

P91/P92钢管焊接接头 表面裂纹磁粉检测工艺探讨

中国能源建设集团有限公司天津电力建设公司 (300041) 严正 胡庆 李震山

【摘要】 P91/P92钢管道工厂化预制模式下, 其焊接接头易产生表面裂纹, 本文针对P91/P92钢焊接接头的表面裂纹的生成原因和特点, 提出了工厂化预制模式下磁粉检测的解决方案。

1. 概述

近年来, 随着我国电力工业发展战略中火电发展着眼于优化和环保, 超临界或超超临界机组已成为我国火电机组建设的主导。为了提高火电厂的运行效率, 提高蒸汽参数, 大量使用了P91、P92、E911、P122等新型马氏体钢, 这就给焊接、热处理、无损检验等方面提出了一系列的新课题。

本文针对P91/P92钢焊接接头的表面裂纹的生成原因和特点, 提出了工厂化预制模式下磁粉检测的解决方案。

2. P91/P92钢焊接工艺特点

P91/P92钢 (9Cr-1Mo钢) 国内常用的焊接方法有钨极氩弧焊 (GTAW)、焊条电弧焊 (SMAW) 和埋弧焊 (SAW)。这三种焊接方法虽然不同, 但是均遵循控制热输入的原则, 即采用小热输入、薄焊层、多层多道焊技术焊接, 下层焊道对上层焊道产生回火效应, 其他主要控制点的参数如附表所示。

P91/P92钢不同焊接方法的焊接参数

钢种	焊接方法	焊接热输入 /kJ·cm ⁻¹	预热温度 /℃	层间温度 /℃	马氏体转变控制 /℃·(2h) ⁻¹	后热 /℃·(2h) ⁻¹	热处理温度 /℃
P91	GTAW	25	150	300	120~100	350	760±10
	SMAW	25	200	300			
	SAW	25~30	200	350			
P92	GTAW	20	150	300	100~80	350	765±10
	SMAW	20	200	300			
	SAW	20~25	200	300			

3. P91/P92钢管道工厂化预制的特殊性

推荐的P91/P92钢的焊接工艺是焊接工作完成后, 缓冷至马氏体完全转变温度保温2h, 立即进行焊后热处理, 否则需进行附表所要求的后热处理。安装现场焊后热处理采用柔性陶瓷电阻加热方式或其他便携方式的局部热处理, 可以实现以上标准工艺。但在工厂模式下, 对管道预制焊接接头通常是集中一定数量的经后热处理过的焊接接头, 进行炉内整体热处理, 炉内热处理的优点是管道受热均匀, 生产效率高, 但是通常焊后会放置一定时间。由此带来下文所述表面缺陷发生几率的增加。

4. 改进P91/P92钢焊接接头磁粉检测工艺的起因

工厂对P91/P92钢管道工厂化预制的检测方案: 焊后100%UT+表面100%MT (避免因焊接缺陷修复造成多次热处理); 热处理后100%UT+表面100%MT (最终检测)。MT检验采用的磁轭法或交叉磁轭法, 工艺采用中等规范。

在某超超临界机组项目的工厂化预制过程中, 对P92钢焊缝表面进行金相检测时发现焊缝表面存在有深度较浅 (一般深度为1~2mm) 且宽度极其细微的裂纹类缺陷, 典型的表面裂纹缺陷形貌如图1、图2所示。此时热处理后的最终MT检验已完成, 检查MT检测记录, 并未发现超标缺陷。为此重新对该批焊缝用原MT检测工艺进行检测, 依旧未见超标缺陷, 于是对几道同类焊接接头采用金相

制备方法对焊缝表面进行制备,又陆续发现类似裂纹缺陷,且比例很高,由此引起我们的高度注意,认为表面制备条件可能是造成表面裂纹漏检的重要因素。遂对该批焊接接头逐步提高打磨精度,直至采用百页轮抛光,表面粗糙度接近金相打磨水平。同时调整磁粉粒度和磁悬液浓度,发现较大数量的表面裂纹,其共同特点为磁痕。

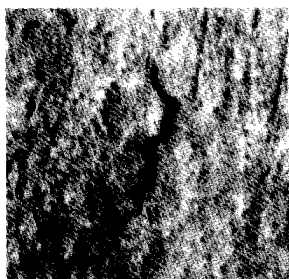


图1 P92钢焊缝表面
裂纹(手工焊)

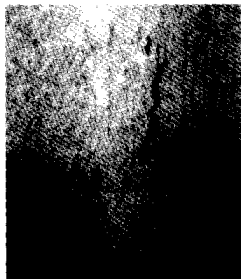


图2 P92钢焊缝
表面裂纹(自动焊)

在目视下宽度极为细小,一般不超过0.5mm,呈曲折状,较为清晰尖锐,但因宽度窄小,故需辅以手电照明便于识别。深度多为1mm左右,最深者不超过2mm,一般打磨后很快消失。长度5mm、6mm到十几毫米不等,沿焊缝纵向分布,严重者可断续分布整个焊道。

5. 裂纹成因分析及生产改进

由缺陷磁痕特点看具有应力腐蚀裂纹特征,分析生产过程,认为导致表面裂纹产生的应力来源于P91/P92钢为高强马氏体耐热钢,焊接过程和组织转变产生的应力若不能充分释放就可能诱导裂纹产生。P91/P92钢焊接工艺需严格控制热输入,即应用小热输入、薄焊层、多层多道焊方法来焊接,下层焊道对上层焊道产生了回火效应,表层焊道(盖面层)虽没有次层焊道的回火效应,但是焊后立即进行的焊后热处理使表层焊道的应力得以释放。

在工厂化管道预制模式下需集中一定数量的焊接接头进行炉内整体热处理,虽然每道焊接接头在焊接工作完成后经过后热处理,但是应力并未充分释放,在热处理前的存放期间,由于表层焊道的高硬度(通常 $>320\text{HBW}$,而热处理后的硬度合格标准应 $\leq 250\text{HBW}$)。高焊接残余应力,以及存放环境的水、汽腐蚀,均为产生应力腐蚀裂纹的诱因,所以能很好解释为何安装工地焊接P91/P92钢几乎不产生表面裂纹,而工厂化预制P91/P92钢焊接接

头表面裂纹高发。

针对以上原因,采取了如下改进措施:

(1) 调整生产流程,尽量缩短P91/P92钢焊接接头焊后至热处理的存放时间,提高热处理开炉频率。

(2) 焊接部门也采取焊后将焊道余高及时清除,并圆滑过渡,以减小可能产生的应力腐蚀裂纹。

(3) 由于工厂不能根本改变采用焊后集中炉内热处理的生产形式,为此检验部门仍需优化磁粉检测工艺,提高磁粉检测检出率,避免表面裂纹漏检,以保证产品质量。

6. 优化磁粉检测工艺,提高检出率

经过试验,确定从以下方面进行优化:

(1) MT检验仍采用磁轭法或交叉磁轭法,湿法,连续法,但采用严格规范,高灵敏度探伤,以A1-15/100校准探伤灵敏度。

(2) 提高表面制备要求,表面粗糙度值 $\leq 5\mu\text{m}$ (试验中经粗糙度仪测定易发现表面裂纹的粗糙度下限),最终打磨用百页轮抛光。

(3) 严格控制反差增强剂的喷洒质量,保证薄而均匀。

(4) 采用细颗粒黑磁粉。

(5) 适当降低磁悬液浓度,浓度控制在标准偏下限,约15mL/L。

(6) 提高观察光照度,采用强光手电观察,并注意避免背景炫光。

7. 结语

经过工厂的生产流程调整,使P91/P92钢焊接接头产生表面焊接裂纹的几率大大下降;同时优化后的磁粉检测工艺检出率得到大幅提高,检出的表面缺陷得到及时处理,使管道预制件运达安装现场业主进行的安全性能检验后,因探伤漏检退厂率趋零。

本工艺在行业交流后,得到国内同行业的管道生产厂的认同,按本检测工艺对P91/P92钢的焊接接头进行检测,发现大量同类缺陷并及时处理,保证了产品质量,取得了良好的社会效益。MW

(20120620)