



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115555698 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 03

(21) 申请号 202211384794.7

(22) 申请日 2022.11.07

(71) 申请人 洛阳双瑞精铸钛业有限公司
地址 471000 河南省洛阳市高新技术开发
区滨河北路38号

(72) 发明人 田永武 李渤渤 王非 张强
郝晓博 李伟东 马明亮

(74) 专利代理机构 北京市中联创和知识产权代
理有限公司 11364
专利代理师 李倩倩 颜健

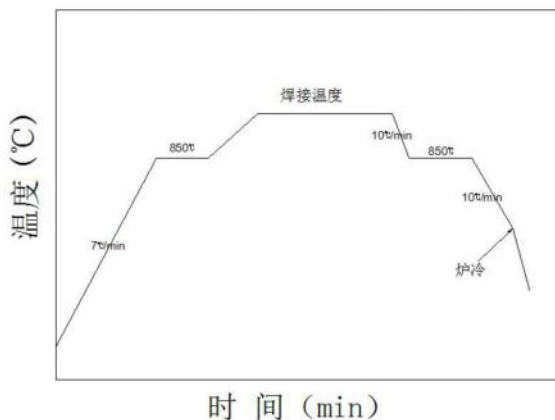
(51) Int. Cl.
B23K 20/02 (2006.01)
B23K 20/24 (2006.01)
B23P 15/00 (2006.01)
B23K 103/14 (2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称
异种高强钛合金扩散焊接方法

(57) 摘要

本发明提供一种异种高强钛合金扩散焊接方法,包括如下步骤:(1)试样表面清理:对两种钛合金待焊表面进行打磨并抛光,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu m$,然后采用酸液去除待焊表面氧化膜,焊接前用酒精擦拭待焊表面,去除表面杂质残留,冷风吹干;(2)试样装炉:将步骤(1)所得的表面清理干净的两种钛合金对接;(3)扩散焊接:将步骤(2)所得的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间,然后进行扩散焊接,保持试样与压头之间良好的轴向对中性,通过上压头对待焊试样施加压力5-25MPa,使得金属之间紧密接触,随后进行卸压;进行三次保温保压,保温保压结束后,卸压,先缓冷,然后随炉冷却。填补国内空白,为高强度叠层钛合金提供了新的设计解决方案。



1. 一种异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 试样表面清理:对两种钛合金待焊表面进行打磨并抛光,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu m$,然后采用酸液去除待焊表面氧化膜,焊接前用酒精擦拭待焊表面,去除表面杂质残留,冷风吹干;

(2) 试样装炉:将步骤(1)所得的表面清理干净的两种钛合金对接;

(3) 扩散焊接:将步骤(2)所得的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间,然后进行扩散焊接,保持试样与压头之间良好的轴向对中性,通过上压头对待焊试样施加压力5-25MPa,使得金属之间紧密接触,随后进行卸压;进行三次保温保压,保温保压结束后,卸压,先缓冷,然后随炉冷却。

2. 根据权利要求1所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,所述(1)中的酸液为氢氟酸和硝酸的混合溶液。

3. 根据权利要求1所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,所述(1)和(2)中的两种钛合金为钛合金TC4和钛合金Ti80。

4. 根据权利要求1所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,所述(3)中三次保温保压方法为:对真空热压炉进行抽真空,当真空度达到 $1.0 \times 10^{-2} Pa$ 时,将温度升至 $850^{\circ}C$ 进行初次保温保压,压力保持在15MPa;待初次保温保压结束后进行二次保温保压,温度升到接近相变点的温度 $950^{\circ}C$,保温保压时间2.5h;二次保温保压结束后,再将温度降温到 $850^{\circ}C$ 进行第三次保温保压。

5. 根据权利要求4所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,升温至 $850^{\circ}C$ 之前的升温速率为 $7^{\circ}C/min$ 。

6. 根据权利要求4所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,二次保温保压结束后,以 $10^{\circ}C/min$ 进行降温至 $850^{\circ}C$ 进行第三次保温保压。

7. 根据权利要求4所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,第三次保温保压结束后便进行卸压,同时将温度以 $10^{\circ}C/min$ 进行降温至 $700^{\circ}C$,然后随炉冷却。

8. 根据权利要求4所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,扩散焊结束后进行缓冷降温,降温速率为 $7^{\circ}C/min$ 。

9. 根据权利要求1所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,所述(3)所得的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间时,确保两种钛合金之间的间隙小于0.1mm。

10. 根据权利要求1所述的异种高强钛合金扩散焊接方法,其特征在于,两种钛合金的厚度均为1~10mm。

异种高强钛合金扩散焊接方法

技术领域

[0001] 本发明属于异种高强金属扩散焊接技术领域,具体涉及钛合金TC4与钛合金Ti80两种材质的异种高强钛合金扩散焊接方法。

背景技术

[0002] 装甲车辆作为最重要的陆基武器装备之一,是陆军装备的主战力量。“一代材料、一代装备”,装甲材料的轻量化和防护性能提升,是近年来研究热点,对于提高装甲车辆作战性能具有重要的意义。为了解决装甲车辆轻量化与高生存力二者之间的矛盾,世界各国军事强国均非常重视装甲钛合金的研究。

[0003] 轻量化是装甲车辆发展方向及研发重点,可显著提高装备机动性能及作战能力。装甲车辆的基体装甲金属材料除了要具备轻量化特点外,还应具有良好的抗弹性能、工艺性能和环境适应性能等。常见的金属基体装甲材料有装甲钢、装甲铝合金、装甲镁合金和装甲钛合金4种,而钛合金是一种轻质高强的装甲材料,具有密度低、比强度高、耐高低温、耐腐蚀等优点。所以,装甲钛合金的综合性能最优,可同时满足抗弹性能、工艺性能和环境适应性能三方面的要求。

[0004] 目前,国内外装甲车辆均已开始采用高比强度钛合金作为钢质、铝制替代材料,不但可以减重,还有优异的抗弹性能和极强的耐海水、耐盐雾腐蚀性能。随着钛合金在装甲车辆上应用推广,我国兵工领域基本形成共识,确定了以TC4为主的第一代装甲钛合金材料发展思路。同时,近十余年研究结果表明,采用单一材质钛合金作为装甲材料防护性能提升有限,无法满足未来装甲车辆发展需求,高强度叠层钛合金提供了新的设计解决方案。相比于传统低强度、高延伸率叠层金属复合材料,高强度叠层钛合金采用高强度、低延伸率异种钛合金材料制备而成,复合难度大幅提升,目前国内尚属空白,缺乏关键技术和机理方面研究和突破,需要进行技术攻关。

[0005] 中国专利CN107030367A公开了一种钛合金与不锈钢的异种金属扩散焊方法,该焊接方法包括以下步骤:对钛合金和不锈钢待焊表面进行打磨并抛光,采用酸溶液去除钛合金和铜箔表面的氧化膜,然后按照顺序钛合金-钼箔-铜箔-不锈钢-铜箔-钼箔-钛合金将金属材料进行交替叠放,然后将叠放好的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间,施加压力为15~30MPa,卸压,先缓冷,然后随炉冷却。

[0006] 中国专利CN111299796A公开了一种TC4钛合金和316L不锈钢的异种金属真空扩散焊接方法,该方法步骤主要包括先将试样表面进行清理,然后按照TC4钛合金-钼箔-铜箔-钼箔-316L不锈钢,或316L不锈钢-钼箔-铜箔-钼箔-TC4钛合金。按照顺序叠放好的试样置于真空热压炉上、下压头之间,然后进行扩散焊接,施加压力15-30MPa,真空热压炉抽真空至 1×10^{-2} Pa时,保温保压结束后,卸压,温度以 $7^\circ\text{C}/\text{min}$ 降温至 700°C ,然后随炉冷却。

[0007] 中国专利CN112548414A公开了一种环保型铜铝焊接工艺,包括铜件及焊接于铜件上的铝件;所述焊接工艺包括为:将铝件成型并将表面清洁;在清洁后的表面上喷涂上铜粉层;将铝件通过喷涂铜层焊接在铜件上;在焊接前通过喷涂方式形成焊接涂层,在焊接过程

中更加稳定,尤其适合铝对铜铜及铝对铝的焊接,在通过焊盘涂层作用下使得铝件不需要在进行镀镍表面处理即可焊接,在喷涂方式效率更高;原有铝件焊接时需要先进行镀镍,本发明喷涂方式比电镀更环保。

[0008] 目前国内关于高强度叠层钛合金生产方法处于空白。因此,如何对高强度叠层钛合金进行焊接是本领域亟待解决的问题。

发明内容

[0009] 有鉴于此,本发明旨在提出一种异种高强钛合金扩散焊接方法,以解决现有技术中异种高强钛合金在热轧过程中无法粘合、开裂等问题。

[0010] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0011] 一种异种高强钛合金扩散焊接方法,包括如下步骤:

[0012] (1) 试样表面清理:对两种钛合金待焊表面进行打磨并抛光,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu m$,然后采用酸液去除待焊表面氧化膜,焊接前用酒精擦拭待焊表面,去除表面杂质残留,冷风吹干;

[0013] (2) 试样装炉:将步骤(1)所得的表面清理干净的两种钛合金对接;

[0014] (3) 扩散焊接:将步骤(2)所得的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间,然后进行扩散焊接,保持试样与压头之间良好的轴向对中性,通过上压头对待焊试样施加压力5-25MPa,使得金属之间紧密接触,随后进行卸压;进行三次保温保压,保温保压结束后,卸压,先缓冷,然后随炉冷却。

[0015] 进一步的,所述(1)中的酸液为氢氟酸和硝酸的混合溶液。

[0016] 进一步的,所述(1)和(2)中的两种钛合金为钛合金TC4和钛合金Ti80。

[0017] 进一步的,所述(3)中三次保温保压方法为:对真空热压炉进行抽真空,当真空度达到 $1.0 \times 10^{-2} Pa$ 时,将温度升至850℃进行初次保温保压,压力保持在15MPa;待初次保温保压结束后进行二次保温保压,温度升到接近相变点的温度950℃,保温保压时间2.5h;二次保温保压结束后,再将温度降温到850℃进行第三次保温保压。

[0018] 进一步的,升温至850℃之前的升温速率为7℃/min。

[0019] 进一步的,二次保温保压结束后,以10℃/min进行降温至850℃进行第三次保温保压。

[0020] 进一步的,第三次保温保压结束后便进行卸压,同时将温度以10℃/min进行降温至700℃,然后随炉冷却。

[0021] 进一步的,扩散焊结束后进行缓冷降温,降温速率为7℃/min。

[0022] 进一步的,所述(3)所得的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间时,确保两种钛合金之间的间隙小于0.1mm。

[0023] 进一步的,两种钛合金的厚度均为1~10mm。

[0024] 相对于现有技术,本发明所述的异种高强钛合金扩散焊接方法具有以下优势:采用真空热压炉研制出一种高强度叠层钛合金生产方法,填补国内空白,为高强度叠层钛合金提供了新的设计解决方案。

[0025] (1) 与传统热轧工艺相比,采用扩散焊接方法进行异种高强钛合金的复合,成功实现了异种高强钛合金之间的复合;

[0026] (2) 本发明采用三次保温保压,使得金属界面间紧密接触,保证原子扩散,同时有效消除扩散后热应力,防止试样变形;

[0027] (3) 本发明对真空扩散焊接后采用缓冷的方法,对于消除界面焊接应力起到帮助;

[0028] (4) 本发明方法工艺简单,能广泛应用于多种高强钛合金之间的复合。

附图说明

[0029] 图1为本发明真空扩散焊接温度-时间流程示意图;

[0030] 图2为实施例1中焊缝区域界面形貌。

具体实施方式

[0031] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0032] 一种钛合金TC4和钛合金Ti80异种金属扩散焊方法,具体步骤如下:

[0033] (1) 试样表面清理:对钛合金TC4和钛合金Ti80待焊表面进行打磨并抛光,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0\mu m$,然后采用氢氟酸及硝酸一定比例的混合酸液,去除待焊表面氧化膜,使得待焊表面能很好的接触。焊接前用酒精擦拭待焊表面,去除表面杂质残留,冷风吹干;

[0034] (2) 试样装炉:将步骤(1)所得的表面清理干净的钛合金TC4和钛合金Ti80按照顺序对接,顺序为:钛合金TC4-钛合金Ti80,或钛合金Ti80-钛合金TC4;

[0035] (3) 扩散焊接:将步骤(2)所得的按顺序叠放好的试样置于真空热压炉上压头和下压头之间。然后进行扩散焊接,保持试样与压头之间良好的轴向对中性,通过上压头对待焊试样施加压力5-25MPa,使得金属之间紧密接触,随后进行卸压;进行三次保温保压。保温保压结束后,卸压,先缓冷,然后随炉冷却。

[0036] 本申请发明人通过大量试验,选择了三次保温保压方法为:

[0037] 对真空热压炉进行抽真空,当真空度达到 $1.0 \times 10^{-2} Pa$ 时,便进行以 $7^\circ C/min$ 的速率将温度升至 $850^\circ C$ 进行初次保温保压,压力保持在15MPa,使得钛合金TC4-钛合金Ti80界面紧密接触并发生塑性变形;待初次保温保压结束后进行二次保温保压,温度升到接近相变点的温度 $950^\circ C$,保温保压时间2.5h;二次保温保压结束后,再将温度以 $10^\circ C/min$ 降温到 $850^\circ C$ 进行第三次保温保压;第三次保温保压结束后便进行卸压。同时将温度以 $10^\circ C/min$ 进行降温至 $700^\circ C$,然后随炉冷却。

[0038] 扩散焊结束后进行缓冷降温,降温速率为 $7^\circ C/min$,使用较慢的降温速率避免了因两种钛合金膨胀系数不一样,在降温过程中收缩不均匀产生的应力。当炉内温度降到 $700^\circ C$ 后,可直接采用炉冷。

[0039] 通过扩散温度、温度大小、保温时间、压力大小、保压时间之间的合理匹配,使得接触面间的原子得到充分的扩散,界面达到较高的结合强度。本发明方法工艺简单、高效,能成功的应用于异种高强钛合金之间的叠层复合。

[0040] 实施例1

[0041] 对4mm的钛合金TC4和4mm的钛合金Ti80待焊表面进行机械打磨抛光,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0\mu m$,然后采用氢氟酸及硝酸一定比例的混合酸液,去除待焊表面氧化膜,使得待焊表面能很好的接触。焊接前用酒精擦拭待焊表面,去除表面杂质残留,冷风吹干,避免杂质

渗入焊缝中损坏焊缝的性能。

[0042] 上述的清理方法均是本领域知晓的现有技术；

[0043] 将表面清理干净后的钛合金TC4和钛合金Ti80对接放置。固定在真空扩散炉的炉膛中的上、下压头之间，并确保间隙小于0.1mm；

[0044] 固定好后，按照规范的流程进行操作，首先通过上、下压头对待焊件施加预压力10MPa，使得待焊件稳定固定在压头之间；随后进行抽真空，当真空度达到 1.0×10^{-2} Pa时，便进行真空扩散焊接工艺，本实施例扩散时间为2.5h，扩散焊接压强为5MPa，扩散焊接温度为950℃，采用真空扩散机进行扩散焊接。

[0045] 具体操作所示，首先以7℃/min的速率将温度升至850℃进行初次保温保压，在15MPa压力下保压45min，使得钛合金TC4-钛合金Ti80界面紧密接触并发生塑性变形；待初次保温保压结束后进行二次保温保压，温度升到接近相变点的温度950℃，保温保压时间2.5h；二次保温保压结束后，再将温度以10℃/min降温到850℃，在15MPa压力下进行第三次保温保压；第三次保温保压结束后便进行卸压。同时将温度以10℃/min进行降温至700℃，然后随炉冷却。焊接完成后，待试样冷却至室温，再打开炉膛，取出试样，便得到8mm的钛合金TC4和钛合金Ti80复合板。

[0046] 实施例2

[0047] 采用与实施例1相同的工艺进行4mm钛合金TC4和4mm钛合金Ti80进行扩散焊复合，除采用的扩散焊接温度(亦即二次保温温度)为960℃，其他条件与实施例1一样。

[0048] 实施例3

[0049] 采用与实施例1相同的工艺进行4mm钛合金TC4和4mm钛合金Ti80进行扩散焊复合，除采用的扩散焊接温度(亦即二次保温温度)为970℃，其他条件与实施例1一样。

[0050] 实施例1-3，比较不同的扩散焊接温度对异种高强钛合金真空扩散焊之间焊缝性能的影响，结果如下表1所示，本发明均根据国标GB/T228-2002规定，对焊接试样在室温进行拉伸试验，加载速率为0.5mm/min。

[0051] 表1为钛合金TC4和钛合金T803焊接部件力学性能

试样	剪切强度 (N/mm ²)	抗拉强度 (MPa)
实施例1 (扩散焊温度为950℃)	646	490
实施例2 (扩散焊温度为960℃)	704	603
实施例3 (扩散焊温度为970℃)	698	520

[0053] 虽然本发明披露如上，但本发明并非限于此。任何本领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，均可作各种更动与修改，因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

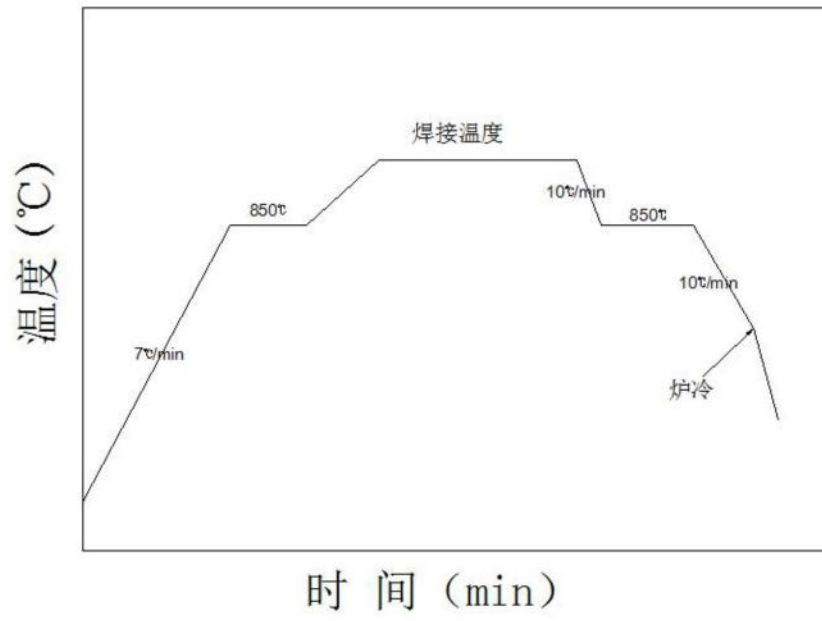


图1

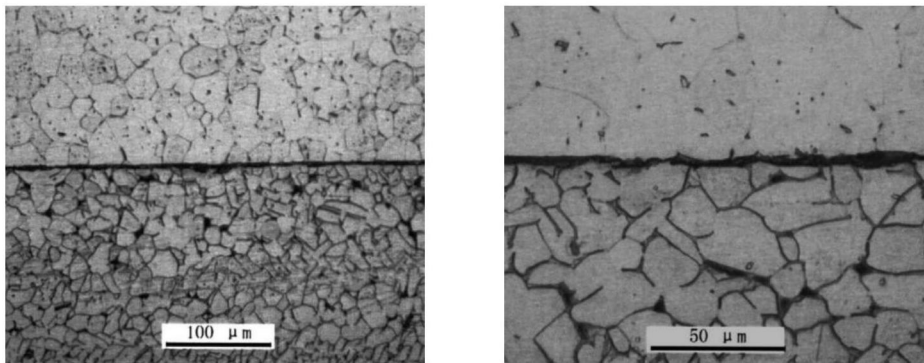


图2