

复合耐磨板的焊接技术与应用探究

史啸妍 王欢乐 谢渭莉

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘要：复合耐磨板作为一种极其重要的耐磨材料，在煤矿机械领域之中有着广泛应用，其焊接技术对于提高焊接质量及延长使用寿命至关重要。然而，在焊接过程中，复合耐磨板常面临热影响区问题、接头强度和韧性不足、焊接变形与应力问题与裂纹及开裂问题，严重影响了焊接接头性能和稳定性，本文提出了优化焊接工艺和选用新型焊接材料、焊接后热处理以及应用智能化焊接技术等解决策略。

关键词：复合耐磨板；焊接技术；热影响区

引言

复合耐磨板是由耐磨合金层、基体材料相结合形成的复合材料，因其优异耐磨性能而广泛应用于矿山机械、冶金设备、煤炭开采、建筑工程等行业^[1]。这类复合材料焊接工艺是实现其高性能应用的关键。然而，由于耐磨合金层、基体材料在物理和化学性质上的差异，焊接过程之中各种问题常常影响焊接接头质量。

1 复合耐磨板焊接过程之中常见问题

1.1 焊接过程之中热影响区问题

焊接过程之中热影响区问题是复合耐磨板焊接之中一个主要技术难题。热影响区是焊接热源作用下，基体材料和焊缝材料之间受到高温影响所产生区域。该区域温度升高导致材料晶粒发生显著变化，使得金属硬度、韧性和耐磨性下降。焊接过程之中，热源存在使得材料在短时间内经历剧烈加热和冷却过程。焊接区和热影响区温度梯度极为不均，导致金属之中合金元素分布不均^[2]。由于这一温差变化，材料热膨胀系数、硬度差异也随之显现，最终加剧了焊接接头质量问题，特别是在接头与母材结合部位。焊接过程之中热影响区成分变化会导致晶粒长大，硬度降低，最终使其耐磨性下降，影响了焊接接头整体性能。

在焊接过程之中材料快速加热和冷却使得基体材料组织结构发生变化，特别是在不同合金层之间过渡区，微结构均匀性差，容易形成粗大晶粒或偏析现象^[3]。热影响区内晶粒长大使得焊接接头硬度差异增大，接头区耐磨性和机械性能大幅下降，影响了接头稳定性和使用的寿命。即便是焊接时采用了精确工艺参数，热影响区影响依然不可忽视。它不但导致接头部分变得脆弱，还可能引发焊接过程之中产生裂纹风险，严重时甚至可能导致焊接结构失效，基于此有效控制焊接过程之中热影响区形成，优化焊接参数减少热输入成为提高复合耐磨板

焊接质量关键所在。

1.2 焊接接头强度和韧性不足

在焊接过程之中由于焊接热输入不可控性，焊接区微观结构发生显著变化。材料凝固速率不均匀、合金元素偏析，以及焊接过程之中应力集中等因素，都会导致接头处强度和韧性不足。尤其是在接头区焊接温度较高，材料容易产生偏析现象，导致金属成分不均匀分布。焊接过程之中高温使得材料组织结构发生变化，造成接头处微观晶粒过大降低了其韧性。这种结构上缺陷使得焊接接头在受力时表现出较低强度和较差耐冲击性容易在实际应用之中出现裂纹、断裂等问题降低了焊接接头可靠性^[4]。

焊接接头强度和韧性不足还与焊接材料选择、焊接工艺控制密切相关。选用不合适焊接材料或填充金属时，会导致接头区域金属强度不足，最终影响接头承载能力和长期使用稳定性。材料抗拉强度、屈服强度和断裂韧性较低，焊接接头在使用过程之中容易发生失效，尤其是在高负荷和高冲击环境下，接头脆性会更加显著。除此之外焊接过程之中工艺参数不当设置，如过高焊接电流、过快焊接速度等，都会导致焊接区金属微结构偏离预期，导致接头性能恶化。基于此要提高复合耐磨板焊接接头强度和韧性，必须从焊接材料选择、焊接工艺优化、以及热处理等多个方面入手确保接头组织结构均匀且具备足够强度和韧性^[5]。

1.3 焊接变形与应力问题

焊接变形与应力问题在复合耐磨板焊接过程之中普遍存在，焊接过程之中局部温度梯度不均匀性。焊接区快速加热和冷却导致热应力产生，而这类应力在金属不同部位之间逐步积累，形成了内应力。当焊接过程之中存在温差时，材料不同部分会产生不同程度膨胀或收缩，导致基体材料和焊缝材料变形。由于复合耐磨板之

中不同材料热膨胀系数不同,焊接过程之中两种材料热应力无法完全抵消,最终引发了焊接变形。这种变形表现为焊接接头翘曲、弯曲、收缩等形式严重影响了整体结构精度和稳定性。

焊接过程之中应力集中导致了局部区域应变增大,进一步促使金属发生塑性变形。高温引发热变形可能会导致材料塑性失效,增加裂纹形成风险。尤其是在焊接接头和母材交界处,由于材料在焊接时物理性质差异和应力分布不均匀,容易形成裂纹或薄弱点。除此之外焊接后冷却过程之中残余应力存在,使得焊接接头及其周围区域发生形变,影响了接头使用性能。为了减小焊接过程之中变形和应力,必须控制热输入量、优化焊接工艺,合理安排焊接顺序,采用适当冷却方法,并结合热处理技术消除焊接过程之中残余应力,确保焊接接头几何形状和力学性能符合要求。

1.4 焊接过程之中裂纹产生问题

裂纹形成往往与焊接过程之中高温环境和材料热膨胀系数差异有关。焊接过程之中,金属快速加热、冷却导致温度梯度不均,最终引发热应力集中,特别是在热影响区和焊接接头附近。由于焊接接头及其周围区域经历了极端温度变化,材料塑性较差,容易在应力作用下发生裂纹扩展。复合耐磨板材料本身硬度较高、韧性较低,尤其是焊接区域微结构和晶粒变化可能加剧脆性,进一步增加裂纹产生风险。这类裂纹不但削弱了焊接接头强度和韧性,也严重影响了材料耐磨性能和抗冲击能力最终影响整个结构使用的寿命。

裂纹及开裂问题还与焊接材料选择、焊接工艺控制以及外部环境条件密切相关。焊接材料成分熔点、母材匹配性直接影响裂纹形成。若焊接材料化学成分、母材不匹配,可能在焊接区生成易于开裂脆性相,从而诱发裂纹。除此之外焊接过程之中过热现象、冷却速度过快或温度控制不当,都可能加剧裂纹形成。高冷却速率容易使金属形成硬脆相,使裂纹在冷却过程之中扩展。基于此要有效解决裂纹及开裂问题,必须综合考虑焊接材料选择、焊接工艺参数优化以及焊接后热处理应用,合理控制焊接过程之中热输入和冷却速度,确保焊接接头性能稳定,避免裂纹产生和扩展。

2 复合耐磨板焊接技术解决策略

2.1 优化焊接工艺参数

优化焊接工艺参数是提高复合耐磨板焊接质量的关键,焊接工艺参数合理选择、控制直接影响焊接接头强度、韧性以及焊接过程之中裂纹产生,根据焊接过程之中热输入、焊接速度、焊接电流等因素,调整这类工

艺参数可以显著改善焊接质量。比如通过合理控制焊接电流和电压,可以实现较为均匀加热过程,避免局部过热,减少热影响区过大范围,从而有效降低焊接接头变形和裂纹产生几率。与此同时适当的焊接速度也是优化工艺参数及其重要因素,焊接速度过快或过慢都会影响焊接接头质量,过快焊接速度可能导致接头强度不足,而过慢焊接速度则会导致热输入过多,增加热影响区面积,降低材料性能。通过调整焊接工艺参数,不但可以避免热应力积累,还能使材料在焊接过程之中保持适当塑性,避免裂纹和开裂发生。

除了焊接电流、电压和焊接速度外,焊接热输入量也是一个至关及其重要因素,热输入过高容易造成热影响区扩大、接头区域晶粒长大,使得焊接接头性能大大下降。比如过高热输入会导致母材和焊缝之间融合不良,从而产生强度和韧性不足问题。而适当热输入量不但可以保持接头区域强度和韧性,还能避免焊接过程之中热应力产生。

2.2 采用新型焊接材料、填充金属

选择合适的焊接材料可以有效提升焊接接头性能,改善焊接区微观结构,增强接头耐磨性、抗冲击性及强度。在复合耐磨板焊接之中,焊接材料、母材之间成分匹配是决定接头质量关键。通过选用高质量填充金属,可以增强接头区域整体性能。比如在焊接高硬度耐磨合金材料时,若采用高合金元素填充金属,可以有效地避免接头部位发生裂纹和脆化现象。与此同时提高接头耐磨性及其抗冲击能力,降低材料在长期使用之中磨损速度。除此之外具有良好流动性焊接材料可以保证熔池稳定,避免不均匀冷却导致焊接缺陷,如孔洞和气孔,最终提高焊接质量。

除此之外伴随着焊接技术发展,新型焊接材料创新为复合耐磨板焊接带来了更多的选择。比如近几年伴随着复合材料技术不断进步,某些高性能合金焊接材料逐渐被应用于耐磨板焊接工艺之中,这类新型焊接材料具有较好抗高温、抗腐蚀性能,并且在焊接过程之中可以形成较为均匀金属结构,提高焊接接头整体强度和耐久性。比如采用含有钼、钒等元素合金填充金属,可以在高温下稳定性能并且有效增强接头硬度,使焊接接头具备更强抗冲击性和耐磨性。

2.3 焊接后热处理与应力消除

焊接后热处理和应力消除对于复合耐磨板焊接质量提高至关重要。在焊接过程之中,由于热输入不均匀性,接头和热影响区会积累残余应力,这类应力可能导致焊接接头裂纹、变形等缺陷,严重影响焊接接头强度

和韧性。基于此适当焊接后热处理可以有效消除这类残余应力,改善焊接接头微观结构,增强其综合性能。焊接后热处理工艺包括退火、正火、固溶处理等多种方式,可以通过加热和缓慢冷却过程,使材料组织结构趋于稳定,消除因焊接温度差异而引起内应力。比如退火处理可以通过加热到适当温度并缓慢冷却方式,使得焊接区晶粒得到细化,同时也能均匀地分布合金元素,减少由于材料偏析而引发性能不均问题。通过这种方式,接头区域强度和韧性得以提升,焊接后复合耐磨板可以在实际应用之中表现出更好抗磨损性和抗冲击性。

焊接后热处理不但消除应力,还可以优化焊接接头微观结构,确保焊接材料、基体材料之间良好结合。比如正火处理可以通过控制加热温度和冷却速率,使接头区域晶粒结构更加均匀,避免因冷却速度过快导致过度硬化现象。正火后材料往往具有更好塑性和韧性,在高冲击负荷下更能保持结构稳定性,从而延长了复合耐磨板使用的寿命,除此之外焊接后应力消除热处理有助于降低材料内应力,减小因应力集中引发裂纹风险。

2.4 智能化焊接技术应用

智能化焊接技术应用在复合耐磨板焊接过程之中提供了前所未有精准控制和高效性,智能化焊接技术通过引入先进传感器、数据分析和自动化控制系统,实现了焊接过程实时监控和自适应调整。焊接过程之中热输入、焊接速度、焊接电流等关键参数通过智能控制系统实时反馈,从而确保每一焊接环节都在最优状态下进行。这种智能化焊接技术不但可以减少人工操作误差,还能通过数据分析实时调整焊接参数,避免出现由于人为因素导致焊接缺陷。比如基于视觉识别和图像处理技术,智能焊接系统可以实时监测焊缝质量,如发现气孔、裂纹等缺陷时,系统自动调整焊接参数进行修正,保证焊接质量始终处于一个高水平。通过这类智能化技术应用,不但提高了焊接效率,也大大降低了焊接缺陷率,确保了复合耐磨板焊接接头高质量和高稳定性。

智能化焊接技术优势还体现在其对焊接工艺优化上,智能系统通过对焊接过程之中各项数据进行实时监测和分析,可以精确地调整焊接参数,优化焊接工艺,从而提高焊接接头强度、韧性和耐磨性。比如在焊接复杂形状复合耐磨板时,智能焊接系统可以根据实时检测到热影响区和焊接变形情况,自动调整焊接路径和焊接速度,确保焊接过程之中热影响区最小化减少应力集中避免裂纹产生,与此同时智能化焊接系统还可以根据不同材料特性,选择最佳焊接工艺和填充材料,从而确保焊接接头质量达到最优。

结论:复合耐磨板焊接技术是解决材料性能和应用性能关键,针对焊接过程之中常见热影响区问题、接头强度和韧性不足、焊接变形和应力问题与裂纹及其开裂等缺陷,通过优化焊接工艺参数、采用新型焊接材料、焊接后热处理以及智能化焊接技术应用,可以有效提高焊接接头质量和性能,延长复合耐磨板使用寿命,伴随着技术不断发展,复合耐磨板焊接技术将朝着更加高效以及智能、精确方向发展为各行业提供更为可靠和持久解决方案。

参考文献

- [1]李明芳,李健,贾宁.高碳高铬耐磨堆焊复合板的微观结构与力学性能研究[J].冶金与材料,2024,44(11):32-34.
- [2]复合铸造与振动斜板冷却铸造SiCp增强A356复合材料显微组织与耐磨性的比较[J].中国有色金属学报(英文版),2015(8):2490-2498.
- [3]田英豪,李佳才,赵广辉,等.不同热处理工艺对耐磨钢复合板界面影响的研究[J].重型机械,2023(1):8-13.
- [4]王攀峰,王炜康,张栩源,等.真空热轧316L钢/Q355钢和304L钢/Q355钢复合板耐摩擦磨损性能研究[J].上海金属,2025,47(1):26-35.
- [5]杨洋,郭宏南,陈倩.中铝铝镁无铬自润滑产品的表面特性[J].电镀与涂饰,2024,43(10):71-77.