

2205 双相不锈钢管焊接工艺评定

李为卫¹, 曾君², 马开阳³, 朱力挥³, 田希银³, 宫少涛¹

(1 中国石油管材研究所 石油管力学和环境行为重点实验室, 西安 710065;

2 石油天然气工程建设西北地区焊接技术培训中心站, 克拉玛依 834000;

3 中国石油塔里木油田分公司, 库尔勒 841000)

摘要 铁素体-奥氏体双相不锈钢, 简称即双相不锈钢(DSS), 具有优良的力学性能和耐蚀性能, 2205 (也称 22Cr) 双相不锈钢管材在石油及天然气工业、海洋工程、化学工业等行业具有广泛的用途。该材料焊接有许多技术特点, 工艺参数对接头的组织和性能有很大影响。对 D508 \times 15.9mm 规格钢管制管纵缝和现场环焊缝焊接工艺评定进行介绍。

关键词: 双相不锈钢 钢管 焊接工艺评定

中图分类号: TG42; TH16 **文献标识码**: B **文章编号**: 1671—3133(2006)01—0086—03

Welding procedure qualification of 2205 duplex stainless steel pipe

Li Weiwei¹, Zeng Jun², Ma Kaiyang³, Zhu Lihui³, Tian Xiyin³, Gong Shaotao¹

(1 Tublar Good Research Center of CNPC, Xi'an 710065, CHN;

2 Northwest Region Welder Performance Training Center, Kelamayi 834000, CHN;

3 Tarim Oil Field Company of CNPC, Kuerle 841000, CHN)

Abstract Ferritic-austenitic stainless steel also referred to as duplex stainless steel(DSS), possesses favorable mechanical property and good corrosion resistance. 2205 duplex stainless steel pipes have been applied widely in petroleum, natural gas, ocean and chemistry industry, etc.. This material has much characteristic in welding, and welding parameter has much influence on microstructure and properties for welding joint. The welding procedure qualifications for longitudinal and girth welds of D508 \times 15.9mm pipe have been introduced.

Key words: Duplex stainless steel Pipe Welding procedure qualification

2205 双相不锈钢是现代双相不锈钢中的一种, 用途广泛, 具有优良的力学性能、耐蚀性能, 以及良好的焊接性, 在石油天然气输送、海洋工程、化学工业等行业具有广阔的应用前景。石油和天然气工业目前采用双相不锈钢材料铺设的油气输送管线长度已超过 850km, 绝大部分为 2205DSS^[1]。

西气东输某气源工程由于输送天然气介质的腐蚀性强, 高压管道采用 2205 双相不锈钢材料。双相不锈钢优良的性能是靠适当比例的两相组织来保证的, 焊接工艺参数对焊缝的组织有很大的影响, 合适的焊接工艺参数和一定的技术措施相结合才能保证焊缝及热影响区的组织和性能。钢管制作焊接是关键工序之一; 天然气管道的现场施工, 焊接是最主要、最关键的工作之一。本文对 D508 \times 15.9mm 规格钢管制管纵缝和现场环焊缝焊接工艺评定进行介绍。

1 工艺评定试件的焊接

钢管纵缝和环缝工艺评定试件分别采用 Outokumpu 公司 (原瑞典 Avesta) 生产的 15.9mm 厚平板和 D508 \times 15.9mm 钢管, 其主要合金元素是 Cr、Ni、Mo 和 N, 其重量百分比分别为: 22% Cr、5% Ni、3% Mo 和 0.15% N, 其显微组织为具有大约 50% 的铁素体和大约 50% 的奥氏体双相组织 (见图 1), 其主要力学性能值见表 1。

表 1 工艺评定试件母材的力学性能 (横向)

抗拉强度	屈服强度	延伸率	夏比冲击功	硬度/
R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%	Akv /J	HB
761	599	26	276 (-20)	290

钢管纵缝焊接在钢管制造厂进行, 工艺评定试件焊接采用双面埋弧焊方法, 采用瑞典 Sandvik 公司生产

的埋弧焊和焊剂,焊接位置为 45 固定,由于钢管产品焊缝最终要进行固溶处理,因此,工艺评定试件也进行相应的焊后固溶处理(加热 1050 ~ 1100 ℃,水淬)。钢管环缝焊接在现场进行,工艺评定试件焊接采用单面焊,采用钨极氩弧焊(TIG)打底+手工电弧焊(SMAW)填充和盖面方法,使用瑞典 Avesta 公司生产的氩弧焊丝和焊条,焊接位置为 45 固定,试件焊后不进行热处理。焊接规范采用适中的工艺参数。焊接工艺评定试件焊接主要条件见表 2。

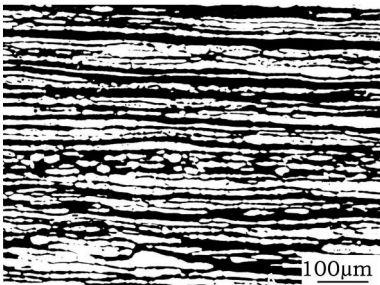


图 1 2205DSS 板材典型显微组织

表 2 焊接工艺评定主要焊接条件

评定	焊接方法	焊材牌号	坡口形式	保护气体	焊接位置	焊接线能量 E/(kJ·cm ⁻¹)	层间温度/℃
纵缝工艺	SAW	Sandvik 22. 8. 3L/ 15W	X	/	平焊 (1G)	7 ~ 21	< 150
环缝工艺	TIG+ SMAW	AVESTA2205 AVESTA2205- PW	单面 V	焊 枪 :Ar + 1. 5 %N ₂ 焊缝背面 :Ar + 5 %N ₂	45 固定 焊 (6G)	8 ~ 18	< 150

2 工艺评定性能试验结果及其分析

工艺评定性能按工程技术条件进行。试验项目包括常规的接头拉伸、导向弯曲和低温 (- 40 ℃) 夏比

冲击试验、金相组织检验和腐蚀性能试验。工艺评定主要性能试验结果见表 3。环焊缝工艺评定焊缝及热影响区的显微组织见图 2。

与奥氏体不锈钢相比,2205DSS材料导热系数大,

表 3 工艺评定主要性能试验结果

评定	抗拉强度 Rm/ MPa	导向弯曲 (弯轴直径 6T)	- 40 ℃ 夏比 V 型缺口冲击 Akv/ J	铁素体含量/ %		点蚀试验 (ASTMA923C 法)		
				焊缝	热影响区	试验温度/℃	试验时间/h	失量/(mg·m ⁻² ·h)
纵缝工艺	760 775	面弯 180°,完好 背弯 180°,完好	焊缝:151;153;177 熔合线:180;216;205 熔合线+2:276;235;2217	35 ~ 43	40 ~ 50	22	24	2.3
环缝工艺	765;750 760;775	侧弯 180°,完好	焊缝:41.5;43.5;45.0 熔合线:155;103;115 熔合线+2:240;286;220	30 ~ 45	40 ~ 65	22	24	6.3

线膨胀系数小,又包含两种组织,因此热裂倾向和变形小;与低合金高强钢相比,因组织中含有约 50 % 的奥氏体,因此冷裂纹倾向小。总之,2205DSS 可焊性良好^[2,3]。

双相不锈钢优良的性能是靠适当比例的两相组织来保证的。焊接工艺参数对焊缝的组织有很大的影响。焊接过程采用的线能量过低,工件冷却速度过快,焊缝及热影响区会产生过多的铁素体和氮化物,从而降低焊接接头的腐蚀抗力和韧性。另一方面,焊接过程采用的线能量过高,工件的冷却速度过慢,焊缝及热影响区可能析出金属间相,也会使焊接接头的腐蚀抗力和韧性降低。可见,合适的焊接工艺参数和一定的技术措施相结合才能保证焊缝及热影响区的组织和性能^[3,4]。

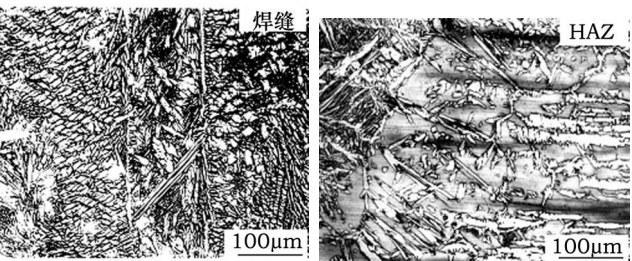


图 2 环焊缝工艺评定焊缝及热影响区的显微组织

从表 3 工艺评定试验结果可以看出,焊接接头的抗拉强度远高于母材标准的下限要求(620MPa),接头拉伸性能不存在问题。接头弯曲 180°后受拉面完好,表明接头的延塑性良好。焊接及热影响区在 - 40 ℃低温下的夏比冲击功,不但满足一般 27J 的要求,且

(下转第 96 页)

步), 轧件进入非稳态轧制阶段直至轧件尾部完全从第一机架上轧辊抛出(144 步), 这时轧制力的绝对值降为零。

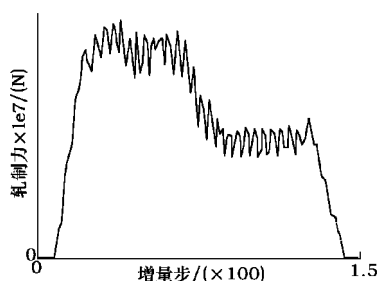


图3 第三道次第一机架上轧辊轧制力随增量步变化的曲线

3.3 各个道次轧件的宽展

在不同的道次, 轧件有不同程度的宽展。为了说明轧件的宽展情况以及有限元模拟的可靠性, 将前三个道次模拟得出的平均宽展值与实际生产值通过表 1 作对比。表 1 中的数据均为 1/4 轧件的宽展值。

表 1 实际生产值与模拟值的比较

类 别	第一道次宽展	第二道次宽展	第三道次宽展
实际生产值/mm	0.5	- 0.5	1.0
模拟值/mm	0.475	- 0.522	1.046
误 差	5 %	4.4 %	4.6 %

4 结语

1) 在准确建立几何模型和计算条件的基础上,

(上接第 87 页)

满足 ASTM A923 标准 34J 的要求。按 ASTM G48 标准在 6 % FeCl₃ 溶液进行的点蚀试验表明, 焊接接头具有良好的耐氯离子局部腐蚀性能。

焊缝和热影响区均为铁素体和奥氏体双相组织, 近缝区没有出现单相铁素体, 也没有发现金属间析出相的产生。焊接热影响区近缝区的铁素体含量最高为 65 %, 满足技术条件要求, 可以保证塑韧性和耐蚀性。焊缝和热影响区其他部位中的铁素体含量为 35 % ~ 50 %, 奥氏体相相对较多, 对塑韧性和耐蚀性有利。

由此可以看出, 拟定的焊接工艺评定工艺规程正确, 焊接工艺参数适当, 评定结果满足相关标准要求, 焊接接头性能优良。

3 结语

2205 双相不锈钢具有良好的力学性能和耐腐蚀性能, 应用前景广阔。该材料的焊接有许多特点, 掌握材料的焊接性能特点, 采用适当的焊接工艺, 保证

采用三维热力耦合弹塑性有限元分析模块, 可以再现双机架紧凑式炉卷轧机热连轧过程的变形以及各种工艺参数对轧制过程的影响, 得出热轧过程轧制力等重要参数的动态变化值, 以及宽展情况。

2) 双机架紧凑式炉卷轧机的连轧过程由于张力的作用, 很好地限制了板宽, 连轧的作用远大于立轧机对板宽的影响。立轧机的主要作用在于限制轧件头尾的不规则宽展。连轧过程的轧制力较单机架下的轧制力小, 有效地增加轧辊的使用寿命。

3) 宽展模拟结果值和实际生产值吻合很好, 这说明采用三维热力耦合弹塑性有限元模拟的结果较传统模型具有更高的精度, 这为优化双机架紧凑式炉卷轧机轧制工艺和提高产品质量提供了更为可靠的依据。

参 考 文 献:

- [1] 王艳文. 轧制方坯的三维弹塑性有限元研究[J]. 钢铁, 2000, 35(2): 38 - 40.
- [2] Wertheimer T B. Thermal Mechanically Coupled Analysis in Metal Forming Process[M]. Swansea: Pineridge Press Ltd, 1982.
- [3] 康永林. 轧制工程学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.

作者简介: 石锦, 硕士研究生, 主要研究方向: 带材板形控制。

作者通讯地址: 昆明理工大学莲华校区 5 栋 507 (650093)

收稿日期: 2005-08-08

了焊接工艺评定试件的性能。在生产过程中, 根据工艺评定结果, 通过制定详细的工艺规程和工艺纪律, 并在焊接施工过程中严格执行, 才能保证工程的焊接质量。

参 考 文 献:

- [1] 吴玖, 姜世振, 韩俊媛, 等. 双相不锈钢[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [2] 中国机械工程学会焊接学会编. 材料的焊接, 焊接手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 张文钺, 侯胜昌. 双相不锈钢的焊接性及其焊接材料[J]. 焊接技术, 2004, 33(1): 40 - 42.
- [4] 方伟秉. 铁素体-奥氏体型双相不锈钢的焊接性[J]. 化工装备技术, 1997, 18(3): 9 - 43.

作者简介: 李为卫, 学士, 高级工程师。主要从事油气输送管材料焊接研究工作。

收稿日期: 2005-09-10