

WK-35 电铲底架梁裂纹分析与焊接修复工艺

李鹏飞 宋春东 马志强 赵宇

国能北电胜利能源有限公司 内蒙古 锡林郭勒盟 026000

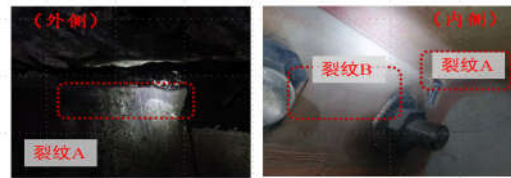
摘要: 由于电铲铲斗在较重的承载负荷下工作,且受力情况复杂,WK-35 电铲底架梁出现开裂现象,并且开裂较为严重,需要经常对其进行焊接修复。本文结合现场实际工况,通过三维建模与有限元分析精准定位裂纹成因,提出行之有效的 WK-35 电铲底架梁焊接修复工艺,经实际应用验证,修复后设备连续稳定运行超 1000 多小时,未出现二次开裂,产生了显著的经济效益,为矿用电铲同类部件的焊接修复提供可靠借鉴。

关键词: WK-35电铲; 铲斗; 底架梁; 裂纹分析; 有限元分析; 焊接修复

引言: 我国露天煤矿电铲主采设备采用的是太原重型机械厂生产的 WK-35 电铲,其履带架是电铲支撑和行走的重要部件。由于本地区气温低,冬季极端温度可达 -30°C ,且工作环境多粉尘、颠簸频繁,在长期作业中,电铲底架梁易出现裂纹。该部件作为核心承重结构,整体铸造体积大、重量高,传统修复工艺易导致应力分布不均,给焊接修复造成一定的困难。本文结合多年来电铲底架开裂修复经验,从裂纹成因分析、修复工艺制定及实施效果等方面进行详细介绍。

1 WK-35电铲底架梁裂纹分析

WK-35电铲作为露天矿关键设备,长期承受重载、颠簸与高寒的复合恶劣工况。其结构件在交变载荷作用下,于应力集中处易发生高周疲劳。该破坏机制表现为,即便名义应力低于材料的屈服极限,疲劳裂纹仍会萌生并扩展,造成突发性的脆性断裂。现底架梁与履带架结合部及侧面已发生长约一米的宏观裂纹,导致整机停运。现场具体开裂如图1所示,为方便叙述,将外侧裂纹记为裂纹A,内侧两螺栓之间裂纹记为裂纹B。



1102电铲底架梁裂纹现场图

图1: 电铲底架梁开裂现场图

采用三维画图软件solidworks绘制电铲底架梁三维简图,运用Ansys分析,确定该部位开裂原因。分析结果如图2中(a)所示,电铲底架梁A(深色部位)为最大主应力峰值,与使用工况中实际断裂位置一致,间接表明该处存在较大的应力是造成断裂的主要原因之一。图2(b)为最大弹性应变云图,分析结果与最大主应力结果一致,表明存在较大弹性应变,有增加疲劳断裂的趋势。^[1]通过上述分析,可知电铲底架梁作业过程中受到的冲击载荷大;且作业中长期承受交变随机载荷的作用,其A点易发生金属疲劳。此外,目前正值高寒气候环境,钢材塑性下降,叠加现场工作环境恶劣,造成电铲回转、挖掘过程中底架梁负载急剧增大,以上诸多原因最终导致该结构开裂失效。

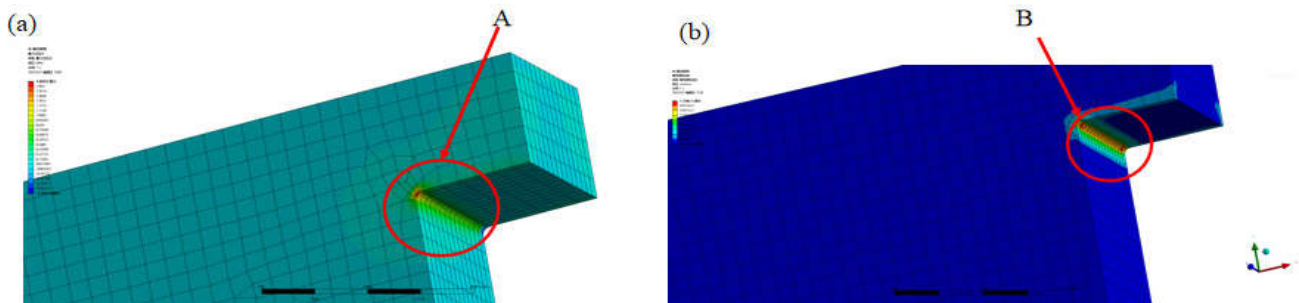


图2: 电铲底架梁受力分析 (a) 最大主应力云图, (b) 等效应变云图

2 焊接工艺制定

2.1 裂纹检查及确定:

采用磁粉探伤技术对开裂部位及周围开展无损检测,确定裂纹隐藏部位走向及长度。

1.2 气刨底架梁裂纹:

经过现场测量,知底架梁b板母材厚度为80mm。根

据裂纹B走向采用碳弧气刨方式对裂纹进行清除,具体参数如表一所示。

表一:气刨过程参数

气刨碳棒直/mm	电流大小/A	气刨速度/mm/S
Φ10	400	4

避免焊接过程中底架梁与履带架接触位置焊接在一起,故裂纹厚度不能完全清根,裂纹深度气刨约为70-75mm(如下图所示),母材底部留有5mm未能处理裂纹(如图3所示),在焊接过程中熔池熔深基本完全熔透,降低二次开裂风险。

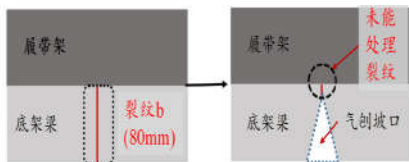


图3:裂纹B气刨截面示意图

底架梁外部开裂裂纹在底架梁直角处贯穿开裂,且底架梁直角b钢板外侧与履带架连接部位为螺栓连接;在焊修作业过程中,为不改变原有底架梁与履带架连接方式,避免增大后续维修难度。在实际焊修作业中,底架梁直角b板外侧母材裂纹得不到有效处理(如图4所示),两处未能有效处理裂纹均给焊缝二次开裂留有一定的隐患。

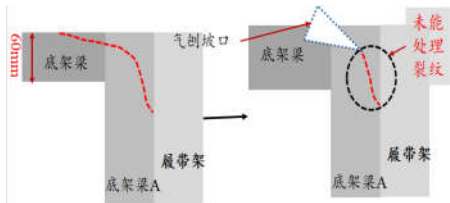


表2 焊接工艺参数

焊接部位	焊丝牌号	焊丝直径/mm	焊接电流/A	焊接电压/V	层间温度/℃
焊接参数	E71T-1	1.2	150~200	25~30	80~200

整个施焊过程中加强对焊缝各部的检查,确保无裂纹、夹渣、未熔合、未焊透等缺陷,如发现上述情况及时进行返修。此外,待修工件为厚板低合金高强度结构钢,在施焊环境为零下20℃左右时;存在温度梯度大,冷却速率过快等问题;为解决上述问题,需保证焊接层间温度并严格控制在100℃以下;如温度急剧下降,要采取补温措施,道间搭接焊缝要互相错开150mm左右,直到整

图4:裂纹气刨截面示意图

1.3 打磨及预热:

表面处理,采用角磨机与直磨机,对坡口内部及焊缝两侧10-15mm范围内所有氧化层、油污及铁锈进行机械打磨,以保证焊接基体的洁净度与焊接质量。^[2]

焊前预热:为有效降低焊接残余应力与氢致裂纹倾向,使用氧气乙炔火焰对施焊部位及周边区域进行均匀预热,控制预热温度在150±10℃。

1.4 焊材选择:

该底架梁材料为A633D,此钢材为低合金高强度镇静钢,与国内Q345R大致相当,该板材抗拉强度≥345Mp,具有良好的韧性。通过计算,其碳当量大约为0.4%,焊接性良好。基于板材特性,选用1.2mm的E71T-1焊丝,此焊丝焊接性能稳定,熔池清晰,焊接飞溅少,低温韧性好,具有良好的抗裂性。

1.5 焊接方式:

选用松下YD-350型二氧化碳气体保护焊机,焊材选用直径1.2mm E71T-1焊丝,焊接过程中采用多层多道式焊接方式焊接,严格把控焊接质量并控制焊接过程中的各项参数,如焊接电流、电压、焊接速度及电弧长度等,以确保焊缝的质量和强度;具体焊接参数如表二所示:

个施焊过程完成,且保持焊缝层厚为4-5mm。每层、每道焊缝作业间隙要仔细清理熔渣、飞溅等并及时采用气锤对焊缝进行敲击以去除焊后残余应力。通过上述措施,降低焊后残余应力,减少热影响区范围,提高整体接头性能。^[3]

如图5所示,静载荷工况下WK-35电铲底架梁分析云图,可以看到应力位置发生改变,与未改造底架梁相比,

应力集中问题得到改善。

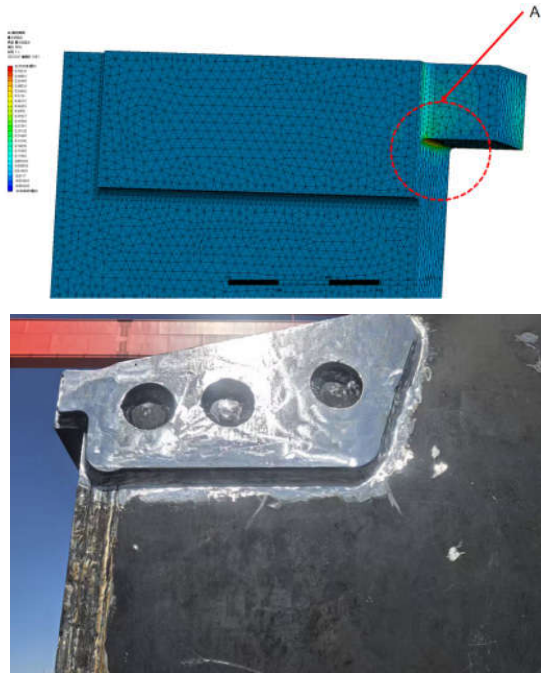


图5: 底架梁外敷加强筋钢板受力分析

焊后处理:

1. 焊缝打磨与抛光: 使用角磨机对焊缝进行打磨抛光, 彻底去除余高、焊渣、表面熔渣及两侧飞溅物, 恢复其平滑度与光泽度。
2. 焊后热处理: 打磨完成后, 立即进行焊后热处理。将焊缝区域加热至 200°C 并充分保温, 以加速氢的逸出、松

弛焊接应力、细化晶粒并改善综合性能。

3. 应力释放与无损检测: 热处理后, 设备静置48小时以充分释放应力。最后, 采用磁粉探伤技术对焊缝及周边区域进行复检, 确认修复质量。

结束语

本文针对WK-35电铲底架梁在高寒、重载工况下的开裂问题, 通过有限元分析明确裂纹成因, 制定了涵盖裂纹检测、气刨清根、预热焊接及焊后处理的完整修复工艺。实践表明, 该工艺有效解决了厚板低合金钢焊接易产生的应力集中与氢致裂纹问题, 修复后设备运行稳定, 大幅降低了停机维修成本。此修复方案为同类矿用设备关键结构件的故障治理提供了技术参考, 后续可进一步优化焊接参数, 结合耐磨堆焊技术提升底架梁的抗疲劳寿命, 为露天煤矿高效生产提供更可靠的设备保障。

参考文献

- [1]解惠盛.495HR电铲底架梁裂纹原因分析及焊修工艺[J].中小企业管理与科技,2015,(07):166.
- [2]翟鲜, 雒毅华, 胡博, 等.高温合金焊接修复技术研究进展[J].热加工工艺,2025,54(22):208-218.DOI:10.14158/j.cnki.1001-3814.
- [3]涂俊.冶金起重机金属结构疲劳修复研究[J].冶金与材料,2025,45(11):13-15.
- [4]GB50205-2020,钢结构工程施工质量验收标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2020.55-60.