

煤制氢圆式气化炉内水冷壁盘管 焊接返修工艺

中石化第十建设有限公司 (山东淄博 255438) 赵新军 唐元生

【摘要】 我公司承建的某煤制氢装置75t/h干煤粉汽化炉内沿炉膛壁螺旋式水冷壁的中心部位炉管损坏, 盘式炉管离炉壁230mm, 上、下炉管间距18mm, 更换难度大。特别是收尾管段更换, 焊缝存在盲点, 无法正常焊接操作。我们采用了“开天窗式”等焊接方法, 对炉管进行了成功焊接修复, 为公司类似焊接修复积累了经验。

1. 概述

2011年, 神华宁煤公司煤基烯烃气化装置中圆式气化炉, 外径3200mm, 高度4600mm。此气化炉炉膛工作温度1400℃, 工作压力4.5MPa, 主要产生气体CO、H₂。

气化炉内水冷壁炉管在炉内沿内壁螺旋盘绕, 管与管上下间隙为18mm, 且采用密封翼板焊接; 水冷壁炉管和内侧炉壁距离230mm, 焊接区域狭窄。水冷壁炉管材质为16Mo3, 规格为 $\phi 89\text{mm} \times 7.1\text{mm}$ 。水冷壁炉管损坏处在中段2/3处, 共损坏13排炉管(见图1)。

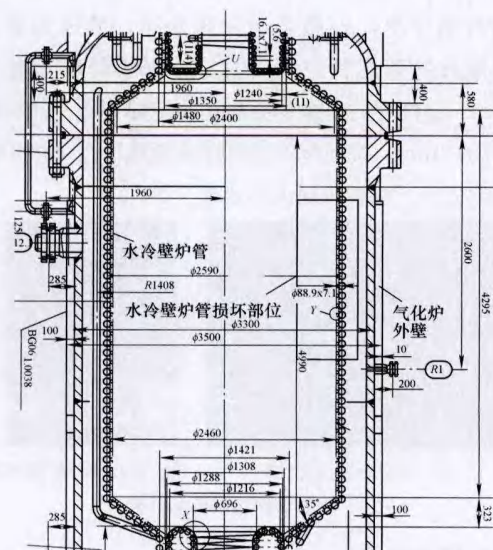


图1 气化炉损坏炉管位置(局部)

经现场观察和分析, 炉管损坏渗漏原因为炉管外螺栓焊钉被炉内长时间高温烧损导致裂纹(见图2), 造成水冷壁炉管渗漏, 需检修更换。这是我公司首次遇到的螺旋盘式炉管检修, 因炉管构造复杂, 炉管布置密集, 炉内空间窄, 同时要求炉管焊缝100% PT、RT探伤, 更换焊接难度非常大。

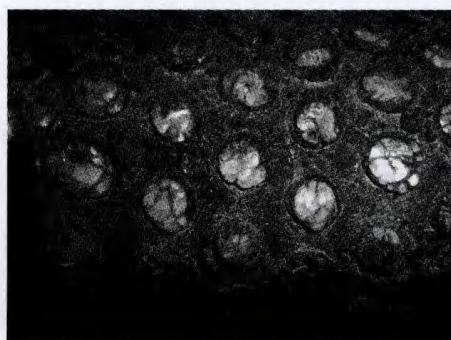


图2 炉管外螺栓焊钉裂纹

(1) 16Mo3炉管材料分析 此炉管材质16Mo3由西门子公司提供《执行EN10028-2标准》, 属低合金耐热钢, 炉管压制成型成品, 材料熔炼状态正火供货, 化学成分及力学性能如表1、表2所示。

表1 16Mo3炉管化学成分(质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Cu	Mo	Ni
0.12	≤	0.40	≤	0.010	≤	≤	≤	0.25	≤
~	0.35	~	0.025	0.010	0.012	0.30	0.30	~	0.30
0.20		0.90						0.35	

表2 16Mo3炉管力学性能

抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 (%)
≥ 436	≥ 275	≥ 22

(2) 16Mo3焊接分析 16Mo3耐热钢一般用于制造介质温度 $\leq 580^\circ\text{C}$ 的锅炉过热管, 钢中碳及合金元素含量较多, 淬硬敏感性较大, 焊缝及热影响区易出现淬硬组织, 导致产生冷裂纹。由于过热水冷壁在较高温度下工作, 炉管和焊缝需要保证在 $500\sim 550^\circ\text{C}$ 具有较高的热强性和持久强度, 焊接时应采取必要的工艺措施, 使焊接接头有足够的热强性能, 保证过热水冷壁炉管的安全生产运行。

2. 16Mo3钢的焊接工艺

(1) 焊接方法 由于炉管焊接时, 对焊缝的质

量要求较高, 不仅要求焊缝背面平齐, 还要求焊缝背面无焊瘤或未焊透等缺陷; 炉管道弧形度及齐平度也有严格要求, 否则会影响设备的安全运行。因此根据西门子公司的工艺规范要求, 需采用手工钨极氩弧焊(TIG)打底、填充、盖面的焊接工艺。

(2) 坡口尺寸 坡口形式采用单面V形, 定位焊时严格控制根部间隙和坡口钝边尺寸, 以确保打底焊缝彻底熔透。

(3) 焊接材料选择 应保证焊缝的化学成分和力学性能与母材相当, 钨极氩弧焊(TIG)选用神钢ER80S-G(MGS-1CM)焊丝, $\phi 2.5\sim \phi 2.0\text{mm}$ 。熔敷金属 $w_c\leq 0.09\%$, 低于母材金属的含量标准, 以减小淬硬组织, 其化学成分及力学性能如表3所示。

表3 神钢ER80S-G耐热钢实芯焊丝化学成分及熔敷金属力学性能

品名	AWS 型号	焊丝化学成分(质量分数, %)								熔敷金属力学性能			
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_y /MPa	δ (%)	A_{KV} /J (0°C)
MGS-1CM	ER80S-G	0.09	0.55	1.15	0.007	0.009	1.45	0.55	0.18	570	680	22	69

3. 焊前准备

(1) 炉膛内焊接区域非常窄, 炉管之间距离只有18mm, 一般氩弧焊枪难以到位(见图3)。经几种型号的焊枪测试, 氩弧焊枪选择额定电流150A, 瓷嘴直径6mm, 长度瓷嘴60mm, 方能满足焊接要求。

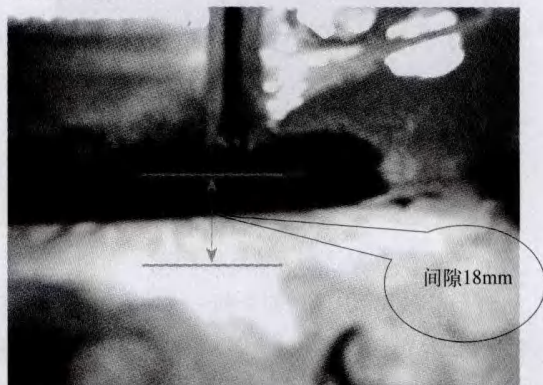


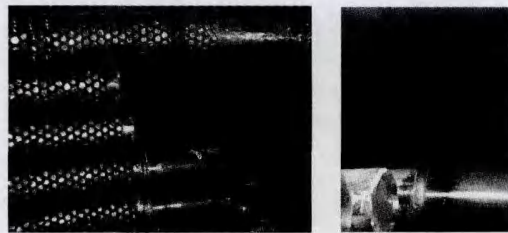
图3 炉管之间间隙只有18mm, 一般氩弧焊枪难以焊接到位

(2) 焊前为保证焊缝质量, 我们组织焊工进行了尝试练习, 利用炉管废料, 根据炉膛的炉管尺寸做模型, 采用加长瓷嘴氩弧焊枪进行操作, 主要是针对焊缝窄空间炉管壁内侧5~7盲点位置焊接方法进行练习。模拟焊接掌握焊枪角度及顺序, 熟练后再进行炉内施焊。因焊缝区域空间窄, 焊接

时需采用软皮焊接面罩, 同时采用镜面反射进行盲区焊接。

(3) 汽化炉水冷壁盘管是悬浮式构造, 检修位置在中部, 切割损坏炉管时现切割5排, 避免炉膛整体移位和变形, 组装从下部向上组对焊接。损坏炉管切割时切成梯形(见图4), 防止阻碍焊接区域可见度。

(4) 焊接前把坡口两侧的炉管内外各20~30mm范围打磨干净, 打磨至呈金属光泽, 确保无油、锈、氧化物等污物。组对时, 确保焊缝错边量 $\leq 0.5\text{mm}$ 。定位焊的焊接参数与正式施焊相同。此材料厚度为7.1mm, 按规范不需要焊前预热, 汽化炉炉管焊接完成后, 要整体回火热处理。



(a) 平视修复炉管状况 (b) 俯视炉管修复状况

图4 炉管切割切成梯形结构

4. 焊接参数

焊接16Mo3钢时, 应采用较小的焊接热输入,

以减小焊接应力,减小焊接过热区宽度,细化晶粒,提高焊缝的抗裂性能,焊接参数如表4所示。

表4 16Mo3钢管氩弧焊焊接参数

焊缝层次	焊丝 牌号	焊丝 直径 /mm	氩气 流量 /L·min ⁻¹	焊接 电流 /A	电弧 电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹
1~3	MGS- ICM	2.0~2.5	10~15	100~125	10~14	5~10

5. 焊接操作要点

(1) 焊缝根部打底 起弧点从管壁外底部6点位,先起弧搭桥连接一点,同时要控制好熔池温度,防止烧穿及塌陷,焊接时应确保炉管内侧盲点焊接区域6~8点位接头质量,此焊接位置是薄弱环节,容易产生气孔,接头如有裂纹及气孔等缺陷,要采用气动铰刀打磨焊缝接头将缺陷清除。

搭桥形成熔池后,正式焊接采用内载送丝,要求确保根部背面焊缝成形光滑,在焊接到6~7点位位置较窄焊接区域时,可见度差,变换焊枪角度较难,要求焊工必须保持平稳的电弧高度、焊枪角度及移动速度。有些位置需要右手操作,难度较大,需要技能熟练焊工,以确保焊缝质量。

(2) 填充盖面 根部焊完成后,用气动铰刀和钢丝刷清理焊缝的氧化物,然后进行填充层的焊接,从炉管内侧起弧7点位置向反方向焊接(倒焊法),焊至6点位置即可,站位焊接方式(见图5),焊接时必须保证焊枪角度及焊接可见度。控制焊枪气体流量10L/min,不宜过大,钨极的干伸长度为3~5mm,然后再从炉管内侧7点接头位置向上焊接。收弧方法采用衰减法,将收弧点甩到坡口边缘,防止过热的弧坑缩孔造成裂纹。

盖面时随着焊缝金属的厚度增加,可见度变差,焊枪移动局限性受阻,单道焊接容易造成咬边和焊缝余高过大,使过热的影响区形成粗晶区,应采用多道焊,减小热输入,保证焊接接头的质量。



(a) 7点位倒焊焊姿 (b) 7点位向上焊焊姿

图5 焊接站位方式

(3) 开天窗操作工艺要求 第一,气化炉炉管先更换13排,但最后2排炉管的上下炉管距离

200mm高度,操作空间狭窄,我们决定采用“开天窗焊接”。此炉管 $\phi 89\text{mm}$,开天窗尺寸 $200\text{mm} \times 100\text{mm}$,是整个管径的1/3(见图6)。开天窗内焊接空间较窄,采用150A长瓷嘴焊枪难以到达焊缝区,焊枪的转角难以垂直焊缝,焊枪角度调整困难,送丝可见度差,熔池保护较差,操作难度大,容易产生气孔。经过几种焊枪试验,采用小于炉管直径的短焊枪,带转向软管鹅颈焊枪比较合适,焊接时焊枪垂直焊缝,焊枪角度方可满足焊接要求。



图6 开天窗内破口和间隙

第二,炉管开天窗对接坡口形式

内V形接头,间隙以2.5~3.5mm为宜, $\phi 89\text{mm}$ 管内焊接是从内向外焊接工艺,因管内焊接操作受局限,焊接难度较大。为控制好焊接质量,采用转向短瓷嘴焊枪,将焊丝剪短弯弧形,保证焊丝能达到熔池位置,能够保证外部根焊缝圆滑平齐,防止根部产生凹陷及气孔等缺陷。

第三,管内焊缝焊接顺序要点,焊接时控制好电弧长度及送丝方式,打底焊从8点起弧向下倒焊至6点位置(见图7),然后从8点位向上焊接。从焊缝间隙送丝,使焊丝稳定送至熔池,焊至慢爬坡和仰焊焊缝,根焊容易产生凹陷,焊接时使焊丝向熔池1/3送进,确保根部焊缝质量。然后填充和盖面,焊接时采用多层多道焊接,避免熔池温度过高。内焊缝完成后进行无损探伤,合格后把天窗盖板封闭焊接。



图7 内坡口焊接技巧

6. 结语

我公司承建的

某煤基烯烃气化装置中,承担了两台干煤粉气化工的螺旋式水冷壁炉管检修任务,共计完成返修焊缝130个,经RT探伤,焊接合格率99%,两台设备返修共用时20天,此次检修使我们积累了焊接经验。经了解,此设备由西门子公司制造,曾检修其中一台,用时90天。MW (20120408)