

钛与锆的焊接

Welding of Titanium and Zirconium

沈阳东方钛业股份有限公司 郑艳 刘爱民 程侠 牛向东 邢卓

摘要: 钛和锆均属稀有有色金属, 由于其耐蚀性好, 在石化设备中应用越来越广泛, 钛和锆的连接在工程上已出现。从钛和锆的物理性能和化学性能上看, 钛和锆具有可焊性, 可以通过熔焊连接。本文采用工业纯钛 TA2 和化工级纯锆 R60702 进行钨极氩弧焊接试验, 焊接接头的强度已达到与两种母材相近的程度, 但塑性很差。虽然如此, 这在工程上已具有实际意义。

关键词: 钛; 锆; 焊接

1 焊接性分析

锆和钛既是化学性质非常活泼的金属, 又是难熔金属, 需要严格的焊接保护和使用能量集中的焊接方法。从热物理性方面来讲, 钛和锆的焊接性与奥氏体不锈钢近似, 比低合金高强钢和铝铜好焊, 只是对焊接保护要求严格。

锆和钛化学性质活泼, 在高温下极易与大气中的各种气体发生反应。在焊接时, 焊缝和热影响区易被空气中的氢、氧、氮等气体污染, 生成硬而脆的化合物, 并产生脆性的针状组织, 使焊接接头的硬度、强度升高, 塑性、韧性下降, 耐腐蚀性能也大幅下降。锆的活性比钛高, 对氢、氧、氮的亲合力更强, 焊接熔池及冷却中的焊缝和热影响区及背面在 350~400℃ 以上温度时, 都应置于惰性气体保护之下。因此焊接时要求对熔池、焊缝及热影响区进行充分保护以完全隔绝空气。

锆与钛的熔点相差 175℃, 不是太悬殊, 焊接时可以做到同步熔化。

锆的线膨胀系数只有 $5.8 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 约为钛的 2/3、镍和低合金钢的 1/2、铜和奥氏体不锈钢的 1/3、铝的 1/4, 是各种工程金属材料中最低的, 与钛的线膨胀系数相差最小, 比铝、铜、奥氏体不锈钢、镍、低合金钢等都低很多 (如

Fe: $11.76 (10^{-6} \text{K}^{-1})$; Ni: $13.4 (10^{-6} \text{K}^{-1})$)。因此, 锆与钛的焊接应力小, 变形也小。

锆和钛的热导率几乎相同, 比可焊接性非常好的 Fe ($66.7 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) 或镍 ($69.6 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) 还小得多, 与奥氏体不锈钢接近, 属导热性较差的材料。焊接时不需要预热, 焊接溶池容易形成, 这是有利的方面。不利的方面是散热速度较慢, 高温停留时间长, 热影响区晶粒粗大。比热容钛比锆高出近两倍, 温度每升高一度需要吸收近两倍于锆的热量, 但对焊接操作无明显影响。

2 焊接工艺

2.1 焊前准备

坡口采用机械加工, 宜采用较慢的加工速度, 防止局部温度过高。坡口角度和组对间隙按图 1。

保护用氩气纯度应不低于 99.999%, 露点不高于 -50℃, 并符合 GB/T4842 的规定。应采用塑料软管。

彻底清除坡口和焊丝氧化膜、油脂及污物。

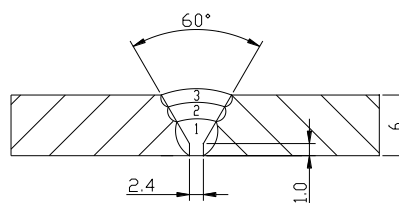


图 1 坡口和组对型式

2.2 焊接保护

惰性气体保护是焊接锆和钛的重点和难点，应根据焊件形状做好保护工装，这是一项非常重要的工作，是焊好钛锆材的前提。焊接过程中除保护熔池外，每一层焊道的高温区域（325℃以上）及焊丝前端部都要始终处于惰性气体的有效保护之下。

锆的熔点高、钛的比热容高、钛和锆的热导率均低，说明在同样的冷却条件下熔池和焊接接头的冷却速度慢，在高温停留时间长，高温区域大。因此，为了增大熔池保护区域，焊枪喷嘴应使用大号的，一般选用内径 $\Phi 18\text{mm}$ 或以上的喷嘴为宜（图 2 所示为在焊枪喷嘴上加了自制保护罩）。为了增大高温焊接接头的保护区域，上下保护拖罩均应加长加宽（见图 3 所示为长 410mm，宽 150mm 的保护拖罩）。



图 2 焊枪喷嘴自制简易大保护罩



图 3 铜制保护拖罩

2.3 焊接热输入

在保证熔合的前提下，尽量采用小电流焊接，线能量应控制在 20kJ/cm 以下。道间温度在 100°C 以下。试验的焊接工艺参数见附表。

附表 焊接工艺参数

焊接位置	层数	焊材牌号	焊材规格 (mm)	极性	电流 (A)	电压 (V)	焊速 (mm/min)
平位	3	ERTA2ELI	$\Phi 2.4$	直流正接	120~130	10~12	60~100
保护气体	钨极直径	伸出量 (mm)	氩气流量(L/min)			喷嘴孔径	
			喷嘴	正面拖罩	背面拖罩		
Ar	$\Phi 3.0$	8~10	10~12	12~14	12~14	$\Phi 18$	

3 颜色检查

钛锆材焊后表面颜色的检查是焊接检验的最重要的一项工作，每一层焊道均需要检查，不可只做最终盖面焊道的检查。钛和锆均可通过焊道表面颜色判定被氧化的程度，判定标准可以统

一起来。焊缝及热影响区以银白色或金黄色为合格，蓝色应去除，灰色为不合格，应返修。

4 试验结果

第 1 支拉伸试样抗拉强度 460MPa ，第 2 支拉伸试样 475MPa ，均断于锆侧母材；面弯试样 2

支和背弯试样 2 支均断裂于锆侧熔合线(弯心直径 $\Phi 60\text{mm}$, 弯曲角度 180°)。图 4 所示为拉伸试样和弯曲试样。焊接试板按 JB/T4730-2005《承压设备无损检测》进行射线检测, 结果为 I 级底片, 合格。



图 4 拉伸试样和弯曲试样

在此之前, 本批号锆板按 NB/T 47011-2010《锆制压力容器》附录 B 进行的焊接工艺评定结果如下: 第 1 支拉伸试样抗拉强度 395MPa , 断于锆侧熔合线; 第 2 支拉伸试样 430MPa , 断于锆侧母材。面弯试样 2 支和背弯试样 2 支均完好无开裂。

硬度测试结果, 钛母材平均 115HV ; 锆母材

平均 118HV ; 焊道平均 294HV 。

焊缝因为吸气硬度高, 强度也高, 因此拉伸试样没有断在焊缝上; 锆的母材强度没有钛的高, 拉伸试样断在锆材侧正常。

5 结束语

由试验结果可以看出, TA2 和 R60702 异种金属的焊接接头的抗拉强度与 R60702 同种金属的抗拉强度级别相同, 但塑性非常差, 有待于进行机理研究, 探讨在工艺上改进的可能性。

实践证明, 钛材和锆材具有熔焊可焊性, 若焊后不需要进行变形或冲击, 在工程上是可以熔焊连接的。

参考文献

[1] 黄嘉虎. 有色金属制容器 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

作者简介: 郑 艳 (1979-), 女, 2003 年 7 月毕业于鞍山科技大学计算机科学与技术专业, 现工程师职称, 从事压力容器制造工作。

作者通讯地址: 辽宁省沈阳市浑南新区南屏东路 2 号

沈阳东方钛业股份有限公司

邮政编码: 110168

E-mail: xingzhuo0802@sina.com

电 话: 15640493225

2013 年 11 月 18 日