

冷轧轧辊失效原因分析及改进措施

Analysis of Failure Reasons and Improvement Measures of Cold Roll

供稿|罗兴壮, 罗庆革, 杨剑洪, 潘礼双, 钱学海 / LUO Xing-zhuang, LUO Qing-ge, YANG Jian-hong, PAN Li-shuang, QIAN Xue-hai

内
容
导
读

柳钢中金950 mm六辊六机架不锈钢窄带冷连轧轧辊的主要失效形式为爆辊(剥落)、断裂、裂纹等。本文对轧辊失效原因进行分析,结果表明轧辊内部质量缺陷、轧制工艺不合理、轧辊使用管理不当等是导致轧辊失效的主要原因。通过加强轧辊使用过程无损探伤检测、优化轧制工艺及加强原料质量监控、规范轧辊使用管理等措施的实施,不锈钢窄带冷连轧月断带率由1.59%降低至0.53%,轧辊失效支数由19支/月降到稳定控制在2~5支/月,有效提高了连轧机组生产效率,降低了生产成本。

轧辊作为轧钢生产中的一种大型工具,性能与质量直接决定着轧机产量和产品质量。因此,轧辊的使用与管理在冷连轧生产中至关重要^[1]。柳钢中金950 mm六辊六机架冷连轧机组是国内第四条不锈钢窄带冷连轧生产线,是目前国内装备水平较高的不锈钢窄带冷连轧机组之一。自2018年7月投产以来,在使用过程中轧辊频繁出现爆辊(剥落)、断辊、裂纹等事故。因此分析轧辊失效原因,采取相应的具体措施,提高轧辊使用和管理水平,降低轧辊事故率,对稳定生产和降低生产成本具有重要的意义。

冷轧轧辊失效主要形式

柳钢中金950 mm六辊六机架不锈钢窄带冷连轧机轧辊直径较小,轧辊主要技术参数见表1。自投产以来,因轧辊材质、使用管理、轧制工艺等因素导

致轧辊报废事故频发,其中工作辊因爆辊(剥落)、断辊、裂纹失效分别为54支、16支、8支,主要为F1~F4工作辊;5支中间辊因爆辊而报废;支撑辊因裂纹、断辊而报废各7支。由此可见冷轧轧辊失效的主要形式为爆辊(剥落)、断辊、裂纹,典型失效宏观形貌如图1所示。

轧辊失效原因分析

轧辊材质及外形设计

对剥落事故轧辊进行取样分析,轧辊剥落疲劳源、疲劳断裂区、瞬时断裂区宏观形貌及金相制样位置如图2所示。试样机加工后经体积分数为4%的硝酸酒精溶液腐蚀,观察试样夹杂物及用扫描电子显微镜能谱仪分析,试样内部及裂纹附近发现

作者单位:广西柳州钢铁集团有限公司,广西 柳州 545002

表1 950 mm六辊六机架冷轧轧辊技术参数

轧辊类型	材质	最大直径/mm	最小直径/mm	辊身硬度/HSD	淬硬层深度/mm
F1~F4工作辊	MC3/MC5	210	190	86~90	≥25
F5~F6工作辊	MC5/D2	180	165	88~93	≥25
F1~F4中间辊	MC3/MC5	330	300	75~80	≥20
F5~F6中间辊	MC3/MC5	300	280	75~80	≥20
F1~F6支撑辊	70Cr3NiMo	850	790	65~70	≥40



图1 冷轧辊失效宏观形貌：(a) 爆辊(剥落)；(b) 断辊；(c) 裂纹

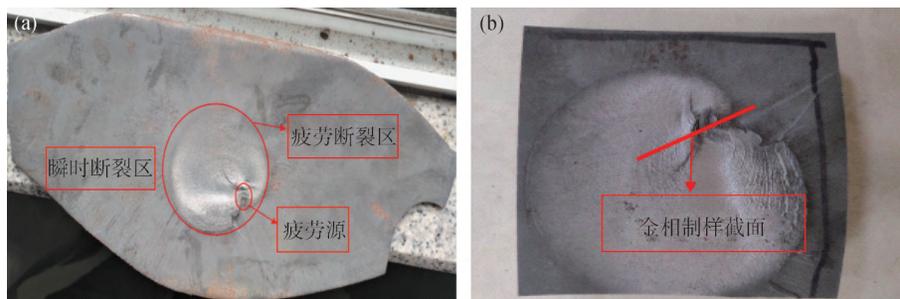


图2 轧辊剥落断口形貌及取样位置：(a) 断口形貌；(b) 取样位置

颗粒状 Al_2O_3 夹杂物及TiN析出物，夹杂物最大尺寸 $74.5\ \mu m$ ，TiN析出物最大尺寸 $18.3\ \mu m$ 。试样夹杂物、析出物及内部裂纹微观形貌如图3所示。从图3可以看出，轧辊内部裂纹处存在 Al_2O_3 夹杂物，可能是由于轧辊制造厂家在轧辊辊坯熔炼时没有采用电渣重熔工艺导致的。轧辊在上机使用过程中不断受到交变拉压应力时，夹杂物与轧辊的基体组织分离导致金属组织不连续，从而产生内部裂纹^[1]。随着裂纹的延伸扩展，最终导致爆辊(剥落)，甚至断辊。另外，轧辊外形设计和加工存在不当之处，在截面尺寸发生变化的部位过渡圆角设计不合理，导致应力集中，进而发生断辊事故^[2]。实际生产过程中，支撑辊出现了因过渡圆角设计不合理而在承受较大轧制压力时产生断裂。

轧制工艺及原料质量

冷轧辊在轧制时受到强大的轧制压力、弯矩、剪切应力等内外作用力导致轧辊出现裂纹及工作面剥落，而且轧件的焊缝、夹杂、边裂等易导致瞬间高温，造成轧辊加速磨损、疲劳破坏等^[3]。因此轧制工艺及原料质量等对轧辊使用寿命影响显著。

(1) 不锈钢冷加工硬化程度较高，随着变形量的增加，轧件强度迅速升高，轧制力升高，总压下量 67.5% 时，轧件抗拉强度高达 $2000\ MPa$ 。当轧辊局部应力叠加超出轧辊材料强度极限时，将引起轧辊塑性变形，进而形成裂纹，随着交变拉压应力的作用，裂纹扩展导致轧辊剥落或断辊。

(2) 轧制张力控制波动大或打滑导致断带，使辊面接触断带，受到局部过载热冲击、温升、滑动摩

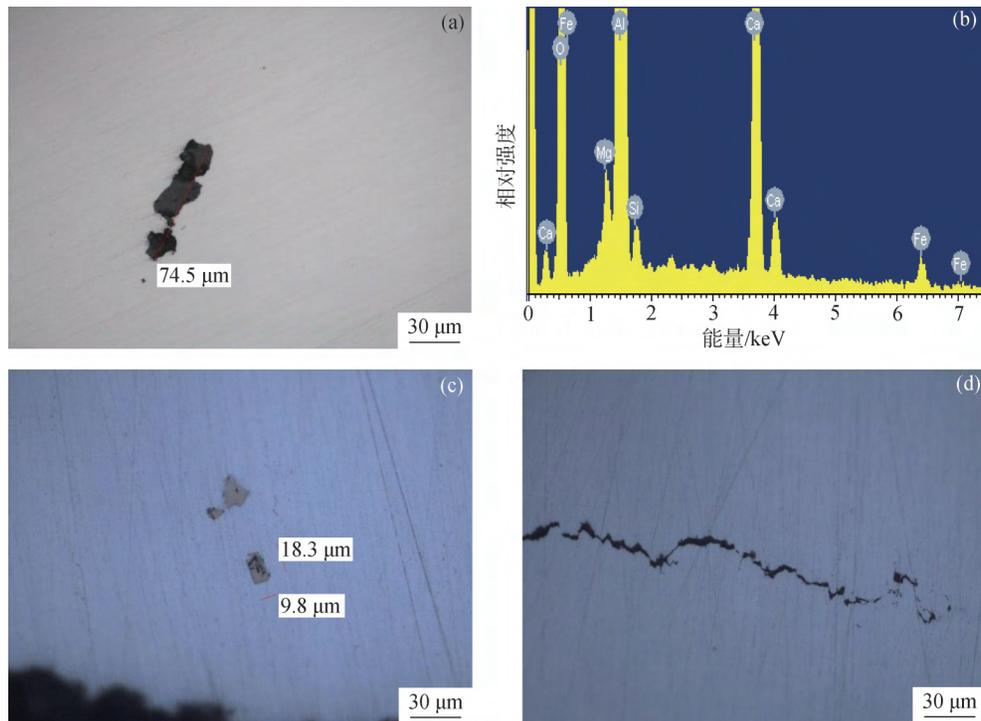


图3 试样内部裂纹微观形貌: (a) 夹杂物形貌; (b) 夹杂物能谱分析; (c) TiN析出物; (d) 内部裂纹

擦的共同作用,使辊面产生不同程度的烧伤,导致轧辊辊面剥落。

(3) 原料宽度方向楔形严重或硬度不均匀,导致连轧过程中轧机操作侧与传动侧轧制力差或局部过载热冲击,使轧制力较大侧的压力超出轧辊材料强度极限,产生应力集中,将轧辊边部压碎剥落,或硬度较高位置因过载热冲击使轧辊辊面剥落。

(4) 原料夹杂、边裂及焊缝质量差,导致连轧过程中发生断带,热冲击使轧辊辊面粘钢、裂纹或剥落。

轧辊使用管理

冷轧轧辊使用及维护中,必须重点抓好换辊周期、磨削量、缺陷辊维护、应力恢复、评价机制等几个方面的工作^[4]。投产初期,轧辊使用管理粗放,导致轧辊事故率较高,主要原因有:(1)入厂新轧辊、生产事故辊等磨削后未经探伤上机使用;(2)轧辊换辊周期不科学,使用周期过长,轧辊在周期应力作用下,因疲劳机制产生的加工硬化层加深,加重材料的脆性,从而增加了裂纹和剥落的可能性;(3)没有专业轧辊拆装设备,轧辊拆装完全靠

手工完成,导致轧辊、轴承座、密封圈等磨损,造成轧辊装配质量、精度较差,甚至出现轧辊轴承烧坏卡死,使轧辊扭断;(4)轧辊备件紧缺,造成下机轧辊未经足够时间进行应力释放就安排上磨床磨削,并且辊面温度较高时磨削会发生烧伤及恶化轧辊辊面应力状态,不利于恢复正常应力,严重时导致在磨床上磨削时即发生裂纹或剥落;(5)员工培训不足,导致事故辊磨削、记录、检测及责任不明确,需制定缺陷辊处理规范和检验标准,避免缺陷辊上机使用。

改进措施及效果

加大轧辊探伤检查力度

由于轧辊直径较小,传统大型轧辊企业生产积极性不高,目前在用轧辊均为国内较小轧辊制造厂生产,轧辊质量波动较大。不锈钢窄带冷轧机投产初期因轧辊质量问题导致的剥落、断辊、裂纹事故较多。为避免质量不合格轧辊上机使用,要求对每支新辊以及事故辊上机前进行探伤检查,正常计划换辊的轧辊随机抽查。运用现有超声波探伤和磁

粉探伤相结合的检测方法^[5]，利用超声波良好的穿透性和指向性，可以对轧辊内部缺陷进行定位、定量和定性，同时磁粉探伤辅助检测轧辊表面质量，有条件时增加磨床涡流探伤，发现表面、内部等存在缺陷的轧辊，拒绝上机使用，并制定轧辊无损检测管理制度。

加强原料质量监控

现阶段不锈钢窄带上游原料质量波动大，原料边裂、夹杂、脱皮等质量问题导致冷连轧断带频发，造成轧辊烧辊、粘钢、裂纹、剥落现象，因此必须加强原料质量监控。对存在断带风险的带钢必须按相应措施处置；优化轧制工艺，合理分配F1-F6各机架压下量，且总压下率控制在50%~70%之间；将工作辊硬度由90~93HSD降低至86~90HSD；调控轧机操作侧与传动侧轧制力差及机架间张力波动范围，以防板形控制出现单边浪，防止带钢断带，造成轧辊粘钢、裂纹，甚至剥落。

规范轧辊使用管理制度

制定规范的轧辊管理制度：(1)合理的换辊周期既能充分发挥轧辊的使用性能又能保证轧制质量；(2)为保证下机轧辊残余应力释放，恢复正常应力，需保证一定轧辊备件数量。正常下机轧辊不能马上安排磨削，要求工作辊、中间辊、支承辊分别下机12、24、48 h后才能磨削；(3)增加轧辊拆装平台，提高轧辊拆装质量和精度；(4)建立轧辊评价机制。对轧辊进行编号，快速识别，并做好轧辊档案管理，跟踪每支轧辊的使用情况。

改进效果

通过加强轧辊使用过程无损探伤检测、优化轧制工艺及加强原料质量监控、规范轧辊使用管理，950 mm冷连轧月断带率由最高1.59%降低至0.53%，月轧辊失效支数由最高19支下降到稳定控制在2~5支，有效提高连轧机组生产效率，降低生产成本。

结束语

剥落、断辊、裂纹作为轧辊失效的主要形式，可以在轧辊使用过程中加强无损探伤检测、优化轧制工艺及原料质量监控、规范轧辊使用管理，避免存在质量问题的轧辊非预期使用，减少生产事故，降低轧辊失效数量，稳定生产，降低生产成本。

参考文献

- [1] 任天宝, 严开龙, 孟文捷. 马钢冷轧轧辊缺陷的分析及防范措施. 安徽冶金科技职业学院学报, 2008, 18(4): 1
- [2] 林炳松. 分析冷轧轧辊的失效及维护. 科技资讯, 2007(23): 16
- [3] 杨顺田. 轧辊表面硬化与深冷处理工艺的研究. 热加工工艺, 2013, 42(24): 199
- [4] 熊旭. 冷轧辊使用及维护技术中几个重要问题的思考. 四川冶金, 2014, 36(6): 22
- [5] 于浩, 汪迎春, 周勇, 等. 利用无损检测方法探测轧辊缺陷的可靠性. 本钢技术, 2018(3): 30

作者简介：罗兴壮(1986—)，男，广西都安人，工程师，大学本科，工学学士，2012年毕业于重庆大学材料科学与工程专业，工作于广西柳州钢铁集团有限公司柳钢中金顶锋公司，主要研究方向：冷轧不锈钢生产和工艺技术管理。通信地址：543199广西梧州市龙圩区梧州进口再生资源加工园区广西顶锋不锈钢有限公司，E-mail：1067128027@qq.com。



【雾锁钢城】陈跃先 摄