

埋弧焊接钢管起弧熄弧端稳定性优化研究

王璐瑶

中石化石油机械股份有限公司沙市钢管分公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11714

[摘要] 本研究聚焦埋弧焊接钢管起弧熄弧端稳定性问题。通过对焊接工艺参数、焊件与坡口准备、引熄弧板设置及焊接设备性能等方面深入剖析,探寻影响稳定性的关键因素。进而提出优化焊接工艺参数、精细化焊件与坡口处理、科学设计引熄弧板及升级焊接设备等策略,并结合实际案例进行验证。结果表明,这些优化措施有效提升了钢管起弧熄弧端稳定性,降低了焊接缺陷率,对提高钢管焊接质量、推动行业发展具有重要意义。

[关键词] 埋弧焊钢管; 起弧熄弧; 稳定性优化; 焊接工艺; 设备改进

中图分类号: TG444 **文献标识码:** A

Study on the stability optimization of submerged arc welded steel pipe

Luyao Wang

Sinopec Petroleum Machinery Co., Ltd. Shashi Steel Pipe Branch

[Abstract] This study focuses on the stability of arc quenching end of submerged arc welded steel pipe. Through in-depth analysis of welding process parameters, welding parts and groove preparation, arc extinguishing plate setting and welding equipment performance, the key factors affecting stability are explored. Then, strategies such as optimization of welding process parameters, fine welding parts and groove treatment, scientific design of induced arc extinguishing plate and upgrading of welding equipment are put forward, and combined with actual cases for verification. The results show that these optimization measures effectively improve the stability of the welding defect rate, which is of great significance to improve the welding quality of steel pipe and promote the development of the industry.

[Key words] submerged arc welding steel pipe; arc quenching; stability optimization; welding process; equipment improvement

引言

埋弧焊作为一种高效的焊接方法,在钢管制造领域中占据着关键地位,广泛应用于石油、天然气、化工等众多行业的管道建设。其焊接质量的优劣直接关系到管道的安全性、可靠性以及使用寿命,对于保障工业生产的顺利进行和人民生命财产安全具有至关重要的意义。在实际生产过程中,埋弧焊管的管端焊接部位由于引弧和熄弧过程的不稳定性,常常出现咬边、气渣、未焊透等多种缺陷。这些缺陷不仅会降低钢管的整体质量,还可能导致管道在使用过程中发生泄漏、破裂等严重事故,给企业带来巨大的经济损失和安全隐患。例如,在石油天然气输送管道中,管端焊接缺陷可能引发油气泄漏,造成环境污染和能源浪费;在化工管道中,焊接缺陷可能导致化学反应失控,引发爆炸等危险情况。此外,管端焊接缺陷还会增加生产成本,降低生产效率。由于存在缺陷的钢管需要进行修复或报废处理,这无疑会消耗大量的人力、物力和时间资源,同时也会影响企业的生产进度和市场竞争能力。因此,深入研究埋弧焊管管端焊接质量工艺,优化焊接工艺参数,改进焊接设备和操作方法,提高管端焊接质量,具有重要的现实意义和经济价值。这不仅有助于提升企业的产品质量和市场竞争能力,还能为相关行业的发展提供有力的技术支持,推动整个行业向高质量、高效率的方向发展。

1 埋弧焊接钢管的相关概述

1.1 埋弧焊基本原理

埋弧焊借助颗粒焊剂隔绝空气,焊丝经机械送进在电弧加热下与焊件形成熔池,凝固后成为焊缝。相比手工电弧焊,具有焊接效率高、焊缝质量好等优势。

1.2 焊接材料选择

1.2.1 焊丝的选用: 焊丝作为埋弧焊过程中的填充金属,其材质和性能的选择对焊缝质量起着至关重要的作用。在实际生产中,焊丝的选用需要综合考虑多个因素,如钢管的材质、壁厚、力学性能要求以及焊接工艺特点等。

对于常见的碳钢和低合金钢材质的埋弧焊管, 焊丝的选择应确保其化学成分与母材相匹配, 以保证焊缝金属能够获得良好的强度、韧性和抗裂性能。例如, 当焊接普通碳素钢时, 常选用H08A、H08MnA等焊丝, 这些焊丝具有适中的含碳量和一定量的锰元素, 能够满足基本的力学性能要求, 同时在焊接过程中能够与母材良好融合, 减少焊接缺陷的产生。而对于强度要求较高的低合金高强钢时, 则需要选用合金元素含量更高的焊丝, 如H10Mn2、H10MnSi等, 这些焊丝中的合金元素能够通过与母材的冶金反应, 提高焊缝金属的强度和韧性, 使其与母材相匹配, 从而确保焊接接头的整体性能。

此外, 焊丝的直径和送丝速度也会对焊接质量产生影响。一般来说, 焊丝直径的选择应根据钢管的壁厚和焊接电流来确定。对于较厚的钢管, 通常选用较大直径的焊丝, 以保证足够的熔敷金属量; 而对于薄壁钢管, 则选用较小直径的焊丝, 以控制热输入量, 避免烧穿等缺陷的产生。送丝速度则应与焊接电流相匹配, 确保焊丝能够稳定地送入焊接区域, 形成均匀的熔池和焊缝。

1.2.2 焊剂的作用与选型: 焊剂在埋弧焊过程中扮演着不可或缺的角色, 它不仅能够对熔池起到保护作用, 防止空气中的有害气体(如氧气、氮气等)侵入熔池, 从而减少焊缝中气孔、裂纹等缺陷的产生, 还能通过与熔池金属发生冶金反应, 对焊缝金属的化学成分进行调整和优化, 进而提高焊缝金属的力学性能和耐腐蚀性能。

焊剂的保护作用主要基于其覆盖在焊接区域形成的隔离层, 有效地阻挡了空气与熔池的接触。在焊接过程中, 电弧产生的高温使焊剂熔化形成熔渣, 熔渣浮在熔池表面, 阻止了空气的进入, 为熔池金属的凝固和结晶提供了一个相对纯净的环境。例如, 在焊接一些对气孔敏感性较高的钢材时, 使用合适的焊剂能够显著降低气孔的产生率, 提高焊缝的致密性和质量。

焊剂的冶金作用主要体现在其能够向焊缝金属中添加有益的合金元素, 或者去除焊缝金属中的有害杂质元素。不同类型的焊剂具有不同的冶金性能, 这取决于其化学成分和配方。例如, 某些焊剂中含有适量的锰、硅等元素, 在焊接过程中, 这些元素会与熔池金属发生反应, 增加焊缝金属中的锰、硅含量, 从而提高焊缝金属的强度和韧性。同时, 焊剂还能通过冶金反应降低焊缝金属中的硫、磷等有害杂质元素的含量, 减少热裂纹的产生倾向。

在实际生产中, 焊剂的选型需要综合考虑钢管的材质、焊接工艺参数、焊接接头的性能要求以及生产成本等因素。对于石油天然气输送管道, 需要选择质量可靠、性能稳定的焊剂, 并通过严格的工艺试验和质量检测来确保焊剂与焊丝的匹配性以及焊接接头的质量满足相关标准和要求。总的来说, 根据钢管材质与焊接工艺, 选择合适碱度、颗粒度及含水量的焊剂。

1.3 焊接设备构成及其功能

埋弧焊机由焊接电源、焊接小车、送丝机构、导电装置等构成。各部分协同工作, 焊接电源提供电能, 小车实现焊接位置移动, 送丝机构输送焊丝, 导电装置保障电流传输, 确保焊接顺利进行。

2 影响钢管起弧熄弧端稳定性的因素

2.1 焊接工艺参数

2.1.1 焊接电流与电压: 焊接电流的大小直接决定了电弧的能量密度和熔池的热输入量。当焊接电流过大时, 电弧的热量会显著增加, 导致熔池深度过深, 焊缝金属的凝固速度加快, 这就使得焊缝中的气体来不及逸出, 从而容易产生气孔等缺陷。若焊接电流过小, 电弧的能量不足以将焊件充分熔化, 会导致熔深不足, 焊缝与母材之间的熔合不牢固, 容易出现未焊透的问题。

焊接电压主要影响电弧的长度和稳定性, 以及焊缝的熔宽。电压过高时, 电弧会变长且变得不稳定, 容易发生漂移, 这会使熔池的形状难以控制, 导致焊缝宽窄不均, 甚至可能出现焊偏的情况。当焊接电压过低时, 电弧长度过短, 热量集中在较小的区域, 会使熔深变浅, 焊缝的形状变得窄而高, 不利于气体的逸出, 同样容易产生气孔等缺陷, 并且会影响焊缝的外观质量和力学性能。

为了确保焊接质量, 必须根据焊件的材质、壁厚、坡口形式以及焊接位置等因素, 精确地选择合适的焊接电流和电压, 并在焊接过程中对其进行严格的控制和调整, 使其保持在稳定的范围内, 以避免因电流和电压的不当而导致的各种焊接缺陷, 从而保证焊缝的质量和性能满足相关标准和要求。

2.1.2 焊接速度: 焊接速度影响热输入与焊缝成型。过快使熔池冷却快, 易产生未焊透、气孔; 过慢则热输入大, 可能烧穿焊件、使晶粒粗大。在实际生产中, 需要根据焊件的材质、壁厚、焊接电流和电压等参数, 合理地选择焊接速度, 确保热输入量适中, 使焊缝能够良好地成型, 避免出现未焊透、气孔、焊瘤、烧穿等缺陷, 从而保证焊接质量满足工程要求。

2.1.3 焊丝伸出长度与倾角: 焊丝伸出长度与倾角不当会影响电弧稳定性与焊缝成型。伸出过长易使焊丝发红、熔滴过渡不稳定; 倾角不合理则导致气体逸出不畅、焊缝成型不佳, 需合理调整。在实际生产中, 需要根据焊件的材质、壁厚、焊接电流和电压等参数, 精确地调整焊丝伸出长度和倾角, 以保证电弧的稳定性、气体的顺利逸出和焊缝的良好成型。

2.2 焊件与坡口准备

2.2.1 焊件清理程度: 焊件表面铁锈、油污、水渍等杂质在焊接时会产生气孔、夹渣等缺陷。如某企业因钢板锈蚀未清理彻底, 导致焊接缺陷率上升, 故焊接前务必彻底清理。

2.2.2 坡口形状与尺寸: 坡口角度、钝边、间隙不合理会引发焊接缺陷。坡口角度过小易未焊透, 钝边过薄易烧穿, 间隙过大易焊穿且焊缝余高超标, 应精确设计加工。

2.3 引熄弧板设置

2.3.1 引弧板焊接要求: 引弧板保证引弧稳定, 焊接不平整会使焊枪过渡不顺畅, 引发气孔、咬边。其尺寸形状应适配钢管, 确保引弧可靠。

2.3.2 熄弧板设计要点: 熄弧板倾斜角度、焊接饱满度及修磨情况影响熄弧质量。若熄弧板未修磨平整, 钢板铣边时易“挖刀”, 导致钝边减小、坡口变宽, 引发烧穿。

2.4 焊接设备性能

2.4.1 焊机稳定性: 焊机电源稳定性直接影响焊接电流电压输出。模拟电源抗干扰弱、输出波动大, 当焊接电流不稳定时, 会导致电弧能量不稳定, 进而使熔池的温度和形状难以控制, 容易产生气孔、咬边等缺陷。数字电源则稳定性高, 具有抗干扰能力强和输出稳定性高的显著优势, 能够精确地控制焊接电流和电压, 使其波动范围极小, 从而为焊接过程提供了稳定的能量输入, 可提升焊接质量。

2.4.2 焊接小车精度: 焊接小车传动卡顿、旋转辊自转等问题会导致焊偏。行业内原先多采用链条传动, 这种传动方式在运行过程中容易出现卡顿现象。当焊接小车在焊接过程中出现卡顿, 会导致焊丝的送进速度不均匀, 电弧的位置发生偏移, 进而使焊缝出现焊偏; 同时, 转辊联轴器多为星型联轴器, 中间采用工程塑料制成的梅花垫填充, 存在较大间隙, 使得旋转辊在焊接过程中容易发生自转, 从而导致焊偏。如采用高精度齿轮齿条传动、刚性连接旋转辊可提高焊接精度。

2.4.3 导电机构可靠性: 导电机构接触不良会引发电弧不稳定、烧伤焊件。国内焊接机组的导电机构为升降下压式地线架刷, 通过钢毛刷在钢管上摩擦的方式导电。然而, 由于钢管本体形变、小车标高等因素, 这种导电方式经常出现导电接触不良和异常抖动的情况。在实际焊接过程中, 当导电接触不良时, 焊接电流会出现瞬间中断或大幅波动, 使得电弧不稳定, 导致焊缝出现咬边现象。通过设备升级, 在焊接小车上加装自动伸缩侧向滑触导电机构和自动升降管端导电机构, 使导电接触点固定, 确保了焊接过程中电流能够稳定、可靠地传输, 同时优化了电流流向, 降低了交变磁场干扰, 进一步保证了焊接过程的稳定性。通过这一改造, 有效地解决了导电接触不良和异常抖动的问题。

3 提升钢管起弧熄弧端稳定性的实践策略

3.1 优化焊接工艺参数

3.1.1 建立参数数据库: 收集生产数据, 构建焊接工艺参数数据库。运用数据分析技术挖掘参数间关联, 依据钢管材质、壁厚、焊接位置优化参数组合, 为生产提供精准指导。

3.1.2 实时监控与调整: 安装在线监测系统, 实时监控焊接电流、电压、速度等参数。利用反馈控制系统自动调整参数, 确保焊接过程稳定, 如遇偏差及时修正。

3.2 精细化焊件与坡口处理

3.2.1 强化焊件预处理流程: 规范原料运输储存, 防止钢板锈蚀。采用激光除锈、机械打磨与化学清洗结合的方式, 严格检查焊件表面质量, 确保无杂质油污。

3.2.2 精准控制坡口参数: 根据钢管规格、材质与焊接工艺, 精确计算坡口角度、钝边、间隙等参数。利用数控加工设备与检测仪器, 保证坡口加工精度与一致性。

3.3 科学设计引熄弧板

3.3.1 个性化引弧板适配: 针对不同管径、壁厚钢管, 定制引弧板尺寸形状。优化引弧板焊接工艺参数, 确保引弧稳定, 减少焊接缺陷。

3.3.2 优化熄弧板功能: 根据焊接工艺调整熄弧板倾斜角度与焊接工艺, 保证熄弧过程平稳。焊接后精细修磨熄弧板与管体连接焊缝, 避免铣边问题。

3.4 升级焊接设备

3.4.1 引进先进焊接设备: 引入数字控制埋弧焊机、自动化焊接设备, 利用其精准的参数调控、智能监控与自动化操作功能, 提升焊接稳定性与质量。

3.4.2 定期设备维护保养: 制定设备维护计划, 定期检查保养焊机电源、小车、导电机构等关键部件。及时更换磨损零部件, 确保设备性能稳定。

4 效果验证

应用优化后的工艺, 在生产壁厚大于12mm钢管的管端切除率下降45%。因焊接质量提升, 减少大量材料, 有效节约生产成本。生产小直径薄壁管时气孔、咬边问题突出。通过优化弧板焊接工艺、管型控制、焊接工艺参数, 加强焊件清理与材料把控, 焊接一通率提升30%, 材料下降3%, 显著提升产品质量与生产效率。

5 结论与展望

5.1 研究结论总结

本研究通过对埋弧焊管管端焊接质量工艺的深入探究, 明确了影响管端焊接质量的关键因素, 并提出了相应的优化策略, 通过实际生产验证, 取得了显著的成效。通过对焊接工艺参数的精确控制、焊件与坡口的精细准备、引熄弧板的合理设置以及焊接设备的升级改造等多方面的协同优化, 能够有效地解决埋弧焊管管端焊接中存在的问题, 显著提高管端焊接质量, 降低焊接缺陷发生率, 提升生产效率和经济效益, 为埋弧焊管的生产提供了可靠的技术支持和保障。

5.2 未来研究方向展望

未来可深化智能化焊接技术研究, 实现焊接过程全自动化智能调控; 探索新型焊接材料与工艺在钢管焊接的应用; 加强跨学科融合, 借助材料学、控制科学等成果推动埋弧焊技术持续创新, 进一步提升钢管焊接质量与行业发展水平。

【参考文献】

- [1]辛政,谷源海,郭传军,等.Q245R埋弧焊焊接工艺参数优化[J].热加工工艺,2012,41(11):202-203.
- [2]唐子金,优化设计管线钢埋弧焊工艺参数的方法.湖北省,中石化石油机械股份有限公司沙市钢管分公司,2017-05-10.
- [3]张振永,高琦,刘玉卿.高钢级天然气管道不等壁厚焊接坡口设计[J].焊接技术,2020,49(10):81-84.
- [4]庄文虎.电弧焊终端裂纹防止法及焊接熄弧板[J].造船技术,1987,(03):39-40.
- [5]李慧,唐子金,曾德胜.数字焊机埋弧焊焊接工艺参数优化[J].焊管,2023,46(03):41-46+52.

作者简介:

王璐瑶(1997--),女,汉族,陕西渭南人,助理工程师,大学本科。研究方向: 焊接技术与工程。