



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111421218 A

(43)申请公布日 2020.07.17

(21)申请号 202010350732.9

(22)申请日 2020.04.28

(71)申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72)发明人 李细锋 朱富慧 陈军

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限

公司 31225

代理人 顾艳哲

(51)Int.Cl.

B23K 20/02(2006.01)

B23K 20/26(2006.01)

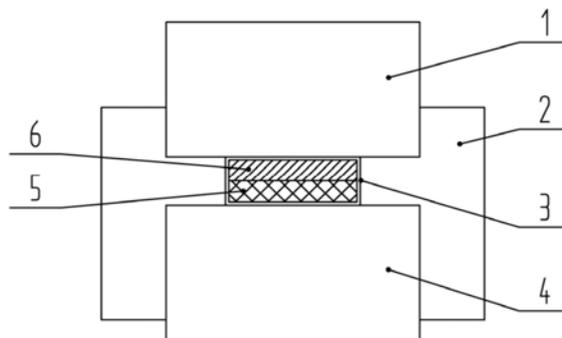
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法

(57)摘要

本发明涉及一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,将置氢的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置于包套内,将包套抽真空并保持密封,将密封的包套置于热压设备上压头和下压头之间,升至设定的扩散焊温度后,通过上、下压头对包套施加设定的扩散焊压力,保温保压一段时间后卸压,随炉冷却。本发明采用包套限制氢的逸出,使扩散焊始终处于氢氛围条件下进行,解决真空条件下氢的逸出导致置氢作用显著下降的问题。该方法所获得的扩散焊接头具有韧性断裂特征,接头剪切强度高,无界面孔洞及裂纹等,且操作简单,对扩散焊设备无特殊要求。



1. 一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,将置氢的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置于包套内,将包套抽真空并保持密封,将密封的包套置于热压设备上压头和下压头之间,升至设定的扩散焊温度后,通过上、下压头对包套施加设定的扩散焊压力,保温保压一段时间后卸压,随炉冷却。

2. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,所述包套包覆在叠放的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊试样外,所述包套的形状与待焊试样的外形相匹配,所述包套内的真空度为 5×10^{-3} Pa以下。

3. 根据权利要求2所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,所述包套为Q235钢材料制得。

4. 根据权利要求2所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,所述包套连接一抽气管,所述抽气管连接分子泵或扩散泵,所述抽气管上设有截断阀。

5. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,所述Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置氢后的氢含量分别为其重量的0.2wt%~0.4wt%。

6. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,扩散焊的温度为800℃~900℃,扩散焊的压力为10~20MPa,扩散焊的时间为15~20min。

7. 根据权利要求6所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,扩散焊的温度为850℃,扩散焊的压力为15MPa,扩散焊的时间为15min。

8. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,所述Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金放于置氢炉内置氢,置氢前将Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的坯料表面用丙酮清洗。

9. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,进行扩散焊之前,对试样表面进行预处理,对Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊的表面进行打磨,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu\text{m}$,将打磨后的试样放入丙酮中超声清洗10~15min,用酒精擦拭待焊表面,冷风吹干,得到清理后的试样。

10. 根据权利要求1所述的一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,其特征在于,将密封的包套置于热压设备上压头和下压头之间,以10~15℃/min的速率升温。

一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法

技术领域

[0001] 本发明属于材料焊(连)接技术领域,尤其是涉及一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法。

背景技术

[0002] Ti₂AlNb基合金最初是在1988年由印度国防实验室Banerjee等人提出,随后得到了国内外学者的广泛关注和研究。该合金具有优异的综合性能,与常规钛基合金相比,表现出更高的抗蠕变性能;与Ti₃Al、TiAl等钛基金属间化合物相比,拥有更好的韧性和可加工性;与镍基高温合金相比,具有更为优异的比强度。因而Ti₂AlNb基合金有希望应用于航空航天领域,而针对航空件结构设计或经济性的要求,有必要实现Ti₂AlNb基合金与常规钛合金的高性能连接。

[0003] 扩散焊(diffusion bonding)是一种通过光洁表面间的原子扩散使待焊面结合的固态连接技术,能够连接同种或异种材料。相较于熔化焊,扩散焊有效避免了材料的熔化和凝固以及异质元素的引入,从而易于获得高性能的连接接头。扩散焊技术已经广泛用于钛合金件的连接,也适用于Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的连接。然而,扩散焊往往要求材料在高温条件下长时间保温,过低的扩散焊温度和过短的保温时间容易导致焊合不良。一种行之有效的方法是在扩散焊之前进行置氢处理来改善材料的扩散焊性能。

[0004] 热氢处理(thermohydrogen processing)是指将适量的氢作为临时合金元素引入材料中,从而显著改善其热塑性及组织的技术,这一技术尤其适用于钛及其合金。同时,钛合金中氢的引入能够提高钛及其它合金元素的互扩散能力。对于异种钛合金的扩散焊而言,两种材料接触表面的塑性变形和元素扩散是消除界面孔洞和实现冶金结合的重要途径。因而,钛合金的置氢处理能够通过改善其塑性和元素扩散性来加速扩散焊过程。

[0005] 哈尔滨工业大学冯吉才和刘宏等研究了置氢TC4合金扩散焊性能,研究表明,合适的氢含量有利于加速扩散焊过程中界面孔洞的闭合,从而加速无缺陷扩散焊接头的形成。他们还发现,当温度超过约600℃,氢开始大量逸出,因而不得不采用快速加热的方式来减缓加热过程中氢的逸出,从而改善扩散焊性能,然而,由于需要快速加热,这样对扩散焊设备就有了更苛刻的要求,扩散焊件的形状和尺寸都受到严重限制(Feng J C,Liu H,He P,Cao J.Effects of hydrogen on diffusion bonding of hydrogenated Ti6Al4V alloy containing 0.3wt%hydrogen at fast heating rate.International Journal of Hydrogen Energy,2007年;Liu H,Cao J,He P,Feng J C.Effect of hydrogen on diffusion bonding of commercially pure titanium and hydrogenated Ti6Al4V alloys.International Journal of Hydrogen Energy,2009年)。

[0006] 何鹏等采用置氢TC4中间层扩散连接了TiAl基合金,与TiAl基合金直接扩散焊相比,所需的扩散焊温度降低了260℃,从而实现了TiAl基合金的低温扩散焊,然而其只采用了置氢中间层,而未将待焊母材置氢,很大程度上降低了氢的作用效果。另外,对于复杂的扩散焊结构件使用中间层就会受到很大限制(申请公布号CN101176946A)。

[0007] 对现有Ti₂AlNb基合金与常规钛合金连接的研究的检索发现:哈尔滨工业大学雷正龙等研究了Ti₂AlNb基合金与TC4合金的激光焊技术,获得了性能较为优异的焊接接头,但熔池区仍是接头的薄弱区域,熔池区和热影响区也导致了组织不均匀性,该方法也无法像扩散焊一样实现待焊面的大面积焊合(雷正龙,刘鸣,张可召,陈彦宾.光束偏移对Ti₂AlNb/TC4异种钛合金激光焊接特性的影响.中国激光,2015年)。合肥工业大学李萍等研究了Ti₂AlNb基合金与TA15合金的扩散焊技术,获得了良好的扩散焊接头,但是所需的扩散焊温度超过920℃,所需的扩散焊时间超过120min,无法实现低温扩散焊(Li P, Ji X H, Xue K M. Diffusion bonding of TA15 and Ti₂AlNb alloys: interfacial microstructure and mechanical properties. Journal of Materials Engineering and Performance, 2017年)。

发明内容

[0008] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷,而提供一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,以解决慢速加热置氢扩散焊效果不佳,快速加热又对扩散焊设备要求高、扩散焊件形状和尺寸受到严重限制,以及目前常规扩散焊温度过高、扩散焊件组织性能劣化等问题。

[0009] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0010] 一种置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊方法,将置氢的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置于包套内,将包套抽真空并保持密封,将密封的包套置于热压设备上压头和下压头之间,升至设定的扩散焊温度后,通过上、下压头对包套施加设定的扩散焊压力,保温保压一段时间后卸压,随炉冷却。

[0011] 本发明通过采用包套限制氢的逸出,使扩散焊始终处于氢气氛条件下进行,解决了真空条件下氢的逸出导致置氢作用显著下降的问题。

[0012] 优选地,所述包套包覆在叠放的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊试样外,所述包套的形状与待焊试样的外形相匹配,且包套内的真空度为 5×10^{-3} Pa以下。

[0013] 优选地,所述包套为Q235钢材料制得,该材料价格便宜,且变形性能优异。

[0014] 优选地,所述包套连接一抽气管,所述抽气管连接分子泵或扩散泵,所述抽气管上设有截断阀。

[0015] 优选地,所述Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置氢后的氢含量分别为其重量的0.2wt%~0.4wt%。

[0016] 优选地,扩散焊的温度为800℃~900℃,扩散焊的压力为10~20MPa,扩散焊的时间为15~20min。

[0017] 优选地,扩散焊的温度为850℃,扩散焊的压力为15MPa,扩散焊的时间为15min,明显低于常规扩散焊所需的温度、压力和保压时间。

[0018] 优选地,所述Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金放于置氢炉内置氢,置氢前将Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的坯料表面用丙酮清洗。

[0019] 优选地,进行扩散焊之前,对试样表面进行预处理,对Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊的表面进行打磨,使其粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu m$,将打磨后的试样放入丙酮中超声清洗10~15min,用酒精擦拭待焊表面,冷风吹干,得到清理后的试样。

[0020] 优选地,将密封的包套置于热压设备上压头和下压头之间,以10~15°C/min的速率升温。

[0021] 本发明采用合适的扩散焊温度、压力和时间等参数,可在两种材料界面处形成良好过渡的冶金结合层。实现了Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的低温扩散焊,所获得的扩散焊接头具有韧性断裂特征,接头剪切强度高于700MPa,无界面孔洞及裂纹等,且操作简单,对扩散焊设备无特殊要求。

[0022] 置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的低温扩散焊主要通过三种机制提高接头质量,即改善基体材料的塑性、增加元素扩散能力和实现组织调控。与现有技术相比,本发明通过在置氢Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金低温扩散焊过程中,将置氢的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置于包套内,并将包套抽真空并保持密封,由于置氢的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金被包套密封包裹,在加热过程氢不会逸出该空间,并随着热压设备上压头和下压头的施压,氢有效发挥加速扩散焊过程中界面孔洞的闭合作用,加速无缺陷扩散焊接头的形成。进而解决了现有技术中为减缓加热过程氢逸出不得不采用快速加热方式,对扩散焊设备要求高、扩散焊件形状和尺寸受到严重限制的问题。同时,本发明扩散焊温度不高、扩散焊时间短,产品接头剪切强度高。

附图说明

[0023] 图1为本发明的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置氢扩散焊装置结构示意图。

[0024] 图1中:1为上压头,2为加热室,3为Q235钢包套,4为下压头,5为Ti₂AlNb基合金,6为TC4钛合金。

具体实施方式

[0025] 下面结合试验例及具体实施方式对本发明作进一步的详细描述。但不应将此理解为本发明上述主题的范围仅限于以下的实施例,凡基于本发明内容所实现的技术均属于本发明的范围。

[0026] 本发明实施例中涉及的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金均由宝鸡钛业股份有限公司提供。本发明在实现扩散焊过程中,其具体设备结构示意图如图1所示。1为上压头,2为加热室,3为Q235钢包套,4为下压头,5为Ti₂AlNb基合金,6为TC4钛合金。上、下压头用于实现加压,加热室用于加热到设定的扩散焊温度。总之,只要能实现加热和调整温度、压力的热压设备都可以,这只是一个示范例子。

[0027] 实施例1

[0028] 将Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金坯料表面用丙酮清洗后,分别放于置氢炉里,获得氢含量为0.2wt%的置氢Ti₂AlNb基合金与氢含量为0.2wt%的置氢TC4钛合金。对Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊表面进行打磨,使其粗糙度Ra≤1.0μm;将打磨后的试样放入丙酮中超声清洗10~15min,用酒精擦拭待焊表面,冷风吹干,得到清理后的试样。将叠放好的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金待焊试样置于Q235钢包套内,利用分子泵或扩散泵将包套内的真空度抽至5×10⁻³Pa以下,并密封包套。包套置于图1所示热压设备上压头和下压头之间,以10~15°C/min的速率升温,升至扩散焊温度850°C后,通过上、下压头对待焊试样施加扩散焊压力15MPa;保温保压15min后,卸压,然后随炉冷却,得到Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金

的扩散焊件。

[0029] 实施例2

[0030] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,扩散焊温度降至800℃;其它条件与实施例1相同。

[0031] 实施例3

[0032] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,扩散焊温度升至900℃;其它条件与实施例1相同。

[0033] 对比例1

[0034] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,Ti₂AlNb基合金氢含量为0.2wt%,TC4钛合金不含氢;其它条件与实施例1相同。

[0035] 对比例2

[0036] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,Ti₂AlNb基合金不含氢,TC4钛合金氢含量为0.2wt%;其它条件与实施例1相同。

[0037] 对比例3

[0038] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,Ti₂AlNb基合金不含氢,TC4钛合金氢含量为0.4wt%;其它条件与实施例1相同。

[0039] 对比例4

[0040] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,Ti₂AlNb基合金不含氢,TC4钛合金不含氢;其它条件与实施例1相同。

[0041] 对比例5

[0042] 采用与实施例1相同的工艺进行Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金的扩散焊,不采用包套,氢含量都为0.2wt%的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置于真空热压炉内,真空度抽至 5×10^{-3} Pa以下;其它条件与实施例1相同。

[0043] 对于上述实施例及对比例,测试室温条件下接头剪切强度,进行了接头金相观察,基于能谱线扫描测定了元素扩散过渡区的宽度,实施例1的接头剪切强度高于700MPa。

[0044] 当采用本发明的Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金置氢扩散焊方案时,氢含量的搭配和扩散焊温度均会对扩散焊接头性质及剪切强度产生显著影响。结果也显示元素扩散过渡区宽度与接头剪切强度存在一定的正相关关系。

[0045] 对比例5与实施例1相比,发现Ti₂AlNb基合金与TC4钛合金扩散焊,不采用包套时,获得的接头强度显著降低,通过金相发现扩散焊界面存在未闭合孔洞,表明氢未发挥促进Ti₂AlNb基合金和TC4合金的扩散焊连接作用。

[0046] 对比例4与其它实施例比较,发现Ti₂AlNb基合金和TC4合金均不置氢时,获得的接头强度最低,同时通过金相能够发现扩散焊界面存在未闭合孔洞,这表明氢的存在促进了Ti₂AlNb基合金和TC4合金的扩散焊连接。

[0047] 对比实施例1、对比例1-3,发现当Ti₂AlNb基合金和TC4合金的置氢量均为0.2wt%时,获得的接头强度最好。

[0048] 对比实施例1、2、3,发现当Ti₂AlNb基合金和TC4合金的置氢量均为0.2wt%时,温度对扩散焊影响显著,升高扩散焊温度有助于促进扩散焊,但对实施例3的金相过程发现采用900℃扩散焊温度时,由于置氢降低了TC4的β转变温度,TC4合金组织中晶粒显著粗化,从

而进一步影响部件性能。

[0049] 综上所述,实施例1具有最好的综合性能, Ti_2AlNb 基合金和TC4合金置氢扩散焊的优选氢含量为0.2wt%,优选温度为850℃。

[0050] 本发明不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的新特征或任何形式新的组合,以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。

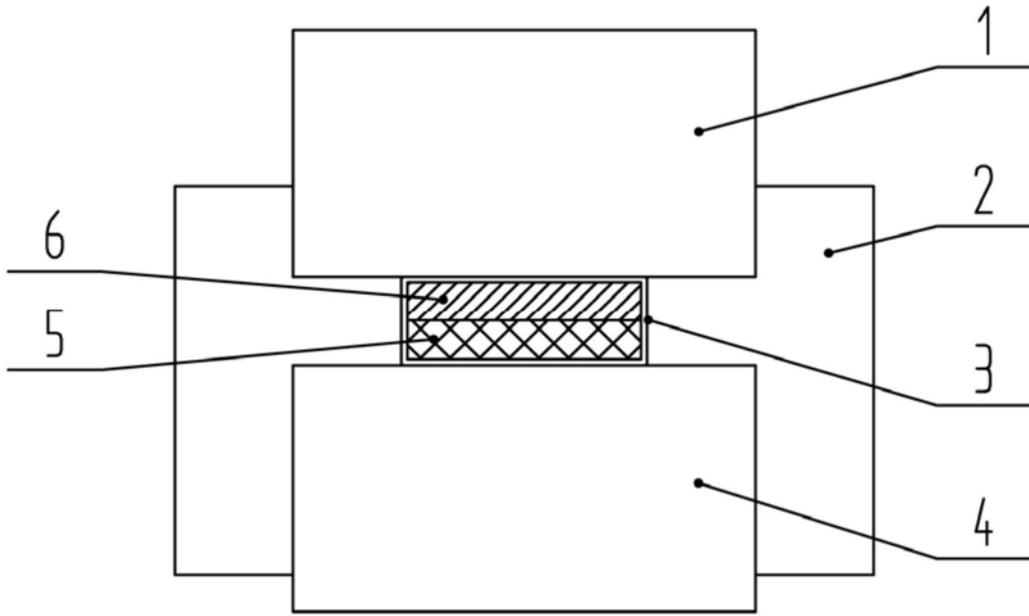


图1