

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B23K 35/32 (2006.01)

B23K 35/40 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610057574.8

[45] 授权公告日 2008年6月11日

[11] 授权公告号 CN 100393473C

[22] 申请日 2006.3.16

[21] 申请号 200610057574.8

[73] 专利权人 中国航空工业第一集团公司北京航空材料研究院

地址 100095 北京市81号信箱

[72] 发明人 谷卫华 郭绍庆 张学军 袁鸿
余槐 李艳

[56] 参考文献

US5453243A 1995.9.26

CN1739906A 2006.3.1

CN1160619A 1997.10.1

CN1099807A 1995.3.8

钛铝化合物箔的加工. 韩明臣. 钛工业进展, 第6期. 1998

审查员 何军华

[74] 专利代理机构 中国航空专利中心

代理人 李建英

权利要求书2页 说明书5页

[54] 发明名称

高强双相钛合金用焊丝

[57] 摘要

本发明涉及一种适合于多种高强双相钛合金焊接时用焊丝。焊丝的合金成分为(wt%): Al: 3.0~5.0, Mo: 1.5~3.0, V: 1.5~3.0, Zr: 1.0~2.0, Nb: 3.0~5.0, Hf: 0.1~0.3, Ti: 余量。制备填充材料或焊丝时: (合金 Al)Ti、Zr、Hf以0级海绵态添加, Al、Mo、V、Nb以Al基中间合金形式添加;在真空自耗电弧炉熔炼铸锭 ≥ 3 次;锻造、退火处理,拉拔。

1. 一种高强双相钛合金焊接用焊丝，其合金成分的重量百分比为：Al:3.0~5.0， Mo:1.5~3.0， V: 1.5~3.0， Zr: 1.0~2.0， Nb:3.0~5.0， Hf: 0.1~0.3， Ti: 余量；焊丝的制备方法是：

(1) 合金 Ti、Zr、 Hf 以 0 级海绵态添加， Al、 Mo、 V、 Nb 以 Al 基中间合金形式添加；

(2) 在真空自耗电弧炉熔炼铸锭 ≥ 3 次；

(3) 将铸锭去缩孔，车表皮后，进行开坯锻造，锻造规范为：加热温度 $1100 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min；

(4) 将开坯锻后的焊料自由锻为棒材，自由锻造规范为：加热温度 $950 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间：30~60min，保温时间随焊料横截面的缩小而相应缩短；

(5) 将自由锻造后的棒材先进行退火处理，退火规范为： $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min，空冷，然后在热轧设备上将其轧为细棒材或箔材或带材；

(6) 将热轧后的细棒材在拉丝设备上进行拉拔，在拉丝过程中，不断对细棒材进行退火处理，退火规范为 $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 20min，空冷，直至将其拉拔为目标尺寸的焊丝；将热轧后的箔材或带材线切割为填充材料要求的形状与尺寸。

2. 根据权利要求 1 所述的高强双相钛合金用焊丝，其特征是，此焊丝在使用之前，对其进行真空除氢处理，将焊丝酸洗烘干后，放入真空炉内除气；酸洗溶液为：HF+HNO₃ 水溶液，在烘箱中彻底烘干，真空除氢规范为： $800 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 180min，随炉冷却。

3. 根据权利要求 1 所述的高强双相钛合金用焊丝，其合金成分是， Al:4.0， Mo: 2.0， V: 2.0， Zr: 1.5， Nb: 4.0， Hf: 0.2， Ti: 余量。

4. 根据权利要求 1 所述的高强双相钛合金用焊丝，其合金成分是， Al:3.0， Mo: 1.5， V: 1.5， Zr: 1.5， Nb: 3.0， Hf: 0.3， Ti: 余量。

5. 根据权利要求 1 所述的高强双相钛合金用焊丝，其合金成分

是, Al:4.0, Mo: 3.0, V: 2.0, Zr: 1.5, Nb: 5.0, Hf: 0.15, Ti: 余量。

6. 根据权利要求1所述的高强双相钛合金用焊丝, 其合金成分
是, Al:5.0, Mo: 2.5, V: 2.2, Zr: 1.5, Nb: 4.0, Hf: 0.2, Ti: 余量。

7. 根据权利要求1所述的高强双相钛合金用焊丝, 其合金成分
是, Al:3.0, Mo: 2.0, V: 1.8, Zr: 1.5, Nb: 4.0, Hf: 0.2, Ti: 余量。

8. 根据权利要求1所述的高强双相钛合金用焊丝, 其合金成分
是, Al:4.5, Mo: 2.5, V: 2.5, Zr: 1.5, Nb: 4.5, Hf: 0.15, Ti: 余量。

9. 根据权利要求1所述的高强双相钛合金用焊丝, 其特征是,
焊丝可加工作为填充材料来焊接各种高强双相钛合金的箔材或条材。

高强双相钛合金用焊丝

技术领域

本发明涉及一种适合于多种高强双相钛合金焊接时用的焊丝。

背景技术

我国目前在焊接中强及高强钛合金时，一般选用钼当量近 2.2 的 CΠ2 焊丝(国产化后牌号为 TA20 焊丝)，其化学成分为(wt%): Al 3.5~4.5、V 2.5~3.5、Zr1.0~2.0、Ti 余量。用其焊接中强钛合金时，可以获得力学性能优良的焊接接头；但用其焊接高强钛合金时，由于 CΠ2 焊丝低的合金化程度，不能保证接头必要的强度，在多层焊时这种趋势更为明显。本发明即是针对这种问题，研制出钼当量为 4.0~6.0 的 Ti-Al-Mo-V-Zr-Nb-RE 系多元合金化焊丝，用其焊接各种高强双相钛合金，以获得强度、塑韧性指标都很满意的焊接接头。

发明内容：本发明的目的是提供一种适用于多种高强双相钛合金焊接用焊丝。本发明的技术解决方案是，焊丝的合金成分为 (wt%): Al:3.0~5.0, Mo:1.5~3.0, V: 1.5~3.0, Zr: 1.0~2.0, Nb:3.0~5.0, Hf: 0.1~0.3, Ti: 余量。

制备焊丝的方法：(1) 合金 Ti、Zr、Hf 以 0 级海绵态添加，Al、Mo、V、Nb 以 Al 基中间合金形式添加；(2) 在真空自耗电弧炉熔炼铸锭 ≥ 3 次；(3) 将铸锭去缩孔，车表皮后，进行开坯锻造，锻造规范为：加热温度 $1100 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min；(4) 将开坯锻后的焊料自由锻为棒材，自由锻造规范为：加热温度 $950 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间：30~60min，保温时间随棒材横截面的缩小而相应缩短；(5) 将自由锻造后的棒材先进行退火处理，退火规范为： $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min，空冷，然后在热轧设备上将其轧为细棒材；(6) 将热轧后的细棒材在拉丝设备上拉拔，在拉丝过程中，不断对细棒材进行退火处理，退火规范为 $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 20min，空冷，直至将其拉拔为目标尺寸的焊丝。将热轧后的箔材或带材线切割为填充材料要求的形状与尺寸。

在使用焊丝之前，对其进行真空除氢处理。将焊丝酸洗烘干后，

放入真空炉内除气。酸洗溶液为： $\text{HF}+\text{HNO}_3$ 水溶液，在烘箱中至少 3 小时彻底烘干。真空除氢规范为： $800\pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 180min，随炉冷却。本发明适用焊接各种高强双相钛合金。实验证明，在相同的热处理规范下，用其焊接的抗拉强度近 1200MPa，名义成分为 Ti-5Al-4.75Mo-4.75V-1Cr-1Fe 的 TC18 钛合金，接头强度为基体材料的 100%，冲击韧性为基体材料的 97%；用其焊接的抗拉强度大于 1200MPa，名义成分为 Ti-6Al-2Sn-2Zr-2.5Mo-1.7Cr-2Nb-0.1Si 的 TC21 钛合金，接头强度为基体材料的 100%，冲击韧性为基体材料的 95%；用其焊接的抗拉强度近 1100MPa，名义成分为 Ti-6Al-2.5Mo-1.5Cr-0.5Fe-0.3Si 的 TC6 钛合金，接头强度为基体材料的 110%，冲击韧性为基体材料的 80%。本发明亦可加工为箔材或条材，作为填充材料来焊接各种高强双相钛合金。

具体实施方式

选取合金 (wt%)：Al:3.0~5.0， Mo:1.5~3.0， V: 1.5~3.0， Zr: 1.0~2.0， Nb:3.0~5.0， Hf: 0.1~0.3， Ti: 余量。

焊丝的制备方法是：

(1) 焊丝成分配比

Ti、Zr、Hf 以 0 级海绵态添加，Al、Mo、V、Nb 以 Al 基中间合金形式添加；

(2) 熔炼铸锭

焊丝铸锭采用真空自耗电弧炉至少三次熔炼，以保证成分均匀。

(3) 开坯锻造

将铸锭去缩孔，车表皮后，进行开坯锻，锻造规范为：加热温度 $1100\pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min。

(4) 自由锻造

将开坯锻后的焊料自由锻为 $\Phi 14\text{mm}$ 的棒材，自由锻造规范为：加热温度 $950\pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间：30~60min，保温时间随棒材横截面的缩小而相应缩短。

(5) 热轧

为消除应力，使组织均匀，将自由锻造后的棒材先进行退火处理，退火规范为： $700\pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min，空冷。然后在热轧设备上将

其轧为细棒材或箔材或带材。

(6) 焊丝的加工

将热轧后的细棒材在拉丝设备上拉拔，在拉丝过程中，不断对细棒材进行退火处理，退火规范为 $700 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 20min，空冷，直至将其拉拔为目标尺寸的焊丝。将热轧后的箔材或带材线切割为填充材料要求的形状与尺寸。

(7) 真空除氢

氢对钛的力学性能，尤其是冲击韧性影响很大，所以必须在焊丝使用前，对其进行真空除氢处理。将焊丝酸洗烘干后，放入真空炉内除气。

酸洗溶液为： $\text{HF} + \text{HNO}_3$ 水溶液，在烘箱中至少 3 小时彻底烘干。

真空除氢规范为： $800 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 180min，随炉冷却。

实施例 1：

选取合金(wt%)：Al：5.0，Mo：1.5，V：3.0，Zr：2.0，Nb：3.0，Hf：0.1，Ti：余量。

制备焊丝：

(1) 焊丝成分配比

Ti、Zr、Hf 以 0 级海绵态添加，Al、Mo、V、Nb 以 Al 基中间合金形式添加；

(2) 熔炼铸锭

焊丝铸锭采用真空自耗电弧炉至少三次熔炼，以保证成分均匀。

(3) 开坯锻造

将铸锭去缩孔，车表皮后，进行开坯锻，锻造规范为：加热温度 $1100 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min。

(4) 自由锻造

将开坯锻后的焊料自由锻为细棒料，自由锻造规范为：加热温度 $950 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间：30~60min，保温时间随焊料横截面的缩小而相应缩短。

(5) 热轧

为消除应力，使组织均匀，将自由锻造后的棒料先进行退火处理，

退火规范为： $700 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 60min，空冷。然后在热轧设备上将其轧为目标尺寸的棒材。

(6) 拉拔焊丝

将目标尺寸的棒材在拉丝设备上拉拔，为消除加工硬化，需不断对棒材进行退火处理。退火规范为 $700 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 20min，空冷，直至将其拉拔为目标尺寸的丝材。

(7) 真空除氢

氢对钛的力学性能，尤其是冲击韧性影响很大，所以必须在焊丝使用前，对其进行真空除氢处理。将焊丝酸洗烘干后，放入真空炉内除气。

酸洗溶液为： $\text{HF} + \text{HNO}_3$ 水溶液，在烘箱中至少 3 小时彻底烘干。

真空除氢规范为： $800 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 180min，随炉冷却。

实施例 2

选取合金 (wt%): Al:3.0, Mo: 3.0, V: 1.5, Zr: 1.0, Nb: 5.0, Hf: 0.3, Ti: 余量。

制备填充材料:

(1) 填充材料成分配比

Ti、Zr、Hf 以 0 级海绵态添加，Al、Mo、V、Nb 以 Al 基中间合金形式添加；

(2) 熔炼铸锭

填充材料用铸锭采用真空自耗电弧炉至少三次熔炼，以保证成分均匀。

(3) 开坯锻造

将铸锭去缩孔，车表皮后，进行开坯锻，锻造规范为：加热温度 $1100 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 60min。

(4) 自由锻造

将开坯锻后的填充材料自由锻为细棒料，自由锻造规范为：加热温度 $950 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温时间：30~60min，保温时间随填充材料横截面的缩小而相应缩短。

(5) 热轧

为消除应力，使组织均匀，将自由锻造后的细棒料先进行退火处理，退火规范为： $700\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 60min，空冷。然后在热轧设备上将其轧为带材。

(6) 带材加工

将带材通过线切割加工为要求的形状尺寸，在高强双相钛合金熔焊时将其作为填充材料过渡到焊缝。

(7) 真空除氢

氢对钛的力学性能，尤其是冲击韧性影响很大，所以必须在填充材料使用前，对其进行真空除氢处理。将填充材料酸洗烘干后，放入真空炉内除气。

酸洗溶液为： $\text{HF}+\text{HNO}_3$ 水溶液，在烘箱中至少 3 小时彻底烘干。

真空除氢规范为： $800\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 180min，随炉冷却。