

铝合金精馏塔的现场焊接技术

首钢焊接高级讲师 (北京 100000) 刘 新

一、概述

首钢制氧厂从西德林德公司购入的 3 万 m^3 的制氧机组全套设备总重量约 2200t, 80 多万件。仅铝合金管道就有 11 种之多, 其空分装置冷箱内的铝合金管道材质等级为 K 级, 设计温度为 $-195 \sim 150^\circ\text{C}$, 管道从 $\phi 25\text{mm}$ 到 $\phi 100\text{mm}$ 共 98 条管线, 长度累计 3470 多 m, 仅管道接头多达 3200 多个。

1. 物理性能

铝及其合金的导热性强而热容量大, 线膨胀系数大, 易产生较大的焊接变形和内应力。另外, 铝及其合金由固态转变为液态时, 并无颜色的变化, 因此不易确定焊缝的坡口是否熔化, 给在焊接操作上掌握和控制温度带来了很大困难。同时高温时铝及其合金的强度小, 常可破坏焊缝金属的成形, 易造成焊缝金属塌落和烧穿。

2. 化学性质

铝及铝合金表面, 极易形成致密难熔的三氧化二铝氧化膜, 这层氧化膜不仅会阻碍着基本金属的熔合, 而且易造成焊缝金属的夹杂, 引起焊缝性能的下降。另外, 氧化膜还会吸附大量水分而促使焊缝产生气孔。

由此不难看出此次安装施工难度大, 焊接质量要求高, 所以我们要求所有参加的焊工必须进行岗前培训, 经考试合格, 德国专家认可, 方可进行现场焊接操作。虽然已经预先完成了各项相关的工艺评定, 但是现场的实际组焊工作要比试样件的工艺评定更复杂、更艰难。

二、精馏空气塔的现场焊接技术

制氧机组的心脏设备空分装置冷箱, 按其功能划分为主热交换器、精馏空气塔和稀有气体三部分箱体。精馏空气塔塔体均为铝镁合金制造, 分为压力塔(下塔)和低压塔(上塔), 塔段之间的环缝需要现场拼装后焊接。为确保焊接质量, 施焊前进行了焊接性分析和各项相关的焊接工艺评定工作, 制定了相应的焊接参数。

1. 焊接参数的选择

根据焊接工艺试验的结果, 我们进行现场焊接时的

工艺参数选择范围汇总(见下表)。

焊接参数表

焊件厚度 /mm	钨极直径 /mm	焊丝直径 /mm	喷嘴孔径 /mm	焊接电流 /A	氩气流量 /L·min ⁻¹
6~8	4~5	3~4	10~14	140~220	10~14
8~12	4~5	4	12~16	200~280	12~16
>12	5~6	4~5	14~18	260~350	14~18

在实际焊接时, 我们将使用的钨极磨成圆珠形基本上满足了要求, 使用纯度 $>99.99\%$ 的氩气作为焊接时的保护气, 并根据焊件厚度和实际焊接时的具体情况来确定焊接电流的大小, 通过试焊操作进行试板模拟, 并观察电弧情况来判断电流是否合适(如图 1 所示)。

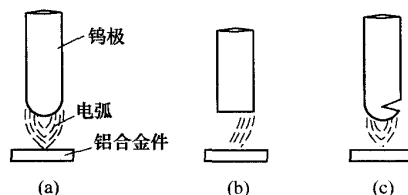


图 1 判断焊接电流时相应的电弧特征

焊接电流正常时钨极端部呈熔融状的半球形(见图 1a), 此时电弧最稳定, 焊缝成形良好; 焊接电流过小, 钨极端部电弧单边(见图 1b), 此时电弧易飘动; 焊接电流过大时, 易使钨极端部发热(见图 1c), 钨极的熔化部分易脱落到焊接熔池中形成夹钨等缺陷, 并且电弧不稳定, 焊接质量差。只有调整好工艺参数, 确认无表面缺陷后, 才能够进行正式的焊接操作。

2. 精馏塔焊缝位置及形式

由于制氧设备属于大型超限设备, 需要分节运抵现场进行安装和组焊。其中精馏塔低压塔(上塔)高 18.68m, 内径 3.85m, 壁厚 8mm, 与压力塔(下塔)接口端部以 20mm 的加固形成过渡; 压力塔(下塔)高 7.9m, 内径 3.85m, 壁厚 14mm, 其接口呈梯度差形式的接头, 拼接接头需在冷箱内进行, 焊缝标高 21.84m, 成形焊缝长 12.23m, 焊缝总量为 61.15m, 对于精馏塔

塔段之间的环缝我们按照要求采用交流氩弧焊双人双面
对称焊技术, 拼接焊缝的位置及形式见图 2。

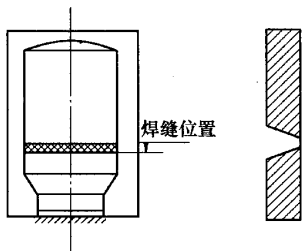


图 2 精馏空分塔现场拼装焊缝的位置及形式

三、现场焊接技术措施及操作要点

1. 焊前清理

我们使用风动铣刀在焊缝两侧(包括坡口、管道里)严格清除表面油污和氧化膜层, 焊丝用不锈钢丝擦光。焊接坡口的加工采用风动砂轮按规范要求, 由于下塔壁厚 14mm, 上塔壁厚 8mm, 所以下塔体接头端必须先作削薄过渡, 才能进行焊接。

2. 施工条件

铝合金管道的焊接分成箱外预制、箱内安装两个阶段进行。预制不加衬环转动焊, 单面焊双面成形, 要求里边焊肉高 1~2mm, 不能有焊瘤, 否则影响管道的气体流量。固定口焊接时加复合衬环, 对焊衬环要插入管道内部, 搭接处的角焊点不小于 6 个点。

固定口仰位焊接的技术要求高, 保证一次到位, 喷嘴与根部距离保持 6~8mm。进行箱外预制口转动焊时, 每一道焊缝的起弧、收弧, 都是保证焊接质量的关键。若起弧时工件温度低, 就不易焊透, 易产生未熔合; 如果预热时间长, 熔池就不容易观察, 常会因温度过高而产生弧坑缩孔, 所以引弧前 5~10s 要提前送气; 预热时不断地用焊丝轻轻触动熔池表面, 观察温度变化和熔化状况, 并及时将焊丝向前移动; 收弧时采用短弧法, 注意填满弧坑, 熄弧后待熔池冷却变暗后, 再停止送气; 这样可以利用氩气延时保护, 防止缺陷产生。

3. 采取的措施

由于精馏空分塔上下塔连接环焊缝的焊接质量要求相当严格, 焊缝必须一次焊接成功, 在严格制定焊接工艺、精心组织现场施工的同时, 还采取了如下措施:

(1) 采用双人双面对称焊技术, 每两人一组, 里外面对应同步快速焊接, 中间停留时间尽可能短。将 8 名

焊工分 4 组, 里外各 4 人, 要求连续工作一次焊完一遍。

(2) 选择完好的同型焊接设备, 性能一致, 电流调节灵敏, 起弧快, 有利于焊接达到同步(第 1 层焊接电流为 160~170A, 第 2~5 层为 220~230A)。

(3) 保证焊枪冷却水畅通, 水质洁净(在入口截门处设置过滤网)保证焊枪水路不堵塞严防烧枪。

(4) 保证氩气质量(纯度不低于 99.99%)和流量, 将气带缩短, 将气体流量按规范调至 18L/min。

(5) 同时还在上下塔的焊缝两边 100mm 处做标记, 随时观测数据变化而迅速做出相应的调整。

(6) 在第一遍开始焊接前, 利用氧乙炔焰进行 100~150℃的预热, 同时安装加固圈, 作为临时支撑。

(7) 上下塔成形组拼时, 是要进行定位焊的。定位焊的工艺参数与正式焊接相同。每隔 350~400mm 一个固定焊点, 焊点长 60~80mm, 焊肉高 4~5mm, 我们从东开始焊, 双人双面对称焊, 自然冷却后, 测量塔的垂直度时发现偏向了东北方。于是, 我们重上加固圈, 将焊工分两组, 第一组从东北方向起焊, 第二组稍后从西南开始起焊(如图 3 所示)。在施焊中注意随时彻底清理焊点, 并重新用砂轮加工坡口, 再次调整间隙, 直到焊接完成。焊缝冷却后, 再一次测量垂直度, 偏差基本达标。我们这次就是利用了铝合金导热性强、线膨胀系数大, 易变形的特点来调整垂直度偏差的。

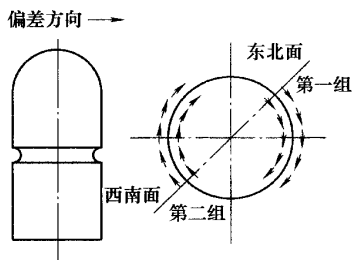


图 3 精馏空分塔环缝焊接方向

(8) 第 2~5 遍的焊接各组焊工从不同的方向对称起焊, 注意保持焊枪的高度和角度, 始终保持气路畅通不受污染, 直至焊接完成。

四、焊后质量检验

根据西德制造厂家的要求, 在上、下塔成形对接焊缝完成以后, 经过外观检验、经 X 射线探伤, 全部焊缝达到合格标准, 获得了满意的焊接质量, 保证了该制氧机组的按时投产使用。热 (20070319)