

不同焊剂焊接 12Cr1MoVG 钢的对比研究

东方电气河南电站辅机制造有限公司 (河南灵宝 472501) 尉亚锋
三门峡锅炉压力容器检验所 (河南 472000) 朱万钦

【摘要】 文中简要分析了珠光体耐热钢 12Cr1MoVG 的焊接工艺特点,并根据埋弧焊焊接时焊剂分别采用 SJ101 和 HJ350 产生的不同效果进行了简要的对比分析。

在某耐热钢管道工程工厂化预制过程中,钢管对接环焊缝采用氩弧焊打底+焊条电弧焊填充+埋弧焊盖面的焊接工艺。为尽可能地减少常用的几种钢种的埋弧焊焊剂种类,避免产品制造过程中频繁更换焊剂而带来的操作失误,所以在焊前,对 12Cr1MoVG 钢管用不同焊剂进行了埋弧焊焊接试验。

1. 焊接性分析

12Cr1MoVG 钢的化学成分、力学性能如表 1 所示。

表 1 12Cr1MoVG 钢的化学成分和力学性能

化学成分 (质量分数,%)					
C	Mn	Si	p	S	Mo
0.08 ~ 0.15	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	≤0.030	≤0.030	0.25 ~ 0.35
化学成分		力学性能			
Cr	V	σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ (%)	A_{kv} /J
0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30	470 ~ 640	≥255	≥19	≥27

根据国际焊接学会 (IIW) 推荐的碳当量公式计算, 12Cr1MoVG 钢的碳当量为:

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \approx 0.63\%$$

其碳当量较高,接头区域有较高淬硬倾向,需采取适当的预热措施,并控制热输入量,同时要合理控制层间温度,焊后进行热处理。

2. 对比试验情况

(1) 试验用材料与试验方法 12Cr1MoVG 焊接

试验时,预热温度为 200 ~ 250℃,层间温度为 200 ~ 350℃,采用氩弧焊打底+焊条电弧焊填充的焊接方法,经多次试验,并在产品上使用多次,一直效果很好;采用氩弧焊打底+焊条电弧焊填充+埋弧焊盖面的焊接工艺时,氩弧焊打底+焊条电弧焊的焊材选用、焊接参数不做改变,本文不做过多论述。

埋弧焊的焊材分别用 H08CrMoVA + SJ101、H08CrMoVA + HJ350 进行了试验。

SJ101 是属于氟碱型烧结焊剂,碱度约为 pH = 1.8,焊接时电弧燃烧稳定,脱渣容易,焊接成形美观;HJ350 是熔炼型中锰、中硅、中氟熔炼焊剂,为棕红色至浅黄色的玻璃状颗粒,焊接工艺性能良好。国产烧结焊剂与熔炼焊剂相比的优缺点如下:

优点:①在烧结焊剂里可以添加脱氧剂,使脱氧充分,而熔炼焊剂不能再添加脱氧剂。②烧结焊剂可以加合金剂,合金化作用强。③烧结焊剂比熔炼焊剂具有更好的抗锈、抗气孔能力。

缺点:焊接参数的变化会影响烧结焊剂的熔化量,致使焊缝金属的成分和性能出现波动。烧结焊剂的吸潮性较大,容易增加焊缝的含氢量,对其包装、存放条件和提前烘干的要求比熔炼焊剂严格。

(2) 埋弧焊采用 H08CrMoVA + SJ101 焊材的试验情况 焊接参数如表 2 所示、焊接接头力学性能如表 3 所示。

两组试样按 1996 版《蒸汽锅炉安全技术监察规程》附录 I 中焊接工艺评定的要求进行评定,效果

不理想。主要问题是薄壁管试样冲击值低，厚壁管弯曲试样出现裂纹。

表 2 焊接参数

试样 编号	母材 规格 /mm	焊材	焊丝 直径 /mm	焊接 电流 /A	焊接 电压 /V	焊接 速度 /cm·min ⁻¹
Y—HSG01	φ558.6 ×16	H08CrMoVA + SJ101	3	310 ~ 370	30 ~ 36	15 ~ 30
09—003	φ406.4 ×50					

表 3 使用 SJ101 焊接接头力学性能

试样编号	焊后 热处理	抗拉强度 /MPa	冷弯	冲击 吸收能量 A _{KV} /J	备注
Y— HSG01	725℃, 1h	613, 613	不合格	12, 18, 9	
	740℃, 1h	512, 512	合格	25, 23, 17	原试样 第二次热 处理
	750℃, 1.5h	516, 506	合格	25, 22, 36	原试样 第三次热 处理
09—003	750℃, 3h	535, 515	不合格	48, 52, 53	
	760℃, 3h	488, 531	合格, 但有不 超裂纹	48, 62, 59	原试样 第二次热 处理

(3) 埋弧焊采用 H08CrMoVA + HJ350 焊材的试验情况 预热温度、层间温度、焊接电流、焊接电压、焊接速度等参数与使用 SJ101 焊剂时基本相同。

共做两组试样，试样编号为 HPG—30、HPG—31，每组试样按焊后热处理的不同，分成两套试样，共四套试样。试验结果如表 4 所示。

4 套试样均为一次合格，序号 2 的冲击值虽然合格，但最低值 39，与合格指标 35 相比，安全余量不大。除序号 2 以外，其他试样冲击试验结果令人满意。从试验结果看，生产中应注意焊后热处理参数的选用。

表 4 使用 HJ350 焊接接头力学性能

序号	试样编号	力学性能 报告编号	焊后 热处理参数	抗拉强度 /MPa
1	HPG—30/A	JXC09—315	740℃, 1.5h	522, 503
2	HPG—30/B	JXC09—316	750℃, 1h	512, 525

(续)

序号	试样编号	力学性能 报告编号	焊后 热处理参数	抗拉强度 /MPa
3	HPG—31/A	JXC09—368	740℃, 3h	597, 614
4	HPG—31/B	JXC09—367	740℃, 2h	607, 598
序号	冷弯 (侧弯, 4 个试样)	焊缝冲击 吸收能量 A _{KV} /J	热影响区 冲击吸收能量 A _{KV} /J	母材规格 /mm
1	合格	53, 46, 58	60, 54, 60	φ558.8 × 16
2	合格	48, 47, 50	47, 39, 44	φ558.8 × 16
3	合格	60, 60, 54	78, 65, 80	φ377 × 36
4	合格	58, 58, 46	64, 70, 68	φ377 × 36

3. 焊缝性能分析

(1) 焊材选用 为了保证焊缝金属与母材有相当的热强性和耐热性，焊缝金属化学成分应力求与母材接近，同时，应防止焊材焊缝强度过高，导致接头的韧性、塑性及抗裂性降低。

埋弧焊接时焊缝合金化的途径有两种：一种是通过焊剂向焊缝过渡有限的合金元素，如 Si、Mn，适用于低碳钢或碳锰钢的焊接；另一种是通过合金焊丝向焊缝过渡合金元素，适用于低合金钢和合金钢的焊接。

焊缝的化学成分取决于焊丝的成分以及由焊剂性能决定的合金过渡能力。有资料表明，SJ101 比 HJ350 过渡合金元素的力学性能强，具体数据如表 5 所示。使用 SJ101 比 HJ350 容易获得更高的焊缝强度，但不易获得良好的塑性、韧性。

表 5 各焊接材料的成分 (质量分数) (%)

焊接材料	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
H08CrMoVA	0.10	0.15 ~ 0.35	0.40 ~ 0.70	1.00 ~ 1.30	0.50 ~ 0.70	0.15 ~ 0.35
H08CrMoVA + HJ350	0.04	0.45	0.95	0.91	0.54	0.16
H08CrMoVA + SJ101	0.05	0.30	1.13	0.94	0.55	0.19

(2) 焊后热处理对焊缝性能的影响 通过焊后热处理可以使耐热钢的组织更加稳定，使硬而脆的马氏体组织得以回火，并使焊缝的结晶组织和成分趋于均匀、合理。一般情况下，焊后热处理温度越高，保温时间越长，焊缝金属的抗拉强度和屈服强度就越低。Cr-Mo 系耐热钢焊缝金属经合理工艺热处理后冲击韧性会得到改善，但若选择较低的热处理温度会导致冲击韧性下降。

DL/T869—2004《火力发电厂焊接技术规程》中，

钛钙型低硅抗发红奥氏体不锈钢焊条的研究

山西北方风雷集团有限公司铆焊厂 (太原 030009) 帅玉峰 刘建伟 王树明

【摘要】 详细讨论了钛钙型不锈钢焊条发红开裂的原因和防控方法,初步探讨了熔敷金属中硅含量增加的原因、危害及控制硅含量的方法,并阐述了研制的 E308—16 不锈钢焊条硅含量 $w_{\text{Si}} \leq 0.6\%$ 配方设计的思路。

随着我国现代工业的迅猛发展,不锈钢焊条的应用范围日益扩大,社会需求量也越来越大。但我国在不锈钢焊条的研究和生产方面与国际先进水平相比还有很大距离。从 20 世纪 70 年代起,我国各焊条厂家及科研单位相继对钛钙型不锈钢焊条进行了广泛的研究,特别是在电弧物理和熔滴过渡形态方面,取得了突破性的进展。

太原工业大学陆文雄、王宝教授提出了长套筒附壁过渡理论,并设计了新的高硅铝酸盐焊条渣系,从而将不锈钢焊条的配方设计研究推向一个新的高度。研究初步表明:长石、云母等对提高电弧电压、降低熔渣的表面张力,细化金属熔滴有着显著的作用。但新渣系在焊接冶金过程中,易于向焊缝金属中渗硅。而焊缝硅含量的增加,对奥氏体不锈钢是极不利的。1985 年我国技术标准局在修订不锈钢焊条标准时,将 $w_{\text{Si}} \leq 1.2\%$, 改为 $w_{\text{Si}} \leq 0.9\%$ 。虽然这

个含 Si 量要求尚未达到国外最先进水平,但这一修改,无疑标志着我国不锈钢焊条制造有了长足的发展。

国外瑞典 Avesta 公司野牛牌有 34 种不锈钢焊条,其 $w_{\text{Si}} = 0.5\% \sim 1.3\%$, 除有两种 w_{Si} 分别为 0.5% 与 1.3%, 四种 $w_{\text{Si}} 0.7\%$ 以外,多数含硅范围为 0.8%; 伊萨公司的 Ok 不锈钢焊条,其 w_{Si} 为 0.5% ~ 1.0%。我国取其上限 0.9% 作为现阶段不锈钢焊条的技术标准要求。当然上述各类焊条中,有碱性药皮类不锈钢焊条,不在此讨论中。这一改动对各焊条厂家,提出了更高的要求。一时间,降低熔敷金属的含硅量成为我国各焊条厂家竞相努力的方向。研究设计新的钛钙型不锈钢焊条,已成为一个刻不容缓的关键问题。

1. 我国不锈钢焊条生产、科研现状

不锈钢不同于一般的低合金结构钢,由于它含

对 12Cr1MoVG 材料推荐的热处理温度是 720 ~ 750℃。从试样 Y—HSG01、09—003 的结果来看,750℃ 的热处理温度偏低,12Cr1MoVG 材料的下临界点 A_{c1} 在 774 ~ 805℃ 之间,采用 H08CrMoVA + SJ101 焊材时,焊后热处理温度应在小于 A_{c1} 的情况下,适当取较高的温度。

4. 结语

(1) H08CrMoVA + HJ350 更适宜于 12Cr1MoVG

材料的焊接,采用 H08CrMoVA + HJ350 焊接材料,可以采用标准中推荐的焊后热处理参数,结果比较理想。

(2) 采用 H08CrMoVA + SJ101 焊接材料,效果不好。但提高焊后热处理温度,比如提高到 760℃、770℃ 能否得到力学性能合格的焊缝,还有待进一步通过试验验证。MW

(20110425)