

改善高线加热炉加热质量的技术措施

唐小俭

江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江苏 江阴 214400

[摘要] 高线加热炉在热轧和精轧过程中发挥着关键作用, 确保钢材在加工前达到所需温度。随着市场对高品质钢材需求的不增长, 传统加热方式在炉温控制、加热时间以及气氛调节等方面逐渐显现出局限, 这些不足不仅影响钢材的表面质量, 还可能导致材料性能下降, 从而削弱最终产品的市场竞争力。近年来, 伴随工业 4.0 及智能制造的兴起, 钢铁行业内智能控制技术的应用逐渐增多, 为高线加热炉的改进带来了新思路, 通过引入先进的监控系统与数据分析手段, 能够实现更为精确的加热控制, 显著提升加热质量及能源利用效率。深入探讨影响高线加热炉加热质量的因素及其改进措施, 具有重要的理论与实践意义。

[关键词] 高线加热炉; 加热质量; 温度控制

DOI: 10.33142/sca.v7i11.14185

中图分类号: TG155.12

文献标识码: A

Technical Measures to Improve the Heating Quality of High Wire Heating Furnaces

TANG Xiaojian

Jiangyin Xingcheng Special Steel Works Co., Ltd., Jiangyin, Jiangsu, 214400, China

Abstract: High wire heating furnaces play a crucial role in hot rolling and precision rolling processes, ensuring that steel reaches the required temperature before processing. With the continuous growth of market demand for high-quality steel, traditional heating methods have gradually shown limitations in furnace temperature control, heating time, and atmosphere regulation. These shortcomings not only affect the surface quality of steel, but may also lead to a decrease in material properties, thereby weakening the market competitiveness of the final product. In recent years, with the rise of Industry 4.0 and intelligent manufacturing, the application of intelligent control technology in the steel industry has gradually increased, bringing new ideas for the improvement of high wire heating furnaces. By introducing advanced monitoring systems and data analysis methods, more accurate heating control can be achieved, significantly improving heating quality and energy utilization efficiency. Exploring in depth the factors that affect the heating quality of high wire heating furnaces and their improvement measures has important theoretical and practical significance.

Keywords: high wire heating furnace; heating quality; temperature control

引言

在现代钢铁生产中, 高线加热炉作为一种关键加热设备, 承担着将原材料加热至适合后续加工温度的任务。加热质量直接关系到产品的品质、生产效率以及能源利用的有效性。因此, 优化高线加热炉的加热过程, 成为提高生产效率及降低生产成本的核心环节。

1 高线加热炉的结构与工作原理

高线加热炉的主要构成由炉体、加热系统、温度控制系统、燃烧设备及排烟系统等部分组成。炉体通常由耐高温的特殊材料制成, 确保在高温条件下的稳定性与耐久性。在加热系统中, 通过对不同区域的温度进行分段控制, 通常设置有上部和侧部的加热装置, 以实现钢材在加热过程中的均匀受热。结合了传感器与自动调节装置的温度控制系统, 能够实时监测炉内温度变化并进行及时调整。先进的燃烧技术, 例如全平焰烧嘴被燃烧设备采用, 通过调节空燃比来提升燃烧效率, 从而降低燃料消耗。优化设计的排烟系统有效地减少了能源损失, 确保废气排放符合环保标准。

2 高线加热炉加热质量的影响因素

2.1 炉温控制不均

炉温控制不均是影响高线加热炉加热质量的关键因素之一。在加热过程中, 若炉内不同区域的温度出现显著差异, 钢材表面与内部的加热速率将表现出不一致, 从而导致温度分布的不均匀性。随之而来的局部过热或加热不足现象, 会对钢材的晶粒结构与力学性能产生负面影响。此外, 温度波动可能加剧加热过程中的应力集中, 从而增加产品质量缺陷的风险。炉温控制不均的原因有多种, 包括加热炉的设计、燃烧器的布局、炉内气流的分布以及传感器的检测精度, 这些因素的综合作用不仅降低了加热效率, 还直接影响了最终产品的均匀性及性能表现。

2.2 加热时间与温度匹配问题

加热时间与温度的匹配问题对高线加热炉的加热质量具有重要影响。在钢材加热过程中, 所需的加热时间与设定温度之间的关系极为关键。若加热时间不足, 预期温度可能无法达到, 结果会导致钢材内部结构未能有效转变, 进而影响后续加工性能与成品质量。若加热时间过长, 过

热现象可能随之而来,表面氧化及晶粒粗大的问题将导致材料的力学性能受到损害。不同类型及规格的钢材对加热时间与温度的要求存在差异,忽视这一匹配关系会增加加热不均匀的风险,导致生产过程中的变异性。因此,合理配置加热时间与温度,对于确保钢材质量与提升生产效率至关重要。

2.3 炉内气氛控制

炉内气氛的控制是影响高线加热炉加热质量的重要因素。气氛的组成与状态直接关系到燃烧效率、热传递效果及钢材的加热均匀性。若炉内氧气含量过高,钢材表面可能出现氧化现象,从而影响后续加工性能及表面质量,如果氧气含量不足,燃烧不完全的情况将导致产生的热量无法有效传递至钢材,降低加热效率。此外,炉内气氛中氮气、二氧化碳等气体浓度的变化同样会影响热传递特性,进而导致温度的均匀性受到影响。不当的气氛控制会造成炉内环境的变化,影响加热效果及钢材的物理化学性质。因此,确保炉内气氛的稳定性与合理性,是提高加热质量的关键。

2.4 空燃比控制

空燃比的控制是高线加热炉加热质量的重要因素之一。空燃比定义为空气与燃料的比例,直接影响燃烧过程的效率与稳定性。当空燃比过高时,过量的空气可能导致燃料未能充分燃烧,从而产生低效热量,进而影响炉内温度的均匀性。相对而言,若空燃比过低,燃料的燃烧可能出现不完全,产生有害气体并导致热量不足,这种不均衡的燃烧状态将影响炉内气氛,导致温度分布不均,从而直接影响钢材的加热质量。此外,空燃比控制不当还可能导致炉内火焰的不稳定,增加操作风险形成安全隐患。因此,确保空燃比的精准控制,对于实现高线加热炉的高效加热至关重要。

3 改善高线加热炉加热质量的技术措施

3.1 加热制度的制定与优化

加热制度的制定与优化,是提升高线加热炉加热质量的关键环节。合理的加热制度应基于不同钢材类型的特性,结合生产需求与工艺要求进行细致设计。适宜的加热温度范围及时间的确定,确保钢材在加热过程中能够达到最佳的物理与化学状态。例如,对于不同直径与厚度的钢材,需制定差异化的加热曲线,以避免局部过热或加热不足的情况。同时炉内温度变化的监测,确保加热制度能够实时调整,以适应炉内气氛、燃料类型及其他外部条件的变化。在优化加热制度时,还需考虑炉体热传递效率,合理安排加热段的长度及温度分布,以保持炉内温度的均匀性,这一过程要求定期对加热制度进行评估与更新,应用数据分析技术收集生产中的温度、时间与能耗等数据,从而形成反馈机制指导制度的不断完善。

3.2 精细化分段加热的应用

3.2.1 炉温的分区优化

炉温的分区优化,在精细化分段加热中占据重要地位,

直接关系到高线加热炉的加热效率与产品质量,通过将炉内温度划分为多个区域,各区域可根据具体加热目标进行精确控制,从而实现更为均匀的热传递。关键在于合理设定每个分区的温度值,以满足不同钢材在加热过程中的需求。炉温分区优化通常将炉体划分为上、中、下多个加热段,各段的温度及加热时间应根据钢材特性与工艺要求进行调整。上部区域的温度可设定得相对较高,以满足钢材表面快速升温的需求,而中部与下部则需采用较低温度,以确保整体加热的均匀性及钢材内部结构的稳定性。温度梯度设计在各分区间亦需合理,以避免因温差过大而导致热应力集中。结合温度传感器的实时监测与数据反馈,炉温的分区优化能够实现动态调整,确保在不同生产条件下炉内温度的稳定。

3.2.2 加热时间的精确控制

加热时间的精确控制,作为确保高线加热炉加热质量的重要因素,直接影响钢材的加热均匀性及其最终物理性能,通过科学合理地设定加热时间,可以有效避免钢材局部过热或加热不足,进而提高生产效率。在控制加热时间时,需综合考虑多种因素,包括钢材的类型、尺寸、炉温分布及加热段设置等。在实际操作中,相应的加热时间标准需根据不同钢材的加热需求制定。例如,较厚的钢材通常需要较长的加热时间,以保证其内部温度均匀上升,较薄的钢材则需较短一些的加热时间。同时,实时监测炉内温度变化,使操作人员能够灵活调整加热时间,以应对不同生产条件及环境变化。采用先进的控制系统,可以实现对加热时间的精确调节及自动化管理,这种方式减少了人为操作可能带来的误差,提高了加热过程的稳定性与安全性。

3.2.3 炉内气氛优化与控制

炉内气氛的优化与控制,在高线加热炉的加热质量中扮演着重要角色,直接影响钢材的加热效果、表面质量及机械性能。在加热过程中,炉内气氛的成分,包括氧气、氮气及其他气体的浓度,需根据具体生产要求进行精确调节。优化炉内气氛的目的是创造适宜的环境,以促进燃料的充分燃烧,避免有害气体的生成及钢材表面的氧化。控制炉内氧气含量是关键环节之一,通过适度降低氧气浓度,可以有效防止钢材表面氧化,保持其纯净度与强度。因此,许多高线加热炉采用还原性气氛,引入氢气或氮气以稀释炉内氧气的浓度,这种控制方式不仅改善了表面质量,还降低了后续工序中清理氧化物的成本。气氛的温度与流速同样重要,通过优化炉气流动路径,确保气体在各个加热段均匀分布,能够避免某些区域因气氛不均而导致的加热效果不佳。同时,实时监测炉内气氛变化,并结合数据反馈进行动态调整,使得能够及时应对不同生产条件的变化,从而实现更高的加热稳定性。

3.2.4 空燃比的精细调节

在高线加热炉的燃烧过程中,空燃比的精细调节至关

重要。空燃比是空气与燃料之间的比例，准确控制这一参数能够直接影响燃烧效率、温度的稳定性及排放的环保性，通过精确调整空燃比，能够实现燃料的充分燃烧降低能耗，减少有害气体的排放，从而提高整体热效率。在实际操作中，合理的空燃比应根据炉内温度、燃料类型及工艺要求进行动态调整。若空燃比过低，燃料未能完全燃烧，热能的浪费及炉内温度不足的情况将会发生；而若空燃比过高，过量的氧气会被引入，不仅增加燃料消耗还有可能导致钢材表面的氧化。因此，科学的空燃比调节需关注燃料特性与炉体工作状态，通过实时监测与反馈机制进行精准调整。现代化的自动控制系统，能够实时分析炉内气体成分与温度数据，迅速反应并调整空燃比，此系统提高了操作的灵活性与稳定性，显著提升了生产效率，确保在不同生产条件下获得最佳的加热效果。

3.3 上部供热采用全平焰烧嘴

在高线加热炉中，采用全平焰烧嘴作为上部供热方案，被认为是一项重要的技术创新，目的是提升加热效率与产品质量，通过独特设计在炉内形成均匀而稳定的燃烧火焰，使得广泛的火焰覆盖范围与均匀的温度分布促进了钢材的整体加热效果。全平焰烧嘴通过提供适宜的空气与燃料混合比例，确保了燃烧过程的充分性^[1]。与传统烧嘴相比，此装置有效降低了氮氧化物（NO_x）等有害气体的排放，同时提升了热效率，这种改善不仅满足了环保要求，还帮助企业降低了运营成本。设计的另一优点在于能够实现更为精准的炉内温度控制，火焰的均匀分布避免了热点与冷点的形成，从而确保每段钢材在加热过程中获得相对一致的温度。显著提高了产品质量的这种均匀加热效果，尤其在钢材表面处理及后续加工过程中，能够减少因加热不均而产生的缺陷与损耗。在维护与操作上，全平焰烧嘴也较为简便，缩短了设备的停机时间，提升了生产的连续性，通过采用这一技术，不仅优化了高线加热炉的加热质量，还在环保与经济效益上实现了显著提升。

3.4 燃烧系统与热效率的提升

在高线加热炉的运行中，燃烧系统与热效率的提升，被认为极为关键，直接影响能源利用率及生产成本。一个高效的燃烧系统不仅确保燃料的充分燃烧，还最大限度地热能转化为有效的加热效果，从而提升整体热效率。优化燃烧系统的设计成为提升热效率的基础，现代燃烧系统通常配备先进的控制技术，能够自动调节空气与燃料的比例，确保在不同生产条件下维持最佳燃烧状态，通过精确控制空气流量，未燃烧燃料的排放能够有效减少，热损失也随之降低，从而提升系统的整体效率。选择高效燃烧器同样至关重要，燃烧器的设计能够确保燃料与空气充分混合形成稳定火焰，进而实现炉内热量的均匀分布，这种设计不仅

加快了加热速度还降低了局部过热现象，有助于延长设备的使用寿命^[2]。采用热回收系统是提高热效率的重要手段，通过回收炉内排放的废气热量，系统的能源利用率得以进一步提高，从而减少外部能源的消耗，这种循环利用模式不仅降低了运营成本，还符合现代工业的可持续发展理念。

3.5 智能控制系统的应用

在高线加热炉中，智能控制系统的应用，被认为为提升加热质量及运行效率提供了创新的解决方案，通过集成先进的传感器技术、数据分析与人工智能算法，该系统实现了对炉内各项参数的实时监控与自动调节。该系统能够实时收集关键数据，包括炉温、气氛成分及燃料流量等，这些数据不仅帮助操作人员了解炉内运行状态，还能够及时识别潜在问题，从而避免因温度不均或气氛异常而导致的产品质量问题^[3]。通过数据分析与处理，燃烧条件的自动调整得以实现，确保了燃烧过程的稳定与高效。加热过程的优化同样得益于智能化管理，基于实时数据分析，该系统为不同批次的钢材制定个性化的加热方案，以适应其特定的材料特性与加工需求，这种灵活的调整能力显著提高了加热的均匀性，同时减少了能源浪费，从而降低了生产成本。自我学习功能的具备，使得智能控制系统能够通过历史数据的分析，不断优化控制策略，以适应多变的生产环境与市场需求，这种自我调整的能力，不仅增强了生产的可靠性还提升了企业的竞争优势。

4 结语

高线加热炉的加热质量，对钢材生产效率及产品性能具有至关重要的影响。通过优化炉温控制、加热时间、气氛调节及空气与燃料比等关键因素，结合精细化的分段加热、全平焰烧嘴技术与智能控制系统的应用，显著提升热效率与降低能源消耗，企业得以实现显著成效。展望未来，随着智能化及自动化技术的不断进步，数据的收集与分析应被企业重视，以灵活应对市场变化。持续实施改进措施，经济效益的增强不仅能够实现，同时也有助于促进环境保护与可持续发展。

[参考文献]

- [1] 邓子波. 轧钢厂高线加热炉智能化燃烧技术研发[J]. 河北省, 金鼎重工有限公司, 2023(2): 24.
- [2] 朱善合, 宋中华, 罗巍, 等. 高线加热炉热平衡测试与节能技术改进[J]. 武钢有限技术中心, 2019(10): 4.
- [3] 卜振华. 高线加热炉步进梁控制原理及其相关知识[J]. 科技风, 2019(9): 180.

作者简介: 唐小俭(1976.7—), 男, 毕业院校: 南京农业机械化学学校, 学历: 中专, 所学专业: 机械设计与制造, 当前就职单位: 江阴兴澄特种钢铁有限公司, 职务: 生产调度, 所在职务的年限5年, 职称级别: 高级技师。