

探究直缝埋弧焊钢管焊接工艺要点

陈 松

(河北沧海核装备科技股份有限公司, 河北 沧州 061300)

摘要: 直缝埋弧焊钢管是压力管道的一种, 被人们广泛地应用在石油、天然气等危险介质传输上, 管道的质量关系到管道的使用性能和使用安全。为此, 本文在介绍直缝埋弧焊钢管基本内容的基础上, 就直缝埋弧焊钢管焊接工艺要点进行探究, 旨在能够更好地提升直缝埋弧焊钢管的焊接质量。

关键词: 直缝钢管; 埋弧焊; 压力管道; 三丝内焊设备; 焊接工艺; 要点分析

中图分类号: TG457.6

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.17.048

直缝钢管施工工艺简单, 生产效率高, 在生产加工过程中多采用埋弧焊接操作方法。为了能够提升直缝钢管的加工效率, 需要制定出有针对性的埋弧焊技术方案, 选择适合的焊接材料和焊接设备, 合理确定焊接参数, 严格把控埋弧焊的技术工艺, 并在焊接操作的时候选择适合的直缝钢管埋弧焊技术^[1]。

1 直缝埋弧焊钢管基本情况概述

焊接钢管是指使用钢带或者钢板, 经过塑形、变形为圆形后, 进行焊接成型的钢管。按照焊缝的基本形状, 可以将其划分为直缝焊管、螺旋缝焊管。直缝焊接钢管就是用热轧或冷轧钢板或钢带卷焊制成的钢管, 在焊接设备上直缝焊接得到的管子都叫直缝焊管。螺旋钢管是以盘管组为基本加工材料的螺旋焊接钢管, 在热挤压形成之后采用自动双线埋弧焊工艺完成最终的焊接。直缝钢管的主应力垂直于钢管最小冲击抗力的方向, 而螺旋钢管则与钢管的最小冲击抗力方向错位^[2]。

直缝焊管的生产工艺简单, 适用范围广泛。制作直缝焊管的常用焊接方法包含焊条电弧焊、埋弧焊等。直缝钢管应用于各种领域, 例如在水利工程和农业灌溉中, 它主要用于排水中的液体输送; 而在石油化工和化学工业中, 它主要用于天然气和液化石油气的输送。

埋弧焊是电弧在焊剂层下燃烧的一种电弧焊方法, 具体原理如下: 在焊剂层的下面, 电弧在焊丝末端和焊件发生燃烧, 焊剂会出现熔化、蒸发, 之后形成气体, 在电弧的周围形成密闭的空腔; 随着焊丝的增加, 焊剂会通过熔滴形状进入熔池中, 和熔化的母材混合在一起; 伴随着焊接的深入进行, 电弧会向前推进, 熔池冷却后形成焊缝, 轻密度的熔渣会浮现在熔池的表面, 实现对熔池金属的保护^[3]。

直缝钢管埋弧焊技术的应用缺陷具体表现在以下几个方面: 其一, 焊剂是颗粒状, 在使用的时候容易出现流动, 且焊剂的使用维持深受重力的影响, 这决定了埋弧焊仅仅适合应用在水平焊接的位置, 且在确定焊接位置的时候还需要考虑焊剂保持覆盖电弧的稳定性, 在使用螺旋埋弧焊的时候, 在电弧区

域会有一个焊剂碗, 借助这个焊剂碗能够让焊剂流在焊剂碗上覆盖整个电弧区; 其二, 考虑到埋弧焊焊接电流较大, 与之相关的焊接熔池也会变得很长, 为了能够保持熔池的形状, 还需要对焊接的位置进行严格限制, 采取措施规避液态焊缝金属流失、焊缝中间凸起等缺陷; 其三, 焊剂覆盖电弧之后, 电弧的所在位置是不可以目测的, 这个时候需要使用更为先进的手段来检测焊丝是否对准焊缝。

2 直缝埋弧焊钢管焊接技术

2.1 预焊技术

在使用预焊技术的时候需要对钢管的管坯实施合缝化处理, 在具体的焊接操作中还需要密切监测和及时反馈直缝钢管的埋弧焊状态和质量。进口辊道自觉接受管坯, 并适当调整管坯的开口位置。同时, 打开气体, 冷却水阀, 启动焊接, 关闭保护气体, 随后将管坯传递到下一个工序。

2.2 管道合缝

为了能够提升预缝的质量, 需要进行管道合缝, 合缝期间确保出现错边的现象, 且每个错边量的最值要低于 1.5 mm。在实施管道合缝处理的时候要确保焊接操作的连续、稳定, 焊缝不能够出现较大的偏差、裂纹、气孔、烧穿等现象。焊缝的设定要和母材保持在一定的范围内^[4]。

2.3 进出口辊道

在进行钢管焊接操作的时候要富有效率地完成管坯的传输、调整, 按照规范的技术要求, 需要结合钢管材料的规格大小来调节进出口辊道的开口位置。一般情况下, 会使用焊枪将预焊机进行固定处理, 并移动管坯。管坯合缝和焊接输送期间要实现驱动装置的合理利用, 并严格按照焊接技术的基本要求调整焊接速度。合缝位置的确定要富有效率地完成管坯的收缩挤压, 选择适合的压辊控制管坯, 使得管坯合缝形成一个圆形的状态。合缝装置包含机架、环形架、合缝压辊等, 合缝压辊在对管坯实施挤压的时候还需要确保压辊能够沿着环形进行圆周运动。

2.4 焊接系统

为了能够满足大电流、高速度焊接的需求,在开展焊接操作的时候可以使用两台焊机同时运作。借助专门的焊枪将喷嘴和导电杆连接在一起,由此来提升焊接的安全性、稳定性^[5]。

2.5 电控系统

电控系统能够有效控制焊接操作机在电机的拖动下完成操作。在进行焊接操作的时候还需要在现场设置一个监督控制系统,借助监督控制系统来帮助监控人员全面了解技术人员的焊接操作情况,并对激光跟踪进行控制,合理检测合缝的错变量,并在错变量超过预定数值的时候及时报警。另外,在焊接操作的时候还需要把控制弧检测工作,将焊接电流、电弧电压、信号等有效综合在一起,获取弧信号。

3 直缝钢管的埋弧焊接工艺控制措施

3.1 焊接材料

一是焊丝。焊丝的选择要能够满足规范的要求,确保钢管材料的质量能够满足规范的表尊要求。所选择的焊丝要和钢管材相互匹配,确保焊丝的质量能够满足塑性和韧性的基本要求。在焊丝选择完成之后要对其表面进行清理,在各个碳钢和低合金钢焊丝的表面要镀上一层铜元素,目的是防范焊丝生锈,有效改善焊丝和导电嘴之间的电接触情况。在选择焊丝的时候要注重控制焊接材料中的成分,特别是要严格控制S和P的含量,碳素钢和低合金钢焊丝中的S和P含量不能够超过0.04%的比例。二是焊剂。在选择焊剂的时候要确保焊剂本身具有良好的冶金性能,并保证焊剂和焊丝的密切配合,使焊缝金属获得其所需要的化学性能,提升焊缝的抗热裂、抗冷裂性能。所选择的焊剂需要具备以下性能:(1)冶金性能,焊剂能够和焊丝连接在一起,并在恰当焊接工艺的支持下来确保焊缝金属获得所需化学成分和力学性能,增强焊剂的抗热裂性和抗冷裂性;(2)工艺性能,在焊剂的作用下会提升直缝钢管的稳定性,并在直缝钢管焊接的过程中减少有毒有害气体的排放^[6]。

3.2 三丝内焊设备

直缝焊管三丝内焊设备是直缝焊管的重要组成,在保证内焊缝焊接质量方面起到了十分重要的作用。在准备好三丝内焊设备时可以就以下内容进行操作。

(1) 内焊机头和调整方式

一是内焊机头的组成。内焊机头包含导电杆、焊剂斗、焊剂供给、回收管路、坡口风嘴、机头压力传感器、激光指示器等内容。内焊机焊接机头的上方会安装三丝焊枪,分别使用1丝、2丝、3丝等进行焊接。焊丝倾斜角度、焊丝的间隔距离、焊丝的焊接高度都可以根据实际情况来进行调节,调节后进行紧固处理。使用伺服系统作为电动调节机构。焊剂斗上安装启动旋转门,目的是将焊剂供给系统传送到前端焊接存储一部分,并将焊剂传送到焊接区域。二是内焊机头调整方式。松开焊枪

夹持调节机构螺丝,调整焊枪上下的伸缩杆长度,松开焊枪角度调节机构螺丝,调节焊枪的角度,使焊枪能够始终处于一条直线上^[7]。

(2) 送丝机安装箱

送丝机安装箱的长度在240mm左右,送丝机在悬臂和机头之间,内部还需要安装三个送丝机、电磁阀、导电铜排、焊剂量输送和回收软管。

(3) 悬臂底座和配重

悬臂为方形焊接接头,长度在12m左右,在安装操作之前需要提前进行预变形处理,使用法兰的方式将其和送丝机暗装箱、悬臂底座连接在一起,悬臂的升降高度在200mm以上。悬臂底座的支撑由四个导向单元、两个电动涡轮丝杠组成,在电气系统的作用下来控制整个焊接悬臂的升降,机座前后还会安装两个位移传感器。

(4) 钢管接地机构

钢管接地机构是焊接电源正负两极和钢管之间的一个可靠性连接机构。在连接期间,考虑到大电流的通量和小直径钢管焊接时磁场的影响,可以将钢管接地结构设计为自动升降的车载机构,具体包含滑触地板、升降滑触接地刷、升降导电机构、调型平台、焊接把线。

(5) 电气部分

其一,电气控制柜。在电气控制柜内部安装西门子S7-300系列的控制器、机头电动调节伺服驱动器和其他控制元器,其间,需要为控制柜配备空调冷却系统。其二,操作台。在进行焊接操作时配备了专门的15寸触摸液晶屏、IP67防护等级的键盘、集成触模板,通过使用这些设备来监视埋弧焊焊接的全过程。其三,控制系统。选择使用德国西门子S7-300系列的PLC可编程控制器,内涵设备单机的I/O口通过总线控制模块被悬挂在S7-300系列的总线上,之后连接到操作台上,驱动单元变频器等关联通讯设备。操作台上设置OP人机面板,上面设定操作设备的输入、输出信息和报警信息。不经常的操作在OP触摸屏上通过按钮和开关完成一系列的操作。其四,软件系统。内涵焊剂回收系统采取自动化控制装置,焊接起弧实施自动化管理控制,控制系统的焊接数据能够被长时间记录和保存^[8]。

(6) 焊接电源

使用美国生产的数字化焊接电源来执行操作,电流和电压的大小由操作面板进行控制,考虑到直缝钢管产品壁厚不大的特点,1丝到3丝均为单台电源,最大电流数值为1000A。

3.3 焊前准备

埋弧焊在焊接之前需要做好充分的准备,包含焊件坡口加工、即将焊接部位的清理、焊剂的烘干。在进行坡口加工的时候要确保焊缝根部不会出现焊透的缺陷,同时,在满足基本要求的基础上减少填充金属的含量,节省焊接成本费用。坡口加工形状多元,在板材厚度相同的时候,双面破口会比单面破口

所需要的充填金属少,焊接变形较小,伴随板材厚度的增加,以上这些优点将会进一步凸显。在清理需要焊接部位的时候,要将需要焊接的部位进行表面清洁和铁锈的清除工作,通过必要的清理来去除氧化皮、油污和水分,有效防范气孔、夹渣的出现。

3.4 焊接工艺参数

埋弧焊的工艺参数包含焊丝直径、伸出长度、焊丝倾斜角度、电源类型、电弧电压、焊接速度、焊接种类和坡口的类型。这些参数都会在不同程度上影响焊缝的系数。

(1) 焊丝的直径、伸出长度、倾斜角度

一般情况下,埋弧焊焊丝的直径在 2mm 到 5mm 之间,在其他焊接参数不变且焊丝直径增加的时候,弧柱直径也会随之增加,电流的密度减少,焊接的宽度增加,最终导致熔深的增加,焊接宽度的减少。在进行多层焊接操作的时候,要选择直径较小的焊丝作为底层焊,由此能够减少焊透缺陷。

焊丝倾斜方向不同,电弧对熔池热的作用也不同,在焊丝倾斜到一定角度的时候,熔池前面的焊件会受到预热的干扰,表现为电弧对熔池液态金属排出作用的减弱,反之亦然。

(2) 电流

焊接电流决定焊缝熔深,在其他条件不变的时候,焊接电流增大,焊丝熔化量、焊缝熔深等会均匀增加,其间焊宽不会出现较大的变化。在焊接电流减少的时候,焊丝熔化量、焊缝熔深、余高等都会减少。

一般情况下,焊接电流和熔深之间会呈现线性的变化关系,即熔深 = 焊丝系数 × 焊接电流。除此之外,焊接电流还会和焊剂、电源极性、坡口呈现密切的关联。

(3) 电压

电弧电压和电弧长度之间会呈现一定的比例关系,一定的焊接电压只有保持一定的弧长才能够确保焊接电流的充分、稳定燃烧。电源的电流量和表面特征深刻影响电弧电压。电弧电压对熔深的影响较小,但是对熔宽的影响较大,伴随电弧电压的增加,熔宽也会增大,熔深则是会出现略微地减少。

(4) 焊接速度

在其他焊接参数不发生变化,但是焊接速度增大的情况下,焊接热的输入量会减少,焊缝的溶度也会跟着减少,最终会出现焊接缺陷。为了减少焊接缺陷的出现,需要保证一定的焊接热输入量,即通过提高焊接电流、电弧电压来提升焊速。

4 探究直缝埋弧焊钢管未来发展趋势

天然气长输管线的深入建设促进了直缝埋弧焊管的深入发展,当前,国内外对国产油气管线的年需求量在 800 万吨,我国年供给量为 1100 万吨,能源紧张激烈。在未来,直缝埋弧焊管会呈现以下几种趋势:其一,在陆地上用管工作中,单管输气量将达到 500 亿立方米/a 的水平,管道的直径为 1422mm,

输气压力为 12MPa;其二,在海洋用管方面,输气管线的纵深高度达到了 1500m,在未来,海洋管线的结构用管将朝着高强度、大壁厚的方向发展,其中 610mm × 31.8mm 规格的型钢就是一种常见的钢材;其三,在企业发展中,板管一体化是一个重要发展方向,日本、印度板带生产线多有焊管机组与之配套,我国宝山钢铁股份有限公司、张家港沙钢金洲管道有限公司、唐山钢铁集团有限公司等均如此;其四,实现高端化发展,直缝钢管埋弧建设的过程中需要因地制宜地优化生产线,比如在预焊之前要设置必要的预热设备,优化焊接管道的热处理工序;其五,在市场开拓方面,除油气输送外,还有矿浆输送,在机械结构用管方面,还应扩展至火电、核电、水电、电网、船舶、化工等用管领域。

5 结语

综上所述,为了保证直缝钢管埋弧焊技术的应用成效,在实施焊接操作的时候需要相关人员在全面了解钢管质量、规格大小、属性的基础上,选择适合的技术形式来对其进行操作,并在完成焊接检查和管理之后就技术的应用情况做好动态化的跟踪调查。同时,在直缝钢管埋弧焊焊接操作的时候还需要加强对埋弧焊焊接工艺的应用控制,合理把控焊丝的长度、倾斜角度,做好焊接操作前的准备工作,严格把控焊接质量、焊接电压、焊接电流等参数,通过做好一系列准备工作,确保直缝钢管的埋弧焊水平。

参考文献:

- [1] 毕宗岳. 新一代大输量油气管材制造关键技术研究进展[J]. 焊管, 2019, 41(07): 10-25
- [2] 刘雨蒙. 焊缝几何尺寸及热影响区软化程度对管线钢管承压能力影响的研究[D]. 河北: 燕山大学, 2015.
- [3] 朱继欣, 谢艳峰. 我国焊管行业发展现状及趋势分析[J]. 冶金管理, 2014(05): 17-21.
- [4] 牛爱军, 毕宗岳, 牛辉, 等. X70 厚壁海底管线钢管研制[J]. 焊管, 2013, 36(10): 26-30, 35.
- [5] 陈小伟. 西气东输二线高钒 X80 钢直缝埋弧焊管应用开发的基础研究[D]. 河北: 燕山大学, 2013.
- [6] 苏志, 张志明, 孙爱珍, 等. X90 直缝埋弧焊管的研制[J]. 焊管, 2012, 35(03): 66-70.
- [7] 于磊, 李志宏, 邵光辉. 直缝埋弧焊钢管焊接工艺要点[J]. 轻工科技, 2012, 28(01): 43-44.
- [8] 王立柱, 张远生, 张涵. 直缝埋弧焊钢管焊缝横向裂纹产生原因分析[J]. 焊管, 2008(04): 67-68, 71, 95

作者简介: 陈松(1986-), 男, 河南南阳人, 大学本科, 主要从事属加工热处理和焊接研发。