

Optimization of microcomponent activity-inertia ratio to improve coke quality

Ya Tu Wenjuan Pang Lina Zhang

Baogang Steel United Co., Ltd. Coal and Chemical Engineering Branch, Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract

The optimization of the activity-inertia ratio of micro-components in coke has important significance for improving the quality of metallurgical co. In this paper, the detection method of micro-components and the characterization of the content of active inert components were studied, and the influence of coal blending ratio on the distribution components was analyzed. The change of conversion efficiency of components with the change of coke temperature and the adjustment of component structure by coke time were investigated. The change rule of co's thermal strength, reactivity and mechanical properties under different activity-inertia ratios was discussed. The effect of optimizing the component ratio and the coke making process on improving anti-crushing and anti-abrasive properties of coke and reducing the loss of reactivity was summarized. It is proposed to accurately control the activity-inertia of micro-components to improve the comprehensive quality and performance of coke, and to provide technical support for the stable production of high-strength and low-reactivity high-coke in the industrial coke-making process, which has engineering application value.

Keywords

coke quality; micro-component; active inert ratio; process regulation

显微组分活性惰性比优化焦炭质量

图雅 庞文娟 张利娜

包钢钢联股份有限公司煤焦化工分公司, 中国·内蒙古 包头 014010

摘要

焦炭显微组分活性惰性比优化对提升冶金焦炭质量具有重要意义, 文章研究显微组分检测方法和活性惰性组分含量表征, 分析配煤比例调控对组分分布影响, 研究炼焦温度对组分转化效率变化及炼焦时间对组分结构的调节作用, 探讨不同活性惰性比条件下焦炭热强度、反应性及力学性能变化规律, 总结优化组分配比和炼焦工艺对提升焦炭抗碎抗磨性能及降低反应性损耗的效果, 提出精准控制显微组分活性惰性比以提升焦炭综合质量和性能, 为工业炼焦过程稳定生产高强度、低反应性优质焦炭提供技术支撑, 具有工程应用价值。

关键词

焦炭质量; 显微组分; 活性惰性比; 工艺调控

1 引言

焦炭质量直接影响高炉稳定顺行与能效水平, 显微组分中活性组分和惰性组分的比例决定焦炭在高温冶炼环境下的热强度、反应性和力学性能表现, 配煤结构及炼焦工艺控制对显微组分含量具有可调节性, 对于不同煤源特性和工艺参数对活性惰性比产生的影响关系, 需要开展精细化表征方法验证比值变化规律与焦炭性能关联, 以优化炼焦过程质量控制路径, 满足高炉强化冶炼条件下对焦炭强度与反应性平衡要求, 为后续显微组分表征方法、活性惰性比调控途径及性能提升规律分析奠定数据支撑和技术基础。

2 显微组分表征方法

运用偏光显微镜和反射率测定技术对焦炭显微组分进行定量表征, 需要在油浸物镜下利用光学反射差异识别活性组分和惰性组分边界。焦炭截面需进行细致抛光处理, 使观察面平整以减少光散射和干扰^[1]。测量前使用标准反射率片校准仪器, 确保测量基线稳定。获取反射率数值后与图像灰度分布进行匹配, 结合阈值分割提取不同组分区域, 实现面积与颗粒尺寸识别。利用图像处理软件进行像素点统计, 计算活性组分和惰性组分体积分数, 确保测量区域覆盖不同孔隙和微裂纹区域, 以真实反映组分空间分布特征。在测量过程中保持光源亮度稳定并控制环境振动, 保证不同样品间测试数据具备可比性和稳定性, 用于获得准确的活性惰性比定量结果。

【作者简介】图雅(1982-), 女, 蒙古族, 本科, 工程师, 从事煤焦化研究。

3 活性惰性比调控途径

3.1 配煤比例调控

调节配煤比例时,需要根据瘦煤和肥煤显微组分组成与可塑性参数,精确计算配比中镜质组含量和惰质组比例,将原煤组分配置在一定黏结性和灰分范围内,保证活性组分在炼焦塑化过程中形成连续骨架结构^[2]。瘦煤中镜质组含量较高,在加热时分解释放气体时易软化流动,形成连续相连接网络,肥煤中惰质组含量较高,颗粒结构稳定且难以软化变形,会在碳化过程中保持颗粒状骨架存在,使得不同对比对焦炭活性惰性组分含量产生可控影响。调节配煤比例还需要考虑原煤水分含量和挥发分释放速率对加热过程中塑性层厚度和软化范围的影响,避免因黏结性不足或可塑体扰动导致组分分布不均引发微裂纹扩展,破坏显微组分空间排布的完整性。

采用分层混合和精准称量方式将不同煤种进行预混合,结合密度分选去除部分矿物杂质和低反应性惰质颗粒,减少在炼焦过程中非活性组分干扰组分界面结合,确保炼焦前煤料结构的均匀性和稳定性。混合煤料在入炉前保持颗粒分布均匀,避免局部浓度偏析影响加热阶段的反应速率和可塑体厚度稳定性,使得不同配煤比例在炼焦过程中能够稳定反映在焦炭显微结构中,通过精准调节实现焦炭截面中活性惰性比可控范围,为后续热强度和反应性匹配条件提供稳定的组分基础。

3.2 炼焦温度控制

炼焦温度影响显微组分在加热升温阶段的重组速率和分解过程,升温速度越快,镜质组在较高温度段内快速软化流动并完成分解形成半焦结构,使得活性组分迅速完成分布并在一定温度范围固定成骨架状态,惰质组在高温下表面发生部分熔融,与周围活性组分形成结合界面层,形成具有一定强度和完整性的显微结构界面^[3]。在高温段内保持温度平台稳定,可使气体释放速率平缓,有利于焦层中气孔形成均匀孔隙网络,减少因气体过度释放造成的孔洞不均匀或活性组分分层间断裂,使显微结构稳定形成连续骨架。

在实际炼焦过程中利用分段加热控制温度梯度,将预热区、中温区 and 高温区的升温速率进行精细化调整,使煤料在升温过程中分解和重组顺序可控,使活性组分和惰性组分分布在焦炭截面中呈现均匀排布特征。监测焦炉上层和中心温度,校正不同位置温差范围,避免局部过热引起显微结构膨胀和破碎,通过精确控制高温保温时间和降温速率,使得最终焦炭显微结构中活性惰性比固定在目标范围,实现稳定获得均匀且可控的显微组分分布状态,为获得良好的显微结构提供完整的炼焦温度控制路径。

3.3 炼焦时间调整

炼焦保温时间直接影响活性组分和惰性组分在高温碳化阶段的重组和固定过程,较短保温时间下镜质组未完全重组固化,部分结构未完成稳定排列,易在降温过程中因结构

收缩引起微裂纹产生,使显微结构界面不完整,导致组分比例偏离预设目标,造成活性组分和惰性组分分布不均匀^[4]。延长保温时间有助于半焦体结构稳定转化,促进镜质组形成连续片状结构骨架,使惰质组颗粒与活性组分界面连接紧密,焦炭中显微组分的分布更加稳定,减少在降温收缩过程中的裂缝扩展,有利于保持稳定的显微结构比例关系。

在调整炼焦保温时间时,需要结合焦炉内气体排放速率、升温速率及配煤结构参数,将排烟温度与中心温度进行实时监测,根据焦层收缩状态和表面硬化速度灵活调整保温时长,使显微组分固定在结构完整的状态下完成出焦操作,保证显微结构的完整性和均匀性。较长保温时间有利于焦炭结构中惰性组分周围碳层增厚,使颗粒间连接更紧密,焦炭截面活性惰性比稳定在可测可控范围,减少结构微裂纹产生和局部结构缺陷,为后续反应性和热强度控制阶段提供稳定的显微结构支撑条件。

4 活性惰性比优化效果

4.1 热强度变化分析

活性惰性比影响焦炭高温抗碎抗磨性能,在炼焦过程中不同瘦煤和肥煤配比条件下形成的显微组分比例使焦炭骨架结构和孔隙分布状态发生改变,直接作用于热强度表现^[5]。含高活性组分时,镜质组在高温条件下形成连续骨架结构,显微组分边界紧密贴合,气体排放时形成连通孔隙均匀释放应力,避免内部应力集聚产生的微裂纹扩散和骨架断裂。惰性组分颗粒分散填充骨架间隙形成微支撑结构,在高温转鼓摩擦和掉落冲击中可减少骨架破碎面积,降低二次碎块的产生速率,维持颗粒完整率。低活性惰性比下骨架断续,孔隙不均导致应力集中,在热震后易出现贯穿性微裂纹,碎块快速剥落造成强度下降,转鼓磨损残留减少,颗粒整体破碎率升高,高活性惰性比可稳定支撑高温下的焦炭颗粒结构,使抗碎抗磨性能持续维持在较高水平,减少炼铁过程粉化率。为直观反映不同配煤比例下焦炭热强度中粒径完整率与破碎率随活性惰性比变化的趋势,绘制下图1进行对比展示。

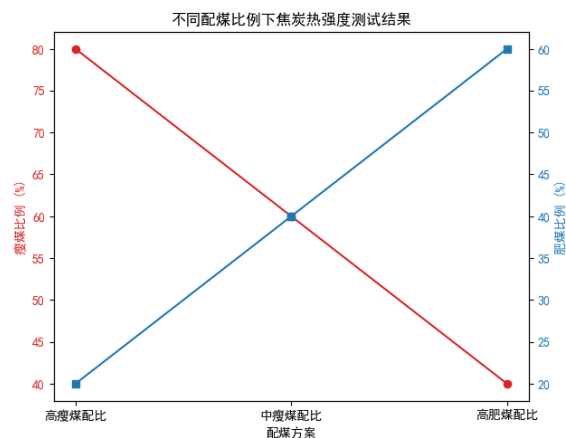


图1 不同配煤比例下焦炭热强度测试结果

高瘦煤配比条件下活性惰性比 0.92 时, M40 达到 79, 碎块产生量降至 6, 转鼓残留量 55, 高于高肥煤配比条件下的 43, 表明高活性惰性比在热强度测试中表现出较高抗碎性和低碎块产生特性。

4.2 反应性变化分析

不同活性惰性比下焦炭与 CO₂ 气氛反应速率和残碳量表现出差异, 配煤结构及炼焦工艺调整使镜质组含量上升时, 焦炭骨架结构内部形成大量连通微孔道, 气体可顺畅渗入内部骨架接触活性位点, 增强焦炭表面和内部结构的均匀反应性。活性组分较高时表面活性位点数量和深度增加, 反应过程中形成均匀的碳气化带, 气体扩散路径缩短, CO₂ 在孔隙中持续与活性碳接触发生反应, 反应速率维持在高水平。惰性组分较高时显微骨架紧密但活性位点少, 气体难以进入内部结构, 导致表面优先反应形成隔离层降低反应速率, 气化速率下降。高活性惰性比条件下气化反应深度大、残碳量少, 焦炭结构保持完整避免粉化, 使反应条件稳定并可控。为展示不同炼焦温度条件下活性惰性比对焦炭 CO₂ 反应性及残碳量和气化速率变化的影响, 整理下表 1 以供对比分析。

表 1 不同炼焦温度下焦炭 CO₂ 反应性测试结果

炼焦温度 (°C)	活性惰 性比	CRI (g)	CSR (g)	残碳量 (g)	气化速率 (g/min)
1100	0.7	30	62	40	0.55
1150	0.81	36	66	36	0.63
1200	0.89	41	69	33	0.71

炼焦温度升高至 1200℃使活性惰性比提升至 0.89 时, CRI 提高至 41, CSR 提升至 69, 气化速率增至 0.71, 残碳量减少至 33, 高温和高活性惰性比条件提升了 CO₂ 反应效率并保证结构完整。

4.3 力学性能变化分析

活性惰性比对焦炭抗压强度和抗冲击性能影响显微结构的完整性和微观受力模式, 高活性组分在高温下形成连续骨架支撑结构, 使颗粒内部应力在压缩过程中均匀分布, 微裂纹传播路径拉长, 裂纹扩展速率降低, 颗粒完整率提高, 抗压强度稳定增加。在冲击加载过程中, 高活性惰性比形成的孔隙网络可吸收部分冲击能量, 降低局部应力集中点造成的脆性破裂, 颗粒边界紧密连接, 形成互锁结构, 使焦炭在冲击过程中保持整体稳定状态。惰性组分高时颗粒间结合松散, 孔隙分布不均匀, 导致冲击力作用下颗粒易产生剥落破碎现象, 抗冲击强度降低, 颗粒破碎率上升, 粒径分布向细粒偏移。高活性惰性比有效提升焦炭力学稳定性和冲击条件下完整率, 保证颗粒粒径稳定性和抗破碎能力。为直观展示

不同炼焦保温时间下活性惰性比对焦炭抗压强度、抗冲击强度及粒径完整率和破碎率的影响规律, 绘制了下图 2 以反映力学性能变化趋势。

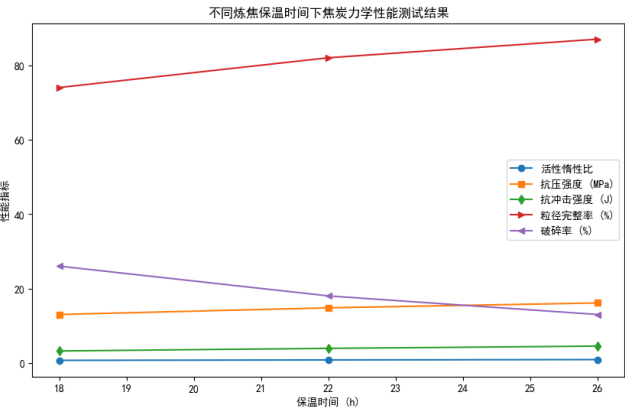


图 2 不同炼焦保温时间下焦炭力学性能测试结果

保温时间从 18h 延长到 26h, 活性惰性比从 0.68 升至 0.88 时, 抗压强度从 13.0 MPa 增至 16.1 MPa, 抗冲击强度从 3.2 J 升至 4.5 J, 粒径完整率从 74% 升至 87%, 破碎率从 26% 降至 13%, 体现高活性惰性比提升了焦炭抗压抗冲击能力, 降低了破碎率。

5 结论

研究表明, 不同配煤比例、炼焦温度和保温时间条件下可有效调节焦炭显微组分活性惰性比, 提高活性组分含量形成连续骨架结构和均匀孔隙分布, 提升焦炭高温抗碎抗磨性能和粒径完整率, 增强与 CO₂ 气氛下的气化速率并保持较低残碳量, 提高抗压强度和抗冲击强度并降低破碎率, 获得稳定可控的显微组分结构和力学性能参数, 为焦炭绿色稳定生产和高炉强化冶炼提供精细组分调控路径, 未来可在工业炼焦大数据质量控制中应用以实现精准高效优化。

参考文献

[1] 况雨岑.基于浮沉分离的煤岩显微组分结构属性及热解行为研究[D].重庆大学,2023.

[2] 边春杨,徐秀丽,姜雨.煤岩显微组分对焦炭性能影响的研究进展[J].煤炭加工与综合利用,2021,(09):82-85.

[3] 雷磊.基于煤岩配煤的焦炭质量预测模型构建[D].华北理工大学,2021.

[4] 宋巧.炼焦煤粒度对其性质以及焦炭质量的影响研究[D].安徽工业大学,2020.

[5] 马志江.炼焦煤水分对干燥煤成焦过程及焦炭质量影响的研究[D].武汉科技大学,2020.