

铅冶炼废渣中有价金属的综合回收与利用方法探讨

王立能

广西南丹南方金属有限公司 广西河池

【摘要】 铅冶炼废渣中含有铜、锌、银等有价金属，其回收利用对资源节约和环境保护意义重大。本文分析了铅冶炼废渣中有价金属回收的现状与挑战，探讨了湿法冶金与火法冶金协同的高效综合回收工艺，并提出了资源化利用与环境友好的协同路径。结果表明，优化工艺参数、开发新技术、加强环境管理及政策支持，可显著提高金属回收率，降低能耗与污染，推动行业可持续发展。

【关键词】 铅冶炼废渣；有价金属；综合回收；环境友好；资源化利用

【收稿日期】 2025 年 6 月 13 日

【出刊日期】 2025 年 7 月 11 日

【DOI】 10.12208/j.jer.20250325

Exploration of comprehensive recovery and utilization methods for valuable metals in lead smelting slag

Lineng Wang

Nanfang-ferrous, Hechi, Guangxi

【Abstract】 Lead smelting slag contains valuable metals such as copper, zinc, and silver, and their recovery is of great significance for resource conservation and environmental protection. This paper analyzes the current status and challenges of valuable metal recovery from lead smelting slag, explores the efficient comprehensive recovery process combining hydrometallurgy and pyrometallurgy, and proposes a coordinated path for resource utilization and environmental friendliness. The results show that optimizing process parameters, developing new technologies, and strengthening environmental management and policy support can significantly improve metal recovery rates, reduce energy consumption and pollution, and promote sustainable industry development.

【Keywords】 Lead smelting slag; Valuable metals; Comprehensive recovery; Environmental friendliness; Resource utilization

引言

铅冶炼废渣的妥善处理是当前资源与环境领域的重要课题。随着铅冶炼行业的快速发展，废渣产生量不断增加，其中蕴含的有价金属若能高效回收，不仅能减少资源浪费，还能降低废渣对环境的潜在危害。然而，传统回收工艺存在诸多局限，难以满足复杂废渣处理的需求。因此，探索高效、环保的综合回收工艺，并实现资源化利用与环境友好的协同发展，对于推动铅冶炼行业的可持续发展具有重要意义。

1 铅冶炼废渣中价金属回收的现状与挑战

在铅冶炼过程中，废渣的产生不可避免，而其中蕴含的有价金属如铜、锌、银等，具有重要的回收价值。然而，目前铅冶炼废渣中有价金属的回收现状面临着诸多挑战^[1]。一方面，废渣成分复杂，除了主要的有价金属外，还夹杂着大量的杂质，这使得金属的分离与提取难度极大。传统的回收工艺多采用单一的湿法或火

法冶金方法，但这些方法存在明显的局限性。例如，湿法冶金虽然能够有效浸出部分金属，但对于一些难溶金属的浸出效率较低，且浸出液的处理成本较高；火法冶金则需要高温条件，能耗大，同时会产生大量的烟气和二次废渣，对环境造成较大压力。另一方面，随着环保要求的不断提高，废渣处理的环境标准日益严格。目前，许多企业在回收有价金属时，往往忽视了对废渣的后续处理，导致废渣堆积如山，不仅占用大量土地，还可能对土壤、水体和空气造成污染。此外，废渣中有价金属的回收率普遍较低，大量金属未能被有效提取，造成了资源的巨大浪费。这不仅影响了企业的经济效益，也对整个行业的可持续发展构成了威胁^[2]。在技术层面，虽然近年来冶金技术取得了一定进展，但在铅冶炼废渣中有价金属的回收方面，仍存在技术瓶颈。现有的回收技术大多依赖于传统的化学试剂和工艺流程，这些方法在处理复杂废渣时，往往难以达到理想的回收效

果。同时,回收过程中的能耗和成本问题也制约了技术的广泛应用。高昂的回收成本使得许多企业望而却步,导致大量废渣未能得到有效处理。此外,行业内的回收标准和规范尚不完善,缺乏统一的技术指导和质量控制体系。不同企业在回收工艺的选择和操作上存在较大差异,这不仅影响了回收效率和质量,也增加了行业的监管难度。在市场竞争日益激烈的背景下,企业更关注短期经济效益,而对环境保护和资源可持续利用的重视程度相对不足。这种现状不仅不利于行业的健康发展,也与当前全球倡导的绿色发展理念背道而驰。因此,要实现铅冶炼废渣中有价金属的高效回收与利用,必须从技术、经济和环境等多个角度出发,探索创新的解决方案。这不仅需要企业加大技术研发投入,也需要政府加强政策引导和监管力度,推动行业向绿色、高效、可持续的方向发展^[3]。

2 高效综合回收工艺的探索与优化

在铅冶炼废渣中有价金属的回收过程中,探索和优化高效的综合回收工艺是实现资源高效利用与环境保护的关键环节。目前,湿法冶金和火法冶金是两种主要的回收技术,但单一的工艺往往难以满足复杂废渣的处理需求。因此,将湿法冶金与火法冶金相结合,形成协同回收工艺,成为解决这一问题的重要方向^[4]。

湿法冶金工艺通过化学浸出的方式,能够有效提取废渣中的有价金属。该工艺通常包括浸出、净化、富集和沉淀等步骤。在浸出过程中,选择合适的浸出剂和浸出条件是提高金属回收率的关键。对于一些难浸出的金属,如银,可以通过添加氧化剂或采用特定的浸出体系来提高其浸出率。然而,湿法冶金过程中产生的浸出液成分复杂,含有多种金属离子和杂质,需要进一步的净化和富集处理。通过离子交换、溶剂萃取等技术,可以有效分离和富集目标金属,提高回收效率。火法冶金则利用高温熔炼的原理,通过氧化、还原等反应,将废渣中的有价金属转化为金属或合金形式。该工艺的优点在于能够处理高品位的废渣,并且可以同时回收多种金属^[5]。在火法冶金过程中,选择合适的熔剂和还原剂是影响金属回收率的重要因素。例如,在熔炼过程中添加适量的石英作为熔剂,可以降低熔体的黏度,促进金属与渣的分离。同时,采用合适的还原剂,如焦炭或煤粉,可以实现金属的有效还原。然而,火法冶金需要高温条件,能耗较高,且在熔炼过程中会产生大量的烟气和粉尘,对环境造成一定影响。因此,需要对熔炼过程进行优化,以降低能耗和减少污染物的排放。为了充分发挥湿法冶金和火法冶金的优势,协同回收工艺

应运而生。该工艺通过将两种工艺有机结合,实现废渣中有价金属的高效回收。例如,在湿法冶金浸出后的残渣中,仍含有部分未浸出的金属,这些残渣可以通过火法冶金进一步处理,回收其中的有价金属。同时,火法冶金过程中产生的含金属烟尘也可以通过湿法冶金进行回收,实现资源的循环利用。在协同回收工艺中,需要对湿法冶金和火法冶金的工艺参数进行优化,以确保两种工艺的衔接和协同效果。例如,通过调整湿法冶金的浸出时间和温度,可以提高浸出率,同时为火法冶金提供更优质的残渣原料。在火法冶金过程中,通过优化熔炼温度和时间,可以提高金属的回收率,并减少烟气的产生^[6]。除了优化工艺参数,开发新型的回收技术和设备也是提高回收效率的重要途径。例如,采用先进的浸出技术,如超声波辅助浸出或微波辅助浸出,可以显著提高金属的浸出速率和回收率。这些新技术通过改变浸出过程中的物理化学条件,加速金属的溶解过程,提高浸出效率。同时,在火法冶金中,采用新型的熔炼炉和烟气处理设备,可以降低能耗,减少污染物的排放,提高工艺的环境友好性。在实际应用中,高效综合回收工艺的探索与优化还需要考虑经济因素。回收工艺的成本直接影响其在工业生产中的应用可行性。因此,在开发和优化回收工艺时,需要综合考虑技术的先进性、经济性和环境友好性。通过降低回收成本,提高金属回收率和资源利用率,可以增强回收工艺的市场竞争力,推动其在工业生产中的广泛应用。总之,探索和优化高效的综合回收工艺是实现铅冶炼废渣中有价金属回收的关键。通过结合湿法冶金和火法冶金的优势,开发新型技术和设备,并考虑经济因素,可以实现废渣中有价金属的高效回收与利用,推动铅冶炼行业的可持续发展。

3 实现资源化利用与环境友好的协同路径

在铅冶炼废渣中有价金属回收的实践中,实现资源化利用与环境友好的协同路径是推动行业可持续发展的必由之路。这一路径不仅需要从技术层面优化回收工艺,还需从环境管理与资源循环的角度出发,构建一个综合的解决方案^[7]。

资源化利用的核心在于将废渣中的有价金属高效提取并重新投入生产流程,实现金属资源的循环利用。在此过程中,高效的回收工艺是基础,而对回收过程中产生的二次废渣的处理则是关键。二次废渣的无害化处理和资源化利用是实现环境友好的重要环节。例如,通过湿法冶金回收金属后产生的浸出渣,通常含有少量残余金属和其他有价值成分。这些浸出渣可以通过

进一步的火法处理,回收其中的有价金属,同时将其转化为稳定的无害化产物,减少对环境潜在风险。在环境友好方面,减少回收过程中的能耗和污染物排放是关键。湿法冶金过程中,优化浸出剂的使用和回收流程,可以降低化学试剂的消耗和废水的产生。同时,采用先进的废水处理技术,如膜分离技术或生物处理技术,可以实现废水的循环利用,减少对水资源的依赖。在火法冶金中,采用高效的烟气处理系统,如静电除尘和湿式洗涤,可以有效去除烟气中的粉尘和有害气体,减少对大气环境的污染。此外,通过优化熔炼工艺,降低熔炼温度和时间,可以显著减少能源消耗,降低碳排放。资源化利用与环境友好的协同路径还体现在对废渣的全生命周期管理上。从废渣的产生、收集、运输到处理和处置,每一个环节都需要进行严格的环境管理。在处理过程中,通过建立完善的监测体系,实时监控废渣处理过程中的污染物排放情况,确保其符合环保标准。此外,推动资源化利用与环境友好协同路径的实施,还需要政策支持和公众参与。政府可以通过制定严格的环保法规和提供经济激励措施,鼓励企业采用先进的回收技术和环保措施。同时,加强公众教育,提高公众对废渣处理和资源回收的环保意识,促进全社会对资源循环利用的支持和参与^[8]。在实际操作中,实现资源化利用与环境友好的协同路径需要企业、政府和社会的共同努力。企业作为废渣处理的主体,需要不断投入研发资源,优化回收工艺,提高资源利用率。政府则需要通过政策引导和监管,确保企业的环保行为符合可持续发展的要求。社会公众则可以通过监督和参与,推动企业履行社会责任,共同构建一个资源节约型和环境友好型的社会。

4 结语

铅冶炼废渣中有价金属的综合回收与利用是实现资源高效利用和环境保护的关键。通过优化湿法冶金

与火法冶金的协同工艺,开发新技术,以及加强环境管理和政策支持,可以有效提高金属回收率,降低能耗和污染排放。未来,应进一步加大技术研发投入,完善行业标准和规范,推动企业与社会广泛参与,以实现铅冶炼行业的绿色、高效、可持续发展。

参考文献

- [1] 陈维舜,赵康,曾力,等.过硫酸铵-氨水氧化络合回收冶炼废渣中锌及其浸取动力学[J].金属材料与冶金工程,2025,53(03):3-9.
- [2] 史齐勇,齐鹏宇,宁超,等.钴冶炼废渣在冶金球团中的利用及球团性能提升机理[J].安徽工业大学学报(自然科学版),2025,42(01):1-8.
- [3] 后洁琼,卢卫宁,王鑫羽,等.利用含锌冶炼废渣资源生产锌焙砂工艺过程及污染防治措施的探讨[J].甘肃冶金,2023,45(03):68-70.
- [4] 吴盼盼.资源综合利用的化工钛白粉废渣利用策略探讨[J].化肥设计,2025,63(03):51-53.
- [5] 丁海.有色冶金废渣中的有价金属回收技术探微[J].世界有色金属,2024,(11):7-9.
- [6] 董伟丽,徐吉.加压浸出技术在回收铜冶炼废渣有价金属中的应用[J].中国金属通报,2022,(05):27-29.
- [7] 高阳,谢华清,周密,等.生物质还原提钒废渣回收有价金属的试验研究[J].钢铁钒钛,2023,44(04):89-95+111.
- [8] 李忠辉,车晓婷,张雪.有色冶金废渣处理处置技术及发展趋势[J].中国金属通报,2024,(03):7-9.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

