

化工设备焊接常见问题及焊接返修工艺

李存功

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750000

摘要: 化工设备焊接常见问题包括焊缝偏心、焊透不足、焊渣残留、气孔、咬边、未熔合、未焊透、过热、过烧及裂纹等, 这些问题主要由焊接操作不当、设备或材料质量问题引发。焊接返修工艺需先全面检查焊接质量, 制定返修方案, 包括返修方法、工艺参数和设备选择。返修时应由合格焊工操作, 注意预热、层间温度控制, 并使用多层多道焊。返修后需进行严格的焊接检验, 确保焊接接头质量。

关键词: 化工设备; 焊接常见问题; 焊接返修工艺

引言: 化工设备焊接作为化工生产中的关键环节, 其质量直接关系到设备的稳定性和安全性。然而, 在焊接过程中, 由于各种因素的影响, 常会出现如咬边、未焊透、夹渣、气孔和裂纹等常见问题, 这些问题不仅影响设备的性能, 还可能引发安全隐患。因此, 对焊接缺陷进行及时返修, 确保焊接质量, 是化工设备制造和维护中不可忽视的重要任务。本文旨在探讨化工设备焊接的常见问题及返修工艺, 以为化工设备的安全运行提供有力保障。

1 化工设备焊接概述

1.1 化工设备的种类与特点

化工设备是指化工生产中静止的或者配有少量传动机构组成的装置, 主要用于完成传热、传质和化学反应等过程, 或用于储存物料。按照结构特征和用途, 化工设备可以分为容器、塔器、换热器、反应器(包括反应釜、固定床或流化床和管式炉等)、分离器、储存器等。这些设备在化工生产中扮演着至关重要的角色。此外, 根据材料不同, 化工设备可以分为金属设备(如碳钢、合金钢、铸铁、铝、铜等)和非金属设备(如内衬橡胶、塑料、耐火材料和搪瓷等)。其中, 金属设备特别是碳钢设备是化工行业最常用的设备类型。

1.2 焊接在化工设备制造中的工艺流程

焊接是化工设备制造中的重要工艺之一。其流程通常包括前期准备(如材料选择、坡口加工、焊材准备等)、焊接方法选择(如手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊等)、焊接参数设定、焊接操作以及焊后处理等步骤。这些步骤共同构成了完整的焊接工艺流程, 确保化工设备的焊接质量和性能。

1.3 焊接质量对化工设备性能的影响

焊接质量直接影响化工设备的性能和使用寿命。高质量的焊接可以确保设备的密封性、强度和耐腐蚀性,

从而提高设备的稳定性和可靠性。相反, 焊接缺陷如裂纹、夹渣、未焊透等可能导致设备在运行过程中发生泄漏、破裂等严重问题, 不仅影响生产效率, 还可能对人员和环境造成危害。因此, 在化工设备制造过程中, 必须严格控制焊接质量, 确保设备的性能和安全性。这要求焊接人员具备高度的专业技能和严谨的工作态度, 同时需要采用先进的焊接技术和设备, 以满足化工行业对设备质量和性能的高要求。

2 化工设备焊接常见问题及分析

2.1 外观缺陷

(1) 咬边。咬边是指在焊缝边缘上, 由于电弧热量过高或焊接速度过快, 导致母材被电弧烧熔形成的凹槽。其形成原因主要包括焊接参数不当、焊枪角度不正确、电弧长度过大等。咬边会减小焊缝的有效截面积, 从而降低接头的承载能力。同时, 咬边处还容易产生应力集中, 增加设备在运行中的开裂风险。为避免咬边的产生, 应严格控制焊接参数, 调整焊枪角度, 保持适当的电弧长度, 并确保焊接速度适中。(2) 焊瘤。焊瘤是由于焊缝表面金属过量堆积而形成的凸起。它通常发生在焊缝边缘或熔池前沿, 形成原因包括焊接电流过大、焊接速度过慢、焊条或焊丝摆动不当等。焊瘤不仅影响焊缝的美观性, 还可能引起应力集中, 降低接头的疲劳强度。为避免焊瘤的产生, 应合理调整焊接电流和速度, 控制焊条的摆动幅度和频率, 确保焊缝表面平整^[1]。

(3) 凹陷与变形。凹陷是指焊缝表面低于母材表面的现象, 而变形则是指整个焊件在焊接过程中发生的形状变化。它们主要由焊接过程中产生的热应力和收缩应力引起。凹陷和变形会降低设备的精度和尺寸稳定性, 影响设备的装配和使用。为减少凹陷和变形的发生, 应采取预热、层间温度控制、合理的焊接顺序和焊后热处理等措施。

2.2 内部缺陷

(1) 未焊透。未焊透是指焊缝金属未完全熔透母材金属，形成局部未熔合的现象。它通常由焊接参数不当、坡口设计不合理、电弧偏吹等原因引起。未焊透会显著降低接头的强度，特别是在承受交变载荷时，未焊透处容易发生疲劳断裂。修复未焊透缺陷通常采用补焊的方法，但补焊前需彻底清除缺陷，并确保补焊参数合理。(2) 夹渣。夹渣是指焊缝中残留的固态非金属夹杂物。它主要由焊接冶金过程中熔池中产生的氧化物、硫化物等杂质未能及时浮出而形成。夹渣会降低焊缝的力学性能和耐腐蚀性。预防措施包括严格控制焊接材料的质量、优化焊接工艺参数、采用适当的焊接方法和保护气体等。(3) 气孔。气孔是指焊缝金属内部或表面存在的空腔。它主要由焊接过程中气体未能及时逸出而形成。气孔会降低焊缝的致密性和强度，增加设备的开裂风险。消除气孔的策略包括提高焊接材料的脱氢能力、优化焊接工艺参数、采用适当的保护气体和预热温度等。

2.3 裂纹缺陷

(1) 热裂纹。热裂纹是指在高温下形成的裂纹，通常发生在焊缝金属中。它主要由焊缝金属中的低熔点共晶物和偏析、焊接拉应力和拘束应力等因素共同作用而形成。热裂纹会降低接头的强度和韧性。防止热裂纹的措施包括严格控制焊接材料的成分、优化焊接工艺参数、采用多层多道焊等。(2) 冷裂纹。冷裂纹是指在

较低温度下形成的裂纹，通常发生在焊缝金属或热影响区。它主要由焊接残余应力、氢的扩散和聚集、材料的淬硬倾向等因素共同作用而形成。冷裂纹具有延迟开裂的特点，对设备的危害极大。延缓冷裂纹的方法包括焊前预热、焊后缓冷、严格控制焊接材料中的氢含量、采用低氢型焊条等。(3) 再热裂纹。再热裂纹是指焊件在焊后热处理或高温服役过程中产生的裂纹。它主要由焊接残余应力和材料的再热敏感性共同作用而形成。再热裂纹会降低设备的强度和韧性。控制再热裂纹的策略包括优化焊后热处理工艺、选择合适的焊接材料和热处理温度、以及采取适当的应力缓解措施。

3 化工设备焊接返修工艺

3.1 返修工艺概述

3.1.1 返修工艺的定义与重要性

焊接返修工艺是指对存在焊接缺陷的部件进行修复处理的过程，旨在恢复部件的原始设计性能和安全性。返修工艺在化工设备制造和维修中具有重要意义，因为焊接缺陷可能导致设备在运行过程中发生故障，甚至引发严重事故。通过返修工艺，可以消除缺陷，提高设备的可靠性和耐久性，确保设备在恶劣工况下仍能稳定运行。

3.1.2 返修前的准备工作与评估

在进行焊接返修前，必须做好充分的准备工作和评估。这包括：

项目	内容	关键点
缺陷分析	对焊接缺陷进行详细的检测和分析，确定缺陷的类型、位置、大小和数量。	- 使用无损检测技术（如超声波、X射线） - 确定缺陷的严重程度和影响范围
返修方案设计	根据缺陷分析结果，制定详细的返修方案。	- 选择返修方法（如手工电弧焊、气体保护焊） - 确定焊接材料和参数 - 制定热处理要求
风险评估	评估返修过程中可能出现的风险，如焊接变形、应力集中等。	- 分析风险来源（如材料特性、工艺参数） - 制定预防措施（如预热、焊后热处理）
人员培训	确保参与返修的人员具备必要的技能和知识，熟悉返修流程和操作要求。	- 培训内容：返修工艺、操作规范、安全措施 - 考核方式：理论测试和实操评估

3.2 返修工艺流程

(1) 缺陷定位与清除。首先，使用无损检测技术（如超声波检测、射线检测等）准确定位焊接缺陷。然后，采用适当的切割方法（如气割、等离子切割等）清除缺陷及其周围的金属。清除过程中要确保边缘平整，便于后续的坡口准备。(2) 坡口准备与修正。清除缺陷后，根据返修方案准备坡口。坡口的设计应便于焊接操作，同时确保焊缝的质量。修正坡口时，要确保坡口角度、深度和宽度符合设计要求，坡口边缘应无裂纹、夹渣等缺陷。(3) 焊接材料与方法的选择。根据母材的成

分、性能和焊接缺陷的类型，选择合适的焊接材料和方法。焊接材料应与母材具有良好的相容性，以确保焊缝的强度和韧性。焊接方法的选择应考虑到焊接效率、焊缝质量和操作难度等因素。(4) 焊接过程控制与质量检测。在焊接过程中，要严格控制焊接参数（如电流、电压、焊接速度等），确保焊缝的质量。同时，加强焊缝的质量检测，如外观检查、无损检测和力学性能试验等，以确保焊缝符合设计要求^[2]。

3.3 返修工艺中的关键技术

(1) 预热与层间温度控制。预热可以降低焊接过程

中的热应力,减少焊接变形和裂纹的产生。层间温度控制有助于保持焊缝的热输入稳定,避免焊缝过热或过冷。因此,在返修过程中,应根据母材的成分和焊接材料的特性,合理设定预热温度和层间温度。(2)应力释放与焊后热处理。焊接过程中产生的残余应力可能导致设备在运行过程中发生变形或开裂。因此,在返修后,应进行适当的应力释放处理,如振动时效、锤击法等。此外,根据焊接材料和设备的使用要求,可能还需要进行焊后热处理,以消除焊接残余应力和改善焊缝的组织性能^[3]。(3)惰性气体保护焊的应用。在返修过程中,采用惰性气体保护焊(如TIG焊、MIG焊等)可以有效地防止焊缝受到空气中的氧气、氮气等有害气体的污染,从而提高焊缝的质量和性能。惰性气体保护焊适用于对焊缝质量要求较高的场合,特别是在返修薄板或精密部件时更为常用。

4 化工设备焊接质量管理与控制

4.1 质量管理体系建立

(1)焊接质量管理体系概述。焊接质量管理体系是确保焊接质量的一系列组织结构、程序、过程和资源的集合。它旨在通过系统化的方法,对焊接活动的全过程进行有效管理,以实现焊接质量的持续改进和稳定提升。(2)焊接质量控制标准的制定与执行。根据国际标准、行业规范和企业实际情况,制定详细的焊接质量控制标准。这些标准应涵盖焊接材料的选择、焊接设备的校准、焊接人员的资质要求、焊接工艺的制定与执行、焊接质量的检测与评估等方面。同时,建立严格的执行和监督机制,确保各项标准得到有效落实。

4.2 焊接过程质量控制

(1)焊接人员培训与资质认证。焊接人员的技能和素质直接影响焊接质量。因此,应定期对焊接人员进行培训和考核,确保其具备必要的焊接知识和技能。同时,实行资质认证制度,对焊接人员的资质进行严格把关,确保只有合格的人员才能从事焊接工作。(2)焊接材料与设备的管理。加强对焊接材料和设备的管理,确保其质量和性能符合标准要求。建立完善的采购、验收、存储和使用制度,防止不合格材料和设备流入生产现场。同时,定期对焊接设备进行维护和校准,确保其

处于良好的工作状态。(3)焊接环境与工艺参数的监控。焊接环境对焊接质量有很大影响。因此,应严格控制焊接环境的温度、湿度、风速等因素,确保其在允许范围内。同时,对焊接工艺参数进行实时监控和调整,确保焊接过程稳定可靠^[4]。

4.3 焊接质量检测与评估

(1)外观检测与内部质量检测。对焊接接头进行外观检测和内部质量检测。外观检测主要检查焊缝的成形、表面缺陷等;内部质量检测则采用无损检测技术,如射线检测、超声波检测等,检查焊缝内部是否存在缺陷。(2)无损检测技术的应用。无损检测技术是焊接质量检测的重要手段。它能够在不破坏焊缝的情况下,准确检测出焊缝内部的缺陷类型和位置。因此,应广泛应用无损检测技术,提高焊接质量检测的准确性和可靠性。(3)焊接质量评估方法与标准。建立科学的焊接质量评估方法和标准,对焊接质量进行全面、客观的评价。通过对比实际焊接质量与标准要求,及时发现和解决存在的问题,不断提升焊接质量水平。

结束语

综上所述,化工设备焊接常见问题不容忽视,它们直接关系到设备的性能、安全性和使用寿命。通过科学的焊接返修工艺,我们可以有效修复这些缺陷,恢复设备的原有性能。未来,随着焊接技术的不断进步和焊接质量管理体系的日益完善,我们有理由相信,化工设备焊接的质量和可靠性将得到进一步提升。在此,我们呼吁广大焊接工作者严格遵守焊接规范,不断提升焊接技能,为化工行业的安全生产贡献力量。

参考文献

- [1]范静.压力容器焊接缺陷问题及对策探讨[J].中国金属通报,2021,(09):139-140.
- [2]安才.压力容器焊接质量的优化措施[J].化工设计通讯,2021,(04):41-42.
- [3]贾中振.压力容器焊接缺陷问题及对策[J].焊接技术,2020,(08):79-81.
- [4]李子正,赵一恒.压力容器焊接常见缺陷的产生和防治措施[J].中国石油和化工标准与质量,2020,(03):25-26.