

关于承压设备焊接工艺评定中若干重要因素的分析

孟 微 李 铭

安阳钢铁建设有限责任公司 河南 安阳 455004

摘 要：承压设备焊接工艺评定涉及材料选择、母材特性分析、焊接材料匹配、焊接环境控制、工艺参数优化及质量控制等多个关键环节。焊接材料需严格筛选与评定，确保与母材匹配。工艺参数如电流、电压、速度及热输入需精准调控。同时，构建完备的质量监控体系，强化焊工技能与培训，以保障焊接质量。通过系统分析与优化，为承压设备的高质量焊接提供坚实支撑。

关键词：承压设备；焊接工艺评定；重要因素

引言

承压设备作为工业领域的关键设备，其焊接质量直接关系到设备的安全性与可靠性。焊接工艺评定作为确保焊接质量的重要手段，涉及众多复杂因素。材料的选择与匹配、工艺参数的优化、焊接环境的控制以及质量监控体系的建立，均对焊接接头的性能产生深远影响。因此，深入探究承压设备焊接工艺评定的关键因素，对于提升焊接质量、保障设备安全运行具有重要意义。

1 焊接材料的选择与评定

在承压设备焊接工艺评定中，焊接材料的选择与评定占据着举足轻重的地位。焊接材料的质量不仅是焊接接头力学性能和耐腐蚀性的基石，还直接关系到整体设备的性能表现和使用年限。因此对焊接材料进行严谨的筛选与评定，是确保焊接工艺质量的首要步骤。焊接材料的选择需严格遵循国家或行业标准，确保其化学成分、机械性能及焊接性能均达到规定要求。针对承压设备的不同类型及其所处的特定焊接工艺环境，需精心挑选适宜的焊接材料。如在高温高压环境下工作的承压设备，其焊接材料需具备出色的高温强度与抗蠕变性能，以适应极端工况的需求，焊接材料与母材之间的匹配性评定同样至关重要。这一步旨在验证焊接材料与母材之间的相容性，以确保焊接接头在长期使用过程中能够保持稳定，避免裂纹、腐蚀等潜在缺陷的产生。匹配性评定关乎焊接接头的即时性能，更对其长期可靠性具有深远影响。总的来说，焊接材料的选择与评定在承压设备焊接工艺评定中占据核心地位。科学严谨的筛选与评定流程，确保焊接材料的质量与匹配性，对于提升焊接接头的性能、延长设备使用寿命具有重要意义。这一环节的成功实施，将为承压设备的安全稳定运行奠定坚实基础。

2 材料因素

2.1 母材特性

在承压设备焊接工艺评定中，母材特性是影响焊接质量的关键因素。从本质上讲，母材的化学成分犹如其“内在基因”，深刻影响着焊接工艺的选择与实施。不同种类的钢材，其含碳量以及各类合金元素含量的差异，直接决定了焊接性能的优劣。就拿含碳量来说，它在很大程度上左右着钢材的焊接性。当钢材含碳量较高时，其淬硬倾向明显增大。在焊接热循环的作用下，焊缝及热影响区极易形成硬脆的马氏体组织，增加了裂纹产生的风险。在焊接工艺评定时，碳当量成为评估母材焊接性能的重要指标。通过特定的碳当量计算公式，能精准衡量母材的焊接难度，为后续工艺措施的制定提供科学依据。当碳当量偏高时，通常需要在焊接前对母材进行预热处理，将母材温度提升到合适区间，以此减缓焊接冷却速度，避免马氏体组织的过快形成，降低裂纹产生的可能性；在焊接过程中严格把控热输入，防止因过热导致晶粒粗大，恶化焊接接头的性能。母材的力学性能，如强度级别、韧性、硬度等，同样对焊接工艺有着不可忽视的影响。高强度钢材由于其自身的高屈服强度和抗拉强度，对焊接接头的强度匹配提出了更高要求。在选择焊接材料和确定焊接参数时，必须确保焊接接头的强度不低于母材，且具备良好的塑韧性，以满足承压设备在复杂工况下的使用需求^[1]。

2.2 焊接材料匹配

（1）从化学成分的角度看，焊接材料与母材应保持一定的相似性，特别是在主要合金元素方面。以不锈钢承压设备为例，若母材为奥氏体不锈钢，富含铬、镍等元素，则焊接材料亦需含有相应比例的铬、镍，以确保焊接接头在耐腐蚀性和力学性能上与母材保持一致。铬元素能形成致密的氧化膜，增强接头的抗腐蚀能力；镍元素则有助于维持奥氏体组织的稳定性，提高接头的韧性和抗热裂性。若化学成分差异过大，易导致成分偏

析、组织不均匀,进而削弱焊接接头的耐腐蚀性,增加在腐蚀性介质中失效的风险。(2)焊接材料的熔敷金属性能与母材的匹配同样至关重要。熔敷金属的强度、韧性、硬度等力学性能需与母材相协调。强度过高引发应力集中,导致裂纹产生;强度过低则无法满足承压设备的承载需求。在焊接工艺评定中,还需综合考虑焊接接头的使用要求,如高温环境下的稳定性、耐磨性等,以确保所选焊接材料与母材在力学性能和使用环境上的高度适配。(3)全面分析母材特性与焊接材料的匹配性,为承压设备焊接工艺评定奠定了坚实的材料基础,确保了焊接质量的可靠性和稳定性。在进行焊接工艺评定时,考虑母材的化学成分、力学性能以及焊接材料的熔敷金属特性。精确的匹配,有效避免焊接缺陷,如裂纹、气孔和未熔合等。合理的焊接参数选择和焊接顺序安排也是确保焊接质量的关键因素。通过科学的评定和优化,为承压设备的长期安全运行提供保障^[2]。

2.3 焊接环境因素

焊接环境是影响承压设备焊接工艺评定不可忽视的要点,其涵盖的温度、湿度、风速等条件,均会对焊接质量产生关键作用。温度是焊接环境的重要考量因素。在低温环境下进行焊接,焊缝金属的冷却速度急剧加快,易促使焊缝及热影响区形成硬脆组织,增大裂纹产生的几率。如在寒冷地区的户外作业,若不对环境温度加以控制,钢材在低温下的韧性降低,焊接过程中微小的应力集中就可能引发裂纹扩展。当环境温度低于一定阈值时,需采取预热焊件、搭建暖棚等措施,提升焊接区域的温度,减缓冷却速度,保障焊接质量。湿度同样不容小觑。过高的湿度环境中,水分易在焊件表面凝结,在焊接过程中分解产生氢原子,氢原子扩散进入焊缝金属后,会导致氢脆现象,严重降低焊接接头的韧性和强度,引发延迟裂纹。所以湿度较高的环境焊接时,一方面要对焊接材料进行严格的烘干处理,另一方面可通过除湿设备降低环境湿度,减少氢的来源。风速也是影响焊接质量的因素。较大的风速会使电弧不稳定,导致熔池保护效果变差,空气容易卷入熔池,产生气孔、氧化等缺陷。在户外进行焊接作业时,需根据实际风速采取防风措施,如设置防风屏障,当风速超过一定限值时,应停止焊接作业,确保焊接过程稳定。

3 焊接工艺参数

3.1 焊接电流、电压和速度

(1)焊接电流是衡量电弧能量输出与焊缝熔深的关键指标。电流通过焊条或焊丝时,因电阻热效应导致电极材料熔化,形成熔滴并过渡到熔池中。若电流设定过

大,电极熔化速率激增,熔池温度过高,引发焊缝烧穿,破坏焊缝结构的完整性;过大的电流还会加剧电弧力,导致焊缝边缘金属过度熔化,形成咬边缺陷。相反,电流过小则电极加热不足,母材熔化不充分,易造成未焊透现象,影响焊缝的强度与可靠性。小电流条件下熔池搅拌不充分,熔渣难以有效浮出,可能引发夹渣问题。(2)焊接电压主要调控电弧的长度及其稳定性。适宜的电压能够确保电弧稳定燃烧,促进熔滴均匀过渡,保障焊缝成型美观、质量可靠。电压过高时,电弧长度增加,热量分散,焊缝宽度扩大而熔深变浅,严重时出现未熔合现象。电压过低则电弧过短,易于发生短路,影响焊接过程的连续性与稳定性。(3)焊接速度对焊缝的熔宽与余高具有显著影响。焊接速度过快时,单位时间内输入焊缝的热量减少,熔池冷却速率加快,焊缝变窄、余高降低,同时气体逸出时间不足,易产生气孔等缺陷。而焊接速度过慢则焊缝受热时间过长,热量积累过多,导致焊缝过热、晶粒粗大,降低焊接接头的力学性能。在实际工艺评定中,需通过大量工艺试验,运用正交试验法、响应面分析法等科学方法,综合考量焊接电流、电压与速度之间的交互效应,精确确定最佳参数组合,以确保焊接质量的可靠性^[3]。

3.2 热输入控制

在承压设备焊接工艺评定阶段,热输入是影响焊接质量的核心要素,它综合体现焊接电流、电压和速度的作用,对焊接接头的微观组织与宏观性能有着决定性影响。热输入从微观层面改变着焊接接头的金相组织结构。当热输入处于高水平时,大量的热量在短时间内涌入焊接区域,焊接接头的热影响区范围急剧扩大,材料在高温下的停留时间明显延长。这会导致晶粒生长失去控制,急剧长大,形成粗大的过热组织。这种过热组织内部原子排列紊乱,晶格畸变严重,使得材料的强度、韧性和硬度大幅降低,焊接接头的力学性能严重恶化。在实际运行中,承压设备如果承受载荷,这种性能劣化的焊接接头极易发生脆性断裂,严重威胁设备安全。与之相反,热输入过低同样会带来严重问题。焊缝金属因缺乏足够能量,无法充分进行冶金反应,熔池冷却速度过快,使得液态金属无法均匀融合、结晶。这容易引发焊接缺陷,如未焊透导致焊缝连接不完整,未熔合使焊缝内部存在薄弱界面,气孔则成为应力集中源。这些缺陷极大地削弱了焊缝的承载能力,成为承压设备安全运行的隐患。在评定过程中,精确把控热输入需充分考虑母材特性。对于导热性良好且厚度较大的母材,热量散失迅速,需适当提高热输入,确保焊缝区域获得足够能

量,实现良好的熔合质量。而对于那些易过热、晶粒长大倾向明显的母材,如某些低合金钢,严格控制热输入至关重要,防止组织性能恶化。在实际操作中,可通过巧妙调整焊接参数实现热输入的精准调控。在保证焊接质量的前提下,适当加快焊接速度,同时按比例增加焊接电流和电压,维持热输入的稳定。

4 质量控制与管理

4.1 人员技能与培训

在承压设备焊接工艺评定中,人员因素特别是焊工的技能水平,构成了焊接质量控制的基石。(1)焊工的专业素养与实操能力对焊接接头的质量与可靠性具有决定性影响。一名熟练的焊工深谙焊接理论知识,更能在实践中精准调控焊接参数。他们根据母材特性、焊接位置及具体焊接要求,灵活调整焊接电流、电压及速度等关键要素,确保焊接过程平稳无虞。凭借丰富的实操经验,焊工在遭遇电弧波动、熔池状态异常等突发状况时,能迅速而准确地调整操作手法,有效规避气孔、夹渣、未焊透等焊接缺陷。(2)为确保焊工技能满足焊接工艺评定的严苛要求,系统而严格的培训不可或缺。培训内容涵盖焊接基础理论知识的深化学习,如焊接冶金机理、焊接应力与变形分析等,更强调实操技能的强化训练。模拟多种工况的焊接练习,焊工的操作熟练度和应对复杂情境的能力得以明显提升。培训结束后,需进行全面考核,考核形式包括理论知识的笔试与实际焊接操作的技能测试,仅当焊工在两项考核中均表现优异时,方有资格参与焊接工艺评定工作。(3)焊工需深入理解和严格遵守焊接工艺规程。在实际操作中,焊工应严格按照规程要求执行,确保焊接操作的规范性和一致性,从而提升焊接接头的质量稳定性与可靠性。

4.2 过程质量监控

构建完备的质量监控体系是保障焊接工艺评定顺利开展以及焊接质量稳定可靠的重要基石。焊接工艺评定过程涉及多个环节和众多因素,任何一个环节出现偏差都可能对评定结果产生重大影响,因此全面的过程质量监控至关重要。质量监控应贯穿焊接工艺评定的整个流程。在评定前的准备阶段,对焊接设备的性能进行严

格检查和校准,确保设备运行稳定、参数准确;对焊接材料的质量进行严格把关,检查其型号、规格、质量证明文件等是否符合要求,避免因材料问题导致焊接质量隐患。在评定过程中,利用先进的检测设备和技术,如无损检测、金相分析等,对焊接接头进行实时监测和分析。针对关键的焊接参数和工艺步骤,设置专门的质量控制点,进行重点监控和记录。评定结束后,对评定数据进行详细分析,对焊接接头的各项性能指标进行全面评估,确保评定结果的准确性和可靠性。制定详细且具有针对性的质量控制计划,明确各阶段的质量控制目标、方法和责任人。加强对焊接过程的检验和监督,定期对焊接质量进行检查和评估,如果发现问题,及时分析原因并采取有效的纠正措施。通过这样全面、系统的过程质量监控,为焊接工艺评定提供坚实保障,确保评定结果真实反映焊接工艺的实际水平,为承压设备的高质量焊接提供有力支持^[4]。

结束语

综上所述,承压设备焊接工艺评定是一个系统工程,需综合考虑材料、工艺、环境及质量控制等多方面因素。通过科学严谨的评定流程,确保焊接材料的质量与匹配性,优化工艺参数,构建完备的质量监控体系,并强化焊工技能与培训。这些措施的实施,将有效提升焊接接头的性能,为承压设备的高质量焊接提供有力保障,进而推动工业领域的持续健康发展。

参考文献

- [1]吕文蒲,孙博,陈硕硕,郭玉.关于承压类特种设备焊接技术的分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):0089-0092.
- [2]安栋,白宁,王南.超临界锅炉安装过程中焊接工艺评定探讨[J].中国特种设备安全,2020,36(11):24-27.
- [3]陈增江,陈晓伟,王静,薛会荣.起重机械生产单位焊接工艺评定规划和实践应用研究[J].起重运输机械,2020(15):94-97.
- [4]王锦温.刍议承压特种设备焊接工艺监督管理[J].四川水泥,2019(6):181-182.