



SB-407钢焊接操作技法

张国勇 李永红 范绍林

【摘要】 阳城国际发电有限公司一期6×350MW机组的高温过热器管排为美国福斯特·惠勒公司供货，材质为SB-407钢，属非铁基母材。当时由于该钢材在国内电站中属初次使用，为此公司组织焊接技术人员和焊工进行了大量的焊接性试验、最终完成了该钢种的工艺评定试验及焊工培训工作。

关键词： SB-407；焊接特点；焊接工艺

1. 概述

阳城国际发电有限公司一期6×350MW机组的高温过热器管排为美国福斯特·惠勒公司供货，材质为SB-407钢，属非铁基材

料。共有42排管片，每排管片由7根管子组成，共336道焊口。该钢材因在国内电站中较少使用，有关方面的资料介绍很少，故施工方只能靠自己探索、研究来寻

找最佳焊接方案。

2. 焊接特点

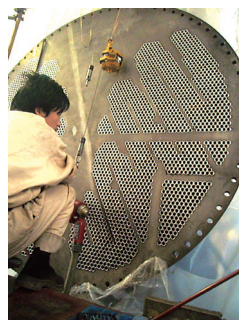
SB-407钢材焊接工艺评定所用的钢材和设备焊接试件均为由过热器厂家提供，所以工艺评

管壁向内口塌陷，严格按照焊接工艺及有关操作技术规程进行焊接。

(2) 采用钨极自动氩弧焊，使焊缝组织致密，密封性好，焊接时可操作性更强，将焊缝泄漏可能性降到了最低，具有良好的焊接工艺性能，大大减轻了焊工劳动强度，焊接管口达到15 000多个。焊接前，采用必要的防风遮挡等措施，焊接环境应空气洁净、无尘、无烟。产品焊接如图11所示，焊后能确保凝汽器管子与管板的焊接质量控制达到设计和使用要求，保证了出口产品的总体质量。



(a) 焊接工艺支架P11-1



(b) 焊接中管口P11-2

图 11

参考文献：

- [1] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册（第1-2卷 焊接方法及设备、材料焊接）[M]. 北京：机械工业出版社，2003.

作者简介：李革宣，中建七局安装工程有限公司技术质量部；刘新红，东方电气河南电站辅机制造有限公司。

MW 20161123

定使用的钢材及规格与设备焊口的一致。为保证高温过热器的焊接质量，必须严格按照工艺评定的要求进行焊接。该材料的焊接难点是：①焊接收弧时易产生火口裂纹。②打底层焊缝易氧化，坡口边及封口处极易产生未熔合。③盖面时铁液黏度大、流动性差，易形成咬边。

3. 焊接工艺

(1) 焊前准备 采用手工钨级氩弧焊，选用北京时代ZX7-400G逆变焊机，焊接材料为ERNiCr-3，氩弧焊钨极选用铈钨棒， $\phi 2.5\text{mm}$ ，钨棒在使用前应将端部磨制成圆锥形，如图1所示。采用V形坡口，坡口形式及对口尺寸如图2所示。

(2) 焊接参数 焊接电流应控制在保证铁液均匀铺开，熔池清晰，在熔合良好前提下，提高焊接速度，降低焊层厚度，以达到控制焊接热输入的目的。焊接参数如附表所示。

(3) 质量要求 进行100%自检和RT检测（JB4730，Ⅱ级合格）。

4. 焊接操作

(1) 焊接操作流程 技术交底、机械、材料和器具的准备→坡口加工及检查→焊口组对及检查→管内充氩保护及检查→打底焊接→填充焊接→盖面焊接→清理焊缝及自检。

(2) 坡口处理 坡口的角度 $30^\circ \sim 35^\circ$ 、钝边 $0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 。对口前应对坡口及其内外壁附近 15mm 范围内进行清理和打磨，应无油漆、水分、油脂及铁锈，并露出金属光泽。坡口及

附近不得有裂纹等缺陷（着色检测）。

(3) 定位焊 焊道组对定位焊接与正式焊接参数要求相同，组对间隙 $2 \sim 3\text{mm}$ ，在正面定位焊，定位焊长度为 10mm 左右，需充氩保护，焊层要薄。然后把定位焊缝的两头打磨成斜坡状，以便于接头。定位焊应无缺陷，如有焊接缺陷，必须用砂轮将缺陷磨掉，重新点焊。

(4) 管内充氩保护 因现场条件所限，采用从坡口直接充氩。焊口两侧用可溶纸柔成球状堵塞，造成 400mm 左右长的密闭气室，对口缝隙用耐温胶带在外壁封闭(打底时会逐段烧掉)。充氩皮带前侧插一铜或不锈钢小管，管头压成扁状做C型，外侧打磨薄，使其口朝下插入对口间隙内。具体充氩方法如图3所示。

充氩要有专人负责，气流对

准管子里侧距焊缝 10mm 以外，决不能正对着电弧，焊前充氩 $7 \sim 10\text{L/min}$ ，焊接时降到 $5 \sim 8\text{L/min}$ ，距打底封口 20mm 时快速取掉充氩管。

焊前检查焊口充氩是否达到施焊要求，最简易方法是把打火机的火苗放在焊口坡口中心，如果火苗立即熄灭，说明充氩良好；如果火苗吹向一边但不熄灭，说明充氩欠佳，需要等待，继续充氩。

(5) 焊道分布 焊道的分布如图4所示。

(6) 打底焊接 打底焊接操作时易出现的问题：①打底层焊缝易氧化，焊接时铁液外溢。②坡口边、接头和最后封口处易出现未熔合。③收弧时易产生火口裂纹。

问题分析：①充氩时间短或充氩效果不好。②打底电弧摆动间距较大，坡口边和接头处停弧

焊接参数

焊接层数	电弧电流/A	电弧电压/V	氩气流量/ $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	
			焊接流量	充氩保护流量
第一层（打底）	90~100	9~12	7~10	5~8
第二层（填充）	120~130	9~12	7~10	—
第三层（填充）	120~130	9~12	7~10	—
第四层（盖面）	100~110	9~12	7~10	—

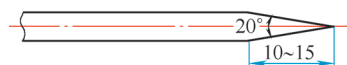


图1 钨极形状

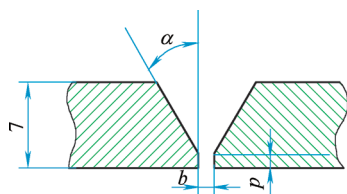


图2 坡口形式

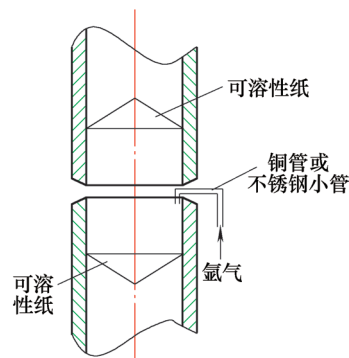


图3 现场焊口安装焊接充氩示意

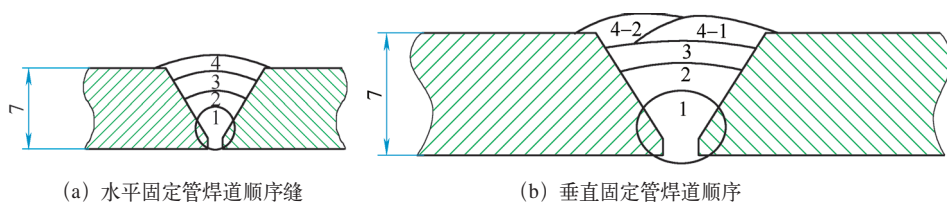


图4 焊道顺序

时间短。③钢材热膨胀系数大，焊接弧坑易诱发产生火口裂纹。

处理方法：①检查焊道两侧可溶纸是否因对口敲打已掉；加长充氩时间。②电弧深入坡口根部，摆动均匀，焊接速度不能过快，应在坡口边、接头处稍做停留，以保证熔化良好。③选用小的焊接热输入，收弧时及时填满弧坑，熄弧点应在焊道外侧，即坡口侧。

焊接操作方法：水平固定、垂直固定焊接操作方法基本相似，注意焊丝端头始终处于氩气保护氛围中，采用连续送丝打底焊，电弧深入坡口根部（钨极尖距根部2~3mm），焊丝紧贴坡口边，跟着电弧向前拖，电弧呈小锯齿型均匀向前带动铁液走，坡口两侧稍作停顿。焊到封口接头处留一小孔，不加焊丝转圈熔化

大约15s（因铁液黏度大不易下淌），然后加焊丝封口，接着电弧退后1cm加丝慢速对封口处重新再熔焊一次，以保证接头熔合良好，防止内凹或熔合不良等缺陷产生。

操作要领：打底时能感觉铁液发亮并稍往里走，焊缝薄、窄且宽度均匀，才能使背面成形良好。

质量检查：根部焊接完成后，用钢丝刷进行认真清理焊缝，在保证根层焊缝的质量后方可进行其他层道的焊接。

(7) 填充焊接 由于打底层较薄，管子较厚，故填充两层；电流比第一层稍大一些，禁止焊丝熔滴大滴过渡，保证层间熔化良好。每层焊缝厚度控制在2~3mm，填充到离外坡口边0.5~1mm为宜。

(8) 盖面焊接 水平固定焊操作方法：焊道分布如图5a所示，仰焊部位起头，焊丝紧跟电弧，铁液给在坡口两侧（易于铁液迅速铺开，又防止咬边），电弧呈月牙型向上摆动，焊速均匀，收弧时填满弧坑，保持余高 $\leq 1\text{mm}$ 。

垂直固定焊操作方法：焊道分布如图4b所示，分别是焊道4-1和4-2，采用月牙型摆动法。4-1焊道填充至整个焊道宽度的2/3，注意把下坡口熔化良好，并保持整齐。4-2道填充至整个焊道宽度1/2，其要领是：电弧和焊丝必须同时到上坡口边，电弧要低，给丝要准，焊丝熔化铺开电弧立即下移，谨防咬边。

(9) 清理焊缝及自检 焊接完毕之后清理焊缝，对焊口按照I类焊缝的标准进行自检，焊口外观如图5所示。

5. 结语

焊接SB-407钢小径管时，采用小电流送焊丝时，应使铁液小滴过渡、每步多次给丝、中间多层填充，以减少了焊层厚度，控制焊接热输入，严格按照焊接参数焊接每一道口。依据JB4730规定，对一期机组高温过热器焊后进行了100%无损检验，一次合格率达到99%以上，满足施工工艺要求。

作者简介：张国勇等，山西华铎电力工程有限公司；范绍林，中冶天工钢构容器分公司。



(a) 水平固定焊口外观



(b) 垂直固定焊口外观

图5 现场焊口外观

MW 20161123