高铁锌焙砂浸出过程影响因素研究

王之宇 12, 郭家林 12, 何悦 1

(1. 商洛学院 化学工程与现代材料学院,陕西 商洛 726000;2. 陕西省尾矿资源综合 利用重点实验室,陕西 商洛 726000)

摘要:高铁锌焙砂在浸出 Zn 的同时 Fe 也被大量浸出,对后续生产造成影响。针对这一问题,以陕西某 公司高铁锌焙砂为研究对象,通过对初始酸度、浸出温度、固液比等进行研究,分析 Zn 和 Fe 浸出率的影响因 素,对浸出工艺进行优化,以达到提高 Zn 的浸出率,降低 Fe 的浸出率的目的。结果表明,在硫酸浓度不同的 浸出体系中,温度对焙砂中 Zn 和 Fe 浸出率的影响程度不同。当硫酸用量不足时,温度对 Zn 和 Fe 的浸出无明 显影响,当硫酸过量时,温度会影响 Zn 和 Fe 的浸出,对 Fe 的影响尤为明显。初始酸度 90 g/L、浸出温度 60 ℃、固液比 10:1、搅拌速度 600 r/min 为较为理想的浸出条件。

关键词: 高铁锌焙砂; 湿法炼锌; 浸出工艺

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.02.003 中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2023) 02-0013-04

锌在有色金属的消费中仅次于铜和铝,我国 作为锌产量与锌消费的全球第一大国^[1],目前面临 日益严重的锌资源短缺问题^[2]。锌资源不足已成为 阻碍我国炼锌行业可持续发展的重要因素^[3],低品 位氧化锌矿和高铁闪锌矿逐渐成为锌冶炼行业的 主要原料,因此,发展新工艺提高资源综合利用 率变得尤为重要^[46]。目前,在采用常规浸出工艺 的湿法炼锌企业中,Zn的浸出率大多在80%左 右,有20%左右的Zn残留在浸渣中^[7]。对于含 Fe量较大的锌焙砂,在浸出过程中产生较多的 Fe杂质^[8-10],严重影响了Zn回收率,加重了后续 作业负荷,对环境造成污染,需要在提高Zn浸出 率的同时减少Fe的浸出。 陕西某公司锌精矿焙砂含 Fe 量高(>30%), 采用高温高酸浸出提高了 Zn 的浸出率,但同时 Fe 也被大量浸出,导致后续除铁作业复杂,对公 司正常生产造成影响。针对这一问题,通过对浸 出工艺中的初始酸度、浸出温度、固液比等进行 研究,分析 Zn 和 Fe 浸出率的影响因素,对浸出 工艺进行优化,以达到提高 Zn 的浸出率,降低 Fe 的浸出率的目的。

1 实 验

1.1 实验原料及分析

实验所用的锌焙砂取自陕西锌业有限公司, 样品粒径<1 mm, 锌焙砂主要化学成分见表 1。

Table 1 Main chemical components of zinc calcine												
Zn	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Cu	Al ₂ O ₃	SO3	Mn	Sb	MgO	Sn	Pb	
61	31	3.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.1	0.1	0.1	0.07	

表1 锌焙砂主要化学成分/%

3.3 1.1 0.9 0.7

通过 X 射线衍射(XRD)对原料的物质组成 做进一步分析, XRD 的扫描区间为 15~80°, 锌 焙砂的 XRD 见图 1。从图 1 的 XRD 分析结果可 以看出, 锌焙砂中 Zn 的化合物主要有 ZnO、 ZnFe₂O₄、ZnSiO₄, 其中 ZnO 的含量较大, 是 Zn 的主要存在形式,所以在反应过程中以 ZnO 与

收稿日期: 2021-01-26

基金项目: 陕西省教育厅科研计划项目(18JS035)

作者简介:王之宇(1987-),男,硕士,副教授,主要从事矿产资源综合利用方面的研究工作。



硫酸的反应为主。

用激光粒度分析仪对锌焙砂原料进行粒度分 析,分析结果见表 2。由表 2 可看出,锌焙砂粒径 总体较为均匀,主要分布在 10~159 μm 范围内, 该范围内体积为 95.06%。

1.2 实验仪器

实验所用的主要仪器设备有: X 射线衍射 仪,荷兰帕纳科公司 X Pert Powder; 激光粒度分 析仪,英国马尔文仪器有限公司 Mstersizer2000; 原子吸收光谱分析仪,北京东西电子技术研究所 AA-7002A;电子天平,赛多利斯科学仪器有限公 司 CPA224S;电动搅拌机,PW20;真空抽滤机, 天津奥特赛恩斯仪器公司 AP-9950。

表 2 锌焙砂粒度分析 le 2 Granularity analysis of zinc calci

Table 2 Granularity analysis of zinc calcine											
粒度/µm	<10	10~52.481	52.481~104.713	104.713~158.489	>158.489						
体积/%	3.98	34.03	47.59	13.44	0.96						

1.3 实验方法

从初始硫酸浓度、液固比、浸出温度、浓度 和温度综合影响四个方面进行实验方案和条件的 设计,具体如下:

(1)初始酸度对浸出的影响:在浸出温度
40 ℃、液固比 10:1、搅拌速度 600 r/min、浸出时间1h条件下,初始酸度分别取 30、60、90、120 g/L 进行实验;

(2)液固比对浸出的影响:在温度 40 ℃、 初始酸度 90 g/L、搅拌速度 600 r/min、浸出时间 1 h 条件下,液固比分别取 6:1、8:1、10:1、12:1 进 行实验;

(3)温度对浸出率的影响:在液固体积质量比10:1、浸出时间1h、搅拌速度600 r/min、初始酸度依90 g/L条件下,分别在30、40、50、60、70、80、90℃的浸出温度下进行实验。

(4)初始酸度和温度对浸出的综合影响:在 液固体积质量比 10:1、浸出时间 1 h、搅拌速度 600 r/min 条件下,初始酸度依次设定为 40、80、 160、200 g/L,分别在 30、40、50、60、70、80、 90 ℃ 的浸出温度下进行实验,以分析不同初始酸 度条件下温度对浸出率的影响规律。

实验步骤如下:配制所需浓度的硫酸溶液;称取锌焙砂放入装有硫酸溶液的烧杯中,置于搅拌器上,将搅拌器温度设定到所需温度并计时;

测定上清液 pH 值,直到上清液 pH 值达到稳定。 抽滤后,用一定量蒸馏水洗渣 3 次,将滤渣烘干 后称重并测定其中所含可溶性锌物质的质量分 数;取 50 μL 的溶液,放入 50 mL 的容量瓶中进 行定容,用原子吸收光谱仪对定容好的溶液进行 分析;检测出浸出液中 Zn 和 Fe 的含量,计算出 Zn 和 Fe 的浸出率^[11]。

2 结果与讨论

2.1 初始酸度对浸出的影响

初始酸度与 Zn 和 Fe 浸出率的关系曲线见图 2。 从图 2 可以看出, Zn、Fe 浸出率随初始酸度增大 而提高,当初始酸度超过 90 g/L 时, Zn 浸出率达 75% 以上。而进一步提高酸度, Zn 浸出率增幅较



图 2 初始酸度与浸出率的关系



小,而Fe浸出率持续提高。当初始酸度达到90 g/L以上时,Zn浸出率趋于平稳,表明此时还原 锌焙砂中可溶Zn已基本浸出完全,而Fe浸出率 还继续升高。综合考虑,确定初始酸度以90g/L 为宜。

2.2 液固比对浸出的影响

液固比与 Zn 和 Fe 浸出率的关系曲线见图 3。 从图 3 可以看出, Zn、Fe 浸出率均随液固比增大 而提高,液固比从 6:1 增大到 10:1 的过程中, Zn 的浸出率提高了 30% 左右, Fe 的浸出率提高 了 13% 左右。液固比 10:1 时, Zn、Fe 浸出率分 别约为 75% 和 21%。当液固比达 10:1 以上时, Zn、Fe 浸出率趋于稳定。综合考虑,液固比以 10:1 为宜。



図 3 液固に 与反口 华的天奈 Fig.3 Relationship between liquid-solid ratio and leaching rate

2.3 温度对浸出的影响

浸出率与 Zn 和 Fe 浸出率的关系曲线见图 4。 从图 4 可以看出,温度低于 60 ℃ 时 Zn、Fe 的浸 出率持续增长的状态,Fe 的浸出率增长较快,在 60 ℃ 时达到 78% 左右。随浸出温度继续提高,



图 4 温度与浸出率的关系 Fig.4 Relationship between temperature and leaching rate

Zn 的浸出率趋于稳定,而 Fe 的浸出率仍呈现增长 趋势。浸出温度 60 ℃ 时 Zn、Fe 的浸出率差值最 大。综合考虑,在此种条件下,较适宜的浸出温 度为 60 ℃。

2.4 初始酸度和温度对浸出的综合影响

不同初始酸度下温度对浸出率的影响曲线见 图 5、图 6。初始酸度 40 g/L、80 g/L 时,随着浸 出温度的升高, Zn、Fe 浸出率的变化幅度不大, 说明在较低硫酸浓度时,温度对浸出率影响较 小。此时 Fe 的浸出率低,有利于 Zn、Fe 的分 离。但是,在硫酸浓度较低的情况下, Zn 的浸出 率相对来说也较低,最高值在 43% 左右。当初始 酸度 160 g/L 时, Zn 和 Fe 的浸出率都明显提高。 随着浸出温度从 30 ℃ 升至 90 ℃, Zn 的浸出率从 81% 提高到 84%,增长幅度较缓。与此同时 Fe 的 浸出率从 14% 提高到 24%,增幅较大。



图 5 温度对不同初始酸度下 Zn 浸出率的影响 Fig.5 Effect of temperature on Zn leaching rate under different initial acidity





当初始酸度较低时,测得浸出终点 pH 值均 在 5.0 到 5.3 之间,说明浸出液中基本没有剩余酸 存在, Zn 和 Fe 的浸出率基本不受浸出温度的影响。当初始酸度为 160 g/L 和 200 g/L 时,测得浸出终点的 pH 值较小,说明浸出液中有过量的酸存在。此时 Zn 的浸出率受温度变化影响较小,但 Fe 的浸出随着温度的升高不断增多,初始酸度为 200 g/L 时温度对 Fe 的影响最大。这表明,温度对 焙砂中 Zn 和 Fe 浸出率的影响程度与初始酸度有关,浓度较小时,温度对 Zn 和 Fe 浸出影响很小,硫酸浓度过大时,温度对 Fe 的浸出影响较大,但对 Zn 的浸出影响较小。

3 结 论

(1) 在浸出温度 40 ℃、液固比 10:1、搅拌 速度 600 r/min、浸出时间 1 h 条件下, Zn、Fe 浸 出率随初始酸度增大而提高。当初始酸度达到 90 g/L 以上时, Zn 浸出率趋于平稳, Fe 浸出率还继 续升高。

(2)在液固体积质量比 10:1、浸出时间 1 h、 搅拌速度 600 r/min、初始酸度依 90 g/L 条件下, Zn 的浸出率在 60 ℃ 后趋于稳定,Fe 的浸出率呈 持续增长。浸出温度 60 ℃ 时 Zn、Fe 的浸出率差 值最大。

(3)在硫酸浓度不同的浸出体系中,温度对 焙砂中 Zn 和 Fe 浸出率的影响程度不同。当硫酸 用量不足时,温度对 Zn 和 Fe 的浸出无明显影 响,当硫酸过量时,温度会影响 Zn 和 Fe 的浸 出,对 Fe 的影响尤为明显。初始酸度 90 g/L、浸 出温度 60 ℃、固液比 10:1、搅拌速度 600 r/min 为较为理想的浸出条件。

参考文献:

[1] 申亚芳, 张馨圆, 王乐, 等. 氧化锌矿处理方法现状[J]. 矿 产综合利用, 2020(2):23-28.

SHEN Y F, ZHANG X Y, WANG L, et al. Preparation of zinc and its compounds from zinc oxide ore[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(2):23-28.

[2] 陈先友, 邓志敢, 魏昶, 等. 锌焙砂中性浸出渣还原酸浸试 验研究[J]. 矿冶, 2015, 24(2):55-59.

CHEN X Y, DENG Z G, WEI C, et al. Experimental study on reduction acid leaching of neutral leaching residue of zinc calcine[J]. Mining and Metallurgy, 2015, 24(2):55-59.

[3] 赵清平, 蓝卓越, 童雄. 铜离子对闪锌矿、黄铁矿浮选的

选择性活化机理研究[J]. 矿产综合利用, 2021(3):27-38.

ZHAO Q P, LAN Z Y, TONG X. Activation mechanism of selective flotation of spahalerite and pyrite by copper[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(3):27-38. [4] 张晋霞, 冯洪均, 王龙, 等. 含锌冶金尘泥氨浸溶蚀实验研 究[J]. 矿产综合利用, 2021(1):124-129.

ZHANG J X, FENG H J, WANG L, et al. Study on treating zinc-bearing dust by ammonia leaching process[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(1):124-129.

[5] 丁文涛. 高硅锌焙砂湿法浸出试验[J]. 矿产综合利用, 2019(5):48-51.

DING W T. Wet leaching test of high silicon zinc calcine[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(5):48-51.

[6] 杨金林, 肖汉新, 罗美秀, 等. 锌焙砂浸出规律研究[J]. 矿 产综合利用, 2017(3):71-75+66.

YANG J L, XIAO H X, LUO M X, et al. Study on leaching law of zinc calcine[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017(3):71-75+66.

[7] 缑明亮, 夏丹. 陕西某锌冶炼厂锌冶炼渣综合利用[J]. 矿 产综合利用, 2020(4):147-151.

GOU M L, XIA D. Study on comprehensive utilization of zinc smelting slag in a zinc smelter in Shaanxi province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(4):147-151.

[8] 王志军, 苏立峰, 刘三平. 新疆某高硅锌焙砂酸浸工艺优化[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(2):19-21.

WANG Z J, SU L F, LIU S P. Optimization of acid leaching process for a high silicon zinc calcine in Xinjiang[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2018, 36(2):19-21.

[9] 彭兵, 林冬红, 刘恢, 等. 高铁锌焙砂还原焙烧-碱浸工艺 [J]. 中国有色金属学报, 2017, 27(2):423-429.

PENG B, LIN D H, LIU H, et al. High iron zinc calcine reduction roasting-alkali leaching process[J]. Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2017, 27(2):423-429.

[10] 谭敏, 刘一宁, 廖贻鹏, 等. 高铁锌焙砂浸出方式对锌浸 出率的影响[J]. 湿法冶金, 2016, 35(6):473-476.

TAN M, LIU Y N, LIAO Y P, et al. The effect of leaching method of high iron zinc calcine on zinc leaching rate[J]. Hydrometallurgy of China, 2016, 35(6):473-476.

[11] 樊光, 邓志敢, 魏昶, 等. 锌浸渣还原浸出工艺研究[J]. 有色金属工程, 2019, 9(8):41-47.

FAN G, DENG Z G, WEI C, et al. Zinc leaching residue reduction leaching process research[J]. Nonferrous Metal Engineering, 2019, 9(8):41-47.

(下转第23页)

potassium-dissolving process[J]. Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2021.57(2): 1-13.

Screening of Potassium Dissolving JX-10 Bacteria and Research on the Optimization of Potassium-dissolving

Xue Yongping^{1,2}, Xiao Chunqiao³, Zhang Yantu⁴, Chi Ru'an¹

(1.School of Xingfa Mining Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei, China; 2.College of Post and Telecommunication of Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei, China; 3.School of Environmental and Biological Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan, Hubei, China;

4.College of Chemistry & Chemical Engineering, Yan'an University, Yan'an, Shaanxi, China) **Abstract:** In this study, six strains with potassium-dissolving ability were screened from the soils collected from a K-feldspar mining area. One of them, which named JX-10 strain was identified as a kind of bacterium, by 16 S rRNA gene sequencing. Simultaneously, the optimization of potassium-dissolving were also discussed. The results show that, the JX-10 strain had an obvious dissolution effect on K-feldspar. The optimum conditions for the JX-10 strain to remove potassium from K-feldspar were as follows: cultured at 28 °C for 10 days, pH value of the culture medium of 5.0, 60 mL medium in a 250 mL conical flask, and 160 r/min shaking speed on a rotary shaker. The K-feldspar concentration and granularity, inoculation volume, ammonium sulfate dose were 2 g/L, 0.03 mm, 25%, 0.2 g/L, respectively. Under the above conditions, the highest the potassium content and corrosion efficiency reach to 23.32 mg/L and 8.36%, respectively. **Keywords:** Potassium bacteria; Screening; Identified; Process optimization

(上接第16页)

Study on Influencing Factors of Leaching Process of High-iron Zinc Calcine

Wang Zhiyu^{1,2}, Guo Jialin^{1,2}, He Yue¹

(1.Shangluo University College of Chemical Engineering and Modern Materials, Shangluo, Shaanxi, China; 2.Shaanxi Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Tailings Resources, Shangluo, Shaanxi, China) **Abstract:** Zinc calcine with high Fe content is leached with a large amount of Fe at the same time, which affects the subsequent operation. In order to solve this problem, the high iron zinc calcine of a company in Shaanxi was taken as the research object. The influence factors of Zn and Fe leaching rate were analyzed by studying the initial acidity, leaching temperature and solid-liquid ratio. The leaching process was optimized to improve the leaching rate of Zn and reduce the leaching rate of Fe. The results show that the effect of temperature on leaching rate of Zn and Fe is different in different sulfuric acid concentration leaching system. When the sulfuric acid dosage is insufficient, the temperature has no obvious effect on the leaching of Zn and Fe. When the sulfuric acid is excessive, the temperature will affect the leaching of Zn and Fe, especially for Fe. Initial acidity 90 g/L, leaching temperature 60 °C, solid-liquid ratio 10:1, stirring speed 600 r/min are ideal leaching conditions.

Keywords: High iron zinc calcine; Zinc hydrometallurgy; Leaching technology