

1 780 mm 板带轧机支撑辊边部倒角精密磨削装备 研发及应用

朱晓斌, 白羽龙, 乌 拉, 张 强

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢冷轧板材厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章针对现场支撑辊在服役及多次磨削过程中, 其边部倒角易逐渐磨损消失的问题, 前期采用角磨机对支撑辊边部倒角进行人工打磨, 加工效率低、人力成本高、倒角尺寸与形状精度难以保证, 若未能及时修复, 支撑辊在线使用时将与中间辊边部产生挤压应力, 易诱发裂纹并进一步扩展, 后期设计并研制了一种支撑辊边部倒角自动修磨装置, 可实现倒角的高效、高精度磨削加工。该装置不仅能够降低操作人员劳动强度、保障作业安全, 还可确保倒角均匀一致, 尺寸精度满足使用要求。

关键词: 支撑辊; 倒角; 磨削

中图分类号: TG332

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2026)03-0061-05

Research and Development and Applications of Precise Grinding Equipment for Chamfer at Edge of Backup Roll of 1 780 mm Strip Rolling Mill

Zhu Xiaobin, Bai Yulong, Wu La, Zhang Qiang

(Cold Rolled Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union
Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: In the paper, it is elaborated the problem that chamfer at edge of backup roll is prone to gradually wear to be disappeared during its service and grinding processes more than once on site. In early stage, the manual grinding is adopted to chamfer at edge of backup roll with angle grinder so that the processing efficiency is low, human cost is high as well as accuracy to size and shape of chamfer is difficult to be guaranteed. If they are not repaired in time, there will be crushing stress between backup roll in online use and edge of intermediate roll so that cracks are easily induced and extended further. In late stage, a type of automatic grinding equipment for chamfer at edge of backup roll is designed and developed so that the efficient and high-precision grinding of chamfer could be realized. The labour intensity of operating personnel could be reduced to guarantee operation safety and chamfer could be ensured to be uniform so that dimensional precision could meet the operating requirements.

Key words: backup roll; chamfer; grinding

轧辊作为轧钢生产的核心工艺装备, 其性能状态直接决定轧机运行稳定性, 以及板带产品的尺寸

精度与表面质量。其中,支撑辊的核心作用是承受轧制载荷,为轧制过程提供足够刚性支撑,是保障轧制工艺稳定的关键部件。支撑辊在多次在线服役与下线磨削修复后,边部预设倒角会逐步磨损消失,若未经倒角修复,持续上机使用,会与工作辊相互作用产生局部集中挤压应力,进而诱发辊身边部疲劳裂纹。在周期性轧制力的持续作用下,裂纹会不断扩展延伸,最终引发支撑辊辊面不同程度剥落事故,不仅大幅中断生产连续性,还会显著增加设备运维成本。

1 工艺介绍

当前,国内外针对轧辊边部倒角的修复技术,主要以人工角磨机打磨、简易工装辅助磨削两类方式为主。人工打磨方式存在加工效率低下、倒角尺寸精度与一致性难以保障、现场作业安全隐患突出等诸多弊端;简易工装磨削虽有所改进,但无法适配多规格支撑辊的加工需求,修复精度与设备通用性均受到较大限制。针对板带轧机支撑辊边部倒角修复现存的上述技术痛点,本文开展专用倒角自动修磨机的设计与研发工作,通过明确设备整体设计方案、优化核心功能部件结构,并完成设备性能测试与工业现场应用验证,最终形成一套高效、精准、安全的支撑辊边部倒角成套修复解决方案,为延长轧辊使用寿命、降低轧钢生产风险提供有力的技术支撑。

2 支撑辊边部倒角加工现状

在现有轧辊使用工艺中,为有效规避支撑辊辊身边部出现应力集中现象,需定期对其开展边部倒角修复作业。支撑辊在服役过程中产生的轧制磨损量,与下线后磨床磨削量累计可达 1~2 mm,通常经 3~5 次磨削循环后,就必须重新进行倒角加工处理。当前,为确保磨削后的支撑辊在装配前具备符合技术规格的边部倒角,现场采用的工艺方案为:借助装配平台配套的液压马达驱动支撑辊匀速旋转,由操作人员手持角磨机,手动完成支撑辊边部倒角的打磨作业。该人工打磨工艺在实际应用中存在以下突出问题:

2.1 磨削效率低下

本次研究涉及的支撑辊使用辊径处于 1 300~1 400 mm 区间,该类支撑辊具有体积大、重量大的特点,采用人工打磨方式时,倒角切削量无法实现精准控制。与此同时,随着倒角打磨深度的逐步增加,

操作人员的作业劳动强度呈显著上升趋势,单支支撑辊边部倒角人工磨削作业耗时不低于 480 min,且磨削效率随打磨进程持续降低。

2.2 磨削质量欠佳

人工打磨的作业质量严重依赖操作人员的经验与技能水平,难以确保倒角尺寸的均匀性与一致性,易出现倒角宽度与深度不均等问题,其加工精度与新辊出厂标准存在显著差距。新辊出厂时边部倒角光滑规整,倒角宽度可达 10 mm;而经人工打磨后的支撑辊倒角质量与之相去甚远,普遍存在 2~3 mm 的宽度及深度偏差,无法满足服役要求。

2.3 安全隐患突出

打磨作业需在支撑辊连续旋转状态下进行,操作人员需手持角磨机贴近辊体,近距离实施作业。依据安全管理相关规范,作业人员严禁靠近运转中的设备,且需对转动设备增设护网等硬隔离装置,但此类防护措施会直接导致打磨作业无法开展。

上述工艺缺陷造成的倒角质量不达标问题,将进一步引发严重生产安全隐患。一方面,倒角尺寸不符合要求的支撑辊在吊装、转运过程中易发生辊身边缘磕碰损伤,进而形成初始微裂纹;另一方面,该类不合格支撑辊上机服役后,在弯辊力^[1]作用下,其辊身边部与工作辊接触将产生交变应力。尤其在使用后期,支撑辊因辊径减小,边部接触应力进一步增大,最终加剧边部疲劳裂纹的萌生与扩展。在周期性轧制力的持续作用下,裂纹不断延伸扩展,极易引发支撑辊边部剥落事故。图 1 为人工倒角质量不达标导致支撑辊上机后产生疲劳裂纹并扩展失效的典型示例,图 2 为新辊出厂时光滑均匀的标准边部倒角状态。

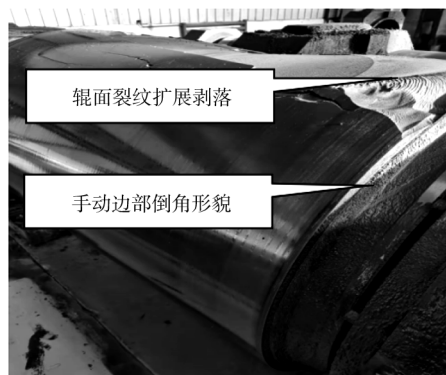


图 1 轧辊边部剥落

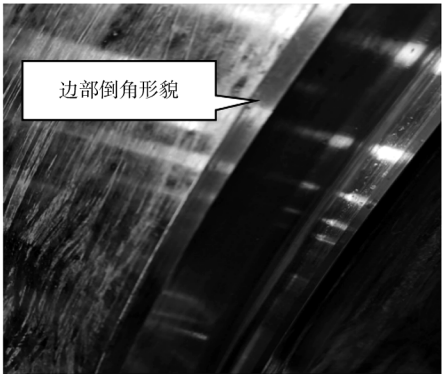


图2 新制轧辊边部倒角形貌

3 研究方向与技术方案

3.1 研究方向

针对人工打磨支撑辊倒角存在的作业效率低、成型质量差、安全风险高等突出问题,结合当前工业自动化发展趋势,本研究以“机械化替代人工、精准化保障质量、安全化服务生产”为目标,确立了支撑辊边部倒角自动化磨削装备的研发方向。

3.2 技术方案

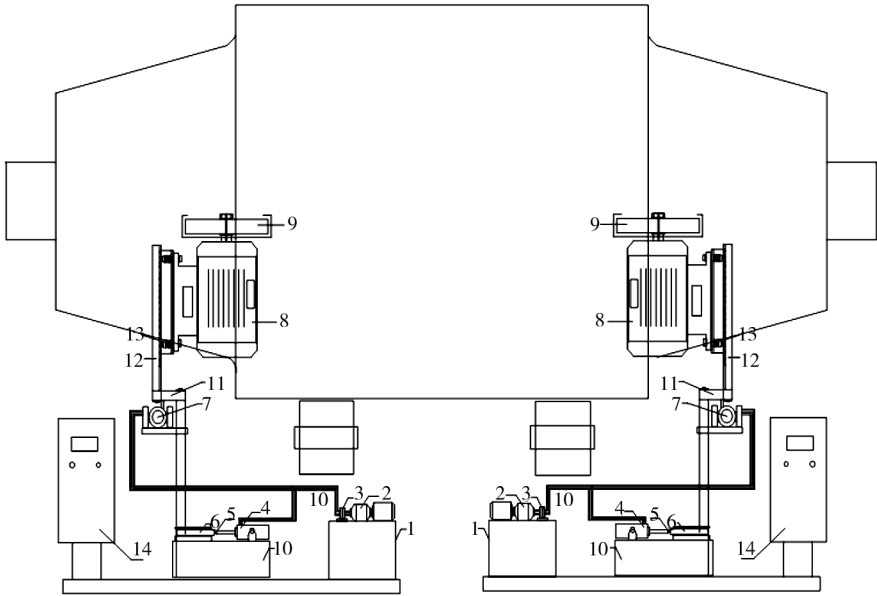
技术方案采用“支撑辊自主旋转+多系统协同控制”的总体思路,利用支撑辊原有旋转运动,集成

液压进给系统与横纵向精密调节机构,通过各执行机构的精准联动实现倒角自动化磨削加工。同时对设备整体结构进行优化设计,使其具备安装简便、操作便捷、适配性强等特点,可高效完成支撑辊边部倒角的精密成型磨削,实现高质量、高效率、高安全性的作业模式,从根本上突破传统人工工艺存在的技术瓶颈。

本文所设计的支撑辊边部自动修磨装置,主要由磨削机构、液压传动系统、角度调整机构及横移调整机构四大功能模块组成。各模块协同作业,可实现支撑辊边部倒角的自动化、高精度磨削加工。

3.2.1 系统整体结构设计

横移调整机构与主支撑部件采用刚性连接结构,用于实现装置沿支撑辊轴向的精准定位与位移调节;水平角度调整机构直接与磨削机构相连,可根据工艺要求灵活适配不同倒角角度。液压传动系统安装于设备底座,为整机运动提供稳定动力输出。其中,进给机构为核心执行单元,主要由液压缸、阀台、支座、连接板及滑块等部件构成;下滑块通过连接板与液压缸输出端连接,上滑块与主支撑杆装配固定,液压缸经销板牢靠安装于底座。角度调整机构与往复电机联动,往复电机固定于主支撑杆上^[2],为角度调节提供动力,整体结构如图3所示。



1 - 油箱;2 - 油泵;3 - 阀台;4 - 液压缸;5 - 连接板;6 - 导向装置;7 - 摆动液压缸;8 - 电机
9 - 砂轮;10 - 电磁铁底座;11 - 旋转套件;12 - 导向杆;13 - 预紧力弹簧;14 - 操作箱

图3 支撑辊倒角修磨示意图

3.2.2 核心工作原理

(1) 设备定位与固定

通过调整自动修磨装置与支撑辊的相对位置,利用电磁铁底座 10 与地面钢板吸合实现装置快速装夹固定,保证磨削过程中整机稳定运行。

(2) 间距精准控制

如图 4 所示,由操作箱 14 启动液压泵 2,液压油经阀台 3 分配后驱动液压缸 4 往复运动,液压缸杆端通过连接件 5 带动滑动导向装置 6 移动,实现砂轮与支撑辊之间磨削间距的精确调控^[3]。

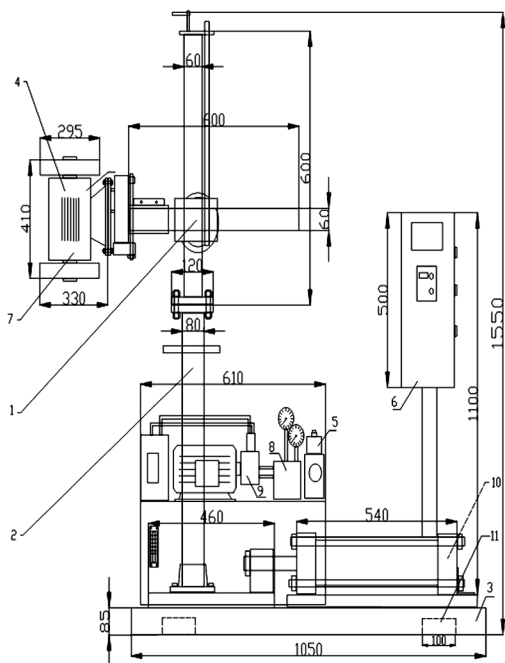


图 4 支撑辊倒角修磨机装配图

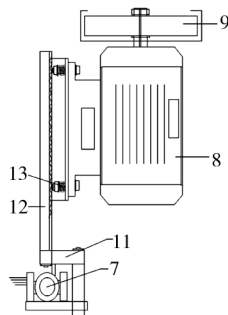
(3) 倒角成型控制

如图 5 所示,砂轮 9 与支撑辊之间的接触预紧力由弹簧 13 自动补偿调节。启动砂轮机 8 执行磨削后,通过阀台 3 控制往复液压缸 7 带动旋转组件 11、12 实现砂轮 45° 摆头运动,配合支撑辊自身旋转,最终磨削成光滑规整的圆弧倒角。

3.2.3 配套设备参数

本方案配套设计专用支撑辊拆卸装置,外形尺寸(长×宽)为 12 420 mm×2 400 mm,配备 V 形液压提升台,提升压力 14 MPa,提升速度 15 mm/s。提升台设有 4 个 Φ500 mm×300 mm 驱动辊子,最大转速 6 rpm,采用液压驱动,工作压力 14 MPa。同时配套 2 台更换小车,轨道宽度 1 540 mm、长度 4 800 mm,驱动液压缸规格为 Φ160/100 mm×

2 100 mm,工作压力 14 MPa,可实现支撑辊转运与磨削作业的高效衔接。



7 - 摆动液压缸;8 - 电机;9 - 砂轮;11 - 旋转套件;
12 - 导向杆;13 - 预紧力弹簧

图 5 水平角度调整机构与磨边机构示意图

4 实施与应用成效

4.1 自动修磨机定制研发

本研究自主完成技术方案设计,委托相关单位开展现场测绘,并联合专业制造厂家完成自动修磨机的定制开发,以自动化装备替代人工倒角作业。在提高加工效率与成型质量的同时,保障作业人员安全。

4.2 安装参数测量与定位

(1) 精确测量拆卸装置周边盖板尺寸,据此确定倒角修磨机的安装固定位置。

(2) 测定支撑辊拆卸装置行程、液压马达转速、顶升框架举升高度及举升摆幅等关键运行参数。

(3) 检测支撑辊在台架旋转过程中的轴向位移量,以此调整顶升框架液压马达支撑轮的水平标高。

4.3 设备运行参数标定

(1) 针对不同辊径支撑辊,根据辊身边部磨削位置差异,完成倒角修磨机 Y 轴行程参数设定。

(2) 利用自动修磨机 X、Y 轴双向调节功能,对不同辊径支撑辊进行调试。通过 Y 轴调整磨头高度实现精准对位,再通过 X 轴调节实现砂轮与支撑辊的初步接触。

4.4 磨削工艺验证与优化

(1) 由支撑辊装配装置液压马达驱动支撑辊旋转,采用自动修磨机对支撑辊边部进行恒速磨削加工。

(2) 磨削过程中,针对边部修磨量变化及砂轮磨粒损耗情况,通过液压缸驱动导向装置实现进给补偿,利用液压系统完成微量进给控制;操作人员可根据磨削火花状态判断预应力大小,并通过预紧力弹簧对进给偏差进行补偿。

(3)系统配备磨头水平与垂直方向角度调节功能,以保证磨削位置精度。

(4)合理规划磨削装置在磨床测量区间的安装布局,在满足生产节奏的前提下,将自动修磨机布置于测量工位,完成磨削作业。

表 1 自动修磨机投入使用前、后指标对比

指标	磨削作业方式	耗时/min	磨削面成型质量	使用周期
应用前	人工手动	480	2~3 mm 宽度及深度不均	一个换辊周期
应用后	修磨机自动	60	10 mm 光滑均匀	两个换辊周期

5 研究结论

本研究研发的支撑辊倒角自动修磨机,经现场应用,实现了作业模式由人工向自动化的转变,核心成效如下:

- (1)作业效率显著提升
- 该自动修磨机安装便捷、操作简单,实现了支撑辊倒角由人工磨削向自动化磨削的模式升级。对于辊径为 1 300~1 400 mm 的支撑辊,单支倒角加工时间由人工 480 分钟大幅缩短至 60 分钟,有效压缩了单辊工序周期,降低了人员连续作业强度,提升了支撑辊倒角工序整体流转效率,为轧线辊系快速周转、保障产线的稳定运行提供了有力支撑。
- (2)加工质量与生产稳定性改善
- 有效解决了人工倒角存在的宽度不均、深度偏差和成型精度不足等问题。通过自动化磨削使支撑辊边部倒角均匀光滑、尺寸精准,完全满足现场使用

4.5 应用成效分析

经现场应用表明,所研制的自动修磨机可显著提升支撑辊倒角磨削效率与加工质量,实现倒角作业的安全、高效与便捷化运行,各项指标对比结果如表 1 所示。

要求,降低了倒角质量缺陷引发的轧制事故风险。

(3)作业安全与环境优化

以机械化作业替代人工近距离高危操作,从源头上消除了人员在旋转辊体旁作业的安全隐患,作业过程符合现场安全管理规范,同时改善了岗位作业环境,实现了安全、高效、清洁化生产。

参 考 文 献

[1] 陈伟,王辉,谢晶,等. HC 六辊轧机中间辊辊身端部倒角磨削方法 [P]. 中国: CN109551306B,2020-12-11.

[2] 周明,赵阳. 轧辊磨床主轴回转误差建模与磨削精度控制[J]. 组合机床与自动化加工技术,2020(7):123-126.

[3] 董磊,王健,李刚. 轧机辊系接触应力与轴承疲劳寿命分析[J]. 冶金设备,2022(3):45-49.

(上接第 57 页)

较好的一致性与规律性。通过改进后的试样加工方法,在取样检验的数量增加了 5 倍的情况下,试样加工效率较之前提高了 3 倍多。经过多轮次加工焊接冲击试验,尤其适合多组冲击试样的系列温度的检测,制样加工周期显著缩短,检测数据精准、稳定,满足了科研研发进度和焊接性能评价指标。

4 结论

- (1)焊接板试样通过精准取样位置、优化试样加工工艺、调整工序来提高试样加工质量和加工效率,提升冲击性能的检测数据的稳定性。
- (2)本加工方法更适合多组冲击试样的系列温

度的检测,能够保证焊接冲击试样位置、尺寸精度的一致性,使冲击性能检测数据更好地表现出与试验温度相关的规律性。

参 考 文 献

[1] 黄正,姚枚. 低碳钢冷脆特征温度的研究[J]. 金属学报,1990,26(2):A107-A112.

[2] 黄乐庆,狄国标,杨永达,等. 调质工艺对 620 MPa 级高强钢组织及性能的影响[J]. 材料热处理学报,2017,38(9):128-136.

[3] 杨才福,张永权,秦森. 3.5%Ni 低温钢裂纹止裂特性的研究[J]. 钢铁研究学报,1991(S1):45-53.