



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102909483 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 06

(21) 申请号 201210410262. 6

(22) 申请日 2012. 10. 24

(71) 申请人 中国航空工业集团公司北京航空材料研究院

地址 100095 北京市海淀区北京 81 信箱

(72) 发明人 熊华平 叶雷 李晓红 陈波

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008  
代理人 陈宏林

(51) Int. Cl.

B23K 35/30 (2006. 01)

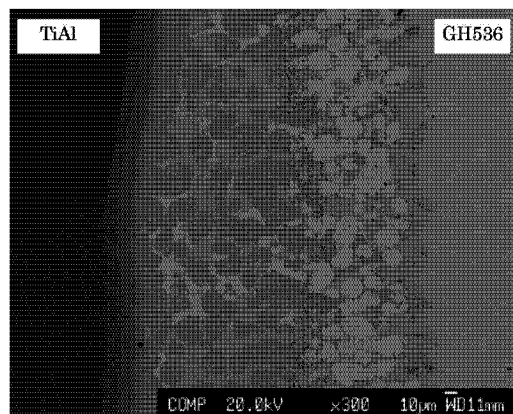
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

### (54) 发明名称

用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁钴镍铬基钎料

### (57) 摘要

本发明是一种用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁-钴-镍-铬基钎料,其成份及重量百分比为: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :1.5 ~ 6.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe : 余量, 或者是: Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :1.5 ~ 5.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe : 余量。本发明钎料在 1160° C ~ 1200° C 的钎焊温度下获得 TiAl 与镍基高温合金接头,对应钎焊接头的室温剪切强度达到 286 ~ 320MPa, 760° C 剪切强度达到 246 ~ 290MPa。本发明钎料适于 TiAl 和镍基高温合金的连接。



1. 一种用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁 - 钴 - 镍 - 铬基钎料, 其特征在于: 该种钎料的化学成份及重量百分比为: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :1.5 ~ 6.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe : 余量, 或 Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :1.5 ~ 5.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe :余量。

2. 根据权利要求 1 所述的用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁 - 钴 - 镍 - 铬基钎料, 其特征在于: 该种钎料的化学成份及重量百分比为: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :1.5 ~ 6.5, B :1.5 ~ 2.5, Fe :余量。

3. 根据权利要求 1 所述的用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁 - 钴 - 镍 - 铬基钎料, 其特征在于: 该种钎料的化学成份及重量百分比为: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :3.5 ~ 5.0, B :1.5 ~ 2.5, Fe :余量。

4. 根据权利要求 1 所述的用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁 - 钴 - 镍 - 铬基钎料, 其特征在于: 该种钎料的化学成份及重量百分比为: Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :1.5 ~ 5.5, B :1.5 ~ 3.0, Fe :余量。

5. 根据权利要求 1 所述的用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁 - 钴 - 镍 - 铬基钎料, 其特征在于: Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :2.5 ~ 4.5, B :1.5 ~ 3.0, Fe :余量。

## 用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁钴镍铬基钎料

### 技术领域

[0001] 本发明是一种用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁-钴-镍-铬基钎料,属于焊接技术领域。

### 背景技术

[0002] TiAl 合金具有低密度、高比强度、良好的高温抗氧化、抗蠕变性能,是非常具有发展前途的轻质耐高温结构材料,被公认为是钛合金和高温合金的替代材料,在航空、航天、汽车等领域具有良好的应用前景。对于 TiAl 合金,为了扩大其工程化应用范围,焊接技术将显得尤为重要问题。其中包括 TiAl 合金自身以及 TiAl 合金与其它金属的连接。钎焊是一种适于连接 TiAl 合金的方法。当前国内外对 TiAl 合金的钎焊研究主要集中在其自身连接上,对于 TiAl 合金与其它金属的连接主要为 TiAl 和钢的连接,而 TiAl 和高温合金的连接很少见报道。

[0003] 国内陈波采用 Ti-15Cu-15Ni 钎料钎焊 TiAl/42CrMo 钢,接头平均拉伸强度为 95MPa。(陈波,熊华平,毛唯,程耀永,叶雷,吴欣.采用 Ti-15Cu-15Ni 钎料的 TiAl/42CrMo 钢接头组织及形成机理.航空材料学报,2006,26(3):317-318.)刘会杰采用 Ag-Cu-Ti 钎料钎焊 TiAl/40Cr 钢,接头室温剪切强度为 170MPa。(Liu Huijie,Feng Jicai Microstructure and strength of vacuum brazed joints of TiAl-based alloy to 40Cr steel. Materials Science and Technology, 2002, 18(9):1049-

[0004] 1051.)。李卓然采用 Ag-Cu 钎料与 Ti-Zr-Ni-Cu 钎料对 TiAl 与 Ti 合金进行了真空钎焊发现,采用 Ag-Cu 钎料在钎焊规范为 950° C/10min 时接头剪切强度达到 223.3MPa;采用 Ti-Zr-Ni-Cu 钎料在钎焊规范为 850° C/10min 时接头剪切强度达到 139.97MPa。(李卓然,曹健,冯吉才,王加洪,许桂法.TiAl 基合金与 Ti 合金的真空钎焊.焊接,2006,3:51-54.)。

[0005] 已见专利报道在 TiAl 合金与 Ni 基高温合金之间加 Ti 箔利用接触反应钎焊方法,获得的接头室温剪切强度 240~300MPa,800° C 剪切强度 180~210MPa。(林铁松,何鹏,李海新,刘羽.TiAl 基合金与 Ni 基高温合金的接触反应钎焊连接方法,公开号:CN 101972877A)

### 发明内容

[0006] 本发明正是针对上述现有技术的状况而设计提供了一种用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁-钴-镍-铬基钎料,其目的是对 TiAl 合金与镍基高温合金的钎焊进行深入研究,提高接头室、高温性能,拓宽 TiAl 合金的工程应用领域。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0008] 本发明技术方案提出了一种用于 TiAl 与镍基高温合金钎焊的铁-钴-镍-铬基钎料,其特征在于:该种钎料的化学成份及重量百分比为: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :1.5 ~ 6.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe :余量,或 Co :15.0 ~ 26.0, Ni :

15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :1.5 ~ 5.5, B :0.5 ~ 3.5, Fe :余量。

[0009] 本发明技术方案所述钎料以 Fe、Cr、Co、Ni 元素为基体,可保证钎料的高温性能。加入适当的 Si、B 降熔元素,可得到合适熔化温度的钎料。通过减少钎料中与 Ti 元素反应剧烈的 Ni 元素的含量,增加 Fe、Cr、Co 元素含量,Fe、Cr、Co 元素与 Ti 元素反应程度较 Ni 元素与 Ti 元素反应程度弱,从而达到控制接头界面反应程度的目的,避免接头生成过多的脆性化合物相。钎料中的基体元素 Fe、Co、Cr 在元素周期表中的位置与 Ni 毗邻,性质相近,钎料在钎焊过程中可与镍基高温合金母材有很好的相容性。

[0010] 加入 Si、B 降熔元素主要有两个目的:1)调整钎料的熔化温度区间,使钎料在满足钎焊温度要求的同时能够提高接头性能;2)提高钎料性能,适当减少钎料中的 Si、B 元素,可以减少钎料中的脆性相,有利于钎料制备,同时在钎焊过程中也可减少接头中脆性相的生成,提高接头性能。为此目的,本发明技术方案提出了以下四种化学成份及重量百分比的方案,分别是: Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :1.5 ~ 6.5, B :1.5 ~ 2.5, Fe :余量、Ni :10.0 ~ 15.8, Co :6.0 ~ 14.0, Cr :6.0 ~ 14.0, Si :3.5 ~ 5.0, B :1.5 ~ 2.5, Fe :余量、Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :1.5 ~ 5.5, B :1.5 ~ 3.0, Fe :余量 和 Co :15.0 ~ 26.0, Ni :15.9 ~ 21.0, Cr :15.0 ~ 22.0, Si :2.5 ~ 4.5, B :1.5 ~ 3.0, Fe :余量。

[0011] 本专利钎料以 Fe、Co、Cr、Ni 元素为基体,与 Ag 基、Ti 基钎料相比,原材料成本明显减少,有效降低了钎料生产成本。对于利用该钎料进行钎焊生产而言,也可显著降低生产成本。

#### 附图说明

[0012] 图 1 为采用本发明技术方案钎料钎焊 TiAl/ 镍基高温合金 GH536 的接头组织的照片

#### 具体实施方式

[0013] 以下将结合实施例对本发明技术方案作进一步地详述:

[0014] 表 1 给出了本发明技术方案所述钎料的成份及重量百分比组成。

[0015] 表 1 本发明技术方案所述钎料的成分及重量百分比

实施例	成分 (wt%)					
	Ni	Co	Cr	Si	B	Fe
1	10	6	6	1.5	0.5	余
2	10	6	6	3.5	1.5	余
3	10	6.5	6	6.5	2.5	余
4	10	10	8.5	3.5	2.5	余
5	12	8	6	1.5	0.5	余
6	12	12	6.5	2	2.5	余
7	12	10.5	8	5	3.5	余
8	12	14	12	2.5	2.5	余
9	14	10	6	4.5	2	余
10	14	8	8	5.5	3	余
[0016] 11	14	12	12	1.5	0.5	余
12	14	6	8.5	1.5	3.5	余
13	15.8	10	12.5	2	3	余
14	15.8	12.5	7.5	4	2.5	余
15	15.8	14	14	6.5	3.5	余
16	15.9	15	15	1.5	0.5	余
17	15.9	15	15	2.5	1.5	余
18	15.9	15	15	5.5	3.5	余
19	15.9	18	17	1.5	0.5	余
20	17.5	20.5	18.5	2	2	余
21	17.5	23	20	5.5	3.5	余
22	17.5	26	22	4	2.5	余
23	17.5	26	22	5.5	3.5	余
24	19	20	18	1.5	0.5	余
25	19	22.5	16.5	2.5	2	余
26	19	26	14	5.5	2.5	余
[0017] 27	19	24	20	4	3	余
28	21	15	15	1.5	3.5	余
29	21	23	20	3.5	3.5	余
30	21	26	22	5.5	3.5	余

[0018] 制备上述钎料的方法是,首先在氩气保护条件下采用电弧熔炼方法将此钎料原料按配比称取后熔炼成合金锭,原料为纯度不低于 99.0% 的高纯 Ni、Co、Cr、Si、B、Fe,然后使用下述方法之一制备钎料:

[0019] (1) 采用氩气雾化制粉设备制备粉末状钎料;

[0020] (2) 在氩气保护条件下采用急冷态箔材制备设备制备急冷箔带钎料,对于单辊法快速凝固过程,单辊需以 1000 ~ 10000r/min 的高速度旋转,钎料锭块熔化形成液态后冷却速率介于 103 ~ 106K/s 之间;

[0021] (3) 采用电火花线切割方法从合金锭上切出薄片,再将薄片正反面机械磨光;

[0022] (4) 由两三种成分简单的合金薄带轧制成具有设计成分的钎料合金复合带;

[0023] (5) 由合金锭通过多次室温轧制、热处理的工艺直接制成合金带材。

[0024] 使用上述钎料进行钎焊的方法是：

[0025] (1) 装配, 根据连接接头的要求进行 TiAl/ 镍基高温合金 GH536 材料之间的装配, 在 TiAl/ 镍基高温合金 GH536 材料的连接界面之间加入粉末状钎料、或急冷箔带钎料、或从合金锭上切出的钎料薄片、或两三种简单成分合金组合轧制而成的钎料复合带材、或由合金锭直接轧制而成的钎料合金带材；

[0026] (2) 加热, 焊件装配后连同夹具一起放入真空加热炉中, 加热到 1030oC ~ 1070oC 钎焊温度下进行 TiAl/ 镍基高温合金 GH536 材料接头的连接, 保温, 再随炉冷却至室温, 加热方式也可采用气体保护感应加热。

[0027] 采用表 1 所示的实施例 1 ~ 30 的成分钎料, 分别以合金粉末状钎料形式、钎料合金复合轧制带、急冷箔带、从钎料合金锭上切出钎料薄片、钎料合金带材使用, 在 1160oC ~ 1200oC 的钎焊温度下进行了 TiAl/GH536 接头的连接, 对应钎焊接头的室温剪切强度达到 286 ~ 320MPa, 760oC 剪切强度达到 246 ~ 290MPa。接头强度在 760oC 下可维持接头室温强度的 85% 以上。而已见报道 TiAl 与镍基高温合金钎焊接头室温剪切强度为 240~300MPa, 800oC 剪切强度 180~210MPa。本专利钎料钎焊接头平均室温强度比已报道接头平均室温强度提高约 12%, 接头平均高温强度比已报道接头平均高温强度提高约 37%。采用本专利钎焊接头高温强度得到显著提高。

[0028] 通过力学性能测试, 采用表 1 所示的实施例 1 ~ 30 的成分钎料, 分别以合金粉末状钎料形式、钎料合金复合轧制带、急冷箔带、从钎料合金锭上切出钎料薄片、钎料合金带材使用, 在 1160oC ~ 1200oC 的钎焊温度下进行了 TiAl/GH536 的连接, 对应钎焊接头室温剪切强度达到 286 ~ 320MPa, 760oC 剪切强度达到 246 ~ 290MPa。接头强度在 760oC 下可维持接头室温强度的 85% 以上。而已见报道 TiAl 与镍基高温合金钎焊接头室温剪切强度为 240~300MPa, 800oC 剪切强度 180~210MPa。本专利钎料钎焊接头平均室温强度比已报道接头平均室温强度提高约 12%, 接头平均高温强度比已报道接头平均高温强度提高约 37%。采用本专利钎料钎焊接头高温强度得到显著提高。

[0029] 表 2 给出了本发明技术方案部分实施例钎焊 TiAl/GH536 接头力学性能。对比实施例 3、9、15 以及 22、26、30 的接头力学性能发现, 当钎料中 Si、B 元素含量降低时, 接头室、高温剪切强度均有所提高。

[0030] 表 2 部分实施例钎焊 TiAl/GH536 接头力学性能

实施 例	成 分 (wt%)						接头剪切强度 (MPa)	
	Ni	Co	Cr	Si	B	Fe	室温	760 °C
3	10	6.5	6	6.5	2.5	余	305	266
9	14	10	6	4.5	2	余	320	288
15	15.8	14	14	6.5	3.5	余	292	246
22	17.5	26	22	4	2.5	余	314	290
26	19	26	14	5.5	2.5	余	297	273
30	21	26	22	5.5	3.5	余	286	251

[0032] 从附图 1 可以看出, 接头组织致密连续, 焊缝与母材达到了良好的冶金结合。接头主要为不同形式的固溶体基体, 焊缝靠近 TiAl 侧有两层宽度很窄的反应层。

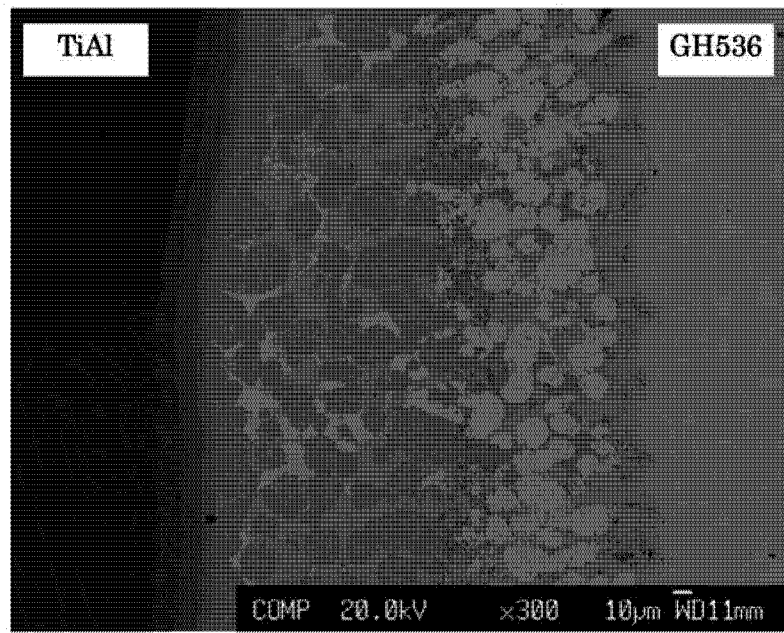


图 1