 DOI: https://doi.org/10.12349/mit.v3i1.10713

A Brief Analysis of the Method for Extracting Chromium from the Calcium-Free Roasting Production Process of Chromite

Rong Liao

Hubei Zhenhua Chemical Co., Ltd., Huangshi, Hubei, 435000, China

Abstract

This study specifically addresses the challenges in chromium extraction during the calcium-free roasting process of chromite ore. It meticulously examined how key process parameters—including roasting temperature, roasting time, oxygen concentration and atmosphere, alkali dosage, and material particle size—afect the final extraction efficiency. Through continuous optimization of these parameters, experimental results clearly demonstrate that strict control of critical conditions significantly enhances chromium extraction rates while effectively reducing energy consumption and minimizing environmental impact. This extraction method improves chromium resource utilization efficiency, advances the goal of more environmentally sustainable metallurgical processes, and provides crucial technical support with broad future applicability. The experimental data unequivocally highlight the method's numerous advantages and outstanding value.

Keywords

chromite; calcium-free roasting; chromium extraction

浅析铬铁矿无钙焙烧生产工艺提取铬的方法

廖荣

湖北振华化学股份有限公司，中国 · 湖北 黄石 435000

摘　要

这项研究专门针对铬铁矿无钙焙烧生产工艺中铬提取方面的难题，仔细检查了焙烧温度、焙烧时间、氧气浓度与气氛、配碱量以及物料粒径等关键工艺参数对最终提取效果的影响机制。通过不断调整和改进各种工艺参数，实验结果清楚地显示，只要严格控制一些重要的关键条件，就可以让铬提取率得到显著提升，并且还能有效减少生产过程中的能耗，同时尽量降低对环境造成的负面影响。这种提取方法能够帮助提高铬资源使用的效率，推动实现更加环保的冶金生产工艺目标，提供了非常关键的技术支持，未来应用范围会非常广泛。实验数据清楚显示出这种方法具备很多突出的优点，其重要价值也非常突出。

关键词

铬铁矿；无钙焙烧；铬提取

1 引言

铬作为一种非常重要的战略资源和高价值的冶金材料，高效提取的技术一直受到工业界和学术界的广泛关注。随着全球资源越来越紧张，环境保护的要求变得越来越严格，铬铁矿无钙焙烧这种工艺因为能够同时做到高效利用资源和绿色生产的双重好处，所以受到了很多人的重视和深入研究。现在有很多研究数据表明，焙烧时使用的温度、焙烧时间、氧气浓度与气氛、配件率、填料以及各物料粒径这些工艺上的关键因素，都会对铬的提取效率和最终产品的质量产生很大的影响。传统的焙烧工艺在能源消耗、对环境造成的污染以及资源的浪费方面存在不少问题，急需通过不断改进来提升整个工艺水平，并且让各个环节更好地结合起来。过去关于这个领域的探索工作已经取得了不少成果，但各个工艺参数之间的复杂相互作用关系和背后的物理化学原理还没有被完全搞清楚，这严重阻碍了绿色冶金工艺的大范围推广应用。考虑到当前存在的这些问题，这项研究全面分析了铬铁矿无钙焙烧过程中焙烧温度、焙烧时间与氧气气氛、配件率、填料以及各物料粒径这些关键因素如何协同发挥作用，希望找到不同参数组合下铬提取效率的变化规律，从而帮助减少生产中的能源消耗，减轻对环境的破坏，并且提高资源的利用效率。这项研究的主要目标是设计出一套合理又容易控制的无钙焙烧提铬工艺方案，为提升国内铬资源深加工的整体技术水平以及推动绿色冶金技术的持续发展提供

【作者简介】廖荣（1986–），女，中国湖北黄石人，本科，工程师，从事铬盐清洁生产与工艺优化、铬系功能材料研发及含铬固废资源化利用等研究。

坚实的理论基础和技术保障。

2 无钙焙烧工艺概况

无钙焙烧技术属于铬铁矿冶金过程中的前处理方法，是一种环保效果很好的方式。主要原理就是利用高温来帮助矿石里面的铬元素顺利释放出来，完全不用加入钙这种物质，这样就能大幅减少对周围环境造成的破坏以及相关生产费用。整个过程主要用铬铁矿作为原材料，完全不使用任何钙类化合物，依靠碱跟矿物里面的铬铁化合物进行化学反应，把三价铬转变成能够溶解的六价铬化合物。焙烧时使用的温度、矿石的具体成分以及碱的用量都会明显改变铬元素的移动情况和最终提取效果。采用无钙焙烧这种方式比老式的工艺能很好地避免产生大量含钙废渣和难以处理的废水问题，资源利用效率非常高，对保护生态环境起到关键作用。

3 工艺参数讨论及效应机理

3.1 焙烧温度对提取效率的调控

焙烧温度对于铬铁矿无钙焙烧工艺里的铬提取效率起到非常重要的作用，成为决定整个工艺效果的关键因素。实验结果表明，在各种不同的焙烧温度情况下，由于热化学反应的作用，铬元素被释放出来的具体表现方式会有所不同。如果焙烧温度比较低，可能会导致矿石里面的铬活性不够高，最终造成提取效率变得很差。但如果焙烧温度太高，就可能因为反应过于激烈而生成一些不容易被提取的稳定化合物，这样反而会妨碍回收的效果。经过不断调整和改善温度的范围，研究人员终于找到了一个合适的温度区间，这个区间能够让矿物组分更好地分解和反应，同时铬的释放总量也有了明显的提升。深入研究之后还发现，最佳的焙烧温度能够很好地促进目标反应顺利完成，同时还能避免能量消耗过大或者材料性能下降的问题，从而为整个提取工艺实现操作更加精确和效果更好提供了非常重要的参考依据。这样的调整方法对于推广和应用相关工艺到实际工业生产中起到了很好的推动作用。

3.2 焙烧时间与气氛条件的协同作用机理

焙烧时间与氧气浓度及炉内气氛是铬铁矿无钙焙烧工艺中控制铬氧化反应深度与提取效率的关键动力学因素。研究发现，科学调控焙烧过程中的高温持续时间与氧气供给水平，能够显著影响铬尖晶石结构的破坏程度及三价铬向六价铬的转化效率。在焙烧初期，充足的氧气浓度与流动气氛有利于维持炉内的氧化性环境，促使铬铁矿与碱金属盐发生充分的气固反应；若焙烧时间不足或氧气浓度偏低，将导致铬氧化不完全，提取率受限。相反，过长的焙烧时间不仅增加热能损耗，还可能引发局部过热导致的物料烧结，阻碍氧气向反应界面的进一步扩散。实验结果表明，结合适当的空气流量与恒温保持时间，能够实现反应体系的最佳动力学匹配，在确保铬高转化率的同时抑制副反应发生。此外，炉内气氛的均匀性对于规模化生产至关重要，通过优化物料翻动与气体分布设计，可进一步提升氧化焙烧的一致性与整体提取效果。

3.3 物料组成与配比及粒径对工艺效应的影响

物料组成与配比——特别是配件率、填料以及各物料粒径，以及入炉物料的粒径分布，是影响无钙焙烧传质效率与反应完全度的决定性物理参数。配件率的精确控制直接关系到铬氧化反应的化学计量平衡与液相生成行为：碱量不足将导致铬转化率显著下降，而碱量过多则易使物料熔融结块，恶化炉内透气性与操作稳定性。与此同时，物料粒径的大小决定了气固接触面积与氧气内扩散的阻力。研究表明，将铬铁矿粉碎至适宜的细度范围，能够有效缩短氧气及熔融碱向矿相核心扩散的距离，加速铬尖晶石的分解与氧化过程。若粒径过粗，反应仅在颗粒表层进行，内部铬资源难以释放；粒径过细则可能导致粉料团聚，影响床层孔隙率与气体流通。因此，在工业生产中，基于原矿成分波动合理调整配碱比例，并通过分级研磨工艺控制入炉物料粒径分布，是维持焙烧工序高效、低耗运行的重要技术保障。

4 能耗控制与环境效益改进

4.1 生产能耗特点与优化途径

铬铁矿没有添加钙的焙烧生产工艺特点主要体现在高温焙烧阶段、碱消耗情况和辅助设备运转情况这几个方面。焙烧过程必须维持很高的温度，这样才能保证铬元素被有效分离出来，焙烧炉使用的能源消耗成了生产中最重要的能耗部分。碱量在反应中的用量会直接影响到铬提取的效果，但如果使用量不合理地过多投放，就可能造成资源的浪费，从而导致能源消耗增加。矿石预处理和尾气处理这些辅助环节的设备负担也对整体能耗造成了很大的压力。

根据以上能耗特点，优化方法主要涵盖提高热能利用效率、合理调配件率比例以及改进辅助设备运行。提高热能利用效率可以依靠改进焙烧炉结构设计和热能回收系统的建设来完成，比如运用先进的热力学原理，建立循环利用体系，这样就能减少能源浪费。配件率的合理调整必须根据矿石成分特性及工艺参数来进行精确配比，既要保证反应效果，又要尽量降低不必要的消耗。辅助设备的运行能够借助自动化控制技术优化电机负载和处理系统的能量消耗，使用节能型设备来降低整体能耗。

4.2 环境影响指标及改善措施

无钙焙烧工艺在提取铬铁矿中的铬元素时，环境带来的危害主要表现在废气释放、粉尘污染和废渣处置这几个方面。通过仔细研究和不断改进相关工艺流程，针对以上提到的问题提出了很多具体的解决办法和改进措施。关于废气释放的问题，通过改善焙烧炉的内部结构设计，并且合理调整焙烧过程中的温度控制参数，能够有效减少有害气体的生成量，再配合使用先进的废气处理设备对气体进行净化和消解，从而大幅降低污染物的外排总量。对于粉尘污染的管理，

采取高效除尘装置并设置密闭的操作空间环境，这样可以明显提高生产场所的空气洁净度和整体环境质量。至于废渣处置方面，深入研究并开发出废渣的再利用技术方案，具体包括从废渣中回收一些剩余的金属资源成分，还可以用来制造各种建筑材料产品，这样做既减少了固体废弃物堆积占用的土地面积问题，又有效节约了土地资源的消耗。通过以上提出的这些具体解决办法和改进措施，大大提高了整个工艺流程的环保性能和水平，为打造一种更加环保友好的冶金工业发展道路奠定了坚实的理论依据和实际操作支持基础。

5 工艺特点归纳与应用推广潜力

5.1 工艺优势及特点归纳

无钙焙烧生产工艺针对铬铁矿资源的高效提取和环保冶炼展现出非常突出的优势，这些优势主要表现在提取效率、能源消耗控制和环境保护效果等多个方面。经过对焙烧温度、焙烧时间与气氛条件、配碱量以及物料粒径的不断改进与系统优化，这种技术能够显著提高铬的提取比例，大幅增强资源利用的效能，同时有效减少资源浪费的情况，特别是在处理低品位铬铁矿时展现出非常重要的技术价值。采用这种工艺完全不使用钙基添加剂，燃烧过程中产生的碳排放和其他污染物排放量大大减少，环境受到的影响也变得很小，完全符合当今绿色冶金发展的具体要求。经过优化的设计方案使得能源消耗量明显降低，在大规模工业应用中展现出非常明显的经济优势和环保作用。无钙焙烧工艺属于一种以可持续发展目标为核心的技术创新成果，拥有很大的推广应用空间，为铬铁矿资源的绿色开发和实际利用提供了坚实的技术支持和可靠保障。

5.2 推广应用的可行性论述

无钙焙烧这种新方法能够带来很多实际好处。使用这种方法可以明显减少生产时对钙这种物质的依赖，这样就能有效避免传统技术可能造成的环境污染问题。依靠不断改进焙烧过程中的温度曲线、恒温时间、供氧条件以及物料配碱比例与粒径控制这些重要环节，可以大大提高回收铬金属的比例和资源使用的整体效果，完全符合当前社会提倡绿色环保冶金和可持续发展生产的实际需要。实验数据清楚显示，无钙焙烧技术能够在各种不同矿石成分的情况下保持很高的回收效率，并且表现出适应性很强、应用范围很广的独特特点。依靠能耗比较低的运行方式加上环保生产方面的突出优势，这种方法对于帮助铬资源实现高效开采、减轻冶金行业面临的环境压力起到了非常重要的作用，同时也为相关领域的技术革新和市场推广提供了坚实可靠的知识基础和未来发展的长远支持。

5.3 未来应用发展与改进路径

铬铁矿无钙焙烧提取铬的技术未来能够依靠更深入地研究不同矿石种类的适应性问题，并且不断改进焙烧过程中的温度、气氛、配件率、填料以及各物料粒径等具体工艺参数，最终让整个生产工艺变得更加稳定并且效率更高。还需要大力推广使用智能化控制技术，从而让生产流程实现更高的自动化水平，并且让各种资源得到更好的利用。结合绿色环保的生产方法和相关的环境保护技术，认真改进污染气体和废水排放的管理机制，积极推动整个行业转向更加环保的方向发展，同时满足越来越严格的环境质量标准和资源长期使用的实际需求，最终让这种技术在冶金行业中获得更广泛的应用机会。

6 结语

本次研究工作帮助大家更加科学地调整和优化工艺参数，同时对反应过程的具体情况进行了一定程度的了解。但是目前的研究仍然存在一些不足之处，比如试验使用的样品数量还不够多，数据的可靠性需要进一步确认，而且当面对含有大量杂质的复杂矿石时，微量杂质对提取效果的影响还没有深入了解。下一步计划增加更多的试验数据样本，搭建一套精确的动力学模型，同时还要尽快把研究成果应用到实际生产环境中进行检验，并对整个生产流程进行更细致的管理和改进，最终实现高效并且稳定的铬提取工艺。

参考文献

[1] 康春生.铬铁矿焙烧渣贮存对渣性能影响研究[J].铁合金,2021,52(03):28-30.

[2] 齐天贵,李耀民,王鹏,李小斌,彭志宏,刘桂华,周秋生.铝酸钠对铬铁矿无钙焙烧过程中铬氧化的影响（英文）[J].Transactions of Nonferrous Metals Society of China,2023,(08):2497-2510.

[3] 齐天贵,李耀民,王鹏,李小斌,彭志宏,刘桂华,周秋生.铝酸钠对铬铁矿无钙焙烧过程中铬氧化的影响[J].中国有色金属学报:英文版,2023,33(08):2497-2510.

[4] 周彦阔,全学军,封承飞,蹇成宗.微波强化焙烧铬铁矿液相氧化浸出研究[J].重庆理工大学学报：自然科学,2023,37(04):315-320.

[5] 陈向,廖德华.某铬铁矿磁浮联合回收实验研究[J].矿产综合利用,2021,(01):61-64.