

石油化工压力管道施工焊接技术探析

夏仕兵¹ 李新宁²

1. 中燃物资供应链管理(深圳)有限公司 广东 深圳 518000

2. 北京隆盛泰科石油管科技有限公司 北京 100020

摘要: 本文剖析影响石油化工压力管道焊接质量的因素,涵盖人员、材料、设备、工艺及环境等方面。阐述施工焊接技术要点,包括焊接前准备、过程控制与后处理。探讨压力管道焊接质量控制与管理,涉及体系建立、质量检验与验收、质量问题预防与处理。为提升石油化工压力管道焊接质量提供理论依据与实践指导。

关键词: 石油化工; 压力管道; 焊接技术; 质量控制; 影响因素

引言: 石油化工行业压力管道承担着输送各类介质的重要任务,其焊接质量关乎整个生产系统的安全稳定运行。焊接技术作为压力管道施工的核心环节,涉及多种因素,从人员操作到材料设备,从工艺选择到环境条件,任何一个环节出现问题都可能影响焊接质量。深入探析石油化工压力管道施工焊接技术,有助于提升焊接质量,保障管道安全,对石油化工行业的持续发展具有重要意义。

1 影响压力管道焊接质量的因素分析

1.1 人员因素

焊接操作人员技术水平直接决定压力管道焊接质量。熟练掌握焊接技巧的人员,能精准控制运条角度与速度,使焊缝成型均匀、宽窄一致,保障焊接接头强度。对焊接熔池温度把控得当,可避免出现未熔合、未焊透等缺陷。操作经验丰富的人员面对复杂焊接工况,如管道固定口焊接、空间位置受限焊接,能快速调整操作方法,确保焊接质量稳定。具备厚壁管道焊接经验者,在多层多道焊时合理安排焊接顺序与层间温度,减少焊接应力,防止裂纹产生。责任心影响操作人员工作态度。具有高度责任感的人员严格执行焊接工艺规程,焊接前认真清理焊接部位油污、铁锈,保证焊接区域洁净;焊接过程中仔细观察熔池状态,及时发现并纠正异常;焊接完成后主动进行焊缝外观自检,剔除不合格焊缝。持证上岗情况关乎人员资质。持有相应焊接资质证书人员,经专业培训考核,掌握焊接理论知识与操作技能,熟悉焊接工艺标准,其操作符合规范要求,为焊接质量提供基本保障。反之,无证人员因缺乏系统培训,易出现违规操作,导致焊接质量隐患。

1.2 材料因素

焊接材料规格型号必须与管道母材匹配。焊条、焊丝直径选择依据管道壁厚确定,直径过大在薄壁管道焊

接时易烧穿,过小则影响焊接效率且难以保证焊缝熔深。焊接材料化学成分对焊接质量至关重要。合金元素含量影响焊缝金属强度、韧性与抗腐蚀性能,如含镍、铬元素的焊接材料可提升焊缝抗腐蚀能力;硫、磷等杂质元素含量过高,会降低焊缝韧性,增加热裂纹倾向。质量稳定性影响焊接质量一致性。质量稳定的焊接材料,批次间化学成分、物理性能波动小,焊接时焊缝质量稳定可控。不稳定材料可能出现药皮脱落、焊丝表面氧化等问题,导致电弧不稳定、焊缝夹渣。与母材匹配性决定焊接接头性能。不同材质管道需选用对应焊接材料,碳钢与不锈钢管道焊接,若选用碳钢焊接材料,会因成分差异使焊接接头耐腐蚀性下降;异种金属焊接时,需选用特定过渡层焊接材料,保证焊接接头强度与耐腐蚀性。

1.3 设备因素

焊接设备类型决定焊接工艺适用性。手工电弧焊设备适用于多种位置、多种材质管道焊接,灵活性高,但效率较低;氩弧焊设备焊接质量高,焊缝成型美观,常用于不锈钢、有色金属管道焊接;埋弧焊设备焊接效率高,焊缝质量稳定,适合大口径、厚壁管道平焊位置焊接。设备性能影响焊接过程稳定性^[1]。焊接电源输出电压、电流稳定性好,电弧燃烧稳定,焊缝成型均匀;性能差的设备易出现电弧漂移、断弧现象,导致焊缝出现气孔、未焊透等缺陷。精度影响焊接参数控制准确性。具备精确电流、电压调节功能的设备,能严格按焊接工艺要求设定参数;精度低的设备参数波动大,无法保证焊接质量。维护保养状况关系设备使用寿命与性能。定期维护的设备,内部电路、机械部件运行良好,故障少;缺乏维护设备易出现电缆老化、送丝不畅等问题,影响焊接过程连续性与焊接质量。自动化程度高的设备可减少人为因素影响,提高焊接质量稳定性与生产效

率,如自动焊接设备通过程序控制焊接参数与轨迹,保证焊缝质量一致性。

1.4 工艺因素

焊接工艺参数对焊接质量起关键作用。焊接电流过大,焊缝熔深增加,易出现咬边、烧穿;电流过小,焊缝熔深不足,产生未焊透。电压过高,焊缝宽度增加,熔深变浅,易形成气孔;电压过低,焊缝窄而高,易出现夹渣。焊接速度过快,焊缝熔宽、熔深减小,易产生未熔合;速度过慢,焊缝余高过高,热影响区增大,降低焊缝性能。层间温度控制不当,过高会使焊缝组织粗大,降低韧性;过低则增加焊接应力,导致裂纹产生。焊接方法影响焊接质量与效率。手工电弧焊灵活性高,但受人为因素影响大,质量稳定性差;氩弧焊保护效果好,焊缝质量高,适合焊接质量要求高的管道;埋弧焊焊接效率高,焊缝质量稳定,但对焊接位置与条件要求严格。焊接顺序影响焊接应力分布。合理顺序可减少焊接变形与应力集中,如对称焊接、分段退焊;不合理顺序使管道产生较大变形,增加焊接应力,降低焊缝承载能力。操作规范保障焊接质量,严格按工艺要求进行坡口加工、组对间隙控制、焊接层道数安排,是获得高质量焊缝的前提。

1.5 环境因素

施工环境温度影响焊接质量。低温环境下,焊接接头冷却速度快,易产生淬硬组织,增加冷裂纹倾向;焊接前需对母材进行预热,保证焊接区域温度。高温环境使焊接材料中合金元素蒸发,降低焊缝性能;同时操作人员易疲劳,影响焊接质量。湿度大时,空气中水分进入焊缝,高温下分解产生氢气,导致焊缝出现气孔、裂纹等缺陷;焊接前需对焊接材料烘干,控制环境湿度。风速影响气体保护效果。氩弧焊、二氧化碳气体保护焊等气体保护焊,风速过大吹散保护气体,空气进入焊接区,使焊缝氧化、产生气孔;需采取防风措施或选择合适焊接方法。粉尘环境中,粉尘进入焊缝,形成夹渣缺陷;作业前需清理焊接区域粉尘。现场作业空间影响操作便利性。狭窄空间内,操作人员难以施展,影响焊接姿势与操作手法,导致焊接质量下降;需采用合适焊接设备与工艺。光照不足使操作人员难以观察熔池状态,影响焊接质量;需保证作业区域有充足照明。

2 石油化工压力管道施工焊接技术要点

2.1 焊接前准备

材料与设备检查是焊接质量基础保障。管道母材需检查表面有无裂纹、砂眼,测量壁厚、管径确保符合设计。焊接材料查验外观,保证焊条药皮完整、焊丝无

锈蚀,核对型号、批次与质量证明文件,确保与母材匹配。焊接设备调试测试电流电压稳定性,检查气体保护焊设备气体流量与压力;维护时清理内部灰尘、紧固电缆接头,保障设备良好运行。焊接工艺评定为施工提供依据,验证焊接工艺参数合理性,确定焊接方法、材料及参数组合。流程包括拟定工艺指导书、试件焊接,以及对试件进行外观检查、无损检测和理化性能试验。评定遵循相关规范,合格工艺用于指导现场焊接,保障接头质量稳定。坡口加工与清理影响熔合效果。根据管道壁厚和焊接方法,选用机械加工或火焰切割,确定V形、U形等坡口形式。加工后清理坡口表面及两侧油污、铁锈、水分,砂轮机打磨至金属光泽,避免杂质影响焊接质量。

2.2 焊接过程控制

不同焊接方法在石油化工压力管道施工中有各自操作规范。手工电弧焊操作时,需保持合适的焊条角度与运条速度,确保电弧稳定燃烧,在全位置焊接中灵活调整操作手法。氩弧焊注重气体保护效果,提前送气排净空气,焊接时控制钨极与熔池距离,保证焊缝不被氧化。埋弧焊需调整焊剂覆盖厚度与焊接小车行走速度,确保焊缝成型美观、质量可靠^[2]。焊接参数调整依据管道实际情况进行。根据管道材质确定电流、电压范围,合金钢材质需较低电流防止过热;壁厚影响热输入量,厚壁管道需较大电流保证熔透;焊接位置不同,参数也有差异,仰焊位置需降低电流、电压防止熔池下坠。通过实时观察熔池状态、焊缝成型情况,动态调整参数,保证焊接质量。焊接层道控制是多层多道焊的关键。焊接顺序采用对称焊、分段退焊等方式减少焊接变形,每层焊接完成后,及时清理焊渣、飞溅物,使用测温仪控制层间温度,避免温度过高或过低影响焊缝性能。层间清理彻底可防止夹渣,合适的层间温度能保证焊缝金属组织均匀,提升焊接接头强度与韧性。

2.3 焊接后处理

焊缝外观检查是质量首道关卡。测量焊缝余高、宽度是否符合要求,目视或借助放大镜检查表面。重点查看咬边、气孔、裂纹等缺陷,超标咬边削弱强度,气孔、裂纹影响密封性与安全,发现问题立即处理。无损检测探测内部缺陷。射线检测适用于气孔、夹渣等体积型缺陷,通过胶片成像判断。超声波检测面积型缺陷,依据反射原理定位。磁粉检测铁磁性材料表面缺陷,渗透检测非多孔材料表面开口缺陷,按需选用检测方法。焊缝热处理改善接头性能,消除残余应力、优化组织。退火细化晶粒、降低硬度,正火提升强度韧性,回火消

除淬火应力。严格控制加热、保温、冷却速度等参数,根据材质和壁厚确定,确保热处理效果,延长接头使用寿命。

3 压力管道焊接质量控制与管理

3.1 质量控制体系建立

焊接质量控制体系构建围绕质量目标、责任制度与控制流程展开。质量目标需明确量化,涵盖焊缝外观质量标准、无损检测合格率、理化性能指标等,为施工与检验提供清晰方向。质量责任制度划分各层级职责,从项目管理层到一线焊工,均明确其在质量控制中的具体任务与责任。管理层负责资源调配、制度监督;技术人员把控工艺参数、提供技术指导;焊工严格执行操作规范、保障焊接质量。质量控制流程贯穿焊接全过程。焊接前,对材料设备检查、焊接工艺评定、坡口加工等环节进行严格把控;焊接过程中,监督焊接参数执行、层道控制、环境条件;焊接后,规范外观检查、无损检测、热处理等工序。通过建立质量控制点,对关键环节实施重点监控,确保各阶段工作符合质量要求。同时建立质量记录制度,详细记录各环节检测数据、操作情况,为质量追溯与分析提供依据。

3.2 质量检验与验收

焊接质量检验按阶段分为焊前检验、焊接过程检验与焊后检验。焊前检验包括材料设备质量核查、焊接工艺评定有效性确认、坡口加工质量检查,确保焊接准备工作满足要求。焊接过程检验实时监督焊接参数执行、焊缝层道质量、焊工操作规范,发现问题及时纠正,避免缺陷累积^[1]。焊后检验全面检查焊缝外观、进行无损检测与理化性能试验,对焊接接头质量作出综合评定。验收标准依据设计文件与相关规范制定,明确焊缝尺寸公差、表面缺陷允许范围、无损检测合格等级等要求。验收流程遵循先自检后专检原则,施工单位完成焊接后,首先进行内部自检,对发现的问题及时整改。自检合格后,向验收方提交申请,由验收方组织相关人员组成验收小组,按验收标准对焊接质量进行逐项检查。对不符

合要求的部位提出整改意见,施工单位整改完成后再次报验,直至所有项目验收合格,各方签署验收文件。

3.3 质量问题预防与处理

常见焊接质量问题预防需从多方面入手。针对焊缝裂纹,严格控制焊接材料与母材匹配性,焊前对母材预热、焊后及时热处理,控制焊接应力;预防气孔,保证焊接材料干燥、清理坡口油污水分、加强气体保护;防止未焊透,精准调整焊接参数,确保熔深满足要求,规范焊工操作手法。通过加强人员培训,提高焊工质量意识与操作技能;优化焊接工艺,减少质量问题发生概率。质量问题发生后,立即启动分析处理流程。首先对问题焊缝进行详细检查,结合质量记录分析产生原因,确定是人员操作、材料设备、工艺参数还是环境因素导致。根据分析结果制定针对性处理方案,若为表面缺陷,可采用打磨补焊处理;内部严重缺陷则需割除重新焊接。处理完成后,对修复部位进行重新检验,确保质量符合要求。同时总结质量问题经验教训,完善质量控制体系,防止类似问题再次出现。

结束语

石油化工压力管道施工焊接技术复杂且关键,涉及多方面因素。通过全面分析影响焊接质量的因素,掌握焊接技术要点,建立完善的质量控制体系,严格质量检验与验收流程,加强质量问题预防与处理,可有效提升焊接质量。未来,随着技术的不断进步,应持续优化焊接工艺,加强人员培训,以适应石油化工行业对压力管道焊接质量日益严格的要求,推动行业安全高效发展。

参考文献

- [1]汪小中.石油化工工程中工艺管道安装施工风险控制措施分析[J].中国设备工程,2023,(19):230-232.
- [2]李磊.石油化工石油管道焊接接头断裂韧性评定[J].焊接技术,2023,52(06):103-107+130.
- [3]李金泰.石油化工管道焊接质量的控制措施[J].化工管理,2023,(03):133-136.