

酸碱协同从钢渣中分离回收钙硅试验研究

王家凤,方佑东,姜晓媛,朱隆琦,苏 畅,吕宁宁

(安徽工业大学 冶金工程学院,安徽 马鞍山 243032)

摘要:研究了采用酸碱协同分离法回收钢渣中的钙、硅元素,考察了浸出剂浓度、温度、浸出时间及液固体积质量比对钙、硅元素浸出率的影响,探究了其在不同浸出条件下的浸出规律。结果表明:浸出剂浓度、浸出时间、液固体积质量比对钙、硅元素浸出率有较大的影响,而温度对钙、硅元素的浸出率影响不明显;在盐酸浓度 0.75 mol/L、浸出时间 30 min、温度 25 °C 及液固体积质量比 10:1 条件下,钙浸出率为 53.74%,所制得的草酸钙纯度可达 98.94%;在氢氧化钠浓度 1.5 mol/L、温度 95 °C、浸出时间 120 min 及液固体积质量比 20:1 条件下,二氧化硅浸出率为 43.22%,所制得二氧化硅纯度可达 80.85%。该法能有效分离回收钢渣中钙、硅元素,实现资源化利用。

关键词:钢渣;有价元素;酸碱协同;浸出;钙;硅;分离;回收

中图分类号:TF803.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-2617(2025)01-0052-07

DOI:10.13355/j.cnki.sfyj.2025.01.008

钢渣是炼钢时产生的一种副产物,通常占粗钢产量的 15% 左右^[1]。2023 年我国粗钢产量超过 10 亿 t,钢渣排放量达 1 亿 t 以上,但其利用率却低于 30%^[2-3]。近年来钢渣的资源化利用方式主要有筑路地基、生产水泥和钢渣砖,但 2023 年发布的《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2023)表明,钢渣不能作为混合材料用于通用硅酸盐水泥的生产^[4],这使得传统的钢渣资源化利用方式受到了限制,因此亟需新的应对之策。

钢渣作为大宗固体废弃物,富含 CaO、SiO₂ 和 Fe₂O₃ 等氧化物,其中 CaO 质量分数为 20%~55%,SiO₂ 质量分数为 10%~24%^[5]。钢渣中的钙、铁、硅等元素通过选择性浸出和沉淀回收为增值产品是一种提高资源利用率的潜在方法。湿法提取工艺由于具有能耗低和浸出率高等优点被广泛采用^[6],一般可用无机酸、有机酸、铵盐等作为浸出剂选择性浸出钢渣中的钙、铁元素,富含钙离子的浸出液被用来固定二氧化碳,铁元素则留在浸出残渣中返回冶金再利用^[7-11]。但目前有关提取钢渣中硅元素研究报道较少^[12-13],因为钢渣酸浸过程中,硅酸盐相会发生溶解导致钙硅分离,在此过程

中,部分硅元素会附着在钢渣表面形成钝化层^[14],影响硅回收。有研究表明,硅元素和酸浸残渣可通过碱性溶液进行有效分离回收,进而实现钢渣的高值化利用。因此,试验研究了采用酸碱协同法分离提取钢渣中的钙、硅元素,考察了浸出剂浓度、浸出时间、液固体积质量比及温度对钙、硅浸出率的影响,确定了钙、硅元素浸出的最佳反应条件,并利用草酸对浸出后的钙元素进行回收。

1 试验部分

1.1 试验原料

试验原料来自某钢厂的转炉钢渣,其主要化学组成见表 1。

表 1 钢渣的主要化学组成
Table 1 Main chemical composition of steel slag %

CaO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂
46.72	26.43	13.28	4.01	2.76	2.20	2.13	1.34

1.2 试剂及仪器

试剂:盐酸、氢氧化钠、草酸、过氧化氢(30%),均为分析纯;水为去离子水。

收稿日期:2024-08-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(52074004)。

第一作者简介:王家凤(1999—),女,硕士研究生,主要研究方向为冶金固废资源综合利用。

通信作者简介:吕宁宁(1985—),男,博士,副教授,主要研究方向为冶金固废资源综合利用。E-mail:lvning198565@163.com。

仪器:FA2004N 型电子天平,HJ-4S 型四联电动搅拌水浴锅,SHZ-D(Ⅲ)型台式循环水多用真空泵,D8ADVANCE 型 X-射线衍射仪,CAAM-2001 型原子吸收光谱仪,JSM-6490LV 型扫描电子显微镜,ARLAdvant'X Intellipower 3600 型扫描 X-射线荧光光谱仪。

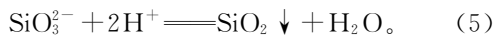
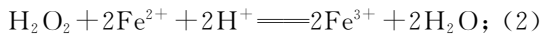
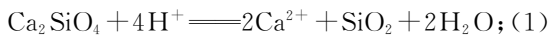
1.3 试验原理与方法

钙的分离:钢渣中的主要物质是硅酸钙,加入盐酸可溶解硅酸钙,使大量钙离子进入溶液中;再通过加入草酸,反应得到草酸钙沉淀,使钙得到分离回收。

铁的分选:向盐酸浸出液中加入 H_2O_2 可使溶液中的 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} ,防止加入草酸沉淀钙时生成草酸亚铁沉淀^[15],避免钙、铁分离困难。

硅的分离:盐酸浸出渣中的 SiO_2 可通过加入氢氧化钠使其转化为 SiO_3^{2-} ,再用酸调节 pH,使 SiO_2 絮凝沉淀。

发生的主要化学反应^[16-17]如下:



取一定粒径的钢渣 5 g,放入盛有 100 mL 盐酸溶液的烧杯中,搅拌反应一定时间后过滤分离,得到初次浸出渣和初次浸出液。之后取 5 mL 初次浸出液,用原子吸收光谱仪(AAS)测定其中钙元素浓度,计算钙浸出率。再向初次浸出液中加入适量过氧化氢溶液和草酸,静置陈化一定时间后过滤得滤液和滤渣,将滤渣洗涤干燥后得到草酸钙沉淀^[18]。钢渣中元素浸出率根据式(6)计算:

$$\eta_B = \frac{\rho_B V}{m w_B} \times 100\% \quad (6)$$

式中: η_B —钢渣中元素浸出率,%; V —浸出液体积,mL; ρ_B —滤液中元素质量浓度,mg/L; m —钢渣质量,g; w_B —钢渣中元素质量分数,%。

将初次浸出渣加入到盛有氢氧化钠溶液的烧杯中,搅拌反应一定时间后过滤分离,得二次浸出液和二次浸出渣。用稀盐酸溶液调节二次浸出液 pH 至 7 左右,使二氧化硅絮凝沉淀,过滤洗涤分离后将絮凝物干燥 12 h,得干凝胶。钢渣中二氧化硅浸出率根据式(7)计算:

$$r = \frac{m_1 w_1}{m_2} \times 100\% \quad (7)$$

式中: r —二氧化硅浸出率,%; m_1 —干凝胶质量,g; w_1 —干凝胶中二氧化硅质量分数,%; m_2 —酸浸渣中二氧化硅质量,g。

2 试验结果与讨论

2.1 初步酸洗对钙浸出效果的影响

2.1.1 盐酸浓度对钙、铁浸出率的影响

当温度为 25 °C、浸出时间为 120 min、液固体积质量比为 20 : 1 时,钢渣中钙元素在不同浓度盐酸溶液中的浸出率如图 1 所示。可知:当盐酸浓度由 0 mol/L 增至 1.25 mol/L 时,钙浸出率由 12.21% 升至 90.6%;继续增大盐酸浓度,钙浸出率逐渐趋于动态平衡;铁浸出率随盐酸浓度增大缓慢升高,在盐酸浓度增至 1 mol/L 时,升高幅度较大,此时可能影响草酸钙回收纯度,因此,选择盐酸浓度为 0.75 mol/L。

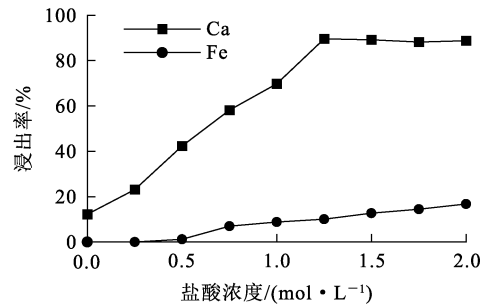


图 1 盐酸浓度对钙、铁浸出率的影响

Fig. 1 Effect of hydrochloric acid concentration on leaching rates of calcium and iron

2.1.2 温度对钙浸出率的影响

当盐酸浓度为 0.75 mol/L、液固体积质量比为 20 : 1、浸出时间为 120 min 时,钢渣中钙元素在不同温度时的浸出率如图 2 所示。

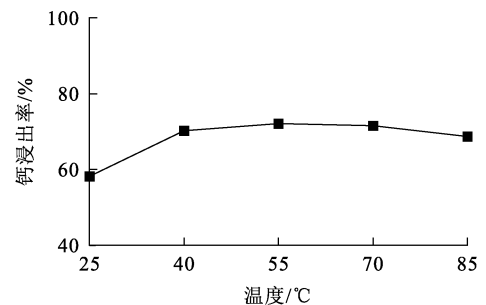


图 2 温度对钙浸出率的影响

Fig. 2 Effect of temperature on leaching rate of calcium

由图 2 可知,随温度升高,钙浸出率变化不显著。为了降低能耗,选择温度为 25 ℃。

2.1.3 液固体积质量比对钙浸出率的影响

当盐酸浓度为 0.75 mol/L、浸出时间为 120 min、温度为 25 ℃时,钢渣中钙元素在不同液固体积质量比下的浸出率如图 3 所示。可知,改变液固体积质量比对钙元素浸出率的影响不大。考虑到溶液体积过大不利于钙元素回收纯度和后续酸性废液的处理,因此,选择液固体积质量比为 10 : 1。

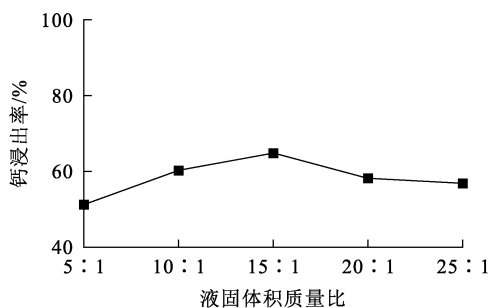


图 3 液固体积质量比对钙浸出率的影响
Fig. 3 Effect of liquid volume to solid mass ratio on leaching rate of calcium

2.1.4 浸出时间对钙浸出率的影响

当温度为 25 ℃、盐酸浓度为 0.75 mol/L、液固体积质量比为 10 : 1 时,钢渣中钙元素在不同浸出时间下的浸出率如图 4 所示。可知,随浸出时间延长,钙浸出率逐渐升高而后趋于平衡;当浸出时间为 30 min 时,钙浸出率达 53.74%,继续延长浸出时间,钙的浸出率变化不大。

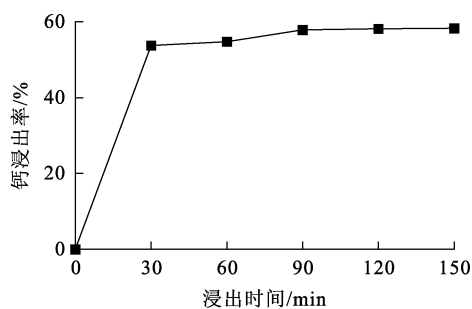


图 4 浸出时间对钙浸出率的影响
Fig. 4 Effect of leaching time on leaching rate of calcium

2.1.5 草酸钙晶体的表征

在盐酸浓度为 0.75 mol/L、浸出时间为 30 min、温度为 25 ℃、液固体积质量比为 10 : 1

条件下所得草酸钙晶体的 SEM 照片如图 5 所示,XRD 分析结果如图 6 所示。

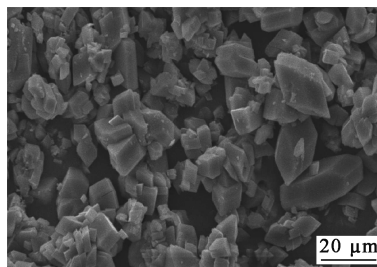


图 5 草酸钙晶体的 SEM 照片
Fig. 5 SEM photos of calcium oxalate crystals

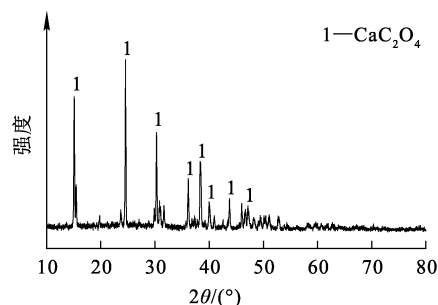


图 6 草酸钙晶体的 XRD 图谱
Fig. 6 XRD pattern of calcium oxalate crystals

由图 5 看出:草酸钙晶体产物主要呈单晶系的菱形结构特征,晶体颗粒较大,粒径约 10 μm,晶面发育良好;由图 6 看出:晶体的物相为 CaC₂O₄,未检测到其他物相,说明所得晶体为草酸钙。

2.2 碱溶对硅浸出效果的影响

在盐酸浓度为 0.75 mol/L、浸出时间为 30 min、温度为 25 ℃、液固体积质量比为 10 : 1 最佳条件下浸出钢渣得初次浸出渣,加入氢氧化钠溶液浸出硅,考察各因素对二氧化硅浸出率的影响。

2.2.1 氢氧化钠浓度对二氧化硅浸出率的影响

当液固体积质量比为 20 : 1、温度为 85 ℃、浸出时间为 120 min 时,氢氧化钠浓度对二氧化硅浸出率的影响结果如图 7 所示。可知:随氢氧化钠浓度增大,二氧化硅浸出率呈先升高后降低趋势。这是因为当氢氧化钠浓度由 0 mol/L 增至 1.5 mol/L 时,溶液反应体系内分子扩散得以改善,颗粒表面化学反应速度加快,使化学平衡向生成硅酸钠方向进行,二氧化硅浸出率提高^[18];继

续增大氢氧化钠浓度,副反应增多,溶液黏度增大,扩散速度变慢,导致二氧化硅浸出率降低。因此,选择氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L 较为合适。

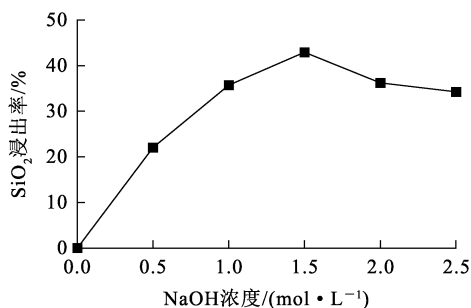


图 7 氢氧化钠浓度对二氧化硅浸出率的影响

Fig. 7 Effect of sodium hydroxide concentration on leaching rate of silica dioxide

2.2.2 温度对二氧化硅浸出率的影响

当液固体积质量比为 20 : 1、氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L、浸出时间为 120 min 时,温度对二氧化硅浸出率的影响结果如图 8 所示。

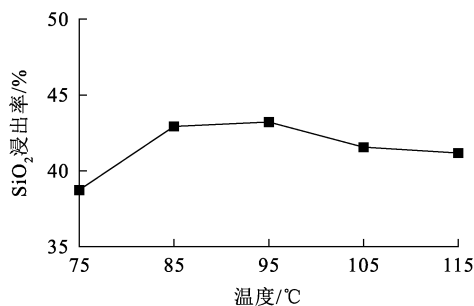


图 8 温度对二氧化硅浸出率的影响

Fig. 8 Effect of temperature on leaching rate of silica dioxide

由图 8 可知,当温度由 75 °C 升至 95 °C 时,二氧化硅浸出率明显升高,这是因为高温会加快反应的分子运动,强化液固传质,提高反应速率;但当温度升至 115 °C 后,二氧化硅浸出率下降,这是因为温度过高会导致水分蒸发速度过快,使溶液流动性变差,影响分子扩散,不利于硅浸出。为了确保硅浸出效果,同时避免能耗过高,选择温度为 95 °C。

2.2.3 浸出时间对二氧化硅浸出率的影响

当液固体积质量比为 20 : 1、氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L、温度为 95 °C 时,浸出时间对二氧

化硅浸出率的影响结果如图 9 所示。

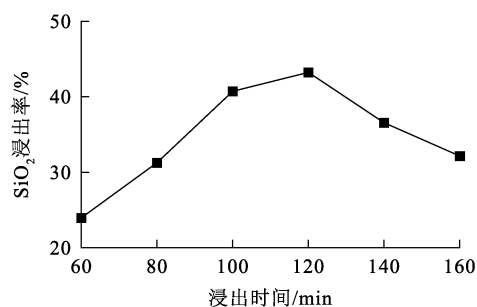


图 9 浸出时间对二氧化硅浸出率的影响

Fig. 9 Effect of leaching time on leaching rate of silica dioxide

由图 9 可知,二氧化硅浸出率随浸出时间延长呈先升高后降低的趋势:当浸出时间由 60 min 延长至 120 min 时,二氧化硅浸出率不断升高;继续延长浸出时间,氢氧化钠和溶液中的铝反应生成偏铝酸钠,偏铝酸钠和硅酸钠反应生成钠渣渣沉淀,导致二氧化硅浸出率降低^[19]。因此,选择浸出时间为 120 min。

2.2.4 液固体积质量比对二氧化硅浸出率的影响

当氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L,温度为 95 °C,浸出时间为 120 min 时,液固体积质量比对二氧化硅浸出率的影响结果如图 10 所示,

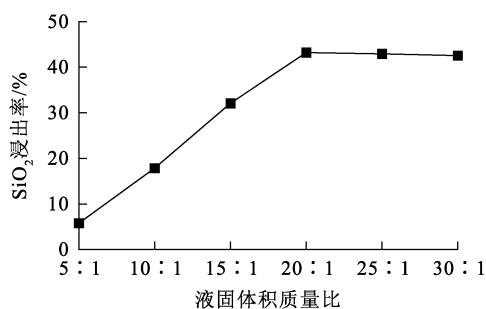


图 10 液固体积质量比对二氧化硅浸出率的影响

Fig. 10 Effect of liquid volume to solid mass ratio on leaching rate of silica dioxide

由图 10 可知,当液固体积质量比由 5 : 1 增至 20 : 1 时,二氧化硅浸出率逐渐升高;但继续增大液固体积质量比,二氧化硅浸出率变化不明显。因此,选择液固体积质量比为 20 : 1。

2.2.5 二氧化硅粉末和二次浸出渣的表征

在氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L、温度为 95 °C、浸出时间为 120 min 及液固体积质量比为 20 : 1 最佳条件下所得二次浸出渣与浸出前钢渣的 XRD 对比分析。结果如图 11 所示。可知：原钢渣中主要含有硅酸钙(Ca₂SiO₄)固溶体、Fe₂O₃和钙铁相(Ca₂Fe₂O₅)，其中钙、硅元素主要存在于 Ca₂SiO₄中；经酸碱协同浸出所得二次浸出渣中，Ca₂SiO₄对应的衍射峰较浸出前减少，说明在酸浸过程中大部分钙元素被浸出，但为保证草酸钙回收纯度，采用低浓度酸以减少铁元素浸出致使 Ca₂SiO₄部分未溶解；二次浸出渣中 Fe₂O₃和钙铁相对应的衍射峰消失，而出现了 Fe₃Al₂(SiO₄)₃、Fe(OH)₃、Al₁₂NaO₄SiO 对应的衍射峰，说明在碱浸过程中铁元素和氢氧化钠反应生成了 Fe(OH)₃沉淀，同时，由于酸浸渣中少量的活性铝组分易溶解于碱溶液形成了铝酸钠，且铝酸钠会进一步和硅酸钠溶液发生副反应生成水合硅酸铝钠沉淀，使部分液相硅重回固相，从而也导致二氧化硅浸出率降低^[20]。

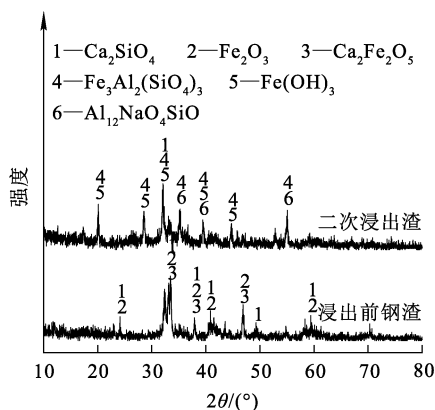


图 11 钢渣浸出前、后的 XRD 图谱
Fig. 11 XRD patterns of steel slag before and after leaching

将氢氧化钠浓度为 1.5 mol/L、温度为 95 °C、浸出时间为 120 min 及液固体积质量比为 20 : 1 条件下所得二次浸出液用稀盐酸溶液调节 pH 至 7 左右，使二氧化硅絮凝沉淀，过滤洗涤分离后将絮凝物干燥 12 h 得二氧化硅粉末，对其进行 XRD 分析，结果如图 12 所示。可以看出：在 2θ = 25°左右出现了 1 个大的驼峰，没有明显的晶体衍射峰，说明该粉末为无定形结构的二氧化硅。

SEM 分析结果如图 13 所示。可以看出，其微观结构近似球体，颗粒大小均匀，团聚较少。

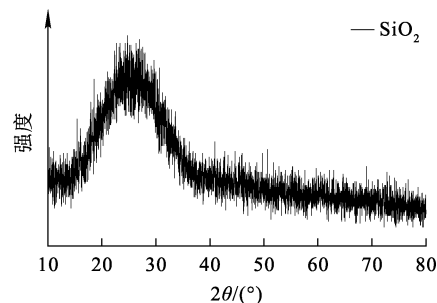


图 12 二氧化硅粉末的 XRD 图谱
Fig. 12 XRD pattern of silica dioxide powder

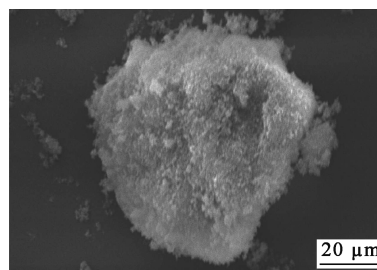


图 13 二氧化硅粉末的 SEM 照片
Fig. 13 SEM photo of silica dioxide powder

3 结论

通过酸碱协同法选择性浸出和化学沉淀钢渣，其中大部分钙硅能以草酸钙和二氧化硅的形式被回收，从而实现钢渣的资源化利用。在盐酸浓度 0.75 mol/L、浸出时间 30 min、温度 25 °C、液固体积质量比 10 : 1 适宜条件下，钙浸出率为 53.74%，草酸钙的回收纯度可达 98.94%；在氢氧化钠浓度 1.5 mol/L、温度 95 °C、浸出时间 120 min 及液固体积质量比 20 : 1 适宜条件下，二氧化硅浸出率为 43.22%，纯度可达 80.85%。

盐酸浓度对钙、硅元素的浸出率有显著影响，为提高草酸钙纯度，可采用低浓度酸以减少铁的浸出；部分未溶解硅酸盐会降低二氧化硅浸出率，可优化酸性提取条件以提高钙硅元素浸出率。

参考文献：

[1] 陈振中. 钢渣利用现状及回收工艺研究[J]. 四川冶金, 2022, 44(3): 33-35.

- CHEN Zhenzhong. Research on utilization status and recover process of steel slag[J]. *Sichuan Metallurgy*, 2022, 44(3): 33-35.
- [2] 王吉凤,付恒毅,闫晓彤,等. 钢渣综合利用研究现状[J]. *中国有色冶金*, 2021, 50(6): 77-82.
WANG Jifeng, FU Hengyi, YAN Xiaotong, et al. Research status of comprehensive utilization of steel slag[J]. *China Nonferrous Metallurgy*, 2021, 50(6): 77-82.
- [3] 吴建,王家凤,王逸飞,等. 混合酸浸出转炉钢渣中各元素的试验研究[J]. *湿法冶金*, 2024, 43(1): 34-38.
WU Jian, WANG Jiafeng, WANG Yifei, et al. Leaching of various elements in converter steel slag with mixed acid[J]. *Hydrometallurgy of China*, 2024, 43(1): 34-38.
- [4] 高巍,申利明,李正凯,等. 利用钢渣粉配制钢渣矿渣硅酸盐水泥的试验研究[J]. *中国水泥*, 2023(增刊 1): 126-128.
GAO Wei, SHEN Liming, LI Zhengkai, et al. Experimental study on preparation of Portland slag cement with steel slag powder [J]. *China Cement*, 2023(Sup. 1): 126-128.
- [5] 赵立杰,张芳. 钢渣资源综合利用及发展前景展望[J]. *材料导报*, 2020, 34(增刊 2): 1319-1322.
ZHAO Lijie, ZHANG Fang. Comprehensive utilization and development prospect of steel slag resources[J]. *Materials Reports*, 2020, 34(Sup. 2): 1319-1322.
- [6] 李梦豪,刘燕,张延安. 钢渣中钙元素的浸出试验研究进展[J]. *中国有色冶金*, 2023, 52(1): 114-120.
LI Menghao, LIU Yan, ZHANG Tingan. Research progress on effective leaching of calcium components from steel slag [J]. *China Nonferrous Metallurgy*, 2023, 52(1): 114-120.
- [7] DAS P, UPADHYAY S, DUBEY S, et al. Waste to wealth: recovery of value-added products from steel slag[J]. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, 9(4). DOI: 10.1016/j.jece. 2021. 105640.
- [8] 王瑞,颜峰,郭荣鑫,等. 钢渣矿物碳酸化及生命周期评估研究进展[J]. *材料导报*, 2023, 37(增刊 2): 290-297.
WANG Rui, YAN Feng, GUO Rongxin, et al. Research progress on carbonation and life cycle assessment of steel slag minerals[J]. *Materials Reports*, 2023, 37(Sup. 2): 290-297.
- [9] 蒋佳霖,李尚兵,王鑫,等. 脱磷渣中有价元素在不同有机酸溶液中的浸出行为[J]. *湿法冶金*, 2024, 43(2): 140-146.
JIANG Jialin, LI Shangbing, WANG Xin, et al. Dissolution behavior of valuable elements from dephosphorization slag in different kinds of organic acids[J]. *Hydrometallurgy of China*, 2024, 43(2): 140-146.
- [10] ZHANG Y Y, YU L H, CUI K K, et al. Carbon capture and storage technology by steel-making slags: recent progress and future challenges [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2023, 455. DOI: 10.1016/j.ccej. 2022. 140552.
- [11] SHU K Q, SASAKI K K. Occurrence of steel converter slag and its high value-added conversion for environmental restoration in China: a review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 373. DOI: 10.1016/j.jclepro. 2022. 133876.
- [12] 沈笑君,聂宇辛,程妍. 粉煤灰酸渣碱溶液提硅的影响因素[J]. *黑龙江科技大学学报*, 2022, 32(2): 139-142.
SHEN Xiaojun, NIE Yuxin, CHENG Yan. Influence factors on silicon extraction from fly ash acid sludge with alkali solution[J]. *Journal of Heilongjiang University of Science and Technology*, 2022, 32(2): 139-142.
- [13] XIAO Q G, CHEN Y, GAO Y Y, et al. Leaching of silica from vanadium-bearing steel slag in sodium hydroxide solution[J]. *Hydrometallurgy*, 2010, 104(2): 216-221.
- [14] MEI X H, ZHAO Q, MIN Y, et al. Phase transition and dissolution behavior of Ca/Mg-bearing silicates of steel slag in acidic solutions for integration with carbon sequestration[J]. *Process Safety and Environmental Protection*, 2022, 159: 221-231.
- [15] 刘天骐,柳毅杰,宋天威,等. 草酸钙结晶沉淀条件对白云石中钙含量测定的影响[J]. *大学化学*, 2023, 38(8): 170-176.
LIU Tianqi, LIU Yijie, SONG Tianwei, et al. Influence of calcium oxalate precipitation on determination of calcium content in dolomite[J]. *University Chemistry*, 2023, 38(8): 170-176.
- [16] HASSANKHANI-MAJD Z, ANBIA M. Recovery of valuable materials from phosphorus slag using nitric acid leaching followed by precipitation method[J]. *Resources, Conservation & Recycling*, 2021, 169. DOI: 10.1016/j.resconrec. 2021. 105547
- [17] RAGIPANI R, BHATTACHARYA S, AKKIHEBBAL S K. Understanding dissolution characteristics of steel slag for resource recovery [J]. *Waste Management*, 2020, 117: 179-187.
- [18] 马钊. 灰场粉煤灰提取氧化铝和白炭黑[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2015.
- [19] WANG R C, ZHAI Y C, NING Z Q, et al. Kinetics of SiO₂ leaching from Al₂O₃ extracted slag of fly ash with sodium hydroxide solution[J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2014, 24(6): 1928-1936.
- [20] XING L, LI X R, CAO P X, et al. Stepwise extraction and utilization of silica and alumina from coal fly ash by mild hydrothermal process[J]. *Process Safety and Environmental Protection*, 2024, 182: 918-929.

Separation and Recovery of Calcium and Silicon from Steel Slag by Acid-base Synergistic Separation Method

WANG Jiafeng, FANG Youdong, JIANG Xiaoyuan, ZHU Longqi, SU Chang, LYU Ningning

(School of Metallurgical Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

Abstract: The recovery of calcium and silicon from steel slag by acid-base synergistic separation method was studied. The effects of leaching agent concentration, temperature, leaching time and liquid volume to solid mass ratio on the leaching rate of calcium and silicon in steel slag were investigated. The leaching rules under different leaching conditions were investigated. The results show that the leaching concentration, time, and liquid volume to solid mass ratio significantly influence the leaching rate of calcium and silicon, and temperature has no significant effect. Under the conditions of hydrochloric acid concentration of 0.75 mol/L, leaching time of 30 min, temperature of 25 °C, and liquid volume to solid mass ratio of 10 : 1, the calcium leaching rate is 53.74%, and the resulting calcium oxalate purity can reach 98.94%. Under the conditions of sodium hydroxide concentration of 1.5 mol/L, temperature of 95 °C, leaching time of 120 min, and liquid volume to solid mass ratio of 20 : 1, the silicon dioxide leaching rate is 43.22%, and the purity of the resulting silicon dioxide can reach 80.85%. The method can effectively separate and recover calcium and silicon from steel slag, and realize resource utilization.

Key words: steel slag; valuable element; acid-base synergy; leaching; calcium; silicon; separation; recovery