第4期 2020年8月

从锌窑渣中选矿回收碳、铁试验研究

彭伟',刘安荣',王振杰',刘洪波',钟波2

(1. 贵州省冶金化工研究所,贵州 贵阳 550016; 2. 六盘水中联工贸实业有限公司,贵州 六盘水 553012)

摘要:研究了从锌窑渣中选矿回收有价元素碳和铁。采用浮选优先回收碳,浮选尾矿再磨再磁选回收铁的选矿工艺处理锌窑渣,结果表明,碳的较佳浮选回收条件为磨矿细度-0.074 mm 75 %,柴油用量 1600 g/t,2[#]油用量 600 g/t,在此条件下获得的碳精矿碳品位为 76.12%、碳回收率为 85.60%;铁的较佳磁选回收条件为磨矿细度-0.074 mm 89.47%,磁场强度 106 kA/m,在此条件下获得的铁精矿铁品位为 64.23%、铁回收率为 68.42%。为此类废渣的开发利用提供了高效、经济途径。

关键词: 锌窑渣; 碳; 铁; 浮选; 磁选

doi: 10.3969/j.issn.1000-6532.2020.04.023 中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 04-0137-05

锌窑渣是高温条件下回转窑法处理湿法炼锌时 提取锌、铅等金属之后的残余物。据统计,在我 国每年湿法炼锌时都将产出大量锌窑渣, 锌窑渣 和电解锌的产出比约为 4:5 [1-2]。锌窑渣是一种宝贵 资源,但其综合回收技术还未成熟,使得锌窑渣 主要用作铺设路面、作水泥填料、充填或回填采 空区,剩余大量的锌窑渣被当作尾矿堆放在各个 尾矿坝上,这样不仅浪费社会资源,增加企业管 理费用,而且会占用大片土地,还容易造成环境 污染[3-4]。贵州某锌冶炼厂产出的锌窑渣,富含铁、 碳等有价元素,是一种具有较大综合回收价值的 二次资源,但该厂现有回收技术处理锌窑渣时存 在工艺复杂、回收率低、生产成本高的问题,急 需探索更合理、更经济、更有效的回收工艺,实 现二次资源综合回收利用^[5-9]。本文针对该锌窑渣 性质特征,进行了有价元素碳、铁的选矿回收工 艺研究,考察了不同条件下浮选回收碳和磁选回 收铁工艺的影响,并确定了较佳的选矿工艺及药 剂制度。为此类锌窑渣的综合回收利提供了高效、 经济途径参考。

1 试验原料和流程

1.1 锌窑渣的性质

试验所用锌窑渣取自贵州某锌冶炼厂挥发回转 窑回收部分有价金属锌、铅、铟、锗等后所产生的 废渣,该锌窑渣呈松散蜂窝状,粒径均小于3cm, 格架由焦炭构成,结构比较疏松且易碎,内部可 见蜂窝状的磁铁矿或金属铁。锌窑渣化学多元素 分析结果见表1。

表1 锌窑渣化学多元素分析 /%

Table 1 Chemical multi-element a	analysis of zinc	kiln slag
----------------------------------	------------------	-----------

С	TFe	Pb	Zn	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
16.47	28.35	0.68	1.12	24.90	12.46	10.02	2.53

收稿日期: 2019-03-29; 改回日期: 2019-07-15

基金项目:贵州省科技计划项目(黔科合成果[2019]4410号);省市科技合作项目(52020-2016-04-04);贵州 科学院青年基金项目(黔科院J字[2018]02号)贵州科学院一般基金项目"土法炼锌渣湿法综合回收利用关键 技术研究",合同编号:黔科院J字[2020]05号 作者简介:彭伟(1989-),男,硕士,工程师,主要研究方向为资源综合利用。 通讯作者:刘安荣(1983-),男,硕士,高级工程师,主要研究方向为资源综合利用,E-mail: 249691360@qq.com。

夜~ 计击道状物怕刀机结术						
Table 2 Analysis results of iron phase in zinc kiln slag						
名称 /%	磁铁 矿中铁	赤铁 矿中铁	硅酸 盐中铁	硫化铁	全铁	
含量	23.40	1.65	0.96	2.34	28.35	
占有率 /%	82.56	5.82	3.37	8.25	100.00	

从表1可以看出, 锌窑渣中碳含量高达 16.47%,铁含量高达28.35%,而Pb、Zn等含量较低。 因此,锌窑渣中具有回收价值的元素主要为Fe、C。 从表2可以看出,铁主要是以磁铁矿的形式赋存。

1.2 试验流程的确定

由矿石性质可知,碳主要以焦炭形式存在,碳 的天然可浮性较强,宜采用浮选回收;铁主要以 单质铁及四氧化三铁形式存在,两种矿物磁性较 强,可采用弱磁选回收。为选择处理该锌窑渣较 为合适的选矿工艺,进行了浮选优先回收碳-浮选 尾矿再磁选回收铁、浮选优先回收碳-浮选尾矿再 磨再磁选回收铁、磁选优先回收铁-磁选尾矿再浮 选回收碳和磁选优先回收铁-磁选尾矿再磨再浮选 回收碳的四个方案的对比探索试验,根据探索试 验结果得出较佳方案为浮选优先回收碳-浮选尾矿 再磨再磁选回收铁的选矿工艺,故本试验按试验 流程图1进行锌窑渣中碳和铁的回收研究。

试验设备: XMB-Φ200×240X 湿式棒磨机;



1.5 L XFD 型单槽浮选机; XCRS-74 型鼓形湿法弱 磁选机; DL-5C 盘式真空过滤机; DHG-101-2A 数 显恒温鼓风干燥箱。

2 试验结果与讨论

2.1 碳的浮选回收试验

2.1.1 磨矿细度对碳的浮选效果影响

试验条件: 捕收剂柴油用量 1600 g/t, 起泡剂 2[#]油用量 600 g/t, 考察不同磨矿细度对碳的浮选 效果影响。试验结果见图 2。



由图 2 可以看出,随着矿浆中-0.074 mm 粒 级含量的提高,有用矿物得到充分的单体解离, 有用矿物被药剂捕收机率提高,使得碳精矿中碳 的品位及回收率均逐渐升高后趋于平衡,当磨矿 细度达到-0.074 mm 75 %时,碳精矿中碳的品 位和回收率达到稳定值,其回收率和品位分别为 86.47%、76.37%,综合考虑磨矿成本,确定浮碳的 较佳磨矿细度为-0.074 mm 75 %。

2.1.2 捕收剂柴油用量试验

磨矿细度-0.074 mm 75%, 起泡剂 2[#]油用量 600 g/t,考察捕收剂柴油用量对碳的浮选效果影响。 试验结果见图 3。





碳精矿中碳的品位逐渐降低,回收率则先快速升高 后缓慢上升,当柴油用量在1600g/t时,碳回收率 到达86.83%,碳品位为76.53%,再继续增加用量时, 回收率增长较慢,但品位大幅较低,综合考虑药剂 成本和浮选指标,确定最适宜的柴油用量为1600g/t。 2.1.3 起泡剂2[#]油用量试验

磨矿细度 -0.074 mm 75%, 捕收剂柴油用量为 1600 g/t, 考察起泡剂 2[#]油用量对碳的浮选效果影 响。试验结果见图 4。





由图 4 可以看出,随着 2[#]油用量的升高,碳 精矿中碳的品位逐渐降低,回收率逐渐升高后趋 于平衡,当 2[#]油用量为 600 g/t时,碳精矿的回收 率达到平衡。综合考虑浮选指标。确定 2[#]油较佳 用量为 600 g/t,此时碳精矿碳品位为 76.32%,碳 回收率为 85.95%。

2.2 铁的磁选回收试验

2.2.1 磨矿细度对铁的磁选效果影响

固定磁场强度为106 kA/m,考察磨矿细度对铁的磁选效果影响,试验结果见图5。





由图 5 可以看出,随着磨矿细度的提高,铁精 矿的品位逐渐上升,而回收率先上升后下降,当 磨矿细度 -0.074 mm 89.47%时回收率达到最大值, 此时铁精矿品位 64.86%,回收率为 68.52%。继续 增大磨矿细度,使得铁回收率降低,导致此现象 是发生了过磨,使矿样产生了泥化现象,从而降 低了回收率。综合考虑铁精矿的品位和回收率, 确定较佳的磨矿细度为 -0.074 mm 89.47%。 2.2.2 磁场强度试验

因空麻矿细度为 0.071 mm 9

固定磨矿细度为-0.074 mm 89.47%,考察不同 磁场强度对铁的磁选效果影响。试验结果见图 6。



国の 1001日夏からたしが東京町 Fig. 6 Effect of magnetic field intensity on iron separation

由图 6 可以看出,随着磁场强度的增加,铁精 矿回收率先上升后逐渐趋于平衡,铁精矿品位先 增大后降低,当磁场强度为 106 kA/m,再继续增 大磁场强度,铁回收率变化较小,但品位大幅降低, 综合考虑,确定较佳的磁场强度为 106 kA/m,此时, 铁回收率为 68.48%,铁精矿铁品位为 64.83%。

2.3 全流程开路试验

在条件试验基础上,进行了浮选-磁选工艺全 流程开路试验,试验结果见表3,试验流程见图7。

表 3 全流程开路结果 Table 3 Open-circuit results of whole process

r r r r r r r r r r r r r r r r r r r						
名称	立支 /0/	品位	ī. /%	回收率 /%		
) 平//0	С	Fe	С	Fe	
碳精矿	29.55	76.12	12.09	85.60	11.61	
铁精矿	32.77	8.77	64.23	10.93	68.42	
尾矿	37.68	2.42	16.30	3.47	19.97	
原矿	100.00	26.28	30.76	100.00	100.00	



图 7 全流程开路流程

Fig. 7 Open- circuit flowof whole process

由表3可知,采用浮选-磁选工艺处理锌窑渣,可使渣中的碳、铁得以有效回收,浮选碳精矿中碳含量为76.12%,碳回收率为85.60%,磁选铁精矿中矿中铁含量为64.23%,铁回收率为68.42%。

3 结 论

(1)贵州某锌冶炼厂锌窑渣中具有回收价值的有价元素为铁和碳,碳含量高达16.48%,铁含量为28.35g/t,其中碳主要以焦炭形式存在,铁主要以单质铁和四氧化三铁等形式存在。

(2)根据锌窑渣的性质,采用浮选优先回收碳, 浮选尾矿再磨再磁选回收铁的选矿工艺可获得碳 品位为 76.12%、碳回收率为 85.60% 的碳精矿,铁 品位为 64.23%、铁回收率为 86.42% 的铁精矿。为 此类废渣的开发利用提供了高效、经济途径。

参考文献:

[1] 李静, 牛皓, 彭金辉, 等. 锌窑渣综合回收利用研究现状 及展望 [J]. 矿产综合利用, 2008(6):44-48.

Li J, Niu H, Peng J H, et al. Research status and Prospect of comprehensive recovery and Utilization of zinc kiln slag [J]. Comprehensive Utilization of Mineral Resources,2008(6):44-48. [2] 李硕, 邵延海, 何浩, 等. 锌窑渣中有价金属综合回收研 究现状及展望 [J/OL]. 矿产保护与利用,2019(1):138-143+149

Li S, Shao Y H, He H, et al. Research status and prospect of comprehensive recovery of valuable metals from zinc kiln slag [J/OL]. Mineral Protection and Utilization,2019(1):138-143+149 [3] 肖鹏. 锌窑渣选冶联合综合回收有价金属工艺研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学,2018.

Xiao P. Research on the Technology of Zinc kiln slag preparation and Smelting combined with Comprehensive Recovery of valuable Metal [D]. Kunming:Kunming University of Science and Technology,2018

[4] 赵平. 从炼锌渣中回收有价元素 [J]. 矿产保护与利用,2000(5):47-49.

Zhao P. Recovery of valuable elements from zinc smelting residue [J]. Mineral Protection and Utilization,2000(5):47-49.

[5] 易武平. 从锌窑渣中综合回收 C、Ag、Cu、Fe 等有价 元素的研究 [D]. 沈阳:东北大学,2010.

Yi W P. Comprehensive recovery of Valuable elements such as C, Ag, Cu and Fe from zinc kiln slag [D]. Shenyang: Northeast University,2010.

[6] 董方,高利坤,陈龙,等. 锌窑渣中碳铜银铁综合回收试验研究 [J]. 黄金,2016,37(6):53-57.

Dong F, Gao L K, Chen L, et al. Experimental study on comprehensive recovery of carbon, copper, silver and iron from zinc kiln slag [J]. Gold,2016,37(6):53-57.

[7] 刘霞. 某锌窑渣回收银、碳选矿试验研究 [J]. 湖南有色 金属,2015,31(1):16-19+50.

Liu X. Experimental study on the recovery of silver and carbon from a zinc kiln slag [J]. Hunan nonferrous metals,2015,31(1):16-19+50.

[8] 陈国兰. 锌窑渣磁选铁精矿脱砷硫与提银新工艺 [D]. 昆明: 昆明理工大学,2014.

Chen G L. New technology of Arsenic and sulfur removal and Silver Extraction from zinc kiln slag magnetic separation concentrate [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology,2014.

[9] 何仕超.湿法炼锌窑渣铁精矿综合利用研究 [D].长沙: 中南大学,2013.

He S C. Study on the Comprehensive Utilization of zinc kiln slag iron concentrate [D]. Changsha Central South University,2013.

(下转125页)

Wang W D, Feng Y L, Li H R, et al. Gold recovery from cyanide tailings by alkali leaching desilication process [J]. Chinese Journal of Non-ferrous Metals, 2015, 25(1): 233-240. [15] 边振忠, 傅平丰, 李振宇. 焙烧氰化尾渣中金、银和铁 的回收利用研究现状 [J]. 贵金属, 2017, 38(3): 88-92. Bian Z Z, Fu P F, Li Zhenyu. Research status of recovery and utilization of gold, silver and iron in roasted cyanide tailings [J]. Precious Metals, 2017, 38(3): 88-92.

[16] 薛红伟,朱长量,王伯义,等. 难处理金精矿焙烧-酸浸 渣强化酸浸提铁工艺优化 [J]. 现代矿业, 2015,555(7):222-223. Xue H W, Zhu C L, Wang B Y, et al. Roasting refractory gold concentrate and optimization of acid leaching residue to enhance acid leaching of iron [J]. Modern mining, 2015,555(7):222-223.

Research on Process Mineralogy of Roasting Oxidation - cyanide Tailings of a Gold Concentrate

Deng Yuanliang^{1,2}, Ming Pingtian^{1,2}, Wang Guangwei^{1,2}, Ye Jeang^{1,2}

(1.Qinghai 6th Institute of Geology Exploration, Golmud, Qinghai, China; 2. Doulan Jinhui Mining Co., Ltd., Qinghai Engineering of Research Center for Gold Mineral Resourses Development, Dulan, Qinghai, China)) **Abstract:** In order to find out the problems in the roasting oxidation-cyanide leaching process of a refractory gold concentrate, and improve the recovery rate of gold, the tailings process mineralogical study was carried out. This study shows that the ore composition, relative mineral content, sulfide mineral characteristics and occurrence state of gold and particle size characteristics of tailings have already been identified. By analyzing the existing problems, the technological measures for optimizing the process and the valuable elements of comprehensive utilization research ideas were put forward. The gold grade of tailings is 3.98 g/t, the size of gold accounts for 26.60%. A lot of experiments have shown that increasing the grinding fineness of roasting products and prolonging the leaching time are conducive to improving the gold leaching recovery.

Keywords: Refractory gold ore; Cyanide leaching tailings; Process mineralogy; Disseminated grain size; Occurrence state

(上接 140 页)

Experimental Study on Recovery of Carbon and Iron from Zinc Kiln Slag by Beneficiation

Peng Wei¹, Liu Anrong¹, Wang Zhenjie¹, Liu Hongbo¹, Zhong Bo²

(1.Chemical and Metallurgy Institute of Guizhou, Guiyang, Guizhou, China; 2.Liupanshui Zhonglian Industry and Trade Co., Ltd., Liupanshui, Guizhou, China)

Abstract: The recovery of valuable elements carbon and iron from zinc kiln slag by beneficiation was studied. Zinc kiln slag was treated by flotation to recover carbon preferentially and flotation tailings to regrind and magnetic separation to recover iron. The results showed that optimum flotation recovery conditions for carbon is that the grinding fineness - 0.074 mm accounts for 75%, Diesel oil consumption is 1600 g/t and No.2 oil consumption is 600 g/t. Under these conditions, the carbon grade of carbon concentrate was 76.12%, and the carbon recovery rate was 85.60%. The optimum conditions for recovery of iron by magnetic separation is that the grinding fineness - 0.074 mm accounts for 89.47%, the magnetic field intensity is 106 kA/m. On these conditions, the iron grade of iron concentrate is 64.23% and the iron recovery rate is 68.42%. It provides an efficient and economical way for the development and utilization of this kind of waste residue.

Keywords: Zinc kiln slag; Carbon; Iron; Flotation; Magnetic separation