保护气体量20-23L/min。

[0011] 采用本发明的方法进行钢-铝异种材料等离子弧焊接，达到的性能指标如下：

[0012] (1) 等离子弧焊接过程稳定，焊缝成形良好，无气孔、裂纹、未连接等缺陷，钢/铝界面层连续且界面层厚度<10μm，接头性能及焊接质量的稳定性明显提高。

[0013] (2) 板厚3-4mm的钢-铝异种材料等离子弧焊接，采用ER2319Al-Cu焊丝，钢坡口面纯铜涂层厚度0.3-0.6mm，钢-铝接头的抗拉强度为170-190MPa。与钢-铝MIG焊接头相比(90-140MPa)，接头平均抗拉强度提高50%以上，接头强度的稳定性明显提高。

[0014] (3) 板厚3-4mm的钢-铝异种材料等离子弧焊接，采用ER5087A1-Mg焊丝，钢坡口面纯铜涂层厚度0.7-1.0mm，钢-铝接头的抗拉强度为160-180MPa，与钢-铝MIG焊接头相比(90-140MPa)，接头平均抗拉强度提高45%以上，接头强度的稳定性明显提高。

[0015] 研究结果表明，本发明的一种钢-铝异种材料等离子弧焊接方法的突出优点是，(1) 等离子弧焊具有电弧能量集中、温度高、稳定性及挺度好等特点，可提高焊接过程、接头性能及焊接质量的稳定性；(2) 通过优化坡口角度，有利于改善焊缝成形及接头性能；(3) 在钢坡口面制备纯铜涂层，可降低界面层的脆硬性，提高接头的力学性能；(4) 采用左焊法，等离子焊枪倾角10-15°，通过等离子弧对钢坡口面的预热作用可改善钢与铝的结合性能；(5) 通过优化焊接参数优化焊接热输入，促进形成连续的钢/铝界面层，并控制界面金属间化合物层厚度<10μm，提高接头的力学性能。以采用ER2319Al-Cu焊丝、钢坡口面纯铜涂层厚度0.3-0.6mm的钢-铝等离子弧焊接为例，钢-铝焊接接头的抗拉强度可达170-190MPa，与钢-铝MIG焊接头相比(90-140MPa)，接头平均抗拉强度提高50%以上，接头强度的稳定性也明

显提高。

附图说明

- [0016] 图1是钢-铝异种材料等离子弧焊接的坡口及纯铜涂层。
- [0017] 图2是钢-铝异种材料等离子弧焊接示意图。
- [0018] 图3是钢-铝异种材料等离子弧焊接接头形貌。
- [0019] 图4是焊接接头钢/铝界面不连续的金属间化合物层。
- [0020] 图5是焊接接头钢/铝界面连续的金属间化合物层(厚度<10μm)。
- [0021] 图6是焊接接头钢/铝界面金属间化合物层及裂纹(厚度>10μm)。
- [0022] 图中:B1-铝合金母材,B2-钢母材,θ₁-铝合金坡口角度,θ₂-钢坡口角度,C-纯铜涂层,
- [0023] V-焊接方向,θ₃-焊枪倾角,BZ-熔合区,WZ-铝合金焊缝区,IZ-钢/铝界面区,IMC-钢/铝界面金属间化合物层,L-界面层裂纹。

具体实施方式

- [0024] 下面举例进一步说明本发明的具体内容及实施方式。
- [0025] 实施例1.采用本发明的方法进行16Mn钢和6061铝合金异种材料等离子弧焊接,16Mn钢和6061铝的板厚均为4mm,钢板坡口角度45°,铝板坡口角度20°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.6mm,采用ER2319 (Al-Cu) 焊丝,焊接工艺参数为:焊枪倾角15°、焊接电流90A、焊接速度30cm/min、Ar离子气体量2.2L/min、Ar保护气体量23L/min,钢-铝等离子弧焊接头的平均抗拉强度为181.1MPa。
- [0026] 实施例2.采用本发明的方法进行16Mn钢和6061铝合金异种材料等离子弧焊接,16Mn钢和6061铝的板厚均为4mm,钢板坡口角度45°,铝板坡口角度10°,钢坡口面纯铜涂层厚度1.0mm,采用ER5087 (Al-Mg) 焊丝,焊接工艺参数为:焊枪倾角15°、焊接电流95A、焊接速度30cm/min、Ar离子气体量2.3L/min、Ar保护气体量22L/min,钢-铝等离子弧焊接头的平均抗拉强度为175.3MPa。
- [0027] 实施例3.采用本发明的方法进行DP980钢和6082铝合金异种材料等离子弧焊接,DP980钢和6082铝的板厚均为3mm,钢板坡口角度45°,铝板坡口角度10°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.3mm,采用ER2319 (Al-Cu) 焊丝,焊接工艺参数为:焊枪倾角10°、焊接电流80A、焊接速度35cm/min、Ar离子气体量2.0L/min、Ar保护气体量20L/min,钢-铝等离子弧焊接头的平均抗拉强度为189.0MPa。
- [0028] 实施例4.采用本发明的方法进行DP980钢和6082铝合金异种材料等离子弧焊接,DP980钢和6082铝的板厚均为3mm,钢板坡口角度45°,铝板坡口角度10°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.7mm,采用ER5087 (Al-Mg) 焊丝,焊接工艺参数为:焊枪倾角10°、焊接电流85A、焊接速度30cm/min、Ar离子气体量2.1L/min、Ar保护气体量21L/min,钢-铝等离子弧焊接头的平均抗拉强度为178.8MPa。
- [0029] 实施例5.采用本发明的方法进行DP1180钢和5A06铝合金异种材料等离子弧焊接,1180DP钢和5A06铝的板厚均为3mm,钢板坡口角度45°,铝板坡口角度0°,钢坡口面纯铜涂层厚度0.5mm,采用ER2319 (Al-Cu) 焊丝,焊接工艺参数为:焊枪倾角15°、焊接电流90A、焊接速

度32cm/min、Ar离子气体量2.2L/min、Ar保护气体量22L/min,钢-铝等离子弧焊接头的平均抗拉强度为180.2MPa。

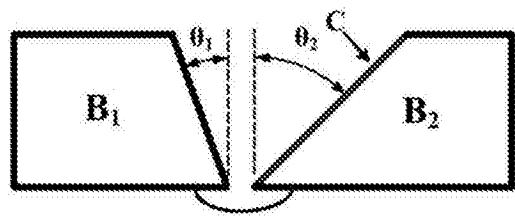


图1

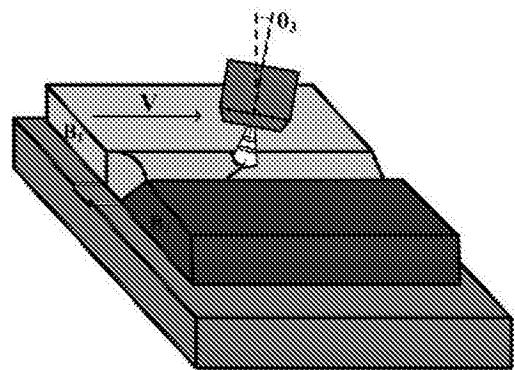


图2

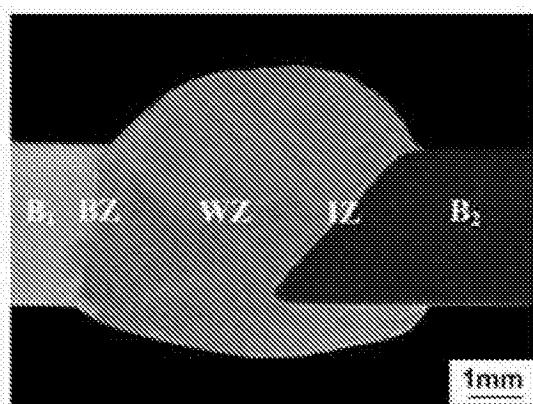


图3

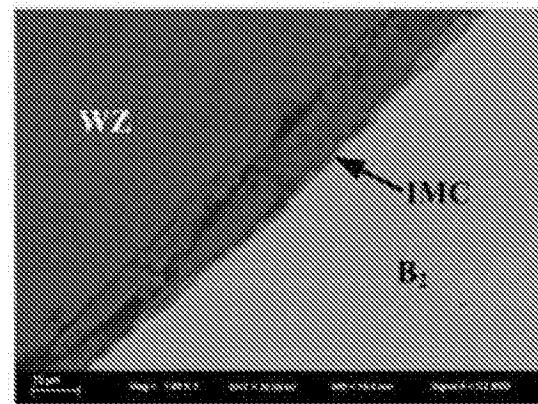


图4

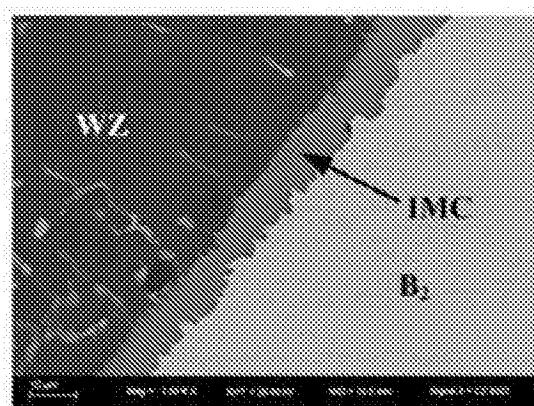


图5

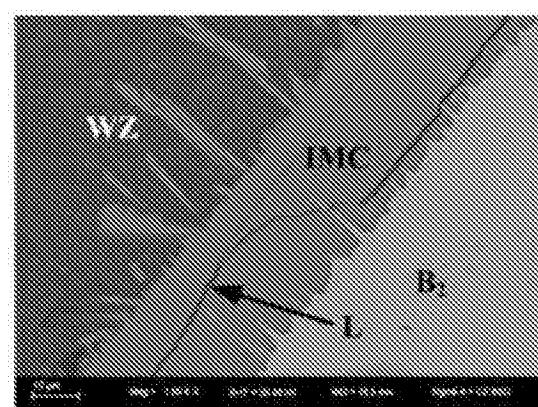


图6