

# 钢铁轧钢产生缺陷原因分析及预防措施研究

郑传昱 高智 郑海涛 何林 苏志诚

宝钢股份武钢有限条材厂线材分厂 湖北 武汉 430070

**摘要:** 随着钢铁工业快速发展, 轧钢缺陷问题日益凸显。本文聚焦钢铁轧钢生产中的缺陷问题, 详细阐述了常见缺陷类型及其特征, 包括折叠、耳子、尺寸超差、表面裂纹、结疤和翘皮等。深入剖析了缺陷产生的原因, 涵盖孔型设计不合理、设备状态不佳、操作工艺不当以及钢坯条件不良等方面。针对这些原因, 提出了一系列预防措施, 如优化孔型设计、加强设备维护和管理、规范操作工艺、严格钢坯质量检验以及加强生产过程监控等。旨在为钢铁轧钢企业有效减少缺陷产生, 提高产品质量和生产效率提供理论依据与实践指导。

**关键词:** 钢铁轧钢; 缺陷类型; 产生原因; 预防措施

引言: 钢铁轧钢是钢铁生产流程中的关键环节, 其产品质量直接关系到后续加工及最终产品的性能与市场竞争力。然而, 在实际轧钢生产过程中, 由于多种因素的影响, 常常会出现各种缺陷, 这些缺陷不仅影响钢材的外观质量, 更会降低钢材的力学性能和使用寿命, 给企业带来经济损失, 也可能对下游产业造成安全隐患。因此, 深入研究钢铁轧钢产生缺陷的原因, 并制定切实有效的预防措施, 对于提高钢铁轧钢产品质量、降低生产成本、增强企业市场竞争力具有重要的现实意义。因此将对钢铁轧钢常见缺陷类型、产生原因及预防措施展开系统研究。

## 1 钢铁轧钢常见缺陷类型及特征

### 1.1 折叠

折叠是钢铁轧钢中常见的表面缺陷。其特征为钢材表面沿轧制方向呈现局部或连续的褶皱, 褶皱处金属被压合, 形成类似层状的形态。折叠产生的主要原因是轧件在轧制过程中, 存在耳子、划伤等缺陷, 在后续轧制时被压入金属内部, 再经延伸形成。折叠不仅影响钢材的外观质量, 还会降低钢材的力学性能, 在使用过程中容易成为裂纹源, 引发钢材断裂等严重问题。

### 1.2 耳子

耳子表现为钢材边缘出现超出正常宽度的凸起部分, 通常沿轧制方向呈条状分布。它主要是由于孔型设计不合理、轧辊调整不当, 导致轧件在孔型中填充过满, 多余金属被挤出形成。耳子的存在会破坏钢材的尺寸精度, 影响其后续加工和使用。在进一步轧制或加工时, 耳子部位容易产生裂纹, 降低钢材的整体质量和使用寿命。

### 1.3 尺寸超差

尺寸超差是指钢材的实际尺寸超出标准规定的允许偏差范围, 包括长度、宽度、厚度、直径等尺寸参数。这可

能是由于轧机刚度不足、轧辊磨损、轧制工艺参数设置不合理等原因导致。尺寸超差的钢材无法满足正常的的使用要求, 会影响与其他部件的装配精度, 降低整个产品的质量和性能, 严重时甚至会导致产品报废<sup>[1]</sup>。

### 1.4 表面裂纹

表面裂纹是钢材表面出现的细小裂口, 其形状不规则, 深度和长度各异。产生原因主要有钢坯质量不佳, 内部存在非金属夹杂物、缩孔等缺陷; 轧制温度控制不当, 温度过高或过低; 轧制速度过快, 金属变形不均匀等。表面裂纹会降低钢材的耐腐蚀性和疲劳强度, 在受力或环境作用下, 裂纹容易扩展, 引发钢材断裂, 对钢材的使用安全构成威胁。

### 1.5 结疤

结疤是钢材表面局部区域出现的金属附着物, 形状不规则, 通常与钢材本体相连但结合不牢固。结疤的形成原因包括钢坯表面存在氧化铁皮、夹杂物等, 在轧制过程中被压入钢材表面; 加热炉内气氛不良, 导致钢坯表面氧化严重, 轧制时氧化铁皮未脱落干净。结疤会影响钢材的表面质量, 在后续加工和使用过程中, 结疤容易脱落, 形成凹坑, 降低钢材的耐磨性和耐腐蚀性。

### 1.6 翘皮

翘皮是指钢材表面局部金属与基体分离, 形成一层或几层翘起的薄片。其产生原因主要是钢坯表面存在皮下气泡、裂纹等缺陷, 在轧制过程中, 这些缺陷处的金属受到拉伸和压缩作用, 导致表面金属与基体分离而翘起。翘皮会破坏钢材表面的完整性, 降低钢材的表面质量, 在使用过程中, 翘皮部位容易受到腐蚀和磨损, 影响钢材的使用寿命和性能。

## 2 钢铁轧钢缺陷产生的原因分析

### 2.1 孔型设计不合理

孔型尺寸设计有偏差, 宽展系数选取不当, 会使轧件宽展量与预期不符, 出现耳子或填充不满的情况, 导致轧件尺寸超差与表面缺陷。孔型形状设计不佳, 如圆弧半径不合理, 轧件在孔型内变形不均匀, 易产生折叠、划痕。孔型配置不科学, 各道次衔接不顺畅, 轧件受力不稳定, 影响尺寸精度, 还可能造成表面裂纹。孔型磨损后未及时修正, 实际孔型与设计差异大, 轧件变形规律改变, 出现尺寸波动、表面粗糙等问题。

## 2.2 设备状态不佳

轧机刚度不足, 轧制时产生较大弹性变形, 轧件尺寸不稳定, 出现厚度、宽度超差。轧辊轴承损坏或间隙大, 轧辊晃动, 轧件表面现周期性划痕、压痕。导卫装置安装不正或磨损严重, 不能准确引导轧件, 使其扭转、弯曲, 产生耳子、折叠。加热炉温度控制不准, 加热不均, 钢坯内外温差大, 轧制时变形抗力不同, 易出现表面裂纹、结疤, 影响钢材内在与表面质量<sup>[2]</sup>。

## 2.3 操作工艺不当

轧制温度控制不合理, 加热温度过高, 钢坯氧化严重, 轧制时氧化铁皮压入表面, 形成结疤、翘皮; 加热温度过低, 钢坯塑性差, 变形抗力大, 易裂。轧制速度不稳定, 过快使轧件变形不充分, 尺寸超差; 过慢致轧件温度下降多, 增加变形抗力, 引发裂纹。张力控制不当, 过大拉细轧件, 尺寸超差; 过小轧件跑偏, 产生耳子、折叠。冷却工艺不佳, 冷却速度过快或不均, 钢材内部产生应力, 导致表面裂纹。

## 2.4 钢坯条件不良

钢坯化学成分不均, 各元素含量偏离标准, 影响钢材力学性能与组织结构, 轧制时易出现裂纹、分层。内部存在非金属夹杂物, 破坏钢材连续性, 成为裂纹源, 引发表面与内部裂纹。表面有裂纹、结疤、划痕等缺陷, 轧制时被延伸扩大, 恶化表面质量。尺寸偏差大, 轧制变形不均, 出现尺寸超差、耳子。加热前清理不彻底, 表面残留氧化铁皮、污垢, 轧制时影响表面质量。

# 3 钢铁轧钢缺陷的预防措施

## 3.1 优化孔型设计

(1)精准设计孔型尺寸。依据轧材的规格要求与变形特点, 科学选取宽展系数等关键参数。通过严谨的理论计算与模拟分析, 确定合理的孔型高度、宽度及圆弧半径等尺寸, 确保轧件在孔型中能够实现均匀、稳定的变形, 有效避免因尺寸设计不当引发的耳子、折叠等缺陷, 保障轧材的尺寸精度与表面质量。(2)优化孔型形状结构。针对不同钢材品种与轧制工艺, 设计出更符合变形规律的孔型形状。例如, 对于复杂断面钢材, 采用组合式孔型

设计, 将整体变形分解为多个阶段的局部变形, 降低变形难度, 提高变形均匀性。同时, 合理设计孔型的侧壁斜度与圆角过渡, 减少轧件与孔型之间的摩擦力和应力集中, 防止轧件表面出现划痕、裂纹等缺陷。(3)强化孔型配置的合理性。综合考虑各道次孔型的衔接与配合, 确保轧件在轧制过程中能够平稳、顺畅地从一個孔型过渡到下一个孔型。合理安排孔型的排列顺序与间距, 使轧件在轧制过程中受力均匀, 避免因孔型配置不当导致的轧件扭转、弯曲等问题, 进一步提高轧材的质量稳定性和生产效率。此外, 定期对孔型进行检测与修正, 及时消除孔型磨损带来的不利影响<sup>[3]</sup>。

## 3.2 加强设备维护和管理

(1)构建完善的设备日常维护制度。制定详细且具有可操作性的设备清洁、润滑、紧固等日常保养规范, 明确各岗位人员在设备维护中的职责与任务。规定定期对轧机、导卫装置、加热炉等关键设备进行全面清洁, 去除表面的油污、铁屑等杂质, 防止其进入设备内部影响正常运行; 按照设备润滑图表, 按时、按量添加合适的润滑油脂, 减少设备零部件的磨损, 降低故障发生率; 定期检查设备的紧固螺栓, 确保其无松动现象, 保障设备结构的稳定性。(2)强化设备的定期检修与精度校准。制定科学合理的设备检修计划, 根据设备的使用频率、运行状况等因素, 确定大修、中修和小修的周期与内容。在检修过程中, 对设备的各个零部件进行细致检查, 及时更换磨损严重或损坏的部件, 恢复设备的性能。同时, 运用专业的检测仪器对设备的精度进行校准, 如轧机的刚度、轧辊的辊缝精度等, 确保设备在轧制过程中能够精确控制轧件的尺寸和形状, 减少因设备精度偏差导致的尺寸超差、耳子等缺陷。(3)提升设备管理人员的专业素养。定期组织设备管理人员参加专业培训与学习交流活 动, 使其掌握先进的设备管理理念与方法, 熟悉设备的结构、原理和维修技术。鼓励管理人员开展设备管理创新实践, 不断提高设备的管理水平与运行效率。

## 3.3 规范操作工艺

(1)严格把控轧制温度。依据钢材的材质特性与轧制工艺要求, 精确设定加热炉的加热温度与加热时间, 确保钢坯出炉温度均匀且符合轧制所需温度范围。在轧制过程中, 实时监测轧件的温度变化, 通过合理的冷却控制手段, 如调节冷却水流量、喷淋位置等, 使轧件在各道次的轧制温度保持在最佳区间, 避免因温度过高导致氧化加剧、表面质量下降, 或温度过低造成变形抗力增大、产生裂纹等缺陷。(2)稳定轧制速度与张力。根据轧机的性能与轧材的规格, 制定科学合理的轧制速度曲线, 在

轧制过程中保持速度的稳定,防止因速度波动过大引起轧件变形不均匀,进而导致尺寸超差等问题。同时,精确控制各道次之间的张力,通过张力调节装置实时调整张力大小,确保张力在合适的范围内,避免因张力过大使轧件被拉细或张力过小导致轧件跑偏、产生耳子等现象。(3)规范冷却工艺操作。依据钢材的品种与性能要求,选择合适的冷却方式和冷却介质,严格控制冷却速度与冷却均匀性。在冷却过程中,保证冷却装置的正常运行,合理布置喷嘴位置与喷淋角度,使轧件能够均匀冷却,减少因冷却不均产生的内应力和表面裂纹,提高钢材的综合性能与质量稳定性。

### 3.4 严格钢坯质量检验

(1)强化化学成分检验。依据钢材产品的标准要求,运用先进的化学分析仪器,对钢坯中的碳、硅、锰、硫、磷等主要元素以及合金元素进行精准检测。严格把控各元素的含量范围,确保其符合规定标准。对于化学成分偏差较大的钢坯,坚决予以剔除,防止因成分不合格导致轧制过程中出现裂纹、分层等严重缺陷,影响钢材的内质量与力学性能。(2)细致开展表面质量检查。采用目视检查与无损检测相结合的方式,对钢坯表面进行全面排查。仔细查看钢坯表面是否存在裂纹、结疤、划痕、夹杂等缺陷。对于表面缺陷深度和面积超过规定限度的钢坯,不得投入轧制生产。同时,利用超声波探伤、磁粉探伤等无损检测技术,检测钢坯内部是否存在非金属夹杂物、缩孔、疏松等隐蔽缺陷,及时发现并处理问题钢坯,避免内部缺陷在轧制过程中扩展延伸,影响钢材的表面质量和内部性能。(3)严格把控钢坯尺寸精度。使用专业的测量工具,如卡尺、千分尺等,对钢坯的长度、宽度、厚度等尺寸进行精确测量。确保钢坯尺寸偏差在允许范围内,对于尺寸超差的钢坯,需进行修正或报废处理,防止因钢坯尺寸问题导致轧制时变形不均匀,产生尺寸超差、耳子等轧钢缺陷。

### 3.5 加强生产过程监控

(1)构建全方位实时监测体系。在轧钢生产的关键环节,如加热、轧制、冷却等区域,安装高精度的传感器与监控设备。利用红外测温仪实时监测钢坯和轧件的温度,确保温度始终处于最佳轧制范围,避免因温度异常

引发氧化、裂纹等缺陷;借助激光测速仪精准测量轧件的轧制速度,保证速度稳定,防止因速度波动造成轧件变形不均;运用张力传感器实时监控各道次间的张力,使张力控制在合理区间,避免轧件出现拉细或跑偏等问题。(2)建立数据实时分析与反馈机制。将监测设备采集到的各类数据,如温度、速度、张力、尺寸等,实时传输至中央控制系统。通过先进的数据分析软件,对这些数据进行快速分析处理,及时发现数据异常波动情况。一旦发现异常,系统立即发出警报,并将相关信息反馈给操作人员。操作人员根据反馈信息,迅速调整工艺参数,如调整加热温度、轧制速度或张力大小等,确保生产过程始终处于稳定可控状态。(3)强化现场巡检力度。安排专业巡检人员定期对生产现场进行巡查,检查设备运行状况、工艺执行情况以及现场环境等。及时发现设备潜在的故障隐患、工艺操作的不规范行为以及可能影响生产的环境因素,并采取相应措施加以解决,保障生产的顺利进行<sup>[4]</sup>。

### 结束语

钢铁轧钢过程中的缺陷问题,严重影响着钢材质量与性能,给工业生产和应用带来诸多不利影响。通过对折叠、耳子、尺寸超差等常见缺陷产生原因的深入剖析,我们明确了孔型设计、设备状态、操作工艺及钢坯条件等方面存在的不足是导致缺陷的关键因素。而针对性提出的优化孔型设计、加强设备维护、规范操作工艺、严格钢坯检验等预防措施,为减少缺陷产生提供了有效途径。未来,随着轧钢技术的持续进步与创新,我们需不断优化预防措施,提升钢材质量,推动钢铁行业朝着高质量、更高效益的方向稳健发展。

### 参考文献

- [1]黄梦珂,杨家荣.面向钢铁表面缺陷图像分割的视觉大模型参数高效微调[J].机械制造,2025,63(05):76-80.
- [2]吴志斌.轧钢机械设备故障诊断与安全运转的研究[J].冶金与材料,2022,14(01):41-42.
- [3]周永宸,胡晓宇,刘韬.轧钢机械振动的原因与故障处理分析[J].山西冶金,2020,43(03):183-185.
- [4]张飞.轧钢过程故障诊断研究现状和发展方向分析[J].冶金管理,2022,(01):52-54.