

提高螺旋焊管焊道外观质量的工艺措施

彭春明, 刘 云

(四川石油管理局资阳钢管厂, 641304)

摘 要: 分析了影响螺旋焊管焊道外观质量的因素, 详细介绍了在忠武线、双兰线等长输管线的螺旋焊管生产过程中, 为改善外焊道的外观质量所采取的工艺技术措施, 如焊接工艺参数的优化设计、焊丝形位参数的调整、焊剂流量的合理控制以及如何选择工艺性能良好的焊剂和如何控制符合焊接要求的成型缝等, 以满足管线钢管外防腐对焊道外观质量的要求。

关键词: 螺旋埋弧焊钢管; 焊道外观形状; 焊接工艺参数; 焊剂流量

中图分类号: TG441 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3938(2005)06-0062-04

0 前 言

近年来, 管线钢管外防腐多采用 3PE 或 FBE 防腐工艺, 对焊道外观质量要求较高。如西气东输工程、忠武线、双兰线等补充技术条件均要求外焊道余高控制在 0.5 ~ 2.5 mm 范围内, 焊道与管体母材必须平滑过渡。为满足防腐要求, 通常将平滑过渡理解为过渡角大于 120° (见图 1)。

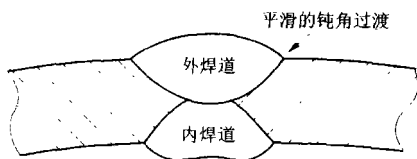


图 1 过渡平滑的焊道外观形状

焊道外观质量是指焊道余高和平滑过渡质量。但是, 螺旋焊管的焊接特点是边成型边焊接, 焊接过程是在曲面上完成的 (内焊上坡焊, 外焊下坡焊), 焊道外观成型较直缝焊接困难, 焊道易出现偏流现象, 导致过渡陡峭 (见图 2)。

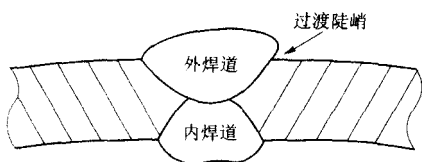


图 2 过渡陡峭的焊道外观形状

我厂 2003 年在忠武干线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管的生产初期, 因外焊道与管体母材的过渡不平滑 (即过渡陡峭), 在进行 FBE 防腐时, 外焊道与母材过渡处形成空隙, 造成防腐层出现密集漏点, 从而导致防腐验收不合格。最后, 不得不靠人工修磨焊道后再进行防腐。因此, 提高焊道外观质量对提高管线钢管外防腐质量至关重要。

1 焊道外观质量的影响因素

影响螺旋焊管焊道外观质量的因素较多, 总结多年来螺旋焊管的生产经验, 主要包括焊接工艺参数、焊丝形位参数、焊剂流量、焊剂工艺性能以及成型缝等多方面的综合因素。

1.1 焊接工艺参数

(1) 焊接电流 根据螺旋焊管的生产特点, 通常内焊使用较小的焊接电流, 而外焊使用较大的焊接电流。但是, 在较大焊接电流条件下, 熔池的搅拌作用加剧, 且焊丝的熔化量也相应增多, 得到的焊缝余高增高, 焊缝成型恶化, 边缘过渡较差。

(2) 焊接电压 由于焊接电弧呈圆锥形状, 而焊接电压的大小直接影响到电弧的长短。因此, 随着焊接电压的增加, 电弧长度增加, 电弧斑点的移动范围扩大, 熔池变宽, 会得到较宽的焊缝成型。如果在水平位置进行焊接, 仅会使焊缝的宽度发生变化, 而不会影响焊缝的边缘过渡。但螺旋焊管的外焊是在斜坡上进行焊接, 熔融状态

的焊缝金属在重力作用下会发生侧向流淌。

由此可知,焊接电压越大,熔池越宽,焊缝金属发生侧向流淌的趋势就越严重,最终导致焊缝金属偏流。

1.2 焊剂影响

在埋弧自动焊的工艺条件下,要获得理想的焊缝成型,所使用的焊剂必须具备良好的工艺性能。焊剂的工艺性能是指焊剂在使用和操作时的性能,它是衡量焊剂好坏的重要指标,主要包括:焊接电弧的稳定性、焊缝成型在各种位置上焊接的适应性、脱渣性等。

如果焊剂的工艺性能较差,外焊脱渣困难,外焊道边缘就会有粘渣现象,焊渣并非呈理想的长条状自动脱落。这说明,熔渣的高温粘度与表面张力均较大。熔渣的粘度与表面张力对焊缝的成型有较大的影响,粘度及表面张力越大,熔渣的流动性越差、脱渣越困难,最终导致焊缝成型恶化,特别是焊缝边缘过渡变差。

从理论上讲,焊剂成分,特别是 CaF_2 含量对熔渣的粘度及表面张力有较大影响。 CaF_2 含量越高,熔渣的粘度及表面张力就越小,熔渣的流动性会增强,脱渣就越容易,越容易获得良好的焊缝成型,焊缝边缘过渡越趋于平滑。

1.3 焊丝形位参数

由于螺旋缝焊管的外焊施焊位置位于斜坡上,熔融状态的焊缝金属在重力作用下会产生侧向流淌(即向成型缝自由边一侧流淌)的现象,容易导致焊缝偏流。此时,焊丝的侧倾角度就显得尤为重要,合理的侧倾角会有效减缓焊缝金属侧向流淌的现象。

1.4 焊剂流量及堆高

我厂外焊一直采用夹块式导电嘴,该结构的导电嘴具有良好的导电性,但其外形尺寸大,占据的空间位置大,如果双丝焊的前后丝均使用夹块式导电嘴,就会使得焊剂流量的控制变得不稳定,往往还会造成焊剂碗内的焊剂呈现“驼峰”形状(见图 3),而不是呈平坦的理想分布。这会导致焊缝金属中部的焊剂堆高较小,而与母材过渡处的焊剂堆高较大,这就增大了焊缝过渡处熔渣的压力,导致了焊缝金属与母材的过渡呈陡降。

1.5 成型缝

由于螺旋焊管成型方式的特殊性,成型缝会

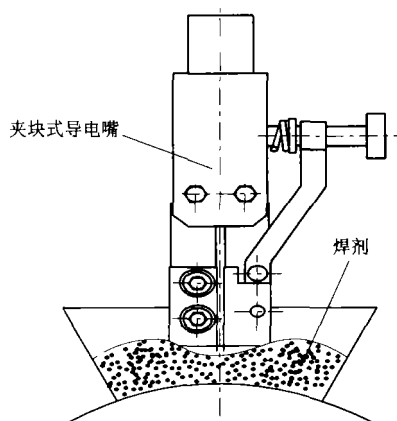


图 3 夹块式导电嘴应用于外焊时焊剂的堆积形状

随成型角的大小变化出现不同程度的“翘嘴”现象,成型角越小,“翘嘴”越严重,成型缝的“翘嘴”直接影响外焊缝的外观质量。忠武干线 $\phi 711$ mm 钢管、忠武支线 $\phi 610$ mm 钢管以及双兰线 $\phi 813$ mm 钢管等使用的卷板均较宽,成型角较小,成型缝“翘嘴”较为严重。消除成型“翘嘴”的有效措施是对带钢两边缘先进行边缘预弯,而边缘预弯的效果决定于卷边辊的辊形结构。

在生产过程中,我们发现,带钢两边缘的卷边效果不理想,主要是卷边辊的辊形曲率大,导致卷边后带钢两边缘翘曲量不一致,边缘 30 mm 范围内的变形为直边(见图 4),经咬合成型后仍然存在不同程度的“翘嘴”现象(见图 5)。

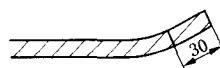


图 4 预弯后边缘存在 30 mm 直边

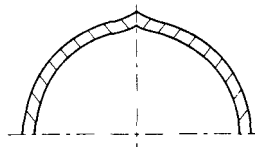


图 5 “翘嘴”严重的成型缝

2 焊道外观质量控制的工艺措施

2.1 优化焊接工艺参数

(1) 减小外焊焊接电流

根据焊接理论,在较小焊接电流条件下,熔池的搅拌作用减弱,焊丝的熔化量减少,得到的焊缝余高会降低,焊缝成型得到改善,表面波纹细美,

边缘过渡趋于平缓。因此,外焊前丝采用较小的焊接电流,如忠武线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管生产时,外焊前丝电流仅为 $800 \sim 850 \text{ A}$ (送丝速度为 $2.03 \sim 2.16 \text{ m/min}$)。双兰线 $\phi 813 \text{ mm} \times 11 \text{ mm}$ 钢管的生产在钢板不开坡口条件下,外焊前丝电流也仅为 $1100 \sim 1200 \text{ A}$ (送丝速度为 $2.92 \sim 3.05 \text{ m/min}$)。

但随着焊接电流的减小,电弧潜入钢板的深度(即熔深)减小,又会影响焊缝的内在质量。为解决这一矛盾,我们采取了两方面的措施:内焊采用较大的焊接电流,如忠武线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管生产时,内焊电流由原来的 $800 \sim 850 \text{ A}$ (送丝速度为 $2.03 \sim 2.16 \text{ m/min}$) 增加到 $880 \sim 980 \text{ A}$ (送丝速度为 $2.24 \sim 2.49 \text{ m/min}$),同时适当降低焊接速度(速度由原来的 1.7 m/min 降低为 1.6 m/min);调整外焊前丝的后倾角。后倾角越小,电弧力对熔池金属向后排的作用增强,熔池底部的液体金属层变薄,熔深增大。根据这一理论,我们将前丝的后倾角由原来的 $7^\circ \sim 10^\circ$ 减小为 $2^\circ \sim 5^\circ$ (见图 6)。这样,可在较小焊接电流

条件下获得较大熔深,保证了焊缝的内在质量。

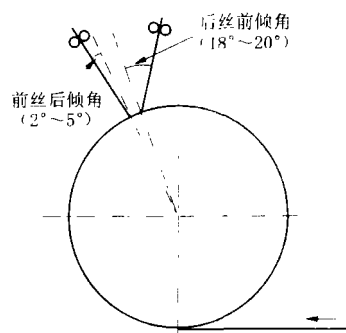


图 6 外焊双丝时倾角示意图

(2)减小外焊焊接电压

外焊应用较小的焊接电压,如忠武线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管生产时,外焊前丝电压由原来的 $30 \sim 32 \text{ V}$ 降低为 $28 \sim 29 \text{ V}$,后丝电压由原来的 $35 \sim 37 \text{ V}$ 降低为 $33 \sim 35 \text{ V}$ 。

通过焊接工艺参数的优化设计,为获得较好的外焊道外观成型创造了良好的条件。表 1 列举了经优化后应用于忠武线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管生产的焊接工艺参数。

表 1 忠武线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管焊接工艺参数

	焊接速度 / (m/min)	送丝速度 (焊接电流)	电弧电压 / V	焊丝	焊剂
内焊	1.6 ± 0.05	$2.24 \sim 2.49 \text{ m/min}$ ($850 \sim 950 \text{ A}$)	$30 \sim 32$	H08C ($\phi 4.0 \text{ mm}$)	SJ101G (10 ~ 50 目)
外焊前丝	1.6 ± 0.05	$2.03 \sim 2.16 \text{ m/min}$ ($800 \sim 850 \text{ A}$)	$28 \sim 29$	H08C ($\phi 4.0 \text{ mm}$)	SJ101G (10 ~ 50 目)
外焊后丝		$300 \sim 320 \text{ A}$	$33 \sim 35$	H08C ($\phi 3.0 \text{ mm}$)	

2.2 调整外焊焊剂

对工厂储备的宝鸡 SJ101G、合力 SJ101 及锦州 SJ101 三种烧结焊剂进行了化学成分分析,其分析结果见表 2。

表 2 三种焊剂的 CaF_2 含量分析结果

焊剂牌号	CaF_2 含量 / %
宝鸡 SJ101G	23.05
合力 SJ101	20.02
锦州 SJ101	20.85

从结果可以看出,宝鸡 SJ101G 焊剂的 CaF_2 含量最高,因此,我们决定将工艺性能优良的宝鸡 SJ101G 烧结焊剂应用于外焊,以降低熔渣的粘度与表面张力,改善焊缝成型,使焊缝边缘过渡趋于平滑。

2.3 外焊焊丝应用侧倾焊接的工艺方法

为了获得理想的焊道形状,根据前面的分析,

我们把导电嘴(焊丝)的侧倾角(焊丝指向成型缝递送边)由原来的 $3^\circ \sim 5^\circ$ 调整为 $12^\circ \sim 15^\circ$;外焊焊丝侧倾焊接的工艺方法见图 7。

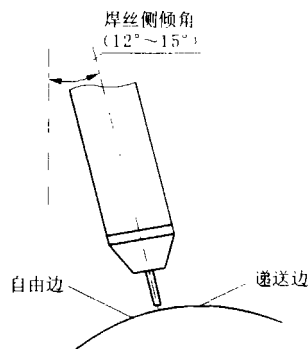


图 7 外焊焊丝侧倾焊接示意图

2.4 改进导电嘴结构

根据双丝焊的工艺特点,我们决定在后丝应

用小孔式导电嘴(见图 8),而前丝仍使用夹块式导电嘴,以保证焊剂流量容易控制,从而保证焊缝的内在质量。

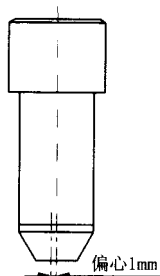


图 8 外焊小孔式导电嘴结构示意图

由于小孔式导电嘴外形小,且呈圆锥形,焊剂流量的控制变得容易,改善了焊剂在焊剂碗内的形状,焊剂能较为平坦地分布在焊剂碗内,减小了焊缝金属整个表面上熔渣的表面压力,从而使焊缝金属与母材的过渡变得平滑。但小孔式导电嘴不能很好地满足批量生产的需要,主要问题是长时间使用后会导电不良现象,使电弧变得不稳定。为克服这一缺点,设计了偏心式导电杆,使得焊丝能始终贴紧导电嘴的内壁,保证了导电嘴长时间作业后仍具有良好的导电性能。从而确保电弧的稳定燃烧。

2.5 优化卷边辊辊形结构

对原卷边辊的辊形进行优化设计。经过现场观察,计算机模拟设计,重新设计制作的卷边辊卷边效果较为理想,边缘预弯后充分变形,带钢两边缘咬合后的成型缝平整,彻底消除了成型缝“翘嘴”,为外焊创造了良好的条件。

3 应用效果

上述工艺技术措施应用于忠武干线 $\phi 711 \text{ mm} \times 8.7 \text{ mm}$ 钢管、忠武支线 $\phi 610 \text{ mm} \times 7.9 \text{ mm}$ 钢管以及双兰线 $\phi 813 \text{ mm} \times 11 \text{ mm}$ 钢管的生产中,取得了显著的效果。钢管外焊道外观质量得到了根本性的改善,焊道过渡平滑,均匀规整,余高基本能控制在 2.0 mm 范围以内,并得到了驻厂监理及防腐厂的充分肯定。当然,焊道外观质量的改进是个永恒的主题,我们还要进一步研究如何获得更加优良的焊道外观成型以满足螺旋焊管冷弯成型的需要。

作者简介:彭春明(1972-),男,焊接工程师,四川石油管理局资阳钢管厂技术中心主任,主要从事螺旋焊管焊接工艺与装备技术工作,(电话)0832-6273472(E-mail)panzsp@126.com。

收稿日期:2005-06-13

编辑:黄蔚莉

(上接第 61 页)

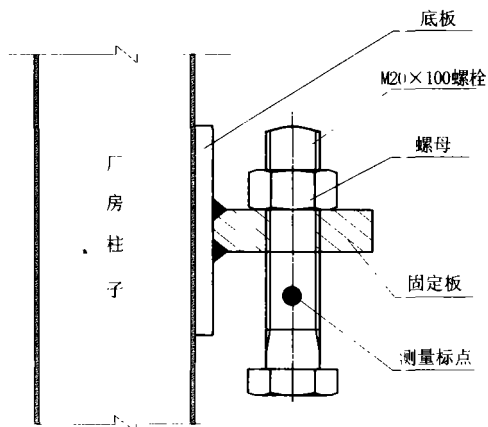


图 1 标点螺栓

螺旋焊管生产线和钢管防腐生产线的建设中,我们采用以上措施,对生产线设备基础的整体布局到设计选型、材料取值、施工质量一系列过程进行控制,达到了预期的效果。同时,设计合理的安装空间给设备安装人员提供了方便,在较短的时间就顺利完成了设备的安装、调试和试生产,为公司缩短项目建设周期,降低投资成本,尽早创造经济效益创造了有利条件。

作者简介:刘娟(1965-),女,工程师,1989年毕业于西安公路交通大学工业与民用建筑专业,(电话)021-66930600-858(E-mail)lnxxy6509@sina.com。

收稿日期:2005-09-04

编辑:郑一维

Overhaul Experience Summary to L incoln DC - 1500 DC Electric Welder Unit

GAO Bao-ming, HUANG Xiong-fei, L I Guo-fei, L I Guo-feng, J N Jiang

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0052-EA

Abstract: It describes the inspection, test, repair and experiment method after one time coil seriously burned out of L incoln DC - 1500 DC electric welder. It finds better economic overhaul plan and try to make the electric welder repaired reach the original technical properties to meet the demand of pipe production process.

Key words: lincoln electric welder; transformer overhaul; insulator; experiment

Introduction of Air Biliary Filled up Leakage and Replace Pipe Section Containing Corrosion

XU Hong-bin

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0056-EA

Abstract: With regard to chemical pipeline corrosion and leakage, it put forward repair method of using air biliary filled up leakage and replacing pipe section containing corrosion, and make details instruction of operation and attention items.

Key words: pipeline; corrosion; air biliary filled up leakage; welding

Charpy Impact Test Tolerance Analysis of Spiral Welded Pipe

WANG Shu-ren, CUI Zhi-xin

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0057-EA

Abstract: It points out three main reasons of produced tolerance are preparation and machining of sample, temperature control and tolerance of system itself after the tolerance occurred during Sharp impact of spiral welded pipe. And also analyzes a few problem occurred during testing and indicates method to reduce test tolerance.

Key words: spiral welded pipe; charpy impacting test; impacting power (A_k); tolerance

Highlights Problem and Control Measures During Basic Design and Construction of Welded Pipe Unit

L I U Juan

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0060-EA

Abstract: Welded pipe units are belong to non standard units among rolling equipment and its basic design, construction and installation are no universal national standard. It raises the relevant control measures aimed to effect units installation accuracy, cycle problem, etc. caused by civil design and construction during welded pipe production line project.

Key words: welded pipe units; basic design; foundation construction; equipment installation; measures

Process Measures of Improving Visual Quality of Weld Seam

PENG Chun-ming, L I U Yun

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0062-EA

Abstract: It analyzes the factors of infecting visual quality of weld seam on spiral welded pipe and introduces the process technical measure taken by improving visual quality of outside welded seam, such as optimizing design of welding process parameter, adjustment of welding wire position, rational control the flow of welding flux and how to select flux which has good process and how to control forming seam which can meet requirement of welding, etc. to meet the visual quality requirement of welded seam to outside coating pipeline during production of spiral welded pipe for long distance pipeline as Zhongwu pipeline, Shuanglan pipeline, etc.

Key words: spiral submerged arc welded pipe; welded pass visual shape; welding process parameter; flux flow

A Simple Open Hole Process of Pipe System Phase Pass Through Hole

WANG Min

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0066-EA

Key words: steel pipe; phase pass through hole; score; tools

Butt Girth Welding Seam X - ray Testing to Natural Gas Transmission Pipeline

ZHU Jian-guo, LU Yan-ling

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0067-EA

Abstract: It describes the importance of establishing quality control system butt girth welding X - ray weld seam inspection to natural gas transmission pipeline. It puts forward opinion and suggestion to qualification approval, inspection technical requirements and quality key and control measures of butt girth welding NDT specified by State related Association during building of natural gas pipeline, it includes qualification approval of X - ray inspection company's personnel, material control, equipment control, establishment of inspection procedure specification, inspection process control, negative appraisal control, quality management and control.

Key words: natural gas transmission pipeline; butt girth welding seam; X - ray testing; quality management and control

NDT and Its Related Standard of Long Distance Transmission Pipeline

ZHANG Zhen-yong, GUO Bin, FAN Ming-feng

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0073-EA

Abstract: Its inspection principle and advantage and disadvantage and its compare and selection are pointed out aimed to method of ultrasonic and X - ray adopted by girth welding seam inspection for long distance transmission pipeline site to aid to understand and selection to two inspection methods for design and construction personnel of long distance transmission pipeline. It analyses the existed problem during design and construction and puts forward suggestions to the welded seam inspection and acceptance criteria adopted by China currently.

Key words: oil and gas pipeline; welding; non destructive test; standard; method selection

Introduction of Pipe Flying Milling Unit

Translated and Edited by L I Feng-ying

Abstract D: 1001-3938 (2005) 06-0077-EA

Key words: steel pipe; crop pipe; flying milling cut-off unit; dial head; eccentric motion