高铁锌焙砂浸出试验研究

郭家林[1,2]，石娟宁[1]，王之宇[1,2]

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

中图分类号：X758　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001－0076(2021)03－0056－04
DOI：10.13779/j.cnki.issn1001－0076.2021.03.008

摘要　高铁锌焙砂浸Zn时也会引起杂质Fe的溶出，影响后续生产，增加经济成本。针对这一问题，以某企业的锌焙砂为研究对象，通过对搅拌速度、浸出时间、初始酸度、浸出温度等进行研究，分析影响Zn和Fe浸出率的因素，优化浸出工艺，从而提高Zn的浸出率，降低Fe的浸出率。结果表明，在浸出温度60 ℃、初始硫酸质量浓度120 g/L、液固体积质量比10∶1、搅拌速度500 r/min、浸出时间60 min条件下，可以得到较高的Zn浸出率和较低的Fe浸出率，此时Zn的浸出率为88.5%，Fe的浸出率为10.3%。

关键词　锌焙砂；湿法炼锌；浸出

1　引言

随着近年来我国工业制造业的快速发展，我国目前既是世界上最大的锌生产国，又是最大的锌消费国[1]。但国内的锌精矿消耗量超过了国内的供应能力，仍需大量增加锌精矿的进口量，目前面临日益严重的锌资源短缺问题[2]。低品位氧化锌矿和高铁锌精矿逐渐成为锌冶炼行业的主要原料[3]。提升锌冶炼的工艺水平，提高锌资源综合利用率已尤为重要。提高锌焙砂中总锌的浸出率，降低锌提取的成本，减少环境污染是目前我国锌冶炼企业普遍关心的问题[4]。浸出液溶剂浓度是影响锌浸出率和反应速率的重要因素，增大溶剂浓度，锌的浸出率和反应速率随之增大[5]。然而，溶剂浓度增大在增加锌溶解的同时也会引起杂质的溶出和经济成本的增加。彭兵[6]等利用还原焙烧—碱性浸出工艺处理高铁锌焙砂，通过还原焙烧将铁酸锌分解为氧化锌和铁氧化物，氧化锌在碱性体系被选择性浸出，铁氧化物留在浸出渣中。闫缓[7]等针对北京某锌冶炼厂锌焙砂提出了一种还原焙烧方法，使高铁锌焙砂中的铁酸锌选择性分解为氧化锌和磁性氧化铁。韩俊伟[8]等通过还原焙烧将高铁锌焙砂中的铁酸锌选择性地分解为氧化锌和磁铁矿，再通过两段浸出工艺回收锌，以实现锌铁分离和获得以磁铁矿为主的浸出渣。此类方法都存在浸出渣中锌铁氧化物镶嵌的问题，使得锌浸出率无法进一步提高。

陕西某炼锌厂锌焙砂中含Fe量高(>30%)，企业为提高Zn浸出率，采用高温高酸浸出工艺，导致Fe被大量浸出，后续除铁作业复杂，对公司正常生产造成影响，经多次工艺调整仍没有明显效果。以该公司的高铁锌焙砂为研究对象，分析采用常规浸出方法处理锌焙砂时锌和铁的浸出规律，在现有浸出工艺和技术条件的基础上进行优化，使锌的浸出率满足条件的同时降低杂质铁的浸出率。

2　试验原料、试剂、设备和方法

2.1　试验原料

试验所用锌焙砂取自陕西锌业有限公司，为硫化锌精矿高温氧化焙烧所得。对锌焙砂进行前期处理：取500 g锌焙砂，用移锥法将试样混匀，再用堆锥四分法缩分，每袋试样质量为50 g，将称取好的锌焙砂放入105 ℃恒温烘箱内烘干3～4 h。锌焙砂主要化学成分

收稿日期：2021－04－11
基金项目：陕西省教育厅科研计划项目(18JS035)
作者简介：郭家林(1983－)，男，硕士，讲师，主要从事矿产资源综合利用方面的研究工作。

如表 1 所示。

表 1　锌焙砂主要化学成分

Table 1　The main chemical constituents of zinc calcine

成分	Zn	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Cu	Al_2O_3	SO_3	Mn	Sb	MgO	Sn	Pb
含量/%	61	31	3.3	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.1	0.1	0.1	0.07

锌焙砂 XRD 图谱如图 1 所示。由分析结果可知,锌焙砂中的物相以氧化锌、铁酸锌和硫酸铅为主。

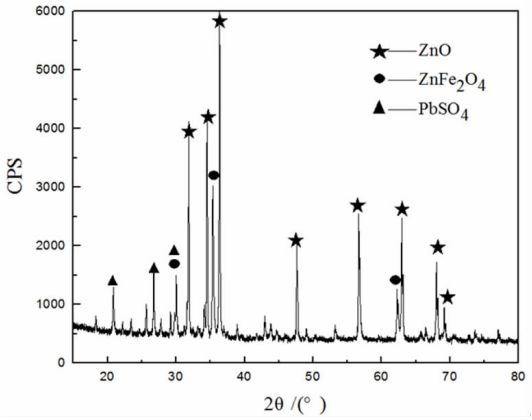

图 1　锌焙砂 XRD 图谱

Fig. 1　The XRD pattern of zinc calcine

锌焙砂激光粒度分析仪粒度分析结果如表 2 所示。由此可知,锌焙砂粒径主要分布在 2 ~ 160 μm 范围内,该范围内体积约为 90% 。

表 2　锌焙砂粒度分析

Table 2　The size analysis of zinc calcine

粒度/μm	<10	10 ~ 52	52 ~ 104	104 ~ 158	>158
体积/%	3.98	34.03	47.59	13.44	0.96

2.2　主要试剂及设备

试验所用主要的试剂为浓硫酸(茂兴化工,分析纯)。试验所用的主要仪器设备有:激光粒度分析仪,英国马尔文 Mstersizer2000;X 射线衍射仪,荷兰帕纳科 X Pert Powder;原子吸收光谱分析仪,北京东西电子技术研究所 AA - 7002A;电动搅拌机,PW20;真空抽滤机,天津奥特赛恩斯 AP - 9950;电子天平,赛多利斯 CPA224S。

2.3　试验方案

针对该炼锌厂存在的实际问题,以现有生产工艺为基础,对浸出过程中的搅拌速度、浸出时间、浸出温度和初始酸浓度等关键环节进行单因素试验,研究各因素对 Zn 和 Fe 浸出率的影响规律。具体试验方案设计如下:

(1)搅拌速度对浸出的影响:在初始酸浓度 120 g/L、液固比 10∶1、浸出温度 60 ℃、浸出时间 90 min 条件下,搅拌速度分别 300、350、400、450、500、550 和 600 r/min 进行试验。

(2)浸出时间对浸出的影响:在浸出温度 60 ℃、初始硫酸质量浓度 120 g/L、液固体积质量比 10∶1、搅拌速度 500 r/min 条件下,浸出时间分别取 5、10、20、30、60 和 90 min 进行试验。

(3)初始酸浓度和浸出温度对浸出的影响:在液固体积质量比 10∶1、搅拌速度 500 r/min、浸出时间 60 min 条件下条件下,初始酸度依次设定为 20、40、80、120 和 160 g/L,分别在 30 ℃、60 ℃和 90 ℃的浸出温度下进行试验,以分析不同浸出温度下初始酸度对浸出率的影响规律。

3　结果与讨论

3.1　搅拌速度对浸出的影响

搅拌速度与 Zn 和 Fe 浸出率的关系曲线如图 2 所示。从图中可以看出,搅拌速度从 300 r/min 提高到 600 r/min,Zn 浸出率均变化不大,Fe 的浸出率呈减小趋势。搅拌速度的选择主要考虑固体物料在浸出过程中不沉积,有利于减小物料反应颗粒边界层厚度使外扩散不成为限制性环节即可,搅拌速度太大,会使得能耗增加、成本加大。而搅拌速度过小,则可能会造成搅拌不充分,矿浆中的颗粒发生沉降[9]。因此,选择 500 r/min 为合适的搅拌速度。

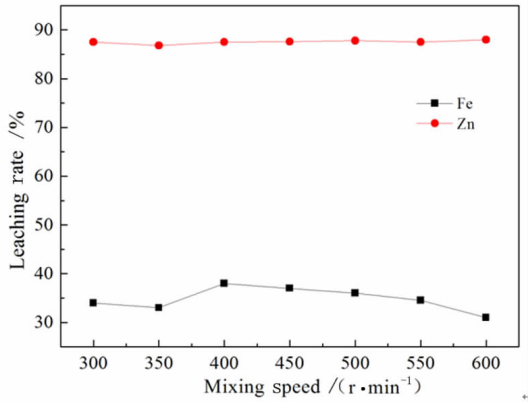

图 2　搅拌速度对 Zn 和 Fe 浸出率的影响

Fig. 2　Effect of stirring speed on leaching rates of Zn and Fe

3.2　浸出时间对浸出的影响

浸出时间与 Zn 和 Fe 浸出率的关系曲线如图 3 所示。从图中可以看出,Zn 浸出率随浸出时间的延长没

有显著变化，Fe 的浸出率随浸出时间的延长有所减小。浸出时间大于 10 min 后，溶液呈浅黄褐色，Fe 浸出率略有下降，可能是因为浸出液中 Fe^{2+} 在空气中氧化成 Fe^{3+}，发生如下水解沉淀反应所致[10]：

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O = 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \quad (1)$$

浸出时间在 60 ~ 90 min 范围内 Fe 和 Zn 的浸出率均趋于稳定，故选择最佳浸出时间为 60 min。

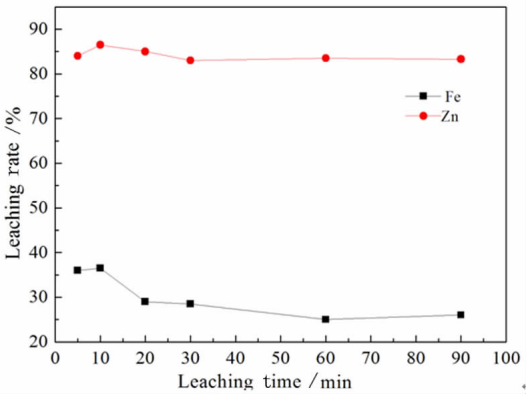

图 3　浸出时间对 Zn 和 Fe 浸出率的影响

Fig. 3　Effect of leaching time on leaching rates of Zn and Fe

3.3　初始硫酸浓度和温度对浸出的影响

不同浸出温度下初始酸浓度对锌和铁的浸出率影响曲线分别如图 4 和图 5 所示。从图中可知，硫酸用量不同，温度对 Zn 和 Fe 浸出的影响程度不同，硫酸不足时，温度基本不产生影响，硫酸过量时，温度影响对 Zn 和 Fe 的浸出产生影响，且对 Fe 的影响较大。以初始酸浓度 120 g/L 为例，当浸出温度从 60 ℃升高至 90 ℃时，Zn 的浸出率增加了 1.9%，而 Fe 的浸出率增加了 3.1%。为获得较高的 Zn 浸出率和较低 Fe 浸出率，宜选取 60 ℃为最优浸出温度。

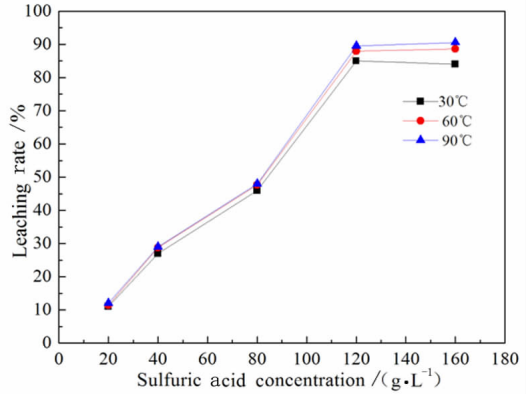

图 4　初始酸浓度对 Zn 浸出率的影响

Fig. 4　Effect of initial acid concentration on Zn leaching rate

硫酸初始浓度对 Zn 和 Fe 的浸出有不同程度的影响。始酸浓度在 20 ~ 120 g/L 范围内时，Zn 的浸出率增幅较大，Fe 的浸出率增幅相对较小。当浸出温度 60 ℃，初始酸浓度从 20 g/L 增大至 120 g/L 时，Zn 的浸出率从 12.3% 增加至 88.5%，Fe 的浸出率从 3.5% 增加至 10.3%。初始酸浓度超过 120 g/L 时，随着浓度的增加，Zn 的浸出率出现下降趋势，Fe 的浸出率仍有较大幅度增长。

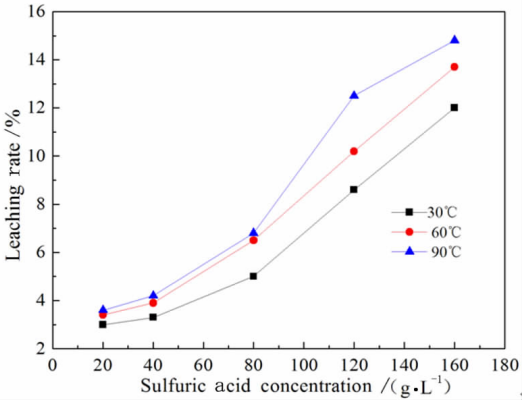

图 5　初始酸浓度对 Fe 浸出率的影响

Fig. 5　Effect of initial acid concentration on Fe leaching rate on Fe leaching rate

50 g 锌焙砂中 ZnO 完全溶解需要消耗的硫酸用量为 32 g，这说明要使锌焙砂中 Zn 的浸出率达 80% 以上，所需要的硫酸用量需超过 32 g。而结果表明，当硫酸用量低于 30 g 时，硫酸主要被 ZnO 消耗，只有当硫酸用量超过了 ZnO 必需的消耗量时，含铁矿物才有机会与硫酸反应。这显示了 ZnO 和含铁矿物对酸的消耗存在先后顺序。

4　结论

（1）最佳浸出条件为：浸出温度 60 ℃、初始硫酸质量浓度 120 g/L、液固体积质量比 10∶1、搅拌速度 500 r/min、浸出时间 60 min。此时 Zn 的浸出率为 88.5%，Fe 的浸出率为 10.3%。

（2）硫酸用量不足时，浸出温度基本不产生影响，硫酸过量时，温度对 Zn 和 Fe 的浸出均产生影响，对 Fe 的影响更大。

（3）初始酸浓度小于 120 g/L 时，随着浓度的增大，Zn 的浸出率增幅显著大于 Fe 的浸出率增幅。初始酸度超过 120g/L 后，随着硫酸浓度的增加，Zn 的浸出率缓慢降低，而 Fe 的浸出率仍快速增长。

参考文献：

[1] 江少卿，徐毅，孙尚信，等. 全球铅锌矿资源分布[J]. 地质与资源，2020，29(3)：224 - 232.

[2] 杨金林，肖汉新，罗美秀，等. 锌焙砂浸出锌、铁试验研究[J]. 广西大

学学报(自然科学版),2017,42(2):646 - 654.
[3] 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.
[4] 程文军,秦法聪,刘营. 控制锌焙砂可溶硫含量的研究与实践[J]. 世界有色金属,2016(16):74 - 75.
[5] 焦晓斌,段小维,段宏志. 锌焙砂浸出过程中两渣分离的探索与实践[J]. 中国有色冶金,2016,45(3):6 - 9 + 34.
[6] 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.
[7] 闫缓,柴立元,彭兵,等. 高铁锌焙砂还原焙烧 - 酸性浸出选择性分离铁锌研究[J]. 安全与环境学报,2015,15(5):277 - 281.
[8] 韩俊伟,刘维,覃文庆,等. 高铁锌焙砂选择性还原焙烧 - 两段浸出锌[J]. 中国有色金属学报,2014,24(2):511 - 518.
[9] 李敦华. 湿法炼锌浸出渣含锌的影响因素分析与控制[J]. 中国有色冶金,2019,48(6):13 - 16.
[10] 罗美秀. 锌焙砂硫酸浸出及制取铁酸锌试验研究[D]. 南宁:广西大学,2015.

Experimental Study on Leaching of High - iron Zinc Calcine

GUO Jialin[1,2], SHI Juanning[1], WANG Zhiyu[1,2]

1. Shangluo University College of Chemical Engineering and Modern Materials, Shangluo726000, China;
2. Shaanxi Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Tailings Resources, Shangluo726000, China

Abstract: During the leaching of high - iron zinc calcine, the leaching of Zn will also lead to the dissolution of impurity Fe, affecting subsequent production and increasing economic costs. To solve this problem, the zinc calcine from an enterprise was taken as the research object. Through the study of The factors affecting the leaching rates of Zn and Fe such as stirring speed, leaching time, initial acidity and leaching temperature were analyzed. The leaching process was optimized. So as to improve the leaching rate of Zn and reduce the leaching rate of Fe. The results showed that under the conditions of leaching temperature of 60 ℃, initial sulfuric acid concentration of 120 g/L, liquid - solid mass ratio of 10 : 1, stirring speed of 500 r/min and leaching time of 60 min, higher Zn leaching rate and lower Fe leaching rate could be obtained. At this time the Zn leaching rate was 88.5%, and the Fe leaching rate was 10.3%.

Key words: zinc calcine; zinc hydrometallurgy; leaching

引用格式:郭家林,石娟宁,王之宇. 高铁锌焙砂浸出试验研究[J]. 矿产保护与利用,2021,41(3):56 - 59.
Guo JL, Shi JN, and Wang ZY. Experimental study on leaching of high - iron zinc calcine[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2021, 41(3): 56 - 59.