

# TA15 钛合金蒙皮与骨架的激光焊工艺研究

白平 赵雷

(贵州航天风华精密设备有限公司 贵州 贵阳 550003)

**摘要:** 本文对某钛合金舵面进行了结构及工艺特点分析,采用激光焊进行了试验件的焊接,焊接试验件的接头型式分为产品的搭接接头和丁字接头两种,并进行了各项力学性能检测。通过检测,试验件采用激光焊完全能达到设计文件的要求。

**关键词:** TA15; 蒙皮; 骨架; 激光焊

## 0 引言

TA15 钛合金是含有  $\alpha$  稳定元素 Al 的钛合金,属于近  $\alpha$  型钛合金,其室温及高温性能均较好,且焊接性能也比  $\beta$  型钛合金或者  $\alpha+\beta$  型钛合金要好得多,因而,较多地使用于航空发动机机匣、叶片及航天产品舵面等结构件的制造。

某舵面结构即为钛合金骨架与蒙皮的焊接,对于该结构的焊接,传统焊接方法一般采用 TIG 焊,但因钛及钛合金的性质非常活泼,与氢、氧、氮元素的亲和力大,在  $300^{\circ}\text{C}$  时即开始吸氢,在  $400^{\circ}\text{C}$  时即开始吸氧,在  $600^{\circ}\text{C}$  时即开始吸氮,钛合金焊缝吸收这三种元素均会造成焊缝金属塑性急剧下降,脆性急剧增加,故在钛及钛合金的焊接过程中,一般均需对焊缝进行保护,避免焊缝金属吸收氢、氧和氮,而一般 TIG 焊其焊缝熔池的温度都要超过  $600^{\circ}\text{C}$ ,且由于热量比较分散,造成热影响区比较大,增加了焊缝保护的难度,采用 TIG 焊焊接钛及钛合金时,一般需在焊枪的后部增加一个拖罩,且需对反面焊缝进行保护,但对稍大点的零件往往达不到理想的效果,故对焊接质量要求较高的钛及钛合金的焊接,如必需采用 TIG 焊,一般置于充氩舱中进行。

激光焊是钛及钛合金的焊接的一个发展方向,相对于真空电子束焊接,它不需抽真空,焊接效率得到极大的提升。相对于传统的焊接方法,因其热量高度集中,热输入较小,热影响区也较小,因而保护效果较好,焊接质量也较好,本文主要就某舵面的搭接及对接接头焊缝进行相应的激光焊工艺试验,以达到设计要求的各项技术指标。

## 1 产品结构特点及工艺特点

### 1.1 产品的结构特点

某舵面采用 TA15 钛合金骨架与蒙皮的焊接结构,为了减小结构重量,钛合金骨架上加工了很多减轻孔,为了保证舵面在飞行过程中的空气动力学性能,需在骨架的减轻孔的表面焊接材料厚度为 1.5mm 的 TA15 钛合金蒙皮。

### 1.2 产品的工艺特点

蒙皮四周与骨架的焊接属于搭接焊,其余部位的焊接属于丁字接头。对于搭接焊,由于需保证焊缝强度及焊后气密性要求,焊缝尺寸偏差不得大于 0.3mm;对接丁字接头,由于骨架上的筋的尺寸较小,也需保证焊缝尺寸的精度。

## 2 焊接工艺试验

### 2.1 试验材料及设备

试验材料中母材的牌号及状态的选用与舵面相同,骨架及蒙皮的材料均为 TA15,搭接焊试验骨架尺寸选用  $120\text{mm}\times 20\text{mm}\times 10\text{mm}$ ,丁字接头焊试验骨架尺寸选用  $120\text{mm}\times 20\text{mm}\times 7.5\text{mm}$ ,蒙皮尺寸均为材料均为  $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 1.5\text{mm}$ ,见图 1、图 2 所示。

试验所有的焊接设备选用激光焊机 SJ2000,试样剪切强度测试设备选用 CMT5305 型万能试验机,金相观察设备选用光学电子显微镜。

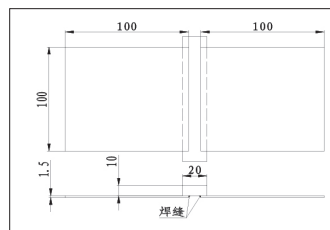


图1 搭接焊试板

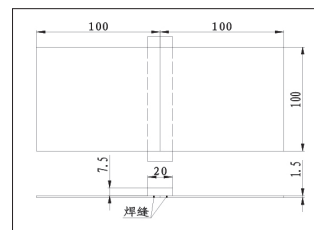


图2 丁字接头焊试板

### 2.2 试验方法

母材焊前热处理状态与产品零件相同,搭接焊及丁字接头焊处的蒙皮与骨架的结构型式与材料厚度均与产品零件相同。母材待焊表面焊前先进行酸洗处理,定位焊接前用钢丝刷仔细打磨待焊区域 20mm 范围内至出现金属光泽后用丙酮擦拭待焊处以去除待焊处表面的油污及其它污物。焊接激光功率按 1450W,焊接速度 1.4m/min,氩气流量 5L/min ~ 6L/min。焊接后按图 3 和图 4 制作焊缝剪切试样,并按试样取样及尺寸按 QJ 20658.1-2016《激光焊接接头剪切试验方法》进行剪切强度测试。

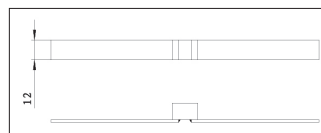


图3 搭接接头剪切试样

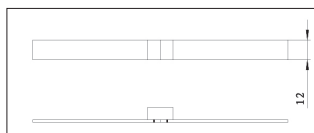


图4 丁字接头剪切试样

### 2.3 试验结果与分析

共焊接了两件焊接试板 1# 和 2#, 1# 试板的为搭接焊, 2# 试板丁字接头焊。焊后从 1# 试板上取 2 件剪切强度试样, 编号分别为 1-1、1-2。从 2# 试板上取 2 件剪切强度试样, 编号分别为 2-1、2-2。分别按图 3 和图 4 制作了剪切强度试样及弯曲试样, 并进行剪切强度试验, 其结果见表 1。

从力学性能试验情况可得出以下两点结论:

表 1 力学性能试验数据

| 试样编号 | 单位长度抗剪力 N/mm | 剪切强度 MPa | 备注             |
|------|--------------|----------|----------------|
| 1-1  | 1418         | 1339     | 剪切强度不小于 550MPa |
| 1-2  | 1465         | 1385     |                |
| 2-1  | 690          | 826      |                |
| 2-2  | 720          | 860      |                |

(1) 焊接试样中, 搭接接头和丁字接头的抗剪强度均能达到设计文件的要求。

(2) 采用同样的焊接工艺参数, 搭接接头的抗剪强度要比丁字接头的高。

比较两种接头型式的力学性能差异, 作如下分析:

丁字接头中, 蒙皮与骨架要焊接在一起, 激光需先击穿蒙皮的厚度, 需要的激光功率要稍高一些, 如需提高丁字接头的抗剪强度, 则需提高焊接时的激光功率。

分别取 2 件金相试样进行金相观察, 其焊缝组织见图 5 ~ 7。

从图 5 可看出, 母材为典型的双态, 主要由初生的  $\alpha$  相和次生的  $\beta$  相组成, 初生的  $\alpha$  相呈现长条状, 应该是板材在轧制过程中有方向性所致。焊缝基本呈针状马氏体组织, 由图 5 ~ 7 还可以看出, 母材晶粒比焊缝晶粒要细小一些。从焊缝的金相组织来看, 焊缝无其它内部缺陷。

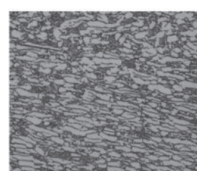


图 5 母材金属 (100X)

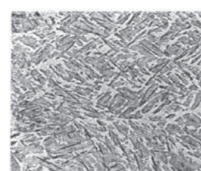


图 6 搭接焊缝金属 (100X)

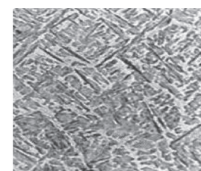


图 7 丁接焊缝金属 (100X)

### 3 结语

本文通过对某舵面结构进行了结构及工艺难点分析, 根据该舵面焊接结构, 使用激光焊对搭接焊缝及丁字接头焊缝进行相应的工艺试验, 从焊后力学性能试验及金相试验的情况来看, 焊缝完全达到设计文件的要求。

### 参考文献:

- [1] 旷小聪, 等. TA15 钛合金电子束焊缝形貌及其组织研究 [J]. 航空制造技术. 2017,(05):105.
- [2] 李兴无等. TA15 合金及其在飞机结构中的应用前景 [J]. 钛工业进展. 2003,20(4):90.
- [3] 梁业等. TA15 合金高温本构方程的研究 [J]. 塑性工程学报. 2008,15(4):150.
- [4] 陈祝年. 焊接工程师手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

(上接第 155 页)

锌液温度是影响镀锌产品质量的关键因素, 锌铁合金的反应与此有很大的关系。锌液最为理想的温度范围为 460 ~ 465℃。在此温度范围内, 既保证了锌液良好的流动性, 同时也使锌铁反应保持适中, 铁的溶解量和锌渣的生成量都比较少。入锌锅带钢温度不得与锌液温度有较大偏差, 必须保持在锌液温度  $\pm 5^\circ\text{C}$  的范围内。这样才能保证镀层质量和减少铁的溶解。向锌锅内加入锌锭时也要注意避免引起锌液流体的搅动和温度的波动, 必须保持缓慢匀速。

### 2.2 保证带钢表面的清洁度

首先在带钢加热时要严格控制加热炉内的气氛, 减少带钢氧化和表面氧化铁皮的产生。再者就是要加强带钢酸洗、除鳞等环节操作, 通过控制酸洗温度、酸液浓度、酸洗时间、除鳞水压力和机械刷洗等措施, 以较为彻底地去除带钢表面的氧化铁皮、铁粉、油污等杂质物, 保证入锌锅带钢表面良好的清洁度。以避免锌液污染和减少锌铁合金渣的产生。

### 2.3 控制锌液中的铝含量

锌液中铝含量是影响锌铁反应的重要因素。因为铝的化学性质比铁更加活泼, 更容易与铁反应生成铝铁化合物, 因而对于锌铁反应具有一定的抑制作用, 有利于减少锌铁合金渣的形成。铝铁合金渣较容易漂浮在锌液表面, 也更容易打捞。因此, 对于捞渣和提高锌液洁净度来说, 适当提高锌液中的铝含量则更为有利。生产实践表明, 锌液中铝含量控制在 0.22% ~ 0.23% 是比较合理的, 有利于减少自由渣的

产生。

### 2.4 加强捞渣

热镀锌生产过程中, 锌渣的产生是不可避免的。为了保证锌液的洁净度, 避免锌渣颗粒粘附在带钢表面, 必须要及时捞渣。正常生产情况下, 需要每 20 分钟捞渣一次; 视情况可增加或减少捞渣频率。如果出现锌渣异常增多的情况, 则应从工艺方面查找原因, 予以解决。捞渣时, 应使用专门的捞渣工具, 将面渣聚集在锌锅边沿后再捞出。

### 3 结语

通过对热镀锌板带表面锌渣缺陷的原因分析, 可知锌渣缺陷主要与锌液温度、入锌锅带钢温度、带钢表面洁净度、锌液中铝含量等因素有关。因此, 在生产中需加强工艺操作, 采取相应的应对措施以减少锌渣产生。同时增加捞渣频率, 保证锌液的洁净度。锌液的洁净度提高了, 则锌渣粘附在带钢表面的可能性越小, 镀材出现锌渣缺陷的可能性也越小。

### 参考文献:

- [1] 刘超. 连续热镀锌带钢表面缺陷原因分析及解决措施 [J]. 鞍钢技术, 2017,(6)
- [2] 张霞, 卢秉仲, 张冰, 等. 连续热镀锌汽车面板锌渣缺陷产生原因及改善 [J]. 金属世界, 2017,(6)
- [3] 刘春雨, 张静, 李建英, 等. 唐钢热镀锌锌渣形成因素分析及工艺优化 [J]. 冶金标准化与质量, 2010,(6)