

焊接工艺参数对高压介质管道焊接质量的影响研究

彭德荣 向永福

中国铝业广西分公司平果铝业公司 广西 百色 531400

摘要: 高压介质管道是我国能源输送系统的重要组成部分, 对其进行焊接时的质量对能源输送系统的安全产生重要影响。基于此, 本文对焊接工艺参数对高压介质管道焊接质量的影响进行了研究, 首先分析了高压介质管道焊接的基本内容, 然后提出高压介质管道焊接质量控制, 以期为相关人员提供参考。

关键词: 焊接工艺参数; 高压介质管道; 焊接

引言

高压介质管道在能源化工和油气输送领域内得到了广泛应用, 是关键的承压设备, 需要确保其服役安全性。焊接是高压介质管道连接的核心工艺, 通过焊接能够保证管道的结构完整和密封性能。高压介质管道内部存在高压和腐蚀性物质, 需要提高焊缝质量, 避免出现泄漏现象。传统焊接在处理高压介质管道时往往利用经验进行焊接, 很难对多层焊接进行精准处理。近年来因传统焊接参数出现问题的现象导致部分高压介质管道出现氢致裂纹、应力腐蚀现象, 暴露焊接工艺体系仍需优化的现象。

1 高压介质管道焊接

1.1 焊接方法的选择

1.1.1 手工电弧焊

在进行高压介质管道焊接工作中, 手工电弧焊接方法是一种基础工艺, 利用焊条和工件之间的电弧产生高温以此让金属熔化完成连接, 可以对碳钢和不锈钢等材质进行焊接。手工电弧焊接方式的设备易于便携, 可以在多种工作环境中金焊接, 仅需要带焊机、电缆和焊把便可进行焊接作业, 在野外无固定电源作业时或者空间受限时可以做到有效完成工作^[1]。手工电弧焊接方式的人员操作自由度较高, 可以对焊条进行及时调整以此完成较为复杂的焊缝焊接。手工电弧焊存在对焊工技术要求较高的现象, 若想获得更高质量的焊缝成型, 需要有丰富经验的焊工进行焊接, 且焊接参数不够稳定, 容易受到电流波动影响, 导致

内部出现气孔问题或者熔合不良问题, 在焊接完成后需要进行无损检测进行隐患排查^[2]。

1.1.2 气体保护焊

气体保护焊接方式在高压介质管道施工中分为熔化极(MIG)与非熔化极(TIG)两种施工方法, 焊接人员通过进行连续送丝和电弧进行配合进行焊接工作^[3]。熔化极焊接方式采用焊丝作为电极对材料进行填充, 利用氩气对空气进行隔绝, 熔池可视性较为良好, 焊接效率较高, 能够在中厚壁管道中进行连续焊接。非熔化极焊接采用钨极引弧, 需要另外添加焊丝, 具有更好的电弧稳定性, 能够对薄壁管道进行焊接。气体保护焊接方式采用全自动作业设备, 焊机会对送丝结构进行同步协调, 对气体流量和电源参数进行控制^[4]。气体保护焊接过程中需要对气体覆盖层进行稳定保持, 避免焊接过程中出现氧化现象。气体保护焊接方式和手工电弧焊相比, 具有熔深均匀且飞溅较少的优势, 但是需要较为严苛的作业环境, 在野外施工时必须设置防风棚^[5]。

1.1.3 埋弧焊

埋弧焊接工艺在高压管道工程中可以运用于大管径环缝厚壁焊接。埋弧焊工艺利用对焊丝的自动输送将颗粒物焊机变成覆盖层对焊接环境进行保护, 电弧在焊层下燃烧隔绝了空气的影响。埋弧焊接系统包含焊车行走机构、送丝装置和焊剂循环回收设备, 全过程需要多种机械化设备。埋弧焊接需要利用大电流进行焊接, 穿透能力较强, 在短时间内就能对大量金属进行熔覆, 焊缝成型较为规整, 且内部不容易出现缺陷。埋弧焊操作需要对电流电压进行精准匹配, 保持焊剂对焊缝进行均匀覆盖。和气体保护焊接方式相比, 埋弧焊更适用于固定工位焊接, 可以完成精度更高的焊接。

1.2 焊接工艺参数的确定

1.2.1 焊接电流和电压

在高压介质管道焊接过程中, 电流和电压的控制会

作者简介: 彭德荣(1998年3月), 男, 云南省曲靖市, 汉族, 助理工程师, 本科, 冷焊技术在精密轴类零件修复中的应用研究

第二作者简介: 向永福(1995年4月), 男, 云南省文山州, 汉族, 中级工程师, 本科, 冷焊技术在精密轴类零件修复中的应用研究

对焊缝的性能产生影响。焊接人员需要根据工艺类型和工况对焊接过程进行动态调整。手工电弧焊需要对焊条直径和焊接位置进行控制,气体保护焊接中,熔化极焊接需要对送丝速度进行调节以此保证电流电压同步,非熔化极需要稳定小电流以此保证薄壁管熔透均匀。埋弧焊需要进行大电流作业,必须对电压进行精准控制,避免出现焊道过宽的问题。在实际参数设定时需要对母材厚度、坡口形式及热输入限制进行考虑,例如在进行厚壁管多层焊接工作时需要利用较高的电流确保根部熔合,后续焊接需要逐步递减避免出现晶粒粗化问题。焊接参数异常会出现熔合线不清、咬边或焊瘤等问题,在焊接工作中应进行实时监测和工艺评定^[6]。

1.2.2 焊接速度

在进行高压介质管道焊接工作中,对焊接速度的调控会影响熔池形态和热输入分布,手工电弧焊接方式需要焊工利用手法对焊接节奏进行控制,同时保证焊条倾斜角度和移动的均匀性,避免焊接过程中因为焊接节奏变化导致出现熔宽不均问题。在气体保护焊接过程中,熔化极焊接需要利用设备对焊枪的行走速率进行调控,配合送丝速度形成稳定熔池,非熔化极需要焊工进行手动匀速推进,薄壁管焊接采用较高的焊接速度,避免出现热积累问题。埋弧焊采用焊车自动行进系统,对速度进行设定,确保和电流电压进行精准匹配,在厚壁管多层焊时首层需要适当放慢确保熔透,在后续工作中提高焊接速度。在焊接工作中速度过快可能会导致熔深不足、夹渣,过慢则引发焊道过宽、晶粒粗化等问题,在焊接工作中应对坡口形式和线能量进行限制确保能够完成动态调整^[7]。

1.2.3 预热和后热处理

在高压介质管道焊接工作中,应该对预热和后热处理进行重点关注,以此来避免出现焊缝缺陷。在进行高强度钢、低合金钢等易淬硬材料的焊接工作时,应该利用电加热对母材进行区域升温,利用温差减小对冷却速度进行控制,避免出现裂纹。对预热温度进行控制时也应考虑材质的含碳量和壁厚。焊后热处理包含消氢与应力消除两种类型,消氢需要控制焊缝冷却至150℃时进行短时保温,确保氢逸出,应力消除需要将整体加热至600℃并进行缓慢降温,确保释放残余应力。在焊接工作中应使用红外测温仪对监控温度进行实时观测,保温时间按照壁厚每增加25mm增加1小时计算。在进行大口径管道环缝焊接时,需要进行分段加热确保热循环的一致性,避免出现局部过热情况导致材料性能出现劣化问题^[8]。

2 高压介质管道焊接质量控制

2.1 焊接前的质量控制

2.1.1 材料的检验和准备

高压介质管道焊接前应对材料进行管控,在入场前进行质量检验和预处理。在焊材进入施工现场后,需要对质保书进行核验,确保焊接材料满足施工标准。焊接人员需要对焊接材料按批次进行抽检,确保焊丝成分、焊条药皮完整性及焊剂颗粒度满足施工要求。焊接人员需要根据焊缝的金属性能进行抗拉强度测试,利用显微组织检查确保焊材和母材力学匹配。对焊材进行预处理时应该实施防潮措施,低氢焊条需要经过350℃烘焙并装入保温筒,不锈钢焊丝需要利用酒精对表面油渍进行祛除。在进行气体保护焊接方法时,应该检测氩气的纯度。坡口区域应利用机械进行打磨,直至出现金属光泽,对氧化层和杂质进行有效去除。在进行焊接前,应对坡口角度和钝边尺寸进行重复测量,确保检验数据可追溯,在发现不合格材料时立刻启动退换程序^[9]。

2.1.2 焊接工艺的审查和批准

对高压介质管道焊接工艺进行合规性审查能够很大程度上避免焊接工作出现问题。在进行焊接工艺文件编制时,需要充分考虑到管材特性、壁厚、焊接位置,对电压电流范围、层间温度控制、热处理时机进行准确设计。在方案审核阶段需要焊接工程师联合质检人员根据ASME或GB标准对焊接可行性进行分析,对坡口设计合理性和线能量计算准确性进行重点核查。在进行特殊材料或者复杂结构的焊接时,需要根据工艺评定验证参数。审批完成后的工艺文件应作为施工现场的强制规范,若要调整焊接参数需要履行变更审批程序,并进行审核记录完整存档,确保焊接工艺全程可追溯。

2.1.3 焊接人员的培训和认证

高压介质管道焊接人员的工作能力是焊接工程质量的保障,焊接工作人员需要进行专业技能考核获得焊接资格证。培训体系需要覆盖金属学基础、设备操作要领、缺陷识别和安全防护等内容,根据高压介质管道焊接的工艺特点进行重点培训,焊接人员需要学会对层间温度进行监控,并学会充氩保护等专项技能。施工单位需要建立焊接人员档案,对人员的持证状态和施工情况进行监督,对新入职焊接人员进行现场适应性考核,确保能够在复杂工况下进行规范施工。

2.2 焊接过程中的质量控制

2.2.1 焊接质量的实时监控

高压介质管道焊接过程中需要利用实时监控对多维度数据进行采集,以此确保工艺合规性满足要求。在焊接工作中需要采用智能焊机,利用内置传感器对电压电

流进行实时控制,利用焊接记录仪生成焊接曲线。对层间温度进行控制时应利用红外测温枪进行定点监测。在进行气体保护焊接作业时应应对氩气流量计数和防风棚内风速进行统计,确保防护气体层不被破坏。在进行关键焊道施工时,应采用双人监控,主要焊接人员对熔池状态进行控制,辅助焊接人员对焊枪角度和行进速度进行控制。还要在焊接过程中利用数字化系统对参数超标进行报警,将所有监控数据实时录入质量监控系统之中,进一步让焊缝质量和工艺参数实现终身绑定,让后续检测和修复工作有足量的数据支持。

2.2.2 焊接缺陷的预防和控制

对高压介质管道进行焊接缺陷防控时需要建立全流程管控体系,对气孔、夹渣等缺陷从源头进行治理。在工艺层面需要根据参数对母材特性进行优化,利用低氢焊材对热输出进行控制,避免出现冷裂纹风险。焊接人员在进行操作时需要强化过程规范性,在焊前对坡口油污进行全面清理,对层间焊道进行打磨避免出现氧化皮,控制夹渣问题。在环境控制中,气体保护焊接方式需要确保防风棚的密闭性,在湿度超限时进行停止作业,避免生产气孔。在出现咬边缺陷时,应对电弧长度和焊枪摆动幅度进行控制,对薄壁焊接采用脉冲电流对熔池流动进行控制。焊接人员需要利用多层分段检测机制对每道焊缝完成后机械性能外观检查,在发现凹陷和未熔合现象时立刻进行返修工作。不仅如此还应该利用热成像仪对焊接热循环进行实时监控,避免因温度梯度突然变化导致延迟裂纹的出现。对焊接缺陷进行预防和控制的所有步骤均应写入作业指导书之中,并通过焊前技术指导传达给焊接工作人员^[10]。

2.2.3 焊接环境的控制

在进行高压介质管道焊接过程中,应对焊接环境进行控制。焊接工作区域应保证干燥洁净,在环境湿度较高时应暂停作业,避免出现熔池吸氢现象导致气孔生成。在露天环境下进行施工时需要建立防风棚以此降低空气流速,避免流速过快对焊接工作产生影响。在焊接工作开始前应对作业周围的可燃物和扬尘源进行处理,在进行不锈钢管焊接时应该避免出现铁离子污染问题。在焊接工作中应对温度进行控制,在冬季施工时需要对

各管段进行预热,保证层间温度满足要求,避免因骤然降温导致裂纹出现。

结束语

综上所述,高压介质管道焊接质量是对焊接工艺参数进行优化的过程,电压电流、焊接速度和热输入参数对焊缝组织有着重要影响。在进行高压介质管道焊接过程中,应对参数设定进行严格控制,根据管材特性、结构形式进行调整,例如在厚壁管焊接过程中应采用阶梯式参数递减的方式,确保根部熔透的同时避免出现热区晶粒粗化问题。

参考文献

- [1] 李倩,龙庆,乔海玉,等.激光透射焊接PMMA的工艺参数对焊接质量的影响[J].应用激光, 2024, 000(4):7.
- [2] 吴鸿燕,陈炯,桑玉蕊,等.工艺参数对TiNi合金/TC4钛合金超声波焊接接头形貌和力学性能的影响研究[J].航空制造技术, 2023, 66(11):71-76.
- [3] 钟军.焊接工艺参数优化对焊缝收缩量影响研究[J].焊接技术, 2023, 52(9):54-58.
- [4] 张焱,许天早.焊接工艺参数对埋弧焊接接头力学性能影响的研究进展[J].石油化工设备, 2023, 52(2):64-69.
- [5] 李兆璞,乔亮,闻炯明,et al.热熔焊接工艺参数对聚乙烯管道力学性能的影响[J].Plastics Science & Technology / Suliao Ke-Ji, 2023, 51(9).
- [6] 魏伟,司东升.基于工匠精神和技能大赛的焊接加工教学[J].教育研究, 2024, 7(3):4-6.
- [7] 张立德.焊接工艺参数对低合金钢焊条焊缝强度及低温冲击韧性影响的研究[J].焊接技术, 2024, 000(10):4.
- [8] 黄志伟,董光耀,曹生亮.焊接工艺参数对铝钢异种金属焊接接头性能和显微组织影响研究[J].济源职业技术学院学报, 2023, 22(4):67-71.
- [9] 戴浩,魏艳红,刘湘波,等.Q345钢多层多道焊工艺参数对接头组织及性能的影响研究[J].焊接技术, 2023, 52(12):39-41.
- [10] 杜亮,杨光,关凯楠,等.基于混合C4.5算法的铝合金焊接工艺参数规则研究[J].制造业自动化, 2023, 45(3):118-123.