

# 冷轧机轧制生成热对板形的影响及应对策略研究

刘晓龙 武国锋

河南中孚高精铝材有限公司 河南 郑州 451200

**摘要:** 随着现代冷轧铝带向高精度、高性能方向迅猛发展,轧制因素对铝带板形质量影响愈发关键。本文聚焦冷轧机轧制生成热对板形的影响及应对策略。首先概述冷轧机轧制生成热与金属板板形的基本概念,接着深入剖析轧制生成热对金属板板形造成的多方面影响,包括热凸度引发辊缝形状畸变、轧辊磨损加速与辊型劣化、润滑失效导致摩擦系数升高以及张力波动与板形耦合失稳等。最后,针对性地提出一系列应对策略,如优化轧制规程、强化冷却控制、动态调整弯辊力、优化润滑工艺以及实施轧辊周期管理等,旨在为改善冷轧金属板板形质量提供理论支持与实践指导。

**关键词:** 冷轧机; 轧制生成热; 板形; 造成的影响; 应对策略

**引言:** 在金属加工领域,冷轧是生产高质量金属板材的关键工艺。冷轧过程中,轧制变形区因剧烈塑性变形会产生大量热量,即轧制生成热。此热量若不能有效控制,会显著影响金属板板形。板形作为衡量冷轧产品质量的核心指标,其优劣直接关系到产品的市场竞争力与应用范围。当前,随着工业对金属板材精度与质量要求的日益严苛,深入探究冷轧机轧制生成热对板形的影响机制,并制定切实可行的应对策略,成为提升冷轧工艺水平、保障产品质量稳定的关键课题,对推动金属加工行业技术进步具有重要意义。

## 1 冷轧机轧制生成热及金属板板形相关概述

(1) 冷轧机轧制生成热是冷轧工艺中不可避免且影响重大的物理现象。在冷轧过程中,金属材料在轧辊的强大压力作用下发生剧烈塑性变形,变形功绝大部分转化为热量,这些热量便构成了轧制生成热。其大小与轧制压力、变形程度、轧制速度等诸多工艺参数紧密相关,参数不同,产生的热量差异显著。(2) 金属板板形是衡量冷轧产品质量的关键指标。它直观地反映了金属板在横向和纵向上的厚度均匀性、平整度以及形状精度等。良好的板形意味着金属板在各个方向上的厚度偏差极小,表面平整光滑,不存在诸如波浪边、中间瓢曲等缺陷,能够满足不同行业对金属板材的严苛使用要求。

(3) 轧制生成热与金属板板形之间存在着紧密且复杂的联系。轧制生成热若不能得到有效控制,会使轧辊产生热膨胀,进而改变辊缝形状,导致金属板横向厚度分布不均;同时,过高的温度还会加速轧辊磨损,改变辊型,影响轧制过程的稳定性;此外,热量积聚还可能引发润滑失效,使摩擦系数增大,进一步恶化板形质量。因此,深入研究轧制生成热对板形的影响,并探寻有效

的应对策略,对于提高冷轧产品质量至关重要<sup>[1]</sup>。

## 2 冷轧机轧制生成热对金属板板型造成的影响

### 2.1 热凸度引发辊缝形状畸变

在冷轧过程中,轧制生成热会使轧辊温度升高,由于轧辊内部存在温度梯度,辊身中部温度高于边部,进而产生不均匀的热膨胀,形成热凸度。热凸度的出现会直接改变辊缝的原始形状。原本均匀的辊缝在热凸度影响下,中部间隙变小,边部间隙相对增大。在轧制金属板时,这种不均匀的辊缝会使金属的流动受到不同挤压。中部因辊缝间隙小,金属流动阻力大,延伸率小;而边部辊缝间隙大,金属流动顺畅,延伸率大。最终导致金属板横向厚度不均,出现中间厚两边薄的情况,形成中浪缺陷。严重时,中浪还会引发金属板在后续加工中的瓢曲等问题,严重影响金属板的平整度和质量,降低产品的合格率,给后续的生产和使用带来诸多不便。

### 2.2 轧辊磨损加速与辊型劣化

冷轧机轧制生成热会显著加速轧辊的磨损过程。高温环境下,轧辊与金属板之间的摩擦加剧,同时,轧制过程中产生的金属碎屑在高温作用下更容易粘附在轧辊表面,形成磨粒,进一步加剧磨损。此外,热应力反复作用会使轧辊表面产生疲劳裂纹,随着轧制的持续进行,裂纹逐渐扩展,导致轧辊表面剥落,磨损加剧。轧辊磨损后,其原始辊型发生改变,原本光滑的辊面变得粗糙且形状不规则。这种辊型劣化会使轧辊与金属板之间的接触状态发生变化,在轧制过程中无法对金属板施加均匀的压力,导致金属板横向厚度不均,出现边浪、中浪等板形缺陷,还会使金属板表面出现划痕、压痕等质量问题,影响金属板的外观和性能。

### 2.3 润滑失效导致摩擦系数升高

在冷轧过程中, 润滑剂起着减少摩擦、降低磨损和散热的重要作用。然而, 轧制生成热会影响润滑剂的性能。高温会使润滑剂的粘度降低, 流动性增强, 难以在轧辊表面形成稳定、均匀的润滑膜。同时, 部分润滑剂可能在高温下发生分解、氧化等化学反应, 生成有害物质, 破坏润滑膜的完整性。润滑失效后, 轧辊与金属板之间的直接接触面积增大, 摩擦系数显著升高。摩擦力的增加会使金属板在轧制过程中的变形抗力增大, 导致金属流动不均匀, 横向应力分布失衡。不同部位的金属延伸率出现差异, 进而引发板形缺陷, 如边部减薄、中间增厚等。此外, 摩擦系数升高还会增加轧制能耗, 降低生产效率, 增加生产成本。

#### 2.4 张力波动与板形耦合失稳

冷轧时, 轧制生成热会影响轧制系统的稳定性, 导致张力波动。一方面, 热凸度引起的辊缝形状畸变会使金属板在轧制时的变形不均匀, 各部分延伸率不同, 从而产生内部应力, 引起张力变化。另一方面, 轧辊磨损和润滑失效等因素也会干扰轧制的正常进行, 使轧制力不稳定, 进一步加剧张力波动。张力的波动与板形之间存在着紧密的耦合关系。当张力发生波动时, 会改变金属板的弹性变形和塑性变形比例, 使金属板的横向应力分布发生变化。这种变化会反馈到板形上, 导致板形出现动态失稳, 如产生周期性的波浪或扭曲等缺陷。而且, 张力波动还可能引发轧机的振动, 影响轧制过程的平稳性, 降低产品质量和生产安全性, 给冷轧生产带来严重的负面影响<sup>[2]</sup>。

### 3 应对冷轧机轧制生成影响金属板板型的策略

#### 3.1 优化轧制规程以分散热负荷

优化轧制规程是应对冷轧机轧制生成热影响金属板板型、有效分散热负荷的关键策略。

(1) 合理规划轧制道次是重要举措。增加轧制道次可使总变形量分散到多个道次中, 避免单道次变形量过大导致热量集中产生。例如, 对于厚板轧制, 将原本少数几个大变形量道次改为多个小变形量道次, 能显著降低每道次产生的热量, 使轧辊热凸度变化趋于平缓, 减少辊缝形状畸变, 从而改善板形。(2) 精确控制各道次压下量也至关重要。依据金属材料的性能、轧辊状态以及设备能力等因素, 科学设定每道次合适的压下量。过大的压下量会加剧变形区的热量产生, 而过小则可能影响生产效率。通过精确计算和实验验证, 找到各道次压下量的最佳组合, 能在保证生产效率的同时, 有效分散热负荷。(3) 合理调整轧制速度同样不可或缺。轧制速度过快, 单位时间内变形产生的热量增多, 且热量散发

时间缩短, 易造成热量积聚; 速度过慢则会影响生产节奏。因此, 要根据实际情况, 综合考虑热负荷分布和生产效率, 确定适宜的轧制速度, 使轧制过程在稳定的热状态下进行, 进而保障金属板良好的板形质量。

#### 3.2 强化冷却控制抑制热膨胀

在冷轧过程中, 强化冷却控制是抑制轧辊热膨胀、改善金属板板形的有效手段。(1) 优化冷却系统布局是基础。合理规划冷却喷嘴的位置、数量和喷射角度, 确保冷却液能够均匀、全面地覆盖轧辊表面。例如, 在轧辊的关键热影响区域, 如变形区附近, 增加喷嘴密度, 使冷却液精准喷射到高温部位, 快速带走热量, 减少轧辊局部过热, 降低热膨胀的不均匀性。同时, 调整喷射角度, 避免冷却液出现喷射死角, 保证轧辊整体冷却效果的一致性。(2) 精确控制冷却液流量和温度也至关重要。根据轧制工艺参数和轧辊温度变化情况, 实时调节冷却液的流量。当轧制速度加快或变形量增大导致轧辊产热增加时, 适当增大冷却液流量, 增强冷却效果; 反之则减小流量, 避免过度冷却。此外, 严格控制冷却液的温度, 保持其稳定性。过高的冷却液温度会降低冷却效率, 而过低则可能导致轧辊表面温度骤降, 产生热应力, 影响轧辊使用寿命和板形质量。(3) 采用先进的冷却技术, 如高压喷射冷却、雾化冷却等, 能够进一步提高冷却效率。高压喷射冷却可增强冷却液的冲击力, 提高热交换效率; 雾化冷却则能增加冷却液与轧辊表面的接触面积, 加速热量传递, 有效抑制轧辊热膨胀, 从而保障金属板良好的板形。

#### 3.3 动态调整弯辊力补偿热凸度

(1) 精准感知热凸度与板形变化是动态调整弯辊力的前提。在冷轧过程中, 轧制生成热使轧辊产生热凸度, 进而导致辊缝形状改变, 影响金属板板形。为此, 需借助先进的检测设备, 如高精度板形仪, 它能实时扫描金属板表面, 获取板形的详细数据, 像板形的平整度、波浪高度及位置等信息; 同时, 利用温度传感器对轧辊不同部位的温度进行监测, 结合热传导模型和轧制工艺参数, 精确计算出轧辊的热凸度大小及分布情况。(2) 构建智能控制系统是关键。依据检测到的热凸度和板形数据, 智能控制系统能快速分析并做出决策。它可以根据预设的板形标准和轧辊热凸度模型, 计算出为补偿热凸度所需调整的弯辊力大小和方向。该系统具备高度的自动化和智能化水平, 能够实时响应轧制过程中的变化, 确保调整的及时性和准确性。(3) 精确执行弯辊力调整是保障。通过液压伺服系统等执行机构, 将智能控制系统计算出的弯辊力指令精准地传递给轧辊。液压

伺服系统具有响应速度快、控制精度高的特点，能够根据指令迅速、准确地调整工作辊或支撑辊的弯辊力，使轧辊产生相应的弯曲变形，从而补偿热凸度引起的辊缝畸变，有效改善金属板的板形质量，提高产品的合格率和市场竞争力。

### 3.4 优化润滑工艺降低摩擦热

(1) 合理选择润滑剂是优化润滑工艺的基础。不同材质的金属板和轧辊，以及不同的轧制工艺条件，对润滑剂的性能要求各异。例如，对于高强度、难变形的金属材料，应选用极压性能好、承载能力高的润滑剂，以确保在高压、高温的轧制条件下仍能形成稳定的润滑膜，有效减少金属与轧辊之间的直接接触，降低摩擦系数，从而减少摩擦热的产生。同时，要考虑润滑剂的粘度、流动性等特性，使其既能良好地附着在轧辊和金属板表面，又不会因粘度过大而增加轧制阻力。(2) 精确控制润滑剂的供给量和喷射方式至关重要。供给量过少，无法形成完整的润滑膜，不能充分发挥润滑和降温作用；供给量过多，则会造成润滑剂浪费，还可能溢出轧制区域，污染设备和环境。应根据轧制速度、压下量等工艺参数，通过精确的计量装置实时调整润滑剂的供给量。此外，采用合适的喷射方式，如多喷嘴均匀喷射、雾化喷射等，能使润滑剂更均匀地分布在轧制变形区，提高润滑效果，进一步降低摩擦热。(3) 定期监测和更换润滑剂也不容忽视。随着轧制过程的进行，润滑剂会因高温、摩擦等因素逐渐变质，性能下降。因此，要定期对润滑剂的质量进行检测，如检测其粘度、酸值、水分等指标，及时更换变质的润滑剂，保证润滑工艺的稳定性和有效性，持续降低摩擦热对金属板板形的影响。

### 3.5 实施轧辊周期管理控制磨损

(1) 科学规划轧辊使用周期是关键。依据轧辊材质、轧制产品规格与工艺要求，精准确定轧辊从投入使用到报废的合理轧制吨位或轧制时间。例如，对于高铬铸铁轧辊，在轧制普通碳钢时，结合过往经验与实验数

据，设定其单次使用周期的轧制吨位上限。当达到该上限后，即便轧辊表面无明显缺陷，也安排下机检修，避免因过度使用导致磨损加剧，进而引发轧辊热凸度异常变化，影响金属板板形。(2) 建立完善的轧辊检测与评估体系不可或缺。定期采用超声波探伤、磁粉检测等无损检测技术，对轧辊内部缺陷进行排查；利用表面粗糙度仪、轮廓仪等设备，精确测量轧辊表面粗糙度、圆度等参数。依据检测结果，结合轧制产品板形质量反馈，综合评估轧辊的磨损状态。对于磨损严重、影响板形的轧辊，及时安排修磨或更换。(3) 规范轧辊修磨工艺是保障。制定详细的修磨标准与操作流程，严格控制修磨量、修磨速度和冷却液使用等参数。确保修磨后的轧辊表面质量均匀、尺寸精度符合要求，恢复其原始辊型，减少因修磨不当导致的轧辊磨损不均匀问题，从而有效控制轧辊磨损对金属板板形的不利影响，提高冷轧产品的质量稳定性<sup>[1]</sup>。

### 结束语

冷轧机轧制生成热对金属板板形的影响是一个复杂且关键的问题，热凸度引发辊缝畸变、轧辊磨损加速、润滑失效以及张力波动等，均严重威胁着板形质量，制约着冷轧生产的高效与稳定。本研究提出的应对策略，从优化轧制规程、强化冷却控制、动态调整弯辊力，到优化润滑工艺、实施轧辊周期管理，多维度、全方位地针对热影响展开防控。这些策略相互配合、协同作用，为改善板形提供了有力支撑。

### 参考文献

- [1]王东城,刘宏民,苏静.GB/T34901-2017《冷轧带材板形闭环测控系统》解读[J].标准科学,2021(11):117-122.
- [2]曹建国,江军,邱澜.新一代高技术宽带钢冷轧机全机组一体化板形控制[J].中南大学学报(自然科学版),2022,50(07):1584-1591.
- [3]杜巧连,陈旭辉.轧机液压压下位置闭环控制系统研究及仿真[J].机械制造,2021(12):39-41.