SA213－T91钢管的焊接工艺试验

山东鲁能电力焊培中心 （250000） 王志红 赵进忠 杨永梅 韩 军

本文对SA213－T91钢管的焊接工艺特点、预热、焊接及焊后热处理等工艺规范进行了探讨，并对焊接接头进行了各项性能试验，取得了良好的结果。该工艺应用于山东鲁能电力焊接培训中，为各电厂、电建单位输送了大批合格焊工，取得圆满成功。

随着电力工业发展的高参数、大容量、高效率、低污染，国内新建火电厂及设备检修更换构件中已广泛采用SA213－T91钢，但在焊接试验研究及施工生产中还存在一些亟待解决的问题。为了更好的使用该钢种，我们对SA213－T91钢进行了焊接工艺试验。

一、SA213－T91钢的特点

SA213－T91钢是一种改良型的9Cr－1Mo钢，是在原9Cr－1Mo马氏体钢基础上，降低含碳量，添加微量V、No等合金元素，控制N、Al含量得到的。其化学成分和常温力学性能分别如表1、表2所示。

表1 SA213－T91钢的化学成分（质量分数）（%）

成分	C	Mn	P_{max}	S_{max}	Si	Cr
含量	0.08～0.12	0.30～0.60	0.020	0.010	0.20～0.50	8.00～9.50
成分	Mo	V	Nb	N	Al_{max}	Ni_{max}
含量	0.85～1.05	0.18～0.25	0.06～0.10	0.03～0.07	0.04	0.04

表2 SA213－T91钢的常温力学性能

标准	σ_s/MPa	σ_b/MPa	δ（%）	HB
ASTM A213	≥415	≥585	≥20	≤250

由表1可以看出T91钢的化学成分限制是十分严格的。

为了更进一步验证埋弧自动焊＋超声波探伤工艺实用性，我们在生产前做了模拟接头的结构试验，焊接了φ800mm×10m离心管桩3根，经探伤合格后，对焊缝区做受压试验。受力点为焊缝接头中心，当负荷达到管桩承载能力的120%时，管桩混凝土开裂而接头焊缝完好，达到强度要求，因此可以用于大批量生产。

考虑到埋弧自动焊的热规范比手工电弧焊大，热输入也大，其对焊缝区周围的混凝土有多大影响？因此在接头焊接时，我们在离开焊缝中心不同距离处用XMX—1310型表面测温计测试其表面温度，结果见表4。

表4 焊缝区周围混凝土表面温度（℃）

离开焊缝中心的距离/mm		30	60	90	120
自动焊焊层	第2层	200	150	48	44
	第3层	225	158	55	44
	第4层	236	180	57	46

注：当天作业环境条件下的管桩混凝土表面温度为41℃。

在焊缝完全冷却后，测得混凝土表面硬度与焊前无明显变化。

另外，我们还对试验桩焊缝区采样做金相分析，埋弧自动焊焊缝区组织为：片状先共析铁素体＋魏氏组织铁素体向晶内生长，晶内为针状铁素体＋少量珠光体；热影响区组织为：等轴细晶粒铁素体＋少量珠光体。

五、结语

本项目采用埋弧自动焊来焊接离心管桩接头，填补了国内离心管桩接头焊接空白，特别是开发了离心管桩接头焊缝的检测技术，提高了焊缝质量的可靠性。

通过大量的焊接工艺、检测工艺的试验和实践，证明了埋弧自动焊应用于离心管桩接头焊接的可靠性和可行性，为离心管桩特别是长管桩的推广应用提供了技术支持和保证。 （20021116）

二、SA213－T91 钢焊接性分析

SA213－T91 钢合金元素含量较高（总量约为10%），并有一定的空淬硬化裂纹倾向及焊缝脆化，因此需焊前预热。保持一定层间温度及焊后进行热处理，焊接工艺参数宜采用小热输入量施焊，方能保证其焊接接头质量。

鉴于上述的焊接性分析，此钢种在焊接时必须采取行之有效的焊接工艺措施，并严格执行热处理工艺规范。

三、SA213－T91 钢焊接工艺试验

1. 试验条件

（1）钢材　T91 钢，ϕ63.5mm/4.5mm。

（2）焊接方法　采用手工钨极氩弧焊，氩气流量 8～10L/min（背面充氩 6～15L/min）。

（3）环境温度　20～30℃，湿度＜60%。

（4）焊接位置　水平固定（5G），垂直固定（2G）。

（5）热处理设备　LWK－12×(0～220)－B。

（6）焊接设备　ZX7－315STG。

（7）焊接材料　焊丝：TGS－9cb，ϕ2.4mm，化学成分见表 3。

表 3　TGS－9cb 化学成分（质量分数）(%)

C	Cr	Mo	V	Mn	Si	S	P	Ni
0.08	8.79	0.81	0.15	1.09	0.22	0.008	0.005	0.71

2. 焊接工艺规范

（1）焊前坡口制备（其形状尺寸见图 1）。

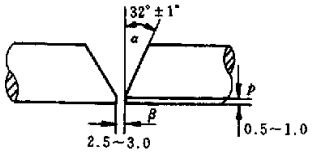

图 1　坡口制备

（2）焊前清理　彻底清除坡口内外母材表面两侧 10mm 范围内及焊丝表面的油污、铁锈、水分等，直至露出金属光泽。

（3）对口点固焊　将焊丝熔化金属直接点固在对口的根部，对口错边不超过 1.0mm；点固焊前用火焰加热点固焊区到 150℃；点固焊及正常施焊过程中不得在管子表面试电流，乱引弧。

（4）焊前预热　焊前采用电阻加热坡口两侧 150mm 左右，预热温度为 150℃。层间温度保持在 200～300℃左右。

（5）焊接规范参数见表 4。

表 4　焊接规范参数

焊接位置	焊接方法	焊接材料		电流范围		电压范围/V	焊接速度/mm·min^{-1}
		型(牌)号	规格 ϕ/mm	极性	电流/A		
水平固定	手工钨极氩弧焊	TGS－9cb	2.4	正接	60～85	8.5～10.5	85～125
垂直固定		TGS－9cb	2.4	正接	70～85	9～11	82～143

（6）焊后采用高温回火热处理方法。

温度：760℃±10℃；恒温时间：0.5h；

升温速度：280℃/h；降温速度：213℃/h；

热处理曲线图见图 2（300℃以下可不控制）。

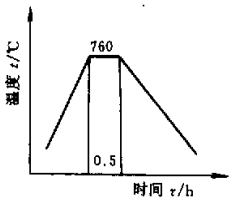

图 2　热处理曲线图

四、焊后检测

（1）外观检查（见表 5）。

表 5　外观检查

位置	余高/mm	余高差/mm	每侧增宽/mm	裂纹	未熔合	未焊透	表面气孔	咬边
水平固定	0.5	0.5	0.3	无	无	无	无	无
垂直固定	0.5	0.5	0.2	无	无	无	无	无

（2）无损探伤（见表 6）。

表 6　无损探伤

位置	底片编号	检验方法	底片黑度	缺陷性质	评定质量等级	执行标准
水平固定	38	RT	2～2.5	无	I	DL/T5069－1996
垂直固定	39	RT	2～2.5	无	I	DL/T5069－1996

（3）断口检查（见表7）。

表7 断口检查

位置	破断方法	发现缺陷情况
水平固定	压断	无
垂直固定	压断	无

（4）常温力学性能（见表8、表9）。

表8 常温力学性能

位置	试样编号	负荷/kN	抗拉强度/MPa	伸长率(%)	硬度（HB）		断裂位置
					焊缝	热影响区	
水平固定	38－1	45	652	20	234	160	母材
	38－2	47	661	20	242	146	母材
垂直固定	39－1	48.5	678	20	231	149	母材
	39－2	42	646	20	205	159	母材

表9 弯曲试验

位置		弯曲角度（°）	结论
水平固定	面弯2个	50	经检验，弯曲试样无裂纹，完全符合要求
	背弯2个	50	
垂直固定	面弯2个	50	
	背弯2个	50	

（5）微观金相组织　焊缝、热影响区金相组织为回火索氏体，组织合格。

五、焊接操作工艺要领

图3为施焊图，分为对口定位焊、根层打底施焊1、中间填充层施焊2和盖面层施焊3。

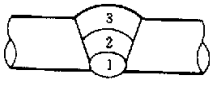

图3 施焊图

（1）对口定位焊　采用高频引弧法引燃电弧，将坡口两侧钝边熔化后加丝焊接。注意观察坡口两侧的熔合情况，必须使熔敷金属与母材充分熔合。

（2）根层打底施焊　采用内填丝法焊接，焊枪呈锯齿形摆动，在两侧适当停留，填丝动作要稳。

（3）中间填充层施焊　采用连续送丝法，焊枪做锯齿形摆动，焊丝要始终处在氩气保护区内，焊接速度尽量加快，避免焊缝表面氧化。

（4）盖面层施焊　采用连续送丝法，焊枪做锯齿形摆动，焊丝要始终在熔池中间并处在氩气保护区内，焊接速度尽量加快，避免焊缝表面氧化。

六、结语

（1）运用合适的工艺规范焊接，T91钢的焊接接头力学性能指标完全可以满足要求。

（2）所提供的焊接、加热工艺规范参数，适合焊工的培训，也适合工程现场焊接施工。

（3）对今后这方面的焊接工作具有重要的指导性意义。

（20021218）

2002全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会年会召开

由全国金属与非金属覆盖层标委会主办的“2002全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会年会”于2002年11月25～27日在广西南宁市召开。到会标委会委员100人，标委会主任委员武汉材保所总工程师高万振出席会议并致开幕词，标委会付主任委员工程院院士闻立时在会上做了专题报告，他就我国加入WTO新形势下，标准化工作如何赶上新形势的需要，以及制标贯标等问题做了生动具体的报告。标委会秘书长贾新建做了秘书处的工作报告，同时还进行了标准化的经验交流。

会议分组讨论审查下列标准：

总会：铝上釉瓷和搪瓷—在电解液作用下测定铝上瓷层附着力

釉瓷和搪瓷—密闭系统中的钢结构腐蚀防护—锌和铝覆盖层—选择通则

热喷涂：

热喷涂—热喷涂结构的质量要求（1、2、3、4）

热喷涂—粉末—成分和供货技术条件

热喷涂涂层设计命名方法

热喷涂涂层材料命名方法

电镀：

磁性金属基体上非磁性覆盖层厚度测量磁性法

非磁性金属基体上非导电覆盖层厚度测量涡流法

金属基体上金属镀层孔隙率的测定—硝酸蒸汽法

涂装：

喷涂室

机械设备耐高温涂层技术条件

腐蚀：

金属和其他无机覆盖层—钢铁为减少氢脆危险的预处理

金属和其他无机覆盖层—钢铁为减少氢脆危险的后涂覆处理

以上标准已经到会标委会委员审查通过，待上报国家批准后颁发。会议期间还对标准制定单位、先进集体、优秀专家及部分新聘委员颁发了证书。本次会议是跨入新世纪后我国标委会的一次盛会，对我国今后的制标与贯标将会起到很大的推动作用。

全国热喷涂协作组办公室　刘广海供稿