

中厚板加热炉加热工艺对板材轧制质量的影响

贾 斌 李 淑 刘青燕
安钢股份有限公司 河南 安阳 455004

摘 要: 中厚板轧制质量直接决定其工程应用价值,加热炉加热工艺是影响轧制质量的核心环节。本文分析中厚板加热炉加热工艺基础理论,探究加热工艺对轧制过程及板材尺寸精度、力学性能、表面与内部质量的影响,剖析加热工艺异常的危害及成因,提出针对性改进措施。研究表明,加热温度、时间、炉内气氛等参数的合理性,直接关系轧制过程稳定性与板材质量;工艺异常易引发多种质量缺陷,通过参数优化、设备升级及工艺协同等措施,可有效提升轧制质量,为中厚板生产提供技术参考。

关键词: 中厚板加热炉;加热工艺;轧制质量影响;改进措施

引言: 中厚板广泛应用于建筑、机械、造船等领域,其轧制质量直接影响后续产品的使用安全性与耐久性。加热炉作为中厚板生产的核心设备,其加热工艺的合理性的至关重要,不合理的加热工艺易导致板材出现尺寸偏差、表面缺陷、力学性能不达标等问题,制约生产效率与产品竞争力。当前工业生产中,加热工艺仍存在参数设定不精准、加热均匀性不足等问题。基于此,本文围绕加热工艺对中厚板轧制质量的影响展开研究,明确影响机制,提出改进措施,为实际生产提供支撑。

1 中厚板加热炉加热工艺基础理论

1.1 中厚板加热炉的类型与工作原理

中厚板生产中,加热炉是坯料加热的核心设备,其类型选择与工作效率直接影响后续轧制质量。目前工业生产中应用最广泛的为连续式加热炉,按供热方式可分为推钢式和步进式两种。推钢式加热炉结构简单、投资成本低,通过推钢机将坯料连续推入炉内,利用炉膛内燃料燃烧产生的高温烟气,实现坯料逐步升温;步进式加热炉则通过步进机构带动坯料移动,避免坯料与炉底摩擦,加热均匀性更优,适用于对加热质量要求较高的中厚板生产。两种加热炉均以热传导、热对流和热辐射为主要传热方式,通过燃料燃烧释放热量,使坯料从室温加热至轧制所需温度,为后续塑性变形提供条件。

1.2 加热工艺的核心构成要素

加热工艺的合理性由多个核心要素协同决定,主要包括加热温度、加热时间、炉内气氛及装炉方式。加热温度是核心参数,需根据坯料材质、规格确定预热、加热、均热各阶段的温度范围,确保坯料充分加热且不发生过热、过烧。加热时间需与温度匹配,包括升温时间和保温时间,既要保证坯料内部温度均匀,又要避免加热时间过长导致氧化烧损。炉内气氛分为氧化性和还原

性,合理控制气氛可减少坯料表面氧化,保护坯料质量。装炉方式与布料均匀性则影响炉内温度场分布,直接关系到坯料加热均匀性。

1.3 加热过程中的热传导与组织变化规律

坯料在加热炉内的升温过程,本质是热量从表面向内部传递的热传导过程,遵循傅里叶定律,热量传递速度与坯料导热系数、温度差相关。随着温度升高,坯料内部组织会发生规律性变化,低温阶段主要是珠光体、铁素体的晶粒细化,中温阶段发生奥氏体转变,高温阶段奥氏体晶粒逐渐长大。合理控制加热速度和保温时间,可使奥氏体晶粒均匀细化,提升坯料塑性和韧性;若加热速度过快、保温不足,会导致组织转变不充分,影响后续轧制质量;若加热温度过高、保温时间过长,会导致奥氏体晶粒粗大,降低坯料力学性能^[1]。

2 加热工艺对中厚板轧制过程及质量的影响

2.1 加热工艺对中厚板轧制过程的直接影响

中厚板轧制过程的稳定性、连续性,直接受加热工艺参数制约,加热工艺的调整会直接作用于轧制核心环节,结合工业生产实际,具体影响如下:(1)加热均匀性对轧制变形的影响。坯料加热均匀性是轧制顺利推进的前提,若上下表面、内外层温度差超过15℃,会导致塑性变形不均,粗轧阶段易出现咬入困难、坯料跑偏,增加精轧调整难度。实际生产中,步进式加热炉加热均匀性优于推钢式,可减少因加热不均引发的轧制故障。(2)加热温度对轧制力的影响。轧制力与坯料加热温度呈负相关,温度过低时,坯料组织转变不充分,塑性差、变形抗力大,需增大轧制力,既增加设备负荷,又易导致坯料受力不均;温度过高则塑性过度提升,变形失控,增加板形调整难度,影响精轧厚度控制精度。(3)加热时间对轧制节奏的影响。加热时间需与轧制节奏匹配,时间不

足会导致坯料温度未达标,变形困难,易出现轧制中断、卡辊;时间过长则会增加坯料表面氧化烧损,且使奥氏体晶粒粗大,影响后续变形均匀性,降低轧制效率、增加生产成本。(4)炉内气氛对轧制的影响。实际生产多采用弱氧化性气氛,氧化性过强会加快氧化铁皮生成,轧制时铁皮脱落附着轧辊,易造成板材压痕;局部还原性过强则会导致坯料表面脱碳,增加表面裂纹风险,影响轧制顺畅性^[2]。

2.2 加热工艺对中厚板轧制质量的具体影响分析

2.2.1 对板材尺寸精度的影响

尺寸精度是中厚板轧制质量的基础指标,直接决定板材的使用适配性,加热工艺对其影响主要体现在三个方面:(1)厚度精度。加热温度不均匀时,坯料各区域变形抗力存在差异,轧制过程中变形量不一致,易导致板材厚度偏差超过允许范围(通常为 $\pm 0.5\text{mm}$)。若加热温度过高,坯料塑性过强,轧制过程中变形量过大,易出现板材偏薄;若加热温度过低,变形抗力大,轧制变形量不足,易导致板材偏厚,后续需增加精轧次数,影响生产效率。(2)宽度精度。加热过程中,坯料受热膨胀不均匀,会导致宽度方向变形不一致,若坯料边缘加热温度高于中部,边缘膨胀量更大,轧制后板材宽度易出现偏差;若加热时间不足,坯料内部温度未达标,宽度方向变形不充分,易出现板材宽度偏窄,无法满足客户规格要求。实际生产中,需通过控制均热温度和时间,减少宽度偏差。(3)平直度。加热不均会导致坯料上下表面、左右两侧温度差过大,轧制过程中各区域变形量不同,易出现板材翘曲、波浪等平直度缺陷。例如,坯料上表面加热温度过高、下表面温度偏低时,轧制后板材易出现上凸现象;两侧温度高于中部时,易出现板材边浪,影响后续加工使用。

2.2.2 对板材力学性能的影响

中厚板的力学性能直接决定其使用场景,加热工艺通过影响坯料组织转变,进而作用于板材力学性能,具体表现为:(1)强度。加热温度过高或保温时间过长,会导致坯料奥氏体晶粒粗大,轧制后板材晶粒无法充分细化,抗拉强度和屈服强度会显著下降;若加热温度过低,组织转变不充分,坯料塑性不足,轧制过程中无法实现充分变形,板材强度会偏高,但韧性下降,易出现脆断。(2)韧性。韧性主要取决于坯料加热过程中的组织转变,若加热速度过快、保温不足,坯料内部奥氏体转变不充分,轧制后板材内部存在未转变组织,韧性大幅降低,低温环境下易出现断裂;合理控制加热温度和保温时间,可使奥氏体晶粒均匀细化,提升板材冲击韧

性,满足工程使用要求。(3)硬度。加热温度与硬度呈负相关,加热温度过高时,坯料晶粒粗大,轧制后板材硬度下降;加热温度过低,坯料变形不充分,板材硬度偏高,后续加工难度增加。实际生产中,需根据板材用途,精准控制加热参数,使硬度达到规定范围(通常为HB180-240)。

2.2.3 对板材表面质量的影响

板材表面质量直接影响其外观和使用性能,加热工艺是导致表面缺陷的主要因素之一,具体影响如下:(1)氧化铁皮。加热过程中,坯料表面与炉内氧气反应生成氧化铁皮,氧化铁皮厚度与炉内气氛、加热时间相关。炉内氧化性过强、加热时间过长,会导致氧化铁皮厚度超过 0.3mm ,轧制过程中氧化铁皮无法完全脱落,易压入板材表面,形成麻点、凹坑等缺陷,影响表面光洁度。(2)裂纹。加热速度过快时,坯料表面温度急剧升高,内部温度上升缓慢,内外温差过大导致热应力超过坯料抗拉强度,易产生表面裂纹;若加热温度过高、保温时间过长,坯料表面晶粒粗大,脆性增加,轧制过程中易出现表面裂纹,严重时会导致板材报废。(3)划伤。加热过程中,坯料与炉底、炉墙或其他坯料摩擦,会导致表面划伤,尤其是推钢式加热炉,坯料推进过程中与炉底接触摩擦,划伤概率高于步进式加热炉,划伤深度超过 0.2mm 时,需进行表面打磨处理,增加生产成本。

2.2.4 对板材内部质量的影响

板材内部质量是其长期使用稳定性的关键,加热工艺主要通过影响坯料组织转变,作用于内部质量,具体影响如下:(1)疏松。加热温度过低、保温时间不足时,坯料内部组织转变不充分,轧制过程中无法完全消除内部疏松缺陷,导致板材内部存在微小空隙,降低板材致密性,长期使用易出现疲劳损坏。(2)偏析。坯料加热过程中,若加热速度过快、温度不均,会导致坯料内部元素分布不均,出现成分偏析,主要表现为碳、合金元素在局部区域聚集,导致板材各区域力学性能差异较大,影响使用安全性。(3)组织缺陷。加热温度过高、保温时间过长,会导致奥氏体晶粒粗大,轧制后无法充分细化,形成粗大晶粒组织;加热温度过低,组织转变不充分,会残留珠光体、铁素体等未转变组织,这些组织缺陷会降低板材力学性能,增加后续加工过程中开裂的风险。实际生产中,需通过精准控制加热参数,减少内部组织缺陷^[3]。

3 加热工艺异常对轧制质量的危害及成因

3.1 加热工艺异常对轧制质量的危害

工业生产中,加热工艺异常是导致中厚板轧制质量

缺陷的主要诱因之一,危害贯穿轧制全过程且影响后续使用。常见危害集中在表面、内部及力学性能三大方面:表面易出现氧化铁皮增厚、表面裂纹,氧化铁皮过厚会在轧制中压入板材表面,形成麻点、凹坑,需额外打磨处理,增加生产成本;表面裂纹若未及时发现,轧制中会进一步扩展,导致板材报废。内部易产生晶粒粗大、组织不均等缺陷,降低板材致密性。力学性能上,会出现强度下降、韧性不足等问题,使板材无法满足工程使用要求,甚至引发后续加工或使用过程中的断裂事故,造成经济损失和安全隐患。

3.2 加热工艺异常的主要成因

加热工艺异常的成因主要源于设备、工艺参数和操作三个层面,三者相互关联、协同影响。设备层面,加热炉炉膛密封性能下降、加热元件老化、温度检测仪表失准,会导致炉内温度场分布不均、温度控制偏差,引发过热、过烧等异常。工艺参数层面,未根据坯料材质、规格合理设定加热温度、保温时间,或参数调整不及时,如升温速度过快、均热时间不足,会导致组织转变不充分、加热不均。操作层面,操作人员未严格按照规程操作,装炉布料不均、炉内气氛控制不当,或未及时发现设备异常,都会导致加热工艺出现偏差,最终影响轧制质量。

4 基于轧制质量优化的加热工艺改进措施

针对加热工艺存在的不足,围绕轧制质量优化目标,从参数、气氛、设备、工艺协同四个维度,制定切实可行的改进措施,具体如下:(1)加热参数的精准优化与自适应控制。结合坯料材质、规格差异,建立加热参数数据库,明确不同材质对应的预热、加热、均热温度及保温时间范围,避免参数设定盲目性。采用智能温度检测系统,实时采集坯料表面及内部温度数据,通过闭环控制实现参数自适应调整,及时修正温度偏差,杜绝过热、过烧及加热不足等问题,确保参数与坯料需求精准匹配。(2)炉内气氛与加热均匀性的改善方法。优化炉内燃烧系统,合理控制空气与燃料配比,将炉内气氛调

整为弱氧化性,减少坯料表面氧化铁皮生成。对于步进式加热炉,调整步进速度与布料密度,使坯料受热均匀;对于推钢式加热炉,优化推钢节奏,避免坯料堆叠,确保炉膛内温度场分布均匀,减少坯料内外温差。(3)设备升级与操作规范的完善。更换老化加热元件与温度检测仪表,提升温度检测精度和加热稳定性;加强炉膛密封处理,减少热量流失与气氛泄漏。制定标准化操作流程,明确操作人员岗位职责,定期开展技能培训,规范装炉、布料及参数调整操作,避免人为操作失误导致的工艺异常。(4)加热工艺与轧制工艺的协同优化。建立加热与轧制参数联动机制,根据轧制节奏调整加热时间与温度,确保坯料加热状态与轧制要求精准匹配。结合粗轧、精轧各阶段变形需求,动态调整加热参数,避免因加热状态与轧制变形不匹配,导致的尺寸偏差、组织缺陷等问题,提升轧制质量稳定性^[4]。

结束语:本文围绕中厚板加热炉加热工艺对轧制质量的影响展开系统分析,明确了加热工艺各环节及参数对轧制过程、板材质量的具体作用,剖析了工艺异常的成因与危害,提出了切实可行的优化改进措施。结合工业生产实际,所提改进措施可有效解决加热工艺存在的不足,提升轧制质量稳定性。后续可进一步优化加热参数与设备适配性,持续完善加热与轧制工艺协同机制,推动中厚板生产质量与效率的双重提升。

参考文献:

- [1]孔进丽,李睿鑫.中厚板低温加热与轧制工艺的研究[J].宽厚板,2024,30(6):34-37.
- [2]朱强强,王君,李建平,丁敬国,黄苏.中厚板加热炉板坯温度控制模型研究与优化[J].中国冶金,2021,31(9):143-148.
- [3]张浩泽,王隽生,张晓锋,尹正培,熊汉城,王玉康.轧制工艺对源于EB熔铸TC4板材组织和性能的影响[J].兵器材料科学与工程,2022,45(5):90-96.
- [4]欧金雄,孙乾.炉卷轧机氧化铁皮质量影响因素与工艺优化实践[J].冶金信息导刊,2025,62(6):33-36.