

机械自动化焊接工艺的质量控制与优化策略

郭九峰

安阳钢铁股份有限公司 河南 安阳 455004

摘要: 本文聚焦机械自动化焊接工艺的质量控制与优化策略。概述了机械自动化焊接工艺及其优势,分析了焊接设备、材料、工艺参数、工件和环境等因素对焊接质量的影响。基于此,提出设备管理与维护、材料质量控制、工艺参数优化等质量控制措施,以及智能化焊接系统应用、焊接工艺创新、人员培训与管理、质量管理体系完善等优化策略,旨在为提高机械自动化焊接工艺质量提供参考。

关键词: 机械自动化; 焊接工艺; 质量控制; 优化策略

1 机械自动化焊接工艺概述

机械自动化焊接工艺是现代制造业中至关重要的技术手段,它将机械技术与自动化控制相结合,应用于焊接作业过程。传统焊接依赖人工操作,存在效率低、质量不稳定、劳动强度大等问题。而机械自动化焊接工艺通过焊接机器人、自动化焊接专机等设备,按照预设程序完成焊接动作,极大地提高了生产效率。自动化焊接系统能够实现高精度的焊接轨迹控制,保证焊接尺寸的一致性,降低人为因素对焊接质量的影响。在汽车制造、船舶建造、航空航天等领域,机械自动化焊接工艺已成为主流生产方式^[1]。自动化焊接工艺还能适应复杂工件的焊接需求,通过灵活的程序设置,完成各种形状和位置的焊接任务。随着计算机技术、传感器技术的发展,机械自动化焊接工艺正朝着智能化、柔性化方向发展,能够实时监测焊接过程,自动调整焊接参数,以适应不同工况下的焊接要求,为制造业的高质量发展提供了有力支撑。

2 机械自动化焊接工艺质量影响因素分析

2.1 焊接设备因素

焊接设备是机械自动化焊接工艺的基础,其性能直接影响焊接质量。焊接电源的稳定性至关重要,若电源输出不稳定,会导致焊接电流、电压波动,从而影响焊缝的成型和质量。例如,在气体保护焊中,电流不稳定会使电弧长度变化,造成焊缝宽窄不一、余高不均等问题。送丝机构的精度和稳定性也不容忽视,送丝速度不均匀会导致焊丝熔化速度不稳定,影响焊缝的填充和成型。焊接设备的机械传动系统、控制系统等若出现故障或精度不够,也会使焊接轨迹偏离预设路径,降低焊接质量。

2.2 焊接材料因素

焊接材料包括焊丝、焊条、焊剂等,其质量和性能

对焊接质量起着关键作用。焊丝的化学成分直接影响焊缝金属的成分和性能,若焊丝成分不符合要求,可能导致焊缝出现裂纹、气孔等缺陷。焊条的烘干程度也会影响焊接质量,未充分烘干的焊条在焊接过程中会产生气孔,降低焊缝的致密性。焊剂的选择和使用不当,会影响电弧的稳定性和熔渣的保护效果,进而影响焊缝质量。例如,在埋弧焊中,焊剂的粒度、成分等都会对焊缝成型和质量产生影响。

2.3 焊接工艺参数因素

焊接工艺参数是影响焊接质量的核心因素之一,包括焊接电流、电压、焊接速度、气体流量等。焊接电流过大,会使焊缝熔深过大,容易导致烧穿;电流过小,则焊缝熔深不足,焊接强度不够。电压过高,电弧长度增加,焊接飞溅增多,焊缝成型不良;电压过低,电弧不稳定,易产生夹渣等缺陷。焊接速度过快,焊缝熔深和熔宽减小,可能出现未焊透等缺陷;速度过慢,则焊缝余高过大,热影响区变宽,影响焊接接头的性能。气体流量不合适,会影响保护气体的保护效果,导致焊缝氧化、产生气孔等问题。

2.4 工件因素

工件的材质、形状、尺寸、表面状态等都会影响焊接质量。不同材质的工件,其焊接性不同,需要采用不同的焊接工艺和参数。例如,高合金钢的焊接性较差,需要预热、后热等措施来防止裂纹产生^[2]。工件的形状和尺寸会影响焊接时的应力分布和变形情况,复杂的工件结构容易产生较大的焊接变形。工件表面的油污、锈蚀、氧化皮等杂质,会影响焊接电弧的稳定性和焊缝金属的结合强度,导致焊接缺陷的产生。

2.5 环境因素

环境因素对机械自动化焊接工艺质量也有一定影响。温度和湿度的变化会影响焊接材料的性能和焊接过

程的稳定性。在低温环境下，焊接材料的韧性降低，容易产生裂纹；湿度过大，会使焊接材料受潮，产生气孔等缺陷。风速也会影响气体保护焊的保护效果，当风速较大时，保护气体容易被吹散，导致焊缝氧化。环境中的灰尘、烟雾等污染物，可能会附着在工件表面或进入焊接区域，影响焊接质量。

3 机械自动化焊接工艺质量控制措施

3.1 设备管理与维护

建立完善的设备管理制度，定期对焊接设备进行检查、维护和保养。制定详细的设备维护计划，包括日常保养、定期检修和大修等。日常保养主要是对设备进行清洁、润滑、紧固等操作，确保设备正常运行。定期检修要对设备的各个部件进行全面检查，及时发现并更换磨损或损坏的零部件。大修则是对设备进行全面的修复和升级，提高设备的性能和可靠性。同时要建立设备档案，记录设备的运行状况、维修历史等信息，为设备的维护和管理提供依据。

3.2 材料质量控制

严格把控焊接材料的采购、验收、储存和使用环节。采购时要选择质量可靠、信誉良好的供应商，确保焊接材料符合相关标准和要求。验收时要对焊接材料的外观、尺寸、化学成分等进行检验，不合格的材料严禁使用。储存时要按照材料的特性进行分类存放，保持储存环境的干燥、通风，防止材料受潮、生锈。使用前要对焊接材料进行烘干等处理，确保其性能符合焊接要求。

3.3 工艺参数优化

通过试验和实际生产经验，确定最佳的焊接工艺参数。可以采用正交试验、回归分析等方法，对焊接电流、电压、焊接速度等参数进行优化组合，以获得最佳的焊接质量。在生产过程中，要根据工件的材质、厚度、焊接位置等因素，及时调整焊接工艺参数。同时建立工艺参数数据库，记录不同工况下的最佳工艺参数，为后续生产提供参考。

3.4 工件预处理与装配质量控制

在焊接前，要对工件进行预处理，包括清理工件表面的油污、锈蚀、氧化皮等杂质，必要时进行预热处理。工件的装配质量直接影响焊接质量，要确保工件的装配间隙、错边量等符合要求。可以采用专用的装配夹具，提高工件的装配精度和稳定性。在装配过程中，要对工件进行定位和固定，防止焊接过程中工件发生位移。

3.5 环境控制

在焊接车间设置合适的通风、除尘设备，降低车间内的灰尘、烟雾等污染物浓度。控制车间的温度和湿

度，在低温或高湿度环境下，要采取相应的措施，如加热、除湿等，确保焊接环境的稳定性。对于气体保护焊，要设置防风设施，防止风速对保护气体的影响^[3]。

3.6 质量检测与反馈

建立完善的质量检测体系，采用多种检测方法对焊接质量进行检测，如外观检查、无损检测（超声检测、射线检测、磁粉检测等）、力学性能检测等。外观检查可以及时发现焊缝表面的缺陷，如裂纹、气孔、夹渣等。无损检测可以检测焊缝内部的缺陷，确保焊缝的质量符合要求。力学性能检测可以评估焊接接头的强度、韧性等性能指标。对检测结果进行分析和反馈，发现问题并采取相应的措施进行整改，不断提高焊接质量。

4 机械自动化焊接工艺优化策略

4.1 智能化焊接系统应用

在科技飞速发展的当下，人工智能、机器视觉等前沿技术不断取得突破，智能化焊接系统在机械自动化焊接领域的应用日益广泛且深入。智能化焊接系统犹如一位敏锐且智慧的“焊接大师”，其核心优势在于能够借助各类高精度传感器，实时、精准地监测焊接过程中的电流、电压、温度以及熔池形态等关键参数。这些参数就像是焊接过程的“生命体征”，任何细微的变化都可能影响焊接质量。系统收集到这些数据后，会运用先进的人工智能算法进行深度分析和处理。通过对大量历史数据的学习和模式识别，系统能够自动调整焊接工艺参数，如焊接速度、送丝速度等，以适应不同的焊接工况，无论是面对不同材质的工件，还是复杂的焊接位置，都能游刃有余。机器视觉技术的融入更是为智能化焊接系统增添了“慧眼”，能够实现对焊缝位置的精确识别和跟踪，大大提高了焊接的精度和效率，使焊接过程更加精准、高效。而且，智能化焊接系统还具备远程监控和操作功能，管理人员只需通过电脑或移动设备，就能对焊接过程进行实时监控和管理，及时发现并解决问题，极大地提高了生产管理的便捷性和高效性。

4.2 焊接工艺创新

在制造业不断追求高质量、高效率发展的今天，焊接工艺的创新成为推动行业进步的关键因素。为了满足不同行业和工件日益多样化的焊接需求，焊接领域不断探索和创新焊接工艺。激光-电弧复合焊接技术便是其中的杰出代表，它巧妙地结合了激光焊接和电弧焊接的优点。激光焊接具有能量密度高、焊接速度快的特点，而电弧焊接则具有良好的适应性和填充能力。通过将两者有机结合，激光-电弧复合焊接技术实现了优势互补，不仅焊接速度大幅提升，而且热影响区显著减小，焊接质

量也得到了极大提高。在航空航天领域,对焊接质量和精度的要求极高,激光-电弧复合焊接技术能够满足其对轻量化、高强度焊接结构的需求;在汽车制造领域,该技术有助于提高汽车车身的焊接质量和生产效率,降低生产成本。搅拌摩擦焊技术作为一种新型的固相连接技术,为铝合金等轻金属的焊接提供了理想的解决方案。它通过搅拌头与工件之间的摩擦热使材料达到塑性状态,然后通过搅拌头的旋转和移动实现材料的连接。这种焊接方式具有焊接变形小、接头性能好等显著优点,能够有效解决传统焊接方法在轻金属焊接中容易出现的变形大、接头强度低等问题。随着材料科学和焊接技术的不断发展,还可以进一步研究开发新型的焊接材料和焊接方法,不断拓展焊接工艺的应用范围,提高焊接质量和效率,为制造业的发展注入新的活力。

4.3 人员培训与管理

在机械自动化焊接工艺中,焊接操作人员和技术人员的素质起着至关重要的作用,他们是焊接质量的直接保障者。因此加强对焊接人员的培训,提高他们的专业技能和操作水平,是提升焊接质量的关键举措。培训内容应全面且系统,涵盖焊接理论知识、设备操作技能以及质量控制方法等多个方面。在焊接理论知识培训中,要让焊接人员深入了解不同焊接方法的原理、特点和应用范围,掌握焊接材料的性能和选用原则,以及焊接缺陷的产生原因和预防措施等。设备操作技能培训则要注重实践操作,让焊接人员熟练掌握各种焊接设备的操作方法和技巧,能够根据不同的焊接工况准确调整设备参数。质量控制方法培训要使焊接人员树立质量意识,掌握质量检测的方法和标准,能够及时发现和解决焊接过程中出现的质量问题。为了激发焊接人员的学习积极性和创新精神,企业应定期组织技能竞赛和技术交流活动。技能竞赛可以为焊接人员提供一个展示自我、切磋技艺的平台,激发他们的竞争意识和进取精神;技术交流活动则能让焊接人员分享经验、互相学习,拓宽视野,促进共同提高。企业要建立完善的人员管理制度,明确各岗位的职责和权限,加强对焊接人员的工作考核和评价。通过建立科学合理的绩效考核体系,对焊接人员的工作质量、工作效率、创新能力等方面进行全面考核。

4.4 质量管理体系完善

在机械自动化焊接工艺中,建立完善的质量管理体

系是确保焊接质量稳定可靠的重要保障。企业应按照ISO9001等国际标准的要求,对机械自动化焊接工艺的全过程进行严格的质量控制。从原材料采购环节开始,就要制定严格的质量标准和检验流程,确保所采购的焊接材料、零部件等符合质量要求。对供应商进行严格的筛选和评估,建立长期稳定的合作关系,从源头上保证焊接质量。在生产过程控制方面,要制定详细、科学的操作规程和工艺文件,对焊接设备的操作、焊接工艺参数的设定、焊接过程的监控等各个环节进行明确规定^[4]。加强对生产现场的管理,确保焊接人员严格按照操作规程进行操作,及时发现和纠正违规行为。建立完善的质量检测体系,对焊接过程中的半成品和成品进行定期或不定期的检测,确保焊接质量符合标准要求。产品出厂检验是质量控制的最后一道关卡,要对产品的外观、尺寸、性能等进行全面检查,确保产品合格后才能出厂销售。为了确保质量管理体系的有效运行,企业要加强对体系的运行监督和审核。定期组织内部审核和管理评审,及时发现和解决体系运行中存在的问题。企业还可以引入第三方质量认证机构,对企业的焊接质量进行认证和评估。第三方认证机构的权威性和公正性能够提高企业的市场信誉度和竞争力,为企业赢得更多的市场份额和客户信任。

结束语

机械自动化焊接工艺的质量控制与优化是一个系统工程,涉及设备、材料、工艺、人员和管理等多个方面。通过实施有效的质量控制措施和优化策略,能够显著提高焊接质量,提升生产效率,降低生产成本。未来,随着科技的不断进步,智能化、柔性化焊接技术将得到更广泛应用,企业应持续创新,加强人员培训,完善质量管理体系,以适应制造业高质量发展的需求。

参考文献

- [1]刘海涛.张立军.焊接工艺参数优化及其在自动化焊接中的应用[J].焊接学报,2021,42(5):45-51.
- [2]陈建华.赵鹏飞.基于智能控制的焊接自动化系统研究[J].机械工程学报,2020,56(10):112-120.
- [3]杨帆.周勇.焊接机器人路径规划与过程监控技术综述[J].机器人技术与应用,2022,10(3):68-75.
- [4]李明旭.赵毅.热电厂锅炉管壁包膜自动化焊接机器人系统的设计与研究[J].中国新通信,2024,26(24):42-44.