

文章编号:1002-025X(2009)02-0062-02

# 钛合金压力容器的电子束焊接

张 锋

(青岛锅炉压力容器检验所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 通过对钛合金压力容器技术要求和 TC4 钛合金材料的焊接性分析, 采用电子束焊接成功焊接了钛合金压力容器, 电子束焊接的焊缝显微组织中针状亚结构更为细小, 焊缝呈延性断裂形貌

**关键词:** 钛合金; 压力容器; 滤气板; 制造技术

**中图分类号:** TG456.3      **文献标志码:** B

## 0 前言

钛合金压力容器在空间飞行器推进系统中担负着贮存和供给推进剂的任务, 并在失重等恶劣条件下向发动机正常提供不夹气的推进剂, 是极为重要的空间飞行器组件, 为此, 必须保证钛合金压力容器的焊接质量。

## 1 钛合金压力容器的工作原理及结构

钛合金压力容器的种类有表面张力容器及金属膜片容器等。表面张力容器的工作原理如图 1 所示, 在气口端施加一定的压力  $P$  将贮箱内腔推进剂通过网片以一定的流量  $Q$  从液口端供应给发动机, 气体由于受到推进剂在网片表面形成的张力阻隔, 因而最终所提供的推进剂中不会夹有气体。为满足减容器自身质量的设计要求, 贮箱主体结构采用钛合金 (TC4) 材料, 厚度 3.5 mm, 焊缝必须达到我国航天工业焊接标准一级焊缝要求。

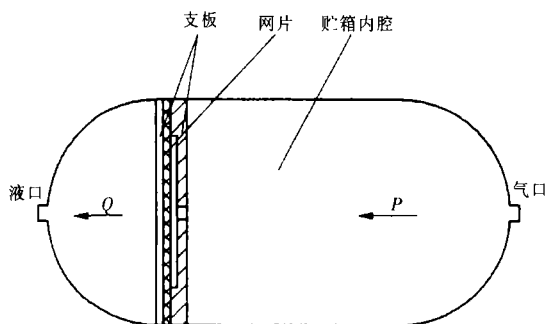


图 1 压力容器结构示意图

## 2 TC4 钛合金焊接性分析

钛和钛合金的焊接性取决于钛的物理化学性能。钛是一种非常活泼的金属, 由于表面形成致密的氧化膜, 使其在常温下非常稳定。但是在高温下, 钛则有强烈的吸氢、氧、氮的能力。空气中钛在 250 °C 时开始吸氢, 500 °C 时开始吸氧, 600 °C 时开始吸氮, 随着温度的提高, 钛吸收气体的能力更强<sup>[1]</sup>。氧、氮都是  $\alpha$  相稳定元素, 当其含量较少时, 都作为间隙元素固溶在钛中, 使钛的强度、硬度提高, 而塑性急剧下降, 氮的作用比氧更强。因此焊缝中的气孔是焊接钛合金最为普遍的缺陷。存在于被焊金属电弧区中的氢和氧是产生气孔的主要原因<sup>[2]</sup>。电子束焊接使 TC4 钛合金在真空环境中进行连接, 焊缝中气孔缺陷很少。钛合金焊接时还存在间隙原子引起焊缝脆化、焊接加热时晶粒的粗化、以及焊接冷却时脆性相的形成等问题。

TC4 钛合金为  $\alpha+\beta$  两相钛合金。钛的基本性质见表 1。TC4 钛合金的化学成分及力学性能分别见表 2 和表 3。

表 1 钛的基本性质

熔点/K	沸点/K	密度/(g·mm <sup>-3</sup> )	线胀系数/( $\times 10^{-6}$ K <sup>-1</sup> )	比热容/[J·(g·K) <sup>-1</sup> ]
1941	5393	4.505	8.64	0.52

表 2 TC4 钛合金的化学成分 (质量分数) (%)

Ti	Al	V	Fe	Si	C
余量	5.5~6.8	3.5~4.5	≤0.30	≤0.15	≤0.10

表 3 TC4 钛合金热处理状态的室温力学性能

抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率 (%)	冲击吸收功/J
≥950	≥834	≥10	4.0

收稿日期: 2008-08-19

文章编号:1002-025X(2009)02-0063-02

# 汽轮机进汽弯头裂纹的修复

李玉萍

(西南科技大学 制造工程学院, 四川 绵阳 621000)

关键词: 汽轮机; 修复; 焊接

中图分类号: TG457.2 文献标志码: B

## 0 前言

在汽轮机加工中经常会出现一些需要修复的裂纹, 某汽轮机前汽缸上半部分在精加工后, 泵水时发现进汽弯头处有一长约 150 mm, 深约 25 mm 的裂

收稿日期: 2008-10-26

## 3 电子束焊接工艺及结果分析

钛合金压力容器的焊缝不开坡口, 焊前严格清理焊缝区域的油污, 并用丙酮清洗后干燥。电子束焊接的工艺参数见表 4。

表 4 电子束焊接工艺参数

加速电压/kV	聚焦电流/mA	束流/mA	焊接速度/(mm·s <sup>-1</sup> )	真空度/Pa
60	586	12	16	10 <sup>-3</sup>



图 2 TC4 母材的显微组织



图 3 电子束焊接的焊缝显微组织

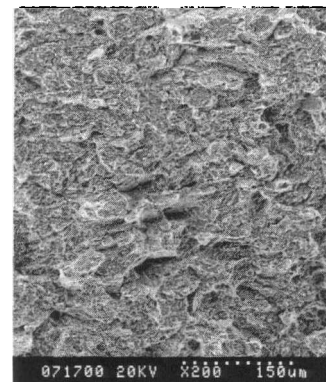


图 4 焊缝的断口形貌

纹, 该弯头具体结构及裂纹位置如图 1 所示。

进汽弯头的材质为 20CrMo 钢, 其工作条件是: 工作温度为 450 ℃、进汽压力为 49 MPa。现全部尺寸均已完成精加工, 这就增加了补焊的难度, 因此, 必须制定出严格的补焊工艺措施方案来保证工件尺寸及焊接接头的质量。

焊后的钛合金压力容器焊缝表面光洁, 呈银白色。经无损检测没有发现未焊透、气孔、夹渣和裂纹等超标缺陷。

图 2 为母材的显微组织, 呈典型网篮状, 转变  $\beta$  相的晶界清晰可见。图 3 为电子束焊接的焊缝显微组织, 也为网篮状形貌, 但亚结构细化, 形成的针状  $\alpha$  组织更为细小。图 4 为焊缝的断口形貌, 呈明显的延性断裂形貌, 表明焊缝塑韧性良好。

呈延性断裂, 具有很好的塑韧性。

## 4 结论

采用合理的电子束焊接工艺参数, 成功地焊接了钛合金压力容器, 满足了焊缝设计要求。焊缝组织呈典型的网篮组织形貌, 亚结构比母材更为细小, 焊缝

### 参考文献:

- [1] 曾 乐. 现代焊接技术手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- [2] 古列维奇 CM 著. 高强度钛合金的焊接[M]. 尹克里 译. 北京: 国防工业出版社, 1980.