

# 钛及其合金的焊接

## 一、钛及钛合金的性质和种类

钛是一种非磁性金属，具有密度小、强度高，有较好的高温强度和低温韧性以及良好的耐腐蚀性等特点。

沿海火力发电厂多用作冷却水管

钛在885℃以下，为密排六方晶格，称为 $\alpha$  钛。在885℃产生同素异晶转变，晶格变为体心立方晶格，称为 $\beta$  钛。钛长时间高温停留，会出现晶粒长大现象。快速冷却时，容易生成不稳定的针状组织 $\alpha$  钛，俗称“钛马氏体”。

### 1. 工业纯钛

按其纯度可分为TA1、TA2、TA3等牌号。其中TA1杂质最少。杂质的增加会使强度增高而塑性降低，工业纯钛具有良好的焊接性

### 2. $\alpha$ 钛合金

加入了Sn、Al等元素，牌号为TA6、TA7等。有良好的高温强度和抗氧化性，焊接性良好。

### 3. $\beta$ 钛合金

加入了V、Mo、Mn、Cr等元素，牌号为TB1、TB2等。但耐热性较差，密度大，焊接性不良，很少制成焊接件

### 4. $\alpha + \beta$ 钛合金

加入了Sn、Al、Mo、Mn、Cr等元素。牌号为TC2、TC4等。焊接结构很少采用。

## 二、钛及钛合金的焊接性

### 1. 热物理性能特殊

钛及钛合金具有熔点高、热容量小、热导率小的物理性能，因此焊接接头易产生过热组织，晶粒变得粗大，易降低接头塑性，因此在选择焊接参数时，既要保证焊缝金属不过热，又要防止淬硬现象。要特别注意防止晶粒粗大。

### 2. 化学活性大

钛及钛合金在400℃以上时，易吸收 $O_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ 、C等，降低接头塑性和韧性，并引起气孔。焊接时，对熔池及温度超过400℃的热影响区都要妥善保护。

### 3. 易产生气孔

极易在熔合线附近产生氢气孔。因为氢在钛中的溶解度随温度升高而下降，熔合线附近的钛

升温最快，且向熔池方向扩散而形成气孔。

#### 4. 冷裂倾向较大

溶解于钛中的氢在320℃时和钛发生共析转变，析出TiH<sub>2</sub>，引起金属的塑性和冲击韧性降低，同时发生体积膨胀而引起较大的应力，严重时导致产生冷裂纹。

#### 5. 焊接变形大

焊后矫正困难

### 三、钛及钛合金的焊接工艺

采用的焊接方法是氩弧焊、埋弧焊和电子束焊

#### 1. 焊前清理

(1) 除油污 焊前必须彻底清除母材或焊丝表面的污染物并进行干燥。可采用合适的溶剂清洗或用蒸汽或汽化法除脂。

(2) 除氧化皮 当采用切削加工、喷砂、喷孔或钢丝刷清除焊接区氧化皮，然后进行酸洗、光泽处理和洗涤等化学方法综合清理。

(3) 除氧化膜采用短时酸洗的方法清除，采用的酸洗剂有：体积分数为2%~4%的HF酸，体积分数为30%~40%的HNO<sub>3</sub>，酸洗后应用不含氯离子的水进行冲洗并干燥，以防母材增氢。

#### 2. 焊接工艺

氩弧焊是焊接钛及钛合金应用最广的焊接方法

3mm以下的薄板采用钨极氩弧焊，3mm以上的板选用熔化极氩弧焊。

#### 3. 焊接材料及要求

氩气的纯度要求严格： $\psi$  (Ar) 不低于99.99%，且必须十分干燥。

常用焊丝有TA1、TA2、TA3、TA4、TA5、TA6及TC3共七种。

#### 4. 工艺要点

- (1) 双路气体保护
- (2) 焊接部位严格清理
- (3) 坡口及装配尺寸应严格控制
- (4) 小电流大焊速焊接防过热
- (5) 保证氩气的保护效果
- (6) 提前送氩、滞后停氩（熄弧要在400℃以下停送）